



Title	教育工学におけるCAI設計論の研究 : 科学論に基づく「見取り図」のもとに
Author(s)	菅井, 勝雄
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3088029
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

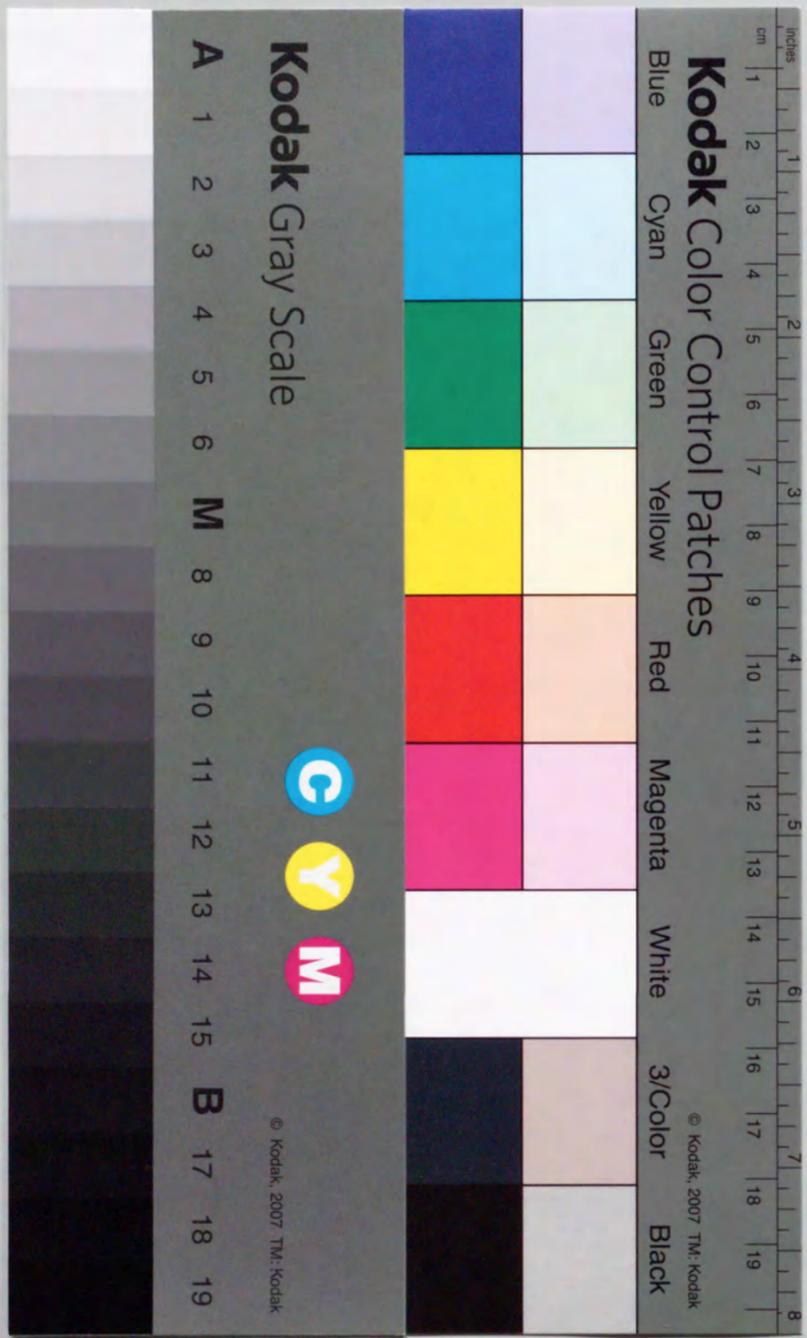
The University of Osaka

教育工学におけるCAI設計論の研究

—科学論に基づく「見取り図」のもとに—

1991

菅井勝雄



①

教育工学におけるCAI設計論の研究

——科学論に基づく「見取り図」のもとに——

1991

菅井勝雄

序

21世紀まですでに10年もなく、世界は、まさに激動の時代を迎えている。この背後には、テクノロジーの急激な進歩があるのはいうまでもない。

コンピュータをめぐる情報技術、通信技術は、情報化社会を進展させるとともに、われわれ人間とのかかわりを日毎に増している。その情報のネットワークは、国内ばかりでなく、国境を越えて広がり、今や国際化の動きを加速している。

このような世界の動きの中で、近年、多くの国がコンピュータを学校教育に導入している。CAIをはじめコンピュータを学習指導で用いて教育の成果をあげると同時に、個人が高度に情報化の進んだ社会・文化的環境の中で、生活していくための能力の育成をめざしてである。

たまたま、この11月の初旬に、大阪大学人間科学部を会場にして、1991年教育工学関連学協会連合、第3回全国大会が開催された。教育工学関連学協会を主催として、日本教育工学会、CAI学会、電子情報通信学会（教育工学研究会）、国立大学教育工学センター協議会、日本視聴覚教育学会、日本放送教育学会を合同主催として、また、日本科学教育学会、日本教育方法学会、日本認知科学会、人工知能学会を共催とするものであった。さらに、協賛には日本教育心理学会、情報処理学会など12の学協会が名を連ねるといってない盛大な連合大会であった。

その大会では、「ハイパーメディア教材『人と森林』による学習と指導」のシンポジウムおよび「経験と認識」をめぐるシンポジウムをはじめ、学習環境、情報教育、コンピュータ利用教育などの課題研究、さらに数多くの一般研究が発表され討議された。

今日では、このような発展を示している教育工学であるが、もともと工学、心理学、教育学などの学際分野として登場し歩んできた。その際、教育工学は、その異質な分野同士の適切な関係から生ずる生産性によって、研究対象領域を広げると同時に、また、教育実践にも大きな貢献をなしてきたといえる。

ところが、コンピュータの教育が始まって以来、その一見ブーム的ともみえる活況の中で、その分野間の適切な関係が崩れ、テクノロジーの優先が支配的となり、このことが教育の場に少なからず混乱を生じさせているようにも思われる。もちろん、教育工学のような学際的な分野においては、ある時期その部分的な構成分野が急成長し、その牽引力によってその全体が発展するというダイナミズムは、認められるべきであろう。だが、高度情

報化社会への進展の時代において、テクノロジーとのかかわりが益々増加することが見込まれる今日、人間の教育にかかわる教育工学は、弊害を生ずることにもなりかねず、問い直しと再点検による転換が必要な時期に入っているように思われる。

このような考えから、本論文の執筆者は、これまでもむしろ心理学や教育学など、いわば人間の科学を中心とする立場から、教育工学の理論の構築を図り、その中で工学やテクノロジーとの関連づけも行うという方略をとってきた(菅井、1989)。すなわち、具体的には、科学史・教学哲学の分野に登場した Kuhn, T. S. の科学のパラダイム(科学の規範、範型)理論に基づき、とくに教授・学習にかかわる心理学に適用して、その進歩・発展を追求する中で、教育工学の理論化をめざそうという考えである。

筆者が、こうした考えに至る契機となったのは、1970年代後半に、たまたまアメリカとカナダの一部を含む、優れた教育研究開発を推進している多くの研究機関を、わが国の研究者らと訪れたときであった。大学をはじめとする各研究機関では、まさに第一線で活躍している研究者らが、それぞれ当時進めていた最先端の研究を紹介してくれたのであるが、そのほとんどが認知心理学を土台とするものであったことである。わが国のような行動主義心理学に基づく教育研究は、もはやみられないのであるから驚きであった。

その中でも、とりわけ印象的であったのは、筆者の学生時代の教育工学創設期に、教育工学研究者の必読書でもあった「ティーチング・マシンとプログラム学習(1960)」の編者の1人、Glaser, R. が率いるピッツバーグ大学の学習研究開発センタ(LRDC)では、言語理解の研究や算数での子どもの誤り研究など、認知心理学や発達心理学による教育工学研究や教育方法の心理学研究が中心となっており、氏自身の言葉で「行動主義心理学による教育工学の研究などは、もはや古く過去のものだ」と直接知らされたことである。それを示すように、CAI開発にしても、ドリル様式に代ってシミュレーション・ゲーム様式や、すでに認知心理学とかわるものに移行している様子が見ええた。

まさしく、筆者の学生時代からの愛読書でもあった、Kuhnの「科学革命の構造」(1962)が記述するパラダイム転換が、この分野にも間違いなく生じていることが、直接的な経験として確認されることになったのである。これによって、筆者は、はじめ通信工学を学び情報理論や信号検出理論、制御理論などに興味をもち、教育工学に移ってからもその観点から数学的なマルコフ過程による人間の「双方向通信理論」(菅井、1971)を手がけたこともあって、学生時代からの一時期とりわけ数理学習理論に期待し、その研究を追ったがそのパラダイムも、行動主義から認知への大きなパラダイム変換とともに、没落し途絶え

たのだと納得しうることとなった。

そこで、その旅行から帰ってから、直ちに新しい型のCAIをめざして、認知発達心理学を土台とする「応答する学習環境室」の開発研究に取り組むことになった。これには、初期のトーキング・タイプライターを用いたEREというプロトタイプが存在するが、その研究の世話をしたGlaserも「それは金食い虫だった」と述懐していたが、「応答する学習環境室」の場合もそうであった。周囲の関係者や協力者の協力が得られる幸運があった。そうしたこともあって、この一連の研究は、計画段階から数えると、ほぼ10年近くの長期にわたるものになった。

こうした新たな学習環境型CAIの研究を進める中で、それまでのCAI研究をレビューしてみる機会が与えられた。それにあたって、先の着想を、この教育工学の分野に適用してみることにした。すなわち、分析のための作業仮説としてパラダイムの概念を採用し、CAIの誕生期からの先端的な開発事例を取りあげ、その変遷を追跡することを試みたのである(菅井、1983)。その結果、心理学における理論的枠組み、概念などのパラダイムが、行動主義から認知心理学へと変換し移行するにともなって、CAIの設計思想も相応じて変遷し、今日に至っていることがかなりはっきりと示されたようにみえた。要するに、CAI研究は、これまでも教育工学の学際性をよく示す主要な研究領域を形成してきたが、そこにパラダイム論を適用してみたところ、かなり適切に、その過去、現在、将来への見通しにわたって、理論的な取扱いをなすうることが判明したといえよう。おそらく、それは、先端的なシステムの開発をしようとするれば、理論上、最新の知見に基づく設計を行う必要があるためであろう。

ところが、近年になってさらに新たな動きが生じてきて、次第にそれがはっきりとしてきたのである。それは、心理学の分野においては、例えば Bruner, J. S. (1987) によれば、「静かなる革命(quiet revolution)」と呼ばれ、ここ10年以上も前から静かにそれ程目立つことなく進行してきた革命であり、パラダイムの転換であるとされる。そして、それは「文脈主義(contextualism)革命」であり、情報よりもむしろ社会的・文化的意味を取扱い、文化心理学を形成していくとする(Bruner, J. S., 1990)。一方、Gibson派の知覚研究から影響を受けて生態学的妥当性の主張のもとに、人工的な実験的研究よりも人間の日常的な知覚や認知を重視する、認知心理学の提案が次第に広がってきている(Neisser, 1976)。これらは、今日では状況認知や日常認知と呼ばれる分野を形成し、相互に密接な関連をもちながら、これまでの認知心理学における「情報処理アプローチ」や

Piaget理論などを批判し、切り崩しを試みながら対抗する知見のもとに理論構築を図っているのである。もちろん、その理論のもとに新たな教育にかかわる学習環境型C A Iやハイパーメディアの教育利用が試みられているのは、いうまでもない。

しかも、こうした動きは、人間の日常性や自然の在り方を尊重するリアリズム(realism)と、社会や文化や歴史の中の存在を強調する文脈主義のもとに、かつての論理実証主義にみられる合理主義や客観主義を批判する近年のKuhnを嚆矢とする新科学哲学の影響ともみられるわけで、諸科学と連動して生じているのである。そこで、近年の新たなこのような動きを明らかにするには、科学論のこれまでの動向をみることが必要となる。

さて、本論文では『教育学におけるC A I設計論の研究』を主題として、「科学論に基づく「見取り図」のもとに」を副題としている。簡単にその概要を示しておきたい。

I章 教育学における新たな設計論

—現代科学論からの展望—

本章では、現代の科学論の立場から、教育学の学としての捉え直しを図る。つまり、従来の科学観、技術観は、論理実証主義のもとに、科学が優位な立場にあって、技術はその応用としてその科学が示すところをどれだけ実現するかの基準が採用された。それに対して、新科学哲学による現代の科学論では、その文脈主義のもとに、科学と技術は対称的であって、科学・技術として一体化しており、ともに時代文脈の中にあるとされる。このように捉え直された教育学は、これまで往々にしてみられた応用の学や実践の技術学ではなく、理論と一体化して理論のすじを問題とする科学技術として位置づけられることになる。次に、こうした立場から、わが国の教育学の創立期に構想された「教育方法の最適化」の統合概念が、これまで教育学研究を方向づけてきたが、その問い直しが図られる。つまり、「最適化」は当時の時代思想ともいえるものであったが、そうした合理主義は今日のリアリズムの観点からみれば、現実離れした理念化であること、および教育方法は、本来時代文脈に依存するものであって、その開発は、科学技術として理論の最新の知見に基づくものが、能力の育成をはじめ時代の価値観などとよく整合し、高い重みづけのもとに選択されるなどの主張とともに、新たな構図が提唱される。

さらに、このように諸学の先端に位置するようになった観のある現代の科学論からの文脈主義やリアリズムのもとに、今日、新たな設計論(デザイン学)が提案されていることが指摘される。そこで、新たな設計論の基礎的作業として、設計開発にあたっての先入見とパースペクティブ性が強調され、「設計・実施・評価」にみられる循環過程が、解釈学

目次

序	1
I章 教育学における新たな設計論	
—現代科学論からの展望—	7
1. 教育学の新たな設計論をめぐる動き	8
2. 教育学の歩みと新たな構図	11
(1) わが国の教育学の歩み	11
(2) 従来の教育学の問題点と新たな構図	13
(3) 総合的な科学・技術としての教育学の視点	15
3. 新たな設計論の展開	17
(1) 設計開発における先入見とパースペクティブ性	17
(2) 「設計・実施・評価」の認知過程	19
(3) 「見取り図」としてのパラダイム論の導入	22
4. C A I設計論と科学論	25
(1) 具体的な設計論の検討	25
(2) C A I設計論の展望	27
II章 科学のメタファ論の構築と心理学への適用	28
1. 科学のメタファ論からのアプローチ	29
2. 科学のメタファ説とパラダイム論の概要	30
(1) 科学のメタファ説— Hesseを中心に	30
(2) 科学論におけるKuhn理論の位置	34
3. 科学のメタファ論の構築にむけて	41
(1) パラダイム概念をめぐる検討— Mastermanの分析	41
(2) Kuhnの対応	51
(3) 科学のメタファ論の構築	56
(i) パラダイムの三次元構造とそのダイナミズム	56

(ii) 根本メタファとパラダイム論	58
4. 科学のメタファ論の心理学への適用	67
(1) 心理学の変遷構造の概要	67
(2) 科学論からの検討	88
III 章 C A I 設計思想の変遷構造	92
1. C A I 設計思想の文脈依存性	93
(1) 総合的な科学技術としてのC A I 研究	93
① 心理学のパラダイム変換の視点から	94
② C A I 設計思想と教育実践の文脈	96
2. C A I 研究をめぐる今日の働き	97
(1) C A I 概念の新たな変質と拡張	97
(2) コミュニケーション課題とメディア技術の進歩	105
3. 心理学のパラダイム転換とC A I 設計思想の変遷	108
(1) 行動主義パラダイムにおける古典的C A I 研究	108
(2) パラダイム変換期におけるC A I 研究の動き	115
(3) 認知パラダイムのもとでのC A I 研究	121
(4) 新たなパラダイムにおける展望	127
IV 章 学習環境型C A I の開発の実際	130
1. 学習環境型C A I の位置と重要性	131
2. 学習環境型C A I 設計への方略と展望	136
(1) 教授環境から学習環境への転換をめざして	136
(2) コンピュータの基本特性と認知心理学理論	137
3. 障害児や幼児のための「応答する学習環境室」の研究	138
(1) 応答する学習環境室の設計思想とI R E - I の開発	140
(2) 応答する学習環境室I R E - II の開発	152
(3) 応答する学習環境室I R E - III への発展	162

4. 生徒がコンピュータに「教えることによって学ぶ」 T U T E E システムの研究	163
(1) 「教えることによって学ぶ」T U T E E の設計思想	164
(2) 具体的な「教えることによって学ぶ」T U T E E システム	167
(3) 試行実験の方法	169
(4) 試行実験の結果とその検討	170
(5) 本システムによる小学校2年生への試行のまとめ	183
(6) 精神薄弱児の学習への試行実験	183
謝 辞	187
参考・引用文献	188

的循環や、心理学における知覚循環などとの関連で論じられ、設計における「見取り図」としてのパラダイム論の導入が図られる。

そして、本論文では、とりわけ教育工学の学際性を最もよく示す、C A I 設計論に焦点をあてていくことになる。

II章 科学のメタファ論の構築と心理学への適用

本章では、まず、科学論に踏み込んで「科学のメタファ論」の構築作業がなされる。というのは、近年の認知心理学に登場した「静かなる革命」としての状況認知や日常認知をどのように位置づけすればよいのか、あまりに錯綜していてこの作業がどうしても必要となるからである。それと同時に心理学の分野は、とりわけモデルとかアナロジーなどのメタファと密接にかかわる分野でもあり、また「科学のメタファ論」は、現代の新科学哲学でも、その確立がめざされているとされるものだからである。詳しくは、本章を読んでいただくとして、結論としては、Pepper, S. C. (1942)の「世界仮説」における根本メタファ (root metaphor)、すなわち機械論、有機体論、リアリズム (フォーミズム)、文脈主義とKuhnのパラダイム論との結合とってよいであろう。

そこで、ここで構築された「科学のメタファ論」から、それを心理学に適用し、これまでの行動主義から認知心理学への変遷構造を明らかにしている。その際、日常認知や状況認知は、それぞれリアリズムや文脈主義との混合メタファ (mixing metaphors) による両サブ・パラダイムとして位置づけられ、よりよい「見取り図」を与えることができるとともに、科学論における共約不可能性に一つの示唆を与えるものとする。この心理学の変遷構造の解明の作業は、また、次のIII章の予備的準備作業でもある。

III章 C A I 設計思想の変遷構造

本章では、II章での作業を土台として、C A I 設計思想の変遷構造を明らかにする作業を行っている。これによって、総合的な科学技術としてのC A I 研究は、心理学などのパラダイム転換とほぼ並行して、開発がなされていることが示される。そして、近年、学習環境型C A I が研究の中心になりつつあることが明らかにされる。

IV章 学習環境型C A I の開発の実際

本章では、筆者がこれまでかかわってきた学習環境型C A I、すなわち、「応答する学習環境室」システムおよび「教えることによって学ぶ」T U T E E システムについて報告される。

以上が、筆者の本論文の概要である。

そして、この論文の基本の考え方には、いわばパラダイム論の導きに従って、錯綜した今日の状況に、理論のすじを見い出していこうとする考えがある。その際、それがわれわれの指針となるのは、科学といえども人間の営みであり、その時代の社会や技術のあり方、価値観などさまざまな要因と無関係ではなく、むしろ密接なかかわりがあることによる。教育学の一学徒と出発して以来、ほぼ30年近くになろうとしているが、その間に教育学は3度のパラダイム転換に今や遭遇しているといってよい。これは、筆者と同時期に経済学をはじめた研究者も、経済学のパラダイム論的取扱いの中で経済学においても生じていることを指摘しているのである（佐和、1991）。また、同様に、社会学におけるパラダイム論的取扱いの中で、社会科学のパラダイムは、特定の文化的風土などと結びついて形成される傾向がみられたが、現在のような国際化時代には、こうした社会的・文化的境界はうすれていくことが指摘されている（塩原、1984）。おそらく、こうした傾向は広く教育学研究においても同様であろう。

そして、教育学は、近年では、社会学や、民族誌学、解釈学、言語学などの人間科学とも密接に方法論的にも結びついてきており、人間主導の方向への展望が今やひらかれているといえるようである。

I 章 教育学における新たな設計論

—現代科学論からの展望—

1. 教育学の新たな設計論をめぐる動き
2. 教育学の歩みと新たな構図
 - (1) わが国の教育学の歩み
 - (2) 従来の教育学の問題点と新たな構図
 - (3) 総合的な科学・技術としての教育学の視点
3. 新たな設計論の基礎的作業
 - (1) 設計開発における先入見とパースペクティブ性
 - (2) 「設計・実施・評価」の認知過程
 - (3) 「見取り図」としてのパラダイム論の導入
4. C A I 設計論と科学論
 - (1) 具体的な設計論の検討
 - (2) C A I 設計論の展望

I 章 教育工学における新たな設計論

— 現代科学論からの展望 —

1. 教育工学の新たな設計論をめぐる動き

教育工学には、本論文で主要な対象とするC A Iの開発をはじめとして、教授・学習にかかわる教育の方法、技術の開発などにみられるように、開発研究がその成立の基盤に存在するように思われる。

そのためには、こうした教育の開発研究を扱う、新たな設計論の構築、確立が、今日、求められているといえる(菅井、1991)。

近年、自然科学の流れをくむ工学の分野においても、「一般設計学」が提唱され(吉川、1968、1990)、設計の背後にある人間の知的行為が研究され、工学そのものを捉え直しながら、人間の研究が進められたりしている。また、認知心理学や認知科学における最近の変化、とりわけ日常認知の成果などの背景のもとに、われわれが日常的に用いる道具や機械、例えばドアや電話器などからV T Rやコンピュータに至るまでのデザインが問題とされ、日常場面での人間行為との関連で、ユーザー中心の設計論が展開されている(Norman, D. A., 1988)。

さらに、かつて人工知能の研究者として、その自然言語理解と知識表現において、画期的ともいえるロボットによる「積み木」の世界をとり扱い(SHRDLU, 1971)、人工知能の実用化への期待を抱かせ、そのマイクロワールドをどこまで広げられるかが注目されていた、Winograd, T. (1986)が大きく転向し、人工知能の批判者側にまわり、哲学や現象学、解釈学、生物学、言語理論など主として、人間諸科学の基盤と方法論のもとに、コンピュータ利用のための新たな設計理念を提示している。

こうした新たな設計思想をめざす動きは、今日では、広く技術にかかわる分野でみられるのである。

教育工学においても、例えば、教育の設計科学(design science)のもとに、教育工学の新しい方向をめざそうとする動きが、出はじめている(Collins, A., 1989)。また、設計や開発と評価との関連で、とくに開発と評価に形成的評価の考え方を導入し、教育工学のさまざまな開発研究を取り扱おうとする提案もなされている(Flagg, B. N., 1990)。さらに、近年のハイパーメディア(hypermedia)による学習環境設計論まで出ている(Jonassen, D. H. et al., 1990)。

このような一連の動きに呼応して、教育工学における新たな設計論、または「デザイン学」の提唱を行うことにしたい(菅井、1990)。その理由として、これまでも教育工学においては、当時のシステム工学から由来する「設計・実施・評価」論などが存在してきたのであるが、近年では、もはやその基本的な思想では、現状に十分対応しきれない事態が生じてきていることがあげられる。それは、システム論そのものが、パラダイム転換してきていることを指摘するだけでも了解されよう(Luhman, N., 1982、土方監修、1983)。

とりわけ、新たな設計論では、開発研究という人間による知的、創造的な営為が、科学と関連する(後に論ずるが、科学・技術として密接に関連する)ことはいうまでもないであろうが、その背景である時代文脈としての思想傾向や哲学、価値観などから、社会や文化にかかわる対象実践領域の認識に至るまでを、必然的に含むことになる。

そして、こうした新たな設計論の思想の根底にかかわっているのは、現代の科学論であるといつてよいであろう。

科学論については、II章で詳しく論ずることになるが、現代の科学論は、かつての論理実証主義から、Kuhnなどによる新科学哲学へと大きく移行してきているのは、周知の通りである。そして、その移行にともなう新科学哲学は、近年、いよいよ個別諸科学(諸技術を含む)に多大の影響を及ぼしはじめているようにみえる。科学論におけるこの革命は、論理モデルから歴史モデルへの転換として特徴づけられるのである(Hesse, M., 1980)。というのは、論理実証主義や批判的合理主義(Popper派)では、科学理論が論理的な構造を有するという科学観を採用するのに対して、新科学哲学においてKuhnなどに顕著にみられるのは、科学史に基づく科学哲学という立場のもとに、論理学よりも歴史性を重視する科学観に立つことになるからである。そして、この歴史とは、いわゆる文脈主義(contextualism)の典型といつてよく、この点で文脈主義と深くかかわっていくことにもなるであろう。

このような論理よりも歴史の重視と密接に関連して、Kuhnでは、実際に科学をなす科学者は、科学者集団という社会的活動のもとに、また、パラダイムという文化的ともいえる共通の枠組で、自然を解釈し、動的な構造としての科学理論を構成していくと捉えていくことになる。ここには、社会や文化や歴史の中に存在する日常生活者の活動と、それほど隔たりのない科学者像と科学の営為がみられるわけで、ここからリアリズム(realism)や日常性の重視が主張されることにもなる。すなわち、現代の科学論は、文脈主義や日常性にかかわるリアリズムなどの重視を、個別諸科学に呼びかけて、影響を及ぼしはじめて

いるように、筆者には思われる。

本節の冒頭に掲げた、新たな設計論をめざす動きの根底には、こうしたリアリズムや文脈主義が色濃くみられるのである。

本章では、まず、教育学における新たな設計論を全体的に考察してみることにしたい。続いて、教育学が、教育学、心理学、工学などの学際分野として誕生し、今日まで発展してきていることから、この学際分野の性格を最も鮮明にしているCAI研究をとりあげて、CAIの設計論に問題を絞っていくことにする。その際、とくに科学としての心理学に注目し、そこに開発研究との相互の関連を位置づけ、新たな設計論の展望を図ることにしたい。ここで心理学に注目するには、次のような理由がある。

(a) 教育学やCAI研究は、もともと心理学におけるSkinner, B. F. (1954)の学習理論と密接な関連のもとに、プログラム学習やティーチングマシンの技術的な開発から出発した。

(b) 教育や学習にかかわる、心理学にみられる行動主義から認知論へという歴史の大きな変遷は、まさに科学論における、パラダイム論やパラダイム変換からの分析対象となりうる (Leahey, T. H., 1980)。

(c) 「心理学は、諸科学の中で鍵になる位置を占めている。他の科学に依存すると同時に、諸科学を照らし出す」(Piaget, J., 1979)。そこで、諸科学における心理学のこの中核的、融合的な特性のもとに、教育学における教育学や工学などを密接に関連づけ、教育学の動態と変遷を照らし出さう。

(d) ことに、認知心理学は、その初期にみられたPiaget理論から、近年、Vigotsky理論への再注目を含む、いわば「静かなる革命」、すなわち状況認知にみられる「文脈主義革命」(Bruner, J. S., 1987)やリアリズムによる日常認知研究が進行し、生物学的人間観から、社会、歴史的な存在としての人間観に移行しつつある。こうした現代の科学論とも連動する動きと関連して、現在、心理学は社会学、解釈学、文化人類学、民族誌学など、これまでの自然科学的なアプローチから、人間諸科学のアプローチと結びつきつつある。教育学における新たな設計論は、このような先端的な動向を踏まえ、人間の存在を基盤にすえ、先のWinogradやNormanらのデザイン(設計)論と思想性では近いものとならう。

(e) 以上の想定になる教育学やCAIの設計論では、いわゆる理学と工学の統合、科学と技術の体系としての統合が図られ、テクノロジー主導よりも人間主導のものとならう。

2. 教育学の歩みと新たな構図

新たな設計論の考察を進めるにあたって、学としての教育学のこれまでの歩みを反省し、今後の構図を探ってみることにしたい。

これまで教育学の性格をめぐる、科学と技術、理学と工学、基礎と応用、法則定立と目標達成、理論と実践などからなる諸項目が挙げられ、幾度となく議論が展開されてきた。そして、教育学は、こうした一連の二項対立の項目において、どちらかというといずれも後者の特性をもつものとして位置づけられる傾向がみられた。

こうした点は、これからの議論の展開にあたって重要であるので、次の諸点にわたって再検討してみることにしよう。

(1) わが国の教育学の歩み

1960年代に、米国において誕生した教育学(Educational Technology: わが国では「教育技術学」と訳する研究者もあった)が紹介されると、わが国では教育学の学としての構想が練られた。その中で、教育学、心理学、工学などにわたる教育学の統合概念として、「教育方法の最適化」が提唱され(東洋、1968、1969)、これが多くの研究者の賛同を得て、その後の教育学の進展を促す指導原理となった。これによって教授・学習システムの設計思想とする考えが確立され、また、授業というシステムの構成要素を明らかにし、それらの構成要素を最適に構成して、授業を設計、実施、評価して成果を上げていくという、教育学の方法への発展をみることになった(坂元、1970)。さらに、単に行動主義の学習理論からの教育方法ばかりでなく、新たな認知論系の発見学習などの教育方法における授業の設計・実施・評価論にも発展をみていくことになった(水越、1976)。

わが国でこうした発展のもとになった、その「教育方法の最適化」の学としての教育学は、教育実践上の所与の条件のもとで、最も成果の上がる適切な教育方法(学習指導法)を選択して用いていけるようにすることを目指すことになる。そのためには、新しい教育方法が次々と開発され、既存の教育方法のリストに加えられ、いついかなるときに、どんな成果が上げうるのかを明示した体系的なリストが確立され、教育実践の場に提示される必要があるという構想であった。ここにおいて、教育学では、新しい教育方法の開発研究が、個々の研究者集団にとって主要な研究目標として位置づけられることとなった。そして、以上の提案の基盤になる、当時、それまでの一般的法則性を追求する実験心理学の伝統と、個人差を扱う差異心理学の伝統とをなんとか融合しようとする試みとしての、

Cronbach, L. J.らによるATI (Aptitude Treatment Interaction: 能力処遇相互作用と適性処遇相互作用と訳される) 研究があったことは指摘されなければならないであろう。

このATIでは、いついかなる条件のもとでも、成果があがるという万能な教育方法は存在しないという前提に立って、とくに学習者の能力の型、適性などの個人差に応じて、最適な指導方法(処遇)を探究する教育実験的な研究がめざされた。そして、当時その関連の研究成果が報告され始めている折から、そうした一連の研究が蓄積されれば、実践的な教授、学習の場において、適切な教育方法のもとに、具体的な授業システムの「設計・実施・評価」が科学的に、また工学的になしうる展望と期待があったといえるであろう。

こうした教育学の構想が図られるのと相前後して、教育学は、国立の教育養成大学、学部を中心として、教育学センターが次々と設置され(この例外としての設置は、東京工業大学の教育学開発センターなど)、また当時新設の国立特殊教育総合研究所に教育学研究部が設けられたり、さらに大阪大学に教育技術講座などが開設されるなど、学として制度化(institutionalization)されることになった。その後、こうした教育学の制度化は、カリキュラム開発センター、教育実践研究指導センター、また教育新構想大学に学校教育センター、さらに放送大学の放送教育開発センターなどへと発展し、今日に至っているとみることができる。

もちろん、学としての制度化にともない、今日では、東京工業大学のシステム科学の中に、「教育システム工学」が設置されたり、同じく大阪大学人間科学部に設置がきまるなど、ようやく研究者養成の課題にも、手が伸びはじめた。

こうした方向への教育学の歩みの中で、多くの専門を異にする研究者の教育学の研究集団としての参加もあって、教育学とは、教育上のさまざまな問題を見出し、それぞれのアプローチを活用して問題を解決していく「問題解決の学」としての提案などもなされたりしたが、先に述べた構想は、それほど変更されたり、問い直されることなく、現在に至っているといえるであろう。

以上のように、わが国における教育学の創立期とその歩みを眺めてみると、そこにみられるのは、従来の教育学などは理念が中心である傾向があり、そして時に教育実践とかかわったりするときには、いわば教育運動として展開がなされる傾向が少なからずみられたのに対して、教育学においては、あくまで科学性を重視しながら、しかも教育実践にかかわっていこうという指向性や方向づけが認められるように思われる。

(2) 従来の教育学の問題点と新たな構図

それでは、わが国の教育学研究は、どのように今日までなされてきたのであろうか。

それは、かなり膨大なものになるので、一概にはいえないが、ここではわが国の教育学研究を方向づけてきた、先の構想との関連で、筆者なりに触れてみることにしたい。

たしかに、「教育学の最適化」という統合概念は、教育学研究を推進しようとする研究者にとって、見通しと展望をひらき、まさに指導理念として機能するところがあった。つまり、とにかく新しい教育方法や教育技術を次々に開発していくことが教育学の役割だとして、そうした研究が優先されることになった。しかし、その際、系統的な開発の基盤となるATIとの関連での研究は、教育学の研究者サイドでは、ほとんどなされることなく、ATI研究は教育学の分野の外部にいる教育心理学の研究者らにまかされることになった。その理由にはいくつかあろうが、一つにはATI研究はあまりにテクニカルすぎて、心理学専門の研究者以外には扱いつらいという点があった。また、二つ目の理由としては、2つの教育方法などの効果を比較しようとするとき、そこにホーソン効果などが入り込み、新しい教育方法が良い結果が得られやすいという知見などは、面倒なATIまで行かず、常に新しい方法の開発研究をめざせばよいという考えを教育学研究者に、抱かせることになったことは否めない。

もちろん、ATIにみられる思想は、教育的にも重要であって、とりわけ障害児教育の分野では、学習者の障害の種類やレベルなどによる能力や適性に応じて、処遇としての教育方法、学習指導法を適合させてやらなければ、学習の成果が望めないことが多いからである(菅井・詫間、1980)。

だが、ATIによる系統化という枠が、十分に機能しえなくなれば、先の構想において新しい教育方法の開発の指針となるものは存在しなくなるわけであり、その後に少なからず生じた困乱は、このことに起因しているように思われる。つまり、新しい教育方法の時間をかけた経験的検証がなされず、量的な開発競争となり、単なるアイデアや新技術の利用によるいわばテクノロジー主導型ともいえるべき研究が次々となされるだけで、学習者の発達にどのようにかわり、教授、学習過程にどう位置づけるのかなどの理論化や系統化が立ち遅れることになった。

今日、開発研究の指針や見取り図を含んだ、新たな教育学の構図が提案される必要があると考える。それには、先の構想をさらに吟味し問い直す必要がある。

率直に言えば、その構想には、やはり当時の時代文脈の制約があったことが認められよ

う。というのは、合理性や論理を重視する批判的合理主義の科学哲学の影響とともに、1960年代は、科学・技術万能の時代でもあって、システム最適化は、当時諸学問分野でみられ、いわば時代思想ともなっていた観があるからである。「制御」や「計画」や「管理」が広く叫ばれ、教育工学などとともに、社会の設計をめざす「社会工学」も登場していたし、工学の分野では、制御工学やシステム工学などでもみられ、そのもとに「効率性」の基準を採用していた。

教育工学における「教育方法の最適化」概念は、もちろん、A T Iなどを土台にしていたこともあって、必ずしも「効率性」の基準だけではないといえる。しかし、当時の決定理論の枠組の採用もみられるわけで、とくにその「最適化」の概念には、すべての選択肢同士を比較し、所与の条件のもとで、最も成果の上がる最適なものを選ぶという考えがあるが、これは現実的には不可能な理想化であり、実際の決定者は、そのうちの比較的わずかな選択肢からしか選べないということが、その後経営学における意思決定理論などでも指摘され、その修正をみている (Simon, H. A., 1976)。

近年、人間の日常性の重視などとともに、意思決定理論などの見直しはより徹底して行われている (Winograd, T., 1986, Dreyfus, H. L. & S. E., Dreyfus, 1986)。

そこで、こうしたかつての合理主義的な最適化基準から、現実にあわせた準最適化基準への変更が、まず今日、要請される。さらに先の構想には見受けられないがきわめて重要な点は、教育方法とは本来、歴史的、時代的な文脈のもとにあるのではないかという「文脈主義的」視点である。このことを如実に示すのは、教育方法史であり、万能な教育方法の否定は、ここから帰結している。

そうだとすれば、理論的にも、また実践的にも時代文脈に応じた新たな教育方法が開発されることが望まれることになり、そうして開発された方法は、選択や決定に際して、その重みづけが増すことになるはずである。

そこで、次に課題となるのは、このような時代文脈に即して、系統的に開発研究を推進していくための指針や見取り図が必要となる。ここに筆者は、現代の科学論、とりわけパラダイム論を適用することを提案したい。

近年、科学と技術は、科学技術といわれるように密接に融合する傾向がみられるとともに、それは科学史に基づく科学哲学のパラダイム論の主張もあって、ともに時代文脈に依存するという認識が支持されつつある (村上陽一郎, 1986)。

このような動向を踏まえ、先の教育工学の構想を修正と乗り越えを含む、新たな教育工

学の構図のもとに、教育工学とは、科学・技術であることを再確認することによって、すでに触れた理学的な法則定立と工学的な目標達成 (問題解決)、基礎と応用、理論と実践などの二項対立が解消され、統合が図られることになる。

(3) 総合的な科学・技術としての教育工学の視点

科学と技術との関係は、時代によって変化するものであることが指摘されている (Kuhn, T. S., 1977)。

それによれば、とりわけ19世紀後半から、科学と技術の融合現象が進行するという。そういう中で、図表 I - 1 に示すのは、近年の科学と技術の関係を示す2つのモデルの提案である (Barnes, B. & D. Edge, 1982)。

図表 I - 1 科学と技術の関係を示す二つのモデル

基本モデル	旧 階層構造的 〔科学〕 → 〔技術〕 応用	新 対称的 〔科学〕 ←→ 〔技術〕		
知識獲得の方法	〔科学〕 創造的 構成的	〔技術〕 定型的 演繹的	〔科学〕 創造的 構成的	〔技術〕
知識の基礎となるもの	〔科学〕 発見	〔技術〕 発明と応用	〔科学〕 発明	〔技術〕
成果に限界を与えるもの	〔科学〕 自然の状態	〔技術〕 科学の状態	〔科学〕 どちらも一つの要素を特定できない	〔技術〕
成果に対する評価基準	〔科学〕 状況に依存することのない普遍的かつ不変な基準	〔技術〕 科学が示すところをどれだけ実現し得たか、という基準	〔科学〕 どちらも、そのときどきの状況のなかで設定される目的に適合しているか否かが基準になる	〔技術〕
科学と技術の関係から生ずる結果	予言可能	予言不能		
情報を伝える主たる媒体	言葉	人間		

ここでは、旧来の科学、技術観と最近の融合化がさらに進んだ新しい科学、技術観が、対照されて示されている。Barnesらが、こうした2つのモデルで主張しようとしている

のは、その編著の表題が「文脈における科学 (Science in Context)」とある通り、最近の科学・技術が、時代の文脈や状況に依存するという、科学論における「文脈主義 (Contextualism)」の立場である。これに対して、旧来のモデルは、論理実証主義や批判的合理主義の影響もあって、時代の文脈や状況に依存しないという立場に立つものである。

いうまでもなく、教育工学は、これまで旧来のモデルで考えられてきた。そこでは、科学と技術との関係は、階層構造的であり、科学が優位な立場にあり、科学が創造的に発見した法則などで構成した理論を基礎として、技術は、その応用を図り科学からいわば演繹的、定型的に実践に有用な発明なりをなすとげるという見方がとられ、教育工学は、この場合の技術に相当するという位置づけがなされる。すでに触れた、教育工学をめぐるの二項対立的な項目による議論は、まさにこうした見方や立場からなされたものであったといってもよい。それは止むを得ないことでもあった。というのは、この旧来のモデルによる科学観、技術観がこれまでむしろ一般的であり支配的であったからである。それだけ1960年代にKuhn, T. S. (1962)の業績などによる新たな科学論とともに技術論は、めざましく進歩したといえる。新しいモデルでは、科学と技術は相互に密接に浸透しあい、上下関係というより対称的關係にあるとあってよく、時代文脈や状況のもとで、創造的に一体化して構成されていくことになる。

例えば、教育工学の誕生期に関して、筆者は先に1.(a)で「教育工学は、もともと心理学における Skinnerの学習理論と密接な関連のもとに、プログラム学習やティーチングマシンの技術的な開発から出発した」旨を述べた。

この場合、旧来のモデルでは、学習理論という普遍的かつ不変な基準に立つ科学の基礎のもとに、それを一方向的に応用した技術的な開発の結果だとするであろう。

たしかに、このように理論的側面と応用的側面とは一応区別しうるであろう。だが、科学と技術との関係としてみたとき、その学習理論には、Skinner box(スキナー箱)という実験装置の技術開発が貢献しているし、そして何よりも行動主義系の学習理論における「刺激-反応」の枠組みモデルそのものに、「電話交換器」という技術が影響を及ぼしていることが指摘されるわけで、相互に密接に関連しあい一体化していたことがわかる。さらにいえば、このような行動主義が、今日からみれば、時代の文脈や状況に依存しない普遍的かつ不変的基準に立つ科学でなかったことも、すでに明らかである。

その後の教育工学では、コンピュータ利用のCAIなどの登場とともに、人工知能や認知科学に見られるようにコンピュータ技術とまさに密接に融合、一体化した、総合的な科

学・技術性は一段と増してきている側面がみられる。

以上、論じてきたように、今後の教育工学は、時代文脈や状況に応じて、常に変化していく総合的な科学・技術であると認識され、系統的な研究が推進されていくべきであろう。

3. 新たな設計論の展開

これまでも、教育工学においては、「Plan-Do-See」とか、「設計・実施・評価」などによって、開発研究を展開してきた。

例えば、教授、学習過程つまり授業を一種のシステムとして捉え、そのシステムを構成する諸要素を同定し、それを最も成果の上がるように最適な組合せで構成する設計開発を行い、その上で実施し、その結果を評価する。そして、その評価は、次の一巡のプロセスである「設計・実施・評価」で活用され、さらによりよい実践が導かれるというような思想である。

いうまでもなく、先の教育工学の構想(東による)は、この「設計・実施・評価」論と連動しているわけである。そこで採用された最適化の基準は、今日、現実に合わせて「準最適化」基準にして、また教育方法という重要な授業の構成要素は、時代文脈や状況に則したものが選ばれるように開発される必要があることを筆者は、すでに主張したわけである。

ここでは、授業システムの場合を取りあげたけれども、CAIなどのシステム開発の場合も、この考えは同様に用いられる。こうしたシステムの開発研究における「設計、実施、評価」論は、システム工学などから導入されたものである。だが、その基盤として働らく人間の心理過程とのかかわりなどについては、未解決のままである。そこで、新たな「設計論」の展開にあたって、この点の検討から入ることにしたい。

(1) 設計開発における先入見とパースペクティブ性

教育工学の研究開発(research and development)を行う人間は、歴史的、社会的な存在者であるといえるであろう。前述したWinogradらは、その設計論を方向づけるものとして、そうした人間存在観に立ち、解釈学的循環(hermeneutic circle)の重要性を指摘している。だが、彼の記述はコンパクトではないので、ここではこの解釈学積学的循環の要点を衝いて紹介している文献から抜粋引用させてもらうことにする(新田義弘、1989)。

『なかでもとりわけ解釈学的循環をひろく今日の学問全般にわたる方法論として生かそ

うとしたのは、ガダマーの哲学的解釈学であり、彼はそれを「地平融合」という現象として捉えている。ガダマーは、近代の学問の理念となっている「無前提な学問」という仮象をしりぞけ先入見の排除ということに対して、むしろ先入見の復権を唱える。知識の形成は渦中から出発しなければならないが、そのときわれわれが気づかずに抱いている先入見が積極的な役割をはたすのである。過去との対話とは、伝承によって触発されて、われわれが自らの先入見に気づくことから始まる。ガダマーの場合は、地平の現象を単にテキストの理解だけでなく、過去全般に対する理解の仕方に、あるいは過去が現在に働きかけてくる仕方に見出すのである。理解者のもつ地平と彼が他者（例えば過去の作品）を理解するときに身を移す地平とがたがいに解放的な動きのなかで融合しあう。この地平融合の現象は、影響作用史的意識ともよばれ、またこの運動は「問と答え」の弁証法とも呼ばれる。現代の思想は、とくに解釈学の方では、このようにして人間の知識のあらゆる形成面において、プロセス的なあるいは循環的な運動を見ていくのであり、どんな場合にも一挙に、かつ無前提的に成り立つような知識を説くことや、また固定した枠としての主観と客観との対立をもちこむことはゆるされないのである。ガダマーはそれを歴史理解の領分で見事に実施してみせたわけである。地平現象の積極性は、これまで語ってきたように、1.全体の意味の先行的投企（意味の場所性）、2.意味理解における全体と部分との交互規定性による知の不断の精密化（意味のプロセス性）、3.一般にゲシュタルトとよばれる意味の布置性、さらに最も重要な現象として、4.理解の不断の別様性（いつも違っていること）ということが挙げられる。つまりこの「不断の別様性」とは時間（時代）の次元における知のパースペクティブ性の徹底した現象形態にはかならない。地平の現象は、知と対象との不一致としての、たえざるズレの現象であり、志向と所与とのあいだにおこるたえざる余剰の現象であるといつてよいであろう。このズレ現象が人間の知の生産的な動力となるわけである。その点で地平の現象は、経験の論理として受け入れられるかぎりでの、ヘーゲルの弁証法とまったく重なるのである。』（同書、P.160～161）

かなり長い引用となったが、Gadamer, H. G. (1960) によるここに示されているような、われわれの存在の本質を歴史性に求め、先入見を重視し、解釈学的循環の過程によって、弁証法的に世界を不断に解釈し理解し自己変革していくのだという方法は、たしかに今日人間にかかわる諸学と関連をもち、また影響を及ぼしつつあるように思われる。

Winogradらは、設計の課題で重要なのは意識的な設計の方法論ではなく、理解と創造との相互関連の問題であり、これまでの理解の根源としての論理実証主義の科学哲学と、そ

れに密接に関連した合理主義的伝統を鋭く批判し、人間の存在のあり方を重視し、新たな設計論の可能性を開くのに、Gadamerの解釈学に注目しているのである（Winograd, T., & F. Flores, 1986）。そこには、まさしく、現代の科学論からの立場とそれと密接にかかわる日常性を重視するリアリズムや文脈主義の考えがみられるといえる。

そこで、広く学問全般にわたる方法論としても提案される解釈学的循環は、基本的に、新たな設計論における「設計・実施・評価」の循環のプロセスとみることができるように思われる。そうすると、とりわけ重要になってくるのは、その際の先入見と知のパースペクティブ性である。そのため、筆者は、これらの先入見や知のパースペクティブとかかわらせて、「メタファ」や「パラダイム論」、「科学のメタファ論」などを、本論文では論じていくことにする。

さて、近年では、認知心理学においても、解釈学の影響や、リアリズムや文脈主義とのかかわりからの理論構成がみられるようになってきた。そこで、次にそうした理論のもとに、さらにこの「設計・実施・評価」論に迫ってみることにする。

(2) 「設計・実施・評価」の認知過程

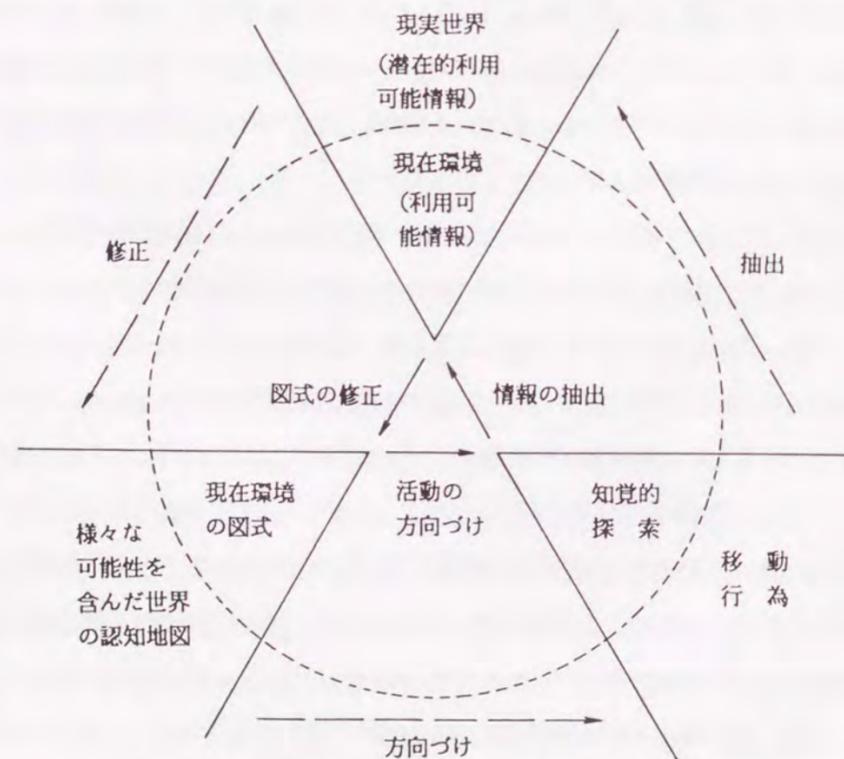
認知心理学において、Neisser, U. (1976)は、知識を獲得し、組織だて、利用するという現実に即した人間の認知研究へのアプローチを模索する中で、能動的な人間観に立ち、現実世界と認知の接点として、また、基本的な認知活動として知覚を位置づけ、その知覚過程を一連の知覚循環によって扱っている。

それによれば、一般に、われわれ人間は、予期図式からなる認知構造を有し、仮説などによってすでに期待しているものを知覚するが、その反面見慣れないものからも新しい情報を得る。ここには、「われわれは予期しない限り知覚することはできないが、また予期しているものだけを見るのではない」という弁証法的矛盾が認められる。そこで、この矛盾を解消するために構成的な知覚循環（perceptual cycle）を導入する。すなわち、知覚というのは、基本的に時間が介在する過程であって、まず、知覚活動のプランであり、他の情報に比べてある特定の情報を選択的に受け入れる準備状態である予期図式によって方向づけられる。これによる活動の方向づけによって、続いて探索の活動がなされ、そうした探索の結果、情報の抽出が行われるが、その情報はもとの図式を修正することになる。そして、ここで修正を受けた図式は、さらに次の探索を方向づけ、より多くの情報を取り入れる準備を整える。ここに「図式—探索—対象—図式…」という連続的な知覚循環がな

されるのだとする。このように知覚者は、予期をもってことにあたるが、この予期は対象をみている過程で修正され、より活動的になる。

そこで、この図式というものが問題となるが、これは過去が未来に影響する媒体であり、すでに獲得された情報が次に抽出されたものを規定することになり、記憶の基礎にある機制でもある。知覚とは、本来、環境と相互作用する埋め込まれた図式によるものであり、現実的なもので、注意(attention) そのものである。しかし、図式は、それがもともと埋め込まれている循環から切り離すことが可能で、その場合もはや知覚することではないが、このように分離することはあらゆる高次の精神過程、つまり思考したり計画したり想像することの基礎となる。かくして知覚と高次精神過程が位置づけられる。

このようにみえてくると、その理論は、先の解釈学の理論とのかなり密接な並行関係が見出されるし、心理学という現代の科学の枠組みの中に、しっかりと組み込まれているように思われる。しかし、解釈学的循環においては、(意味)理解における全体と部分の相互規定性などがあるが、心理学の知覚循環にはそれがみられないではないかという人もあろう。もちろん、Neisserは、これらに相当すると思われるところにも踏み込み、知覚循環を発展させている。それは、図表I-2に示されている。(図表I-2参照)



図表 I-2 認知地図に組み込まれている〈図式〉

ここでは、これまでの図式は、全体とかがわる「世界の認知地図」と呼ばれる図式と、部分とかがわる「現在環境」の図式とからなる。この両図式の関係は、部屋にあるスタンドを知覚する場合のように、それらが扱う現実の対象間の関係と対応している。つまり、両図式は同時に活動していて、前者は後者を包含している。このように、人間の知覚は、環境との相互作用の一位相であって、特定の知覚対象の図式だけでなく、ある全体的、背景的な「認知地図」図式によって、常に方向づけられる。日常の知覚は、このような様々なレベルの相互作用が互いに支え合うことに依存し、こうした知覚循環は、探索の場合でも移動や行為というより包括的な活動の中で実行され、より広い現実世界からの情報抽出のもとに、より長い時間にわたってなされる。

この場合、広い範囲を包摂する大きな図式の特徴は、(実際の地図などによる知識はそうであろうが)、しばしばそれに含まれる図式の活動を規定し、またその活動を動機づける。しかも、自分では見ていない状況の変化であっても、言語によって伝えられたりすれば、その図式に加えることができ、自分の知覚上の予期を変え、移動や行為の計画を変えることができるし、また、比較的忘却されにくい。したがって、人間は自己の予期を分割し、分離して処理することができることになる。この能力は、高次精神過程のすべてにおいて基本的な働きであり、こうした分割や分離がどのようにして起るかといえば、いろいろな仕方があるが、その多くは、われわれの育った文化の持つ慣習や制度によって与えられたり強要されるものである。本来、高次精神過程は、社会的な現象であり、歴史の流れの中で進展した認識手段と特有な状況とによって可能となったのである。

以上、認知心理学において、生態学的妥当性の概念とともに、現実世界の日常的な認知の研究の必要性を主張し、いわば、リアリズムと文脈主義のもとに、その後の研究にも大きな影響を及ぼした Neisserの理論枠の概要を、筆者なりに述べてみた。

筆者は、研究開発にみられる、例えば「Plan-Do-See」とか「設計・実施・評価」のプロセスには、基本的にここでみてきたようなわれわれ人間の活動を中心とした図式による知覚循環と、それに密接にかかわる思考とか計画などの高次精神過程による心理過程が存在すると思う。ここで、現代の解釈学とあえて対応づけるようにみてきたのは、後で触れるが、Kuhnのパラダイム論が、科学史文献の解釈とも関連しているからである。

しかし、ここでは、科学としての心理学を中心として、論を展開してみた。

(3) 「見取り図」としてのパラダイム論の導入

このところ、国際情勢の変動にはまさにめまぐるしいものがある。東欧からソビエトへの大きな変革、東西両ドイツの統合など一連の動きをみると、これまでわれわれが世界認識のための図式としてもっていた「資本主義対共産主義」あるいは「冷戦」図式は、もはや用をなさず、世界史的な観点からみても、新たな時代を迎えたことを痛感させられることになった。かつては、少なくとも第2次大戦以後その大変動が起こるまでは、途中時期によっては多少の変動があっても、われわれはそうした大きな図式を用いて、複雑な国際関係の中で生じる個々の局地的な出来事などを解釈し、理解し、位置づけ、行動の指針や方向づけなどもできたように思う。また、場合によっては、ある出来事に興味を持ち、動機づけられ詳しく調べてみる活動を起こし、関連情報を収集し、その出来事をより詳しく理解することもできたであろう。

しかし、世界の政治、経済体制などに大変革がすでに起こった今日、これまでの図式は機能しえなくなり、それだけに現実の世界の出来事に関心をもつことになるが、その反面、われわれは道に迷った旅人のように、混迷の最中において、見取り図としての新たな世界認識のための図式を模索している状況にあるといえまいか。

このようなことを論じてみた意図は、次のことを確認してみたかったからである。先のNeisserによれば、対象と知との循環によって、図式は常に修正されるが、それは「現在環境」図式など、比較的狭い対象にかかわる図式であって、それにより、われわれは対象の知を深めることができるであろう。しかし、そうした下位にある図式を含みこみ、それらを限定する「認知地図」図式など、広い範囲を包摂し、きわめて上位にある大きな図式、つまりここで例をあげたような図式は、比較的变化することなく、われわれに「見取り図」なりパースペクティブを与えてくれるであろう。

そこで筆者は、研究開発にかかわる「設計論」における「設計・実施・評価」論のそのプロセスの中に、この「見取り図」に相当する大きな一種の図式として、科学のパラダイム概念とその理論を導入することを提案したい。これによって、教育工学の研究開発にあたる者は、価値の変化にともなう時代文脈や状況に即応して、見通しよく、「設計・実施・評価」を行うことができ、系統的で生産的な開発をなしとげられることになろう。

先の例示をしたのは、もう一つ理由がある。というのは、Kuhn自身が、そのパラダイムの発想にあたって、政治や芸術の分野などにみられる体制や様式を革命的断絶で時代区分することに着目して、そこから科学の発展を扱おうとするところがあったことを認めてい

る。

この点に関して、次のような指摘がある（中山茂、1984）。

「もともとクーンの科学革命のスキームは、政治革命をモデルにしたものである。ある政治体制（パラダイム）が一定の政治路線を（通常科学的に）進行しているうちに、体制に合わない変則性があらわれてくる。はじめのうちは多少の修正を加えて既成路線内で解決をはかろうとするが、処理ができないほど変則性が多くあらわれると体制に危機が生じ、ついにアンシャン・レジームはこわされて革命となる。革命のなかで、次のパラダイム候補がいろいろとあらわれるが、ついにそのうちの一つが選択されて新しい政治体制が出来、革命は完了する。このような政治、社会現象とのアナロジーでクーンの科学、発展パターンが抽出された点は、ダーウィンがヴィクトリア朝競争社会から生物進化の諸概念を抽出したのによく似ている。」（P.12）

かくして、そのパラダイム論で、Kuhnは、科学が、従来、時代の進行とともに量的で累積的連続的に発展していくと見なされていたのに対して、あるパラダイムの支配のもとでの通常科学(normal science：規範科学とも訳される)にある場合は、累積的であり知は広さと精密さを着実に増すが、ひとたび革命期を迎えると、パラダイム変換(paradigm shift)として、質的にも不連続に発展していくのだということを、科学史上のデータによって明らかにしたといつてよい。つまり科学史の文献テキスト解釈から得ているのである（高田紀代志、1984）。ここに近年、科学論と解釈学とのかわりについての研究が現われはじめている（Bernstein, R. J., 1983、丸山高司他訳Ⅰ、Ⅱ、1990）。

それでは次に、循環による図式として、このパラダイムを導入した時、それはどのような働きをするのかを、Kuhnの理論との関連から、筆者なりに要約してみよう。

それは、設計者が科学者ないし科学技術者として行動することが前提となっている。その循環の基盤には、すでに述べたように「予期したものを知覚する」という方向と、「予期しないものを見る」という方向が存在するわけで、ここでは、この区分によってパラダイムの働きをみていくことにしたい。

これは、また、Ⅱ章でのパラダイムの議論をすすめるための予備的作業でもある。

(a) 図式で「予期したものをみる」ことによる方向づけ

パラダイムとは、「一般に認められた科学的業績で、一時期の間、専門家に対して問いや答え方のモデルを与えるもの」といわれるように、科学の構成法であって、その具体的な表現が理論である。自然はやみくもに探り求めるには、あまりにも複雑で変化に富ん

でいるので、「見取り図」として働らくパラダイムは、重要なものである。このパラダイムは、科学者に「見取り図」だけでなく、「見取り図」そのものを作るのに必要な方向づけもする。科学者は、パラダイムを学ぶことから、理論、方法、基準をふつう混合した形で手に入れる。だから、パラダイムはある一定期間、科学が通常科学にあるとき、科学者集団が採用する方法、問題領域、解答の基準の源泉となるが、パラダイムが変わるときには、問題も解答もともにその正答性をきめる基準に重要な変化が生ずる。共通のパラダイム（ここでは図式）が受け入れられると、科学者集団は、そのパラダイムによる仮定を常に再吟味するという必要から解放され、各自現象のより細かい深部に安心して注意を集中できる。そうすると、当然、そのグループ全体として問題を解く有効性と能率が增大する。このように、パラダイムに基づく通常科学の研究は累積的なものであり、その成功は、科学者集団が既存の概念や道具立てで解きうる問題を選ぶことができるからである。だからこそ、既存の知識や技術との関係を見捨て、実用的な問題ばかりを追っていると、科学の発展の妨げなのである。既存の知識や技術によって定められる問題を解こうと努める人は、まわりをうろろうみまわさない。彼は何が得られるかを知っており、その方向にそって自分の装置を設計したりして、「予期したものをみる」方向で研究をすすめ、考察をめぐらすのである。

(b) 「予期しないものをみる」ことによる図式の修正

パラダイムを共有する科学者の集団は、世界はいかなるものかをすでに知っているという仮定を前提にしているといってもよく、その知覚も観察もそれによる支配のもとになされる（知覚、観察の理論負荷性）。すなわち、パラダイムとは既成の鋳型としても機能し、通常科学の研究というものは、専門教育で与えられた既成の概念を含め、こうした鋳型の中に、自然を無理して詰め込むたゆまない努力でもある。この一定期間の中での科学者の仕事は、こうした枠の中で「はめ絵」のパズル解きを行う者になぞえられるのは、このためである。そのため、たとえ無理をしても、科学者集団の共通の仮定であるそのパラダイムを護ろうとする志向が働き、このことから基本的な革新を抑圧する働きもする。そこで革新的なものは、予測に反するという困難の中から抵抗を受けながらやっとあらわれてくる。こうした革新的な発見は、通常科学での共通のパラダイムから生ずる予測を破るような自然現象である変則性に、科学者が気づくという危機の中で、さらに広く探索が行われ、そしてついに既存のパラダイムを修正して、新たなパラダイムのもとでその変則性も予測できるようになって終わる。このように、通常科学における変則性の出現は、一般

