



Title	数学的帰納法と言語構造〔中〕
Author(s)	森塚, 文雄
Citation	大阪外大英米研究. 1974, 8, p. 1-12
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/98995
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

数学的帰納法と言語構造〔中〕

森 塚 文 雄

3. 数学的帰納法と言語形成能力

N. Chomsky らの変形生成文法家の究極の目標は、すべての個別言語の内蔵する構造上の特異性の根底にあると仮定される人間言語の普遍的規則の集合とも言うべき「普遍文法」(Universal grammar) の体系を作り上げることであらうと思われるが、彼らのこの確信の基礎となっているのは、いわゆる人間生得の「言語的普遍性」(Linguistic universals) —— 「言語形成能力」 (“Language-forming capacity”) の仮説であらう。

すなわち彼らによれば、すべての人間はその属する特定の言語社会——文化・歴史・人種など——の偶然的要因に関係なく

(1) 母国語による発話ならば、その人の直接の経験外の新しい文に接してもこれを理解し、

(2) 日日見聞する多数の発話のうち、どれが「文法的文」であり、どれが「非文法的文」であるかを識別する言語的直観力¹⁾をもち、

(3) 異なった2種もしくはそれ以上の意味解釈の論理的可能性をもつ文があれば、それぞれの意味を正しく把握し、¹⁾更に

(4) 種々の状況に則して必要な意味を伝達するために「文法的文」を用いて発話する

ことを内容とする生得の「言語能力」(Linguistic competence) を有するとするのである。言語に関して全く白紙の状態にある幼児が、きわめて限られた母国語の資料に基づいて、その単なる模倣とか記憶に止まらず積極的に驚くほどの迅速さで母国語を習得できるのは、人にはすべて広く人

間言語に共通の基礎的枠組が生まれながらにして備わっていなければならないと言うので、これを「言語的普遍性」と名付けた。

言語の世界だけでなく一般的に言ってわれわれ人間、とりわけ幼児が自己を取りかこむ外界から得る経験・観察は極めて限られたものである。もしわれわれの日常の行動が、われわれの有限個の経験・観察のみに基づくものに限定されるならば、他の生物と何ら異なるところはなく今日の人類文明はとうてい望まれなかったであろう。このように、限られた経験から「帰納」して、ある合理的な有限個の基本的「法則性」を発見し、それによって無限に豊富な新しいものを生み出していくところに他の生物とは本質的に異なった人間の特異性がうかがわれるのであって、現代の驚歎すべき精神・物質両面に亘る人類文明の基底をなすものは、この「法則性」——型 (Pattern) ——の発見と、その大胆かつ拡充された応用であると言っても決して過言ではない。

上述の人間言語習得の過程についての Chomsky らの所説も一言にして言えば、この「法則性」の発見・応用に外ならないと思われる。

今、以上の点を数学的・心理学的に例証したいと思う。

4. コンピュータ・シミュレーション

われわれ人間をも含めて、生物が生きていくということは、情報科学の立場から見ると、不断に情報の授受とその処理とを行なっているということである。言葉を聞き（又は読み）図形を見て、外界から情報を受容する過程が「知覚」であり、それを保存するのが「記憶」であり、必要に応じて記憶から取り出した情報やその瞬間に知覚している情報に処理を加えることが「思考」であり「次の行動の決定」であり「学習」である。この中、言葉を聞く、図形を見るという知覚の過程において、聴覚・視覚器官は単に外界の音波を音に変え外界の電磁波——光——の強弱を明暗に変えるという「エネルギー変換器」(Transducer)としての機能だけを果たしている

