



Title	プログラム学習の研究
Author(s)	田中, 正吾
Citation	大阪大学文学部紀要. 1966, 12, p. i-240
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/4615
rights	本文データはCiNiiから複製したものである
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

プログラム学習の研究

田 中 正 吾

ま え が き

ティーチングマシン及びプログラム学習の登場ははじめて教授＝学習過程をオートメーション化し、教授＝学習過程を教師の主観的判断から独立に客観化する契機をつくった。

教育心理学界にプログラム学習が登場した歴史的意義は2つの側面から考察することができる。その1つは技術革新が教授＝学習過程それ自体にはいつてきて新しい教授＝学習過程の理論構成を迫ってきたことである。これは丁度医学界においても1962年以降診断のオートメーション化、電子計算機化が進行し、医者が従来主観的に行なっていた診断過程を全く客観的な信号に変え、あとは電子計算機が結論を出してくれるやり方が導入されたのに対応している。従来の主観的な判断の上に立っていた診断学は、ここに全く記号論理学の体系で再構成されねばならなくなった。これはやはり診断学の一大飛躍といわざるを得ないだろう。その他、経営学も材料工学自体も電子計算機化の導入で新しい体系の確立に迫られている。教育心理学の世界についても全く同様のことがいえる。教授＝学習過程についての分析は従来からいくつか企てられていたが、教師という人的要因がその過程に深く入り込んでいるためにその分析はあまり技術的に前進しなかった。しかし、ティーチングマシン及びプログラム学習は教師という人的要因を一応排除して教師なしでも自動的に進行する教授＝学習過程を追求しようとしている。今すぐ教室でティーチングマシンが用いられるわけではないが、教育心理学の理論には大きな前進を迫るものである。

第2は技術革新時代に要求される教育の質的水準の高度化に貢献し得る点である。技術革新時代が要求する人間の能力は学力の点でも意欲の点でも極めて高度なものである。必要な学力は100パーセント完全に習得されていないと高度の機械は扱えない。今の一斉指導方式で養成されている人的能力は個人差、学級差も大きいが全国平均は50～60パーセントといわれており、毎年の文部省の全国一斉の学力調査もほゞその線であることを示しているが、技術革新時代が要求する人間像なり、学習到達度なりは勿論そんなものではない。完全な学習こそ目標であり、それをいかにしてより多くの学習者にもたらすかについて新しい指導方式を導入していかなければならない。また技術革新時代においては100パーセント学習に早く到達することが要求されている。つまり、学習能率を高めることである。これらの要求に答えるものとしてプログラム学習とティーチングマシンが登場した。また別の角度から見るとプログラム学習は従来の教育心理学の体系に対して新しい課題をもって登場してきたといえる。それは学習心理学の教育現場への応用という点においてである。従来の教育心理学の最大の欠陥は学習心理学としては並列的に連合理論、条件反応、ゲシュタルト理論を並べ、学理指導はまた別個のものとして書かれ、その間に何ら体系化が試みられなかったからである。このような最も大切な点において一貫した理論体系がなかったということは従来の教育心理学の体系化の水準を極めて低いものにし、折衷的性格に甘んじさせていた。プログラム学習は一定の学習理論の教育場面への応用としてはっきりした学習指導法を提唱している。学習理論が正しければ当然学習指導法も効果を挙げるべきである。と

もかくプログラム学習ははじめて1個の体系的な学習指導の心理学として登場したといえる。この点は教育心理学の歴史の上ではっきりいえることである。

とはいえ、それはまだ登場したばかりであるし、ネズミやハトの学習理論から出発しているため、人間の学習に適用して必ずしもすべてを整合的に説明し得るとも限らない。このような意味での体系化の仕事はむしろ今後に残された仕事であろう。本論もまたそのような意味での一步を踏み出したにすぎないものである。

目 次

ま え が き	iii
第1章 プログラム学習の意義	1
第1節 プログラム学習の定義	1
第2節 相互制御回路としてのプログラム学習	5
第3節 プログラム学習における学習形態の特色	10
第2章 プログラム学習の歴史的発展	19
第1節 歴史的背景	19
第2節 スキナーのプログラム学習	23
第3節 クローダーのプログラム学習法	37
第4節 ブリッグスのティーチングマシン	41
第5節 ルレッグ方式およびその他の方式	44
第6節 その他のティーチングマシン	47
第3章 学習の成立過程	56
第1節 従来の学習説に見られる学習の定義	56
第2節 学習の初度成立	59
第3節 意 味 の 拡 充	63
第4節 回路づけの安定化	65
第5節 回路抵抗の減少	66
第6節 学 習 の 転 移	69
第4章 プログラム学習と強化	71
第1節 強 化 の 概 念	71
第2節 プログラム学習における強化	76
第3節 強化の直後性	78
第4節 誤答に対する罰	82
第5章 プログラム学習とモチベーション	84
第1節 学習の前提条件としてのモチベーション	84
第2節 プログラム学習とモチベーション	85

第6章 プログラム学習と学習準備性	89
第1節 学 習 準 備 性	89
第2節 プログラム学習と知能	92
第7章 プログラミングの原則と手続き	95
第1節 プログラミングの問題	95
第2節 スキナーのプログラミングの原則	98
第3節 スキナー流のプログラミングの手続き	103
第4節 クローダーのプログラミングの原則と手続き	109
第8章 プログラム学習の学習効果に関する実験	112
第1節 概 観	112
第2節 ティーチングマシンによる学習効果	114
第3節 プログラムドブックによる学習効果	118
第4節 個人差に応じたプログラミング	121
第5節 ステップサイズの要因	125
第6節 構成方式と多肢選択方式	127
第7節 反応のオバート性とカバート性	129
第8節 学習者の反応に応じたシーケンス	136
第9節 部 分 強 化	138
第9章 算数・数学科におけるプログラム学習の効果測定とその分析	141
第1節 研究計画の概要	141
第2節 プログラム作成の過程	143
第3節 個人別正答率	148
第4節 従来の学力段階との関係	153
第5節 レディネスおよび知能水準との関係	155
第6節 プログラム学習の効果	167
第7節 プログラム学習の興味	171
第8節 9か月後の記憶保持率	175
第10章 プログラム学習の利用	182
第1節 普通学級における利用	182

第2節	複式学級におけるプログラム学習	186
第3節	通信教育におけるプログラム学習の利用	186
第4節	学習促進学級や特殊学級におけるプログラム学習	188
第5節	家庭学習とプログラム学習	188
第6節	企業内訓練におけるプログラム学習の利用	190
第11章	プログラム学習とそのプログラムの評価	193
第1節	プログラムの評価	193
第2節	評価基準	159
第3節	生徒達によるプログラム学習の評価	198
第4節	プログラム学習の限界	200
第12章	まとめと展望	202
付録1	文献目録	204
付録2	プログラムドブックのサンプル	217

第1章 プログラム学習の意義

第1節 プログラム学習の定義

〔プログラム学習の語義と同義語〕

プログラム学習 (programmed learning) という言葉は新しい言葉でその定義はまだ明確な言葉で行なわれていないし同義語も多い。同義語として挙げうるものには次のようなものがある。

- 1) プログラム教授 (programmed instruction)
- 2) 自動化された教授 (automated instruction)
- 3) 自動化された教育方法 (automated teaching method)
- 4) 自動的教授 (automatic instruction)
- 5) 自動化された学習 (automated learning)
- 6) 自動教授法 (auto-instructional method)

頻度という点ではプログラム学習という言葉が最も多いと思われるが、プログラムやプログラマーという言葉は電子計算機の記憶装置のプログラム、またその作成担当者の意味に從來から広く用いられていたアメリカでは、これを用いることに反対を唱える人も多い。いわゆるプログラム学習は電子計算機を用いるとよくできるのであるが、なお、電子計算機を用いなくても可能であるのでそれを名前に冠することは不適當だという考え方である。

1962年アメリカの学会でこのことについて討議が行なわれたことがある。この結論は「自動教授法」という言葉が最も適切であるということであった。この言葉はプログラム学習の自学的側面をよく表現しており全く新しい言葉なので、新しい内容を盛り込むことができる点がすぐれている。しかし、その後の出版物を見ても自動教授法という言葉は必ずしも多く用いられるようになっていない。最も多く用いられているのはやはり、プログラム学習またはプログラム教授という言葉である。わが国においてはプログラム学習という言葉が圧倒的に多いので、以下本書においてはプログラム学習という言葉を用いることにする。

プログラム学習という言葉はティーチングマシンの中に挿入されるプログラムに由来する。従って、プログラム学習を定義する前にまずティーチングマシンの定義を一覧する必要がある。

ティーチングマシンという言葉も新しい言葉で日常用語としてかなり広く曖昧な用語として用いられている。たとえば、シンクロファックスをただ普通の用い方をしてもそれはしばしばティーチングマシンと呼ばれる。しかし、学術用語としてのティーチングマシンの定義はかなり明確化されており専門家の間では語義の上での曖昧さはないといってよい。以下代表的な定義をいくつか列挙しよう。

〔クールソンとシルバーマンの定義〕

クールソン (Coulson, J.E.) とシルバーマン (Silberman, H.F.) はティーチングマシンについ

ての三つの変数を研究するに際し、ティーチングマシンを定義して

- 1) 問題または質問の系列を学習者に提示し、
 - 2) 学習者がそれらの問題に何らかの明白な行動によって反応することを要求し、
 - 3) 学習者にその行動の結果の知識を提示—普通は反応の直後に—する。
- この三つを備える機械をティーチングマシンと呼ぶことにする*、といている。

〔カーの定義〕

カー (Carr, W.J.) は工学的見地に立って、ティーチングマシンの機構として

- 1) プログラムを提示する展示機構
- 2) 学習者が反応を行なう時に用いる反応板
- 3) 学習者に彼の反応が正しかったかどうかを知らせる確認の機構
- 4) 機械をさらに操作させ自習を続けるように仕向ける強化機構 (ある種の自習機具では、確認の機構と強化の機構は一緒になっている)

の4つを挙げている**。

〔ラムズデーンの定義〕

ラムズデーン (Lumsdaine, A.A.) は「ティーチングマシンとプログラムによる学習」の中で、特に、映画、テレビ、その他の視聴覚教材との比較において、ティーチングマシンの備えている特性として、三つを挙げている***。

- 1) 学習される各段階で、はっきりと練習とテストを行なうことによって、学習の継続的、能動的な反応が要求されている。
- 2) 学習者が行なった反応が正しかったかどうかを学習者に直ちに知らせることによって、彼の間違いを直接または間接に矯正する。
- 3) 個人の特殊な要求に合致するように、各個人で速さを調節する事ができる。

1) は、検査問題の提示と学習者の問題への反応を要求しており、2) は、学習における確認または強化を意味しており、3) は、学習が集団でなく個人個人によって行なわれ、学習者の個人的ペースで行なわれることを意味している。

このほか、多くの学者がティーチングマシンを定義しているが、この三過程については全員一致している。

〔初めての学習場面〕

* Coulson, J.E., and Silberman, H.F. : Effects of Three Variables in a Teaching Machine. Journal of Educational Psychology 51 : 135 ; 1960.

** Carr, W.J. : A Functional Analysis of Self-Instructional Devices. In Lumsdaine, A.A., and glaser, R. (eds.) Teaching Machines and Programmed Learning. p. 542, National Education Association, 1960.

*** Lumsdaine, A.A. : Teaching Machines : An Introductory Overview. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) Teaching Machines and Programmed Learning. p. 6, National Education Association, 1960.

以上で従来の文献に現われた限りの定義を概観したが、なおいくつかの重大な問題点が残る。つまり、プログラム学習を刺激提示、反応、結果の正否の情報伝達の三過程を含むものと定義してもなお、それは復習でもよいのかどうか、また、1回限りでもよいのかどうかという問題が残る。

その1つは、学習場面を広くとり復習やテスト段階における学習にもプログラム学習があり得るのか、それともプログラム構成といえば復習やテスト場面でない初めての学習場面のみを意図して行なうのかという問題である。

復習やテストの段階においても刺激提示、反応、結果の正否の情報伝達の三過程はあり得る。これはプレッシーのティーチングマシンで見られる通りであり、またテスト段階にも学習の成立はあり得るので、これをプログラム学習と認めるかどうかは定義の問題として残る。もし、これを認めると初めての学習におけるプログラム構成原理と復習段階や、テスト段階のプログラム構成原理と相当異なっていくてはならない。復習段階におけるプログラムでは順序に多少の異同があっても問題集としての性格上、それが本質的にそこなわれることはない。しかし、初めての学習においては問題系列が一つでも違ったら、学習は本質的にそこなわれるので問題系列、つまり、学習の先行と後行に関する原則が極めて重要な意味をもっている。この点を考慮すると二つともプログラム学習で、その共通原理はこれだということは適当でなくなる。従って、プログラム学習というのは初めての学習に限ることにすべきである。これが原則の一貫性を期する上にどうしても必要な条件になる。

初めての学習のためにつくられたプログラムも例外的には家庭における復習に用いられたり、教室で補習用に用いられることがあるかもしれない。復習用のものを初めての学習に用いることは不可能であるが、初めての学習用に構成されたプログラムを復習用に用いても、それが不可能ということはない。生徒は一度すでに習ったことなので、どんどん進んでいけると思う。しかし、これはあくまでも例外的使用法であって、プログラムが復習における段階での使用を目標にして構成されるべきではない。われわれは復習段階やテスト段階でも結果の知識は学習効果を高めると考えるが、それはプログラム学習からいって外れた使用法であると考える。プログラム学習を定義するに際してはこの点を留意すべきであると思う。

〔個別学習と一斉学習〕

プログラム学習の導入とともに従来の一斉授業にも一部分ではあるが変化が起こりつつある。つまり、プログラム学習の原理であるところの、「小刻みの教材提示」「積極的反應を求めること」、「直後に正否を告げること」等を大いにとり入れた一斉授業が登場したことである。ある先生は生徒一人一人にウチワをもたせ、その表面に特別の色をぬり、わかったらそちら側を先生の方に向けさせ、わからなかったら裏を先生の方に向けさせ、教室内のコミュニケーションをもっと個人単位にはっきり行ないつゝ一斉授業をしている。このような一斉授業をプログラム学習と呼ぶべきかどうかという定義上の問題が生じる。もし、従来の定義のように、刺激の提示、反

応、正否の直後の伝達だけでは、このような一斉授業もプログラム学習といわねばならないことになる。ここにもう少し定義の限定性をはっきりする必要が生じる。もし、プログラム学習とは個人進捗のみをいい、一斉進捗はいわないのだという限定性を置くと、集団のプログラム学習というのが成立しないことになる。これは間違いで、スキナーのオペラント条件づけの実験の中にハトが協力と闘争を学習する実験があるが、あのような集団学習もやはりプログラム学習である。従って、集団のプログラム学習というのを認め、そこでは進捗はある意味で集団全体が一斉に進行するのを認めねばならない。教室場面においても、プログラム学習方式による集団討議は従来の単なる一斉指導方式よりも効果性を期待できるものである。従って、われわれは個別進捗をもって、プログラム学習の定義の必要な規定条件とすることはできない。

では、プログラム学習を広く解釈して、プログラム学習的一斉授業もプログラム学習とすべきか。われわれの答えは「ノー」である。われわれはやはりプログラム学習を狭く解釈してそれを含めないのがプログラム学習の原理の整一性を保つ上によいと思う。では、何を定義上の欠格条件として認めないことにするか、それには2つのことが考えられる。その1つは、結果が正しかったかの情報は一斉に集団全体に対して、告げられるべきでなく、個々人に対して告げられるべきだということである。つまり、第3の強化過程は個々人に対して別個に、正答者にはそれが正答である旨を、そして、誤答者にはそれが誤答である旨を別個に伝えられるべきであるということである。それをプログラム学習的一斉授業がしているように、全員に対して、こうできた人は正答をなし得た人で、こうできた人は誤答をしたのだと伝えるのはプログラム学習の定義に反するのである。つまり、ここで大切なのは「個々別々に」ということである。第2は直後にということ厳密にとり、個々人の反応終了後、数秒間内にと考えるべきである。この点について人間の学習についての実験は必ずしも多くないが、十秒以上たつと、強化の効果が大きく減少すると考えられるので、直後といった場合、数秒以内を意味していると考えられるべきである。すると、プログラム学習的一斉授業では、早く反応の終わった生徒はおそい生徒が反応し終わるまで何十秒か待たされており、この点でも直後という言葉が用いられなくなり、いわゆるプログラム学習的一斉授業はプログラム学習に似ているが、実はプログラム学習の定義からいってプログラム学習ではないということが出来る。

〔自動的継続〕

初めての学習における問題系列の並べ方の原則がプログラム構成法の主な課題であるとする、そこにはもう一つの条件がはいってはいなくてはならない。それはただ1回限り3つの基本過程が成立してもプログラム学習とはいいい得ないということである。それは一定時間3つの基本過程が繰り返されることを意味しなくてはならない。第1回目で誤答し、それきり学習過程が止まってしまったのではプログラム学習にならない。従って、一定期間プログラム学習が継続的に成立するという条件は必須条件の一つである。ここからプログラム構成法の原理として重要なものが生み出されている。困難すぎる問題を課して学習意欲を失わせないように、つまり、誤答の連

続が起こることのないように、さらにできれば正答の連続で学習意欲がさらに高まるように配慮しなくてはならない。これは問題をやさしくすることによってある程度達成されるが、あまりやさしすぎても学習意欲を失わせることになるので、この点からは適度な困難さが要求される。しかし、他方、学習の成立という見地からは、誤答のあと自己反省によってそれが誤答であった理由が自分にものみこめることが重要で、そのような程度の誤答でなくてはならない。つまり、誤答のあと、これが正答と知らされてもその理由がわからないようでは、ほんとうの意味の学習の継続的成立はないわけである。ここにプログラム構成上の最大の問題がある。従って、われわれはある学習がプログラム学習であるためには、一定期間それが自動的に継続するという基本条件をいれねばならないと思う。

〔プログラム学習の定義〕

以上のことをまとめて、われわれはプログラム学習を次のように定義すればよいと思う。初めての学習場面において、刺激の提示、反応、正否の情報の直後的個別的伝達の3過程が一定期間継続的に進行するような学習過程をプログラム学習という。

なお、ここでいう「反応」であるがスキナー、その他多くのプログラム学習の提唱者はオバートな反応こそ大切なものだといっているが、それを積極的に裏づける実験データは後述するようにはあまりない。従って、われわれはオバートな反応でないとプログラム学習でないとまでいい切れないと思う。カバートな反応、遠心性神経伝達が参加しない反応でも中枢神経部のしかるべき興奮だけでよいという立場をとる。

また、プログラム学習の特色として小刻みの教材提示ということがいわれる。たしかにスキナーはこの原理を強調するが、クローダーのプログラム学習においては必ずしもこの原理が適用されない。従来の教材系列の区切りと比較すると、クローダーのものといえども小刻みであるということはいえる。しかし、これは定義の問題として扱われるべき性質のものではなく、小刻みでないからプログラム学習でないといういい方は不適當であると思う。また、小刻みそのものを正しく定義することが極めて困難であるのでこれは定義の問題から除外することにする。

第2節 相互制御回路としてのプログラム学習

〔1つの学習指導方式としてのプログラム学習〕

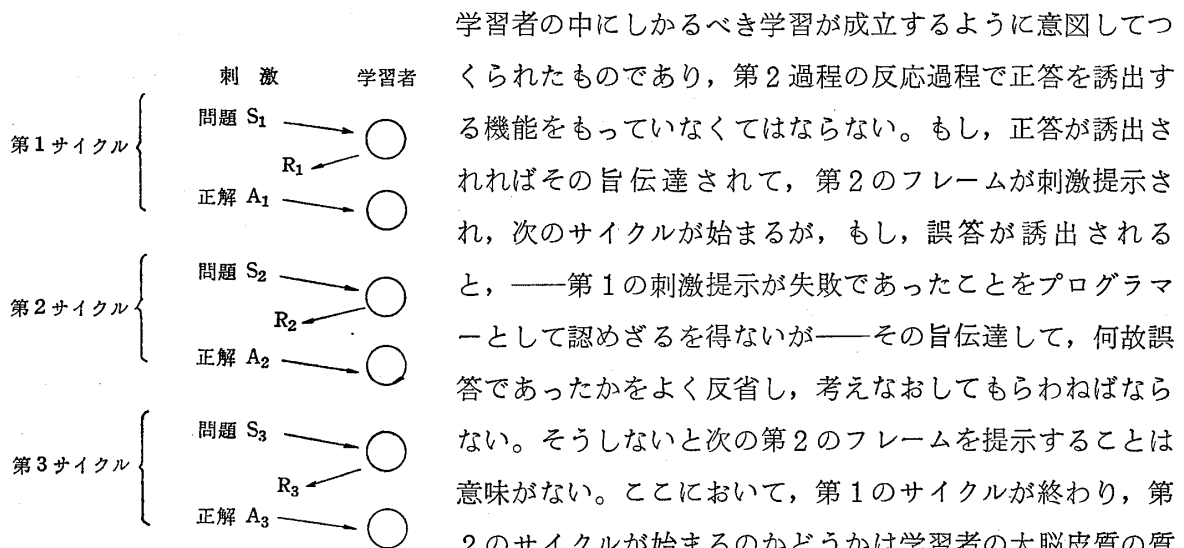
一般的にいうと、学習指導過程は学習者の中に学習を成立させ、定着させ、将来の場面において転移されやすいように発展させていく方法である。プログラム学習も1つの学習指導の方式であるので、この原則に従わねばならない。もし、プログラム学習の結果、大脳皮質の中に形成されたものが定着はよくできているが、将来の場面において転移しない性質のものであるとしたら、プログラム学習を教室に持ち込むことはできない。それは学習指導方法として致命的な欠陥をもつといえよう。プログラム学習が特に独創的な創造力をどの程度有効に伸ばし得るかにについては、まだ必ずしも的確な実験データはないが、普通の学力検査問題を解く程度の思考力や問題

解決能力をつけることには成功し得ると考えてよい。これは基準テストの成績からほぼ確実にいえる事柄である。もっとも、それはしかるべき原則にそってつくられたよいプログラムの場合であって、どのように下手につくられたプログラムでもそうだとはいえないだろう。

ともかく、われわれは過去数カ年の実験データに基づいて、プログラム学習は一つの学習指導法として成り立ち得るものであるということができると思う。それは従来の一斉指導方式とどう異なるかは第3節で触れることにして、ここではプログラム学習の諸原理を科学的に構築していく上で基本的に考えねばならない見方を明確にしておきたいと思う。

〔プログラムのサイクルの制御過程〕

プログラム学習はティーチングマシンの3つの基本過程を抜きにしては考えられない。われわれはさきにプログラム学習を刺激提示、反応、結果の知識の伝達の3過程が自動的、継続的に行なわれるものと定義したが、この3過程は1つのサイクルをなしており、このサイクルが次々に展開していくのがプログラム学習であるということが出来る。(第1図参照) 第1の刺激過程は



第1図 相互制御過程としてのプログラム学習

学習者の中にしかるべき学習が成立するように意図してつくられたものであり、第2過程の反応過程で正答を誘出する機能をもっていなくてはならない。もし、正答が誘出されればその旨伝達されて、第2のフレームが刺激提示され、次のサイクルが始まるが、もし、誤答が誘出されると、——第1の刺激提示が失敗であったことをプログラマーとして認めざるを得ないが——その旨伝達して、何故誤答であったかをよく反省し、考えなおしてもらわねばならない。そうしないと次の第2のフレームを提示することは意味がない。ここにおいて、第1のサイクルが終わり、第2のサイクルが始まるのかどうかは学習者の大脳皮質の質的水準、先天的なものも後天的なものもともに入れての質的水準がこれを制御しているといえる。また、クロードーのプログラム方式では誤答者に対してはブランディング（枝分かれ）して別のフレームを用意しているが、このようなプログラムの系列に対する制御は学習者の側にあるということが出来る。

〔大脳皮質過程の制御〕

他方、学習者の反応誘出の過程も一つの回路と見る事が出来る。この回路はプログラムの質的水準によって規定されていて、プログラムが学習者の学習能力を越えたものであると求心性神経過程から第17野までで止まってしまい、回路が成立しない。回路が成立するためには第17野から連合領野、さらにいくつかの領野を通して遠心性神経過程にまで通路がつけられねばならない。回路が成立し、正答が誘出されるためにはプログラムの刺激内容が学習者の学習能力の範囲内のものでなくてはならない。これは3過程のサイクルが一定時間何回も自動的に繰り返される

ことを前提としているからである。これは別の言葉でいえば、正答が連続するようにということに外ならない。また、たとえ誤答をしても、その誤答の理由が納得でき、そのフレームの学習目標が学習者の大脳皮質の中に改めて成立し、それを足場にして次のフレームの学習が行なわれるようにならなくてはならない。誤答反応とその罰の効果についての詳細な検討は後でとり扱うことにして、ここではともかく、プログラムにおけるフレームの内容が学習者の大脳皮質過程が途中でストップするか、回路として完了するかを規定している点だけを強調したい。つまり、プログラム学習の学習過程はプログラム系列と学習者の大脳皮質過程の相互制御回路であるという見方をしなくてはならない。そして、この見方はプログラム学習の心理・生理学的モデルとなる基本的な見方であり、以後この線にそって考えていきたい。

〔従来の教授＝学習過程における回路〕

それでは、従来の授業はこのような見方から見てどう位置づけられるだろうか。従来の授業といっても多種多様であるが、典型的なものをいくつか挙げて述べるにとどめる。

講義法。ここには、相互制御回路は正式には認められない。講義者は次々に刺激系列を出していくが、これは講義者の一方的判断によるものであって、学習者の側に回路が完了し、学習が成立していようと、途中でストップしていようと全然無関係に行なわれた。ただ、講義者の中には学習者の目の色を見て、学習者が興味を示していないようだと言話を変わるとか、興味ある話題を挿入するかして刺激系列を変わる、この瞬間だけは学習者が制御しているわけであるが、これも学習の成立か不成立かの客観的な資料に基づいてなされたのではなく、学習者のより積極的な反応で顔面その他にあらわれた範囲での反応を手掛かりにして行なわれたので正しい科学性のあるものとはいえなかった。そして、また、ここに、講義法が学習指導法として必ずしも効果をあげ得なかった理由が潜んでいると思われる。このことはプログラム学習のすぐれた効果がどこに由来するかを検討することによってよりはっきりするであろう。

問答法。ここでは、明らかに相互制御回路が成立している。学習者の解答というオバートな、しかもその求める反応そのものを手掛かりにして次の刺激提示、つまり、発問が行なわれるので、相互制御回路が成立している。しかしながら、問答法で、生徒の答えが3回も4回も誤答続きということになるとこれは實際上、成り立たなくなる。そこで、教師の側の質が問題になってくる。正答が生まれるような発問の仕方を知っている教師、その場でつくり上げることのできる教師が必要になる。もし、すぐれた教師がいて、これをうまく発展させていけば問答法は極めて効果的な学習になる。ソクラテスはそのよい例であろう。プログラム学習はしばしばソクラテス的方法と呼ばれているが、これは故なしとしない。そして、前もって印刷して、大なり小なりその刺激系列を決めておかねばならないところのプログラム学習は、すぐれた教師の問答法に比較して劣る結果になる。しかし、教師と生徒の1対1のプログラム学習を想定すると、その結果はプログラマーとしての教師の能力に全く依存しているといえる。われわれは一般の教師にソクラテス的天才を期待できないし、すべきでもない。もし、教師がプログラマーとしての訓練を受け

れば、プログラム化された問答法を構成し、効果をあげていけると思う。なお、ソクラテスの方法は1対1のプログラム学習といえるかどうかという点であるが、さきの定義に基づけばそうであるといってよいと思う。ただスキナーのプログラム学習ともクローダーのプログラム学習とも基本的に異なっている点がある。それはスキナーは正答を求めているのに対して、ソクラテスは好んで学習者をアポリアに追い込んでいる点である。この点、立脚している心理学的立場が全く異なる。それが正答を生み出させるのに成功する限りは、優秀な生徒にはソクラテスの方法はよいかもしれない。しかし、スキナーのようにハトやネズミから出発したオペラント条件づけの学習法にはこのような発想はなかったといえよう。また、クローダーのプログラミングの原理は誤りを認め、それに対して、しかるべき別のフレームを与えるのであるが、ソクラテスのように好んで追い込むのではない。正しく講義し、それでもわからなかった学習者には勇気づけ、補習をしてやるというのがクローダーの行き方である。

討議法。相手とともに協同思考、集団思考をする訓練のために集団討議法は欠くべからざるものである。これはいうまでもなく相互制御の多回路方式といえることができる。1対1の相互制御方式よりも極めて複雑な要因によって規定されており、司会者や1人1人のメンバーの発想法なり、主題に対する過去の経験なりによって討議は実の多いものになることもあれば、あまり効果をあげ得ない場合もある。それだけにこの多回路方式は複雑であるといえる。そして、効果をあげ得なかったのはやはり1人1人のメンバーの脳皮質の中にしかるべき回路が成立しなかったからに外ならない。相互制御過程とはいえ、誤答をなるべく避け、正答が誘出されるように刺激を厳密に規定していくという努力は必ずしも充分なされなかったし、そこで、1人1人の学習効果も必ずしも厳密に追求されなかった。ここに討議法を多回路の相互制御過程と見る見方が成立しなかった所以があると思う。

一般的にいて、従来のいろいろな学習指導方式は教授＝学習過程の回路を厳密に規定する努力に欠けていたと思う。これは教師と生徒という、共に有機体が相互に制御関係にあったので分析が進まなかったからである。ところがティーチングマシンによるプログラム学習においては一方を機械の回路に置き換えることになったので、始めてこの回路を分析的に考える機会にめぐまれたのだと見ることができる。

〔プログラム学習の心理・生理学的モデル〕

プログラム学習は「空っぽのオーガニズム論」(empty organism)を展開したスキナーによって提唱されたのであるが、プログラムの構成法について立ち入った理論を追求しようとする、どうしても有機体の中の諸機構をできるだけ明確にする必要に迫られ、そのような知見なしではプログラムの構成は不可能であることがわかった。たとえば、中学校代数の指数法則のところで

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

を学習する時

$$a^m \cdot a^n = a^{\square + \square}$$

とフレームを書くこともできるが、これではほんとうの学習にならず

$$a^m \cdot a^n = a^m \square^n$$

と書かねばならない。ここには、この学習の中で最も大切なまた間違いやすい基準行動が求められている。この□の中に×印でなく+印でなくてはならないという経験がされた場合はその後の新しい課題場面で+が飛び出してくる確率が高く、最初のように、+はすでに書かれているのでただ見て通るだけで、□の中に m と n を入れる経験がなされた場合は、その後の新しい課題場面で+が飛び出してくる確率が低いというのはどういう理由によるのだろうか。このことが説明されない限り、なぜ後のようにフレームをかかねばならないのか説明できない。ここにもし、生理学で一般に認められているように、もし、一定の反応回路が一度通路づけられると、その後は通りやすくなるという法則がもたらされると、これは極めて簡単に説明されることになる。そして、将来の課題場面での反応に最も近い形で学習しておくのが一番よいという学習指導法上の原則も裏づけができるし、フレームの書き方もそれで決まってくる。またプログラム学習では、1フレーム1フレームを書いていくので、このフレームのあと何フレーム書けばよいのかが決められねばならない。つまり、あとは

$$a^m \cdot a^n = a \square$$

$$a^p \cdot a^q = a \square$$

というようにしていくのであるが、あと何フレームで止めるべきか、これも大脳の神経伝達路において回数と定着度の関数関係がある程度押えられねばならないのである。また、ここには個人差もあるだろう。3回でよい人もあるし10回必要とする人もあるだろう。この大きな相違は求心性の神経伝達路や第17野にないことは確かで連合領野の構造や記憶機構に依存していることは大脳生理学の知見によって、ほぼ推定できる。プログラムを書いていこうとすると、このような知見が極めて強く要求されてきて、このような心理・生理学的なモデルなしではプログラム学習の理論構成は不可能である。

スキナーが「空っぽのオーガニズム論」を展開した1938年頃の大脳生理学は心理学者、ことに行動主義者に必ずしも望ましい知見を提供してくれたとは思えない。しかし、その後の大脳生理学の発達には記憶についてもある程度の仮説を提供するまでになってきている。

また、生物学の方でもフィードバックシステムとして生物を見る見方が次第に広がってきているが、このような見方も今後学習心理等の中に大いにとりいれられてなくてはならない。プログラム学習の第3過程の結果の知識の伝達過程はまさにこのフィードバックの過程であり、強化作用がどうして一度成立した学習の回路を強化する作用を持ち得るのか、生理学的説明がどうしても必要になってくる。われわれは生理学との協力によってのみ正しい学習心理学が構築できると思う。生理学を否定したり、それを無視する立場からは、プログラム学習のように1フレーム1フレームを書いていく作業は生れてこない。ともかく、プログラム学習では第1の刺激提示過程から第3のフィードバックの過程までの心理・生理学的モデルなしでは、その理論構成は不可

能である。

第3節 プログラム学習における学習形態の特色

〔プログラム学習の領域〕

プログラム学習の領域はかなり広い。体育の個人指導のようにティーチングマシンを用いなくても成立するし、集団討議すらしかるべき個人々人へのフィードバック装置をつくれば可能である。体育の個人指導は従来からもある意味でプログラム学習で行われていたと考えることができる。それは刺激提示、反応、結果の正否を個人々人に伝達するという3過程をとっていたからである。ただ、プログラムは必ずしも厳密に構成されたものではなかったもので、ほんとうの意味ではやはり、そう呼べないものであった。集団討議のプログラム学習は指導者の机にスイッチが学習者全員、つまり、司会者も含めて1人1人に用意され、学習者の前には赤と青のランプを備え、その点滅はその学習者のみにわかるように、他の人にはわからないようにしておかねばならない。教師は集団討議の過程をよく理解し、正しい反応にはすぐ本人の前の青ランプがつくようスイッチをいれ、間違った反応にはすぐ赤ランプがつくようスイッチをいれねばならない。こうして、反応に直後の強化をしていけば、従来の討議法の場合の最後のまとめの講評より効果的であると思われる。ただ、このプログラムの系列、つまり、第1課は何をテーマにし、第2課は何をテーマにするという内容とその順序がかなり困難な問題でまだ未開発であり、この点についてはこれ以上触れられない。これらのもの以外はいわゆるティーチングマシン、またはプログラムドブックを用いてのプログラム学習で、これが普通いわれるプログラム学習の領域である。この領域における学習形態は従来の一斉授業の学習形態とどう異なるであろうか。これを普通学級の場合と複式学級の場合に分けて考察しよう。

〔普通学級における一斉授業の学習形態との比較〕

自動的継続的な相互制御の系列としてのプログラムが学習者1人1人に与えられると、その学習形態は一斉授業とは根本的に異なってくる。まずこうなって最初に問題にすべきは個人進捗ということであろう。

個人進捗。プログラム学習における個人進捗は学習者が反応を終わり、その直後数秒以内に強化を行なわねばあまり効果がないという心理学的原則から生まれたもので、パークスト (Parkarst, Helen) のダルトンプランのように、個人尊重の思想から生まれたものではない。ここに、プログラム学習が集団や分団にも個別的強化として適用できる理論的根拠があるわけで、もしプログラム学習が個人尊重の思想から個人進捗を主張するのであったら、集団討議への適用はあり得なかったろう。思想的というより教育技術的見地から出発した個人進捗は、結果的には学級集団の中の個人をやはり開放したといえる。早く進めるものは従来の学習テンポの数倍の早さで進む。彼らは集団の中位の生徒に右へ倣いをさせられ、それだけ足踏みをさせられていたわけである。

また、ゆっくりしたテンポでなくてはなかなか学習できない生徒もいる。これらの生徒は従来の一斉授業ではどうしてもついていけなかった。学習は不成立のまま次のトピックに移るが、数学のように先行経験の積み上げの上にのみ成立している学科では、次のトピックにおける学習の成立はも早、望むこと自体が無理である。こうして、これら遅い生徒は学級のほんとうの学習過程からは完全にとり残されてしまっていた。プログラム学習ではこれらの生徒は自分の好むテンポで進むことが許され、自分なりの学習の成立をまって次に進むことになるので、この相互制御過程の進行の統制は完全に自分の手に握られており、教師の干渉がない。教師の任務は、もし、あるとすれば、この学習者によって完全に握られている相互制御過程のテンポに合わせて学習者を援助することだけである。勿論ある程度から下では、一般用のプログラムでなく、学習素質が低いもののための特別のプログラムが必要と思われるが、とにかく、学習者は進行の主権を自分で握ることによって、つまり、「独立」の学習者になることによって、質的に遙かによい学習をすることができるようになった。このことは学習意欲の面でもよい影響を及ぼしている。独立の学習者であることを許された学習者達は学習意欲を燃し始め学習の成立とそれが正答であることをすぐ知らされる喜びを味わっている。

教材の性質。プログラム学習で用いられるプログラムは相互制御の一方の側の刺激系列であるが、ここでは教師がいなくてもこの過程が自動的に進行するように配慮されている点に特色がある。ある意味では独習書であり自習書であるが、従来の独習書はいわば一方的な講義の焼き直しであって、あることを学ばねば次に進めないという統制関係が学習者との間になかった。その結果、独習書としての機能を十分に果たすことができなかった。また、前もってトライアウトを行ない、実験データをとり、それによって改訂を続け、充分独習が成立するという保証つきで学習者に与えられたものではなかった。その点は教師側の責任とは充分考えられず、学習者の責任と考えられていた。

プログラム学習の教材は自動的継続的進行を確保するため前もってトライアウトを経ている。講義の内容を並べたフレームでは要求される教材の水準に到達することはできない。何回かのトライアウトを通して通過率が95パーセント以上に揃うように配慮される。この95パーセントの理由は、人間の不注意な誤りを3パーセントと見、あと2パーセントは精神薄弱児、その他の理由によるものである。従って、精神薄弱児を除けば97パーセントであり、理想としては全員通過である。前もっての実験によって全員正答ができるという保証つきの教材というものは、いまだかつて実際の教室に登場したことはなかった。プログラム学習は心理学の実験室に育ったために、この点の考え方は科学的である。このことは教材の単位を従来のそれよりも相当小さくせざるを得ない。教材を適当に小さく分けていくことによって、個々の学習者が全員正答できるように配慮するのがプログラム構成の基本原則の1つである。そして、これはプログラマーの責任とされていて学習者の責任ではない。学習者はフレームの刺激を見て答えればよい。それは刺激—反応の心理・生理的現象であり、いわば自然現象である。ここに善とか悪とかいう概念を持ちこ

む必要はなく、プログラマーは正答が誘出されるように刺激を構成する責任こそあれ、学習者を怠慢であるとか知能が低いとかいって非難することはできない。プログラマーは、この相互制御過程の機械の正常運転の技師であって、機械が故障を起こしたからといって機械を叱ってみても意味がない。技師にとって必要なことは、その機械のプログラムの側の系列の設計変更あるのみである。学習者の大脳の幼児からの経験の系列を知らないで、すぐ、プログラムを作れということはある意味ではプログラマーにとって苛酷すぎる要求であるが、ともかく、大脳皮質の側の法則をよく知って、それに従ってプログラムをつくるより外ない。そこで教科内容の性質が大切になってくる。数学のような教科では教材系列のもっている論理が大切で、この点、プログラムは系統学習の色彩を強く帯びてくる。しかし、このように教材が論理的にならねられなければ学習が成立しないということとは、この相互制御回路の性質上、大脳皮質の側にもやはり、論理的な考え方の流れがあって、それにマッチしているからこそこの回路が成立しているのだと考えざるを得ない。もし、大脳皮質の側にそのようなものが全くなって、でたらめの過程しかないのであるがなお相互制御過程が成立するということとはあり得ない。この意味で教材の論理性は学習者の心理過程と相互の対応関係にあるということができ、最も心理的であって始めて、教材の流れは最も論理的であり得るということがいえる。

また、1つの単元は多い場合は数百のフレームに分割されるが、その1つ1つのフレームには学習の目的がなくてはならない。たとえば、中学校2年生の代数の1つの山と見られる一元一次方程式は、われわれのプログラムの場合、第一次のトライアウトでは112フレームであったが、トライアウトの結果、改訂したものは400のフレームになった。一元一次方程式の目的を「 $ax=b$ というような方程式をとくこと」ということは容易であるが、これをまずいくつかのステージに分け、さらにそれをいくつかの段落に分け、さらにそれをいくつかのフレームに分け、400のフレームの目的に構成してはじめて、プログラムが構成されるのであって、その1つ1つのフレームが学習者にとって95パーセント以上の正答率があるということは、1フレーム1フレームの極めて微視的な学習のモデルと考えねばならない。400フレームの目的は次第に高まりつつ、相互に意味のつながり、つまり、論理性をもち、学習者に正答を誘出するよう心理的にも規定されている。ここにおいて、プログラムの教材の性質は論理的系統的であると同時に、また極めて心理的でもなくてはならないということができる。今まで普通の教室に登場した教材はこのような微視的な次元にまで追求され、分析されたものがなかった。プログラム学習の教材はこの点でも学習の心理・生理的モデルを考察する上に大いに役立つものである。

強化の形態と頻度。強化はプログラム学習の基本概念であり、また、効果的学習がもたらされる源である。従来の一斉授業では強化の形態は極めて多様であった。その時々都合により、行ったり行なわなかったりしたし、対象も集団であったり個人であったり、級友に対してされたものを聞くという形であったりした。しかし、それらに共通していえることは、もし、強化が行なわれるとしたらそれは一斉に行なわれたため、早くできていた生徒はそれまで待たされ、おそ

いものは自分で答えをつくり出す前に正答をきいてしまうことが多かった。これでは強化の作用がほとんどもたらされない。また、全般的にいて教材の単位が大きかったので1校時中の強化の回数は少なかった。

これに反して、プログラム学習では教材の単位が小刻みになっていてその都度必ずオバートな反応を求め、それに対して必ず個別的に直後に結果の知識を与えることになっている。プログラム学習において、強化の形態を厳密な一貫した方式にしたのはオペラント条件づけの原則を厳密に適用していこうという考え方に基づくものであり、ことにスキナー流のプログラムの場合、教材の単位が小さく、正答か否かのチェックポイントが細かに、より精密に入れられており、強化の頻度も多いことはプログラム学習の学習効果を高める上に大いに貢献している。オバートな反応が出現してから数秒以内に強化しようというのがプログラム学習の最大の眼目であり、この直後性を保とうとするとどうしてもティーチングマシンかプログラムブックを用いねばならない。強化が数分後であったり、何日か後ではあまり効果が期待できないことがいろいろの心理学実験で確かめられている。またプログラム学習において強化を頻繁に行なうのもその特色の1つである。プログラム学習、ことにスキナー流のプログラム学習では、その単元の内容によっても相当異なるが、2,3分に1回から1分間に数回という頻度である。普通の一斉授業の場合の頻度は平均して3,4分に1回であるのでこれよりはるかに多いというべきであろう。クロードー流のプログラムではそれ程頻度は多くないが、なお、普通の講義式の授業の場合よりも教材が小刻みであり、頻度はより多くなっているというべきであろう。

評価の位置と性格。教材を小刻みにして強化を多くしたことは他の側面からいうと、学習の定着をチェックする時と点を多くした結果になった。従来、教授＝学習過程において、評価は一つの単元の最後とか一学期に2回位の学力検査が考えられていた。勿論、指導と評価の一体化ということは従来からも叫ばれていて、一斉式の問答学習では確かにチェックポイントがたくさんはあった。しかし、プログラム学習ではそれよりもはるかに小刻みになっており、多い場合は1分間に数回のチェックがなされる。このような小刻みの評価は従来の教育方法になかったものである。そこで結果の正否が告げられ、正答が提示されるので、いわば、軌道からのわずかの外れも修正されることになる。このことは、強化のない学習で誤りが続きがちであるのに対して、誤答が減るという実験データによって証明されている。勿論、その誤りが修正されるには一定の条件が必要で、正答の情報が伝えられた場合、自分の誤りの原因を自覚できる程度のものでなくてはならない。学習者の方に成立している学習効果の水準が低く、知能水準も低い場合、自分がなぜ誤ったわからないならば、いかにプログラム学習といえども誤答が修正されるわけではない。そこで、その学習者の能力とか蓄積されている学力に適したプログラムの提示が必要条件になってくる。これはプログラミングの問題で、1フレーム1フレームの意味のつながりが学習者に理解されていくことと、つまり、ステップ幅の問題になる。

プログラム学習における評価の性格は絶対評価である。1人1人の学習者は絶えず学習の到達

度という見地から評価され、1学級内の中の相対的地位は考慮の対象にならない。現行指導要録の5段階評価では、5, 4, 3, 2, 1のそれぞれのパーセントが1学級内の生徒数を基礎にして決められており、評価の基準は1学級の中での相対的な段階ということができる。たとえば、完全学習からは程遠くてもその学級内で相対的に上の部、たとえば7パーセント以内ならば、5という評語がもらえる仕組みになっている。ところがプログラム学習では、よいプログラムである限り、完全学習をするもの、つまり満点をとるものが大多数で、満点の中からさらに上の方の7パーセントを選ぶということはすぐにはできない。勿論、テスト問題をとくにむつかしくしたりして、さらに選別を細かにすることは可能であるが、単元の目標値を越えて問題をいたずらに難しくすることは失敗感を与え教育上よくないし、いたずらに評価のための評価となり、評価の目的に照らしてよくない。また、プログラム学習では能力差が所要時間の差におきかえられるので、所要時間の差によって、5段階の相対評価も可能であるが、これはスピードを目的とする技能ならともかく、普通の教材では目的の主要な構成要素にならないので、これによって5段階の相対評価を行なうことも適切とはいいかねる。われわれは、プログラム学習では、「完全」とか、「不完全」な領域を具体的に書くこと、または完全な学習、つまり100パーセントに対して個々人の到達度をパーセントでかくことが最もよいと思う。やゝ誇張したい方であるが、従来の5段階の相対評価法は、満点をとるものが少なく、また20~30パーセントという低いパーセントをとるのも2, 3人はいた普通の授業法を基礎にして、より客観的にしようという意図で考案されたものであったが、プログラム学習では、これはもはや成立しなくなったことができよう。

学力分布型。プログラム学習による学習指導法を実施した後、学力検査をすると、プログラムがよい限り、J字型の学力分布が得られる。つまり、満点が多く、あとは満点からへだたるにつれ徐々に頻度も減っていくのである。これは従来の授業で多くの場合得られたところのM型と異なることになり、学習指導法の質的相違がもたらした学力の分布型の変化と見ることができる。つまり、従来の学習指導法では、文部省の毎年の学力調査が示しているように、平均して50~60パーセント、よい学級でも80パーセント位のところを一つの山とする分布があった。そして、さらに非常に低い方に2, 3人の生徒が1つの小さなコブをつくっていたのである。これは従来の学習指導法が大体中以上を相手にしていて、それから下のものはほとんどその授業についていけず、一度ついていけなくなるとそれ以後はそれが累積して、ほとんど救済不可能な状態に陥った生徒が2, 3人いたことを意味している。つまり、その一斉授業に対してとにかくついていけて、その中でよい点や悪い点をそれぞれの能力によってとっていたグループと、その一斉授業に全くついていけなくなってしまう、その点では少し位はもっている潜在的学習能力もほとんど働かなくなっているグループと2つに劃然と分かれていた。ところがプログラム学習では、この後のグループがなくなったのである。彼らは自分の好むテンポで学習でき、その能力に応じた学習の効果を示すことができるようになり、その従来からもっていた学力の水準や知能の水準は他の学習者達と連続性をもっているものと考えられるが、それが完全にとはいえないまでもその相

当に発揮されて、連続的な軸の上のことにになり、J字型の一般的グループの後の方にひっつくことになったと思われる。勿論、これはある程度トライアウト済みのよいプログラムの場合であるが、この現象は、プログラム学習ではそれぞれの学習者の潜在的学習能力がそれ相応に伸ばされていることを実証しており、それぞれの人々の才能を伸ばすという見地からいって望ましい学習指導法であるということができる。

学習効果の予測と保証。プログラムの作成過程においては、プログラム学習が済んだ直後に終末の基準テストを行なうことが絶対に必要である。これはプログラムがどの程度目標値を達成したかを絶えず測定しながら改訂していかなばならないからである。プログラム学習中のフレームの正答率の高さは必ずしも終末の基準テストにおける学習的效果を意味しない。それはフレームの中に過度の手掛かりが与えられている場合があるからである。従って、プログラム作成中は終末の基準テストを必ずしなければならないが、プログラム完成の暁には、そのトライアウトに用いた集団とほぼ等質の集団である限り、ほぼ同様な学習効果を期待できるわけである。勿論、この時の等質とは、学習意欲の点でも、学習の準備性の点でもまた知能の点でも、その他学習効果に影響を及ぼすと考えられるあらゆる要因についてそうでなくてはならない。われわれは従来のトライアウトの経験から、同一のプログラムでも、ある地域の学級と他の地域の学級とでは学習効果において、相当大きく相違のあることを知っている。従って、要因は厳密に測定する必要があるが、それがほぼ同等である時、その学習効果も一定の精度内ではほぼ同等であることを推定し得る。これはプログラム学習では始めから教師というある意味で極めて不確定な人的要因が学習者と学習資料の間に介在しないと仮定しているからである。従来、教科書をはじめ地図、辞書、スライド、映画、テレビ等、およそ教育の歴史上に登場したあらゆる学習資料は、ある意味ですべて教師がこれらをうまく利用して学習を指導するものという前提があった。しかし、ティーチングマシンまたはプログラムブックは教師なしでも学習が自動的に進行するという前提を立てたので、ここに始めて学習効果の予測ということも質的に異なる新しい次元で可能になったのである。勿論、プログラム学習の場合も教師の扱い方いかんによってはそのもたらす学習効果も大きく異なるのは事実であるが、なお、われわれは学習効果の科学的予測ということが大きく前進した点を強調しなければならない。それはちょうど、手工業時代に製品の品質は大きく分布幅をもっていたのに対し、精度の高い機械生産になってその品質管理が大きく前進し、さらにオートメーション化されるにつれて、品質管理は人間の五感による品質検査を離れて、完全に自動化されることになったのに似ている。プログラムブックではこれはあまり期待できないが、電子計算機式のティーチングマシンではこれは大いに期待できる。将来、技術革新が進むにつれて、人間の教育の成果の品質の分布幅をせばめようとする社会の要求が強くなるので、それに従って、教育の品質の幅をオートメーション機械の検出に任せることができるようになると思われる。

さて、別の見地からいうと、学習効果の予測から可能性の質的飛躍は学習効果の保証の精度の質的飛躍をもたらす。これは理論的には教師が学習者と学習資料の間に介在しなくなった結果、

もたらされたものであり、その歴史的意義は大きい。従来の教科書はそれ自体でどの程度の学習効果をおさめ得るものであるか全然わからなかった。よく編集された教科書でも教師がこれを使用して授業するという立場をとる以上、その教師の授業活動の質に大きく左右されるので、教科書それ自体でどの程度の学習効果をあげ得べきものかという発想自体がなかった。これでは教科書の比較ということは成立しない。従って、Aの先生はA'の教科書を使用すればよい学習効果をあげ得るが、B'の教科書を使用すればよい学習効果をあげ得ないということが起こり得た。そして、その時、学習者の個性によってそれがどう変わるかはほとんど問われなかったといつてよい。ところがプログラム学習ではその究極の形では教師なしでも学習が自動的に進行することを期待できるので、プログラムと学習者の相互制御過程となり、プログラムの質は学習者の大脳皮質過程の質的な問題と相即の形で決められてくる。そして学習者のその面がはっきり測定できる限りにおいて、われわれはその学習効果も一定の精度で保証できる。この精度はわれわれが学習者の大脳皮質の要因をどの程度精密に測定できるかにかかっているわけである。ここにおいて、教育心理学は新しい枠組みの下でその科学的厳密さを要求されることになったわけである。

教師の地位と教師＝生徒関係。プログラム学習過程を学習者と学習資料の間の相互制御過程と考える以上、教師がその間に介在する余地はない。しかしながらオートメーションの場合もそうであるように、それら全体の過程を管理する人間は依然として必要である。教育の場では1つの単元が済んだ場合、次の単元に進まずべきかどうか、学習が果たしてうまくいっているかどうか、機械にカンニング防止機構がついていない場合やプログラムブックの場合、カンニングが行なわれないように監視する仕事等、学級全体のプログラム学習の規律を管理したり、進度を管理する仕事があるわけで、教師なしでは学級のプログラム学習はうまく運営されない。ことに、それぞれの能力に適したプログラムが理想的な水準にまで開発されておらず、しかも現実の教室には特殊学級に入れた方がよい生徒まで一緒にいる現段階では、教師の仕事は多い。普通のプログラム学習では、「何か質問があったら手をあげて先生にききなさい。」「3つ以上続けて間違ったら、手をあげて先生に相談しなさい。」というような指示を与えてからプログラム学習にはいるのであるが、プログラムが不完全な場合、質問のでることもあるし、特殊学級にいれるべき生徒の間違いが多く続くこともある。この時、教師の個別的援助がどうしても必要になる。つまり、相互制御過程が一時故障して中止される場合は、プログラム側の提示刺激が学習者の大脳皮質過程とうまく合っていないわけであり、このような誤答の責任は教師にあるのではなく、すべてプログラマーの責任であるが、プログラムが不完全な段階では教師の援助が必要であり、事実、現在の段階のプログラム学習では、教師の時間の多くは机間巡視とこのような個別的援助に向けられている。そして、これは従来の一斉学習とは非常に違った教師＝生徒関係の型をもたらしている。従来の問答式一斉授業ではどちらかというと、指名される生徒は優秀な生徒の方にかたよりがちであった。これは提出される問題自体が学級の中の半分位がやっとなぜかという問題であったり、時には極く優秀な数名だけができるような問題であったので着手できる生徒はどうしても

一部のよいものに限られ勝ちであった。教師はこれらよい方の生徒と問答をしながら授業を進めていったのであって、下の方の数名は発言の機会すらなかった。ところがプログラム学習では、よいプログラムである限り、優秀な方の生徒についてはあまり問題がなく、相互制御過程は故障なく自動的に進行する。しかし、能力の低い方の生徒では時に誤答が何回も続き、教師の個別的援助が必要でここに教師＝生徒の関係が新しくつくられてくる。能力の低い方の生徒の側からいうと、従来の一斉授業ではあまり教師＝生徒関係を結び得なかったのであるが、こんどは手をあげさえすれば教師がいつでもやってきて個別的援助を与えてくれるわけで、この個別的接触の可能性はすべての生徒に与えられており、その点で教師＝生徒関係は全く新しいものとなる。従来の一斉授業では教師は一斉進度の統制者であったが、プログラム学習では、すべての学習者が自分の好むテンポで進んでよいので教師は自由な進度の開放者である。勿論、一つの単元が終了した時、全体を揃えてから次の単元に一斉にはいるかそれとも各自の進度に応じて次の単元に進ませ、同一教室内で異なった単元の同時的平行的存在を許すかは、なお、教師の自主的判断に任されており、アメリカの報告例では後者の例が相当数あることがわかるが、わが国の現状はまだそこまでいっていないというべきだろう。

プログラム学習での教師＝生徒関係のもう一つの要素は生徒が進度について開放された結果、生徒に独立の学習者としての構えができてくることである。今までは教師の決める進度についていくことだけを要求されていた従属者としての生徒であったが、プログラム学習では独立の学習者になり、自信をもってくる。このように自主独立の構えがつけられ、より積極的な学習態度がつくられた上で教師の援助を求めることになるので、教師＝生徒関係は従来のものよりも質的にいってより望ましいものといえることができるし、学習態度も非常に積極的になってくるのが見られる。

〔複式学級におけるプログラム学習の特色〕

従来の複式学級では1教室に2つの違った学習集団が共存しているために、一方を直接指導で問答式一斉授業方式でやっている間、他方は間接指導という名の下で自習を、しかもある意味で騒音の下での自習を行なわざるを得なかった。教師としても2学級の授業を半々にかけもちしているようなもので、大変な労力をかけてしかも学習の効果は充分にあがらなかったといえることができる。そこで同題材指導とかいろいろの工夫が行なわれたのであるが、その結果は下の方の学年の子供に無理な題材を与えることになったりして必ずしも所期の効果をあげ得なかった。

しかし、プログラム学習の発展は複式学級の学習指導と普通学級の学習指導との差をほとんどなくしてしまった。これは複式学級の生徒達にとって大変な福音といわざるを得ない。複式学級がもっていた宿命的ともいえるハンディキャップはここにほとんど取り除かれてしまった。複式学級でプログラム学習をする場合、それぞれの学年のプログラムを与えてやればそれでよいわけで、あとはそれぞれの学習者が相互制御過程を各自進めていく。教師は勿論、2つ平行して進んでいる単元の内容に通曉していて、それぞれの質問に適確に答えてやる能力をもたねばならない

が、従来の一方が直接指導を受けている時は他方は間接指導を受け、後でそれをまた反対にするというようなことは全然考える必要がなくなった。すべてが直接指導一本でやれることになったのである。教師はそれぞれの学年のプログラムを選んで与えてやるだけであとは普通学級の場合と同じく机間巡視をし、個別的援助をしてやればよい。ただその内容が2か学年にわたっているというだけである。外見的に見ても、プログラム学習をしている複式学級は普通学級のそれと何ら変わらない。

〔普通学級における異題材プログラム学習〕

複式学級によるプログラム学習をモデルにしてもう一度普通学級の問題を考えてみると、学級編成上の大きな問題が存在していることがわかる。現在の学級編成は暦年令別の原則を極めて厳格にとっている。しかし、その中における精神年令、学力年令の開きは数か学年にわたっている。そのような潜在的学習能力や学力準備性の点では実は複式どころか複々式学級であるといえることができる。そこでプログラム学習がそれぞれの学習者と学習資料との間の相互制御過程を成立させて、異題材の同時平行的存在を可能にしたので、それぞれの潜在的学習能力や学力準備性の段階に応じて、プログラムを与えて、異題材の平行指導をやるのがプログラム学習の特色を最も生かしたやり方ではないかということが考えられる。従来の一斉授業のやり方では、それぞれの潜在的学習能力に応じた学習をさせようとする、「飛び級」をさせる以外になかった。ところが、「飛び級」は従来の例では多くの場合失敗に終わった。それは知的にすぐれていても情動的発達や社会的発達の側面がこれに伴わないこと、その飛び級をしてはといった学級で望ましい人間関係をつくることができず、ひいてはそれが学習面にも反映してきたからである。ところがプログラム学習では、一か年という飛躍幅をしなくても、徐々の漸進的な進め方でよいし、その学級にいるままで必要な教科だけ進めていけばよい。この点、従来ならば非常な危険を冒して飛び級で解決しなければならないことを、プログラム学習ではある意味で極めて自然な形のままで解決してくれるといえることができる。勿論、プログラム学習でも、ここに1人の生徒がいて、あらゆる点で1学年上の教科をやっているとすれば、これは1学年飛び級させた方が教師の指導しやすさという点でよいだろう。プログラム学習ではいつも異題材になるので、実質的には3か年位の教材を全部平均してやれる教師でなくてはやれないとなると、これはもはや行き過ぎで、改めて学級の再編成を考えねばならない段階に来ているといえよう。従って、プログラム学習でも教師の指導の負担という見地から、それをより能率的に合理化するために飛び級を含めた学級の再編成は大いに考えねばならないし、また今後検討していかなければならない。それぞれの学習者も最も適した教材を、従って結果的には異題材を与えて、それぞれの学習者の能力が最高度に伸びるように学習計画を樹立し得るという点に、プログラム学習の大きな特色があるといえよう。

第2章 プログラム学習の歴史的発展

第1節 歴 史 的 背 景

〔プログラム学習の起こり〕

プログラム学習の歴史は正式には1954年、ハーバード大学心理学教授スキナー (Skinner, B. F.) によって新しい教授法として提案された時に始まる。従って、プログラム学習の歴史は正式にはまだ10年しか経っていない。ここで正式といったのはスキナーによる人間の学習に対する学習指導法としての正式な論文の形による提案を意味しているのであって、動物の訓練法としてのプログラム学習はそれ以前にさかのぼることができるからである。動物の訓練方法としてのプログラム学習がスキナーの考え方の中で定形化した頃をはっきり何年ということは文献からは不可能であるが、プログラム学習を直後の強化を伴う小刻みのプログラムと考えるならば、ハトに時計の針の方向と反対の方向に回らせる実験において少なくとも小刻みにという考え方は発生していると考えられるので、この時期をとると1948年頃と考えられる。それにしてもプログラム学習の歴史は十数年しか経過していない。その歴史をかくにはあまりにも時代の経過が短すぎる。

とはいえ、この十数年間のプログラム学習の発展は極めて急速であり、ことにここ数年の発展はすばらしく、すでに各教科にわたって数百のプログラムが作成され、実験され、利用されている。また、ティーチングマシンも簡単な紙の小箱式のものから電子計算機と連動するものまで数十種類がつくられていて、今後ますます発展するものと予想される。

〔プログラム学習の科学性の背景〕

プログラム学習のこのような急速な発展にはそれなりの理由がある。その理由を、(1)科学性、(2)社会の要求、(3)経済条件の3つに分けて考察してみよう。

従来、プロジェクトメソッドにしろ、ダルトンプランにしろ、1つの学習指導法が提案された場合、それ相応の思想的根拠や哲学的根拠があった。また、ヘルバルト学派の5段階教授法にはその当時の心理学の背景があったといえることができる。しかしながら、それらの提案は厳密な科学的根拠に基づいたものとは必ずしもいえなかった。しかし、プログラム学習は実験という厳密な操作を通して構成された行動科学のデータの上に立っている初めての、そして唯一の学習指導法といえることができる。それにはやはりスキナーの実験心理学の系譜をたどらざるを得ない。スキナーは1907年に生まれ、1929年から研究論文を発表し始めているが、彼の大学生の頃のアメリカの心理学界では、ワトソンの行動主義の心理学がはなやかな脚光を浴びていた頃であり、また、パブロフの条件反射の実験も大きな影響を与えつつあった。スキナーのごく初期の研究論文数編も条件反射についてのものである。しかし、しばらくして彼の興味は自発的な活動の方に移り(1933年)、彼の最初のまとまった業績と考えられる「有機体の行動」(The Behavior of Organism, 1938年)においては、パブロフ流の条件反射と自己の開拓したオペラント条件づ

けの領域をはっきり分け、前者をS型の条件づけ、後者をR型の条件づけと呼んでいる。しかし、実験方法の厳密さは全くパブロフの脳生理学と同じであくまでも観察できる客観的なものに限られていたし、追求する因果関係も全く理論的で教育への応用をはかるという考えは毛頭なかったといえる。この点で、プログラム学習の方法論的渊源はパブロフの条件反射学にさかのぼることができ、プログラム学習はそれから分かれた一つの流れの花咲いたものと考えることができる。しかしながら、彼の理論体系が完成に近づくにつれて教育方法への関心が高まってきた。その動機の一つは第二次世界大戦中に軍関係の要求に基づいて兵隊の訓練方法に興味をもたされたからであると思われるが、彼の部分強化の実験の発展は当然、最も少ない餌で最も強い行動傾向を形成するにはどうすればよいかというより実用的な問題提起に向かう傾向をもっていた。このような実用的な問題提起の背景には、やはり、アメリカの実用主義の思想的風土を考えねばならない。

彼が教育方法について関心をもちはじめたのは「動物をどのように教えるか*」(1951年)という「サイエンティフィックアメリカン」に寄稿した論文にも見られるが、このような動物の訓練方法への関心はオペラント条件づけの理論構成、ことに部分強化理論の発展の当然の帰結ということができよう。

ところが、これをさらに発展させて人間の教育方法の問題に関心を向けさせるチャンスが訪れた。それは1953年11月11日、自分の娘の通っている学校の父親参観日に出かけて小学校4年生の算数の学習ぶりを見たことであつた。これはさきの1954年の論文の数カ月前に当たる。彼はここで従来のオペラント条件づけの理論を基礎にした人間の教育をはじめて構想した。

従来の数多い学習指導法の提案と比較した時、プログラム学習が質的に劃然と異なっている点はその知見の厳密な科学性であり、その高い能率性である。能率について個々の細かい提案は従来の教育界にも沢山あったわけであるが、これ程根本的な提案、つまり、一斉授業の形式を廃し個人のペースで行なわせるべきであるという提案は今までになかった。このようなことが成立し得た根本はあくまでも純理的な心理学の実験室から生まれたものであるからこそであつて、教育の現実の場に立った能率や方式の漸進的改善を考えてもここまで根本的な改革の提案はできなかったと思われる。

〔プログラム学習の工学的技術的背景〕

プログラム学習は出発するとすぐ電子工学に結びついて、電子計算機と連動するものが考えられた。IBM 650 とか、ベンディクス (Bendix) G-15 と連動したもの、さらにプラトール (PLATO) のようなものが出現し、プログラム学習の理論的発展に貢献したことは注目されてよい。

かつて、1924、5年から1930年代にかけてオハイオ州立大学のプレッシー (Pressey, S.L.) がティーチングマシンを考案して教育界における産業革命を期待したことがあつた。しかし、彼の

* Skinner, B.F.: How to Teach Animals. Scientific American 185, No. 6: 26-29; 1951.

期待した産業革命は遂に訪れなかった。ということは社会的基盤が未熟であったことを意味しているが、プログラム学習にもそのような面が見られる。しかし、プレッシーのティーチングマシンはその当時の工業的技術と充分に結びつくことができずに終わったが、プログラム学習は最近の電子計算機と充分に結びついて理論的發展を遂げようとしている。勿論、これは現実の教室場面においてではなくて、大学の研究室の中での結びつきにすぎないが、なお、このことはプログラム学習の理論的發展に対して大きな意味をもっている。これは教育学を全く新しい記号論理学の立場から構築していくことができるようになったことであり、教育における診断と治療に対して画期的な進歩をもたらすものである。また、教育学の理論水準が医学や通信工学やその他の科学の理論水準と同じ水準にまで上がることを意味するので、この点でもわれわれは最新の電子工学との結びつきを重要視したい。

〔プログラム学習の社会的背景〕

社会の技術水準が高まるにつれてそのような技術を駆使する人間の教育に対する社会の要求も高まってくる。これは内容面についていえるとともにその完全な定着についても、また、単位時間当たりの学習能率についてもいえる。原子炉や人工衛星やジェット機の操縦者達は高度の技術が身につけていなければならないが、それは1つでもミスがあるといけないう完全なものが要求されている。なぜなら、それら高価な装置や機械は1つでも操縦を誤ると破壊されたり、人命も保証されないような故障になるからである。そこではほんとに1つのミスでも許されない。このような完全性への要求は当然小学校や中学校の教育のあり方にも影響を及ぼしてきて、完全な学習をした人を要求する。ところが、従来の教育法ではこの点が極めて不充分でごく上位のもの数名を除き、学習された技能の水準は50～80パーセントに止まり、低かったといわざるを得ない。

また、社会の技術水準が高まるにつれて高度化した教育内容を習得するに要する年限も長くなり、今から20年前なら23才で大学の学部を卒業するだけでよかったのが、今では高度化した科学技術関係の学科では24才で大学院の修士課程を終了する必要がある、この傾向は科学技術の高度化とともにますます顕著になってくる。ところがあるだけ早く現在の科学技術水準をマスターしてあとは独創的な研究をしてほしいという社会の要求もますます盛んになり、修業年限の短縮が要望されてくる。こうなるとどうしても単位時間当たりの学習量や学習能率を高めざるを得ない。

ソ連もアメリカもその科学技術水準の熾烈な競争を展開している時、また長期の競争は究極的には教育の競争であるといわれている時にプログラム学習が非常に能率的な学習として登場したことは当然注目を集めた。バージニア州、ロヨナーク中学校における大規模な実験によって、従来の1カ年の代数教材が約半カ年で習得され、しかもその定着率は非常によいという報告は多くの人に驚異の目を見張らせた。アメリカではすでに数多くの大学や研究機関がこの研究をはじめているが、ソ連でも1962年、アメリカからその創始者スキナーを教師として招聘し研究を開始した。そして、レーニングラードの教育科学アカデミーでは電子計算機型のティーチングマシン

「ウラル1号」を完成してこの領域における先進国の1つに仲間入りをした。

また、ユネスコでも低開発地域の教育水準を能率的に引き上げるためにはどうしたらよいかについて強い関心をもっているが、プログラム学習に関心を示し、1962年3月にパリで教育的メディアについての専門家会議を開いて、その1部門としてプログラム学習の技術的可能性を検討した。その勧告に基づいて東南アジア地区においてもプログラム学習の専門家を置いて研究と開発を進めることになっている。ともかく効果的な教育技術、能率的な教育技術が特に強く要求される国々では、プログラム学習に対する関心が急速に高まり、その研究と開発が熱心に開始されていることは明らかで今後の発展が期待される。

〔プログラム学習の経済的背景〕

プログラム学習にはどうしてもよく構成されたプログラムが必要である。これをブック形式に編集したプログラムブックは小刻みのステップになっているため量的に多くなるし、一定の枠組みの中に記入するためスペースを多くとり、どうしても従来の教科書の数倍の頁数にならざるを得ない。そのため学習資料としてのコストも数倍にならざるを得ない。また、ティーチングマシンを使用すると新たな教育設備投資増を招くことはいうまでもない。ティーチングマシンの値段は非常に大きな開きがあり、ごく簡単な紙の箱であれば安価であるが、あまりすぐれた機能を期待できない。他方、高価なティーチングマシンは1台百万円もするので公教育の財政的規模をはるかに上回ってしまう。ただ問題はプログラム学習がもたらす学習効果の増加分であって、その増加分がなければ財政的にいって無意味な教育投資といわざるを得ない。次に学習効果の増加分がある程度あるとして、果たしてそれが教育財政の新規増加分に見合うだけのものかどうかという点が問題になる。この問題を解決するには学習効果の増加分が金銭上の数字で表わされることが望ましい。たとえば一国のジェット機の航空軍団で操縦技術の未熟によるものの全事故件数とその損失金額がわかっているとすると、そして、これはその国が採用している一定の教育技術の水準の関数であると考えられる。そこで、その教育方法をプログラム学習に切り換えたために学習効果が高まり、操縦技術未熟による事故件数が減り、その損失額が減ったとする。その損失額の減った金額が教育投資の新規増加分を上回っておれば、投資を行なうべしという結論になる。現にアメリカ空軍はそのような意味で1機4億円以上もするジェット機のパイロット訓練のためにオートチューターI型(80万円)を20台購入したという。これはティーチングマシンが入り込む1つの側面に過ぎないが、ある教育投資が社会的に成立するためには私的財政の次元で、または公的財政の次元で少なくとも効果が見合う必要がある。明治時代になって黒板というものが教室に入り得たのも、また現在テレビ(1台5万円)が急速にはいって、従来の16mm映写機(1台20万円)を追い抜いたのも少なくともこのような財政上の条件を満足させたからに外ならない。

公立の小学校や中学校の教育財政において、プログラム学習の財政学を建設することはまだ資料が不十分であるが、ごく概算的に試算をしてみると今の生徒1人当たりの平均教育財政投資額

を2万円とし、その学習効果を平均70パーセントとおさえ、プログラム学習によってこれを90パーセントにまで上昇させることができると仮定すると、今の財政効率をそのままとして、約2万6千円弱の教育投資が可能となり、プログラム購入費として全教科で6千円を見込むことができる。これは90パーセントの学習効率は70パーセントの1.3倍と考えたわけだが、90パーセントなら70パーセントの2倍のお金を払って買っても安いという考え方があり得る。とすると、2万円をプログラム学習のために教育投資してもなお安いということになる。この90パーセントのために何倍はらってもよいかはそれぞれ地方自治体の財政当局や議会の考え方によるものであり、それだけの教育財政規模の増大が全体の財政規模の中で可能かどうかとも検討されねばなるまい。また、今までの修業年限が短縮されることについてどれだけの財政的価値があるか考える必要もある。この要因は最も測定困難なものであるが、なお、この要因を充分に考慮する必要がある。

公立の小学校中学校においては測定困難な要因が多いのに対して、比較的簡単に測定できるのは私企業の企業内訓練の費用であろう。アメリカのある会社では、電話交換手の教育で40人の訓練に8万ドルかかっていたのをプログラム学習に切りかえることにより2万1千ドルつまり、約26パーセントに節約でき、所要時間も70パーセント基準点までに要する時間を約3分の1に節約できたという報告がある。

また、イーストマンコダックでは、企業内容の進歩に基づいて毎年数千人の工員の教育をしなければならないからプログラム学習の効果性に着目し、対数、基礎写真学、感度測定理論などをプログラム化し、後述のメンターⅠ型、Ⅱ型等を企業内の目的のみに開発したが、これによってベテラン講師の人件費を節減でき、その上教育という迂回生産への所要時間を節約し、ひいては直接生産に携わる時間を増し、会社全体の経営に好影響を与えている。

IBMでも電子計算機の理論をプログラミングして教えた結果、従来の教育に比較して27パーセントも時間を節約することに成功している。ここでは時間の節約もすべて会社の経理面に反映されてくるので、プログラム学習の教育投資面のバランスシートが明確にとらえられる。勿論、すべての企業内訓練がプログラム化によってこのように高い効果をあげ得るかどうか疑問で、それぞれの企業内訓練の科目に従って実験をしてその効果を確かめてみる必要があるが、経済投資として有望であることは充分認められる。

プログラム学習がもつこのような経済性の側面は、確かにプログラム学習の発展、ことに企業内訓練での発展を支える大きな力となっていることは否めない。

第2節 スキナーのプログラム学習

〔プログラム学習の提案〕

1953年11月11日、スキナーは小学校4年に在学していた自分の娘の父親参観日に算数の授業を見る機会があった。自己の半生をオペラント条件づけの研究にささげ、学習法則の構成に努力してきたスキナーにとって、この人間の10才児に対する学習指導法は大いに失望に値するものであ

った。オペラント条件づけの実験、たとえば、ハトに8の字を歩かせる実験において、プログラムは小刻みに一步一步高めていかねば成功しなかったが、この算数教室で見るプログラムはあまりにも粗雑で大きく飛びすぎていた。また、強化の形態はまちまちで、直後性が重んじられておらず、強化のあるなしは全く教師の恣意に任されていた。

そこでスキナーは教育の現場で新しい心理学の理論をもっと応用しなければならないと考え、1954年3月、ピッツバーグ大学で行なわれた最近の心理学の傾向についての研究協議会の席上、このことを提案した。これはプログラム学習の最初の提案として歴史的なものである。

この提案は直ちに「ハーバード教育評論」(Harvard Educational Review)に「学習の科学と教育の技術*」という題で掲載され、全米の心理学者、教育者達の関心を引いた。ここで、彼はまず「最近、学習心理学の領域で大きな進歩が遂げられ、強化の随伴性、つまり、行動の後に強化を必ず伴わせることによって行動を統制する技術が工夫されるようになった**」点を述べ、これは2つの大きな領域に分けられるとし、その1は、「効果の法則」を重視することで、「われわれが、ひとたび強化と呼ばれる特定のタイプの結果を思うようにすることができれば、生活体の行動をほとんど思うままに形成(shape)することができるようになったこと***」「その2は、行動を一定の強度に長期間維持する技術が進歩してきたことで、生活体が学習した後も強化はずっと長く重要性を保ち、特に興味深いのは間歇強化スケジュールのもたらす効果であり、(中略)行動を形成し、一定の強度に維持するこれらの新しい方法は、職業的な動物訓練家の従来のやり方に大きな改良をもたらしたし、われわれの実験室の結果がすでに商業用の目的で動物を訓練する方法に応用され始めたとしても驚くにあたらない****」と述べている。

彼は引き続いて自分の実験室におけるいろいろの実験に言及し、「これらすべての実験において、生活体の種の相違は驚く程、少ししか相違をもたらさな。ハト、ネズミ、イヌ、サル、人間の子供、精神病患者と対象は変わっても、これらすべての生活体は学習過程について驚くべき同一の性質を示した*****」。このことを前置きとして本論の教育問題と言及し、4つの改善点を提案した。第1は積極的興味、第2は強化の随伴性、第3は適切なプログラムの構成の必要、第4は強化の頻度を数倍にすることである。まず第1の積極的興味について彼は次のように述べている。「学習科学の進歩がこのようにすばらしいのに対して、教育という学習過程に直接関係のある技術分野に目を転じるとこれは大変なショックである。たとえば、低学年の算数の教育を考えてみよう。学校は子供達に多数の特別な反応を分け与えることに関係している。反応はすべて言

* Skinner, B.F.: The Science of Learning and the Art of Teaching. Harvard Educational Review, Vol. 24, No. 2, Pp. 86-97, 1954. In Lumsdaine, A.A. and Glaser, R. (eds): Teaching Machines and Programmed Learning; a Source Book. N.E.A. Pp. 99-113, 1960.

** ib. p. 99.

*** ib. p. 100.

**** ib. Pp. 100-101.

***** ib. p. 103.

語的で、数や、数的操作に関することば、字、サイン等を話すことと書くことから成り立っている。(中略)では、この極めて複雑な言語的レパートリーをどうしてつくりあげたらよいか、50年前だったら答えは簡単だっただろう。当時の教育的統制は全くいやなことを強制することであった。子供達は鞭の恐怖をまぬがれるために数字を読み、写し、表を暗記し、計算をした。進歩主義的教育として知られている改革運動は積極的な結果をより直接的に効果的なものとしたとはいえず、今日、普通の学級の低学年の教室を訪問した人は誰でも、消極的なものから積極的への変化がなされたのではなく、一つのいやなことの強制から他のいやなことへの強制に変化がなされたのにすぎないことを見てとるだろう。(中略)他のいやなこととは先生の不興、級友の批判とからかい、競争の馬鹿げた誇示、低い得点等である*」。第2の改善点は反応の直後に必ず強化すべしという提案で、彼は次のようにいっている。「第2は強化の随伴性がどのように整えられているか問いたい。算数の計算はいつ「正しい」と強化されているだろうか。勿論、時には子供達は自分の答えをチェックしてある種の自動的強化を達成しうるかもしれない。しかし、はじめの頃は教師に依存しており、教師の行なう随伴性は最適のものよりはるかに遠い。明らかな熟考が開始されるのでなかったら、反応と強化の間に数秒が経過することだってその効果の大部分をこわしてしまうに充分である。それにもかかわらず、典型的な教室でははるかに長い時間が経過するのが常である。たとえば、子供達が紙にかいてある問題を解いているとしよう、教師が机間巡視をして、こちらに立ち止まり、『正しい』、あちらに立ち止まり、『間違い』と歩いて歩くようにしよう。このような状態では子供の反応と強化の間には多くの時間が経ってしまう。また多くの場合、教師が答案を直そうと思って自宅にもって帰ったとすると24時間も経過することになる。このようなやり方でいくらでも効果があげられるとしたらまことに驚く外ない**。」第3の改善点は、現在の教育では目標の行動に導く適切なプログラムの系列がよくつくられていない点を指摘したもので、ここからプログラム学習という呼び名も生まれたのであり、また、プログラム構成こそプログラム学習のキーポイントとなることを示唆した。「第3に明らかな欠陥は目標となる最後の複雑な行動に漸進的に近づいていくまいプログラムが欠如していることである。生活体に数学的行動をもっとも能率的に会得させるには長い随伴性の系列がいる。しかし、教師は生徒の反応を1つ1つ扱うことができないので、この系列のそれぞれのステップで強化することはできない。ワークシートやワークブックの紙片を見て、誤りを直してやる時のように教師としては行動をブロックで強化する以外には仕方がない。ところが、そのようなブロックは相互に関連性がない。1つの問題に対する解答は必ずしも他の問題に対する解答に依存していないからである。また、ステージの数は少なく、仕事は困難であるからである。最も新しいワークブックすら数学的行動を形成するには能率的なプログラムからはるかに遠いものである***。」第4は強化の

* ib. Pp. 103-104.