に科学を危機に導くことになり、ゲシュタルトの切り替えのような急激なパラダイム変換によって科学革命が起こることになる。ここで次のことが注意される必要がある。パラダイムは、通常すべての問題を解くわけではないし、2つの新、旧の競合するパラダイム間では、どの問題を解くかがより有意義かという問題がかかわる。こうした価値を含む問題は、人間による科学の構成法としてのパラダイムの基準のみでは答えられず、むしろ科学発展にかかわる技術的進歩や、社会的、経済的、知的条件など科学の外側からはたらく基準にも依存する。パラダイムとは、科学という知の構成法であるばかりでなく、外部にある自然の構成法でもあるからである。

以上、できるだけkuhnの原著の翻訳（中山茂訳、1971）を引用させてもらって、述べてみた。近年、パラダイム論そのものを認知科学などで基礎づける研究（Mey, M. P., 1982）などがなされている。筆者は、それにはすでにみた Neisserによる知覚循環を中心とする認知心理学理論（あるいは解釈学的循環を中心とする現代解釈学）の方が基本的であり、適切であると考え。というのは、認知科学にみられる情報処理の階層的深さよりも、上記のように循環がむしろ基本になると考えるからである。まさしく、「設計・実施・評価」による設計論も、「パラダイム・通常科学・革命」にみられるパラダイム論も、ともに循環が基盤となりしばしばいわれるようにラセン的にも発展していくからである。

4. C A I 設計論と科学論

(1) 具体的な設計論の検討

さて、それでは、C A I をめぐる設計論の具体例を簡単に検討してみることにする。

図表 I - 3 を参照していただきたい。これは本章の冒頭でも触れたが、最近の教育工学における具体的な開発のプロセスを提案しているものである（Flagg, B. N., 1990）。

この提案で新しい点は、次のことにある。つまり、形成的評価の考え方を、テレビ放送用プログラムやコンピュータ利用のインタラクティブな学習環境システムなどの開発研究に導入していることである。その結果、開発の各段階（各フェイズ）ごとに、情報を収集、抽出する、アセスメントをはじめとする各評価のフェイズが相伴なうとされる。開発の渦中において、プランニング、デザイン、プロダクションというプロダクトを形成している間にも各フェイズごとに、情報を収集、抽出して評価を行うという提案は、従来の「設計・実施・評価」論にはない目新しい点であろう。しかし、これもすでにみえてきた人間の認識にかかわる循環を単位として、そして開発のフェイズをプランニング、デザイン、プロ

図表 I-3 開発と評価との関係

開発のフェイズ	評価のフェイズ
第1フェイズ プランニング	ニーズ・アセスメント
第2フェイズ デザイン	前プロダクションのための形成的評価
第3フェイズ プロダクション	プロダクションのための形成的評価
第4フェイズ 実装	実装のための形成的評価
	総括的評価

(Flagg, B. N., 1990)

ダクションと一応分けてみるのであれば、それに応じた情報の収集、抽出の評価のフェイズが存在するのは、当然といってよいであろう。従来の「設計・実施・評価」論では、以上の開発過程を設計とし、ここでの第4フェイズの実装以後を実施とし、このあとに評価がなされるとするのに対して、まさしく綿密な設計開発手法となっていることがわかる。

図表 I-3 の示すところにもどれば、第1フェイズはプランニングとニーズ・アセスメントの期間であり、開発の目的、内容、使用メディア、利用の文脈が計画され、同時にその開発システムのニーズがどの程度か情報を集めアセスメントされる。第2フェイズは、デザインの段階であり、計画をさらに詳細に進め、また、そのために対象とする学習者についての情報収集を行うなどして、再検討したりする。第3フェイズは、実際の制作を進める段階で、そのため必要な情報を進め、一部開発のプロトタイプを対象者にテストしてみたりもする。第4フェイズは、実装の段階で、文脈や状況にあうように、また対象とする学習者やそのグループにあうように実装され、フィールドで実際にテストされ、その効果が評価される。また、将来の開発に役立てる情報を得る。そして、最後に示されている総括的評価は、システムの開発者ではなく、システムの利用者、実践者によってなされるとする。

このような例を眺めてみると、たしかにこの分野の研究には進歩がみられるように思う。

しかしその反面、問題点を指摘することもできよう。というのは、この例などでは、プランニングというその後の開発過程を方向づける重要な段階において、ニーズ・アセスメントとして、実用的なニーズに関する情報が収集、抽出される。開発へのニーズがあるかとか、どんな内容を誰が必要とするかなどであるとする。これでは教育方法の開発研究の方向づけとしては、不十分であり、ニーズや実用性のみを中心とする盲目的な開発に落ち

入る可能性がある。やはり、筆者がすでに主張してきたように、教育工学が科学・技術であることからしても、科学の基盤を重視し、そのパラダイムによる「見取り図」のもとに、教授、学習にかかわる最新の知見などを用いながら、しかも時代の文脈に応じた開発が進められるように、その初期の段階で方向づけされる必要があると考える。

(2) C A I 設計論の展望

さて、それでは、科学・技術としての教育工学における C A I 設計論において、その科学の基盤を重視し、そのパラダイムによる「見取り図」のもとに、教授・学習にかかわる最新の知見などを用いながら、しかも時代の文脈などに応じた開発が進められるようにするには、どうしたらよいであろうか。それには、まず、第一に現代科学論において「科学のメタファ論」が確立され、それによって、教授・学習にかかわる心理学の変遷構造が明らかにされる必要がある。というのは、とりわけ認知心理学における最近の日常認知や状況認知の研究には、めざましいものがある。この新しい動きが、最近の教授・学習や C A I の研究に大きな可能性を与えているのであるが、これはパラダイム論と密接にかかわる「科学のメタファ論」によって、はじめてその複雑ともいえる構造が解明されるからである。すなわち、「科学のメタファ論」からの結論を先に述べるとすれば、日常認知はリアリズム、状況認知は文脈主義という、それぞれ2つの根本メタファとかわる、認知心理学における新たなパラダイムとして、位置づけられるのである。

このように、リアリズムや文脈主義は、心理学の分野においても、はっきりとみられるのである。

このように、現在科学論としての「科学のメタファ論」によって、教授・学習にかかわる心理学の変遷構造が明らかになれば、第二になされるべきことは、その基本作業を土台として、C A I 設計思想の変遷構造の解明の作業である。

こうした二つの作業によって、得られるものは、まさに C A I 設計論における、きわめて優れた研究開発のための「見取り図」となるとともに、これまでの研究開発を系統的・組織的に位置づけ、整理することになる。

こうした C A I 設計論をめぐる展望のもとに、まずは章をあらためて、「科学のメタファ論」の構築を図ることから始めることにする。

Ⅱ章 科学のメタファ論の構築と 心理学への適用

1. 科学のメタファ論からのアプローチ
2. 科学のメタファ説とパラダイム論の概要
 - (1) 科学のメタファ説 - Hesseを中心に
 - (2) 科学論におけるKuhn理論の位置
3. 科学のメタファ論の構築にむけて
 - (1) パラダイム概念をめぐる検討 - Mastermanの分析
 - (2) Kuhnの対応
 - (3) 科学のメタファ論の構築
 - (i) パラダイムの三次元構造とそのダイナミズム
 - (ii) 根本メタファとパラダイム論
4. 科学のメタファ論の心理学への適用
 - (1) 心理学の変遷構造の概要
 - (2) 科学論からの検討

Ⅱ章 科学のメタファ論の構築と心理学への適用

1. 科学のメタファ論からのアプローチ

さて、それではいよいよ本論文の本題に入っていくことにしよう。

本章において、筆者は、まず科学論における新しい「科学のメタファ論」の構築を行い、それにより、次章のCAI設計思想の変遷構造を明らかにする準備をすることにしたい。

これまで筆者は、教育工学におけるCAI設計のパースペクティブと「見取り図」を与えるために、科学論におけるとくにパラダイム論(Kuhn, T. S., 1962)に立脚して、論を展開する試みを行ってきた経緯がある(菅井1983、Horiguchi, H., Sugai, K. et al., 1983、菅井1989)。

そうした仕事によって、教育工学における科学技術研究としてのCAIの先端的な設計思想が、コンピュータなどの技術の問題もさることながら、それ以上に教授学習にかかわる心理学の革命的な理論転換と対応して変遷してきていることを、それまでの歴史的なCAI研究事例のKuhn理論の観点による分析で、明らかにすることがかなりできたように思う。

そして、その外国文献を中心とする理論的な検討の結果、わが国のCAI研究が必ずしも科学技術研究として位置づいておらず、どちらかという、コンピュータなどの技術を中心とする技術主導型であって、科学としての教授学習理論の変遷などに無関心である傾向がみられるように、筆者には思えた。

そうした観点から、筆者は、最初の1983年の論文では、アメリカを中心とする外国とわが国の研究では、理論上ほぼ10年間の遅れがあることを指摘し、わが国の研究者に向けて警鐘を鳴らした。その後、周知のように1985年前後から、情報化社会の進展とともに、わが国でもそれへの教育の対応を図る政策の一環で、パソコンが学校へも導入され、CAIも実践上の課題となるに至った。

だが、すでに指摘したわが国におけるこの分野の研究上の問題は、一朝一夕には解決されないのは理の当然で、その結果でもあろうが普及してくる学習ソフトウェアなども古い型のものが多く、問題視され始めた。

そこで、筆者は、こうした状況のもとで、1983年の論文を下敷にして、以上で述べた問題点の解決を願う意図で、一般向けを含む著書を1989年に執筆した。その際、CAIが実践にかかわり、どのように学習指導で用いればよいのかの課題が生じていることから、授

業理論の探究も一部であるが行った。

おそらく、こうした主張を、今後とも行っていくことが教育工学研究者として、筆者に課せられた課題であると考え。

それには、理論としての確立がめざされなければならないのは、いうまでもない。これまで筆者は、科学論を基盤として、教授学習にかかわる心理学の進展を追い、そこから教育工学に固有な教育方法・技術の設計や開発を推進するという構図のもとに、研究を行ってきた。少くともこの10年間は意識的にである。

そうした中で生じてきたのが、本節の冒頭で述べた、科学のメタファ論への注目である。これと従来のKuhnの科学革命論を密接に関連づけようというのが、筆者の発想である。

心理学も、近年、また大きく転換してきている。それにC A Iなどもそれと連動して、その概念自体が変り、技術的にもハイパーメディア(hyper-media)などの登場によって、その可能性を増しつつある。

このような、今日の状況がどのように整理され、展望されてくるであろうか。

2. 科学のメタファ説とパラダイム論の概要

(1) 科学のメタファ説—Hesseを中心に—

近年、いわゆるメタファ(metaphor: 隠喩と訳される)への注目が、諸学においてなされているように見える。それは、例えば、記号論の分野、(菅野、1985)、レトリックの分野、(佐藤、1985、Ricoeur, P., 1984)、歴史学の分野、(Nisbet, R. A., 1969)、心理学の分野、(Leary, D. E., 1990)、認知科学の分野、(山梨、1988)という具合で、まさに広い分野にわたり、枚挙の暇のない程である。

もちろん、ここでは目的からして、科学論および心理学関係に、直接的に的を絞ることにする。

さて、科学論においては、メタファとしての科学、つまり科学のメタファ説を主張している科学哲学者に、英国のHesse女史がいる。そして、科学におけるモデルとアナロジーを扱った業績がある(Hesse, M., 1966)。

その小著において、Hesseは、20世紀初頭に英国で活躍した2名の物理学者、Duhem, P. とCampbell, N. R. が物理学理論におけるモデルやアナロジーの役割について、対極的な見地をとっていることから、Duhem主義者とCampbell主義者の架空の対話形式を含みながら、科学におけるメタファについて論じている。すなわち、前者が理論というのは、ユー

クリッド体系のように、数学的な演繹構造をもつ体系性と経済性を有し、余分な想像力を刺激するようなモデルとかアナロジーを含まないものが理想であるとするのに対して、後者は、理論というのはモデルによって理解や解釈が可能となり、動的な性格を有し、拡張や修正がなされ、その領域の現象を予測しうるようになるのだとする。

そして、Hesseは、科学理論において、モデルとかアナロジーなどのメタファが、本質的なものであって、こうしたメタファの認知的・発見的機能によって、科学理論を静止して完成した構造としてでなく、拡張し発展する動的な構造として成立させるのであって、従来の科学論では、このような科学のメタファ説を十分に扱ってこなかったことを論じているといってよい。もちろん、「メタファの説明機能」を論じる際には、メタファ論においては必ずといってよい程、引用されるメタファの相互作用説(Black, M., 1962)を駆使している。例えば、「人間はコンピュータである」の用法の場合、科学の理論では「人間」は第1の体系で被説明項領域であり、観察言語で記述する。「コンピュータ」は第2の体系で既知の理論言語や観察言語で記述される。そこで第2の体系「コンピュータ」は、「第1の体系を見る枠組み」として働き、そこで連想されてくる観念や含意によって、第1の体系「人間」の特徴が選り出され、強調されたり弱められたりして、「人間」に対する新しい観点が照らし出される。このように、第2の体系から第1の体系への働きかけの作用があれば、今度はその反作用として、逆に第1の体系「人間」から第2の体系「コンピュータ」への作用による影響がみられることになる。その結果、「人間」は「コンピュータ」に似たものに見え、「コンピュータ」はより「人間」的であるように見えてくる。

以上が、Blackのメタファの相互作用説の核心である。この例に示される、「人間はコンピュータである」は、認知心理学における情報処理アプローチやその発展としての認知科学などでも実際に用いられた用法であって、コンピュータをモデルにして、そこから人間の情報処理機構を明らかにすることをめざすばかりでなく、コンピュータ自体を知的な、人間のように学習機能をもてるようなものにしていこうという人工知能や「第5世代コンピュータ開発計画」の発想は、まさに科学技術分野でのメタファの相互作用説による、研究者の見方の反復的結果であるとも見ることができよう。

もちろん、この場合、その分野での相互反復を詳しく見れば、初期の直列的・逐次的コンピュータから、並列処理コンピュータへ、そして最近のコネクション・マシンへの注目という具合にコンピュータは技術的な変遷がみられるのに対して、それと相互に人間理解も変化してきているといつてよいであろう。

このように見てくるだけでも、科学のメタファ説は、筆者の目的に適切であるように思える。先を急がずにさらに論を進めたい。

かくして、Hesseは、科学のモデルやメタファは、見方の枠組みという認知的・発見的な機能を果たす理論の構成要素であって、私的なものではなく、間主観的で共通に理解された科学の理論言語の部分であるとする。しかも、その言語は動的であって、相互作用説を基盤として、意味の変化をもたらす。このように、科学における理論的説明とは、被説明項の領域のメタファ的再記述であるとして、科学的説明についての演繹図式、つまり科学の演繹構造体系の考えを批判する。さらに、科学的モデルによる理論系では、第1の体系も第2の体系も自然法則の網の目によって高度に組織されており、理論的、因果的相関によって内的に固く結びつけられるという構造をなすことを示唆している。

Hesse 女史のこの業績は、すでに触れたように、1966年に発刊されており、Kuhnのパラダイム論などとも、例えば、見方の枠組、科学理論の動的構造、科学者に共有された理論言語など、かなり多くの共通性や並行性があるように、筆者には見える。

原著は、わが国では翻訳されており、筆者はそれも利用したが、その「訳者あとがき」に、こうした点を含めた、Hesseの業績の意義と、モデル、アナロジー論、つまり科学のメタファ説の意義と射程について、興味ある記述がなされている（高田、1986、P.186-187）。そこで、ニュアンスも重要なので、原文のまま（一部省略を含む）引用させてもらうことにする。

『第1に、科学の活動において、モデルやアナロジーはしばしば用いられ、とくに発想や発見の場面でこれらが重要であると考えている科学者も多い。だが、伝統的な科学哲学ではモデルやアナロジーについて扱うことは少なく、人々の期待に応えていない。（後略）

第2に、近代科学の歴史のなかでモデルやアナロジーが果たした役割は大きく、とくに19世紀の物理科学においては、不可欠のテーマである。20世紀初めのデュエムやキャンベルらのモデルを巡る議論も、マックスウェルやボルツマンらの物理学者によるモデルやアナロジーの使用とその方法的反省が基礎にある。したがって歴史を分析するうえで、モデルやアナロジーの理解を深めることが必要である。また、モデルやアナロジーに注目することは、科学を静止してできあがった構造としてではなく、動的な発展する活動として把握するうえで大きな意味をもっていると思われる。

第3に、科学の歴史に対応する科学哲学という主張は、クーンのパラダイム論など新しい科学哲学の特徴でもあるが、そこで問題となっている、観測の理論依存性や、理論の共

約不可能性といった議論との関係である。モデルやアナロジーが科学理論の本質的要素であるという本書の見方は、こうした問題に対する1つの解決の方向と考えることもできる。この見方はモデル主義あるいは大きく「科学の隠喩説」と呼ぶことができるが、それは後で見ると、論理経験主義と新科学哲学とに対して第3の道を目指している。本書におけるヘッセの仕事はクーンと同時代にそうした方向へ進むとした第一歩なのである。

第4に、「科学の隠喩説」のもつ広がりである。ヘッセはブラックの「隠喩の相互作用説」を手がかりに論を進めている。そこでは、レトリックとしての隠喩と認識を切り離すのではなく、隠喩が同時に認識の展開であると考えているところに要点がある。（中略）科学の概念や手続きと、文学や日常のレトリックとを結びつけた理解が求められているのである。隠喩説は、科学と社会のそうした相互関係を1つの側面から明らかにすることになるであろう。』

以上の4点であるが、第1点は、筆者が「科学のメタファ論からのアプローチ」として、本論文でその一つの試みを展開中である。

第2点では、個別科学の物理学が取り上げられているが、筆者は、すでに触れたように心理学の場合をとくに扱っていくことになる。心理学や生物学なども、メタファ、モデル、アナロジーが多用される研究分野のようである。例えば、生物学の場合では、フランスの科学哲学者で生物学者のCanguilhemが、「生物学の発見におけるモデルとアナロジー」を論ずる中で、「おそらく生物学ではアナログなモデルが数学的モデルよりも頻繁に使われてきたし、今も使われているように見える。それは形式化された演繹による説明よりもアナロジー的還元による説明の方が単純だからである。それはまた、生物学的現象の研究で、簡単に形式化できるものの数が少ないということである」と述べている（Canguilhem, G., 1983、金森修監訳、1991、P.355）。

Hesseの主張との対応がみられるようである。

次なる心理学の場合は、例えば、あのBrunerらが、最近、「心理学史における意識と認知のメタファ」という論文を執筆している（Bruner, J. S. & Feldman C. F., 1990）。それによれば、過去から現在までの心理学における意識と認知の理論を概観するという作業を行ってみると、まさにメタファしかなかったのではないかと思うほど、多用されているとして、それらの例を示し論じている。意識の分野では、とくに多様で、スポットライト、フットライト、流れる川、思考の流れ、一組の構え、再帰回路、実行、読み取り、舞台、ディスプレイなどであり、われわれの日常の照明用具から、流れに関するもの、一連の情

報処理技術に関するもの、その他まさにさまざまである。これに対して、認知の分野では、もう少し落ち着いて洗練されたメタファからなると述べ、そこでそれらのメタファを、いかに心が世界を反映するかを強調するものと、いかに心が経験や知識を生産的に構成するかを強調するものに分けて、整理してみせている。そして最後に、心理学における現在と将来のメタファとして、象徴を作り象徴を用い、意味を構成し解釈を与える象徴活動の過程にかかわるメタファだと述べ、心理学研究におけるメタファの重要性を強調している。心理学におけるメタファについては、後に詳しく論ずることになる。

第3点のKuhnのパラダイム論や新科学哲学などとの関連については、次の(2)において議論することにする。

第4点の「科学のメタファ説」のもつ広がりについては、本論文では直接的に取り扱うことはしない。しかし、後にPepper, S.による「世界仮説」における根本メタファ (root metaphor) の概念を、筆者の構想の中に導入することを図るが、そこでは必然的に科学のメタファ論は、ここで述べられているような広がりを持つことになるはずである。

(2) 科学論におけるKuhn理論の位置

これまで、科学においては、モデルとかアナロジーなどメタファが用いられ、理論構成にもかかわっていることを、個別科学としての心理学などで眺めた。そして、こうした科学に応ずる科学論の対応は、科学のメタファ説と呼ばれるが、今日必ずしも十分ではなく、本格的な研究は、まさにこれからであることが確認できた。

そこで、筆者なりに科学のメタファ説をめぐる研究を土台として、「科学のメタファ論」の構想を打ち立てていくことにするが、それにはKuhnのパラダイム論と科学論の潮流の概略をみておく必要があると考える。そして、すでに眺めたこれまでの科学メタファ説の先駆的な Hesseの主張とのかかわりなどについても論じていくことにする。

とくに、Kuhn自身が、パラダイム論の提唱後に生じた批判的合理主義の旗頭、Popper, K. などとの論争で、自説のパラダイム概念を変更するのは周知のことであるが、筆者の構想にとっては、やはり世界観などを含む初期の雄大ともいえるパラダイム概念が魅力的であり適切であると考えるので、まず、ここでの議論を踏まえ、次の3節でその克服をめざす作業をすることにしたい。

かつて、学問の境界に位置していた科学論を、今日のように学問の最前線へ躍り出させるのに貢献したのは、やはり『科学革命の構造』(Kuhn, T. S., 1962)であろう。しかも、

それはその後1970年以降とくに盛んになる、いわゆる「新科学哲学」(New philosophy of science: Brown, H., 1977の命名による)の主流の源となり、他の学問分野、個別科学にも科学方法論上の問題などを含めて、きわめて大きな影響力を行使しはじめてるのである。

そうした影響をみてみようと思えば、例えば欧米やカナダの研究者が最近組織した「国際理論心理学会: International Society for Theoretical Psychology (ISTP)」の論文集が刊行されているが、それを眺めればKuhnを中心とする新科学哲学との関連の議論が、近年の解釈学などへの注目と連動したりして、数多く見受けられ確認することができる (Baker, W. J. et al., 1987, Baker, W. J. et al., 1989)。

それでは、Kuhn理論を眺めてみる試みに入るが、それには恰好とも思える近年の科学論上の文献がある (Hacking, I., 1983)。ここでは、Carnapを中心とする論理実証主義 (論理経験主義)、またPopperを中心とする批判的合理主義 (反証主義) が共通して反対し、拒否すると考えられる、Kuhnらの立場の特徴をいくつかの項目として提示している。

そして、それらは次の通りである。

- a. 「観察と理論は峻別されない」
- b. 「科学は累積的ではない」
- c. 「現実活動している科学は緊密な演繹的な構造をもたない」
- d. 「現実の科学の概念群はとくに精密であるわけではない」
- e. 「科学の方法論的統一は誤っている。すなわち、さまざまな種類の間には数多くの相互連絡のない道具立て (disconnected tools) が用いられる」
- f. 「諸科学はそれら自体統一されない。諸科学は数多くの相互にゆるやかに重複しあう学問分野 (discipline) からなり、その小分野の多くは時間の流れの中で互いに包含してしまうことさえない」 (皮肉にも、Kuhnのベストセラーとなった論稿は、そうした死にかかったシリーズ『統一科学百科辞典: The Encyclopedia of Unified Science』で公表された。)
- g. 「正当化の文脈は発見の文脈から分離しえない」
- h. 「科学は時代の中にあり、本質的に歴史的なものである」

原著の通りの項目リストの順序で列挙してあるが、これを援用させてもらうことにする。つまり、これらの項目にそれぞれ筆者なりに解説や注釈を加えて、先に掲げた目的の達成を図ることにしたい。

この項目リストの全体を、まず眺めわたして感ずるのは、やはり論理学を基盤に据えた論理実証主義や反証主義に対して、現実の科学史の研究から科学論の理論構成を行った Kuhn の立場は、実際に科学研究を進める (doing science) 者にとって、同感と賛同が得られるのではないかと思える。また、すでにみた Hesse の主張と、全体的には共通し、並行しているように見える点が多いようである。

かつて、論理実証主義では、論理を重視し、その観点から理論と説明の論理構造を取り扱い、観察言語と理論言語との関係を論理的に分析したりするが、科学の変化とか科学の発見などとあまりかかわらなかつたのと比較して、上記の項目は対照的であろう。

また、批判的合理主義では、別名、反証主義と呼ばれるように、科学と非科学とを分ける境界設定の基準を反証可能性の概念に求めて、そこから推測と反駁のプロセスとして科学研究を捉える立場に立ち、「歴史主義の貧困」(Popper, K., 1957)などで、科学の歴史性を否定し、まだ論理に固執する傾向がみられるのに対し、やはり対照的である。

先に触れた Hesse は、別の文献で次のように述べている箇所がある (Hesse, M., 1980)。

「近年、経験主義的科学哲学の分野で起こった革命は、いろいろな形に特徴づけられようが、なかでも大切な特徴は、論理モデルから歴史モデルへの転換というところにある。」(村上他訳、Hesse 前掲書、1986、P. 1) つまり、Carnap から Popper に至るまで、科学的説明は数学的論理学をその方法、道具として用いることを前提とし、その結果の厳密性も前提としたばかりでなく、科学の正当化まで論理的な営みと見なしてきたのに対し、Kuhn や Feuerabend らの歴史的傾向性を帯びた仕事は、これらの諸前提を切り崩している旨を述べている。だが、Hesse は、科学論がこうした新学科哲学にみられる科学史記述に完全に解消されていく傾向には、全面的には賛成ではなく、客観性の維持が必要であることを、先の科学のメタファ説を通じて一貫して主張している。

それでは、一項目づつ目を通していくことにする。

a. 「観察と理論は峻別されない」

これは観察と理論の関係の問題である。すでに少し触れたように、論理実証主義では、観察言語と理論言語とを峻別し、観察事実を逐一積み上げることによって、帰納推論的な論理などを基盤として、理論を構成しようとする。これに対して、新科学哲学における Kuhn のパラダイム論にも、もちろんみられるのは言うまでもないが、理論負荷性 (theory-ladenness) の概念に基本的に示されているように、観察と理論を峻別せず、観察はすでに理論を負荷しているという立場をとる。すなわち、観察、知覚、事実、データなどに対す

る理論の先行性を主張するのである。この立場は、新科学哲学においてきわめて重要であって、理論の影響を受けない純粋な観察などは存在しないことになり、観察とは理論の文脈に依存する意味的な把握であって、論理実証主義が主張するような感覚与件の単なる受容ではないことになる。また、Popper の反証主義に対しても、観察事実が理論を反証する際の中立的な基盤とはならず、まさに理論を倒すのは理論だけであるという、新科学哲学のテーゼを主張することになるからである。

Hanson の理論負荷性の考えは、いかなる理解行為も先行的な理解、つまり先入見によるという Gadamer などの解釈学などとも通じるところがあり、モデルとかメタファなどもこうした解釈学的先入見の一種と考えられ、そうした観点を含む議論もなされている (Ricoeur, 1975)。また、この理論負荷性や Kuhn のパラダイムなどが、メタファなどと対応すると考えられる知覚法「〜としてみる seeing as」との関係についての議論もなされている (Brown, H., 1977)。さらに、より基本的であろうが、Wittgenstein, L. にはじまるこの「〜としてみる」と Hanson の知覚の理論負荷性にかかわる詳細な議論も、わが国で展開されている (奥、1985)。

ここでは、こうした点に深入りせず、指摘するに留め、先に進むことにしたい。

b. 「科学は累積的ではない」

これは、科学がどのように進むかの問題である。すでにみたように、論理実証主義の立場では、観察事実を蓄積することによって帰納推論的に科学の理論が構築されるとするので、科学はその観察事実を漸次積み上げて、累積的・連続的に進歩することになる。しかし、観察そのものが理論に依存するというような理論負荷性やパラダイムのもとでは、そうはならないのである。Kuhn の科学革命論では、観察にあたっての理論構成法であり、理論的枠組である世界観をはじめ問と答えの方法、基準などを含むパラダイムが先行することになる。科学者集団に共有されるこのパラダイムは、はじめは一種の鋳型として機能する。その時期は、通常科学と呼ばれるが、科学者の活動が一種の「はめ絵」パズルとなぞらえるように、発見と問題解決が次々となされ、理論が構成される。だが、このパラダイムによって解決しえない変則例が見い出され、その変則例が蓄積されたりして行き詰まりが見えたりしてくると、その既存のパラダイムは、危機に陥ることになる。そこで革新的なパラダイムが求められることになり、その危機はその新たなパラダイムの選択による交代とともに克服されることとなる。これが、知覚におけるゲシュタルト変換と対応するような、科学革命としてのパラダイム転換 (paradigm shift) であって、科学者集団のう

ち新しいパラダイムへ移っていく者は、一種の改宗や転向によってであり、先行の旧パラダイムのもとでの先行者とは「異なった世界に住む」とされる。このようにKuhnによれば、科学は保守的な伝統的な側面と革新的な伝統からの離脱の側面とからなる、動的な知的営みであり、その結果科学は累積的・連続的に進歩するのではなく、全体として転換的・不連続的に進むことになる。もちろん、その通常科学、危機、革命、新通常科学…というサイクルにおいて、通常科学の時期だけは、累積的に進歩することを認めているといえる。

そして、ここでもう一つ重要なのは、旧パラダイムと革命後の新パラダイムで研究する科学者は、互いに「異なった世界に住む」という問題である。これは、KuhnとともにFeurbend, P. によっても主張された、いわゆる共約不可能性 (incommensurability) の概念とかかわる。それは競合する両パラダイムによる科学理論系同士は、基本的にパラダイムが異なることから、つまり、パラダイムを構成する理論的枠組である(i)世界観、(ii)問と答えの方法、(iii)科学の言語や概念、(iv)評価基準(価値観を含む)を当然共有せず、いわば互いに閉じており、そのため相互に翻訳や対話は不可能だとする考え方であるといっている。

筆者の構想になる科学のメタファ論は、理論負荷性やパラダイム論、またこの共役不可能性に対して、後に触れるが新たな視点を与えることになる。

c. 「現実に活動している科学は緊密な演繹的な構造をもたない」

これは、科学理論の構造についての問題である。すでに触れてもいるが、CarnapもPopperも科学は緊密な演繹的構造を持つことを主張しているといっている。だがPopperは合理性は方法の中に存在すると考えるのに対して、Carnapは知識には基礎があると。また、Popperはすべての知識には過誤がつきもので基礎が無いとする。Carnapは帰納を主張するのに対して、Popperは演繹以上の論理は無いことを支持する傾向がみられる(Hacking, I., 1983, P. 4-5)。これに対して、Kuhnでは、論理学よりも歴史性の重視のもとに、パラダイムという共通の枠組みで、自然を解釈していく社会的・文化的活動に基づき、動的な構造として科学理論を捉えることについてはすでに述べた。その際、とくに科学のメタファ論にとって重要なのは、理論的枠組み、科学の言語・概念などが、経験的基礎を有すると同時に、経験的基礎を越えた、直接に経験に帰することができない思想的・社会的・文化的構成が不可欠であるという視点であろう。

ここから次の項目、d. 「現実の科学の概念群はとくに精密であるわけではない」に示されるように、Kuhnにみられる現実の科学における概念群は、とくべつに精密であるわけ

ではないことが帰結される。

e. 「科学の方法論的統一は誤っている。すなわち、さまざまな種類の間には数多くの相互連絡のない道具立てが用いられる」

これは科学の方法論的統一が可能かどうかの問題である。Carnapの論理実証主義も、Popperの批判的合理主義も、ともに科学は論理的構造を有し、その科学言語・概念も精密であり、科学の統一を信じている。すべての科学は、物理学を模範としてそれと同じ方法論を用いるべきであるとする。そこで、自然を対象とする科学は、例えば生物学は化学に、化学は物理学にと還元されるように、唯一の科学に帰することができるという考え、つまり還元主義の立場がとられる。ただし、Popperは、心理学や社会科学は、直接に物理科学には還元しえないと考えるようになった。Carnapは、そのような疑いをもたず、統一科学の百科辞典シリーズを刊行したのは、以上に述べた科学像からであった(Hacking, I., 1983, P. 5)。

これに対して、Kuhnのパラダイム論にみられるように新科学哲学では、科学の方法はさまざまであり、Feurbendなどに至っては、「何でもよい」と言うような極論まで主張するのである(Feurbend, P., 1970)。

f. 「諸科学はそれら自体統一されない。諸科学は数多くの相互にゆるやかに重複しあう学問分野からなり、その小分野の多くは時間の流れの中で互いに包含してしまうことさえない」

これは、個別学問像、個別科学像についての問題であり、すでにみた前項eとの対応がある。Kuhnなどの新科学哲学では、科学の方法論的統一を否定し、物理学などへの還元主義をとらず、個別科学の独自の固有な分野を認めることになる。ただし、システム論や情報科学、環境科学をはじめ、本稿で対象としている教育学など、従来の縦割的個別科学に対して近年登場している、横断的・架橋的な学際科学・総合科学も、この項目は否定するのではなく、むしろ含みうることを示しているように思われる。

g. 「正当化の文脈は発見の文脈から分離しえない」

これは、発見と正当化についての問題である。論理実証主義では、論理的問題に関心をもつため、科学理論における発見と正当化とを区別し、発見と正当化の関係は、科学理論が定式化された後になって、はじめて明らかになるという立場をとる。これは、Popperの反証主義でも、ほぼ同じであり、発見とそのテストの間にははっきりとした線を引くことができるとする(Brown, H. I., 1977)。そして、このように論理学の立場からすれば、

正当化やテストは扱いうるが、発見は心理学的問題などと関連し、必ずしも適切に扱えないとする傾向がある。これに対して、Kuhnのパラダイム論では、正当化の文脈は発見の文脈から区別しえないことを強調する。すなわち、発見は心理的、社会的、文化的、経済的さらには技術的な諸要因から構成される文脈に依存するし、その正当化の基準もそうした文脈に依存するのだという立場に立つのである。とりわけKuhnは、「現代科学論の系譜」で心理主義 (psychologism) に位置づけられることがあるように、心理的要因を重視している側面が見受けられる (村上、1980)。それは『科学革命の構造』において、ゲシュタルト心理学、Piaget理論、Brunerの知覚理論を引用し言及していることから窺える。

かくして、新科学哲学では、発見と正当化、また観察と理論という論理実証主義や批判的合理主義における従来存在した区分を相対化すると同時に、理論に対し道具主義的な態度と結びつき、相対主義として位置づけられ攻撃されることがある。そこで現代の科学論では、合理性と相対主義をめぐる問題が論争点となり、新科学哲学の側が知識をパラダイムに対して相対的なものとして捉え、合理性に超歴史的な普遍性を認めないのに対して、批判的合理主義の側では、そのような立場を相対主義あるいは歴史主義として批判することになる (野家、ブラウン前掲書訳、P. 289)。

h. 「科学は時代の中にあり、本質的に歴史的なものである」

かくして、最後の項目であるが、これは科学と時間とのかかわりの問題である。科学は時代の中にあり、本質的に歴史的なものであるとする。これは、論理実証主義や批判的合理主義が、論理学による科学哲学を構築することをめざしたのに対して、科学史による科学哲学を構築することを図った、Kuhnらの新科学哲学における必然的な科学像であるといえることになる。なお、歴史とは、いわゆる文脈主義 (contextualism) の典型といってもよく、この点で文脈主義との関係を見い出せることになる。

以上、現代の科学論におけるKuhn理論の位置づけについて、その概略をみてきた。

さて、最後になるが、科学論や科学観と科学史との関係について、次のような文章を引用させてもらうことにする (佐々木、1989、P. 195)。

「現代の科学史家はクーン以降、思想的アプローチ・社会史のアプローチを統合した総合的観点から、科学を本質的に歴史的な知的営みととらえて、新たな科学観を提示する努力をしているといえるであろう。……中略……もちろん、科学史は、個別科学的にも研究される。すなわち、それは数学史、物理学史、化学史、生物学史、医学史などを構成要素として含む。このような研究方法においては、それぞれの個別科学の現代的状況に応じ

て、問題となる概念の起源や研究制度が、具体的・批判的に分析されることになる。可能な場合には、科学研究の転轍されるべき方向性が指し示されることになることは言うまでもない。」

この論者は、数学史やその関連での科学史から科学論を展開していることもあってか、個別科学として数学をはじめとする自然科学系のみをあげているが、筆者がかかわっていく心理学などの場合でも、上記の文章はそのまま当てはまるであろう。

さて、それでは、筆者の科学のメタファ論の構想に入ることにしよう。

3. 科学のメタファ論の構想

本節では、筆者の科学のメタファ論の構想について述べることにする。その前の準備作業として、パラダイム概念をめぐる検討をしておきたい。

(1) パラダイム概念をめぐる検討—Mastermanの分析

Kuhnの「科学革命の構造」(Kuhn, T. S., 1962) が出版されるや、多くの注目を集めると同時に、Popperらの批判的合理主義の立場の科学哲学者との激しい論争が展開されることになった。早くも1965年7月には英国で科学哲学国際コロキウムが開催された中で、『批判と知識の成長』についてのシンポジウムで、KuhnとPopperの対決がなされた。それは後年、そのシンポジウムと同名の書として出版された (Lakatos, I. and A. Musgrave, 1970)。両者の論争もさることながら、同書には、Kuhn支援の立場に立ちながらもパラダイム概念の問題点を鋭く指摘し、その後のKuhn理論を変更せしめた、Masterman女史の「パラダイムの本質」という重要な論文が掲載されている。

その論文における、コンピュータ科学の研究者でもある同女史の鋭い分析を、筆者のこれからの論理の展開にも大きく関連するので、その論旨を追えば次のようになろう。長くなるが、是非詳しく目を通しておく必要がある。

『現実にある科学は、基礎研究も応用研究も技術学研究も、通常、パラダイムに支配されたパズル解きの活動であって、原理原則を用いたり反証したりする哲学的な活動ではない。だからこそ、現役の科学者は、ポパーの代りにクーンを読むようになっているのだし、実際、科学分野では、「仮説」ではなく「パラダイム」が承認語となっているのである。しかし、クーンの「科学についての新しいイメージ」をまじめに受けとろうという人々にとって、二つの重要な困難が生ずる。その第一点は、経験的検証についてのクーンの考え

方、もしくはそういう考え方が無いことについて、同意することができない。例えば、クーンは検証の問題を論ずる際に、最終的な技術的応用の有意義性を認めなかった。その『科学革命の構造』で、クーンは技術が科学哲学の領域外であると考えているのである。第二点は、パラダイムについてのクーンの定義が、きわめて多様であることである。クーンは、1962年の著作「科学革命の構造」の中で少なくとも21の異なる意味で「パラダイム」という語を用いている。（ここで、その著作から、21のパラダイムの用例を示す。省略する。）そして、このパラダイムについてのクーンの21の意味内容は、三つの主要グループに分類されることになる。

A. 形而上学的パラダイム（あるいはメタ・パラダイム）……科学的な概念や実体ではなく、世界観や認識論的見地を含む形而上学的な用法からなる。一組の信念、神話、形而上学的思弁、基準、新しい見方、知覚自体を支配する組織化原理、地図、広い領域にわたる経験を規定するなどの機能を果たす。

B. 社会学的パラダイム……社会学的な意味内容をもつ用法である。広く一般に承認された科学的業績や具体的な科学的業績で政治諸制度に似たもの、一般に認められている判決に似たものとしての機能を果たす。

C. 人工物パラダイム（あるいは構成パラダイム）……より具体的な人工物や構成にかかわる用法である。教科書ないし古典的著作、道具を与えるもの、実際の用具操作、言語学的には文法の範例、説明の文脈でのアナロジー、心理学的にゲシュタルト図形、また一組のトランプカードなどである。

以上のように、クーンのパラダイム概念が有する多様な意味内容は、大きく三つのグループに分類されるのである。

① そのうち、まず、パラダイムというクーンの社会学的概念の独創性、すなわちパラダイムは理論が存在しない時に機能できる何かであるという主張は、とくに評価しうる。

哲学的に見た場合と異なり、社会学的に見ると、パラダイムは一組の科学上の習慣であり、その習慣に従うことにより、問題解決を行い先へ進んでいける。その習慣は、知的な習慣、言葉使い上の習慣、行動上の習慣、機械操作上の習慣、技術的な習慣などにわたる。クーンが、具体的な科学的業績という名のもとに与えたパラダイムについての最も明示的な定義は、こうしたいろいろな習慣というものである。そこで、パラダイムは理論に先行しうることになる。形而上学的パラダイム（あるいはメタ・パラダイム）は、理論よりも広く、理論に対してイデオロギー的に先行するもの、すなわち世界観全体だからである。

また、社会学的パラダイムも、具体的に観察可能な一組の習慣であるから、やはり理論とは別物で、理論に先行する。さらに、人工物パラダイム（もしくは構成パラダイム）は、一つの装置であり、実際のパズル解きを生じさせるものなら何でもよく、理論ではないからである。かくして、クーンの独創的ともいえる社会学的偏りのおかげで、クーンは科学の興隆と没落の両方に、つまり科学的説明を手に入れようと努力する人間の全過程にかかわることになり、その関心はきわめて包括的となる。これに対して、クーンに最も近い科学哲学者で、クーンの仕事をもっとよく研究したファイヤアベントでさえ、没落にだけ関心をもっているのである。

② 次に、クーンが通常科学の中心性を強調していることの哲学的帰結は何かということである。それは、哲学的に言えば、パラダイムはパズル解きの装置として使用できる人工物であり、形而上学的な世界観ではない。

というのは、パラダイムをすでに知られている具体的な科学的業績ないしすでに確立された一組の習慣として社会学的に定義する場合、そうした定義は循環論法にならざるを得ない。つまり、新しい科学において、科学者自身、自分がパラダイムに従っているのだということを事前に知らないでいて、自分のやっていることは科学的業績になっていくのだということにそもそもどうして気づくのであろうかという問題が生ずる。ここには、明らかに循環的な堂々めぐりがある。そして、これを避けるには、パラダイムの第一の意味は、哲学的でなければならず、新しい科学についての哲学を手に入れる問題は、社会学的パラダイム、すなわち一組の習慣それ自体を基礎づけている、研究を進める出発点にあるコツないしは方策を哲学的にどう叙述するかということになる。そこで、再度われわれがクーンのパラダイムは何であるのかと質問すれば、複数の定義を与えるというクーンの習慣が問題を引き起すが、パラダイムは何をするのかと質問すれば、通常科学の存在を常に前提としてパラダイムの形而上学的な意味ないしはメタ・パラダイムではなくて、構成的な意味でのパラダイムが基本的なものであることは、直ちに明らかとなる。なぜなら、人工物を用いてのみ、パズルを解くことができるからである。かくして、クーンは今や次のように問うことができることになる。つまり「どういうわけでパズル解きの構成物、すなわち第三の意味のパラダイムは形而上学的に使うのか。実際、どうして構成パラダイムは『ものの見方』になることができるのか。」という問である。

③ その問いの議論に入る前に、クーンに同意しえない別の問を見ておこう。それは、「クーンはさらにパラダイム以前になると何が存在すると考えるのか」の問であり、パラ

ダイム以前の科学についてのクーンの一般的見解は混乱している上に分析が不十分なように思われる。そしてその間をめぐる三つの関連した事態、それらが無パラダイム科学、複数パラダイム科学、二重パラダイム科学と呼ぶことにすれば、クーンはそれら相互の関連を区別しそこなっているのである。

a. 無パラダイム科学 (non-paradigm science) ……クーンは、パラダイムなしの一種の科学研究がありうるとして、それは深遠な研究ではなく、多数の競合的な学派があって、彼らの著述は何よりもまず互いの対抗相手の論破をめざし、基本的な事柄に関してひっきりなしに哲学的議論が行われ、そして進歩がないというように述べている。しかし、これは前科学的な状態であって、ポパーが(科学と非科学との境界設定で)分析の対象としたものである。

b. 複数パラダイム科学 (multiple-paradigm science) ……それに対して、対照的であるのは、科学としての心理学、社会諸科学、情報諸科学における現代の全般的な状況であるが、この複数パラダイム科学が認められることである。この複数パラダイム科学は、それぞれのパラダイムのテクニックによって規定された下位分野の範囲内では、技術がしばしば非常に進歩しえ、また通常の研究のパズル解きが前進しうる。けれども、そのテクニックによって規定されたものとしてのそれぞれの下位分野は、直観によって規定された分野よりも明らかにずっと瑣末で狭いので、またそのテクニックによって与えられるさまざまな操作的定義も互いにもあまりにも大きく食い違っているために、基本的な事柄をめぐる議論が依然として続き、局所的な進歩とは異なるものとしての長期的進歩は生じがたい。とはいえ、複数パラダイム科学は、クーン自身の基準に照すと — それぞれの下位分野を別々に分野として取り扱うというようにその基準を適用しなければならないという条件付きだが — 完全な科学なのである。

c. 二重パラダイム科学 (dual-paradigm science) ……科学革命直前の危機の期間中には、支配権を求めて争う二つの競合的な新・旧のパラダイムが常に存在する。

以上のように整理されるが、クーンは複数パラダイム科学と無パラダイム科学をすっかり区別しそこなっていて、そのためにまた複数パラダイム科学を二重パラダイム科学と全く関連させそこなっている。そのクーンの失敗の理由の一部は、科学の内部に、彼が技術に対して不十分な地位しか与えていない点にもあるのであって、技術は複数パラダイム科学の中には豊富に、時には多すぎるくらい存在するが、無パラダイム科学の中には、たとえあるとしても、全く取るに足らぬものしかない。

④ さて、先に据えおいておいた問に入ろう。つまり、パラダイムは類推的に用いられる具体的な「像 (Picture)」でなければならない。なぜならパラダイムは「ものの見方」でなければならないという理由からである。

クーンは、一つの科学的パラダイムから別のパラダイムへの転換を、一枚の曖昧なゲシュタルト図形を「見直す」操作に繰り返しなぞらえている。これらのそれぞれが、ある「ものの見方」であるように特別に構成された、完全に特定できる人工物であるという点に注意すべきである。実際、キャンベルからヘッセに至る多くの他の科学哲学者がそうだったのと同じように、クーンが求めているのは類推 (アナロジー) の際に用いられる実際の人工物なのである。しかし、クーンの人工物は、もしもそれが何か他のものBの新しい「見方」を与えるために明白でない形で適用されるべきものとすれば、それ自体があるものAの「絵」であるような、きわめて体系的なパズル解きのゲシュタルトでなければならない。パラダイムはそれゆえ、他の類推と同じように、用心深く発展させうるのでなければならない。また、モデルないしは数学的体系と対比して、類推が人工物でありうる現実的な意味があるだろうか。結論でこの点について論ずるが、その前に問題となるのは、クーンのパラダイムは、どのようにして科学的な仮説—演繹的理論から区別されるのかという点である。仮説—演繹的見方によれば、科学において使用される数学は、具体的でより低次なものから抽象的でより高次なものへと浸透していく。したがって、仮説—演繹体系全体を形成しているのは、すぐれた「ものの見方」であるといえるような人工物なのである。ところが、クーンのパラダイムの「ものの見方」はこれと全く異なるのである。そのパラダイムでは、あるものAは具体的な「図柄」であって、それが他の具体的なあるものBを叙述するために類推的 (アナロジー的) に使われるのである。つまり、先に述べたように、個々の新しい科学を出発させるコツは、「研究の運搬者」となる既知の構成物、人工物であり、同時にまた、それは、首尾よくいけば、新しい素材にはっきりしない仕方で適用するのに慣れることによってパラダイムになるのである。だから、クーンのいう「ものの見方」は、一種類ではなく二種類の具体性を持っている。すなわち、Aの「図柄」であるということを通じて得た具体性、そしてBに対して適用されるようになることを通じて今や獲得された第二の具体性とである。この第二番目の種類の具体性は、仮説—演繹的科學が説明しようと試みている種類の具体性である。しかし、第一のものは、仮説—演繹的見方によっては、全く説明されていないのである。

こうした構成要素AとBとの区別についての最も印象的な実例は、遺伝コードによって

与えられる。この例では、最初の具体性Aは言語の「図柄」によって与えられており、今度はそれが「文字」や「単語」ばかりでなく、「文」や「句読点」をも含むように拡張されたのである。これに対して、操作的手続きによる、Bの操作的な再解釈は、生化学的である。

かくして、理想化された科学理論においてさえ、構成要素Aと構成要素Bという、二つの操作的な構成要素があるということ、また、仮説—演繹の見方が第二のものを考慮に入れるだけなのに対して、クーンのパラダイム的な見方は第一のものを強調するということを確認し終えた。

そこで、現在の科学哲学の分野で、クーンのパラダイムの哲学的性質を見出す上で真先にしなければならない仕事は、今や展開された理論の構成要素A、つまりパラダイムを、Bというやはり解釈のできる数学的外被から、こじあけて取り出すという仕事になったといえる。

⑤ 最後に結論として、パラダイムの論理的諸特徴の予備的考察を述べる。

もしもパラダイムが具体性ないしは「生々しさ」という特性を持っていないとすれば、パラダイムはモデルであるか、図柄 (pictutre) であるか、自然言語における類推を惹き起す一つながりの単語の使用例であるか、あるいはこれらのものの組み合わせであるかのいずれかである。いずれしても、パラダイムは、「生の類推 (crude analogy)」を惹き起すわけで、この生の類推を、次のような論理的諸特徴を持った類推として定義する。

(a) 生の類推は、拡張可能性に限界がある。

(b) それは他のいかなる生の類推とも比較することができない。

(c) それは「複製 (replication)」という推論手続きによってのみ拡張可能であり、この「複製」という手続きは、「厳密でないマッチング」というコンピュータ・プログラミングによって検査することができるが、推論検討の方法によっては不可能である。

このようなパラダイムについて哲学的でしかも厳密なことを語るという問題は、絵具や言語で構成された人工物の操作の本質と方法について、一般的かつ厳密なことを語ることになるわけで、この論文の範囲内では扱えない。この問題は、ブラックが原型の本質を発見しようとするときの、あるいはまた言語において用いられるメタファ (隠喩) についての「相互作用的な見方」をどのようにして定式化しようかとすると同じ問題であるだけになおさらである。ブラックのいうメタファ的な「相互作用」によって生み出される新

しい「ものの見方」は、クーンのいうゲシュタルト転換によって生じた「ものの見方」の選びとった形態といえる。

さて、まず(b)生の類推は他の生の類推とは比較することができない、というテーゼであるが、これはクーンが諸パラダイム同士は互いに直接的に比較することができないとする「共約不可能性」の問題とかかわる。われわれが、生の類推を惹き起す具体的なパラダイムを心に描くだけであれば、その場合には、それが本当に生である限り、明らかに、それは何か生の類推と直接的に比較することはできないであろう。例えば、「人間、動物の模範」を「人間、あのオオカミ」とどのようにして比較できるだろうか。意見の一致をみているこの比較不可能性が、生々しさというものに依存していることにも注意する必要がある。むしろ、数学的類推は、逆に比較可能であり、共約可能にさせる側面がみられるのである。

この生々しさという特性は、(a)生の類推は、拡張可能性に限界があるというテーゼのもとに、パラダイムには拡張可能性の点で限界があるという主旨のかなりの簡素化をクーンの言っていることについてなさしめてくれる。というのは、パラダイムによって惹き起された生の類推が自然言語の中で話者が思い描いたものに単に似ているのみならず、その描いたものである限りは、それはあまり遠くまでは展開できないということはよく知られたことなのである。すべての詩人はこのことを知っている。一方、これとは対比的に、数学的拡張可能性は付け加えることによって限りなくどんどん進むことができると考えられている。

パラダイムは拡張不可能なものでなければならないとクーン自身述べているが、パラダイムの限界と拡張可能性についてのクーンの説明は素描的でもあり不完全でもある。革命期の危機を一段と深める変則性が、パラダイム内に発生したりするのは、それはパラダイムそれ自体が余りにも遠くに押し出されたために生み出されるものであるという捉え方がなされる。クーン以前の科学哲学者は、誰一人としてこの悪化のことを叙述しなかった。他方、パラダイムの拡張可能性については、おそらくパラダイムは、自分自身に対して、ヴィトゲンシュタインの「重なり合い十文字に交差している家族的類似性の網の目」を開発することによって、新しい展開と諸部分をつけ加えるのであり、この場合、それぞれの類似性は若干の特性に関して、また若干の諸部分の間で、成立しているにすぎないのである、とクーンは述べたりしている。

かくして、われわれは、この問題の核心、つまり「どのようにして生のパラダイムはそ

れ自体を拡張するのか」または「複製ということではクーンは何を言おうとしているのか」の問いに辿りつくのである。第二の質問は第一の質問に帰結するので、第一の質問をとり上げる。それは(c)の生の類推は「複製」という推論手続きによってのみ拡張可能であり、この「複製」という手続きは、「厳密でないマッチング」というコンピュータ・プログラミングのテクニックを使うことによって検査することができるが、推論検討の通常の方法によっては不可能である、のテーゼにかかわる。(このあとの議論については省略する。)

複製づくりが推論の一形態であるということは、まだ確かとはいえない。事実、単純な推論と比較して、複製づくりをコントロールすることは論理的にすさまじいことなのである。とはいえ、人間の脳はその無意識的な認知過程でいとも容易にやっていると思えることなのである。機械と同じように、クーンの生のパラダイムのような実体は取り扱いが難しいと判明したわけだが、もしクーンの思想についていかなかったら、すなわちそのパラダイムというアイデア全体をわれわれがふりすてるならば、何が起きるかについて気づくことは有意義なことである。そして、最後に前進するのであれば、たまたもこれまでの分析が正しいとすれば、われわれは、クーンがパラダイムについて真理として示したことに照してアナロジーについてどんなことが真理としていえるかを再検討しなければならない』

(前掲論文、中山訳、1985、P. 87-129 を主として用い、一部名前をはじめ筆者が原著論文と参照し、訂正などを加えている箇所がある)

少し丹念に科学哲学者 Masterman の論の筋を、筆者なりに追ってみたが、Kuhn の「科学革命の構造」(1962)に、まさに密着して、しかもきわめて詳細にシステマティックに、パラダイム概念をはじめそれをめぐる諸問題を分析し、そこから適格な批判や提案を行っており、鋭い卓越した論文であることが窺える。かなり長いものになったこともあり、その主張を振り返り整理すれば、大きく言って四点ほどあったといえよう。

その第一点は、クーンのパラダイム概念は多様であって、数多くの用例がみられるが、それらは世界観などにかかわる形而上学(あるいはメタ)パラダイムの次元、また科学的業績として示される社会学パラダイムの次元、さらに具体的な人工物や構成にかかわる人工物(あるいは構成)パラダイムの次元という、いわば相互に補完的な三次元構造を有していると主張していると解釈される。この論文のこの箇所からパラダイム概念の三次元構造を読み取るのは、筆者ばかりでなく他の研究者にもみられる(伊藤、1988、P. 174)。そして、Masterman は、そうした Kuhn のパラダイム概念に含まれる、社会学的概念の独創性を高く賞賛することになるが、それはそうすることによって、クーンの科学論が新しい科

学の出発点からその没落までの全過程を射程に入れることができることになり、これは他の科学論にはみられない点であり、際立った長所だとする。つまり、Kuhn は、科学研究の過程として、通常科学と科学革命の二つの位相を取り出すのであるが、とりわけ通常科学を中心に据えて、パラダイムによるパズル解き活動を基盤として強調する。そうした場合、科学的業績や習慣というパラダイムの社会学的定義だけでは循環論法に落ち入ってしまうので十分ではなく、哲学的観点から問題としなければならない。そうすると結局、通常科学の存在を前提とする限り、具体的な人工物を用いてはじめてパズル解きができることを考えれば、人工物(ないし構成)パラダイムが、形而上学的(ないしメタ)パラダイムより基本的であることが判明する。もちろん、この場合、前者の人工物(構成)パラダイムが、後者の形而上学的(メタ)パラダイムとかわかって、いかにして認知的特性である「ものの見方」となるかの問が残る。(筆者は、すでに示唆しているように、パラダイムの相互補完的な三次元構造を想定することによって、ここでの問は直ちに解消すると考えるが、このことについては後に触れたい。)

その第二点は、「ものの見方」としてのパラダイムは、アナロジー的に用いられる具体的な「像」、「絵」、「図柄」であるとする議論である。その場合、パラダイムを構成するのは、構成要素 A と構成要素 B という二つの操作的な構成要素であり、Campbell から、Hesse にみられるのと同じように、それ自体が A の「絵」であるような、きわめて体系的なゲシュタルト B、つまり既知の人工物、構成物なのである。すると、これはブラックが原型の本質を発見しようとする、あるいは言語において用いられるメタファについての「相互作用説」で試みている問題と同じものなのである。したがって、パラダイムによる「ものの見方」は、一種類でなく二種類の具体性をもつことになる。A の「図柄」であるということによって得た第一の具体性と、それが B に対して今度は適用されるようになって得られた第二の具体性とである。従来の科学の理想的方法とされた数学を用いた仮説-演繹的方法による説明の試みは、この第二の種類の具体性であるのに対して、Kuhn のパラダイムの見方は第一のものを強調する。しかも、Kuhn のパラダイム転換によって生ずる「ものの見方」の変化は、ブラックのいうメタファ的な「相互作用」によって生み出された新たな「ものの見方」の選択ということができると考えられる。こうしたパラダイムの構成要素 A と B の区別の典型とも言うべき例は、分子遺伝学における遺伝コードにみられ、具体性 A は情報言語の「図柄」であり、それが単語や文字にまで拡張されたのに対して、B の操作的再解釈は生化学的なものとなるという構成をなしている。そこで、Kuhn のなす

べき仕事は、Bという数学的外被から、構成要素Aにかかわるパラダイムを取り出すことである。

そして、パラダイムの論理的諸特徴について、予備的考察をすれば、次のようになる。

パラダイムが、具体性とか「生々しさ」という特質を有するのであれば、パラダイムは図柄や像であるか、モデルであるか、自然言語での類推を生ずる一連の単語の使用であるか、これらのものの組み合わせであるかである。このいずれにしても、パラダイムは生き生きとしたアナロジーを惹き起すもので、この生の類推は次に挙げる論理的諸特徴を有するものとして定義しうる。

- (a) 生の類推は、拡張可能性に限界がある。
- (b) それは他のいかなる生の類推とも比較することができない。
- (c) それは「複製」という推論手続きによってのみ拡張可能であり、この「複製」という手続きは、「厳密でないマッチング」というコンピュータ・プログラミングによって検査することができるが、推論検討の方法によっては不可能である。

この三つのテーゼのうち、(a)はパラダイムの拡張性にかかわり、あまり拡張されすぎるとパラダイムの崩壊に結びつくが、逆に発展や興隆には拡張も必要である。Kuhnは、拡張性についてはWittgensteinの「普遍に関する家族的類似性に関する説」にみられる、家族的類似性の網の目を、パラダイムがそれ自体の中で発展させるという考えを示唆している。しかし、Mastermanは、Kuhnの生の類推をめぐるパラダイムの限界と拡張に関する説明は、素描的な不完全であるという。そして、結局、この問題は(c)に帰着するのだとする。しかし、コンピュータ・サイエンスや人工知能のプログラミング技術にかかわらせる(c)の議論は、筆者には不透明にみえる。Masterman自身、複製づくりを論理的にコントロールすることはすさまじいことであるが、人間の脳は認知過程で容易にやっていることなのだと述べている。(b)のテーゼは、「共約不可能性」の問題とかかわる。

(以上の第二点の諸議論は、すでに前節でみた Hesseの主張ともつながり、筆者の「科学のメタファ論」を勇気づけるものであると同時に、その基盤にもなっていくものと考えられる。この点については、後に触れることにしたい。)

Mastermanによる、パラダイムをめぐる第三点目の議論は、Kuhnが混乱し十分に分析しそこなっている問題として、無パラダイム科学、複数パラダイム科学、二重パラダイム科学をそれぞれ提案し、整理を試みていることである。無パラダイム科学は、前パラダイムの時期であって、諸学派が競合しあう前科学的な状態であるとする。二重パラダイム科学