** ib. Pp. 104-105.

*** ib. p. 105.

頻度をもっと増すようにという提案で、彼は次のようにいっている。「次に現在の教室に対する最も重要な批判的は強化の回数が不足していることであろう。現在、最初の4か年で行なわれる強化の回数は数千という桁であろうが、能率的な数学的行動をもたらそうとすれば約2万5千回が必要である。(中略)単に加減乗除だけでなく因数分解、素数を見つけ出すこと、数系列の暗記、簡便算法の用い方、幾何的な表わし方等を習得しなくてはならないとすると5万回という推定すら内輪の見積りというべきだろう*。」

さらに彼は以上の教育改革を行ない、強化の直後性を確保するためにはどうしてもティーチングマシンが必要になることを次のように強調している。「学習の実験的研究では、生活体を統制するのに最も効果的な強化の随伴性は実験者の個人的な熟考によっては整えられない。(中略)そこで人力を越えた機械的電氣的道具が用いられねばならない。個人的な強化の整備と結果の個人的観察というようなことは全く考えられない。(中略)単に強化する機構としては先生は全く時代遅れの遺品になってしまっている。これは1人の教師が1人の児童に教える時でもそうであるが、多人数の児童に対して同時に強化者として働こうとすればこの不適切さは何倍にもなる。機械をつくることはそう難しいことではない。現にあまり高価でない道具はつくられた。道具は小さなレコードプレーヤー位の大きさに上面に窓があってそこを通して紙テープに印刷された問題を見ることができる。生徒は問題を解いて、0から9までの数字が書いてあるスライダーをいくつか回転させて答える。答えは問題用紙にあけられた四角な穴を通して現われる仕組みになっている。答えがセットされたら生徒はつまみを回す。もし、答えが正しければつまみはスッと回ってベルの音を鳴らしたり、他の条件強化を行なう、もし、答えが間違っていたらつまみが回らず、カウンターが1つ進む。つまみを少し逆に回し、もう一度正しい答えを試みなければならない。(フラッシュカードと異り、装置は正しい答えを示すことなく、ただ「誤答」と告げるわけである)もし、答えが正しかったらつまみが回り、次の問題を問題窓に提示する。そして、スライダーはすべて0にもどる。

この機械の重要な特色は次のような点である。正答に対する強化が直後に行なわれること。この機械を単に操作するだけで普通の子供に対しては、もし、それ以前のいやな統制の痕跡がぬぐわれる限り、強化の働きがあり。毎日一定の時間勉強をさせるに充分であろう。先生はこの機械に向かって勉強しているクラス全体を管理するわけで、生徒1人1人は自分の好む速さで、その校時の中で可能な限り多くの問題を解く。もし、下校しなければならなくなっても、また、学校に來た時はその続きを続けることができる。優秀児は速く進むだろうし、算数をやめて他教科をやらせたり、特別の問題をやらせたりして興味のある副教材に導き入れることもできよう。(中略)単語の綴りを教えるためにスライダーにアルファベットの文字をつけた同様の装置も考案中である。適確な強化と注意深いプログラミングから得えられる利点と並んで、この装置は同時に読

* ib. Pp. 105-106.

むことを教える。また、論理学や理科の中で見られる大きな重要な言語的関係のレパトリーをつくり上げるために使用することも可能で、簡単にいえば言語的思考を教えることができる。内容教科については、この装置は多肢選択法の自己評定装置として操作することも可能である。*

このように彼はプログラム学習の来たるべき状況をかなり具体的に述べた後、このようなティーチングマシンの利用に際して予想される反対論について次のように述べている。「このような装置を教室で用いることには反対が起きることが予想される。子供が単に動物のように扱われるとか、本質的に人間的な知的業績が不当に機械論的な見方で分析されたという批判の声が必ず起こるだろう。数学的行動は通常、数とか数的操作を含む反応のレパトリーと見なされないで、数学的能力の現われとか理性の力の使用と見られている。学習の実験室から生まれたこれらの技術は「心を発達させるため」または漠然とした数学的関係の「理解を促進させるため」に工夫されたのではなく、逆にそのような心的状況や過程の証拠と見なされる行動を確立するために工夫された。(中略) 進歩する科学は従来の法則化に代わってますます確信を強めさせる代わりのものを与え続ける。行動—その言葉で人間の思考を定義しなければならないのであるが—こそ教育の本質的な目標として扱われなければならない本来の権利を持っている**。」

さらに、彼はプログラム学習における新しい教師の任務について次のように述べている。「勿論、教師はただ『よい』とか『悪い』とかいう以上に重要な機能をもっている。提案された変化は教師をそのようなより重要な機能の効果的行使のために解放しようとしているのである。算数の答案の点数をつけながら、「 $9 + 6$ は15だ、はい、よろしい。」とか、「 $9 + 7$ は18ではない。」というのは知的な人の権威以下である。機械で行なえない教師と生徒の関係こそ教師のなすべきより重要な仕事である。(中略) もし、最近、行動の統制に関してなされた進歩が子供に読み、書き、綴り、算数の力をつけるならば、教師は安い機械の代用品としてでなく、人間としての地位を保証するはっきりした知的文化的情動的接触を通して活動すべきである。第2の反対意見は機械化された授業は工業的失業をもたらすというものでろう。しかし、実際、先生があまり、先生に要求される時間とエネルギーが他の業種と同程度になるまではこの心配は無用であろう。機械は教師のつまらない労働時間を短縮こそすれ、生徒と接触する時間を必ずしも短縮しないだろう。もっとも実地的な反対意見として、「われわれはわれわれのクラスを機械化できるだろうか」という質問がある。答えは明らかに「イエス」である。さきに述べた装置は小さなラジオまたは蓄音機程度の安価さでつくれると思われる。また、次々に回転させて使用すれば、生徒数よりもはるかに少ない数でよい。しかし、たとえこの効果的な装置が1台数百ドルして相当数を整えねばならないにしても、われわれの経済は耐え得るだろう。一度教室における機械的援助の可能性と必要性が受け入れられるならば経済問題はたやすく乗り越えられるだろう。教室が、たと

* ib. Pp. 109-111

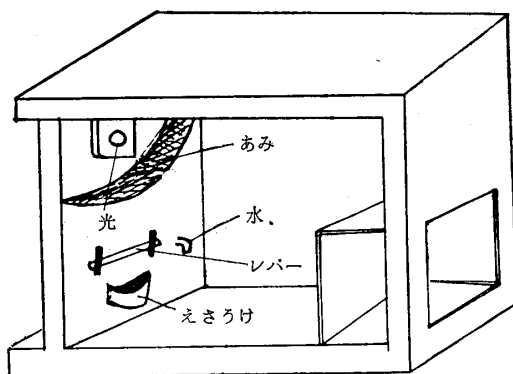
** ib. p. 111.

えば、台所程機械化されてはならないという理由はどこにもない。毎年何百万台という冷蔵庫、皿洗い機、自動洗濯機、自動衣服乾燥機、自動廃棄物処理機を生産している国が市民を最も効果的な方法で能力を高い水準にまで教育するのに必要な機械を整え得ないはずはない*。」

彼のこのプログラム学習とティーチングマシンについての提案は全米の各地にいた彼の教え子をはじめ、教育界の人々に少なからぬセンセーションをまき起こして、彼の弟子達の中には算数のプログラミングを開始するものや、ティーチングマシンを新たに試作してみようとするものがあらわれた。彼自身もティーチングマシン開発の努力を続けた。今日ではティーチングマシンなしでもプログラム学習を行ない得ることは常識になっているが、当時はこのスキナーの提案にも伺える通りプログラム学習はティーチングマシンなしでは不可能という考え方であった。次に彼のつくったティーチングマシンについて述べ、それと約30年前、オハイオ大学のプレッシーのものと比較してみよう。

〔スキナーのティーチングマシン〕

スキナーが前述の論文で、たとえ1対1の学習の際でも、直後の強化者として、教師では駄目で機械装置を用いるべきであるとして、ティーチングマシンを強調したのはやはり彼の長い実



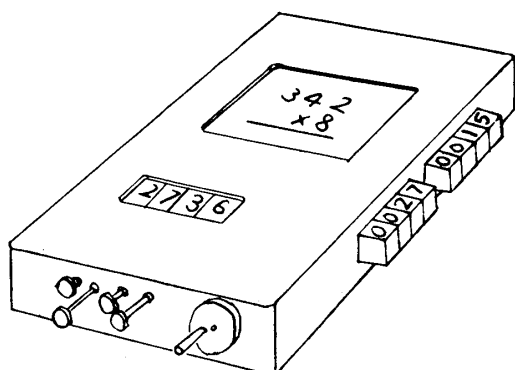
第2図 スキナーボックス

験心理学者としての知見がある。スキナーは長いこと有名なスキナーボックス（第2図参照）を用いてきたが、ここで、ネズミがバーを押した時、すぐ餌を下の小穴から出してやらねばならない。この操作を手でやるととり落したり、所要時間に長短ができて実験条件を変えてしまい、精密な実験ができないことを知っていた。そして、彼は背後に自動的に餌が供給される装置をつけた。このオートマチックな装置こそ、今日のプログラム学習がオートマチックイ

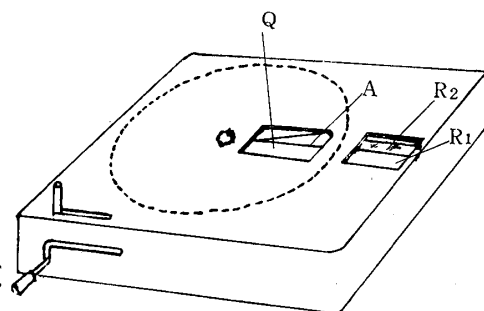
ンストラクションといわれる原型をなしているわけで、このようなスキナーボックスはある意味で動物のティーチングマシンといえることができる。普通スキナーのティーチングマシンは1954年に始まると考えられているが、なお、歴史的には彼が動物訓練のために用いたこの自動給餌装置付きのスキナーボックスをもって、人間も動物も含めた意味でのティーチングマシンといえることができる。

スキナーが前述の1954年3月の論文で必要性を強調している簡単な装置は、0から9までの数字4桁で答えるもので、4本のスライダーが用いられており、今日、スキナー・ジーマンのティーチングマシンと呼ばれるものである。（第3図参照）この機械は5桁以上の計算の時に困る

* ib. Pp. 111-112.



第3図 スキナー・ジーマンマシン



第4図 スキナーのディスクマシン

し、また提案の中にあるアルファベットで答える装置も26個の文字の中から1つ選ぶのは、スライダーを回すのにやゝ時間をとるので、スキナーはこの方式に限界を感じて、一般的に答えを鉛筆やペンで記入する方式に移行した。これは以前のものとちがって正否を機械が判断してくれるわけにはいかず、生徒自らが判断しなければならないが、なお、この方をより一般的なものとして開発に努力した。問題の提示機構には従来から心理学実験室で用いられたランシュブルグの記憶検査装置がヒントになっていて、問題は円板の上に29問かけられる。ここから、これは通常スキナーのディスクマシンと呼ばれる。(第4図参照)

この機構と操作は次の通りである。

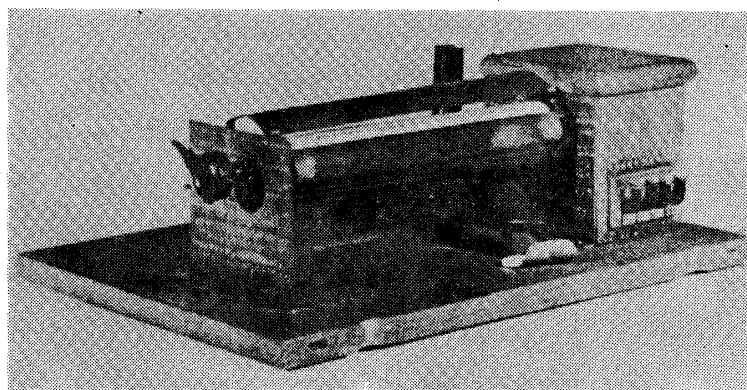
Qと書いてあるところが問題の提示窓で、ここに一問ずつ問題が現われる。すぐ上のAは前もって印刷してある正答であるが、この正答は生徒が自分の答えを完成するまでは見えない。生徒は問題を見て自分の解答を作り、それを左側のR₁の紙テープの上に記入する。生徒は自分でこの答えを満足と思うと機械の手前左側のレバーを上にあげる。すると、これはAに正答を現わし、同時に生徒が今書いた答えをR₂の透明のカバーの下に移動させる。この透明カバーは生徒がAの正答を見てから自分の答えを変えることができないようにするカンニング防止機構である。生徒は自分の答えとAに現われた正答を比較対照して、自分の答えが正しかったかどうかを判断する。正しいと判断したら、彼はレバーを右の方に動かす。これは彼がこの問題を正しいと判断した刻印をテープに記す働きをすると同時にその問題が将来再び出現する回数を減らす働きをする。ちなみに、各問題の学習が完成したとされるに要する正答の数は2か1で、そのいずれを選ぶにしろ、これは機械に前もってセットされている。答えが正しくても間違っているともレバーが低位置に帰されたらすぐ次の問題が問題窓に現われ、生徒は次の問題に進む。この装置でもっとも工夫を凝した点は、1回または2回正しく答えられた問題を次の回の提示系列から落とす機構であったという。

〔プレッシーのティーチングマシンとの比較〕

なお、われわれは、ここでプレッシーのティーチングマシンに触れなければならない。プレッ

シーはスキナーよりも十数年早く大学生活を送った。その頃、つまり、1915年頃は心理学で客観テストが注目された時期である。

19世紀の後半において科学的な方法を確認して発達の緒についた心理学は、20世紀の初頭に知能の客観的測定に成功した。この知能検査はフランスからアメリカに渡り、ここで、知能検査は実社会に広く用いられ、これがさらに学力検査の客観化をもたらし、いわゆる「精神測定運動」として花開いた。この客観テストは多肢選択法を採用したのであるが、このことは同時に機械的採点の可能性をもたらし、自動的採点機械の登場への道を開いた。プレッシーは1915年頃、オハイオ州立大学の大学院でこの自動的採点機械の考えを思いついたという。しかし、実際に機械装



第5図 プレッシーのティーチングマシン (1924~25)

置が完成したのは1924年で同年12月のアメリカ心理学会に短い説明書とともに展示された。つづいて翌1925年の大会にも多少の改良を加えて展示された。(第5図参照)

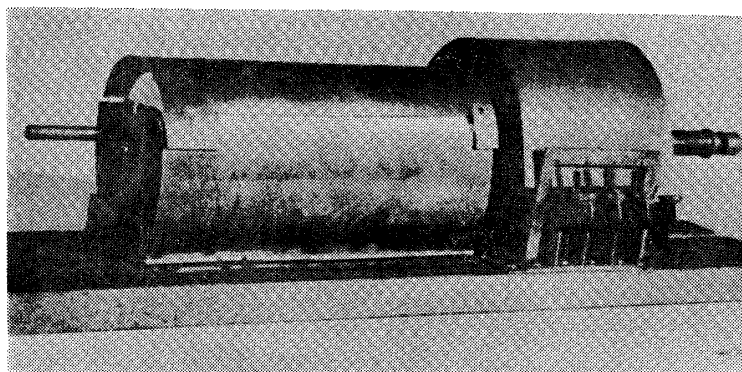
彼の最初の論文は、1926年3月20日に発行された「学校と社会」第23巻に「テストし、採点し、——そして教える簡単な装置」という標題で掲載された。彼はこの論文の冒頭にこうっている。

「私が多年にわたり、心の中にいだいてきた構想がある。それは知能や知識を自動的にテストする機械がもはや完全に可能の域に達したということである。現在の客観的テストはその手続きのはっきりした組織化と採点の客観性の故に、当然のこととしてこのような発展を示唆するものである。さらに、この新しい客観的テストは現在、非常に広く用いられているが、それでもなお採点の重荷が大きいので、この労働を節減する装置が強く望まれる。また私は、ドリル教材や知識教材の習得の過程は多くの場合簡単で固定的であるので、機械的な装置によって、多分に決まりきった形になっているこの教え方を行なうことが可能であると考え。普通の教師は、このようなありきたりのドリルや知識をうえつける仕事をあまりにも多く負担しているので、この重荷を軽減してインスピレーションを働かす仕事や、考え方を刺戟するような活動のために、より多くの自由を与えた方がよいと思う。そして、このような活動こそはおそらく、教師の最も本質的

な機能であると思われる。」(Pressey, S.L. 1926)*

彼がティーチングマシンをつくった趣旨はこの文章にまことに明白に述べられている。彼の機械には、問題窓があって、その中の4つの選択肢から正しいと思うものを選び、それに該当するキーを押せばよいようになっていて、もしそれが正答なら次の問題が現われてくるが、誤答ならば問題はそのままである。機械の裏側に小さなカウンターがついていて、正答と誤答の数を自動的に数えて示すようになっている。

なお、デモンストレーション用の機械には、もし実験者があらかじめ、「報償ダイヤル」をセットしておけば、一定の正答数に達した時にお菓子が自動的にでてくる仕組みになっていた。



第6図 プレッシーのティーチングマシン (1927)

彼は以上の業績によって、ティーチングマシンの創始者として高く評価されている。

なお、彼は1927年にドリル教材用の機械を考案した。(第6図参照) 前の機械では、ドリル教材の場合、何度も練習する時には2回目にも初回と同じ順序で既習の問題が提示されるという能率上よくない点があるわけであるが、この点を改良したのが1927年の機械である。この機械は、巻き紙の上には一定順序で問題が配列してあるが、前回の提示の時、正答をし得た問題は次の回で落とされる。第3回目は第2回目の成績に応じて調整される機構、つまりドロッピングの機構をもっている。これは個人差に応じた弾力性のある問題提示機能をもっているわけで、すぐれた機構というべきであろう。(Pressey, S.L. 1927)**

プレッシーのティーチングマシンはどこかで学習をしてきた後この装置でテストを受け、そのテスト期間中にあることを教えられる——そういう意味のティーチングマシンである。この点、主たる学習過程中的のものでないので同じティーチングマシンといっても教育機能は非常に異なっている。ましてプレッシーのは直後の強化はあってもプログラム学習ではない。彼は主たる学習

* Pressey, S.L. : A Simple Apparatus which gives Tests and Scores—and Teaches. School and Society vol. 23, No. 586 : 373-76 ; 1926.

** Pressey, S.L. : A Machine for Automatic Teaching of Drill Material. School and Society vol. 25, No. 645 : 549-52 ; 1927.

中のプログラムについては一言も触れていない。

スキナーは、1958年10月、「科学」に「ティーチングマシン」と題する論文を寄稿し、次のように述べている。

「プレッシーは心理学説に反して仕事をしていた。そして、学習過程を把握するに至らなかった。人間の学習が、本来は忘却を研究するためにつくられたメモリードラムまたは類似の装置に支配される結果になった。学習の速さは観察の対象とされたがそれを変えようとする試みはほとんどなされなかった。そのような実験の対象が少しでも学習しようとして苦しむことに関しては少ししか興味が示されなかった。学習の「頻度」と「接近」説、「集中練習と分散練習」が反応の記憶された条件にのみかかわらせた、(中略)正しい答えを確認し、獲得されてはならない反応を弱めることによって、自己テスト機械は教えることができる。しかしその目的のために主として製作されたものではない。それにもかかわらず、プレッシーは教育における直後のフィードバックの重要性を強調し、それぞれの生徒が自分のペースで進むことができる組織を提案した最初の人である。彼は自分の目的を実現するために資本投資をする必要を感じた。なканずく、彼は生徒が積極的な役割を演ずることを許す機械を構想した。*」

プレッシーがテスト期における直後の強化の重要性を知りつつなお、学習そのものの中でそれを生かそうとし得なかったのは発想がそもそもテストマシンに限られていたからであろう。ともかく、ここでは、プレッシーのティーチングマシンはプログラム学習とは直接に関係がないことだけ明確にしておきたい。

〔スキナー方式のプログラムとティーチングマシン〕

現在プログラム学習の方式は、それぞれ理論的背景の流れに従って、スキナー方式のもの、次節で述べるクロード方式のもの、その他のものの3つに大別できる。ここでは、スキナー方式のものの発展を歴史的に見てみよう。

スキナーのいたハーバード大学心理学研究室ではホランド (Holland, James. G.) を中心に、まずスキナーのテキスト「科学と人間行動」200頁を用いる心理学の講義をプログラミングすることから始められた。

単行本は29章から成り立っているがこれを48の課に分け、それぞれの課はさらに、29のフレームに分けられた。この29というのはスキナーのディスクマシンに入れるフレームの数でタイトル用に1フレームとってあり、計30にはほぼ統一されたわけである。1つの円板に要した時間の中央値は18分で全プログラムに要した時間の中央値は14、5時間で、このティーチングマシンによって教えられた項目は最終の学力検査でよりよい成績を収めた。これは最終的にはプログラムドブックの形で「行動の分析」** と題して、1961年にマッグローヒルから出版された。ここでは53の

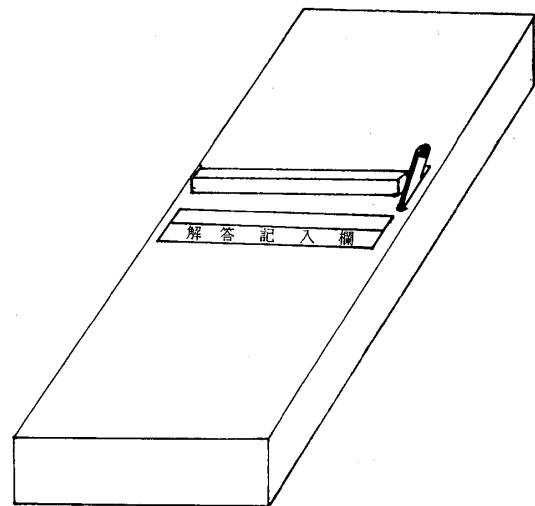
* Skinner, B.F.: Teaching Machines. Science 118, Pp. 969-77, 1958.

** Holland, J.G., and Skinner, B.F.: The Analysis of Behavior: A Program for Self-Instruction. McGraw-Hill Book Co., 1961.

課に分けられており、7段組みの右頁のみを用いる本になっている。

同じくハーバード大学のポーターは、1957～58年、小学校2年と6年の生徒に綴りの予備的な実験をした*。1年間34週が実験に使われた。経費節約のため、今日ポーターマシンと呼ばれる非常に簡単な箱型のティーチングマシンが用いられた。8½×11インチの半紙を入れ、一方向にしか回らないローラーを回すと紙が上に進み、問題窓に問題があらわれる。下の窓に答えを記入し終わってから、レバーを動かすと、それは上に進んでガラスの下にはいつて書き直すことを不能にし、同時に正答が現われる仕組みである。スキナーのディスクマシンの円板を半紙にしたものと考えてよい。学習成果は標準学力検査でテストされ統制組のそれと比較されたが、2年組も6年組もともに統制組を上回った。また実験組ではその成績と知能との間には相関関係がなかった。また性別とも教授法に対する好き嫌いとも関係がなかった。

これらの実験結果はスキナーおよびその協力者達にプログラム学習に対する自信をうえつけた。そして、次第に大がかりな実験に発展していった。その1例はニューヨーク市のカレッジートスクールで行なわれた数学のプログラム学習の実験であり、他の1つはバージニア州ロヨナーク公立中学校3校における2年生の代数の実験である。ことに後者では、1カ年分の教材を6カ月でやってしまい、標準学力検査でテストされた成績と数カ月後の記憶保持率のテスト



第7図 ポーターマシン

成績がともに驚異的によかったので、スキナーの学習理論が少なくとも代数教育の領域では有効なことが実証され、これはマスコミにも紹介され、プログラム学習に対する世間の注目が集まった**。

他方ティーチングマシンを用いなくても、プログラム学習ができるのではないかという考えが1958年、フェルスター (Ferster, C.B.) とサポン (Sapon, S.M.) にひらめき、今日、プログラムブックと呼ばれるノートブック形式のプログラムがつくられた***。彼等はハーバード大学1年生にドイツ語をプログラム学習で教えようとして、しかるべきマスクを上におけば、プログラムを何もティーチングマシンの中にいれなくてもよいのではないかと考えつき、マスク方式を実行してみたところ、ティーチングマシンの場合とほぼ同様な効果をあげることができた。これ

* Porter, D. : Some Effects of Year Long Teaching Machine Instruction. In Galanter, E. (Ed.) : Automatic Teaching : The State of the Art. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1959

** Time. March 24, p. 36, 1961.

*** Ferster, C.B. and Sapon, S.M. : An Application of Recent Developments in Psychology to the Teaching of German. Harvard Educational Review 28 : 58-69 ; 1958.

はその後のプログラム学習の発展に大きな意味をもった。

1. プログラム学習はそれまでティーチングマシンの中に入れねばできないと思われていたが、そのいわば通念が破られたこと。

2. プログラム学習の本質はティーチングマシンになくて、全くプログラムの良し悪しにかかっていることが強く認識されるようになったこと。

3. 簡単なティーチングマシンでも大なり小なり経費がかかり、それがプログラム学習の普及を妨げていたが、それがブック形式になると教科書形式の数倍程度になったので、普及が容易になったこと。

等である。

1961年の調査によると、次の表のように81のプログラムがつくられているが、この中、記入方式のものは大部分スキナー方式であると考えられるので、大半はスキナー方式であるということができる。教科としては数学関係が圧倒的に多い。(第1表)

このようにそれ以後は、プログラムはティーチングマシンなしでやれることが明らかになったが、今日も尚、経費さえ許せば、ティーチングマシンはやはり良いとされている。それは、スキ

第1表 プログラムの教科別学校段階別一覧表

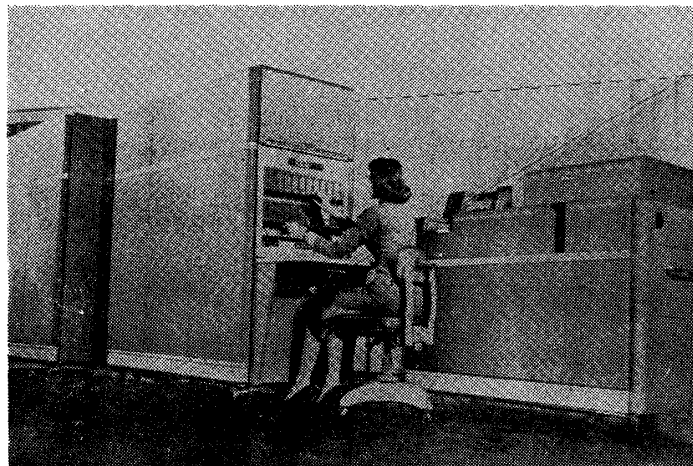
() は内数で多肢選択法

	学 科	初 等	中 等	大 学	成 人	計
1	オートインストラクション			1(1)		1(1)
2	生 物 学			1		1
3	ブ リ ッ ジ				1(1)	1(1)
4	化 学		1(1)	5(3)	3(3)	5(3)
5	計 算 機				4(1)	4(1)
6	電 子 工 学			1	3(2)	3(2)
7	英 語	2	2	1		3
8	一 般 科 学		1			1
9	発 生 学			1(1)		1(1)
10	技 術 学		1			1
11	ラ テ ン 語			1		1
12	論 理 学	1	1	4	2(1)	5(1)
13	算 数 と 数 学	8(3)	8(1)	9(1)	4(1)	23(4)
14	音 楽 学	1	1	4	1	4
15	音 理 学	1(1)	3		3	5(1)
16	心 理 学			8(2)	1	9(2)
17	宗 教 学			1		1
18	ロ シ ア 語		1	3(1)	1	3(1)
19	ス ペ イ ン 語		1	1	1	1
20	綴 字 学	1	3	3	2	4
21	統 計 学			4(1)	2	4(1)
	合 計	14(4)	23(2)	48(10)	28(9)	81(19)

ナーにいわせれば、電気洗濯機のようなものであって、確かに電気洗濯機なしでも洗濯はできるが、機械があった方が簡単に人手なしでできるからという、カンニング防止の完全さという点でも、記録という点でもはるかにすぐれていることは論をまたない。

スキナーのディスクマシンとその心理学的根拠が発表された1954年以降、工学関係者の間でもこの問題が取り上げられ、スキナーの指導の下でいくつかのティーチングマシンがつくられた。

IBM の電子計算機部門はティーチングマシンのアイディアと自分のところの650型の電子計算機と密接な関係にあり、これをちよっと改造すれば電子計算機として利用できることに気付いた。前もって貯蔵部にしかるべき方程式の演算方式を「記憶させて」おき、こちらからある方程式の解答をタイプで送り込むとむこうからすぐ、「正しい」とか「間違い、正しい根は〇〇」というように送り返してくることができる。



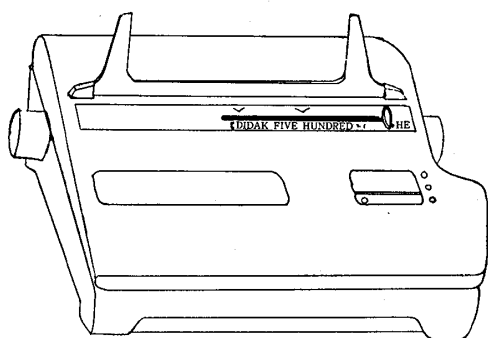
第8図 IBM 650 電子計算機

IBM 研究センターのラス (Rath, G.J.) アンダーソン (Anderson, N.S.) ブレナード (Brainerd, R.C.) らは IBM 650 型の電子計算機を一般的なティーチングマシンとして利用できないかどうかを研究するため、「2進法の算数」を教材にしてプログラムをつくり、記号による約2000の教示を前もって記憶部に送り込んだ*。生徒は数字とアルファベット記号からなるタイプライター部の前にすわり、ボタンを押すと第1問が紙テープにタイプライターで送られてくる。その解答を生徒がタイプで送ると、もし正しければ自動的に次の問題を送ってくるが、もし間違っていると「間違い」と送ってきて、プログラムを変更する。こちらからタイプライターを打って、それを電子計算機がチェックして送り返してくる時間はわずか0.05秒であるから心理学的に重要とされる直後の強化は充分確保される。正答、誤答の累計が自動的になされ、この数字によ

* Rath, G., Anderson, N., and Brainerd, R.C. The IBM Research Center Teaching Machine Project. In Galanter, E. (Ed.) Automatic Teaching: The State of the Art. Pp. 117-130, John Wiley & Sons, Inc., 1959.

って次にどういう問題を提示するか。また、ある問題をとばしてしまってもよいかが決定される。

家庭教師による一對一の個人教授や、普通教室における一斉授業とこの電子計算機をティーチングマシンに使用した教授法とを比較してみると、もしさきに述べた記号のみによる約2000の教示が正しくなされているなら、電子計算機による次の問題の選択の方が教師のその時々判断よりもより正確だろうと考えることができる。人間のその点におけるその時々判断には相当程度の狂いを見込まねばならないからである。また、もう一つ大切なことは、2進法の教授法というものがかく記号論理学に従って体系化され、間違った生徒に対するプログラムの変更、さらに、正答続きのすぐれた生徒に対する不要問題のとびこし等が客観的な体系としてつくられたことである。従来、これらのものは、1人1人の教師の技術として1人1人の教師が経験を通じて習得すべきものとされていたので、大学を卒業して教師になりたてのものに、その点における高度の技術をあまり期待できなかった。しかし、今や2進法の加減乗除というごく限られた領域であるが、これを2000の教示で完全に記号論理化したことは将来の教育学のために、また教育技術の科学化のために大きな前進をしたものということができる。



第9図 ダイダック 501

このような高度の機械は勿論研究用であって市販は考えられないが、スキナー方式のティーチングマシンとして市販されているもっともポピュラーなものはダイダック501 (Didak 501) というものである。(第9図)

これはポータブルタイプライター位の大きさで、窓枠はその大きさを3通りに変化できるが、一番大きいのは約20 cm×5 cmである。解答を別の自分で用意した紙に書いた後、ノブを回して

正答を見る。自分の答えと照合して誤りであれば、後の3つの穴のうち一番手前の穴に鉛筆をさし入れる。それは紙にも小さい穴をあけるが、その下に内蔵されているカウンターに働いてカウンターの数字を1つ上げる機能をする。奥の方右側に細かい横穴があるが、これはヒントを与える窓枠で、いらない場合は使わなくてもよい。そのむこうにはプログラムと別の資料を置く支えが用意されている。問題用紙は扇を折りたたんだ形にして収蔵される。値段は157.5ドル、約5万7千円で決して安いとはいえないが機構的には一番簡単な方に属する。スキナーが直接指導していると考えるのはこのティーチングマシンだけで後は各人がそれぞれスキナーの理論を受け入れて開発したもので、これらについては第6節「その他のティーチングマシン」のところで述べることにする。

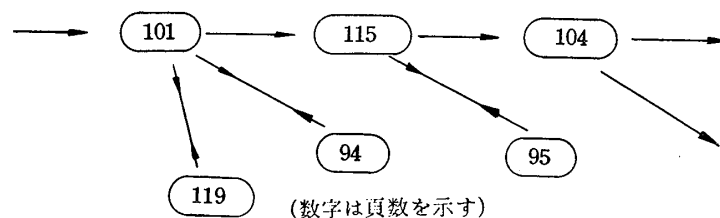
第3節 クローダーのプログラム学習法

〔内在的プログラミング〕

クローダー (Crowder, N) はアメリカ空軍の研究所にいて、兵隊に対してレーダーの故障発見と修理法の訓練をどのようにしたら効果的かを研究していた心理学者である。彼は1959年、ラムズデンとグレーザーの編集した「ティーチングマシンとプログラム学習」に「内在的プログラミングによる自動的個人教授」と題する論文を寄稿して自分のプログラミングの本質を次のように述べている。(Crowder, N. 1959)「内在的プログラミングによる自動的個人教授は、個人的に使用される、教師のいない教授法で、個人教授 (individual tutoring) という古典的過程を自動化したものである。学習者は学ぶべき教材を小さな論理的単位 (普通はパラグラフまたはそれ以下の長さ) に分けて与えられ、その直後にテストされる。そのテスト結果に従って学習者が次に学習する内容が自動的に決まってくる。もし、学習者が正答をしたら、次の情報単位を与えられ次の質問を受ける。もし、彼がテストに失敗したら、その前の情報単位を復習させ、彼の間違いの性質を説明し、再びテストされる。テスト問題は多肢選択方式でそれぞれの誤答に対しては別の矯正指導の教材が与えられる。次にどんな教材を与えるかを決定するのに多肢選択法に対する生徒の選択肢を利用する方法を『内在的プログラミング』と呼ぶ。(中略)明らかに弾力性のあるプログラムを用いるティーチングマシンは生徒の行動の基礎の上に立って材料の提示を統制するなんらかの手段をもたねばならない。ラス、アンダーソン、ブレナードらの実験 (1959) は生徒の反応が自動的に IBM 650 型電子計算機にいれられ、この情報が電子計算機の中に前もって貯蔵されている情報と一緒に次に見せるべき教材を決定するようになっている。この場合、プログラムをつくる装置は外部にある電子計算機であり、われわれの用語によれば『内在的』というより『外在的』である。『内在的プログラミング』とは、必要な別のプログラムが教材自体の中に構成されていて、外部のプログラミング装置をなんら要しない場合をいう。」*

次に彼はそれぞれの誤答肢を選んだ者が、それぞれの頁の矯正指導に向けられる一番簡単な型として、次の第10図のような図式を考えている。

101頁の問題は次のようなものである。



第10図 簡単なプログラム

* Crowder, N.A. : Automatic Tutoring by Intrinsic Programming. In Lumsdaine, A.A. and Glaser, R. (Ed.) : Teaching Machines and Programmed Learning. Pp. 286-298, N.E.A., 1960.

さて、われわれがすでに $b=0$ である場合を除き $b^0=1$ と定義したことを思いだしなさい。

われわれがこの定義に到達したのは、ある数をそれ自身で割る場合、

$$\frac{b^m}{b^n} = b^{(m-n)}$$

という割り算の法則を適用すると b^0 を得るからである。たとえば

$$\frac{b^3}{b^3} = b^{(3-3)} = b^0 \text{ である。}$$

しかし、 $\frac{b^3}{b^3}$ 、つまり、0以外のどのような数でも、それ自身で割った値は1であるからわれわれは、 $b^0=1$ と定義した。

われわれは指数0につけるべき意味を見つけるために割り算過程を用いたわけである。では、次にこの割り算過程で外にどんな興味深い結果が得られるか見てみよう。 $\frac{b^2}{b^3}$ の場合、どういう結果を得るか？

答

頁

$$\frac{b^2}{b^3} = b^1 \dots\dots\dots 94 \text{ へ}$$

$$\frac{b^2}{b^3} = b^{(-1)} \dots\dots\dots 115 \text{ へ}$$

この場合、法則にあてはまらない

$\dots\dots\dots 119 \text{ へ}$

さて、 b^1 と答えた人は94頁を開けるわけだが、これには次のように書いてある。

94頁

君の答； $\frac{b^2}{b^3} = b^1$

さあおちついて、法則では $\frac{b^m}{b^n} = b^{(m-n)}$ である。 $\frac{b^2}{b^3}$ の場合、 $m=2$ 、 $n=3$ であるから $\frac{b^2}{b^3} = b^{(1-3)}$

$2-3$ は1ではなく、 -1 である。101頁に帰ってもう一度問題をやりなさい。

119頁を開いた者には、

119頁

君の答は「法則があてはまらない」であった。さあ元気を出せ。割り算法則は $m=n$ の時 b^0 を得た。この法則は m が n より小さくてもよい。

われわれの問題は $\frac{b^2}{b^3} = ?$ である。

$$\frac{b^m}{b^n} = b^{(m-n)}$$

を適用すると $\frac{b^2}{b^3} = b^{(2-3)}$

指数 (2-3) は -1 ではないか。

従って,

$$\frac{b^2}{b^3} = b^{(2-3)} = b^{(-1)}$$

101頁に帰って正しい答を選べ。

正答を選んだものには,

115頁

君の答: $\frac{b^2}{b^3} = b^{-1}$

君の答は正しい。割り算の法則を用いると,

$$\frac{b^m}{b^n} = b^{(m-n)}$$

$$\frac{b^2}{b^3} \text{ の場合は } \frac{b^2}{b^3} = b^{(2-3)} = b^{(-1)}$$

ところで、普通の割り算をすると,

$$\frac{b^2}{b^3} = \frac{b \cdot b}{b \cdot b \cdot b} = \frac{b \cdot b}{b \cdot b \cdot b} = ?$$

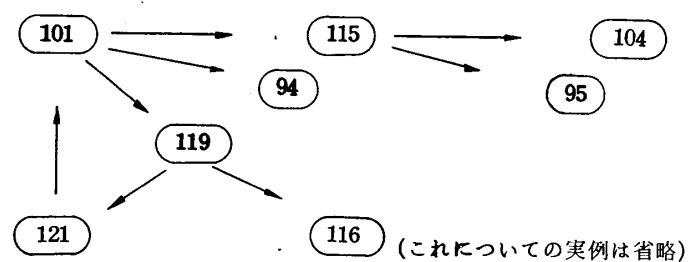
では、 $b^{(-1)}$ というのは何と定義すればよいか。

$$b^{(-1)} = \frac{0}{b} \dots\dots\dots 95 \text{へ}$$

$$b^{(-1)} = \frac{1}{b} \dots\dots\dots 104 \text{へ}$$

この例でよくわかるようにクローダーの方式は、家庭教師が生徒に語りかけるように親密感をもってわかりやすく、1段階、1段階づつ説明されている。

彼はさらに複雑な型式として、二次的枝分かれ方式も提案している。それはさきの119からさらに小分かれし、121を経て、101にもどるもので、次の第11図のようになる。



第11図 枝分れプログラム

彼の場合、家庭教師の方法を自動化しようとするれば、多肢選択法にして、生徒の反応を一定の範囲内に統制しなければならなかったわけである。そこから枝分かれ、つまり、ブランチングが生まれた。

クロードの内在的プログラミングとスキナー方式と対比すると次の表のようになる。

第2表 スキナー方式クロード方式の比較表

分類の基準	スキナー方式	クロード方式
方式の基本型	直線方式	枝分かれ方式
個人差	共通コース、速さの個人差のみ	コースが1人1人別々になる
教材の単位	小さい	1段落程度
解答方式	記入方式	選択方式
教材の様式	講義方式を避ける	講義方式
誤答	誤答をなるべく避け 正答の連続	誤答者には矯正指導

二人の心理学で根本的に違う点は、スキナーは誤答に対する罰の効果に疑問をもち、なるだけ正答をさせようとしているのに対し、クロードは誤答にはしかるべき指導をして、意味をわからせればよいとしていることだろう。これは学習理論の1つの争点でもあるので後で検討することにする。

〔クロードのチューターテキスト〕

彼はこのような頁をノートブックの形に編集したものを「チューターテキスト」(Tutor Text)と呼んだ。学習者は頁をあちらにとび、こちらにとびしながら進むわけで、内容からいえば、よく繰って、まぜ合わさっているので別名スクランブルドブックという。

1960年に最初のものが発行されてから順次、次のようなものがつくられた。

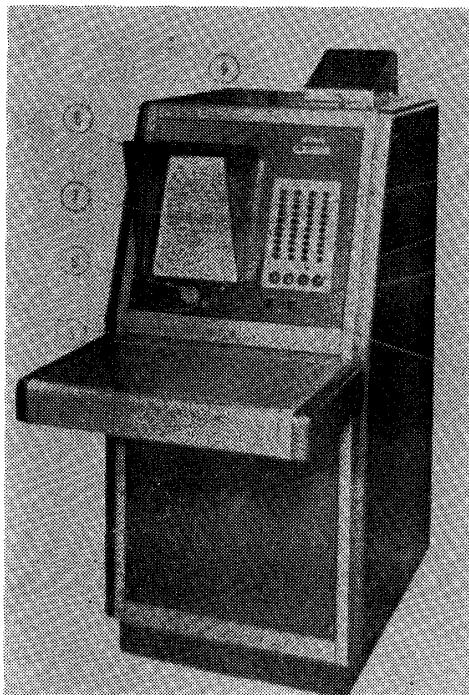
1. 電子計算機のための数学、2巻(2進法及び8進法の数学入門)
2. 電子工学入門
3. 代数への冒険
4. ブリッジの理論(トランプの遊び、コントラクトブリッジ)
5. セールスマンのコース
6. 故障発見法
7. 商業数学
8. 青写真の読み方
9. 三角法
10. 法学
11. 統計学
12. 計算尺

これらのうち一部は邦訳されて、わが国に紹介されている。*

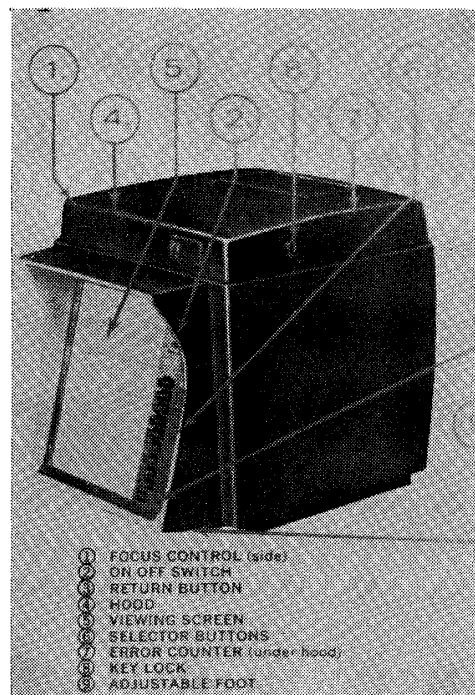
〔オートチューターⅠ型およびⅡ型〕

彼は1958年、このような教材提示を自動的に行なう機械として、オートチューターⅠ型をつくった。(第12図参照)

これは教材をスライドにとり、マイクロフィルムリーダーのように後からガラスの提示窓(前面左)に映写する装置で、短時間であるが、16mmの映画もかけることができる。スライドの収容能力は約1万枚、どの1枚でもそのナンバーを4桁のボタンで押すと、0.04秒の短時間で提示窓に写すことができる。このようにどの1枚でも随時とり出せる機構を電子計算機にならって「無作為接近法」(random access) というが、この機能を完全に備えたティーチングマシンは彼のオートチューターⅠ型だけである。これはまた記録装置を備えていて、反応に要した時間順序等すべて分析できる。クローダーはこのⅠ型が約80万円で相当高価なところから、「半無作為接近法」(semi-random access) 方式の第Ⅱ型をつくった。これは収容能力1500~3500枚で、図のように机上における小型のものである。(第13図参照)



第12図 オートチューターⅠ型



第13図 オートチューターⅡ型

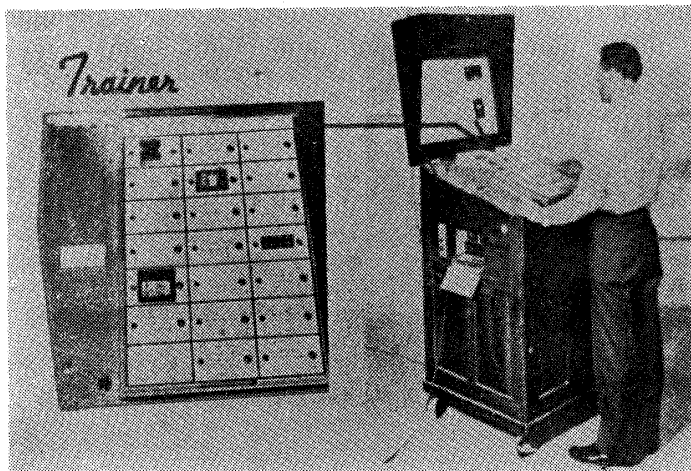
第4節 ブリッグスのティーチングマシン

〔ブリッグスのティーチングマシン〕

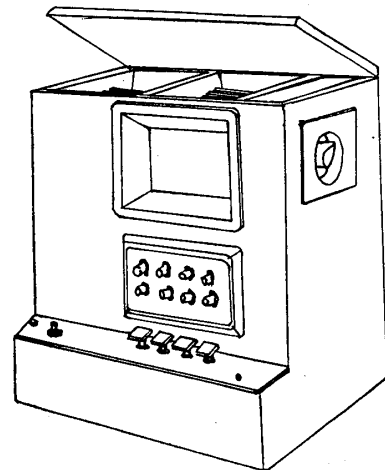
* 例えば、3. 代数への冒険(沼野一男, 吉村啓, 香山芝久訳) 牧書店, 昭和37年,
12. 基礎理論から実用まで, 計算尺一般篇(沼野一男, 岸俊彦訳) 牧書店, 昭和38年.

ブリッグス (Briggs, L.J.) は、オハイオ州立大学でプレッシーの教えを受け、結果の知識の効果を分析研究していたが、後、コロラドにあるアメリカ空軍の研究所にはいり、1958年器材整備要員の訓練に用いられるべきティーチングマシンをつくった。彼のティーチングマシンはプレッシーの流れをくむティーチングマシンとして注目すべきものである。

プレッシーの1924年および27年のティーチングマシンは教授用のものでなく、テストマシンであった。これは遂に実際の教育の場で用いられることなく終わり、プレッシー自身1930年には、自己の主張たる教育界における産業革命をあきらめて研究から手を引いた。しかし、その後1950年になってもっと簡単化したパンチボードをつくりテスト期における学習に際しても結果が正答であったか誤答であったかを直接に知ることは学習上効果的であることを証明した。彼としてはパンチボードのような簡単な道具を使ってでも自分の初志を貫きたかったわけである。このような歴史的背景の下で、プレッシーの弟子によって訓練期間中に用いられるティーチングマシンが始めて開発されたので、その効果が期待されたわけである。



第14図 教科訓練機



第15図 カード分類機

彼のティーチングマシンは4種類あって、原理的にはほぼ同じであり、多肢選択方式を用いるのが特色でその4つは「教科訓練機」(第14図)「カード分類機」(第15図)「経過的訓練機」「故障発見訓練機」である。

〔教科訓練機〕

教科訓練機は1対1の連合、つまり部品の名前とか、ある機械を構成する部品を認知する学習に適した訓練機で、20までの固定した系列が順々に提示される。反応板の上には20の選択肢があり、その中から1つ正しいものを選ばばよい。最初の方は正しい部品に対してシグナルがついて学習者にどれが正答かを教える。その時も学習者は自分の好むテンポで学習していくことができる。第2回以後は問題刺激に対して自分が正しいと思う部品のすぐわきのボタンを押さなくては

ならない。もしそれが正しければシグナルがついてそれが正答であった旨を学習者に伝える。もし誤答だと、正答の部分品のわきのシグナルがついて、正答はこちらの方である旨が学習者に伝えられる。こうして学習者に何が正答かを教えて、誤りは1回限りに抑えられる。また、マスターコントロールノブをまわせば、何回でも誤りが起こり得るように練習の型を変更することもできる。尚テストの時は自動採点が可能である。これを実際に使ってみた結果は、成績良好であった旨が報告されている。(Briggs, L.J. 1956.* Mayer S.R. and Westfield, R.L. 1958**)

〔カード分類機〕

カード分類機はカードの上に2～4の選択肢が書いてあって、ABCDの4つのボタンのうちいずれか1つを押して答える方式のものである。100題の収容能力をもち、正答だとそのまま下に落ちるが、誤答だと左の方に自動的に移り、後ではその誤答カードだけを練習すればよい。これも正答をすぐ示してやるコーチ方式、時間をおくらせてから正答を示すコーチ方式、最少限正答を教えるコーチ方式とテスト方式の4方式があり、これは右側のつまみを回すことによってその1つを選ぶことができる。

〔経過的訓練機〕

経過的訓練機 (procedural trainer)。これは整備に際して機械工に与えられる手引書を順序づけてプログラム化したもので、その系列は固定して与えられる。学習者が正答続きならよいが、もし誤答がなされると経過は一時的に「凍結され」、誤答の原因が示され、矯正的な指示が与えられる。その結果、学習者が正答できるようになると「凍結は解除され」次の指示が示される。指示を紙に書いて次々に示す方式のものなら、どんな学習内容でもこの中にとり入れることができる。

〔故障発見訓練機〕

故障発見訓練機は経過的訓練機とほぼ同じ原理によっているが、学習者が故障箇所を見付け出す時に自分なりにこの方がよいと思う順序を自らやってみることができる点が違う。またこの機械ではそれまでのチェックの仕方を総合的に判断して、学習者がやったチェックの順序が論理的なものであるかデタラメのものであるかを学習者に示すことができる。また機械のどの領域が故障と考えられるのか、またその理由は何かなどを学習者に示すこともできる。

これらの複雑な訓練機はすべてコーチをして指導し、学習者の解答が正解であったか否かを直ちに学習者に伝え返し、さらに、それらの記録をとることができる。そして、正しい答えがなされない以上は次のものが示されないという原理に貫かれている。

ブリッグスはそれぞれタイプの違う訓練にはそれぞれ異なった訓練機械が必要と考え、4種の

* Briggs, L.J. : A Troubleshooting Trainer for the E-4 Fire Control System. Technical Memorandum, Maintenance Laboratory, AFPTRC, Lowry Air Force Base, Colo., 1956.

** Mayer, S.R., and Westfield, R.L. : A Field Tryout of a Teaching Machine for Training in SAGE Operations. Technical Memorandum, Operational Applications Laboratory, Air Force Cambridge Research Center, Bedford, Mass., 1958.

ティーチングマシンをつくったが、これらのティーチングマシンの訓練的用法はプログラム学習の定義、つまり、提示、反応、正答を直後に伝えるという3過程に合致していることは認めねばならない。彼の発想はレーダー等の電子機器の故障発見の訓練に基づいているため、同様の問題に直面していたクローダーの考え方に近く、小学校、中学校のカリキュラムに発想の源をおくスキナーとは異なっている。彼のをスキナーのそれと比較すると、やゝ大幅のステップが組まれ、誤答が行なわれたらそれを矯正指導によって正解に導こうとしていて、従来の故障発見の際のやり方を内容的にはそのまま受け入れ、ただそれを機械化して、提示を能率化、斉一化し、直後の強化を確保するとともに記録と採点を自動化したものであるといえる。彼の心理学的関心は、スキナーのように誤答をさけることによって正答の連続するカリキュラムをどうしてつくるかにあるというよりも、これら機械によって訓練された機能が、実際に故障したレーダー等を修理にとりかかる時に果たして転移するかどうかにある。彼は次のようにいっている。「このような装置の研究と実施は自動的な運転記録と分析によって大いに前進させられた。部分的には、このようなデータの有用性はこの装置の上での実行的行動と実際の機械装置の上での実行的行動の相似度の程度にかかっている。比較的簡単な模擬訓練機による以前の調査によれば、この装置はこの点については極めて満足すべき状態にある。」(Briggs, L.J. 1959)*

彼の心理学的理論はスキナーのオペラント条件とは根本的にちがうというべきだろう。

第5節 ルレグ方式およびその他の方式

〔ルレグ方式〕

スキナー流のプログラムやクローダー流のプログラム以外に相当数多くのプログラミングの方式が提案されている。そのうち、ホーム (Homme, L.E.) とグレーザー (Glaser, R.) らのルレグ方式 (1959年) が有名なのでこれについて述べよう。

ルレグ方式というのは「ルールアンドエグザンプル」(規則と実例)の略号で、ホームとグレーザーが1959年のアメリカ心理学会のシンポジウムに「言語学習系列のプログラミングの諸問題」と題して提案したものである**。それは次のような考え方に基づいている。

「(前略) フレームの書き方の体系がもつべき性質のいくつかを述べることはやさしい。それはどのような教科にもあてはまるように一般的でなくてはならないし、ある一定の知識を与えられたら、特定のフレーム、又はフレームの系列がほとんど機械的な仕事にならなければならない。理想的に言えば、体系は完全な厳密さをもっていて、教科についての知識が電子計算機に入れら

* Briggs, L.J.: Teaching Machines for Training of Military Personnel in Maintenance of Electronic Equipment. In Galanter, E. (Ed.): Automatic Teaching: The State of the art. p. 139. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1959.

** Homme, L.E., and Glaser, R.: Problems in Programming Verbal Learning Sequences. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.): Teaching Machines and Programmed Learning. Pp. 486-96, N.E.A., 1960.

れたら完成されたプログラムが自らでてくる程度のものでなくてはならない。(中略)プログラミングの体系的な規則を求めるに際して、まず第1にわれわれがとりあげねばならないことは、学習者が接触するプログラムは家庭教師のようであってはいけないことである。これはわれわれに家庭教師の言語行動、又は家庭教師=生徒関係を注意深く検討するようにさせる。家庭教師=生徒の相互交渉でもっとも印象的なことはその複雑さであり、その分析に含まれている明らかな困難さである。(中略)困難であるとはいえ、家庭教師がドイツ語を教えているのであれ、統計学を教えているのであれ、数学その他どのような教科を教えるのであれ、家庭教師の言語的行動に共通なところのことがらの系列を検出することは可能である。家庭教師はまず典型的に原則を述べ、次にその原則の実例を次々に述べるだろう。(中略)どのような家庭教師の話でも大部分は2つのカテゴリーに分けられる。その2つとは(a)原則又は抽象、(b)これら抽象の具体例又は特別な事例である。簡単な表現のために、これを「規則」と「実例」と呼ぶことにする。(中略)

規則と実例の心理学的な状態はどうであろうか、規則と実例は非常に有力な促進刺激として役に立つ。規則はテーマに関する促進刺激の原型で、それが引き起こそうとする行動の正規の属性は少しも示さないが、行動を非常に起こりやすくする。勿論規則は又正規の促進刺激であり得るが、もしそうならば記憶を助ける手段でもあり得る。実例も又、勿論テーマに関する促進刺激の、又正規の促進刺激の属性をいろいろに変え得る。家庭教師又は教科書が規則を引用し、1つ又は数個の実例を並べる時、その規則が十分に強められて、将来生徒又は読者が同じような事例に出会った時、それがテーマに関する促進刺激として働くことを期待するからである。(中略)規則—実例の系列は説得が含まれている時に特に目につきやすい。叙述の規定がはっきりと行なわれ、教示が与えられる。(中略)

われわれは rules の略号として *rus* を examples の略号として *egs* を用い、さらに、プログラムは典型的には、完全なものと不完全なものに分かれているので、4つのカテゴリーを得る。不完全なものにはティルデ(〜)をつけて、 \tilde{ru} と \tilde{eg} とする。又あるものがそうでないという *ru* と *eg* にはマイナスのサインであるバーをつけ \overline{ru} と \overline{eg} とする。ルレグ方式というのはティーチンマシンタイプのプログラムを編集するに際して、これらのカテゴリーの叙述を結び合わせてプログラムしていくことである。*

彼らは実例として、スキナーが1958年、「科学」の中で示したプログラムのフレームをカテゴリーに分類している。

1. 「光をエミットする(発する)」というのは光を送り出すことである。たとえば、太陽、螢光燈、篝火などは光を送り出すという点で、つまり光を \square するという点で共通点をもってい

* Homme, L. E., and Glaser, R.: Problems in Programming Verbal Learning Sequences. In Lumsdaine, A. A., and Glaser, R. (Eds.): Teaching Machines and Programmed Learning, a Source Book. Pp. 487-490, N.E.A., 1960.

る。」(正答はエミットという言葉が の中に入ればよい) これは, $ru + \tilde{eg}$ から成り立っている。

2. 螢と電球は光を送り出す。つまり, する点で似ている。(正答はエミットという言葉が の中に入れる) これは \tilde{eg} 。

以下略。]*

彼が不完全というのは、解答の記入を求めるためにそこが欠けている状態をいっていることがわかる。

彼らは上述のルレグ方式の効用として、

- 1) プログラミングの労力の経済になる。
- 2) プログラムについて論ずる時、話をしやすくする。
- 3) プログラミングにおける教示を非常にしやすくする。

をあげている。**)

[バーローのマトリックス方式と会話的連鎖方式]

プログラム学習を最初にとり入れた大学の1つとして有名なアールハム大学 (Earlham College) の心理学教授バーロー (Barlow, J.A.) はマトリックス方式というのを発表し (1960年)*** 後、さらに会話的連鎖方式 (1960年)**** を発表した。

マトリックス方式というのはプログラミングに際して、フレームの要因を次の4つに分析する。

1. G 目標又は強化要因。
2. U その時に扱われる教材の単元。
3. I 教師又はプログラマー。
4. P 生徒又は学生。

これを 4×4 のマトリックスの中に2つずつ組にして入れる。たとえば, IG というのは教師と目標の組になったものであるから「教師の目標」ということを示す。プログラマーはプログラミングに際して、その質問がこれらの種類のどれに当たるかをよく心に留めてプログラミングをすべきであるというのである。(Barlow, J.A. 1960, a.)

また会話的連鎖方式というのは、第1フレームの解答の言葉が、第2フレームの始めの方に大文字としてでてきて、第2フレームの解答の言葉が第3フレームの始めの方にでて、以下同様という連鎖方式でたとえば次のような方式である。

1. われわれが選ぶ事柄が多ければ多い程われわれは の自由をもっている。

* ib. p. 491

** ib. p. 494.

*** Barlow, J.A. : Project Tutor. Psychological Reports. 6 : 15-20 ; 1960, a.

**** Barlow, J.A. : Conversational Chaining in Teaching Machine Programs. Psychological Reports. 7 : 187-93 ; 1960, b.

2. 選択の量は選ぶ項目の数とそれについてのわれわれの ☐ による。

3. 知識は選ぶ項目が多くなるにつれて、またその人が ☐ をなすのに手助けとなる情報の量が多くなるにつれてふえる。

(以下略)」

このように、その解答は次の項目の始めの方にあるので特に解答欄をつくらなくてもよく、次々にやっていけば、次のフレームを読むことによって正答が自ら学習者に伝達される方式である。(Barlow, J.A. 1960, b)

[ブライスの方式]

ブライス (Blyth, J.W.) は論理学の教材をプログラムするに際して、それぞれに違った教材は違ったプログラミングの規則を必要とすること、また、一般的には簡単なものから複雑なものへといくべきだが、ある時は結論から先に述べてその前提を確かめさせ、最後には議論をさせるべき時もある。三段論法の場合のように文脈が手掛かり刺激の基本的性質を決定する場合は、簡単なもの(部分)から出発するよりも複雑なもの(全体)から出発するのが良いとし、推奨すべき特別の指導法として、

1. 弁別を助けるためにアンダーラインをさせる。
2. 実例を自由に使わせる。
3. 段階的なステップを統制された系列の下でつくる。
4. 学習者の親しいものから始める。
5. できる限り、解答を構成させる。
6. 小刻みの段階を用いる。

等をあげている。*

この外いろいろの方式の提案がなされているが、それらは実験的なデーターをまだ欠いており、どちらかといえば思いつきを出ないものが多い。

プログラミングの方式に対する提案は確かに教師にとって1つの型を提案することであるが、その適用範囲または限界を明記すべきであるにもかかわらずそれがはっきりせず、自分が最初にとりあげた教材についてのやゝ特殊なルールを一般化する嫌いがあるように思われる。

第6節 その他のティーチングマシン

以上われわれは主なプログラミングの方式を概説し、それに付随して、スキナー流のティーチングマシン、クローダー流のティーチングマシン、プレッシー流のブリッグスのティーチングマシンに言及した。以下これらに含まれなかったティーチングマシンについて述べたい。これは大きくわけて電子計算機と連動したティーチングマシンとそうでないものとにわけることができ

* Blyth, J.W.: Teaching Machines and Logic. American Mathematical Monthly 67: 285-87; 1960.

る。

I. 電子計算機と連動しないもの

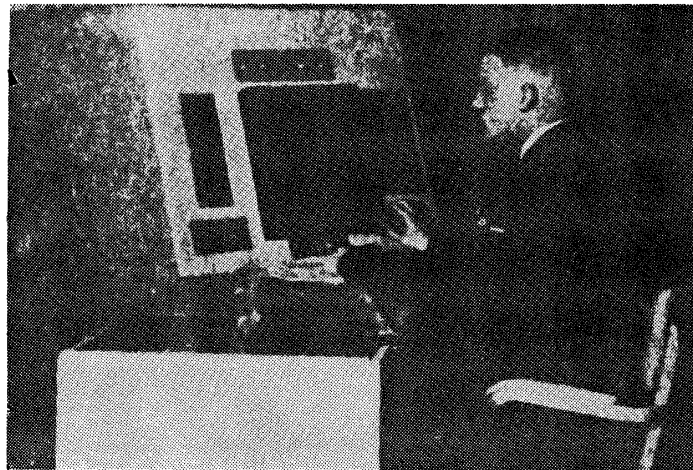
ポリマス, レコダックメンター I 型, II 型, サキ

II. 電子計算機を連動するもの。

IBM 650, ベンディックス G-15, クラス (C.L.A.S.S.), プラトー (P.L.A.T.O.)

〔ポリマス〕

これはアメリカ空軍の人事訓練調査センター (United States Air Force Personnel and Training Research Center) の整備研究所 (Maintenance Laboratory) の技師ラスコフ (Rathkopf, E.L.) によって, 1958年実験的につくられた研究用器具で, ポリマスという名称はギリシャ語の



第16図 ポ リ マ ス

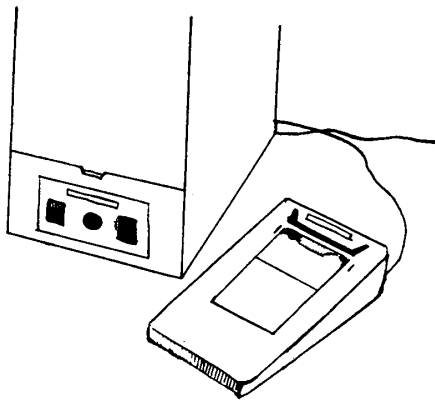
「多く学ぶ」からきている。この機械の特色は, 次の通りである。(第16図参照)

1. 非常に沢山の多肢選択法を用いることができる。
2. 26のアルファベットと10の数字を用いて, 言語的構成文がえられる。
3. 自動採点装置をもっている。
4. 地図の上にトレーサーをもって示す解答が可能で, それは自動的に採点できる。
5. 地図だけでなく電気回路をたどることや簡単な図解等を構成させることができる。

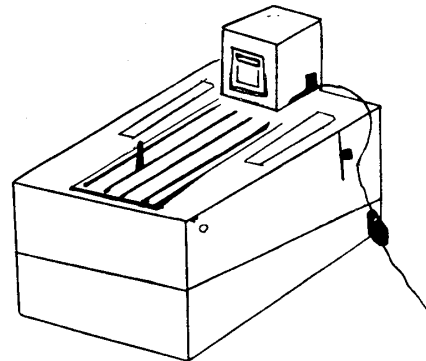
この機械は, 今までの数多くのティーチングマシンのうちで反応の仕方としてはおそらく最も多様な反応を受け入れることができる機械であろう。しかし, これを用いた実験データはまだ発表されていない。

〔レコダックメンター I 型, II 型〕

これはイーストマンコダック社において企業内訓練用に開発されたものである。(第17, 8 図参照) 同社はアメリカ国内に 4700の人, 全世界で 74000人の従業員をもつ企業であるが, 毎年の新入社員に対して, また新製品が企画され, 販売される度に, それについての講習を工員や販売



第17図 メンターⅠ型



第18図 メンターⅡ型

部員にしなければならない。新入社員に対しては写真光学を中心に「感光度測定理論」「感光材料論」その基礎数学である「対数」、また会社の労使関係を健全に維持するために「インダストリアル リレーションズ」等を教えなくてはならない。つまり、大企業になるとその毎年の教育要求も相当大きなものになるし、また進歩の早い化学関係の製造工場では工員に対する新製品関係の知識の伝達も決しておろそかにできない。しかも、これらは品質管理上100%完全に覚えてもらわないと困るし、能率的に教えないと製造現場をはなれて教育されるので生産を落とすことは最小限にしないといけない。ここにプログラム学習が関心をもたれてくる所以がある。

教育部のライソート (Lysaught, J.P.) は1958年以降、企業内教育の経済的制約をよく考慮しつつプログラム学習のためのプログラムブックの開発を始めた。まず、35 mm の幻燈機2台を1組にしたものから始め、1台に改良し、さらにプログラムドテキストに進んだ。しかし、数千人にプログラムドブックを与えてプログラム学習を進めていくためには膨大な用紙が必要ことがわかった。この経費を節約するため16 mm 幻燈の開発を思いついた、これならプログラムドブックよりもさらに安価にできることがわかった。こうして1960年完成されたのがレコダックメンターⅠ型で、これは後、さらに改良されて、とび越えを便利にしてⅡ型となった。Ⅰ型とⅡ型の間にそう本質的な違いはない。

ライソートの考え方は、プログラマーがティーチングマシンの型式を命令すべきであって、ティーチングマシンが勝手にできて、それに合わせてプログラマーがプログラムをつくるのであってはならないということである。彼はスキナーのプログラミングの方式にもクロードのプログラミングの方式にもよいところを認め、これを共に提示できる型式のものを求めた。その結果、解答の様式は多肢選択方式でも記入方式でも、どちらでもよいものになった。

フィルムは1単位毎に切られて紙製の特別なカードにはさまれ、タイトルをつけて保存される。学習者達はそのカードを4つも5つも独占することは許されず、人数の多いグループでも教師側で準備しなければならないカードの枚数はそう多くない。幻燈を用いているのでカラーやグラフ類も簡単に標示できるし、小型であるので教材の管理に便利である。



第19図 S A K I

〔SAKI (Solartron Automatic Keyboard Instructor)〕 (第19図参照)

これはイギリスのパスク (Pask, G.) によって1958年に開発されたカードパンチング専用ティーチングマシンで、キーパンチャーの訓練のみを目指したものである。1つの職種の職業訓練機としてめずらしもいのである。従来からもパイロットの訓練にはシミュレーターと呼ばれる地上訓練機があって、計器飛行の技能を地上で練習できた。これはいつも学習者の反応に対して直後に正否を伝えるものではないが、特別の場合、たとえばレーダーの上につる点の位置を見ることによって、自分の下げ舵の程度が着陸角度を傾けすぎかどうかを絶えず判断でき、これを練習することによって上達するので、この場合はやはり一種のティーチングマシンと考えることができるが、このSAKIもそのようなものと同列にあるものといえることができる。第19図において一番手前のディスプレイ部には24の特性について4つの横列をもつカードがはめられている。このカードの穴のあいているところに応じてすぐ下のキーに電燈がつく。学習者はこれによってどのキーを押せばよいかをまず学習する。右の方にあるコントロールユニットはカードの第1行を左から右に順次提示していき、すでに正しくパンチできるようになった箇所に対しては反応時間を短くする。学習者が正しく行なえるようになるにつれ、ディスプレイ部の下の方のキーの電燈はだんだん弱くなっていき、遂には消えてしまう。つまり、ヒントを完全に消してしまう。そして第1行がすむと第2行に移る。こうして第4行まで行なって訓練を終わる。カードの96の穴に対して96のコンデンサーがあって学習者の能率をチェックし、正答と誤答の記録もとってくれる。

パスクの考え方は、キーパンチャーの指導員の行動を全く自動化したわけで、これによってキーパンチャーの教師の完全な代用機としてのティーチングマシンがつくられたといえる。人間よりも高い精度で正否をいい、しかも直後に、という機能を満たすためには、どうしても機械が必要なわけで、このような職種の訓練では人間教師よりも機械教師の方がすぐれた働きをする。こ

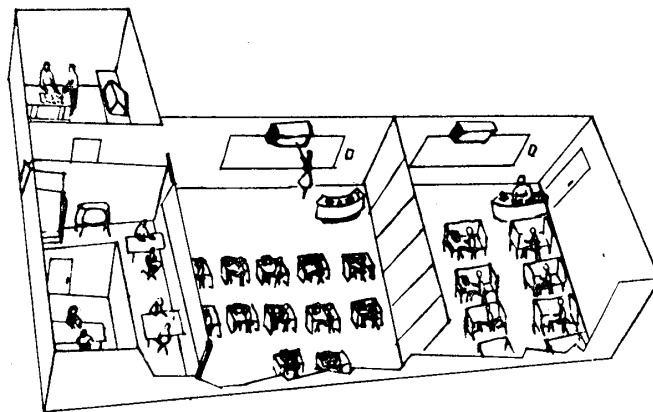
れは成人を対象とした特殊な職業訓練の領域であり、幼稚園から大学までの教育とは別の性格をもっているため機械による代置が可能であり、かつ、その方がすぐれてさえいるのである。

[IBM 650]* (37頁の第8図参照)

IBM はアメリカで電子計算機を製造している最大の会社であるが、1954年、スキナーのティーチングマシンの提案以来、スキナーと協力して、従来 IBM で開発してきたいろいろな計算機がティーチングマシンとして用いられないかどうかを検討した結果、IBM 650 型の電子計算機がわずかの改造で利用できることに気付いた。IBM 650 型はデータを記憶し、計算処理を行なうことができる電子計算機であるが、これに数学の公式を記憶させておいて、こちらからタイプライターである計算問題を送ると、その正しい解答を向こうから送ってくるようになっている。ラス (Rath, G.J.) アンダーソン (Anderson, N.S.) ブレナード (Brainerd, R.C.) の3人はこの点に着目して、IBM の電気タイプライターで特殊なタイプライターを考案した。もしこちらから送った解答が正答ならば、タイプライターが電子計算機の働きにより、「正しい」と打ち返して来て、もし誤答ならば「誤り」と打ち返してくるようにした。彼らは2進法の数学演算をプログラム化し、電子計算機におぼえさせておき、学習実験をしたが、この結果は極めて良好であった。(Rath, G.J, Anderson, N.S. and Brainerd, R.C. 1959)*

[クラス (CLASS)](第20図参照)

1960年2月、SDC (System Development Corporation) で教育のオートメーションをめざす新しい試みがブッシュネル (Bushnell, Don) とシルバー (Silber, Maurice) の指導の下に行なわ



第20図 CLASS

*すでに第2節でスキナーとの関連で言及したが、IBM 650 はいわゆるスキナー方式のティーチングマシンとは別の系統に属するので、ここに電子式情報処理機構としての立場からとりあげる。その意味では次に述べる CLASS や PLATO と同じ系列に属する。

** Rath, G.J., Anderson, N.S., and Brainerd, R.C.: The IBM Research Center Teaching Machine Project. In Galanter, E. (Ed.): Automatic Teaching: The State of the Art. Pp. 117-130. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1959.

れた。^{*} 教育のオートメーションのテクニックを軍隊や産業界や学術研究団体に適用しようとする、多数のまたは中位の数 of 生徒達の同時の指導を必要とするだろうという見込みで、多数の生徒達を同時指導する一方、個人的につくられた教材の長所も保っていこうというのである。自動化された集団教育、AGE (Automated Group Education) といわれる電子計算機に基礎を置いた教室の発達 は 経済的に実行可能という結論が得られた。

「1960年秋までに SDC のクールソン (Coulson, J.E.) が企画指導者となって AGE の教室の概念を発展的に修正し、「学校制度オートメーションのための電子計算機による研究室」CLASS (Computerized Laboratory for Automated School System) と呼ばれる新しい機械が設計された。CLASS は学校教育と軍隊の訓練の2つの領域の研究と開発のための機械として実用化されることになった。その(1)は教育のオートメーションで CLASS の初期の報告に書かれた元の考え方を発展させたもので、「機械化された教室」は3つの様式を含んでいる。すなわち、(i)個別的様式、(ii)グループ様式、(iii)他の生徒が小さなグループで勉強する一方、ある生徒達は個別的に勉強する混合グループ様式である。その(2)は管理的な指導機能のために資料を処理してまとめることである。CLASS の主な構成要素は、電子計算機と磁性貯蔵テープと、アルファベットと数字の印字機と出力部と、生徒の反応キーの設備されたそれぞれの机と、必要な時におのおのの机をはなすための仕切りから成り立つ。CLASS の出力部は個別化され、フィルムに納められた項目表示の部分にもなるし、無作為接近のスライドの投影機と視覚装置にも、閉回路テレビジョンにも、また生きた先生にもなる。無作為接近のスライド投影機と閉回路テレビジョンはクラス全体として、あらゆる型の視聴覚教材を表示する性能をもつ。SDC の実験的なティーチングマシンに用いられた現在の無作為接近のスライド投影機は、600枚の収容能力とどのスライドも最大限7秒の所要時間で提示できる。この投影機は2つの源を示すことができる。その1つは生徒が反応しなければならない教育的項目の連続であり、他は各項目に続く正答を用意した装置である。投影機(または同じような様式に用いられたTV形式)は、計算機の命令でも、人間の先生によってでも調整される。投影機と共に用いられるスクリーンは、標準の教室の大きさで、日光の下でも見える材料でつくられている。入力部は生徒が自分の反応を電子計算機にさし込む手段を備えている。CLASS の反応装置は5つのキーの「黒箱」である。生徒は5つのキーの中から1つの反応を選ぶよう指示される。「入力」レバーは生徒が割り当てられた時間内で彼の反応を変更することを可能にする。このレバーが押されるまではいかなる反応も電子計算機には入れられない。

生徒の反応キーの表面は3つのパネルをもっている。第1は3色に着色された宝石の光で、計算機により統制され、それは反応の正誤を示すために輝く。第2のパネルは生徒にプログラムを

^{*} System Development Corporation : Automated Teaching Project., 1960.