は、科学革命直前の危機の時期には、支配権を求めて争う二つの競合的パラダイムが存在する状態であるとする。とりわけ、複数パラダイム科学は、個別科学の心理学、また社会諸科学、情報諸科学にみられる現代の全般的状況であるとして、複数のパラダイムから形成されたそれぞれのパラダイムの下位分野の範囲内では、そのパラダイムのテクニクによって技術が進歩したり、通常科学的パズル解き研究が進んだりしていることが、指摘されている。つまり、Mastermanは、本論文でも対象とする心理学などの分野においては、ある大きなパラダイムのもとには、その中にいくつかのサブ・パラダイム(sub-paradigm)があって、そうした複数のサブ・パラダイムによって、大きなパラダイムが形成されるという構造があることを主張しているのである。

そして、こうしたサブ・パラダイム間の基本的な事柄をめぐる議論などから、長期的な進歩を生じ難くするというような洞察には、鋭いものがある。

ここでのとりわけ、二重パラダイム科学とか複数パラダイム科学という事態は、後に触れるように、筆者の心理学をめぐる変遷構造の中にも、みられるのである。

最後の第四点は、Kuhnのパラダイム概念には、技術の側面への配慮が不十分であるとする議論である。とくに、Mastermanは、コンピュータ科学者であると同時に、科学哲学者でもあるからであろうか、Kuhnのパラダイム概念では、経験的検証の問題の取り扱いが手薄であるのに加え、検証の問題を論ずる際に、技術的な応用的側面における有意義性を認めていないことを指摘している。

筆者もすでに、前章のI章でも触れたように、近年の科学と技術は、まさに科学・技術として一体化してきており、その観点からみても Mastermanの指摘は妥当であり、Kuhnのパラダイム概念のこうした面への修正や拡張が望まれる。

さて、以上、Kuhnのパラダイム概念をめぐる Masterman女史による、鋭い分析に基づく本質的な問題点の指摘と批判、提案を、論旨を追って、また筆者なりに整理をして、かなり詳しくみてきた。これに対して、Kuhnはどのように対応したか、次に簡単にみて、先に進むことにしたい。

(2) Kuhnの対応

さて、それではKuhnは、その後こうした批判に対してどのように対応したのであろうか。

実は、Masterman女史の論文は、すでにみてきた『批判と成長』(1970年初版)よりも先立って、哲学雑誌にも掲載されている(Masterman, M., 1964)。

そうしたこともあってか、Kuhnの応答は、『科学革命の構造』の日本語訳（中山茂訳、1971）にも、「補章 — 1969年」として掲載されているし、またこれと一部内容的に重複する点も見受けられるが、別の箇所でも論じられている（Kuhn, 1977）。その日本語訳も「パラダイム再論」として、なされている（伊藤、1985）。

両論文は、少し時期を離れて執筆されているが、もちろん両方を併用して、Kuhnの回答を見ていくことにしたい。

先取りしていえば、Kuhnは、Masterman女史の批判に対して、かなり大きく反応し自説の修正を試みている。それは、パラダイム概念そのものをめぐる修正であるが、必ずしも適切な方向ではないとする意見が、科学哲学者にも多くみられる。筆者も同意見であり、Masterman女史の本質的な指摘に対応していないと考える。それは後に議論するとして、とにかくKuhnの答案にあたってみよう。

Kuhnは、まず、パラダイムの用語を保留することにする。そして、これに代って専門母体(disciplinary matrix)という言葉を用いることを提案する。ここで専門(disciplinary)というのは、特定の専門領域の研究者が共通してもっているからである。そして、母体(matrix)とは、それぞれさらに細かく指定する必要のあるいろいろな種類の秩序ある要素からなる。（おそらく、ここでKuhnの頭の中にあるのは、マトリックスという数学で用いられる行と列からイメージされるものに近いものであろう。それは、後で議論する。）そこで、専門母体は、全体を形成しそれを形成するすべての構成要素が、一緒になって機能する。そしてそうした構成要素は、初版の『科学革命の構造で、パラダイム、パラダイム的、パラダイムの部分として論じたすべてであるという。（したがって、Masterman女史が分析し検索した21の使い方すべてがここに入ることになる。しかしKuhnはなぜか22としている。）そのため、もはや一つ一つ断片として論じられないが、あえて主要な構成要素をあげれば、次の四つになるという。すなわち、「記号的一般化」、「モデル」、「価値基準」、それに重要な「見本例(exemplars)」である。

「記号的一般化」は、専門母体のうち、形式的な記号を用いた定式化にかかわる構成要素である。ニュートンの運動の法則では、「作用は反作用に等しい」など言葉で表現されるものもあるが、 $f = ma$ など記号的形式が用いられ、数学的操作という利点を持つに至っている。こうした記号的一般化は、科学の力を増すとみなされる。

専門母体の第二の主要構成要素は、「モデル」である。これは、かつて形而上的パラダイムやパラダイムの形而上的部分（世界観）などとしたものであるが、今度は特定のモデ

ルに対する確信とする立場をとる。モデルは、科学者集団に、そこで好まれるアナロジーを提供するものであり、難しくいえば存在論を提供する。モデルは、一方では認知的・発見法的なもので、例えば電気回路を定常的流体力学系のひとつとみなしたり、気体を自由に運動する微小なビリヤード・ボールの集りとみなすことなどで、類推とメタファを提供するのに貢献する。こうすることによってモデルは、何を説明し、またパズルの解答にするのかを決定するのに役立つ。また逆に、モデルは未解決なパズルの表を作り、おのおのの重要度の評価をする手助けをする。他方では、モデルは形而上学的な態度決定を迫るものである。すべての第二性質は、第一性質をもった粒子の物理的相互作用の結果である、というような存在論的なものにそれはみられる。

専門母体の第三番目の構成要素は、価値基準である。（Kuhnは、「パラダイム再論」では、この価値の問題を取りあげておらず、すでにみた記号一般化とモデルの他に、次の見本例の三種類のみをあげている。）それは、定量的予測は定性的予測より望ましいとか、理論というものとは単純性、首尾一貫性、説得性があることが望ましいなどとする価値基準である。要するに、価値は科学者集団に広く共有されており、価値の採用は科学に深く根ざし不可欠の部分となっている。こうした価値は、危機における変則性への反応とか、新しい説の提出、理論選択などにあたって、とくに重要な役割を果たすが、そうした価値の当てはめに際しては、各メンバーにより異なる個人的特質や人となりによって、影響されることがしばしばであることが、むしろ科学を終焉させず発展させることにつながる。

最後に、専門母体の第四番目の構成要素であり、最も重要な「見本例(exemplars)」に移ろう。これが、パラダイムという言葉で述べたかったことであるとKuhnは言う。科学的業績としての文献や教科書やその章末の問題また実験などが、具体的な見本例である。そして、科学を学ぶ学生などが、こうした見本例によって、問題解決法や仕事の仕方をも身につけ、それがさらに類似した問題を扱う見方を体得することにもつながる。例えば、

運動の法則における $f = ma$ は、自由落下の場合は $mg = m \frac{d^2 s}{dt^2}$ になり、単振り子では $mg \sin \theta = m \frac{d^2 \theta}{dt^2}$ になり、複合調和振動子の場合には二つの方程式となるというよ

うに、いろいろな分野の物理的状況下で、 $f = ma$ の適切な変形による力、質量、加速度を関係づけることを学び、他の専門家グループと同じゲシュタルトで見ることになる。かくして、彼は長期にわたってテスト済のそのグループの公認の「ものの見方」を身につけ科学研究に熟達していくとする。とくに「パラダイム再論」では、Kuhnはこうした見本例

の習得を、子どもが水鳥の分類を学習するプロセスと並行して詳述している。

以上が、パラダイム概念をめぐる批判へのKuhnの自説修正である。このあとで、Kuhnは形而上学的・世界観的共約不可能性とは異なる意味での、科学の不連続的発展の説明を試みることを始めるのである。

このようにみえてくると、Kuhnはあまりに直接的にかつ平板に、Masterman女史の批判と主張に反応してしまっていることが読みとれる。というのは、パラダイム概念の分析的索引を作って、パラダイムに多くの使い方があることを指摘されるや、パラダイムの用語そのものを即座にとりさげ留保してしまう。

そして、次には同女史が、その分析的索引に基づいて、三種類のパラダイムとして形而上学的（メタ）、社会学的、人工物的（構成的）パラダイムをあげ、そのうち人工物パラダイムと社会学的パラダイムの考えを強調するや、すぐにこれにも反応し、形而上学的（メタ）パラダイムを後景におしやってしまうとともに、それら両パラダイムに焦点をしばり、もともと世界観まで含めていた壮大ともいえるパラダイムの考えに、自ら限定をかけてしまっている。それも、きわめて平板にであると、とくに筆者は指摘したい。なぜなら、もともと Masterman女史のパラダイム概念には、分析索引後の再構成にみられるように、形而上学的（メタ）、社会学的、人工物（構成的）パラダイムという名称そのものにも明らかに示されていると思うが、いわばパラダイムは三次元的な立体的ともいえる構造を形成することが、すでに示唆してきたが、想定されているのである。このことは、さらに、同女史が「複数パラダイム」の存在について言及するとき、広い上位分野から狭い複数の下位分野へという議論をしていることから読みとれ裏付けられるのである。

これに対して、Kuhnは、パラダイムの言葉のかわりに、すでにみたように、専門母体（disciplinary matrix）なる言葉を用いることを提案する。ここで筆者が、とりわけ注目するのは、このmatrixなる言葉である。この言葉は、辞書などによれば、子宮とか母胎が本来の意味のようであるが、周知のように数学におけるあの行と列からなるマトリックスの意味がある。そして、これは二つの集合における積集合であって、行と列にわたる各集合の諸要素の組合せである新たな諸構成要素を組織的・系統的に一覧表に示すことができる。しかし、残念ながら、二次元的であり平面的であって、しかも構成された新要素間の相互関係などは含みえない。つまり、三次元的で相互に補完しあい、上位、下位などのレベルを有する構造には、及び得ないのである。

まさしく、Kuhnの専門母体の概念設定には、このマトリックスのイメージが下敷きにさ

れているとあってよい。

そこで、もう一度振り返ってみると、広義のパラダイム概念に相当する専門母体は、特定の専門領域の科学者集団が共有するもので、ある全体を形成し、それぞれさらに細かく指定する必要があるいろいろな種類の秩序ある諸要素からなるとされる。そして、Kuhnは、そのうち主要な構成要素として、「記号一般化」、「モデル」などの Mastermanでは人工物パラダイムに相当するものをあげるとともに、「価値基準」を入れたり入れなかったりするが、さらに「見本例」という Mastermanでは社会学的パラダイムと人工物パラダイムにわたる狭義のパラダイムに相当する概念を設定し、この構成要素をとくに強調するという修正案を提出しているのである。

そして、こうした構成要素が一緒になって全体として機能するというが、それらの構成要素間の関係は、構造化されておらず、ランダムであるようにさえ見える。ただし、Kuhnの弁護の側に立つとすれば、Mastermanの人工物パラダイムと社会学的パラダイムの考えを中心とするようになっただけに、少し具体的になった側面があることは認められるかもしれない。

以上、眺めてきたKuhnの修正提案に対しては、歓迎する科学哲学者は少ないようである。『科学革命の構造』の翻訳者（中山、1971）は、その「訳者あとがき」で次のように述べている。

「（中略）パラダイムには、多義性があり、さまざまに解釈される余地があることは確かだ、それについては著者も心から反省して、補章では主としてその弁明にあたり、disciplinary-matrixなる新造語で変えているが、はたしてこの新造語が定着するかどうかは疑問である。確かにクーンの所説は、フォーマルに整備された科学方法論からみれば、言葉や論理の厳密な使い方の上で穴だらけであろう。ただ現実の学問研究も決して言葉や論理の厳密な構築の上に発展するものではなく、もっとあいまいな「パラダイム」らしきものの上に発展することは、研究経験のある人にはよくわかっているはずである。論敵の攻撃を恐れるあまり、新しい考えを盛りこんだこの言葉を既成の言葉に還元してしまうと、彼のオリジナルな意図がそこなわれはしないかというおそれもある。」（中山、1981、P. 271-272）。

さらに、ここで用いた「パラダイム再論」の方はどうであろうか。やはり翻訳者（伊藤、1985）は、「訳者解説」で次のように述べている。

「（中略）では、見本例をパラダイムの典型に据えることによって、パラダイム論に、

わけても共約不可能性の問題に、何か新しい展望がひらけるだろうか。残念ながらクーンの論文はこれについてはほとんど何も述べていない。いずれにせよ、パラダイムという概念は、通常科学のパズル解きとしての性格を説明するだけの社会学的概念であって、哲学的な吟味にはとうてい耐ええないものなのか、それともそれを受けとめる哲学者の側の概念装置がその内実を汲み尽くすまでに到っていないのか、この問題にはまだ決着がついていない。」(伊藤、1985、P. 82)

いずれにしても、両者ともKuhnの修正案では、問題は解決しないし展望もひらけないとして批判的な見解をとっていることが、確認できたといつてよいであろう。

こうしたこともあってか、Kuhn自身、その後もパラダイムという用語を全く用いなくなったわけではない(Kuhn, 1983, P. 413)。

さて、以上で必要な点検と検討も一通り済ませて準備もできたので、いよいよ筆者の構想とその展開に入ることにしよう。

(3) 科学のメタファ論の構築

まず、「科学のメタファ論」の構想にあたって、筆者は、Masterman女史にみられるような三次元的・立体的なパラダイム構造を想定することにしたい。そうすることによって、「科学のメタファ論」は、世界観などを含み込んだ壮大な展望をひらくとともに、共約不可能性の問題にも新しい視点を提供するとになり、その結果、われわれが望むような「見取り図」を提供してくれることにもなろう。

それには、次に示す提案が、まず、格好なものとなる。

(i) パラダイムの三次元構造とそのダイナミズム

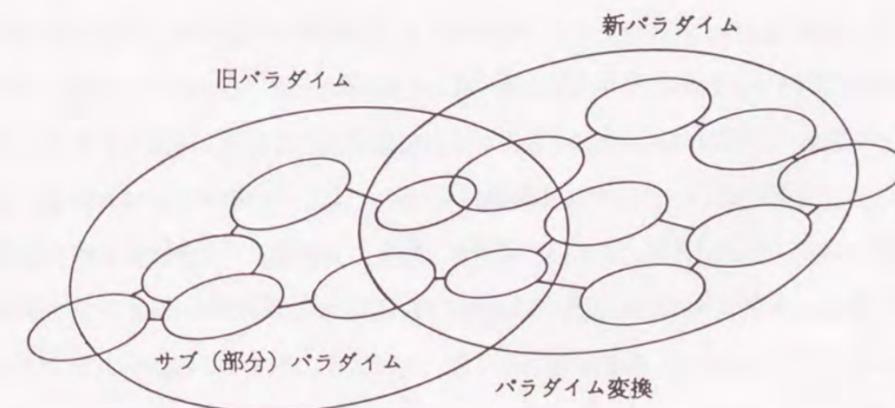
わが国の科学哲学者、村上は、次のように述べているが、それを引用させてもらうことにする(村上、1985、P. 15-17)。

「もともとクーンの「範型」という概念は、それなりに有効な概念には違いないが、またかなり大きな欠点を備えてもいた。クーンは、ある場合には「範型」をはっきりと明文化された理論体系を指すために使い、またある場合には、かなり漠然とした価値観や世界観のごときものにも適用する意志をもつかのような口振りで語りつつ、しかも、そうした「濫用」を戒めようとする。

そのような混乱は、必ずしも理解できないものではないが、しかしともすれば矛盾をはらみがちになることは免れない。クーン個人が矛盾をはらむことはともかくとして「範型」

概念でははっきりとは整理できない種類の様相がいくつか明らかになってきた。とりわけクーンの「範型」では、科学においては、つねに王者の座に着くものがただ一つあると主張される。そのような「範型」の王座交代こそ普通名詞としての「科学革命」に当たるわけであるが、実際には、事態はそう簡単には済まない。たとえば、ある「範型」が王座に着いているとしたとき、その「範型」の傘の下には、多くの「下位範型」(サブ・パラダイム)が入れ籠型に、あるいは相互に重なり合いながら存在していて、そうした「下位範型」どうしの関係自体や、あるいはその関係の変化が、全体を被う「範型」の変化や交代にも関わりをもつかに思われるという点が指摘できる。もしそうであれば、そこに存在するメカニズムと構造変化との分析が、どうしても必要な作業となるのである。爾来、私の関心の一つは、この方位に向っているといえる。」(文中、「範型」はパラダイムの訳語として用いられている。)

ここでの提案には、Kuhnのパラダイムの概念が有する問題点を、Masterman女史が提起している本質的な方向に発展させて、その概念の有効性を発揮することをめざす、積極的な考えが示されているように思われる。そこで、その文中における後半の提案骨子と、先のMasterman女史にみられる、パラダイム変換期に現われるとする二重パラダイム科学(科学革命直前の危機の期間中には、支配権を求めて争う、新・旧二つの競合的なパラダイムが常に存在する)および通常科学期にみられるという複数パラダイム科学(複数の下位パラダイムを構成する)を考慮して、その模式図を一般的に描いてみれば、図表II-1、のように示せるであろう。(図表II-1、参照)



図表II-1 パラダイムとサブ(部分)パラダイムおよびパラダイム変換との関係を示す模式図

さて、この模式図を眺めることによって、パラダイムが、よりしっかりと三次元的・立体的な構造のもとに把握されると同時に、その複雑で力動的ともいえるダイナミズムを、追跡し分析する基盤が構成されたことが、確認されるのではないかと考える。

言及するまでもないであろうが、村上也先の引用した文の後で、年来の関心は科学の縦断的（歴史的）＝横断的（構造論的）分析にあることを述べている。つまり、その模式図を横断面で判断してみたとき、われわれは、ある王座にある支配的なパラダイムのもとに、その下位レベルを構成するいくつかのより小さいサブ・パラダイムがあり、さらに下位のレベルでそれが繰り返されていくという、いわば階層的な垂直的な軸や次元を見ることができる。もちろん、そこでは形而上学的（メタ的）、社会的、人工物的（構成的）パラダイムの次元も一定のかかわりをもつであろう。そして、また同時に、水平的な軸や次元に注目して、支配的なパラダイムの下位のサブ・パラダイム同士がどのように影響しあっているかなどの相互の関係をみることもできよう。これが、横断的な構造論的な分析と呼ぶるものである。これに対して、もう一つの時間経過の軸や次元に沿って、縦断的・歴史的にそのダイナミズムを追跡し分析して研究することもできることになるのである。

(ii) 根本メタファとパラダイム論

それでは、次に根本メタファ（root metaphor）の考えを導入して、新たにパラダイム論の発展を図ることにしたい。それは、形而上学における構想雄大ともいえる世界観にかかわる理論であって、幸いにも、その提唱者によって、Kuhnのパラダイム論との関係も論じられ、パラダイム論をその一部として含み得ることが示唆されている。そこに、筆者の提案する「科学のメタファ論」が確立し、その展開がなされることになるろう。

この「root metaphor（本論文では、根本メタファと訳すことにする）」という方法は、1940年代という早い時期に、『世界仮説（World Hypothesis）』（Pepper, S. C., 1942）という独創的で影響力のある哲学の著作において論じられているものである。

近年のRicoeur, P. による『生きた隠喩』の著作でも、この根本メタファは言及されている（Ricoeur, P., 1975）。それは、モデルと隠喩（メタファ）の類縁性をめぐる議論の中で、Black, M. の「モデルと原型」の考えを中心に、すでにみたHesse, M. の「科学におけるモデルとアナロジー」を織り混ぜながら、次のように述べている。

「マックス・ブラックは、……（略）……ある種の隠喩に特有の二つの面を指摘する。すなわち、そのような隠喩の〈根本〉性と〈体系〉性であり、しかもこの二面を連繋している。スティーヴン・C・ペッパーの用語を借りれば、〈根本隠喩〉（root metaphor）は

また、いくつもの隠喩を網状に編成するものでもある（たとえば、クルトレヴィンにおいては、場、ベクトル、位相空間、緊張、力、境界、流動性などの語を連絡させる網目である）。」（前掲書、久米訳、1984、P. 319）

ここに、根本メタファの特徴の一つが見事に示されていると思うが、哲学、美学、価値などにかかわる分野で、Pepperは哲学の歴史を辿ることにより、世界仮説としてのどのような哲学的立場も、その根本メタファを起源にしていることを見出したのである。

またPepperは、根本メタファがどのようにして、この世界に生ずる事象を認識し解釈するための枠組みを提供するのかを明らかにした。というのは、この世界観にかかわる根本メタファとして、後により詳しくみるが、機械論、有機体論、フォーミズム、文脈主義がすでに発見されている。そして、例えば、そのうち機械論という根本メタファを採用するとすれば、われわれの観察や分類、あるいは解釈や説明にあたって、哲学的または科学的モデルとして、その傘下にある何らかの機械を適用することになり、それらに影響を与え支配を及ぼすことになる。同様にして、分析の際のカテゴリなども、そこでの問の種類も答えの仕方も、そのうちのいずれの根本メタファを選択し採用するかによって、制約を受けるのである。

また、われわれが既製のカテゴリや分類がまだ無い新しい出来事などに会うような場合には、カテゴリや分類が与えられるまでは、それは例証されず、分類されず、その全体系に同化されないままである。しかし、その出来事のある次元や構成において、部分的な類似性が認められるようになれば、それはアナロジーとなり、それはメタファともなる。

かくして、その新たな出来事は、メタファによって命名されると同時に、その根本メタファの全体系に同化・包摂されて位置づけられることになる。

まさに、根本メタファは、先の引用にもある通り、多くのサブ・メタファを網状に編成し、かつ拡張する点で、根本性と体系性という特性を有することになる。

これと同時に、根本メタファは、このように拡張されるので、その結果として、その「根本メタファ論」つまり「世界仮説」は、その仮説がカバーする範囲において、制限がないわけでこの点で、個別科学などにみられる限界ある仮説から区別される、という特性をも持つことになる。

Pepperによれば、こうした形而上学の体系における根本メタファは、世界とは何か、人間の創造とは何かなどという、われわれの疑問にも答えるように構成されており、またそれらのことを示すともいう。

Pepperは、後年、Kuhnの「科学革命の構造」(1962)が世に出ると、そのパラダイム論との密接な関連を、『思想史事典(Dictionary of The History of Ideas)』で「哲学におけるメタファ」という大項目で論じている(Pepper, S. C., 1973, P.196-201)。

確かに、世界仮説や根本メタファにみられる考え方と、パラダイム論の間には、似たような点がみられるように思われる。

例えば、Pepperはその項目で次のように述べている箇所がある(P.197-198)。

世界仮説の発生源は、パズル的な実践上の問題を解くための枠組みとしての人間の日常的な仮説群である。人間は、過去の経験を振り返り、その問題に応用しうるアナロジー的状况を見出す。同様に、哲学者は、世界のパズル解きにおいて、その事物の性質についてのよいサンプルであるように見える、何らかの豊かな経験を探す。これが根本メタファである。哲学者は、そのサンプルを分析し、その構造の諸要素を選択し、それらを範囲に限界のない指針となる概念として一般化する。この概念集合が、世界仮説のカテゴリ集合となる。そのカテゴリは、それらが適用される世界の事実の全範囲に適用しうるように、変容され洗練される。根本メタファは、それ自体、洗練されはじめる。それらが適用されるカテゴリと事実の間には、相互関係がある。カテゴリは事実にあうように変容されるし、カテゴリで事実が解釈される。そして、哲学者は、それらのカテゴリによる構造化が進むと、それによって事実を知覚するようになり、こうしたカテゴリの構造化により世界理論が構成されるようになる。そのとき、他の立場に立つ哲学者は、その哲学理論の基礎の確実性について論駁することは、ほとんど不可能となる。別のカテゴリ集合などを用いて、同様にして構成された世界理論によってのみ、対抗しうるのである。

以上のような論調である。このようにパラダイム論と類似の考えがみられる。とりわけ、パラダイム論とのもう少し直接的な関係について、PepperはWittgensteinによる「パラダイム・ケース」や「家族的類似性」の概念の検討から入る。

まず、「パラダイム・ケース」は、「椅子」、「葉」、「ゲーム」のような日常語にみられる。共通の属性により性格づけられないが、対象の一グループとして、つまり「家族的類似性」をもつものとして、関連づけられることになる。児童期には、このような家族的類似性の概念の適用範囲が学ばれ、日常語を話す者すべてに完全に理解される。このような概念には、典型的な対象に対応するものがあり、そこから家族的類似性のもとに他のメンバーを追求しうる。それが、「パラダイム・ケース」と呼ばれるものである。そのパラダイム・ケースは、アナロジーを供給しその家族的類似性から、他のメンバーを追求す

る。

「根本メタファ」は、こうしたものに相当するという立場である。それは、哲学においてメタファを用いるひとつの重要な方法である。それは、メタファの利用として、審美的であるよりも明らかに説明的である。

世界仮説にかかわる根本メタファは、さまざまな哲学の学派が構成する、世界仮説のグループの「パラダイム・ケース」として、記述する議論もなしうる。

だが、「パラダイム・ケース」と根本メタファ論との主要な相異点をあげれば、哲学の学派は、世界理解のためのより適切な構造に向けて、発展を図ることである。これに対して、Wittgensteinの家族的類似性では、全く逆であって、発展のプロセスを示唆していないし、その適用に際して、適用概念の精密性と範囲に関連する特別の説明的優越性を認めていない。つまり、家族的類似性のすべてのメンバーは、同等であって、日常言語の使用においては、特別な説明的洞察を荷うようなものの仮定は必要ないとする。

そこで、Pepperは、いよいよパラダイム論との関連の議論に入っていくことになる。(Pepper, S. C., 1973, P.200)

近年になって、適用分野への「パラダイム」の適切性とその発展を考慮に入れて、その利用を広げる努力がなされるようになってきた。

とりわけ、Kuhnのパラダイム論は、この考えを発展させるのに貢献した。

ここでは、Pepperは、「パラダイム・ケース」を念頭において、同じ「パラダイム」の用語を用いるKuhnのパラダイム論に言及しているとみることができよう。そして、次にパラダイム論と根本メタファ論との関係を述べるが、これはきわめて重要な指摘である。

Kuhnの見解による、科学的手続きにおいて指針となる概念パターンとしてのパラダイムと、世界仮説において指針となる概念パターンとしての根本メタファとの間には、機能的にとくに相違はない。前者のパラダイムでは、その範囲に制限があるだけである。

Kuhnにとってのパラダイムは、「慣習法による法律的決定のように、新しい、よりきびしい条件下で、さらに明確に詳細にするためのものである」とあるように、科学において受け入れられたモデルやパターンである。その最初の出現のときにも、パラダイムは「その範囲と精密さで大きく限界がある」といえる。パラダイムの地位を維持し高めるのは、その分野の専門家達が重要だと認める問題を、解決することによる。「パラダイムの成功は、……初めから特定の未完成の分野において発見すべき成果を約束することに大いにかかっている。通常科学とは、こういう約束が実現される過程のことである。この実現

の過程とは、パラダイムによって特に明らかにされる事実、知識の拡張や、それらの事実とパラダイムによる予測との間の一致の度合の増大、そしてさらに、パラダイム自体の整備の過程である。」（「」内はKuhn, T. S., 1962のPepperによる引用）

Kuhnの記述に従えば、科学の歴史は、適切性の追求において限界ある範囲でのメタファの歴史とほとんど等しいものでありうる。パラダイムを基盤とするKuhnの科学哲学がどの程度まで受け入れられるかは、今後を見なければならぬ。それは、科学者の「モデル」利用を実践することを強調する点で価値があるが、科学哲学における科学の方法で、その取り扱いを無視するわけにはいかない。

以上の議論の後、Pepperは、最後に次の二点を指摘する。この指摘もきわめて重要である。

もしも、限界の無い仮説からなる根本メタファ理論のある形式が、限界ある仮説からなるKuhnのようなパラダイム理論の形式と結合されるならば、それは、すべての創造的な経験理論が原理上、メタファ的であるということを示唆する。このことは、その価値を下げることはないであろう。理論というものが、人間の創造的な生産物であるということが、現実であることをそれは示すのだからである。

また、もちろん、理論には、形式論理学的および数学的な観点が存在するが、それらは科学においてであろうと哲学においてであろうと、理想的で最終的な定式化として、多分適切であるとみなせる。しかし、形式的アプローチがメタファ的アプローチに対してどうあるのかを比較対照してみれば、われわれの世界の理解と何らかの制限をめざす両アプローチの共同追求において、二者間に互換性が無いという必然性は見当らないように見える。もし、問題があるならば、それはPepper理論の範囲を超えることである。

Pepperは、このように根本メタファ論とパラダイム論との密接な関連を論じて、最後の締め括りに当って、両アプローチの統合の可能性を示唆しているのである。

おそらく、Pepperは、事典のこの項目を執筆したのがまさに晩年であって、その構想を発展させえなかったのではないと思われる。

だが、これまですでに眺めてきた通り、そのPepperの理論は、「科学のメタファ論」の確立にあたって、きわめて有望なものなのである。少し振り返りながら、補足し整理してみることにしたい。

第一に、根本メタファは、いくつものメタファを網状に編成し拡張していくという、根本性と体系性を持つという基本的な特性がある。これは、他のメタファ論にみられないも

ので、「科学のメタファ論」のための基盤となりうるものである。もし、Kuhnのパラダイム論と結び合って統合されれば、先に Masterman女史が疑問として提示していた、モデルやアナロジーなどメタファの拡張に関する問題がこれによって解決されることになる。

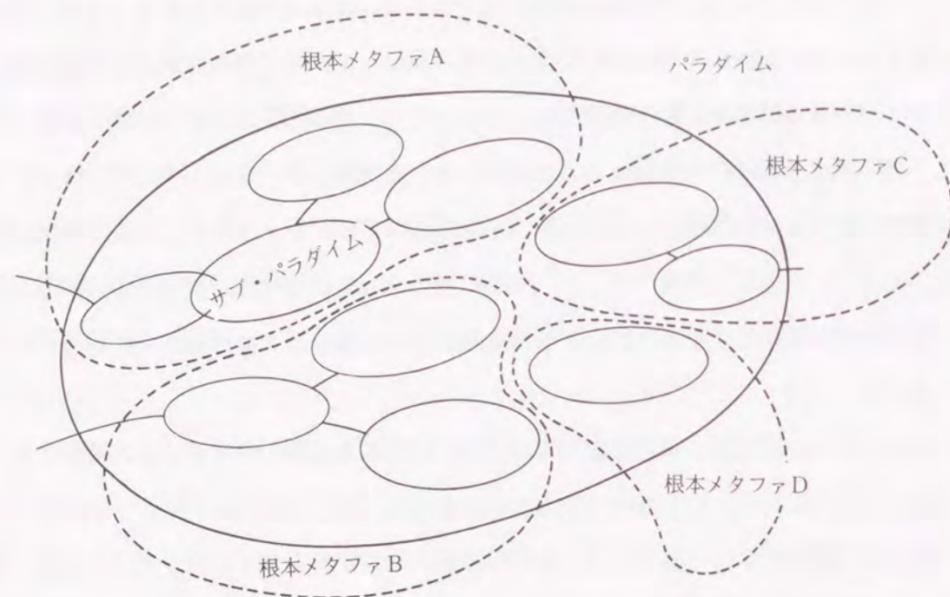
第二に、こうしたいくつかの存在する根本メタファによって構成される世界仮説は、仮説がカバーする範囲において制限が無いのに対して、個別科学などでは制限がある。このことにも関連して、世界仮説において指針ともなる概念パターンとしての根本メタファと、科学的手続きにおいて指針となる概念パターンとしてのパラダイムとでは、後者に制限があるだけで、機能的に相違はない。この点には、Masterman女史による「なぜパラダイムには拡張可能性に限界があるのか」という難問に対する、メタファ論からの解答があるといえよう。

結局、科学の歴史は、適切性の追求において限界ある範囲でのメタファの歴史とほとんど等しいものとなるとPepperは述べる。

第三に、根本メタファは、Wittgensteinが提案しているような「パラダイム・ケース」にみられる根本性と、「家族的類似性」にみられる網目状の拡張により単に構成されるのではなく、むしろ世界理解のための適切な構造にむけて、発展していくものである。Wittgensteinの両概念には、こうした発展のプロセスと、適用概念の精密性や範囲にかかわる特別の説明的優越性が認められていない。Kuhnのパラダイムも、根本メタファと同じように機能する。したがって、パラダイムの拡張の問題にかかわって、Kuhnは「家族的類似性」の網の目を示唆している(Masterman女史による指摘の箇所参照、本文P. 47) が、この点からその示唆は誤りということになる。

以上、三点にわたる整理を試みたので、ここら辺りで、前例にならってわれわれのイメージを描くためにも、根本メタファとパラダイム(サブ・パラダイムを含む)との関係を示す、一般的と思われる模式図を示してみることにしよう。(図表Ⅱ-2、参照)

ここでは、王座にある支配的なパラダイムのもとには複数のサブ・パラダイムがあって、そうしたサブ・パラダイムは、その大きなパラダイムに所属すると同時に、また根本メタファにも属するという構造となる。その場合、根本メタファは、単独のサブ・パラダイムから複数のサブ・パラダイムを含む場合があろうが、いずれにしてもパラダイムを超える広い範囲にわたっている。図表Ⅱ-2では、根本メタファは、AからDまでの四種類が、たまたまある支配的なパラダイムにかかわっていることを示している。(近年、認知心理学などでは、まさにこの事態が起っているのを、後で見ることになる。)そして、当然、



図表Ⅱ-2 根本メタファとパラダイム(サブ・パラダイム)との関係を示す模式図

こうした根本メタファは、サブ・パラダイムと関連して、小さなパラダイム変換から、王座交代という大きなパラダイム変換にかかわっていくことが、予見されることになる。さらに、共約不可能性へも、新たな展望をひらくのである。(これらも後で議論する)

さて、ここで根本メタファと重なり合い、結び合ったパラダイムの部分は、すでに眺めてきた文脈で言えば、世界観や世界仮説にかかわる形而上学(あるいはメタ)パラダイムであることはいまでもなく、そして同時に具体的なモデルやアナロジーにかかわることから、少なくとも人工物(あるいは構成)パラダイムでもある。したがって、Masterman女史で人工物(構成)パラダイムの重視が説かれ、Kuhnがそれを受けて形而上学(メタ)パラダイムを後方に押しやってしまうような必要性は、この「科学のメタファ論」では全く問題とはならず解消してしまうことになる。

つまり、言い換えれば、「科学のメタファ論」におけるパラダイムは、根本メタファと重なりあい結び合っていることから、その階層構造的側面において、その上位的な形而上学(メタ)のレベルと、下位的な人工物(構成)レベルとを内的にも通底しており、その相互補完性を強化することにもなる。

それでは、根本メタファそのものを、より具体的に眺めることによって、この辺りを確認してみることにしよう。

もう一度、Pepperに戻ることになるが、それによれば、世界仮説にかかわるものとして、アニミズム、神秘主義、フォーミズム、機械論、有機体論、文脈主義があるとす。

しかし、このうちの前二者、つまりアニミズムと神秘主義には、展望とコミュニケーション可能なカテゴリが不足しているとして、除外している。ただし、もしこれまでの相対的に適切な哲学に、アニミズムや神秘主義のような人間的で魅惑的であって、だが不適切な多くの哲学が加えられることになれば、人間の文化的な思考と実践での哲学的メタファの影響は、計り知れないほど拡張されることが、指摘されている。

根本メタファは、従ってPepperの時点で後方の四者が、すでに見い出されているとする。そこで次に、それらを列挙してみることにする。

① フォーミズム(formism) ……これは各種の存在間の類似性と差異性に基づく世界の構成を強調する世界観に適用した、Pepperの用語である。しばしば「リアリズム(realism)」とか「プラトンのイデアリズム(Platonic idealism)」と呼ばれる。アリストテレス、プラトンなどがこのフォーミズムの思想家の典型である。フォーミズムの根元的メタファは、同一のフォームの基に、物を作り出す仕事や外観が類似しているという基準のもとに、対象を認識する場合などに、見い出される。フォームは、個別的な例の中に完全に表わされるのではなく、それらを超越したものであり、フォームそれ自体が現実中存在するという立場である。

② 機械論(mechanism) ……これは、言うまでもなく、西洋近代文明で優勢な世界観である。その根本的メタファは機械にあり、さまざまな機械がモデルやアナロジーとして用いられる。機械論者の世界観は、出来事を力の伝達などによる因果関係として捉える。近代の科学は、その形而上学的な基礎として、この世界観を数多く採用してきたといえる。

③ 有機体論(organicism) ……世界を有機体として捉え、全体の中に部分を位置づけることを試みたりする。すべての事象は、有機的プロセスであって、その有機体としての構造を明らかにしようとする。理想的構造は、ステップなどが進行しその終局で見い出されるとする。この世界観は、ヘーゲルの哲学などにその典型がみられる。

④ 文脈主義(contextualism) ……事象の集まりとして世界を見る立場である。すべての事象は、そこに同時に働く多くの原因や要因から生ずる。その典型が歴史的な事象である。だが、その歴史的な事象は、過去のものである必要はなく、現在の出来事である、ダイナミ

ックでドラマチックな事象としての活動(act)であってもよい。歴史的な事象によって呼び起されるのは、進行中の複雑に入り組んだ出来事である文脈のイメージである。そうした複雑な事象には、多くの人びとの活動による努力に影響される。そのメタファには、状況の構造と活動する者との位置が不断に変化するという考えが含まれる。このように文脈や状況が問題とされる。プラグマティズムの哲学者、Mead, G. H.、Pierce, C. S.などにみられる。

以上が、Pepperの示す4種類の根本メタファである。Pepperは、将来、適切で新たな根本メタファが現われるであろうとしていることもあってか、近年、そうした提案をする研究者もいる(例えば、Sarbin, T. R., 1986)。

Pepperによれば、4種類の根本メタファのうち、①フォーミズムと②機械論とは、分析的(analytical)な世界理論であるのに対し、③有機体論と④文脈主義は、合成的(synthetic)な世界理論であることを指摘し、それら相互の関係を議論している。

そこで、先の文脈との関連で重要なのは、すでにみた4種類の根本メタファは、いずれも世界観にかかわっていると同時に、研究にあたっての問と答えの仕方など方法論にも制約を与えていることである。

例えば機械論では、一種の機械として世界を眺め、その上でそこでの主要な原因と結果の因果(連鎖)関係を問い、それを明らかにし答えるという具合である。もちろん、この場合、具体的な機械がモデルやアナロジーとして用いられてるのは、いうまでもない。その他の根本メタファの場合も、同様である。

かくして、先の確認がここでなされたわけである。つまり、「科学のメタファ論」におけるパラダイムは、ここでみたような根本メタファと重なりあい結びあうことになるので、世界観や世界仮説にかかわる形而上学(メタ)の上位レベルから、具体的な研究を進めるためのモデルやアナロジーから問と答えの仕方などを含む人工物(構成)の下位レベルに至るまでの、しっかりとした構造をなすことになるのである。

このようにして確立された「科学のメタファ論」は、人間の創造的な活動の性格として、すべての経験理論が、原理上メタファ的になるのだということを示唆する、とPepperは述べている。

そこで、筆者の次の作業は、この「科学のメタファ論」を個別経験科学としての心理学に適用して、こうした問題を点検し検討してみたい。

4. 科学のメタファ論の心理学への適用

さて、それではすでに前節で構築された「科学のメタファ論」を、これから個別経験科学の心理学に適用して、その変遷構造の概要を明らかにする作業に入ることにする。

ただし、心理学といっても広い分野が存在するので、ここでは教授・学習の課題にかかわってきた、行動主義系心理学(初期の古典的行動主義より後期の新行動主義の心理学)から、その後の今日に至るまでの認知論系心理学の系譜を、主としてその射程範囲とした。そのあとで、「科学のメタファ論」と個別科学の心理学をめぐって、科学論からの検討を加えてみることにしよう。

こうしたことは、次のⅢ章の「C A I 設計思想の変遷構造」に関する基礎作業となるのは、言うまでもない。

(1) 心理学の変遷構造の概要

心理学においては、心(mind)という観察が困難な対象を取り扱い、今世紀前後には、いわゆる内観法(introspection method)の限界も判明したこともあって、数多くのメタファがこれまで用いられてきた(Leary, D. E., 1990)。

そうだとすれば、優れた体系的な Pepper, S. C. の根本メタファ論などに基づいたアプローチが、あってしかるべきだと考えられる。実は、最近、「理論心理学」の分野において、近年の認知心理学の動きを、その根本メタファ論の導入によって、整理し議論する論文業績が出ているのである(Vroon, P. A., 1988)。

その論文題目は「生態学的法則と科学革命をめぐる心理学(Psychology Between Ecological Laws And The Scientific Revolution)」とある通り、心理学におけるメタファ利用は、科学革命と根本メタファ論と関係しているとした上で、近年、認知心理学において、生態学的妥当性の主張とともに、心理学の日常的・素朴的説明、Gibson流運動などにみられるように、リアリズム(フォーミズム)や文脈主義が、密接な関連のもとに登場し、これまでの機械論的立場に立つ情報処理アプローチなどに対抗しはじめ、複雑な革命的な様相を呈していることを議論している。

ただし、その論文では、メタファに基づく研究と理論化は、複雑な問題であるとして、パラダイム論との関係は論じていない。

そこで筆者は、「科学のメタファ論」を適用するのに対して、この論文を援用していくことにしたい。また、近年では心理学史や心理学の理論の展開を、パラダイム論に立脚し

て論ずる著作もかなり、出回るようになってきた(Leahey, T. H., 1980: 同書、宇津木訳、1986、Baars, B. J, 1986)。これらも適宜援用することにしよう。

「科学のメタファ論」の観点からすれば、行動主義心理学のパラダイムから、近年の認知論系心理学のパラダイムに至る過程は、科学革命としてのパラダイム変換期を含め、それぞれの傘下に複数のサブパラダイムを構成し、それらが複雑にダイナミックに相互に影響しあって構造的に変化していくが、それらに根本メタファが重なり合いかわっていく形で記述されることとなる。

それでは、行動主義系心理学から眺めていくことにする。

① 行動主義系心理学

行動主義系心理学における全体として王座にあるパラダイムは、根本メタファで言えば、機械論にあるといえよう。その傘下にあるサブ・パラダイムは、初期のWatson流の古典的行動主義と後期の新行動主義という二つのものがあり、一応区分される。

a. 古典的行動主義 (classical behaviorism)

メタファ論的には、「人間(動物)は、電話交換器である」という機械メタファを用いている。つまり、中枢神経系を複雑な電話交換器と見なすものであった(前掲書、宇津木訳、1986、P. 445)。電話交換器は、1910年代にWatson, J. B. が行動主義を提唱した当時、最先端の技術であった。

Watsonの次の言葉は、行動主義の目標、方法などをよく窺わせるであろう。

「行動主義者は、物理学者が自然現象を支配し、操作するように人間の行動を支配したい。人間の活動を予言し、支配することは行動主義心理学の仕事である。これを行うためには、実験的方法で、科学的データを集めなければならない。そのときはじめて、訓練された行動主義者は、この刺激を与えれば、どういう反応が起るかを予言できるし、またその反応を告げれば、どういう状況あるいは刺激が、その反応をひき起したかをあてることができる」(Watson, J. B. 1925、安田訳、1968、P. 28)。

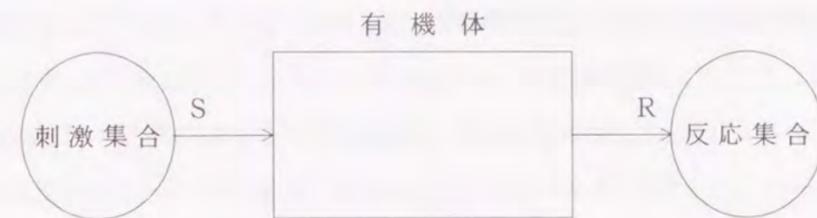
つまり、行動主義心理学は次のように要約される(菅井、東、1977)。

イ. 行動の研究を目標とする：自然科学が自然現象を予測し、制御し、説明するように、心理学は人間や動物などの有機体の行動を、予測し、制御し、説明する行動の科学であるとする。

ロ. 科学的・実験的方法を採用する：方法論上、多くの困難が考えられる内観を排除し、直接に客観的に観察しうる物理的刺激と反応とを問題にし、科学的データが得られる実験

的方法を採用すると主張する。

ハ. S-R図式を研究の枠組みとする。すなわち、図表II-3に示す「刺激-反応」図式と通常呼ばれるもので、これは電話交換器をモデルにしていることは、いうまでもないであろう。このことから行動主義系の理論はS-R理論ともいわれる。(S: Stimulus、R: Response)



図表II-3

このように、物理学を模範とし、電話交換器という技術メタファを用いて、一方向性の因果論理のもとに、自然現象と同様に人間の行動の予測と制御をめざすという行動主義のパラダイムには、当時の論理実証主義の科学哲学が影響を与えていた。それと同時に、見本例としては、パブロフ, I. P. の古典的条件づけが影響を与え、実験に際して、「何時間餌を与えない」という操作をはじめ、操作的定義がなされるなど、Bridgeman, P.による操作主義(つまり理論用語は経験的な操作によって定義されなければならないという主張)が、採用されることになり、その後の心理学にも影響を及ぼすことになった(前掲書、宇津木訳、P. 436-439)。

とりわけ、電話交換器をモデルとした「S-R」図式の研究枠組みに基づいた実験研究の場合、刺激S側を独立変数、反応R側を従属変数として、その環境要因である独立変数を人為的・操作的にコントロールすることによって、従属変数が相応じて変化するような関係、つまりその相関関係や関数関係を明らかにしていくものだといえる。かくして、外部から観察可能な行動のみを扱い、動物実験などでコントロールと観察の精密さをまして、微細な行動まで記録し、分析することによって、実験的・実証的に行動のメカニズムや法則を解明でき、めざす目標が達成されるとする。

こうした古典的行動主義の特徴は、すべての哲学的問題や社会的な問題も行動の問題におきかえられ、経験論的、要素論的、末梢論的、連合論的、唯物論的、決定論的および機械論的な理論となる。また、行動主義がめざす方向は、抽象的な知識ではなく、きわめて実用的な効果の基準に基づくものである(前掲書、宇津木訳、P. 410)。

b. 新行動主義 (neo-behaviorism)

しかし、余りに徹底したWatsonの客観主義は、当時の観察手段の未発達も手伝って、説明の可能性を著しく制約すること、また有機体の項を完全にカラッポ (empty organism) として扱おうと批判されるなど、行き過ぎが次第に問題となってきた。そこで、1930年代に入ると、行動主義系の心理学者は、SとRの間に有機体 (organism、略してO) の項を設定し、古典的行動主義のS-R図式を補足し修正した「S-O-R」図式の研究枠組を提案することになった。これが、新行動主義の登場である。

このことは、全体としての行動主義系心理学のパラダイム内において、初期の古典的行動主義のサブ・パラダイムに対して、もう一つの新行動主義のサブ・パラダイムが出現し、「見方の枠組」の変化などを含む、ひとつのパラダイム (サブ・パラダイム) の変換が生じたのだということが出来る。というのは、電話交換器モデルの制約からも、自由になる側面もみられるからである。

例えば、Hull, C. L. は、有機体Oの項に動因 (drive)や反応ポテンシャルなどの仮説構成概念を設定し、理論を構築する。これは、論理実証主義が要請するプログラム通りの手続きでなされた理論化であるので、論理的行動主義とも呼ばれる (前掲書、宇津木訳、P. 439-443)。

かくして、Hullは数学的形式を用いたりして仮説演繹的理論を構築するが、これと対照的に、Tolman, E. C. は有機体の目的志向性や認知地図などにみられる認知作用を強調する。

メタファ論の観点からみれば、Tolmanはゲシュタルト心理学における場の考え方を採用した。その結果、中枢神経系を複雑な電話交換器とみなしたWatsonやHullの見解に対して、Tolmanの場の理論では、中枢神経系は、「むしろ地図調整室のようなもので、刺激は、……単純な一対一の関係で反応と結びついているわけではなく、……いろいろな手が加えられて」(Tolman, E. C., 1948)、環境の「認知地図」を形成することになると見なす。

このように、Tolmanにおいては、電磁場から由来する場の考えを経由して、直接的な結びつけがなされるだけの「電話交換器」から、加工や調整がなされる「地図調整室」へとというモデルの変更がみられるのである。

そして、それぞれのモデルに基づく刺激-反応説と認知説との優劣を競うような有名な実験報告がなされたのである (Tolman, E. C., 1932)。

それは、ネズミの迷路学習の課題で、Hullの立場では「習慣族階層性」で説明するのに

ハトを使った実験に切り換えている。

そのスキナー箱を用いた実験によって見いだされた、オペラント条件づけは、次のように定式化される。(詳細は、菅井、東、1977など参照)「ある刺激S (弁別刺激) が存在するもとの、あるオペラント反応 (行動) Rが起こり、それに対して強化が与えられるならば、その刺激Sのもとの、その反応Rが生起する確率が高まる。」

このように、数学的用語を用いて、あくまで観察可能な変数の間の関係を正確に記述していることが、確認される。心 (mind) にかかわる内的過程など、この定式化にはほとんど必要とされていないことも同様に確認されよう。

ここでとくに、S-Rの結合を強調する立場からすれば、オペラント条件づけは次のようにもいえる。

「ある刺激S (弁別刺激) が存在するもとの、あるオペラント反応 (行動) が起こり、その反応に続いて強化が与えられるならば、その強化によってS-Rの結合が強められる。」

もし、このように見るのであれば、Skinnerの場合も、Watsonの電話交換器モデルによる条件づけときわめて近いものとなるだろう。というのは、オペラント行動という有機体が自発する行動といっても、基本的にはS-Rの枠組みの中であって、刺激S (弁別刺激や強化刺激) 側である環境要因を操作することによって、条件づけることや有機体の行動をコントロールしうるからである。

すなわち、Skinnerは行動を記述しようとしただけでなく、行動をコントロールしようとして点で、Watson的であった (前掲書、宇津木訳、P. 454)。

この行動のコントロールは、Skinnerによる行動形成 (shaping) 技法の確立によって、さらに一段と可能性が増すのである。その技法では、土の固まりである粘土から、目的とする一定の塑像を形造るように、分化強化 (目標とする行動に向かう反応のみを強化する) と漸次的接近 (目標とする行動に少しずつ近づけていく) という両基準のもとに、オペラント水準の低い行動を含む、複雑な行動形成が人為的に達成される。例えば、床の上のハトに一定の円を描いて歩かせたり、8の字を描いて歩かせたり、さらに必要とあれば、日本海軍の戦艦を弁別して、ハト特攻機を飛ばす (第二次大戦中の Pelican Projectとして知られる) ような、学習や訓練などにみられる行動のコントロールが、自在になされる (Skinner, B. F., 1961)。

そこで、Skinnerは、こうした動物行動での成功のもとに、オペラント条件づけという

対して、Tolmanの立場では「洞察」で説明するが、認知地図はあらゆる側面を示すことになり、一組の刺激-反応の結合よりもはるかに多くの情報を与えてくれることもあって、結果は認知説の方が支持されたことが報告された。

こうしたTolmanの認知的行動主義は、入ってきた刺激が、心によって「手を加えられ、加工される」という考え方によって、現代の認知心理学にも結びついてくるものであるといえる（前掲書、宇津木訳、P. 443-448）。

それに対して、Hullによって開拓された、学習の理論の数学的な形式化の伝統は、その後 Skinnerの弟子でもある Estesによる「刺激抽出理論：SST (Stimulus Sampling Theory)」(Estes, W. K., 1950)を介して、「数理学習理論」の分野を形成することになったことが指摘される (Hilgard, E. R. and G. H. Bower, 1966)。

新行動主義に位置し、教育などにも多大の影響を及ぼすようになったのは、Skinnerである。Skinnerは、Mach, E.の比較的単純な実証主義、つまり観察されない因果のつながりを説明するための形而上学的概念を追放し、経験上、観察可能な因果関係のみを記述する記述的実証主義の立場を採用する。

そこで、Skinnerは記述的行動主義とか根本的行動主義として位置づけられる。仮説的構成概念を用いて理論を構成し、そこから演繹的に事実を説明するという方法はとらず、実験によって得られる行動の分析データを系統だてて、経験法則を求め、記述するにとどめるからである。

Skinnerの研究の重要な第一歩となったのは、それまでのS-R図式の研究枠組がもつ、一つの不合理性の修正であった。その図式は本質的に「刺激なきところに反応なし」を主張しているが、Skinnerは有機体の行動には、直接に特定の刺激に依存しない反応（行動）も存在することを主張する。それが、オペラント行動 (operant behavior) である。有機体によって自ら発せられるもので、刺激に直接依存せず、刺激と相関関係はない。ただし刺激とある種の間接関係をもつことがある。弁別刺激の場合である。それは、オペラント行動を起こす機会を与えるが、直接誘発するものではない刺激である。

そこで、こうした能動的とも言えるオペラント行動による学習、つまりオペラント条件づけ (operant conditioning) の実験研究のための実験装置として、Skinnerは「スキナー箱 (Skinner box)」を開発する。そして、この自動的に記録がとれる実験装置を用いて、オペラント条件づけの研究にとりかかるのである。その最初の業績の集大成である『有機体の行動』(skinner, B. F., 1938)までは、有機体としてネズミを用いているが、その後

科学的法則と、それと密接に結びついた行動形成という技術的手法とを中心として、人間行動にも大胆に適用し、応用しはじめる。

行動の制御にかかわる行動工学としてである。とくに教育の世界へは、ティーチング・マシンやプログラム学習 (programmed learning) を登場させる。ティーチング・マシン (teaching machine) は、強化の随伴性を調整する装置であるスキナー箱が、そのまま人間に適用される。強化は、人間の場合、反応の正誤を知らせ確認させる言語情報に置き替えられるだけである。そのプログラム学習のプログラムは、行動形成技法のもとに、学習前の行動から目標行動に至るまで、漸次的に接近しうるように、スモール・ステップによる線型プログラムとなる (Skinner, B. F., 1954)。

そして、これらはプログラム学習運動として、学校教育へも普及が試みられることになる。かくして、教授工学 (instructional technology) という教育工学 (educational technology) の大きな土台となったともいえる分野が誕生するのに寄与することになった。

その他、障害児の教育の分野では、比較的重度の精神薄弱児や自閉症児の学習に用いられる。その際、綿密な強化が工夫される。また、刑務所などの囚人の行動の矯正とか、さらに行動療法に至るまでである。

こうした分野のいずれにおいても、記述的行動主義によるオペラント条件づけにみられるように、心にかかわる内的過程をほとんど問題とすることなく、あくまで「行動の変容」がめざされるのである。

Skinnerは、こうした現実の世界への応用を図る努力をする一方で、その科学的体系 (技術的体系を含む) による社会統制としての実験的ユートピア『第2ウォールデン (Walden Two)』(Skinner, B. F., 1948)さえ論ずるのである。

以上、新行動主義者の Skinnerの業績を急いでみてきた。Watsonのめざした行動主義の目標である人間行動のコントロールが、この Skinnerに至って、ほぼ実現され、社会や教育に多大の影響を与えた側面を見出すことができる。

さて、そろそろこの辺りで、行動主義系心理学の要約に入ることにしよう。

「科学のメタファ論」からみれば、行動主義の全体的なパラダイムは、古典的行動主義が「電話交換器」モデルを採用したS-R図式を共通の枠組として研究を進めたことから、根本メタファでは機械論に相当するものであったと位置づけられる。もちろん、行動主義系心理学のその王座にあるパラダイムの傘下で生じた、ひとつの小さな革命と見做しうる古典的行動主義のサブ・パラダイムから、新行動主義のサブ・パラダイムへのパラダイム

変換において、その図式の修正が一部試みられ、異色ともいえる「地図調整室」モデルを採用し、次に登場する認知説にもつながるTolmanの仕事などもみられるのであるが、全体としては機械論に入るといってよいであろう。というのは、Skinnerにしても、本来の「電話交換器」モデルから逸脱するような、自発的な有機体の行動であるオペラント行動を認めるのであるが、それでも機械論的な条件づけを定式化するからである。

例えば、生物学者として出発し、有機体論的観点から一般システム理論 (general system theory) の提唱者となった von Bertalanffy は、次のように述べている (von Bertalanffy, L., 1968、長野他訳、1973)。

「20世紀前半のアメリカ心理学は反応する有機体、あるいはもう少し芝居がかっていえば人間のロボット・モデルで支配されていた。この考えは、古典的な行動主義と新行動主義、学習理論と動機理論、精神分析、サイバネティックス、脳をコンピュータにみたてる考えなどいずれを問わず、アメリカ心理学のすべての学派に共通であった。」 (前掲書、長野訳、P. 201)

また、次のように述べている。

「たとえば、心理学における基本概念としてよく「ロボット・モデル」が使われてきた。行動は機械論的な刺激-反応 (S-R) 図式で説明されるものとされ、人間の行動でも動物実験のパターンに従う条件づけが基礎となるとされた。「意味」などというものは条件反応でおきかえるべきものとされ、人間行動の特異性は否定された、等々である。」 (前掲書、長野訳、P. 4)

von Bertalanffy は、有機体論を強調することもあって、機械論をロボット・図式と言うのは、手厳しすぎる感じがするが、機械論的な条件づけを基礎とする限り、文化的・社会的な「意味」などを含みえないわけで、妥当な指摘でもあろう。

こうした点とも関連して、さらに行動主義のパラダイムは、次のように要約される。(前掲書、宇津木訳、P. 461-462)

行動主義の前提として、心身二元論を否定して物的一元論をとったことである。これによってその心理学は、心の科学ではなく行動の科学となった。次に、行動主義は、経験論 (環境論) を前提とする。行動は遺伝的に形成されるよりも学習されるものであり、有機体の環境によって形成されるとする。

さらに、動物で見いだされた学習の原理は、人間にも適用するという系統発生的連続性を前提とする。

最後に、すでに触れてきたように、全体として行動主義は、科学論上では実証主義の科学観に立つものであった。

さて、こうした行動主義のパラダイムにも変則現象が見いだされたり、理論への挑戦が行われたり、新しいパラダイムが出現するなど、危機と革命の時期が到来する。

それは、早くも1950年代から始まるが、1960年代に入ると顕著で本格的なものとなる。

第一に、それは人間の言語をめぐる問題から口火が切られた。Skinner は、人間特有の言語を行動主義のパラダイムのもとで扱った「言語行動」を公表した (Skinner, B. F., 1957)。これに対して、言語学者のChomsky, N. が1959年に、雑誌「言語」の論文で自己の言語理論の立場から、Skinner理論への攻撃を行った。Chomskyによれば、人間の言語習得において、言語の能力 (competence) と、客観的に観察される言語の実行行動 (performance) を区別し、その能力はほとんど生得的であるとして、この観点から条件づけや行動のコントロールなどによる Skinnerの経験論を批判するのだとよいであろう。その結果、言語に関する Chomskyの考え方は、行動主義における Skinner説や媒介説に打撃を与えることになり、その後の心理言語学に大きな影響を与えることになった (前掲書、宇津木訳、P. 520)。

この例は、SkinnerとChomskyの両理論の対決であるが、また変則例も見いだされる。

第二は、有機体の行動法則の一般性の前提をめぐる変則例の提出である。つまり、行動主義には、動物は白紙状態にあり、種による相異点は重要でなく、すべての刺激に対して条件づけしうるという前提があるが、これらに対して疑問を投げかける研究が、続出してくるのである。それらは、例えば Skinnerの共同研究者でもあったことがあるBreland夫妻による「有機体の失敗行動」 (Breland, K., & M., Breland, 1961) や、Tolmanの学生でもあったGarciaによる「条件づけられた吐き気」に関する、動物の実験研究にみられる。前者は、豚を用いて食物を得るための木製の貨幣を集めるように訓練しても、食物を得る場合と同じように、その貨幣を地面に置いて鼻で探ることになってしまい、結局のところ条件づけに失敗するという報告である。後者は、ネズミに古典的条件づけを試みる。つまり、ネズミに薬物を投入した新しい経験のない味の液体を与えて、その後一定の時間吐き気を起させた。問題は、古典的条件づけが示すように、ネズミがそのとき吐き気をもよおした場所などの状況を避けるようになるかであるが、結果は一貫してネズミが飲んだ液体の方を避けることが示された。かくして、Garciaは、ネズミが吐き気の原因がその飲物にあることを、本能的に認知しているのに違いないと主張するのである。

第三は、行動主義の哲学的基盤をめぐる問題である。すでにみてきたように、行動主義の経験的基礎とともに、哲学的基盤も不確実なものとなる。行動主義を支えたMachによる初期の根本的実証主義にしても、またウィーン学団の手のこんだ論理実証主義など、いわゆる実証主義の哲学にみられる厳密で客観的な科学概は、1950年代の終りから1960年代にかけて、疑問視されるようになり、1960年代に入るとその運動はほとんど消滅したといえてよい。そして、すでに本章の前半で詳しく眺めたように、Kuhnの「科学革命の構造」(1962)も登場し、新科学哲学が始まりを迎えるのである。そして、Kuhnのパラダイム論による革命観は、行動主義を改良するよりも、新たな認知論系心理学への置き換えを助長する機運を生じたことが、指摘されている(前掲書、宇津木訳、P.512)。