以下同書の記述による。

復習させるか、または学習の連続において次の段階に進ませるかを指示する十進法の読みとり用パネル (digital readout panel) である。第3のパネルは反応ボタンからなっており、多肢選択の答えを選択させ、適当なボタンを光らせることによって、それが正しかったかどうかを示す。

CLASS の各生徒の机は、生徒が1人で勉強するかまたはグループの1員としてするかにより、上げたり、下げたりできる仕切りがある。これは実際の指導目的にとって、また確かにSDCの実験的工作にとって重要な仕掛けである。

CLASS の貯蔵部は生徒の行なった反応の記憶部として、また電子計算機によって行なわれるすべての資料分析の倉庫として用いられる。それはまた、補助のプログラムをも貯えるのである。つくられたプログラムの種類は段階づけられた質問の新しい連続から、絵の問題と特徴的なテスト項目へと並んでいるのである。テープに付加的なプログラムを貯えることによって、電子計算機の記憶は比較的安価に増大される。付加的な資料分析のプログラム、色々な種類の資料の収集によって貯蔵部から電子計算機に読み入れられる。

CLASS の教室の非常に重要な特徴は統制パネルの少数のスイッチを叩くことによって、先生（または実験者）は貯蔵部からどの1人の生徒の反応の資料をも、またクラス全体としての反応の資料をも得ることができるのである。この情報はアルファベットと数字の印字機を経て打ち出されてくる。

電子計算機である CLASS の統制部は、反応分析機として、また学科項目選択機として作動する。電子計算機には2つのプログラムが必要である。第1のプログラムは速度と順序と各生徒に提示される知識の量を決め、第2は電子計算機が必要とする資料分析を行なうように指示する。実際の時間の計算はもし望むなら、結果が得られ次第行なわれ、印刷させることができるのである。電子計算機が項目を選び、資料分析をし、調整をするスピードは非常に早く、数千分の1秒なので多くの生徒が実質上ほとんど同時に指示を受けることができる。

CLASS は教育を安価にはしないが、今日教育の為に費されるお金をより有効に使えるようにしてくれるだろう。もっと重要なのは、人間の先生を今より効果的に用いることができるようにしてくれることである。

ティーチングマシンの批評家達はティーチングマシンが生徒の独創性、思想の独立、知的な興味に悪影響を及ぼすというおそれをたびたび表明している。彼らのあやまりは、ティーチングマシンが教師にとって代わるように意図されたと仮定することにある。SDC の考えでは、ティーチングマシン—実は CLASS 方式そのもの—は先生にとって代わるのではなく、先生の仕事の効果を増すことを目指して先生に進んだ技術を供給するようにと考案されたものである。

生徒の反応を即座に分析する CLASS の長所は、先生が生徒の弱点を即座に診断し、もう一度問題領域に彼の指導を向け直すことができるようにする点にある。先生は記録をとることや、紙に採点する仕事や、生徒に事実についての教材をつめこむ基本的な仕事から解放されて、生徒の理解をよく深化して、拡大することや、生徒の独創力を刺激することや、生徒の想像力に挑戦

することや、さらに個人の助けと指導を準備すること等に注意を集中することができる。

このように「機械化された教室」は電子計算機で調整され、提示に必要な教材を合理的に順序立てられたプログラムを必要とする。一步一步進んでいくので、先生が自分達の教えようとしている教材の特質をよく分析することを強制する。そして生徒やクラスの反応の直後に個人個人の生徒やクラス全体がどれくらいよく学習しているかという点について、信頼できる総括的な情報を先生に与えることができる。

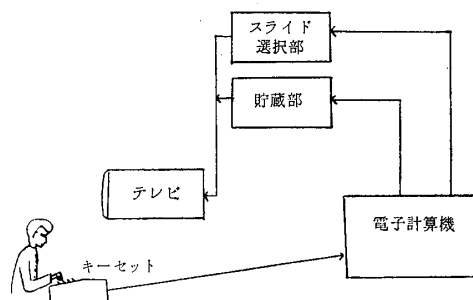
病気のために学校を欠席した生徒は、個人的に学習することによって追いつくことができるし、一方先生は、生徒の反応の印字されたものをチェックすることにより、彼らの進歩や困難を検査するのである。よくできる生徒は、従来のやり方ではあまりできない生徒の歩調に合わせられるので、そのために興味を減退させてしまうが、新しい方式では、彼自身の歩調で前進することができるので、そのようなことはない。

CLASS の特徴は、グループ全体にも、また異なった速度や、異なった教材を学習する小グループにも、または個人的に学習する場合にも、そのいずれにも使用可能である点にある。これはクラスと先生、また生徒相互間の反応をもたらし、集団の場のすでに証明済みの諸原則を利用することができる。そして、同時に CLASS は個人指導をもするのである。生徒の数が先生の数より多すぎる今日の教室では、ちょっとできないところの新しい方式である。」

〔プラトール (PLATO)〕 (第21図参照)

これは1961年、イリノイ大学の総合科学研究所 (Coordinated Science Laboratory) で開発された電子計算機式のティーチングマシンで、中央に備えつけられた電子計算機から回路をとり出し、多数の学生に対して同時に個別的に教えることを目的とした装置である。現在は2人用のものがつくられているが、これは原理的には多数のものに拡大できる。「プラトール (PLATO)」というのは (Programed Logic for Automatic Teaching Operation) の頭文をとってつけられたものである。

中央の電子計算機としては、イリノイ大学で開発されたイリアック (ILLIAC) という中速度の一般目的のディジタル・コンピュータが用いられ、1024の40ビットの単語の記憶と1万語のドラムを備えている。



第21図 PLATO

学習者はキーセットに入力して電子計算機がテレビを通じて提示した問題に解答を与える。キーの数は64で、数字、アルファベットの全部を備えている外、プラス、マイナス等の符号もあるので、学習者は数字、代数的表現、単語、語句の形で答えることになる。

教材はスライドの形になっていて、電子計算機から送られてくる命令に従って、スライド選択部が1つのスライドを引き出し、それを閉回路のテレビが学習者の前に提示する。スライドの数は64枚である。

貯蔵部は電子黒板ともいうべきもので、生徒が質問に対して答えを送るとそれを質問の空欄に提示することができる。

生徒は答えを打ち終わるとキーセットの「判定」ボタンを押す。すると即座に正答ならば、「OK」、誤答ならば「NO」が送り返されてくる。なお、キーセットには「援助」のキーもあり、これを押すとしかるべきヒントのフレームが提示される。なお、正答をしない以上、次に進めない仕組みになっている。

以上で電子計算機と連動したティーチングマシンの紹介を終るが、われわれはここに将来の学校のイメージを見ることができると思う。

第3章 学 習 の 成 立 過 程

第1節 従来の学習説に見られる学習の定義

学習の定義は心理学説の数ほどあるといわれる位多いが、代表的と思われるものを取り出して見ると。

1. 行動の変容としているもの。ハンター，ガスリー，マッギューその他。
2. 神経回路の形成とするもの，ヘブ，バゲルスキー。

の2つに大別できる。まず，行動の変容とするものから見ていこう。

〔ハンターの定義〕

古いけれども比較的良い定義とされているものにハンター (Hunter, W.S.) の定義がある。彼は「学習とは作業の変化で，練習に関連して考えられるもので，疲労とか測定の人為性とか受容器官や効果器官の変化に基づくものとされないもの」と定義している。(Hunter, W.S. 1934)*

〔ガスリーの定義〕

ワシントン大学の心理学教授ガスリー (Guthrie, E.R.) は「行動に伴って起こった行動上の変化を学習と呼ぶ。」と定義し，続いて「状況への過去の反応の故にその状況に異なって反応する能力，つまり学習する能力云々」という述べ方をしている，さらに，「このように定義された学習は行動傾向のすべての変化を含むものではない。たとえば，疲労は行動の変化であるが，本来行為に関するものでない」ので含まれないとしている。(Guthrie, E.R. 1952)** また，彼は「学習は必ずしも改善に向かう進歩だけではない。学習は改善よりも変化として理解されるべきである。」といい，「われわれの仕事は学習が生起する状況を理解し，そこに含まれている変化の性質を理解することにある。」といっている。***

〔マッギューの定義〕

アイオワ州立大学の心理学教授マッギュー (Mcgeoch, J.A.) は学習の定義に2通りの仕方があるとし，「その1つは，学習されたものでない行動の変容を定義し，学習を行動の他の変化性として定義する仕方であり，他の1つは，もっと直接的なコースで，学習と称される行動上の変容を厳密に規定する企てである。実際上は2つとも完全に満足すべきものとはいえない。」として，暫定的な定義として「学習とは練習の条件の下で生起するところの作業における変化であ

* Hunter, W.S. : Learning : IV Experimental Studies of Learning. In Murchison, C. (Ed.), A Handbook of General Experimental Psychology : Worcester, Massachusetts : Clark University Press. p. 497.

** Guthrie, E.R. : The Psychology of Learning (Rev. Ed.) p. 3. New York : Harper & Brothers Publishers, 1952.

*** ib. p. 5.

る。」といている。(Mcgeoch, J.A. 1942. Second Edition. Revised by Irion, A.L. 1952)*
〔ヒルガードの定義〕

スタンフォード大学のヒルガード教授は、学習は推論されたものであるという観点から学習を次のように考えている。(Hilgard, E.R. 1951)

「学習は常に作業の変化から得られる推論である。学習はこのような変化の唯一の要因ではない。作業は有機体が年をとるにつれて変わるし、有機体が疲労してくると変わるし、有機体の状態（たとえば薬を飲んだ場合のように）によって変わるし、動機づけの状態によっても変わる。適切な統制をして始めて研究された変化が学習によるものとして正しく分類される。」**

彼が操作的に観察されるものとしての作業と一定の条件から推論されるものとしての学習を厳密に分けたことは正しい。作業の向上が見られたとしても、それはその時特別な薬を飲んでいないという条件の下でなければ学習の結果として推論できない。なぜなら薬の効果は普通一過性と考えられるからである。

〔スペンスの定義〕

アイオワ州立大学の心理学者であるスペンス (Spence, W.K.) も、まず学習と作業を区別し、作業は観察できるのに反し、学習そのものは観察できないとし、学習を仮説的構成物 (hypothetical construct) と規定して論を進める。この点彼はヒルガードの「推論されたものとしての学習」と同じ立場に立ち、それをより明確な言葉として説明したものといえる。彼は学習の定義として次のように述べている。

「学習は1つの仮説的要因で、一方においては、個体と環境の過去の相互交渉の産物とされ、他方、その時々作業を決定する条件の1つである。いいかえると学習心理学者は学習実験中に起こる行動の進歩的変容をその状況下のそれ以前の経験の結果、この仮説的な学習状態において発達した変容に帰着せしめるのである。」***

結局、彼は学習をそれ以前の経験に帰着せしめ得るところの行動の進歩的変容と考えているのである。

次に神経回路の形成とするものを見てみよう。

〔ヘブの学習観〕

マッギル大学の心理学研究室主任教授ヘブ (Hebb, D.O.) は1949年「行動の機構」**** を著して、生理学的知見を多くとり入れた新しい考え方を発表して注目された。

* Mcgeoch, J.A. and Irion, A.L. : The Psychology of Human Learning. p. 5 (2nd Edition) New York : Longmans, Green & Co., 1952.

** Hilgard, E.R. : Methods and Procedures in the Study of Learning. Chapter 15. In Stevens, S.S. (ed.) Handbook of Experimental Psychology. p. 517. New York : John Wiley & Sons Inc., 1951.

*** Spence, K.W. : Theoretical Interpretation of Learning. Chapter 18. In Stevens, S.S. (ed) Handbook of Experimental Psychology. p. 791. New York : John Wiley & Sons Inc., 1951.

**** Hebb, D.O. : Organization of Behavior. New York : John Wiley & Sons Inc., 1949.

彼は学習についての一般的な定義はしていないが、図形の知覚における学習の役割を重視して、それらが学習された能力であることを強調し、「学習には2種類あり、1つは新生児の学習、あるいは暗室で飼育された成熟動物や先天性白内障の成人患者の視覚学習であり、他の1つは正常な成人の学習である。」* といい、先行学習でつくられた体制が後続の学習を大きく規制することを述べ、大脳皮質の細胞集成体および位相連鎖の構造的変化を学習自体と考えている。彼の細胞集成体および位相連鎖は仮説的な段階で提示されていて十分な検証を得ていないが、従来の行動の変容という考え方から一步進んで細胞生理学との連がりをもたせながら学習を説明しようとした点は高く評価されてよい。

〔バゲルスキーの定義〕

バッファロー大学の教授バゲルスー (Bugelski, B.R.) は生理学の観点から学習を定義して次のようにいっている。(Bugelski, B.R. 1956)

「学習とは、結成されようとする神経回路の要素が同時に活動することによって、比較的恒常的な神経回路の形成過程である。このような活動は1つの構成要素が喚起されたり、活動づけられた時、全回路の喚起を容易にするような成長を通して細胞構造の変化がもたらされる性質のものである。参加する要素の数や位置は限定されない。近接ということは回路形成上有利であるという仮定が立てられている。機能的近接（つまり、類似）の方が構造的なものよりも有効性が高いと考えられる。特定の回路には特定の要素が作動すると考えられるが、回路自体が時間が経つにつれて、加わったり、減ったり、短絡路をつくって変形され、より大きな回路の中に統合されたり、とり入れられたりして全く消滅してしまうようなこともあるだろう。」** 彼が従来の数多くの心理学的定義にあきたらず、ヘブ (Hebb, D.O.) の影響を受け、このような生理学的観点をとらざるを得なかったことはよく理解できるが、同時に、心理学者達の学習を発達や心的飽和や疲労と区別しようとした努力が見られないのは残念である。しかし、心理学的な構成物でなく、神経回路のリアリティに着眼したことは高く評価されるべきものと思われる。なお、われわれは彼が注としてその欄外に軽くふれている次の叙述に深い注意を払うものである。

「回路は大なり小なり潜在的な状態ですでに形成されているかもしれない。それで最終的な形態で作動できるようになる前に回路が使用されるということが行なわれねばならない。」*** つまり、われわれは、彼がいう潜在的状態の回路と初度成立以後の状態とその後の回路の反復使用（定着）とをはっきり区別して考えねばならないと思う。

〔スキナーの学習の定義〕

プログラム学習の提唱者であるスキナーは学習説不要論者としても有名である。

1949年5月、アメリカ中西部心理学の会長として行なった講演「学習理論は必要か」（「サイコ

* ib. p. 111.

** Bugelski, B.R. : The Psychology of Learning. p. 120, Henry Holt and Co., 1956.

*** ib. p. 120. footnote.

ロジカルレビュー」1950年7月号掲載)の中で、彼は「現在の学習説の主な機能は適切な調査を示唆することではなく、まちがった安全感、何ら保証のない現状への満足をつくりだした。理論に関して計画された調査もほとんど無駄のように思われる。」* といって、その当時の学習説を非難しているが、彼自身はやはり一つの学習理論をもっていると解すべきである。このことはその論文の中で、「学習は反応の確率の変化と定義しよう。しかし、その変化がもたらされる条件を明らかにしなくてはならない。これをするためには反応の確率が関数であるところの独立変数のいくつかを調べなければならない。ここにわれわれは別の学習理論に出合わざるを得ない。」** と述べ、詳細な実験データを引用しながら自分の学習理論を展開していることからわかる。

彼の学習についての考え方は「ある種の食事反射の誘出の条件について」***という最初の論文以来、条件づけの考え方に貫かれていて、反応をなるべく客観的にとらえ、法則化しようという意図がはっきり問われる。このような強い傾向のため、他派の心理学者の定義の仕方や学習についての考え方に見られる曖昧さが目につき、そのような学習理論なら害あって益なしというのが彼の考え方で、学習理論そのものが全然不要といっているわけではない。彼が学習を客観的に、しかも、スキナー箱のバー押し反応のような簡単な反応に限定して考察したことが、彼の学習理論を成功に導いた原因であると考えられる。

第2節 学習の初度成立

〔プログラム学習における学習成立の問題点〕

プログラム学習が学習過程研究の効果的な道具として考えられる利点は、

1. 生徒の学習を促進したと考えられる刺激の系列がプログラムという客観的な資料で全部残されていること。勿論、プログラム学習を促進した刺激は、刺激系列としてのプログラムの外にも、学習の動機とか友人が同じ部屋の中で同じ材料を学習しているということからくる競争効果、教師の机間巡視による管理が考えられ、その外にも学習する部屋の光度、騒音度等が考えられるが、終末に行なわれる基準テストにあらわれる直接の原因としては、なんといっても生徒がプログラムの系列にさらされ、それが受容器→中枢部と進んでそこになんらかの記憶痕跡を残したと考えられるからである。その刺激の全系列が客観的資料として残っていることは何よりの強味である。

2. 教師の活動はなくても学習が成立するような自己完結的な学習資料である。実際に教室の場でプログラム学習をする時、必要があれば教師の個別指導が加えられるのを否定するものではないが、学習の刺激系列としてのプログラムは教師の活動が全くない家庭学習や、通信教育の場

* Skinner, B.F.: Are Theories of Learning Necessary? Psychol. Review 57: 194; 1950.

** ib. Pp. 199-200.

*** Skinner, B.F.: On the Conditions of Elicitation of Certain Eating Reflexes. Proc. Nat. Acad. Sci. 16: 433-438; 1930.

においても全く同一の効果をもつようあらかじめ配慮されている。これは人的要因を排除し、客観的ならしめる所以である。

3. 刺激が与えられた後、生徒がオバートな行動で反応するように求められていること、従って、生徒の反応は1つ1つの刺激ごとに1つの対応する反応の系列として与えられる。つまり、全体の学習過程が刺激—反応の対応する単位としていつでも分析される状態にあること。

4. 1つの単位には目標値が明らかに決まっており、それに対応する基準テストが客観的な形で準備されている。つまり、学習目標が具体的な行動の次元ではっきりととらえられていること。これは従来、教育心理学が教育の科学化をめざして進み、その研究の前提条件として強く要望したことであったが、学習指導要領にも教科書にも抽象的な言葉でしか記述されなかった。プログラム学習で教材をプログラム化しようとするればどうしても目標値を明確にしなければいけない。そのためにプログラム化された領域については一応学習目標が具体的に規定されたということが出来る。もっとも、それができないためにプログラム学習を適用するのに困難な領域、たとえば、自由図、自由作文、作曲等の諸領域があるが…。

〔学習過程の時間的位相〕

プログラム学習の刺激系列をかいてみると、従来の無意味綴りの刺激系列とは全くちがうということがいえる。無意味綴りの系列は1つ入れかえてもそれは別の系列として意味をもつが、プログラム学習の刺激系列では意味のつながりがなくては行けない。このことはフレームを前後に1つ入れかえただけで学習の成立に大きな影響を与えることでわかる。

次にプログラム学習では刺激系列自体の中に時間的位相がなくてはならないということである。学習の初度成立と学習の定着をはかるフレームとでは構成原理を異にしなければならない。また教材自体のもっている論理性、つまり、意味のつながりが非常に大きな重要性をもっている。単にプログラムの形式的技術だけでプログラムを書くことはできない。その中味について、まず最初に何を学習し、次に何を学習し、何を最後にまわすのがよいかということによく通曉している人でないとプログラムは書けない。そこで、プログラムの時間的流れをいくつかに分けて考える必要が起こる。別の言葉でいうと、第1節で従来多くの心理学者が学習を定義してきたように、学習一般を定義すべきでなくて、学習の時間的発展の位相にそって学習過程が質的に異なることを認め、個々に定義する必要があるということである。その際の基本的概念は学習の初度成立という概念である。われわれはここに学習の生理・心理的モデルを考えねばならない。学習の初度成立とは個体が外界の刺激を受け、受容器からインパルスが求心性神経路を通り、中枢部のいくつかの領域を通り、遠心性神経路にインパルスが起り、効果器の活動に終わるような回路がはじめて成立することをいい、この第1回目の回路づけは次に何回かの回路づけを得て安定し、定着し、技能として獲得される場合と、この1回の回路づけだけで充分で、新しい場面においても正しい反応としてあらわれる場合とがある。これは学習の各種の領域によって異なるわけである。一般的にいうと、学習過程の時間的位相は次のように分類される。

1. 学習の初度成立に至るまでの準備段階、つまり、必要にして充分な先行学習の成立。
2. 学習の初度成立。第1回目の回路づけが成立すること。
3. 学習の成立の安定化をはかる段階。第1回目の回路成立後、その関連する細胞集合体を数回インパルスが通り、安定した回路となること。
4. 回路づけの速度をはやめる段階。ここで基準行動が変化し、技能としてのスピードアップが要求される段階。たとえば、最初の段階では $7 \times 9 = 63$ が単にできるだけよい。いくら時間がかかってもよいが、それが安定してくると、今度は 7×9 ときたらすぐ63と答えられるまで練習が行なわれねばならない。これは学習目標が移り変わったものであり、学習過程の質も変化しており、そこに要求される神経生理学の理論も別のものが要求される。つまり、今まではシノプシスの連絡とかその集合体でよかったのであるが、そこを通る回路のスピードアップが生化学的には何を意味するか明らかにされねばならない。
5. 適用範囲を広め、技能の一般化をはかる段階。これは学校での学習内容が将来社会生活の中で転移されるべきだという考え方に立っており、転移しやすいゲンタルトにまで意味連関を多様化し一般化する段階である。

以上は大体技能的内容のプログラム学習で見られる時間的位相であるが、以下、具体例として掛け算九九の中の「 7×9 」を例として考えてみよう。次の第3表で、

第3表 7×9 のプログラムの段階

(1)~(45) 省略

問題提示欄

正答欄

(46) $7 \times 8 = 56$ です 7×9 はいくつでしょうか 7×8 のこたえよりもいくつ大きくなるかをかんがえて、こたえをみつけなさい	63	(効度成立)
(47) $7 \times 9 = \square$ 63	(安定化)
(48) 7のだんの九九を一つずつとなえて、まちがいなくいえるようになりましょう。 $7 \times 9 = 63$ (七九 六十三)		(安定化)

(49) 九九カードによる練習

(7 × 9)

(63)

(スピードアップ)

(50)~(53) 省略

(54) 1まい7円のつやがみを9まいかいました。 なん円はらえばよいでしょうか。 しきをかいて、こたえをもとめなさい。 しき <input type="text"/> こたえ <input type="text"/>	しき $7 \text{ 円} \times 9 = 63 \text{ 円}$ こたえ 63円
--	---

(1)~(45) 1の準備段階。 7×8 まで。

- (46) 2の初度成立の段階。 $7 \times 9 = 63$ がはじめて、 $7 \times 8 + 7$ からつくられる。
- (47) 3の安定化をはかる第一歩。
- (48) 3の安定化の段階。
- (49)～(53) 4の回路づけの速度を早める段階。
- (54) 5の適用の段階。

〔学習の初度成立の定義と成熟〕

ハンターの定義その他に見られるように、従来学習は行動の変容のうち練習や訓練にその原因を帰せしめ得るものをいい、成熟や疲労や薬物の影響、測定誤差等に帰せしめ得るものは学習といわないとされてきた。さて、プログラム学習の立場から学習の初度成立を「第1回目の回路づけ」と定義した時、これらの点はどう考えられるべきであいうか。

1. まず第1に気がつくことは従来の学習心理学における学習観はより大規模な時間の幅において学習がとらえられていたということである。いわば、より巨視的であるということである。これに反して、プログラム学習では1フレーム1フレーム質的にも移り変わるプログラムの中で学習がとらえられており、ことに初度成立を担当するフレームは1つのフレームであり、その所要時間は大体数十秒であり、個人的により長くかかる生徒でも数分以内である。そして、プログラム学習ではこの1フレームを境界として、それ以前のフレームは学習の準備性をやしなうフレーム群、それ以後はその第1回目の回路づけの後を受けて、その回路をより安定化するフレームが続いている。このような微視的な見方は、迷路学習や古典的な学習曲線が立っている学習の見方からは生まれてこない。
2. 従来の学習の定義では、巨視的立場に立ったため、成熟によって行動が進歩的に変化したのは学習でないと成熟と学習を排他的関係でとらえざるを得なかった。しかし、プログラム学習では学習の初度成立を「第1回目の回路づけ」と定義しているのだから、成熟によらないという限定をつける必要はない。
3. プログラム学習でも、勿論、成熟と学習は異なる概念として取り扱われねばならない。学習の初度成立は外部刺激による細胞間の回路づけであるのに反して、成熟は細胞分裂に基づく細胞集合体の増大及び、その結果もたらされるシノプシス間の連絡と考えられる。そして、学習の初度成立はこのような成熟のある段階を前提条件にしているし、学習の初度成立は発達の一駒として成熟を促進していくと考えられるのである。

〔学習の初度成立の定義と疲労、学習意欲、薬物の影響、その他〕

従来、行動の変化がもし疲労に帰せしめられるなら、それは学習とは考えないとされた。確かにその通りであるが、学習の初度成立ということになると疲労はまた別の関係をもってくる。つまり、疲労がはなはだしい時は、学習の準備性が十分に整っていて学習者が次の1フレームを飛び得るだけの知能をもっていたとしても、学習の初度成立が見られないかもしれない。疲労は明らかに学習の初度成立の条件である。

同様のことが学習意欲という変数についてもいえる。ある水準以上の学習意欲はやはり学習の初度成立の必要条件であり、さらに、学習の初度成立は次のフレーム以後の学習意欲を高める働きをするものと思われる。

薬物の影響についても同様で、もし、学習活動を旺盛ならしめるような薬物があれば、学習の初度成立は容易となるだろうが、過度のアルコール、その他、有害な薬物は学習の初度成立を不可能にするだろう。

〔学習の初度成立における成功と失敗〕

学習の初度成立が見られたということは、しかるべき望ましい反応が見られたわけであり、それが不当な手掛かりその他に依存していないかぎり正答と見なされる。学習の初度成立を担当するその重要なフレームが学習者により試みられ、正答の反応が誘出されれば、第1回の回路づけに成功したわけで、これはその後の回路づけをより容易にすることになる。もし、これに正答という情報が送りこまれると、強化されて再発傾向はさらに強められる。これに反して、そこにおける試みが何かの原因で失敗に終わった時、そこに直後に誤答という情報が流れたとしてもそれに対する有機体の反応はさまざまであろう。

- 1) それを契機として、正しい反応が誘出される場合。再体制化の成立。
- 2) 回避反応が見られるが、かといって正答反応も見られない場合。再体制化の不成立。
- 3) 「しまった」という失敗感のみでそれ以上何らの意味が理解されず、学習者が次のフレームに急ぐ場合。

その他いろいろの場合があるだろうが、その詳しい考察は後に譲る。

第3節 意味の拡充

〔簡単な認知学習〕

一度成立した回路はその後の回路を容易にする。一度だけで成立した学習(one-trial learning)でその後練習をしなくても極めて安定した正答反応が得られる場合がある。簡単な認知学習の場合がそれであろう。たとえば、アイスホッケーとかサッカーといったスポーツを全然知らない3才の子供をこれらの競技場につれていったと仮定しよう。ゴールが子供の視野にはいるだろう。しかし、その意味は何らわからない。そこで父親が、「あそこに球を入れれば得点になるんだよ」といったとする。すると子供の認知構造は変化し、いわゆる体制化が起こる。ゴールの中は+、その外側は-という極めて簡単な体制化である。その後このゴールを再び見る機会があったとすると、これが次の日であろうと、その後10年間全く空白で、そこで第2回目を見たとしても、この認知構造の体制化は残っており、この点についての他の人の質問に正しく答えられるであろう。このような回路づけの生理学的モデルとしては、第17野から連合領に移り記憶痕跡として何らかの形で存在している+-の体制を極めて容易に想起させるものと思われる。ゴールのコの字形に区切られた+の分節は他の漠然とした-の分節と極めて明確に区別されていて図形的に全く

簡単であり、しかも場の意味として、敵陣にボールを投げた場合、成功のイエスの場合と失敗のノーの場合の2つが考えられ、この2つが極めてはっきりと図形と結びついているからであると思われる。他のまぎらわしいものが存在しないからである。また、これは何も空間の体制化の境界線が具象的な線として知覚されるのが必要という意味ではない。具象的な線として知覚されない場合として、野球のストライクゾーンを挙げることができる。はじめて野球を見る12才の子供がいるとする。バッターが打たねば失点になる投球と打たなくてもよい投球があることを教えた後、ホームベースの幅を垂直に上にのばした2つの平行線と打者の肩とひざからそれぞれ水平に伸ばした2つの平行線でできる想定上の矩形がストライクゾーンであると教えれば、これもそんなに何回も練習しなくても学習され、その後、そんなに間違われる性質のものではない。

〔意味の拡充〕

サッカーのゴールの認知学習はその空間の分節の意味の学習ということができる。

$7 \times 9 = 63$ というような技能学習の中でもそのプログラム化に際しては $7 \times 9 = 7 \times 8 + 7$ といふところからはいっていく行き方と $7 \times 9 = 7 + 7 + \dots + 7$ として7を9回加えるものとしてはいる累加法と2つある。そのいずれをとるかはある意味ではプログラム化する以前のカリキュラムの問題であるが、プログラム化は何かをプログラム化することであり、この何かを問題とせざるを得ない。その意味でやはり、プログラム学習の問題として登場してくるが、われわれのプログラムにおいては従来の累加法をとらずに、積というものの意味を理解させるために前者をとった。しかし、 7×9 の意味は7と9の積にとどまらず、7を9回加えたものという意味も学習させる必要がある。そこで、 $7 \times 9 = 7 \times 8 + 7 = 63$ として、 $7 \times 9 = 63$ の初度成立をはかるのであるが、なお、次には、 $7 \times 9 = 7 + 7 + \dots + 7$ として、 7×9 の意味の拡充をはかる必要がある。これは $7 \times 9 = 63$ を足場として行なわれるので、掛け算九九の初度成立ではないが、しかもなお、このことを学習させる1つのフレームは新しい1回で成立する学習であるといふことがいえる。 $7 \times 9 = 7 + 7 + 7 + 7 + 7 + 7 + 7 + 7 + 7$ という事項に関する限り、学習の初度成立といふことができよう。それは学習の初度成立をめざすフレームの次の1つのフレームであることもあるが、また、いくつかのフレームがそこに費されることもある。また、練習によって回路づけが安定してから挿入することもある。これらの意味の拡充をはかるフレームにおける学習の成立はある意味で学習の初度成立に準じて考えることができる。従って、疲労とか成熟とか薬物の影響との関係は学習の初度成立の場合に準じて考えることが望ましい。

〔再体制化との関係〕

なお、これらはすべて再体制化ではないかという意見が場理論の方から提出されるかもしれない。確かに再体制化であるといえる。しかし、ここでいう意味の拡充は学習の初度成立に続く意味の拡充であって、初度成立をとり出したのは後にその反復練習という学習段階が控えているからである。プログラム学習においてはその学習される内容に応じて、

- 1) 学習の初度成立→その反復練習と続く場合もあるし、

2) 学習の初度成立→意味の拡充→その反復練習と続くこともある。

1) の場合にしろ、2) の場合にしろ、単に再体制化というだけでは、第1回の回路づけとその後の回路づけの生理学的意味が十分に明らかにされないくらいがある。われわれはこれを区別しなければプログラム構成の理論が発展しないと考える。また、これを区別することによって、プログラム学習の心理学が、教室の場に具体的に結びついた学習心理学として、学習心理学の構築に寄与できると信ずる。そうでなかったら、従来の学習心理学のように学習指導法とのつながりを持たない、その意味では不毛な学習心理学として止らざるを得ないだろう。

第4節 回路づけの安定化

〔練習を要する技能学習〕

$7 \times 9 =$ というような学習においては初度成立の時に63という正しい答えが誘出されたとしてももうそれだけでよくて、あと練習がいらないというわけにはいかない。次の日には彼は間違っ
て64というかもしれない。将来のあらゆる予想される場において確実に63という反応がとびだす
ような体制にもっていくためには少なくとも何回かは練習をしておかねばならないことは誰も否
定しないだろう。しかし、5回やっておけばあとは安心というものでなまいだろう。この意味
で、 $7 \times 9 = 63$ という反応の学習は極めて確率的であるといえよう。勿論、さき程の一度で成立
する簡単な認知学習も確率的でないといまではいい得ないが極限の1に極めて近いことだけははっ
きりいえる。よほど特別な記憶喪失症でも起こらない限り、（その起こる確率も少しはある）確
率は1と考えてよかろう。

$7 \times 9 = 63$ という学習において何回か練習しておかないとどんなすぐれた子供でも時に不注意
の間違いをする傾向があるということは、この種の技能学習に関与している大脳の連合領が、前
述のものとはちがっていることを推論させる。場所的にちがっているのか、生化学的反応におい
てちがっているのかまではわからないが、ともかく、細胞集合体の関与の仕方がちがっているとい
うことだけはいえる。 $7 \times 9 =$ という視覚が第17野にはいり、そこからいくつかの領野を通して
連合野にはいると思われるが、一度、 $7 \times 9 = 63$ が成立している子供でも、時に不注意の間違い
で、たとえば、 $678 \times 29 =$ という計算の中の 7×9 において、 $7 \times 9 = 64$ という反応を飛び出さ
せることがあるという観察できる事実は、われわれに次のような推論をなさしめる。つまり、

1) 第17野の初度興奮として $7 \times 9 =$ が起こった時、63が呼び起こされる (aroused) 可能性
とその他の64とか62とか65が呼び起こされる可能性は極めて接近した数値をもっている。このこ
とは6の段までは正しく指導されたが、7の段はまだ正しく指導されていない子供が、自分で7
の段を勝手につくり上げ、しかもそれが間違っ
て $7 \times 9 = 64$ としてつくられ、誰からも訓
正されないで、そのまま、 $7 \times 9 = 64$ として憶えられている場合があることで証明される。

2) 一度、 $7 \times 9 = 63$ と成立しても、なお、次の回に64が呼び起こされる確率は依然として高
い。つまり、 $7 \times 9 = 63$ という初度成立がもたらした回路づけの強さの増加分は64が呼び起こさ

れる強さの全量に比較して微弱なものである。

3) しかし、2回、3回と63だけの回路づけが続けられると増加分はどんどん累加されていく。そして、64とか62とかが呼び起こされる強さと相当大きな差ができてくる。

4) 増加分の累加性と並んで重要なことは新規増加分は負の加速性をもっていると考えられる。

5) 以上はすべて単なる練習回数の増加を考えたのであるが、もし、 $7 \times 9 = 63$ は $7 \times 8 + 7$ であるから $56 + 7 = 63$ であるとか、もっと高い水準では $7 \times 9 =$ の答えは3で割り切れるはずで、63はそうになっているが、64は3で割り切れないというような意味のつながりの学習を間に挿入していけば、63は64や62をうんと引き離すだろうと思われる。

このような回路づけの安定化段階における学習は微視的にも巨視的にもとらえられるが、まず、巨視的に見よう。

〔巨視的にみた回路づけの安定化〕

これは従来の学習心理学がモデルとしてきたものである。ブライアンとハーター (Bryan, W. L. and Harter, N.)* の古典的電信作業の習熟過程がそうであるし、一定の正答基準を設けた迷路学習におけるモデルもそうである。このような巨視的立場から見ると、プログラム学習のこの段階の学習の成立は「経験や訓練に帰せしめられる行動の変容で、成熟や学習意欲の上下や薬物の影響によらないもの」という定義があてはまると考えてよい。しかしながら、プログラム学習におけるこの段階の学習はあくまでもその一部であることを強調すべきであるとともに、プログラム学習の本来の立場からすると、やはり、ここでも微視的に見て、さきに述べた生理、心理的モデルにそって考える方がよい。何故なら、プログラム学習ではこの段階でも他の段階と同じく1フレーム1フレームを否応なしに書いていかななくてはならないからである。

〔微視的に見た回路づけの安定化〕

微視的に見ると、この段階の学習の成立も発達の一駒であるし、学習意欲や薬物の影響は排他的関係にあるのではなく、やはり、条件として働く。この段階の一駒も、もし、学習意欲がなくなれば学習は中止されてしまうし、薬物の影響によって成立が促進されたり、妨げられることは明らかである。

さきに学習の初度成立の段階でのべた回路の第1回目の成立の時は、この回路が束であることに触れ得なかったが、この段階において、生理、心理的モデルにおいては回路を束と考えた方が観察される事実を説明しやすいように思われる。

1) 安定化を妨げる要因はいろいろあるが、その1つは回路の中の抵抗の動揺である。 $7 \times 9 =$ と第17に興奮が起こり、すぐ63と出ないのは、初度成立したとはいえ回路の中の化学反応の進行に抵抗が起こっているものと思われ、細胞膜を通る時の抵抗に由来するが、折角一度通ってい

* Bryan, W.L. and Harter, N.: Studies in the Physiology and Psychology of the Telegraphic Language. Psychological Review 4: 27-53; 1897.

るのにまた一定水準以下に下がってしまうと63が呼び起こせなくなる。ここで、シェリントン (Sherrington, C.S. 1929) の細胞の伝達における加法性の原理が役立つ。単独に働いては一定の閾値まで上昇しない刺激も、数本集まると加法性をもって一定の閾値に達し、ニューロンが興奮を起こすと考えられる。しかし、そのような束の中のある部分が抵抗が大きくなって働かなくなると、その総和も一定の閾値以下に下がり、興奮を伝達し得なくなると考えられる。 $7 \times 9 =$ の場合でいうと、第1回の伝達の時、それ以前になかった回路が新しくつくられただけで、その後は他の束を通るより通りやすくなっているにもかかわらず、その束の断面図的なある部分の細胞膜がなんらかの原因で抵抗をましてくると総和が一定の閾値以下に下がり、63を呼び起こさなくなると考えられる。

2) 誤って64や62が呼び起こされる場合、潜在的には63と62や64は呼び起こされる力において近似していると考えられる。学習者の記憶痕跡の中にはいろいろの数値があるだろうが、少なくともその意味がわかって記憶痕跡化されている場合には、 $7 \times 9 =$ という興奮につれて、3や5が呼び起こされる可能性は極めて低い。しかし、 $7 \times 9 =$ に対しては大体代表的な誤答というものは決まっていて、それらは大なり、小なり63と近い値をもって存在している。そして、63の方の伝達興奮が下がり、64の方が何らかの理由で上がる場合が考えられる。その直前に64というのを強く印象づけられたとか、64という数字に何となく好きな感じがまつわりついているとかということがあり、しかも、突差の場合、64が呼び起こされる可能性が高まっている。まして、8の段の掛け算九九をまだやらないために、64が $8 \times 8 =$ とよく連絡されていない場合はその可能性がより高い。

3) 誰かに間違っただけで教えられ、本人が $7 \times 9 = 64$ というような初度学習をしており、次に正式に $7 \times 9 = 63$ とならって正式の初度学習をしたとしても、第1回目にならった $7 \times 9 = 64$ はずいぶん高い潜在力をもっていて、その後の学習で顔を出すものである。この場合、前述の2つの場合よりもはるかに不安定になり、訂正には数倍の時間とエネルギーを費さねばならない。少なくとも第1回目に $7 \times 9 = 64$ として通りやすくなっているその閾値よりもずっと通りやすくしなければ、64と現われることなく、安定して63と現われる可能性は期待できない。

以上のような考え方に立って、技能学習において初度成立後もその回路づけの安定化をはかるために一定数のフレームを準備しておくことが必要になる。

〔個人差に応じたプログラム〕

学校という機関の中で、 $7 \times 9 = 63$ が学ばれる際、どこまで確率を上げておけば、その後の生活場面において、つまり、その後の学校の単元において、また職業生活において充分かということとはまだ未決定である。

われわれは、一方の極限に $7 \times 9 = 63$ に一生のうちに数十万回遭遇するとして、それに100パーセント正答できる人を考えることができる。この人は $7 \times 9 = 63$ において初度成立以後老令になるまで、一度も間違えることなく一生を終わった人である。このような人が実在しうるとしても

割合は比較的少なからう。多くの人には10万回について何回かはあるいは何十回かは間違えようだろう。ことに老令になるとその可能性が高い。われわれの脳皮質の化学反応の精度はその程度のものだろうし、決して完全ではない。また、現に中学生にも大学生にも大人にも複雑な計算の中の掛け算九九にあるパーセントの間違いを見出す。他方、わるい方の極には相当高いパーセントの間違いを見出すことができる。小学校3年生第1学期の子供が $7 \times 9 = 63$ をならう時、 $7 \times 9 =$ を何フレーム用意しておけばよいか、これはプログラム構成上絶対必要な知識であるが、この知識をわれわれがまだもたないので大体的見当に従ってやっているにすぎない。たとえば $7 \times 9 =$ というカードを10枚用意しておいて他のカードとよくくって与えておき、全部がよくできるまで何回でも練習しなさいと指示する。(勿論、このカードの裏には正答が書いてあって、必ずその都度強化を受けるようにしておく) この場合、10回中、10回とも正答という基準が仮におかれているわけだが、これは必ずしも100回中、100回を意味しないのでまだ問題が残っている。100回中、100回正答というところまで安定性の基準をあげようとすれば、1つの九九に100枚のカードを準備してすることも可能であるが、10枚のカードの群を10回繰り返して、その全部が正答のところまで何回でも練習しなさいという指示にレベルアップすることもできる。初度成立以降、ずっと正答続きの子供にはこの程度の基準ではよよいのではないと思われるが、途中で何回も間違った子供にとっては、この程度の基準ではまだ不完全かもしれない。それまでの間違いの比率に応じて基準を考えるのがよいと思われるが、これは個人差に応じたプログラムの成立を意味する。こういう技能学習では、プログラム自体が個人差に応じて変えられねばならない。そしてこのように初度成立以来、すべての反応系列をしかるべき方式で処理し、原因を探り、それに対策をたてて次のフレームを提示する機能はもはや人間教師では駄目で、電子計算機と連動したティーチングマシンを考えざるを得ない。アメリカにおける、ベンディクス G-15、IBM 650、PLATO に連動しているイリアック等や、ソ連の「ウラル1号」の開発は、そのような方向に教育科学が進歩するのを大いに促進するだろう。

第5節 回路抵抗の減少

〔回路伝達速度〕

$7 \times 9 = 63$ が一応安定した形でいえるようになると、次の段階はこのスピードアップが要求される。これは学習目標のより高度化に応じてプログラム学習でもしかるべき配慮がある。通常用語で「反射的」にすぐ63がでてくるまで練習すべきであるといわれるが、勿論、生理学的モデルで反射回路を想定すべきではない。

さて、第17野の $7 \times 9 =$ が連合野の中に63を呼び起こす所要時間は最初は数秒であるが、何回も練習するうちに相当速く1秒以下になってくる。個人差もあるがそのいかにかわらず、1人1人の個人について初度成立の時の所要時間に比較し、その後のものが低下している原因はシノプシス間の回路抵抗が何回もの使用で極限にまで低下したものと考えられる。これは細胞膜

および細胞質の生化学的変化を伴っていると考えられ、学習過程の進行に伴ってあらわれる回路づけの安定化現象が細胞集合体における細胞と細胞の間の選択的回路形成の問題であるのに対して、こちらは1つの細胞の質的变化である。このような個々の細胞の質的变化の集積の上に1つの回路のインパルス速度のスピードアップが成り立っていると考えられ、巨視的に見た学習過程の質的改善はこのような生化学的次元の対応物と考えられる。

〔回路伝達速度の不安定性とその振幅の狭まり〕

しかしながら、このような細胞の生化学的次元の変化それ自体、他の生化学的現象——新陳代謝による酸素および栄養の供給をはじめ、活性中枢からのインパルスや大脳皮質からのインパルスが絶えずその回路に伝達されて生化学的現象を引き起すと考えられる——の影響を非常に受けやすいので、極めて不安定である。そのため当該回路のインパルスの伝達速度は、時により一定の幅で遅速を避け得ないので不安定というべきであろう。しかし、回路づけの頻度を次第に上げていけば、他の条件が等しい限り、その振幅は狭められてくるものと思われる。これがいわゆる練習による反応速度の安定化現象である。

われわれは $7 \times 9 = 63$ のような個々の学習課題について、練習回数を独立変数とし、反応速度を従属変数とする関数関係をまだよく知らない。従って必要な反応速度を達成するまでの必要なプログラムのフレーム数を算出することができない。現在のプログラム構成の技術段階では、過去の経験と勘に頼ってそのフレーム数を概略の形で決めているに過ぎない。

第6節 学習の転移

〔プログラムにおける転移の2つの問題〕

プログラム学習では1フレーム1フレームの目標をはっきりきめて厳密にかいていく必要にせまられるが、1つのフレームをかいて次のフレームをかく時、注意しなければならない2つの基本問題がある。1つは教材の論理に従った意味のつながりであり、これがなくてはそもそもプログラムにならないが、なお数十分程度の学習の自動的進行を可能ならしめるには、フレームとフレームの間の落差があまり大きすぎるとは誤差ばかり多くなり、ついには学習意欲の減衰をきたし、学習の自動的進行を期待できない。そこで、ある1つのフレームから次のフレームに移り行く高さについては、その学年の生徒がそこまでたくわえてきた能力で次のフレームに移れる程度でなくてはならない。ということはプログラム学習では単に技能練習のためフレームを除き、なんらかの意味の高まりが絶えず期待されているので、フレームから次のフレームへの転移が絶えず問題になる。これは学習の準備性をやしなうフレームから初度学習のフレームに移る時もそうだし、そこからさらに意味の拡充のフレームに移る時もそうである。つまり、プログラム学習においては転移の問題は極めて微視的にあつかわれる1つの側面をもっている。従来の学習心理学が取り扱ってきたモデルでは学習の転移はラテンという1つの教科であったり、(Thorndike,

E.L. 1923)*, 1つの法則を学習した場合であったり, (Judd, C.H. 1939)**, 発達段階間の転移であったりした。(Hebb, D.O. 1949)*** プログラム学習のフレーム間の転移という問題とはモデルがちがっている。従来のモデルでは学習目標が大きくとられているのに対し, プログラム学習は一試行ごとに学習目標が少しずつ高まっていくような学習であり, その一試行ごとの転移が問題にされているのである。プログラムを書いていく時の基本問題であるステップ幅の問題と直接につながっているし, 転移力の高低に応じて, つまり, 知能段階別にプログラムを用意すべきかどうかという問題とも関連しているので是非究明されるべき性質のものである。

第2に, プログラム学習においても従来のモデルは取り扱わねばならないといえる。それはプログラム学習においては正答が連続するようにと極めて小刻みな段階に分けられた為, そこで学習されたものでは, 将来の生活場面に転移がきかないのではないかという危惧の念がいだかれていることである。これはいわゆる「オカユ学習」という言葉になってあらわれ, オカユで学習したのではほんとうの力がつかないという批判になった。事実, そのようなおそれの感じられるプログラムも存在した。ここにおいて, この問題はプログラム学習の起こり得る弊害と結びついている。しかし, われわれは, これは構成法のしかるべき原則さえ間違わなければ避けることのできる問題であるという考え方をとる。果たしてそのように将来の問題場面, 行動において力がないかどうかは基準テストを用意し, その学力を測定することによって実証されるべき性質のものであるので, 後にデータを挙げよう。(第9章 第8節 参照)

〔フレーム間の転移〕

プログラム学習におけるフレーム間の転移の問題は教育事象としては何も新しいものはない。従来の教室での教科の学習はすべてこれに基づいていたといえる。しかし, これを心理学的実験に移したことはなかった。しかしながら, プログラム学習を実施した後には生徒の解答が残されているので, それによって分析していくことができる。もし, あるフレームから次のフレームに移るステップ幅が大きく, 学習者の転移能力が比較的, 少である場合, 誤答となってあらわれる。つまり誤答がでたということから転移が起こらなかったと推論することができる。また, 正答の場合, もし, カンニングもなく, 不当な手掛かりによってそれがなされたのでないとするれば, そこには転移が見られたといえよう。このような転移は結局学習の初度成立に帰着して考え得るが, なお, そこには先行の学習とのステップ幅と知能との関係が残されている。

* Thorndike, E.L. : The Psychology of Learning. Vol. II. New York : Teachers College, Columbia Univ., 1923.

** Judd, C.H. : Educational Psychology. Houghton Mifflin Co., 1939. p. 514.

*** Hebb, D.O. : The Organization of Behavior. Ch. 6. John Wiley & Sons Inc., 1949.

第4章 プログラム学習と強化

第1節 強化の概念

〔強化説〕

スペンス (Spence, K.W.) によると、学習説は S-R 説と S-S 説に大別できる。学習をボンドの結成とか結合とか刺激と反応の連合と考える人々はすべて S-R 説の陣営に属し、感覚の領域における連合と考える人々は S-S 心理学者とされる。ソーンダイク、ハル、ガスリーら、さらにスペンス自身は S-R 説に属し、トールマン、ケーラー、コフカらは S-S 説に属する。ことにトールマンはその代表者と考えられている。(Spence, K.W. 1951)*

S-R 説の人々はさらに3つに分けることができる。

- 1) 強化説。強化あらゆる学習の成立条件と考えている人々。ハル。
- 2) 非強化説。強化は学習成立の必要条件ではない。反応の誘出された瞬間に学習は成立しているのであって、その事後効果として作用する賞や罰は学習に影響を与えるかもしれないが、それがなくても学習は成立するとする立場。ガスリー。

- 3) 二要因説。接近の原理と強化の原理の二つが働くとするもの。スキナー。

S-S 説の人々は強化にそれ程興味を示していない。少なくともトールマンは、ハル、ソーンダイク流の強化の考え方には反対で、頻度の原則をむしろ重視しているが、他方の「確認」という原則を用いているので、この点、広い意味の強化説に属すると考えることもできる。

以下、われわれは強化の問題について、歴史的に最も早くとりあげたスペンサーについて述べ、次にソーンダイク、ハルの学説について考察し、さらに強化不要説のガスリーの学説を検討したいと思う。

〔スペンサーの生理学的仮説〕

スペンサーは、今日われわれが強化の法則と呼んでいるものをとりあげ、それに生理学的仮説を樹立した最初の人である。彼は1872年、「心理学原理」の中で進化論の立場からこの問題をとらげた。スペンサーの基本的仮定は自然淘汰の中でいろいろの種の中で、「楽しいもの」と「利益のあるもの」の間に関連性が確立され、他方「楽しくないもの」と「害のあるもの」との間にも同様の関連性が確立された。楽しいものは保存され、繰り返され、生物体にとって有益であることが証明された。苦痛をもたらすものは捨てられ、有機体は危害から守られる。というものである。彼は有用な楽しい行為が選択され、有害な不愉快な行為が排除された生理学的仮説として、有機体は環境の刺激に対して神経エネルギーの拡張された放電によって極めて多様な反応、本質的にはでたらめな仕方では反応する。これらのでたらめの反応の中で、うまくいく反応、たと

* Spence, K.W. : Theoretical Interpretations of Learning. Ch. 18. In Stevens, S.S. (ed.) Hand book of Experimental Psychology. New York : John Wiley & Sons Inc., Pp. 690-728, 1951.

例えば餌にありつける反応というのが1つ生じる。この成功の後、直ちに楽しい感覚が起こり、それには、成功した行為、つまり食べるという行為に従っている有機体に神経エネルギーの大きな放電が行なわれる。この神経エネルギーの高められた放電は筋肉行為の成功した通路をもっと通りやすいものにする。そのような環境状況がしばしば起こると神経放電はもはや放延されず、成功に導く運動へと通路づけられる。このようなことの繰り返しのことによって成功に導く通路はますます通じやすくなり、遂には安定した神経結合がつけられる。というのである。(Spencer, H. 1872)*

彼の快苦の自然淘汰説はともあれ、生理学的仮説は、強化因子がなぜ強化作用を持ち得るかという根本問題に対して1つの生理学的モデルを提供している点で興味あるもので、この点についてはまた後で触れることにする。

〔ソーンドイクの効果の法則〕

ソーンドイクは学習心理学の体系をつくりあげた最初の人であるが、多くの動物実験を通じて「練習の法則」と「効果の法則」という2つの基本原理を樹立した。「効果の法則」は今日、「強化の法則」と呼ばれているものと実質的に同じ内容を取りあげており、1911年の「動物の知能」の中で、次のように述べられている。

「同じ状況の中で行なわれたいくつかの反応のうち、動物にとって満足を同時に伴うもの、または満足が直後に起こってくるものは、他の事柄が等しい限り、その状況により強固に結びつけられる。従って、その状況が再び起こる時、その反応も起こりやすい。動物にとって不愉快を同時に伴うもの、または不愉快が直後に起こってくるものは、他の事柄が等しい限り、その状況への結合を弱められる。従って、その状況が再び起こる時、その反応はより起こりにくい。満足や不愉快が大きければ大きいほど、結帯 (bond) の強化および弱化も大きい。」(Thorndike, E.L. 1911)**

これは1931年の「人間の学習」でさらに「個人が避けないで、しばしば保存しようとしたり、到達しようとするところの事態によって、伴われる行為は選ばれて定着される。ところが、個人が避け、変えようとする事態によって伴われる行為は排除される」。(Thorndike, E.L. 1931)*** と述べられたが、後半部は実験的事実に合わないことが明らかになったので、翌年の「学習の基本」****では落とされた。彼は後に、「所属の法則」その他をもって、この効果の法則を補足しなければならなかったが、この効果の法則を学習の法則の中の中核的存在と考えていた。

彼がさきに「満足させるもの」と呼んだものは曖昧さを残して、しばしば快楽主義的に「楽しいもの」と解釈されたので、彼は後にこれをそのような意味に用いたのではないと否定し

* Spencer, H. : The Principles of Psychology. New York : Appleton-Century-Crofts, 1872.

** Thorndike, E.L. : Animal Intelligence. p. 244. New York : Macmillan, 1911.

*** Thorndike, E.L. : Human Learning. New York : Appleton-Century-Crofts, 1931.

**** Thorndike, E.L. : The Fundamentals of Learning. New York : Teachers College, Columbia University, 1932.

ている。彼の「満足すべもの」は動物に対しては餌、人間に対しては愛とか正しいという言葉であるが、これは強化理論で用いられるものと同じである。従って、彼の効果の法則は強化理論が達した結論の一部とはほぼ相応するものであるということが出来る。そして、今日の心理学者の用語の中では、彼の「満足させるもの」は「強化者」という言葉で置き換えられている、と考えることができる。次にこの強化理論の代表者であるハルの学説を検討しよう。

〔ハルの強化説〕

ソーンダイクの「満足させるもの」につきまとう主観性をとりのぞき客観化しようとしたのがハル (Hull, C.) である。彼は1943年の「行動の原理」で学習の過程とはとりもなおさず強化の過程であるという立場をとり、「受容器への刺激エネルギーの衝撃によって、求心的インパルスと時間的に接近して反応が起こり、この接合が要求の減少（そしてそれと関連したドライブの減少とドライブ受容器発射）と時間的に近接して起こればその刺激がそれ以後その反応を喚起する傾向の微増分をもたらす。」* という第一次強化の法則を掲げた。(Hull, C.L. 1943)

彼はそれ以後その反応が喚起される傾向を量的に習慣強度という言葉で表わし、その増加をもって学習の成立事実とし、その条件として要求の減少を必須なものと考えている。この点で時間的接近のみで充分とするガスリーの考え方と対立している。彼は習慣強度を規定する要因として、強化回数、強化因子の質と量、強化するまでの時間間隔をあげ、その関数関係を方程式化しているが、プログラム学習のモデルとしても極めて示唆するところが多い。体育科や技術家庭科の動作の学習、たとえば、とび箱などは従来の学習指導法でもプログラム学習に近いものであった。1人1人飛び箱を飛び、教師から直後に「よし」といってもらっていたわけで、それ以後のある試みでうまく飛び箱が飛べる習慣強度、または反応の確率は、何回それを行なったかの回数の関数であり、教師が与える「よし」という称賛の言葉なり成績のつけ方なりの質および量の関数であり、直後にそれをいうか、少ししてからいうかの関数でもある。このように動作の学習に対しては、ハルのこの強化のモデルを基礎にして考えてほとんど間違いないと思われる。算数、国語、理科、社会等のシンボルの学習や法則の学習には熟考過程が多くはいつてくるし、またフレームごとの小さな学習課題は徐々に発展的に進んでいくので、飛び箱飛びの学習とは相当違ってくる。従って関数を示す方程式で同じ係数とは到底考えられないが、なお、練習回数がふえれば習慣強度がどうふえるかというカーブの基本的性格、つまり負の加速度曲線であるという性格はそう変わらないだろうと思われる。強化の遅延時間等この外の要因についてはそれぞれの教材について実験をやってみる以外に予測は許されない。

〔ガスリーの強化不要説〕

ガスリーはソーンダイクの効果説を否定して、あとから起こる満足が前の結合に働きかける逆行効果はあり得ないとし、「この大脳の残効は高度に思弁的であって、全く必要のない仮定であ

* Hull, C.L. : Principles of Behavior. p. 71. New York : Appleton-Century-Crofts, 1943.

る。]* (Guthrie, E.R. 1952) といい、「私はすべての満足させるものがすでに前からあった連合的結合を固定化する傾向があるとは思わない。満足すべき状況が目下進行中のある行為を破壊するものである時、それは罰と同じように直ちに結合を破壊してしまうだろう。犬におすわりを教える時、賞として一片の肉片を部屋の遠くの方に投げ与えることは非常に効果の少ない方法だろう。肉片が満足すべき性質をもっていることは疑いない。(中略) 賞の効果は犬をすわらせることなく、部屋の隅に向かって突進するために立ち上がらせることにあろう。満足させるものが結合を常に刻印づけると限らないと同じく、苦しませるものが常に刻印を消すとも限らない。この点はソーンダイクの認めた通りである。]** といい、満足させるもの、また苦しませるものが影響を与える前に学習はすでに起こっていたのだということを主張する。

彼はまた、スキナーのオペラント学習とその強化の考え方にも反対し、学習をそのような2つの領域に分けることは不必要であるとし、「オペラントと反応的行動の区別は実験者の方法の記述としては支持できるが、行動の記述としては支持できない。スキナーが賞による学習と接近学習の両方を採用しているのは、この論争を真の意味で決着させるものでない。賞と接近の両学習説を実験的に固定させるためには、反応と状況をもっと詳細に観察する以外にない。」*** と述べ、スキナー理論の二元性と曖昧さを批判している。

〔スキナーの強化概念〕

パブロフが古典的条件で用いた強化概念をオペラント行動と自ら名付けた別の領域にまで拡大しようとしたのがスキナーである。パブロフは条件刺激に伴わせて無条件刺激を提示する操作を強化と名づけているが、スキナーはこれを拡大して、望むオペラント行動が誘出されたらすぐに賞を与えてそのオペラント行動がより頻繁になるような操作をすべて強化と呼んでいる。

「ある条件下で、ある与えられた事柄が、ある有機体に強化的になったかどうかを決める唯一の方法は直接のテストをすることである。われわれは、ある選ばれた反応を観察する。次にある事柄をそれに伴わせて頻数の変化を観察する。もし変化があるなら、その条件下で、その事柄はその有機体に強化的であるという。(中略)

強化的であるとわかった事柄は2種類ある。ある強化はその状況に刺激を提示すること、つまり、あるもの——たとえば、食事、水、性的接触を加えることからなり、これらを積極的強化要因と呼ぶ。他のものは、その事態からあるものをとり去る——たとえば、大きな騒音、非常に明るい光、極単な寒さ、または暑さ、電気ショックをとり去ることからなる。われわれはこれらを消極的強化要因と呼ぶ。両方とも強化の効果は同じである——反応の確率が増すという点で。」****

パブロフが法則化した、バルー唾液分泌のような古典的条件反射以外のオペラント行動におい

* Guthrie, E.R. : The Psychology of Learning. Harper and Brothers. p. 3, 1952.

** ib. p. 127.

*** ib. p. 250.

**** Skinner, B.F. : Science and Human Behavior. p. 73. New York : Macmillan, 1953.

ても、強化という概念で行動の変容が説明できるという点にスキナーの強化概念の拡張の意義があるわけであるが、強化という言葉はパブロフのように操作としてだけでなく、作用としても用いられていて、その点やや曖昧さをもっている。さきの定義では、「強化のうちには……を提示することからなるものもあれば、……をとり除くものもある。」というように操作として用いられているが、「強化は異なった刺激機能であるが……」*、「強化を説明するのに有効な……」というように機能や作用の意味にも用いられている。

では、スキナーは、ある事柄、たとえば、餌をやるということが強化機能をもち得るのはなぜだと考えているのだろうか。彼は、『愉快である』とか、『満足している』というようなことは強化的な事柄の物質的特性を示していない。(中略) ある人は、もし有機体がそれに近づいたり、それと接触したりすれば、『愉快である』とし、もし有機体がそれを避けたり、それに関心を示さないで次に進んだら、『不愉快であるということにしよう』といった。客観的定義を見つけようとする努力はいろいろなされたが、それらはすべて『そのような行動は単に他の強化効果の産物にすぎない』という批判に従わねばならない。有機体がそれに近づいたり、そこに長く止まっているからある刺激が愉快であるというのは、その刺激がそのような接近行動、または滞留行動を強化したからだということと少しも変わらない単なる別の表現である。]**

彼はこうやって快苦説を斥けた後、「われわれは、環境からのフィードバックによって強化された能力は生物学的に有利なものであらうと思う。なぜなら、それはある欠乏状態が発展する前に有機体が環境をうまく扱う準備をさせてくれるからである。】*** といって生物の生存と結びつけているがこれは必ずしも的確な説明とはいえない。

また、彼は技能の学習においては強化が直後に行なわれることが必要だとして、「技能を発達させる強化は直後でなくてはならない。さもなければ、その賞罰、それぞれがもつ効果の正確さというものは失われてしまう。多くの実験的領域で、技能的行動は成就(成功)を早く知らせることによって激励される。たとえば、射撃訓練において、反応の微細な性質が的中か否かによって、それぞれに強化される。この大きさの性質はそれぞれの強化が直後になされた時にのみ選ばれる。しかし、的中が射撃手に見えるような場合でも、弾丸が標的に命中するまでに要する時間によっておくらせられる。このギャップは発射の際の『感じ』による条件強化によって橋わたしされるだろう。(中略) ボーリングのよいフォームはボーリングをする人の体内からくるフィードバックによって強化される。(中略) フィードバックの条件強化を維持するにはこの情報が必要なのである。】**** といっている。勿論、彼は遅延強化も認めているが、直後強化の効果を強調し、10秒以上経過すると強化の効果がほとんどなくなると考えている。これはプログラム学習

* ib. p. 76.

ib. p. 81.

** ib. Pp. 81-82.

*** ib. p. 83.

**** ib. p. 96.

が基本条件の1つとなり、ティーチングマシンを生み出すもとになった考えであるので、大いに重要視する必要がある。では次節でこれをより詳細に考察しよう。

第2節 プログラム学習における強化

〔プログラム学習と強化〕

スキナーの1954年のプログラム学習の提案において、強化ことに直後の強化はプログラム学習成立の必須条件といえる。彼は、「もし、教科の中に本質的に潜んでいる自然の強化が不十分だとすると、他の強化要因を採用しなければならない。」「正しい解答に対する強化は直後でなくてはならない。」**と述べてティーチングマシンの使用をすすめているし、1958年の「ティーチングマシン」という論文でも、ティーチングマシンの機能として、「最後に、勿論機械は個人的家庭教師と同じように、正しい答えの度に学習者を強化する。この直後のフィードバックを用いることにより、彼の行動を最も能率的に形づくるのみならず、素人が『学習者の興味を保持する』と述べるだろう方法で、その行動を一定の強度に維持する。」***と述べている。また、彼の弟子のフェルスター (Ferster, C.B.) とサポン (Sapon, S.M.) は「心理学の最近の発展のドイツ語教育への適用」という論文で、「強化ととして知られている過程によって、新しい形の行動が以前には不可能と考えられた位の巧妙さでつくられる。この過程の顕著な特色は学習者の行動の小刻みの単位に対してすぐ報酬を随伴させることである。」****と述べている。

スキナー流のプログラム学習を提唱する人々はほぼ以上のような線で考えているが、プログラム学習のもう一つの流派であるクロードーはどう考えているだろうか。彼は、「それぞれのユニットの直後にテストをし、テスト結果は学習者が次に見るべき材料を決定するのに自動的に用いられる。」*****と述べ、テストの結果によって学習者のコースが異なる点に強調点があることがわかる。もっともクロードーの場合でも学習者の反応に対して直後に正答か誤答かを告げるので、直後の強化は同じく与えられるといえる。しかしながら、クロードーの考え方の中には、正答に対して、強化によってその確率や強度を強めるという考えはなく、また、誤答に対してはその理由を詳しく述べることによって正答に導こうとしており、強化を与えないことによって、その確率や強度の強まりを避けるという考え方もない。つまり、クロードーの考え方の中には強化理論はないというべきである。彼はティーチングマシンは「望ましい結果が得られるまで、学習

* Skinner, B.F. : The Science of Learning and the Art of Teaching. Harvard Educational Review 24 : p. 108 ; 1954.

** ib. p. 110.

*** Skinner, B.F. : Teaching Machines. Science 128 : p. 143 ; 1958.

**** Ferster, C.B., and Sapon, S.M. : An Application of Recent Developments in Psychology to the Teaching of German. Harvard Educational Review 28 : 58 ; 1958.

***** Crowder, N.A. : Automatic Tutoring by Intrinsic Programming. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) Teaching Machines and Programmed Learning. p. 286. N.E.A., 1960, b.

者に新しい材料やちがった材料を提示することによって行動を変える。』* といっているし、「人間の学習はさまざまの形で起こり、それはさまざまの学習者の能力や現在の知識状態により異なり、また、教材の注意によっても異なり、これら変化の源泉の間の相互作用によって異なり、また、われわれがまだよく知らない他の変化の源泉によっても異なる。』** と述べているので強化理論でない学習観に基づいているというべきである。

〔第3の強化段階の性質〕

第1の刺激提示の段階、第2の反応の段階に続いて第3の段階は強化の段階とされるが、この第3段階がどのような形式のものでなくてはならないか、またどのような機能をもたねばならないかについてのスキナーの説明は必ずしも明白でない。

彼は「われわれの知っていることの多くはより下等な有機体の研究から得られたものであるが、結果は人間にあてはめても驚くほどよく妥当する。』*** と述べ、強化理論を人間に対しても適用しようとするのであるが、人間の場合は、ごく初期には「ベルをならして』**** 正答の旨を知らせればよいと考えられた。しかし、後にスキナーのティーチングマシン第1号として発表されたものは、正答を提示するものになった。この2つは機能の面で大きな違いをもっている。前者が正答であったか誤答であったかの「結果の知識」だけであるのに反して、後者は何が正答であったかも示すからである。つまり、後者の正答の提示の中には機能的に少なくとも3つのものが含まれている。

1. 正答は何かの内容的伝達機能。
2. 正答であったか誤答であったかの点についての「結果の知識」を知らせる機能
3. 正答であったことや誤答であったことを知った後に伴うところの情動的効果。

スキナーが強化段階で、2の結果の知識、たとえば、ベルの音だけに満足せず、正答を提示することにした理由は明らかにされていない。おそらく、多肢選択法を排し、記入方式を採用すべきであるという強い考えに基づき、生徒に解答の記入を求めたのであるが、そうすると正否のみを告げる機構が機械工学的にむづかしいので、正答を提示することになったのだと思われる。しかし、実はこここのところにスキナーの学習理論の弱さがあり、シンボル学習の複雑さがそれ独自の学習理論を要求してくると思われる。ただわれわれとしては、スキナーのティーチングマシンにおいて、第3の強化の段階が正答の提示になっている以上、また、彼の流儀によるプログラムドブックがすべて正答の内容的伝達機能をもっている以上、それについて考察しなければならない。

〔正答の内容的提示〕

* ib. p. 288.

** ib. p. 287.

*** ib. p. 140.

**** Skinner, B.F.: The Science of Learning and the Art of Teaching. Harvard Educational Review 24: p. 110; 1954.

正答の内容的提示が単なる正誤についての信号の伝達と本質的に異なるのは、誤答に対する機能においてである。たとえば、「 $7 \times 9 = 64$ 」と答えた誤答者に対して、単にそれは「誤り」と伝えた場合、正答は何であるか学習者は知り得ないで終わる。これに反して、「63」と正答を提示すれば、「ああ、そうだった。63が正答であったとか、 7×9 は 7×8 にまた7を加えたものであるから、 $56 + 7 = 63$ で、 $56 + 7 = 64$ とはならないから自分の64は間違いであったと矯正する効果をもっている。この矯正する効果は教育指導上非常に大切なものであるが、これは単なる誤りというベルの信号だけでは期待できないものである。もっとも、この矯正指導の効果が十分に働くには学習者の側にしかるべき条件が備っていないてはならない。それは一定水準の学習意欲と、よく考えながら進もうという「構え」である。もしこの条件が備っていないで、しかも学習者が非常にあわてている時は、誤答者に対して正答が提示されたにもかかわらず、見誤って自分の解答を正しいと思い込むような場合すら考えられる。ともかく、プログラム学習では、学習者は、あわてていることは自分の実質的な損失であることを早く自覚し、フレームごとに落ちついて正答を確かめる習慣を身につけることが望ましい。もっともスキナーの考え方に立てば、正答の連続が望ましいとされるので誤答は起こらず、従って、矯正機能も問題にされないことになる。しかし、われわれの経験からすれば、現実の学級にトライアウトをしてみると時々誤答が起こり、正答の提示は内容的情報を伝達し、単なる正誤の信号の伝達以上の効果のあることを認めざるを得ない。

〔プログラム学習における強化の効果に関する実験〕

プログラム学習において強化は必須条件とされているにもかかわらず実験データとしてこれだけを取り出し、その効果を得点の上で証明した実験はまだない。スキナーは確かに強化がなくては成立し得ないような学習の例を数多く示している。たとえば、ハトに首をあげて歩かせる実験とか、8の字を歩かせるような実験である。これらの行動はハトの自然の成長の結果として見られる行動としては期待できないもので、どうしても強化によって形づくられねばならないものである。このように強化の効果は充分推定し得るのであるが、プログラム学習の実験においてそれは実証されているとはいえない。この点については、第8章第9節で述べる。

第3節 強化の直後性

〔時間勾配〕

受容器—効果器結合の強度や、一定水準に到達するまでの速さは、与えられる強化の時間的接近の関数であるという考えは、ソーンダイクの効果の法則以来多くの心理学者の関心となった。

まずワトソン (Watson, J.B.) は1917年、餌のコップに達するとすぐ食べることを許される群と30秒たってから食べることを許される群との比較実験を行なったが、いずれがすぐにいるともいえない結果を得ている。その後、この問題はハミルトン (Hamilton, E.L. 1929)、ウォルフ (Wolfe, J.B. 1934)、ペリン (Perin, C.T. 1943)、ハル (Hull, C.L. 1943)、グライス (Grice, G.R.

1948) 等によって研究された。これらはすべて動物実験であるが、人間を対象としたものは、ブレッシーの弟子のリトル (Little, J.K.) によって行なわれた。まずハルの公式化されたものを述べ、次にグライスの実験を見てみよう。

〔ハルの研究〕

ハルは強化の時間的遅延の関数として習慣強度を公式化した最初の心理学者である。彼はそれ以前の実験データのうち二次的強化の影響を除いたペリンのものを適切な材料として用いながら、強化の勾配が存在することを立証し、

- 1) それは時間間隔の負の成長関数であること。
- 2) この勾配の漸近線すなわち下降の局限はゼロであること。
- 3) 二次的強化の作用する条件が有利な程、下降の速さもゆるやかであり、二次的強化に有利でない条件が多い場合、それは30秒から60秒の期間中に局限のゼロに達する。

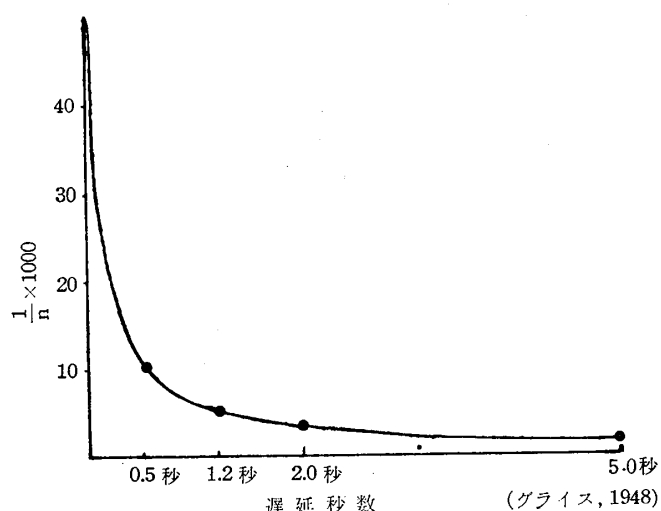
という公式*をつかった。

またより短い強化遅延とより長い強化遅延 (たとえば30秒とか60秒) とを与えられると、有機体はより短い強化遅延が与えられる方に対する好みを漸次学習することも証明している。

〔グライスの実験 (1948)〕

グライスは白ネズミを用い、目標点で左右の2つドアのある走行装置で、75パーセント正答になるまでの試行数を指標として用い、遅延条件は、0秒、0.5秒、1.2秒、2秒、5秒、10秒の6段階を用いた。これは今までの研究者の遅延条件よりもはるかに小刻みであり、これによって10秒以内の勾配がよくわかった。**

実験結果は次の第4表の通りで、これを $1000/n$ にあらわしたものは第22図の通りである。わ



第22図 強化の遅延効果

第4表 強化の遅延と試行回数, 同逆数

遅延時間	試行回数の中間数 n	$1000/n$
0 秒	20	50
0.5秒	95	10.5
1.2秒	200	5
2 秒	290	3.4
5 秒	580	1.7
10 秒	1440+	0.7

* Hull, C.L. : Principles of Behavior. Ch. 10. Appleton-Century-Crofts, Inc., 1943.

** Grice, G.R. : The Relation of Secondary Reinforcement to Delayed Reward in Visual Discrimination Learning. Journal of Experimental Psychology 37 : 1-16.

ずか1秒のずれが非常に大きな意味をもっていることがわかる。

〔リトルの実験 (1934)〕

ティーチングマシンを考案し、ティーチングマシン運動の創始者として有名なプレッシーの弟子のリトル (Little, J.K.) はティーチングマシンを実際に使用した最初の実験データを1934年に発表した*。

彼は教育心理学を材料にし、冬学期と春学期の2回にわたり、延べ14学級の大学生約420人を用いてテストをして、その採点結果を翌日学生に渡すよりもティーチングマシンを用いて即座に結果を示す方がよいだろうという仮説の下に実験を行なった。

1) ドリルマシングループ。1962年、プレッシーによってつくられたティーチングマシンを用いるグループで、毎週3回の講義で1章が済むようになっており、1つの章の講義が済んだ後、各自30題の5肢選択のテスト問題をもらい、これをティーチングマシンに挿入して自らテストを受ける。もし正答ならば次の問題が提示されるが、誤答なら正答肢が押されるまで動かない。こうしてテスト過程の中で直後の強化を受ける。また正答問題は第2回目には提示されないで誤答した問題だけが残って第2回目に提示される。こうして学生は全部正答できるようになるまで学習する。統制群は事前テストと知能検査の結果に基づいて対をつくった。彼らは1章終わるごとにテストを受けるが、その場では提出するだけで翌日採点された答案を講師から返却してもらう。従って直接の強化というべきものはない。

実験結果は次の第5表の通りで、多肢選択法の中間考查100題と期末考查100題、計200題の成績は左の方に、期末の論文体テストは右の方にかいてあるが、ともに有意の差をもってティーチングマシンを用いて直後の強化を受けると同時に誤答に対して反復練習をしたグループの方が良かった。

第5表 ドリルマシンの効果

	多肢選択検査 中間100題+期末100題	論文体検査
ドリルマシン群 (71人)	153	37
統制群 (71人)	136	32
差	17	5
差の平均錯差	2.34	1.17
差/差の平均錯差	7.26	4.28

この中には誤答に対する反復練習の結果もはいっているので、強化の直後性のためとのみはいえない。

2) テストマシングループ。1つの章の講義が終わるとドリルマシングループと同じくテスト

* Little, J.K.: Results of Use of Machines for Testing and for Drill upon Learning in Educational Psychology. Journal of Experimental Education 3: 45-49; 1934.

問題が渡され、学生は解答用紙にパンチしながら答えている。それが全部済むと直ちに講師のところにもっていく。講師はそれをプレッシーの1932年のテストマシンにかけると直ちに得点がわかるとともにどの問題で間違ったかもわかる。すでにつくられている表の中にその得点を記入して学生に返す。学生は30点満点であることを知っているで自分の成績の大体の程度を知ることができる。またこの表から全体の中でどの位の位置を占めるかもすぐわかるし、ABC等の段階評点をもろう。講師は表を見て最も多く間違われた問題がどれかすぐわかるのでそれについて全員で討議する。また、3以下の学生は次の日にはほぼ同等なテストを受けなければならない。これも同じように採点されて学生に直ちに返却され、講師は間違いの多かった問題について討議をする。こうして前のドリルマシングループと同じく中間考査100題と期末考査100題の学力検査を受けた結果、次の第6表の通りであった。統制群は前と同じく事前テストと知能検査で対がつけられている。

第6表 テ ス ト マ シ ン の 効 果

	多 肢 選 択 検 査	論 文 体 検 査
テ ス ト マ シ ン 群 (99人)	150	35
統 制 群 (99人)	141	32
差	9	3
差 の 平 均 錯 差	1.92	1.06
差/差 の 平 均 錯 差	4.69	2.83

この結果の中に直後性の効果がどの位はいつているか疑わしい。学生は1つ1つではなく30題まとめて数分後にどれが間違っているかを教えられている。数分後では随分時間間隔が遅いし、先のドリルマシンで、1題1題直後にされるのとは趣が大きく異なっている。また、誤答に対する討議の効果も大きいと思われる。(統制群はこれをされていない。)この結果から直後の効果だけを分離して云々することは不可能で、このようなやり方の全体の効果として受けとる以外にない。

以上をまとめると、強化における時間的遅延にある種の勾配が存することは認めてよい。そしてこれはプログラム学習中にも、テスト中の学習過程にも存在すると思われ、プレッシーやリトルー派は後者のみを取りあげてそこにティーチングマシンの存在理由を認めようとしていて、これはやゝ片手落の感がないでもない。プレッシーやリトルー派のはプログラム学習でないので一応この程度に取扱うに止めるが、スキナー流のプログラム学習、ことに人間のさまざまな学習内容の領域上の相違の関数として、遅延効果がどう異ってくるかという問題、つまり、動作や技術の学習の場合と熟考過程を伴う意味の学習とで、遅延効果がどう異なるかという点、もしそのような相異があればどう説明されるべきかという点は今後の研究にまたねばならない。

第4節 誤答に対する罰

〔ソーンドイクの効果の法則〕

ソーンドイクは多年の観察と推論から『効果の法則』の後半で、「個人が避けようとするか、または変えようと試みるような事態によって伴われる行為は除去される。」* と述べたが、大学生を用いて単語の学習をさせ誤った時に誤りと伝えたけれども必ずしもそれは除去されないで、場合によってはむしろ「誤り」といってやったことがその後の再現の確率を増す場合すらあることがわかったので、次の年の「学習の基礎」**ではこの部分を削除してしまった。最初の考えでは、満路を与えるものが強める働きをするので嫌な感じを与えるものはその逆と推論されたわけであるが、嫌な感じを与えるものは多様に作用し結果がまちまちであることがわかった。

その後この問題は「消極的強化」や「嫌悪刺激」の問題と連関して発達してきたが、最近は消極的強化と嫌悪刺激の問題を別問題として扱うべきことがマウラー (Mowrer, O.H. 1960a.) によって主張されている。われわれも、プログラム学習では消極的強化に際して考えられているように嫌悪刺激を除去してある行動傾向の強さを強化するという事態はまずないとみてよい。誤答に対して「誤答」と告げたり、正答を提示することによってある行動傾向を弱める効果を期待している。従って嫌悪刺激が已設のある反応傾向を弱めることがあるかどうかという問題になるし、その際、間接的に引き起こされる情動がモチベーションの上にどのような効果をもつかという問題になる。

〔罰の効果の多様性〕

罰の効果についての心理学的実験は数多いがそれらはまだ事態を明確にしていない。多くの人々が一致して認めているのは、罰の効果というのは多様に働くということである。たとえば、電気ショックは電気ショックを与えられる事態を回避させる方向に働くのが一般的な方向であるが、一定の強度は学習をむしろ促進する。叱責は叱責される者の体制如何によって望ましい方向に働くこともあればかえって逆の方向に働くこともある。行動の統制という見地に立つと望ましくない行動が誘出された後、これに罰を与えても、場合によっては強化されるのであれば、そもそも望ましくない行動が誘出されないように、始めからプログラムを仕組む以外にないということになる。

〔誤答と学習の心理・生理的モデル〕

われわれはさきに学習は求心性神経伝達路からさまざまな中枢過程を経て、遠心性神経伝達路に至る回路の成立であるという考え方をとりそのモデルを考えた。今この見地から誤答を考えてみると、次のような考え方が生まれてくる。

* Thorndike, E.L. : Human Learning. New York : Appleton-Century-Crofts, 1931.

** Thorndike, E.L. : The Fundamentals of Learning. New York : Teachers College, Columbia University, 1932.

1. 誤答が誘出された場合、やはり1つの回路が成立したわけで、その回路の生理学的性質は正答の場合と少しも変わらないということである。 $7 \times 9 = 64$ と答えた学習者があった場合、この学習者の神経系および大脳の中につくられている回路は、 $7 \times 9 = 63$ と答えた他の学習者の神経系および大脳の中につくられた回路と変らない。ただ、われわれが前者を誤答といい、後者を正答というのは学習者を取り巻く文化、ここでは数理構造の約束上の問題である。すべての点で3と4が入れ変っている他の数理構造の系を仮定すると、そこでは正答と誤答は逆になるだろうということである。

2. $7 \times 9 = 64$ というのは、その反応以前の学習者の数理行動の系とも矛盾するし、勿論彼を取り巻く文化とも矛盾する。従ってその反応傾向は弱められねばならないが、一度形成された回路のシノプシス間の生化学的反応をもとにもどすことは不可能である。

3. $7 \times 9 = 64$ に対して罰を与えてもその効果は多様で、その反応傾向を除去することは困難である。

4. この回路がもっている強度はそのまゝにして、 $7 \times 9 = 63$ が誘出される新回路をつくり、これに反覆をより多く与えてその習慣強度を増してやり、1回だけの通路づけに依存している $7 \times 9 = 64$ の習慣強度よりも圧倒的に強い習慣強度をつくってやり、今後の行動傾向として、 $7 \times 9 = 63$ の方を優位にしてやる外ない。これはピアノの練習においてミスタッチが起った時、正しい弾き方をその後何回も繰り返して正しい弾き方の習慣強度を圧倒的優位にしておくやり方と全く規を一にする。

5. しかし、 $7 \times 9 = \square$ の答は3の倍数である筈で、64はそうでないという意味連関の回路の形成はピアノの場合と異り、相当有効に働くものと思われる。

つまり、誤答は一度誘出されるとそれを上回る圧倒的回数で正答回路を形成してやらねばならず、時間とエネルギーを多く費しなお、一度形成された誤答の回路の習慣強度は決して0にならず残っており、何かの拍子に再び誘出される可能性をもっている。初度成立から正答のみならば、時間とエネルギーの消費も少くてすみ、しかも誤答回路がないのでより安定した反応傾向を今後に期待できる。結局、誤答が飛び出してからではすべての計画が非能率的となる。罰にあまり多くを期待すべきではないということになる。

第5章 プログラム学習とモーティベーション

第1節 学習の前提条件としてのモーティベーション

〔モーティベーションの概念〕

学習の成立にはモーティベーションが1つの条件であることは多くの心理学者が認めるところであるが、モーティベーションの定義は極めて多岐にわたっている。

1953年以来のネブラスカシンポジウムは、動因説をめぐる賛否がわかれている。アイオワ州立大学のブラウン (Brown, J.S.) は「反応に伴う動因の減少は、それと同一の状況の下でその反応が再び起こる確率を増すように、特別な条件の下で作用する。」* といい、強化動因説を述べているが、ウイコンシス大学のハーロー (Harlow, H.F.) は「1) 人間のモーティベーションはホメオスタティックな動因と独立であるか、またはそれから離れている。2) 人間のモーティベーションは特に強く、永続性をもっている。3) 人間は何ら明白な効果がもたらされず、個人的苦痛や害がもたらされる場合でも問題を解決しようと熱心に試みる。むつかしく解決不可能でも問題それ自体がモーティベーションをもたらすように見える。4) 人間の複雑な学習は全部とまではいわないが大部分、エモーショナルでないもの、または適度に快適な刺激によってモーティベートされており、強度の感動的状态によって中断されたり禁止される。」** といっている。確かにハーローのいうように快苦の動因だけを考えるとモーティベーションは理解できない。しかし、だからといって苦しくても熱心に試みている以上、何らかのモーティベーションを仮定せざるを得ない。それは社会的名誉というような獲得された動因でない場合もある。そこでモーティベーションを何らかの動因に結びつけることなく、有機体の一般的な活性化された状態とする考え方が生まれてくる。この考え方は生理学的知見に根拠を置き、カリフォルニア大学の心理学・生理学研究のリンズレー (Lindsley D.B.)*** によって代表されているといえよう。彼は上行性網様体活性組織 (ascending reticular activating system) の活動がモーティベーションと密接な関係があると考えており、「モーティベーションは活性化するものを要求する。網様体はそのような機能をもっていることが示された。それは内的なまた外的感覚の刺激のすべてのタイプに対して感受性を持つとともに、他方大脳に起源をもつ事柄に対しても感受性を持つ。その興奮は大脳皮質の電氣的活動を変え、そのような変化はしばしば姿勢や行動の変化を伴う。しかしまた、それは入力側のメッセージに対する大脳皮質の受容性を変えることができ、そ

* Brown, J.S. : Problems Presented by the Concept of Acquired Drives. In Current Theory and Research in Motivation, a Symposium. p. 5, University of Nebraska Press, 1953.

** Harlow, H.F. : Motivation as a Factor in New Responses. In Current Theory and Research in Motivation, a Symposium. Pp. 24-25, University of Nebraska Press, 1953.

*** Lindsley, D.B. : Psychophysiology and Motivation. In Jones, M.R. (ed.) Nebraska Symposium on Motivation 1957. Pp. 44-105, University of Nebraska Press, 1957.

うることによって選択的弁別と選択的行動を可能にする。網様体は身体的運動系の外への流れを抑制したり，促進したりする統制作用をもっているし，自律的活動への影響ももっている。]*
といい，これには，辺縁系 (limbic system) ことに海馬 (hippocampus) が密接に関連しているとしている。

バッファロー大学のバゲルスキーもまたこのような考え方をする1人で，彼の立場も生理学的知見を多くとり入れたものである。では次に彼の説明をみてみよう。

〔バゲルスキーのモチベーションの考え方〕

バゲルスキーは，学習にモチベーションが必要かどうかを論じて，「この質問に対する解答は勿論モチベーションの定義による。もしモチベーションが刺激，また，おそらくはある種のエネルギー化まで含むとすれば，また学習が刺激と反応の連合まで含むとすれば，モチベーションは必要だろう。ところが，この問題は，普通，仮定された要求，絶望，ホメオスタティックな要因，その他の状態のことを意味しており，われわれもまた理論家がこれらの概念を主張する限り無視できないが，この問題に答える唯一の道はこれらの条件の全くないところで学習が起こるか実際にやってみることである。(中略) モチベーションなしでの学習を実証する実験上の試みは一致してその成立を証明した。]**
といい，偶発的学習，それと気づかない時の学習，睡眠中の学習等をあげている。彼はこうして動因説やそれに近い考え方を拒否した後，学習におけるモチベーションの新しい解釈として「モチベーションは1つの全体や力ではなく刺激と反応の関係を変えるところの幅広いさまざまな条件に関する1つの表現である。***
といっている。

われわれもまた，モチベーションというのはこういう活性化された状態であり，それが少ない時は学習の効果はあがらず，その極限においては，遂に学習の成立を不可能にすることもある程であると思う。この意味でやはり，モチベーションは学習の必須条件であると思う。しかしまた，このように活性化された状態が一定水準を越えると過度のモチベーションとなり，これは学習の能率を下げることがあるのも認めねばならない。また，動因は決して力ではないが，動因のある一定幅の状態はモチベーションに適度な効果を与え，学習の能率を増すことも認めねばならない。

第2節 プログラム学習とモチベーション

〔強化とモチベーション〕

スキナーは，プログラム学習提案の一つの契機となった授業参観の印象を次のように述べてい

* Lindsley, D.B. : Psychophysiology and Motivation. In Jones, M.R. (ed.) Nebraska Symposium on Motivation, 1957. Pp. 97-98. University of Nebraska Press, 1957.

** Bugelski, B.R. : The Psychology of Learning. p. 224-5. New York : Henry Holt and Co., 1956.

*** ib. p. 241.

る。「机に向かってワークブックをやっている子供達は、先生の不興、級友の非難や嘲笑、競争のあげく起こる所の不面目な見栄、悪い成績、校長から叱られるために校長室に行くこと、まだ鞭にたよるかもしれない両親への連絡、といったようなこまごました嫌な事柄の脅かしをもっぱら避けることに努めている。このような嫌な事件のごたごたの中では、正答を得るということ自体あまり意味のあることでなくなっている。正答のもつ効果は不安と退屈と攻撃—これらはこの嫌なことによる統制の必要的な副産物であるが—の中で失われてしまっている。」*

スキナーの考え方によれば、今日の学校では、生徒に対して脅かしとか、罰という間違った強化が用いられているために生徒達のモチベーションは全く間違った方向に行っているので、もっと教科の学習の中に潜む「自然な強化」を利用して、モチベーションを正しい方向にもっていくべきである。そのためには正答の連続が実現するようにプログラムを変え、賞やその代わりをつとめる積極的な賞賛の言葉、または是認を利用していかねばならないとした。これは彼の半生に及ぶ動物についての学習実験から得られた結論、ことにその当時新しく開拓された強化理論に基づいたものであった。彼は「しかしながら学習過程の統制という点で最近なされた進歩は学級内の実践を完全に改訂させるに足るものである。幸いにそれはどのような方向に改訂がなされるべきかを告げてくれる。」** と、自信ありげに述べ、直後の強化を重んじスモールステップのプログラムを用意すること、プラスの強化を頻繁に行なうことを提案した。頻繁な強化が生徒の興味を喚起し、その水準を高めることは理の当然と考えられた。

〔スモールステップとモチベーション〕

スキナーは能率的な学習では失敗を避けるべきだという考え方に基づいて成功を最大限にし、失敗を最小限に止めるためにスモールステップのプログラムを提示したのであるが、これは一見してあまりにもやさしすぎるという印象を多くの人々に与える。彼は「伝統的教師はこれらのプログラムに興味をもって見るだろう。彼は成功を最大限にし、失敗を最少限にしようとした努力に実際、驚くだろう。彼は生徒は勉強の結果について心配するのではなかったら到底注意を払おうとしないものだということを知っている。従来やり方というのは、誤りをさせることによって必要な不安を維持することにあつた。復誦の時も答えを明らかに知っていると思われる生徒はそんなにしばしばは質問されなかった。また全生徒によって正解された質問は弁別性がないとして棄てられた。数学教科書の各節の終りの問題欄には、概して難問が1, 2置かれた。生徒に自分の無知を自覚させるのは動機づけの技術の問題で学習過程の技術の問題ではない。機械はこの問題を他の仕方で解決する。容易に学ばれたものは、容易に忘れられるという根拠はない。もしそうだとしたら、記憶把持は同じく苦勞のない復習のための材料を後で用意することによって確保

* Skinner, B.F.: The Science of Learning and the Art of Teaching. In Lumsdaine, A.A. and Glaser, R. (eds.) Teaching Machines and Programmed Learning. p. 104, N.E.A.

** ib, p. 107,

されるだろう。]* といい、従来困難な教材が教えられたのは教師達が生徒に教材内容以上のものを要求したからだと言っている。

われわれがプログラム学習を実施している学級を数多く観察した結果によっても、問題がやさしく、成功の連続がもたらされたことは生徒達の反応によく見られた。つまり、小学校5年生の学級であったが、ある児童は正答の度に手をたたいてよろこび、またある児童は「また合った、また合った」といって笑顔を見せた。これらの子供はいままで数学といえばむづかしいものと思いいこんでいたところ、プログラム学習で非常にやさしい問題を課せられたので、今まで味わえなかった成功感を味わい得てよろこんだものと思われる。

なお、あまりスモールステップすぎると優秀児はモチベーションを失ってしまうおそれがある。この点についての心配を表明している心理学者もいるが、スキナーの真意は成功を最大限にするために今までの学習資料よりもスモールステップにするというだけで、単に細分化すればするだけよいと言っているのではない。彼はその能力に応じた適切なステップ幅があるだろうと考えており、ただ、今までのところ優秀児は早く進んでしまうだけで一部の優秀児を除いてはそう問題にならないことがわかっている。これらのデータについてはまた後に第9章で詳しく分析する。

〔オバートな反応とモチベーション〕

従来の講義式の一斉授業では、生徒は教師の話を聞いているだけでよかった。この状態はしばしば「受け身の学習」といわれ、生徒の中にはよく注意を集中して聞いているものもいたが、そうでない生徒も見られたし、またよく注意を集中して聞いている生徒も、時に外のことを考えて講義に注意を集中できない状態に陥ることがあった。

これに反して、プログラム学習では1つ1つの小刻みなステップのあとに必ず何らかのオバートな反応を要求されるので生徒達は注意深く文章を読まなくてはならない。また、その積極的な反応の直後には必ず評価されて正答か誤答かを知られるので、生徒達は誤答をしないようによく気をつけて文章を読む。このようにプログラム学習で積極的な反応を要求したことは、その直前の学習状態を非常に注意深いものにした。勿論、先に進むことを急いで、よく読まないで反応しようとする傾向も時に見られるが、このようなことはプログラム学習にはいったごく初期だけで、数カ月経過してそのように先を急ぐことは自分の損失であることがよくわかってくるとこのような傾向は次第になくなっていく。こうしてプログラム学習ではよそ見をするものが1人もなくなるし、上の空で聞いているというような状態の生徒もいなくなる。皆がそれぞれ高度に熱中して作業に没入する状態が観察されるので、モチベーション的な側面において大変望ましい状態であるといえる。

さきに述べたように、モチベーションの心理・生理的モデルに基づいて一般的に活性化さ

* ib. Pp. 152-153.

れた有機体の状態を考えると、講義式の一斉授業の場合とプログラム学習の場合とでは興奮している部分が相当異なる点が推定される。つまり、講義式の一斉授業では求心性神経伝達路—知覚中枢—連合領という興奮部分が主な興奮部分であるが、プログラム学習では、これがさらにのびて遠心性神経伝達路、さらに後がえて、筋肉感覚からの求心性神経伝達路も興奮状態に入る。このようにオバートな反応を求められるということ自体が脳内の興奮部位を拡大し、それらが相互に他領域にも関係し合い、一般的な活性化の水準を高めてくれると思われる。こうして作業に没入する状態がうまれるわけで、モチベーションの側面からいって非常に好ましい状態とすることができる。

第6章 プログラム学習と学習準備性

第1節 学 習 準 備 性

〔学習準備性の概念〕

モチベーションと並んで学習の必須条件とされるのは学習の準備性である。有機体が自然の発育の過程で現わす行動の中から選んで強化をして学習させる場合、学習の準備性としては成熟が問題になる。たとえば、ネズミの棒押し行動に対するオペラント条件づけの場合、ネズミが生後数週間経って棒押しができる程度に成熟しておれば充分であろう。しかし、代数のような複雑な行動の学習にはそれ以前に算数の4則計算がすでに学習されていることが先決条件で、代数のそれぞれの単元にはその単元の学習を成立させるに必要な学習の準備性としてしかるべき先行学習が考えられねばならない。

また、プログラム学習で1つのフレームから次のフレームに移るには単にそれを繰り返すにすぎない場合と一步内容的に高まる場合とがある。前者は水平的な系列 (horizontal sequence) といわれ、後者は垂直的な系列 (vertical sequence) といわれる。前者にもある程度の学習の転移能力がいるし、後者にはさらに高い程度の学習の転移能力がいる。このような学習の潜在的能力は知能と呼ばれるが、これもまた学習の準備性の一要件である。換言すると、われわれは学習の前提条件として、モチベーション、学習の潜在的能力、先行経験を次のように考える。

$$\text{学習の前提条件} \left\{ \begin{array}{l} \text{必要なモチベーション} \\ \text{学習の準備性} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{①学習の潜在的能力} \\ \text{②必要な先行経験} \end{array} \right.$$

〔ゲーツの学習準備性の概念〕

従来の学習心理学の中では学習準備性の定義や問題が詳しく論じられたことはなかった。それは従来の学習心理学が一段階一段階と上がって行くような学習課題をもつ学習をあまりとりあつかわなかったことによる。しかし、プログラム学習は、このような学習課題の系列がとりもなおさずフレームの系列の背後になくはないので、このことを重要視せざるを得ない。教育心理学でこの問題をあつかったのは読みの準備性テスト (Gates Reading Readiness Test)* の著者でもあるゲーツ (Gates, A.I.) をあげることができる。彼は準備性の定義として「学科を学習して成功するために児童の側で準備されている状態」** と考えている。彼は協力者と共に小学校1年の国語の学習領域として、読みの準備性の領域を選び、その要素として68の要因を抽出して研究した結果、最も基本的なものとして次の5つの下位検査を構成した。

1. 絵画指示テスト
2. 言葉組み合わせテスト

* Gates, A.I. : Gates Reading Readiness Tests. Teachers College, Bureau of Publications, 1940.

** Gates, A.I., et al. : Educational Psychology. p. 266, The Macmillan Co., 1950.

3. 言葉カード知覚テスト

4. 音韻テスト

5. 文字と数字テスト

この最後のものはテストの得点外であるが参考までにどの位読めるかを調べるものである。2, 3, 4 は視覚と聴覚について知覚的な異同弁別力をテストするわけで1では言葉の学習経験もテストされる。そこには知能的なものと学習経験とが融合した形でテストされており、学習の準備性の2つの側面をよくおおい得ていると思われる。

〔プログラム学習における準備性テスト〕

読みと同じような準備性テストはプログラム学習の各単元について考えることができる。1つの単元ごとに、そこで必要とされる能力を抽出してそれをテスト化していけばよいわけであるが、数学などではそれ以前の関連の深い単元の終末に実施した基準学力テストをもってそれに代え得る場合も多い。それは教材の論理的構造が一步一步高まっていて、1つの単元はその前の単元の学習成果のすぐ上に築かれている場合が多いからである。たとえば、小学校5年生の「分数のたし算・引き算」の単元は、その直前の「約分と通分」の単元の学習の成果をふまえて発展的に並べられており、分数のたし算・引き算の学習準備性は約分と通分の学力テスト成績を見ればほぼ推定し得る。約分と通分の学力テスト成績の悪いものに分数のたし算、引き算のよい成績を期待することは無理である。

プログラム学習で準備性の原則が特に強調されるのは、単元の並べ方、ステージの並べ方、フレームの並べ方がすべてこの原則によっていなくてはうまくいかないからである。プログラム学習では教師が教科書を使用しながら補助的説明をするような使い方ははじめから考えられていない。学習者とプログラムの相互作用のみであるからプログラムのあらゆる並べ方が準備性の原則によってしっかり構成されていることが望ましい。この点を特に強調しているのはクロードーのプログラミングで、それ以前のフレームが完全にマスターされていなかったら、つまり、準備性がなかったら次のフレームに進むべきでないという原則を厳格に打ち出し、そのようなものにはブランチング（枝分かれ）して矯正指導し、準備性を完全に養ってから本筋の学習にもどることになっている。この意味ではクロードーのプログラムでは、前のフレームのテスト問題がとりもなおさず次のフレームの準備性テストになっているといえる。このように1フレーム1フレームについて準備性テストと見なされるものが用意されていることは、学習過程の合理化という点からいってすぐれた方式であるといえる。

スキナーもこの点を強調して「立派な家庭教師と同じく、ティーチングマシンは、生徒が次に進む前に、フレームごとに、またセットごとに、ある与えられた点が完全にマスターされるよう強調する。他方、講義、教科書、および機械化されたそれとの同等物は生徒が理解し、たやすく消化したかどうかをよく確かめないで進む。また立派な家庭教師と同じく、ティーチングマシンは学習者がそれに対して準備性をもっている教材のみを提示する。その時、一番よく準備され、

もっとも強くそれを学びたいと思うステップのみをやりなさい、と求める。』* と述べ、準備性の大切なことを強調している。

彼が正答の連続を理想としている以上、前のフレームの正答がとりもなおさず準備テストに合格したとみなしうるが、誤答したものは前にかえってよく理解してから次に進めというだけで、それが実際に行なわれたかどうかの管理はクローダー程厳密でない。正答の連続をフレームの上で実現することによってこれの代わりをしているといえる。それぞれの方式がうまく行なわれれば結果は似てきて、準備性テストに合格したもののみ次のフレームに進めることになるが、この準備性の原則の解決の仕方が2人の間で大きく相違う点を見逃すことはできない。

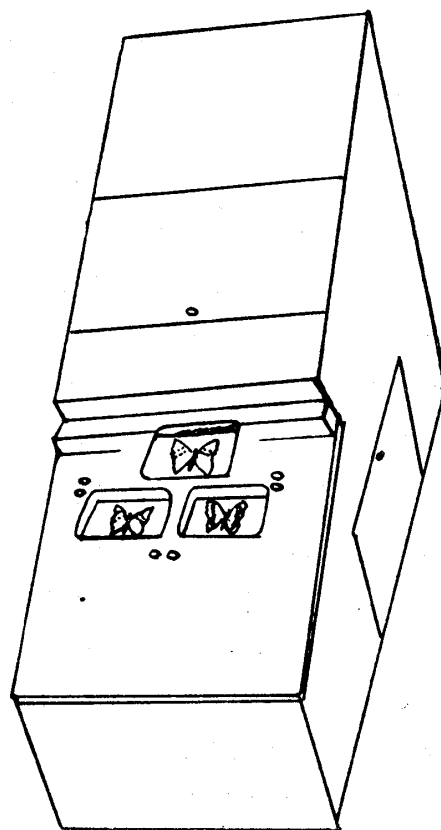
〔ティーチングマシンによる学習の準備性〕

一般的にいて、ティーチングマシンによるプログラム学習は何才位になったら可能かという問題、つまり、ティーチングマシンによる学習の準備性の問題は、スキナーの1954年のティーチングマシンの提案以来、心理学者達の関心事の1つであった。

ハイブリー (Hively, W.) は就学前の児童に対して特別なティーチングマシン (第23図参照) をつくり、上の窓のサンプルと同じものを下の2つの窓のうちから選ばせる弁別学習をやらせた。**

対象は3才から5才までの27人で、40問がカードにかいて提示された。

下の2つの窓の一方を白紙にしておいて正しい方を遊ばせる学習では27人中15人が学習し、12人は不合格であった。合格者15名が下に2つの絵を並べてその中から正しい方を選ばせる学習に進んだが、そのうち、合格者は4名であった。この中には4才の子供も2名いるので場合によっては4才からでも可能なことを示しているが、対象児の中に4才児が9名おり、9名中2名ではよい成績とはいえない。なお5才児は16名おり、そのうち2名が合格しているのであるがこれもあまりよい成績とはいえない。ハイブリーの意見は楽観的希望的であるが、合格者の割合が4分の3以上であることが望ましいとすると、5才でもまだこの種の学習



第23図 ハイブリーのティーチングマシン

* Skinner, B.F.: Teaching Machines. Science 128: 969-77; 1958.

** Hively, W.: An Exploratory Investigations of an Apparatus for Studying and Teaching Visual Discrimination, Using Preschool Children. In Lumsdaine, A.A. and Glaser, R. (eds.) Teaching Machines and Programmed Learning. Pp. 247-256. N.E.A., 1960.

をティーチングマシンでするには準備性に欠けるところがあると思われる。

就学前の児童の場合、ボタンを押すことだけに興味があってなかなか本格的学習というところまでいかないように思われる。

第2節 プログラム学習と知能

〔プログラム学習における学習効果と知能〕

従来の学習方式によれば、知的教科の学習効果には知能が関与しており、知能指数と学力テストの成績の間には一定の相関関係が見られた。たとえば、バート (Burt, C.L.) の研究* によれば、主な教科と知能指数の間の相関関数は次の第7表の通りである。

第7表 知能指数と教科成績との相関係数

教科	相 関 係 数
作文	.63
読方	.56
算数(問題)	.55
綴り字	.52
書き方	.21
手工	.18
図画	.15

(バート, 1924)

これによってみると相当程度の関連性を認めざるを得ない。これは知能検査の起源からいっても当然のことで、このような関連性のある能力を見つけ出し、それをテストして後にあらわれる学習成績を予測し、もしそれが極度に低いと予測されるものがあれば前もって排除して特殊学級に編入しようという意図でビネー (Binet, A.) が知能検査を作成したわけで、その妥当性の測定に学力検査との相関が求められるのもここに由来する。

ところが従来のプログラム学習においては学習成績と知能との間に関係がないというデータがいくつか出されている。以下、これを検討してみよう。

〔フェルスターとサポンの研究〕

フェルスターとサポン (Ferster, C.B. and Sapon, S.M.) は6人の大学生に対して第1セメスターのドイツ語の英文独訳の学習をマスク付きのプログラムシートで行なった。]**

教材の内容は522語でその内訳は286語の名詞, 143語の形容詞, 72語の動詞, 7語の副詞, 14語の前置詞で、この外、冠詞, 疑問代名詞, 代名詞等について構造形態学がはいっていた。基準テストは、1) 50語のドイツ語単語の再認とその英訳, 2) 12の英文を独文に訳す能力, 3) 構造

* Burt, C.L. : Report on Consultative Committee on Psychological Tests of Educable Capacity. London : H.M. Stationary Office, 1924.

** Ferster, C.B. and Sapon, S.M. : An Application of Recent Developments in Psychology to the Teaching of German, Harvard Educational Review 28 : 58-69 ; 1958.

的な修得と独立の生きた単語の能力の3部から成り、基準テストの成績と学生が以前に受けた進学適性検査の成績との間には、従来の学習指導法の場合ほど高い予言力が見られなかったということである。(ちなみに、この進学適性検査の成績は従来は外国語学習成績の高い予言力があるとされていたものである。)

彼らのこの結論の根拠は、ドイツ語の成績順に並べられた6人の学生の進学適性検査成績の順位が、1, 2, 6, 5, 4, 3であったことからもうかがわれる。われわれとしては、この対象の数が少ないことに大いに疑問をもつと同時に、大学生が選ばれたグループであることがややもすると相関係数を低める働きをするので、この点を修正して考えるべきであると思う。そうすると、まだ別の結論が得られる可能性も高い。

〔ポーターの研究〕

ポーター (Porter, D.) は、1957—58年度、小学校2年生と6年生に英語の書き取りを簡単なティーチングマシンで教えた。知能指数と学業成績の相関係数は、

実験群…………… $r = -0.128$ (有意差なし)

統制群…………… $r = +0.343$ ($p < 0.05$)

と報告している。*]

人数その他がはっきり報告されていないので、この意味を検討する方法がないが、実験群と統制群がともに1クラス以上の人数であるとする、この背後には何か説明を要する原因があるように思われる。

ストルロー (Stolurrow, L.M. 1960) はこの結果に言及し、「能率的にプログラムされた学習内容を学習する場合、知能指数と学業成績の間にはほとんど相関関係がないが、プログラムが悪い場合、相関関係がある。(中略) ある学習内容を学習するのに必要な最低水準以上の能力を学習者がもつならば、その学習の速さはその能力以外の要因の関数であろう。」** つまり、その学習の速さは知能以外の要因と相関関係をもつだろうといっている。

なお、われわれの得た実験データはこれらと多少異なっているが、それについては、第9章第5節でまとめて述べることにする。

われわれは、プログラム学習の場合でも、学習効果と知能の間にはなんらかの相関関係があるだろうという仮説をもっている。それは一般的にいう文字や記号等、シンボルによる学習があるところ必ず知能が関与しているにちがいないと考えるからである。また知能検査はそのようなものを測定していなければならないと思うからである。プログラム学習について具体的に仮説を述べると、

* Porter, D.: Some Effects of Year-Long Teaching Machine Instruction. Ch. VII. In Galanter, E (Ed.) Automatic Teaching: The State of the Art. New York: John Wiley & Sons Inc., p. 88. 1959.

** Stolurrow, L.M.: Teaching Machines and Special Education. Educational and Psychological Measurement 20: 439; 1960.

1. フレームからフレームに移る際の学習の転移にはどうしても知能的なものはいつてもある。学習の転移が知能と関係があるということは精薄児において学習の転移が少ないことによってほぼ推定される。

2. プログラム学習では読書能力がある程度要求される。読書能力と知能の間にはプラスの相関関係があるので、プログラム学習成績にも知能の高低が影響を及ぼすと思われる。勿論、数学のフレームを書くに際しては読書の抵抗がないように書かれねばならないが、なお、読書能力と無関係に書くということとはできない。

3. 必要な専門用語の使用はさけ得ないし、新しい専門用語の導入がそのフレームの学習目的になる場合もある。このような能力はどうしても知能を必要とし、その学習成績が知能と関連をもつのは当然であると思われる。

第7章 プログラミングの原則と手続き

第1節 プログラミングの問題

〔プログラミングの重要性〕

プログラム学習においてはプログラムの内容が一番重要であることはいうまでもない。ティーチングマシンに入れるにしろ、ブック形式で行なうにしろ、プログラムそれ自体が良くなかったら何ら意味がないし、プログラムが悪くて、学習者との間の相互制御過程が途中で止まるようだとプログラム学習が成立しなくなる。何といってもプログラム学習を成立せしめているのはプログラムであり、教育の場でプログラム学習が何らかの存在理由をもつとすれば、従来の教育実践の水準を上回る効果が明らかな学習領域がどこかに見つけれねばならない。それが復習の場にしかないか、または主学習として初めて単元が展開される場にあるかは、1つはわれわれがプログラム学習をどう位置づけるかの問題であり、もう1つは、たとえ主学習に位置づけてもわれわれの技術水準が低くては敗退の外ないのでその質的水準が問題になる。

われわれはプログラム学習が復習や家庭学習に用いられることを妨げるものではないが、その本領は主学習において用いられることにあると信じるし、主学習において学習者とプログラムとの相互制御作用が順調に進行し、学習の初果をあとに残していくようなものでなくてはならないと思う。そのようなものでないとすると、学校における復習や家庭における復習の場であると思われるが、このような復習の場における学習者とプログラムの相互制御作用は、学習者の側にすでに学習が成立ずみの場合の相互制御作用であり、ある意味では問題集であってもかまわない。その復習問題が解けた直後に強化すればよいだけで、問題集においてはプログラムの並べ方の問題は理論的にそれ程大きくないし、課題としての重みははるかに軽いといわねばならない。ここにも解決すべき問題はあるが、プログラム学習の目指すところは、初めての学習で、この学習者とプログラムの相互制御過程をどううまく進行させていくかという課題性の高い問題でなくてはならない。またこの問題を解決すれば、復習の問題も自ら解決されると思うし、また初めての学習が学習心理学を利用して極めて効果的に行なわれるなら、復習のあり方も従来の様相とは異なってくるだろうし、また異なってもかまわないと思う。

このような問題を解決するのがプログラミングの問題であるので、その重要性は極めて大きいといわざるを得ない。

〔教師と生徒の1対1的プログラム学習〕

プログラム学習を刺激の提示、学習者の反応、直後の強化というサイクルが連続する学習と考えると、教師と生徒が1対1でやっていくプログラム学習というのも考えられる。すぐれた優秀児のための創造性の教育において、われわれはこのようなプログラム学習が果たす役割が大きいだろうということをよく知っている。この時教師は即席のプログラマーとして、生徒の反応に応

じて、極めて高度の洞察力をもって次の新しい問題をつくり、学習者に提示しなくてはならない。教師にとってこれは極めて高度の教育的創造活動であり、問題構成は已有の問題集的問題に依存するというより、その場で新たに創造されるものでなくてはなるまい。このような教育的創造活動自体、教育心理学研究の課題として極めて興味ある問題であり、プログラム学習の研究としてもまさにそうである。しかし、以下われわれがとり扱うところは、教育機関において初めての学習で、前もってプログラムとしてつくり上げておいたものを印刷物の形にしたり、スライドの形にしたり、テープの形にして学習者に与える場合のプログラム構成の問題である。

〔カリキュラムとしてのプログラム〕

群居して生活してきた数十万年に及ぶ人類の文化史の流れの中で、学校という1つの機関がつくられたのはわずか数千年前であった。しかし、このような機関が必要とされたのは人類が明らかに高度の文化に達し、複雑な行動を学習しなくてはならなくなったからである。学校は当時、宗教団体および寺院と密接に結びついてしたが、学校ができた以上そこにはカリキュラムがあったわけで、このカリキュラムは複雑な行動へ導く学習課題の系列であった。それは結局、複雑な学習行動に導く広い意味でのプログラムであったということがいえる。また、原始民族における、ある意味で学校の原始的形態といえる成人式にも、はじめこういうことをして、後でこういうことをするという課題の順序が見られる。これも広い意味でのプログラムといえる。つまり、偶発的機会の学習にのみ頼るのでない以上、カリキュラムがあり、カリキュラムがある以上、プログラムが大なり小なりあったといえる。

学校という教育機関のプログラムは社会教育機関や企業内訓練のプログラムと比較した時、最も入念にかつ工夫してつくられたものということができよう。6才から22才にいたる16年の体系的整備の程度は他に比肩すべくもない。また、人間の全面的発達のための多様性という点でも最もよく配慮されたプログラムとすることができる。各教科のカリキュラム構成には一般原則もあるし、教科ごとの特殊な原則もある。それに基づいて、いわゆる日々の教案というものがつくられてくるのであるが、これを16か年間にわたって積み上げてみると膨大なプログラムができ上がる。

これら従来のカリキュラムのプログラムというものを背景にして、プログラム学習のプログラムを考えて見ると、本質的には何も変わらないといえる。プログラム学習のプログラムも1つのカリキュラム計画のあり方を意味しており、ただ極めて科学的であり、実験資料として実証済みの教案であり、かつ、極めて詳細な1つのステップまで規定した教案であるといえる。1校時の教案は普通いくつかの予定された学習活動に分けられ、具体的な問題はその場で教師によって考えられ、生徒との話し合いでつくられていくのであるが、プログラム学習のプログラムは、従来の教育実践に近づけていうと、前もって50枚ないし100枚の小黒板に書かれて、その順序も極めて厳密に決められている問題の系列と考えることができる。従って、プログラム学習のプログラムも極めて詳細なカリキュラムであるということができよう。

〔方法としてのプログラミング〕

プログラム化されてできたものはカリキュラムの一種と見ることができるが、なお、方法として見た場合のプログラミングは、伝統的数学のカリキュラムもプログラミングできるかわりに新しい SMSG (School Mathematic Study Group) の現代数学もプログラミングできる。望ましいカリキュラムとして伝統的数学をとるか、SMSG の現代数学のカリキュラムをとるかという基本問題はプログラム学習の直接関与するところでない。それはプログラム学習とは別の原理で決められてこなくてはならない問題である。この点プログラム学習は、何らかの教育内容が決定された後の学習方法の問題であるということが出来る。別の見地からいうとどのような教育内容もプログラミングの対象になるといってもそこにはまた方法の側からくる内容の規定がある。プログラム学習が極めて効果的な学習方法であるとする、中学校で伝統的数学の考え方をプログラム学習で学習した生徒は大学の数学科で現代数学を習う時、より大きな抵抗を感じるという場合が考えられる。とすると効果的な学習の故に教育内容の精選という問題がより大きな問題として現われてきて、結局教育内容の現代化を急がざるを得ないということになる。この問題は物理学の領域についても全く同じく当てはまる問題で、プログラム学習は方法の面から現代化を促進するといえる。ただ、以下述べるプログラミングの原則と手続きはこのような教育内容の現代化の問題とは別の問題として、あくまでもカリキュラム計画を何らかの意味で決定後、それをどうプログラミングするかという問題に限る。

〔従来のカリキュラム展開法とプログラミングの方法の相違点〕

従来のカリキュラム展開法は、教師が経験とかカンを生かしながらその時その時の主観的判断によって行なわれていたといえよう。その内容は授業分析の結果によっても明らかなように教師のもつ教育哲学、過去の経歴、自分が過去に受けた教育方法の型によってさまざまであり、上手な名人芸とでもいえる授業もある一方、極めて貧弱な授業もあった。プログラミングの方法論はこれを科学化しようとする試みであるといえることができる。勿論、現在の段階ではこの方法論が完成したとはいえない。これは10人のプログラマーがやはり10種類の相当ちがったプログラムを書くことによって充分うかがわれ、方法論はまだ極めて未熟な段階にあるという批判も当たっているように思われる。もしこれが完全に科学化されれば、電子計算機のインプットに教育内容、学習者の諸変数を入れれば、自動的にプログラムがアウトプットして出てくるところまでいかななくてはならない。ところが、現状では、教育内容の側の変数が全然つかまれていないし、学習者側の変数も知能、モチベーション、先行学習の習得程度といくつか抽出されているが、相互の関数関係はほとんどわかっていない。これらの解明は今後の課題であるが、ここではプログラミングの方法と従来のカリキュラム展開法の基本的な相違点を考察しよう。

1. 教師がいないこと、プログラミングの方法は、プログラムと学習者の相互制御過程の展開であり、そこには教師がいない。従って、プログラムがその全責任をもっている。学習者の内部に生起する諸変数を前もってよく予定し、この流れが途中でストップしないように配慮されねば

ならない。そのためには複雑な究極の行動にいたる中間の行動が順序立って分析されることが必要である。プログラムの成立は教師なしでも成立する教育オートメーションの考え方に発展する。

2. 科学的でなくてはならない。プログラミングの原則と手続きは科学的なものでなくてはならない。つくられたプログラムが効果的なプログラムとして学習者との間にうまく相互制御過程を続けていくためには、プログラミングの原則はよく妥当する学習心理学やその基礎としての学習生理学に基づいて正しい手続きを追って行なわれなければならない。原則と手続きの間には抽象とその具体化という論理的意味のつながりがなくてはならないし、また操作としての諸手続きの間にも一貫した体系がなくてはならない。

さらに、プログラミングは1回で終わることは少なく、何回か修正されてよいものになるのであるが、このような繰り返しも実験としての意味をもっており、厳密な条件を決めて科学的に実験を繰り返すのでなかったら修正による質的高まりを期待できない。しかし、最も大切なのはプログラムの拠って立つ学習心理学が妥当するものであるということで、この点が満たされない場合効果的なプログラムは期待できない。何回修正しても終末の基準テストの成績がよくなる場合、その領域の学習についてのわれわれの科学的知見が不足しているか間違っている証拠であり、これの科学的再建を同時に行ないながら進む外ない。幸いプログラム学習は教師という人的要素なしで行なうので教師が演壇にのぼってする授業実験よりもはるかに要因がよく統制されており、科学的知見を得やすいといえることができる。

第2節 スキナーのプログラミングの原則

〔スキナーのプログラミングの問題〕

スキナーはティーチングマシンによるプログラム学習を提案した時から、教えるのはティーチングマシンでなくプログラムであることをしばしば強調して「機械それ自身はもちろん教えない。」「そのような機械の成功はその中に用いられる材料による。」* といっている。「一つの教材をプログラミングすることは一見して大変なことである。言語的または非言語的な該当する行動過程の分析から多くの役に立つ技術が得られるだろう。行動のある特定の型が呼び起こされ、正否それぞれに応じた強化によって特別な刺激の統制の下にもたらされる。」** と述べているが、彼は該当する行動過程の分析方法を必ずしも体系的に述べているわけではない。そこで、いくつかの原則間の序列は必ずしもはっきりしないが、彼の1954年の提案「学習の科学と教育の方法」および1958年の論文「ティーチングマシン」その他の彼の文献によって3つの基本原則と2つの方式上の原則とでもいえるべきものを読みとることができる。それらはそれぞれ連関があるが、3

* Skinner, B.F.: Teaching Machines. In Lumsdaine, A.A. and Glaser, R. (eds) Teaching Machines and Programmed Learning. p. 143. N.E.A., 1960.

** ib. Pp. 143-144.

つの基本原則は

1. スモールステップの原則
2. 頻繁な強化の原則
3. 直後の強化の原則

であり、2つの方式上の原則は

1. 記入方式（多肢選択方式でなく）
2. ヒントとバニシング

である。

〔スモールステップの原則〕

1954年のスキナーの提案の中には「最終的な複雑な行動に至る前進的な接近」をステップを追って細かくスケジュールしていくべきであるという考えが明確に打ち出されている。「1つ1つの連続的ステップをできるだけ小さくすることによって強化の頻度は最大限にされると共に、間違えて嫌悪すべき結果に陥ることは最少限にされる。」* といって、いわゆるスモールステップの原則を提唱している。しかし、1958年にはこれは多少修正されて、「それぞれのステップはそれが常にのりこえられる程小さくなくてはならない。そして、それをのりこえることによって、生徒は多少なりとも充分に有能な行動により近づくのである。」** となっており、正答ができる程度のスモールステップならよいのであって、それをこえてまでスモールにする必要はないとされる。ここにスモールステップの真の意味は正答の連続のための方法であることがより明らかにされた。

このような「スモールステップによる正答の連続の原則」略して、スモールステップの原則はスキナーの過去における多年にわたる動物のオペラント条件づけの知見に深く基づいている。誤答が誘出されたらそれだけ時間の損失だし、またそれにまさる正答を何回か繰り返さざるを得ないし、その上、嫌悪的態度を生み出し、モチベーションの立場からも望ましくない。ともかく望ましい態度を保ちつつ能率的に学習させるには、正答の連続が原則として重要視されなければならない。そして、第1回の案で正答が得られなかった時はその結果に基づいて修正し、何回かのトライアウトを通じて正答の連続にもっていかうというのが彼の構想である。

この点について、次のようにいっている。「よいプログラミングが1つの方法に止まるかそれとも科学的な技術学になるかは、学生という究極の権威者の存在を知るか否かにかかっている。機械による教授の思いがけなかった利益は、プログラマーへのフィードバックという点であった。小学校用の機械ではよく誤答されるフレームはどれかがわかるような配慮がされたし、中学校用、大学用の機械では記入済みの細長い紙が分析のために利用され得る。プログラムの第一次

* Skinner, B.F.: The Science of Learning and the Art of Teaching. Harvard Educational Review. p. 109; 1954.

** Skinner, B.F.: Teaching Machines. Science 128: p. 141; 1958.

原案の試行は変更を要するフレーム、長くする必要のあるフレームをすぐに知らせてくれる。数十人の反応に基いて、プログラムを1回または2回改訂すると、プログラムは非常によくなる。]*

彼が例示的であって、原則的でないと断ってあげているスモールステップの実例は次の通りである。

A SET OF FRAMES DESIGNED TO TEACH A THIRD-OR FOURTH-GRADE PUPIL TO SPELL THE WORD "MANUFACTURE"

1. Manufacture means to make or build. Chair factories manufacture chairs. Copy the word here :

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □

2. Part of the word is like part of the word factory. Both parts come from an old word meaning make or build.

m a n u □ □ □ □ u r e

3. Part of the word is like part of the word manual. Both parts come from an old word for hand. Many things used to be made by hand.

□ □ □ □ f a c t u r e

4. The same letter goes in both spaces :

m □ n u f □ c t u r e

5. The same letter goes in both spaces :

m a n □ f a c t □ r e

6. Chair factories □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ chairs.

「manufacture」という言葉を6つのフレームに分けて教える教え方は確かに従来のいかなる教授方法よりもスモールステップである。「問題が易しすぎる」という批判に対して、スキナーは、「易しく学ばれたものは易しく忘れられるという証拠はない」** と反論しているが、これは確かに彼のいう通りであろう。

従来の伝統的教育方法が殊更に困難な教材を学生に課したのは、彼によると「学生に考えさせよう」とした為だ。「むづかしい教材と取り組むことによってどのような種類の思考を学習しただろうか*** と反問し、考えることを教えるために教育をわざとむづかしいものにしたのは、間違った考え方に基づいたからだといっている。

なお、このようにやさしくされた正答が続く結果、モチベーションが高まることについてはすでに述べた。

ただ、モチベーションの効果は、能力の個人差によって異なり、プログラム学習後のアンケートによると、一部優秀な学生はこのようなやさしい問題を好まない傾向がある。しかし、こ

* ib. Pp. 151-152.

** ib. p. 153.

*** ib. p. 153.

のことがただちに彼らの学習が悪い結果をもたらしていると速断することはできない。アンケート面や、感想の上では、「力をふりしぼって戦う楽しみがなかった」といっても学習は確実にしかも効果的に行なわれていることがあり得るし、われわれの実験材料に関する限り、優秀児がバカバカしく感じてモチベーションを失い、その結果学習効果が下がったというケースは1つもなかった。勿論、彼らに適切なステップ幅を用意してやることは今後の研究課題であるが、アンケートの面からすぐよくない学習が行なわれたとするのは速断にすぎるし、彼らは次第にそのようなことになれば、数カ月続けるとやさしすぎるという感想をもらさなくなることも事実である。

〔頻繁な強化の原則〕

スモールステップの原則は当然頻繁な強化をもたらす。「manufacture」だけで6回の強化ができるし、彼の概算によれば、1語、5ないし6フレームとすると4年生の「綴り」全部では2万回ないし2万5千回になるし、3年生、4年生の算数もほぼ同数の強化を行なうことになるといっている。^{*} また現在の中学校における4カ年間の代数の強化も数千回程度であるが、これをスモールステップにすることにより2万5千回の強化が行なわれることになるし、具体的な問題をもっと加える必要も感じられるので、約5万回というのがひかえ目な推定だろうといっている。^{**}

最近、エンサイクロペディアから市販されている「中学1年の数学」^{***} というプログラムドコースは練習問題を除いて4777個のフレームから成っており、練習問題をいれると5000回以上の頻繁な強化が行なわれるようになっている。

これからも、4カ年間を通じ2万回というのは決してスキナーの見込みちがいでなかったことを示している。

このような頻繁な強化を伴うプログラムが反応の確率を増す上に有効でひいては低い能率に悩んでいる現在の学校の能率を高めることは明らかである。

〔直後の強化の原則〕

強化を行なうに際して、その時間的遅延が強化の効果に影響を及ぼすことはパブロフ以来知られた現象で、スキナーのオペラント条件づけでもその他の学派の心理学者にもこの関数関係はよく知られていたことは、すでに第4章第3節「強化の直後性」で考察してきた通りである。このように長く知られていた原理もこれを教室でやってみようと提案したのはスキナーをもって初めとする。一斉授業という長い強固な伝統に対して根本的改革を提案するということはすぐれた見識を必要とするのであるが、彼の提案は決して単なる思いつきでなく、どの提案をとっていても最近の実験心理学の成果に基づいているため、自信に満ち満ちており、教室に適用した場合、も

^{*} ib. p. 146.

^{**} Skinner 1954. Pp. 105-106.

^{***} Murphy, D.P. : Seventh Grade Mathematics. Encyclopedia Britannica, 1962.

たらされるであろう結果については適確な見透しの上に立っていたということができる。そして彼が強化の直後性を教室の中でどうしても実現しようという熱意に燃えた時、ティーチングマシンの中にしかるべきプログラムをいれて学習をさせようという提案になった。従って、直後の強化こそはプログラム学習を生み出した最も重要な原理といえる。そしてその背後には直後の強化者として人間教師は全く無能であるという考えがあった。これは、長くオペラント条件を研究し、スキナー箱に自動的供餌装置をとりつけた時からあった考え方で、人間が手で餌をやろうとすると、途中でのとりおとしや、所要時間の誤差が生まれるのでこれを機械化し、精度を増す必要があった。また40人前後の教室場面で1人の教師に全員に対する直後の強化を要求することは、それ自体全く無謀な企てに思えたのである。1人の学習者に1台ずつ与える機械を伴ってこそこの提案は可能性を持ったのである。

〔構成方式〕

スキナーは「学習者は、多肢選択方式の自己評定機のように1組の選択肢の中から1つ選ぶというのではなく、自分の反応を構成しなくてはならない。理由の1つは、われわれは学習者が再認するよりも再生することを望むからである。それは自分の反応が正しいということを見るだけでなく、その反応をつくり出すことが望ましいと考えるからである。他の理由は、効果的な多肢選択方式の材料はもっともそんな誤答肢を含んでいるにちがいないが、それは行動の形成（シェーピング）のデリケートな過程の中では場ちがいのものである。なぜならそれは望ましくない形式を強化するからである。構成された反応を評価する機械をつくるより、多肢選択方式の解答を採点する機械をつくる方がはるかに作り易いのであるが、反応を構成させる方が技術的利点のはるかにまさっているからである。」* といってクロード一流の内在的プログラミングに反対し、強く構成方式、再生方式を主張している。

〔ヒントとバニシング〕

スキナーは、望ましい行動を誘出するには前段階の学習になんらかのヒントがなくてはならないと考えた。空欄に解答するに際して、「学習者はその詩の行をつい最近読んだばかりだから、それを正しく完成することができる。（中略）その後のフレームはますます不完全さの程度を増加して、とうとう、20または24フレーム後には学習者は外部からの援助なしで、そして誤答することなしに4行とも全部再生できる。」** 彼はこのようにヒントを徐々に減少することをバニシングと呼んでいる。望ましい行動の誘出を促進するヒントとこのバニシングはスキナー流の学習指導、つまり、プログラミングの技術の両側面で、初期にはヒントが圧倒的でバニシングの技術はないが、後期にはヒントがなく、バニシング技術が圧倒的な位置を占める。

〔ホルランドの原則〕

スキナーの弟子ホルランド（Holland, J.G.）は、スキナーと全く同じ立場に立ち、その考え方を

* Skinner, B.F. : Teaching Machines, Science 138 ; 140-141 ; 1958.

** ib, p. 146.

さらに発展させて、次のような6つの原則を述べている。(Holland, J.G. 1960)

1. 直後の強化
2. 行動が誘出されて強化された時にのみ学習は成立する。
3. 複雑な行動への漸近法。まず簡単な行動を誘出してそれを強化する。次により複雑な行動を誘出し、それを強化する。この複雑な行動へ次第に近づいていく原則は、学習者にできるだけ多く正解させるだけでなく、複雑な行動のレパトリーを発達させる最も早い方法でもある。
4. フェーディングの法則。これは漸近法の他の形式で刺激を徐々に引っこめる方式である。
5. 観察的およびエコー的行動の統制。教室で生徒達は先生の話をよく聞き黒板の文字をよく読まねばならない。これはカバートなエコー的行動に従事しているわけである。弁別が学習されるためにはまず適当な観察的行動が確立されねばならない。そして、この観察的行動は他の行動と全く同じ形式の統制に従う。この観察的行動の統制こそ最も重要なもので、もし生徒が教室で非常に不注意になるとしたら、教材は空転しているわけである。ところがティーチングマシンの場合、ある問題を完成して始めて次に進めるのでそのようなことがない。生徒が積極的な参加をやめれば機械は止まって、生徒の次の活動をまつのみである。
6. 弁別学習の原則。たとえば sit と set という言葉を繰り返し聞いて、記入式のティーチングマシンに音声記号を書いて機械を操作すると正しい答えが見え、正しい弁別に対して直後の強化が与えられる。

以上の6つの原則はスキナーのオペラント学習の考え方をそのまま受けついだものであり、全く同一の方向にあるといえよう。これらの原則が数学の公式とか物理化学の法則の学習にどれだけ役立つかはなお未知数というより外ない。それら公式がわかるということには、思考による意味関係の理解があるわけであるが、この面がスキナーやホルランドの学習原則には欠けているように思われるからである。この点についてはまた後に触れることにする。

第3節 スキナー流のプログラミングの手続き

〔プログラミングの原則と手続き〕

プログラムの構成が適切に進められるためには原則に従った具体的な手続きがなくってはならない。しかもその手続きはなるべく操作的に厳密に決められていることが望ましいし、その順序も細部に至るまでよく決められていなくてはならない。これはプログラム構成が名人芸でなく、科学的技術になるための必須条件であるが、プログラム学習の理論的發展の現段階では、まだまだ多くの学者の間に異なった見解が展開されており、一定の定まった手続きというものはまだない。以下、われわれはスキナー自身とスキナーの流れを汲む人々の手続きについての簡単な紹介をしたい。

〔スキナーのプログラミングの手続き〕

スキナーは自分の原則に基づいて体系的に手続きを展開していない。ただ、簡単に言及してい

るところがあるのでそれを引用すると、「第1段階はその領域を限定すること。第2段階は専門用語、事実、法則、原則、実例を集めること。次には、これらをしかるべき発展的順序に並べること——可能なら直線的に、もし必要ならブランチングも入れて。機械的整理法——カード整理法のようなものも役立つだろう。次に材料は任意の密度をなすようにプログラムのフレームの間に分散される。そして最後に、アイテムを書く段階ではリストの中から期待される反応を強める技術と、1つの変数から他の変数へと統制を転移する技術が選ばれる。そして、これは単一の技術に合うからといって、実は無関係な言語傾向が確立されるのを防止するためである。」* (Skinner, B.F. 1958) といっている。ここでは、理科、ことに物理学のプログラムが問題になっているのであるが、これが一般性をもつ手続き順序であるかどうか問題があるし、物理学をこのように言語的文章で学ぶべきか、実験のプログラムとでもいうべきものがあるのではないかとしたら、最後の段階で彼が触れているところの不適切な言語傾向の確立の防止ということもいなくなるのではないと思われる。それにしても、この手続きはあまりに抽象的すぎて実際の適用に難点がある。次により詳しいクラウスの手続きに移ろう。

〔クラウスのプログラミングの原則と手続き〕

ピッツバーグ市にあるアメリカ研究所の心理学者であるクラウスはプログラム学習の権威者であるが、彼は12の原則と6つの手続き上の段階を列挙して説明している。(Klaus, D.J. 1960 a)**

まず12の原則というのは非常に具体的でそれぞれの原則についての彼の説明を要約してつけると次のようになる。

1. 積極的な反応を要求せよ。学習者に反応を構成させる方が多肢選択肢の中から再認させるよりもよく、外から観察できる記録された反応を得ることによってプログラマーは改訂に必要なデータをもつことができる。

2. 適当な手掛かりを与えよ。これは広告の原理を利用するとよい。充分な手掛かりを集めて同時に提示せよ。それぞれのフレームは望ましい反応をつくり出すために充分な手掛かりを含まなくてはならない。ある時は言葉の工夫によって必要な反応を得る時もあるし、ある時は脚韻、同義語、すでに学習者が知っていると思われる特別の語形を用いることもある。適当な手掛かりを与えるということはよい問題の特徴の1つである。

3. 適切な文脈の中で正答をさせよ。学習が進んでいくにつれて、われわれが先に提供した手掛かりをなくし、離乳しなくてはならない。適切な文脈の中で、われわれの手助けなしで正しい反応ができなくてはならない。

以上3カ条を一緒にするとよい問題が書けるようになる。結局よい問題というのは、反応、手

* Skinner, B.F. Teaching Machine. Science 128, 1958. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) Teaching Machines and Programmed Learning. N.E.A., 1960. p. 151.

** Klaus, D.J.: The Art of Autoinstructional Programming. American Institute for Research, Memorandum, No. 15, 1960, a.

掛かり、適切な文脈、必要な修飾の言葉（これはあってもなくてもよいものであるが、これがあるとプログラムにふくらみがでてきて興味がわいてくる）の4つから成り立っている。

4. スモールステップ。よいプログラムはそれが非常に細かいステップで進む点にある。いくつかの研究がステップの多い程、学習結果がよいことを示している。所要時間の点からいっても、細かくわけて意図的に長くされたプログラムの方が凝縮されたプログラムより意外にも早く終わることもわかっている。

5. 注意深い系列。問題を注意深く並べることは非常に重要なことである。多くの教科は困難度の点でさまざまな教材から成り立っており、複雑な概念は簡単な概念の上に成り立っており、長く複雑な公式はいくつかのより短い公式と一緒にになったものとして表わされる。プログラマーは単元のトピックの流れを前もってよく研究しておくべきである。

6. 頻繁な繰り返し。繰り返しは回数が多い程結果がよい。ある反応を繰り返し要求することは学習者にとってもプログラマーにとってもいらないことであるが、学習者の立場からは繰り返しは非常に大切なことである。また、繰り返しの度に手掛かりや文脈に変化をつけることも大変望ましい。これにより単調感もなくなり、反応の一般化も行なわれる。

7. 教科の専門知識の点で誤りを犯すな。プログラマーは学習者がよく学ぼう、必要な努力をいろいろするが、時に間違った事実や概念をおぼえさせてしまうおそれのあることも忘れてはならない。プログラマーは1つ1つのトピックについてあまりにも盛り沢山の内容を盛ろうとする傾向がある。幾分、少な目の材料で完全な仕事をした方がよい。

8. 講義をするな。教えよ。プログラマーは講義者でなく家庭教師、自動的に進んでいく教授用のプログラム作成者でなくてはならない。そこでは何を学ぶべきかを指導し、生徒自身に小刻みに材料を構成し、それらを並べ、十分な練習を行ない、成功に終わる責任を委譲しなくてはならない。プログラマーはフレームの中で何を教えるべきかを明確に知っていない時に講義をする傾向がある。

9. 関連のある反応を呼び起こせ。

文例。一般に液体、固体、気体は熱せられると膨脹する。ケロシンは である。従って、熱せられると膨脹するだろう。

この文例で大切なのはケロシンが熱で膨脹するということであり の中に液体というのを記入させず、膨脹という言葉を入力させるよう空白を移さねばならない。

10. 必要以上の手掛かりを与えるな。われわれはあまりにも手掛かりを与えすぎる傾向があるのでこれを少なくし、むしろ生徒自身に一般化をさせ、法則を発見させるべきである。

11. 学習者が多く知っているとは仮定するな。(略)

12. 1フレームに2つの新しい事実を提示するな。(略)

以上12カ条は、すべて彼のプログラマーとしての多年の経歴から生みだされたもので、実地に

手掛けた経験がにじみでているというべきであろう。しかし、それだけに断片的で体系的とはいかぬ面もある。

次に彼はプログラミングしていく上での手続き上の段階として、次の6段階をあげている。

第1段階。目的の一覧表をつくれ。プログラムで達成しようとする特定の目的を明確な行動の言葉で、しかも注意深く一覧表につくれ。これはまた、基準行動、つまり、そのプログラムが完了した際に生徒がもつべき行動のレポトリーの中に見出す特定の反応を代表している。資料としては、これはコース全体をおおう包括的なテストという形で表現される。また、反応が正しい選択肢を選ぶような性質のものならプログラムの方もそのようにすべきで構成法にすべきではない。

第2段階。コースアウトラインをつくれ。目的がきまるとそれを充分におおうコースアウトラインをつくることになる。これは教科書、参考書、この教材に詳しい教師の考えから得られる。また、この教材領域の専門家から意見をきくことは大変望ましい。

第3段階。下書きを書け、プログラマー1人1人がユニットを割り当てられ、教材をスモールステップに分けてフレームの下書きをする。この段階でコースアウトラインの不備がわかることもある。コースアウトラインに欠けているところは補い、目的からはずれているところは除かねばならない。

第4段階。下書きを編集せよ。

イ、他のプログラマーがよく読んでプログラムを簡単にし、誤りがあったら訂正する。

ロ、教科の専門家の手によって内容的な正確を期すため編集しなおされる。

ハ、文章のしっかりかける人によってかき直される。面白く勉強できるためには文章のしっかりかける人によってかき上げられなければならない。

第5段階。数人の対象に試行してみよ。この段階がプログラム書きと教科書、参考書など他の教材と異なるところである。答えをよく記録し、それに基づいてプログラムを訂正しなくてはならない。もし学習者が間違いをしたら、その責任はプログラムの側にあるとされ、学習者の側にあるとはされない。学習者が間違ったフレームは改訂し、この試行を何回も繰り返す。事実、1つの系列を書き上げるのに10人から15人の対象者が必要になる。基準テストにも合格し、間違いもなくなったところで始めてプログラマーは満足することになる。

第6段階。実地の試行をする。以上によって修正されたものをもう一度教科の専門家が訂正して、ここで始めて実地に試行することになる。

以上の6段階は比較的簡単であり、大綱としては勿論これでよいと思われるが、なお、操作的には各フレームの正答基準を何パーセントに置くか、第5段階の数人はどういうサンプリングを経て選んでくるか等、多くの問題が残されている。

次に手続きの段階としては最も詳細に論じているメージャーの考えに移ろう。

〔メージャーのプログラム構成の手続き〕

カリフォルニア州ポロアルトにあるバリエーション・アソシエートの研究員であるメジャー (Mager, R.F.) は「オートインストラクションプログラムの製法」という論文の中で16の段階に分けて詳しく論じている。(Mager, R.F. 1961)*

第1段階。対象となる人間をはっきり決定せよ。プログラムをつくるには、そのプログラムを使う人々がどのような集団であるかを明確に決定せよ。これは自明の理であるが、プログラムの作成過程において次から次に重要な決定事項が起きてくる時、これが明確に決定されていることが非常に重要である。

第2段階。授業の目標を明確にすること。プログラムによって学習させる成果を行動の次元で(つまり観念の次元でなく)とらえる。つまり、学習者が特定の目標に達した時、学習者は何をすることが現実にできるようになるのか、ドゥーイングではっきり表明せよ。同様にプログラムが評価されるに際しては、測定できる形のもので目的をはっきりしておく必要がある。さらに、内容と直接関係がなくても生徒が自信を獲得するとか、批判的態度をとりうるということを目的とする時、その証拠として具体的に何を示せばよいかを前もって明白にしておく必要がある。

第3段階。基準テストをつくれ。上述の目的を達成したかどうかをはっきりさせるとともに、たまたま途中でまぎれこんできたものをもテストして、われわれの目的が達成されたという誤認を避けるために基準テストを前もって書いておく必要がある。またこのような初期に基準テストをかくことによって、今から書くプログラム草案がテストされる道具をはっきりさせておくという効果もある。

第4段階。プログラムを学習していく上で前提となる知識の一覧表をつくれ。基準テストをつくる時期までに、プログラマーは生徒がどの程度の前段階的知識や経験をもっているかをかなりよく知っているにちがいない。それを紙に書けばよいのである。前提となる知識の一覧表はプログラミングの過程で最も有用な資料となるであろう。これは途中でつけ足しても変更してもよい。

第5段階。内容のアウトラインをつくれ。もしあなたがその教科のエキスパートであり、上述の順序を踏んで、一方にすでに前提条件となる知識の一覧表があり、他方に基準テストがあり、そして目的の叙述もあるというなら内容のアウトラインをかくということはそう難しいことではあるまい。内容のアウトラインというのは基準テストと前提知識の中間の地図をかくことである。

第6段階。最初の内容の順序をつくれ。これにはいろいろのやり方がある。これは内容の性質や目的や生徒の学習活動についてプログラマーがもっている自信等によってさまざまであり得る。もし内容がある種の内部構造をもっているとするとそれによって順序を追うこともできる。バリエーション・アソシエート研究所でやっていることを紹介すると、われわれは教師にとって意味のあ

* Mager, R.F.: A Method for Preparing Auto-Instructional Programs. I.R.E. Transactions on Education, Vol. E-4, No. 4: 151-150; 1961.

ることが必ずしも生徒にとって意味のあることではないという仮定に立った。もし生徒がその事項について何らかの言い分があるとするとそれをどう順序づけたらよいかという問題から出発した。まず1対の生徒集団の中から1人を選びいろいろ質問してわれわれの立てた前提となる知識に合致するかどうかを調べる。次に目的を注意深く説明し、「目的に達するためにまず何を教えてもらったらよいか何でも問質してごらん」という。そしてプログラマーはできるだけ卒直にこれに答え、次に何を知りたいかをまたたずねる。こうして、生徒が「もうわかった」と答えるまで続ける。これと同じことを3人または5人にやってみる。生徒が試みてそれからつくられた順序は、教師のたてた順序と決して同機ではないが非常に価値の高い方法であることがわかった。

第7段階。プログラミングの主要方針を選べ。ねらいは、(1)生徒に知識を少しずつ増しながら提供する。(2)生徒が目指された能力を発達させるように生徒に反応させる。(3)生徒がそれぞれのステップでどの程度よくやっているか生徒自身に知らせる。(4)この知識をティーチングマシンの方に返してやって個々の生徒に適合するようにその提示を調節する。の4つである。

第8段階。最初の原案をつくれ。最初の原案というのはプログラムのどこにギャップがあるかを発見する道具であるから、用語・スタイルについて必要以上に注意を配るのはよくない。

第9段階。第一次原案をテストせよ。第一原案はまず同僚や他のプログラマーに見せて意見を求めよ。次に対象集団の一部に実施してみよ。もし生徒が間違ったらそれはあなたが悪いのだから彼らを非難することなく、自分のプログラムを書き変えねばならない。

第10段階。第二次原案をかけ。第一次原案についての同僚の意見もとりにいれて第二次原案をかけ。第二次原案も語句にこだわる必要はない。

第11段階。第二次原案をテストせよ。第二次原案を2, 3人の生徒に実施し、彼らとよく話し、必要な情報を得よ。この生徒と「話しつくす」という方針はプログラムを書き直す回数を減少し、経済的な方法である。

第12段階。第三次原案をつくれ。この第三次原案こそプログラマーの側から説明や助力をしないで生徒にさせる最初のものである。表現も以前のものよりよくし、図表やスケッチ等も一応完全なものとしてつくられねばならない。

第13段階。第三次原案をテストせよ。4ないし6名の生徒を呼んできて実施し、ひき続き終末テストをやらせよ。またテスト終了後、彼らの感想を求めよ。また基準テストの成績によってプログラム原案を評価せよ。

第14段階。第四次原案をつくれ。一般的に言ってこの改訂は用語の変更、文章構造の改善等小さな変更ですまされるだろう。

第15段階。第四次原案をテストせよ。今度は10人から25人位の生徒に実施せよ。しかし、同時には3人または4人位をテストするのに止めなければならない。第1の理由は複製にお金がかかるからであり、第2の理由は改訂を要すると判断したら第1回目の3, 4人の実施が済んだ直後

に行ない、第2回目から改訂されたものを使うようにすべきであるからだ。われわれは7人の生徒がずっと90パーセントを上回る成績を示すところまで改訂を続けた経験をもっている。

第16段階。プログラムを提示できるように用意を整えよ。もし、このプログラムを特定の道具の中に入れて生徒に提示するのであればそのような用意を整えねばならない。

以上のメジャーの構成方法は最も詳しく、またよく書かれたものであるといえる。確かな実務経験の上に立ってよくまとめられたものといえよう。ことに基準テストを初期に書けという提案は非常によい提案だと思われる。ただ難点は、サンプル数が少なくこれでは一般の教室に適するプログラムをかくことができるかどうか疑わしく、またサンプルのとり方について何ら触れていないことである。

第4節 クローダーのプログラミングの原則と手続き

〔内在的プログラミング〕

クローダーの内在的プログラミングについては、すでに第2章「プログラム学習の歴史的発展」第3節で実例をひいて述べた。そのプログラミングの原則は次の6つにまとめられる。

1. 長い講義を小さな単位に分ける。たとえば彼の「代数の冒険」は9章から成り立っているが、その第5章の一元一次の解き方は20個の基本フレームから成り立っている。これは内容を小分けにしているわけで、スキナー流にするならば数百フレーム要るところのものであるが、これはいわゆるスキナー流のスモールステップではなく、段落を明確にしたものと考えべきである。

2. 1つの段落には数行から十数行の説明文がついている。これはいわば講義である。やさしく、家庭教師が語りかけるような文体に書いてある点が特色である。

3. 最後にテスト問題が必ず用意されている。つまり段落ごとに講義—テスト、講義—テストが繰り返されるわけである。

4. テストは必ず多肢選択方式である。これは彼のプログラミングの基本的構成につながるもので、選択肢ごとに次の取り扱いが異なってくる。これをもし記入方式にすると次にどう導くか教師側に予想しない状態が生じ、プログラミングができなくなる。それをいくつかの——大体2～3の選択肢に限ってあるので、それぞれについて次の指示をプログラマー側で予定することができることになる。これは普通の授業で展開される論理と根本的に変わるものではなく、すぐれた教師は自分の講義の後、テストをし、その結果に基づいて矯正的な補足説明をしてきたと思う。それを段落ごとに詳細にしかも一貫してやろうとしているわけである。選択肢のうち1つは正答で、他はおそらく起こるであろう誤答のタイプから成り立っている。そしてそれぞれ次に進むページ数（フレーム番号）がかいてある。

5. もし、正答なら基本フレームの線を次のフレームに進み、そこで次の段落の講義を受ける。これはまた多肢選択方式の質問によってチェックされる。

6. もし、誤答肢を選ぶと、しかるべき矯正指導のためのフレームに導かれる。ここではその誤りの原因が指摘される。そして時には質問もあるが、最後にはもとのフレームに帰ってもらう一度やり直すことになる。

〔ブランディング〕

クローダーのプログラムの機能的特色はブランディングにある。これは生徒の能力に応じて多様なコースを歩ませることになる。もし、ずっと正答できる程度に能力の高いものなら基本線だけ進めばよい。しかし、能力が低い場合、誤答が起こりその誤答のそれぞれのタイプに応じてブランディングされて別個の矯正指導を受ける。このように生徒の反応が次に提示されるフレームを決定する論理関係があり、それがプログラムの中にあり、電子計算機のように外部にないことが「内在的」という意味である。現在、フレキシブルなプログラムという言葉が使われているが、彼のプログラミング方式もまたフレキシブルなプログラムの中の1つということがいえる。彼は簡単な一次のブランディングだけでなく、選択された誤答の矯正フレームの中でさらに選択肢があってまたそこでブランチする二次のブランディングも、とび越し、あとがえり等も考えており、極めて複雑な網の目も構想されている。

〔背後にある心理学的仮説の相違点〕

クローダーの内在的プログラミングには、スキナーのオペラント条件づけのような心理学的背景はない。しかし、そこにはある仮説があることは争えない。それをとりあげて両者を比較してみると誤答に対する考え方と講義方式に対する考え方と再認方式に対する考え方に大きな相違が見られる。

1. 誤答に対する考え方。スキナーは最も能率的な学習は正答の連続であると考えているが、クローダーは誤答もまたそれによって矯正指導に導かれればよいのであってそれを非能率の根元とは考えていない。従ってスキナーの場合は誤答を起こさない程度にスモールステップにしなければならないが、クローダーの場合はそれ程ではない。従来の授業にくらべるとより小さく段階が切っており、そこにテストがその都度入ってあるに過ぎない。クローダーの誤答に対する考え方は全く彼自身の研究歴に依存している。彼は空軍の研究所におけるレーダー操作兵の訓練においていかにして故障発見を能率的にするかを研究対象として選んだため、故障という論理構造は大体AかBかまたはCかという形で存在し、これは多肢選択的である。また起こり得る誤答のタイプもほぼ決まっていた多肢選択的である。この経験を一般化して普通の学習にも適用しようとしたのが彼の内在的プログラミングであるということができる。

2. 再認方式と再生方式。クローダーは多肢選択的論理構造の故に再認方式を採用するが、これはスキナーの特に排斥するところである。それは、オペラント条件づけの理論によると、もしありそうな誤答が選ばれてそれに対して誤りと告げられても時に強化されることがある。従ってありそうな誤答を刺激の中に出すことは嚴重に禁じられる。スキナーはそもそも問題構造が多肢選択的な時にそれを自然に用いることを妨げないとしているが、なおこのことを充分留意しなく

てはならないとしている。

3. 講義方式について。スキナーはオペラント条件づけに出発するので講義調を好まない。スキナー流の代表者の1人、クラウスなどは講義をするなということを特に原則にとりあげている程である。しかし、クローダーのプログラムの説明部分はやさしい家庭教師との対話のように書かれているが、説明的な講義調であることは否定できない。この部分においては、学習者は一応受身になって説明をされる。ところがスキナーにはこのような部分がなく、スモールステップに絶えず積極的反応をすることによって学ぶという立場をとる。

クローダーのプログラミング方式がレーダーの故障発見の領域を越えて一般教科で能率を挙げ得るか、経済的に採算がとれるかどうかは今後の実験にまたねばならない。

第8章 プログラム学習の学習効果に関する実験

第1節 概 観

〔プログラム学習の実験データ〕

1954年スキナーがプログラム学習を人間の学習に対して提唱した時、彼の手元には人間についてのプログラム学習の実験データはなかった。彼は人間についての実験データの蓄積の上に立ってプログラム学習を提案したのではなかった。彼の提案の根拠はハトやネズミの学習も脊椎動物の学習の一般法則に従うはずだという確信があっただけである。それにつづく数カ年は実験用のプログラム作製の準備に費やされた感があり、人間に適用した最初の実験データが出始めたのは1959年頃からである。その後いくつかの実験データが発表されたが、その一部は仮説を充分検証し得ないようなものもあって、プログラム学習の理論は必ずしも強固な基礎をもって構築が進行しているとはいえないし、体系化も程遠く、これらはむしろ今後に残された問題というべきであろう。

〔プログラム学習の要因の概括〕

プログラム学習はプログラムと学習者の相互制御過程であるので、その要因は大きく分けてプログラム側の要因と学習者側の要因とそれを取りまく環境要因とに分け得る。

プログラム側の要因としては、

- 1) 再生法 対 多肢選択法
- 2) 直線方式 対 分枝方式
- 3) ステップ幅 (大きい場合, 中位の場合, 小さい場合)
- 4) 反応様式 (解答を書く場合と書かない場合)
- 5) 強化 (これがないとプログラム学習といわれませんが, なお, 普通の授業との比較においてこれのあるなし, また部分強化の問題がある。)
- 6) 反復練習の回数
- 7) キューの出し方
- 8) 不必要なフレームを飛び越させる効果

また, 学習者側の変数としては、

- 1) 知能水準
- 2) レディネスの充足または欠如率
- 3) 学習意欲
- 4) 疲 労
- 5) 学科内容に対する興味の程度
- 6) プログラム学習に対する慣れの程度
- 7) 落ち着きとあわてものといったパーソナリティ要因

次に学習者を取りまく環境としては大別してⅠ教師の指導法，Ⅱ学級集団の構造，Ⅲ教室の物理的条件等がある。

Ⅰ 教師の指導法

- 1) プログラム学習中の個人指導の多少の程度
- 2) 一斉学習との関連。プログラム学習の役割をどこにおき，一斉学習の役割をどこにおくか。
- 3) 時間的構造。一斉学習→プログラム学習→一斉学習，またはプログラム学習→一斉学習，一斉学習→プログラム学習等の問題。
- 4) 単元をまとめてやる方式と小分けしてやる方式の相違。後者の場合，毎時間の始めは進度がそろろう。
- 5) 競争意識をどの程度押えるか。

Ⅱ 学習集団の構造。

- 1) 普通の学級とブースの中との相違。
- 2) 能力の点で等質的学級編成と異質的学級編成の相違の程度。
- 3) 学習のペースや速さの点で等質的学級編成と異質的学級編成。
- 4) 学級内に小グループを編成してやらせるのとそうでない場合。

Ⅲ 教室の物理的条件。

- 1) 照明と採光。
- 2) 騒音。
- 3) 教室の色彩。
- 4) 部屋の温度。湿度。（もし電子計算機と連動したティーチングマシンでプログラム学習を行なう場合，完全にこれらの諸条件を統制する必要がある。）

〔単一要因構造と多要因構造〕

プログラム学習の効果に影響を及ぼす要因を取り出して仮説をたて，検証するやり方は単一要因構造のものと多要因構造のものとに大別できる。多要因構造の分散分析法では各単一要因間の相互作用と見ることができるのでよりすぐれているといえるが，標本数その他を多く必要とし，条件の統一においても留意すべき点が多くなり，より困難である。

プログラム学習の研究のうち，単一要因構造のものは，

1. ステップサイズの大小について
 - a. エバンス，グレーザーおよびホムの実験（1959）
2. 反応のオバート性とかカバート性について
 - a. エバンス，グレーザーおよびホムの実験（1965）
 - b. クランホルトとワイスマン（1962, a）
 - c. カイスラーとマックネール（1962）

3. 強化の割合について

a. クランボルトとワイスマン (1962, b)

等がある。しかし、取りあげられた要因の大小なり、有無の軸にそって、その全軸長にわたり充分な関数関係が確定されているわけではなく、まだ不十分なところが多い。これについての明確な関数曲線の発見は今後の研究に待たねばならないといえよう。

また、多要因構造では、ローらの研究 (1960) が6つの要因をとりあげていて最も多く、その点では代表的なものといえよう。その6つの要因とは、

1. 基本的教育方法のタイプ。

- a. ティーチングマシン。
- b. プログラムドブック。
- c. プログラム化された講義。
- d. 普通の講義。

2. 学級 対 個人用ブース内での学習。

3. 多肢選択方式 対 自由構成 (記入方式)

4. オバートな反応 対 カバートな反応 (プログラムドテキストブックのみ)

5. プログラム化された講義をした教師間の相違。

6. 学習者の適性の相違。

で、1の基本的教育方法のタイプは、2から5までの要因を組み合わせて、具体的には、

- a. 多肢選択法によるティーチングマシン利用。
- b. 学級における自由構成法によるティーチングマシン利用。
- c. 個人用ブースにおける自由構成法によるティーチングマシン利用。
- d. オバートな反応を要求するプログラムドテキストブック。
- e. オバートな反応を要求しないプログラムドテキストブック。
- f. プログラム化された講義をした教師 A
- g. プログラム化された講義をした教師 B
- h. 普通の講義をした教師 C

の8つになった。

被験者となったカリフォルニア大学工学部学生の数も186人という大規模なものである。

その他の研究では、クールソンとシルバーマンの研究 (1959) が、ステップサイズと答え方の方式(多肢選択方式と構成方式)、ブランチングの3要因、シエイの研究(1961)がステップサイズと知能水準の2要因である。これらの実験結果については、それぞれの節で述べることにする。

第2節 ティーチングマシンによる学習効果

[ティーチングマシンは教え得るか]

1954年、スキナーが1人1人に与えたティーチングマシンとプログラムによって学習効果をあげるべきであると提案した、まず皆の念頭に浮かんだのは、教師なしで果たしてティーチングマシンは生徒を教え得るかということであった。というのは今までのティーチングマシンはプレッシーのものが主で、これは、どこか他のところで講義を受けた学習者に対して多肢選択法によりテストをしながら何が正答かを教えるティーチングマシンであったからである。ところが、スキナーのは、このように復習期やテスト期でなく、主学習期においてティーチングマシンだけで教えることができる。人間教師は直後の強化要因としてはかえって非能率だといったのであるから、そのようなことが果して可能かどうか大いに関心をもたられたのであった。しかし、すぐティーチングマシンをつくり、データを出すところまでいかなかったのもその間、数カ年の実験の準備期間が必要であった。

スキナー流のティーチングマシンによる実験は彼の弟子ポーター (Porter, D.) やメイヤー (Meyer, S) によって始められ、1957年頃、簡単なティーチングマシンとそれに入れるプログラムがつくられ、1959年頃から少しずつデータが世の中に公表され始めた。

〔ポーターの実験〕

ハーバード大学の教授調査研究所のポーター (Porter, D.) はスキナーの指導の下で研究を続け、ポーターマシンと呼ばれる極めて簡単なティーチングマシンをつくらせて研究データを集めた*。このポーターマシンというのは、 $8\frac{1}{2} \times 11$ インチの半紙をいれ、ローラーの摩擦を利用して紙を上を送り、上下2つの窓のうち上の窓に問題がでる。生徒は解答を下の窓に記入する。レバーを動かすと生徒の解答は上に進みがガラスの下にはいって訂正不能となり、下の窓に正解があらわれるもので、機構的にも最も簡単であり、財政的にも極めて安価なティーチングマシンである。

対象は小学校2年生と6年生で、34週中22週がこの実験に使われた。教材は国語の書き取りで、普通学級と比較するため、教科書の単語をその文脈のまま用いることにした。ただプログラム学習の教材は次の点に留意してつくられた。

1. 意命のある文脈の中で、その単語をはっきりこれと指示すること。
2. 与えられた定義と正しい言葉を結合すること。
3. 単語の構成を考えていくつかの単語を結合すること。
4. 文章の中の単語で欠けている文字を記入すること。

実例をあげると次の第8表の通りである。

ポーター自身この実験はまだ探索的段階で決定的な結論を得る段階ではないといっているが、標準学力検査を用いて実験結果を測定したところ、両学年とすティーチングマシンを用いた学級の方が有意の差をもって良かったという。

* Porter, D.: Some Effects of Year Long Teaching Machine Instruction. In Galanter, E.H. (ed.) Automatic Teaching: The State of the Art. John Wiley & Sons Inc., 1959. Pp. 85-90.