第四は、行動主義にさまざまな問題や困難が生じ、それに代わる認知論系心理学への移行が確実になった1960年代に、その駄目押しとも言うべきシンポジウムが開催された。それは、アメリカ心理学会で、そのとき新設になった哲学的心理学の分野を記念して、「人間性に関する2つのモデル」というテーマでなされた。

そのシンポジウムの登壇者は、行動主義の Skinnerをはじめ、認知心理学者、また人間性心理学の Rogers, C. さらに現象学的心理学者らである。その意味では、心理学における2つの研究伝統、つまり行動主義の「外部伝統」と現象学の「内部伝統」をはじめとして、「客観性-主観性」、「ハード-ソフト」など一連の項目において、両極に位置づく心理学者が含まれている。そうした現在の時点からみても興味あるそのシンポジウムの議論は、きわめて要領よく整理され公表されている(Hitt, W. D., 1969)。

また、Zimbardo, P. G. は、その心理学の著書の冒頭において、そのHittの要約を図表II-4のように、さらに便利な一覧表にして示し、現代心理学を紹介するのに用いている(Zimbardo, P. G., 1980、古畑他監訳、1986)。

さて、図表II-4の「人間性に関する2つのモデルの比較」を眺めて、最初に気づく点は、行動的モデルと認知的モデルのもとに、両者の比較がなされていることである。ここで、行動的モデルは行動主義系心理学に、認知モデルは、きわめて広く認知心理学から人間性心理学、さらに現象学的心理学までを含むとしている点にとくに注意したい。

筆者はかつて、Hittの説明と筆者の解説的な意見を加えて、別の所でかなり詳しく論じたことがある(菅井、1989、P.83-88)。

そこで、ここでは本章の文脈に従って簡単に要点だけを触れるにとどめたい。

行動的モデルでは、これまで見てきた行動主義の全体的パラダイムの概要をリスト項目

図表II-4 人間性に関する2つのモデルの比較(Hitt, 1969よりZimbardoのまとめ)

	行動的モデル	認知的モデル
①心理学研究の対象は ——	行動、行為	意識、自己覚醒
②人間行動は ——	予測可能である	予測不可能である
③人間とは ——	情報伝達体である	情報生成体である
④実在性の基礎となるのは ——	客観的物質的世界である	経験的主観的世界である
⑤個人ひとりひとは ——	他の人びとと全く同様に法則により支配される	特有なものであり、全体に共通する法則によって分類されない
⑥人間の記述は ——	絶対的なことばで行われる	相対的なことばでのみ、なされなければならない
⑦人間的特徴は ——	単独に、またはたがいに独立に研究される	全体として、すなわち相互依存的システムとしてのみ研究される
⑧人間性や人間とは ——	具体性、現実性、経験の客観的事実	潜在力、生成のダイナミックなプロセス
⑨人間は次のように理解できる ——	科学的、論理的、経験的に完全に	ある程度まで理解できるが決して完全にはいかない

(古畑・平井監訳、1986より)

として、よく示しているように思われる。電話交換器モデルを採用したことから、情報伝達体としての人間観がとられ、刺激とか反応(行動)とか強化などの絶対的な言葉で記述され、一般的な法則のもとに人間行動が予測でき支配しうる。かくして、実在性の基礎は、客観的・物質的また機械論的な世界ということになる。

これに対して、認知的モデルの方は、認知心理学だけでも今日、複数のサブ・パラダイムがあって、一筋縄でいかないのに、これに人間性心理学と現象学的心理学が加わっているのである。ただし、図表II-4をよく眺めてみると、認知心理学的自体が、近年、意識や自己の問題を扱いはじめていることにみられるように、今後の方向の極限に近いところを示しているのかも知れない。

少なくとも最小限、今日、共通にいえることは、人間の心(マインド)をできるだけ能動的に、つまり情報生成体として捉え、認知とか理解というような相対的な言葉で記述していくところにあるといえるであろう。

当時作成されたこのような図表を参照しながら、現代の心理学の現状をみても興

味があることのように思われる。

以上、行動主義心理学の危機と新たな認知的革命への時期にみられた動きとして、理論の批判と挑戦、変則事例の出現、哲学的基盤の消滅、学会での討論など4点にわたってみてきた。

こうした動きの結果、心理学は行動主義のパラダイムから、認知系のパラダイムへ転換することになる。それをよく示す、筆者の経験をここで挿入するとすれば、1973年に国際心理学会が、わが国の東京で開催されたときのことである。筆者は、まだ学生であったが、たまたま指導教官でもあった恩師が、その国際心理学会の事務局長になられた。アジアで初めてということもあって張り切られて、その学会を有意義で活発なものにしようと、行動主義と認知論の双方の旗頭に当る心理学者に招待状を送付した。ところが認知論系のBruner, J. S. は、その招待を受け記念講演を行ったが、もう一方の行動主義の代表者は招待に応じなかった。すでにパラダイムは完全に移行していたのである。一般発表なども認知論系のパラダイムに基づくものが多数を占めたことを記憶している。

さて、これは余談ではあるが象徴的な出来事であるように思われる。

② 認知論系心理学

認知論系心理学と一口にいても、すでに触れたようにきわめて広い。そこで、ここでは、認知心理学 (cognitive psychology) を中心にみていくことにしたい。そうする中で、現象学的心理学や人間性心理学にもかかわるところは触れていくことにする。

実は、認知心理学という言葉も比較的新しく、通常、Neisserによる『認知心理学 (cognitive psychology)』(Neisser, U., 1967) の著作が出るに及んで定着したといわれる。

こうした見方によれば、認知心理学のパラダイムは、この時期に確立され、Neisserのその著作は、そのパラダイムの標準的な教科書ということになる。

この一般的な見方を、ここでも採用することにすると、それまでの認知論的研究とのかかわりが問題となろう。

それには、やはり、Brunerの動きを見てみる必要があると考える。

彼は、近年、年老いても著作を次々と出しているが、最近の『意味の行為 (Acts of Meaning)』(Bruner, J. S., 1990) の中で、認知革命の再度の捉え直し (renewed cognitive revolution) を提案している。これまでの「認知心理学」を「意味」を中心として捉え直し、文化人類学、社会学、言語学、哲学などの最近の動きと連動させ、関連づ

けようとするものであるとよい。これは、近年の「認知心理学」においてみられる「静かなる革命 (quiet revolution)」とBrunerが呼ぶ動きでもある (Bruner, J. S., 1987)。

これについては、後に触れることにして、その「意味の行為」の中で、Brunerは行動主義から「認知心理学」への移行にかかわる「認知革命」は、1950年代の後半であることを指摘している。

Brunerは、知覚と思考の先駆的な実験心理学者として出発した。前者においては、「知覚におけるニュールック (new look)」派の指導者として、また後者では『思考の研究 (A Study of Thinking)』(Bruner, J. S. et al., 1956)において概念学習を、行動主義的な媒介反応ではなく、方略による能動的な過程として研究した。これらは、1960年代の「認知心理学」へ吸収されていくことになる。

こうした研究と並行して、Brunerは、同僚であった、Miller, G. A.らとともにハーバード大学内に「認知研究センター」を設置し、広く認知研究の活動を展開することになる。とりわけ、Millerはそうした中で認知心理学における「情報処理アプローチ」の先駆となる仕事をする。また、Brunerは、「スプートニク・ショック」によって、アメリカの教育を見直す教育会議の議長をつとめ、子どもの認知的発達にかかわるPiaget理論を導入し、アメリカの心理学者に大きな影響を与えることにもなる。

かくして、Brunerをめぐる動きは、「認知心理学」およびそのパラダイム形成に大きく寄与したといえる。

しかし、先のNeisserの「認知心理学」には「情報処理アプローチ」はあっても、認知発達理論、Piaget理論が入っていないのである。行動主義系心理学の末期には、弁別学習における逆転移行などのKendlerらの研究によって、発達との関係も期待される一時期もあったが、それも行動主義のパラダイムの消滅とともに途絶えた (前掲書、宇津木訳、P. 474-478)。その意味では、発達研究こそ「認知心理学」の強みであるし、実際Piaget理論は、「認知心理学」全体に大きなインパクトを及ぼした経緯もみられる。

そこで筆者は、最初の「認知革命」つまり行動主義のパラダイムからの転換による、新たな認知パラダイムの中に、「情報処理アプローチ」とPiagetを中心とする認知発達研究を含める立場をとる。もちろん、こうした立場は、筆者だけでなく、認知心理学のパラダイムに最初から当然のごとく入れている研究者もいる (前掲書、宇津木訳、P. 527-529)。

行動主義に代わって台頭してきた認知心理学は、複雑であることもあって、前置きが長

くなくなったが、そろそろ中身に入ることにしよう。

ここでは、最初に、認知心理学の王座を占めるパラダイムの傘のもとに、早い時期からそれぞれサブ・パラダイムを形成してきた、「情報処理アプローチ」と「Piaget理論」とを見ることになる。

「科学のメタファ論」からすれば、前者の「情報処理アプローチ」は機械論、後者の「Piaget理論」は有機体論という根本メタファと各々関連し位置づけられることになる。そして、その後で、そうした「情報処理アプローチ」と「Piaget理論」に対して、その問題点と限界を指摘し明らかにしながら、1970年代後半頃から、「静かなる革命」として登場する、リアリズム（フォーミズム）の立場から日常性を重視する日常認知（everyday cognition）と文脈主義の立場から文脈や状況を重視する状況認知（situated cognition）の両パラダイムについて、見てみることにする。ただし、この両パラダイム同士は、相互に密接に関連しており、先のVroomによれば重なり合う部分が多い「混合メタファ（mixing metaphors）」であることを指摘している（Vroom, P. A., 1988, P.43-44）。

なお、ここでは、本論文のⅢ章「C A I 設計思想の変遷構造」でも触れることになるので、その目的に照して要点のみを見ていくことにしたい。

a. 「情報処理アプローチ」

メタファ論的には、「人間は、コンピュータである」という、行動主義の電話交換器よりも、より複雑で発展性のある機械メタファを用いている。つまり、人間の中枢神経系をコンピュータと見なすものである。

認知心理学の中でも、これまでアカデミズムの中核にあったサブ・パラダイムである。

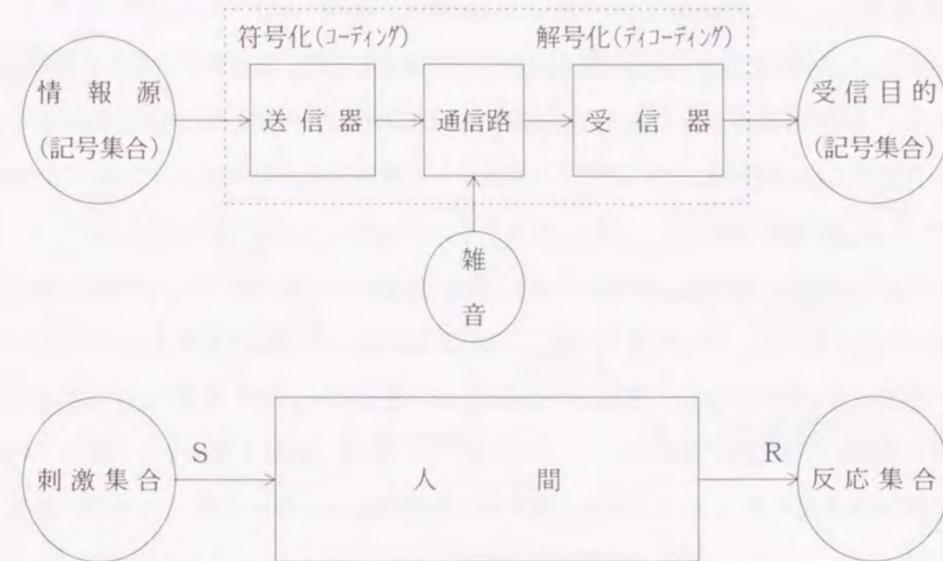
だが、「情報処理アプローチ」も最初からコンピュータ・モデルに辿りつくのではなく、その形成過程が存在するといつてよい。それは、メタファ論上からも興味あることと思われるので、触れてみることにしたい。

心理学者のMillerは、通信工学に登場した「通信の数学的理論」（Shannon, C. E., 1948）に関心を示し、それを心理学に適用して「魔法の数 7 ± 2 - 人間の情報処理能力の限界」（Miller, G. A., 1956）なる有名な論文を報告した。

「通信の数学的理論」は、情報理論とも呼ばれ、そこにおいて情報の量がビット（bit）という単位で測定できること、また一般に情報源から送信器などを介して受信目的へという情報の伝達を数学的に記述できることが示された。

そこで、Millerが、その理論を適用して人間の情報伝達・処理能力を、実験心理学的に

明らかにしようとしたとき、採用した考えは図表Ⅱ-5に示すようなアナロジーであったといえよう（菅井、1971）。



図表Ⅱ-5 Shannonの通信系モデルとS-R図式とのアナロジー

つまり、「Shannonの通信系モデル」と「S-R図式」とのアナロジーを用いたわけである。記号の集合からなる情報源からの情報（記号）が、送信器という技術的通信系に入力される場合、異なる系に適合するように符号化（coding）され、その系内の信号として通信路（雑音が混入する）を伝達され、受信器に到着すると解号化され、再び記号に戻され出力として受信目的にたどりつく。まさに、ここにみられる系への、情報の入力-出力図式と、実験心理学的な「S-R図式」ないし、独立変数-従属変数という関係間とのアナロジーを用いたのである。

その実験結果は、また、驚くべきものであって、人間の内的過程での情報の伝達・処理はきわめてわずかであることが判明したのである。これによって、われわれの人間の内的過程には、何らかの制約が存在することおよび巧妙な処理をしているらしいことが推察された。Millerは、これを人間の記憶容量の限界として取り扱った。とくに即座に処理するのは、昔から魔法の数といわれた7をめぐって、そのプラス・マイナス2、すなわち数字や記号の項目数にして、5項目から9項目の範囲であることから、その論文の題目がつけられている。

かくして、行動主義では、「暗箱 (black box)」とされた内的過程は、一連の情報処理過程であるという見方が登場することとなる。このように、機械系のモデルやアナロジーによって、人間とは一種の情報処理系であるという見方が確立されはじめると、Pepperが述べているように、機械論的カテゴリによる概念化が急速に進むこととなる。

図表Ⅱ-5の場合では、刺激や反応に代って、情報であり、情報処理行動ということになるし、人間の情報処理系という異なる系への情報入力、何らかの符号化 (coding) 過程が存在するはずであるとか、通信工学における通信路容量の限界は、人間の心的内部過程では、記憶容量の限界として位置づけられるのではないかという具合に、カテゴリ化や概念化がなされると同時に、観察しえない過程や機構への洞察が得られ、理論化が進むことになる。そして、こうした新しい見方と方法によって、研究の成果が上がるということが判明すると、今後はさらに通信工学や制御工学の理論やモデルの適用が試みられる。

例えば、レーダなどにおいて、ノイズ (雑音) の中から信号を検出する数学的な信号検出理論を適用して、人間の知覚と意思決定の問題が取り扱われるということになる (Lachman, R. et al., 1979、箱田他訳、1988)

さらに、Millerは、工学者や生理学者との協力のもとに、『行動のプランと構造』 (Miller, G. A. et al., 1960) という著作で、制御工学におけるフィードバック機構と、当時登場しはじめたSimon, H. A. によるコンピュータ・シミュレーションなどにも基づきながら、人間の知覚やイメージなどの認知的な部分から、出力としての行動までを結ぶ理論化を行った。それは、TOTTEと呼ばれる行動の構造で、「Test-Operate-Test-Exit (略してTOTTE)」の階層的な「入れ子」型をなすもので、人間のプランなどは、こうした行動によるとする。

このように、人間の内的過程は、はっきりと情報処理機構によることが提示され、やがて人間行動のコンピュータ・シミュレーションなどとも関連づいていくことになる。

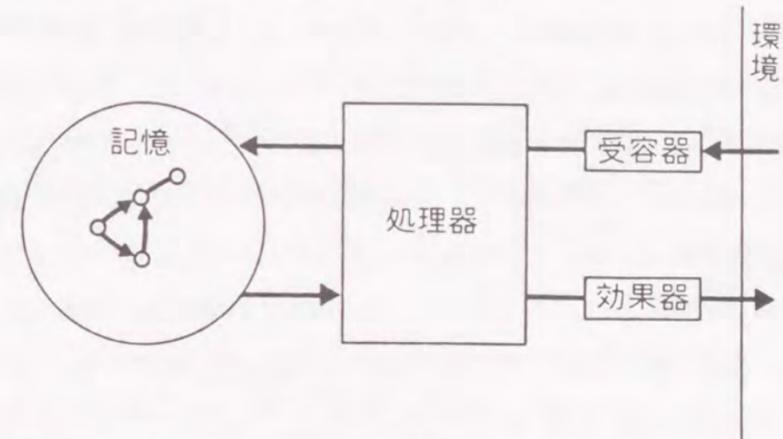
かくして、認知心理学における「情報処理アプローチ」が確立することになる。

これは、また、当時、通信と制御の科学としてのサイバネティックスが、諸科学に取り入れられていたが、その心理学における対応であったと位置づけることもできよう (菅井、1983)。

この「情報処理アプローチ」によって、「人間はコンピュータである」の共有メタファが始動するといつてよいであろう。Blackが言うように、メタファの「相互作用説」に近い形で研究が進行したように思われる。

当初は、とにかく「人間はコンピュータである」ということから、当時のデジタル・コンピュータで逐次処理型のものが、人間の情報処理モデルとして採用された。

図表Ⅱ-6に示すのは、Simonらが『人間の問題解決行動』 (Newell, A. & Simon, H. A., 1972) という人間の認知的な行動のコンピュータ・シミュレーション研究の大部な著作の中にある、人間の情報処理システムの一般的な構造である。これなどは、まさに当コンピュータを土台にしていることが明らかである。



図表Ⅱ-6 情報処理システムの一般的構造 [Newell & Simon, 1972]

そして、心理学においても、これとほぼ同一のものが人間の情報処理の記憶モデルとなる (Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M., 1968)。そのモデルは、コンピュータ・モデルをベースにしているといつてよく、短期記憶と長期記憶を中心として、コンピュータの機構と同じく、情報の直列的な逐次処理を行う。異なるのは、そこにリハーサルという一種のフィードバック回路が組み込まれていることである。

そして、こうしたモデルのもとに、人間の記憶研究などもその後推進される。

それと同時に、コンピュータ・シミュレーションなどは、コンピュータに知的なふるまいを実現させようとする人工知能研究ともかかわっていた。その知的なふるまいをさせるためのプログラムや手続きとか、一般的にもコンピュータのプログラムと関連して、虫 (bug)、サブルーチン、プロダクション、リスト構造、制御、探索など一連のプログラミング概念、あるいは演算概念 (computational concepts) などとよばれる諸概念やカテゴリが、「情報処理アプローチ」によって、認知心理学の中にも導入されてくる。もちろん、こうした部分はその後、認知科学 (cognitive science) として新たな学際的な分野を形成することにもなるが、それらは相互にあまりに融合していて、認知心理学の「情報処理ア

アプローチ」とその境界を分けることは不可能となっているといつてよいであろう。

さて、「人間はコンピュータである」のメタファに従って、人間をコンピュータに当てはめて見ていくと、今度は、人間の方が有する新たな点が見えてくるであろう。

というのは、人間の記憶を中心とする情報処理の研究を進めていくと、人間の行動レベルの情報処理は、逐次処理でよいかも知れないが、創造や連想などにかかわる思考や記憶などの過程は、並列処理を含むという考え方や知見がでてきたからである。そこで Atkinsonらの先の逐次処理的な記憶モデルに代って、記憶の並列処理モデル (Norman, D. A. & D. G. Bobrow, 1976) が提案される。そうすると、コンピュータの方も技術的に並列処理型に向けた研究が本格的に進められるようになるという具合である。

さらに加えれば、これまでのコンピュータには、人間なら容易に行う学習の機能を持たせることが至難であるとして、昔のパーセプトロン (Perceptron) の延長に位置づく、コネクシオン・マシンとしてのニューロ・コンピュータの開発研究が進められると同時に、この全く新たな観点からの人間の情報処理モデルとして、『心の社会』 (Minsky, M. A., 1985, 安西訳, 1990) が描かれたりする。

まさしく、こうした動きには、「人間はコンピュータである」のメタファにおいて、Black が言う「相互作用」が繰り返され、しかも近年では、その繰り返しの速度を増してきていることを、見てとることができるように思える。ただし、それによって、われわれ人間の内的な情報処理の機構や、心のしくみが前進的に解明されていくのであれば問題はないが、それが次々と脈絡なく変わってしまうことが大きな問題として、今日、批判の対象とされはじめています。

この点に関して、例えば Bruner は、これまでの「情報処理アプローチ」があまりにコンピュータ技術に支配されすぎたことを指摘している (Bruner, J. S., 1990)。

これを第一の批判とすれば、Bruner は、第二の厳しい批判を同一の著書でしている。

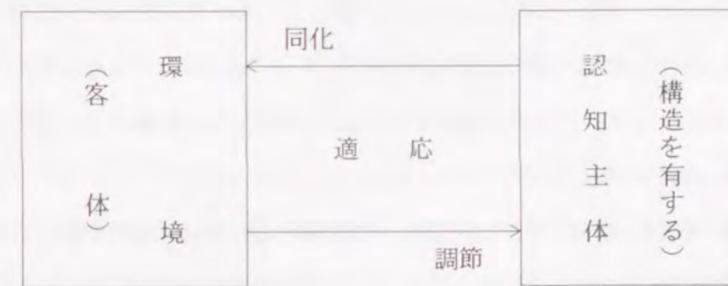
情報処理の根本メタファ (Bruner も root metaphor を用いている) による機械論的アプローチでは、人間にとって重要な社会や文化と密接にかかわる「意味」の問題が扱えないとする。コンピュータ的な情報処理では、一定の所与の交通網を目的まで走る車の最適ルートを見い出すような問題であれば扱うことができるが、「イスラム教原理主義者の心の中には、どのような世界観が構成されているか」とか「ホメロス時代のギリシャと脱工業化時代の自己概念は、どのように異なるか」などの問には、ほとんど将来とも扱えないであろうという指摘である (Bruner, J. S., 1990, P. 4-5)。

第三の批判は、人間の心の内部 (頭の中) だけを探究していくと、それにかかわる情報処理の段階を、次々と奥へ複雑に進めることになり、その結果、外の世界のリアリティとの対応がつかなくなるというものである (Vroom, P. A., 1988)。

以上のように、認知心理学における「情報処理アプローチ」 (認知科学を含む) に対する主要な批判を眺めてみた。近年では、日常認知や状況認知の研究者によって、類似の批判が数多くみられるようになってきた。

b. 「Piagetの認知発達理論」

メタファ論からみれば、Piaget は有機体論の立場にあるといえる。生物学から出発したこともあって、Piaget は、生物学的な枠組みや概念、カテゴリを心理学 (彼によれば発生的認識論) にも用いる。それは、図表 II-7 に示すような見方や枠組みである。(図表 II-7 参照)



図表 II-7 Piagetの研究枠組み

人間 (認知主体) と環境 (客) との相互作用を問題とするのである。基本的に相互作用という相互因果論理を問題とすることもあって、刺激-反応という単方向性因果論理を基調とする行動主義と較べて、その理論は複雑なものとなるといえる。

まず、その研究枠組みにおいて、人間である認知主体は構造を有することになる。とくに心理学の場合は、認知構造 (認知心理学一般では、今日、これをスキーマや図式などともいう) であり、一種の仮説構成体である。

そこで、認知主体である人間が環境に相対したとき、その認知構造が能動的に機能し、環境に働きかけ認知対象を変化させても、それを取り込もうとする。この働きを Piaget は同化と呼ぶ。するとこうした働きかけに対して、今度は作用あれば反作用ありで、環境側からの影響を受けて、認知主体である人間側の認知構造が変化させられる番となる。この

作用を調節と呼ぶ。

そして、こうした認知主体と環境との同化と調節によって、認知主体は環境に適応すると考える。また、こうした同化と調節の繰り返しによって、認知主体側の人間の認知構造は、量的にも質的にも変化していくことになる。そこで量的で小さな変化は学習ということになるが、それが質的にも大きく転換する時期があり、それが発達の段階だとする。

そして、ある発達段階という全体は、部分としての学習に制約を与えたとする。

このように、相互作用や全体と部分の関係など、Piaget理論は、有機体論の諸特徴をよく示しているといつてよい。

ちなみに発達の段階として、大きくみれば、感覚運動期（0～2才）、前操作期（2～7才）、具体的操作期（7～11才）、形式的操作期（11～14才）と示される。

有機体論上、その発達のステップの最終的な理論的な構造として、Piagetは論理学を採用しているといつてよい。

このPiaget理論は、認知心理学にも多大の影響を与えてきた。Piagetの認知発達理論をさらに洗練し、発展させようとする新ピアジェ派(neo-Piagetian)なども輩出してきた。

しかし、近年、さしものこの大理論も批判と切り崩しがなされ始めているのは、情報処理アプローチと同様である。

それは、いわれて久しいことでもあるが、その理論は生物学に基礎をおくこともあって、環境との相互作用といつても、どちらかという対物的なものが中心となって、対人的、つまり社会的文化的な方面に弱いことが指摘されていた。まさしく攻撃はここからなされたのである。もちろん、Piagetは、この点を気にしてか、次のようにも述べているのである(Piaget, J., 1980, P. 281)。

「個人の教育における文化の役割についていえば、それを考慮に入れないのは素朴すぎるといえる。だが、心理学的な問題は、文化がどのように作用するかを取込むことである。それは、能動的な同化によって、またあらゆる実在に対して、(実践的・認知的で唯一の)構造と道具を用いる適応として、生じうる。」(筆者訳)

ここで、Piagetが主張しているのは、すでにみてきたPiagetの研究枠組み(パラダイム)の中の同化や認知構造や適応などの中身として、文化の役割や作用を自然と取込めるのだと言うのである。

しかし、これは楽観的すぎるのが、近年明らかにされることになった。

心理学者の Hugesらは、Piagetで有名な「三つ山課題」を取りあげた。これは大小の三

つの山からなる模型を、子どもの正面におき、その側面に人形を置いて、その人形からその山の模型がどのように見えるかを、多くの絵から選択させると、7才以下の子どもは自己中心的であって、自分が見ている景色を選ぶというのである。

これに対して、Hugesらは問題の論理的構造は全く同じだが、「かくれんぼ課題」として提示してやると、4才の子どもでもできてしまうということを実験的に明らかにしたのである(Huges, M., & M. Donaldson, 1979)。

これによって、Piagetの示す発達段階への疑問が生ずるとともに、その切り崩しへの道がひらかれた。それと同時に、日常生活での子どもの有能性(コンピテンス)への注目および社会性の重視などが探究されはじめる一つの契機ともなった。

こうした研究も手伝って、近年、生物学に基盤をおいたPiaget理論から、社会や文化の中における人間観を強調する、かつてのVygotsky理論への注目と捉え直しなどが、進んでいる。

c. 日常認知と状況認知

さて、比較的新しく、1970年代の後半頃から、認知心理学においては、すでに触れているように「静かなる革命」が進行し、新たなパラダイムとして、日常認知(everyday cognition)や状況認知(situated cognition)の分野が登場し勢いを増しつつある。

これらは、相互に密接な関連をもちながら、これまでみてきた、心の内部の探究を中心とする機械論的な情報処理アプローチと、生物学に基礎をおいてPiagetの認知発達理論にみられる有機体論という認知心理学における二大パラダイムへの挑戦による、批判とその問題点の克服をめざしていると捉えられるであろう。

そのうち、日常認知は、メタファ論からみれば、リアリズム(フォーミズム)ということになる。この日常認知は、心理学上、Gibsonの知覚理論から導かれているところがみられるのであるが、われわれ人間の知覚は、直接的即座に日常的に豊かな対象を捉えるのであって、情報処理的な内的に複雑なプロセスや段階などは余計なものであるとする立場に立つのである。

Gibsonの同僚でもあったことがあり、情報処理アプローチを中心とした認知心理学のパラダイムの教科書を書いた、まさにその中で Neisserは、自らの心の葛藤を示すような次の文章を記している(Neisser, 1967, 大羽訳, 1981, P. 3)。

「樹木とか、人間とか、自動車とか、さらに書物とかについてさえ、確かにそこにはひとつの現実的世界がある。そしてそれは、これらの対象に関するわれわれの経験を左右す

るきわめて多くのものをもっている。しかしながら、われわれは、その世界に対し、またその諸特性のいかなるものに対しても、直接、媒介なしに接近する手段をもたない。古代のアイドラの理論は、対象のほのかな写しが、直接心に入り込むことができるということ

を仮定するが、それは棄却されなければならない。われわれが現実について知るものは何でも、感覚器官に依存するだけでなく、感覚情報を解釈したり、再解釈したりする複雑なシステムによって媒介されている。」

Neisserが、ここで述べている前半は、まさにリアリズムや日常認知についてなのであるが、最後の所で「われわれが現実について知るものは、(中略)複雑なシステムによって媒介されている」として、「情報処理アプローチ」のパラダイムの側に立つのである。ところが、Neisserは、ほぼ10年後の著作「Cognition and Reality(邦訳「認知の構図」)(Neisser, U., 1976、古崎他訳、1978)で、ガラリと転向、回宗するのである。その著作も「Gibson夫妻に捧ぐ」とあるように、新たなパラダイムに転向している。

そこでは、Neisserは、生態学的妥当性のもとに、情報処理の段階的モデルによるアプローチや人工的すぎるような実験心研究的研究を批判し、能動的なスキーマのみによる解釈学的ともいえる知覚循環の枠組みによって、日常的事象にアプローチしようとする。

さらに、近年では、文脈主義とも結びつけ、Neisserは、自然的状況や文脈の中での記憶研究などへ発展させてきている(Neisser, U., 1982、富田訳、1988)。

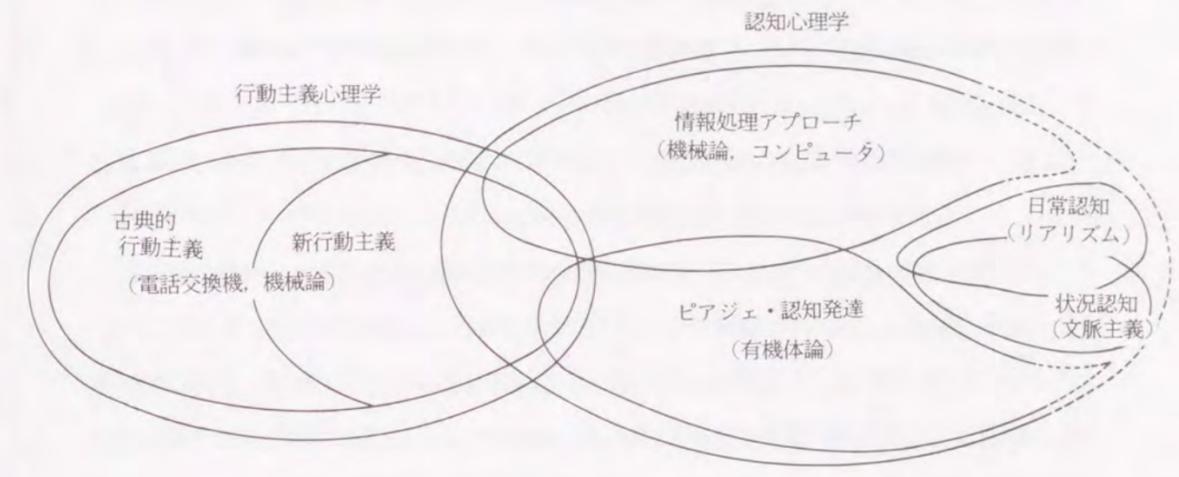
他方、状況認知は、メタファ論上、文脈主義の立場に立つものであって、そこでは多くの原因や条件などが結合したり、共に働くことによって、歴史や文脈や状況などの複雑ともいえる事象が生ずるとする。そして、そうした関連の中での活動として認知が捉えられる。

かくして、こうした認知心理学における、新たな二つの相互に関連しあい、重なりあったパラダイムのもとに、社会・文化の中での存在としてのわれわれ人間の認知について、今日、めざましい探究が展開され、多くの知見が蓄積されつつあるといえよう。

(2) 科学論からの検討

さて、これまで「科学のメタファ論」を心理学に適用して、かつての行動主義から最近の認知心理学までの変遷構造を明らかにする作業を行ってきた。

その概要を示すとすれば、図表Ⅱ-8のような模式図となるであろうか。(図表Ⅱ-8参照)



図表Ⅱ-8 科学のメタファ論からみた心理学のパラダイムとパラダイム変換を示す模式図
(右端の点線部分は、今日、まだ不明であることを示す)

「科学のメタファ論」からみれば、行動主義は、全体として機械論的色彩の濃い心理学であったといえよう。初期の古典的行動主義では、「電話交換器」メタファを採用し、新行動主義ではそのメタファの制約が少しゆるむ部分もみられることになるとはいってもである。ここでは、行動主義心理学の全体のパラダイムには、古典的行動主義と新行動主義の2つのサブ・パラダイムがあるとして、眺めてきた。そこには、そのメタファとかかわる共通の図式や枠組の修正がみられたといえる。

また、行動主義心理学には、当時の実証主義、論理実証主義、操作主義などの科学哲学が影響を及ぼしていた。

次に、行動主義から認知心理学へのパラダイム変換期は、すでにみてきたように、Kuhnが述べているような危機や革命期として、変則例が見い出されたりするなど複雑な様相を呈する。

そして、認知心理学が、行動主義にとって代って王座につくが、その全体のパラダイムの傘の下に、「コンピュータ」メタファを採用し、機械論的な「情報処理アプローチ」お

よび有機体論による「Piaget中心の認知発達」という2大サブ・パラダイムが存在し、支配することになる。ただし、この2大パラダイムは、必ずしも競合するだけでなく、共存する部分があったことが、指摘されるべきであろう。というのは、Piaget自身、サイバネティックスを自説に取り込むことに熱心であったし、人工知能研究にも理解があったという (Boden, M. A., 1980、波多野訳、1982)。

また、「情報処理アプローチ」の方も、Piagetの共同研究者でもあったPapert, S. などを通して、その影響がみられることは言うまでもない。

ところが、1970年代の中頃から、認知心理学に異変が生じたのである。行動主義に較べて、認知心理学には、「情報処理アプローチ」と「Piaget中心の認知発達」という2大サブ・パラダイムが存在し、上記のように融合する部分もあったりして複雑・多様なのである。それに加えて、生態学的妥当性とか状況とか文脈などの用語が、心理学の文献の中を飛び交うようになったのである。やがて、心理学ばかりでなく、外国の教育工学やCAI研究の論文の中にも、ちらほら見受けられるようになってきた。何事かが起っていることは、わかるのであるが、その全体像や理論の性格などが不明であった。

筆者の「科学のメタファ論」では、こうした事態を、図表Ⅱ-8に示すように、メタファ論上、リアリズムにもとづく「日常認知」と同様に文脈主義にもとづく「状況認知」という2つのサブ・パラダイムの出現であると位置づけている。

ここで、認知心理学の全体を眺めれば、奇しくもPepperの『世界仮説』における根本メタファ、機械論、有機体論、リアリズム(フォーミズム)、文脈主義の4つすべてがそろい、それぞれサブ・パラダイムを形成していることが理解される。したがって、今日の時点で、認知心理学は、こうした4つのサブ・パラダイムが存在するというきわめて複雑な様相を示しているといつてよい。

しかも、「日常認知」と「状況認知」は密接に関連して、つまりメタファ論上からすれば、「リアリズム」と「文脈主義」は混合メタファを形成して、これまでの「情報処理アプローチ」や「Piaget中心の認知発達」の両パラダイムに挑戦し対抗し競合している状況である。

果して、こうした複雑な状況は、新たな大きな革命期を迎えていることを示すのであろうか。あるいは、認知心理学のサブ・パラダイムが増えただけなのであろうか。

近年、筆者の知る限りでも、Neisserだけでなく、ここでは文献などは示さないが、GreenoとかBrown, J. S. などかつて「情報処理アプローチ」で活躍した第一線級の米国の

心理学者が、数多く状況認知などの新たなパラダイムに転向していることは確かである。また、Brunerは、新たなパラダイムとして、社会や文化の中での「意味」を扱うことを中心に据えた、「文化心理学(cultural psychology)」を提唱している。

さらに、理論心理学者のVroomは、大きな革命期にあるとはしながらも、予測は至難であり、将来がはっきりと決着をつけることを述べている (Vroom, P. A., 1988)。

この指摘は、当然であって、そこで図表Ⅱ-8の模式図の右端の点線部分は、今日、まだ不明であることを示す点に注意していただく必要がある。

とりわけVroomは、4つの根本メタファが同時に存在しているのは、現代の物理学と薬学にも見られることを指摘し、しかし心理学がユニークなのは、根本メタファ同士の混合、つまり混合メタファが見られる点であり、このことが心理学の不統一をも生じているとする。すなわち、情報処理アプローチによって、心の内部を探究しその豊かさに努めてきたのに、今度は、環境の豊かさと複雑さに目を向け、心は再度空虚で貧弱なものになるというのである。その結果、心理学の知識の蓄積は最適になされないのではないか、そして、こうした問題には、Pepperの根本メタファ間に関する研究がなされる必要があることを指摘している。

これも、もっともな見解であるように思われる。そこで、こうした見解を踏まえて、再度「科学のメタファ論」(図表Ⅱ-8)に戻ることにしたい。

さて、最後に、重要な共約不可能性との関連である。Pepperの『世界仮説』における根本メタファは、機械論、有機体論、リアリズム(フォーミズム)、文脈主義のそれぞれが、世界観、カテゴリ、概念、方法にかかわる固有性をもっており、原理上、相互に互換性がないとされる。

そこで、図表Ⅱ-8に示されるような「科学のメタファ論」において、例えば、認知心理学のパラダイムにおいて、そうした根本メタファによるサブ・パラダイムがそれぞれ形成されるのであれば、そうしたサブ・パラダイム間にも、共約不可能性の問題が生ずるのでないかという、新たな洞察が得られるように思われる。さらに、行動主義と、認知心理学の情報処理アプローチにみられる機械論間ではどうであろうか、電話交換器とコンピュータとをそれぞれ用いるメタファやモデルが異なるがなどという具合にである。このようにして、「科学のメタファ論」は、これまでの共約不可能性の議論に、新たな観点からの光を当てると同時に、さらに木目の細かさを加えるのではないかと、筆者は考える。

本論文では、こうした点を示唆するだけにとどめておくことにしたい。

Ⅲ章 C A I 設計思想の変遷構造

1. C A I 設計思想の文脈依存性
 - (1) 総合的な科学技術としての C A I 研究
 - ① 心理学のパラダイム変換の視点から
 - ② C A I 設計思想と教育実践の文脈
2. C A I 研究をめぐる今日の動き
 - (1) C A I 概念の新たな変質と拡張
 - (2) コミュニケーション課題とメディア技術の進歩
3. 心理学のパラダイム転換と C A I 設計思想の変遷
 - (1) 行動主義パラダイムにおける古典的 C A I 研究
 - (2) パラダイム変換期における C A I 研究の動き
 - (3) 認知パラダイムのもとでの C A I 研究
 - (4) 新たなパラダイムにおける展望

Ⅲ章 C A I 設計思想の変遷構造

1. C A I 設計思想の文脈依存性

さて、本章では「C A I 設計思想の変遷構造」を明らかにする作業を行っていくことにしたい。その際、筆者が採用するのは、近年の「新科学哲学」が主張する、歴史性を重視する文脈主義(contextualism)の立場である。すでに、第一章において、旧来の科学観、技術観では、それぞれが互いに分離され、科学と技術とは階層構造的な関係にあって、科学が上位の優位な位置を占め、そこから技術は応用として発明され開発されたりするという見方に立つものであったことを、考察した(Barnes, B., & D. Edge., 1982)。また、そこでは、科学は歴史的な文脈や社会の状況に依存することのない普遍かつ不変な基準のもとに、正当化の検証や評価がなされる一方、技術は、科学が示すところをどれだけ実現しえたかという基準のもとに、その成果の評価がなされる傾向があったことが指摘される。すなわち、旧来の科学観、技術観は、すでにⅡ章で詳しく考察したように、古い論理実証主義の科学論を基盤とするものであったといえる。

それに対して、「新科学哲学」における新たな科学観・技術観は、もはやそれぞれ分離しえず、むしろ対称的な関係にあって、科学・技術として表裏一体をなすものとして扱われると同時に、歴史的な文脈や社会的状況など、広く文脈に依存する基準に立つといえる。

第一章では、こうした新たな科学・技術観に基づいて教育工学全体の捉え直しと再構築を主として論じたが、「C A I 設計思想の変遷構造」の解明も、この新たな科学・技術観と文脈主義のもとになされることを再確認しておきたい。

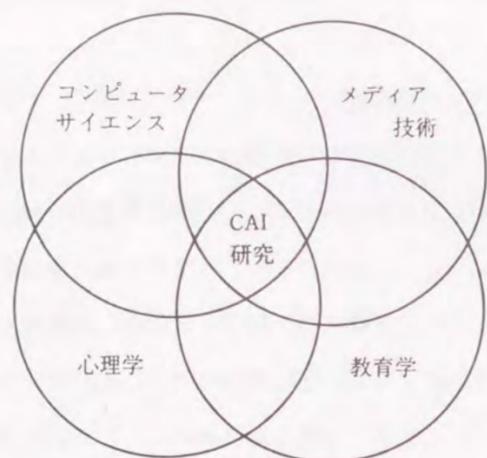
それによって始めて、具体的な C A I 設計(第Ⅳ章で課題とする)にあたって、それがわれわれの「見取り図」や「認知地図」として、役立つものとなる。

(1) 総合的な科学技術としての C A I 研究

C A I 研究は、かくして総合的な科学技術の研究として位置づけられる。

ここで、総合的な科学・技術と述べたのは、C A I 研究が図表Ⅲ-1に示すように、さまざまな科学・技術分野の境界領域に位置しているからである(図表Ⅲ-1)参照。

すなわち、これまで C A I 研究は、心理学、コンピュータ・サイエンス、教育学、メディア技術という相互に密接に関連する総合的な境界領域、学際領域として、存在してきたといえる。



図表Ⅲ-1 総合的な科学・技術としてのCAI研究

そのためCAIの設計思想においては、これらの諸分野を統合する必要に迫られることになり、その意味では「CAI設計思想の変遷構造」は、そうした諸分野の発展の時代文脈に依存するという文脈主義の特徴を有することになる。

そのうち、筆者は、とりわけ次の2点から見ていくことにしたい。

① 心理学のパラダイム変換の視点から

CAIは、もともと Skinnerのプログラム学習におけるティーチング・マシンから、そのコンピュータ利用によるより高度なシステムをめざすものとして誕生してきたこともあって、心理学的には人間の学習の諸問題にかかわるし、教育的には、教育内容、教育方法（技術）など教授・学習をめぐる一般的課題と関連する。とくに、コンピュータの教育利用において、CAIが人間の学習の諸問題にかかわるという点は、重要であって近年でも強調されていることである(Mandl, H. & A. Lesgold., 1988、菅井、野嶋監訳、近刊)。つまり、CAIには、学習の成立か否かという明確ともいえる基準が存在するのであって、このことが他のコンピュータ教育利用の分野（例えばCMIなど）とを峻別すると同時に、コンピュータ・サイエンスやメディア技術の進歩とともに、CAIの可能性を増す基盤ともなっているといえる。

その結果、例えばCAIの定義にしても、それは比較的早い時期に「コンピュータ利用による教授・学習システム」(木村、1977)という提案がなされているが、今日でもこのような定義はほとんど変更する必要がないといっていよいであろう。

というのは、CAIの概念や形態は、たしかに学習にかかわる心理学の研究の文脈、すなわちパラダイムに応じて、その概念が拡張され、新たな形態が出現するのであるが、それらにしても結局は、広く定義された「コンピュータ利用による教授・学習システム」の範疇内に位置づくことになる。

例えば、近年、CAI(Computer Assisted Instruction)に対して、CAL(Computer Assisted Learning)が提唱されたりしている。すなわち、Instruction(教授ないし指導)にみられるように、CAI側が主導権をとって教え込み型になるのに代って、Learning(学習)の用語を用いて、学習者側が主導権をとって、能動的な学習を進めるシステムになっていることを強調する動きといっていよい。たしかに、こうした提案には、一理あることは認められるが、それは行動主義のパラダイムから、認知心理学のパラダイムに移ったことともなう、教授から学習への強調点の移動と見なしうる。学習環境をめざすのは、近年のCAIの主要な動きなのである。

そこで、本論文では、こうした問題もCAIの範疇内におさめ、その概念の変質や新たな形態の出現として取り扱う方が生産的であるとする立場をとる。さらに、最近、とくにメディア技術の進歩とともに、インタラクティブ・ビデオディスク(Interactive Videodisk)とかハイパーメディア(hyper-media)などが、新たに教育利用として注目を集めているが、これらも学習を基準にしている点において、また、最近の認知心理学における文脈主義の状況認知のパラダイムのもとで適切に用いられるものであって、CAIの範疇に入るのはいうまでもない。

かくして、Ⅱ章で構築した「科学のメタファ論」と心理学への適用との関連において、「CAI設計思想の変遷構造」が広い分野にわたって解明されることになろう。その際、科学技術としてのCAI研究が、科学としての心理学と、まさに表裏一体をなして変遷するのを見ることになろう。つまり、心理学におけるある新たな知見は、ほとんど即時に新しいCAI設計思想に取込まれ、技術的な検証を受けると同時に、深められたり洗練されるであろうし、場合によっては、愚直に動くコンピュータを介して、新たな心理学の知見の創出にもかかわるであろう。

とりわけ、「科学のメタファ論」では、それぞれ、機械論、有機体論、文脈主義、リアリズム(ホーミズム)という根本メタファと結び合った心理学における諸パラダイムが、どのようなCAIの開発にかかわるのかが、見通しよく解明されることになろう。その中でも、とくに、近年の認知心理学にみられる「静かなる革命」の複雑な様相は、リアリズム

ムと文脈主義の混合メタファ (mixing metaphors) という、二つのパラダイムの重なりを含んだ密接な関係として明解に取扱われ、今日のC A I 設計思想を鮮明に照し出すことになろう。

② C A I 設計思想と教育実践の文脈

C A I 設計思想と教育実践の文脈との関連は、また重要な問題である。ここでは、C A I の設計思想は、心理学におけるパラダイムの変換などとともに、大きく変遷していくと捉えていくわけであるが、その場合、それをを用いる教育実践の文脈との間に、ずれが生ずる可能性があるからである。一般に、開発されたC A I と、それをを用いる授業とは整合性がなければ、教育の成果は期待できないであろう。

この問題には、対極的ともいえる2種類の研究が存在するように思われる。

一つは、先端的なプロトタイプ研究である。心理学などの新たな知見やパラダイムのもとに、とにかく革新的なC A I 設計思想に基づき開発を行い、そこからそれに整合するような授業を要請していく立場の研究である。これは、教育実践の場から見たとき、現状打破的であり、革新的であるが、それまでの教育実践の文脈から逸脱して混乱を生ずる場合もある。この点にはとりわけ注意を要するのは、いうまでもない。

これに対して、もう一つは、とにかく教育実践の文脈を尊重し、そのときの目標や内容をはじめ所与の条件のもとに、それに整合するC A I を開発し、実践の文脈に適合させていく研究の立場である。これは、実践に追従していくもので、革新性に乏しいし、下手をすると、時代の文脈からかなり遅れることになりかねないであろう。

というのは、喩えていえば、パラダイムや理論の流れは、時代の文脈などに対応して比較的速く流れるのに対して、実践は一般的にどうしても遅く流れるという、いわゆる時間的遅れ (time lag) が生ずるからである。

筆者は、新たなパラダイムや理論は、その時代の価値観やさまざまな諸要請を反映している (パラダイム論も、このことを主張している) と考えられるので、後者よりも前者の立場を支持したい。つまり、先端的なプロトタイプ研究であり、そうすることによって、教育の可能性を高めていくと同時に、パラダイムや理論と実践との間の距離を少なくしていくことができるし、それが研究者に与えられた重要な役割であると考えられる。

もちろん、パラダイムや理論の流れと、実践の流れにこうした速度の差があるとすれば、その両方の流れに橋をかけるC A I 設計思想には、困難であっても実践への十分な配慮が盛込まれる必要があるのは、いうまでもない。

最終的に重視されなければならないのは、教育においては、まさにこの実践の場だからである。

この点に関しては、次のIV章で具体的に論ずることになる。

2. C A I 研究をめぐる今日の動き

今日、C A I 研究をめぐる、次に列挙するような新たな動きが生じているように思われる。最初に、それらを簡単にながめ、本論に入ることにしたい。

(1) C A I 概念の新たな変質と拡張

まず、C A I 概念の新たな変質と拡張があげられる。それは、C A I に関する心理学の理論の発展から、すなわち、II章で構築した「科学のメタファ論」の観点から、適切にとらえられる。

C A I 研究も、30年を超える歴史を積み重ねてきているが、初期の伝統的・古典的なC A I をCarbone (1970) が言うところに従って、A F O (Ad hoc Frame Oriented) C A I の研究ということにすれば、その後それに代って、人工知能研究と結びついた知的C A I (Intelligent C A I : I・C A I と略記される) とか知的チュータリング・システム (Intelligent Tutoring System : I T S と略記される) の研究、また認知発達研究に基づき、応答する環境 (Edison Responsive Environment : E R E と略記される) をはじめとする一連の学習環境型C A I と呼ばれる研究などが盛んになった (Barr, A., and E. A. Feigenbaum, 1982、菅井、1989)。

こうした方向へのC A I 研究の変遷は、まさにC A I の理論としての心理学における行動主義から、認知心理学の「情報処理アプローチ」や「認知発達」研究へのパラダイム転換に起因するものであったと、見ることができる。さらに、近年では、心理学において「静かなる革命」 (Bruner, 1987) が進行し、それにもなって新たなコンピュータ利用やC A I 概念の変質と拡張がみられるようになってきた。

そのうちのいくつかを、次に列挙して概括してみることにしよう。

a. 「グループウェア (groupware)」

まず、象徴的な動きから広くみていくことにすれば、人工知能の分野において生じたことに触れなければならぬ。それは、かつての人工知能研究者であり、その自然言語理解と知識表現において、画期的ともいえるロボットによる「積み木」の世界を取扱い (S H

RDLUシステム、1971)、人工知能の実用化への期待を抱かせ、そのマイクロワールドをどこまで広げられるかが、まさに注目されていたWinograd, T.が大きく転向し、人工知能の批判者側にまわったことである(Winograd, T. & Flores, F., 1986、平賀訳、1989)。そして、哲学や現象学、解釈学、生物学、言語理論(言語行為論)など、主として人間諸科学の基盤と方法論のもとに、コンピュータ利用のための新たな設計理念である、グループウェア(groupware)の思想と結びついた。この思想は、人間の共同作業(cooperative work)を強調するものであって、コンピュータ利用にあたっては、いわゆるCSCW(Computer Supported Cooperative Work、コンピュータ支援共同作業)を提案する。つまり、人間相互の共同作業やその調整(coordination)を中心に据えた、コンピュータ利用によって一定の目標を達成しようとする思想である。こうした新たな動きを、逸速く取り入れて、これまでの認知科学に代って、経営学や組織論、心理学、経済学までにかかわる「調整理論(coordination theory)」という新しい学際科学が提唱され(Malone, T. W., 1988)、MITには「調整科学センター(Center for Coordination Science)」がすでに設置された(1990)。

こうした急激な展開がみられる、Winogradが人工知能研究の限界で到達した思想には、人間の本来の在り方として、つまりわれわれの日常的な生活における、対人的な共同作業などのグループウェアという社会性の重視が認められるのである。ここには、近年の認知心理学における日常性を強調するリアリズムや文脈主義の登場と連動する動きがみられるといつてよい。

というのは、こうした動きはわれわれ人間の日常生活における常識的知識を取り扱う、その知識表現法を探索する中で、人工知能がその限界に直面した結果であり、共同作業の主張などは、まさに文脈主義の帰結でもあるからである。文脈主義は、多くの原因などが共応(coordinate)したり、統合したりして生ずる複雑な事象を扱うが、その場合、多くの人間個人どうしが共同作業したり、グループを構成したりして、複雑な仕事を達成するなど、その取扱いの対象とするのである。

Winogradが、こうした方向へ進む契機となったのは、いうまでもなく人工知能における自然言語と知識表現法を介してであるが、ここでもまた、人間の言語の問題で、人工知能研究は、暗礁に乗り上げたのだといえる。それは、丁度、行動主義のSkinnerが言語の問題を取扱ったとき、言語学者のChomskyの好餌となったことを思わせるものがある。おそらく、広く社会的・文化的な意味を含む人間の言語を、コンピュータ内部だけに知識表現

して押し込めようとしても、少くとも今日の人工知能のレベルでは、大きな限界があることが明白になったのである。

Winogradは、そのグループウェアの提唱にあたって、言語行為論(Austin, J. L., 1962)を採用し、言語行為にともなうコミットメントを重視し、それが意味の社会的共有をもたらすという考えを、提示している。もちろん、言語行為論の現在の主流は、発話の意味が、文脈依存である立場を強調しているが、こうした方向は、日常性における状況や文脈との関連での言語を取扱い、近年、注目されはじめているHallidayの言語理論などにもみられるものであろう(Halliday, M. A. K., 1985)。

このように、Winogradの転向をめぐる動きをみても、コンピュータに知能をもたせ、人間に近づけるといふ、いわばテクノロジー主導型ともいえる方向をめざすよりは、むしろ人間本来のあり方、すなわち能動的でしかも社会や文化の中での存在であるということ尊重し、コンピュータなどもその道具として利用していくといういわば人間主導型ともいふべき方向をめざす、思想の大きな転換が認められるように思われる。

こうした観点から、Winogradは、わが国の「第5世代コンピュータ開発計画(ICOT)」などの不可能性を指摘し、批判するのである(Winograd, 1986、平賀訳、1989、P.218-P.227)。つまり、「社会的な行き詰まりの解消に貢献しよう」とか「汎用機械翻訳とか真の自然言語理解をめざす」という目標などいずれも、結局は放棄されるだろうという具合にである。こうした指摘や批判を受けるまでもなく、その10年計画は、その野心的計画とは裏腹に、残念ながら終幕の年(1992年)を迎えようとしている(前掲、1991)。

こうした背景にあつて、知的CAIにおける知的チュータリング・システムやエキスパート・システムの研究も、今日、困難に直面しているといつてよい。とくに、エキスパート・システムについては、人工知能の初期の頃から一貫して、哲学や現象学の立場から、批判者であったDreyfus, H. L.は、最近では、技能習得にかかわって状況や文脈把握の重要性のもとに、初心者から、中級者、上級者、プロを経てエキスパートに至る五段階モデルを提示して、人間の技能習得などには、人間に固有な没合理的な広大な領域がかかわることを指摘し、合理性のみによって構築されるエキスパート・システムの限界を指摘している(Dreyfus, H. L. & S. E. Dreyfus, 1986、椋田訳、1988、P.37-P.85)。

また、知的チュータリング・システムにおいては、そのアーキテクチャ(architecture)の中核となる学習者モデルにこれまで状況依存的な知識を含ませてこなかったけれども、算数などの領域で、それを少しでも含めると、きわめて複雑で困難な課題になることが

報告されている(Wachsmuth, I., 1988、菅井、野嶋監訳、近刊)。

いずれにしても、知的C A Iをめぐる研究は、登場ときに期待された程の成果はあげ得ず、今日ではむしろ欧米では、学習環境構成の方向をめざす傾向がみられるし、文脈主義への転向などもみられる(例えば、Brown, J. S.や Greeno, J. G.などである)。

以上、見てきた重要な点は、文脈主義やリアリズムが、科学哲学ばかりでなく、人工知能、認知心理学、言語学などと連動して、今日生じており、コンピュータの教育利用ともかかわってきているのである。

b. 「学習環境型C A I」

次に、新たなC A I概念の登場と拡張をみてみよう。まず、ニューメディアとしてのコンピュータは、それを教育で用いる場合、複数の学習者同士の教えあいなど、これまでの印刷メディアやテレビなどのメディアとは異なる、新たな特性を有するのではないかという主張がなされることになった(White, M. A., 1983)。

このような考えは、文脈主義とかかわってのC S C W(コンピュータ支援の共同作業)の思想などとも関連して、新たなC A Iを誕生させることになった。

それは、象徴的には、セサミストリートのスタッフとバンク・ストリート教育大学とで開発した「ミミ号の航海(The voyage of the Mimi)」などにみられる(Wilson, K., 1985)。そこでは、テレビ番組、コンピュータ・ソフト、印刷物、教師によるガイドというように、8才から14才までの子どもの学習者を対象としたマルチメディア(もしくは、メディア・ミックス)用パッケージが用いられる。そして、それは、インタラクティブ・ビデオのプロトタイプとして、子どもの探索的な学習環境の開発と位置づけられている。

学習者である子どもは、まず、テレビ番組を視聴することになるが、それによって「ミミ号の航海」にあたって遭遇するさまざまな出来事、つまり嵐にあって海難救助隊に助けを求めたり、船が難破して孤島で生活したりというようなストーリーを頭に入れるのである。それが終ると、今度はいよいよ子ども達は、コンピュータ・ソフトで学習することになる。その場合、複数の子ども達が1台のコンピュータを囲んで、グループで共同作業によって学習を進める。例えば、船で遭難して孤島で生活せざるを得なくなったときには、島の生態系をこわさずに獲物をとるなどして食物を貯蔵することになるが、ディスプレイ上に時々刻々と減少する食物貯蔵量の表示を見ながら、適切に獲物をとるには、子ども達同士の共同作業が不可欠なものとして要請される。この場合、他のグループとは、一部競争場面が入るであろうが、同一グループ内では共同作業が中心となるのはいうまでもない。

このような「ミミ号の航海」は、認知心理学における文脈主義(状況認知)のパラダイムのもとにあるといえる。すなわち、C S C W的な共同作業がみられるばかりでなく、テレビ番組を最初に視聴することによって、子どもである学習者は、物語の筋や文脈を前もって頭の中に入れるのである。そうした大きな文脈や筋が共有されれば、共通の見通しのもとに子ども達が、コンピュータを囲むとき個々の状況に右往左往せず、能動的に共同作業に取り組むことができることになる。

C A I研究においては、こうした学習の「見通し」や「洞察」をいかに与えるかが、これまでも問題とされてきたが、文脈主義のパラダイムのもとでは、このように文脈や筋を構成して対応しようとする。人間には、本性的にこうした筋や物語や文脈にのったり、また自らもそうしたものを構成しようとする、「語り思考(narrative thinking)」と呼ばれるものが存在することが、近年、強調され注目を集めるようになってきた(Bruner, J. S., 1990、Sarbin, T. R., 1986)。この種の文脈主義(状況認知)のパラダイムのもとでのシステムでは、学習ソフトは、単にコンピュータ用のソフトばかりでなく、こうした文脈を与えるソフトも重要な役割を果すものとして位置づけられる。

この「ミミ号の航海」は、自然科学教育を中心として学校教育で用いるものであった。実際、学校で子ども達を熱中させたことが報告されている。

続いて、「ミミ号第二の冒険」のテレビ番組がもとになって、「パレンケ(Palenque)」遺跡という、考古学における古代マヤ文明における遺跡を擬似探検する、マルチメディア・インタラクティブ・デジタル・ビデオのプロトタイプ開発研究がなされた(Wilson, K., 1987)。これは、4才~8才の子ども達のために、しかも家庭用として用いることがめざされている。そのため、外部の案内役(ガイド)がなくとも容易に使用できるように、VTRによってパレンケ遺跡探検の概略や、システムの操作法などが説明されるなどの工夫がなされている。それとともに、メディア技術上、光ディスクを使用し、考古学者が案内役として動画で登場したり、入力装置としてジョイスティックを用いて、探検ルート上の任意の地点で180度にわたって周囲を見回すことができるなど、ハイパーメディア(hyper-media)の特性をもたせている。

以上、「ミミ号の航海」シリーズは、幼児番組「セサミストリート」の経験豊かなスタッフが参加したこともあり、かつとりわけ認知発達分野において、リアリズム(日常認知)や文脈主義(状況認知)が進行したことも手伝ってか、理論上もそうした両パラダイムのもとでの設計思想となっているように思われる。そして、ここでも示されているが、

そうした新たな認知のパラダイムのもとでは、これまでのC A Iに見られた、コンピュータを一人一台で用いて学習をするという個別化を理想とする思想は、今日、再検討を余儀なくされているといつてよいであろう。