第8表 ポーターのプログラム

1. Underline these words : *thunder, steady, soaked, frightened*
 I hadn't gone half way when thunder rolled and rain came down in a steady pour. I was soaked. I made a dash for an old horse shed. And there was Wolf. Crouching in the shadow, he looked so like a wolf that for a moment he frightened me.
 frightened steady thunder soaked
2. Circle the word that rhymes with *ready* :
 thunder steady pour soaked
 steady
3. Circle the word that means *firm, regular, or not shaking* :
 steady thunder umbrella southern sweeping
 steady
4. Write the missing letters :
 Then rain came down in a s____ea__y pour.
 steady
5. Write the missing letters ; they are all the same :
 Ragged clouds were sw ____ ____ ping the south__rn sky.
 southern sweeping
6. Write the missing letters :
 Without thinking of an umbre ____ ____ a, I set out.
 umbrella
7. Write the missing letters :
 Halfway to the store thu ____ __er rolled.
 thunder
8. Write the missing letters :
 Then rain came down in a s____ea__y pour.
 steady
9. Write the missing letters :
 Brushing, moving quickly, s____ee____ing.
 sweeping

6年生では実験グループは普通学級の3分の1の時間で終わり、2年生でも進度の進み方が非常に早かったという。22週目が終わったあと12週間はティーチングマシンとプログラムは任意の使用に任されたが、そこでの普通学級と実験学級の開きは9課になったという。次に成績については、学年該当の得点で6年生は1.42で、普通学級の0.90に比較して有意の差でまさり、2年生では0.80で、普通学級の1.10に比し、劣るが、文字の位置の得点では65.6で、普通学級の37.8に有意の差でまさることがわかった。またティーチングマシンによる「新奇効果」の存否を検討するため、前半の成績と後半の成績の間に差があるかどうかをしらべたが、よいことがわかり、新奇効果はないとされた。

決定的結論でないにしても、6年生の場合、所要時間が従来の3分の1位で終わり、成績もよいということは画期的なデータといわざるを得ない。このように所要時間が非常に早くなった原因としてポーターは、a) 優秀児が従来の集団学習の拘束から解放されて自由に進めたこと、b) ティーチングマシンとプログラムの効果が反応する時間を非常に早くした、の2要因をあげている。ともかく、これによってプログラム学習は単位時間当たりの学習効果が非常に高いこと

がわかり、これはその後もプログラムがよい限り、多くのプログラム学習の実験に見られる共通の特色となっている。これによってティーチングマシンは教師に代わって教えることができること、さらに非常に効率的に——少なくとも一部の教科では普通授業の数倍の能率をもって教え得ることを実証したものといえよう。

〔ラス, アンダーソン, ブレナードらの実験〕

スキナーの提案は IBM で電子計算機の新しい型を開発しつつあった人々の興味を引いた。あるタイプの電子計算機は僅かばかりの改造を加えることによりほとんどそのままスキナーのいうティーチングマシンになり得ることが予想されたからである。

IBM 調査センターのラス (Rath, G.J.), アンダーソン (Anderson, N.S.), ブレナード (Brainerd, R.C.)* らは IBM 650 型のタイプライター部分を特殊な入力・出力部に変えて、この研究をやってみることにした。材料 IBM 650 のタイプライター部で打てる文字と数字から成り立っている必要があるので2進法の数学が選ばれた。この2進法の数学の教示を前もって電子計算機の記憶貯蔵部に教えておくわけであるが、この教示のプログラムは掛け算が200, 割り算が450, その他、合計2000個であった。

学習者は8人の学生が用いられたが、学習者がタイプライターの前にすわってプログラムをスタートさせると、電子計算機は前もって教示された通りに第1番の問題をタイプライターで打ってくる。それに対して学習者はまたタイプライターを打って答える。それはさきの記憶貯蔵部でチェックされ、もし正しければ、「正しい」とタイプライターで打ち返してくるし、もし間違っていれば、「間違っている」と打ち返してくる。そして、プログラムを変えて次の問題を提示してくる。IBM 650 のような高速度の電子計算機では学習者の答をチェックする時間は1000分の50秒であるから、これは全く即座にということができる。この実験データは発表されていないが、ともかく教師がなくても前もってプログラムさえ完全に貯蔵されておれば電子計算機がティーチングマシンとして充分働き得ること、また学習者の答え方によってプログラムを変更して提示するには極めて適した機械であることが証明されたわけである。

〔メイヤーの研究〕

ハーバード大学のメイヤー (Meyer, S.)** はスキナーの指導の下に、IBM の電気タイプライター部の設計になる特別なティーチングマシンを用いて小学校1年生の算数の教育を試みた。この研究の目的は小学校の低学年にティーチングマシンを用いる際に、生徒がどんな行動のレパートリーをもっておれば学習がうまく進行するかを発見することにあった。メイヤーが仮定した行動のレパートリーは次の3つのものであった。

* Rath, G.J., Anderson, N.S., and Brainerd, R.C. : The IBM Research Center Teaching Machine Project. In Galanter E.H. (ed) Automatic Teaching : The State of the art. Pp. 117-130, John Wiley & Sons Inc., 1959.

** Meyer, S. : A Program in Elementary Arithmetic : Present and Future. In Galanter, E.H. (ed.) Automatic Teaching : The State of the art. Pp. 83-84, John Wiley & Sons Inc., 1959.

- 1) 文字や数字を解答欄のそれと結合する能力
- 2) 物や行動を表わしている絵の理解
- 3) 最低限の読書の誤彙

算数のプログラムは、0, 1, 2 という3つの数字と加えるという「概念」をすでに知っている
と仮定して出発し、その上に1を足すごとに数系列を上にものばし、9までいくものであった。そ
して、ゲループングの学習も9以下のものについてなされた。彼女は実験データを発表していな
いのでこれ以上詳しいことはわからないが、彼女の観察によると、 $1+1=[?]$ という答えができて
も $2=1+[?]$ や $1+[?]=2$ という答えができるとは保証されないこと。また、10以下の加減に
は100前後の事実があると算数の先生には考えられているが、実は、100どころでなく2000以上あ
ること等貴重な資料が報告されている。

〔オスラーの実験〕

オスラー (Osler, S.) は1960年以降、フォリンジャーという名前で市販されているスライド式
のティーチングマシンによって実験し、同じくティーチングマシンが普通の教師よりも効果的に
教え得ることを証明した。(Osler, S. 1960)* 彼女は6才から14才までの児童を用いて言葉と絵
を結びつけて概念構成させる学習をやらせたのであるが、フレーム数は150でこれは普通の教師
が65分位かかる内容であった。これをティーチングマシンでやったところ、わずか15分間で終る
ことができた。約4分の1の所要時間である。普通の教師は、1対1でもこのように能率的に教
えることは不可能と思われるが、ティーチングマシンはこのことをやってのけたわけで、スキナ
ーが教師は直後の強化者としては非能率的であるといった意味がはっきり実証されたものと見て
よからう。提示、反応、強化をオートマチックに、しかもインスタントにやっていくからである
と思われる。

第3節 プログラムドブックによる学習効果

〔ペーパーティーチングマシン〕

ティーチングマシンの中に入れるプログラムを書いた人は誰でも、「何もこれをティーチング
マシンの中に入れなくても、この上にティーチングマシンの表面の板をのせ、それを1フレーム
ずつずらしていけばほぼ同じ効果があるのではなかろうか」と考えてみるにちがいない。これは
プログラムの上に「隠しマスク」を置くという考え方に発展する。このような紙だけのプログラ
ム学習はしばしば「ペーパーティーチングマシン」または略して、「ペーパーマシン」と呼ばれ
ている。「隠しマスク」を使用する方式以外にもいろいろな方法が工夫されている。たとえば、
頁を上下何段かに分けて、頁の裏(第2頁目)や第3頁目を用いるもの、さらに特殊な裁断方式
によるもの(カットバック式と呼ぶ)や、かくしインクを用いるもの、アルミ箔を用いるもの等

* Osler, Sonia F. : Apparatus for Discrimination and Concept Formation Experiments. American
Journal of Psychology LXXIII, No. 3, 1960.

いろいろあるが、すべて書籍の綴じ方になっているのでまとめてプログラムドテキストブック (programmed text book) またはプログラムドブック (programmed book) と呼ばれる。クロードのチューターテキスト (Tutor Text) もこの一種と考えることができる。歴史的にはハーバード大学のフェルスターとサボンとピッツバーグ大学のホームとグレーザーによってそれぞれ独立にほぼ時を同じくして考案された。この特殊な形式のブックがねらう機能はティーチングマシンと全く同様で、

- 1) 問題の提示
- 2) 解答の反応を学習者に要求する
- 3) 頁をめくると今まで見えてなかった正解が書いてあって直後の強化をする

というもので、ティーチングマシンのもっている基本的機能でプログラムドブックがもたない機能はカンニング防止機能だけだといわれる。もちろん高級なティーチングマシンがもつ自動採点機構や自動記録装置、学習者の反応に応じプログラムの提示の順序を変えるということは到底望むべくもないが、プログラムドブックには安価で、ボタンを探して押すというわずらわしさがなく、単に頁を開くだけという長所もある。

〔プログラムドブックの効果に関するフェルスターとサボンの実験 (1958)〕

ハーバード大学のフェルスター (Ferster, C.D.) とサボン (Sapon, S.M.) は、ティーチングマシンを使わないでも「隠しマスク」を使ってやれることを思い付き、1957年から1958年にかけてドイツ語を材料にして実験をしてみた*。対象は大学1年生6人である。

従来の方法では1週3時間で16週かかって習う材料をプログラム化したのであるが、最も早い学生は38時間で終わり、最も遅い学生は78時間で、平均は次の第9表のように47.5時間であった。従来の方法では、48時間のクラスワークとほぼ同時間の自宅または図書館での学習によって行なわれているが、発音練習がここでは欠けているので精密に比較することは不可能であるが、早い学生は従来の所要時間よりも相当早く終わったと推定してさしつかえない。また成績も平均

第9表 プログラムドブックによるドイツ語学習

学 生	語彙の認知	文章訳解	語彙の使用	平 均 点	所要時間	適性検査 の 順 位	適 性 検 査 得点の平均
J.M.	98	93	97	96.0	39	1	96.6
R.G.	98	90	100	96.0	78	2	95.3
M.K.	88	83	95	88.6	38	6	54.3
G.R.	76	80	100	85.0	49	5	75.3
E.C.	90	70	93	84.3	38	4	76.3
D.M.	80	70	90	80.0	43	3	89.6
平均	88.3	80.9	95.8	88.3	47.5	—	—

(フェルスターとサボン, 1958)

* Ferster, C.B., and Sapon, S.M.: An Application of Recent Developments in Psychology to the Teaching of German, Harvard Educational Review 28: 58-69; 1958.

88.3 点 (100 点満点) で非常によいといえる。従来の成績平均が報告されていないので何ともいえないが、教師なしでの授業としてはほぼ満足すべきものといえる。彼らの実験はティーチングマシンを使ったグループとの比較実験ではないが、ティーチングマシンを使用しなくてもほぼ同じ効果をあげることができることを実証したものだといえる。というのは、ティーチングマシンを使っても、そのプラスされた効果によってこの成績をさらに大幅に増大する可能性はほとんどないからである。ティーチングマシンを使うことによってもたらされる効果の源は直後の強化といい、小刻みの提示といいはほぼ尽くされているからである。

フェルスターとサポンは、従来の方法では適性検査の予言力が高かったが、このプログラム学習方式ではそれ程高くなかった旨を報告している。このことは、知能との関係でポーターの研究でもいわれていることである。(われわれのデータは第 9 章, 第 5 節で述べる)

〔エバンス, グレーザー, ホムらの実験 (1959)〕

ピッツバーグ大学のエバンス (Evans, J.L.) グレーザー (Glaser, R.) ホム (Homme, L.E.) らは、本の形式の 1 頁を 4 段または 5 段に分け、第 1 頁, 第 3 頁, 第 5 頁と右側の頁の第 1 段だけを順次やっていき、解答は頁をめくった次のフレームのところにある形式のプログラムブックを考案した。これは隠しマスクを用いるめんどうさがないし、隠しマスクだとちよつとずれて解答がのぞくとか、新しい頁にマスクを置こうとする時解答が視野に入るといふ問題があるが、これだとそういう心配もないのでスキナーとホルランドによって「行動の分析」に採用されているし、ブルメンサール (Blumenthal, J.C.) の「英訳 2600」* でも採用され、わが国でもいくつかの本で採用されている。彼らの実験はティーチングマシンとの比較でなく、従来のテキスト方式との比較を目的として行なわれたが、大学生に対して「音楽の基礎」をプログラムブックで行なったところ、従来のテキストを読んだグループより高い得点結果を得た。彼らの実験は対象の数が少ないが、ともかくティーチングマシンを用いなくてもこういうブック形式でプログラム学習がうまく行なわれること、大学生が対象ならカンニングが大きな障害とはならないことを示している。また要因を実験的に研究する目的のためには何もティーチングマシンを用いなくても、このブック形式で充分なことを証明した点が重要であった。

〔ローらの実験〕

カリフォルニア大学工学部のローらの実験はすでに本章第 1 節で触れたように、多因子構成の実験計画によっている。ここでは、彼らの実験のうち、記入方式でマシンを用いたグループとプログラムシートの上に隠しマスクを用いてやはり記入して行なったグループとの比較の部分だけとりあげると、次の第 10 表の通りである。

成績に有意の差はなく、所要時間の点では頁をめくる時間が平均 0.5 秒位なのに対し、ティーチングマシンでは回路が通じればすぐだが、なおそこに至るまでにボタンを探して押す時間がか

* Blumenthal, J.C. : English 2600. Harcourt Brace & World, Inc., 1960. Revised Edition 1962.

第10表 ティーチングマシンとプログラムドテキストによる成績の比較

方 式		得 点	所 要 時 間
ティーチングマシン (記入式教室内)	平 均	13.2	154分
	標準偏差	4.2	24分
プログラムドテキスト (記 入 式)	平 均	13.5	121分
	標準偏差	4.5	24分

(ローら, 1960)

かるせいかより長くなっている。単位時間当たりの学習量からみるとプログラムブックがすぐれていることがわかる。プログラムブックの最大の長所は経済的な点にある。アメリカでも公教育財政の規模の中でティーチングマシンを1人1台ずつ与えることは不可能だといわれているが、プログラムドブックなら従来の教科書の数倍の値段以内に止めることが可能であるので、財政的に成立し得るといわれている。これは普及を早め、延いては研究を促進する効果をもつものである。

第4節 個人差に応じたプログラミング

〔能力段階別のプログラム〕

プログラム学習を学習者個人とプログラムとの相互制御過程と考えると、当然その個人の内的体制に応じたプログラムを構成すべきだという考え方になる。個人の内的体制の中でまず問題になるのが能力とか知能であり、さらに思考の型の問題である。まずスキナーの考え方から見てみよう。

〔スキナーの考え〕

スキナーは能力差によってプログラムをつくるべきか否かについては、ただ問題として提起しているだけであって結論的なことをいっていないが、どちらかといえば消極的である。彼は1958年の論文の中で、「(前略) 能力差はもう1つの問題を提起しよう。学校制度の中で最も遅い学習者のためにつくられたプログラムも、自由に自分のスピードで早く進むことを許された学習者を、あまりひどい程度に遅らせてしまうことはあるまい。もしそうでないとすれば、プログラムは2つまたはそれ以上の能力水準別に構成されねばなるまい。そうしたら学習者はその実績に応じて一方から他方に移ることだって可能である。またもし、いわゆる「思考の型」があるとすれば、機械による教授に用い得る余分の時間をそれに当て、いろいろのタイプに応じた方式で学習者に提示すべきであろう。それぞれの学習者は自分に最も有用と思われるものをもっていてそれを使用すればよからう。」* といっている。つまり、能力の高い生徒も低い生徒用のを用いて決して悪くないことを強調しているわけである。また、1960年にアンナーバーで開催された人間行動

* Skinner, B.F. : Teaching Machines, Science 128 : p. 157 ; 1958.

調査財団主催のゼミナールでは、すぐれた学習者をどう取り扱うべきかの問題が討論されたが、ここでもすぐれた学習者はまずいプログラムを利用してもよい成績を挙げ得ることができると強調され、優秀児のための能力別プログラムといったものは提案されていない。

〔ストルローの考え〕

ストルロー (Stolurrow, L.M.) もこの点ではスキナーと同一の考え方で、ウッドロー (Woodrow, H.) の「学習する能力というのは知能と呼ばれているような能力と同一視すべきでない」という意見を採用した後、いくつかの実験データを概観し、「新しい情報がこない限り、一般知能の水準が異なるそれぞれの学習者にちがうプログラムを与える必要はないと思われる。ただし、その学習者達がその学習をするのに必要な水準以上の知能をもっており、プログラムが長い場合、復習に適当な配慮がなされる限りにおいて。」* といっている。研究すべき問題はその仕事に必要な水準を決めることと記憶テストの得点とプログラムの内容の把持の関係を調べ、復習をどの程度挿入すればよいかの基礎を見つけ出すことだと述べている。

次に、スキナーが中心的指導者となっているニューヨークの「プログラム教授センター」のブレティンに掲載されているザルツマンの意見を引用する。スキナー派の考え方をよく示している代表的意見と見て差しつかえないと思われる。

〔ザルツマンの考え〕

インディアナ大学心理学科教授のザルツマン (Saltzman, I.J.) は、「プログラマーは学習者の個人差を考えていろいろの版のプログラムを構成すべきか」という質問に答えて、次のようにいっている。

「この質問の解答の基礎になる実験的確証はまだないけれどもあえて意見を述べると、この質問への解答は1つではあるまい。そのプログラムの教科内容により、学習者の年令により、またプログラミングに際して用いる方法により解答は異なっていよう。以下述べることの反対の証拠があらわれない限り、私はプログラマーに個人差は忘れてプログラムをつくれといたい。プログラマーはまず平均的学習者または平均よりも一寸下位の学習者を対象にしてプログラムをつくり、この一種類のプログラムをテストしてみると、このプログラムがもっと程度の低い遅進児にもまた優秀児にも充分満足できる程度に融通性のあるものであることに驚くだろう。ただ遅進児は所要時間がよけいにかかるし、優秀児は所要時間が少ないというちがいだけである。プログラマーにとって個人差の問題は重要でない問題になるだろう。」(“Programed Instruction” Vol. 1. No. 1 の質疑応答欄から)

ここでも能力別プログラムには消極的な考え方が述べられている。では次に実験データによる考察に移ろう。

〔シェイの実験〕

シェイは知能の高い低いによってプログラムのステップサイズをより大きくしたり、より小さ

* Stolurrow, L.M. : Teaching by Machine, Urbana : University of Illinois. p. 54, 1961.

くする必要があるかどうかの問題に興味を感じ、これを実験的に研究しようとした。(Shay, C.B. 1961)

対象は小学校4年生90名で、これを

知能上のグループ 30名 $IQ \geq 110$

知能中のグループ 30名 $IQ 93 \sim 109$

知能下のグループ 30名 $IP \leq 92$

の3群に分けた。

単元は小学校4年生のための「ローマ数字」で、アラビア数字をローマ字に転換する能力とローマ字をアラビア数字に転換する能力と両方を含み、取り扱う範囲は1~399までの数である。

プログラムはまず最初に「知能上のグループ」に適用して、フレームの平均正答率が90パーセントになるまで修正を続けてつくられた。これは103のフレームからなるプログラムになった。これはラージステップのプログラムと呼ばれる。次にこれをさらに小刻みにしてやさしくし、補充して、「知能中のグループ」に実断して、同じくフレームの平均正答率が90パーセントになるまで修正された。これは150のステップになった。これはミディアムサイズのプログラムと呼ばれる。次にさらに小刻みにして知能下のグループのためのプログラムが全く同様にしてつくられた。これは199のフレームからなるプログラムになった。これはスモールステップのプログラムと呼ばれる。これはラージステップのプログラムのフレーム数の約2倍の長さである。

実施に際しては、知能上のグループのもの30名をランダムに3つに分けて10名づつとし、それぞれ、ラージステップ、ミディアムステップ、スモールステップのプログラムを学習した。知能中のグループや知能下のグループも同様である。従って $3 \times 3, 9$ の実験グループが編成された。

事前テストは、この単元の内容をすでに知っている程度によって統計結果を調整するために実施された。得点は24点満点で、4点から20点に及んでいた。事後テストは31問から成り、そのうち12問はプログラム中のものと同一、19問は新しい適要を要求する問題であった。

12台の多肢選択用の装置が使われたが、その装置はアルミ箔でおおわれた板の上にIBMの解答用紙と正解に穴をあけたキーを重ねて止めたものである。学習者が鉄筆で解答用紙を突きさすと電気回路が形成され、赤または緑のランプが付き成功か否かを見らせる仕組みになっている。

実験データは事後テストの成績、(新しい19題とプログラム中の12題それぞれについて)誤答のパーセンテージを逆サイン転換したものおよび所要時間の対数でとられた。事前テストによって統制した共分散分析法によって整理した結果、上述の事後テスト成績、所要時間には相互作用が見られず、ただ誤答のパーセンテージを逆サイン転換したもののみに見られた。Fの値は次の第11表の通りである。

これによるとプログラムのステップ幅による相違は事後テストの成績差をもたらさず、所要時間に大きな差をもたらしている。また学習者の能力差は新しい19問の事後テスト成績にも、12問のプログラムと同じ問題の成績にも、また所要時間にも大きな差をもたらしている。能力の高低

第11表 プログラム間、能力間の成績差（下の値）

	終末テスト計	終末テストの新しい問題	終末テストのプログラムにある問題	誤答パーセント（逆サイン転換）	所要時間（対数）
プログラム	1.80	1.45	1.30	—	27.21**
能力	10.43**	8.23**	7.78**	—	19.17**
相互作用	1.87	1.35	2.26	3.17*	.22

* .05 レベルで有意差（シェイ，1961）

** .01 レベルで有意差

とプログラムのステップ幅の相互作用は誤答のパーセントに見られるだけで能力の高いものがラージステップの問題をした方がよいとか、能力の低いものはスモールステップの方がよいということはいえないことがわかる。事後テスト成績、所要時間、誤答パーセントを能力別、プログラムのステップ別に計算した結果は次の第12表の通りであった。

第12表 能力別ステップ幅別の成績

能力	ステップ	事後テスト	所要時間（分）	誤答パーセント
上	ラージ	19.2	49.0	10.5
	ミディアム	19.9	76.1	9.2
	スモール	20.9	90.0	7.8
中	ラージ	12.9	75.6	17.7
	ミディアム	18.3	90.6	9.0
	スモール	15.8	122.0	13.0
下	ラージ	12.1	87.3	32.5
	ミディアム	9.4	108.5	18.5
	スモール	16.4	135.5	9.3

（シェイ，1961）

シェイは、帰無仮説をほとんど棄却できなかった原因として、1) プログラムが不適切で90パーセントという正答率は低すぎたこと、2) IQ はプログラム学習の結果に対してよい予言力をもたないこと。従って、プログラム学習の結果に対してよりよい予言力をもった測定値が代わりに用いられねばならないこと。3) 事前テストの成績で統制したことが本来なら存在する知能とステップ幅の関係を不明瞭なものにしたこと。4) ステップサイズを困難度で定義したがそうではなく、言葉の数、前のステップから次のステップに移るに必要な先行経験として定義されれば異なった結論がでてくるかもしれないといっている。われわれもシェイのこの見解は一々うなずけるものをもっていると考え。しかし、最も大きな誤算は事前テスト24問中に20問知っている対象がいるという事実ではなからうか。シェイがいうように事前テストの成績で統制したことが本来の関係を不明瞭なものにしたのではなく、単元の学習内容をすでに相当よく知っているものがいては、学習されたものの新規増—そこに知能が働くと思われるが—の大小が他の誤差として働く要因の中に埋没してしまうおそれがあり、この点が一番問題であると考え。これをよく

統制し、24問中4問以下に抑えるとかすればもっと良かったかもしれない。われわれは正答率が90パーセントというのは必ずしも低すぎるという程ではないと思う。実際問題としてこの程度のプログラムで出発しなければならない場合は多い。また、2)の知能指数が算数のプログラム学習でよい予言力をもたないとはいえないと思う。これについては第9章でわれわれの分析結果はよい予言力をもち得ることを示している。最後にステップサイズの定義の問題については、困難度によって定義されるべきでなく、またシェイがいうように転移に必要な先行経験としてでなく、転移に必要な素質的な能力として定義されれば知能との関連はでてくる可能性があるのではないと思われる。

このような方法論上の議論は残るにしても、彼の実験があらゆる教材について一般化されるかどうかより大きな論争点となろう。もしそうだとするとスキナーがいうように非常に小刻みな一つのプログラムを作成すればそれがあらゆる能力水準のものに妥当するわけで、もし個人差に対する配慮がなされるとすれば知能以外の側面についてであるということになる。そして、もしシェイのこの関係なしという結論はこの單元についてのみにあつて、他の單元については知能とステップサイズの間に関係があるかもしれないというのであれば、これはやはり他の教材單元について実際にプログラムをつくり研究すべしということになる。この点についてはわれわれはもっとさまざまな教材について研究がなされるべきだと思う。

またこの問題は教育学的にもっと広い見地から考察されるべき性質のものということができる。つまり、この問題は、単に一つのプログラムをあらゆる能力水準のものが同じくよくやれるからというその理由だけで、つくるプログラムは、種類だけでよいと結論づけられる性質の問題ではない。教育目的やカリキュラムの見地からいうと知的優秀者にはしかるべき内容水準を多少高めたもの、たとえば中学校や高等学校の数学でいえば、近代数学をとりいれた内容のものを与えるべきだという考え方に立つべきで、その意味で知能水準に見合ったそれぞれの内容のプログラムというのは依然としてあり得るし、また研究されねばならないと思われる。

第5節 ステップサイズの要因

〔ステップサイズ〕

ステップサイズという視点から見るとクローダーの内在的プログラミング方式とスキナーの外在的プログラミング方式に大きな差が見られる。クローダーが教材を論理的な小単位に区切るところを提唱して、フレームの困難度については何もいわないのに対して、スキナーはなるだけ容易なフレームにするためスモールステップにすべきだと提唱している。スキナーの場合、正答の連続が究極目標であつてスモールステップはその手段である。そこでスモールステップを正答率の見地から定義する必要が起る。シェイ (Shay, C.B. 1961) はすべてのフレームの正答率が90パーセント以上になるようにフレームを小刻みにした場合、これをスモールステップと呼ぶことにしている。知能の高いグループにとってスモールステップであっても、もしそれが知能の低い

グループにとって90パーセントまたはそれ以上の正答をもたらさないなら、それはその知能の低いグループにとってはスモールステップとはいえないことになり、スモールステップというのは絶えず一定水準またはその混在した特定のグループを想定してしかいえないことになる。

今までの実験データによると、スキナー流のスモールステップのプログラムはほとんどすべて従来の授業がもたらした得点成績よりもよい得点成績をもたらすという結果がでている。つまり得点成績を基準として判定する限り、ステップサイズを独立変数、学習成績を従属変数として関数関係を描くと、大体上向きの直線または曲線が得られる。しかし、スモールステップは当然フレーム数を増し、これは所要時間を増す傾向にある。ステップ数を従来の授業の場合よりも増して所要時間がかえって早くなる時もあるが、一般的にはステップ数の増加は所要時間の増加をもたらす。従って、単位時間当たりの得点量はある段階では減少する場合もある。単なる得点成績を基準に選ぶかそれとも単位時間当たり得点応答を基準に選ぶかは尚種々検討を要することである。100パーセント正答がもたらされているのであれば所要時間は早い程よいが、それ以下の正答率では学習の目的や内容の性質によっていろいろに考えねばならないだろう。単なる得点成績を基準にした時、スモールステップの方が成績がよいというのはスキナーの理論が正しかったことを意味しているが、なお教育の現場においては所要時間の問題も考えてプログラミングしていかねばならず、今の一斉授業で普通の所要時間とされるもののうちで得点成績をより高め得た場合のみプログラム学習は現場で歓迎されるであろう。なお、このスモールステップがなぜより高い効果をもたらすかについては少なくとも次の要因が一緒に働いていることを認めざるを得ない。

- 1) 教育内容が単純化され、論理的に極めて小さな単位になっていること。これは受け取る学習者側にも内容をはっきりさせるだろう。
- 2) 困難度の低下と個人別フレーム正答率の向上。これは正答の連続をもたらす、学習意欲にもよい影響をもたらす。
- 3) 強化当たりの教育内容の減少。これはチェックポイントを増し、強化によってカバーされる学習内容の全学習内容に対する割合を増す。
- 4) 単位時間当たり強化頻度の増加。今までは1時間の授業の中で十数回の強化を受けていたのが、スモールステップのプログラム学習では30回から50回の強化を受けるようになっている。これは「よろしい」といわれる回数が済んだことを意味し、学習意欲の上でもよい効果をもたらすものと推定される。要はこれらの関数関係をよく考慮して、最も効率的なステップ数を見つけることが重要な研究課題になってくる。

〔エバンス、グレーザー、ホムの実験（1959）〕

エバンスらはこの章の第3節で述べたプログラムドブックの実験とならんで、数を10以外の数を基礎にして書きあらわす単元を教材として、30, 40, 51の3通りのステップサイズのプログラムを書いてその学習効果に及ぼす影響を検討した。これによるとスモールステップの方があとで

実施した基準テストの成績がよく（5パーセント水準で有意）、またプログラム学習中も誤答数が少ないこと（5パーセント水準で有意）を見つけた。彼らは3カ月後に51フレームをさらに多くして68にしてやってみたが、今度は51フレームをやったグループよりも少し劣ることを発見した。ここからスモールステップにも最適のポイントがあることがわかる。また所要時間はスモールステップの方が少し多くかかることがわかった。

〔クールソンとシルバーマンの実験（1959）〕

システムディベロップメントコーポレーション（SDC）のクールソン（Coulson, J.E.）とシルバーマン（Silberman, H.F.）は、スモールステップを独立の要因として実験計画法に組んで厳密な研究をした最初の人である。

彼らは肢選択方式がよいか構成方式がよいか、またブランチングがよいかどうかという要因とともにこの問題を研究した。ステップサイズの要因の関係する部分だけをぬき出してみると2段階がとられており、スモールステップは104のフレーム、ラージステップは冗長な部分を除去した56のフレームから成り立っている。実験結果は事前テストの得点によって基準テスト成績（記入法）を統制した共分散分析法によって分析されたが、それによると、スモールステップの方が有意の差をもってすぐれていることがわかった。（5パーセント水準）またブランチング要因、および構成方式か多肢選択方式かという要因との間に相互作用はないこともわかった。ただし、スモールステップのグループは平均57.3分、ラージステップのグループは41.5分かかっているの、もし所要時間を問題にするなら、スモールステップの優位は参酌されねばならない。

〔シェイの実験（1961）〕

この章の第4節で述べたが、ローマ数字を材料にした103フレーム、150フレーム、199フレームの3つのステップサイズは後の基準テスト成績に有意の差をもたらさなかったし、知能水準との間には相互作用も見られないのでここではスモールステップの効果はないというべきである。ただ、所要時間はスモールステップの方がより多くかかっているの、単位時間当たり得点量はスモールステップの方が低くなっている。（p.124, 第12表参照）

第6節 構成方式と多肢選択方式

〔スキナー対クロードー〕

スキナーは自分の心理学的知見に基づいて構成をすすめているが、これは厳密な実験データに基づいたものではない。他方クロードーは、その内在的プログラミングの方式で多肢選択方式を採用しているし、プレッシーは、テスト期間の学習とはいえ多肢選択方式を採用しているので、これらを実験データで検証しようという試みがなされたのは当然である。しかし、基準テストを構成方式にするか多肢選択にするかの問題もあり、多くの研究者は二通りつくっているが、まだ最終的結論を得ていない。

〔クールソンとシルバーマンの実験（1959）〕

クールソンとシルバーマンは「心理学入門」を2～5の多肢選択方式のプログラムと構成方式のプログラムの二通りづくり、比較実験をした。

その結果、構成の基準テストに対して構成方式の方が多肢選択方式よりもすぐれているとはいえないことがわかった。これはまた、構成方式プラス多肢選択方式の混合の基準テストに対してもそうであった。この点スキナーの理論は実証されていない。学習の所要時間の方は構成方式の方が長くて、平均54.4時間、多肢選択方式の方が平均44.4時間である。これは構成方式の方が解答記入により多くの時間を必要とするからである。単位時間当たりの得点という見地からいうと多肢選択式に優位を与えざるを得ない。

〔フライの実験 (1960)〕

南カリフォルニア大学のフライ (Fry, E.B.) は、さきに述べたフェルスターとサポンのプログラムブック方式を用い、中学校3年生を対象にして16のスペイン語の単語の学習を構成方式と多肢選択方式でやらせた。

基準テストは半分が構成方式、半分が多肢選択方式であった。これは直後と2日おくと2回行なわれた。

彼のとった実験条件は3つで、

実験Ⅰ 普通のプログラム学習の方式で、学習者は全体の所要時間を制限されることもないし、くり返しを制限されることもない。

実験Ⅱ 全体の所要時間を制限される。これは普通のプログラムの学習ではないことだが、2つの方式の厳密な比較のために試みられた。

実験Ⅲ 全体の所要時間のみならず、自分のペースで進むことも否定され、1問ごとに指示された時間内に答え、定められた時間の後、次の問題を見せられる。

結果は次の第13表の通りで、構成方式のテストで測定される限り、構成方式の学習の方がよく、多肢選択方式でテストされる限り、両者の訓練方式に差がなかった。なお実験条件Ⅰでは、

第13表 構成方式と多肢選択方式の比較

	構成方式によって訓練されたグループ				多肢選択方式によって訓練されたグループ			
	構成法 テスト	多肢選択 テスト	合計		構成法 テスト	多肢選択 テスト	合計	
実験条件Ⅰ (マスターするまで)	直後	6.89	7.89	14.79	4.37	7.74	12.12	
	2日後	5.87	7.84	13.71	4.02	7.93	11.95	
実験条件Ⅱ (同じ時間)	直後	6.35	7.73	14.29	4.23	7.80	12.03	
	2日後	4.84	7.77	12.61	3.43	7.80	11.23	
実験条件Ⅲ (同じ時間と繰り返し)	直後	4.48	7.83	12.41	3.50	7.91	11.41	
	2日後	3.81	7.62	11.43	2.12	7.71	9.83	
合 計	直後	5.91	7.88	13.74	4.03	7.82	11.85	
	2日後	4.84	7.74	12.58	3.09	7.81	11.00	

構成方式は平均、4.2分かかったのに対し、多肢選択方式では8.3分ですみ、多肢選択方式の方が早くすんだ。彼は普通のプログラム学習が行なわれる実験Ⅰで単位時間当たりの得点成績を出していないが、もしこれを出すと構成方式の学習がよりよいことはいえなくなると思われる。しかし、実験条件Ⅱでは、構成方式でテストする限り、スキナーの理論が実証されたわけでこれは注目すべきことといわざるを得ない。

第7節 反応のオバート性とカバート性

〔反応のオバート性〕

スキナーのオペラント条件づけにおいてはオバートな反応のみが対象とされている。もしそこにカバートな反応があったとしても、それらは強化の対象としてとりあげようがないからである。

スキナーがプログラム学習に言及する時、前提として反応はすべてオバートなものとしてされているし、またティーチングマシンによって直後の強化を確保する上からもティーチングマシンへのインプットとして学習的にオバートな反応を要求せざるを得なかったといえることができる。

しかしながら、プログラム学習の効果の要因を分析して、「オバートな反応が行なわれているから従来の学習より効果が上がっているのだ」という命題を構成すると、これは別箇の証明を要する命題になる。直後の強化、その他の要因によってプログラム学習の効果が担われていて、反応のオバート性という要因は何らの効果を担っていないかもしれないからである。

ところが、プログラム学習を受け取った人々の中には、このオバートな反応をもって積極的な反応と解釈し、これを特色の1つとしてあげる人が現われた。その代表者はラムスデーン(Lumsdaine, A.A.)である。

〔積極的参加の特色〕

カリフォルニア大学の教授で「ティーチングマシンとプログラム学習」の編者でもあるラムスデーンは、ティーチングマシンの3つの特色(properties)として

- 1 継続的積極的反応の要求
- 2 正否についての直後の情報
- 3 自己のペースで学習が進むこと

をあげている*。

彼はティーチングマシンに見られる学習者の積極的反応をもって従来のテレビ、映画等の視聴覚的教育方法と異なる特色と受け取った。彼はこれまで視聴覚的教育方法のすぐれた権威者であったが、ティーチングマシンの特色を視聴覚的教育方法の特色と比較して、このように受けと

* Lumsdaine, A.A. : Teaching Machines ; An Introductory Overview. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. : Teaching Machines and Programmed Learning. Washington, D.C. : National Education Association. p. 6, 1960.

たことは、ある意味で当然のことであったといえよう。しかしこれを彼および同様な一部の人々のように、積極的な参加の原理として受け取るとプログラム学習の効果の要因として説明していることになり、別箇の実験的証明を必要とする。

〔対立する実験データ〕

ティーチングマシンを利用してプログラム学習を行なう限り、そのインプットして積極的な反応が要求されるが、プログラムブックの形に編集されたものをやる場合、解答をあえて記入させないでも、念頭に浮かべるだけのカバートな反応でもよいのではないか。学習者は、それを念頭に浮かべないで次の頁をあけて解答をみてはいけませんが、それを念頭に浮かべたらすぐ正解を見て自分の解答と照合し、正答ならば強化するだけで、いわゆる強化の効果はあるのではないかという発想が何人かの心理学者の中に浮かんだ。エバンス、グレーザー、ホーム (Evans, J.L., Glaser, R. and Homme, L.E.) カイスラーとマックネール (Keisler, E.R. and McNeil, J.D.) ローラ (Roe, A. et al) クランボルトとワイスマン (Krumboltz, J.D. and Weisman, R.G.) らをその代表としてあげることができる。これらの人々は一致して反応のオバート性は学習効果の要因ではないという実験データを得ている。他方、スキナーの弟子のホランドとオバートな反応の有効性をオペラント条件づけの立場から実証している。ホランドの実験はアメリカ心理学会の発表だけでその詳細な実験条件やデータを目下得ることができないが、他の人々は雑誌、論文であるため、この要因の残された問題がどこにあるかを知ることができる。

〔エバンス、グレーザー、ホームらの実験 (1959)〕

ピッツバーグ大学の心理学者、エバンス (Evans, J.L.) グレーザー (Glaser, R.) ホーム (Homme, L.E.) らは、プログラム学習の要因について一連の比較実験を行なっているが、その中に第2番目の実験はオバートな反応を求める場合とそうでない場合とを比較実験したものである。(Evans, J.L., Glaser, R. and Homme, L.E. 1959)

教材は「音楽の基礎」というプログラム、実験群5名 (心理学専攻学生) は、各ステップ毎に答えを記入し、他方統制群5名 (同じく心理学専攻学生) は、各ステップ毎に答えを書く必要はなく、単に心の中で答えを考えるだけでよいことにした。

終末テストの結果では最初の予想に反して次の通りであった。

1) 答えを書かない群の成績 (平均点) がわずかばかり良かった。ただし、これは有意の差ではない。

2) 答えを書かない群の所要時間は少なかった。ただし、これも有意の差ではない。

3) 答えを書いた群の成績のちらばりがより大きかった。ただし、これも有意の差ではない。

統計的に有意の差でないのわれわれは差がなかったと理解する以外なく、答えを書く方が積極的参加の原理に基づいて学習効果がより高いだろうという仮説はここに証明されなかったことになる。

この場合の教材は音楽の理論、楽典で答えを書くという行動は発声練習とちがい、それほど有

意義なものではない。「答えを書く」という行動それ自体が学習内容たる楽典の理論の理解にそう積極的に貢献するとは予想されない。彼ら自身は「再検討の必要あり」といっているので、むしろそれを待つべきだろう。

〔ローらの実験〕

さきに述べたローらの実験の要因の一部としてプログラムブックでオバートな反応を要求した26人とそれを要求しなかった32人のプログラム学習後の基準テストの成績は次の第14表の通りで全然有意差は見られなかった。

第14表 オバート群とカバート群の得点と所要時間

	得 点		所 要 時 間 (分)
オ バ ー ト 群 (26人)	平 均	13.5	121
	標 準 偏 差	4.5	24
カ バ ー ト 群 (32人)	平 均	13.7	93
	標 準 偏 差	4.0	15

(ローら, 1960)

所要時間の点では、当然オバートな反応を要求する方が記入時間だけよけいにかかるわけで、オバート群が平均 121分かかっているのに対しカバート群は 93分しかかかっていない。

単位時間当たりの学習量という基準からいえばカバートの方がよいといえる。

〔クランボルトとワイスマンの実験 (1962, a.)〕

スタンフォード大学のクランボルト (Krumholz, J.D.) とミシガン州立大学のワイスマン (Weisman, R.G.) は54名の教育心理学科の学生をランダムに次の4群に分けて177フレームからなる「教育的テスト」のプログラムを用いてこの問題の実験をした。

1. 解答を記入するグループ
2. 解答を頭の中で構成するのみのグループ
3. 解答欄に記入してあるプログラムを読むグループ
4. 統制群, 同ざ長さであるが全く別のプログラムで解答を記入するグループ

基準テストは50題でプログラム学習終了後と2週間後と2回, 代替型を用いて行なわれた。その成績は次の第15表の通りであった。

第15表 反応様式別, 時期別の得点成績

反応様式		記 入 群	カバート群	読むだけの群	統 制 群
テストの時期		N=10	N=15	N=17	N=12
直 後	m	33.90	32.13	32.29	18.41
	S D	7.69	10.40	10.76	9.93
2 週 間 後	m	30.30	27.20	27.05	19.16
	S D	7.58	10.48	8.69	10.20

これによるとプログラム学習後の基準テストで解答を記入する群と解答を念頭に思い浮べるだけの群の間に有意差はないが、2週間後の基準テストでは解答を記入した群の方が解答を念頭に浮べるだけの群や読むだけの群よりもすぐれているということがわかった。

解答を記入するということが記憶をより確かなものにするということが証明されたことは貴重なことといわざるを得ない。これは反応のオバート性を強調する人々に1つの論拠を与える。しかし、この論拠は記憶に限られたものであることをはっきりする必要がある。プログラム学習終了後に有意差が見られるほど学習そのものに寄与するという考え方はまだ証明されたとはいえない。彼らの実験は自宅にもって帰らせてやらせたものであるため所要時間がデータとして採られておらず、学習能率つまり、単位時間当たりの学習量については何もいえない。

〔カイスラーとマックネールの実験 (1962)〕

カリフォルニア大学のカイスラー (Keislar, E.R.) とマックネール (McNeil, John. D.) は、この問題を研究するためまだ学習態度ができあがっていないA, B 2校の小学校1年生～3年生を合計198名選び、2つの対の組を学年、性、知能で統制してつくり、ビデオソニック (Video sonic) というティーチングマシンを用いて実験した。

実験材料は3週間分の物理的教材で、432フレームからなる多肢選択方式のプログラムであった。

オバートな反応の組は正答肢をプログラムに記入するのに対し、カバートな組はプログラムを読み、問題の正しい解答を頭の中で浮かべ、次に正答を見るだけで、答えを記入するというオバートな (あるいは積極的な) 反応をする必要はない。

実験結果は標準化された面接と多肢選択方式の事後テストで測定された。その結果は次の第16表の通りで、オバートなグループが成績がよいという仮説は立証されなかった。

第16表 オバートな反応とカバートな反応 (カイスラーとマックネール, 1962)

	反 応 様 式	平 均	標 準 偏 差	標準誤差 (SE)
A校	オ バ ー ト (59人)	39.3	10.5	1.4
	カ バ ー ト (59人)	39.2	11.1	
B校	オ バ ー ト (40人)	49.0	8.0	1.2
	カ バ ー ト (40人)	48.1	9.1	

カイスラーとマックネールは、このような結果の得られたことに対する考えられる理由として、事後テストで要求した行動が学習中のオバートな反応とそれほど密接な関連がないこと、たとえば、新しい単語の発音をテストされるのであったら、学習中も発音をオバートな形で求めるべきであるが、この場合、そのような密接な関係がなかったこと、プログラムの困難度がかなり高く、オバートな反応のグループがそのよさを示す機会を失ったこと、オバートな反応を要求されたグループは強化を含み、カバートな反応を要求されたグループに比較して、特に新しく付加

されたものがなかったこと等をあげている。

確かに最終的な行動がどのようなタイプの行動であるかがこの問題を判断する大きな決め手であり、それがカバートな場合、プログラムでオバートな反応を求めることは意味が特にないだろうと思われるし、もし最終的な行動のオバートなものである時、「量の上の水練」という諺があるようにオバートなものが要求され、そこをカバートに学習してもオバートな行動はすぐには開発されないものと思われる。

〔ウィットロックの実験 (1963)〕

カリフォルニア大学のウィットロック (Wittrock, M.C.) はさきに述べたカイスラーとマックネールの実験の後を受けて、同じく小学校低学年児童に「分子の運動」についてのプログラムをオバートな反応として声を大きく出して反応することを要求して学習させ、同じプログラムを聞くだけの統制群と比較した。この実験での仮説は、言葉の意味の学習にこれらを見て大きな声を出してということによって容易にされるだろうというのである。道具として色づきのフレームを投影する幻燈機と説明の言葉を吹き込んだテープレコーダーが用いられた。

直後および1年後に行なわれた基準テスト成績は次の第17表の通りであった。精神年令の上・下2群の合計のところでは有意差がないが、オバートな反応は精神年令の低い群においてより有効であることがわかった。これは精神年令とオバート性、カバート性の相互作用が、F検定で有

第17表 オバート群とカバート群の比較

		終 末 テ ス ト		1年後の記憶テスト	
		M	S D	M	S D
精 神 年 令 上	オ バ ー ト	27.80	5.08	26.88	4.86
	ノ ン オ バ ー ト	29.70	4.65	26.05	4.05
精 神 年 令 下	オ バ ー ト	26.60	5.88	24.17	6.23
	ノ ン オ バ ー ト	23.85	6.13	24.25	5.86
全 体	オ バ ー ト	27.20	5.52	25.45	5.54
	ノ ン オ バ ー ト	26.78	6.16	25.10	4.95

第18表 時間当たり学習量の相違

		M	S D	
精 神 年 令 上	オ バ ー ト	16.85	3.08	**(1%レベルで有意)
	ノ ン オ バ ー ト	24.71	3.87	
精 神 年 令 下	オ バ ー ト	16.12	3.56	*(5%レベルで有意)
	ノ ン オ バ ー ト	19.84	5.10	
合 計	オ バ ー ト	16.48	3.35	**(1%レベルで有意)
	ノ ン オ バ ー ト	22.28	5.12	
所要時間 (オ バ ー ト・グループ ノ ン オ バ ー ト・グループ)		165.0分 120.2分		

意であったことから推論された。しかし、これは1年後の方では見られなかった。

直後の成績を所要時間(分単位)で割って100倍した数値を計算したものは、第18表の通りで、これによると精神年齢の上下にかかわらず、カバートなグループが有意の差ですぐれているといえる。

〔ゴールドベックとキャンベルの実験(1962)〕

アメリカ研究所のゴールドベック(Goldbeck, R.A.)はこの問題を取りあげて一連の研究をしてきた。(Goldbeck, R.A. 1960, Goldbeck, R.A. and Briggs, L.J. 1960, Goldbeck, R.A. and Campbell, V.N. 1962)

ここでは、最後のキャンベルとの共同研究論文について述べることにする。彼らの2つの実験に分かれているが、まず、第1実験からのべる。

彼らは答えを書かす場合と、書かさない場合との効果の優劣はプログラムの内容の難易と関係があるだろうという仮説をたて、同一の地理の内容を「難」のフレーム、「中」のフレーム、「易」のフレームの3段階に書き分けた。ただし、これは35のそれぞれ独立の事実問題で、一貫した論理構造によって発展していくものではない。実験条件は、答えを書いて正答と照合する群(オバート群)と書かないで正答と照合する群(カバート群)の外に、文章を読むだけで正答と照合しないグループも比較のためにつけ加えられた。対象は中学生63名でこれをランダムに分けた。後で実施された基準テスト成績をカリフォルニア読書成熟検査で調整した結果は次の第19表の通りになった。

第19表 オバート、カバート、読むの相違

	易	中	難
オバート	12.5	25.5	20.3
カバート	20.9	17.1	21.3
読む	20.6	21.5	22.8

(単位は分)

第20表 所要時間の相違

	易	中	難
オバート	22.3	31.0	19.2
カバート	16.5	15.3	14.3
読む	17.3	16.0	15.2

(単位は分)

答えを書くという積極的参加が有意義なのは難易度が「中」のプログラムだけで、「易」の部分でははっきりおとることがわかった。

なお、反応様式と難易度の相互作用は有意義であった。このことは反応様式の優劣が難易度によって変わることを示しているが、なお、そこには一貫した方向は見られない。

なお、所要時間については、第20表の通りで、答えを書くグループがあらゆる難易度を通じて最も多くの時間を要した。読むだけで正答を見ないグループがその次であり、答えを書かないで正答だけ見るグループが最も少ない所要時間で終わった。

次に学習能率、つまり、学習得点を所要時間数で割った値は次の第21表の通りで、読むだけが最もすぐれており、次に答えを書かないグループがすぐれ、最も悪いのが答えを書くグループと

第21表 学習能率の比較

	易	中	難
オバート	0.67	0.82	1.12
カバート	1.19	1.15	1.32
読む	1.37	1.60	1.60

いう積極的参加の原理を全く否定するデータが得られた。

彼らの第2実験は、32フレームからなる「光」についてのプログラムを材料にして、直後、および10週後の学習効果の相違を見たものである。対象は同じく中学生で、2クラス62名がランダムに次の4つの群に分けられた。

1. オバート（解答を記入する）
2. 任意選択
3. カバート
4. 読むだけ

基準テストの成績は「学校、大学能力テスト」(School and College Ability Test) の成績によって調整された結果、次の第22表のようになった。

第22表 反応様式別の得点成績

	直後の平均得点	10週後の記憶保持
オバート	28.2	22.3
任意選択	27.3	21.8
カバート	25.3	20.3
読むだけ	29.5	25.3

直後についてはこれら4つの群の間には有意差はなく、オバートな反応を要求する意味はないといえる。10週間後については全般に減衰が見られその相対的順位は変わっていないが、読むだけのグループが他のグループよりすぐれていることを示している。読むだけの群をカバートな反応の一変型と見るならば、オバートな反応を要求した方が優位という仮説は認められないことになる。

また所要時間と学習能率は次の第23表の通りである。オバートな反応を要求しない程早くす

第23表 所要時間と能率の相違

	平均所要時間	平均能率
オバート	20.7	1.40
任意選択	19.8	1.38
カバート	13.9	1.95
読むだけ	11.5	2.81

み、読むだけの群は半分の所要時間ですんでいるので、単位時間当たり学習量も倍になっている。またオバートな反応を要求した群はカバートな反応を要求した群の約7割の学習能率しかあげていないことがわかる。

第8節 学習者の反応に応じたシーケンス

〔直線型とブランチング型〕

スキナーおよびその流れをくむ人々のつくったプログラムは前もってその順序が一定に並べられており、学習者は正答をしようが誤答をしようが、その決められた順序でフレームを次々にやっていくに過ぎない。これに対して、クロードの内在的プログラミングの原則によるプログラムは、学習者の反応に応じて間違ったらしかるべき矯正指導のための別箇のフレームに学習者を導き、いわゆるブランチングをしている。このような提示順序の弾力性をもたせる機能は彼のスクランブルドブック、「チューターテキスト」にも、ティーチングマシン、「オートチューター」にもよく実現されているといえよう。

〔ブランチングの種類〕

ブランチングとは枝分かれの意味であるから、誤答者に別箇のフレームを用意するのがもとの意味であったが、現在はより広義に、先のフレームへの飛び越し、あともどり (wash back)、枝分かれの別コースの3種類の総称として用いられている。それらのそれぞれに簡単なものから複雑なものが考えられる。

1. 先のフレームへの飛び越し

- イ) ある1つのフレームで正答が行なわれた場合、次のフレームを飛び越させる。そのような基本的な分かれ道になるフレームを、「ブランチフレーム」(branch-frame)、飛び越されるフレームを条件的スキップフレーム (conditional-skip frame) と呼ぶ。
- ロ) いくつかのフレーム群が連続的に完全に正答である場合に限り、次のフレームを飛び越させる。
- ハ) いくつかのフレーム群が正答である程度に応じて、次のフレーム群のうちのあるものをいくつか飛び越す。これが最も弾力性のあるシーケンスであるが具体的にはいろいろ複雑な要求がからんでくる。

2. あともどり (wash back)

- イ) ある1つのフレームで誤答が行なわれた場合、直前またはいくつか前のフレームにもどらせ、そこからずっとやりなおさせる。
- ロ) ある1つのフレームで誤答が行なわれた場合、直前またはいくつか前のフレームにもどり、それがすめばずっとやらずに一番最初のものにもどる。
- ハ) いくつかのフレーム群に一定数以上の誤答が見られた時に限り、いくつか前のフレームにもどらせる。

3. 矯正的分岐

- イ) ある1つのフレームに誤答が行なわれた場合、別個の矯正フレームに導き、それがすむとともに帰る。クロードの「代数の冒険」その他、クロードの現行プログラムはすべてこの方式をとっている。
- ロ) いくつかのフレーム群に一定数以上の誤答が見られた時に限り、別個の矯正フレームに導かれる。
- ハ) 一次的矯正フレームでまた間違えるとさらに二次的矯正フレームに導かれる。

これらの研究は、その内容と構成が複雑であるためあまり進展していない。1の(ハ)や3の(ハ)は相当高度のもので、教育学の論理の構成として興味のあるものである。電子計算機と連動したティーチングマシンではこれが可能であるが、そのためにはそのような「学習指導の論理」をまずティーチングマシンのためのプログラムに書いて与えねばならない。一部着手されているが、現状はまだ第一歩を踏み出したばかりである。しかし、このようなことがどの程度学習効果を現実に増すかということになるとどうしても実験に訴えねばならず、実験データはまだ極めてとぼしい。1の(イ)をとりあつかったクルソンとシルバーマンの実験があるだけでクロードの3の(イ)についての実験データはまだ公表されていない。

[クルソンとシルバーマンの実験 (1960)]

システムディベロップメントコーポレーションのクルソンとシルバーマンは、飛び越しの機能を他のステップ幅、多肢選択法と構成とともにとりあげ、 $2 \times 2 \times 2$ の要因計画法で研究した。プログラムはホランドとスキナーによってつくられた「心理学」のプログラム(104フレームからなる)でこれをスモールステップのプログラムとして、これから56フレームを引き出してラージステップのプログラムをつくった。飛び越しが始まるブランチフレームは、スモールステップで12、飛び越される方のフレームは39フレームであった。ラージステップのプログラムでは12のブランチフレームはそのままに残され、飛び越される方のフレームは22フレームであった。

対象は80人の学部学生で、それぞれの、セルに10人ずつランダムに配置された。

基準テストは、9題の構成法の問題と17題の多肢選択法の問題から成っている。

実験の結果、飛び越したブランチ組とそうでない組の間には構成法の問題でも多肢選択法の問題でも有意差はなかった。構成法の19題についての得点は次の第24表の通りである。(得点は事前テストの成績によって調整されたものである。)

なお、共分散分析法による分析の結果、ブランチングと反応の様式との間に相互作用があるこ

第24表 ブランチングとテスト問題の方式

	多 肢 選 択 法	構 成 法
ブ ラ ン チ ン グ	13.50	12.93
ノ ー ブ ラ ン チ ン グ	12.92	15.35

とがわかった。

これによると、ブランディングがない場合は構成法がよいのだが、ブランディングをすることによって多肢選択法の方がよくなるということがわかる。

なお所要時間については、飛び越しをしない場合平均55分であったが、飛び越しを入れたため約20パーセント減の43.8分になった。

以上をまとめて考えると、ブランディングして飛び越した方が単位時間当たり学習量は大きいということがいえる。

第9節 部 分 強 化

〔3種類の強化〕

強化はプログラム学習の基本概念であり、強化のないプログラム学習は考えられないが、プログラム学習の強化には3種類あることを考慮しなければならない。

1) 自然の強化、スキナーは学習過程に見られるところの、学習そのものに対する喜びから受ける強化作用を「自然な強化」とよび、これを大いに利用し、学習過程自体を愉快なものにしなければならないと考えている。これは従来も新教育で大いに強調されたところのものであり何も事新しいものではないが、この要因だけを抽出して実験的操作の中に仕組み、それを独立変数として統制することは極めて困難である。というのは、これは学習内容に対する学習者の興味から決まってくるものであるが、学習内容の中味をそのままにしておいて、学習者のそれへの興味を自由に変数として統制することはそれ自体極めて困難であるからである。

2) プログラム学習の第3の強化過程に見られる強化作用。これは問題提示、反応、につづいて、その反応は正しいかどうかを告げたり、正答を提示したりする際に生じる強化作用である。これははっきり操作と結びついているので、これを行なったり、行なわなかったりすることが可能であり、全部の反応の何分の1かにこれを行なうことも可能である。従来から条件づけにおいては、条件反応に対して無条件刺激を伴わせない時、部分強化または間歇強化という名で呼んできた。この問題についてはパブロフ以来極めて数多くの研究*がある。プログラム学習においては、この研究は比較的数が少なく、クランボルツとワイスマンの研究があるのみである。

3) 次のフレームの文章を読む過程で受ける正答のヒントから受ける強化作用、プログラム学習では、フレームが論理的系統を追いながら順序よく並べられており、Bのフレームはそのすぐ前のAのフレームの反応を受けて書かれている。従って、Aのフレームに対する学習者の反応に対して、たとえ何らの強化〔2〕の意味の強化〕をしなかったとしても、Bのフレームではそれを受けて書かれているので大なり小なり、何が正答かヒントが与えられている。勿論これがわかるのは、学習者の学習能力の水準の関数で、能力の高いものは正答の確率も高いし、次のフレー

* 文献をまとめて論詳したものに、Jenkins, W.O., and Stanley, J.C. Jr. (1950) および Lewis, D.J. (1960) がある。

ムの問題の文章から何が正答かを見つけ出す能力も高いだろう。これに反して、学習能力の低いものは、正答の確率も少し落ちるが、次のフレームの問題の文章から正答を見つけ出す能力は低いだろうと思われる。従って、強化作用を受ける割合は学習者の学習能力の高低によるといえよう。これを始めから、次のフレームの文章の中で大文字を使ってその正答の言葉を必ず用いることにして、学習者にもそっと知らせてプログラムを書いていこうというのが、バーロー (Barlow, J.A.) の「会話的連鎖」(conversational chaining) の技法である。これは始めからそうなっているもので、次のフレームを読めば、その大文字の言葉が正答なわけであるから、学習能力の如何にかかわらず、前のフレームの正答は何かを知らされるわけで、いわば、前のフレームの正解を書いておくスペースを、次のフレームの文章の中にとり入れてしまっ、次のフレームの文章を構成したものといえる。

バーローの「会話的連鎖」でない、一般のプログラムにおいて、次のフレームの文章を読む過程に受ける強化の要因を統制することは非常に困難である。そのような正答のヒントをなくそうとして次のフレームを書こうと企ててもそれは次のフレームをおそらく成り立たせないことが多いだろう。

〔クランボルツとワイスマンの実験 (1962)〕

クランボルツ (Krumholtz, J.D.) とワイスマン (Weisman, R.G.) は「教育測定」のプログラムブック (177フレーム) の正解が書いてある欄を次のような形で消し、間歇強化の程度の関数として学習効果を把握しようとした。

1. 継続的 (continuous) (全部につける。)
2. 固定—比率 (Fixed-ratio) 67 パーセント、正解は $\frac{2}{3}$ 、つまり、67 パーセントのフレームにつけられており、3 番目ごとにオミットされている。
3. 変化—比率 (Variable-ratio) 67 パーセント、正解は $\frac{2}{3}$ 、つまり、67 パーセントのフレームに対してつけられており、3 番目ごとというように固定的でなく、ランダムにオミットされている。
4. 固定—比率 33 パーセント。正解は $\frac{1}{3}$ 、つまり、33 パーセントのフレームにつけられていて、それは 3 番目ごとにつけられている。
5. 変化—比率 33 パーセント、正解は $\frac{1}{3}$ 、つまり、33 パーセントのフレームにつけられている。3 番目ごとというように固定的でなく、ランダムにつけられている。
6. なし。正解は全部つけられていない。

対象は「教育測定」を聴講している 121 人の学生で、4 校時を当てられたが、早く済んだ学生から、順次 50 問の完成法のタイの基準テストを受けた。

その成績は次の第 25 表の通りである。

1. 変化—比率を除いた 4 種類の部分強化のみを考えると、正解をつけた比率に応じて成績に変化は見られるということはない。

第25表 部分強化の効果

部分強化の種類			基準テスト成績		プログラム学習中の誤答率	
			M	S D	M	S D
1	継続的	100%	32.3	6.7	19.1	14.2
2	固定—比率	67%	32.7	5.4	19.7	12.6
3	変化—比率	67%	33.0	7.8	19.2	9.0
4	固定—比率	33%	30.9	6.0	23.5	15.3
5	変化—比率	33%	32.6	6.9	26.5	12.6
6	なし	0%	31.1	6.6	33.7	16.3

2. プログラム学習中の誤答率については相違が見られる。正解をオミットする程度に応じてだんだんふえている。

3. 正解をつけた比率が $\frac{2}{3}$ か $\frac{1}{3}$ によって、また、部分強化のタイプが固定的、つまり何番目ごとと決っているか、変化的、つまりランダムであるかによって基準テスト成績およびプログラム学習中の誤答率に差があるかどうかをF検定で調べたが、差はないことがわかった。

4. その際の相互作用もないことがわかった。

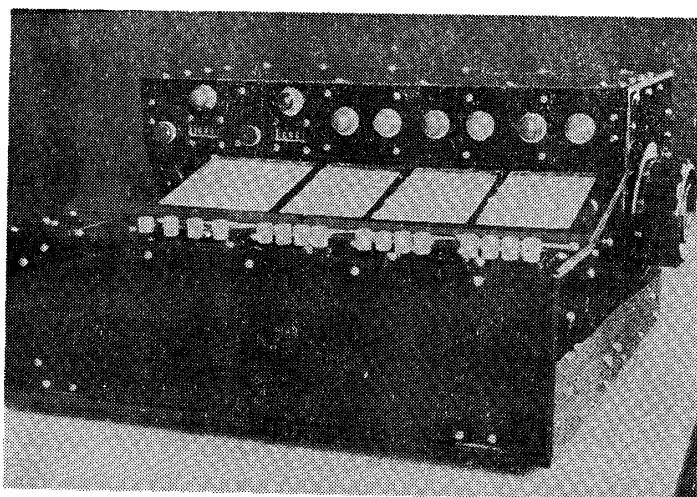
従来、部分強化は記憶把持により効果を及ぼすといわれてきたが、終末の基準テストに関する限りこれは立証できなかったわけである。(それ以上長期の記憶把持についての実験データはないのでその点については何ともいえない。) プログラム学習では後続のフレームの中に潜んでいる強化を統制できないので部分強化の効果は弱められ、他方、正答が何かという内容的情報が与えられないフレームが部分的にあるとそれに応じて誤答率が高まり、望ましくない面をもっているといえよう。

第9章 算数数学科におけるプログラム学習 の効果測定とその分析

第1節 研究計画の概要

〔大阪市におけるプログラム学習研究の経過〕

われわれは、アメリカにおけるティーチングマシン運動に刺激され、昭和35年からティーチングマシンの試作を始め、昭和36年3月に国産第1号を完成した。（第24図の写真参照）しかし、相当高価であることやその他の条件のため、一学級に一人一台を当てがって、プログラム作成と実験にはいることができなかった。そこで、プログラムブックの開発に力を注ぐことにし、まず算数と数学をとりあげることにした。



第 24 図

昭和37年1月には、大阪市及びその近くの都市の算数、数学の小学校、中学校の先生方約30人の協力を得て、プログラムの作成に具体的にくりかかった。まず、第1年度は最もプログラム学習に適していると思われる計算の領域、つまり、小学校では「数と計算」中学校では「数量」の領域をとりあげ第2年度は「図形」の領域、第3年度はその他の領域という順序でプログラムの作成にとりかかった。

〔プログラマーの養成と訓練〕

「プログラム学習の効果を決定するものはティーチングマシンではなく、作成されたプログラムの質的水準である」とはよくいわれる言葉であるか、そのプログラムの質的水準を決定するのはいうまでもなくプログラマーの能力水準である。このような全く未知の領域における能力の伸びの程度を前もって予測してプログラマーを選ぶことは非常に困難なことである。誰もまだ経験した仕事でないで、どのような能力がどのように必要か前もって予言することは不可能に近

い。プログラマーの適性とその測定法はまだ全然未開拓の領域である。おそらくそれは一人ですべての適性をもつ人を発見することよりも、チームをつくって共同作業によって解決すべきことのように思われる。従来からのわれわれの教科書の編集および学力検査の作成の経験と知見によれば、実際の執筆者と教科内容の正確さを期す教科専門家と教育心理学者の三者のチームワークによってこそよりよいものが生れるように思われる。プログラム作成でもこれら三者のチームワークによって始めてすぐれた学習資料ができ上がると推定できるので、このようなチームをつくりながら進行していくことにした。それにしても、プログラマーの育成と訓練について、より長い経験をもつアメリカにおいては、プログラマーは2つの方面から養成されるといわれている。一つは教育の実践家にプログラム学習の原理を学習してもらってプログラマーになってもらう道、もう一つはプログラム学習の原理をよく知っている心理学者または教育心理学者に教材の内容をよく勉強してもらい、それによってプログラマーになってもらう道である。個々人の適性と意欲による問題であるが、なお一般的にいうと、すでに教材内容によく精通している人にプログラム学習の原理を学習してもらう方が早道であるといわれているので、われわれはとりあえずその道を選ぶことにした。

そこで経験の豊富な小学校・中学校の教師を選抜した後、プログラム学習とは何かという原理から始まり、その歴史、作成原理、作成手続きについての講演、サンプルについての討議、質疑応答を重ね長期の訓練計画が立てられ、トライアウト後の修正方法を含むところの研究会が小学校、中学校それぞれに作られることになった。

この経験によると、プログラマーの適性というものは、教材内容についての精通は勿論であるが、子供の学習能力、一つの問題に対する子供の正答率を予測する能力、教材の配列の適否についての判断力等、高度なものが要求されていることがわかった。

〔トライアウト学級の選択〕

次に、トライアウト校とトライアウト学級の選択の段階にはいった。

トライアウトのサンプルは、推計学的にいうと、いうまでもなく、全国の生徒のよいサンプルを選ぶことがよい。現在、中学校3学年から小学校1学年までの各学年段階の生徒総数は100万人から200万人と大きく開いているが、推計学の公式によれば、サンプル数は3,4000位でよい。しかし、全国の各学級に散らばっているこれらのサンプルの1人1人に対し、トライアウトを実施することは、この際、不可能に近いし、また経費の点からも不可能に近い。ある意味で作成の経験を50年も積み上げた知能検査なら、まだ見通しも立つが、プログラム学習はまだ研究が始まった初期の段階であり、このようなことは無理である。むしろ、この際はプログラマーの研究資料の提供という意味から、プログラマーのいる学校や受け持ちの学級でトライアウトしてみることがよいという考え方に傾いた。これは大都会に片寄り、全国のサンプルとはとてもいえないものである。しかし、われわれの立っている研究段階の性質からいえばこれもやむを得ない。さらに人数の点についても、2,3学級に止めざるを得なかった。

われわれがプログラマーの受け持ち学級を中心に決めた各学年の学級数、生徒数は次の通りである。

		学 級 数	生 徒 数
小	2	3	172
"	3	2	90
"	4	2	88
"	5	5	220
"	6	3	132
中	1	3	139
"	2	3	145
"	3	3	142
合	計	24	1128

第2節 プログラム作成の過程

〔基本方針の決定〕

現在、プログラム学習の唱導者の中にも、その基本方針、作成手続、背景となる心理学等についていろいろの異論が見られる。われわれは諸家の意見を参考にしつつ、また、各地の実験データを詳細に検討して、最も能率的なタイプをさがし、またわが国の経済水準等も考え合わせて、われわれ自身の基本方針を決定する段階に至った。

1. 反応の様式。多肢選択式か記入式か。これについては、第8章、第6節で述べた通り、記入方式が主となるべきであると考え。結果の判定は自らするという問題が残るし、ティーンマシンに入れた場合、多肢選択式の方が好都合なのであるが、これらの欠点はあくまでも細かいものと判断して記入式をとった。しかし、問題の性質上、それがすでに多肢選択の形をしている時、つまり、時計の回る方向はどちらかと聞けば、これは上や下はなく、右と左になるので選択方式になる。これを記入方式にするのはいたずらに時間をとるばかりであるので、このような場合は多肢選択式にした。また、問題の性質上、多肢選択方式がよいと考えられる場合はこの方式をとった。しかし、これは全体の数の上では極めて少ない。

2. フレームの幅。これはよく小刻みか大刻みかという形でしばしば質問され、また実験の枠組みもこういう形でなされることが多いが、私の考えでは、理想的には能力別にそれぞれの学習にもっともよく合致する幅、学習効果の高い幅がよいと思う。やさしすぎても抵抗がなく、学習が起こらないし、むつかしすぎても、それが意味のつながりの理解を不可能にするようでは勿論いけないし、また、続けて誤るのは学習意欲の上からもよくない。やさしい程よいという考え方はとらず、このような最適の幅という考え方をとったが、将来は能力別プログラムを開発するにしても、さしあたりは人手の点からも経費の点からもそこまでいかないので、昭和37年度はともかく一つの中位の生徒に合致するだろうと推定されるものをつくることにした。（結果の分析を

してみると、われわれの第1次案は一部の中位のものになおむつかしすぎるのがわかった。それらはその結果に基づいて修正された。)

3. 関所。あとかえり、ドリルの問題。スキナーのプログラムは直線的に一本線を進むのであるが、これだとフレーム数が極めて多くなり、経費がかさむし、能力の高い学習者にはあきさせることになるので、スキナー流をとらず、ステージの終わりは関所を設けて、そこがでなかつたらあとがえりをさせるようにした。この関所はドリルを兼ね、10問、または20問用意し、学習の定着をはかると同時に、前のところまでの学習を不十分なものには反復学習を要求した。その基準として、問題の性質によって相当ちがうのであるが、単なる計算問題などの場合、10問のうち2問までは不注意による誤りを許すことにし、もし、10問中、3問間違ったら前にかえるように要求した。概念的な理解のステージではこの方式をとらず、定着がわるいと見た時は、むしろフレームの数を増すようにした。

4. 基準テストの重視。われわれはプログラム学習もあくまで一つの学習指導方式であると思う。その点何ら特別のものではない。従って、学習効果の判定によって審判を受けるべきものと思う。この審判の正しいやり方は学習後の長期にわたる行動観察であると信じるが、この結果を待ってプログラムを修正することは、実際の制作過程としては不可能である。従って、とりあえず直後のペーパーアンドペンシルテストを利用せざるを得なかつた。この点に非常に重要な問題が潜んでおり、紙に書いて答えるという行動ならよいが、考え方とか態度はこれで充分でないことが明らかである。しかし、そのような長期の観察をすてるというのではなく、それは将来のプログラムの改訂資料として大いに尊重することにして、なお、さしあたっての改訂も必要なので、その資料としては直後のペーパーテストを用いることにした。そのような直後の基準テストによって、よい結果を得られない学習指導法はそれが何という名前であれ駄目である。われわれは成績がわるい時、プログラムのフレーム数をふやして理解をもっとよくし、また定着をはかるようにしなくてはならない。

5. フレームごとの通過率。この問題は、小刻みの問題とならんで重要視されてきた。95パーセントを主張した人もいた。われわれも95パーセントを一応の通過率の望ましい水準として出発したが、わが国のように特殊学級が未発達のところではこれを一律にあてはめることはできない。学級によって精神薄弱児が5人いる組も1人いる組も同じ基準というのはよくない。そこで、われわれは、ボーダーラインの子供まで含め、一応 IQ 85 以下はこのフレームの通過率の計算からはずして計算することにした。しかし、われわれの研究によれば、後述するように、高い通過率が必ずしも定着性のある学習とならないことがわかったので、そのステージで基準テストの成績がよい時は必ずしもこれを評価判定としなかつた。

大体以上のような基本方針を決めて作成にとりかかった。

〔プログラムの作成過程の概要〕

われわれは各学年に数名のプログラマーをきめ、プログラムの作成にはいった。第7章に述べ

たような諸家の意見を参考にしつつ、また、各学年間の具体的指導方針が一貫したものであるように特に留意し、また、経費のことも考えながら、一応、次のような過程で作成にとりかかった。

1. 各学年の計算領域の単元構成。
2. 単元の目標の決定。
3. 単元のステージの決定。
4. 第1次案の審議と修正。
5. 第1次案のトライアウト。
6. 終末テストの実施。
7. 第1次案の結果の分析と修正。
8. 第2次案の実施。
9. 終末テストの実施。
10. 第2次案の結果の分析と修正。

このようにして最後の方は修正と実施を繰り返して、終末テストの成績が所定の水準に到達するまで続けるわけである。その間、必要が起これば、単元の並べ変えを行なって学習成績の向上を期したり、その学年に対して単元の目標そのものが高すぎはしないか等の検討も平行して行なわねばならないので、これらの段階は相互に密接な関係にあるといえよう。

〔単元の構成とコスアウトラインの決定〕

前述のような基本方針で、特定の教科書に準拠することなく、プログラム学習自体が要求する単元の構成順序を探索することにした。これには次のことをよく考慮する必要があった。

- (1) その内容を学習するに際して何が前提とならねばならないか。
- (2) 指導方針の体系を一貫させるためには各学年でどのようなやり方で学習が指導されねばならないか。
- (3) 前の単元の学習内容を基礎にして、次の単元が学習されるが、それが拡充発展されるためには、近接させた方がよいか、それとも離して、他の単元をも含めて拡充発展させた方がよいか。
- (4) しかるべきまとめと復習をさせ、学力を定着させるにはどのような順序が望ましいか。

これらの問題は最終的決定は実際にプログラムをトライアウトしてからでないと明確なことがいえないので、原案として出発するに必要な限りの考慮が払われた。

中学3年を例にとると、単元構成の案は次の通りである。

1. 式 の 展 開
2. 因 数 分 解
3. 分 数 式
4. 連立一次方程式
5. 平 方 根

6. 二次方程式

7. 二次関数とグラフ

8. 統計

平方根は、この原案では連立一次方程式の次に置いてあるが、配列上かなり自由度があり、現行の教科書を見ても、代表的9社の教科書のうち2社ほどが一番最初の単元として配列しており、連立一次方程式の前に置いているのが4社ほどある。

〔ステージの構成〕

一つの単元はこれをいくつかの節、つまりステージに分節する。各ステージは一定のきまった形式があるわけではなく、教材の性質に従って、その内容構成をいろいろに工夫した。一つのステージは、これをいくつかの段落に分けることができ、一つの段落は数箇のフレームに分けられる。プログラム学習では、このフレームが最少の学習単位である。一つのフレーム、または段落(フレーム群)にはいくつかのタイプが生じた。それは次の6つである。

- (1) ねらいのフレーム。第1のフレームはタイトルにねらいを書いて、学習者に学習目的を明確に意識させることにした。これは学習が効果的に行なわれるには目的意識が大切であると思われるからである。
- (2) レディネスの段落。ステージの目標を展開するに際しては、まず最初に、それ以前の前提となる学習内容がすでにはっきり定着しているかどうかを確認し、呼び起こしておく必要がある。いわゆるレディネスをつけるフレームで、これに数フレームをとるのを常とした。
- (3) 展開の段落。レディネスが踏み固められ、確かめられると、次に本格的な段階としての展開の段落に入る。ここでは目標となる理解事項や技能の導入が行なわれ、発展させられる。このためには順序を追って相当数のフレームが費されるのが常であった。
- (4) 定着の段落。練習によって理解や技能の定着をはかる段階になると、材料を変えながらいくつかのフレームが反復される。
- (5) 関所と診断テストのフレーム。これは1フレームの中に数個の問題を出し、そこまでに学習し、定着したことを診断し、テストするフレームである。このフレームでは数問題解答してから答を見ることになる。これは直後の強化の原理からははずれるが、紙面の節約のため1フレームに数題を入れた。紙面の都合さえつければ1題に1フレームとるのがよい。このフレームの機能は多面的で自分の力をテストすることが主目的であるが、なおその外に練習と定着も継続的に進行する。ここでの問題排列はそれ以前のと異なり、問題集的になっており、その前のフレームからの転移はあまり期待できず、スモールステップでもない。むしろスモールステップで学んだ後、実力をためすために問題集的構成の中でやってみることによって実力をつけようとしている。スモールステップの弊害として、その前にしかるべきフレームがあるから次の問題がとけるといふ転移の過度の容易さをあげることができる。このフレームではそれを除いて実力をつけようとしているのである。また、こ

ここで失敗したら前に帰ってやることになっており、いわば関所の役目をしている。

(6) まとめのフレーム。以上学んだことをことばでまとめるフレームである。

以上で1つのステージを終わるわけだが、第2ステージ以後はレディネスのフレームはなくてもよいし、まとめは最初のステージにだけ置いた場合もある。一般的な定型を重んじるというよりはそれぞれのユニットの教材の性質が要求する構造を第1に考えることにした。従って最初のステージと最後のステージとではそれぞれ特色ある構造になるのは、ある意味で自然であるという考え方をした。

〔トライアウト用プログラムドブックの構成〕

以上のようにして作成されたプログラムは単元毎に編集され、トライアウト用プログラムドブックとされた。これは一頁の上下を3ないし5段に分けたもので、最初右の頁の1段目だけやっていく。それが終わると右の頁の第2段に下り、以下同様にして最後の段まで下りたら、今度は天地をドンデン返して、また右の頁（さきに左の方になっていた頁）だけやっていく。正解はその問題の頁のすぐ裏のところに書いてある。(217頁付録2参照)

〔レディネステストの作成〕

学習のレディネスがないためにプログラム学習の効果があがらない場合を、プログラム自体の質的水準が低いために学習の効果があがらない場合から区別するためにレディネステストが必要である。これは各単元毎に必要であるので各単元毎に作成された。各単元の学習内容をよく分析し、それに必要な前提となる心的能力を抽出し、それをテスト用の問題に作成した。実施時間はあまり長くとれないので、20分～50分位所要時間を予想してつくられた。

〔基準テストの作成〕

プログラム学習によって何らかの効果がもたらされたとすれば、それは基準テストの上に客観的な形で現われてこなくてはならない。各単元の目標が達成された場合、どのような行動が定着していなくてはならないかを分析し、基準となる学力検査がつけられた。これを基準テストと呼ぶが、プログラムが終わったものに随次それが済み次第実施された。

問題数はなるべく多くし、単元の目標を充分反映するように配慮された。プログラム学習中にあらわれた内容とはほぼ同じものを主な内容にし、それに多少拡大適用を要求する高度な問題が加えられた。この適用の程度は単元によって必ずしも同一ではない。

〔トライアウトの実施〕

トライアウトの実施には詳細な留意事項の厳格な遵守が行なわれた。

現場の教師に依頼して行なったが、教師のための遵守事項としては

1. その単元が未学習であること。
2. 前提となる単元はすでに済んでいること。
3. そのことをレディネステストによって確かめてから単元にはいること。
4. 単元にはいったら、導入などを一斉授業で行なわず、すぐプログラム学習にはいること。

5. 質問は答えてやってよいが、そのことを記録にとっておくこと。
6. 開始時刻，終了時刻を記録用紙に記入しておくこと。
7. やり方の指示を徹底させること。
8. 各自自分の速さで先に進んでよいことを告げるが，決して競争心を駆り立てないこと。
9. プログラムがすんだ生徒には基準テストを実施すること。

児童，生徒に対する遵守事項は

1. これは一見テストの形をしているが，決してテストではなく，新しい勉強の仕方である勉強であること。
2. やり方は指示された通り厳重に守ること。
3. 先の方を勝手に見ないこと。
4. 正答は問題のすぐ裏に書いてあるが，自分の解答を記入する前に決して見ないこと。
5. 自分の解答を記入したら，必ず裏の正答欄に書いてある正答と合わせてみること。これをしてしないで先に急ぐことはよくないこと。
6. もし，自分の解答が間違っていたら，そのわけをよく調べ，そのわけがわかり，正答が自分で出せるまでやり直すこと。
7. 各自自分の好む速さで進んでよいこと。
8. 決して他の人と競争しないこと。

トライアウト実施については細心の注意が払われた。プログラマーにとって制作過程での重要性はいうまでもないが，現在，学習活動を日々進行させている学校でトライアウトを行なう機会は年に1回しかない。たとえば，小学校で大体4月下旬に学習される単元はそのチャンスにやる以外になく，5月になると多くの学校で已習単元となっており，一つ下の学年は前提の単元が済んでいないので使えないし，結局一つ下の学年が必要な水準まで成熟して来るのを待つより外なく，これは次の年の4月下旬まで待つことを意味する。たまたまその単元をまだやっていないという学級や学校を他に求めることは，大体単元の進行順序が決まっている小学校などではほとんど不可能である。従って，トライアウトの機会は年に1回のみということになる。プログラム作成の技術が進んでくれば，1回で終末の基準テストの平均成績が95パーセント以上という好成績がおさめられるようになるが，普通2回修正が必要といわれているので，これは作成期間が約2カ年必要ということを意味し，技術革新によってカリキュラムが年々進んでいくのにプログラム作成のテンポが追いつかないという危険をはらんでおり，この要請に答えるためにはプログラム作成の技術を高める外ない。

第3節 個人別正答率

〔正答と誤答の分析〕

プログラムを改善していくためにはプログラム学習中の生徒の1フレーム1フレーム毎の反応

をいろいろの角度から分析する必要がある。

また、プログラム学習を教授＝学習過程の研究方法として見ると、1フレーム毎の生徒の反応がすべて採取できる点に一斉授業とは比較にならないすぐれた点を認めることができる。

生徒の反応はまず正答、誤答、無答に大別できるが、誤答はこれをさらにいろいろのタイプに分類できる。それぞれのフレームの問題に応じて、それを解決に必要な個々の要素、A、B、C……を欠くために起こる誤りを、それぞれ、Aに起因する誤答、Bに起因する誤答、Cに起因する誤答というように分類することが可能である。しかし、これは1つ1つのフレームが異なるので、ここでは省略し、一般的に用いた生徒別、フレーム別の正答、誤答、無答の分析表は、次の第26表の通りである。左端にステージ別、フレーム番号が並んでおり、一番上の横は生徒番号である。その下は生徒の知能指数、学力段階等が参考のために記入された。

〔個人別累積正答率〕

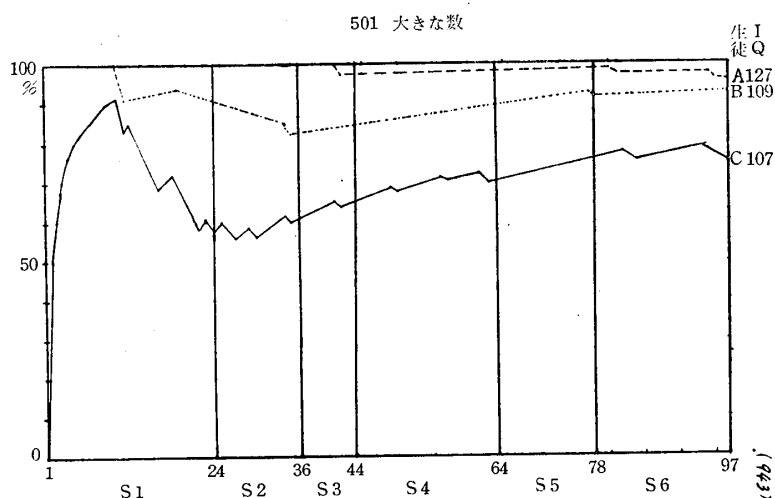
個人 i について、1つ1つのフレーム毎にそれまでのフレーム試行数 N のうち正答数 R がどの程度かを知ることが、プログラム学習の強化率をあらわし、基本的な概念なのでこれを個人別累積正答率と呼び

$$C_{iN} = \frac{R}{N}$$

という公式であらわされる。単元の全フレームについてこれを求めてプロットすると折線グラフを得る。全体としては曲線と見てさしつかえないので、個人別累積正答率曲線と呼ぶ。単元の始めの頃は N の値が小さいので、 C_{in} の値は不安定であるが、プログラム学習の進行につれ安定化に向かう。

この最終値 C_{iT} は個人別正答率と一致する。

$$C_{iT} = \frac{R}{T} = P_i$$



第25図 個人別累積正答率

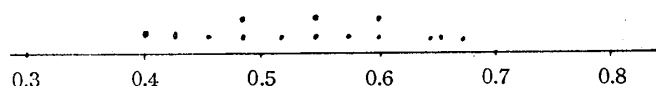
学校		年		組		担当教諭		月		日		実施 No.																																										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
番 在籍番号		氏 名		能 業		知 学		興 味		誤 答 者 数		正 答 百 分 率																																										

小学校5年のA ($IQ=127$) B ($IQ=109$) C ($IQ=107$) の3人の個人別累積正答率曲線は次の第25図の通りである。

〔プログラム学習中の正答率と基準テストの正答率の関係〕

プログラム学習中に正答率の高かった個人は、大体よく学習できた生徒と推定され、終末の基準テスト成績もよいと考えられ、逆にプログラム学習中の正答率の低かった個人は、あまりよく学習できなかった生徒と推定され、終末の基準テスト成績もよくないと考えられる。

この場合、 IQ 85 以下を除くと不当に相関係数を低下するので、この目的のためには IQ 85 以下のものも加えて相関係数を学級別にとると、その分布は次の第26図の通りである。単元の教材としての性質により、また、学級の中の変異度の大小により、相関係数は0.40から0.67にいたっ

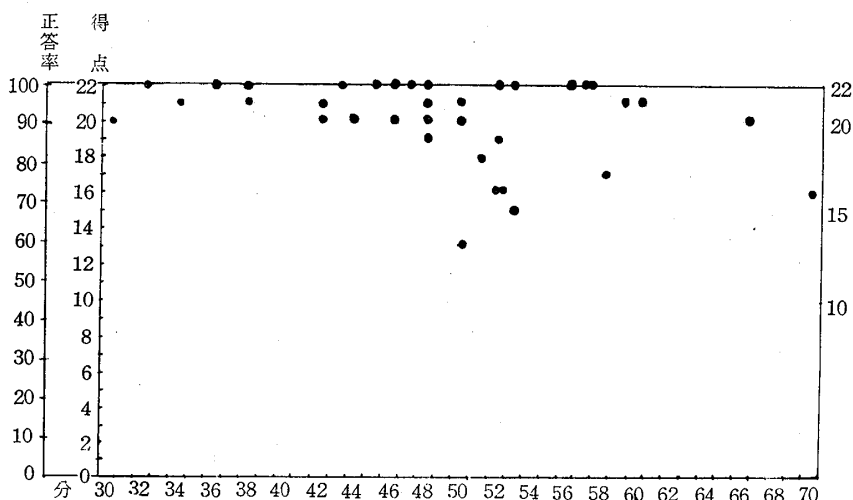


第26図 プログラム学習中の正答率と基準テスト
正答率の相関係数の分布

ており、大体0.5～0.6と考えるとよく、中位の相関関係が存在することを示している。全般的な傾向としてはプログラム学習中の正答率よりも終末テストの成績の方が下がる傾向にある。これはプログラム学習中はヒントや前の問題の支えがあるのに対して、終末テストではそのようなものがないからである。しかし、個々のケースについて見ると、個人別正答率が同じ90パーセントでも、ある個人は終末の基準テストに満点をとるに反し、他の個人はそれより下回る成績をとる。これはどう考えるべきだろうか。プログラム学習では重要な問題を提供しているというべきであろう。それはプログラム学習においては誤答したものは必ずしも学習しなかったわけではなく、正答を見てよく考え、より明確な確認を通して、学習することがある一方、正答したものの中には簡単に正答を見るだけで深く考えず、サッサと通り過ぎてしまうものがあるので、そのようなものは、終末テストでまごつき誤ってしまうこともあるということを意味している。ヒントに頼り過ぎるフレームやプログラマーの知らない手掛かりを発見してそれを頼りにして正答した生徒の中には外見的に正答でも、ほんとうは学習を充分に行っていない生徒がいるわけで、これが終末テストでははからずも暴露されてしまうわけである。

〔所要時間の差と個人別正答率の関係〕

一斉授業と異なり、プログラム学習では各生徒は自分の始むテンポで進むことが許される。その結果所要時間は大きく開く。小学校5年生について示すと次の第27図の横軸の通りで、早い生徒は30分、おそい生徒は70分、倍以上の開きである。中学校になるともっと個人差がついてきて、実に3倍に開くこともめずらしいことではない。第27図には、個人別正答率が縦軸にとってあり、これによると、早くできた生徒は大体において成績のよい生徒であることがわかる。この



第27図 所要時間と終末テキスト成績約分と通分 H小学校5年

第27図によると児童は所要時間と正答率の関係から大体4つの群に分けて考えることができる。

早くできたグループ。これは個人別正答率も大体よい児童群で、知能も高く、学力もすぐれたグループである。

中位に早くできたグループ。このグループも成績は大体よく、あわてず、ゆっくり落ち着いてやった跡がよく見られる。

おそいグループ。このグループの成績は全体としてやや落ち、よいものもいるかわりに低いものも多い。その幅はさきの2つのグループに比較して明らかに大きくなっている。全体として落ちていることでもわかるように、このグループの中にはすぐれた児童はあまり含まれていない。このプログラムが合致しない児童もいるらしく、その点から考慮の必要もある。

特におそいグループ。特におそい児童は明らかにこのプログラムがむづかしすぎた児童である。成績も飛び抜けて悪く、もっと学年を下げるなりしてちがったプログラムを与える方がよいと思われる。そしてこのことは、このプログラムの質的水準云々の問題というよりも今の学級編成の問題であると思われるのでここではこれ以上触れないことにする。

〔個人別正答率の男女差〕

プログラム学習の過程における個人別正答率について、男女差があるかどうかという問題はすでにホランドによって研究されているが、われわれもこれを確かめてみることにした。ただこの問題はその性質上、おそらく、教科毎学年毎にさまざまな異なる結論が生まれると思われる。われわれの資料は小学校算数および中学校数学に限られているが、この資料に関する限り男女差は見られなかった。

一例として、中学校2年生の単元「式の計算」について、3学級を合計した、男子計78名、女子計61名、合計140名の資料を用いると次の第27表の通りである。 χ^2 検定を行なった結果、 $\chi^2 = 4.62$ で、有意差はないことがわかる。(なお、ここでは計算の便宜上、この単元におけるプログ

第27表 プログラム学習中の誤答数の男女別分布

誤 答 数	0～9	10～19	20～29	30～39	40～49	50以上
男	3	17	20	15	13	11
女	4	16	16	17	7	1
計	7	33	36	32	20	12

$$\chi^2=4.26 \text{ 自由度}=5$$

ラム学習中の個人別誤答数によっている。)

以上でプログラム学習中の個人別正答率の分析を終り、ひきつづいて学力段階別（第4節）レディネスおよび知能段階別（第5節）の分析に進む。

第4節 従来の学力段階との関係

〔従来の学力段階とプログラム学習中の正答率と終末テストの正答率〕

プログラム学習は従来の一斉授業が比較的ラージステップであるに対し、スモールステップであるし、プログラムを読んで理解し、それに解答するという視覚中心の現在のプログラムを使った場合、視覚の外に聴覚も大きく関係していた従来の一斉指導による学習過程とは、相当異なった学習過程が展開していると推定される。また、個人の好むテンポで行なうということは従来の一斉指導ではついていけなかった人々を大分救うだろうということも考えられる。しかし、他方、同じ学習なのだから、やはり学習適性の高いもの程、従来、学力の高かったもの程、質的に高いプログラム学習が展開されるだろうという推定も成り立つ。

この問題を検討するために、従来の学力段階別にプログラム学習中の正答率の平均および終末テストの正答率の平均を算出したのが、次の第28表である。プログラム学習中の成績欄を見るとやはり従来の学力段階で高いもの程プログラム学習中の正答率の平均も、終末テストの正答率の

第28表 学力段階別に見たプログラム学習正答率および終末テスト正答率
(S中学校2年「式の計算」)

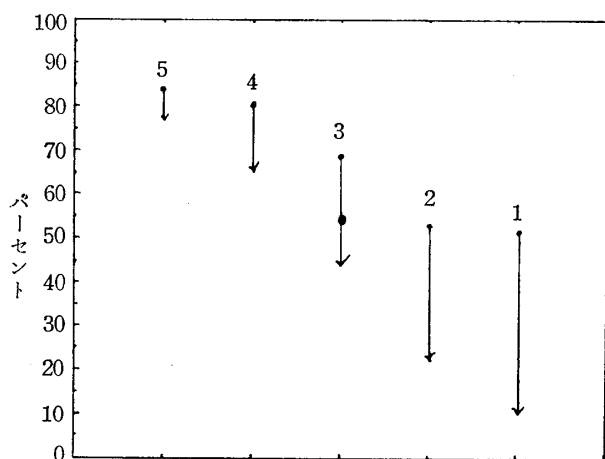
学 力 段 階	人 数	プログラム学習 中の正答率 a	終 末 テ ス ト の 正 答 率 b	a - b	$\frac{b}{a} \times 100$
5	3	83.7	77.3	6.4	92.4
4	9	80.4	65.3	15.1	81.2
3	26	68.6	44.0	24.6	64.1
2	7	52.6	21.7	30.9	41.3
1	2	51.5	10.0	41.5	19.4

平均もよいことがわかる。従って関連性が0でないということが推定される。(相関関係の程度については後に述べる。)

〔従来の学力段階別に見たプログラム学習中の正答率と終末テストの正答率の差〕

一般的にいて、終末テストの成績は、プログラム学習中の成績よりも落ちるのが普通であ

る。しかし、稀には、プログラム学習で少し誤答をして、98パーセント位であってもその結果よく学習すれば、終末テストには100パーセントをとる個人もいる。つまり、誤答をしてもその経験を生かして学習しえたものは終末テストでより高い正答率をとることができる。しかし、プログラム学習中は前のフレームの支えもあるし、そのフレームの中のヒントもあるので正答率が高いが、終末テストには、このような支えもヒントもないのでどうしても成績が下がるのが普通である。しかし、その下がり方の程度はどうであろうか。この点を調べたのが前の第28表の(a-b)の欄である。これは学力段階別に顕著な相違があることを示している。つまり、学力段階5のものはわずか6.4パーセント低下であるのに、学力段階が下がるにつれてその差は増大し、学力段階



第28図 学力段階別のプログラム学習中の正答率と終末テストの正答率の差

階1では41.5パーセントも低下している。

これを図示すると次の第28図の通りである。またこれを比の形にして調べてみると、 $\frac{a}{b} \times 100$ の欄の通りで、学力段階5のものは、92.4パーセントの歩留まりを示し、プログラム学習中の正答率とはそう大きく変わらない成績を示しているのに、学力段階が下がるにつれ、その割合は急速に低下し、学力段階1のものはプログラム学習中は半分できていても、実際の学力は1割しか定着しておらず、プログラム学習中の正答率を100とすると約20にすぎない。

前のフレームの支えやそのフレームのヒントがなくなった時、学力段階の低いもの程大きく崩壊するのは、プログラム学習中の正答がある程度見せかけに過ぎず、よく定着していないことを示しているように思われる。彼らにもっと練習の回数を与えられるべきことを示唆しているように思われる。これに反し、学力段階の高いものは一度正答したらそれでよく定着していくし、練習をそれ程必要としないらしい。

〔従来の学力段階とプログラム学習中の正答率の相関関係〕

以上の研究は、学力段階別の正答率の平均の差を問題にしており、学力段階と正答率の関連性を問題にしていない。これを検討するため、従来の学力段階とプログラム学習中の正答率の関連性が問題にされた。H中学校1年生53名を対象として、式の計算の単位をとりあげ相関係数を算出したところ、 $r=0.32$ という値を得た。これはやはり関連性があることを示しているが、低い相関関係があることを示している。ただ問題になるのは、教師の判断による学力の5段階には主観性が混入しており、それが、実は存在するかもしれないより高い相関関係を不当に低くあらわしているかもしれない。これを排除するために教師の判定の代わりに従来の、しかし比較的接近した時期に行なわれた客観的学力検査成績が用いられた。これによると少し上昇して、 $r=0.40$

であった。これもやはり低い相関関係というべきだろう。プログラム学習中の正答率というのは、単に学力だけでなく、落ち着いてあわてない態度とか、いろいろ性格的な要因も大きく作用していると思われる。これらの要因がはいっているため、従来の学力段階との相関関係は低くなっていると思われる。

〔従来の学力段階と終末テストの正答率の相関関係〕

それでは、プログラム学習後の基準学力テスト、いわゆる終末テストの正答率は、従来の学力段階とどの程度の相関関係があるだろうか。さきの資料と同じものについてこれを計算したところ、 $r=0.28$ という値を得た。一般的にいて、従来の授業後の学力テスト成績と教師判定の学力段階との間には、0.80位の相関関係があるのが普通なので、この値は相当低いといわざるを得ない。つまり、プログラム学習によってもたらされる学力は、従来の一斉授業でもたらされる学力とは相当質的に違ったものであると推定できる。なお、従来の、しかも比較的接近して行なわれた客観的学力検査成績とプログラム学習後の学力検査成績は、 $r=0.40$ であった。これもやはり低い相関関係しかないというべきである。

以上の結果は、学習指導法が一斉指導からプログラム学習に変るに従って、学力を伸ばされるグループがある程度変わってくることを示しており、プログラム学習によって救われるグループがあることを予想させるものである。この点については本章第6節でまた触れることにする。

第5節 レディネスおよび知能水準との関係

〔プログラム学習と学力の発達曲線〕

プログラム学習においては学習者がフレームを追って学習して正答をしまたは誤答をしていくにつれて、学力も次第に高まっていくと考えられる。そして最後は終末の基準テストの正答率に見られるような学力の蓄積を現わす。学習者がレディネスも充分あり、モチベーションも充分ある時、もしプログラムがよくできていれば正答が連続し、終末の基準テストでは満点をとれるはずである。このような理想的な学力の発達曲線を小学校5年算数の第1単元「十進数」を例にとって模式的に書いてみよう。

この単元はフレーム数94で次の5つのステージから成り立っている。

1. 億や兆の読み方 (30フレーム)
2. 億や兆の書き方 (14フレーム)
3. 億や兆の位の間の関係 (20フレーム)
4. 億や兆の位の間の10倍、100倍、1000倍、 $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ 等の関係 (24フレーム)
5. 億や兆の位の数を3けた区切りにした場合の読み方 (6フレーム)

この第1ステージは、次の第29表のようなフレームから成り立っており、段落ごとに学力が一段一段上昇していく。

このような学力の水準の段階的上昇を図示すると次の第29図のようになる。

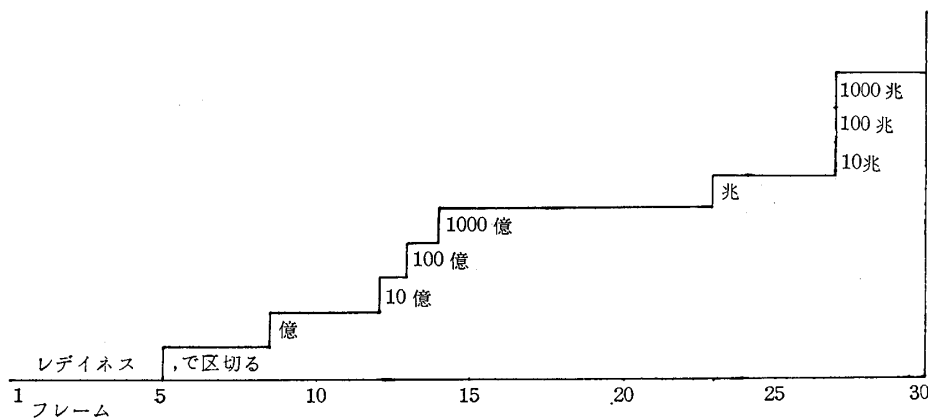
第29表 501 十進数 第1ステージ (1~30)

〔ねらい〕 473852はどう読めばよいでしょうか。ここでは万よりもっと大きい数、億や兆についての読み方を勉強しましょう。億や兆について読む時にはどんなことに気をつけたらよいでしょうか。

フレーム番号	フレーム内容	正解
1	昭和36年5月1日の日本の小学生のうち、男子の数は5984780人でした。これは五百九十八万七千八百八十人と読みます。同じ年の女子の数は5731926人でした。読み方を書きましょう。 <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> 5 7 3 1 9 2 6 ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ 百 十 万 千 百 十 一 万 万 </div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 1.2em; margin-left: 10px;"></div> </div>	五百七十三万九千二百六十八人
2	男子と女子の合計の人数は11716706人です。この数で④の位は何でしょうか。 <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> 1 1 7 1 6 7 0 6 ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ④ 百 十 万 千 百 十 一 万 万 </div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 1.2em; margin-left: 10px;"></div> </div>	千 万
3	11716706人は何人でしょうか。読み方を書きましょう。	千百七十一万六千七百六十八人 または一千百七十一万六千七百六十八人
4	57364819で万の位の数字はどれですか。○でかこみましょう。 57364819 万の位の下には何けたあるでしょうか。	573⑥4819 四けた
5	43158888を読む時には4315,8888のように万の位のすぐ右下に「,」を打つときがあります。つぎの数の万の位のすぐ右下に「,」を打ちましょう。57342968	5734,2968
6	57342968は5734,2968のように万の位のすぐ右下に「,」を入れると万から上が四けたあります。上の数の読み方を書きましょう。	五千七百三十四万二千九百六十八
7	つぎの数の読み方を書きましょう。 ① 43279135 ② 54396000 ③ 63009407 ④ 80070062	①四千三百二十七万九千三百三十五 ②五千四百三十九万六千 ③六千三百万九千四百七 ④八千七万六十二
8	千万より一つ上の位を億といいます。つぎの数で④は何の位でしょうか。 <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> 2 3 7 5 6 0 0 0 0 ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ④ 千 百 十 万 千 百 十 一 万 万 万 </div> </div>	億
9	237560000は億の位が2ですから二億三千七百五十六万と読みます。 453410000は何と読むでしょうか。読み方を書きましょう。	四億五千三百四十一万
10	882145326で万の位の数は何でしょうか。 億の位の数は何でしょうか。	4 8
11	862145326の読み方を書きましょう。	八億六千二百四十四万五千三百二十六
12	億より一つ上の位を十億の位といいます。つぎの数の読み方を書きましょう。 8300000000 ⋮ 億	八十三億
13	十億より一つ上の位を百億の位といいます。つぎの読み方を書きましょう。 58300000000 ⋮ 億	五百八十三億
14	百億より一つ上の位を千億の位といいます。つぎの数の読み方を書きましょう。 658300000000 ⋮ 億	六千五百八十三億

フレーム 番号	フ レ ー ム 内 容	正 解
15	497326581249で万の位の数は何でしょうか。 億の位の数は何でしょうか。	8 3
16	つぎの数の読み方を億まで、万まで、それ以下に分けて書きま しょう。 25943276925 ⑥ <input type="text"/> 億 ⑦ <input type="text"/> 万 ⑧ <input type="text"/>	⑥ 二百五十九 ⑦ 四千三百二十七 ⑧ 六千九百二十五
17	つぎの読み方を書きましょう。 497326581249 億 万	四千九百七十三億二千六百 五十八万二千二百四十九
18	大きい数を読むときには万や億の位を手がかりにして読みます。 右から数えはじめの四けたは一、十、百、千つぎの四けたは万 が……一、十、百、千またつぎの四けたは億が…… <input type="text"/> , <input type="text"/> , <input type="text"/> □となっています。 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 : : : : : : : : : : : : 千 百 十 一 千 百 十 一 千 百 十 一 億 万	一、十、百、千
19	つぎの数を右から四けたごとに「，」を打ってくぎりなさい。 34692583524	346,9258,3524
20	4346,9258,3524の読み方を億まで、万まで、それ以下に分けて書 きましょう。 ⑥ 億 ⑦ 万 ⑧	⑥ 四千三百四十六 ⑦ 九千二百五十八 ⑧ 三千五百二十四
21	つぎの数を四けたごとにくぎってから読み方を書きましょう。 ① 5234765384 ② 269483694236	① 五十二億三千四百七十 六五万三千三百八十四 ② 二千六百九十四億八千 三百六十九万四千二百 三十六
22	つぎの読み方を書きしょう。 ① 30264000000 ② 420090000000 ③ 703200800000	① 三百二億六千四百万 ② 四千二百億九千万 ③ 七千三十二億八千万
23	千億より一つ上の位を兆の位といいます。 4235600000000 千 億 上の数で兆の位の数は何でしょうか。	4
24	4235600000000は兆の位の数が4ですから <input type="text"/> 兆二千三百五 十六億と読みます。上の <input type="text"/> の中に漢字を書き入れましょう。	四
25	四けたごとに数をくぎると右から三番目の「，」のすぐ左の数の 位は何の位になりますか。 6,3265,2000,0000 千 億 万 □の中に位の名前を書きましょう。	兆
26	四けたごとにくぎってつぎの数の読み方を書きましょう。 ① 7000000000000 ② 5420000000000	① 七兆 ② 五兆四千二百億
27	兆の一つ上の位は十兆、十兆の一つ上の位は百兆、百兆の一つ 上は千兆の位です。つぎの数の読み方を書きましょう。 4325,0000,0000,0000	四千三百二十五兆
28	つぎの数を四けたごとにくぎってから読み方を書きましょう。 ① 5436529436254639 ② 8305062000000000 ③ 9007700500000000	① 五千四百三十六兆五千 二百九十四億三千六百 二十五万四千六百三十 九 ② 八千三百五兆六百二十 億 ③ 九千七兆七千五億

フレーム番号	フレーム内容	正解
29	つぎの読み方を書きましょう。 ① 29536000000 ② 7204900000000 ③ 53267000000000	① 二百九十五億三千六百万 ② 七十二兆四百九十億 ③ 五百三十二兆六千七百億
30	日本の人口と世界の人口を書いたものです。それぞれ何人でしょう。 ① 日本の人口 93418501人 ② 世界の人口 2905000000人	① 九千三百四十一万八千五百一人 ② 二十九億五百万人
ステージ2以下略		



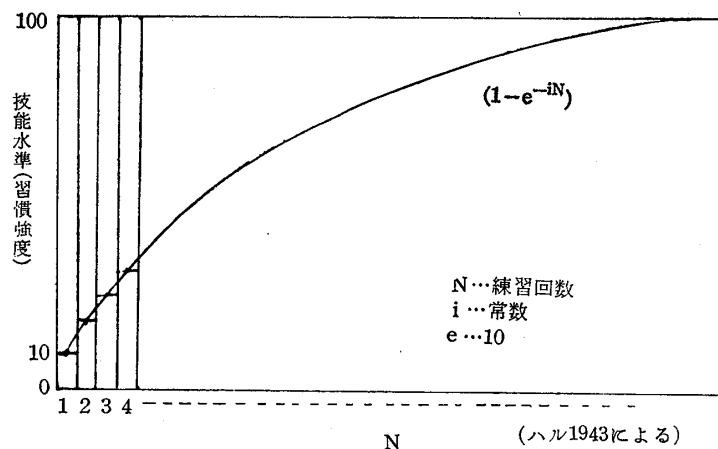
第29図 学力の段階的上昇
501 第1ステージ

〔学力の発達曲線の性質〕

この学力の発達曲線は意味理解と技能の混合されたもので、特定の型を想定することはできない。この理由は2つある。1つはこの発達曲線はここに用いられたプログラムの構造や質に大きく依存しているからである。同じ十進数のプログラムでもプログラマーがちがうと、理解や技能の定着のためのフレームの割合がある程度ちがってきて発達曲線も当然ちがってくる。そして一定水準の学力が養成される以上、ある型の発達曲線をもたらすプログラムよりも他の型の発達曲線をもたらすプログラムの方がよいということはいえない性質のものである。個々の学習者についてはどの型の方がよいといえるかもしれないし、大ざっぱに言って、全体としてこういう発達曲線の型がよいといえるかもしれないが、どの学習者にも妥当する一般型をいうことは不可能である。第二の理由はどの学習内容にも妥当する一般型をもとめることの不可能な点である。算数や数学においては、学習内容は意味理解と技能に分けられるが、意味理解の程度の測定に、適切な測定単位を設定することは不可能である。勿論学力検査は大なり小なりこれを問題群における正答の数とか割合という尺度に投影して測定しているわけであるが、この問題数というのはまだまだ任意的なもので、こうでなくてはならないという特定の測定尺度が決まっているものではな

い。あくまでも近似的な意味でいえるに過ぎない。さきの第28図の模式的な図の単位もあくまで近似的である。

次に技能について考えてみよう。まずある簡単な単一の技能が反復練習によって定着されていく発達曲線は、ある水準点を出発点として次第に高まっていく負の指数曲線であると考えられる。たとえば $3 \times 2 = 6$ という技能を考えてみると1回だけの学習でそれ以後すべて正答というわけにはいかない。何回かの練習によって技能が少しずつ高まっていく。これを模式的に図示すると次の第30図のようになる。(ハル*による)



第30図 技能の発達曲線

しかし、もっと大きくまとまった技能として掛け算能力というものを考えると、なかなか複雑でそう簡単にはいいきれない。しかし、単一型にはほぼ似たものになるということができよう。いろいろな九九の掛け算を練習するごとに学力はふえていくが、始の方の微増分は大きいのに対して、後の方の微増分は小さいと推定できるので、複雑な技能も単純な技能の複合体として、ほぼ同じような負の指数曲線を描くと考えてよからう。

ここにとりあげた単元「十進数」は理解と技能が複雑に入りまじったものと考えることができるので、係数や指数の値はちがうだろうが、基本的にはやはり負の指数曲線を推定できる。

〔巨視的学力発達曲線と微視的学力発達曲線〕

単元全体で養成される学力をまとめて1つと考え、その学力発達曲線を考える場合と、単元展開の節々、つまり、プログラム学習のステージまたは段落ごとに分けて考える場合とで学力発達曲線はちがってくる。前者はステージおよび段落構造によって左右されないが、後者はこれに大きく左右されるからである。前者を巨視的学力発達曲線と呼び、後者を微視的学力発達曲線と呼ぶことにする。従来の一斉授業では、単元展開の節々の学力発達曲線、つまり微視的学力発達曲線を描くことは困難であった。その節々で学力検査をすればできないことはないが非常に無理である。プログラム学習においては、たとえば段落ごとに学力が1つずつ上っていくと考えると可

* Hull, C.L.: Principles of Behavior. §8. Appleton-Century-Crofts, 1943.

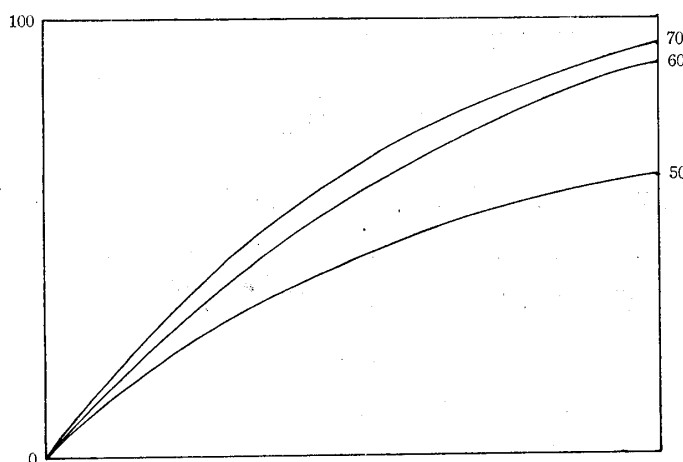
能となる。終末の基準テストをプログラムの段落と対応させ、その成績を基礎にして、段落ごとに何割の得点がなされたかを調べ、その割合を高さであらわせば、単元展開中の学力発達の状況を知ることができ、教授＝学習過程の理解を一段と深めることができる。これはプログラム学習が教授＝学習過程の研究方法に果し得る大きな貢献といわざるを得ない。

〔知能段階別の巨視的学力発達曲線〕

K市のK小学校5年25名に実施したプログラム学習後の基準テスト得点の中間数は次の第30表の通りであり、これを巨視的学力発達曲線であらわすと第31図の通りである。これによると、知能偏差値の段階の順序によくできていること、さらに、同じ10点差ながら、知能偏差値70のグル

第30表 知能段階別の基準テスト得点

知 能 段 階	人 数	得 点 (中間数)
知 能 偏 差 値 70 (65以上)	5	93.2
“ 60 (55～64)	6	89.7
“ 50 (45～54)	11	63.6



第31図 知能段階別の巨視的学力発達曲線

ープと60のグループの開きはそれ程大きくないが、知能偏差値60のグループと50のグループの開きは相当大きいことを知る。また、プログラム学習では基準テストで90パーセントの成績をとるようプログラムを改訂しなければならないとされるが、現段階のわれわれのプログラムは、知能偏差値60のグループ、つまり知能偏差値55以上のものには大体よいが、それ以下のものには、もっとスモールステップにするとともに練習のフレーム等も増す必要があることを知る。

〔レディネステスト正答率の段階別に見た基準テスト正答率〕

われわれは、小学校5年生の第1単元「十進数」で、億や兆について学習するに際しては、そのレディネスとして、それ以前に万の位についてよく学習されている必要があると思う。そのようなレディネスの欠如は当然プログラム学習の効果に影響を及ぼしてくると思われる。この関数

第31表 レディネステスト

501 十進数

(1) つぎの数字をかん字になおしなさい。

① 96875243

② 52008060

(2) つぎの数はいくらですか の中にかきなさい。① 100の10倍 ② 1000の100倍 ③ 1000の1万倍 ④ 200万の1/10 ⑤ 10万の1/100 (3) 下の の中に数を入れなさい。① 70129865は一万が と一が ② 49860000は千万が と一万が ③ 39.628は0.001が あつまったものです④ 十万が76こと千が25ことあと103では、 です。第32表 レディネステスト正答率別に見たプログラム学習中の正答率と
基準テスト正答率

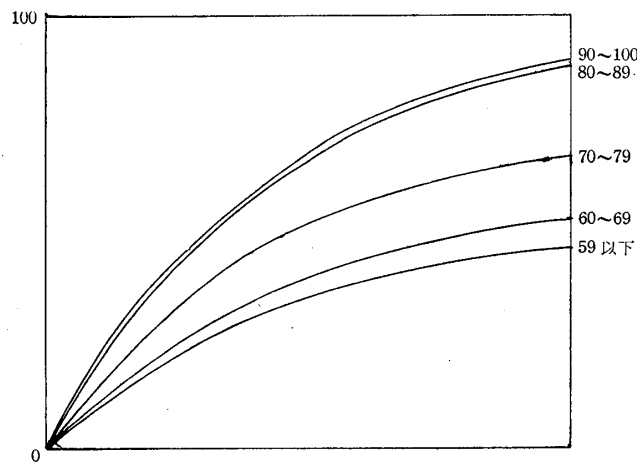
レディネステスト 正答率	人 数	プログラム学習中 の 正 答 率	基準テストの正答率
90 ～100	6	95.5	88.6
80 ～ 89	6	96.7	88.3
70 ～ 79	5	94.5	65.9
60 ～ 69	5	90.9	52.7
59 以下	3	76.0	46.2

関係を知るために、まず「十進数」の億や兆の学習前に、万の位についてのレディネステストを実施し、レディネスの充足率を測定した。このレディネステストは上の第31表の通りである。この正答率段階別のプログラム学習中の正答率および終末テストの平均点は、上の第32表の通りである。これによるとレディネスはこの場合、大体80パーセント以上あればよいことを知る。また、レディネステストの正答率が80パーセント以下のものはこの単元の学習に入ってもあまり学習効果を期待できないことがわかる。単元に入る前のレディネステストで万の位について80パーセント以下しか知らないことを発見されたものは、この単元に入るよりもむしろ、4年生の単元「大きな数」で万の位について学習をするべきである。そしてプログラム学習では、その教室内で該当者だけにこの単元「大きな数」のプログラムを与えて学習させることが可能である。個人進度なので、この「大きな数」が済み次第、5年生の本来の単元「十進数」に進ませるべきである。すべての単元について、このようにレディネステスト正答率の判定基準をつくっておくことは無駄な学習を前もって避け学習効果を高める所以であろう。

〔レディネステスト正答率の段階別に見た巨視的学力発達曲線〕

知能段階の場合と同じように、レディネステスト正答率の段階別に、終末の基準テストの成績から負の指数曲線としての巨視的学力曲線を推定すると、次の第32図のようになる。

以上、知能段階別、レディネステスト正答率の段階別に巨視的学力発達曲線をみたので、次に



第32図 レディネステスト正答率別巨視的学力発達曲線

微視的学力発達曲線に移ろう。

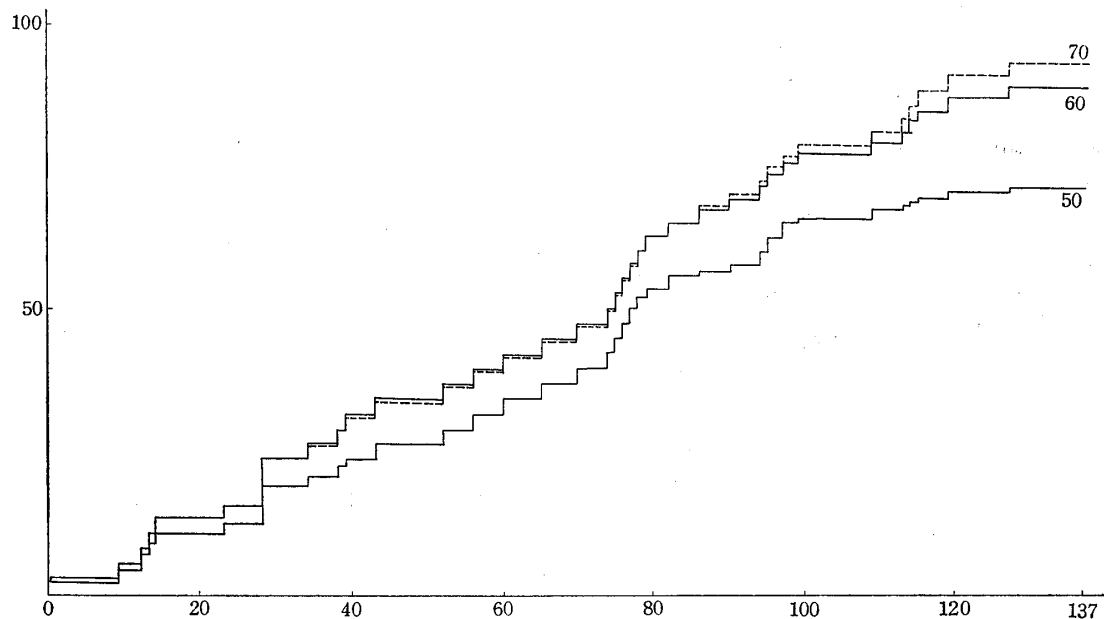
〔知能段階別の微視的学力発達曲線〕

第28図(979頁)で示したように、単元「十進数」で養成される学力は、

- 1) , で区切る。(4つごと)
- 2) 億の位の概念。
- 3) 10億の位の概念。
- 4) 100億の位の概念。
- 5) 1000億の位の概念。

以下略

というように1段階1段階上昇していき、全部で37段階ある。終末の基準テストで満点をとったものは、この段階に沿って学力を蓄積させ、上昇させていったと考えることができる。この1段は大体プログラムの方の1段落に対応すると考えてよいが、中には特例もあって、第27フレーム(678頁の第29表参照)の場合のように、10兆、100兆、1000兆が一緒に書いてある場合は、この1フレームだけで3段階上昇する。1つの段落ごとに対応する基準テストの問題をつくっておき、基準テストで成功していたらそれに対応する段落のところで1段階上昇し、部分的にできていたら、その割合だけ上昇し、0点なら全然上昇しないというようにすると微視的学力発達曲線を得る。知能偏差値の段階別にこうして蓄積していったのが、次の第33図である。これによると始のうちは3つのグループが相似的に伸びているが、後の方3分の1以後は、知能偏差値50のグループの伸びが思わしくないことを示している。これは知能偏差値50、つまり「中の中」の部のグループのモチベーションが続かなかったが、後の方で学力を獲得していくに必要なレディネスを前半の学習で充分身につけ得なかったためと思われる。今後の修正に際しては、前半での



第33図 知能段階別の微視的学力発達曲線

学力蓄積がもっと高い水準で行われるよう前半をもっとスモールステップにするとともに、後の方は根本的に考え直す必要があろう。

〔レディネステスト正答率および知能偏差値双方の関数としてのプログラム学習中の正答率と基準テストの正答率〕

以上は知能偏差値およびレディネステスト正答率のそれぞれ単独の関数としてプログラム学習中の正答率と基準テストの正答率をあつかってきたが、今度は双方の関数として扱う。知能偏差値およびレディネステストの正答率は教師がプログラム学習を開始するに先だって得ることのできる重要な指標であり、その単元に入るべきかどうかを決定するに際して考慮すべき2つの欠くべからざる指標である。この2つから、ある程度、プログラム学習中の正答率および基準テストの正答率を予測することが可能である。そのためにはこの関数関係を数学的モデルにあらわし、これに基いて予測するのが一番よい。

われわれは、まず、終末の基準テストの正答率を知能偏差値の段階別に分類して後さらにそれをレディネステストの正答率の段階別に分類し、その1つ1つの細胞ごとに中間数を計算し、スムージングを行いグラフに記入して曲線の性質を考察した。その結果、レディネステストの正答率が低下していくのに応じて、基準テスト正答率が低下していく関数関係は指数曲線をあてはめるのが最もよいという結論を得た。

われわれの場合に適当と思われる指数曲線の一般式は次の式であらわされる。

$$P = K - ae^{b \times p}$$

ただし、 P ……求める基準テスト正答率

K ……常数でこの場合100

a, b ……係数,

p ……レディネステストの正答率, この場合独立変数。

知能偏差値50, つまり45~54のグループについて, a, b の値を求めると,

$$a=5.4535.$$

$$b=0.01049.$$

を得たので,

$$P_{50}=100-4.535 e^{0.01049 \times p}$$

同様にして, 知能偏差値50のグループのプログラム学習中の正答率が, レディネステストの正答率の低下に応じて低下する指数曲線は,

$$p'_{50}=100-4.2379 e^{0.00755 \times p}$$

これを図示すると次の第34図のようになる。レディネステスト正答率80パーセントのものは, プログラム学習中の正答率92パーセント, 終末の基準テスト86パーセントと予測される。

同様にして, 知能偏差値60のグループについては, 基準テスト正答率

$$P_{60}=100-4.9436 e^{0.00905 \times p}$$

また, プログラム学習中の正答率

$$p'_{60}=100-2.6795 e^{0.00635 \times p}$$

を得た。

これを図示すると次の第35図のようになる。

全く同様にして, 知能偏差値70のグループについては, 基準テスト正答率

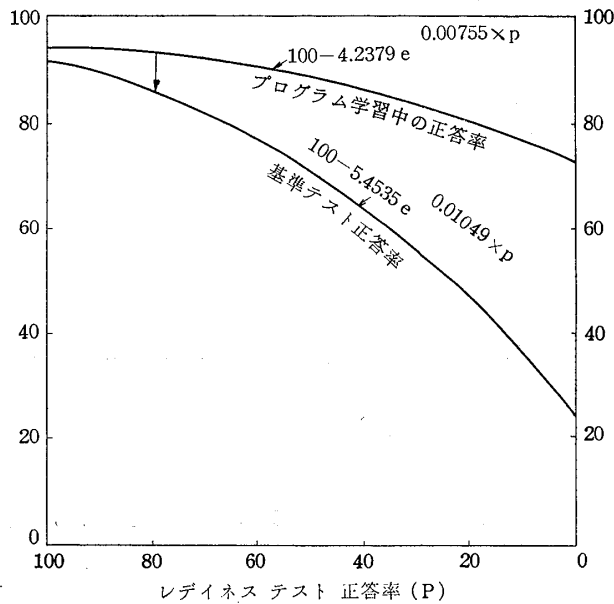
$$P_{70}=100-2.9027 e^{0.00750 \times p}$$

また, プログラム学習中の正答率

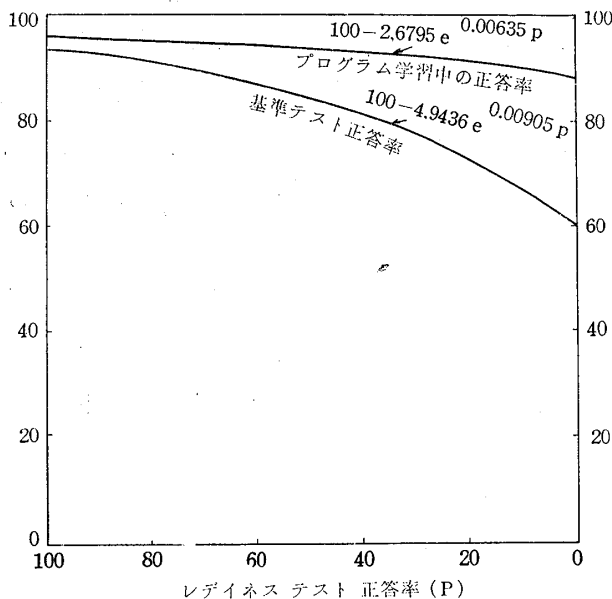
$$p'_{70}=100-1.7212 e^{0.0054 \times p}$$

これを図示すると, 次の第36図のようになる。

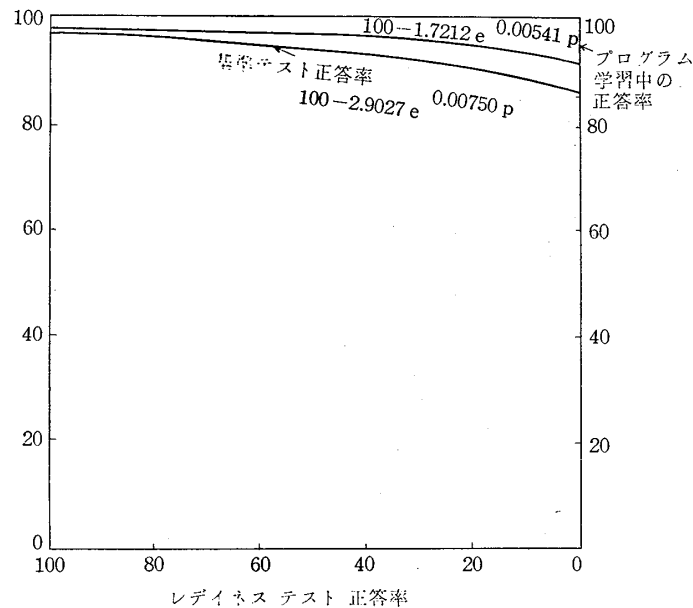
このような数学的モデルの長所の1つは, 他の知能偏差値のグループについて



第34図 レディネステスト正答率の関数としてのプログラム学習中の正答率および基準テスト正答率
知能偏差値45~54のグループ



第35図 レディネステスト正答率の関数としてのプログラム学習中の正答率および基準テスト正答率
知能偏差値55~64のグループ



第36図 レディネステスト正答率の関数としてのプログラム
学習中の正答率および基準テスト正答率
知能偏差値65~74のグループ

も公式を解いて予測できる点にある。しかしそのためにはこのような数学的モデル自体が正確であることが要求される。

われわれのデータの中に知能偏差値44, レディネステスト正答率9パーセントという児童が1人いた。1人であるため安定した数値とならないので, 知能偏差値44の曲線を取り得なかったが, 上述の知能偏差値70, 60, 50の数学的モデルがもし正確なら, それを外挿することによって知能偏差値44の曲線を数値計算できるはずである。

さきの一般式 $P = K - ae^{b \times p}$

で, 知能偏差値の変化に応じて, a, b の値は2次曲線的に変化しているのを知る。

そこで, 2次式の一般式

$$a = lI^2 + mI + n$$

と置いて, 3つの聯立方程式

$$\begin{cases} 2.9027 = l \times 70^2 + m \times 70 + n \\ 4.9436 = l \times 60^2 + m \times 60 + n \\ 5.4535 = l \times 50^2 + m \times 60 + n \end{cases}$$

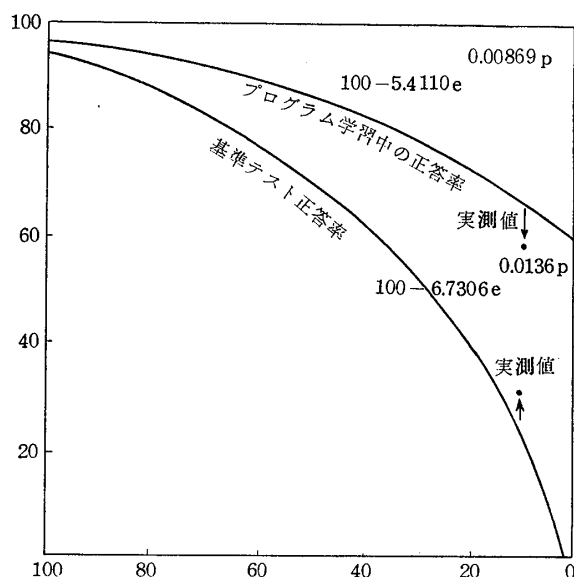
を, l, m, n について解き, $I = 44$ を代入すると,

$$a = 6.7306$$

同様にして, $b = 0.01361$

を得る。

つまり $P_{44} = 100 - 6.7306 e^{0.01361 \times p}$



第37図 レディネステスト正答率の関数としての
プログラム学習中の正答率および基
準テスト正答率（推定）
知能偏差値 44

同様にして、プログラム学習中の正答率

$$p_{44}' = 100 - 5.4110 e^{0.00869 \times p}$$

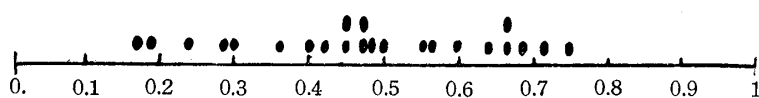
これを図示すると左の第37図のようになる。実測値とそれ程大きく離れていないのは数学的モデルの正しさを示すものといえよう。

なお、われわれはこの単元に関する限り、どのような知能偏差値のものも、この数学的モデルによりプログラム学習中の正答率および終末の基準テスト正答率を予測することができる。

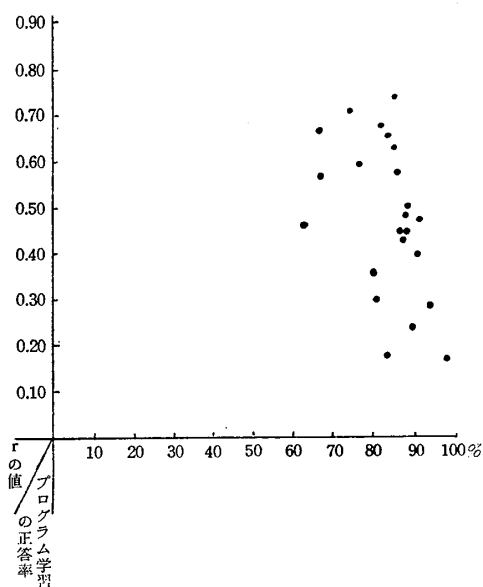
〔知能段階とプログラム学習中の正答率との相関関係〕

単元別、学級別に知能段階（知能指数または知能偏差値）とプログラム学習中の正

答率との相関係数が求められた。その分布は次の第38図の通りで、ほとんど相関関係がないと思

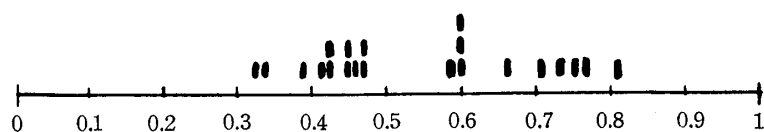


第38図 プログラム学習中の正答率と IQ の r



第39図 プログラム学習中の正答率と IQ と
の r の分布図

われるものから0.75というような高い相関関係まであり、一般的に言えば相関関係があるという結論を得る。このような相関係数の開きが何に由来するかを考えると、まず第1にサンプル数が1学級4, 50人程度で小さいことからくる数値の不安定性がある。（この点では200人以上であることが望ましい。）次に単元として取りあげられた教材の性質が知能との関連性の少ない計算技能的なものか知能との関連性のより高い適用問題的なものかの相違、さらに学級自体の等質性の問題がある。なお、相関係数の高低が単元全体の困難度（プログラム学習中の正答率の平均値）の高低と関係しているかどうかを調べてみると左の第39図

第40図 終末テストの正答率とIQの r

の通りで関係なしといえる。

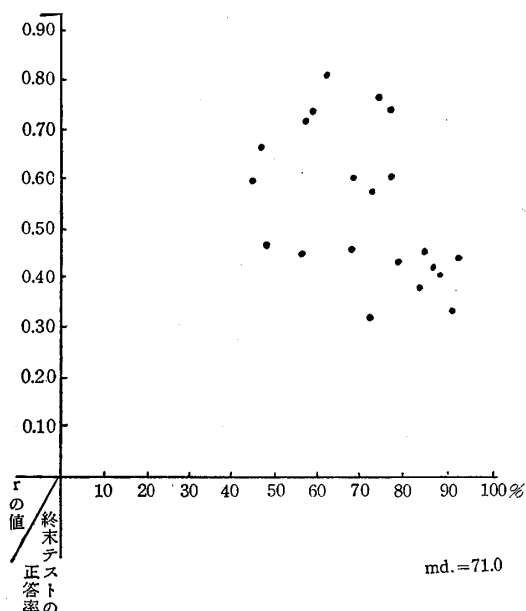
〔知能段階と終末の基準テストとの相関関係〕

次に知能段階と終末の基準テスト、つまり学力検査で測定された学習効果との相関関係を調べてみると、上の第40図の通りで、ここでも相関係数は0.33から0.82まで開いているが、一般的に言って中程度または高い程度の相関関係があるといわざるを得ない。これは従来の研究で得られた結論と異なるが、フェルスターとサポンの研究対象が大学生6人であることを考えると、大学生の選抜された程度の高さに応じてその値は修正されるべきだと考えられる。ホランドの研究はわれわれと同じく小学校算数であるので対象の非選抜性、教科の性質は同じだが何故異なる結論が生まれたかよくわからない。お互いにもう少し細かい条件について検討する機会がないとこの原因を明らかにすることはできない。

なお、われわれのデータの0.33から0.82までの開きの原因はプログラム学習中の正答率について述べたものと同じであると思われるが、こちらには相関関係がないと思われるものはない点がちがっている。

また、学力検査の困難度との関係は次の第41図の通りで、相関関係はなく、ここでもこの要因によって相関係数が開いたと考えることはできない。

なお、われわれは、第38図と第40図を比較して、学力検査成績と知能検査成績との間の相関関係の方が、プログラム学習中の正答率と知能検査成績との間の相関関係より、全般的傾向として高いことを知る。これは学力検査で要求される問題解決能力が、プログラム学習中のフレーム間の転移で要求される問題解決能力よりも、より高く知能を要求しているためと思われる。

第41図 終末テストの正答率とIQとの r の分布図

第6節 プログラム学習の効果

〔小学校における学習効果〕

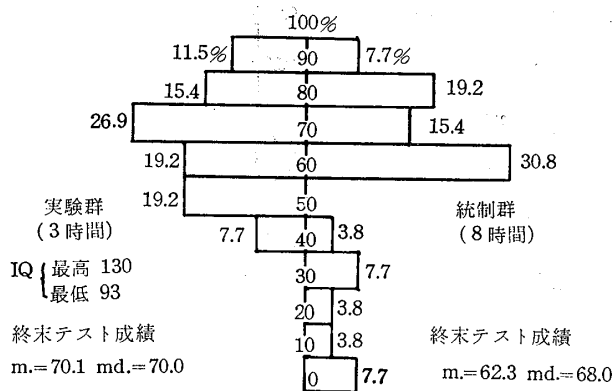
われわれが開発したプログラムブックの効果を測定するため、小学校5年生の「約分と通分」という単位をとりあげて、その終末テスト成績とプログラム学習に要した時間とを調査してみた。(152頁第27図参照)

この「約分と通分」という単位は、普通の一斉授業では4校時、つまり180分かかる単位であるが、プログラムブックを用いた学習では一番早い児童は30分で約 $\frac{1}{6}$ 、一番遅い児童でも70分で半分以下の所要時間で終わっている。しかも、平均成績は90.9点(百点満点で)で非常によい成績であるといえる。

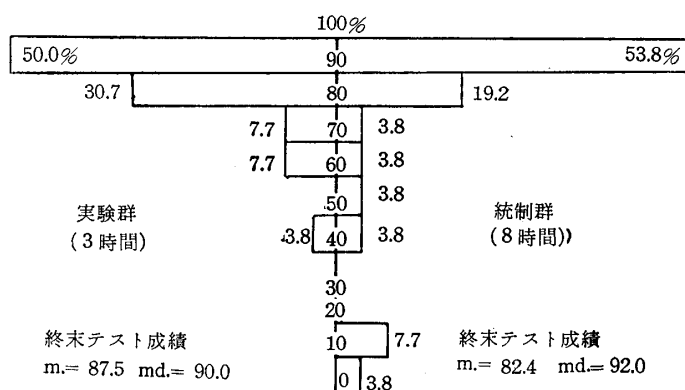
小学校であるため、他学級との比較実験は行われなかったが、ほぼ同様な学級で一斉授業を行った場合の成績を100点から60点まで開き、平均80点と推定して、比較してみよう。比較の基準として、単位時間1分当りの百点満点得点を採用すると、優秀児はプログラム学習で3.1点、一斉指導で0.55点($=100 \div 180$)約6倍弱の開きがある。次に中位の平均的児童はプログラム学習で2.0点($=90 \div 45$)一斉指導で0.44点($=80 \div 180$)約5倍の開き、劣位の児童では、プログラム学習で0.86点($=60 \div 70$)一斉指導で0.33点($=60 \div 180$)約2.6倍の開きがある。つまり優秀児程単位時間当りの得点量が多いことを示している。才能開発の現代において、プログラム学習の導入は優秀児を特に高能率の学習に導くことがわかる。

〔中学校における比較実験〕

中学校は教科担任なので、特に能力別編成をしていないF中学校で、一斉授業とプログラム学習との比較実験を行なった。単位は中学校2年生の因数分解と一次方程式である。従来の一斉授業方式で行なった学級では、ともに8時間かかったが、プログラム学習を行なった学級ではともに3時間で済んだ。半分以下の所要時間である。終わった次の数学の時間に同一の終末テストが行なわれた。この両群の成績を比較するに際して、知能指数の等しい一組の対がつくられた。これは約50名の学級中から26組を構成することができた。男女の性別についても統制した方がよいと思われるが、プログラム学習の成績には男女差は見られないので、性別までも統制することはサンプル数を減らすのみなので統制しなかった。



第42図 学習成績の比較(因数分解
同一知能指数の26組)



第43図 学習成績の比較（一次方程式）

26組の対のそれぞれの終末テスト成績は次の第42図および第43図の通りである。統計的には両者の間には有意の差はない。しかし、2つとも得点分布のパターンがちがっているのに気づく、つまり、実験群の方は特に低いグループがないことである。一斉授業をした学級の方には、40パーセント以下の成績のものが数人いるが、プログラム学習をした学級の方にはこの段階のものがいない。これは、プログラム学習の方では、ついていけなくなって、学習効果をほとんど獲得し得なかったものがなく、それぞれの能力に応じて少しずつでも学習効果を獲得し得たことを示している。

〔学力段階別に見た成績の比較〕

K中学校の室山一二教諭がわれわれと協力して、われわれのつくったプログラムを用いて、異なったタイプの比較実験をし、その成績を学力段階別に分析してくれた資料がある。

ここでは、1学年が10学級編成になっているが、特別な学級編成はしていない。しかし、学級の知能偏差値平均に多少の開きはできるし、4月から2カ月間授業を進めると、実力のよくついていく学級とどうしてもおくれがちの学級とがでてくる。室山教諭は、もしプログラム学習がほんとうによいものなら、この一番おくれがちな学級で使用してみても成績があがり、1年生のうちで一番よい学級を追い抜くことができるかもしれないと思い、一番よい学級は一斉授業でやり、一番悪い学級はプログラム学習でやってみることにした。単元は「正の数、負の数」で一学期の後半に実施された。

実験学級と統制学級の事前のデータは次の第33表の左の方3つの欄の通りで、知能偏差値平均、数学学力検査偏差値平均、1学期中間テスト成績平均において、一斉授業をした統制群の方がまさっていることがわかる。このような背景の上に立って、実験学級ではプログラム学習が行

第33表 成績比較表

	知能偏差値平均	数学学力検査 偏差値平均	一学期中間 テスト平均	終末テスト平均
統制群	53.4	52.8	51.7	73.1
実験群	51.0	46.7	45.8	79.7

なわれた。授業時間はともに8時間で、実験学級ではプログラム学習後一斉授業が補われた。この単元の終末テスト成績は一番右の欄の通りで、それまで最低であった組は、約80パーセントに上昇し、学年では最高の学級になった。

なお、これを知能段階別に見ると、第34表の通りで、各段階ともよくなっている。また学力段階別に見ると第35表の通りで、これもすべての段階ですぐれており、ことに学力段階3, 2, 1の段階で効果が顕著である。なお、これをさらに教材の内容の順序に、つまりプログラム学習のステージに分けて分析すると、第36表の通りである。これによると、後の方のステージがあまり成績がよくないことがわかる。この原因としてはいろいろのものが考えられる。後半のプログラムがよくないこと、また前半の成績のよくないものがここにきてモチベーションを失ったり、わからなくなったりすることも考えられる。ともかくプログラムの後半だけでなく全部を再検討する必要がある。

以上引用したものの外、数多くの比較実験がプログラムブックを利用している教師達によって行われているがそれらの報告はほとんどすべてプログラム学習の優位を報告している。なおその個々の優位の程度は、その単元を作成したわれわれのプログラム作成の技術にかかっているが、全般的な傾向としての優位は、いうまでもなく、学習指導の基礎にある学習心理学の優位に

第34表 知 能 段 階 別

一 斉 授 業		プ ロ グ ラ ム 学 習	
統 制 群 (8時間)		実 験 群 (8時間)	
知 能 段 階	終末テスト正答率(%)	知 能 段 階	終末テスト正答率(%)
5 (5人)	97.2	5 (4人)	99.5
4 (17人)	83.2	4 (13人)	93.4
3 (19人)	66.5	3 (17人)	80.5
2 (3人)	49.3	2 (11人)	59.6
1 (2人)	25.0	1 (1人)	32.0
平 均	73.1	—	79.7

第35表 学 力 段 階 別

一 斉 授 業		プ ロ グ ラ ム 学 習	
統 制 群 (8時間)		実 験 群 (8時間)	
学 力 段 階	終末テスト正答率(%)	学 力 段 階	終末テスト正答率(%)
5 (8人)	89.5	5 (4人)	100
4 (14人)	85.5	4 (14人)	95.0
3 (11人)	70.7	3 (7人)	90.0
2 (10人)	54.6	2 (10人)	72.0
1 (3人)	36.0	1 (11人)	53.3
平 均	73.1	—	79.7

第36表 問題別，数学学力段階別終末テスト正答率比較表

終末テスト正答率 (%)		一 斉 授 業 (統制群)						プログラム学習 (実験群)					
数学学力段階別		5	4	3	2	1	平 均	5	4	3	2	1	平 均
導 入	導入段階の問題	94	90	87	90	67	88	100	96	93	90	80	90
加 法	整 数 の 問 題	100	96	95	76	53	89	100	96	100	98	87	95
	小 数 "	100	96	94	78	53	89	100	97	97	88	87	92
	分 数 "	93	93	85	66	47	82	100	99	97	80	50	83
減 法	整 数 "	80	80	56	30	20	60	100	96	91	54	34	72
	小 数 "	85	76	47	18	7	53	100	97	80	62	22	70
	分 数 "	80	73	47	20	7	52	100	91	94	54	18	67
加混 減合	整 数 "	80	86	66	50	33	68	100	94	91	66	52	80
	分数, 小数 "	90	81	56	30	7	60	100	87	63	40	23	63

求められるべきであろう。

では次にこのような知的側面ではなく興味の側面について考察しよう。

第7節 プログラム学習の興味

〔プログラム学習と学習興味〕

プログラム学習は正答が連続するようスモールステップにしてあるし，正答の直後には必ず「よろしい」と強化を行なっているので，プログラムがよくつくられている限り，学習者の学習興味を大いに増進させるだろうと推定される。これを実際検証するためにプログラム学習実施後，全員に質問紙を配り，それに記名式で記入を求めた。

この質問紙は「プログラム学習評価票」と呼ばれ，プログラム学習に対する興味のみならず，学習者の教科に対する困難さの感じ方，プログラム学習に対する評価等を含むものである。プログラム学習に対する評価については，第11章第3節で述べることにして，ここではプログラム学習に対する興味を中心にデータを整理し，分析する。

対象は小学校は5年生で，3つの小学校から1学級ずつ3学級126人，中学校は中学校，各学年1学級ずつ合計3学級147人である。

〔プログラム学習の絶対的興味〕

第1問「このような勉強の仕方は面白いですか」，A「たいへん面白かった」B「面白かった」C「どちらでもない」D「つまらなかった」E「たいへんつまらなかった」の5段階評価であるが，結果は次の第37表の通りで，どの学級でも「たいへん面白い」と「面白い」の合計が圧倒的に多い。

「つまらなかった」というのはどういう階層が調べてみると，学力段階2や1のものが多く，これらの学習者は何をやらしてもつまらないと考えるのかもしれない。ただ，例外的に中学校3

プログラム学習評価票

大阪大学文学部教育心理学研究室

昭和 年 月 日調査

氏名	男	女	○印で かこむ
学校名	学年組	学年	組 番号

記入の仕方 ☒ たいへん面白かった

1. この様な勉強の仕方は面白いですか
☐ たいへん面白かった ☐ 面白かった ☐ どちらでもない ☐ つまらなかつた ☐ 大変つまらない(そのわけ)
2. 今までの勉強の仕方とくらべてどちらが面白かったですか
 今までより ☐ たいへん面白かった ☐ 面白かった ☐ どちらでもない ☐ つまらなかつた ☐ 大変つまらなかつた
3. この様な勉強の仕方では勉強したとき数学(算数)はむづかしいと思いましたが、それともむづかしくない科目だと思いましたが
☐ むづかしい ☐ どちらかわからない ☐ むづかしくない
4. 今までの勉強の仕方と比べた時数学(算数)はよりやさしいと思いましたが それともよりむづかしいと思いましたが
☐ よりやさしい ☐ どちらかわからない ☐ よりむづかしい
5. 何を勉強するかよくわかつて勉強できたと思いますか ☐ そう思う ☐ そう思わない ☐ わからない
6. 文章の説明はよくわかるようにされていたと思いますか ☐ よくされていた ☐ 不 充 分 ☐ 非常に不充分
7. 文章がわからなくて先生に質問してみたいと思ったことがありましたか ☐ しばしばあつた ☐ 少しあつた ☐ なかつた
8. この様に自分の好む早さで勉強できるやり方をどう思いますか
☐ たいへんよい ☐ よ い ☐ よくも悪くもない ☐ 悪 い ☐ たいへん悪い
9. この様な仕方では勉強してみても数学(算数)がよくわつたか と思いますか
☐ たいへんよくわかつた ☐ だいたいわかつた ☐ あまりよくわからない ☐ ぜんぜんわからない
10. 今までの勉強の仕方とくらべてどちらの方がよりよくわかると思いますか ☐ 今度の方 ☐ 今までの方 ☐ どちらともいえない
11. お友達はどこまで進んだか気になりましたか ☐ 気になつた ☐ 気にならない
12. お友達はお友達でやっているし 自分は自分でやるとゆうこの勉強の仕方は 今までの :いつしよにやるやり方に比べてどうですか
☐ こちらの方が非常によい ☐ こちらの方が少しよい ☐ どちらともいえない ☐ 今までの方が少しよい ☐ 今までの方が非常によい
13. このような勉強の仕方では数学(算数)のすききらいに変わりましたか まえと今のどちらにも ☒ をつけて下さい
 まえ ☐ たいへんすき ☐ すき ☐ どちらでもなかつた ☐ き ら い ☐ たいへんきらいでした
 今 ☐ たいへんすき ☐ すき ☐ どちらでもない ☐ き ら い ☐ たいへんきらい
14. このような勉強の仕方はつかれると思いますか
☐ たいへんつかれる ☐ すこしつかれる ☐ つかれない
15. 今までの勉強の仕方とくらべてどちらがつかれますか
☐ 今までの方 ☐ こんどの方 ☐ わからない
16. そのほか感じたことをなんでもかいて下さい。

年生に1人、知能指数137、学力段階5のものが、「たいへんつまらない」と答えているのが目立つ。これは皆の前で自分のできるところを見せる機会を与えられていないためらしい。

〔プログラム学習の相対的興味〕

第2問「今までの勉強の仕方とくらべてどちらが面白かったか」この結果は第38表の通りである。ここでも、小学校5年、中学校各学年は、今までより「面白い」が多いが、しかし中学校では、「どちらでもない」がやや多い。小学校、中学校とも「たいへんつまらなかつた」というの

第37表 プログラム学習の絶対的興味

	A	B	C	D	E	無記入	計
H 小 5 年	20	11	4	1	0	0	36
G 小 5 年	13	18	13	1	1	0	46
F 小 5 年	12	25	6	1	0	0	44
小 学 校 合 計	45	54	23	3	1	0	126

	A	B	C	D	E	無記入	計
F 中 1 年	9	20	17	1	1	0	48
F 中 2 年	7	24	14	3	1	0	49
F 中 3 年	7	31	9	1	1	1	50
中 学 校 合 計	23	75	40	5	3	1	147

第38表 プログラム学習の相対的興味

	A	B	C	D	E	無記入	計
H 小 5 年	16	16	4	0	0	0	36
G 小 5 年	15	18	7	6	0	0	46
F 小 5 年	16	20	8	0	0	0	44
小 学 校 合 計	47	54	19	6	0	0	126

	A	B	C	D	E	無記入	計
F 中 1 年	8	26	12	2	0	0	48
F 中 2 年	8	27	13	1	0	0	49
F 中 3 年	14	23	12	1	0	0	50
中 学 校 合 計	29	75	39	4	0	0	147

は1名もいない。

〔算数数学に対する困難度の感じ〕

プログラム学習はスモールステップで行なわれるので、数学（算数）をやさしく感じるだろうという仮定の下で質問されたものである。

第3問「このような勉強の仕方では数学（算数）はむづかしいと思いましたが、それともむづかしい科目だと思いましたが」については3段階で解答を求めたが、結果は次の第39表の通りで、小学校5年生の方では「むづかしい」7名に対して「むづかしくない」75名で、後者が圧倒的に多い。中学校の方は「むづかしい」21名に対して、「むづかしくない」54名、「むづかしい」が相当数あるのは教科そのものの性質かも知れないが、プログラムの書き方をもっと小刻みにした方がよいことを示している。

従来の一斉授業との比較は次の第40表の通りで、小学校、中学校とも「よりやさしい」が圧倒的に多い。これは仮説が証明されたことを意味する。

第39表 数学・算数に対する困難な感じ

	むづかしい	どちらかわからない	むづかしいな	無 記 入	計
H 小 5 年	2	12	22	0	36
G 小 5 年	3	10	33	0	46
F 小 5 年	2	22	20	0	44
小学校合計	7	44	75	0	126

	むづかしい	どちらかわからない	むづかしいな	無 記 入	計
F 中 1 年	6	24	18	0	48
F 中 2 年	8	22	19	0	49
F 中 3 年	7	25	17	1	50
中学校合計	21	71	54	1	147

第40表 数学・算数に対する困難な感じ（一斉授業との相対的比較）

	よりやさしい	どちらかわからない	よりむづかしい	無 記 入	計
H 小 5 年	27	8	1	0	36
G 小 5 年	32	9	4	1	46
F 小 5 年	30	13	1	0	44
小学校合計	89	30	6	1	126

	よりやさしい	どちらかわからない	よりむづかしい	無 記 入	計
F 中 1 年	21	21	6	0	48
F 中 2 年	14	30	5	0	49
F 中 3 年	24	23	3	0	50
中学校合計	59	74	14	0	147

第41表 数学に対する興味の変化

学 年	段 階	3	2	1	0	-1	平均 値
1 年		1	8	16	19	3	+0.68
2 年		1	6	10	19	13	+0.24
3 年		0	24	18	2	0	+1.50
合 計		2	38	44	40	16	—

〔プログラム学習が数学，算数の興味に与えた影響〕

われわれは，プログラム学習をすることによって数学，算数という教科そのものに対する興味が増進することにより重大な意味があると思うし，プログラム学習が楽しい学習であれば当然そうなるはずだと思う。このような考え方から第13問「このような勉強の仕方では数学（算数）のすききらいに変わりがありましたか」と質問し，プログラム学習以前とその後とともに5段階の「たいへんすき」「すき」「どちらでもなかった」「きらい」「たいへんきらい」の1つを選ん

でもらった。この結果を前進した段階数で表わしたのが次の第41表である。進行した段階の平均値は3年生が最も多い。1人平均1.5段階というのは相当大的な効果といわざるを得ない。2年生がやや少ないがその理由はよくわからない。とにかく全般的に見て数学が好きになる方向に働いていることは認めてよかろう。

第8節 9カ月後の記憶保持率

〔プログラム学習における記憶保持率の問題点〕

プログラム学習においてその記憶保持がどの位永続するものかどうか、またその減衰曲線は従来の普通授業の結果もたらされたものと、質的にどうちがうだろうかという問題は興味ある問題である。

なお、このような問題が提起される背後はプログラム学習は「おかゆ学習」であって学習の定着が弱いのではないか、抵抗感がないから印象も浅く、素通りしているのではないかというような漠然とした感じを抱いている人々がいることをわれわれは考慮しなければならない。

学習においてある程度の抵抗感がないと定着がないという考え方はなお実験的に検証を要する問題であるし、プログラム学習が全然抵抗感のない学習かという決してそういうことはなく、従来の学習に比較して抵抗感がより少ないことは認められても、抵抗感のない学習という一般的なレッテルをはることはできない。個人的に随分抵抗感を感じて遂には誤答をする場合も幾度か存在することを認めねばならない。抵抗感のある学習で始めて定着が見られるのだという命題の証明はこゝでは触れないことにして、たゞプログラム学習による学習効果の9カ月後の保持率はどのようなものであるかだけを問題にすることにする。

〔従来の研究例〕

数学科において直後の学習効果の測定および検証は相当数の研究例があるが、数か月後の記憶保持率の研究例は、わずかにアメリカのヴァージニア州ロヨナーク公立中学校数校における代数の例があるに過ぎない。それも正確な数字はまだ得られず、「タイム」の報道記事に頼らざるを得ない。それによると標準学力検査を数か月おいて再び実施したところ約90パーセントの保持率が得られたということである。そして、数か月後の得点をもってすぐ記憶保持率と考えてよいかどうか、その間生徒は何を学習したか、その間の学習は、それ以前の学習をさらに発展させ定着を深めるような性質のものでなかったと断定できるかどうか、これらの問題についての情報はなんら入手できていないのでこれ以上この問題にたち入ることは不可能である。このデータが示すところのことは、プログラム学習が従来の学習よりもより少ない抵抗感の学習であるにもかかわらず、その記憶保持率において従来の学習とそう大きく質的に異なるものではないことを推定し得るのみである。

〔研究の計画と方法〕

われわれもプログラム学習のトライアウトとその分析を始めてからこの研究課題をずっと抱き

続けてきたが問題自体がもついくつかの困難さのために実施がおくれていた。その困難点は

1) トライアウトを実施中の学校では実験の単元が終わると次の単元にすぐ進むのであるが、次の単元の内容はその前の単元の内容をさらに発展させたものであるのが普通である。たとえば、小学校5年生の分数関係の単元は、「約分と通分」「分数のたし算」「分数の引き算」「分数と小数」(中略)「分数のかけ算」「分数のわり算」と数か月にわたって次々に続いている、そこで「約分と通分」の単元が終わってから数か月たって、「約分と通分」の学力検査をして記憶保持率をテストしようとした時、そこで得られる得点は何の指標であるかという問題がある。「約分と通分」を含めて、それ以後の単元でどの程度よく学習したかの指標とこそなれ、決して、「約分と通分」という単元で学習した内容が数か月後にどの程度保持され続けているかの指標にはならないだろうということである。「約分と通分」という単元で学習された意味内容は数多くの適用と発展の機会を与えられ盛んに拡大されたし、計算の技能としても極めて多く練習の機会が与えられたことは疑いない。従って、数か月後に「約分と通分」の記憶痕跡の減衰したものを抽出しようとしても全く不可能という外ない。もし、実験的にそのようなものを得ようと思えば、「約分と通分」が終わってから少なくとも分数的なものは何もしないで何かほかのことをさせておかざるを得ない。このことは現実の教室場面では不可能である。

2) 減衰曲線をあてはめるべきいくつかの観察点をとるには少なくとも3点以上をとらなくてはならないが、これも授業の進度を考えると資料の採取に困難を感じる。学習した単元の内容を包括的にカバーする基準テストとなると少なくとも1校時50分はかかる。実験学級だけ3校時もおくらすことは到底普通に運営されている学校の中でできる事柄ではない。せいぜい1回位である。

3) 時間の間隔を短くすると同一検査では単に前回の記憶をたより、解決するということも考えられるし、また前回のテスト中の学習効果が第2回目の学力検査に混入するおそれがある。従って、このような効果が混入しないように第1回目(直後)と第2回目の間隔をひろげておくことが必要である。

この研究課題には以上のような問題があつて、実施上困難な性質のものであるがなお、単元の選び方を特に慎重にしてできるだけ困難な点を避け実施をしてみることになった。小学校1年から中学校3年までの数十の単元を見渡し、第1の問題点に立って無難といわれるものがあるかどうかを一々検討していったが、小学校段階のものにはすべてあとに続く発展があつて、難点のない単元を求めることができなかったで、この研究計画を中止した。

われわれは中学校1年の教材で、算数と代数の境界線で1つだけまずは無難と思われるものを見付けることができた。それは「整数の性質」という単元で算数教材の最後から2つ目に存在しているものである。その次、つまり、算数教材の最後は分数についてのまとめが控えており、これで一応算数的な教材は終わり、次は文字にはいって代数が始まるのである。中学校で代数が始まると、この「整数の性質」のような内容はもう二度と発展的な形では扱われない。つまり、そ

の後の発展も練習の機会もほとんどないといってよい。ただ困ったことにこの単元は5月に実施したので、7月に第1学期の学期末テストで生徒個々によっていろいろな形で復習されたことは容易に想像できる。この種の難点を克服してもなお長期の記憶把持検査をすることは不可能なので、この欠点は限界として認めて、その代わり、7月からはなるべく離して翌年の2月に実施することにした。

対象、実施の対象は、4月から数量編の教材をプログラム学習ですずっとやってきた大阪市中学1年生50名である。

単元の内容。この「整数の性質」という単元の内容は、約数、素数、素因数分解、最大公約数、倍数、最小公倍数等を取りあつかい、次のような17のステージに分けられている。

1. 約 数	7フレーム	10. 2の倍数の見つけ方	7 "
2. 素 数	8 "	11. 5の倍数の見つけ方	7 "
3. 素 因 数	10 "	12. 4の倍数の見つけ方	8 "
4. 素因数分解(1)	8 "	13. 25の倍数の見つけ方	7 "
5. 素因数分解(2)	7 "	14. 9の倍数の見つけ方	4 "
6. 公 約 数	10 "	15. 3の倍数の見つけ方	4 "
7. 最大公約数	7 "	16. 最小公倍数(1)	4 "
8. 倍 数	7 "	17. 最小公倍数(2)	8 "
9. 奇数と偶数	7 "	フレーム数合計 120	

基準テスト。このプログラムで学習された内容を包括的にテストするため21問の基準テストが構成された。その内容は次の第42表の通りである。小問を1題1点として細分して採点したところもあり、満点は24点である。

第2回目の学力検査も第1回目と同じものをそのまま用いた。

〔実験の結果〕

1) 検査成績、終末の平均成績74、5パーセントが9か月後には65.0パーセントに下っており、83.8パーセントの保持率である。9か月後としてはまずまずの成績といえよう。男子と女子を分けて、個人別にこれを図で示したのが第44図である。