その新たなパラダイムや枠組のもとでは、人間の本来の在り方、自然な日常生活における在り方として、対人的な社会性や文化との関連が重視され、教授学習においても「認知的見習い学習 (cognitive apprenticeship learning)」(Collins, A., Brown, J. S. and S. E. Newman, 1989) や共同作業を中心とした「共同学習 (cooperative learning)」(Brown, A. L. & A. S. Palincsar, 1989) が提案されるような状況を今日迎えている。こうした枠組からみた場合、今後、僻地教育におけるあまりに少人数の生徒からなる分校などには、情報技術を利用した、対人性を補う豊かな学習環境構成のための研究も必要となる。

c. 「複雑な学習を扱う多様な理論」

認知心理学における新たなパラダイムとしての、リアリズム (日常認知) や文脈主義 (状況認知) では、すでに触れたが、本来、2つのパラダイムで重なり合いもみられるのに加えて、Pepperが、すでにリアリズムも文脈主義も共に精密性には欠ける (inadequacy of precision) が、分散的な理論 (dispersive theories) を構成することを指摘している通り (Pepper, S., 1970, P. 141-P. 150)、まさに多種多様な理論に基づくシステムの開発や、教授・学習の理論が、すでに登場しはじめているし、今後も現われてくる可能性がある。

それは、現代社会における価値観の多様性にも応ずるかの如くである。

こうした動きは、認知心理学における、これまでの「情報処理アプローチ」やPiagetなどをはじめとする認知発達研究にみられる、機械論や有機体論が、Pepperによれば、それぞれ範囲に限界をおく (inadequacy of scope) が、精密で統合的な理論 (integrative theories) を構成するものであったのと、きわめて対照的であるといえよう。

そこで、もう少し、新たな動きを追ってみる必要がある。

まず、日常認知 (リアリズム) と状況認知 (文脈主義) のパラダイムのもとに、複雑な学習現象を取扱えるように、「学習に関する多重原因的性格 (multisource nature of learning)」をめぐって、統一したアプローチを試み教育に寄与しようとする動きが、最近みられる (Iran-Nejad, A. et al., 1990)。

そこでは、人間とは、多重の要因や原因が同時に共応化したり結合したりして生ずる、

文脈や状況をはじめきわめて複雑な現実世界の諸問題を、上手に扱うという能力を自然に身につけているとする人間観に立つのである。そして、樹木などの成長の場合にみられるが、内的な樹木本体ばかりでなく外部の空気や土などの要因や原因が同時に働らくとき、成長が最善になされるのと同じように、人間の成長や発達や学習などもこうした内的・外的な多重原因が同時に働らく、ダイナミックな過程であると捉える。とくに、学習の多重原因的性格からみた場合、外部世界の情報という質的にも異なる多様な要因や原因から同時に生ずる複雑な事象に対しては、学習者は多重の感覚モダリティ (sensory modality) を用いて、つまり、身体感覚などを含むすべての感覚や能力、活動などを全開して対応することが要請されるとする。

こうした新たな思想は、ハイパーメディアなどの登場にも、まさに適合するものと考えられる。この「学習に関する多重原因的性格」をめぐって、「有意味学習の諸相 (Shuell, T. L., 1990)」、「学習過程の能動的・ダイナミックな自己調整」(Iran-Nejad, A., 1990)、「教育的学習理論の方向」(Bereiter, C., 1990)などの理論構築や展望がなされている。このような新たな理論構築と対応するようなシステムの開発もなされている。

それは、学習者の知識の柔軟な再構成をめざすという「認知的柔軟性 (cognitive flexibility)」の考えのもとに、ハイパーテキスト (hypertext) を活用して、複雑な教材のネットワーク上を、非線型的にまた多次的に縦横に学習させる、コンピュータ利用の学習環境システムである (Spiro, R. J. & J. Jehng, 1990)。この「認知的柔軟性ハイパーテキスト」プロトタイプ・システムにおいては、昔の映画「市民ケーン」のビデオディスク盤を用いて、ハイパーテキスト (テキスト、ビデオ、オーディオ) を作成し、文学的な教材とする。そして、初学者でなくさらに進んだ学習者を対象として、その複雑な内容を有する教材のネットワークをランダムアクセス的に縦横に、さまざまな文脈のもとに学習してもらうことになる。その際、同一の教材内容に再遭遇しても、文脈に依存して見え方や意味が異なって理解され、これが学習者の知識の柔軟な再構成、つまり「認知的柔軟性」に寄与すると主張する。その実際の有効性は、まだ明らかではないようであるが、文脈主義による研究の一つの方向性を示すものであろうし、これまでのシーケンシング (sequencing、教材の系列化) 理論 (菅井、1982) を大きく転換する可能性も期待される。

d. 「自己内省学習 (self-reflective learning)」

認知心理学におけるリアリズム (日常認知) や文脈主義の新たな両パラダイムのもとでは、また自己内省学習 (self-reflective learning) が強調されるとともに、コンピュー

タ利用による学習環境の構成においても、思考にかかわる内省や反省 (reflection) 概念が注目され、コンピュータをそのためのリフレクタ (reflector) とする新たな見方が登場することとなった (Collins, A. & J. S. Brown, 1988)。

これまでのCAI研究において、行動主義のパラダイムのもとで条件づけの学習に、認知心理学の認知発達パラダイムのもとで、応答する環境などで動機づけに、また、行動主義から認知心理学へのパラダイム変換期に登場したシミュレーション様式において、観察学習にと、それぞれCAIが役立てうるということを実際に示してきたが、ようやく最近の新たな認知心理学の両パラダイムのもとに、学習者の思考の促進をはかる、概念装置や新たなコンピュータの見方が登場したといえる。すでに、数学を対象とした AlgebraLand (Brown, J. S., 1985) や Geometry Tutor (Anderson, J. R., Boyle, C. F. & B. J. Reiser, 1985) などが開発されている。

筆者らも、「教えることによって学ぶ—チェータ・シリーズ」CAIとして、ここ数年間にわたって、プロトタイプをめざして研究を推進してきた (森田他, 1987、菅井他, 1989)。その設計の実際や、実験などについては、次のIV章で詳しく論ずることとする。ただし、ここで触れておきたいのは、思考にかかわる内省 (reflection) の概念は、文脈主義にも位置づく社会学者のMead, G. H. (1934) に源流があるもので、近年の認知心理学の両パラダイムのもとでも、対人的社会性を重視する関係の中に位置づけられていることである。

一つは、現実の日常性の中での対人的な学習を重視する「認知的見習い学習」における共同作業を通しての思考としての内省である (Brown, J. S., Collins, A. & P. Duguid, 1988)。もう一つは、教師と生徒の共同作業である教授・学習において、教師と生徒が相互に教師役をつとめるという新たな教授法としてその成果が報告され、今日、注目されている相互教授法 (reciprocal teaching) との関連での内省である (Collins, A., Brown, J. S. & S. E. Newman, 1989)。

このようにみると、共同作業を介しての思考としての内省 (reflection) であることがわかる。ただし、ここで別にして示した両者は、近年の認知心理学の両パラダイムのもとでは密接に関連しており、不可分であるといつてよい。というのは、現実世界や日常性の中で子どもなどの活動が、有能さ (competence) を発揮しているという、日常認知の研究により知見などによって、日常性を重視するリアリズムの観点から、近年、従来の学校教師の在り方が批判されはじめ、リアリズムや文脈主義のもとに、日常性とも結びあい、

広く社会や文化との関連の中での新たな学校教育の在り方が、今日、模索されているからである。

(2) コミュニケーション課題とメディア技術の進歩

CAI研究をめぐる今日の動きとして、コミュニケーション課題とそれに密接にかかわるメディア技術の進歩をあげることが、できるであろう。

情報化や国際化が進展する現代社会においては、コミュニケーションが重要な課題となるに至っている。

南北問題を含め、世界のコミュニケーション問題に取り組むユネスコによって、1980年代に入ると逸早く、「メディア教育に関するグンバルト宣言」(1982)が公表され、その後「メディア教育」(1984)に関する報告書が提出された (水越敏行, 1990)。

もちろん、この背景には、1970年代におけるマイクロエレクトロニクス技術をはじめ、デジタル通信技術、コンピュータのハードウェア、ソフトウェアおよびネットワーク化に関して、飛躍的な発展と普及を可能にする諸技術が、準備され培われることがあった。

そして、これによって、1980年前後にはコンピュータは、マイクロコンピュータ (マイコン) やパーソナルコンピュータ (パソコン) として、小型で大きな記憶容量をもち、しかも性能がよく廉価であるという普及のための条件が整い、社会のなかに情報ネットワークを構築しはじめ、従来の集中型情報化に代わって、分散型の広域情報化を推進しはじめるなど、ニューメディアによる多様なコミュニケーション時代への端緒が開かれた。ユネスコの「メディア教育 (media education)」の提唱は、まさしくこうした動きの中でなされたものであった。

この「メディア教育」において重要なのは、「メディア利用の教育」と同時に「メディア・リテラシー (media literacy) の育成」を提案していることである。つまり、世界のコミュニケーション問題の解決には、各国が「メディア利用の教育」を推進するとともに、メディアの理解と活用に関わる基礎的能力として「メディア・リテラシーの育成」が重視されなければならないとする思想である。

欧米諸国などでも、その提唱を受けて国をあげて教育政策に反映させはじめたこともあって、わが国でも、1985年前後からこの課題に取り組みはじめた。その際、コンピュータが学校に導入されはじめたことと、メディアのうちコンピュータが今後中心になっていくということもあって、「コンピュータ教育 (computer education)」が、一時的にであるが

提唱されることがあった。その場合、先の「メディア教育」の基本的な考え方が踏襲されたといつてよい。すなわち「コンピュータ教育」では、教育の方法としての「コンピュータ利用の教育」と、教育の内容としての「コンピュータ、リテラシの育成」があり、両者は車の両輪のように、相互に不可欠なものであるとする考えである。

その後、新学習指導要領の公示とともに、結局、わが国では、メディアやコンピュータよりも基礎的で普遍的であるとも考えられる情報という用語を用いた「情報教育」と呼ばれることになった。そして、リテラシの育成にかかわる側面は、「情報活用能力」とされ、メディアやコンピュータ利用の教育の側面は、「教育方法・技術（教材及び情報機器の活用を含む）」として、一般に教育の方法との関連で利用されることが奨励されるとともに、新たな教員にも必須の科目となるに至った。

ここに、C A I 研究は、従来の研究室を中心とする研究から、現実の実践とかかわることになった。まさに、今日、本格的な実践の段階に入ったのである。

このように、コミュニケーション課題とメディア技術との教育におけるかかわりとその展開をみてみると、メディア技術が、近年、コンピュータとも結びついて加速度的に進歩していることもあって、人間のコミュニケーションとの関係が問題となってくる。

この関係の問題は、C A I 研究にかかわるのは、いうまでもない。

とりわけ、今日、ハイパーメディアやハイパーテキストなどと、コミュニケーションとの関係があげられる。

こうした問題を考え、見通しなり展望をひらくには、図表Ⅲ-2が参考となろう。（図表Ⅲ-2参照）

- ③ 言語・記号的表象 (symbolic representation)
- ② 映像的表象 (iconic representation)
- ① 行為的表象 (enactive representation)

図表Ⅲ-2 認知・発達モデル (Bruner, J. S., 1966)

これは、本来、人間の認識の水準が、行為から、映像、さらに言語や記号へと発達的に移っていくという認知・発達モデルを示すものとして提案された (Bruner, J. S., 1966, 田浦・水越訳, 1968)。だが、われわれ人間のコミュニケーションやそれによる理解などを考える場合、そのモデルとしても用いるであろう。例えば、特殊な紐の結び方などを

コミュニケーションによって教える場合など、行為をして、そのプロセスを映像的に示し、かつ言語的説明を添えることが必要であろう。その際、理解する者は、その言語的説明を耳で聴いて、映像的にそのプロセスを目で見て、実際に自分でも紐を結ぶ行為をしてみ、はじめて十分な理解がなされるであろう。用いる言語が同一であり、互いに実際の紐を持つての大人同士のコミュニケーションであれば、理想的であり、容易に理解がなされるであろう。しかし、言語を異にする外国人や、言語的理解がまだ十分でない発達段階の子どもが相手であれば、事情がかわることになる。

われわれは、何らかの映像的、また記号的表象に訴えたり、身ぶりや手ぶりなどの行為も参加させて、言語機能を補ったりしながら、コミュニケーションの成立を図ることになる。 (筆者は、多民族国家マレーシアでの教育援助活動で、このことを体験した。筆者の英語による講義を、通訳の教官がマレーシア語で多民族からなる学生に伝え、質問がマレーシア語でなされると、英語に直して筆者に伝えてくれる状況では、OHPやVTRなどのメディアを用いたり、身ぶりや手ぶりを多用せざるを得ないのである)。

世界のコミュニケーション問題に取り組んでいたユネスコによる「メディア教育」の提唱には、こうした場合のメディア利用の有効性を基盤にしていると考えられる。

最近、コンピュータと光ディスクやビデオディスクなどのメディア技術との複合メディアとして登場してきたハイパーメディアは、そのインタラクティブ性ととも、行為、映像、言語・記号のすべてを一応扱うようになったといえよう。つまり、コンピュータと連動する光ディスクやビデオディスクは超高密度ともいべきデジタル情報を蓄積し、その一部はカラー映像を提示し、別の一部は音声や音楽に、また他の一部は記号や文字情報ないし言語情報を提示するが、もちろんこれらはユーザーの行為を介してインタラクティブになされ、同時に複合的に再生され表示されるのである。また、そのハイパーテキストによって、非線型的な複雑なネットワークを構成し、また増殖させ、まさにn次元の情報空間を構成し、その中を縦横に辿ることができるのである (Nelson, T., 1987)。

こうした新たな複合メディアの出現によって、今日、C A I における学習環境システムの開発の可能性は、飛躍的に増大したといえよう。それと同時に、それは、これまでのテレビなどの放送・視聴覚教育の伝統と、比較的新しいコンピュータの教育利用との統合を図ることにもなると思われる。

そして、そのような複合メディアで学習環境を構成しようとするれば、コミュニケーションの観点からみても同様であるが、認知心理学におけるリアリズムと文脈主義の両パラダ

イムのもとでの人間観、つまり単に視覚や聴覚ばかりでなく多重の感覚モダリティをはじめ、行為や活動を含む持てる力のすべてを全開して学習するという学習者像が要請されることになる。

3. 心理学のパラダイム転換とCAI設計思想の変遷

され、それでは、いよいよ心理学のパラダイム転換をめぐるCAI設計思想の変遷についてみていくことにする。

この作業結果の概要を先に表にして示すとすれば、それは図表Ⅲ-3のようになる(図表Ⅲ-3参照)。

この図表を参照していただきながら、これからの論を追ってもらおうと位置づけやその変遷構造が、はっきりとするのではないかと考える。

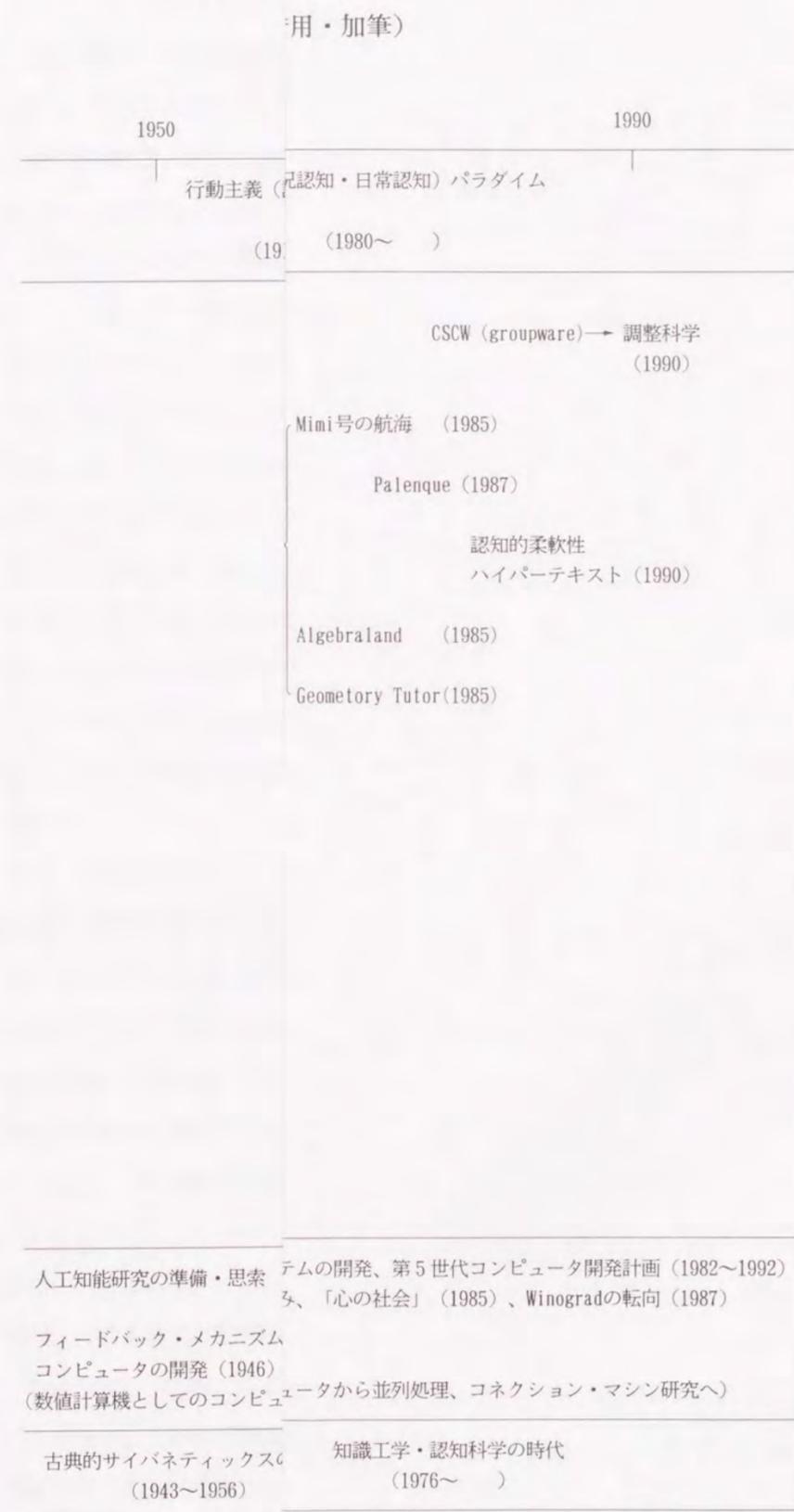
それでは、時代順に、まず行動主義との関連からみていくことにする。

(1) 行動主義パラダイムにおける古典的CAI研究

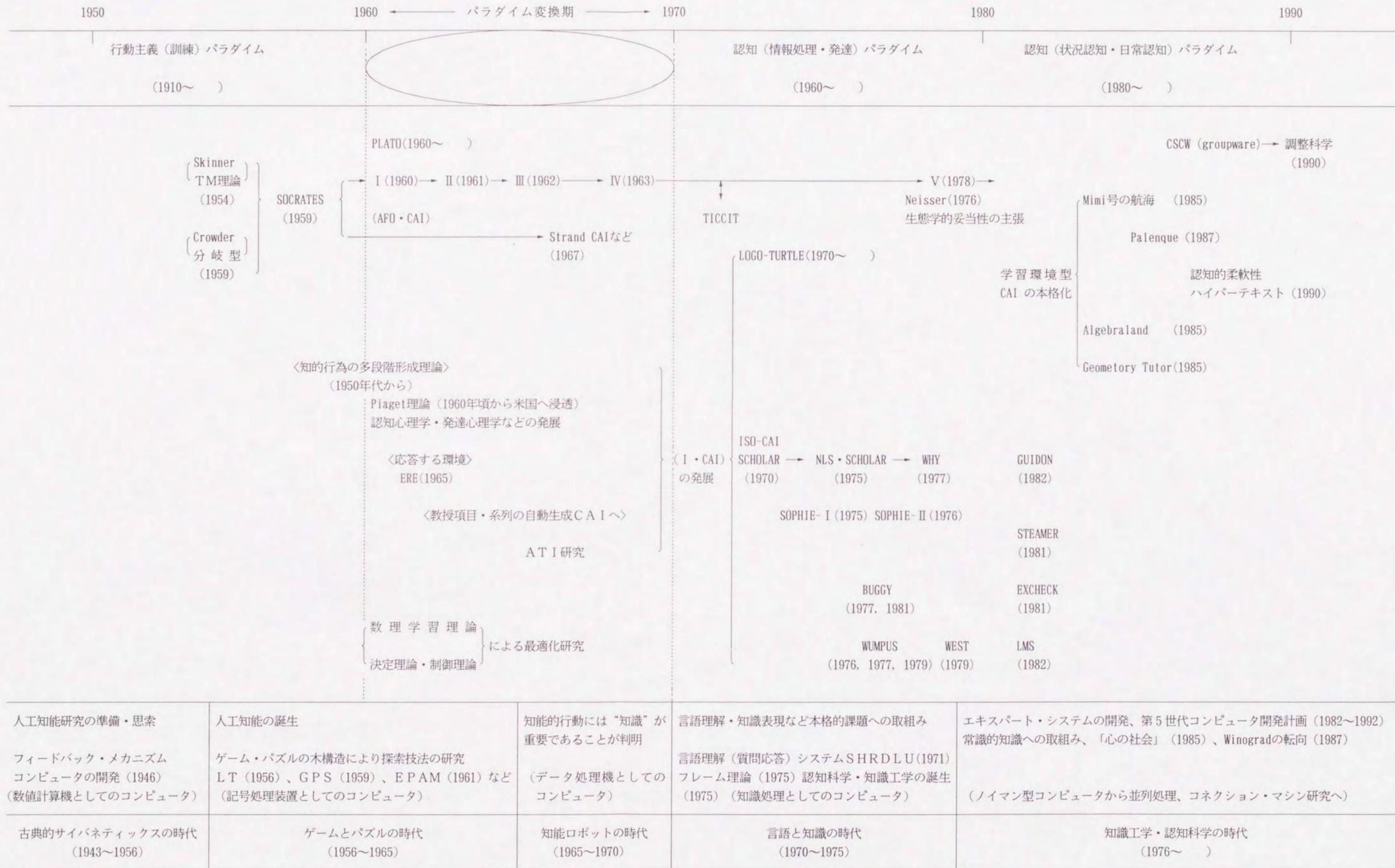
1) ソクラテスの意義

コンピュータを利用した教授・学習システムの人類最初のもので、CAIの研究史上、その名称の象徴性ととも、その後のCAIのまさに原型となったシステムとして、ソクラテス(SOCRATES; System for Organizing Content to Review And Teach Educational Subject)が、1958年にイリノイ大学で誕生する。

このCAIは、コンピュータにはIBM1620、学習者への教材などの提示には、何と35ミリ映写装置、またコンピュータへの反応入力には、キーボードが装備されていた。これは、あらかじめ準備された学習プログラム(1,500のフレームからなる)に従って、コンピュータ制御によって、学習者の個人差に応じて適切な学習コースを進ませることを目指しており、まさにAFO・CAIの典型といってよく、Skinnerのティーチング・マシンの理論(Skinner, 1954)のもとにCrowderの分岐型プログラミング(Crowder, 1959)の考えをコンピュータを用いて、発展させたものであった。つまり、Skinnerの線型プログラムでは、学習者の個人差として学習速度のみに応ずるものであったが、Crowderの分岐型では、選んだ選択肢に応じて、別のコースを進ませるわけで、この思想をさらに発展させて、学習者の学習経験の相異や情報処理の特性など個人差に適合するように、それこそさまざまな学習コースを準備することになり、この制御には、当時その応用技術が図られて



図表Ⅲ-3 心理学のパラダイム変換によるCAI研究の変遷（人工知能の時代区分などについては淵〔1976〕から借用・加筆）



いたコンピュータを用いようというのが、その発想であった。

この場合、哲人ソクラテスが優れた教師として、アテネの青年の個性に応じて適切に対話法によって教育したという、一つの教育の理想をコンピュータ利用の教授・学習システムによって実現することが、意図されていたといえる。

ともかく、今日からみれば、学習者用ブース（端末）に制御の困難なフィルム映写装置を用いるなど、まさに素朴なものといえよう。だが、ここにCAIという、学習理論や教育理論、コンピュータ・サイエンス・メディア技術などの総合による教授・学習システムが、教育の世界および科学技術の世界に登場したことになる。

このSOCRATESは、その後1960年からの同じくイリノイ大学での大規模なCAIをめざす、PLATO(Programmed Logic for Automatic Teaching Operation)の開発によって、すぐに消えていく。

しかし、それは、その後のCAIがめざすことになった一つの方向、つまりソクラテス的対話法や、個別指導(tutoring)法など、優れた教師の教育機能を代行することを、行動主義パラダイムのもとで試みた最初のシステムとして、銘記されるべきものであろう。もちろん、今日ではこうした方向性への問い直しが行っているとはいえない。

そこで、この古典的CAIのタイプや様式とその特徴などについて、次に列挙してみることにしたい。

2) フレーム型CAI

この時期の行動主義パラダイムにおけるCAIには、図表Ⅲ-4に示すように、フレーム型CAIとして、個別教授(tutorial)と訓練・演習(drill and practice)という両様式がある。特に、今日ではいまや伝統的・古典的ともなったこうしたCAIは、AFO(Adhoc Frame-Oriented)CAIと総称されることがある(Carbonell, 1970)。

それは、フレームが中心となって、それが「刺激」として学習者に提示されると、学習者はコンピュータに連結された学習者用端末に向かって、何らかの「反応」をする。すると、これがコンピュータへの入力となって、学習のプログラムなどと照合され、続いて学習結果についての知識、すなわち「強化」が学習者に与えられる。

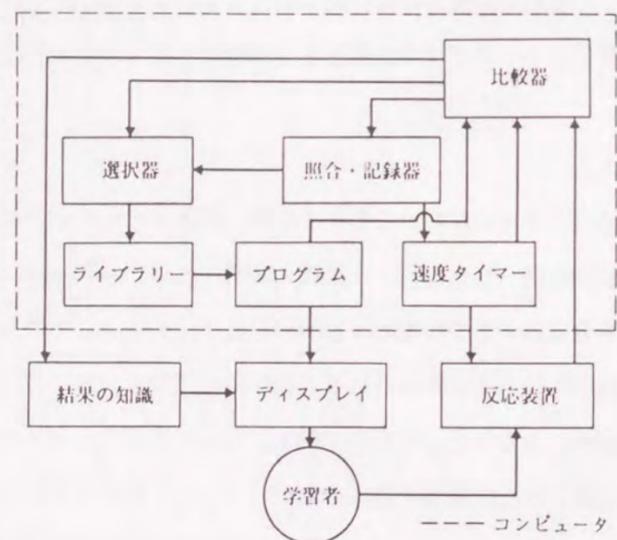
つまり、行動主義系の学習理論における基本的な枠組みである「刺激-反応-強化」ないし「刺激-反応」の繰り返しによって、学習が成立し進行するとみなす立場にあるといえる。このとき、フレームの提示順序(シーケンス)は、前もって周到に綿密に準備される必要があり、それは複雑な分岐型となるであろうが、その場合でもこの基本的枠組みは

本質的に変わらない。



図表Ⅲ-4 行動主義・訓練パラダイムにおけるCAI

図表Ⅲ-5には、当時のCAIと学習者のやりとりを示すフローチャートが示されているが、そのために必要なシステムの機構がよく表現されている。



図表Ⅲ-5 学習者とCAIとのやりとりを示すフローチャート
(Stolurow, 1961より)

このように、AFO・CAIでは、「刺激」、「反応」、「強化」というような概念装置群の関係のもとに、教授・学習がとらえられている。その場合、こうした「刺激-反応」

の基本的な枠組みのもとでは、スキナーのようにオペラント条件づけにおいて、オペラント行動という動物の能動的行動を主張したけれども、必然的に大枠において受動的な学習を学習者にしいることとなり、コンピュータの学習プログラム制御による、教えこみ型の個別教授 (tutorial) 様式となったり、また学習者の思考をはじめとする内的過程をあまり必要としない訓練・演習などの分野で、ことに成果を上げることになる。

そこで、CAIの研究史上、筆者は行動主義・訓練パラダイムの時代と名づけている。

また、教授・学習理論が、行動主義系の理論であり、刺激と反応の直接的な結合によって、学習の成立を考えるために、スキナーのプログラム理論のごとく、学習者の誤りを避けようとする傾向がみられる。分岐型のプログラムにしても、この立場は変わらず、誤りは単に次のコースに分岐させる手段として用いているにすぎない。

AFO・CAIでは、一般に学習者の個人差に応じようとするれば、複雑な分岐型のプログラムを前もって計画し作成する必要があるが、これは困難な作業であり、また十分な理論が存在しなかった。

しかし、たとえ困難でも1つのよいソフトが作成できれば、多くの学習者にそれを利用できるので、その点で引き合うという考えがあった。SOCRATESの場合、数台の学習者用ブースがコンピュータに接続されていたが、大型のコンピュータには、原理上、相当な数のブースを接続できるからである。

次に、この行動主義・刺激パラダイム期のコンピュータやメディア技術など、技術的な状況を一瞥しておこう。

a. コンピュータ・サイエンス

まず、コンピュータは、エニャック (ENIAC) により1946年に誕生し、ようやく実用の段階に入り、この時期さまざまな応用分野を探していた。人工知能 (Artificial Intelligence) の研究なども1950年代の後半に入って活発になり始める。

コンピュータの記憶容量なども今日からみれば驚くほど少なく、学習制御を中心に用いられた。また、コンピュータと人間との対話などもキーボードとか、その後ライトペンというようなものが用いられた。

このような技術的な制約もあって、この時期のAFO・CAIタイプのものは、「ページめくり機」などと批判をこめて呼ばれることもあった。

b. メディア技術

SOCRATESの場合、学習者用ブース上の教材などの提示装置として、フィルム・

ストリップ映写装置が用いられている。このようなシステムでは、コンピュータが縦横に適切な教材を取り出すのに時間を要するという、いわゆるランダム・アクセス問題が生ずる。

その後のCAIでは、ランダム・アクセス・スライド装置、ブラウン管、プラズマ・ディスプレイ装置から、近年ではビデオディスクなどと連動するものまで登場している。

こうした、画像、グラフィックス、映像のランダム問題とともに、音声のランダム・アクセス問題も、常にCAIの設計に技術上の拘束を与えてきた。

このように、CAIは、コンピュータ・サイエンスやメディア技術などの科学・技術の進歩に依存する性格がある。

3) プラトーおよびその他のCAI

さて、SOCRATESにより、CAI開発の幕が開けられたが、イリノイ大学では大規模なCAIをめざすプロジェクト、プラトー(PLATO: Programmed Logic for Automatic Teaching Operations)を発足させることになった(Bitzer, 1970)。これによって、CAIの開発史は、「ソクラテスからその弟子プラトン(Plato)」に引き継がれることになった。

SOCRATESは、短命であったが、このPLATOは長命である。というのは、1960年のPLATO Iから始まって、61年のPLATO II、63年のPLATO III、68年のPLATO IV、78年からのPLATO Vというように、年を追って段階的に規模を拡大し機能を増大してきた。

特に、PLATO IV、Vの時代には、イリノイ大学キャンパス内から、周辺の学校、また全米各地のネットワークばかりでなく、ヨーロッパからわが国などにも、通信衛星を介して一部端末が入りこんだりした。

(i) オーサリングへの発想 — チューター(Tutor) 言語の開発

PLATOは、大学内のシステムでもあったことから、当時の大型コンピュータ利用の長所を生かして、CAIにおける困難の一つである学習プログラム、つまり教育ソフトの作成を容易にするために、利用しやすいチューターというプログラミング言語を開発している。

これを用いれば、コンピュータの専門家でない各学部の研究者、教師がコースウェアを作成し、コーディングすることができる。これなどは、教材作成支援用のオーサリング言語の最初のものとして位置づけられよう。

(ii) PLATOが生きのびてきた理由 — 各パラダイムへの対応

PLATOは、チューター言語などの開発にみられるように、さまざまな方略を用いて教育ソフトを縦横に作成できる努力がなされた。そのため、単に個別教授様式、訓練・演習様式の時代もあったが、その後シミュレーション様式、ゲーム様式、問題解決様式など、各パラダイムへの対応を行いながら、PLATOは使用することができた。

このことが、時代を越えてPLATOが生きのびてきた理由であろう。もっとも、最近では、あるコンピュータ企業に身売りされたようである。

(iii) 大型コンピュータによる大規模システムか、小形コンピュータによる小規模システムかへの問い — ティキット(TICCIT)の挑戦

PLATO IVの時期には、PLATOが大型コンピュータを用いて数千台レベルの学習端末をめざす大規模システムであるのに対して、端末には低価格のカラーテレビを用いてその数も100台レベル(128台)、当時の中型のコンピュータを用いたティキット(TICCIT; Time-shared Interactive Computer-Controlled Information Television)の試みも行われた。これは、当時、大型コンピュータを用いた大規模システムでいくか、小形コンピュータで小規模でいくか、というCAIの設計思想における対極的な考え方を反映するものであった。

後者のTICCITは、学習端末に通常のカラー端末を用いるなど経済性を第一としており、今日のスタンド・アロン(stand alone)型にもつながってくる考え方に立つ挑戦であったといえよう。それは、コンピュータが、パソコンなどとして機能が向上したことによる、近年の集中型から分散型への情報基盤の移行にも対応するであろう。

その意味では、PLATOは、CAIの歴史に残る大規模なシステムであったといえてよい。その開発の中心人物、ビッツァ(Bitzer, D. L.)が、「教える教師をいらなくしてみせる」豪語してみせたことは、わが国にも紹介され議論を呼んだ。

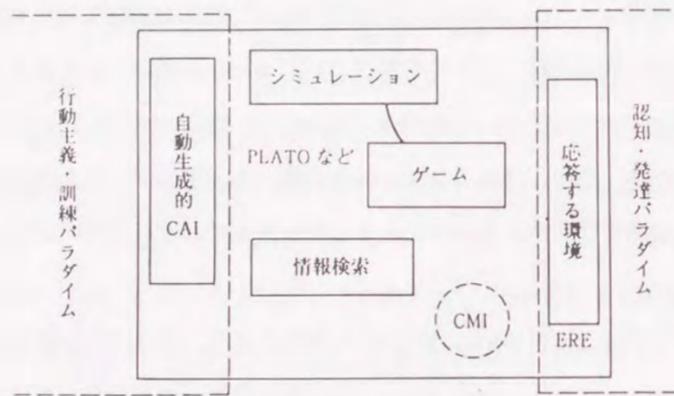
さて、行動主義・訓練パラダイム下での実用的で代表的なシステムとしては、その他にはスタンフォード大学で開発された、ストランド構造の算数ドリルCAI(Supes, 1966~1970)がある。これと同大学でほとんど同時期に進められた言語教育用のCAI(Atkinson, et al., 1969)などがあり、数理学習理論に基づく最適化研究を試みるからであるが、読み・書き・算などのドリル的な3Rsを中心として、CAIは、その実用性を教育の世界に認めさせることになった。

(2) パラダイム変換期におけるCAI研究の動き

すでにみたような行動主義・訓練パラダイム下でのCAIの設計思想は、認知心理学や発達心理学などの研究が進むに伴い、認知・発達パラダイムへの変換とともに、大きく転換されていくことになる。

そこで、ここでは、このパラダイム変換期の10年前に現れた研究と、その後のCAIの設計思想に影響を与えていくことになった、二、三の動きなどを取り上げてみることにしよう。

この時期は、両パラダイムが混在して、CAI研究史においてもきわめて興味ある期間となっているといえそうである(図表Ⅲ-6参照)。



図表Ⅲ-6 パラダイム変換期にみられるCAI

1) 知的行為の多段階形成理論による学習プログラム法の模索

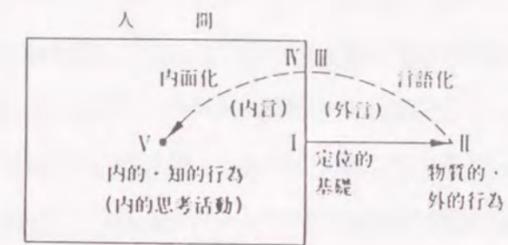
まず、基礎理論の観点からは、次の提案がみられる。伝統的なAFO・CAIの学習プログラムの基礎理論となっている行動主義の学習理論には、根本的に問題があると批判し、初期の認知論的立場から、学習プログラム法が提出された。

それは、ソビエト心理学において1950年代初頭から「知的行為の多段階形成理論」を発展させる努力の中で展開された(Leontiev & Galperin, 1964, Talyzina, 1969)。

刺激-反応-強化に基づく学習では、人間の知的学習にとって重要な思考や知識習得の過程が、いわば暗箱として見過ごされ、学習制御がなされないのが問題だとする。そこでヴィゴツキー(Vygotsky)の『思考と言語の研究』(1934)を土台に、思考に果たす言語の役割を利用して、知的行為を段階的に形成し、内的思考活動に至るよう内面化させ、こ

れによって明箱原理による認知的学習の制御を可能にすることがめざされた。

図表Ⅲ-7に示すのは、筆者らが作成したその能動的な外的行為から始めて、学習者の内的過程などの制御を図式化したものであるが、確かにソビエト心理学のこうした提案は、行動主義の学習理論がもつ本質的欠陥をついたものであると評価できる(菅井、東、1977)。



図表Ⅲ-7 知的行為の段階的形成の図式

(明箱原理による学習過程の制御・調節)

今日の認知心理学や認知科学に先駆けて、人間の能動性を認め、その内的過程とかかわって、言語、思考、知識習得などを早い時期に問題としている点もあり、そこから生まれてくるであろうプログラム法は、大いに期待された。その後、この理論は、児童の発達段階を加速し、ピアジェの発達理論などに挑戦を試みて、教育の可能性を追求することをめざした「知能のシンクロファソトロン(加速器)計画」などにおける教育方法としても用いられた(Davidov, 1966)。

しかし、当初から人間の知的学習に関する理論構築が先であるとして、ティーチング・マシンやCAIへの適用は、将来の課題だとしていたが、その後もこの方向への発展はみられない。

ただし、大阪大学創立50周年記念の国際シンポジウム(1989年8月)に来日したダヴィドフ氏の講演では、近年ソビエトでも情報化への対応が図られ、思考の外化やその内化としての内省などがコンピュータ学習で強調され、こうした理論の考え方が活用されているようである。

とりわけ、人間の知的学習に関する理論が必要であることを強調し、たとえば知的学習には学習者に目標を示し、見通しを与えることが重要であるという主張など、その後のCAIの学習プログラム法にも影響を与えた。

今日では、こうした見通しは、文脈主義における状況認知において、文脈や状況を意図的に構成することによって与えられることになる。

2) 最適化研究と自動生成的C A I

個別教授、訓練・演習というフレーム型C A Iが、当時の最適化研究を基盤とする自動生成システムをめざすなど、技術的にも洗練されていくことになる。

C A I誕生期にすでにみられたが、C A Iの理想には、ソクラテス的な対話法のモデルがあり、これと密接に関連して、個々の学習者の能力や適性など個人差、個性に応じて、最適な教授方略やコースを準備して、教育の成果を上げていこうという考えがある。

このような思想は、C A Iのごとく学習者との直接的な相互作用を基調とするのではなく、教師に、学習者の学習に関するデータベースから適切な処方的情報を提供し、最適な指導を図る当時のC M Iシステムを用いたI P I (Individually Prescribed Instruction、個別処方教授)とか適合教育 (Adaptive Education) と呼ばれるものにも共通して見いだせる。

こうした思想は、1960年代における学習者の個人差 (能力とか適性) に教授方法 (処遇) を適合させてやらないと教育の成果は上がらないという、いわゆるA T I (Aptitude Treatment Interaction、適性処遇交互作用) の研究などによって、支援され発展した (Snow, et al., 1965, Cronbach, 1967, Cronbach and Snow, 1977)。

このような思想に対して、古典的なA F O・C A Iでの学習プログラム (コースウェア) は、高度に複雑化したクラウド的な分岐型プログラムによって、対処しようとした。その場合、理想的には可能な限りの学習者を想定し、前もってその学習者の可能な限りの反応、つまり解答や誤りを予想し、多肢選択による高度に複雑な完全な分岐コースを準備し、しかもコンピュータ制御によって、個々の学習者に最適な学習を保証することが要請される。

しかし、完全にすべてを読み切って、コースを準備するのは、実際上不可能だし、それに近づけようとすればするほど、大変な困難と努力が必要となる。その上で学習者の予想外の解答などに臨機応変に応答するほどの柔軟な制御は、このように固定化され、前もって系列化されつくしたこの種のプログラムでは限界があることが意識されだした。そこで、こうした問題に対して、最適化研究とかかわって、教授項目の自動生成への研究が進められることになった。

初期のこうした方向への基礎的な接近としては、当時のサイバネティックス、ゲームの

理論、オペレーションズ・リサーチなどの成果を反映して、制御理論、決定理論、確率統計的な数理学習理論など、何らかの数学モデルを用いるものであった。

たとえば、ダイナミック・プログラミングによる最適教授理論 (Smallwood, 1962, 1967) や数理・学習理論に基づく最適化方略 (Groen and Atkinson, 1966, Crothers, 1965)、またわが国では後年の診断にベイズ決定理論を利用するもの (佐伯, 1976) などの研究をあげることができる。

これらの数学モデルを用いた提案や試みは、いずれも極めて狭い範囲で、教授項目の自動生成や最適化の理論上のモデルを示してみせ、複雑な現実の場合への洞察を与えた点では大いに意義があったが、実用に供するにはあまりにも単純すぎた。その後、人工知能などでは、より複雑な接近をめざすことになったが、「その当時の数理心理学による“統計モデル”は、どこへも発展しなかった」 (Minsky, 1979) という指摘は、当時の数学モデルを用いたアプローチ全体に及ぶ。

自動生成の問題は、結局のところ本格的には、1970年代に入り、認知・発達パラダイム下での人工知能を応用した知的C A I (Intelligent C A I) やI T S (Intelligent Tutoring System) 研究などに引き継がれていく。

だが、その当時でもさまざまな実用的な工夫がみられる。たとえば、ストランド構造のC A I算数ドリル・プログラム (Suppes, 1967) では、ドリル項目を教材ファイルに類型化、パラメータ化しておき、乱数発生によって問題を自動生成する機構を含んでいたし、同様な考え方に立ち、解析幾何学のプログラムで、二次方程式の係数を乱数発生させて項目を作成する試みもなされた (Uttal, et al., 1969)。

この種の工夫は、いわば計算機としてのコンピュータの特性を利用しているわけで、乱数によって問題が作成されると、コンピュータは計算能力を発揮してそれを敏速に解き、学習者の反応を待ち構え照合し、次の教授方略に移る。こうした機構は、今日のパソコン利用のC A Iでも利用できることはいうまでもない。

また、わが国では、C A IとC M Iとを結合させ、教授項目のライブラリーと生徒の学習反応のデータから、教授項目を自動的に生成するシステムの開発も行われた (成瀬、後藤, 1979)。

近年の人工知能を利用したI C A IやI T Sでは、知識構造とかデータ構造などを構成し、自動生成を行おうとするわけで、大容量の記憶がコンピュータに要求される。ことに自然言語の質問応答システムによる自動生成の場合、たとえ柔軟な対話ができたとはい

って、技術的にはともかくとして、それが教育的に意味があり、学習者の微妙な心理に合うかどうかまで、保証するものではないのはいうまでもない。この問題は、困難な問題であって近年、学習環境型C A I研究が主流になる大きな要因となっているといつてよいであろう。

3) 観察学習(モデリング)理論の進歩とシミュレーション・ゲーム様式のC A Iの登場
行動主義・訓練パラダイムから、認知・発達パラメータへの変換期にふさわしく、両理論系の折衷理論としての観察学習の研究が進んだことにより、シミュレーション様式やそれと密接に関連してゲーム様式のC A Iが登場してくる(図表Ⅲ-6参照)。

観察学習(モデリング)理論は、社会的学習理論とも呼ばれるが、要するに人間は、人やものなどをモデルとして観察することなど代理経験でも、学習しようという考え方に立つといえる。たとえば、友人がある行動をなし教師によって褒められるのを観察すると、その代理強化によって、観察者の行動が変容するし、また、テレビなどの映像で人形を手荒く扱う場面を見ると、その代理経験が幼児の行動を変容することがあるなど、モデル、代理強化、代理経験などの概念装置を用いて、「モデル(代理経験)→行動変容」の枠組みで、学習を考える立場で、当時バンデラ(Bandura, A.)らによって研究が推進された(Bandura, 1967)。

かくして、こうした理論を背景として現実世界の人やものをモデルとして、擬似的世界をコンピュータ上に構成し、学習を進めるシミュレーション様式のC A Iや、シミュレータが誕生することになった。

P L A T Oなどでも、端末のディスプレイ上で飛行操縦を学習するシミュレーション様式のものが見られたし、フライト・シミュレーション装置や宇宙飛行士のシミュレータ装置が、航空会社やN A S Aなどでも開発されることになった。このような航空機や宇宙船のパイロットなどの教育訓練には、モデリングに加えロール・プレイング的な考え方も導入されているといつてよいであろう。

この時期には、また、B A S I C言語が普及しシミュレーション様式や動機づけの側面を有するゲーム様式のC A Iの開発のための準備がなされたといつてよい。

さらに、コンピュータは、この時期記憶容量を次第に増大させることになったことから、多くのデータや情報を蓄積し検索し役立てることができるようになり、いわゆるデータベースや情報検索システムが構築され、C A Iと並ぶコンピュータの教育利用として、C M I (Computer Managed Instruction) が数多く開発されることになった。これとともに情

報検索型のC A Iが研究の視野に入ることとなった。

人工知能の分野では、記号処理の観点から知的行動における知識の果たす役割の重要性が認識されるようになり、コンピュータの記憶容量の増大の中で、次第に知識表現法の研究が重視されていくことになった。この時期のシミュレーション、ゲーム、情報検索などのC A Iは、個別教授や訓練・演習という古典的C A Iが、優れた教師の教授機能をめざす傾向がみられるのに対して、どちらかというともそれよりも学習者のコンピュータ利用による学習環境を構成するものであると位置づけられる。

こうした学習環境的システムは、次にみる応答する環境の考え方が出てくることによって一段と強調されるようになった。

4) 応答する環境とE R Eシステム

近年の認知心理学における発達研究においては、環境と認知主体の相互作用を問題として、特に人間など認知主体側の能動的な働きかけに対し、環境からの作用を受けて、認知主体内の構造を変換し構成していく過程が、学習や発達であるとみる傾向がある。

1960年代のヘッドスタート計画の一環の中で、当時の初期の認知論的立場から、モア(Moore, O. K.)は子どもの環境への働きかけに対して、環境からの試みとして、学習環境内にコンピュータ利用のトーキング・タイプライタを組みこんだ応答する環境システム(E R E ; Edison Responsive Environment)を開発した(Moore, 1965)。これは、就学前児童の言語の読み書き指導で成果を上げ、広く注目された。

このシステムの基準は、次のように列挙されている。

- ① 子どもに反応を強制せず、自由に探索させる。
- ② 子どもの行動と環境の受け答えとの間に一定の規則性があり、子どもが何か行動するとその結果がすぐに子どもに知らされる。
- ③ 学習速度が子ども自身によって決められる。
- ④ 環境内の諸関係、あるいは子どもの行動とそれに対する環境の応答との関係を見出すために子どもは頭を使う。
- ⑤ そこで発見される構造が広く物理的、文化的、社会的構造の発見に応用される。

このうち、①、②、③、はスキナーによるプログラム学習の原理に、また④、⑤は、ブルーナ(Bruner, J. S.)による発見学習の考えに近いことが指摘されている(東、1976)。

だが、同じような言語の読み書きの学習でも、訓練・演習様式のC A Iでは効率を基準として教えこみ中心で学習が受動的になされるのに対して、応答する環境では、学習者の

能動的な働きかけを基盤にそうした能力の育成をめざすなど、かなり対極的な側面がみられるといえよう。

ここに至って、コンピュータ利用の学習環境は、学習者の能動性を中心とする応答的な学習環境として構成されることが、その後の認知パラダイムのもとでめざされることにもなった。

(3) 認知パラダイムのもとでのCAI研究

すでにみたように、パラダイム変換期にみられる動き、すなわち、①行動主義に代わって観察学習や認知・発達など、より認知的な理論を基盤として、②受動的な人間観・学習者観から能動的・主体的な人間観・学習者観に立つ応答する環境を構成し、③また、数理的モデルよりも人工知能による生成的CAIをめざす、というような方向への準備を経て、本格的な認知パラダイムのもとでのCAI研究が開始される。

この認知パラダイムにおいては、II章で論じたように、コンピュータ・メタファを採用する情報処理アプローチと、それと密接にかかわる人工知能研究、認知科学、知識工学の諸分野との関連、またもう一方のPiaget理論をはじめとする認知発達という、いわば二つのサブ・パラダイムとのかかわりで、図表III-8に示すCAI研究がなされる。

たとえば、認知・発達パラダイムへと時代を画するものとなった代表的なシステムとして、ロゴ・タートル(LOGO-TURTLE、1970年ころから着手)とスカラ(SCHOLAR、1970)がある(図表III-8参照)。

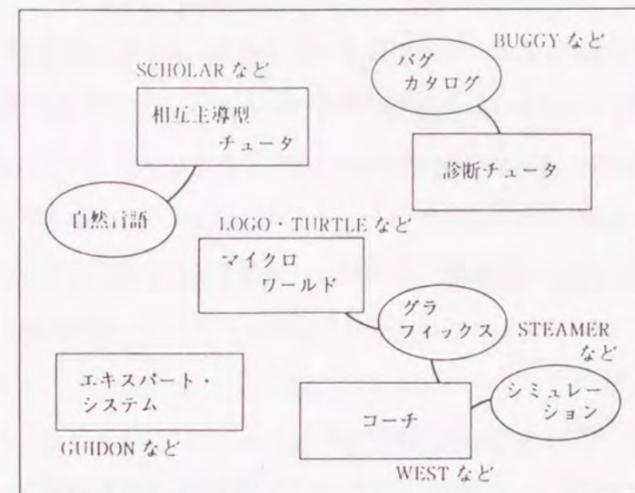
図表III-8を見てもわかるように、両システムは人工知能的な知的CAI(ICAI)という点では共通であるが、相互にかなり異なる点もみられる。前者のLOGO-TURTLEは、グラフィックスやマイクロワールドからなる、応答的な学習環境を構成するのに対して、後者のSCHOLARは、自然言語による相互主導的なチューター(個別指導)システムだからである。

1) 初期の知的CAI開発

そこで、初期の知的CAIの開発についてこの両者をまず見てみることにしよう。

a. 学習環境型CAIとしてのLOGO-TURTLE

ピアジェの認知発達理論が、アメリカに浸透し心理学などに大きな影響を与えていくのは1960年前後からである。パパート(Papert, S.)は、マサチューセッツ工科大学で、このピアジェ理論に基づくコンピュータの教育利用の側面を有し、学習者である子どもが、



図表III-8 認知・発達パラダイムにおける知的CAI(ICAI)
(Kearsley, G., 1987に一部加筆)

簡単なLOGO言語(ベビーリスプ Baby LISP言語とも呼ばれる)を用いて、プログラムを組み、動的モデルとしてのタートル(亀)を操作しながら、基礎的な数学概念などを学習する人工知能的学習環境としてのマイクロワールド、すなわち「ロゴ・タートルの世界」を開発し、普及させた(Papert, 1980)。

この場合、学習者である子どもは、能動的にタートルに命令し操作する形をとるが、今日では、子どもの遊具のLEGOを動的モデルとするロゴ・レゴ(LOGO-LEGO)などのシステムも登場している。

b. ITSとしてのSCHOLAR

これに対して、学習環境型CAIというよりも、優れた教師をめざすITS(Intelligent Tutoring System)のプロトタイプ(原型)ともなった、SCHOLAR(Carbonell, 1970)がある。これは、人工知能や認知心理学の情報処理アプローチの領域で発展してきた知識の構造や表現に関連する成果を応用したシステムである。

SCHOLARの場合、「南米の地理の世界」についての知識が、人間教師の記憶の場合と同じように、データベースの中に意味ネットワークとして貯蔵される。認知心理学の記憶(長期記憶の表現)研究の成果として登場した、意味ネットワークの考え方(Quillian, 1968)を下敷にして発展させたといえる。

こうして、事実、概念、手続きなどの情報ネットワークを基本構造として、推論の機能をも一部もたせることが可能な、この型のCAIをISO(Information Structure Oriented) CAIと呼ぶ。この一種の知識データベースによって、質問・応答システムが構成され、自然言語(SCHOLARでは英文)による学習者との対話がめざされた。学習者からの質問に答え、質問を自動生成することができるようにである。つまり、開発者のカーボネル(Carbonell, J. R.)がいうには、事前にシーケンスからなる学習プログラムを組みこむAFO・CAIとは異なる機構(アーキテクチャ)によって、自動生成が図られる。それとともに、AFO・CAIとは異なり、システムと学習者が相互に主導権をとりあえるように設計される。

c. 認知・発達パラダイムでのCAIの特徴

すでにみた初期の2つのシステムに示されているように、とりわけ認知・発達パラダイムのもとでは、能動的・主体的な人間観・学習者観に立ち、その相互作用のもとに学習者の認知構造(記憶構造、知識構造)が変換され構成されていくという基本的枠組みで、教授・学習がとらえられる傾向がみられる。その場合、教授・学習は、認知(認識)、意味、知識、理解などの概念装置で記述される。そこで、能動的な学習者観に立つことから、学習者の誤りなども許容され、教えこみより学ぶ型のCAIとなる傾向がみられる。

こうした理論面のパラダイム変換に基づき、CAI研究は新たな発展の時期を迎えることになった。コンピュータ・サイエンスを軸とする認知心理学の「情報処理アプローチ」によって、人間の認知、思考、記憶などの情報処理が解明されるとともに、人工知能技術もCAI開発に組みこむことができるようになった(菅井、1983)。

これによって、知的情報処理、たとえば自然言語による質問応答システム、推論機能をもった知識ベース・システムなどがしだいにCAIの設計に試みられるようになって、SCHOLARに始まるITS研究を推進するようになる。こうした動きは、もちろん、マイクロエレクトロニクスなどの技術面の進歩に支えられている。最近のマイクロコンピュータのように、小型で性能のよい大きな記憶容量をもつコンピュータが、CAI設計に用いられてくるようになる。

さらに、これと関連して、学習環境型CAIにおいても、ニューメディア技術の進歩もめざましく、膨大な静止画・動画を蓄え、しかもランダム・アクセス上も問題が少ないビデオ・ディスクをはじめ、コンパクトディスク、光ディスクなどが組みこめるようになり、新たな可能性が出てきている。

2) 主要な知的CAIの試み

SCHOLARやLOGO-TURTLEによって幕が開かれたCAI研究は、人工知能研究などと密接に関連しながら進んでいく。そこで、この人工知能研究について少し触れながら、その後の主要な知的CAIのいくつかを眺めることにしよう。

認知・発達パラダイムが本格的になる1970年というのは、人工知能の研究の流れからみても、ひとつの転換期となっている(淵、1976)。というのは、ここから「言語・知識の時代」に入り、言語理解や知識表現などについて、取り組みがなされることになるからである。言語理解や知識表現上、画期的といわれたSHRDLU(Winograd, 1971)も、SCHOLARとほとんど同じこの時期に開発されている。

図表III-3に見るように、1956年ころに人工知能研究が発足し、当時の行動主義系の心理学では研究しにくい、人間の思考のシミュレーションや、ゲーム・パズルなどの問題解決などの研究がなされた。

その努力の結果、認知システムに何らかのこうした知的行動をさせるには、すでに触れたが、結局、知識が必要であることが判明し、コンピュータの記憶容量の増大や、認知心理学における記憶研究の進歩などによって、知識の表現法が問題とされることになった。一種の知能ロボット、SHRDLUは、幼稚園児の積み木遊び程度の知的行動ができるようになったのを示すものであるが、それには「積み木の世界」というマイクロ・ワールド内の知識と「言語(理解)の知識」という2つの世界の知識およびその表現の縦横な駆使が当時必要であった。

このSHRDLUが人工知能研究史上、画期的といわれたのは、ここでの知識が、常識的知識に属し、専門的知識が狭く深いのに対して、かなり広くて浅く知識表現上、困難であるということからくるのである。すなわち、人工知能の研究では、専門的知識、エキスパートの知識などは、論理的で精密な構造をもっており知識表現法もはっきりしているが、これに対して常識的な知識は、雑多で多様な知識表現をとるので、その研究の方向は、むしろ大人などが扱う専門的知識から、子どもの積み木遊びにみられるような常識的な知識へとというように、いわば人間の発達と逆向きに進んでいることが指摘された(Minsky, 1979)。

この知識表現法としては、これまでさまざまな開発がなされているが、意味ネットワークを利用するもの(Quillian, 1968, 1969)やプロダクション・ルールを用いるもの(Newell and Simon, 1972)、フレーム(枠)理論を用いるもの(Minsky, 1976)などが

主要なものである。

しかし、その後人工知能研究は、常識的知識を扱うことにおいてすでに触れたが、まさに困難に直面することになった。

特に、優れた教師システムをめざすITSでは、基本的に次のようなシステム構成がとられる。

① 学習者に学習してもらった教材内容に関する専門的知識（マイクロワールド的な専門的知識）。

② 学習者が何を理解し、何を理解していないかなど、学習者の理解の状態を示す学習者モデル（student model）。

③ 学習者モデルに基づいて決定される教授方略。

こうしたシステムが、学習者との相互のやりとりを介して、学習者の刻々と変動する学習の理解状態に応じて、適切な教授方略のもとに教材を示しながら、学習に導こうとすることになる。そこには、教師の情報処理モデル化がみられるとあってよい。

(1) ガイドンGUIDON（知識工学利用のCAI）

近年、エキスパートなどの専門的知識の分野（化学や医学など）では、知識の表現法との関連もあって、コンピュータによる知識利用を図る知識工学が登場するようになった。

知識工学では、次のようにして、専門家の知識をルールなどによる動的なモデルとして構成し、その利用をめざす。

- ① 知識表現：コンピュータのメモリ上のデータ構造として表現する。
- ② 知識利用：プロダクション・ルールなどを用いて推論機構の設計をする。
- ③ 知識習得：専門家の専門知識を知識ベースに入れていく。

具体的なエキスパート・システムとしては、デンドラルDENDRAL（Buchanan, et al., 1969）やマイシン（MYCIN, 1976）があり、前者は化学の化学構造推定、後者は医学の感染症のコンサルタント・システムである。このうちGUIDONは後者に関連する。

MYCINは、知識ベースおよび推論エンジンという2つの部分から構成される。知識ベースには、医者対象領域に関する専門的知識、たとえば事実や経験上の知識が入る。それに対して、推論エンジンは、主として推論機構からなり、知識ベースに働きかけ、問題の解決を推論し、仮説を提出するなどの演算部分といえる。こうしたMYCINは、医者の診断や治療にあたって、その支援の役目を果たす。

ここで知識工学の有効性を示すのは、推論エンジン部分（EMYCIN；Engine MYCIN）

で、汎用性があり、これを他の知識ベースにおきかえて、呼吸器疾患コンサルタントとしてのPUFUや、工学の構造解析用のSACONなどのシステムが構成できることであると主張される。

このうち、知識ベース内の知識を学習者が習得できるようにした知識習得用のCAIがGUIDONというわけである。いわば、徒弟が師匠から専門知識を見習いながら学んでいくようにである。

(2) ホワイWHY（SCHOLARの発展）

SCHOLARは、「南米の地理」教材を用いて、事実およびその関係をSocrates的対話法によって、教育するシステムである。その後、NLS-SCHOLAR（Grignetti, et al., 1975）によって、知識表現法を同じにして、「コンピュータ・プログラム」を学ぶ知識ベースに変えても、同様な教育効果を上げることが示されたという。

そこで、SCHOLARのさらに延長上に、このWHYが開発された（Collines, et al., 1978）。SCHOLARが、事実や事実関係の知識を扱うのに対して、このWHYは、原因や理由など因果関係を学ぶシステムである。

たとえば、降雨問題を取り上げ、降雨が起こるのは、地球物理学的には、複雑に絡みあったさまざまな要因間の動きの結果であると理解させ、そこで「稲の成長には降雨が必要だ」と信じている学生に、「雨が多く降らないエジプトで、なぜ稲の収穫があるのか」というようなコンピュータ生成の質問を提示し、学生のなす誤りから誤解を診断したりして、降雨と稲の成長との関係の理解などに導いていくことになる。