2) 男女の性差。男子の平均と女子の平均は第43表の通りで、直後、9か月後ともその差はないといってよい。

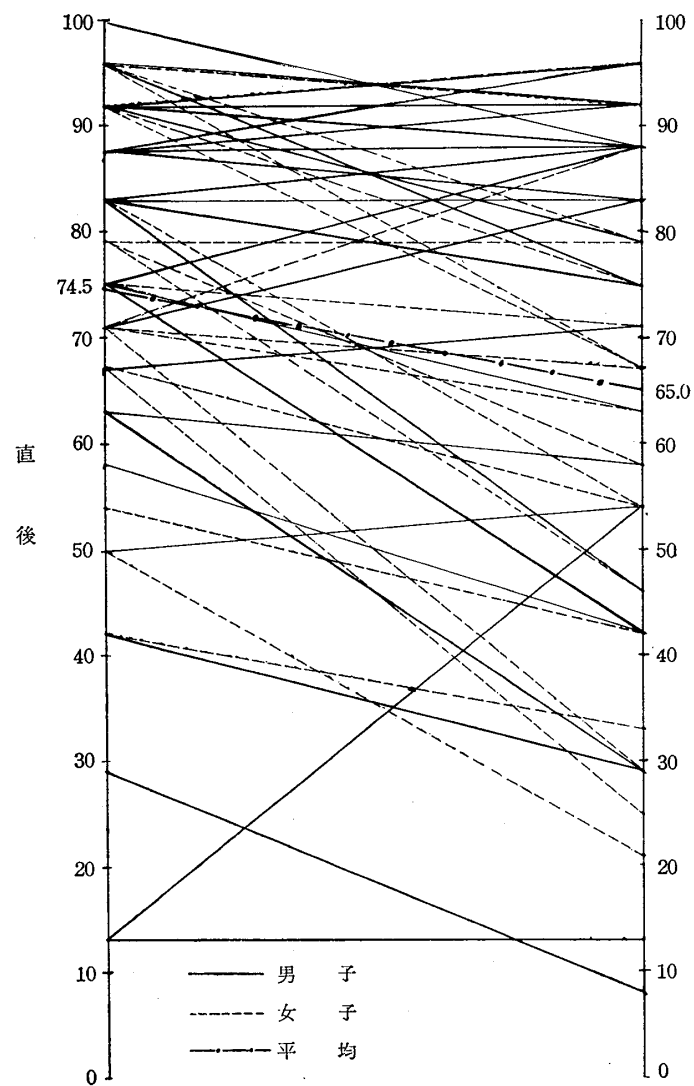
3) 直後の成績別に見た9か月後の保持率。直後の成績のよいものは9か月後の保持率が高く、他方、成績の悪いものは減点がひどいことが予想されるので、上、中、下の3段階に分けて9か月後の成績の割合をとったのが第44表である。これによるとこのことがはっきりわかる。

4) 直後の記憶把持率と9か月後の記憶把持率の相関関係。これを相関図で示したのが第45図である。これは直線性を有し、この相関係数は0.74で相当高いといえる。

5) 知能指数の段階別による考察。知能指数によって上、中、下の3段階別に分け、上述の成績を考察したのが第45表である。これによると、知能水準の高いもの程9か月後の減衰はひどく

第42表 「整数の性質」の基準テスト

1. 12の約数を全部見つけなさい。
2. 2は3の約数でしょうか。
3. つぎの の中に適当な数または文字をいれなさい。
7の約数は と だけです。
7のように、1とその数自身のほか約数のない整数を といいます。
4. つぎの中から素数をえらびなさい。
57, 73, 91
5. つぎの問に答えなさい。
 $24 = 2 \times 3 \times 4$ としたとき
① 24の因数は _____
② 24の素因数は _____
6. 160を素因数に分解しなさい。
7. 18についてつぎの問に答えなさい。
① 素因数に分解する。 _____
② 約数を全部あげなさい。 _____
8. 16と36の二数に共通な素因数をあげてから、公約数を全部求めなさい。
① 共通な素因数 _____
② 公 約 数 _____
9. 24と60の最大公約数を求めなさい。
10. つぎの の中に適当な数または文字をいれなさい。
 $51 \div 17 = \text{□}$ となり17で51を割ると商が整数 となって割り切れるから
51は17の である。
11. 15は2の倍数でしょうか。
12. 2, 5, $3\frac{1}{2}$, 0.8, 10, 11の中から偶数と奇数をえらびなさい。
① 偶 数 _____
② 奇 数 _____
13. 31より大きくて、31に最も近い奇数は
 $13 + \text{□} = \text{□}$ となります。
14. つぎの整数の中から2の倍数と5の倍数をえらびなさい。
10, 17, 48, 75, 105, 200, 310
2の倍数 _____
5の倍数 _____
15. つぎの整数の中から4の倍数, 25の倍数をえらびなさい。
16, 25, 100, 150, 148, 200, 230
4の倍数 _____
25の倍数 _____
16. つぎの整数の中から3の倍数, 9の倍数をえらびなさい。
3の倍数 _____
9の倍数 _____
17. ① 3と6の公倍数を小さい方から順に三つ求めなさい。
② 3と6の最小公倍数を求めなさい。
18. 8と14の最小公倍数を求めなさい。
19. 4と6と8の最小公倍数を求めなさい。
20. 4と6と8の最大公約数を求めなさい。
21. 12, 16, 24の最大公約数と最小公倍数を求めなさい。
最大公約数 _____
最小公倍数 _____



第44図 記憶保持率の変化（直後と9カ月後）

第43表 男女別の保持率

	直後 (a)	9カ月後(b)	保持率 $\left(\frac{b}{a}\right)$
男 (28名)	73.1	67.7	87.1
女 (22名)	76.3	61.6	79.6
計	74.5	65.0	83.8

 $t=0.54 \quad t=0.88 \quad t=1.17$

第44表 直後の成績別の保持率

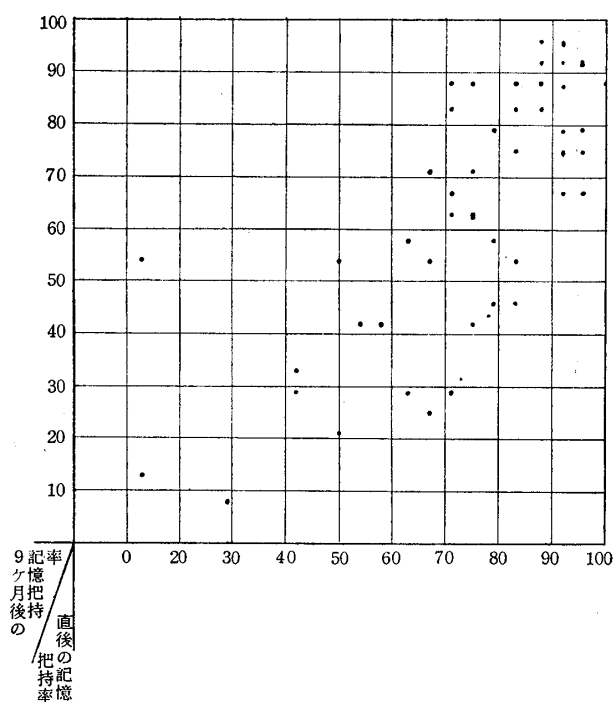
	直後 (a)	9カ月後(b)	保持率 $\left(\frac{b}{a}\right)$
上 (17名)	92.9	85.3	92.0
中 (16名)	78.6	69.3	88.5
下 (17名)	52.2	40.7	71.1

第45表 知能別の保持率

	直 後 (a)	9 カ月後(b)	保 持 率($\frac{b}{a}$)
上 (I Q 139~128) (17 名)	88.7	86.8	98.2
中 (I Q 127~116) (16 名)	76.8	63.6	83.6
下 (I Q 115~ 88) (17 名)	58.1	44.6	69.6

第46表 プログラム学習中の正答率の高低別保持率

	直 後 (b)	9 カ月後(a)	保 持 率($\frac{b}{a}$)
高(91.0%以上) 14名	87.2	83.6	96.4
中(85.0%~90.9%) 18名	75.2	66.9	88.2
低(84.9%以下) 18名	63.9	47.0	67.6



第45図 直後の記憶保持率と9ヵ月後の記憶保持率の相関図

ないことがわかる。

6) プログラム学習中の正答率の高低別による考察。プログラム学習中の正答率の高いもの程9ヵ月後もよい比率で把持されているかどうかをみてみたのが第46表であるが、これによるとやはりそのようなことがいえる。

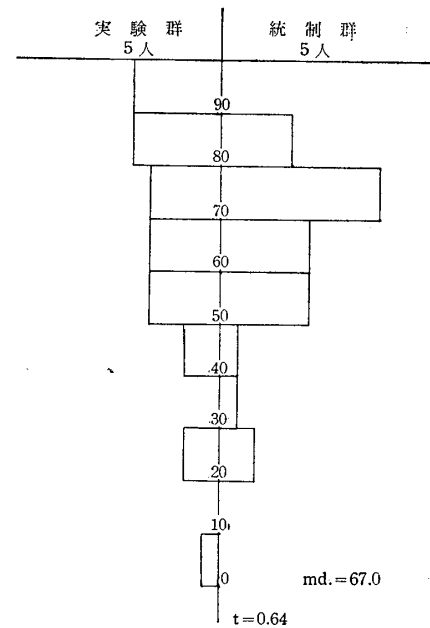
以上を通じていえることは、9ヵ月後の保持されている割合(直後を100とした)は一貫して

精神構造の優秀なもの程、高いことを証明しているといえよう。

〔普通授業との比較〕

同一の先生によって、プログラム学習方式でなく、普通の授業で教えられた学級の9か月後の記憶保持率の平均値は57.8で、さきのプログラム学習を実施した学級の65.0パーセントより7.2パーセントだけ低いことがわかった。

この学校は知能や学力による能力別編成をしていないのであるが、より厳密な比較をするため知能指数の等しい一組の対をつくり、それによって比較することにした。性別についてはプログラム学習の効果という点でも記憶保持率の点でも差がないことがわかったので、性別を問わないで知能指数の等しい27組の対をつくり得た。この成績を比較すると次の第46図の通りで、 t の値は有意でない。普通授業と同じで、プログラム学習は「おかゆ学習」で容易に学ばれたから容易に忘れられるということではなく、この点はスキナーの考え通りであることが証明された。



第46図 9か月後の記憶保持率の比較

第10章 プログラム学習の利用

第1節 普通学級における利用

〔先生はいらなくなるか〕

ティーチングマシンやプログラムドブックが登場すると先生はいらなくなるか、という質問はティーチングマシンの登場以来、提起されている重要な問題である。究極的な形での答えは「ノー」であって、先生は学級の管理者として依然として必要なのであるが、なおそのような一般的な答えは無意味であるということもいえる。つまり、教師のある部分の働きは不必要になるが、教師のある部分の働きは必要になる。そのある部分をはっきり限定することがこの問いに対する答えでなくてはならない。言葉を変えると、教師は従来のまゝで必要なのではなく、教師の働きは大きく変わらねばならない。どう変わらねばならないか、これが問題である。

教師の機能、つまり働きを分析すると、極めて広範囲なものであるが、

1. 学校の教育方針の参画
2. 学校の教育計画の構成者
3. 学級の授業計画の構成者
4. 教科学習指導の実践者
5. 生活指導、道徳の指導の実践者
6. 学校行事の実践者
7. 学級管理者
8. 父兄との連絡担当者

等に大別できよう。まず一見しただけで、ティーチングマシンやプログラムドブックが登場しても、教師の影響を受ける部分というのは一部にすぎないことがわかる。従って、教師がいらなくなるということはないのであるが、もし、4. 教科学習指導の実践者ということに限った場合はどうであろうか。これを細分すると、

- イ. 望ましい反応の誘出
- ロ. その強化
- ハ. 計画
- ニ. 望ましい反応の誘出が成功しなかった場合の処置
- ホ. 学習の進行に関する管理
- ヘ. 学習環境条件の整備
- ト. その他応急の場合の諸活動

等があげられる。このうち、イ. 望ましい反応の誘出と、ロ. 強化はティーチングマシンまたはプログラムドブックの最も得意とするところで、この面は、もしそのプログラムがすぐれたも

* リーダース・ダイジェスト，1962年11月号160頁による。

大し、幾何、代数、三角法の三教科について、それぞれ次の三通りの利用形態を三つの中学校で行なって比較実験をした。*

1. 従来通りの授業
2. 教師の援助なし、(ただし、定期試験を除く)
3. 教師がいつも援助する。

1の従来通りの授業を受けるグループは従来通り宿題を出してもさしつかえないが、2, 3の実験群は宿題を出すことを禁じられた。結果は次の第47表**の通りで、人的要因の混入により統一した結論を示していない。

第47表 利用形態の相異による失点の百分率

		A 中学校	B 中学校	C 中学校
幾 何	援助あり	6	7	6
	援助なし	8	0	0
	従来通り	25	8	0
代 数	援助あり	21	25	4
	援助なし	20	29	3
	従来通り	23	9	11
三 角 法	援助あり	10	0	—
	援助なし	4	0	—
	従来通り	18	7	—

このデータは平均のみで分散がないので、統計的に有意の差があるのかどうか結論が下せないが、B中学校の幾何、C中学校の幾何、A中学校の三角法では「援助なし」の方がよいように想像される。その他のところは、両者の差がないという解釈が妥当ではあるまいか。この背後には教師の個人的能力、態度、三つの教科のプログラムの出来具合、その他いろいろの要因が一緒に働いていて、それらを一つ一つはっきり規定しない以上、何ともいえないが、この実験データはもしプログラムがよくできている場合、プログラム学習の場に教師がいなくても、従って援助しなくても、学習効果はいて援助する場合とほぼ同じであるようなケースが存在することを証している。しかし、いつもそうであるということは決していえないだろう。

〔学習進度の問題〕

教師がどのようなプログラムを選択して与えるかは、教師の学習進度に関する考え方による。類型を分けると

1. 徹底して個人進度を許す。
2. 一単元の終わりでは学習進度をそろえるが、その枠の中では個人進度を許す。
3. 毎時間、その終わりには学習進度がそろよう配慮し、その1時間内でのみ個人進度を許

* この研究では機械は用いられず、すべてプログラムドブックで行なわれた。

** Juakenbush, J.: How effective are the New auto-Instructional Materials and Devices? Institute of Radio Engineers Transactions on Education E-4, 4: 147 より転載

す。

の三つが考えられる。教育が個人の能力に応じて行なわれるべきであるというプログラム学習の原理からいうと、1の徹底して個人進度を許すというのが一番よい。しかし、これをはぐむ諸条件がある。それは管理の繁雑さがふえることと、教師がそのような管理の仕方になれていないことである。また、こゝ当分は個人進度を許すにもその次の段階のプログラムがないという現実問題もあろう。しかし、これらは、原則上は下位のもので、個人の能力に応じてという大原則を侵すことはできない性質のものであろう。そうなると、5年生の学級の中に6年生のプログラムをやっている生徒もいるし、6年生の学級では中学校1年のプログラムをやっている生徒もでてこよう。当然学級編成の問題が考えられるが、一方から考えると、学級編成をしなくても、5年生の子供がそのまゝで、他の体操とかその他のものは5年生の同年令の生徒と一緒に学習しながら、得意のものだけは上学年のをやれるということは大変よいことだともいえる。学級編成をしないということとは、他の面に変重要問題をあまりにも多くかゝえすぎているので、この問題は、この考え方が充分世間的にも熟してきてから実行に移されるべき性質のもののように思われる。

さし当たりとられるのは、1單元ごとに進度をそろえるか、1時間ごとに進度をそろえるかということであろう。従来、6時間かゝっていた單元は約半分の時間ですむとして、3校時で丁度足るが、早い生徒はさらにその半分ですむので、第2の校時の中頃に終わってしまう。とするとその処置がすぐ問題になる。また、もし1時間ごとに調整するとすれば、普通の生徒が1時間かゝるところを、早い生徒は20分位で終わるので、あとの時間をどうするかゝ問題になるが、管理上からはこの方がやさしい。しかし、折角のびる才能を足踏みさせないために正しい処置が望まれるわけである。

〔早くすんだ生徒に対する処置〕

学習進度に関する考え方に基づいて、次のような方式で考えられる。

1. 次の單元をプログラム学習でやらせる。
2. 同一單元を教科書の練習問題や問題集でやらせる。
3. 同一單元の優秀児用のプログラムを別に前もってつくっておいてそれを与える。(プール用プログラム)
4. 本人の不得意な教科に移らせる。

1の次の單元に進ませるのは、プログラム学習に徹するわけで、これはこれとして結構であると思う。

2の問題集その他でドリルを補うというのは、プログラム自体にドリル面で完全さが無い時、またそうしようとする高価につく場合(わが国の場合のように)これはある程度意味がある。しかし、もしプログラム自体がしかるべきドリル用の問題フレームを充分含んであればよいわけで、本質的に考えた場合、これは間違いであるというべきだろう。

3はもし、優秀児用のプログラムが別にできればこの問題は大幅に片づく。しかし、なお優秀児が早く終わってしまうということを考えねばならない。その時はどうしても1か4にならざるを得ない。また教師の一人一人がこのプール用プログラムをつくることは大変な労力で、プログラムを市販する時に配慮すべき問題といえよう。しかし、市販する側で1を原則と考えているのであれば、これは成立しない。

4は本人の余った時間を他の不得意な学科にふり向けるのであるから、それ自体非難すべきことではない。しかし、クラス集団全体としての雰囲気もあり、それが必ずしも有効でない場合も考えられる。

第2節 複式学級におけるプログラム学習

従来、複式学習においては、同一教室内に2つまたはそれ以上の学年集団が一緒にあって、異題材の単元が平行して、また時には同題材の単元が平行して学習されていた。しかし、先生は一人なので、異題材の単元学習ではどうしても一方で教えている間、他方で復習をすとかか予習をせねばならず、しかも、その復習の時は他の学習者集団のための教師の声がまたげになっていた。このような形態を直接指導と間接指導という言葉で呼んでいた。直接指導を受ける時は普通の授業と同じであるが、間接指導の能率はあまりあがらず、しかも間接指導の時間は一時間の半分はあったのである。

このような複式学級にプログラム学習がはいってくると、様式は全く一変し、皆が静かにしかし、緊張してプログラムと対決しているだけで、時々手をあげて質問する生徒があるが、直接指導と間接指導という区別すらいなくなる。そして、形態は普通学級と本質的にはなんら変わらなくなる。たゞ、プログラムの内容が（たとえば、1年の方は1年のプログラムをやっている。）大きくちがっているだけである。しかし、普通学級でもいずれ、異題材の学習をとりいれていかねばならない時、しかも学級編成が新しく行なわれない時、異題材の平行学習となり、従来の複式学級と似てくる。従って、プログラム学習に関しては、普通授業と複式学級の相違というのは本質的なものではなくなるのである。

第3節 通信教育におけるプログラム学習の利用

〔通信教育とプログラム学習〕

プログラム学習においては、学習者は教師の指導がなくても自動的に学習を進めていくことができる。この学習の自動進行という特色は通信教育においてもっともよく生かされる。教室で用いられるようにつくられたプログラムはそのまゝ通信教育に用いられたとしても何ら不都合はない。プログラム学習という学習技術の進歩は学校教育と通信教育の間の壁をとりさって、質的に同じものをつくったといえる。従来の通信教育の修了生の割合が必ずしも高くなかったのは、スクーリングの困難さ、学習者の素質等、多くの原因があったと思われるが、なお大きな原因の一

つは通信教育教材の開発が未発達に止まっていて、普通の教育に用いられる学習資料を単に焼きなおした程度のものであったことである。プログラム学習は通信教育を目指して発達してきた教育技術ではないが、その学習の自動進行の側面は通信教育の指導技術の進歩という点において、大きな意味を持っている。たゞ現在においては、わが国でも、外国でも、プログラム学習はまだ出発を始めたばかりであるため、通信教育に実際に適用して効果をあげたという臨床データがまだ報告されていないのは、まことに残念である。しかし、これはいずれ適用されてその成果が報告される段階がくると思われる。

〔ティーチングマシンとプログラム学習資料〕

もし、通信教育生の家庭や自室に一台ずつティーチングマシンがあり、ことにそれが音声教材も含み得るものであれば、これに越したことはないが、公費による補助が全くなくすべての学習費用を自分のお金でまかなわねばならない通信教育生にとって、これはあまりにも大きな経済的負担を負わすことになる。従って、さしあたりはプログラムブックが考えられるが、これも教科書と同一のカリキュラムをプログラム化した場合、約7倍の頁数がかゝり、それだけテキスト代も高くなってくる。これはスモールステップにするためと、紙面配置の技術上簡単なものにも一フレームとるためである。従って、通信教育をプログラム学習でやる場合、テキスト代が今の数倍になることが何よりの問題点となるだろう。通信教育のテキスト代がふえ、郵送料等もそれに従ってふえた場合、こんどは、通信教育を受けようという人が経済的理由で減少することがおそれられる。音声を伴わないプログラムブックの場合が約7倍であるから、音声を伴うレコード、シンクロシート、テープ等を加えようとする、さらに費用は高くなる。従来から電気蓄音機のある家庭はよいが、新しくシンクロファックスやテープレコーダーを購入しなければならないとすると最初の器材購入費が極めて高価なものとなる。これもプログラム学習が通信教育の領域に広く利用されるのを妨げる要因になるだろう。

〔学習中のカンニングの問題〕

カンニング防止機構のついたティーチングマシンの中にプログラムを入れて学習するとカンニングの問題はなくなるが、そうでない簡単なティーチングマシンやプログラムブック、プログラムドテープ等の場合、カンニングの起こる可能性があり、これが通信教育におけるプログラム学習の利用の障害にならないかという問題がある。一般的に言って通信教育生は高等学校生徒以上の年齢段階であり、自ら進んで通信教育のコースを進んだのであるから、学習意欲の点でも問題はないと思われる。従って、もしカンニングをすれば自分の学習効果を自ら破壊しているのだという自覚さえ生まれれば、カンニングの問題はそう心配すべきでないと思われる。確かに、教室で教師の管理の下で行なわれるプログラム学習に比較すれば、カンニングの誘惑性はより高いが、前述の自覚に基づいて自己統制力が発揮されればそれ程心配はないと思われる。

〔スクーリングの問題〕

通信教育におけるスクーリングの目的は、集団学習の経験をもたせ、教師から親しく教える受

ける機会を与え、それによって自宅での学習になかった学習効果を期待するにある。その意味において、通信教育の自宅学習がプログラム学習になってもスクーリングは必要であると思われる。たゞ、スクーリング中の学習形態をプログラム学習でやるべきかどうかについては問題が残る。むしろ、こゝは通信教育の特殊性を考慮して教師と生徒の人間的接触の多い学習指導を選ぶべきで、教師を中心とした小集団のディスカッションが望ましい。このディスカッションを普通の方法でやるか、プログラム化されたディスカッションでやるかという問題ではやはりプログラム化されたディスカッションの方が能率的であろう。これは人間的接触を少なくしないのでさしつかえないと思われる。

第4節 学習促進学級や特殊学級におけるプログラム学習

〔学習促進学級での利用〕

最近、一時的学習遅進児を特別な学級に入れて補習をし、もとの学級に返してもよい程度に学力がついたら、もとの返すという方式がところどころで行なわれている。これは非常な進歩というべきで、このような学級では個人指導が主な学習形態となっている。プログラム学習はもともと個別指導を建て前としているので、それら生徒の一人一人によく適したプログラムを与えることによって、学習の効果はうんと上がってくると思う。この場合、プログラム選択のための診断テストがついていて、その診断テストの結果に基づいてプログラムの番号なり、内容がわかるとさらに科学的に行なわれると思う。

プログラム学習が能率的で、所要時間が半分または3分の1ですむことは、この場合生徒をより早くもとの学級に返す上で非常に好都合だと思われる。

〔特殊学級での利用〕

精神薄弱児の特殊学級の場合、個別指導以外は効果をあげ得ないということがよくいわれた。しかもそこに与えられた唯一の学習資料は、数学年下の普通児用の教科書であったのである。これでは勉強しなさいという方が無理というものであるが、このようなことが現在まで放任されているのが特殊学級の実情である。一人一人によりプログラムを与えることによって、特殊学級の雰囲気を変えられることができると思われる。勿論それは低い学年のプログラムを与えることでなく、精神薄弱児用のプログラムを彼らの心理に合わせてつくることによってのみ達成されるだろう。これは彼等の読みの能力が低いことから当然のことである。特殊学級の先生達が研究サークルをつくり、精神薄弱児の心理に基づいてプログラムの作成を行えば、特殊教育の効果を一步前進させることができると思われる。

第5節 家庭学習とプログラム学習

〔家庭学習の前進〕

従来、家庭は予習復習の場、学校での学習を補い、充実させるところと考えられてきた。しか

し、ティーチングマシンやプログラムブックの登場は家庭でも主学習を学校と全く同じように行ないうることにした。教師の援助がなくても学習が進行し、確実に効果をあげ得るように配慮されているので、教室で行なう場合と家庭で行なう場合と、プログラム学習を通して学びとるものは本質的に変わらない筈である。従って、ある時間の終わりのベルが鳴って、まだプログラムが相当に残っている生徒が何人かいたとする。「残りは家庭でやって来なさい。」といっても、家庭でプログラム学習から得る効果は教室とほとんど変わらないだろう。たゞ先生の援助がないのでプログラムがよくできていない場合、差が生じることは考えられる。

また、病気欠席、その他の場合、教室でそこをプログラム学習でやってもよいが、家庭でやっても同様によいと思われる。つまり、学校側からいうと、教室でのプログラム学習は、ある一定時間内であれば、いくらでも家庭の方に押しやってもよいことになる。勿論、現実のわが国の社会の実情では自分の家に勉強部屋をもたない子供が多いし、勉強机をもたない子供も多い。このことを考えるとやはり学校でやるべきであるが、この点、比較的にめぐまれている私立学校ではこの可能性はあるというべきだろう。たゞ、教師の管理が家庭内でどこまで及ぶかについては問題が残るので、現実の効果を教室と全く同じと考えることはできないだろう。たとえば、家庭の方がカンニングは起こりやすいだろうし、学習の構えもそれ程厳正なものでないかもしれない。

〔家庭教師の役割〕

こゝで、一部の家庭が行なっている家庭教師の役割が問題になってくる。家庭におけるプログラム学習の手助けと管理を家庭教師がした場合、これは一人の教師がつきっきりのプログラム学習となる。これは教室で数十人を一人の教師が管理する場合よりもよい効果が上がるのではないか。たゞし、家庭教師がプログラム学習をよく理解していることが前提条件になるが、家庭教師の方からいっても、その家庭がプログラムブックやティーチングマシンを用いてくれることは、学習効率が上がるので望ましいと思うだろう。たゞ一部の家庭では、プログラムブックやティーチングマシンを買ったから、もう今までの家庭教師はいらないという家庭もでてくるかもしれないが、今まで家庭教師をつけていた程の家庭でこういうことをいう家庭は少ないと思われる。こうなると、家庭で家庭教師の指導と管理の下で、プログラム学習をやるのが一番効果的ということになるのではないと思われる。

〔一斉授業の学校とプログラム学習の家庭〕

以上のことは、学校でプログラム学習をやっている場合、教師は家庭学習で従来よりもはるかに大きく助けられることを見てきたわけであるが、学校では従来通り一斉学習、家庭では両親の発意のもとにプログラム学習を家庭教師なしで、または家庭教師付きでやった場合、どうなるであろうか。

予習をプログラム学習でやった生徒が教室にいた場合、一斉授業をする教師は、その生徒がよく手をあげ、正しく答えてくれるので喜ぶかもしれない。しかし、生徒の学習計画からいうと、学校というところは全く無駄なことをしている機関になり下がっていることを自覚すべき

で、決して喜んではいられないのではないか。そのような生徒が少数ならまだよいが、大多数そうになったら、教師の方は困ってくるのではないか、教師としても、大多数の生徒が知っていることを改めて教えることはつまらないことだからである。生徒達も復習することに興味を感じる筈はないから、アクビをしたり、つまらなそうな顔をするにちがいない。学校が単なる息抜きの場合になっては全く無意味である。このような家庭—学校関係は永続する筈がない。学校がプログラム学習を採用するか、家庭でのプログラム学習を禁止するより外仕方がない。家庭の方は入学試験のこともあり、この禁止令を絶対に受けつけないと思われる。このような禁止令をだす学校は、時代にとりのこされたまことにあわれな機関という外ない。プログラム学習の登場は、こういう問題をかゝえていることを、教師も父兄も世の識者もよく考えねばならない。

そして、これらの問題を個々に解決するのではなく、プログラム学習時代における学校と家庭の役割分担の再構成を通じてのみ、問題は根本的に解決されるのであって、学習技術の革命は当然これをもたらさざるを得ないと思われる。

第6節 企業内訓練におけるプログラム学習の利用

〔技術革新と企業内教育〕

社会における技術革新のテンポが早まってくると企業内の教育要求が高まってきて、幹部から従業員まで全員が絶えず教育を受ける必要に迫られてくる。しかもその教育は従来のように職長が生産の現場で従業員に教えるという形だけでなく、その基礎になる理論を体系的に教える必要がある。このような教育が要求されるようになると、どうしても一時生産の現場から離して、しかるべき教場で、しかるべき技術者が教えねばならなくなる。しかもこれは1日8時間の労働時間内で行なわれねばならないので、教育時間が長くなればなる程、生産の現場における労働時間は短くならざるを得ない。これはもし他の条件が等しいならば、生産量の減少、ひいては企業の利潤を低下させることになる。そこで企業としても従来のような教育方法でなく、どうしても能率の高い教え方の開発をしなくてはならなくなる。従来からも視聴覚的教育方法はそのような角度から探求された。しかし、プログラム学習の登場はこの問題に対してさらに新しい問題を提起した。企業は絶えず短期の利潤も考えながら、しかも長期の人材開発計画なり、教育計画なりをもたなくてはならない。ここに学校教育や公民館中心の成人学級の教育と根本的に異なるところがある。企業内教育の担当者は、「短期および長期の見通しに立った時、プログラム学習は果たして採算に合う企業内教育の教育投資たり得るだろうか」を厳しく自問しなければならない。

アメリカにおけるイーストマンコダック社その他におけるこの問題解決の状況はすでに述べた。一部のケースでは好結果をもたらしているが、すべてのケースでそうであるという結論はまだ得られていない。

〔企業内教育におけるプログラム学習の研究〕

アメリカにおいては、学校教育と並んで企業内教育におけるプログラム学習の利用もなかなか

盛んで、そのための特殊なティーチングマシンとして、16mm 幻燈機（メンターⅠ型，Ⅱ型）という視聴覚教材としても従来考えられなかった新機種の開発が進められた。^{*}これにより比較的安価といわれているプログラムブックのコストをさらに下回る程のコストダウンが研究されているわけで、学校教育での利用に関する限り、ここまできびしいコストダウンの要求は普通考えられない。企業内教育の教育投資条件のきびしさを非常に明白にあらわしたものといえよう。この企業内教育で開発された研究は学校教育にも応用でき、学校教育のコストダウンも可能になるだろうと思われる。経済条件の満足ということがプログラム学習の研究の進展の基礎にある以上、企業内教育でのプログラム学習の利用に関するこのような研究は、広くプログラム学習の研究に貢献し得るものである。換言すれば、プログラム学習の経済的側面の研究は企業内教育のきびしい条件下で行なうのがよいという結論が得られる。

〔企業内教育におけるプログラム学習利用の問題点〕

まず最初に企業が企業内教育にプログラム学習を利用しようという意志決定をするに際していくつかの問題点がある。

1) 採算がとれるかとれないかの判定をする公式が作りにくいこと。収支のバランスシートにおいて収益増合計は、講師の人件費の節約、労働時間の中から教育のために差し引かれる時間の短縮がもたらす収益増、教育の歩留まりが向上したために減った事故件数がもたらす利益、をはじめ有形無形の利益である。他方、支出増はティーチングマシンやプログラム教材費、プログラムの開発費等の合計である。ことにティーチングマシンの機種、選択は重要な問題である。1台数千円程度のものから、1台数億円の電子計算機までであるからである。

2) プログラムの効率の不確定さ、学校教育であれば学習指導要領によって教育内容はほぼ決まっているが、企業内教育では、個々の企業においてそれぞれ特殊な教育内容である。学校教育用のプログラムは市販されているものも多く、その効率をよく知って買うことができる。しかし、企業内教育の特殊な教育内容に対して、新しくプログラムを開発しても果たしてその領域で高い教育能率が出るものかどうか不確定である。これは教材の性格とプログラマーがもっている技術との関連によるが、新しい領域であるので誰も予言できないのが現状である。

3) 対象となる人数の多い教科もあるが、少ない教科もあり、どの位の人数以上であればコストが一定水準以下であるか、その算定がむづかしく、適正規模以下の人数である教科については実施困難である。

次に企業が意志決定した後も、プログラム構成の技術を企業内で開発していくか、企業外の技術を借りるか、その決定はかなり困難であるし、毎年プログラムを改訂していくかどうかどうするかも残された問題である。

ともかく一定の効率をもったプログラムができ上がり、利用されることになるが、その効率で企業に事故の減少を含めてどの位の利益増をもたらすかを前もって予測することの困難な点が一

^{*} 49頁参照。

番の問題点であろう。また、トップマネジャー達のプログラム学習に対する関心の程度、広く企業内教育に対する関心の程度も大きな要因として働くことと思われる。わが国においても、国鉄、八幡製鉄等、従来から企業内教育の体制と設備が整っている所は、従来の視聴覚的教育設備から一步進めて、プログラム学習の研究にはいっているところがいくつか見られるので、近い将来、わが国の企業内教育でもプログラム学習は次第に開発され発展していこうと思われる。

第11章 プログラム学習とそのプログラムの評価

第1節 プログラムの評価

プログラム学習のプログラムも一つの学習資料であり、教育目的に照らして評価されるべき性質のものである。また、プログラム学習そのものも一つの学習指導法として評価の対象にならねばならない。

プログラム学習及びそのプログラムに対する評価の場はさまざまで、教師、購入する父兄、学習する生徒、教育管理者等の主体が使用前の段階で、また使用後の段階で評価することになるが、使用者が購入前に評価する便宜を考えて、アメリカ心理学会その他が最初の評価基準を立てた。

〔アメリカ全国教育協会視聴覚教育部、その他の作成したプログラム学習資料の最初的评价基準〕

1961年4月24日から28日にかけてフロリダ州マイアミで開催されたアメリカ全国教育協会(National Education Association 略称 N.E.A.)の視聴覚教育部(Division of Audio-Visual Instructions)の研究協議会でアメリカ教育研究協会(American Educational Research Association)、アメリカ心理学会(American Psychological Association)とアメリカ全国教育協会の視聴覚教育部三者合同の委員会が設けられ、ラムスデーンが委員長となった。氾濫するプログラムに対して適正な評価基準があつてしかるべきであるという叫びが盛んになったからである。また、それによってプログラムの質的向上もはかれるし、消費者もよくないプログラムをそうと知らずに買わされることもなくだろう、という趣旨から、プログラム学習の学習資料に対する最初的评价基準なるものを設けた*。

「ティーチングマシンまたはそれに似た手段で自学的なプログラム学習の学習資料を使用することは、アメリカの教育に対して重要な貢献をなし得る可能性があると思われる。しかし、この貢献は、使用者が自学的学習資料を評価する情報をもっていて始めて実施されるものである。そこで次のような当座の指針がつくられた。

1. ティーチングマシンはそれ自体では教えない。ティーチングマシンによって提示される授業資料のプログラムによって教授がなされる。それ故、ティーチングマシンの評価はその機械として信用できる確かさがどの程度かということと共に、機械のそれぞれのタイプに対してプログラムが利用できる程度やプログラムの質を評価する必要を生じさせる。

2. さまざまな種類のプログラムが利用できるようになりつつある。しかし、すべてのプログラムがどのティーチングマシンにも合うというわけではない。ある特定のティーチングマシンに適合するプログラムのみがそのティーチングマシンに挿入されて使用されることになる。市販さ

* 以下の記述は Programed Instruction, Vol. 1. No. 1. p. 4 による。

れていプログラムや道具の一覧表はアメリカ全国教育協会の視聴覚教育部に注文すれば送ってもらえる。

3. 自学的プログラムが教えようとする特定の内容を評価するに際しては、

イ. 生徒は何をすることが要求されているか

ロ. 学習者のそのような反応は、教育者が達成しようとしているそのような能力をよく反映しているかどうか

を吟味してみることによって可能である。他の学習資料と同様、特定の教科名を附して売られるプログラムもその内容とその教授目標の点では非常に大きな開きがあり得ることをよく考慮しなければならない。

4. 単に質問とその解答がならべられているというだけでは自学的プログラムを構成することができない。自学的プログラムにもいろいろタイプがあるが、その1つ（これに非常に多くのものが分類される）のタイプでは、生徒に反応を非常に頻繁に要求し、小刻みのステップで進行していく。これらのステップは、注意深い、論理的な進み方で教科内容を具体化しているかどうかを見てみれば、そのよしあしが判断される。そのようなプログラムのアイテムは学習者がそのアイテムの一番主要な点に反応するよう、またはそのアイテムが教えようとしている重要な操作を行なうよう作成されている筈である。

5. 自学的プログラムは、個々の学習者が自分自身の速さで進めるようにすることによって個人差に対する配慮をしている。自学的学習資料のあるタイプのものは、別の学習資料に分枝されることによってさらに個人差に適応しようとしている。この目的のために、学習者の必要とする内容を診断するような質問がつくられており、学習者の必要とする内容に応じて、別々の学習材料が準備されている。ある特定の質問に対する答えの選び方によってどのアイテムが次に提示されるか決まるようになっている。正しくない答えをした場合は、今までのを続けてやっていく前に、その誤りを矯正するように配慮された情報を含むアイテムに学習者をつれていくように仕組みられている。

6. すべての自学的学習資料の重要な特徴の1つは、学習者の反応の記録がプログラム改善の基礎になるという点である。すぐれた購入者は、改訂が学習者の反応に基づいて行なわれた程度や予備的な試行がどのように行われたかを尋ねるべきである。

7. 自学的プログラムの効果の程度は学習者がどの程度プログラムから現実に学んだか、またそれを記憶しているかを見定めることによって評価される。すぐれた購入者はそのようなデータが得られるかどうか、また、その時の試行の対象となった生徒はどんな生徒か、またどのような条件でデータが得られたかを知るべきである。

8. プログラムを大規模に採用する前にプログラムや道具をつかって活発な実験を学校制度の中でやってみるべきである。」

〔ラスコフの提案〕

ベル電話研究所のラスコフは、1961年ニューヨークで開かれた、教育研究所 (Educational Records Bureau) とアメリカ教育協会 (A.C.E.) と共同主催による第26回教育研究協議会で、プログラムはしかるべき要項を書いたレットテルをはって売り出されるべきだと提案した。そのレットテルにかゝれるべき要項は、

1. 作業テストの完全な写し。プログラムが目指す目標を完全におうところの作業テストを示すこと。もし代替の形式があればそれも示すこと。

2. 対象となった生徒達の詳しい記述。

イ) 人数, ロ) 教育程度と性格 (平均と変異度), ハ) 学力水準 (平均と変異度), ニ) 知能 (平均と変異度), ホ) 事前テストの得点 (平均と変異度), ヘ) その他の予測要因の数値, たとえば読書力

3. 評価中の実施条件。

イ) 集団の大きさと監督の仕方, ロ) 学習意欲を刺激する組織, ハ) 練習の分配, ニ) 補助的に行なった指示事項, ホ) その他の補助的な手続き, たとえば, 実験室での練習, 演示, 映画等, ヘ) 用いられたティーチングマシン, ト) 部屋の物質的諸条件

4. 評価の結果。

イ) 作業テストの得点, 平均, 変異度, IQ との関係等, ロ) 実施の時間

5. 使用の際の使い方。

6. 価格。

7. プログラムを作成した過程でとられた技術を書いた報告書。

彼が作業テストというのは、われわれが終末テストと呼んでいるものとほぼ同じであるが、われわれの場合、数学の性質上、ペーパーテストを用いたのに対し、彼はあくまでもペーパーテストを排し、実地の作業を要求している点特色といえる。つまるところは、「どのような作業テストで、どのようなグループをどのような条件でやり、どういう得点を生み出す力がプログラムにあるかを書け」というにある。

第2節 評価基準

〔フレームの正答率〕

従来しばしば、プログラム学習では各質問の正答率が90パーセントとかまたはそれ以上になっているのでプログラムはよい学習であるといわれてきた。確かに生徒の興味とか学習意欲の上では、このことはよいことである。しかし、フレームの正答率がよいということは、あくまでも必要条件であって、充分条件ではないことに注意する必要がある。フレームごとの正答率がよくても、実際に学力がついているかどうかは全く別物である。手掛かりが与えすぎてある場合、フレームの正答率は当然のこととしてよくなるが、それによって学習が正しく起こっている場合もあり、また、起こっていない場合もある。フレームの正答率の第2の問題点はその対象となった集

団の性格である。これは全国の生徒を対象として売り出される以上、全国の代表的標本をとって行なわれるべきものであるが、プログラム学習の学者達の間で、この点の厳密さは低い。しかし、これを完全にしてフレームの正答率を算出することは経費その他の点で、まだ困難な状態にある。国家的規模でもっと公共の教育研究投資がこの方面になされるようになってはじめて可能で、目下、日本で行なわれているように規模の小さな投資額では不可能に近い。日本のような教育研究の経済規模が小さく、散発的なところでは、国家の手による研究開発がどうしても必要であろう。

〔個人別正答率〕

プログラムの評価基準としては、この方が遙かに有意義である。1学級50人が100フレームのプログラムを実施した時、49人は全部100パーセントできたが、1人だけ100題全部できなかったとする。この場合、フレームごとの正答率は98パーセントでなかなかよさそうである。しかし、1人の生徒だけには、このプログラムは全々意味がなかったことになる。この原因をよく究明することはプログラマーにとって極めて大切なことである。知能が低い子供だったら、それとして理由はわかるが、知能が普通またはそれ以上の場合、さらに読解力とか学習意欲とか、いろいろな面から検査と診断が続けられなければならない。こうしてプログラムはさらによくなるだろうし、プログラム学習についての知見もふえるはずである。この例は仮定的な極端な例であるが、たとえば、フレームごとの正答率が高くても、1人の生徒が3つ以上続けて間違っていることは決して望ましくない。プログラム学習が1人1人の完全な学習を目指す以上、個人別のフレーム通過率及びその間違いの起こり方をよく分析的に検討する必要がある。このためにはクラス全員の問題別通過表をつくって、個人別の通過率を算出する必要がある。しかし、こゝにもフレーム別の正答率と同じ問題がある。つまり、個人別正答率が高くても、プログラムに手掛かりが多すぎた場合、実力はついていないかもしれない。われわれの研究によると算数科及び数学科で、この相関係数は0.40から0.67にまたがっていた。ということは、不一致の程度が相当大きいこともあり得ることを示している。従って、個人別正答率が高いからといって、すぐ終末テストもよくできるだろうと推定することはできない。

〔終末テストの成績〕

われわれは、これのみが唯一のプログラム評価基準であると思う。プログラム学習はあくまでも一つの学習指導法であるから、それが効果をもたらしたかどうかは、しかるべきテストによってのみ測定されるべきものである。たゞ問題はどんなテストで、ということだろう。これは目標との関係で決められてくる。目標が動作的なものである時は、やはり、動作を測定すべきであり、紙の上の仕事ならペーパーテストをすべきで、いつも動作テストの方がペーパーテストの方よりすぐれているともいえない。一応このようにテストの性格が目標によって決まったら、今度は問題をどのようにサンプルとして集めてくるかということである。これには層化無作為抽出法がよい。

この終末テストの点数が妥当なものであり、信頼できるかどうかは、同等検査をもう一つつくってそれとの相関係数を算出する必要がある。なお、この実施条件はテスト時間、指示の仕方等を含めた詳細なものをつくっておくことが望ましい。

〔プログラムを終わるに要した時間〕

プログラムを終わるに要する時間は、普通授業の半分または3分の1位である。このためしばしば、この基準はプログラム学習のよさと結びつけて云々される。しかし、もし、実力がついていなかったら、いくら早くできても無意味なので、終末テストの点数とあわせて、プログラム学習の所要時間いくらということがいわれなければならない。もし、終末テストの成績が90パーセント以上で、しかも、所要時間が半分ないし3分の1というのであれば、これはプログラムの評価基準としても、またプログラム学習の評価基準としてもよいものである。

〔プログラムの全般的評価〕

ラムスデーンはプログラム評価基準について、さしあたり、プログラムの出力、つまり、終末テストの方に重点を置くべきであるといっている。(Lumsdaine, 1960, 1962) しかし、われわれは、プログラムの学習資料としての意味を包括的におさえて評価基準をたてるべきである。それは、

1. 生徒が興味をもって学習するかどうか。生徒が興味をもって学習ということはあらゆる学習に際して極めて基本的な条件で、プログラム学習もこの例外ではない。しかし、生徒の興味を生みだしてくるものものとなると、問題は当然複雑になってくる。算数、数学等では、やはり、知的教科なので、生徒のもっている損われない知的探求心、好奇心に依存せざるを得ない。それに正當に訴えていく力をプログラムがもつべきで、枝葉末節のことで興味に訴えても意味がない。しかし、なお、プログラムの書き方やスタイルには、大人向けの言葉を焼きなおしたようなかたい表現と、子供の思考の筋道や過去の経験様式に合致した表現とがある。勿論、後者の方でなくては、子供達はプログラム学習にほんとの興味を感じる筈はない。従って、これは、

2. 表現のスタイルが当該学年の発達心理に合致しているかどうか。小学校の中学年、低学年ではこれは特殊な技術というべきもので、プログラマーの能力や経験に大きく依存する。さらに、われわれの経験では、これは多分にプログラマーの性格にもよると思う。プログラムブックの場合、先生の話術で補えないので、この要件は教科書以上に大きい。

3. 活字の大きさがその学年の子供の視力に合致しているかどうか。これについては、文部省の検定教科書の基準がすでにあるので、プログラムブックの場合、これを準用することが望ましい。

4. フレームの配列の仕方が適切かどうか。マスクを上において順々に下げていく方式や頁をめくる方式やいろいろの工夫がされている。いずれも一長一短だが、カンニングをしようと思わなくても目に答えがとびこんでくる場合が少しでもあるというのはやはりよくない。その意味でマスク方式はその頁の最初の時、これが起こりやすく、欠点というべきだろう。これに反して、

５．内容が正確であるか。教科書の内容が正確でなくてはならないと全く同様に、プログラムの文章や図や挿絵の内容の正確さが要求される。これはあらゆる学習資料の鉄則である。さらにプログラムの場合は答えの正確さ、許容できる答えがもれなく列挙してあること等も大切な条件として加わる。

以上は必須条件であるが、「特に望ましい条件」として、

- さらに、「望ましい条件」として

- などがあげられる。

〔生徒達の評価〕

さきに述べた「プログラム学習評価票」の中の関連項目について、アンマートの結果をまとめてみよう。

第8問、「このように自分の好む速さで勉強できるやり方をどう思いますか。□□ たいへんよい、□□ よい、□□ よくも悪くもない、□□ 悪い、□□ たいへん悪い」についての記入結果は次の第48表の通りである。

各学年ともちがう単元をやっているし、各学年とも生徒のパーソナリティなり学習適性の平均

第48表 個人進度に対する絶対評価

	たいへん よ	よ	い	よくも悪 くもない	悪	い	たいへん 悪	無 記 入	計
H 小 学 校	13	18	5	0	0	0	0	36	
G 小 学 校	19	19	7	0	0	1	46		
F 小 学 校	17	20	7	0	0	0	44		
小学校合計	49	57	19	0	0	1	126		
F 中 1 年	18	21	9	0	0	0	48		
F 中 2 年	18	18	13	0	0	0	49		
F 中 3 年	9	29	9	3	0	0	50		
中学校合計	45	68	31	3	0	0	147		

水準なりは相違するので、パーセントがちがうのは当然であるが、これによると、生徒達により圧倒的によいと評価されていることを知る。ただ、中学校 3 年生に 3 名だけ、悪いと記入している生徒がいるが、これは、A 知能指数130, 学力段階 3, B 知能指数128, 学力段階 5, C 知能指数123, 学力段階 3 の生徒で、その理由はよくわからない。知能指数が130以上で、学力段階 4 または 5 のもの多くは、「たいへんよい」または「よい」に記入しており、これは自由に先に進めることからきていると思われる。

〔従来の一斉授業との相対評価〕

第12問、「お友達はお友達でやっているし、自分は自分でやるというこの勉強の仕方は今までのいっしょにやるやり方に比べてどうですか。□□ こちらの方が非常によい、□□ こちらの方が少しよい。□□ どちらともいえない、□□ 今までの方が少しよい、□□ 今までの方が非常によい」はこのことを質問しているわけだが、記入の結果は次の第49表の通りである。

「今までの方がよい」と評価しているのは 1 割以下で極めて少数というべきだろう。中学校の方で、「今までの方が少しよい」と答えた10人は学力段階別にいうと 3 の段階のもの 6 人、2 の段階のもの 1 人、1 の段階のもの 3 人で、低い方の生徒の意見であると考えることができる。

「今までの方が非常によい」と答えた 1 人も、学力段階 2, 知能指数95の生徒である。

以上、全般的に見て、生徒のプログラム学習に対する評価は非常によいといえることができる。

第49表 従来の一斉授業との相対評価

	こちらの方が 非常によい	こちらの方が 少しよい	どちらとも いえない	今までの方が 少しよい	今までの方が 非常によい	無記入	計
H 小 5 年	14	9	11	2	0	0	36
G 小 5 年	12	12	12	7	2	1	46
F 小 5 年	9	10	23	2	0	0	44
小学校合計	35	31	46	11	2	1	126
F 中 1 年	6	13	27	2	0	0	48
F 中 2 年	13	15	16	4	1	0	49
F 中 3 年	10	19	17	4	0	0	50
中学校合計	29	43	64	10	1	0	147

第4節 プログラム学習の限界

〔限界の意味〕

プログラム学習は教育技術として見た時、過去10年間たえず発展してきたし、また将来発展するだろうと思われる。従って、その限界も技術との相関関係にあり、技術の進歩に従って、限界は後退し、領域は開けていく。今日の限界も明日は限界でなくなる。われわれ研究者としては、その限界を後退させていくことこそ課題であって、その限界をすでに固定されたものと受けとることは根本的に間違いである。

〔定義に基づく限界〕

とはいえ、定義に基づく限界は技術の開発とは別の次元のものであり、将来動くことがあるかもしれないが、今は不動のものという立場がとられねばならない。

その性質上、プログラム学習の限界に大きく影響を及ぼすのは第3過程、つまり、反応の結果が正答であったか誤答であったかの判定である。教科学習において正誤の判定の困難な領域は3つある。

1) 自由画、作曲、作文等の創作活動、リズム活動、ダンス等における自由な表現。この領域の生徒作品について教師側が直ちに正答とか誤答とかいうことは不可能である。このような創作活動はそれ自体、芸術的、個性的なもので、正とか誤りで処理され得るものではない。美的評価はあり得るが、それもしばしば主観的判断に陥るおそれがある。

2) 社会科などで、イデオロギーのちがいにより正誤の判定困難な場合、一応これは学校教育内の問題としてであるが、教科書や先生の話としては、いろいろなイデオロギーを併列的に扱うこともできるが、正誤の判定をすぐ下さねばならないプログラム学習においては、これはしばしば困難である。一つの知識として、情報としてならば正誤の判断が客観的に可能である。

3) 道徳上の判断で正誤の判定困難な場合。道徳的判断で社会の通念に従い全員一致で善悪をいうことができる問題はプログラム化が可能であるが、死刑は道徳上許せるかどうかといふ点でその社会の意見が大きく分かれている時、プログラム化は困難である。結局プログラムにおいてはその反応の正誤を客観的な立場で判定することを迫られるからである。

〔前もってかけられたプログラムの限界〕

学習者1人について教師が1人つく場合とか、1つの学習集団が協力の学習をするのについて教師が1人つき、時々刻々の学習者の反応を見て、教師がすぐ次の問題を決定し得て、しかもそれが誤らない性質のものであるとすると、理論的には定義の限界以外ならばすべてプログラム化が可能であるといえる。この場合、いわゆるルールが前もってしかれているわけではないので、教師が優秀である必要があるが、もしその条件が満たされるならば、随分適応性の高い弾力的なプログラム学習が展開されることになる。しかし、一般的に言って、このような教師が時々刻々にプログラムを作成しながら進むプログラム学習は、すぐれた家庭教師の場合以外考えられず、

普通は前もってプログラムがかかれていて、それを自学自習するか、またはそのプログラムの著者でない教師指導の下で行なわれることが多い。この場合はプログラムが前もって規定されている。教室で50人の生徒を指導している教師が間違い続きの1人または2人の生徒に対して即座にプログラムを補充して与えることは大変望ましいことであるが、なお、これはそう多くの生徒に対して、その校時に期待できるものでない。一般的には、学習者に対してプログラムは前もって書かれているというべきである。この前もって書かれているところのレールの上を走らせるということはプログラム学習の本質ではないが、実際上はこのような場合が大部分の場合であるといえることができる。ここから技術上の大きな限界がでてくる。

たとえば、国語科で、「さえ」という助詞を用いて短文を作れという指導は必要な指導であるが、前もって書くプログラムとしては、この結果起こるあらゆる多様な反応に対して一々、これは正答、これは誤答ということは技術的に不可能である。そこで、やむを得ず多肢選択法を用いたり、そこだけを空白にした完成法を用いることになるが、この方式で練られる能力と、「さえ」を用いて自由に文章をつくる能力とは別のものである点に留意する必要がある。自由作文の能力そのものを練ることは技術的に極めて困難で、自由画のプログラム学習が当面する技術的困難と似ている。

〔効率に基づく限界〕

プログラム学習だからすべて効率がよいというわけではなく、プログラマーの能力が低いと、そのプログラムでは到底自学自習が継続できない場合が起こる。つまり、プログラムには質的に高いプログラムもあれば、質的に低いプログラムもあり、これはすべての学習資料に共通のことである。普通授業にもいろいろあるが、ここにAというプログラマーによって書かれた効率80パーセントのプログラムがあるとする。この利用価値は効率80パーセント以下の教師には大きいですが、効率90パーセントの教師にとっては利用価値はそもそもないというべきだろう。効率が普通の水準を上回って始めて利用される価値がでてくると考えられる。

〔経済効率、投資効率に基づく限界〕

たとえその効率が普通の水準を上回っても、それは一定の教育投資に見合うものでなくてはならない。プログラムブックなりティーチングマシンなりはそれぞれ教育投資の新規増加を意味する。学習効果の上昇の経済的効用がその教育投資に必用な費用を上回る時は教育投資が行なわれるが、そうでない時は行なわれない。この判断は個人経済のレベル、地方自治体や政府財政の経済のレベル、社会全体の経済のレベル等でそれぞれちがう、それぞれの財政次元で経済的効率に基づく限界が作用することはいうまでもない。

第12章 ま と め と 展 望

〔まとめ〕

心理学の実験室の中で生れ育てられた一つの学習理論であるところのプログラム学習は現代の教育および教育理論に対して極めて重要な意義をもっている。教師なしでも学習者と学習資料との間に継続的自動的に展開される相互制御過程としてのプログラム学習は教師の機能の構造と重点を変え、学習資料の性格を一変した。われわれはこのような点を第1章で考察した後、第2章でその歴史的発展といくつかの流れの歴史的位置づけを行った。

第3章では学習過程に従ってプログラム学習の成立、意味の拡充、回路づけの安定化、回路抵抗の減少、学習の転移等が検討され、そこでは生理・心理学的モデルが提出された。第4章以下はプログラム学習の基礎理論を構成している要因に従い、強化、モチベーション、準備性等の概念が検討され、第7章ではプログラム学習の中核をなすところのプログラムそれ自体について、その作成原理と手続きが包括的に追求された。

第8章では1954年の提案以降、1963年末までの研究データが主題別に検討され問題点が指摘されたが、プログラム学習の原理体系の構築はまだまだ実証面で不十分なことが明らかになった。

第9章では過去数年にわたる著者の研究データを、従来の学力段階、準備性、知能、興味等の点から分析し、直後および9か月後について従来の授業の効果との比較実験結果が紹介された。それによると少くとも算数および数学科に関する限り、従来の授業よりも効果的であるととも、より高い興味をもって学習されることが証明された。

第10章ではプログラム学習の利用の問題が、普通学級、複式学級、通信教育、学習促進学級と特殊学級、家庭学習、企業内訓練等の場で検討された。

第11章ではプログラム学習およびプログラム自体の評価基準の問題がとりあげられ、生徒による評価のデータも検討された。最後にプログラム学習の限界という点を問題にした。

〔展望〕

永く教室に伝統を誇っていた教科書、黒板、チョークなどはプログラム学習の登場によって、一部の教科領域ではその影を潜めた。教師は演壇の上の講演者から学習進行の管理者に変わり始めた。

個人進度の学習オートメーション過程はその統制者として次第に高度のものを要求しつつあり、プログラムブックはいずれ電子計算機によって指令されるフレームの系列へと発展していくだろう。

今世紀の始、デューイによって、学校は図書館を中心に運営されるべきであり学校建築の中心は図書館でなくてはならないといわれたが、今や学校は電子計算機によって統制されその指令室こそ学校の中核であり、学校建築の中心になるだろう。小学校6か年、中学校3か年の間、生徒達は数万という反応をしていろいろのシンボルや技能を学習していくだろうが、1人の生徒の全

反応が電子計算機の中に貯えられ、教師の必要に応じてとりだされ教師の指導計画を助けることになろう。そうなった暁、教育心理学は電子計算機という言葉で書かれた数十万の指令事項の体系となってしまう、教科の体系およびその論理と密接に結びついたものとなろう。

BIBLIOGRAPHY

- Adkins, D.C.: Measurement in Relation to the Educational Process. *Educational and Psychological Measurement* 18: 221-240; 1958.
- Allen, W.H.: Research on Film Use; Student Participation. *Audio-Visual Communication Review* 5: 423-450; 1957.
- Amsel, A.: Error Responses and Reinforcement Schedules in Self-Instructional Devices. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) *Teaching Machines and Programmed Learning*, Pp. 506-526. N.E.A., 1960.
- Angell, D., and Lumsdaine, A.A.: Prompted Plus Unprompted Trials Versus Prompted Trials Alone in Paired-Associate Learning. Pittsburgh: American Institute for Research, 1960.
- Angell, G.W.: The Effect of Immediate Knowledge of Quiz Results on Final Examination Scores in Freshman Chemistry. *Journal of Educational Research* 42: 391-394; 1949.
- Angell, G.W., and Troyer, M.E.: A New Self-Scoring Device for Improving Instruction. *School and Society* 67: 84-85; 1948.
- Arps, G.F.: Works with Knowledge of Results Versus Works without Knowledge of Results. *Psychological Monographs* No. 3, 1920.
- Banghart, F.W.: An Experiment with Teaching Machines and Programed Textbooks. A Paper Presented before Am. Educ. Research Assoc., 1961.
- Barlow, J.A.: Earlham College Student Self-Instructional Project, First Quarterly Report. Report submitted to the U.S. Office of Education by Earlham College, Richmond, Ind., 1959.
- Barlow, John A.: Conversational Chaining in Teaching Machine Programs. *Psychological Reports* 7: 187-193; 1960, a.
- Barlow, John A.: Teaching Machines and Programed Learning. Paper Presented at the Fifteenth Conference on Higher Education. March 7, 1960, b.
- Beck, Jacob: On Some Methods of Programming. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. John Wiley and Sons, 1959.
- Bellman, R.: *Dynamic Programming*. Princeton, N.J.; Princeton University Press, 1957.
- Bellman, R., and Kalaba, R.: On Communication Processes Involving Learning and Random Duration P. 1194. Rand Corporation Publications, 1958, a.
- Bellman, R., and Kalaba, R.: Dynamic Programming and Adaptive Processes—I: Mathematical Foundation. P. 1416. Rand Corporation Publications, 1958, b.
- Bellman, R., and Kalaba, R.: Functional Equation in Adaptive Processes and Random Transmission. P. 1573. Rand Corporation Publications, 1959, a.
- Bellman, R., and Kalaba, R.: On Adaptive Control Processes. P. 1610. Rand Corporation Publications, 1959, b.
- Bellman, R., and Kalaba, R.: Dynamic Programming and Feedback Control. P. 1778. Rand Corporation Publications, 1959, c.
- Besnard, G.C., Briggs, L.J., Mursch, G.A., and Walker, E.S.: Development of the Subject-Matter Trainer. Technical Memorandum, Armament Systems Personnel Research Laboratory, AFPTRC, Lowry Air Force Base, Colo., 1955.
- Bitzer, D., Braunfeld, P., and Lichtenberger, W.: PLATO: An Automatic Teaching Device. *IRE Transaction on Education*, E-4: 4; Pp. 157-161, IRE, 1961.
- Bloom, B.S. and Krathworl, D.R.: *Taxonomy of Educational Objectives*. Longmans, Green & Co., 1956.
- Blumenthal, J.C.: *English 2600. A Scientific Program in Grammar and Usage*. Harcourt, Brace & World, Inc., 1960.
- Blyth, J.W.: Teaching Machines and Logic. *American Mathematical Monthly*, 67: 285-287; 1960, a.
- Blyth, J.W.: Teaching Machines and Human Beings. *The Educational Record*, 41: 116-125; 1960, b.
- Boehm, G.A.W.: Can People Be Taught Like Pigeons? *Fortune*, P. 176-265; October 1960.
- Boroff, D.: The Three R's and Pushbuttons. *New York Times Mag.* P. 36, 66, 68, 70, 72; September 25, 1960,

- Brethower, Dale M.: *Programed Instruction: A Manual of Programing Techniques*. Educational Methods, Inc., 1963.
- Briggs, L.J.: *The Development and Appraisal of Special Procedures for Superior Students and an Analysis of the Effects of Knowledge of Results*. Abstracts of Doctoral Dissertations, 58: 41-49. The Ohio State University Press, 1949.
- Briggs, L.J., Plashinski, D. and Jones D.L.: *Self-Pacing Versus Automatic Pacing of Practice on the Subject-Matter Trainer*. AFPTRC, ASPRL-LN-55-8, Lowry Air Force Base, Colo., 1955.
- Briggs, L.J.: *A Troubleshooting Trainer for the E-4 Fire Control System*. Technical Memorandum, Maintenance Laboratory, AFPTRC, Lowry Air Force Base, Colo., 1956.
- Briggs, L.J., and Besnard, G.G.: *Experimental Procedures for Increasing Reinforced Practice in Training Air Force Mechanics for an Electronic System*. In Finch, G. and Cameron, F. (eds.) *Symposium on Air Force Human Engineering, Personnel, and Training Research*. National Academy of Sciences—National Research Council, 1956.
- Briggs, L.J.: *Two Self-Instructional Devices*. Psychological Reports, 4: 671-766; 1958.
- Briggs, L.J.: *Teaching Machines for Training of Military Personnel in Maintenance of Electronic Equipment*. In Galanter, E. (ed.) *Automatic Teaching: The State of The Art*. John Wiley, 1959.
- Briggs, L.J.: *Teaching Machines*. In Finch, G. and Cameron, F. (Eds.) *USAF-NRC Symposium on Education and Training Media*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences—National Research Council, 1960.
- Brown, J.S.: *Problems Presented by the Concept of Acquired Drives*. In *Current Theory and Research in Motivation, a Symposium*. University of Nebraska Press, 1953.
- Bugelski, B.R.: *The Psychology of Learning*. Henry Holt and Co., 1956.
- "Business Week": *How Machines Do Teaching Job*. Business Week, No. 1620, Pp. 111-112.
- Burt, C.L.: *Report on Consultative Committee on Psychological Tests of Educable Capacity*. London: H.M. Stationary Office, 1924.
- Carpenter, F.: *The Teaching Machine. Recent Research and Developments and Their Implications for Teacher Education*. Thirteenth Yearbook. American Association of Colleges for Teacher Education, Chicago, Ill., 1960.
- Carr, W.J.: *A Functional Analysis of Self-Instructional Devices*. In Lumsadaine, A.A. and Glaser, R. (Eds.) *Teaching Machines and Programmed Learning*. Pp. 540-562, N. E. A., 1960.
- Cartier, Francis A.: *The Study of Communication in 1970*. Journal of Communication. 10: 10-19; 1960.
- Cook, D.A.: *On Vanishing Stimuli in Instructional Material*. Journal of the Experimental Analysis of Behavior 3, 1960.
- Cook, J.O. and Kendler, T.S.: *A Theoretical Model to Explain Some Paired-Associate Learning Data*. In Finch, G. and Cameron, F. (Eds.) *Symposium on Air Force Human Engineering, Personnel, and Training Research*. National Academy of Sciences—National Research Council, 1956.
- Cook, J.O.: *Supplementary Report: Processes Underlying Learning a Single Paired-Associate Item*. Journal of Experimental Psychology 56: 455; 1958.
- Cook, J.O. and Spitzer, M.E.: *Supplementary Report: Prompting Versus Confirmation in Paired Associate Learning*. Journal of Experimental Psychology, 59: 275-276; 1960.
- Corrigan, R.E.: *Automated Teaching Methods*. Automated Teaching Bulletin 1: 23-30; 1959.
- Coulson, J.E.: *Programming for Individual Differences*. Paper read at Symposium on Automated Teaching. Western Psychological Association Convention, San Diego, Calif., 1959, a.
- Coulson, J.E.: *An Experimental Teaching Machine for Research at System Development Corporation*. System Development Corporation, Santa Monica, Calif., 1959, b.
- Coulson, J.E. and Silberman, H.F.: *Results of Initial Experiment in Automated Teaching*. System Development Corporation, 1959.
- Coulson, J.E. and Silberman, H.F.: *Effects of Three Variables in a Teaching Machine*. Journal of Educational Psychology 51: 135-143; 1960.

- Crane, H.R.: An Experiment toward Establishing Communication from Audience to Lecturer. Institute of Radio Engineers Transaction on Education. E-4, 4: 162-166; 1961.
- Cron, R.L.: Why Automate Instruction? Institute of Radio Engineers Transaction on Education. E-4, 4: 132-134; 1961.
- Cross, K.P., and Gaier, E.L.: Technique in Problem-Solving as a Predictor of Educational Achievement. Journal of Educational Psychology 46: 194-206; 1955.
- Crowder, N.A.: Automatic Tutoring by Means of Intrinsic Programming. In Galanter, E. (ed.) Automatic Teaching: The State of The Art. John Wiley & Sons, 1959. Chap. 10, Pp. 190-116.
- Crowder, N.A.: The Arithmetic of Computers. Western Design, a Division of U.S. Industries, Inc., Santa Barbara Airport, Goleta, Calif., 1960, a.
- Crowder, N.A.: Automatic Tutoring by Intrinsic Programming. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) Teaching Machines and Programmed Learning. Pp. 286-298. N.E.A., 1960, b.
- Crumpler, J.: Development of Applied Communication Systems, Devices and Methodology. Paper presented at the Teaching Machine Conference Sponsored by the Electronics Personnel Research Group. Dept. of Psychol., Univ. of Southern Calif., 1960.
- Curtis, F.D., and Woods, G.G.: A Study of the Relative Teaching Values of Four Common Practices in Correcting Examination Papers. School Review 37: 615-623; 1929.
- DeCecco, John P.: Educational Technology. Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1964.
- Décote, G.: Vers l'enseignement programmé. Gauthier-Villars, 1964.
- Detambel, M.H. and Stolurow, L.M.: Stimulus Sequence and Concept Learning. Journal of Experimental Psychology 60: 34-40; 1956.
- Deterline, W.A.: An Introduction to Programmed Instruction. Prentice-Hall, Inc., 1962.
- Deutch, W.D.: Automated Tutors in Industry. Paper presented before Eastern Psychological Association. 1960.
- Diederich, P.B.: Self-Correcting Homework in English. Proceedings of the Educational Testing Service Invitational Conference on The Impact of Testing on the Educational Process. Princeton, N.J.: Educational Testing Service, 1960.
- Dowell, E.G.: An Evaluation of Trainer-Testers. Headquarters, Technical Training Air Force, Keesler Air Force Base, Miss., 1955.
- Eigen, L.D. The Construction of Frames of an Automated Teaching Program. Collegiate School Automated Teaching Project, New York, N.Y., 1959.
- Eigen, L.D., and Komoski, P.K.: Research Summary No. 1 of the Collegiate School Automatic Teaching Project. Report to the Foundation for the Advancement of Education, 1960.
- Emeson, D.L. and Wulff, J.J.: The Relationship Between "What Is Learned" and "How It's Taught". Technical Memorandum, Maintenance Laboratory, AFPTRC, Lowry Air Force Base, Colo., 1957.
- English, H.B.: How Psychology Can Facilitate Military Training—A Concrete Example. Journal of Applied Psychology 26: 3-7; 1942.
- Estes, W.K.: The Statistical Approach to Learning Theory. In Koch, S. (ed.) Psychology: A Study of Science. Vol. 2, Pp. 380-391, McGraw-Hill, 1959.
- Evans, J.L.: An Investigation of 'Teaching Machine' Variables Using Learning Programs in Symbolic Logic. Doctor's thesis. University of Pittsburgh, 1960.
- Evans, J.L., Glaser, R., and Homme, L.: A Preliminary Investigation of Variation in the Properties of Verbal Learning Sequences of the 'Teaching Machine' Type. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) Teaching Machines and Programmed Learning. N.E.A., 1960. Pp. 446-451.
- Evans, J.L., Glaser, R., and Homme, L. E.: The Ruleg (Rule-Example) System for the Construction of Programmed Verbal Learning Sequences. Dept. of Psychol., University of Pittsburgh, 1960.
- Evans, J.L., Homme, L.E., Glaser, R., and Stelter, C.: Descriptive Statistics: A programmed Textbook. Albuquerque, N.M.: Teaching Machines Inc., 1960.
- Fattu, N.A.: A Catalogue of Troubleshooting Tests. Research Report No. 1, prepared for the Personnel and Training Branch, Psychological Sciences Division, Office of Naval

- Research, by the Institute of Educational Research, Indiana University, 1956.
- Fattu, N.A.: Training Devices. *Encyclopedia of Educational Research*, Third Edition, 1960.
- Ferster, C.B., and Sapon, S.M.: An Application of Recent Developments in Psychology to the Teaching of German. *Harvard Educational Review* 28: 58-59; 1958.
- Finn, J.D.: Automation and Education: I. General Aspects. *Audio-Visual Communication Review* 5: 343-360; 1957, a.
- Finn, J.D.: Automation and Education: II. Automatizing the Classroom—Background of the Effort. *Audio-Visual Communication Review* 5: 451-467; 1957, b.
- Finn, J.D.: Automation and Education: III. Technology and the Instructional Process. *Audio-Visual Communication Review* 8: 5-26; 1960.
- Foltz, Charles I.: *Lehrmaschinen*. Verlag Julius Beltz, 1964.
- Freeman, J.T.: The Effects of Reinforced Practice on Conventional Multiple-Choice Tests. *Automated Teaching Bulletin* 1: 19-20; 1959.
- Fry, E.B.: Teaching Machines: An Investigation of Constructed Versus Multiple-Choice Methods of Response. *Automated Teaching Bulletin* 1: 11-12; 1959.
- Fry, E.B.: A Study of Teaching Machine Modes. In Lumsdaine, A.A. and Glaser, R. (eds.) *Teaching Machines and Programmed Learning*. Pp. 469-474, 1960.
- Fry, E.B.: *Teaching Machines and Programmed Instruction*. McGraw-Hill Book Company, Inc., 1963.
- Gagné, R.M. and Bolles, R.C.: A Review of Factors in Learning Efficiency. In Galanter, E. (ed.) *Automatic Teaching: The State of The Art*. John Wiley and Sons, 1959.
- Galanter, E. H. (ed.): *Automatic Teaching: The State of The Art*. John Wiley and Sons, 1959.
- Galanter, E.H.: The Ideal Teacher. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. Pp. 1-12. John Wiley and Sons, 1959.
- Gavurin, E.I., and Donahue, V.M.: Logical Sequence and Random Sequence. *Automated Teaching Bulletin* 1, 4: 3-9; 1961.
- Gilbert, A.C.F.: Effect of Immediacy of Knowledge of Correctness of Response upon Learning. *Journal of Educational Psychology* 47: 415-423; 1956.
- Gilbert, T.F.: An Early Approximation to Principles of Programming Continuous Discourse, Self-Instructional Materials. A Report to Bell Telephone Laboratory. 1958.
- Gilbert, T.F.: On the Relevance of Laboratory Investigation of Learning to Self-Instructional Programming. Symposium paper presented at the Annual Convention of the American Psychological Association, Cincinnati, 1959.
- Glaser, R., Damrin, D.E., and Gardner, F.M.: The Tab Item: A Technique for the Measurement of Proficiency in Diagnostic Problem Solving Tasks. *Educational and Psychological Measurement* 14: 283-293; 1954.
- Glaser, R.: Christmas Past, Present, and Future. *Contemporary Psychology* 5: 24-28; 1960, a.
- Glaser, R.: Comments on the Use of Teaching Machine Techniques in Language Laboratory. In Onias, F.J. (ed.) *Language Teaching Today*. A Report of the Language Laboratory Conference held at Indiana University, January 22-23, 1960. Publication No. 14 of the Indiana University Research Center in Anthropology, Folklore, and Linguistics, 1960.
- Glaser, R., Homme, L.E., and Evans, J.L.: An Evaluation of Textbooks in Terms of Learning Principles. Paper read at the meeting of the American Education Research Association, Atlantic City, N.J., 1959.
- Goldbeck, R.A.: The Effect of Response Mode and Learning Material Difficulty on Automated Instruction. Technical Report No. 1. Santa Barbara, Calif.: American Institute for Research, 1960.
- Goldbeck, R.A., and Briggs, L.J.: An Analysis of Response Mode and Feedback Factors in Automated Instruction. Technical Report No. 2. Santa Barbara, Calif.: American Institute for Research, 1960.
- Goldbeck, R.A., Campbell, V.N., and Llewellyn, J.E.: Further Experimental Evidence on Response Modes in Automated Instruction. Technical Report No. 3. Santa Barbara, Calif.: American Institute for Research, 1960.

- Goldbeck, R.A., and Campbell, V.N.: The Effects of Response Mode and Response Difficulty on Programmed Learning. *Journal of Educational Psychology* 53: 110-118; 1962.
- Greenspoon, J., and Foreman, S.: Effect of Delay of Knowledge of Results on Learning a Motor Task. *Journal of Experimental Psychology* 51: 225-228; 1956.
- Grice, G.R.: The Relation of Secondary Reinforcement to Delayed Reward in Visual Discrimination Learning. *Journal of Experimental Psychology* 38: 1-16; 1948.
- Gropper, G.L., and Lumsdaine, A.A.: Experiments on Active Student Response to Televised Instruction. American Institute for Research.
- Gustafson, H.W.: Intrinsic Programming Developments. Paper read at the Teaching Machine Conference sponsored by the Electronics Personnel Research Group. Department of Psychology, University of Southern California, 1960.
- Guthrie, E.R.: Conditioning: A Theory of Learning in Terms of Stimulus Response, and Association. In *The 41st Yearbook, Part II*, Pp. 17-60. National Society for the Study of Education, 1942.
- Guthrie, E.R.: *The Psychology of Learning*. Harper and Brothers, 1952.
- Hamilton, E.L.: The Effect of Delayed Incentive on the Hunger Drive in the White Rat. *Genetic Psychology Monographs* 5: 131-207; 1929.
- Harlow, H.R.: Motivation as a Factor in New Response. *Current Theory and Research in Motivation, a Symposium*. University of Nebraska Press, 1953.
- Hatch, R.S.: An Evaluation of the Effectiveness of a Self-Tutoring Approach Applied to Pilot Training. Wright-Patterson Air Force Base, Dayton, Ohio: Air Development Center, 1959.
- Hebb, D.O.: *The Organization of Behavior*. John Wiley and Sons, 1949.
- Hilgard, E.R.: *Theory of Learning*. 2nd Ed. Appleton-Century-Crofts, 1956.
- Hively W.: Implications for the Classroom of B.F. Skinner's Analysis of Behavior. *Harvard Educational Review* 29: 37-42; 1959.
- Hively, W.: An Exploratory Investigation of an Apparatus for Studying and Teaching Visual Discrimination, Using Preschool Children. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) *Teaching Machines and Programmed Learning*. Pp. 247-256. N.E.A., 1960.
- Hobbensiefken, Günter: Programmierter Unterricht. *Pädagogische Rundschau* 19, 1: 53-55; 1965.
- Holland, J.G.: A Teaching Machine Program in Psychology. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. Pp. 69-82. John Wiley and Sons, 1959.
- Holland, J.G.: Teaching Machines: An Application of Principles from the Laboratory. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) *Teaching Machines and Programmed Learning*. Pp. 215-228. N.E.A. 1960.
- Holland, J.G., and Porter, D.: The Influence of Repetition of Incorrectly Answered Items in a Teaching Machine Program. *American Psychologist* 15: 423; 1960.
- Holland, J.G., and Skinner, B.F.: *The Analysis of Behavior*. McGraw Hill Book Co., 1961.
- Homme, L.E.: The Rationale of Teaching by Skinner's Machines. Paper read at the Annual Convention of the American Psychological Association. 1957.
- Homme, L.E., and Glaser, R.: Problems in Programming Verbal Learning Sequences. Paper read at Symposium on Research Issues in the Study of Human Learning Raised by Developments in Automated Teaching Methods. American Psychological Association Convention, 1959.
- Homme, L.E., and Glaser, R.: Relationships Between the Programmed Textbook and Teaching Machines. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. Pp. 103-108. John Wiley and Sons 1959.
- Homme, L.E., and Klaus, D.J.: *Laboratory Studies in the Analysis of Behavior*. Leaver Press, 1957.
- Hosmer, C.L., and Nolan, J.A.: Time Saved by a Tryout of Automatic Tutoring. *Automated Teaching Bulletin* 1, No. 2: 31-34; 1960.
- Hovland, C.I.: Human Learning and Retention. In Stevens, S.S. (ed.) *Handbook of Experimental Psychology*. Pp. 613-689. John Wiley and Sons, 1951.