この場合、教師と学生の実際の授業での対話などを詳細に分析し、24の質問応答に関するヒューリスティックスを抽出し、それによってシステムは質問応答するわけで、この点ではSocrates的な対話法にさらに一歩近づいている。

(3) その他のシステム

SCHOLARと同じように、意味ネットワークを用いて、自然言語による質問応答を可能にして、回路のシミュレーションにより、電子回路の故障修理のための問題解決スキルを学習する学習環境型システム、ソフィ（SOPHIE-I；a Sophisticated Instructional Environment）がある（Brown, et al., 1975）。

さらに、これに領域固有知識と強力な推論機構を結合し、エラーなどをフォローできるように試みられたSOPHIE-II（Brown, et al., 1976）がある。

また、学習者の能動的な学習による誤った理解やバグが理解過程構築の中心的役割を演

ずるという認知・発達パラダイム下での学習観に立って、さまざまなバグを系統的に診断するBUGGY (Brown, et al., 1977) や、適切なコーチの役割をめざすWUMPUSやWESTなどのシステムがある (Goldstein, 1977, Burton and Brown, 1979)。

その他、一連のコンピュータ言語のプログラミングを学習するシステム、BASICのプログラミングに関してはビップBIP (Barr, 1976)、LOGOのプログラミングに関しては、スペードSPADE (Miller, 1982)、またPASCALのプログラミングに関してはプロウストPROUST (Soloway, 1981) などが開発されている。

(4) 新たなパラダイムにおける展望

1) わが国におけるCAI研究

これまで外国、特に先端を進むアメリカCAI研究のレビューを中心に、わずかながらわが国の研究も必要に応じて加え、科学のパラダイム理論による「パラダイム変換」の観点を採用し、CAI設計思想の変遷をみてきた。

CAI研究が科学・技術研究として、位置づけられ、科学としての心理学のパラダイムと並行して、研究開発がなされているのが、よくわかる。

わが国においても、教育工学の一分野として、CAI研究はかなり盛んになされてきた歴史をもつが、わが国のCAI研究は、パラダイムの変換の時期において、かなりの遅れが目立つといえよう。

というのは、古典的なAFO・CAIにみられる行動主義・訓練パラダイムから認知パラダイムへと、はっきり転換した1970年に、わが国では国策的なCAIプロジェクトとしてパールPEARL (Programed Editors and Automated for Resource Learning, 1969~72) が発足し、CAI研究が本格的に展開され始める。この点からみれば、10年近い遅れが見いだせるといえるであろう。

ただし、実際には、電子総合研究所の前身である当時の電気試験所CAI (ETL Computer-Based Teaching Machine, 1966)の開発が進められ、また香川大学などの試み (KANECOM, 1965) や大阪大学での研究までを含めれば、もう少しその差は縮まるであろうが、遅れが認められることには変わらない。

なぜなら、認知・発達パラダイムでの、たとえば筆者らの「応答する学習環境室」IREシステムにしても、1979年に入ってからであり、人工知能を応用した知的CAIなどはさらに後からであるからである。しかし、近年では国策的な「第5世代コンピュータ開発

計画」などをひとつの契機として、人工知能、認知科学、知識工学などとCAI研究は関連をもちはじめ、知的CAIの開発が始められている。

しかし、今日、問題であるのは、わが国では日常認知や状況認知などの新たなパラダイムやその知見に基づくようなCAIが、まだほとんど登場してこないことである。

後に示すことになるが「教えることによって学ぶ」TUTEEシステムなどは、こうした方向での新たな研究開発の試みであるが、これまでに見られない学習環境構成の可能性を示している点があるように見える。新たなパラダイムのもとで、一般に近年の価値観を含む時代文脈ときわめて整合的なシステムが構成されてくることになることが展望されてくるからである。

次に、それらを列挙して示してみることにしたい。

2) 新たなパラダイムにおける可能性

a. テクノロジー主導から人間主導へ

人間は能動的であって、しかも日常性や本来の在り方を尊重し、社会、文化、歴史の中の存在であることを認めることによって、テクノロジー主導から人間主導への転換を図りうるであろう。

b. 現実的日常世界の重視

今日、日常認知にみられるようなリアリズムを強調することは、メディア技術とコンピュータ技術とが融合し、人工現実 (artificial reality) や仮想現実 (virtual reality) などのかつてないメディア世界とのかかわりが予見される現代において、とりわけ重視されなければならないことであると考えられる。

c. コンピュータによる学習環境構成

日常認知と密接にかかわっての文脈主義による状況認知のもとでは、人間とコンピュータなどの共生とともに、人間同士の協調や共同作業による能動的で柔軟な学習環境が構成しうる。これはより広く、社会や文化やよりグローバルな協調などにも広がっていくものであろう。

こうした理念にまで結びつく展望は、これまでのパラダイムには、みられなかったものといえる。

d. 新しい学校文化の創造

今日、こうしたパラダイムのもとでは、コンピュータとは文化が創造した人間の道具であって、しかもそうした道具を用いて、また新たな文化を創造していくという視座が登場

してきている。このような視座からみれば、学校にコンピュータが導入されている現在、それによって新たな学校文化の創造が図られることになる。

こうした思想は、かつて臨時教育審議会などにおいて、将来の学校像として、インテリジェント・ビルディングからの発想であろうが、インテリジェント・スクール (intelligent school) 構想が提案されたが、人間不在ともみえるテクノロジー主導型のそうした構想に較べて、より人間を中心とする人間主導型の構想であり、思想であるといえよう。

IV章 学習環境型C A Iの開発の実際

1. 学習環境型C A Iの位置と重要性
2. 学習環境型C A I設計への方略と展望
 - (1) 教授環境から学習環境への転換をめざして
 - (2) コンピュータの基本特性と認知心理学理論
3. 障害児や幼児のための「応答する学習環境室」の研究
 - (1) 応答する学習環境室の設計思想とI R E - Iの開発
 - (2) 応答する学習環境室I R E - IIの開発
 - (3) 応答する学習環境室I R E - IIIのへの発展
4. 生徒がコンピュータに「教えることによって学ぶ」T U T E Eシステムの研究
 - (1) 「教えることによって学ぶ」T U T E Eの設計思想
 - (2) 具体的な「教えることによって学ぶ」T U T E Eシステム
 - (3) 試行実験の方法
 - (4) 試行実験の結果とその検討
 - (5) 本システムによる小学校2年生への試行のまとめ
 - (6) 精神薄弱児の学習への試行実験

1. 学習環境型CAIの位置と重要性

すでに、III章における「CAI設計思想の変遷構造」で、近年、学習環境型CAIの研究が重要になってきていることをみてきた。ここでは、別の観点から、その位置づけを再確認し、そのあとで筆者がかかわってきた研究開発の実際について述べることにする。

アメリカにおいて、進展する「情報化社会への教育の対応」に関する教育会議が、1982年にピッツバーグで開催され、その翌年、その会議の報告書「教育におけるコンピュータ—その可能性の実現—」(ASERI, 1983)が公刊されている。

まず、その報告書の冒頭では、コンピュータというものについて、H. A. Simonの招待論文のなかでの言葉「コンピュータは、人類における数世紀に1度の発明であり、大きな革新に導くものである」を引用してコンピュータは、これからの教育革新にとって、大きな可能性の原動力ともなるものであると述べる。そして、今後その可能性を実現していく施策が必要であるとして、その具体的な提案を行うと宣言する。

その一環として、同報告書では、次に教育におけるコンピュータの可能性について、具体的に列挙することを試みている。

それをまとめてみれば、図表IV-1のようになる(図表IV-1参照)。

これにしたがって概観してみよう。

① まず、コンピュータは、優れた教師となりうる。学習者の個人差を認め、それに適合せうる。最近のコンピュータの能力は、日常の書き言葉や話し言葉をも「理解」するよう改善されつつあり、「エキスパート」システムでは、個別指導(tutoring)まで拡張されている。このような個別指導システムでは、洗練された教授方略によって、学習者とのコミュニケーション能力を増す必要がある。

② コンピュータは、新しい「学習環境」を提唱しうる。このような環境のもとで、学習者は、例えばシミュレーション実験を、すばやくお金をかけずに、安全にできる、教室内のデモンストレーションとして、通常困難と思われる現象に関して、グラフィックスや、アニメーションを用いることができる。現代の「科学理論に基づく世界」についてなどである。こうして、学習者は、なすことによる学習(learning by doing)によって、新しいアイデアを探究することができる。

図表IV-1 教育におけるコンピュータの可能性

	教育におけるコンピュータの可能性	関連する事項・分野
①	コンピュータは優れた教師となりうる。	○個別指導 知的CAI, エキスパート・システム, コミュニケーション能力 学習者の個人差への適合, 教授方略
②	コンピュータは新しい「学習環境」を提供しうる。	○探索的学習環境 シミュレーション・ラボラトリ ラーニング・バイ・ドゥイング
③	コンピュータは、個々の学習者の知識、思考の方略、学習能力を診断するのに利用できる。	○診断 教師の学習指導への援助
④	コンピュータは、新しい電子通信技術で、コンピュータ同士を結び、参加者の物理的距離に関係なく、知的なコミュニティを創造できる。	○ネットワーク 学習者仲間, 電子情報センターへのアクセス 教師同士のコミュニケーション
⑤	コンピュータは、強力な知的道具である。	○学習者と教師のための道具 計算, 文章作成, データベース
⑥	コンピュータ利用のゲームは、動機づけや練習に役立てうる。	○ゲーム技術 アーケード・ゲーム技術・訓練の分野
⑦	コンピュータは、教師の事務的な雑事を処理する。	○事務的援助 OA的利用

③ コンピュータは、個々の学習者の知識の現状、思考の方略、学習能力などを診断するのに利用できる。この種の診断情報は、教師が個々の学習者のために適切な学習指導を行うのに役立てうる。

④ コンピュータは、新しい電子・通信技術で、コンピュータ同士を結び、参加者の物理的距離に関係なく、知的なコミュニティを創造できる。特定のことに興味関心をもったり、才能ある仲間を必要とする学習者同士が、コンピュータネットワークを通して相互にやりとりしうる。また、大きな図書館のない学校などが、電子情報センターなどにアクセスができる。さらに、教師同士が、たがいにアイデアと経験を共有しあって授業を改善できる。

⑤ コンピュータは、学習者と教師のための強力な知的道具である。計算能力いうに及ばず、文章の推敲や校正などの文章作成に、またデータベースから情報を検索し、単語や概念の意味を即座に把握したりできる。このようにして、よい思考を進めるのに用いることができる。

⑥ コンピュータ利用のゲームは、動機づけや練習に役立てうる。アーケード・ゲーム技術は、すでに、軍事訓練などの分野で用いられ、よい結果を生んでいる。子どもの認知発達への効果は、さらに研究が必要である。

⑦ コンピュータは、教師の事務的な雑事を処理する。これによって、教師は授業に専念できる。

以上の可能性は、教育方法の心理学、人工知能、コンピュータ・サイエンス、メディア技術などの進歩とさらに多くの研究の基礎の上に実現されるという。

ここで、教育におけるコンピュータの可能性を列挙する中で、「コンピュータは優れた教師となりうる」ということが第一番目に掲げられている点は、検討される必要があろう。当時、人工知能研究は、WinogradによるSHRDLU (1971)などで、自然言語理解の質問応答システムへの明るい見通しと、認知科学や知識工学を誕生させるのに関わるなど、まさに最盛期を迎え、その実用化が期待されている時期であった。そのためか、その説明①にあるように、「最近のコンピュータの能力は、日常の書き言葉や話し言葉をも「理解」するように改善されつつある」旨述べ、それと「エキスパート」システムで、学習者とのコミュニケーション能力を増しさえすれば、コンピュータは、個別指導を介した優れた教師となりうるとしている。しかし、限定的な科学技術論文などの自動翻訳程度ならともかく、社会的、文化的な意味やメタファなどを含む日常言語の理解は、Winogradの転向が示すように、今日ではもはや永遠の課題に近いものとなっているといつてよいであろう。また、すでにみたように、「エキスパート」システムへの期待も、近年の状況認知の知見などからみても、今やその限界が示され色あせてきたといえる。

教育におけるコンピュータの可能性として、「コンピュータは優れた教師となりうる」と、その報告書で最初に提示することになった理由は、アメリカの教育界の事情があったように思われる。というのは、その報告書でも、「アメリカは、今や高度情報技術世界に突入しているが、この世界に参加するのに十分な技能や理解力に欠ける者の多い若者の世代が登場している」と述べ、1960年代以降のアメリカの若者の学力低下問題を暗に示唆している。そして、その後で「こうした卓越性への要請や新たな教育の内容や方法への要求などのニーズがあるが、しかしアメリカの教育界の現実には、多くの優れた教師が、教育から離れてより高給な別の分野に移ったり、優れた学生が教師につかないという状況がみられる」と述べているのである。「コンピュータは、優れた教師となりうる」というのは、まさしくこうした背景のもとになされたものであると考えられる。

実際、このピッツバーグのコンピュータ教育会議が開催され、報告書が公表される1982年から83年に開発が試みられた、主要な知的CAIを別の文献からみてみれば、図表IV-2に示すようになる(Seidel, R. J., 1987)(図表IV-2参照)。

図表IV-2 主要な知的CAIとその特徴の比較

システム	教材	知識ベース	学習者モデル	チューター・モデル	開発者(開発年)
SCHOLAR	地理	意味ネットワーク	オーバーレイ	ソクラテス的対話	Carbonell (1970)
WHY	降雨の原因	スクリプト	誤り同定	ソクラテス的対話	Stevensら (1982)
INTEGRATE	記号の統合	自己修正ルールベース表現	オーバーレイ	応答的環境(アドバイザー)	Kimball (1982)
SOPHIE	電子回路故障修理	意味ネットワーク	オーバーレイ	応答的環境	Brownら (1982)
WEST	算数式	ルールベース表現	オーバーレイ	応答的環境(コーチ)	BurtonとBrown (1979)
BUGGY	算数の引き算	手続きネットワーク	誤り同定	応答的環境(アドバイザー)	BrownとBurton (1978)
WUSOR	論理学関係	生成グラフネットワーク	オーバーレイ	応答的環境(コーチ)	Goldstein (1982)
EXCHECK	論理学と集合論	ルールベース表現	オーバーレイ	応答的環境(アドバイザー)	Suppes (1981)
BIP	BASIC言語プログラミング	ルールベース表現	オーバーレイ	応答的環境(アドバイザー)	Barrら (1976)
SPADE	LOGO言語プログラミング	ルールベース表現	オーバーレイ	応答的環境(コーチ)	Miller (1982)
ALGEBRA	応用代数	ルールベース表現	オーバーレイ	応答的環境(コーチ)	Lantzら (1983)
LMS	代数の手続き	ルールベース表現(マル・ルール)	ルールベース診断	応答的環境	Sleeman (1982)
QUADRATIC	二次方程式	自己修正ルールベース表現	オーバーレイ	応答的環境(アドバイザー)	O'Shea (1982)
GUIDON	感染症	ルールベース表現	オーバーレイ	応答的環境	Clancey (1982)
PROUST	PASCAL言語プログラミング	意味ネットワーク	誤り同定	応答的環境(アドバイザー)	Solowayら (1983)
STEAMER	蒸気機関	手続きネットワーク	オーバーレイ	応答的環境(アドバイザー)	Williamsら (1981)

(Seidel, R. J. ら, 1987より)

これで見ると、その時期に「優れた教師」をめざす、ソクラテス的対話をチューター・モデルとするものは、ごく少なくほとんどは応答的環境に基づく学習環境型CAIに、すでに移行しつつあるのがわかる。ただし、コンピュータ言語のプログラミングを扱うシ

システムが多いことが目立つし、知的C A I研究の特徴ともいえようが、メディア技術や「ヒューマン・インタフェイス」に力を注がないこともあって、(また、知識のコンピュータへの蓄積にバグが多すぎて)、実用化に辿りつくのが少ないという難点が指摘されている(Mandl, H. & A. Lesgold, 1988、菅井、野嶋監訳、近刊)。

そこで、同報告書では、教育におけるコンピュータの可能性として、「コンピュータは新しい学習環境を提供しうる」を二番目に提示することになる。そして、これを強調して次のように述べる。「コンピュータによる教育において、学習者相互の関係をエレクトロニクスによって、完全に分離してしまわないこと、貧弱な設計のソフトで飽きさせてしまわないこと、探索とかイニシアチブを促さないシステムによって、学習者が完全に受身状態におかれることのないようにすることなどが保証されなければならない。」

すでに、アメリカにおいては、認知発達研究とかかわって、「応答する環境」ERE、Piaget理論と密接な「ロゴ・タートル」などの学習環境型C A Iのプロトタイプが存在しており、それに1980年代初期には、モデリング理論(観察学習)とコンピュータのシミュレーションやアニメーション技術との結合によって、シミュレーション・ラボラトリによる学習環境型C A Iが数多く開発されていたことが、この提案の背景となっていると見てよいであろう。同報告書は、さらに続ける。

「しかし、それには数年間にわたる強力な国家の支援による確実な研究が必要であり、それがなされたときにのみ、C A Iなどのコンピュータの利用によって、教育の質や生産性の向上が可能となると主張する。この主張は、このコンピュータ教育会議の大きな提案の1つと見てよい。また、連邦政府への勧告の1つであると位置づけている。すなわち、この教育コンピュータ会議は、連邦政府がコンピュータシステムのプロトタイプを研究開発する一貫した努力を支援することを提案し、勧告すると述べている。

こうすることによって、コンピュータ教育利用において注意すべき要点、つまり、有望なアイデアを貧弱な装備などで不信に落ちこませたり、有害な技術利用から保護しうる。また、このような広くC A Iなどに関するプロトタイプ開発研究が、かなりの規模で充分になされるならば、その後の民間企業とか学校による同様なシステムやその教材開発に必須な知識や技術を蓄積できるとする。この種のプロトタイプ研究は、実験的・実践的研究と理論的研究の上に成立するので、研究者、教師、学校管理者、民間企業技術者などの共同研究によって推進されなければならない。」

その後、巨額の資金的支援のもとに開発された「ミミ号の航海」(1985)システムは、

こうした報告書の勧告の線に沿ったものであるといえよう。すでにⅢ章でみたように、これと「ミミ号第二の航海」との関連での「パレンケ(Plenque)」(1987)システムとともに理論上は、近年の日常認知や状況認知と密接にかかわる認知発達理論を基礎として、技術的には最近発展のめざましいハイパーメディアの方向をめざし、今日、新たな学習環境型C A Iの本格化を促進する大きな契機となったと位置づけることができるであろう。

同報告書では、また、「コンピュータは、個々の学習者の知識、思考の方略、学習能力を診断するのに利用できる」を、第3番目の可能性としてあげている。従来のC M Iの延長上にある診断による教師の学習指導への援助をめざす利用法である。当時、算数の引き算における子どもの手続的誤り(バグ)研究が認知科学の分野において成果を上げていたことから、そうした学習者の認知的診断に広く利用しうる可能性があるとしての提案であろう。これは、図表Ⅳ-2に示されているように、BUGGY(1978)という誤り診断システムやDEB UGGY(1981)という誤り治療システムが開発されていることから理解される。しかし、この診断や治療も、学習環境型C A Iにもすでに述べたように属する機能でもあるといえる。

このことは、かつてC M IとC A Iを結合させる試みがみられたことを思わせるものがある。

図表Ⅳ-1の第5番目に示されているゲーム技術なども、当然C A Iとも関連してくるのはいうまでもない。

おそらくこの表で第4番に提示されているコンピュータによるネットワーク、つまりコンピュータ通信による学習環境構成などは、これから期待されるものであろう。今日でもコンピュータ通信による授業などは、わが国でもすでに試みられているが、今後さらに一段の技術的進歩および経済的問題などの解決などを含めた学習環境構成をめぐる研究が展開される必要があると筆者は考える。

2. 学習環境型C A I設計への方略と展望

(1) 教授環境から学習環境への転換をめざして

わが国のこれまでの教育の伝統には、一斉授業にみられるように、どちらかという教授環境が支配的であったという経緯がある。今日、こうした教授環境の支配から脱却し、学習環境への転換が図られなければならないであろう。

このことは、かつての生涯教育から近年の生涯学習への移行にも象徴的に示されている。

すなわち、社会を構成する諸個人が自ら能動的に生涯にわたって学び続けていくという、いわゆる自己学習能力を培うには、子どものときからなされる必要があり、そのためには、効率を基準とした知識注入型の教授環境に代って学習意欲や思考を重視し、能力の育成を基準においた学習環境が構成されるべきであろう。

そして、こうした学習環境の構成には、今日わが国の学校にも急速に導入されているコンピュータを利用することができる(菅井、1989)。

そこで、こうした思想や展望のもとに、これまで筆者がかかわって研究をすすめてきた学習環境型CAIシステムの実際について、みてみることにしたい。

そのためには、学習環境型CAI設計への方略が必要とされる。というのは、コンピュータの特性を十分に考慮した学習環境型CAIが開発されなければ、それが目的とする教育の成果をあげることができないであろうし、コンピュータを用いる意義もないと考えられるからである。

(2) コンピュータの基本的特性と認知心理学理論

コンピュータ利用による学習環境の構築には、認知心理学の理論が整合的である。

このことを、まず、コンピュータが有するいくつかの基本的特性との関連で、みてみることにしよう。

a. インタラクティブ性 (interactiveness)

これまでのメディアが、ほとんどといってよいほど、一方向性であったのに対して、コンピュータは、今日、双向性を有し、インタラクティブな学習環境を構成しうる。つまり、認知心理学においては、能動的な人間観に立ち、環境に働きかける活動に基づく相互のインタラクションの中に、学習やさらには発達を捉えるからである。こうした観点からすれば、初期の認知的発達研究において、幼児などの望ましい環境として提出された「応答する環境 (responsive environment)」の知見によるコンピュータ利用の学習環境の構成などは、まさに基本的なものといえよう。こうした観点から、コンピュータ利用による「応答する学習環境室」システムの開発研究が時間をかけて試みられた。本章では、最初に報告される。

b. 反映性 (reflectiveness)

近年、注目されているコンピュータの特性として、反映性がある(Collins, A. & Brown, J. S., 1988)。これは、コンピュータとは、それを使用する者の心 (mind) の働きを反映

する、いわば一種の鏡であるとする見方であるといつてよい。つまり、われわれがコンピュータ言語を用いて、ソフトのプログラミングをするときなどにもみられるが、頭の中の思考を外化しコンピュータに入力してやると、その思考のプロセスが再現され、それをモニターすることができることによる。そこで、このコンピュータが有する反映性の特性を利用することによって、今日、コンピュータの教育利用においては、学習者の思考を促進する可能性が生じるとともに、具体的な学習環境システムの開発が期待されている。それは認知心理学的には、最近の状況認知や日常認知において自己内省的学習 (self-reflective learning) といわれる。本章での二番目の報告となる「教えることによって学ぶ」TUTEEシステムは、コンピュータのこの反映性を利用した自己内省的学習の側面をもつものである。

その他にも、コンピュータには、最近注目されているハイパーメディア特性とか、大量の記憶容量をもつとかネットワークなどの特性がある。例えば図書のデータベースを構築して、学習者の読みたい本の探索や選択行動を支援して、子どもの興味や関心に基づく能動的な読書を促進する学習環境を構成しうるなど、多くの特性と可能性があり、ここに系統的な学習環境の研究が、展望されてくる。

しかし、ここでは、望ましい学習環境の構築にとって、とりわけ基礎的と考えられる前記のaとbをとりあげた研究をみていくことにする。

3. 障害児や幼児のための「応答する学習環境室」の研究

まず最初に、コンピュータのインタラクティブな特性と整合的である「応答する環境」理論による、学習環境型CAIの研究についてみてみることにする。

すでにⅢ章でみたように、1960年から1970年頃までが、CAI研究史上「応答行動主義・訓練パラダイムから認知・発達パラダイムへの移行期であった」と位置づけられる。この移行期に現われた初期の認知発達理論に基づくERE (Edison Responsive Environment, Moore, 1965a, 1966)などは、コンピュータに結合されたトーキングタイプライターを主として用いて、幼児や児童の読み・書きなどの言語の学習において成果を上げ、注目を集めた。このような試みは、当時の米国において大規模なヘッドスタート計画における幼児教育や発達研究の進歩を背景になされたもので、ことにその認知的な理論は、「応答する環境 (Responsive Environment) の理論」として、幼児や児童の教育的環境の一つとして定式化され位置づけられた (Moore and Anderson, 1968, 1969, Hunt, 1976)。

したがって、トーキングタイプライターなどの特別の装置を用いなくとも、幼児や児童の実際の教育で、この理論を用いることができる。事実、ファーウェストラボラトリという実践研究を重視する研究所 (Far West Laboratory for Educational Research and Development) などでは、この理論を中心に据えて、「応答するヘッドスタートプログラム (Responsive Head Start Program, 1969-1970, Ferguson, et al., 1969)」が試みられたりしている。

EREは、2歳から6歳くらいまでの幼児や児童を対象にしているが、また、精神遅滞児や聾児などの障害児に対しても試用されている (Moore, 1965b, 1966)。しかし、年齢の比較的低い幼児や障害児などにおいては、必ずしも十分な成果を上げていない。この理由としては、理論のほうにあるのではなく、むしろトーキングタイプライターのキーにその原因があるという指摘が、なされている (Cleary, et al., 1976)。たしかにタイプライターでは、キーそのものが小さすぎ、またその数が多いことが、そうした子どもにとって問題となるように思われる。

障害児教育や幼児教育においては、子どもに学習意欲を喚起しながら、学習の達成をはかるということが、とくに重要である。この点に関しては、子どもと環境との相互作用を基盤にしなが、子どもの環境への主体的な働きかけに対して、ヒトやモノなどの環境が適切に応答してやるという「応答する環境の理論」は、ことに有望な理論の一つといえよう。心理学者 Hunt によれば、「乳幼児の手による探索の努力に応答してくれる事物があることと、彼の不快を示す行動的な徴候や音声的な徴候に応答してくれる人間がいることは、目標に向かって努力する際の粘り強さの発達を奨励する。(波多野訳, 1976)」というように、ヒトやモノなどの環境の応答性が、EREでも示されたが、幼児や児童などの興味や好奇心を喚起し活発な活動を引き起こし、そこでの環境に対する効力感が自信などにもつながり、目標を達成する際の粘り強さを養い、それらが結局、学習や知的発達の促進にも貢献するという。このように「応答する環境の理論」は、認知的動機づけの側面を有するわけで、この意味では、最近の「環境変化の自己原因の認識 (de Charms, 1976)」などの動機づけ理論などとも、密接に関わる部分がある。そうだとすれば、年齢の高い、かなりの発達段階にある子どもに対しても、その理論は適用可能であろう。

そこで、この理論を設計思想の中心に据えて、障害児や幼児のための新しい型のCAIを開発することが、可能となってくる。それらは、Skinnerのプログラム学習の発展として位置づけられる行動主義・訓練パラダイム下でのCAIとは異なるものとなる。ERE

が最初のモデルとなるのであるが、それは、すでにみたように通常のタイプライターのキーを用いるなど、障害児や幼児にとって限界がある。また、目標を言語学習に限定している。さらに、「応答する環境の理論」をトーキングタイプライターを媒介としての応答に限定しており、子どもの周囲の環境全体の応答にまで至っていないといえる。

こうした限界を克服し、さらに発展させ、認知・発達パラダイム下での新しい型のCAIを提案することがめざされる。つまり、タイプライターの小さなキーの代わりに、大きなタッチパネルを用いること、種々の学習ができるようにすること、さらに「応答する環境の理論」に「学習環境論 (東, 1975)」の「つけこみ」の考えなどを導入して、学習環境に組み込まれたコンピュータが、子どもの働きかけに応じて、適切に学習環境室全体を制御し、応答させることによって、楽しく学習しうるということ、以上の3点が設計のための基本思想となるといえる。

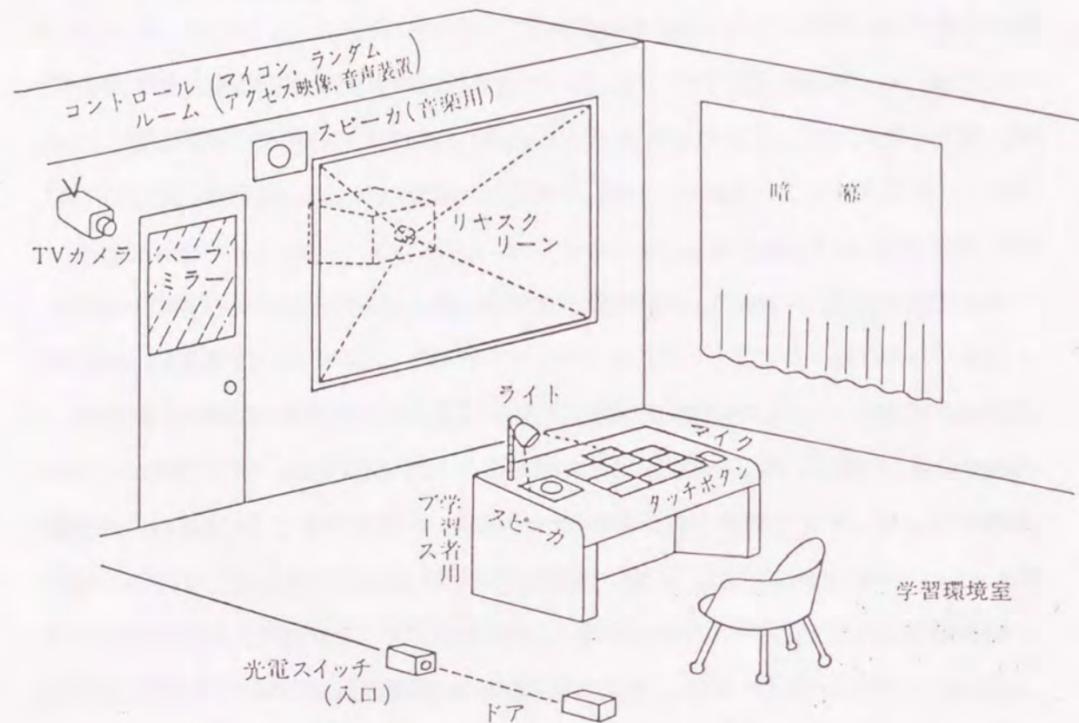
そこで筆者らは、障害児や幼児の教育のための、豊かなメディアによる学習環境構成のための一つのプロトタイプとして、コンピュータ利用の「応答する学習環境室」の研究開発を試みてきた。こうした一連の研究は、認知的な「応答する環境」の理論を土台とし、それを洗練しながら、新しい型のCAIの提案を行ったものである。研究初期のスライド装置をコンピュータで制御することが設計の中心となるIRE-I (Ibaraki daigaku Reponsive Environment) では、主として学習の動機づけ上有効であることは判明した。その研究の上に、当時開発されたビデオディスクをコンピュータで制御することが中心となるIRE-IIでは、学習の動機づけ上ばかりでなく、学習の成立においても一応の成果が示され実用に近づいた (菅井他, 1984, 菅井, 1989)。そこで、IRE-IIIでは、さらにタッチスクリーンなどを用いて、システムの性能を増し学習しやすくするとともに、養護学校の実践上重要な課題である「宿泊学習」を支援する実用性のある試みを行った。これは、1978年頃から計画に入り、1979年に設計開発を行い、1980年からIRE-Iの実施を試みるなど、2~3年ごとに「設計・実施・評価」を行い、より発展をめざす方向をとり、IRE-IIIで一応研究を閉じたのは1987年であった。

(1) 応答する学習環境室の設計思想とIRE-Iの開発

① IRE-Iシステムの概要

最初のIRE-Iは、茨城大学教育学部・附属教育学センターの附属養護学校内分室に開発され設置された。その部屋は、図表IV-3に示すように、子どもが学習活動を行う

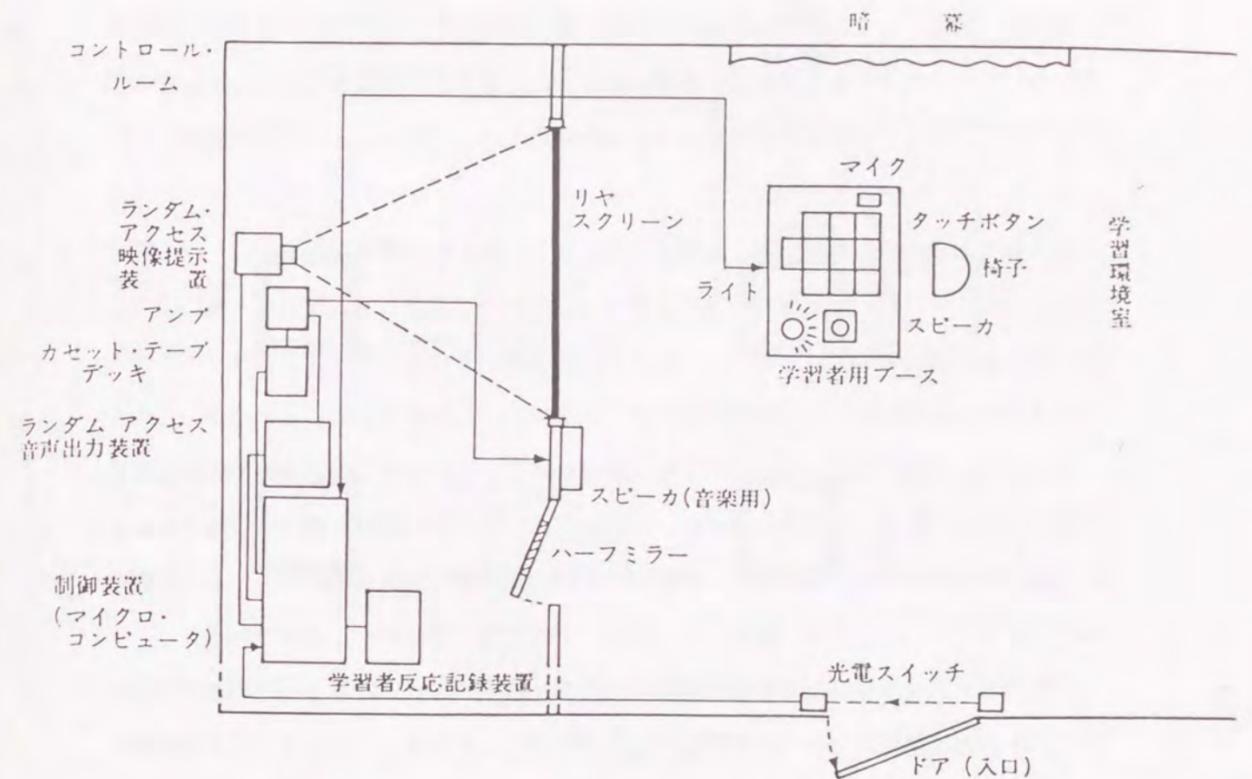
学習環境室と、コンピュータを中心とした各種装置が置かれているコントロール・ルームとからなる。応答する学習環境室の入口のドアの近くには、不可視光線である赤外線を用いた光電スイッチが取り付けられている（高さ85cm）。子どもが、ドアを開けて、この部屋に一步踏みこもうとすると、光電スイッチが働き、コンピュータは、学習環境全体の制御を開始する。



図表IV-3 応答する学習環境室IRE-Iの外観図

図表IV-4に示すように、まず、カセット・テープデッキから、その子どもの好む音楽をならし、それと同時に、暗幕により暗室にされた学習環境室内の学習用ブース上のライトをつけ、学習用ブースの周囲だけを明るく照らす。

これは、学習環境全体が応答するという思想の一つの表現であり、子どもが応答する学習環境室内に入るといふ、最初でしかも重要な行動に対して、学習環境室は音楽で迎え、ブースを照らし、楽しい雰囲気の中で学習用ブースに近づかせるという心理的効果をもつであろう。



図表IV-4 応答する学習環境室IRE-Iのシステム構成図

この場合、子どものおおのの好みの音楽を前もって準備しておけば、子どもに応じて好きな曲で応答してやることができる。以上は、IREにおける学習プログラムに入る前に「誘導のプログラム」である。

学習プログラムは、次に示すように大きく2段階からなる。

a. モード1：自由探索

学習者である子どもに、自由な探索をさせる段階である。この意味では、反応を発散させていく方向といえよう。誘導のプログラムに誘われて、学習用ブースに近づき、椅子に腰をおろすと、目の前のブース上には、10個の大きなタッチボタン（1個の大きさ7cm×7cm、透明のプラスチック製、OHP用TPなどで、数字や図や絵などでソフトを容易に作成可能）および正面に大きなリヤ・スクリーン（縦1.5m×横2m）が認知される。たまたま、子どもがタッチボタンの一つに触れると、それに対応した映像と音声が、ランダムアクセス的に提示されることになる。この場合、映像・音声両装置をコンピュータが制

御することは、いうまでもない。

映像提示装置としては、ランダムアクセス・スライドプロジェクター（スライド収容数80コマ、アクセスタイム5秒以内）を用いた。また、音声出力装置としては、ランダムアクセス式のカセットVTRの音声チャンネルを使用した（アクセスタイム最大10秒）。

b. モード2：発見と照合

学習者である子どもがモード1に飽きを示したり、何日間か部屋に入り、モード1のプログラム内容に習熟したと認められたときには、このプログラム第2段階に入る。子どもが応答する学習環境室に入ると、いつものように音楽がきこえ、ブース上のライトがつき、タッチボタンを照らすという誘導のプログラムまでは、これまでと同じであるが、このモード2では、環境のほうから先に子どもに働きかけていく。前の自由探索の段階が、反応を発散させていく方向であるとすれば、この段階は、子どもの反応を目的に収束させていく方向であるといえる。この場合、教師は、教材の提示順序である環境の子どもへの働きかけと応答のシーケンスを、容易にコンピュータに記憶させておくことができる。

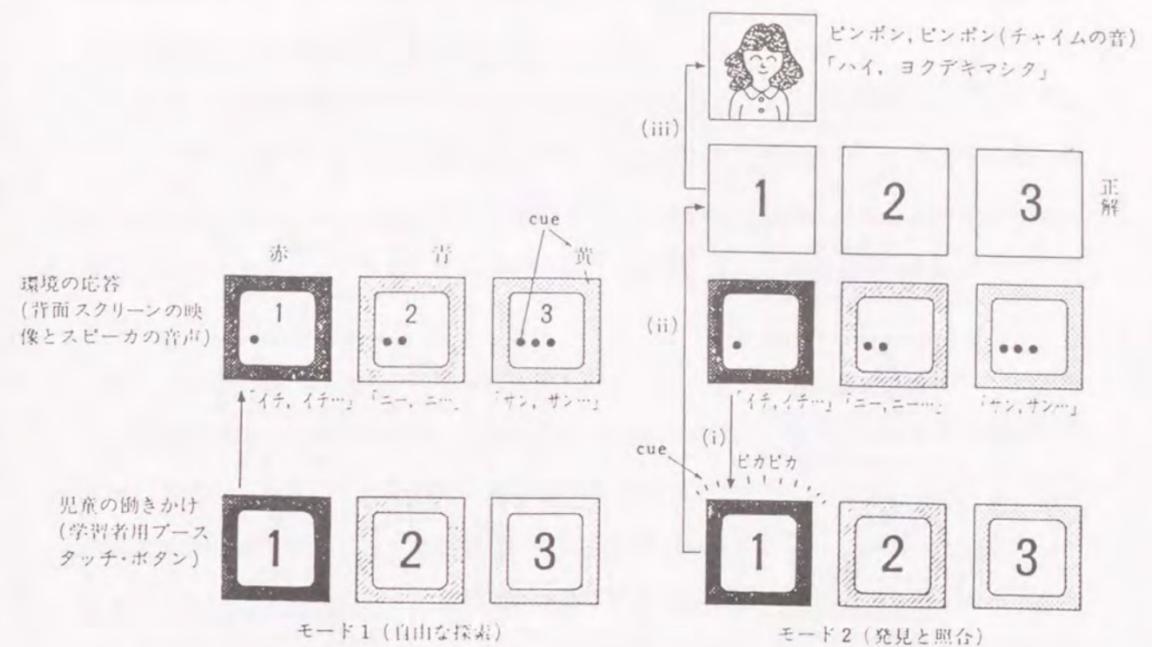
大型のリヤスクリーン上に映像刺激が、またブース上のスピーカから音声刺激が提示されて、子どもに目標のブース上の対応するタッチボタンを発見し、照合することを要求する。このとき、対応するタッチボタンは、点滅を繰り返し、そこを押すようにそれとなくキュー（Cue 手がかり）を子どもに示すことができる。このように、コンピュータと学習用ブースは、双方向のコミュニケーションを行う。

子どもが求められているボタンを発見し、それを押すと、リヤスクリーン上に正解の映像が提示される。この場合に、他のボタンは、すべてロックされており、子どもがそれらを押しても、環境には全く影響がない。しかしその記録だけは取れるようになっている。

正解をしたときには、「ピンポン、ピンポン」とチャイムの音、つづいて女性教師のニコニコ顔の映像とともに、「ハイ、ヨクデキマシタ」の音がきこえる。ここには、行動主義系の「強化」の考え方が、一部導入されている。もちろん、これを除くこともできる。このようにして、コンピュータに記憶された順序で、教材が提示されていくことになる。

以上が、IRE-Iにおける教育のプログラムの概要であり、それは学習前の誘導のプログラムと、学習プログラムのモード1（自由探索）とモード2（発見と照合）という2段階から成る（図表IV-5参照）。操作のフローチャートは図表IV-6に示される。

また、IREは、新しい型のCAIであると同時に、教育実験装置としての側面を有する。応答する学習環境室内での子どもの行動は、すべて観察し、また記録できる。どのタ



図表IV-5 IRE-Iのソフトウェアの例「数字読みのプログラム」

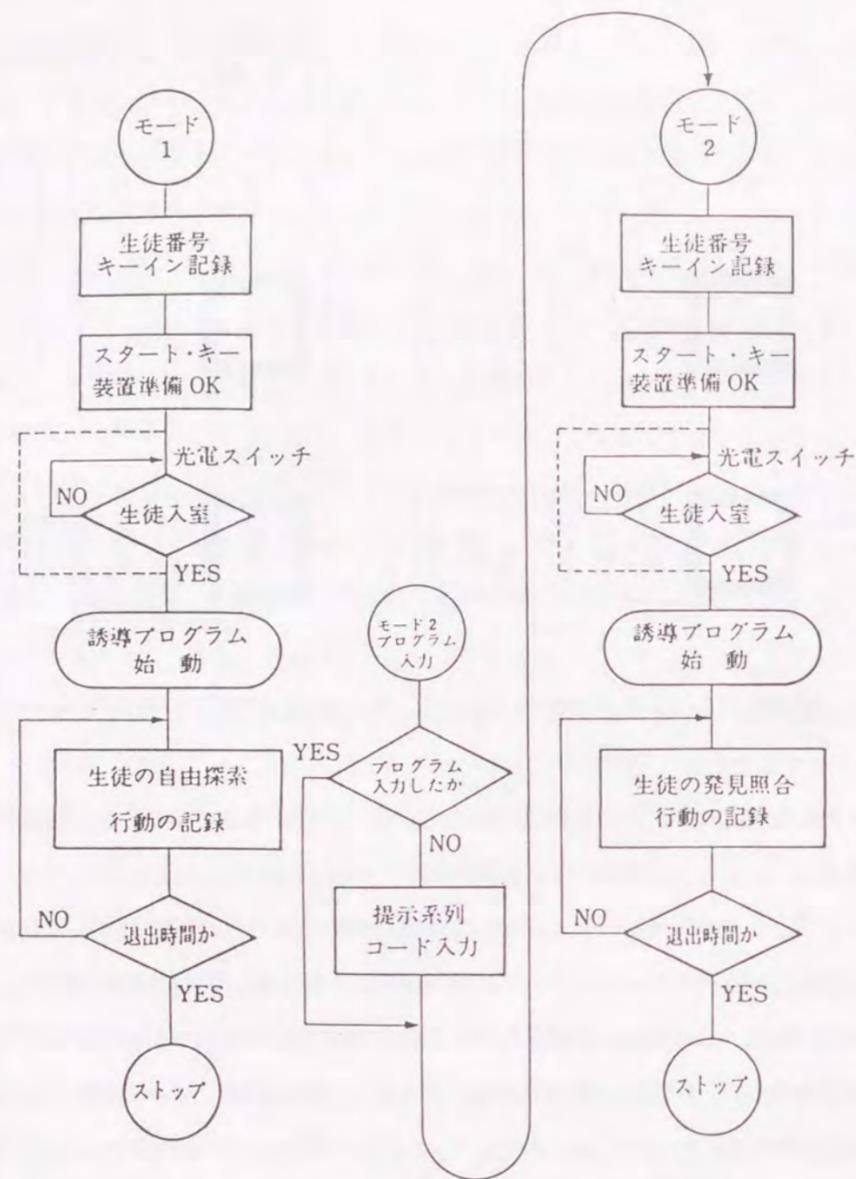
ッチボタンを押したか、反応時間はどのくらいかというようなタッチボタン関係の記録は、制御装置のコンピュータを通して、自動的にプリンターで印字される。

また、子どもの学習用ブースに向かっての低い声のつぶやきなどは、ブース上の隠しマイクを介して、音声カセット・テープに記録される。さらに、学習環境室内での子どもの全体的な行動は、この部屋に設備されている前と後の2台のTVカメラによって、CCTV制御室を通して、観察し、記録できる。より近くで観察記録したいときにはこの学習環境室の隣りのコントロール・ルームで、ハーフミラーを通して可能である。

② 応答する学習環境室の設計思想

次に、応答する学習環境室の基本的な設計思想について、述べておくことにしたい。

(a) 「応答する環境」というからには、本来、学習環境の全体が応答すべきであろう。こうした考えから、本システムでは、誘導のプログラムを導入していることはすでに述べたが、もう一点は、子どもの働きかけに対して、大型のスクリーンを用いた映像と壁やブースに取り付けられたスピーカからの音声で提示され、まさに環境全体が応答する効果をねらっている。このようにして、子どもの小さな動きや働きかけに対して、環境の応答が大きく増幅されて与えられることになり、子どもの学習の動機づけ上、きわめて有効なデ



図表IV-6 IRE-Iシステムの操作フローチャート

ザインとなるであろう。

(b) 教育方法学上、注目される学習環境の構成法の一つに「つけ込み (soaking)」と呼ばれる方法がある (東、1968)。IREには、この考え方が導入されている。この方法は、理科教育などで、子どもを湖沼の自然環境の中にとっぷりと「つけ込み」、そこでの生物、植物などの自然環境と子どもの相互作用により、探索的かつ総合的に学習させる試みなど

にも用いられる。これは、実際に、岐阜大学のカリキュラム開発センターなどで実施され成果を上げた (成瀬ほか、1976)。

IREにおける学習環境室への「つけ込み」は、そのような「生の環境」へのものではなく、メディア環境へのものであるといえる。それだけに限界もあるが、自在に組織的系統的な学習をめざすプログラム設計ができるという長所をももつてであろう。情報化社会の進展とともに、メディアを通しての学習の能力の育成もまた、今日重要であると考えられる。

(c) IREでは、子どもが「学習環境室」に、原則として、ひとりでの入るわけで、学習の個別化を推進するものである。ことに障害児の学習の場合、個人差もかなり大きいと考えられるので、それに応じて教材の提示順序などのシーケンスの決定は、プログラム学習的にあらかじめ予想してコースを準備しておく方略は採用しない。

IREには、実験装置としての側面があることにもよるが、複雑な個人差に応ずるために、毎回の子どもの学習結果のデータを自動記録し、それらを用いて教師は事前に、容易にシーケンスをコンピュータに記憶させる方略を採用している。これに加えて学習のプログラムにおける教材の作成は、古典的CAIなどに比較して、きわめて容易である。将来、完全に自動化することも視野に入れている。

(d) IREにおける「学習環境室」に、子どもは毎回10分間入ることになっている。ことに、使用時は暗幕によって、暗室にするという設計を施している。これは、直接的には、当時、精神薄弱児には短期記憶に問題があるとする説と注意に問題があるとする両説があり、これに対処するためである。また、ランダムアクセス上の問題への対処も含まれている。間接的には、興味の範囲が狭く、固執性がある自閉的な情緒障害児などの教育において、暗室の中にテレビを持ち込み、注意を喚起し、興味のある番組からしだいに範囲を広めていくことに成功したという、実践報告からの発想でもある。こうした設計は子どもに対して、学習内容に注意を集中させるという効果をもつてであろう。また、この注意の集中時間と関連させて、10分の時間が経過したときには、途中でも部屋をでる約束をする。もちろん、子どもが時間の途中ででもでたいというときには、部屋をでることができる。こうした社会的ルールの学習も含まれている。

(e) この学習環境室へは、学習者である子どもは、ひとりで個別に最長10分間入ることになるが、通常子どもたちは教師や友だちと附属校のオープンスペースで集団で総合学習やオープン・エデュケーション的な学習をしている。そうした他の実践を考慮した設計

を施している。

(f) この「応答する環境室」では、子どもの働きかけに対して、視覚的・聴覚的に応答性高く答えてやる設計を施している。

そこで、筆者は、この点に関して、学生とともに、幼児の発達段階と応答性との関係を実験的に研究してみたことがある（関根幸枝、森川洋一、1981未公表）。

茨城県下のある保育園の2歳児、3歳児、4歳児、5歳児を対象に、一連の応答性の高いおもちゃと低いおもちゃを準備しその関係を調べた。その結果は、子どもが働きかけたときに、音や音楽で、また、動くなど聴覚的かつ視覚的に応答するなど応答性が高いおもちゃほど、子どもは長時間遊ぶ傾向があることが判明した。ただし、応答の仕方によっては、たとえば2歳児などに、驚くような音などで応答するようなおもちゃの場合など、むしろ恐怖反応を生じさせてしまうので、発達段階に応じた応答の仕方の工夫が必要であることがわかった。この知見は有用であった。

③ IRE-Iの実験結果と問題点

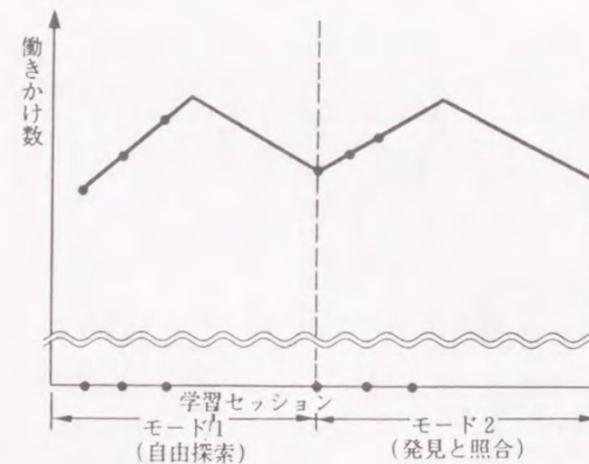
IRE-Iは、1979年に試作された（菅井、馬場、1980a）。その後、その装置を使用して一連の実験研究を行い、そのつど報告をした。IRE-Iの試作にともない、最初に作成した学習プログラムは、「数字読み（1から10まで）」のプログラムであり、これを用いて、まずは精神薄弱児に学習をしてもらった（菅井、馬場、大野、1980b）。そのすぐ後で、幼児に同様に学習をもらい、精神薄弱児の場合と比較などを試みてみた（菅井、馬場、1980c、菅井、馬場ほか、1981a）。ここで、一応「数字読み」のプログラムの実験研究を終了し、引き続いて動物の名称を学習する「応答する学習環境—動物園」の学習プログラムを作成し、精神薄弱児に学習してもらった（菅井、1981b）。

そこで、以上の実験結果を総括的にながめ、最初に開発したIRE-Iの有効性と問題点を整理してみることにする。

(a) 「数字読みの学習」—精神薄弱児の場合

養護学校・小学部1、2年次児童（7歳、8歳男子）を被験者として、1979年12月に、IRE-Iで学習してもらった。プリテストの結果3人から数字1、2、3を全く読めないのので、それを読めるようにするために、タッチボタンは当該の数字以外の、特製の板で覆って実験する。

その際、各モードにおける学習セッションの進行と子どものタッチボタンへの働きかけ（反応）数との関係は、理論上図表IV-7のようなものになるであろう（図表IV-7参照）。



図表IV-7 各モードにおける学習セッションの進行と子どもの働きかけ数の一般的関係

ただし働きかけ数の尺度は、モードごとに異なることに注意しよう。

すなわち、各モードにおいて、学習セッションが進むにつれ、働きかけ数が増加するが、やがて飽きがきて減少する。モードが変化すると再度同様のパターンが繰り返される。ただし個人差もあるので、実際のデータはもう少し複雑となることが想定される。

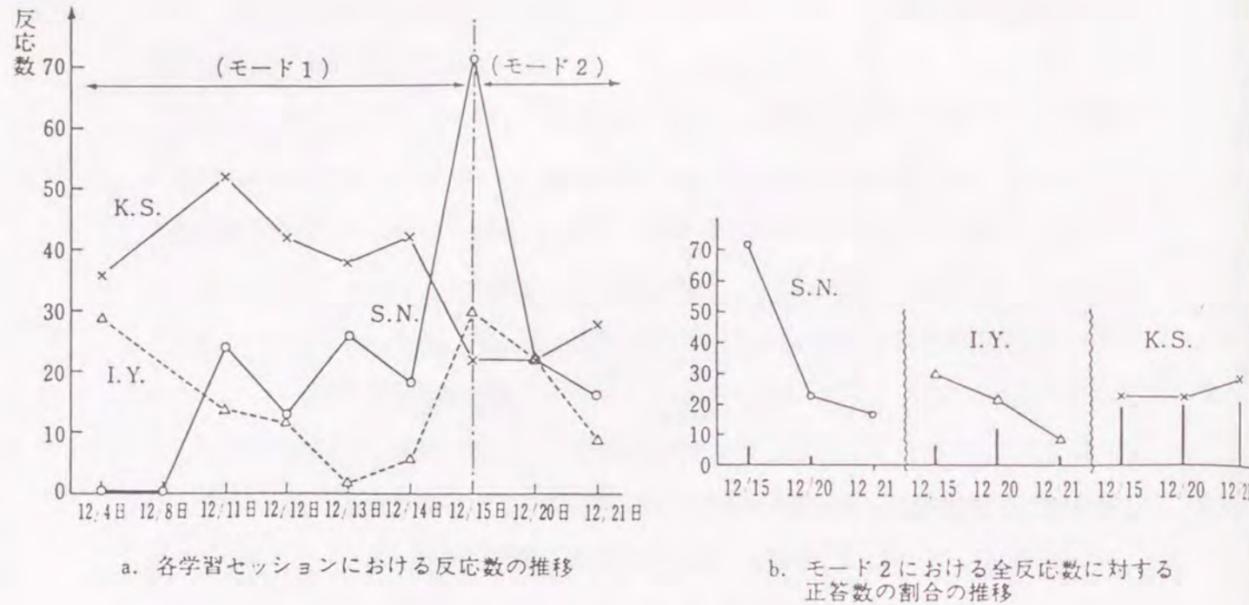
その9セッションの結果は図表IV-8および図表IV-9のとおりである。両方を比較してみると、まず気づく点は、互いに個人差が大きく個性が豊かであるということであろう。それは、このあとでみる健常幼児の場合と相対的にである。幼児の場合には、二人とも理論値に近く似かよっているように見える。

それでは、個別的に簡単にみてみよう。

まず、S. N.は、「学習環境室」を誘導プログラムの音楽に聞き入って、はじめ音楽を聞く場所と考えたらしく、3日目の途中まで音楽を楽しむ。初めてタッチボタンに触れると驚いた様子を示し、その後ボタンを押す反応数が増える。ことにモード2に移行したときには、急激な増加を示すが、必ずしも反応数の割には正答数は多くない。これに対して、

I. Y.は、最初のうちはスピーカの声に合わせて自らも発声し数字の学習をしていたが、飽きやすいのか日を追うにつれて、退室時間が早くなり、それとともに反応数も減少していく。しかし、モード2へ移行すると、また反応数が増加し、これも日を追うにつれ下がっていく。次に、K. S.であるが、三者のうちで最も特異な、いいかえれば本システムに

図表IV-9 IRE-Iでの精神薄弱児の反応数と行動



図表IV-8 IRE-Iにおける精神薄弱児の学習反応(数字読みの学習の場合)

最も夢中になる行動を示している。IQ測定不能とあるように、プリテストなどにも横を向いてしまっていたが、「学習環境室」は気に入り、規定の10分がきても椅子やブースにしがみついて退室しがらないことがしばしばであった。また、モード1でも夢中で反応数も格段に多く、モード2に移行したときにはそれまでと異なったためかとまどいが見られ、逆に反応数が減るといふ特異な行動を示す。モード2に入って日がたっても、反応数は減らず、反応数に対する正答数の割合も高い。以上の三者の学習の成立について、ポストテストではK.S.のみが左から右へ1、2、3を学習している程度で、他はプリテストと同じで学習の成立までは至っていなかった。

(b) 「数字読みの学習」- 幼児の場合

近くのK幼稚園の幼児(3歳、男子)で、プリテストで、1、2、3の数字が読めない者3名(人数が少ないのはほとんどの者が読めるため)を被験者として、1980年5月に、IREのIで学習してもらった。同様に1、2、3のみの数字の読みの学習である。9セッションの結果は、その反応数の変化だけを示すと図表IV-10のとおりである。3名中1名は第2セッションから病欠したので2名だけの結果となった。S.N.も第8、9セッション欠席している。養護学校の児童に比較すると、二人とも理論値に近い相似た反

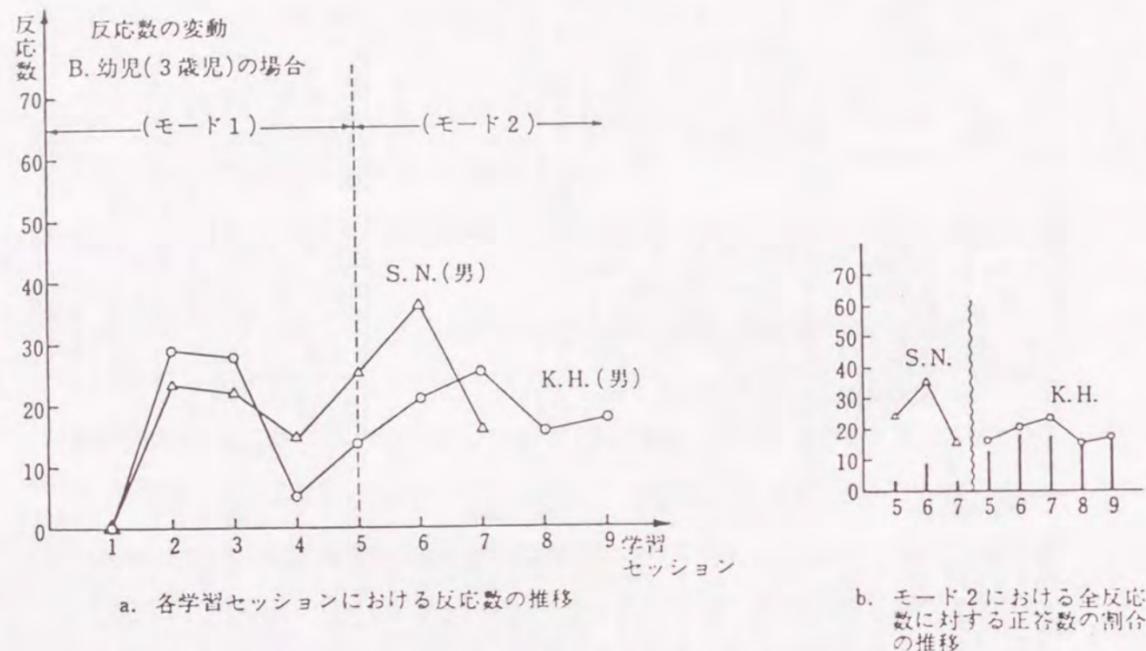
(モード 1)