- Hughes, J.L. (ed.): *Programed Learning: A Critical Evaluation*. Educational Methods, Inc., 1963.
- Hughes, J.L.: *Programed Instruction for Schools and Industry*. Science Research Associates, Inc., 1962.
- Hull, C.L.: *Principles of Behavior*. Appleton-Century-Crofts, 1943.
- Irion, A.L., and Briggs, L.J.: *Learning Task and Mode of Operation Variables in Use of the Subject Matter Trainer*. Lowry Air Force Base, Colo.: Air Force Personnel and Training Research Center, 1957.
- Irion, A.L.: *An Investigation of Four Methods of Operation and Three Types of Learning Tasks on the Improved Subject Matter Trainer*. Maintenance Laboratory, AFPTRC, Lowry Air Force Base, Colo., 1957.
- Israel, M.L.: *Educational Redesign: A Proposal*. *School Review* 67: 292-304; 1959.
- Israel, M.L.: *Variably Blurred Prompting: I. Methodology and Application to the Analysis of Paired-Associate Learning*. *Journal of Psychology* 50: 43-52; 1950.
- Jacobson, Jr. J.: *Teaching High School Students a College Level Course by Means of a Learning Machine Program*. *Mid-Judson Channel* 10: No. 2, 14; 1961.
- Jenkins, W.O., and Stanley, J.C.Jr.: *Partial Reinforcement: A Review and Critique*. *Psychological Bulletin* 47: 193-234; 1950.
- Jensen, B.T.: *An Independent-Study Laboratory Using Self-Scoring Tests*. *Journal of Educational Research* 42: 381-385; 1949.
- Johnson, A.F., and Mayhew, D.J.: *Teaching Machines*. *Journal of Engineering Education* 50: 51-52; 1959.
- Jones, R.S.: *Integration of Instructional with Self-Scoring Measuring Procedures*. *Abstracts of Doctoral Dissertations* 65: 157-165; Columbus: The Ohio State University Press, 1954.
- Judd, C.H.: *Practice without Knowledge of Results*. *Psychological Monographs* 7: No. 1; 1905.
- Kaess, W., and Zeaman, D.: *Positive and Negative Knowledge of Results on a Pressey Type Punchboard*. *Journal of Experimental Psychology* 60: 12-17; 1960.
- Keisler, E.R.: *The Development of Understanding in Arithmetic by a Teaching Machine*. *Journal of Educational Psychology* 50: 247-253; 1959, a.
- Keisler, E.R.: *Theoretical Aspects of Automated Teaching*. Paper read at the Annual Convention of the Western Psychological Association. San Diego, Calif., 1959, b.
- Keisler, E.R., and Mcneil, J.D.: *A Comparison of Two Response Modes in an Autoinstructional Program with Children in the Primary Grades*. *Journal of Educational Psychology* 53: 127-131; 1962.
- Keller, F.S.: *Learning Reinforcement Theory*. Random House, 1954.
- Keller, F.S., and Schoenfeld, W.N.: *Principles of Psychology*. Appleton-Century-Crofts, 1950.
- Kendler, H.H.: *Teaching Machines and Psychological Theory*. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. Pp. 177-186. John Wiley and Sons, 1959.
- Klaus, D.J.: *The Art of Autoinstructional Programming*. American Institute for Research Memorandum No. 15, 1960, a. Institute for Research, 1960, a.
- Klaus, D.J. (in collaboration with Holmoe, E.S., Lumsdaine, A.A., Meyer, D.S., and Quisenberry, K.S.): *High School Physics*. (A two-volume programmed text: Vol. 1, Introduction and Static Electricity; Vol. 2, Reflection and Refraction.) American Institute for Research, 1960, b.
- Klaus, D.J.: *Some Observations and Findings from Autoinstructional Research in Newer Educational Media*. Pennsylvania State University, 1960, c.
- Klaus, D.J., and Lumsdaine, A.A.: *An Experimental Field Test of the Value of Self-Tutoring Materials in High School Physics*. An Interim Report of Progress and Preliminary Findings. American Institute for Research, 1960.
- Klaus, D.J.: *Programming: A Re-Emphasis on Tutorial Approach*. Audio-Visual Instruction. April 1961, a.
- Klaus, D.J.: *The Art of Auto-Instructional Programming*. Audio-Visual Communication Review 9: 130-142; 1961, b.

- Klaus, D.J., and Lumsdaine, A.A.: Some Economic Realities of Teaching-Machine Instruction. American Institute for Research, 1961, a.
- Klaus, D.J., and Lumsdaine, A.A.: Increased Learning from TV Courses by of Integrated Self-Instructional Quiz Materials and "Practice Machines". Progress Report submitted to the U.S. Office of Education. American Institute for Research, 1961, b.
- Komoski, K.P.: "Origin of Collegiate School Automated Teaching Project." New York: Collegiate School, 241 W. 77th St., 1960.
- Kopstein, F.F., and Rockway, M.: Self-Tutoring and Problems in Training. Paper read at the Air Force Office of Scientific Research and the University of Pennsylvania Conference on the Automated Teaching of Verbal and Symbolic Skills, Philadelphia, December 1958.
- Kopstein, F.F., and Roshal, S.M.: Learning Foreign Vocabularly from Pictures Versus Words. Training Aids Research Laboratory, AFPTRC, Air Research and Development Command, Chanute Air Force Base, Ill., 1954.
- Kopstein, F.F., and Roshal, S.M.: Method of Presenting Word Pairs as a Factor in Foreign Vocabulary Learning. Paper read at the annual Convention of the American Psychological Association, September 1955.
- Krumboltz, J.D.: Meaningful Learning and Retention: Practice and Reinforcement Variables. Review of Educational Research 31: 535-546; 1961.
- Krumboltz, J.D., and Weisman, R.G.: The Effect of Overt Versus Cover Responding to Programed Instruction on Immediate and Delayed Retention. Journal of Educational Psychology 53: 89-92; 1962, a.
- Krumboltz, J.D., and Weisman, R.G.: The Effect of Intermittent Confirmation in Programed Instruction. Journal of Educational Psychology 53: 250-253; 1962, b.
- Lancaster, O.E.: MARI: Motivater and Response Indicator. Institute of Radio Engineers Transaction on Education E4, No. 4: 167-174; 1961.
- Lawrence, D.H., and Festinger, L.: Deterrents and Reinforcement: The Psychology of Insufficient Reward. Stanford University Press, 1962.
- Lewin, K. et al: Level of Aspiration. In Hunt, J. McV. (ed.) Personality and Behavior Disorders. Vol. I. The Ronald Press Co., 1944.
- Lewis, D.J.: Partial Reinforcement: A Selective Review of the Literature since 1950. Psychological Bulletin 57: 1-28; 1960.
- Lindsley, D.B.: Psychophysiology and Motivation. In Jones, M.R. (ed.) Nebraska Symposium on Motivation 1957. Pp. 44-105. Lincoln: University of Nebraska Press, 1957.
- Little, J.K.: Results of Use of Machines for Testing and for Drill upon Learning Educational Psychology. Journal of Experimental Education 3: 45-49; 1954.
- Ludwig, E.H.: Die Technik zur Herstellung von Lehrprogrammen für die Programmierte Unterweisung. A. Henn Verlag, Ratingen bei Düsseldorf, 1964.
- Lumsdaine, A.A.: Partial and More Complete Automation of Teaching in Group and Individual Learning Situations. In Galanter, E.H. (ed.) Automatic Teaching: The State of the Art. John Wiley and Sons, 1959, a.
- Lumsdaine, A.A.: Response Cuening and 'Size-of-Step' in Automated Learning Programs. Paper read at Symposium on Research Issues in the Study of Human Learning Raised by Developments in Automated Teaching Methods. American Psychological Association Convention, Cincinnati, Ohio, 1959, b.
- Lumsdaine, A.A.: Some Issues Concerning Devices and Programs for Automated Learning. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (ed.) Teaching Machines and Programmed Learning. N.E.A., 1960. (1959, c.)
- Lumsdaine, A.A.: Teaching Machines and Self-Instructional Materials. Audio-Visual Communication Review 7: 163-181; 1959, d.
- Lumsdaine, A.A.: Design of Training Aids and Devices. In Folley, J.D. Jr. (ed.) Human Factors Methods for Systems Design. American Institute for Research, 1960, a.
- Lumsdaine, A.A.: The Development of Teaching Machines and Programmed Self-Instruction. New Teaching Aids for the American Classroom. Pp. 136-173. Stanford University, Calif.: The Institute for Communication Research, 1960, b.

- Lumsdaine, A.A.: Use of Self-Instructional Devices. In Folley, J.D. Jr. (ed.) *Human Factors Methods for Systems Design*. American Institute for Research. 1960, c.
- Lumsdaine, A.A., and Gladstone, A.I.: Overt Practice and Audio-Visual Embellishments. In May, A.A., and Lumsdaine, A.A. (eds.) *Learning from Films*. Pp. 58-71. Yale University Press, 1958.
- Lumsdaine, A.A., and Glaser, R.: *Teaching Machines and Programmed Learning*. Washington, D.C.: Department of Audi-Visual Instruction, National Education Association, 1960.
- Lysaught, J.P.: *Programmed Learning and the Classroom Teacher*. New York State Education, February 1961, a.
- Lysaught, J.P.: *Programmed Learning and Teaching Machines in Industrial Training*. Journal of the American Society of Training Directors, February 1961, b.
- Lysaught, J.P.: *Programmed Learning and Teaching Machines in Industrial Training*. Part 2. Journal of the American Society of Training Directors, June 1961, c.
- Lysaught, J.P.: *Programmed Learning. Evolving Principles and Industrial Applications*. The Foundation for Research on Human Behavior. 1961, d.
- Lysaught, J.P. and Williams, Clarence M.: *A Guide to Programmed Instruction*. John Wiley and Sons, 1963.
- Maccby, N., and Sfeffield, F.D.: Theory and Experimental Research on the Teaching of Complex Sequential Procedures by Alternate Demonstration and Practice. In Finch, G., and Cameron, F. (eds.) *Symposium on Air Force Human Engineering, Personnel, and Training Research*. Pp. 99-107. National Academy of Sciences — National Research Council, 1958.
- Mager, R.F.: Preliminary Studies in Automated Teaching. *Institute of Radio Engineers Transactions on Education E-2*: 104-107; 1959.
- Mager, R.F.: A Method for Preparing Auto-Instructional Programs. *Institute of Radio Engineers Transaction on Education E-4*: 151-157; 1961.
- Markle, S.M.: *Programmer, Teach Thyself*. The Center for Programed Instruction, 1960.
- Mason, D.J.: Lecturing Versus Causing Students to Learn. *American Psychologist* 13: 378; 1958.
- Mathieu, G.: Automated Language Instruction: A New Deal for Students and Teacher. *Automated Teaching Bulletin* 1: 5-9; 1959.
- Mayer, S.R., and Westfield, R.L.: A Field Tryout of a Teaching Machine for Training in SAGE Operations. Technical Memorandum, Operational Applications Laboratory, Air Force Cambridge Research Center, Bedford, Mass., 1958.
- Mayhew, D.J., and Jonhson, A.F.: Teaching Machines. *Journal of Engineering Education* 50: 51-5; 21959.
- McCollough, C., and Van Atta, L.: The Use of Miniature Programs to Supplement Conventional Teaching Techniques. Paper read at American Psychological Association, 1960.
- McGeoch, J.A.: *The Psychology of Human Learning: An Introduction*. Longmans, Green & Co. 1942.
- McGeoch, J.A., and Irion, A.L.: *The Psychology of Human Learning*. Second Edition. Longmans, Green & Co., 1952.
- McKnown, H.C., and Roberts, A.B.: *Audio- Visual Aids to Instruction*. Second Edition. McGraw-Hill Book Co., 1949.
- McLuhan, M.: What Fundamental Changes Are Foreshadowed in the Prevailing Patterns of Educational Organization and Methods of Instruction by the Revolution in Electronics? Current Issues in Higher Education, 1959. Washington, D.C.: Association for Higher Education, a Department of the National Education Association, 1959.
- Mellan, I.: Teaching and Educational Inventions. *Journal of Experimental Education* 4: 291-300; 1936.
- Melton, A.W.: The Science of Learning and the Technology of Educational Methods. *Harvard Educational Review* 29: 96-106; 1959.
- Métais, Claud: Présentation des "Machines à enseigner" et de la Programmation Pédagogique, par David Cram. Gauthier-Villars Paris, 1964.
- Meyer, S.R.: A Program in Elementary Arithmetic: Present and Future In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. John Wiley and Sons, 1959.

- Meyer, S.R.: Report on the Initial Test of a Junior High-School Vocabulary Program. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) *Teaching Machines and Programmed Learning*. Pp. 229-246. N.E.A., 1960.
- Michael, D.N., and Maccoby, N.: Factors Influencing Verbal Learning from Films under Conditions of Audience Participation. *Journal of Experimental Psychology* 46: 411-418; 1953.
- Miller, N.E.: Learnable Drives and Rewards. In Stevens, S.S. (ed.) *Handbook of Experimental Psychology*. Pp. 435-472, John Wiley and Sons, 1951.
- Miller, N.E.: Some Reflections on the Law of Effect Produce a New Alternative to Drive Reduction. In Jones, M.R. (ed.) *Nebraska Symposium on Motivation*. Pp. 65-112. University of Nebraska Press, 1963.
- Miller, R.B.: Psychological Considerations for the Design of Training Equipment. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: Wright Air Development Center, 1954.
- Mills, H.C.: Contributions of Anticipatory Examinations. *Studies in Articulation of High School and College*, Vol. 13, Series 2, Bulletin 1. University of Buffalo.
- Morton, F.R.: The Language Laboratory as a Teaching Machine. In Onias, F.J. (ed.) *Language Teaching Today. A Report of the Language Laboratory Conference held at Indiana University, January 22-23, 1960*.
- Murphy, D.P.: Seventh Grade Mathematics. Encyclopedia Britanica Press, 1960.
- Newell, A., Shaw, J.C., and Simon, H.A.: *The Processes of Creative Thinking*. Rand Corporation Publication, 1958.
- Newman, S.E.: Student Versus Instructor Design of Study Method. *Journal of Educational Psychology* 48: 328-333; 1957.
- Odenbach, Karl: „Lernen durch Tun“ im programmierten Unterricht. *Pädagogische Rundschau* 19, 1: 49-51; 1965.
- Ordahl, L.E., and Ordahl, G.: Qualitative Differences Between Levels of Intelligence in Feeble-Minded Children. *Journal of Psycho-Asthenics*, Monograph Supplement 1, No. 2: Pp. 3-50; 1915.
- Osler, Sonia F.: Apparatus for Discrimination and Concept Formation Experiments. *American Journal of Psychology* LXXIII, No. 3, 1960.
- Page, E.B.: Teacher Comments and Student Performance: A Seventy-Four Classroom Experiment in School Motivation. *Journal of Educational Psychology* 49: 173-181; 1958.
- Pädagogische Arbeitsstelle Berlin: *Programmierter Unterricht und Lehrmaschinen. Bericht über die Internationale Konferenz Berlin 1963*. Cornelsen Verlag, 1964.
- Pask, G.: Automatic Teaching Techniques. *British Communication Electronics* 4: 210-211; 1957, a.
- Pask, G.: A Teaching Machine for Radar Training. *Automation Progress* 2: 214-217; 1957, b.
- Pask, G.: Electronic Keyboard Teaching Machines. *Education and Commerce* 24: 16-26; 1958.
- Pask, G.: The Teaching Machine. *The Overseas Engineer*. Pp. 231-232; February 1959.
- Pask, G.: Adaptive Teaching with Adaptive Machines. In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) *Automatic Teaching and Programmed Learning*. Pp. 349-366. N.E.A., 1960.
- Perin, C.T.: The Effect of Delayed Reinforcement upon the Differentiation of Bar Responses in White Rats. *Journal of Experimental Psychology* 32: 95-109; 1943.
- Peterson, H.J., and Peterson, J.C.: A New Device for Teaching, Testing, and Research in Learning. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 33: 41-47; 1930.
- Porter, D.: A Critical Review of a Portion of the Literature on Teaching Devices. *Harvard Educational Review* 27: 126-147; 1957.
- Porter, D.: A Report on Instructional Devices in Foreign Language Teaching. Prepared for International Training and Research Program of the Ford Foundation, 1958, a.
- Porter, D.: Teaching Machines. *Harvard Graduate School of Education Association Bulletin* 3: 1-5; 1958, b.
- Porter, D.: Some Effects of Year Long Teaching Machine Instruction. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. Pp. 85-90. John Wiley and Sons, 1959.

- Porter, D.: The Instrumental Value of Sound Cues in Reading. Paper read at the annual meeting of American Educational Research Association.
- Postman, L.: The Experimental Analysis of Motivational Factors in Perception. In *Current Theory and Research in Motivation: a Symposium*. University of Nebraska Press, 1953.
- Pressey, S.L.: A Simple Apparatus Which Gives Tests and Scores — and Teaches. *School and Society* 23: 373-376; 1926
- Pressey, S.L.: A Machine for Automatic Teaching of Drill Material. *School and Society* 25: 549-552; 1927.
- Pressey, S.L.: A Third and Fourth Contribution Toward the Coming "Industrial Revolution" in Education. *School and Society* 36: 668-672; 1932.
- Pressey, S.L.: Further Attempts to Develop a "Mechanical Teacher." Paper read at the Annual Convention of the American Psychological Association, 1946.
- Pressey, S.L.: Development and Appraisal of Devices Providing Immediate Automatic Scoring of Objective Tests and Concomitant Self-Instruction. *Journal of Psychology* 29: 417-447; 1950.
- Pressey, S.L.: Some History Regarding Self-Instructional Devices. Paper read at Symposium on the Automation of Teaching. American Psychological Association Convention, 1958.
- Pressey, S.L.: Certain Major Psycho-Educational Issues Appearing in the Conference on Teaching Machines. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. John Wiley and Sons, 1959.
- Pressey, S.L.: Some Perspectives and Major Problems Regarding "Teaching Machines." In Lumsdaine, A.A., and Glaser, R. (eds.) *Teaching Machines and Programmed Learning*. Pp. 497-505. N.E.A., 1960.
- Price, G.R.: The Teaching Machine. *Think* 25: 10-14; March 1959.
- Pribram, K.H.: Reinforcement Revisited: A Structural View. Nebraska Symposium on Motivation 1963. Pp. 113-159. Nebraska University Press, 1963.
- Quakenbush, J.: How Effective are the New Auto-Instructional Materials and Devices? *Institute of Radio Engineers Transactions on Education*. E-4, No. 4: 144-151; 1961.
- Ramo, S.: A New Technique of Education. *Engineering and Science Monthly* 21: 17-22; 1957.
- Rath, G.J., Anderson, N. S., and Brainerd, R.C.: The I.B.M. Research Center Teaching Machine Project. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. John Wiley and Sons, 1959.
- Rigney, J.W., and Fry, E.B.: Current Teaching-Machine Programs and Programming Techniques. *Audio-Visual Communication Review*. May-June Supplement 3, 1961.
- Roe, A., and Moon, H.: Analysis of Course Content for Individual Learning. *Automated Teaching Bulletin*, Vol. 1, No. 3, 1960.
- Roe, A. et al: Automated Teaching Methods Using Linear Programs. *Automated Learning Research Project*. Department of Engineering, University of Calif., No. 60-105, 1960.
- Roe, A., Lyman J., and Moon, H.: The Dynamics of an Automated Teaching System *Automated Teaching Bulletin* 1, No. 4: 16-25; 1961.
- Rothkopf, E.Z.: Heuristic Discussions of Psychological Bases for the Conduct of Training by Automatic Devices: I. A Functional Diagram and an Approach to Research. Unpublished Staff Memorandum, Maintenance Laboratory, AFPTRC, Lowry Air Force Base, Colo., 1957.
- Rothkopf, E.Z.: Some Research Problems in the Design of Materials and Devices for Automated Teaching. Paper read at Symposium on Automated Teaching at the Annual Convention of the American Psychological Association, 1958.
- Salzman, I.J.: Delay of Reward and Human Verbal Learning. *Journal of Experimental Psychology* 41: 437-439; 1951.
- Sander, Martin: *Der Programmierte Unterricht in der allgemeinbildenden Schule*. Mars-Lehrmittelverlag, 1964.
- Schouten, J.F.: Ignorance, Knowledge and Information. In Cherry, C. (ed.) *Information Theory — Third London Symposium*, London: Butterworths Scientific Publications, 1956.

- Schroder, H.M., and Hunt, D.E.: Failure-Avoidance in Situational Interpretation and Problem Solving. Psychological Monographs No. 432, 1957.
- Sears, P.S.: Level of Aspiration in Academically Successful and Unsuccessful Children. *Journal of Abnormal and Social Psychology* 35: 498-536; 1940.
- Sears, P.S.: Level of Aspiration in Relation to Some Variables of Personality: Clinical Studies. *Journal of Social Psychology* 14: 311-336; 1941.
- Severin, D.G.: Appraisal of Special Tests and Procedures Used with Self-Scoring Instructional Testing Devices. *Abstracts of Doctoral Dissertations* 66: 323-330; 1955. Ohio State University Press.
- Shannon, C.E.: *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, 1949.
- Shay, C.B.: Relationship of Intelligence to Step Size on a Teaching Machine Program. *Journal of Educational Psychology* 52: 98-103; 1961.
- Silberman, H.F.: A Computer-Controlled Machine. Technical Memorandum, TM-532. Santa Monica, Calif., System Development Corporation, 1960.
- Silverman, R.E.: The Use of Context Cues in Teaching Machines. Technical Report NAVTRADEVCECEN 507-1. Port Washington, New York: U.S. Naval Training Devices Center, 1960, a.
- Silverman, R.E.: Automated Teaching. A Review of Theory and Research. Technical Report NAVTRADEVCECEN 507-2. Port Washington; New York: U.S. Naval Training Devices Center, 1960, b.
- Skinner, B.F.: On the Conditions of Elicitation of Certain Eating Reflexes. *Proceedings of National Academy of Sciences* 16: 433-438; 1930.
- Skinner, B.F.: The Concept of the Reflex in the Description of Behavior. *Journal of Genetic Psychology* 5: 427-458; 1931.
- Skinner, B.F.: Drive and Reflex Strength. *Journal of Genetic Psychology* 6: 22-37; 1932, a.
- Skinner, B.F.: Drive and Reflex Strength: II. *Journal of Genetic Psychology* 6: 38-48; 1932, b.
- Skinner, B.F.: On the Rate of Formation of a Conditioned Reflex. *Journal of Genetic Psychology* 7: 274-286; 1932, c.
- Skinner, B.F.: On the Rate of Extinction of a Conditioned Reflex. *Journal of Genetic Psychology* 8: 114-129; 1933, a.
- Skinner, B.F.: The Abolishment of a Discrimination. *Proceedings of National Academy of Sciences* 19: 825-828; 1933, b.
- Skinner, B.F.: The Measurement of Spontaneous Activity. *Journal of Genetic Psychology* 9: 3-24; 1933, c.
- Skinner, B.F.: The Rate of Establishment of a Discrimination. *Journal of Genetic Psychology* 9: 302-350; 1933, d.
- Skinner, B.F.: "Resistance to Extinction" in the Process of Conditioning. *Journal of Genetic Psychology* 9: 420-429; 1933, e.
- Skinner, B.F.: The Extinction of Chained Reflexes. *Proceedings of National Academy of Sciences* 20: 234-237; 1934, a.
- Skinner, B.F.: A Discrimination without Previous Conditioning. *Proceedings of National Academy of Sciences* 20: 532-536; 1934, b.
- Skinner, B.F.: The Genetic Nature of the Concepts of Stimulus and Response. *Journal of Genetic Psychology* 12: 40-65; 1935, a.
- Skinner, B.F.: Two Types of Conditioned Reflex and a Pseudo Type. *Journal of Genetic Psychology* 12: 66-77; 1935, b.
- Skinner, B.F.: A Discrimination Based upon a Change in the Properties of a Stimulus. *Journal of Genetic Psychology* 12: 313-336; 1935, c.
- Skinner, B.F.: A Failure to Obtain Disinhibition. *Journal of Genetic Psychology* 14: 127-135; 1936, a.
- Skinner, B.F.: The Reinforcing Effect of a Differentiating Stimulus. *Journal of Genetic Psychology* 14: 263-278; 1936, b.

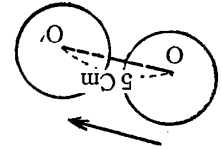
- Skinner, B. F.: The Effect on the Amount of Conditioning of an Interval of Time before Reinforcement. *Journal of Genetic Psychology* 14: 279-295; 1936, c.
- Skinner, B.F.: Conditioning and Extinction and their Relation to the State of the drive. *Journal of Genetic Psychology* 14: 296-317; 1936, d.
- Skinner, B.F.: Thirst as an Arbitrary Drive. *Journal of Genetic Psychology* 15: 205-210; 1936, e.
- Skinner, B.F.: Two Types of Conditioned Reflex: a Reply to Konorski and Miller. *Journal of Genetic Psychology* 16: 272-279; 1937.
- Skinner, B.F., and Heron, W.T.: Effects of Caffeine and Benzedrine upon Conditioning and Extinction. *Psychological Record* 1: 340-346; 1937.
- Skinner, B.F.: The Science of Learning and the Art of Teaching. *Harvard Educational Review*, 24: 86-97; 1954.
- Skinner, B.F.: Report No. 1 on the Development of Methods of Preparing Materials for Teaching Machines. Unpublished Report to Human Resources Research Office, 1957, a.
- Skinner, B.F.: Report No. 2 on the Development of Methods of Preparing Materials for Teaching Machines. Unpublished Report to Human Resources Research Office, 1957, b.
- Skinner, B.F.: Final Report to Human Resources Research Office. Unpublished Report to Human Resources Research Office, 1957, c.
- Skinner, B.F.: Verbal Behavior. Appleton-Century-Crofts, 1957, d.
- Skinner, B.F.: Teaching Machines. *Science* 128: 969-977; 1958.
- Skinner, B.F.: The Programming of Verbal Knowledge. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. Pp. 63-68. John Wiley and Sons, 1959.
- Skinner, B.F.: Special Problems in Programming Language Instruction for Teaching Machines. In Onias, F.J. (ed.) *Language Teaching Today. A Report of the Language Laboratory Conference held in Indiana University Research Center in Anthropology, Folklore, and Linguistics*. 1960.
- Skinner, B.F., and Holland, J.G.: The Use of Teaching Machines in College Instruction. Final Report to the Fund for the Advancement of Education, 1958.
- Skinner, B.F., and Rogers, C.R.: Some Issues on Control of Human Behavior. *Science*, 30; November 1960.
- Smallwood, Richard D.: *A Decision Structure for Teaching Machines*. The M.I.T. Press, 1962.
- Smith, D.E.P.: Speculations: Characteristics of Successful Programs and Programmers. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. John Wiley and Sons, 1959.
- Smith, E.A., and Quackenbush, J.F.: Devereux Teaching Aids Employed in Presenting Elementatics in a Special Education Setting. *Psychological Reports* 7: 333-336; 1960.
- Smith, K.U.: Autovisumatic Teaching: A New Dimention in Education and Research. *Audio-Visual Communication Review* 8: No. 3; 1960.
- Spence, K.W.: The Relation of Learning Theory to the Technology of Education. *Harvard Educational Review* 29: 84-95; Spring 1959.
- Stephens, A.L.: Certain Special Factors Involved in the Law of Effect. Abstracts of Doctoral Dissertation. Columbus: The Ohio University Press. No. 64: 89-93; 1953.
- Stolurow, L.M.: *Teaching by Machine*. Urbana: University of Illinois, 1961.
- Stolurow, L.M.: Teaching Machines and Special Education. *Educational and Psychological Measurement* 20: 429-448; 1960.
- Taylor, W.L.: Recent Developments in the Use of "Close Procedure." *Journalism Quarterly* 33: 42-48; 1956.
- Thomas, C.A. et al: *Programmed Learning in Perspective*. City Publicity Services Ltd., 1963.
- Thompson, G.G., and Hunnicutt, C.W.: The Effect of Praise or Blame on the Work Achievement of "Introverts" and "Extroverts". *Journal of Educational Psychology* 36: 257-266; 1944.
- Time Magazine: *Programmed Learning*. March 24: 36-38; 1961.
- Tolman, E.C.: *Purposive Behavior in Animals and Men*. Appleton Century-Corfts, 1932.

- Umstadtd, J.G.: Independent Study Plans. *Journal of Higher Education*. 6: 143-148; 1935.
- Underwood, B.J.: Verbal Learning in the Educative Process. *Harvard Educational Review* 29: 107-11; 1959.
- Watson, J.B.: The Effect of Delayed Reward upon Learning. *Psychobiology* 1: 51-66; 1917.
- Weimer, P.K.: A Proposed "Automatic" Teaching Device. *Institute of Radio Engineers Transaction on Education E-1*: 51-53; June 1, 1958.
- Whitmore, P.G.: A Rational Analysis of the Process of Instruction. *Institute of Radio Engineers Transaction on Education E-4*; No. 4: 135-143; 1961.
- Williams, E.M.: Programmed Learning in Engineering Education. A Preliminary Study. Dept. of Engrg., Carnegie Institute of Technology, 1960.
- Wittrock, M.C.: Response Mode in the Programming of Kinetic Molecular Theory Concepts. *Journal of Educational Psychology* 54: 89-93; 1963.
- Wolfe, J.B.: The Effect of Delayed Reward upon Learning in the White Rat. *Journal of Comparative Psychology* 17: 1-21; 1934.
- Woodrow, H.: The Ability to Learn. *Psychological Review* 53: 147-158; 1946.
- Worcester, D.A.: Adapting to Individual Differences. *Journal of Higher Education* 16: 152-154; 1954.
- Zeaman, D.: Skinner's Theory of Teaching Machines. In Galanter, E.H. (ed.) *Automatic Teaching: The State of the Art*. John Wiley and Sons, 1959.
- Zielinski, Johannes und Schöler, Walter: *Pädagogische Grundlagen der programmierten Unterweisung unter empirischem Aspekt*. A. Henn Verlag, Ratingen bei Düsseldorf, 1964.
- Zielinski, Johannes und Schöler, Walter: *Methodik des programmierten Unterrichts*. A. Henn Verlag, Ratingen bei Düsseldorf, 1964.
- Глушков, В.М.: О некоторых перспективах развития и применение обучающих машин. *«Известие вузов. Радиотехника»*, т. 6, No. 4, 1963.
- Голодняк, А.Т., Морозов, М.Б.: С научно-методической конференции. *«Вестник высшей школы»*, No. 1, 1963.
- Кущев, Ю.Н., Еремин, И.П.: Автомат для контроля текущей успеваемости. *«Труды МЭИ»*, вып. 49, 1963.
- Кущев, Ю.Н., Ланда, Л.Н., Усков, В.М., Шеншев, Л.В.: Обучающая машина с исследовательскими функциями. Сб. *«Применение технических средств и программированного обучения»*, т. 3, 1964.
- Ланда, Л.Н.: Алгоритмы и программированное обучение. РСФСР Педагогическое общество центральный совет, 1965.
- Ланда, Л.Н., Хлебников, С.П.: Обучающее устройство «Репетитор—I». *«Известия АПН РСФСР»*, No. 128, 1963.
- Сб. *«Программированное обучение и кибернетические обучающие машины»*. М., 1963.
- Тихонов, И.И.: Как классифицировать технические средства программированного обучения. *«Вестник высшей школы»* No. 10, 1964.
- Шеншев, Л.В.: О реализации принципов программированного обучения в преподавании иностранных языков и о некоторых типах обучающих устройств. Сб. *«Применение технических средств и программированного обучения»*, т. 4, 1964.
- Шеншев, Л.В.: К вопросу о роли и месте обучающих машин в системе программированного обучения. РСФСР Педагогическое общество центральный совет, 1965.

<1> 線対称と対称移動

平面図形をおりまげたとき，重なる図形にはどんな性質があるかをしらべて，
そのような図がかけられるようにしよう。

ひらきあせ (88) の
まちがった人は12ペー



(93) の答え

- (12) (11) でできたさくらの花びらのような図形は折り目の線を対称軸として，
対称または線対称であり，さくらの花びら全体の図形を線対称な図形または
対称図形という。



問 左の二つ折りにした紙をきりぬいて開
くとどんな三角形ができるか。
下の図に開いたところをつけ加えよ。

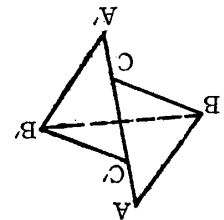
BB', CC'

5

(81) の答え

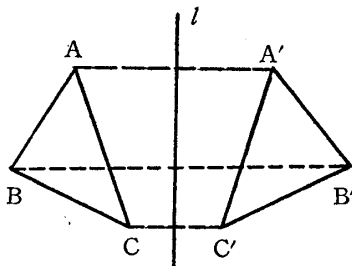
- (24) 問 つぎの () に適当なことばを入れよ。

(23) と同じように， $\angle B$ や $\angle C$ を頂角とみるときは， $\angle B$, $\angle C$ の
() 線を対称軸とする線対称図形である。



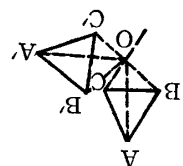
(70) の答え

- (36) 図形の大きさや形を変えないで，図形の位置だけを変えることを，図形の移
動という。図形を一つの直線を折り目として，他方へ折り返す移動を，対称
移動という。

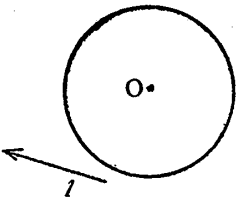
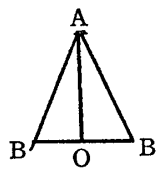
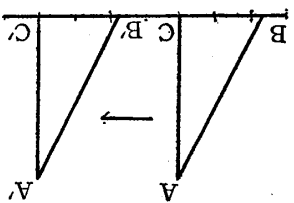
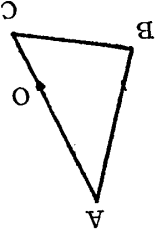
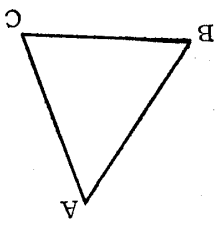


問 つぎの () に適当なことばや記号
を入れよ。
左の図の $\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ は直線
 l に関して線対称であるとき $\triangle A'B'C'$
は $\triangle ABC$ を直線 l に関して ()
移動したといえる。

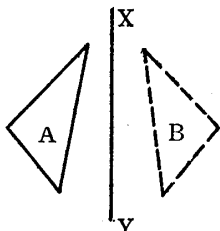
ひらきあせ (50) の
まちがった人は18ペー



(58) の答え

	 <p>(93) 問 円 O を矢印の方向に 5 cm だけ平行移動した円 O' をかけ。</p>
<p>(12) の答え</p> 	<p>(81) 下の図は $\triangle ABC$ を矢印の方向に 5 cm だけ平行移動したものである。</p>  <p>問 つぎの () に適当な数や記号を入れよ。</p> <p>このとき BB' の長さも CC' の長さも AA' の長さも、ともに () cm になっているから、$AA' = () = () = 4$ cm である。</p>
<p>(24) の答え</p> <p>二等分</p>	<p>(70) 問 $\triangle ABC$ の点 O に関して対称な $\triangle A'B'C'$ を作図せよ。(点 O は $\triangle ABC$ の辺 AC 上にある場合)</p> 
<p>(36) の答え</p> <p>対 称</p>	<p>(58) 問 $\triangle ABC$ を点 O を中心に 90° 右に回転移動した $\triangle A'B'C'$ を作れ。</p> 

- (1) あるきまった直線 XY を折り目として、他方へ折り返したとき、図形 A が図形 B に移るならば、直線 YX に関して B は A に対称であるという。



問 つぎの { } のうち適当なものをえらべ。

直線に XY に関して、対称な二つの図形

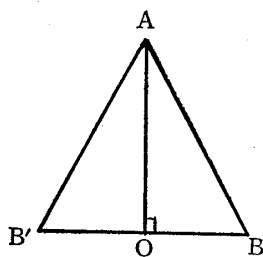
の形や大きさは { ア. 同じである。 }
 イ. 異なる。 }

本 行

AA

(22) の答え

- (13) (12) で切りとった三角形を開いたものが左の図である。



問 つぎの () に適当なことばを入れよ。

$\triangle ABO$ と $\triangle ABO'$ は AO を折り目としてまったく重なるのであるから、 $\triangle ABB'$ は AO を () とする () 図形である。

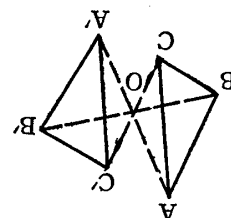
本 行

4

(80) の答え

- (25) つぎの () に適当な数を入れよ。

(23) (24) のことから、正三角形は線対称な図形で、対称軸は () 本ある。



(69) の答え

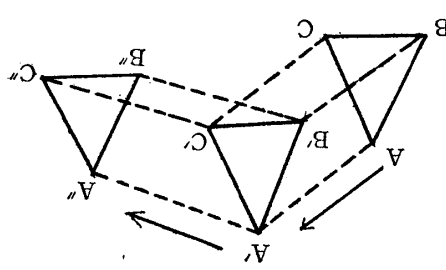
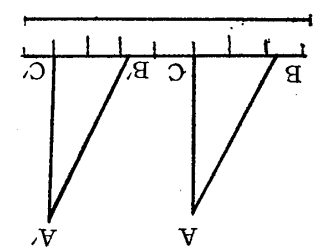
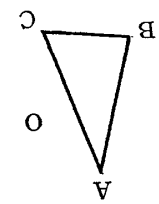
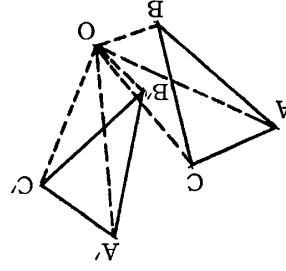
- (37) 問 つぎの () に適当なことばを入れよ。

図形を対称移動したとき、もとの図形と、移動された図形とは、折り目とした直線に関して () であり、折り目とした直線は () である。

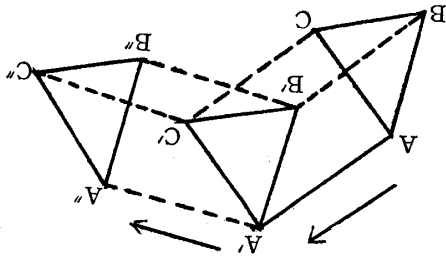
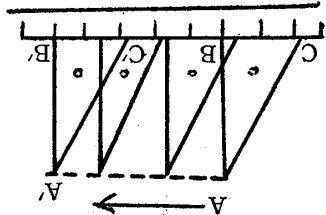
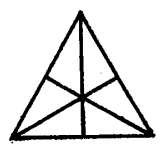
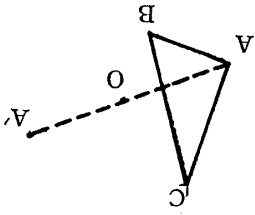
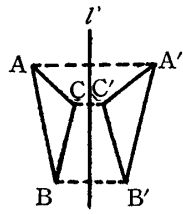
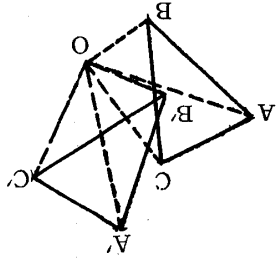
回 轉

回 轉

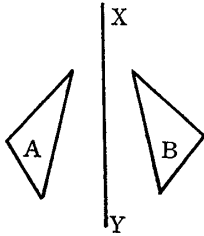
(57) の答え

<p>(1) の答え</p> <p>ア</p>	<p>(92) $\triangle ABC$ を $\triangle A'B'C'$ に平行移動したものをさらに $\triangle A''B''C''$ に平行移動すると, $AB \parallel A'B'', AC \parallel A'C'', BC \parallel B'C''$ で $AB = A'B'', AC = A''B'', BC = B'C''$ になった。</p> <p>問 つぎの () に適当なことをばや記号を入れよ。</p> <p>上のことから $\triangle A'B''C''$ は $\triangle ABC$ を AA'' の方向に () の長さだけ () 移動したものである。</p> 
<p>(13) の答え</p> <p>(線) 対称 (な)</p> <p>(軸) 対称 (紋)</p>	<p>(80) ある図形をきめられた方向に, きめられた距離だけずらす移動を平行移動という。</p> <p>問 つぎの () に適当な数とことばを入れよ。</p> <p>左の図は $\triangle ABC$ をものさしにそって矢印の方向に () cm だけ () 移動したものである。</p> 
<p>(25) の答え</p> <p>3</p>	<p>(69) $\triangle ABC$ の点 O に関して対称な $\triangle A'B'C'$ を作図せよ。(点 O は $\triangle ABC$ 外にある場合)</p> 
<p>(37) の答え</p> <p>対称 軸</p> <p>(線) 対称 (紋)</p>	<p>(57) 図の $\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を点 O を中心として 60° 右に回転移動させた図形である。と $\angle AOA' = \angle BOB' = \angle COC' = 60^\circ$ となる。</p> <p>問 つぎの () に適当なことをば入れよ。</p> <p>「回転移動では対応点と () の中心を結んでできる角の大きさは, すべて () 角の大きさに等しい」といことができる。</p> 

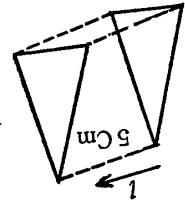
<p>(2) つぎの () に適当な記号を入れよ。</p> <div data-bbox="279 448 486 683"> </div> <p>直線に XY 関して B は A に対称であるとき、 B に対称な図形は () であるから、「A と B はたがいに対称である」という。</p>	<p>(91) の答え</p> <p>A'B', A''B''</p> <p>A'B', A''B''</p>
<p>(14) つぎの () に適当な記号やことばを入れよ。</p> <div data-bbox="279 862 518 1131"> </div> <p>$\triangle AB'O$ と $\triangle AB'O$ は AO を軸として全く重なり合うから点 B と点 () は全く重なり、 B と B' は () 点である。</p>	<p>(79) の答え</p> <p>5 cm</p>
<p>(26) 正三角形の対称軸を図にかきこめ。</p> <div data-bbox="279 1321 502 1534"> </div>	<p>(68) の答え</p> <p>対 称</p> <p>(点) 対 称</p> <p>0</p>
<p>(38) $\triangle ABC$ と直線 l に関して対称移動した図形 $\triangle A'B'C'$ を作るには、$\triangle ABC$ の直線 l に関する対称な図形をつくればよい。</p> <div data-bbox="311 1736 478 1993"> </div> <p>問 左の $\triangle ABC$ を直線 l に関して対称移動させた $\triangle A'B'C'$ を作れ。</p>	<p>(56) の答え</p> <p>A'O A'</p> <p>B'O B'</p> <p>C'O C'</p> <p>60</p>

<p>(2) の答え</p> <p>A</p>	<p>(91) 下の図は $\triangle ABC$ を矢印の方向に、ある長さだけ、続けて平行移動した図である。</p>  <p>問 つぎの () に適当な記号を入れよ。</p> <p>$AB = ()$ $AB \parallel ()$ $() = ()$</p>
<p>(14) の答え</p> <p>B'</p> <p>対 称</p>	<p>(19) 下の図は三角定木を、ものさしにそって矢印の方向にずらした図である。</p>  <p>(1目盛 1cm)</p> <p>問 $\triangle ABC$ を $\triangle A'B'C'$ の位置までずらしたとすると何 cm 矢印の方向にずらしているか。</p>
<p>(26) の答え</p> 	<p>(68) 点対称の図形では、対称の中心は、対称点を結ぶ線分の中点であることを利用して $\triangle ABC$ の点 O に関して対称な $\triangle A'B'C'$ を作図してみよう。</p> <p>問 つぎの () に適当なとばや記号を入れよ。</p> <p>頂点 A と O を結び 2 倍に延長して点 A' を求めると A' は A の点 O に関する () 点である。同様にして、B, C を求め、A, B, C を結んで $\triangle A'B'C'$ を作ると、$\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ と () な図形で、対称の中心は () である。</p> 
<p>(38) の答え</p> 	<p>(56) 問 つぎの () に適当な記号や数を入れよ。</p> <p>図の $\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を点 O を中心として 60° 右に回転移動させた図形であるとき、回転角は $\angle ()$, $\angle ()$, $\angle ()$ である。</p> 

(3) つぎの () に適当なことを記入せよ。

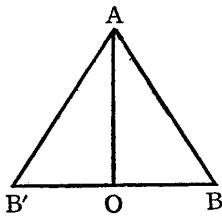


AとBは直線XYに関して対称であるとき、直線に関して対称であるという意味で、線対称ともいい直線、XY を () 軸という。



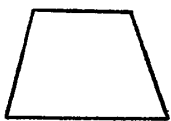
答えの (06)

(15) つぎの () に適当な記号やことばを入れよ。



$\triangle AB'O$ は AO に関して $\triangle ABO$ に対称であるから、BとB'は対称点で重なるからABと () は重なるので、AB () AB' となり、 $\triangle AB'B$ は () 三角形である。

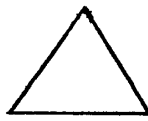
(27) つぎの図形の中で線対称な図形といえないものはどれか。



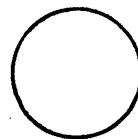
等脚台形



平行四辺形



二等辺三角形

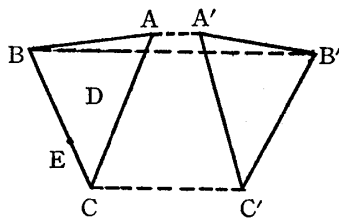


円

点 中
対 対
称 称

答えの (19)

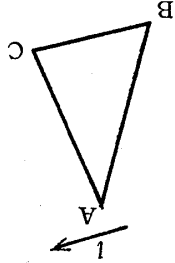
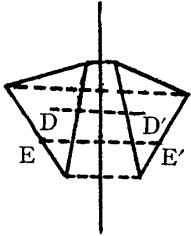
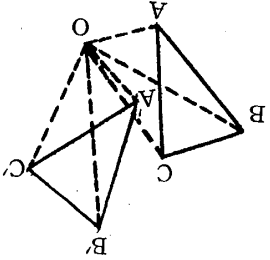
(39) 問 $\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を直線 l を軸として対称移動したものである。辺BC上の点D, $\triangle ABC$ 内の点Eの対応点 D' , E' を図に記入せよ。



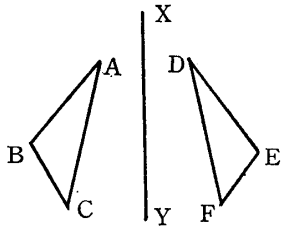
(い) 等

回 転

答えの (55)

<p>(3) の答え</p> <p>対 称</p>	<p>(90) $\triangle ABC$ を直線 l の方向に 5 cm だけ平行移動した $\triangle A'B'C'$ をかけ。</p> 
<p>(15) の答え</p> <p>AB'</p> <p>=</p> <p>二等二</p>	<p><3> 平行移動</p> <p>図形がある直線にそって、ずらしてできた図形の特長をしらべ、 またずらした図のかき方をしらべてみよう。</p>
<p>(27) の答え</p> <p>平行四辺形</p>	<p>(67) 問 つぎの () に適当なことを入れよ。</p> <p>二つの図形が点対称であるとき、対称点を結ぶ線分は () の中心を通り、その点で二等分される。すなわち () の中心は、対称点を結ぶ線分の () である。</p>
<p>(39) の答え</p> 	<p>(55) 問 つぎの () に適当なことを入れよ。</p> <p>$\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を点 O を中心として 60° 回転移動させると、$OA=OA'$, $OB=OB'$, $OC=OC'$ であるから「回転移動では移動する点は () の中心から () 距離にある」ということができる。</p> 

- (4) 対称な図形で対称軸を折り目として折ったとき、重なり合う点や、対応する点を対称点という。



問 つぎの () に適当な記号を入れよ。
 $\triangle ABC$ と $\triangle DEF$ が XY に関して対称な図形であるとき、 A と D 、 B と E 、 C と F が重なるとすると、 A の対称点は ()、 B の対称点は ()、 C の対称点は () である。

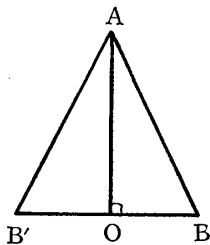
CV

い し 傘

行 本

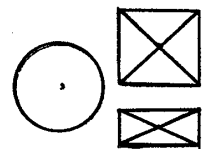
(88) の答え

- (16) 問 つぎの () に適当な記号やことばを入れよ。



また $\triangle AB'O$ と $\triangle AB'O$ は AO に関して対称であるから、 $\angle BAO = \angle ()$ となり、 AO は $\angle BAB'$ の () となる。

まちがった人は14ペ
 ージ(74)へもどれ



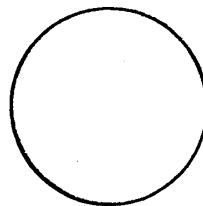
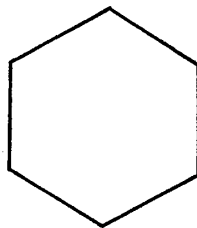
(78) の答え

- (28) 問 つぎの図形は線対称図形である。対称軸はそれぞれ何本あるか。

(1)

(2)

(3)

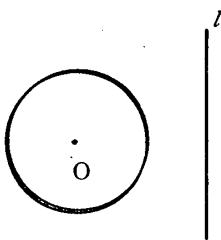


中点

中

(88) の答え

- (40) 問 円Oを直線*l*に関して対称移動せよ。

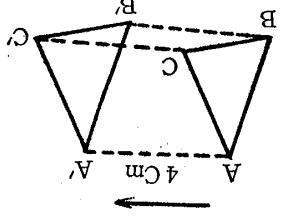
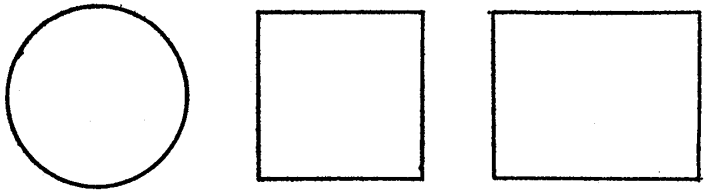
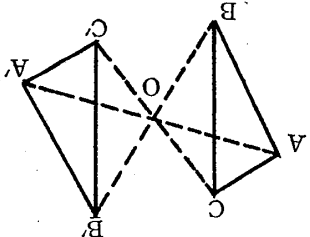
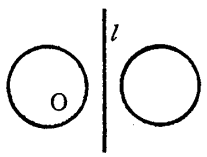
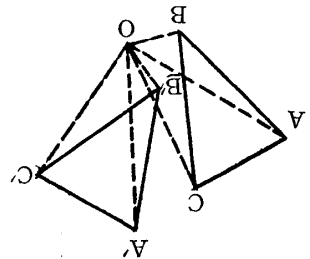


CO

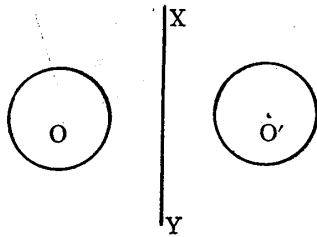
OB'

OA'

(54) の答え

<p>(4) の答え</p> <p>D</p> <p>E</p> <p>F</p>	<p>(89) $\triangle ABC$ を直線 l の方向に 4 cm だけ平行移動するには、またつぎのようにも考えられる。</p>  <p>問 つぎの () に適当なとばや記号を入れよ。</p> <p>$\triangle ABC$ の頂点 A から l に平行線をひき $AA' = 4\text{ cm}$ になるように点 A' をきめ A' より AB に () であり長さの $A'B'$、また () に平行で長さの等しい線分 $A'C'$ をつくり B' と C' を結んでもよい。</p>
<p>(16) の答え</p> <p>B'A0</p> <p>二等分線</p>	<p>(78) 下のような図が点対称形である。対称の中心を図の中に記入せよ。</p> 
<p>(28) の答え</p> <p>(1) 1 本</p> <p>(2) 9 本</p> <p>(3) 無 数</p>	<p>(66) つぎの () に適当なとばや記号を入れよ。</p>  <p>$\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ は点 O に関して対称なとき、$AO = A'O$、$\angle AOA' = 180^\circ$ であるから、対称の中心 O は線分 AA' の () 点である。同じように O は BB'、CC' の () になっている。</p>
<p>(40) の答え</p>  <p>まちがった人は 1 ペー れどへ (93) ジ</p>	<p>(54) 下の図の $\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を点 O を中心として 60° 右に回転させたものである。</p>  <p>問 つぎの () に適当な記号を入れよ。</p> <p>$OA = ()$, $OB = ()$, $OC = ()$</p>

(5) つぎの () に適当なことばを入れよ。



左の図は, XY を折り目として折り返すとまったく重なる。したがって二つの円は直線 XY に関して () であり, O と O' は () である。

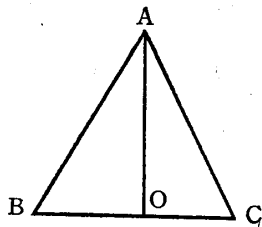
4

行 本

(88) の答え

(17) つぎの () に適当なことばを入れよ。

二等辺三角形は () な図形で, 頂角の () が対称軸である。



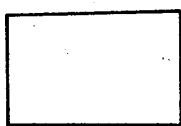
まちがった人は
20' へーッ (73)
へもどれ

(2) と (3)

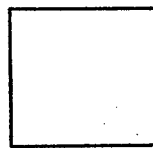
(77) の答え

(29) 線対称の図形には正三角形のように対称軸を二つ以上もつものもある。

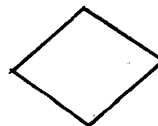
問 つぎの図形は線対称図形である。対称軸を図の中にかきこめ。



長 方 形



正 方 形



ひ し 形

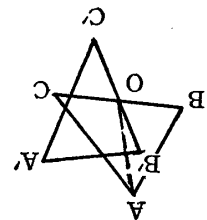
COC

B0B

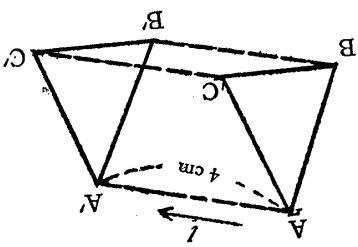
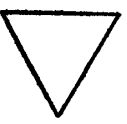



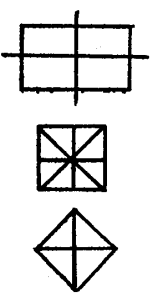
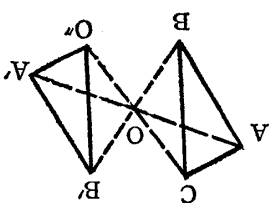
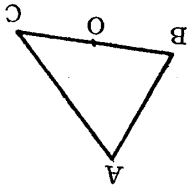
(65) の答え

<2> 回 転 移 動 と 点 対 称

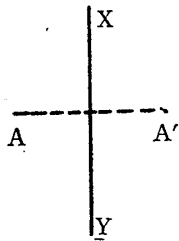
図形をある点を中心として回転させたときの性質と, 回転させたときの図形のかきかたをしらべ, 特に180°回転させた図形についてしらべてみよう。



(53) の答え

<p>(5) の答え</p> <p>対 称 点</p> <p>対 称 線</p>	<p>(88) $\triangle ABC$ を直線 l の方向に 4cm だけ平行移動する方法を考えてみよう。</p> <p>問 つぎの () に適当なことをばや数を入れよ。</p> <p>$\triangle ABC$ の頂点 A より l に () なる直線をひき A 点よりの長さを () cm に等しく点 A' をとる。同じように B, C をきめ、A', B', C' を結べばよい。</p> 
<p>(11) の答え</p> <p>線 対 称</p> <p>線 分 等 二</p>	<p>(77) 下の図形の中で点対称形といえるものはどれか。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  (1) </div> <div style="text-align: center;">  (2) </div> <div style="text-align: center;">  (3) </div> <div style="text-align: center;">  (4) </div> </div> <p>正三角形 正六角形 ひし形 等脚台形</p>
<p>(62) の答え</p> 	<p>(65) 問 つぎの () に適当な記号を入れよ。</p> <p>$\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ は点 O に関して対称であるとき、回転移動として考えると、回転角は () になり、$\angle AOA' = \angle () = \angle () = 180^\circ$</p> 
	<p>(53) (52) で回転の中心 O が $\triangle ABC$ の外にある場合を考えたが、回転の中心がどこにあっても同じである。</p> <p>問 左の図の $\triangle ABC$ を、辺 BC 上の一点 O を中心として 60° 右に回転移動した $\triangle A'B'C'$ を作図せよ。</p> 

(6) つぎの () に適当な記号を入れよ。

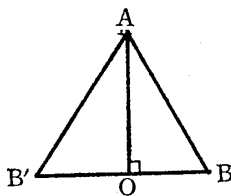


二点 A, A' は直線 XY に関して対称点であるとき, XY を折り目として折ったとき点 A と () は重なる。

A/C/B(C)
B/A/C(A)
A/B/C(B)

(87) の答え

(18) つぎの () に適当な記号やことばを入れよ。

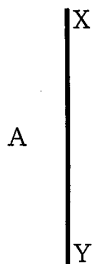


B と B' は A O に関して対称点であるから $BO = ()$ で, $BB' \perp AO$ であるから, AO は BB' の () 二等分線である。

対称点
二等分
中心

(76) の答え

(30) 対称な図形では対称点を結ぶ線分は対称軸によって垂直に二等分された。この性質を利用して対称な図形のかき方をしらべてみよう。

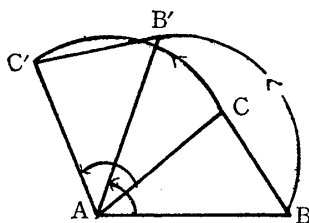


問 点 A の直線 XY に関する対称点 A' を図にかきこめ。

C'O
B'O
A'O

(64) の答え

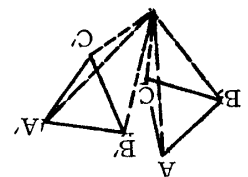
(41) 下の図は $\triangle ABC$ を頂点 A のまわりにまわして, $\triangle A'B'C'$ に移動したことを示す。このように, 図形を一つの点を中心としてきめられた方向に, ある



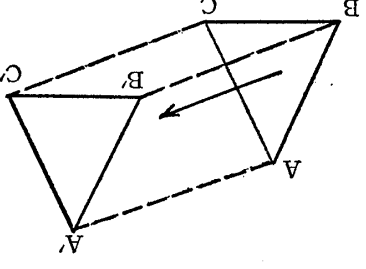
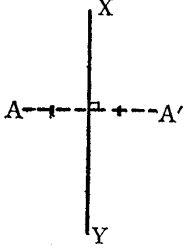
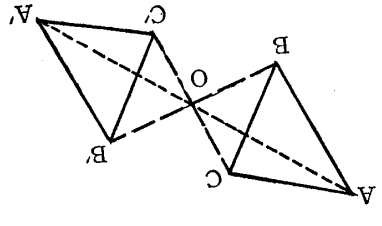
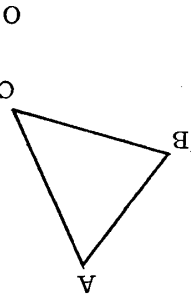
角度だけまわす移動を回転移動という。

問 つぎの () に適当な記号やことばを入れよ。

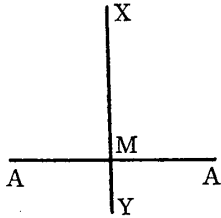
左の図は $\triangle ABC$ を点 () を中心として, 左まわりに $\angle BAB'$ の大きさだけ () 移動したものが $\triangle ()$ である。



(52) の答え

<p>(9) の答え</p> <p>A</p>	<p>(87) 問 つぎの () に適当な記号を入れよ。</p>  <p>図形を矢印の方向に平行移動したとき二つの図形は重ね合わせることができるから、</p> <p>$\angle ABC = \angle ()$ $\angle BAC = \angle ()$ $\angle ACB = \angle ()$</p>
<p>(18) の答え</p> <p>B, O</p> <p>直 垂</p>	<p>(76) 点対称形でも、二つの図形が点対称点であるときと同じような性質がいえる。</p> <p>問 つぎの () に適当なことを入れよ。</p> <p>点対称な図形では、対称点を結ぶ線分は、対称の () を通りその点で () される。</p> <p>すなわち対称の中心は () を結ぶ線分の midpoint である。</p>
<p>(30) の答え</p> 	<p>(64) 問 つぎの () に適当な記号を入れよ。</p>  <p>$\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ は点 O に関し</p> <p>対称であるとき、回転移動の性質として、対称点は回転の中心から等しい距離にあるから、</p> <p>$AO = ()$, $BO = ()$, $CO = ()$</p>
<p>(41) の答え</p> <p>A</p> <p>回 転</p> <p>$\triangle A'B'C'$</p>	<p>(52)</p>  <p>左の図の $\triangle ABC$ を O を中心として 60° 右に回転移動した $\triangle A'B'C'$ を作図せよ。</p>

(7) つぎの () に適当な記号を入れよ。



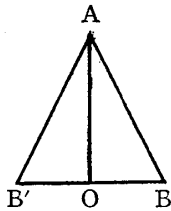
直線 XY を折り目として折ったとき, A と A' は重なると, 線分 AA' と XY との交点を M とすると, AM と () は重なるから, AM () A'M である。

等しい

平行

答え (98)

(19) つぎの () に適当なことを入れよ。



AO は BB' の垂直二等分線であるから, 「線対称な図形では対称点を結ぶ () は対称軸によって () に () される」といえる。

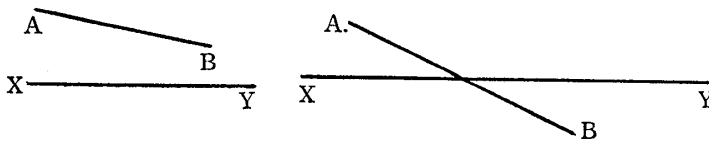
対角線

点対称

答え (97)

(31) 直線 XY に関して, 線分 AB に対称な図形は A, B の XY に関する対称点 A', B' を結ぶ線分である。

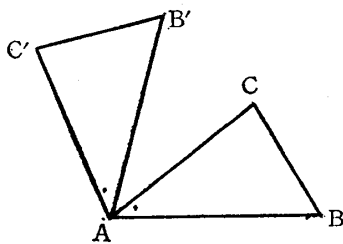
問 直線 XY に関して, 線分 AB に対称な線分 A'B' を作図せよ。



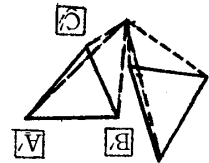
対称

答え (99)

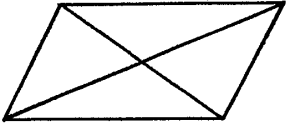
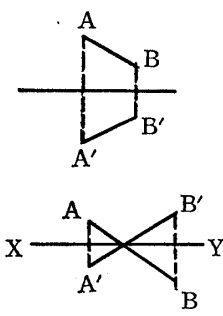
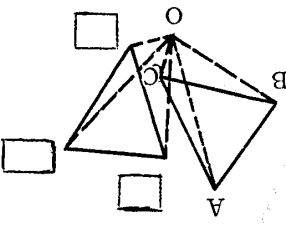
(42) つぎの () に適当な記号を入れよ。



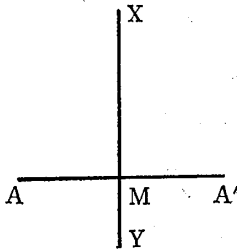
このとき, $\angle BAC = \angle B'AC'$ であるから, $\angle B'AB' = \angle ()$ となる。



答え (95)

<p>(7) の答え</p> <p>A'M</p> <p>=</p>	<p>(89) 問 つぎの () に適当なことを入れよ。</p> <p>(84) のことから, 図形を平行移動すると, 対応する線分は () で, その長さは () といふことができる。</p>
<p>(19) の答え</p> <p>線 分</p> <p>垂 直</p> <p>二 等 分</p>	<p>(75) ある図形を, 適当な点を中心として180°回転した図形がもとの図形と全く重なるとき, その図形を点対称形といい点Oを対称の中心という。</p> <p>問 平行四辺形は () 形で, 対称の中心は () の交点である。</p> 
<p>(31) の答え</p> 	<p>(63) 問 つぎの () に適当なことを入れよ。</p> <p>ある図形を180°回転移動したときの回転の中心は点対称の () の中心になる。</p>
<p>(42) の答え</p> <p>CAC'</p>	<p>(51) 下の図は△ABC外の点Oを中心として60°右に回転移動した図である。頂点A, B, Cの対応する頂点A', B', C'を図の中にかきこめ。</p> 

(8) 直線 XY に関して二点 A, A' は対称点であるとき, AM と AM' は重なった。



問 つぎの () に適当な記号や数を入れよ。
上のことから, $\triangle AMX = \triangle () = ()^\circ$ となる。

$\triangle AMX$

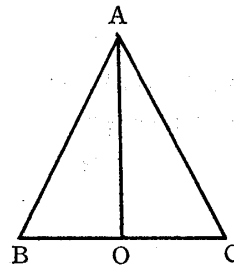
$\triangle AMX$

$\triangle AMX$

答えの (8)

(20) 二等辺三角形は頂角の二等分線に関して対称な図形であるから, つぎのような性質がわかる。

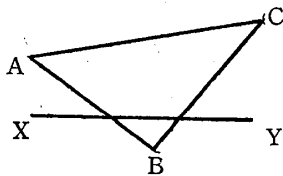
問 つぎの () に適当なことを入れよ。
「頂角の二等分線は対称軸で底辺を () にする。また底角は () 。」



重なる

答えの (20)

(32) $\triangle ABC$ の直線 XY に関して対称形である $\triangle A'B'C'$ をかくには, $\triangle ABC$ の各頂点の XY に関する対称点を求めて, これらの点を結べばよい。

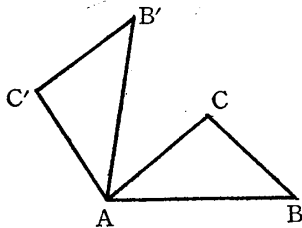


問 左の $\triangle ABC$ の直線 XY に関して対称な $\triangle A'B'C'$ をかけ。

中心

答えの (32)

(43) 回転移動したときの中心を回転の中心, そのとき回転した角度を回転角という。

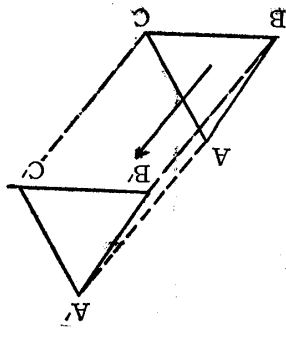
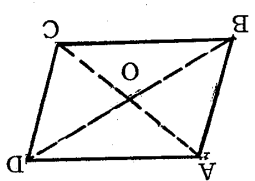
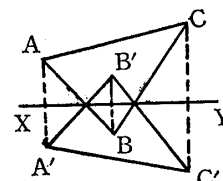
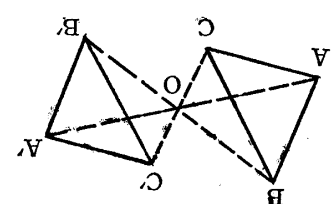
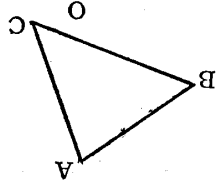


問 つぎの () に適当な記号を入れよ。
左の図で, 回転の中心は () で, 回転角は $\angle ()$ と $\angle ()$ であり, 回転角は等しいといえる。

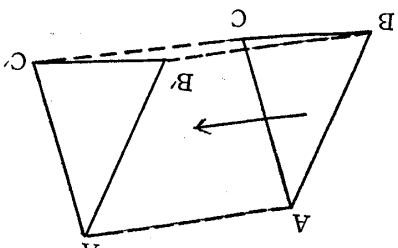
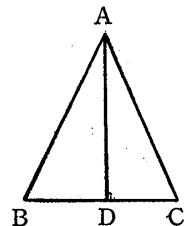
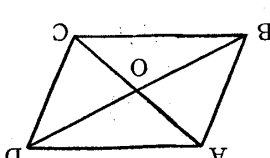
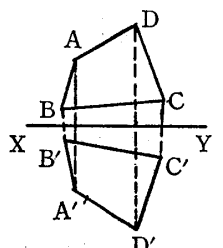
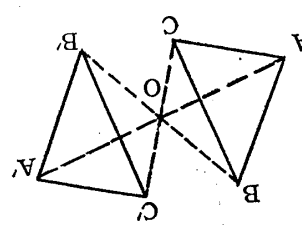
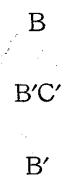

回転

0

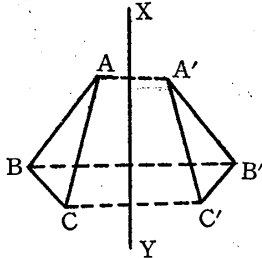
答えの (43)

<p>(8) の答え</p> <p>AMX</p> <p>06</p>	<p>(85)</p>  <p>図形を平行移動したとき、対応辺の長さは等しいことがわかった。その他の関係をしらべてみよう。</p> <p>問 つぎの () に適当な記号を入れよ。</p> <p>$\triangle ABC$ を矢印の方向に平行移動して $\triangle A'B'C'$ の位置にきたとき、AB は () に平行になっている。また BC は () に AC は () に平行である。</p>
<p>(20) の答え</p> <p>垂直</p> <p>二等分</p> <p>等しい</p>	<p>(74) 問 つぎの () に適当なことを入れよ。</p>  <p>平行四辺形 $ABCD$ で対角線の交点 O を中心に 180° 回転させると、点 A は C に、点 B は D に重なるから、回転した図形はもとの平行四辺形にまったく () 。</p>
<p>(32) の答え</p> 	<p>(62) $\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ は点 O に関して対称であるとき、点 O を対称の中心としよう。</p>  <p>問 つぎの () に適当なことを入れよ。</p> <p>$\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を 180° 回転移動した図形であるから、点 O は回転の () である。</p>
<p>(43) の答え</p> <p>A</p> <p>BAB'</p> <p>CAC'</p>	<p>(50) つぎの () に適当な記号やことを記入せよ。</p>  <p>$\triangle ABC$ を $\triangle ABC$ 外の点 O を中心として 60° 右に回転移動させるには、頂点 A, B, C を点 () を中心として 60° 右に () させればよい。</p>

<p>(9) 直線 XY に関して、二点 A, A' は対称であるとき、線分 AA' と XY の交点を M とすると $AM=A'M$ $\angle AMX=\angle A'MX=90^\circ$ となった。</p> <div data-bbox="316 488 518 683"> </div> <p>問 つぎの () に適なことばを入れよ。</p> <p>上のことをまとめると、「対称点 A, A' を結ぶ線分は、対称軸によって () に二等分されるといえる。</p>	<p>A'C</p> <p>B'C</p> <p>A'B</p> <p>(84) の答え</p>
<p>(21) 二等辺三角は対称な図形である。</p> <p>問 二等辺三角形の対称軸をかきこめ。</p> <div data-bbox="308 891 523 1131"> </div>	<p>D</p> <p>C</p> <p>(73) の答え</p>
<p>(33) 問 四角形 ABCD の直線 XY に関して対称な三角形 A'B'C'D' をかけ。</p> <div data-bbox="295 1355 550 1534"> </div>	<p>180</p> <p>回転</p> <p>(61) の答え</p>
<p>(44) $\triangle AB'C'$ は $\triangle ABC$ を A を中心として回転移動したとき、$\triangle AB'C'$ にもとの $\triangle ABC$ はぴったり重なる。このとき重なる点や辺、角をそれぞれ対応する点、対応する辺、対応する角という。</p> <p>問 つぎの () に適当な記号を入れよ。</p> <p>点 B の対応する点は ()</p> <p>辺 BC の対応する辺は ()</p> <p>$\angle B$ の対応する角は \angle () である。</p> <div data-bbox="746 1742 1037 1982"> </div>	<div data-bbox="1204 1702 1388 1881"> </div> <p>(49) の答え</p>

<p>(6) の答え</p> <p>垂 直</p>	<p>(84) 図形を平行移動したとき、対応辺は重なるから長さが等しくなる。</p>  <p>問 つぎの () に適当な記号を入れよ。</p> <p>$AB = ()$ $BC = ()$ $AC = ()$</p>
<p>(12) の答え</p> 	<p>(73) 平行四辺形 ABCD は、線対称な図形ではない。それでは対角線の交点 O を中心に回転した場合どうなるかしらべてみよう。</p>  <p>問 つぎの () に適当な数や記号を入れよ。</p> <p>対角線の交点 O を中心に () ° 回転すると点 A は点 () に、また点 B は点 () に重なる。</p>
<p>(33) の答え</p> 	<p>(61) $\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を点 O を中心として、180° 回転移動した図形であるとき、$\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ と点 O に関して対称といい、点対称ともいう。</p>  <p>問 つぎの () に適当な数や記号を入れよ。</p> <p>二つの図形は点 O に関して対称であるといふことは、図形の () 移動の特別な場合、すなわち回転角が () ° の場合である。</p>
<p>(44) の答え</p> 	<p>(49) 点 A を O を中心として 60° 右に回転させるには線分 AO を O を中心として 60° 右に回転させればよい。</p>  <p>問 点 A を O を中心として 60° 右に回転移動した点 A' を求めよ。</p>

- (10) $\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ は直線 XY に関して対称である。



問 つぎの () に適当なことばや記号を入れよ。

A と A', B と B', C と C' はそれぞれ XY に関して対称点のとき, 線分 AA' , BB' , CC' は対称軸 () によって垂直に () される。

A/C

B/C

A/B

(83) の答え

- (22) 二等辺三角形が, 頂角の二等分線を対称の軸とする線対称図形であることがわかった。いろいろな性質をまとめておこう。

問 つぎの () に適当な文字を入れよ。

- ① 二等辺三角形の () 角は等しい。
② 二等辺三角形の () 角の二等分線は底辺を () する。

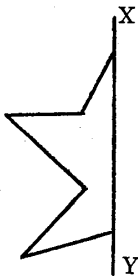
まちがった人は 22 ページからもう一度やれ



(72) の答え

- (34)

問 左の図形の直線 XY に関して対称な図形をかけ。



左

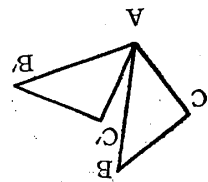
180

(60) の答え

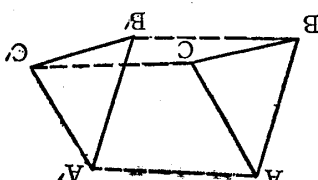
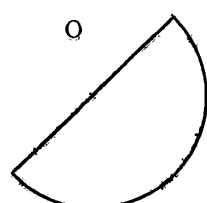
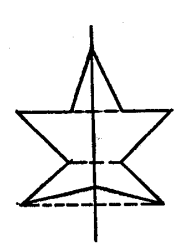
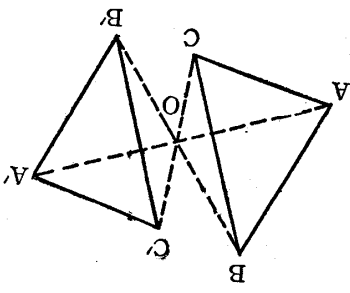
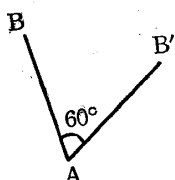

- (45) 線分 AB を A を中心として 60° 右に回転移動させた AB' を作図してみよう。

A を中心として AB の半径で円弧をかき, B の右側に $\triangle BAB' = 60^\circ$ となるように弧の上に B' をきめ, B' と A を結べばよい。

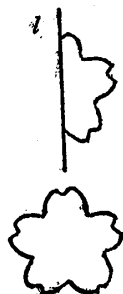
問 左の線分 AB を A を中心として 60° 右に回転させた線分 AB' を作れ。



(48) の答え

<p>(10) の答え</p> <p>二等分</p> <p>AA</p>	<p>(83) $\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を平行移動したものとすると $\triangle ABC$ を $\triangle A'B'C'$ にぴったり重ね合わせることができる。そのとき重なり合う点を、対応する点、重なり合う辺を対応する辺という。</p> <p>問 つぎの () に適当なことを入れよ。</p> <p>左の図の $\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ をある長さだけ平行移動したものである。</p> <p>AB の対応する辺は () ,</p> <p>BC の対応する辺は () ,</p> <p>AC の対応する辺は () である。</p> 
<p>(22) の答え</p> <p>① 底角</p> <p>② 頂</p> <p>垂直に二等分</p> <p>まちがった人は7ページ (15) ジ</p>	<p>(72) 問 下の半円を点Oに関して対称な図形をかけ。</p> 
<p>(34) の答え</p> 	<p>(60) 下の図の $\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を点Oを中心として180°回転移動した図である。</p> <p>問 つぎの () に適当な数やことばを入れよ。</p> <p>このときの回転角は () になっているから、右まわりでも () まわりでも同じ位置になる。</p> 
<p>(45) の答え</p> 	<p>(48) 問 下の図 $\triangle ABC$ を頂点Aを中心として60°右に回転移動させた $\triangle A'B'C'$ を作れ。</p> 

(11)



下の図のように紙を二つ折りにして、さくらの花びらの半分をかき、これを切りとると、さくらの花びらができる。

問 つぎの () に適当なことばを入れよ。
このことは折り目の直線 l の右側の部分と左側の部分は直線 l に関して () であり、直線 l は () である。

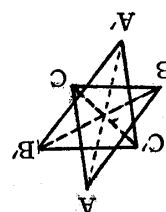
CC

BB'

(82) の答え

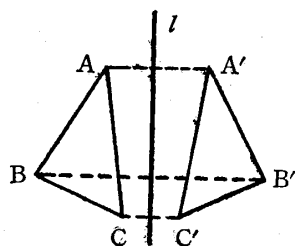
(23) 正三角形は三辺の等しい三角形である。

問 つぎの () に適当なことばを入れよ。
 $\angle A$ を頂角とみたときは、 AB , () を等辺とする二等辺三角形と考えられるから、頂角 A の二等分線を () とする線対称図形になる。



(71) の答え

(35) 下の図の $\triangle A'B'C'$ は直線 l を軸として、 $\triangle ABC$ を折り返したときにできた三角形である。



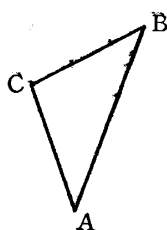
問 つぎの () に適当なことばを入れよ。
 $\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ は直線 l に関して () である。

対頂角

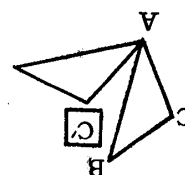
COD

(59) の答え

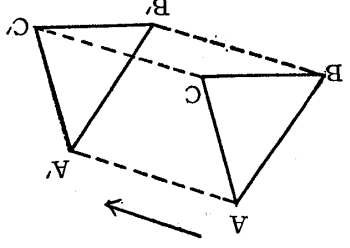
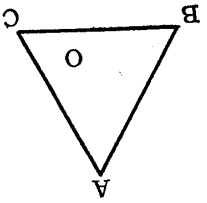
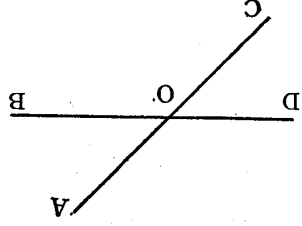
(46) つぎの () に適当な記号や数値を記入せよ。



三角形 ABC を頂点 A を中心として右に 60° 回転移動させた $\triangle A'B'C'$ を作図してみよう。それは AB , AC を () を中心として () $^\circ$ 右に回転させた AB' , AC' を作り、 B' と C' を結べばよい。



(47) の答え

<p>(11) の答え</p> <p>対 称 軸</p> <p>対 称 軸</p> <p>対 称 軸</p>	<p>(82) 問 つぎの () に適当な記号を入れよ。</p>  <p>$\triangle A'B'C'$ は $\triangle ABC$ を矢印の方向に 5 cm だけ平行移動したものである。 このとき $AA' = BB' = CC' = 4\text{ cm}$ になった。また $AA' \parallel () \parallel ()$ である。</p>
<p>(23) の答え</p> <p>AC</p> <p>対 称 軸</p>	<p>(71) 問 $\triangle ABC$ の点 O に関して対称な $\triangle A'B'C'$ を作図せよ。 (点 O は $\triangle ABC$ 内にある場合)</p> 
<p>(53) の答え</p> <p>対 称 軸</p>	<p>(59) 問 つぎの () に適当な記号やとばを入れよ。</p>  <p>$\angle AOB$ を頂点 O を中心として 180° 回転させた角を $\angle COD$ とすると, $\angle AOB = \angle ()$ また A, O, C も B, O, D も一直線上の点であるから角の回転移動から二直線が交わったときの () は相等しいことが説明できる。</p>
<p>(46) の答え</p> <p>A</p> <p>60</p>	<p>(47) 下の図は $\triangle ABC$ を頂点 A を中心として右に 60° 回転移動させた図である。頂点 B, C の対応する点 B', C' を図の中にかきこめ。</p> 