児童	児童の状態	学習の日	12月4日 (pre-test)	12月8日	12月11日	12月12日
S.N. 君 (8歳 8か月)	・小学部2年 ・IQ 44 ・全体的に筋力の低下 ・神経質	12月4日 (pre-test)	タッチボタンに全く触れず、椅子にすわり音楽に耳を傾ける。途中、音楽に合わせ指揮をとるようなそぶりや鍵盤をたたく身ぶりをしたりして10分間を過ごす。	今回も前回と同じ。所定の10分間、音楽に聞きいる。ところどころ曲に合わせ頭を振る。	160秒後に初めてボタンに触れる。驚いた様子。その後、ボタンを押しながら、スピーカの音に合わせ音を楽しんでいる。	部屋に入ると、椅子にすわり、タッチボタンを押す。その後、後半アクビの様子。反応数少し減る。
I.Y. 君 (7歳 11か月)	・小学部1年 ・IQ 39 ・脳性マヒ、右下肢障害 ・言語不明瞭 ・右眼弱視	12月4日 (pre-test)	椅子にすわるときに、タッチボタンにさわると、与えられた10分間、押しつづける。同時に、スピーカの音に合わせて、自らも声をだしている。毎回念入りに行っている。		前回同様、ボタンを押しながら、スピーカの音に合わせて、模倣行動。4分後よりよいという様子で出口へ立って押していた。	前回同様、ボタンを押しながら、スピーカの音に合わせて発音。ライトジヤックなどに目をやる。3分後足で立って押していた。
K.S. 君 (7歳 4か月)	・小学部1年 ・IQ測定不能(逃げこむ) ・注意の集中持続が不良 ・ダウン症 ・言語不明瞭	12月4日 (pre-test)	部屋に入ると、椅子にかけよりセットボタンを押す。1のみを13回連続して2を17回、最後に3を6回の順序で押す。反応時間もきわめて早い。10分が経過して、「帰ろう」といっても椅子にしがみついている。		やはり、最初1のみ。続いて2のみ、さらに3のみ、そして再び2、そして1へともどる。これを意図的にやっているように見える。	先回と同様、1を何度か、2を何度か、3を何度かという順序。制御室ののぞきにもつかけて押すこともしばしば。
			計 24	計 24	計 24	計 24

(モード 1) (モード 2)

12月13日	12月14日	12月15日	12月20日	12月21日 (post-test)
3のボタンに固執する傾向。音声に合わせ発音することが少し減る。中ほどでアクビ息抜き現象。後半、とりもどす。押し方少々乱暴にみえる。	昨日につづいて固執現象。後半、手を打って音をだしたり、首を振ったり、例のアクビ息抜き現象。したがって反応数少し減る。	モード2に移り、応答の仕方がこれまでと変わった。しばらくの間3に固執して誤反応を繰り返したが、他の正解のボタンを押したところ、「ヨクデキマシタ」のニコニコ顔と音声に大きくなり、き、どんどん押しつづける。後半に正解が集中する。	前半、ボタンをほとんど押し、正解もだした。途中から、反応が遅くなり、3に固執する現象。ライトに目をやったが上を見たり、集中しない様子。	今日は、3のみを押して他のボタンは、全く押さなかった。後半、押すのが遅くなり、6分ぐらいたった。昨日のようには反応しないので2分後外にでる。
1と2のボタンを一度ずつ押すと立ち上がり、部屋の中を飛行機のマネをして歩きまわり4分後にでる。	音声は出したり出さなかったりだったが6回ボタンを押すと部屋をでた。	いつものように押したが応答がなく、不思議そうに顔して押し続ける。途中正解を押したところ、ニコニコ顔と「ヨクデキマシタ」のニコニコ顔をうしろに「センセイ」といってうなずき、ボタンを押しつづける。	ランプの点灯しているボタンを押せばよいという関係をつかんだようにチャイムの音に手をたたき、ニコニコ顔がでるとスクリーンまでかよって、「センセイ」と叫び、興奮している。	部屋に入る前、友人とケンカしていたこともあって、チャイムの音にもニコニコ顔にも、昨日のようには反応しないので2分後外にでる。
今回は、最初から最後まで10分間1のみを押していた。帰りがらなかった。	今回は、ずっと2だけ押し続け、時間まぎわになって3を少しばかり押し続けた。	応答の仕方が、これまでと異なっていたので、少々つまらない気分であったが、すぐに慣れ正解を押しつづけた。ランプの点滅と同時にボタンを押す。関係をつかんでいる様子。	前回と同様、ほとんど正解であった。面白くしてしまいがちで、時間がきても帰ろうとしない。	モード2の3日目、反応時間の平均はどんどん早くなる傾向が見られる。やはり時間がきても帰ろうとしない。
計 26	計 18	計 71	計 22	計 16

応の傾向を示している。3歳幼児の場合、「学習環境室」が見知らぬ部屋であることもあってか、初日は少し恐怖反応がみられた。そこでその部屋で皆で遊ぶことにしたところ、二日目からは教師または実験者が1名同室することによって、安心して学習を続けた。1、2、3だけの学習も手伝ってか、養護学校の児童に比較して、モード1でも早く飽きがかかるようである。モード2に移行すると再び反応数が増加し、しだいに日を追うにつれそれが減少していく。ポストテストの結果は、K. H. は1、2、3について学習が成立したが、S. N. は左から右に1、2、3といえるという成果であった。



図表IV-10 IRE-Iにおける健常幼児の学習反応（数字読みの学習の場合）

(c) 応答する環境「動物園」の場合

数字などの抽象的なものの学習と異なり、パンダとかサル、ペンギンなどの学習では、障害児と幼児は、ともに興味をもって学習することが示された。それぞれの動物の写真スライドを用いたが、パンダなどは最も人気があり、子どもの反応数が高かった。精薄児の8セッションにわたる学習の場合でも、全体的に反応数の高い傾向がみられ、また10分経過前に部屋を出る者もなかった。

以上が、IRE-Iを使用した場合の結果の一部の概要であるが、総括的にいえることは、次のようなことであろう。障害児や幼児の学習において、ことに動機づけの側面にお

いて有効であるという傾向がみられる。例えば、すでにみた(1)の I. Y. などに端的にみることもできるように、「学習環境室」から退出したがらず、「彼が、こんなに夢中になっているのは初めてです。」と担当教師の感想がでる程であった。これには、「応答する環境の理論」そのものが、この方面をねらう理論であることにもよるであろう。子どもの動きや小さな働きかけが、大きな環境変化や応答を導くことからくるのかもしれない。

さらに、モード1（自由探索）からモード2（発見と照合）に大きく段階的に切り換わることは、再び子どもの学習の動機づけに効果がある傾向がみられる。これらは、応答的段階的プログラムの効果として、一部報告された（菅井、1980d）。

しかし、学習反応の喚起や動機づけにおいて有効であるとしても、IRE-Iは、子どもの学習の成立という点では、十分であるとはいえないであろう。

それには、ランダム・アクセス問題を、まず、あげることができる。映像提示にスライド装置、音声提示にVTRデッキを用いているという技術的制約から、子どもの反応に即時に環境側の応答などがなされない。暗室にしてあることもあって、子どもの注意が散漫になってしまうことは、通常の場合より避けられるとはいえ、このことは子どもの学習の成立にとって、大きな問題となるであろう。この問題とともに、IRE-Iでは、静止画しか扱えないという限界もあろう。動画も扱えるようになれば、プログラムの段階を増やすこともできる。

(2) 応答する学習環境室 IRE-IIの開発

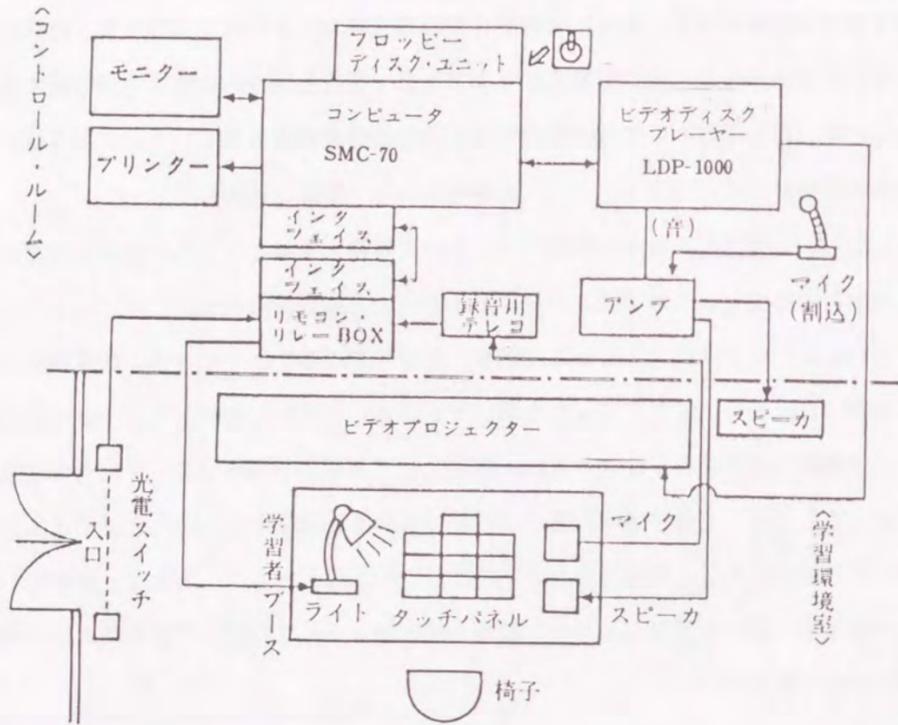
① IRE-IIシステムの概要

IRE-Iの研究の基礎の上に、IRE-IIが開発された（菅井ほか、1983）。IRE-IIのシステム構成は、図表IV-11のように示される。IRE-Iの場合と同じように、コンピュータを中心とした装置が置かれているコントロール・ルームと、子どもが学習活動をする学習環境室とに分かれる。

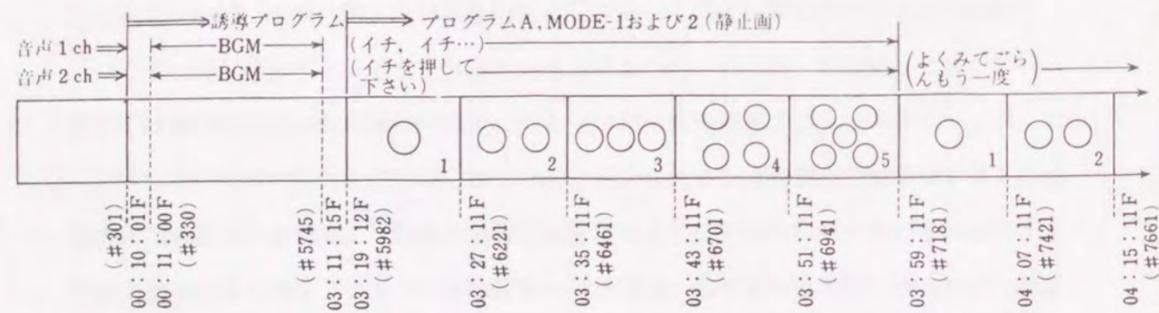
IRE-Iはスライドプロジェクターなどの装置をコンピュータ制御することが中心となるのに対して、IRE-IIでは、最新のレーザ・ビデオディスクを用いて、映像、音声、音楽（BGM）などをすべてそこに内蔵しているため、システム全体がよりすっきりした設計となっている。

このビデオディスク盤（カラー用）には、教材内容が図表IV-12のように内蔵されている。共同研究体制のもとで、片面に30分間分の教材が作成され、図のような形式のもとに

蓄えられた。この中には、「プログラムA（1から5までの数概念の学習用）」と「プログラムB（身近事物の具体的概念の学習用）」という二つのプログラムが、静止画と動画の両方にわたって、準備された。

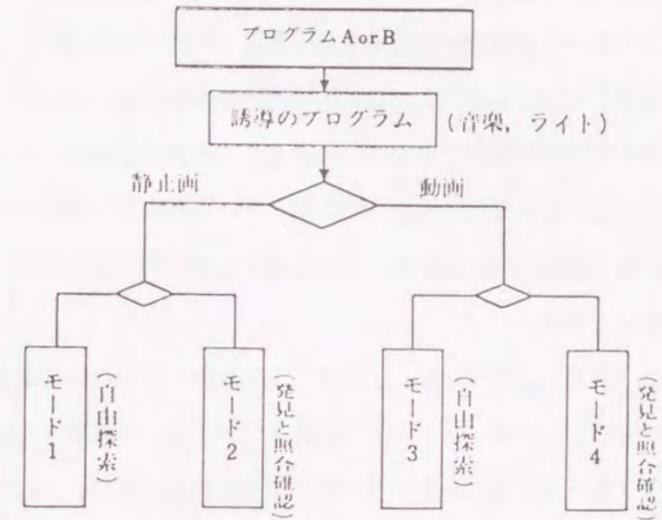


図表IV-11 応答する学習環境室 IRE-II のシステム構成図



図表IV-12 ビデオディスクに内蔵された教材内容

したがって、教育のプログラムの全体は、図表IV-13に示すようになる。



図表IV-13 IRE-IIにおける教育のプログラム

- (1) 誘導のプログラム……IRE-Iと同じであるが、音楽はビデオディスクに内蔵されている。
- (2) モード1：自由探索……IRE-Iと同じく子どもに自由探索させる段階で、触れるタッチボタンに応じて、環境からは静止映像と音声に応答する。
- (3) モード2：発見と照合・確認……IRE-Iの場合と同じように、自由探索の段階とは逆に、今度は環境側から子どもに働きかけ、発見的な応答を促す。子どもからの応答が適切であれば、正解を提示し続いて強化を与え（もちろん、この強化はぬくこともできる）、8種類の準備されている強化から適切なものを事前を選択しておくことができる）、次の働きかけが環境側から再びなされていく。IRE-IIでは、とくにこのとき、学習が成立するように確認をとる念入りなプログラム設計を行っている。
- (4) モード3：自由探索……子どもが自由探索的に、触れるタッチボタンに応じて、この段階では新しく動画映像と音声とで環境側は応答する。
- (5) モード4：発見と照合・確認……同じく、動画を用いて上記(3)のプロセスが遂行される。

教材は次のようである。

「プログラムA」の1から5までの数概念の学習にはボール、ミカン、ヒヨコ、コップ、

指などが用いられる。操作するもの、食べるもの、動物、静物、さらに日常生活で一般に数を表示するのに用いられる指という教材を用いている。どのようなものであっても、1は1であるというような数概念を学習する。

「プログラムB」の子どもの身の周りの具体的な概念の学習には、果物（バナナ、ミカン、リンゴ、パイナップル）、動物（牛、犬、猫、馬）、乗物（自転車、バス、電車、ボート）、身体の部分（目、口、手、足）、楽器（ピアノ、トランペット、ギター、フルート）などが用いられる。各下位概念（各種事例）が上位概念によって、分類できるようにすることが、学習のねらいである。

以上みてきたIRE-IIについて、IRE-Iと比較した場合の特徴を挙げてみよう。

(a) IRE-IIは、レーザ・ビデオディスクをコンピュータ制御することが中心になっているので、IRE-Iと比べ、アクセス時間が格段に速くなり、（最大1秒以内）、ランダムアクセス問題は解消した。このためには、例えばモード2などのプログラムでは、強化が与えられることがあるが、その場合、強化はビデオディスク盤上の一か所だけでなく、必要とするモードごとに、つまり重複して内蔵されている。このように、アクセス時間を速くする工夫がなされている。また、ビデオディスクには音声2チャンネルが準備されており、これが映像だけでなく音楽や音声の縦横なランダムアクセスに有効となっている。しかし、今日このようなレーザ・ビデオディスクの問題点は、原盤作成に費用がかさむことである。

(b) IRE-IIにおいては、ビデオディスクを用いることによって、カラーの静止画と動画を用いることができるようになった。そこで、ほぼ同じ内容を両方で表現して、子どもの学習に及ぼす効果を、分析的に研究することができる。すでに述べたように、このことは、動画が操作に代わりうるかどうかの検証などを含むであろう。

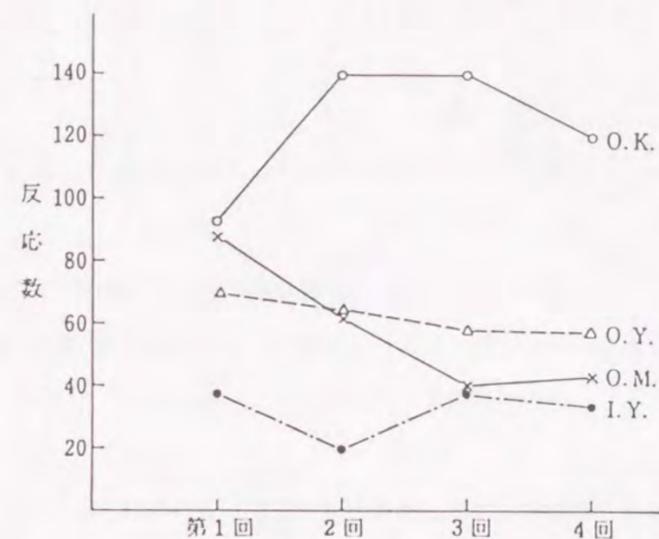
(c) IRE-IIでは、また、理論的には、障害児や幼児の学習における認知論系の理論と、行動主義系の理論の接点にかかわる研究が一部できるように設計してある。それは、強化をはずしたり入れたりできる点である。さらに、強化を与えるならば、どのような種類のものがよいかも研究できる。すでに述べたように、8種類の強化の中には、映像なしで「はい、よくできました」から、教師の写真像と同一の音声、教師の動画映像と音声などレベルに応じたものが準備されている。

② IRE-IIの開発にともなう実験結果

IRE-IIが開発され、その装置の最初の使用の効果については、報告した（松村ほか、

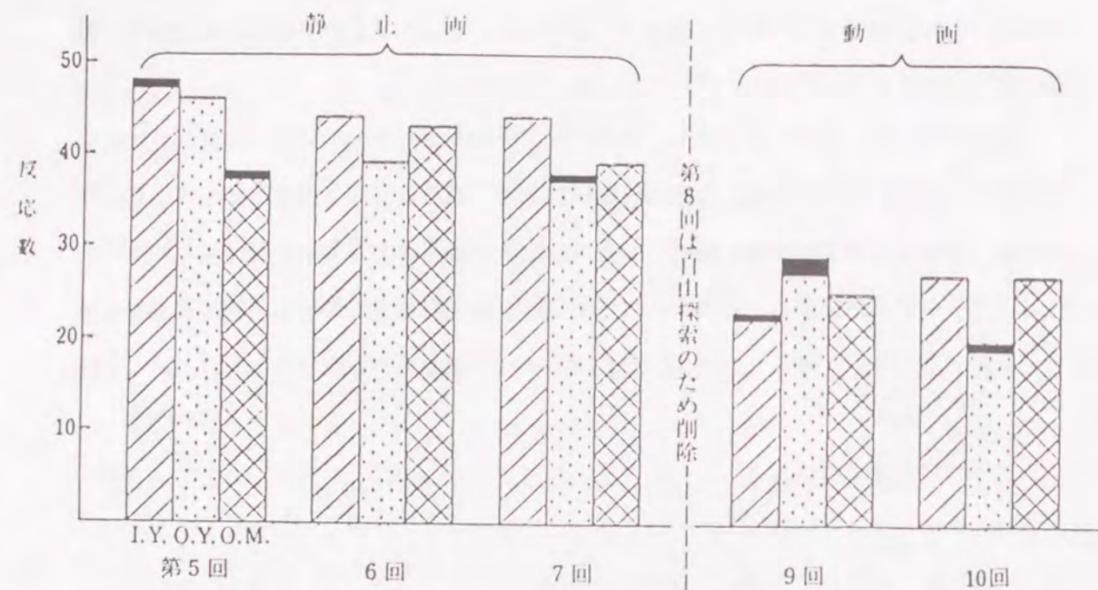
1983b)。これに続いて、「プログラムA（1から5までの数概念の学習）」について、実験研究を行った（菅井ほか、1984）。

これまで幼、小ときたので今回は、養護学校・中等部の生徒の中で、6か月以上にわたる学校での指導にかかわらず、この面の学習がまだ、成立していない者を中心に、1983年12月に、IRE-IIでの学習に挑戦してもらった。中等部の学習者は、今回が初めてであり、10セッションの結果は、図表IV-14、図表IV-15、図表IV-16のとおりである。



図表IV-14 IRE-II-プログラムAのモード1（自由探索、静止画）による子どもの反応数の変化

被験者は、4名ともすべて女子であり、プリテストを実施したところ、図表IV-16に示されているような結果であった。つまり、O.K.（13歳、中等部1年次、IQ30、ダウン症）は10問中3問が正解であり、O.Y.（14歳、中等部3年次、IQ37）は10問中7問が正解であり、O.M.（15歳、中等部3年次、IQ35、ダウン症）は、10問中7問が正解であった。これにI.Y.（13歳、中等部2年、IQ49、てんかん）は、10問中10問正解で、すでに学習が成立しているが、IRE-IIでの行動で学習がまだ不成立の者と、どのように異なるかをみたいこともあって、とくに参加してもらうことにした。プログラムAのモード1（自由探索、静止画）を、第4セッションまで実施した。図表IV-14をみると、O.K.が他の者に比較して、特異な反応を示しているのがわかる。かなり強度の斜視のためか、装置の応答と自己の反応とが必ずしも対応しないことがあり、反応数が多くなっている。しかし、



図表IV-15 発見と照合・確認の段階(モード2静止画、モード4動画)における反応数および誤反応数(黒印)の各セッションの推移(O. K. は斜視のこともあり、他のプログラムに分岐)

毎回、夢中になっている行動がみられる。学習のまだ成立していない、O. Y. と O. M. は、相似た反応数の変化と行動を示しているといえよう。セッションを重ねるにつれ、少しずつ反応数が減少している。両者とも、真剣にまた楽しく学習しているが、O. M. はとくに、IRE-IIからの音声に合わせて、自らも発声しながら学習活動を行っている様子がみられる。これに対して、学習がすでに成立している I. Y. は、わかりきっていることの学習のためか、反応数は低い横ばい状態になっているといえよう。

全員が第4セッションを終えたところで、中間テストを実施した。図表IV-16に示されているように、O. K. はプリテスト時と同じ10問中3問正解であり、プリテストで10問中7問正解であった O. Y. は、この段階ですでに10問中10問正解というように、学習が成立した。O. M. は、プリテストで10問中7問正解であったが、中間テストでは、10問中8問正解というわけで、わずかながらの進歩を示している。すでに、プリテストの段階で、学習の成立している I. Y. は、もちろん、中間テストでも全問できている。

そこで、これらのデータを参考にして、引き続き第5セッション以降に進むことにした。第5、第6、第7の3セッションが、プログラムAのモード2(発見と照合・確認、静止画)となった。しかし、O. K. のみについては、第5セッションでの誤反応が抜群に多く、

図表IV-16 IRE-IIでの精神薄弱児生徒の反応数と行動

生徒	生徒の状態	学習セッション(事前テスト)	第1回		第2回	
			反応数	誤反応数	反応数	誤反応数
O. K. 女 13歳	・中学部1年 ・IQ 30 ・斜視 ・ダウン症 ・13歳10か月	「数字を読んでください」 3, 4, 5, 1, 2 「いくつかですか、教えてください」 ○○○, ○○○○, ○○○○○, ○, ○○	19	2	17	5
			計 90		計 143	
I. Y. 女 13歳	・中学部2年 ・IQ 49 ・てんかん ・抗けいれん剤服用 ・13歳11か月		10	0	10	0
			計 35		計 27	
O. Y. 女 14歳	・中学部3年 ・IQ 37 ・14歳10か月		12	0	12	0
			計 71		計 63	
O. M. 女 15歳	・中学部3年 ・IQ 35 ・ダウン症 ・15歳3か月		22	0	22	0
			計 87		計 62	

また、斜視のため画像も見づらい様子が観察できるし、かつ、中間テストでも学習の進歩が見られないなどの諸点を考慮して、第6セッション以降最後までモード2の静止画だけにして、しかも1、2、3の数概念の学習のみに限定することにした。これだけ大きな個人差がある場合には、やはりプログラムは分岐させなければならないようである。モード2（自由探索、静止画）の3回のセッションにおいては、O. K.以外の3名には、ほとんど誤反応がないことがわかる。学習がすでに成立していたI. Y.が、モード1のとき反応数が常に他者に比べて低かったのに、このモード2では、3セッションとも他者に比べて、わずかながらであるが、常に高いということは、興味のあることである。回を追うごとに、ほんのわずかずつ反応数が減少しつつあるようにもみえるが、「学習環境室」での子どもたちの行動の様子からは、7回目のセッションで、プログラムへの飽きがはっきりと見える。そこで、第8セッションは、プログラムAのモード3（自由探索、動画）に移行する。動画は初めてであるので、3名とも再度楽しそうな生き生きとした行動を示す。続いて、第9、第10セッションは、最後のモード4（発見と照合・確認、動画）に移行させる。図表IV-15では、第5、6、7回のセッションの反応数と比べて、第9、10回目の反応数が減っているように見えるが、これは動画を用いているため、一回の応答と反応に時間がかかるので、見かけ上のものにすぎない。

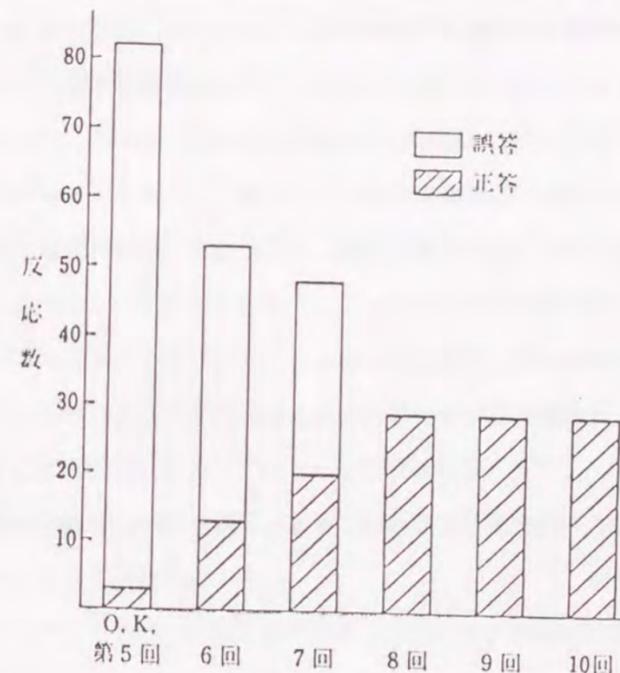
以上10回の学習セッションの終了後、学習の成立に関して、ポストテストを実施した。その結果、学習がまだ未成立であったO. M.は、10問中10問正解し、完全に学習が成立し、すでに学習が中間テスト段階で成立していたO. Y.も完全正答し、最初から学習が成立しているI. Y.も、もちろん、完全であった。

他方、共通プログラムから分岐したO. K.は、図表IV-17に示すような結果を示している。モード2の（発見と照合・確認、静止画）に入ったとき、反応数全体は高かったが、そこには誤答数も多く正答数が少なかった。このような結果は、IRE-Iの実験でもすでにみたが、しばしば見られる現象である。反応数全体が低くなるにともないしだいに正答数が増加していく。O. K.の場合は、このことがきれいにでている。そして、最終に近い第8、9、10回の3セッションでは、正答のみとなっている。つまり、IRE-IIのタッチボタンを前にする限り、常に正答を押し続けている。しかし、他の部屋で、別のやり方でのポストテストでは10問中3問正解という結果であり、これは、プリテスト、中間テストと同じ結果である。「学習環境室」というひとつの小世界(micro-world)でも、別の世界ではできない。これは精神薄弱児などによく見られる学習の転移の問題と

いうことができるであろう。

以上が、IRE-Iの土台の上に開発したIRE-IIのプログラムAに関しての実験結果である。これで見ると、IRE-IIは、障害児の学習などにとってかなり有効であるように思われる。

プリテストで10問中7問正解というから、ある意味では、かなり学習が成立しかけているといえようが、ともかくそうした子どもが、2名、毎日10分間、「学習環境室」に入ること4日間から10日間続けることによって、学習が成立するようになったことが示された。10回の学習セッションと、ポストテストが終了し、中等部の教師の方々にこの報告をしたところ、ちょうど期末の成績をつけ終わったところであったと前置きしながら、「それでは、成績を修正しなくては」とニコニコと実験結果をきいてもらう一幕もあった。



図表IV-17 O. K.の反応数と正答数の各セッションにおける推移
発見と照合・確認の段階（モード2静止画のみ）に限定しかつ1、2、3のみの数字パネルに絞る。

(3) 応答する学習環境室IRE-IIIへの発展

すでにその研究の経過をみてきたように、応答する学習環境室IRE（IおよびII）の

開発では、これまでC A Iをはじめコンピュータの教育利用が、ほとんどなされてこなかった障害児や幼児の学習を対象にしてきた。そのため、E R Eの考えを拡張し発展させ、学習環境内にコンピュータを埋め込み、子どもに直接気づかせず、子どもの自由な働きかけ活動を尊重し、それに適切に応答する設計を学習環境室全体に試みることにした。その中で、子どもがとにかく楽しく喜んで学習活動を行うことを第一とし、そのうえに学習の成果が上がることをめざした。有効性の検証は、E R Eでも単なる事例記述研究に終わっており、実験の分析手法の開発など、残された問題である。ことに、研究の性格上、個人差の著しい障害児などを対象とし、動機づけにかかわる興味や意欲などの推移というプロセスを問題とせざるをえないし、かつI R Eがより実用に近づくときには、通常の授業（集団による学習）と並行して用いることを想定していることもあり、できるだけなまの通常の状態を検証することにした。とはいえ、学習の成果の検証を急ぐあまり、学習教材の選択など、教育現場の要請よりも研究の論理が先行したことは、否定できない。

そこで、I R E-Ⅲでは養護学校側の要望を入れて、生活単元学習としての宿泊学習の事前・事後指導用に用いる内容を取りあげ、開発を行った。それは、1984年から3年間にわたってなされ、『障害児・幼児教育のための「応答するインテリジェント学習環境室」の総合開発』（試験研究(2) 研究成果報告書、研究代表者 松村多美恵 昭和62年3月）として報告されている。

筆者は、その研究開始時期、大阪大学に移ったこともあり、研究には共同研究の分担者として参加したが、実験的試みや分析などには立ち会えなかったため、ここで報告することは差し控えたい。

ここでは、分析法も一段と優れたものになって、実用上の成果をあげたことだけを報告しておくことにしたい。

4. 生徒がコンピュータに「教えることによって学ぶ」T U T E Eシステムの研究

コンピュータのインタラクティブな特性と整合的な応答する環境理論によるI R Eの長期間にわたる研究の結果、障害児や幼児は、認知的動機づけによって能動的にしかも楽しみながら学習しうることが確認された。

そこで、こうした成果の上に、さらにコンピュータの反映性の特性を加え、子どもの思考を促進するシステムの開発が期待される。

とくに、近年、認知心理学においては「静かなる革命」(Bruner, J. S., 1987) と呼ば

れる、パラダイム変換が生じ、社会・歴史的アプローチのもとに、文脈や状況などが重視され、対人的・社会的な関係が問題とされはじめている。

そこで、こうした研究の文脈の中で、大阪大学人間科学部・教育技術学のスタッフと学生によって、「チューター・シリーズ」C A I、つまり「教えることによって学ぶ」T U T E Eシステムが開発された(森田他、1987、井上、1988、菅井他、1989)。

このシステムでは、生徒がコンピュータのチューター(Tutor)によって教えられるのではなく、その逆に生徒の側がコンピュータに「教えることによって学ぶ」というT U T E Eシステムに位置づくものである。

近年、コンピュータの教育利用やハイパーメディア利用において、tool、tutor、tuteeの分類などが提案され、このtutee利用が注目されてもいる(Taylor, R. P., 1980, Jonnassen, D. H. & H. Mandl, 1989、坂元、1990)。

「教えることによって学ぶ」というのは、よく考えてみると逆接的であり弁証法的でもあるが、教師であれば、日常的に行っていることでもあろう。また、こうした経験知からであろうが、有名なチューター(Tutor)方式にみられるように、昔から教育方法としても、その有効性は認められてきた。しかし、その心理学的解明は、必ずしもこれまで明らかにされていないように思われる。

ここでは、愚直に動くコンピュータを介して、この心理学的解明にもかかわることになる。

(1) 「教えることによって学ぶ」T U T E Eの設計思想

本システムの設計思想は、以下に示すようなものである。

① 情報生成体としての人間観に立つ

認知パラダイムのもとでは、行動主義の場合とは異なり、きわめて能動的・主体的な、いわば情報生成体(information generator)としての人間観、学習者観に立つ。

そこで、本システムでは、学習者側が問題を生成し、コンピュータ側に解決させるという設計を施すことにする。

② 学習の「誤り」を重視する

認知パラダイムのもとでは、能動的な情報生成体としての学習者観に立つことから、学習において「誤り」が生ずることを容認するだけでなく、むしろ学習や発達に必然的にもなうものと考え、逆にこれを自ら修正し訂正できるようにする能力(debug能力)の育成

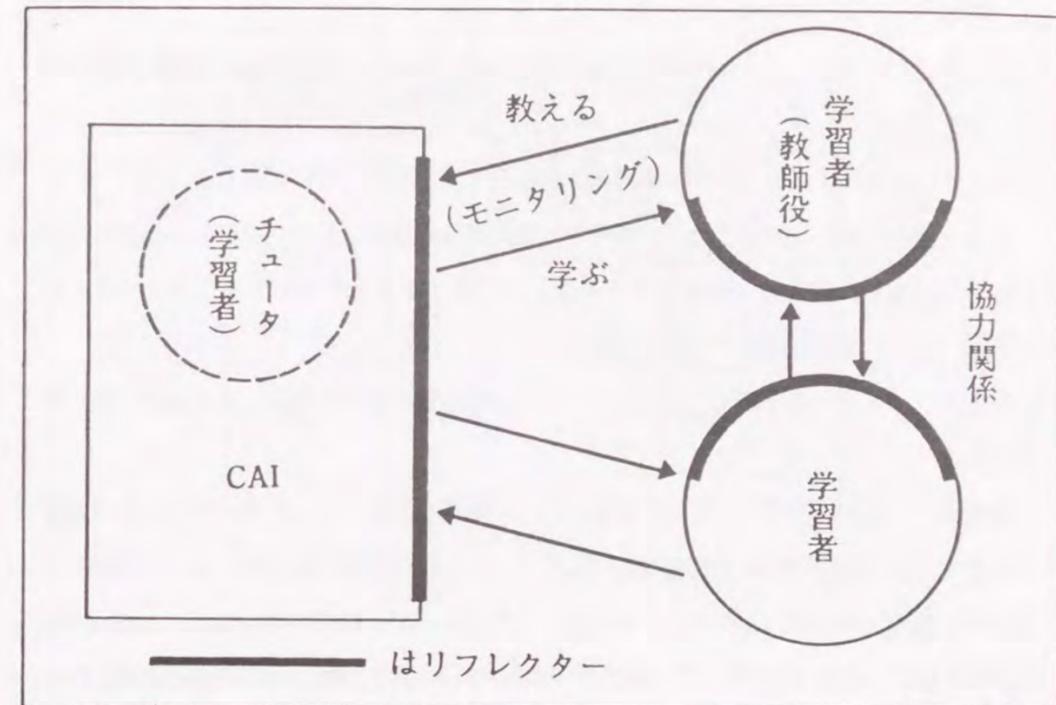
をめざす。なお、この種のシステムを開発するためには学習者の「誤り」が明確に類型化されている領域が望ましい。このことから、認知科学のもとに、いわゆる算数の多桁の引き算において、系系的ともいえる成果をあげたバグ研究 (Brown, J. S. & R. Burton, 1978) を援用し、本ソフトのカリキュラムをこの領域において開発する。

③ 学習者の思考活動を中心とする

Mead, G. H. (1983)の社会的相互作用論によれば、動物と人間の学習を峻別するのは、人間が身ぶりやシンボル機能を有し、単なる動物の条件づけを越えて、思考やそれによる内省や反省 (reflection) を行うことだとしている。さらに、思考が生ずるためには、(a) まず、人間は自己を責任を持てる立場におき、他者の立場に自己をおくことが必要だとする。そうすれば、「彼がああやるなら、私はこうやる」というような思考も生ずるといふ。これに続いて、(b)更に、個人がシンボル機能を働かせて、他人の中に呼び起こしつつある反応を、自分自身に立ち返らせ、その反応の立場 (他人の立場) から、自己のその後の行為を指導することができるように、有声の身ぶりなどがともなう必要があるとしている。

以上の考えは、近年ではメタ認知方略 (meta-cognitive strategy) とかモニタリング (monitoring) などの概念として認知心理学で強調されてきているし (例えば稲垣、1982)、そのメタ認知能力は7才前後からみられるという知見もある。また、Meadの考えにみる自己内省 (self-reflection) 等による、「自己調整・制御」は、自己学習力の基盤となる重要な概念であるといえよう。

そこで、本システムの設計では、図表IV-18に示すように、教師役という、責任を持たざるをえない立場に子どもをおくことにする。そしてそのために、従来のCAIでは常に教師役であったコンピュータに、学習者の役を与えることとする。ここでは、その学習者として、ネズミのキャラクターを想定する。子どもはそのネズミに問題を与え、そのネズミが問題を解決していく思考過程やパフォーマンスをモニターしながら、誤りなどを指摘していくのである。つまりこのシステムは、子どもが「教える」過程を子ども自身にリフレクトさせる機能を持つ。それによって、子どもはその学習内容を結果的には習得してしまうことを期待するのである。これは、通常「教えることによって学ぶ」といわれる方式である。ところで、Meadの理論は、本来対人的な関係の中でのものなので、本システムでも、学習者 (1つのコンピュータに向かう子ども) は複数にし、そこでの対人的な相互作用を重視することにした。つまり、子ども同士の共同作業 (cooperative work) を期待するのである。



図表IV-18 「チュータ・シリーズ」CAIシステムによる学習

④ コンピュータを、人間 (自己および他者) の思考過程を記録し、表現する一種の鏡つまりリフレクター (reflector) として用いる

コンピュータには、本来の機能として、人間の知識や思考を記録し、それらを動的なプロセスとして表現し、そのモニタリングを可能にするという機能がある。その機能を活用すれば、自己や他者の問題解決やパフォーマンスが動的に表現され、それをモニターすることによって、自己の解決過程やパフォーマンスを客体化して見ることが可能になると期待される。いわゆる自己に立ち返らせるという自己モニタリングを可能とし、自らの思考やパフォーマンスを吟味内省し、その修正をはかることができるのである。

この意味では、コンピュータはまさにミードがいう「内省」に導くリフレクターとして用いることができる。

こうしたコンピュータ特有の機能に注目し、学習の道具に用いることをCollins, A. & Brown, J. S. (1987) は提唱している。それによれば、次のようになる。

- (a) 学習者は、自己と他者 (エキスパートなど) の課題遂行過程を比較できる。
- (b) 過程そのものを以前にみられなかった視点や角度からとらえることができるように

なる。

(c) 多様なパフォーマンスを同時に比較することによって、問題解決の過程を抽象することができる。

(d) この抽象はメタ認知的方略を発達させるような形態の中で行われる。

ここでの本システムでは、エキスパートの課題遂行過程ではなく、学習者である子どもが作成し提出した課題を、学習途上であり、バグを有するネズミのキャラクターである「チュータ」などが解決していく過程が示されることになる。

以上が、「チュータ・シリーズ」システムの設計思想の概略であり、その基礎となる理論である。

要するに、認知パラダイムという大枠の中で、情報生成体として位置づけられる学習者(子ども)が、能動的にその環境であるコンピュータ上のネズミのキャラクターと相互作用するプロセスの中で、ネズミに「教える」ことによって、自己内省を働かせ、知らず知らずのうちに学習すると同時に、このプロセスに学習者同士の相互作用を参入させ、その対人的協力活動のもとに、その目標の達成を更に援助しようという構想である。

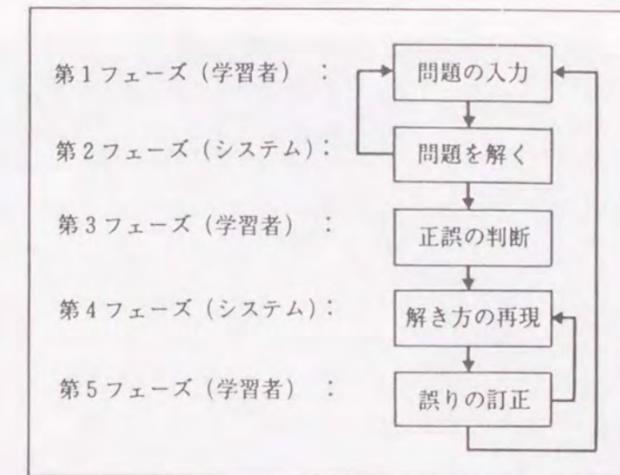
これによって、学習者は、かなり高次の精神作用としての思考による自己内省能力を働かせることになり、誤りの自己修正を始め、自己調整・制御による学習が可能となり、自己学習能力の育成にもつながっていくことになると考えられる。

問題は、具体的にどのようなストーリーなり文脈を構成し与えれば、子どもが教師役になり能動的に考える活動に入り得るのか、そしてまた、そのようなシステムが準備されたとして、そこで実際にめざす学習が起こるのかということである。以下では、この考えも入れた「チュータ・シリーズ」システムの具体的概要と、それをを用いて行った試行実験の結果を見ていくことにする。

(2) 具体的な「教えることによって学ぶ」TUTEEシステム

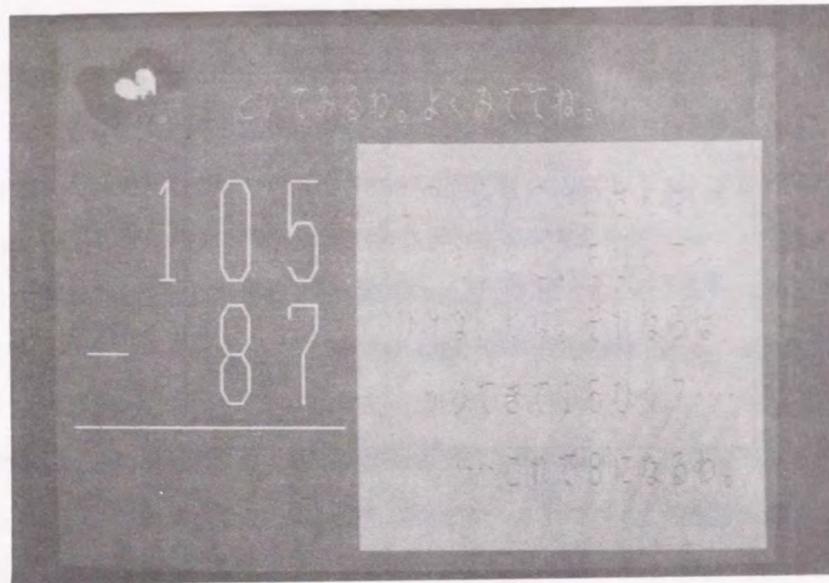
「チュータ・シリーズ」は、MSX2(FS-5500)上にBASIC言語を用いて開発した。そして、このシリーズは、ネズミのキャラクターによる「チュータ」、「チューコ」、「チュージ」の3本のソフトからなり、それぞれ多桁の引き算(3桁から2桁の数を引く)において、Borrow Across Zero, Borrow No Decrement, Smaller From Largerというよくみられる一定の計算手続き上の誤り、すなわちバグを持つようにした。

図表IV-19は、この「チュータ・シリーズ」のフローチャートを示している。



図表IV-19 「チュータ」シリーズのフローチャート

まず、フェーズごとに見ていくと、学習者(子ども)同士が事前に相談して、問題を作成し、それをシステムに入力してやる。そのときに、その問題は紙の上で自分たちで予め解いておくことが前提となっている。これによって、子どもの心の中に計算過程がしっかりと入ることになる(第1フェーズ)。続いてシステムはその問題を解いていくのだが、その時行われる演算のプロセスは、図表IV-20に示すように、ネズミの思考過程とそのパフォーマンスといえる引き算の結果がCRTディスプレイ上に内言として示される(第2フェーズ)。ここで、子どもが出した問題がネズミの持つバグに相当する場合には、システムは間違っ了解法を示し、間違っ答えを出す。そうでないときは正答を出す。次に、システムは学習者に正誤の判断を求める(第3フェーズ)。正誤の判断において、誤りとの判断と指摘がなされたときには、システムが問題を解いた過程が今度は部分ごとに再現される。ただし、演算のプロセスが1つ進むたびに、そこまでの手順が正しかったか否かを学習者に問いかけるようになっている。ここにおいて、学習者は、「教える」のである(第4フェーズ、第5フェーズ)。システムがどこで誤りを犯したかが全て指摘されると、問題の入力に戻る。ただし、システムは正しく誤りを指摘されると、次回同種の問題において誤る確率を減少させる。こうした、学習者による問題の生成→システムによる求解とその過程の表示→学習者による誤りの修正→システムの学習、というサイクルを繰り返すことによって、システムは最終的には正解のみを出すようになる。すなわち、システム自体が学習するのであり、子どもにとってはネズミが学習したように見えるのである。



図表IV-20 「チューコ」が内言を提示しながら問題を解決している場面

なお、この「チュータ・シリーズ」では、音楽をならしたり、問題を入力するときなど「ぼん」というサウンドを入れたり、また、ネズミの目をまばたきさせたりして、楽しい学習環境となるように工夫した。

(3) 試行実験の方法

これまで数年かけていくつかの試行試験を行ってきたが、ここではまず次の試行から報告することにする。

- ① 試行実験の対象者：山口県内の公立小学校に通学する2年生の3クラス児童84名
(男子；38名、女子；46名)
- ② 試行実験日：昭和62年10月
- ③ 試行実験の手続き：

(a) 事前テスト、事後テスト、ソシオメトリ調査

2年生の算数における指導直後に、3桁の引き算に関して事前テスト2回、事後テスト1回実施した。

前者は被験者の持つバグの種類を知ることが目的で、それによって実験に使用するソフトを選択した（「チューコ」のソフトを用いることになった。）後者は、このシステムに

よる学習の成果として、事前テストとの比較で用いた。

また、事前にソシオメトリ調査を行い、その結果と先の事前テストで調べたバグから、実験時のグループ（29グループ）を構成した。

(b) 実験時の発言記録

さらに実験時には、すべてのグループの音声記録を採録するとともに、一部グループについてはVTR記録を取った。

(c) アンケート

また、終了後学習者である子どものこの試行に対する反応調査（アンケート）を全員に求めた。

(d) 学習記録

子どもたちのこのシステムとのやりとりは、コンピュータ内部に記録された。すなわち、子どもたちがどのような問題を生成し、これに対してシステムがどのような解答を出し、更に、子どもたちがその解答にどう反応したかが記録された。

(4) 試行実験の結果とその検討

試行実験の結果は次の2点から分析された。

- ① 「チューコ」がどのように子どもたちに受け入れられたか。
- ② 実際にどのような反応が起こったか。

前者は、子どもたちの発言内容やアンケートから、後者は、コンピュータの内部記録から見ることになる。

1) 学習過程における反応

ここでは、「チュータ・シリーズ」の中の「チューコ」ソフトを用いたTUTEEシステムによる学習指導（45分）の試行を、特に音声記録などによるプロトコル分析とアンケート調査を中心に検討していくことにしたい。なお、「チューコ」ソフトを用いることになったのは、子どもにこのバグがみられたからである。算数の引き算の授業後ということもあってか、通常子どもたちに最も多いバグである、Smaller From Largerがほとんど見られなかったので、「チュージ」ソフトは用いず、また「チュータ」ソフトは一部練習用に用いた。

① 文脈による学習への導入—学習者が教師役になる責任を負う

「チュータ・シリーズ」のような、学習者が見通しをもって能動的に学習するシステム

では、一般に文脈による学習への導入の過程が必要となる。

ここでは、ネズミの「チューコ」の母親から、「みなさんに算数の勉強を教えてやってほしい」というお願いの手紙がきたという設定で、模造紙にかいた絵を示しながらその手紙を読み上げるというかたちで導入が行われた。このあとで行われる神戸市の公立小学校での試行では、この文脈構成は、次のようになされた。

まず小学校2年生の学習者は、コンピュータ・アニメーションを見て楽しむ。

3匹のネズミの子ども「チュータ」「チュージ」「チューコ」が学校から帰り、母親ネズミに算数のテスト結果を示すと、それぞれ固有の誤り、すなわち手続き上のバグ(bug)があることがわかり、「それでは2年生の生徒さんに教えて下さい」と依頼する。こうしたストーリーが与える文脈によって、学習者である生徒達は、それではと喜び勇んで教師の役割につくことになるという具合にである。

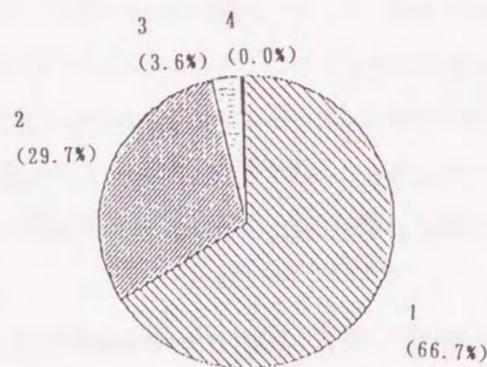
図表IV-21は、この導入の説明に対して、子どもたちが理解を示したかどうかを表わしている。これによると、ほぼ全員がその説明を理解し、教師役になることを引き受けたといつてよいであろう。

図表IV-21 学習への導入説明について

○ 森田先生が始めに説明したことはよく分かりましたか。

1. よくわかった。
2. だいたいわかった。
3. あまりわからなかった。
4. ぜんぜんわからなかった。

項目	1組		2組		3組		学年全体	
	男	女	男	女	男	女	男	女
1	9	14	9	9	7	8	25	31
2	3	1	3	6	5	7	11	14
3	1	1	0	0	1	0	2	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	13	16	12	15	13	15	38	46



② 問題の生成・作成

ネズミの「チューコ」に解かせる問題を、教師役となった子どもたちは、まず相談しながら紙上に作成し、そのあとでコンピュータに入力する。

図表IV-22は、この問題作成に関する問いへの回答である。この結果から、子どもたちは、かなりよく考えて問題を作成していることがうかがえる。

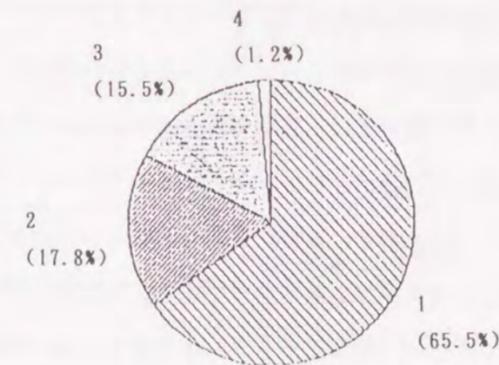
また、そのとき子どもたちの間でなされた発言内容のプロトコルの一部を、図表IV-23に示す。これからは、ほとんどのグループで、より難しい問題を作成しようと努力している様子が見える。問題作成前、作成中の発言と、問題作成後のその問題に対する学習者同士の評価、および引けるか引けないか、繰り下がりがあるかないか、などに対する議論がなされているのがよく分かる。またそこでは、同一グループ内でも、その問題に対する評価や議論が必ずしも一致していない点が見える。

図表IV-22 問題作成について

○ チューコさんに問題を出すときどんな問題を出すかよく考えて出しましたか。

1. よく考えて出した。
2. いちおう考えて出した。
3. あまり考えずに出した。
4. ぜんぜん考えずに出した。

項目	1組		2組		3組		学年全体	
	男	女	男	女	男	女	男	女
1	10	15	4	11	9	6	23	32
2	0	1	2	1	3	8	5	10
3	2	0	6	3	1	1	9	4
4	1	0	0	0	0	0	1	0
合計	13	16	12	15	13	15	38	46



図表IV-23 問題作成に関する発言

グループ	問題作成前・作成中 (簡単 or 難しい)	問題作成後 (簡単 or 難しい)	引ける or 引けない 繰り下がり, その他
1組1班 男子3名	「ちょっと簡単にしようね」 「かち難しくしちゃう」 「あまり難しくするなっチャ」	「難しい問題つくったな」 「難しいよ, こいつ解けん」 「簡単じゃーや」 「こいつは解けるぞ」	「同じ問題出そう」(チューコが間違えていた問題に誤って○を押してしまったから)
1組2班 男子3名	(「簡単」という言葉が17回も使われている。「難しい」という言葉は1度も出てこない。)		
1組4班 男子2名	「今度は変なんにし, 変なんにし」 「引けん問題にし, 引けん問題, もう頭っから借りてくる」		「引けん問題」
1組7班 女子3名	「今度は難しいの出す」	「分からん, やっぱこの問題は難しい」 「簡単じゃった」 「簡単すぎたね」	「今度0が2つづくのがいいな」 「繰り下がりやろう?」
2組1班 男子3名	「おれ次簡単なぶん作るっチャ」 「バカ, 簡単, バカか」	「せっかく難しい問題出したのに」 (簡単な問題を作って)「間違えた」 簡単すぎたかな」	「あ, 引けるわ, 引ける問題書いてもた」
2組2班 男子3名	「ぶち難しい問題…」 「よし, 次ずっと難しいの出しちゃうぞ」	「ぶち簡単なんにしちゃったんぞ」 「間違えたら損じゃ」	「あ, 引けるからだめ」 「借りるのはチューコは引けないだろうな」
2組6班 女子3名	「難しいのね」	「んー, 難しい」 「こりゃ簡単だったね」	

③ ネズミ「チューコ」の問題解決過程の子どもモニタリング

グループでどのような問題をネズミ「チューコ」に与えるかが決まるとそれを入力する。入力が完了すると、「チューコ」はいよいよ問題を解き始める。ネズミの「チューコ」が問題を解いていくプロセスは、「内言」として表示されるのであるが、その内容に対する、各グループでの発言を図表IV-24に示す。これによると、あるグループでは正誤の予測をしているし、また、そうでないグループもあるようである。そして、「チューコ」の課題解決過程をモニターしていく中での「間違えたとき」の子どもたちの発言内容に注目していただきたい。それは、子どもたちの驚きを如実に示しているといえよう。そこには、計算が得意なはずのコンピュータが、間違えていることからくる驚きもあるだろうし、「チューコ」に対する優越感も見られるようである。

図表IV-24 「内言」に対するモニター発言

グループ	正誤の予想	間違えたとき	その他
1組1班 男子3名		「違うわー, 違う」「えー, わやいいよる」「なーにこれ, バカ」	「だんだん分かってきたなー」
1組2班 男子3名		「はー, 間違っちゃる」 「違うわー, 違う」	「もし, 貸してる」「賢い」
1組4班		「何やって, 2じゃったー? 1じゃないん?」「いけんのう」 「違う」	「あれー」「もう1回計算してみよ」「わかんなくなったわい」 「あ, あっちゃった」
1組7班 女子3名	「また間違えるんやろ」	「えーえー」「違う」「違うからバツだ」 「9, 違うね」	「はー, よかった」 「今度こうなった, 頭ええ, 頭ええ」
2組1班 男子3名	「違うな, 違うな, こりゃ」 「絶対600って書かもしれん…」	「バカじゃ, 間違えちよる」	
2組2班 男子3名	「借りるのはチューコは引けないだろうな」 「また間違えるぞ, あいつが」	「おかしい」「ブーブー, 違うぞ」 「おおうそ, バカじゃーこいつ」	「ここ, こことここ, あんのう, これとこれ見ればええだけっチャ, これとこれ」
2組6班 女子3名	「こら, あたりかもしれんね」 (最後の問題で)	「ハハハ間違えちょう」 「バカー」「真ん中が違う」	
2組8班 女子3名		「ここ間違えて…」「2なのに」 「何なんこれ」「違うよこの人」	
2組9班 女子3名	「これ絶対できんちゃ」	「違いまーす」 「違うよー」「違うんだよー」	「簡単すぎたね」 「でも分かってきたもんね」
3組1班 男子3名	「絶対これ間違えるっチャ」	「何で?」「違いまーす」 「あってない」	「だいぶん賢くなってきた」 「これ賢くなるっチャ」
3組3班 男子3名		「あっちゃらん」 間違えちよる, これベケ」	
3組4班 男子2名	「間違えるかもしれんぞ」	「あ, 違います…違いまーす」 「違うよね」	「違っている? おれが違えるちよる?」「足し算しとるじゃん」 「はー, 間違える」
3組5班 男子2名		「違ーう」 「10の暗い間違えちよるっチャ」	

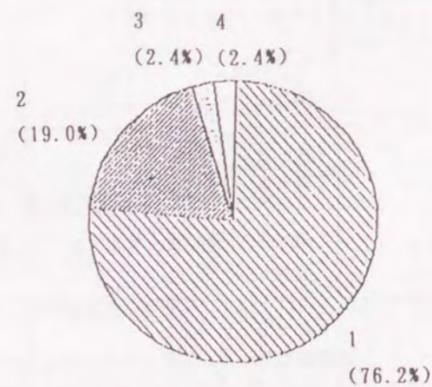
その後の過程をモニターしての発言内容が、そのほかに示されてくる。「あんまりよう分かっていない」とか、「あれー」「もう一回計算してみよ…」「わからなくなったわい」「あっちゃった, あっちゃった」というような発言に見られるように、自己内省によって、

先に自分が同じ問題を解いたときのプロセスとの比較において、「チューコ」は分かっていないと評価したり、少し混乱してしまって、自分のプロセスを再チェックして、自分の方が正しいことを確認したりしていることが分かる。

そこで、「チューコ」が「内言」でその思考過程とそのパフォーマンスについて提示したいことを、子どもたちが、分かったかどうか尋ねたのが、図表IV-25である。これを見ると、「よく分かった」、「だいたい分かった」が多く、ほとんどの学習者がほぼ分かったといっているようである。

図表IV-25 「内言」に対する理解について

項目	1 組		2 組		3 組		学年全体	
	男	女	男	女	男	女	男	女
○ チューコさんのいうことは、よく分かりましたか。								
1. よくわかった。	7	15	6	13	10	13	23	41
2. だいたいわかった。	4	1	6	2	1	2	11	5
3. あまりわからなかった。	1	0	0	0	1	0	2	0
4. ぜんぜんわからなかった。	1	0	0	0	1	0	2	0
合計	13	16	12	15	0	15	38	46



④ ネズミ「チューコ」に対する「教える」活動

ネズミのキャラクターである「チューコ」の課題解決の過程のモニタリングに続いて、次にその正誤判断を、「チューコ」は子どもに求めてくる。ここから学習者である子どもは、教師役としての「教える」という活動を展開することになる。「チューコ」の解決過程をモニタリングしながら、子どもたちは、「チューコ」の間違いを判断し、正しく指摘し、「教える」ことに専念する。

その一連のプロセスに対する、子どもたちの認識が、図表IV-26に示されている。

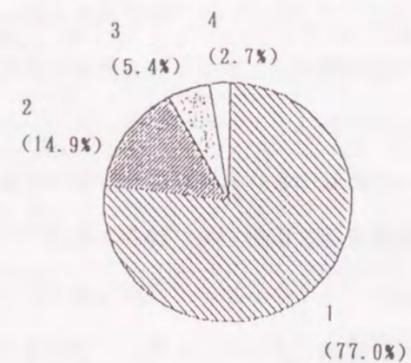
これによれば、「全部正しく直してあげた」と「だいたい正しく直してあげた」で約93%である。ちなみに、児童の入力記録をコンピュータ保存データからみると、84.1%が、誤答を正しく判定している結果となり、ほぼ、子どもの意識と対応しているといえよう。

また、このような子どもたちの「教える」活動によって、「チューコ」はうまく問題を解けるようになったかという問への回答が、図表IV-27に示されている。

これによれば、「チューコ」は、はじめ間違えていた問題にも正しく答えるようになったという回答が90%に達している。

図表IV-27 「チューコ」に対する「教える」活動について

項目	1 組		2 組		3 組		学年全体	
	男	女	男	女	男	女	男	女
○ チューコさんの間違いを、正しく直してあげることができましたか。								
1. ぜんぶ正しく直してあげた。	5	9	7	12	10	14	22	35
2. だいたい正しく直してあげた。	7	7	3	2	1	1	1	10
3. あまりできなかった。	1	0	2	1	0	0	3	1
4. ぜんぜんできなかった。	0	0	0	0	2	0	2	0
合計	13	16	12	15	13	15	38	46

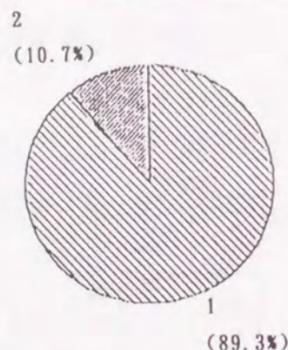


図表-27

○チューコさんは間違えていた問題にも正しく答えるようになりましたか。

1. 答えるようになった。
2. 答えるようにならなかった。

項目	1 組		2 組		3 組		学年全体	
	男	女	男	女	男	女	男	女
1	13	14	11	13	12	12	36	39
2	0	2	1	2	1	3	2	7
合計	13	16	13	15	13	15	38	46



⑤ 学習者の相互作用による「誤り」の自己修正 (debugging)

コンピュータディスプレイ上の、「チューコ」との相互作用によって、また学習者である子ども同士の相互作用によって、子どもたちは、自己内省を働かせて、「誤り」の自己修正を行っている。このことを図表IV-28に示す、対人的相互作用による発言内容のプロトコルの中で見てみることにしよう。

ここには、いくつかのグループにおける、まさにこうした例が見られる。例えば、最初の2組1班の場合、「うそ、間違えちよるか」、「ほら、間違えちよる」、「あ、ほんとじゃ…」、また「ここも違うよ」、「うそー」、「五百も違うよ」、「あ、ほんとじゃ」、「414よ」とある。この一連の発言は、「チューコ」が、一つのきっかけとなって、子ども同士の相互作用、つまり「教え合い」が起こり、それを各自が自己にリフレクトさせ、自らの「誤り」に気づき、自己修正がはかられようとしている過程と考えられる。

このように、各グループのプロトコルを逐一点検・検討することによって、執筆者らが「チュータ・シリーズ」CAIにおいて、その設計思想の中でめざしていたことが、かなり達成されていることが分かる。すなわち、学習者は以上のようなシステムでは、思考に基づく自己内省、反省作用を十分に働かせて、それによって、「誤り」の自己修正を援助され得るのである。この意味では、このシステムは自己調整・制御による学習のもとに自

己学習能力の育成にも有効な方法の一つになり得るように思われる。

さて、それでは、最後にこのシステムによる学習に関して、子どもたちの反応や感想について見てみよう。

図表IV-28 誤りの自己修正に関する発言

2組1班	「うそ、間違えちよるか」「ほら、間違えちよる」「あ、ほんとじゃー」「ここも違うよ」「うそー」「500も違う」「あ、ほんとじゃ」「414よ」
8班	「うそ、9よ」「うーん?」「だって、1から多くなるじゃーん」「あそう」「じゃから…」「だってさー、ここ借りたから2になったやろう」「ほー」「10から6引いて4、4、5、6」「そうですよー」「え、うそー、あたし909になったー」「えー、何でみんな違うの、あたしと、何でー、こうよー、1から2引いたら3じゃね」「たしとるんじゃね、引くんよ」
9班	「引かれんよ」「引けるっちゃ、ええ、10から…」「あ、そうかそうか」
3組3班	「なーんで、あっちるやろ?」「違う違う違う」「うそ…」「あっちょらん」「あっちょらん」「…30…やのう」「うそー、34よね」「えーんじゃーやおめー、8から5引いて見ろ、3じゃねえか…」「そうか」「おい、9から5引いたら4?」「8やろー」「9から5」「4よ」「絶対4」「え、4で書いちゃらーや、そこ」「4、4、絶対4」「うそー」「4で書いちゃらーや」「だって、8から…」「じゃから8になるんじゃーや」「8?」「うん」「答えは8になるん?」「ばー、3じゃーや」「え、だったら…」「バツ、バツっちゃ」
4班	「違っている?おれが違っちゃよる?」「…考えてみー、5引く3、3じゃろ…5引く3は3じゃろ」「…あ、あった、1問、1問あった…」「…違いまーす」「あってるじゃねーか、これ」「違った…」「ああああ、考えれ、おまーえ」「え」「あー、違う、違いまーす」「やめろいや」「ほら、違う」「え?…あーあ」「また変になってしまった」
5班	「あっちょるっちゃ」「何で何で」「何…50…」「何で」「何か、おまえ156…」「うそ」「ほんとよ、…100うー、100」「何で、156なん」「いいんよ、…46じゃ、あ、40…46よ」「え」「うそだーい」「間違えちよるじゃねーか」「ちょっと待った、やってみよ、自分らでやってみようよ、もう1計算して…いやー、間違ってた、分かった、間違えちよった」

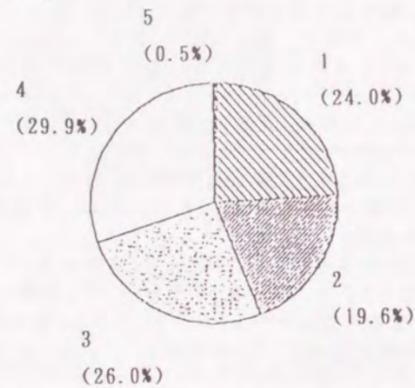
⑥ このシステムによる学習への子どもの反応と感想

図表IV-29に示すのは、「チューコ」と勉強して、どこが面白かったか尋ねた結果(複数回答)である。これによれば、「チューコ」の目が変わること、人間のように話したり計算したりすること、引き算の問題を出してあげること、間違いを直してあげること、と万遍なく回答しているといつてよいであろう。

図表IV-29 面白かった点について

- チューコさんと勉強してどこが面白かったですか。(複数解答)
1. 引き算の問題を出してあげること。
 2. チューコさんの間違いを、直してあげること。
 3. チューコさんが、人間のように話したり、計算したりすること。
 4. チューコさんの目が変わること。
 5. 面白くなかった。

項目	1 組		2 組		3 組		学年全体	
	男	女	男	女	男	女	男	女
1	10	10	5	5	9	11	24	25
2	6	10	5	3	5	11	16	24
3	6	11	7	11	7	11	20	33
4	10	12	10	10	8	11	28	33
5	0	0	0	0	1	0	1	0
合計	32	43	27	28	30	44	89	115



図表IV-30は「チューコ」システムで学習したとき、よかったことを選択してもらった結果(複数回答)である。この場合も、引き算が分かるようになってきたこと。インストラクターに助けてもらったこと。友だちに教えてあげること、友だちに教えてもらったことなど、万遍なく回答されている。

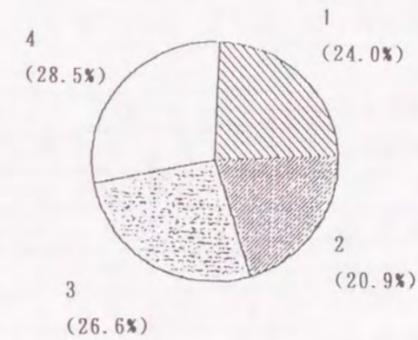
この2つからは、執筆者らの設定した学習環境の様々な特徴が、一応「おもしろい」とか「よかった」という形で受け取られていることが分かる。

また、「チューコに、何かいいことがあったら書いてください」という問への回答結果が図表IV-31である。これは、例えば「チューコさん、もっとがんばればできるようになりますよ」などの自由記述の回答を、類型化したものである。これからは、これまでの行動主義・訓練パラダイムのもとでのCAIではとうてい出てこないような優越感とともに、思いやりの見られることが投げかけられているのが理解される。

図表IV-30 よかった点について

- チューコさんを囲んで勉強するとき、よかったことがありましたか。
1. 友達に、教えてあげること。
 2. 友達に、教えてもらったこと。
 3. 先生に、助けてもらったこと。
 4. 引き算が、分かるようになってきたこと。

項目	1 組		2 組		3 組		学年全体	
	男	女	男	女	男	女	男	女
1	6	8	5	5	7	7	18	20
2	9	7	5	5	2	5	16	17
3	11	7	7	10	3	4	21	21
4	7	8	6	10	6	8	19	26
合計	33	30	23	30	18	24	74	84



図表IV-31 「チューコ」に対する意見

- チューコさんに、何かいいことがあったら書いて下さい。

項目(代表的な例)	人数
1. 努力賞賛(「よく頑張ったね」「よかったね」)	26
2. 再会願望(「また勉強しようね」)	25
3. 勉強奨励(「頑張ってね」「勉強したらいいよ」)	16
4. 自分との関係づけ(「私もわかった」)	9
5. 評価, 問いかけ(「分かりましたか」)	8
6. 疑問(「なんで算数が分からんの」)	3
7. その他	8
8. 無回答	12

(複数回答可)

これに対して、このシステムでよくなかったことは、図表IV-32のように示されている。全体として、少数であるが、友とけんかになったこと、引き算が分からなくなったことという点が目立つ。「けんかになった」(10反応)というぐらいに、論点が煮詰められたのであれば、自己内省・反省の観点からみた場合、必ずしも望ましくないわけではないが、子どもたちがよくなかった点としてあげたものが、感情的なしこりが残るのであれば、問題かもしれない。「引き算がよく分からなくなった」(7反応)という点とともに、今後残された問題である。

図表IV-32 よくなかった点について

- チューコさんを困らせて勉強するとき、よくなかったことがありましたか。(複数解答)
1. 友達と、けんかになったこと。
 2. 友達と、あまり話をしなかったこと。
 3. 先生がちゃんと教えてくれなかったこと。
 4. 引き算が、よくわからなくなったこと。

項目	1組		2組		3組		学年全体	
	男	女	男	女	男	女	男	女
1	0	2	1	1	3	3	4	6
2	1	0	1	0	1	0	3	0
3	0	0	0	1	1	1	1	2
4	0	2	1	0	3	1	4	3
合計	1	4	3	2	8	5	12	11

⑦ 子どもの入力記録からの検討

このような学習におけるもう一つの興味は、実際に子どもがどのような問題を作り、システムの応答に対して、どのように反応したか、つまり、子どもは「教える」ことによって、本当に学習したのかどうかということである。なぜなら、問題を解けることと、問題を生成することは異なる次元であり、後者はより高次の能力を必要とするわけだから、小学校2年生では無理だと考えられがちであるし、ましてやこのシステムは問題を解決するプロセスについて意識化することを要求しているから、無目的にこのシステムに向かっている子どもの存在が心配されるからである。

この点については、システムの内部に記録された子どもの入力の記録から分析してみよう(森田、菅井、1988)。図表IV-33は、子どもの入力の記録を整理したものである。

まず子どもの生成した問題についてであるが全体的にみると「繰り下がり二段」の問題が非常に多く生成されていることが分かる。ランダムにこの種類の問題(3桁ひく2桁)

を作ったときに、「繰り下がり二段」の問題になる理論的割合は4.6%であるのに対して、実際には全体の19.4%(39問題)生成されていたのである。グループごとに見ると、かなりの偏りがあるものの、この結果は「チューコ」の提供する環境が(特に「チューコ」は繰り下がりのプロセスにおいてバグを持っているという点に関して)、問題の種類についてセンシティブになり得るものであることを示している。

図表IV-33 児童の入力の記録

組	班	人数	性別	出題数	繰下なし	繰下一段	繰下二段	正修正数	誤修正数	見落し数	正答誤指摘数
1	1	3	男	10	5	5(2)		2		1	
	2	3	男	4		4(1)		1	2		
	3	3	男	7	2		5(2)	3			1
	4	2	男	7	1	5(1)	1(1)	3		1	
	5	2	男	10	6	4		3	1		
	6	3	女	8	3	4(1)	1	2		2	
	7	3	女	7	3	3(1)	1	3			
	8	3	女	6	1	4(1)	1(1)	3			
	9	3	女	5	3	1	1	0	2		
	10	4	女	6	2	4(1)		3			
2	1	3	男	6	1	2(2)	3	3			
	2	3	男	5	1	4(1)		3			
	3	3	男	3		1	2(1)	2			
	4	3	男	4		3	1(1)	3			
	5	3	女	4			4(1)	3			
	6	3	女	4		4(1)		3			
	7	3	女	9	4	4(1)	1	3	1		
	8	3	女	4		2	2(1)	3			
	9	3	女	5	1	2(1)	2	3			
3	1	3	男	5		4(1)	1(1)	3			
	2	3	男	8	3	5(1)		3	1		
	3	3	男	6	1	5(1)		3		1	
	4	2	男	8	6	2(1)		1			2
	5	2	男	8	4	3(1)	1(1)	2			
	6	3	女	8	3	2(2)	3	3			
	7	3	女	9	4	4(2)	1	2	1		
	8	3	女	9	4	5(2)		3			
	9	3	女	4		3(1)	1	3			
	10	3	女	7	1	2(1)	4(2)	2	1		
合	計			186	59	91	36	74	8	6	4
平	均			6.4	2.0	3.1	1.2	2.6	0.3	0.2	0.1

- (注) 1. 「繰下一段」, 「繰下二段」欄のカッコ内の数字は, 「チューコ」が正解した数を示す。
 2. 「正修正数」とは, 「チューコ」の誤答を正しく修正した数を示す。
 3. 「誤修正数」とは, 「チューコ」の誤答を正しく指摘したが, 正しい修正ではなかった数を示す。
 4. 「見落し数」とは, 「チューコ」が誤答をしたにもかかわらず, 「正しい」とした数を示す。
 5. 「正答誤指摘数」とは, 「チューコ」の正答を「間違い」と判断した数を示す。

次に「チューコ」の計算手続きに対する反応を見てみると、「誤修正数」、「見落し数」がかなり少ないことが分かる（「チューコ」の誤答総数のうち15.9%）。また、「正答誤修正数」が4反応あるが、これらはいずれも修正の過程で正答であったことに気づいたのか、最終的に誤って修正されたものではない。

以上の結果から考えると、このシステムのようにある文脈が与えられると、小学校2年生の子どもでも、一定の意味を持つ問題を生成することができるし、更に、問題を解いていくプロセスにも期待以上の理解を示すと言えそうである。

(5) 本システムによる小学校2年生への試行のまとめ

以上、山口県の公立小学校での試行の報告である。その後の神戸市の小学校でのより統制された試行については、共同研究者の森田英嗣氏によって、公表される予定である。

ここで示されているように、このTUTEEシステムによる小学校2年生への試行では、総体としてかなりめざす目的が達成されたと考える。

ネズミの母親による、子どもネズミに教えてやって下さいという文脈を構成することによって、小学校2年生は教師役につき、共同作業によって問題を作成し、問題を入力してやり、解いていく過程をモニターしながら、「教える」ことによって、最終的には自己内省によって、自らの誤りを修正し「学習」することになる。そこには、チューター(Tutor)方式にみられるような「教えることによって学ぶ」ことの心理過程が認められるであろうし、また、一つの語り(narrative)の世界の構成の中で、教師役を果す子どもの姿を見ることもできるであろう。というのは、試行の中でそと筆者に近より「大阪にこのようなネズミいるの。山口にはいないけど。」と問いかけてくる子どもがいたことである。とりわけ、次のことは印象的であった。この実験的な試みが終わってから少したって、その子どもたちの便りをもらった。そこには、「チューコさんは、その後引き算ができるようになりましたか」とか「一生懸命勉強していますか」など、遠く山口の地から思いやりの言葉が満ちており、研究室一同どう返事しようかと楽しく相談する一幕もあったことである。

(6) 精神薄弱児の学習への試行実験

そこで、このTUTEEシステムを次に精神薄弱児の学習に適用してみることが期待される。この分野においては、とりわけ対人的なコミュニケーションを介した学習や、思考を促進する学習、教える立場に立つような、能動的・主体的な学習など、このシステムが

めざす方向が望ましいと考えられるからである。

まず、1980年に兵庫県のある養護学校で、簡単な試みをしたところ、高等部の生徒で用いられ得ることが判明したので、今回の実験的な試みに入ることにした（菅井、森田、1990）。

① 試行の手続き

a. 対象校：神奈川県立養護学校

b. 対象生徒：高等部生徒（17歳）男子のみ5名（IQ51～68、いずれも単純精神薄弱、測定平成元年10月）

c. 実施日時：平成2年5月14日（月）、午前10：30～11：30（前後に事後テスト）

d. 事前テスト

最初に、算数の減算問題（5問）による簡単な事前・事後テスト（図表IV-34参照）を実施した。

図表IV-34 事前・事後テストの問題

表1 事前・事後テストの問題

①	$\begin{array}{r} 123 \\ - 23 \\ \hline \end{array}$	②	$\begin{array}{r} 129 \\ - 16 \\ \hline \end{array}$	③	$\begin{array}{r} 234 \\ - 56 \\ \hline \end{array}$
④	$\begin{array}{r} 105 \\ - 29 \\ \hline \end{array}$	⑤	$\begin{array}{r} 200 \\ - 85 \\ \hline \end{array}$		

e. グループ構成

事前テストの結果と、人間関係などを考慮して、グループA（N、Y、Oの3名）、およびグループB（U、Kの2名）を構成した。前者のグループAには、「チュージ」ソフト、後者のグループBには「チュータ」ソフトを準備し、学習活動に入ってもらうことにした。

f. 学習活動

インストラクタが、3匹のネズミが学習途上であって、それぞれ算数の減算において固有の誤りを持っているので、教えてやってほしい旨を口頭で説明し、文脈を与えた。これに対して生徒はうなずきながら、コンピュータ（MSX II）に向かった。その際、事前に

問題を生徒同士相談して作成するように、3桁の数から2桁の数を引く枠を書き込んだ用紙(計3枚)を配布した。グループごとに、この協力作業活動がすんだ後で、コンピュータの問題入力を行った。その際、コンピュータの操作法(0から9までの数字を○と×を含む)について、簡単な説明を行った。その後、システムが問題を解き始め、そのシステムのルーティン通りの学習活動が展開された。以上の学習活動は、VTRに録画されると同時に、生徒同士の対話などを含む音声は、録音され、プロトコル分析された。

g. 事後テスト

一通りの学習活動が終了したところで、事後テスト(5問)を行った。

h. コンピュータ学習への感想文

事後テストの際、今回のコンピュータによる学習に対する感想文を書いてもらった。

② 結果および考察

今回の実験的試みの結果は、図表IV-35に示されている。これによれば、グループA、Bともに、事前に問題を作成し、誤りなく解き入力していることが分かる。とくにグループBでは、「チュータ」(Borrow Across Zero)ソフトで、事前・事後テストとの関連からみても問題がなくよく学習されている。他方、グループAでは、「チュージ」(Smaller From Larger)ソフトを用い、N、Y、Oの3名で学習している。このグループでは、Y君がリーダーシップを發揮し、他の2名N、O君に語りかけ、コンピュータの入力を中心になって行った。これに対し、Y君もかなり積極的に対話を行い関与するが、O君は働きかけには応答するが静かに観察していることが多かった。一問目は、問題の性格からしてシステムは誤りをしないで終わったが、インストラクタが「もっと難しい問題を出して」というと、3名で相談し、2番目の問題を作成し入力した。システム側が、同然この問題を誤って解いていくので、それをモニターしていた3名は突然「おかしい!このコンピュータ間違っている」と大声で叫び、3人で自分達の計算を再度点検してみる一幕も、プロトコルの中に認められる。ただし、このグループの事前・事後テストの関係をみると、終始、積極的に関与したY君は問題がないが、N君の場合、誤りが事後で一つ増加している。「チュージ」(Smaller From Larger)ソフトからみれば、図表IV-35の中で⑤の問題に影響がないのは当然とも考えられるが、誤りが新たに出た $105-29=176$ と答えており、ケアレスミスかもしれない。

以上、感想文も合わせて考えると、このシステムによる学習は、これまで不足しがちであった社会的・対人的関係やコミュニケーションを含む、思考を中心とする学習の可能性

を開くものと思われる。

図表IV-35 本実験的試みにおける生徒と結果の一覧表

生徒(男)	年齢年/月	IQ 田中 ビ-2-式	事前テスト 正当数 /問題数	誤答した 問題の 番号	事後テスト 正当数 /問題数	誤答した 問題の 番号	作成した問題 と生徒の入力 した答え	コンピュータによる学習への感想文 (原文のまま)
グループA	N	17/9	5/5	4/5	⑤	3/5	④ ⑤ (1) 495 - 54 441 (2) 901 - 90 811	私が出した問題では、コンピュータに関しては1問目は正解だったけど2~3問がミスをおかしたようなんでよくなかった。でも私が問題を正確に考えてやりましたので、たぶんコンピュータも理解してくれたと思います。
	Y	17/1	6/2	3/5	④ ⑤	5/5	811	少しかんたんすぎた。
	O	17/5	5/1	5/5		5/5	(3) 601 - 58 543	とりあえずいい問題ですわ。
グループB チュータ	U	17/5	6/8	5/5		5/5	(1) 125 - 30 95 (2) 125 - 47 48	コンピュータがけっこうまちがっていたのでなおすのがおもしろかった。
	K	17/6	6/8	4/5	④	5/5	(3) 100 - 18 82	コンピュータがこたえをすぐまちがえるのでこたえをおしえるところが、よかった。

③ 今後の課題

今後、2桁の数から2桁の数、2桁の数から1桁の数の減算などのソフトを作成したりして、中等部から小学部の生徒への適用の可能性を追求し、広げていくことが期待されよう。

謝 辞

これまで、執筆者がささやかながら進めてきた研究を中心として、本論文を一応書きあげた。これからの研究への礎となればと考えている。このようなものを書くだけでも、微力な執筆者にはかなりの時間専念せざるを得ず、周囲の方々へ思いのほかご迷惑をおかけすることになってしまった。

とりわけ、教育技術学講座の水越敏行教授とスタッフの方々には、ご支援を頂戴しながらも、大そうご迷惑をおかけしてしまい、お詫びと御礼の言葉もないほどである。また、同時に人間科学部の構成員の方々にも、直接論文とかかわってご教示いただいたり、日常的な付き合いの中で学ばせてもらったり、励ましの言葉を頂戴したりした。

この機会をかりて、深く御礼申し上げたい。

さらに、執筆者の専門とする教育工学の分野では、恩師をはじめ共同研究者、また多くの方々にこれまで御導きいただけてきた。ここにあらためて感謝の意を述べさせていきたい。

1991年11月
菅井勝雄

参考・引用文献

序

- Bruner, J. S. & H. Haste (Eds.) (1987) *Making sense: The Child's Construction of The World*, Methuen & Co. Ltd.
- Bruner, J. S. (1990) *Acts of Meaning*, Harvard University Press.
- Kuhn, T. S. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, Chicago.
- 中山 茂 (訳) (1971) *科学革命の構造*. みすず書房, 東京.
- Lumsdaine, A. A. & R. Glaser (Eds.) (1960) *Teaching Machines and Programmed Learning: a source book*, NEA of USA.
- Neisser, U. (1976) *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology*, W. H. Freeman and Company.
- 古崎 啓他 (訳) (1978) U. ナイサー著, *認知の構図—人間は現実をどのようにとらえるか*, サイエンス社.
- Pepper, S. C. (1942) *World Hypotheses - A Study in Evidence*, University of California Press, Berkley.
- 佐和隆光 (1991) *これからの経済学*, 岩波新書.
- 塩原 勉 (1984) *社会学の理論II—歴史的展開*, 放送大学教材.
- 菅井勝雄 (1971) *双方向通信理論—教授学習システムとコミュニケーション*, 教授・学習システム, 教育工学講座, 東洋編, 大日本図書.
- 菅井勝雄 (1989) *C A I への招待, 理論編—教育工学のパラダイム変換*, 同文書院.
- Winograd, T., & Flores, F. (1986) *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*, Ablex Publishing Corporation.
- 平賀 譲 (訳) (1989) *コンピュータと認知を理解する—人工知能の限界と新しい設計理念*, 産業図書.

1章

1節

- Bruner, J. S. & H. Haste (Eds.) (1987) *Making Sense: The Child's Construction of The World*, Methuen & Co. Ltd.
- Collins, A. (1989) *Toward a design science of education*. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New Directions In Educational Technology*, LEA, New York.
- Flagg, B. N. (1990) *Formative Evaluation for Educational Technology*, LEA.
- Hesse, M. B. (1966) *Models and Analogies in Science*, University of Notre Dame Press.
- 高田紀代志 (訳)(1986) M. ヘッセ著, 科学 モデル アナロジー, 培風館.
- Janassen, D. H. & Mandl, H. (Eds.) (1990) *Designing Hypermedia for Learning*, Springer-Verlag.
- Leahey, T. H. (1980) *A History of Psychology: main currents in psychological thought*, Prentice-Hall Inc.
- 宇津木保 (訳)(1986) T. H. リーヒー著, 心理学史—心理学的思想の主要な潮流, 誠信書房.
- Luhman, N. (1982) *Paradigmawechsel in der Systemtheorie: Vorträge in Japan*, Tokyo.
- 上方 透 (訳)(198) ルーマン著, システム理論のパラダイム転換, お茶水書房.
- Norman, D. A. (1988) *The Psychology of Everyday Things*, Basic Books Inc.
- Piaget, J. (1976) *Relations Between Psychology and Other Sciences*. *Annual Reivew of Psychology*, 30 1-8 (a).
- Skinner, B. F. (1954) *The Science of Learning and The Art of Teaching*. *Harvard Educ. Rev.*, 24.
- 菅井勝雄 (1990) *パラダイム論からみた教育工学研究の課題—「デザイン学」の提唱とその構想のもとに*, JET日本教育工学会第6回 Sep. 29-30.
- 菅井勝雄 (1991) *教育工学における「デザイン学」の提唱—「見取り図」としてのパラダイム論の基礎のもとに*, 大阪大学人間科学部紀要 第17巻 205-225.
- Winograd, T., & Flores, F. (1986) *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Desing*, Ablex Publising Corporation.

平賀 譲 (訳)(1989) *コンピュータと認知を理解する—人工知能の限界と新しい設計理念*, 産業図書.

吉川弘之 (1990) *概念の設計から社会システムへ*, 三田出版会.

2節

- 東 洋 (1968) *教育工学とは何か 数理科学*, ダイヤモンド社.
- 東 洋 (1968) *教育工学, 教育学研究入門*, 細谷俊夫他編 東京大学出版会.
- 東 洋 (1969) *学習指導の最適化, 学習心理学ハンドブック*, 金子書房.
- Barnes, B. & D. Edge (1982) *Science in Context*, MIT Press.
- Cronbach, L. J. (1967) *How can instruction be adapted to individual differences?* In Gagné, R. M. (Eds.) *Learning and Individuarl Differences*, LEA.
- Cronbach, L. J. (1977) *Aptitude and Instructional Methods*. Invington, New York.
- Dreyfus, H. L. & S. E. Dreyfus (1985) *Mind Over Machine*, New York: Macmillan / The Free Press.
- Kuhn, T. S. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, Chicago.
- 中山 茂 (訳)(1971) *科学革命の構造*. みすず書房, 東京.
- Kuhn, T. S. (1977) *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. The University of Chicago Press.
- 安孫子誠也・佐野正博 (1987) *トーマス・クーン著, 本質的緊張1*, みすず書房.
- 水越敏行 (1976) *理科の発見学習の設計・実施・評価に関する実証研究, 「教育工学の新しい展開」*, 教育工学研究成果刊行委員会編.
- 村上陽一郎 (1986) *技術とは何か—科学と人間の視点から*, NHKブックス.
- Simon, H. A. (1976) *Administrative Behavior (3rd Ed.)* The Free Press.
- 坂元 昂 (1970) *教育工学の現状と今後の動向*, 教育学研究 Vol 35, No.1.
- 菅井勝雄; 詫間晋平 (1980) *教育の最適構成, 障害児心理学*, 伊沢秀而編, 有斐閣.
- Winograd, T. & Flores, F. (1986) *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*. Ablex Publishing Corporation.
- 平賀 譲 (訳)(1989) *コンピュータと認知を理解する—人工知能の限界と新しい設*

3 節

- Flagg, B. N. (1990) Formative Evaluation for Educational Technology, LEA.
- Bernstein, R. J. (1983) Beyond Objectivism and Relativism: Science, Hermeneutics, and Praxis, University of Pennsylvania Press.
- 丸山高司他 (訳)(1990) 科学・解釈学・実践 I, II, 岩波書店.
- Gadamer, H. G. (1960) Wahrheit und Methode, J. C. B. Mohr
- 巒田 収他 (訳)(1986) ハンス=ゲオルク・ガタマー著 真理と方法 I, 法政大学出版会.
- Mey, D. M. (1982) The Cognitive Paradigm, D. Reidel Publishing Company.
- 村上陽一郎他訳 (1990) 認知科学とパラダイム論, 産業図書.
- 中山 茂 (編著)(1984) パラダイム再考, ミネルヴァ書房.
- 中山 茂 (訳)(1971) トーマス・クーン著 科学革命の構造, みすず書房.
- Neisser, U. (1976) Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology, W. H. Freeman and Company.
- 古崎 啓他 (訳)(1987) U. ナイサー著, 認知の構図—人間は現実をどのようにとらえるか, サイエンス社.
- 新田義弘 (1989) 哲学の歴史, 講談社現代新書, P160-161.
- 高田紀代志 (1984) 科学史とパラダイム, 中山茂編者, パラダイム再考, ミネルヴァ書房.

第 II 章

1 節

- Horiguchi, H., Okamoto, T., Nakamura, K. & K. Sugai (1983) An Overview of CAI Research and Development in Japan since 1977, Educ. Technol. Res., 7, 1-13, 1983.
- Kuhn, T. S. (1962) The Structure of Scientific Revolutions, The University of Chicago Press.
- 菅井勝雄 (1983) C A I 研究の可能性と今後の課題, (パラダイム論の観点からみる C A I 設計思想の転換をめぐる), 日本教育工学雑誌 7(4)P171-181.
- 菅井勝雄 (1989) C A I への招待, 理論編—教育工学のパラダイム変換, 同文書院

2 節

- Baker, Wm. J. et al (Eds.) (1987) Recent Trends in Theoretical Psychology, Volume I, Springer-Verlag.
- Baker, Wm. J. et al (Eds.) (1989) Recent Trends in Theoretical Psychology, Volume II, Springer-Verlag.
- Balck, M. (1962) Models and Metaphors, Ithaca, N.Y.
- Brown, H. I. (1977) Perception, Theory and Commitment: The new philosophy of science, Precedent Publishing, Inc.
- 野家啓一他 (訳)(1985) 科学論序説—新パラダイムへのアプローチ, 培風館.
- Bruner, J. S. & C. F. Feldman (1990) Metaphors of Consciousness and cognition in the History of Psychology, in D. E. Leary (Eds.) "Metaphors in the History of Psychology", Cambridge University Press.
- Canguilhem, G. (1983) Etudes D'histoire et de Philosophie des Sciences, Librairie Philosophique J. Vrin.
- 金森 修 (監訳)(1991) ジェルジュ・カンギレム著, 科学史・科学哲学研究, 法政大学出版局.
- Feyerabend, P. K. (1970) Consolations for the Specialist, in I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.) Criticism and Growth of Knowledge, Cambridge University Prss.
- Hacking, I. (1983) Representing and intervening - Introductory Topics in the

- Philosophy of Natural Science, Cambridge University Press.
- Hesse, M. B. (1966) *Models and Analogies in Science*, University of Notre Dame Press.
- 高田紀代志 (訳)(1986) M. ヘッセ著, 科学 モデル アナロジー, 培風館.
- Hesse, M. (1980) *Revolutions & Reconstructions in The Philosophy of Science*, The Harvester Press Limited.
- 村上陽一郎他 (訳)(1986) ヘッセ, 知の革命と再構成, サイエンス社.
- Kuhn, T. S. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, Chicago.
- 中山 茂 (訳)(1971) 科学革命の構造, みすず書房, 東京.
- Leary, D. E. (1990) *Metaphors in the History of Psychology*, Cambridge University Press.
- 村上陽一郎 (1980) 科学のダイナミクス—理論転換の新しいモデル, サイエンス社.
- Nisbet, R. A. (1969) *Social Change and History*.
- 堅田 剛 (訳)(1987) ロバート・A・ニスベット, 歴史とメタファ, 紀伊国屋書店.
- 奥 雅博 (1985) 日常言語分析的アプローチ—いわゆるヴィトゲンシュタインの「アスペクトの知覚をめぐって」P92-116, 新岩波講座哲学9, 身体感覚・精神, 岩波書店.
- Pepper, S. C. (1942) *World Hypotheses - A Study in Evidence*, University of California Press, Berkley.
- Popper, K. R. (1957) *The Poverty of Historicism*, Routledge & Kegan Paul.
- 久野 収, 市井三郎 (訳)(1961) 歴史主義貧困—社会科学の方法と実践, 中央公論社.
- Ricoeur, P. (1975) *La Métaphore Vive*, Editions du Seuil.
- 久米 博 (訳)(1984) ポール・リクール著, 生きた隠喩, 岩波書店.
- 佐々木力 (1989) 科学史, コンサイス20世紀思想事典, 木田元他編, 三省堂.
- 佐藤信夫 (1978) レトリック感覚, 講談社.
- 菅野盾樹 (1985) メタファの記号論, 勁草書房.
- 山梨正明 (1988) 比喩と理解, 東京大学出版会.

- 3 節
- 伊藤邦武 (1988) IV. パラダイム論の展開, 「科学と哲学」内井惣七他編, 昭和堂.
- Kuhn, T. S. (1962) *The structure of scientific revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- 中山 茂 (訳)(1971) 科学革命の構造, みすず書房.
- Kuhn, T. S. (1977) *Second Thoughts on Paradigms in The Structure of Scientific Theories*, The board of Trustees of The University of Illinois.
- 伊藤春樹 (訳・解説)(1985) パラダイム再論, 現代思想, Vol.13-8, P60-82.
- Kuhn, T. S. (1983) *Rationality and Theory Choice*, *Journal of Philosophy*, Vol.80.
- Lakatos, I. & A. Musgrave (1970) *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge Univeristy Press.
- 森 博 (監訳)(1990) I. ラカトシュ/A. マスグレーヴ編, 批判と知識の成長, 木鐸社.
- Masterman, M. (1964) *The Nature of Paradigms*, *Philosophical Review*.
- Masterman, M. (1970) *The Nature of Paradigms*, in Lakatos and Musgrave, 1970.
- 中山伸樹 (訳)(1990) パラダイムの本質 (マスターマン著), 「批判と知識の成長」, 木鐸社.
- 村上陽一郎 (1986) 近代科学を超えて, 講談社学術文庫.
- Pepper, S. C. (1942) *World Hypotheses - A study in Evidence*, University of California Press, Berkeley.
- Pepper, S. C. (1973) *Metaphor in Philosophy*, *Dictionary of The History of Ideas*, Charles Scribner's Sons.
- Ricoeur, P. (1975) *La Métaphore Vive*, Editions du seuil.
- 久米 博 (訳)(1984) ポール・リクール著, 生きた隠喩, 岩波書店.
- Sarbin, T. R. (1986) *The Narrative as a Root Metaphor for Psychology*, *Narrative Psychology*, Prentice-hall.
- 4 節
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968) *Human memory: A proposed system and its control processes*. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *The*

- psychology of learning and motivation: Advances in research and theory, Vol. 2. Academic Press. pp. 89-195.
- Baars, B. J. (1986) *The Cognitive Revolution in Psychology*, Guilford.
- Bertalanffy, L. von. (1967) *Robots, men and minds, psychology in the modern world*, George Braziller, New York.
- 長野 敬 (訳) (1971) *人間とロボット, 現代世界での心理学*, みすず書房.
- Boden, M. A. (1978) *Piaget*. Fountana Paperbacks.
- 波多野完治 (訳) (1980) *ピアジェ*, 岩波書店.
- Breland, K., and Breland, M. (1972) *The misbehavior of organisms*, Reprinted in M. Seligman and J. Hager (Eds.) *Biological boundaries of learning*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Bruner, J., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956) *A study of thinking*. New York: John Wiley.
- Bruner, J. S. & Haste (Eds.) (1987) *Making Sense: The Child's Construction of The World*, Methuen & Co. Ltd.
- Bruner, J. S. (1990) *Acts of Meaning*, Harvard University Press.
- Chomsky, N. Review of Verbal Behavior by B. F. Skinner (1959) Reprinted in L. Jakobovits & M. Miron (Eds.) *Readings in the psychology of language*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall. 1967.
- Estes, W. K. (1950) *Toward a statistical approach to learning*. *Psychological Review*, 57, 94-107.
- Hilgard, R. E. and Bower, G. H. (1966) *Theories of learning*, 3rd ed. Appleton-Century-Crofts.
- Hitt, W. D. (1969) *Two models of man*. *American Psychologist*, 651-658.
- Huges, M. and M. Donaldson (1979) *The use of hiding games for studying the coordination of viewpoints*, *Educational Review* 31, 133-140.
- Kuhn, T. S. (1962) *The structure of scientific revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- 中山 茂 (訳) (1971) *科学革命の構造*, みすず書房.
- Lachman, R. et al (1979) *Cognitive Psychology and Information Processing*.

- Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- 箱田裕司他 (監訳) (1988) *認知心理学と人間の情報処理 I, II*, サイエンス社.
- Leahey, T. H. (1980) *A History of Psychology: main currents in psychological thought*, Prentice-Hall Inc.
- 宇津木保 (訳) (1986) *心理学史-心理学的思想の主要な潮流*, 誠信書房.
- Leary, D. E. (1990) *Metaphors in the History of Psychology*, Cambridge University Press.
- Miller, G. A. (1956) *The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*. *Psychol. Rev.*, 63, 81-97.
- Miller, G. A., Galanter, E., Pribram, K. H. (1960) *Plans and the structure of behavior*. Holt, Rinehart and Winston.
- Minsky, M. A. (1985) *Society of Mind*, Simon & Schuster, Inc.
- 安西祐一郎 (訳) (1990) *心の社会*, 産業図書.
- Neisser, U. (1967) *Cognitive Psychology*. Prentice-Hall, Inc.
- 大羽 泰 (訳) (1981) *U. ナイサー著, 認知心理学*, 誠信書房.
- Neisser, U. (1976) *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology*, W. H. Freeman and Company.
- 古崎 啓他 (訳) (1978) *U. ナイサー著, 認知の構図-人間は現実をどのようにとらえるか*, サイエンス社.
- Neisser, U. (1982) *Memory Observed: Remembering in Natural Contexts*. W. H. Freeman and company.
- 富田達彦 (訳) (1988) *U. ナイサー編, 観察された記憶-自然文脈での想起*, 誠信書房.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972) *Human problem solving*. Prentice-Hall.
- Norman, D. A. & Bobrow, D. G. (1976) *On the role of active memory processes in perception and cognition*. In C. N. Cofer (Ed.), *The structure of human memory*. W. H. Freeman.
- Piaget, J. (1980) *Afterthoughts*. In M. Piatelli-Palmarini (Ed.), *Language and learning: The debate between Jean Piaget and Noam Chomsky* (pp. 278-284) Harvard University Press.

- Shannon, C. E. and Weaver, W. (1949) The mathematical theory of communication, University of Illinois press.
- Skinner, B. F. (1938) The behavior of organism, an experimental analysis, Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1948) Walden Two, Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1957) Verbal behavior, Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1961) Cumulative record, Englewood Cliffs.
- Skinner, B. F. (1968) The technology of teaching, Appleton-Century-Crofts.
- 村井 実, 沼野一男 (訳)(1969) 教授工学, 東洋館出版社
- 菅井勝雄, 東 洋 (1977) プログラム学習, 教育のプログラム, 東他著, 共立出版.
- Tolman, E. C. (1936) Operational behaviorism and current trends in psychology. Reprinted in Behavior and psychological man. Berkeley: University of California Press, 1951.
- Tolman, E. C. (1948) Cognitive maps in rats and men. Psychological Review, 55, 189-208.
- Vroon, P. A. (1988) Psychology Between Ecological Laws And The Scientific Revolution, in Baker, Wm. J. et al (Eds.) Recent Trends in Theoretical Psychology, Springer verlag.
- Waston, J. B. (1925) Behaviorism rev. ed. Norton
- 安田一郎 (訳)(1968) 行動主義の心理学, 河出書房.
- Zimbardo, P. G. (1980) Essentials of psychology and life. New York: Scott Foresman.
- 古畑和孝, 平井 久 (監訳)(1983) 現代心理学 I, サイエンス社.

III章

1 節

- Barnes, B. & D. Edge (1982) Science in Context, MIT Press.
- 木村捨雄 (1977) C A I システム-教育のプログラム, 東 洋他著, 情報科学講座. E17・2, 共立出版, 東京.
- Mandl, H. and A. Lesgold (1988) Learning Issues for Intelligent Tutoring systems. Springer-Verlag.

2 節

- Anderson, J. R., Boyle, C. F. & B. J. Reiser (1985) Intelligent tutoring systems. Science, 228, 456-468.
- Austin, J. L. (1962) How to Do Things with Words, Harvard University Press.
- 坂本 (訳)(1962) 言語と行為, 大修館書店.
- Barr, A. and Feigenbaum E. A. (Eds.) (1982) The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. II Pitman.
- Bereiter, C. (1990) Aspects of an Educational Learning Theory. Review of Educational Research, Vol.60, No.4, pp.509-515.
- Brown, J. S. (1985) Process versus product: A perspective on tools for communal and informal electronic learning, Journal of Educational Computing Research, 1, 179-201.
- Brown, A. L. & A. S. Palincsar (1989) Guided, Cooperative Learning and Individual knowledge Acquisition in L. B. Resnick (Ed.) Knowing, Learning and Instruction, LEA.
- Bruner, J. S. (1966) Toward a Theory of Instruction, Harvard University Press.
- 水越敏行, 田浦武雄 (訳)(1968) 教授理論の建設, 黎明書房.
- Bruner, J. S. & H. Haste (Eds.) (1987) Making Sense: The Child's Construction of The World, Methuen & Co. Ltd.
- Bruner, J. S. (1990) Acts of Meaning, Harvard University Press.
- Collins, A. & Brown, J. S. (1987) The computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandle & A. Lesgold (Eds.), Learning issues for

- intelligent tutoring systems. New York: Springer.
- Collins, A., Brown, J. S. and S. E. Newman (1989) Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing and Mathematics, in L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, Learning and Instruction*, LEA.
- Dreyfus, H. L. & S. E. Dreyfus (1985) *Mind Over Machine*, Macmillan / The Free Press.
- 棕田直子 (訳)(1987) 純粹人工知能批判, アスキー出版局.
- Halliday, M. A. K. (1985) *Language, Context and Text*. Darkin University Press.
- Iran-Nejad, A. (1990) Active and Dynamic Self-Regulation of Learning Processes, *Review of Educational Research*, Vol.60, pp.573-602.
- Iran-Nejad, A. et al (1990) The Multisource Nature of Learning: An Introduction, *Review of Educational Research*, Vol.60, pp.509-515.
- 前間孝則 (1991) 第5世代コンピューター世界注視の野心計画は革命から後退した, *科学朝日*, 9, pp.110-114.
- Malone, T. W. (1988) What is Coordination Theory? Center for Information Systems Research Working Paper 182, MIT.
- Mead, G. H. (1934) *Mind, self, and society: From the standpoint of a social behaviorist*. Morris, C. W. (Ed.), Chicago: The University of Chicago Press.
- 稲葉三千男他 (訳)(1973) 精神・自我・社会, 青木書店.
- 水越敏行 (監修)(1990) 学校教育における情報化, 高度情報化推進協議会—教育情報化推進懇話会, 第一法規.
- Nelson, T. (1987) *COMPUTER LIB Dream Machine*, Revised Edition, TEMPUS.
- Pepper, S. C. (1942) *World Hypotheses - A Study in Evidence*, University of California Press, Berkeley.
- Shuell, T. J. (1990) Phases of Meaningful Learning, *Review of Educational Research*, Vol.60, pp.531-548.
- Spiro, R. J. and J. C. Jehng (1990) Cognitive Flexibility and Hypertext in R. J. Spiro et al (Eds.) *Cognition, Education and Multimedia*, LEA.
- 菅井勝雄 (1982) シーケンシング, 教育の心理学的基礎, 東洋編, 朝倉書店.
- UNESCO (1984) *Media Education*.

- White, M. A. (1983) Toward a Psychology of Electronic Learning. In M. A. White (Ed), *The Future of Electronic Learning*, Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.
- Wilson, K. (1985) "The Voyage of the Mimi" interactive video prototype: Development of an exploratory learning environment for children, Paper presented at the conference of Washington, D. C.
- Wilson, K. (1987) The "Palenque" optical disc prototype: Design of multi-media experiences for education and entertainment in a non-traditional learning context. Paper presented at the conference of Washington D. C.
- Winograd, T., & Flores. F. (1986) *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*, Ablex Publishing Corporation.
- 平賀 譲 (訳)(1989) コンピュータと認知を理解する—人工知能の限度と新しい設計理念, 産業図書.

3節

- Atkinson, R. C. and Wilson, R. A. (1969) *Computer-Assisted Instruction - A Book of Readings*, Academic Press, New York.
- 東洋 (1976) 学習環境論, 学習する社会, 講座情報社会科学12, 学習研究社.
- Bitzer, D. L. (1977) PLATO, An adventure in learning with computer-based education, Reprint of a talk Dr. Bitzer gave at the 7th Australian Conference on Computers.
- Brown, J. S., Burton, R. R. and Bell, A. G. (1975) A sophisticated instructional environment for teaching electronic troubleshooting (an example of AI in CAI) BBN Rep. No. 2790.
- Brown, J. S., Burton, R. R. and Larkin, K. M. (1977) Representing and using procedural bugs for educational purposes. *Proceedings of 1977 Annual Conference*, AcM. Seattle, 247-255.
- Brown, J. S., Burton, R. R. (1978) Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills, *Cognitive Science*, 2, 155-192.
- Buchanan, B., Sutherland, G. and Feigenbaum, E. A. (1969) *Heuristic Dendral: A*

- program for generating explanatory hypotheses in organic chemistry. In Machine Intelligence 4, American Elsevier.
- Burton, R. R. and Brown, J. S. (1979) An investigation of computer coaching for informal learning activities. *Int. J. Man-Machine Stud.*, 11: 5-24.
- Carbonell, J. R. (1970) AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer aided instruction. *IEEE trans. Man-Machine Sys. MMS.*, 11(4): 190-202.
- Clancey, W. J. (1979) Dialogue management for rule-based tutorials. *IJCAI*, 6: 155-161.
- Cleary, A., Mayes, T. and Packham, D. (1976) *Educational Technology: Implications for Early and Special Education*. John Wiley & Sons, New York.
- Collins, A., Warnoch, E. H., Aiello, N. and Miller, M. (1978) Reasoning from incomplete knowledge. In Bobrow, D. G. and Collins, A. (Eds.), *Representation and Understanding: Studies in cognitive science*. 383-415. Academic Press, New York.
- Collins, A. & Brown, J. S. (1987) The computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandl, & A. Lesgod (Eds.), *Learning issues for intelligent tutoring systems*. Springer New York.
- Cronbach, L. J. (1967) How can instruction be adapted to individual differences? in Gagne, R. M. (Ed.), *Learning and Individual Differences*.
- Cronbach, L. J. (1977) *Aptitude and Instructional Methods*. Irvington, New York.
- Crothers, E. J. (1965) Learning model solution to a problem in constrained optimization. *J. Math. Psychol.*, 19-25.
- Crowder, N. A. (1959) Automatic tutoring by means of intrinsic programming. in Galanter, E. H. (Ed.), *Automatic Teaching*, Wiley, New York.
- Давыдов, В. В. (1966) Соотношение понятий "Формирование" и "Развитие" Психики Вса. «Обучение и развитие—Материалы симпозиума», изд. «Прогресс».
- Davis, R., Buchanan, B. and Shortliff, E. (1977) Production rules as a

- representation for a knowledge based consultation program. *Artificial Intelligence*, Vol. 8.
- de Charms, R. (1968) *Personal Causation*. Academic Press, New York.
- Feigenbaum, E. A (1980) *Knowledge engineering: The applied side of artificial intelligence*. Stanford Heuristic Programming Project Memo/HPs-80-21.
- Goldstein I. (1977) The computer as coach: An athletic paradigm for intellectual education, AI Memo 389. AI Laboratory, M.I.T.
- Groen, G. J. and Atkinson, R. C. (1966) Models for optimizing the learning process. *Psychol. Bull.*, 309-320.
- Hunt, J. McV. (1969) *Psychological assessment, developmental plasticity and heredity with implications for early education*. Ronald Press.
- 波多野誼余夫 (監訳) (1976) *乳幼児の知的発達と教育*. 誠信書房, 東京.
- Kuhn, T. S. (1962) *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press, Chicago.
- 中山 茂 (訳) (1971) *科学革命の構造*. みすず書房, 東京.
- Леончев, А. Н. и Гальперин, П. Я (1964) Теория усвоения знаний и программированное обучение. *Советская Педагогика*, No. 10
- 駒林邦男 (訳) (1965) 知識習得の理論とプログラム学習, *ソビエト教育科学*, No.21, 明治図書, 東京.
- Lyman, E. R. (1970) A descriptive list of PLATO programs 1960-1970, CERL. 1970.
- Minsky, M. L. (1979) Computer science and the representing knowledge. in Dertozous M. L. et al. (Eds.), *The Computer Age: A twenty-year view*, MIT Press.
- 水越敏行 (1991) *ニューメディア, コミュニケーションそして教育*, ニューメディア関連国際シンポジウム, 財団法人日本放送教育協会.
- Mitre (1973) TICCIT-Time-shared Interactive Computer-Controlled Television system.
- Moore, O. K. (1966) Autotelic responsive environment and exceptional children. In Harvey, O. J. (Ed.), *Experience, Structure and Adaptability*, Springer

- Publishing Co., New York.
- Moore, O. K. and Anderson, A. R. (1968) The Responsive Environments Projects. In Hess, R. D. and Beer, R. M. (Eds.), Early Education, Aldine, New York.
- 森田英嗣, 井上正道, 村田厚史, 菅井勝雄 (1987) 誤り治療システム“チュータ”の開発, 日本教育工学研究報告集, J E T 87-5.
- 成瀬正行, 藤田恵爾, 山口正和 (1976) オープンフィールド学習における「教師の発言」と「子どもの発言」との相互作用. CRDC Tech. report.
- 成瀬正行, 後藤忠彦 (1979) 反応構造による教授項目の系列化. 日本教育工学雑誌, 2 (4)
- Nelson, T. H. (1970) No more teacher's dirty looks, Computer Decisions, Sep. 16-23.
- Newell, A and Simon, H. A. (1972) Human Problem Solving. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Papert, S. (1980) Mindstorms - Children, Computer and Powerful Ideas. Basic Books Inc.
- 奥村貴世子 (訳) (1982) マインドストーム-子供, コンピュータ, そして強力なアイデア. 未来社, 東京.
- Quillian, M. R. (1968) Semantic memory. in Minsky M. L. (Ed.), Semantic Information Processing, MIT Press.
- Quillian, M. R. (1969) The teachable language comprehender. Commun. Assoc. Comput. Machine, 12: 459-475.
- 佐伯 胖 (1976) ベイズ診断による“発見的課題”のC A I教授コースの自動生成. 日本教育工学雑誌, 1(4)
- Seidel, J. R et al. (1987) Intelligent CAI: Old Wine in New Bottles, or a New Vintage in Kearsley, G. P (Ed.), Artificial Intelligence & Instruction, Addison Wesley.
- Shelley, C. B and Gloom, V. (1970) The Apollo flight controller training system concept and its educational implications. in Holtzman, W. H. (Ed.), Computer Assisted Instruction, Testing and Guidance, 313-335, Harper and Row.
- Skinner, B. F. (1954) The science of learning and the art of teaching. Harvard

- Educ. Rev., 24.
- Smallwood, R. D. (1962) A Decision Structure for Teaching Machine. MIT Press.
- Smallwood, R. D., Weinstein, I. and Echles, J. (1967) Quantitative methods in computer-directed teaching systems. Final Report No. 225 (84) March 15, Department of Engineering-Economic Systems, Stanford University, Stanford, Calif.
- Snow, R. E. Tiffin, J. and Seibert, W. (1965) Individual differences and instructional film effects. J. Educ. Psychol., 38.
- 菅井勝雄, 東 洋 (1977) プログラム学習, 教育のプログラム, 東 洋他著, 情報科学講座E.17. 2, 共立出版, 東京.
- 菅井勝雄, 馬場道夫 (1980) 障害児教育・幼児教育のための応答する環境システムの開発(1). 信学技法, E T 79-10.
- 菅井勝雄 (1983) 人工知能と人間の思考, 思考・知能・言語, 現代基礎心理学7, 坂元昂編, 東京大学出版会, 東京.
- 菅井勝雄 (1984) C A I研究の可能性と今後の課題 (パラダイム論の観点からみたC A I設計思想の転換をめぐって). 日本教育工学雑誌, 7(4): 171-181.
- 菅井勝雄, 馬場道夫 (1984) コンピュータ利用による「応答する学習環境室」の開発研究の経過と展望 日本教育工学雑誌, 8, 137-153.
- 菅井勝雄 (1986) C A Iの可能性と課題をさぐる, 科学サロンVol.10. No.2.
- 菅井勝雄 (1987) コンピュータ教育のための授業モデルの理論的研究-パラダイム論の観点から-教育情報研究. 3. 16-22.
- 菅井勝雄, 森田英嗣, 里上晴夫, 井上正道 (1989) 認知理論に基づくC A Iの開発と試行. 大阪大学人間科学部紀要 第15巻.
- Suppes, P. (1967) On using computers to individualized instruction, in Don Bushnell and Dwight, W. (Eds.), The Computer in American Education, 11-24, John Wiley and Sons, New York.
- Талызина, Н. Ф., (1969) Теоретические Проблемы Программированного обучения.
- 駒井邦男 (訳) (1970) タルィズィナ, 学習のプログラミング-知的行為の多段階形成理論. 明治図書, 東京.

Uttal, W. R., Pasich, T., Rogers, M. and Hieronymus, R. (1969) Generative computer-assisted instruction. *Mental Health Res. Inst. Ann. Arbor, Mich., commun.*, 243.

Vygotsky, L. S. (1934) *Thought and Language*, Wiley.

柴田義松 (訳)(1970) 思考と言語. 明治図書, 東京.

Wexler, J. D. (1970) A generative teaching system that uses information nets and skelton patterns. Ph. D. dissertation, University of Wisconsin, Madison.

Winograd, T. (1972) *Understanding Natural Language*. Academic Press.

淵 一博, 田村浩一郎, 白井良明 (訳)(1976) 言語理解の構造. 産業図書.

IV章

1節

Aseri (1983) *Computers in Education - Realizing the Potential*, Report of a Research Conference.

Brown, J. S., Burton, R. R. and Larkin, K. M. (1977) Representing and using procedural bugs for educational purposes. *Proceedings of 1977 Annual Conference, AcM. Seattle*, 247-255.

Mandl, H. & A. Lesgold (1988) *Learning Issues for Intelligent Tutoring System*. Springer-Verlag.

Seidel, J. R. (1987) *Artificial Intelligence & Instruction*, Addison Wesley.

Wilson, K. (1985) "The Voyage of the Mimi" interactive video prototype: Development of an exploratory learning environment for children. Paper presented at the conference of Washington D.C.

Wilson, K. (1987) The "Palenque" optical disc prototype: Design of multi-media experiences for education and entertainment in a non-traditional learning context. Paper presented at the conference of Washington D.C.

Winograd, T. (1972) *Understanding Natural Language*. Academic Press.

淵 一博, 田村浩一郎, 白井良明 (訳)(1976) 言語理解の構造. 産業図書, 東京.

2節

Collins, A. & Brown, J. S. (1987) The computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandl & A. Lesgold (Eds.), *Learning Issues for intelligent tutoring system*, Springer.

3節

東 洋 (1975) 学習環境論. 学習する社会, 情報社会科学講座. 学研, 東京.

Cleary, A., Mayes, T. and Packham, D. (1976) *Educational Technology: Implications for Early and Special Education*. John Wiley & Sons, New York.

de Charms, R. (1968) *Personal Causation*. Academic Press, New York.

Ferguson, G. et al. (1969) *The Responsive Head Start Project*. Far West

- Laboratory for Educational Research and Development, California.
- Hunt, J. McV. 著, 波多野誼余夫訳 (1976) 乳幼児の発達と教育, 金子書房, 東京.
- 松村多美恵, 馬場道夫, 新妻陸利, 菅井勝雄, 本田敏明 (1983) ビデオディスクとコンピュータを用いた応答する文化遺産システムの開発 (II). 日本科学教育学会年会論文集7, P311-312.
- 松村多美恵他 (1987) 応答するインテリジェント学習環境の総合開発 文部省科学研究費試験研究報告書.
- Moore, O. K. (1965a) New Approaches to Individualizing Instruction: from Tools to Interactional Machines: A report to a conference on May 11.
- Moore, O. K. (1965b) The Responsive Environment Projects and the Deaf: the American Annals of the Deaf.
- Moore, O. K. (1966) Autotelic Responsive Environment and Exceptional Children. In Harvey, O. J., (Ed.), Experience, Structure and Adaptability, Springer, New York.
- Moore, O. K. and Anderson, A. R. (1968) The Responsive Environments Projects. In Hess, R. D. and Beer, R. M. (Eds.), Early Education, Aldine, New York.
- Moore, O. K. and Anderson, A. R. (1969) Some Principles for the Design of Clarifying Educational Environments. In Goslin, D. A. (Ed.), Handbook of Socialization Theory and Research, John Wiley & Sons, New York.
- 成瀬正行, 藤田恵爾, 山口正和 (1976) オープンフィールド学習における「教師の発言」と「子どもの発言」との相互作用. CRDC Tech. report.
- 関根幸枝, 森川洋一 (1981) 幼児の発達段階と玩具の応答性との関係 茨城大学教育学部卒論 (未公表).
- 菅井勝雄, 馬場道夫 (1980a) 障害児・幼児教育のための「応答する環境システム」の開発(1). 電子通信学会・教育技術, ET79-10.
- 菅井勝雄, 馬場道夫, 大野罔男 (1980b) 障害児・幼児教育のための「応答する環境システム」の開発(2). 電子通信学会・教育技術, ET80-1.
- 菅井勝雄, 馬場道夫 (1980c) 幼児・障害児教育用の「応答する環境システム」の開発と実験例. 日本科学教育学会年会論文集4, P37-38.
- 菅井勝雄 (1980d) 精神薄弱児の学習反応喚起に及ぼす応答的段階的プログラムの効果.

- 日本教育心理学会大会論文集.
- 菅井勝雄, 馬場道夫, 大野罔男, 稲生保子, 渡辺紀子 (1981a) 障害児教育・幼児教育のための「応答する環境システム」の開発(3). 電子通信学会・教育技術, ET80-10.
- 菅井勝雄 (1981b) 応答する学習環境システムについて. 国立大学・教育工学センター協議会 東京.
- 菅井勝雄, 馬場道夫, 新妻陸利, 松村多美恵, 本田敏明 (1983) ビデオディスクとコンピュータを用いた応答する文化遺産システムの開発 (I). 日本科学教育学会年会論文集7, P309-310.
- 菅井勝雄, 馬場道夫, 新妻陸利, 松村多美恵, 本田敏明, 加藤直美, 隅田浩文 (1984) ビデオディスクとコンピュータを用いた応答する学習環境室 (IRE-II) の研究開発 (I). 電子通信学会・教育技術, ET83-9.
- 菅井勝雄 (1984) C A I 研究の可能性と今後の課題 (パラダイム論の観点からみた C A I 設計思想の転換をめぐる). 日本教育工学雑誌, 7(4): 171-181.

4 節

- Brown J. S., & Burton R. R. (1978) Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills, Cognitive Science, 2, 155-192.
- Collins, A. & Brown, J. S. (1987) The Computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandl, & A. Lesgod (Eds.), Learning issues for intelligent tutoring systems. Springer New York.
- 稲垣佳世子 (1982) メタ認知とモニタリング, 波多野誼余夫 (編) 『認知心理学講座4 学習と発達』所収, 東京大学出版会.
- 井上正道 (1988) 引き算学習用 C A I ソフト「チュータ・シリーズ」の開発研究, 1987年度, 大阪大学人間科学部卒業論文, 未発表.
- Jonassen, D. & H. Mandl (Eds.) (1990) Designing Hypermedia for Learning. Springer Verlag.
- Mead, G. H. (1934) Mind, self, and society: From the standpoint of a social behaviorist. Morris, C. W. (Ed.), Chicago: The University of Chicago Press.
- 稲葉三千男他 (訳) (1973) 精神・自我・社会, 青木書店.
- 森田英嗣, 井上正道, 村田厚史, 菅井勝雄 (1987) 誤り治療システム「チュータ」の開

発, 日本教育工学研究報告集, J E T 87-5.

森田英嗣, 菅井勝雄 (1988) 認知理論に基づく C A I の研究開発その 2. 実験的な試み
について, 教育工学関連学協会連合第 2 回全国大会論文集, 東京.

坂元 昂 (1991) 教育工学 放送大学教材.

菅井勝雄, 森田英嗣, 黒上晴夫ほか (1988) 認知理論に基づく C A I の開発と試行 大
阪大学人間科学部紀要 15, 209-231.

菅井勝雄 (1989) C A I への招待 (理論編) - 教育工学のパラダイム変換 同文書院.

菅井勝雄, 森田英嗣 (1988) 認知理論に基づく C A I の研究開発その 1. 理論的な動向
について, 教育工学関連学協会連合第 2 回全国大会論文集, 東京.

菅井勝雄 (1987) コンピュータ教育のための授業モデルの理論的研究 - パラダイム論の
観点から - 教育情報研究. 3. 16-22.

菅井勝雄 (1989) C A I への招待, 理論編 - 教育工学のパラダイム変換, 同文書院.

菅井勝雄, 森田英嗣 (1990) 「教えることによって学ぶ」システムの障害児教育への適
用と可能性 日本教育工学会第 6 回大会論文集.

Taylor, R. P. (1980) The Computer in the School: Tutor, Tool, Tutee. New York.
Teachers College Press.