のではない。もっと能動的で複雑な多くの作用が行なわれていることは自明であるが、人間の脳組織を中心とする神経系統の果たす機能はいわば一個のブラック・ボックス(Black box)であって、外部から人間に与えられる刺激や命令という形のインプットとこれに対する反応としての動作や意識という形のアウトプットは観察できるけれども、内部に作動している機構は直接に観測するすべがない。この人間の“頭”は他人にとってはもちろん本人にとってもブラック・ボックスであって、その情報探索 (Information retrieval) プロセスの詳細は科学の現段階では未知数であるが、心理学者は数学の力を借りるかあるいはシミュレーション(simulation)を行なって、観測可能な入力と出力の間に介在する人間の内部機構を推測しているにすぎない現状である。このシミュレーションというのは、現実の事象を模倣的に再現する実験であって、問題となる事象から多数のデータを集めてその理論的モデルを構成しそれを実験的に具体化して現実の事象を近似的に再現させるものと、そのモデルの構造と機能をもった機械的装置——シミュレーター (Simulator) ——を作るものがある。シミュレーションは自然現象も対象とするが、とくに1回きりで反復のきかない理論的解明の困難な社会現象を対象とする、ディジタルおよびアルゴリズム電子計算機による人間行動のシミュレーションは、もっとも興味ある問題であってコンピュータ・シミュレーション (Computer simulation) は最近とみに時代の脚光を浴びてきている。電子計算機という呼称は現在ではもはや適当なものではなく、その本質は単に数字の計算を非常に高速度で処理するだけでなく、一般に複雑な記号の処理をす早くしかも正確に行なう機械であって“人工頭脳”とも呼ばれるゆえんである。生産的思考(Productive thinking)に含まれている情報処理について、それが数字を扱う処理ではなく記号を扱う処理であっても、その処理の手順をコンピュータのプログラムという形に書くことができる。この場合に用いられるコンピュータ言語は記号処理用言語、リスト処理用言語と呼ばれるもので LISP,

SNOBOL, IPL-V などという言葉がよく用いられる。

この種のコンピュータ言語を用いて、人間の出すアウトプットと常に同じアウトプットを産出するよう電子計算機を手ななづけ、人間というブラック・ボックスの内部にかくされている機構に相当すると思われる処理手順を探し当てようとすることをコンピュータ・シミュレーションと呼ぶ。

5. 構造——周期性と予測性と生産性

- (1) (i) $\bigcirc\triangle__, \times\triangle\bigcirc__$
- (ii) $\bigcirc\triangle\triangle\times\triangle\bigcirc__$
- (iii) $\bigcirc\triangle\bigcirc\triangle__, \bigcirc\triangle\bigcirc\triangle\bigcirc\triangle__$
- (iv) $\bigcirc\bigcirc\times\times\bigcirc\bigcirc\times\times__$
- (v) $\bigcirc\bigcirc\triangle\times\bigcirc\bigcirc\triangle\times\bigcirc\bigcirc\triangle__$

小学校低学年か幼稚園児の知能テストの問題として、上のような幾列かの $\bigcirc\triangle\times$ の図形のら列を示し、よく考えて各列の右端にどんな図形をかき足せばよいかとたずねて見よう。受験者の直観力や思考力に多少の個人差はあっても、十分に時間をかけて考える余裕を与えれば、大抵のものは

- a) (i)には「わからない」と答えるか、或いはまちまちの図形を記入し、
- b) (ii)には先ず「わからない」と投げ出し、
- c) (iii), (iv)の右端にはそれぞれ $\bigcirc$ および $\bigcirc$ (又は $\bigcirc\bigcirc$) の図形を比較的短時間のうちに記入し、
- d) (v)にはかなりの時間がかかるが、よく考えるものならば $\times$ の印を記入するであろう。その理由としては、(iii), (iv)ではそれぞれ $\bigcirc\triangle$ および $\bigcirc\bigcirc\times\times$ の組合せが2度3度と規則正しく繰り返されている事が受験者には無意識のうちに理解され更に同じ組合せを自分でも繰り返そうとする心理作用が生じて容易に問題の解答を出す。(v)はややこみ入った組合せながらよく考えれば $\bigcirc\bigcirc\triangle\times$ が繰り返されていることが悟られる。ところが(i)ではその組合せの繰返しがなく問題解決の糸口が見出されず、又(ii)

では各図形出現の順序が全くでたらめで規則性がなく、「分からない」が正解であろう。

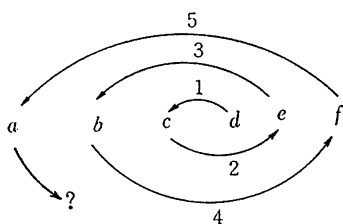
- (2) (i) a b a b a b _
(ii) a a a b b b c c c d d _
(iii) a t b a t a a t b a t _
(iv) a b m c d m e f m g h m _
(v) d e f g e f g h f g h i _
(vi) q x a p x b q x a _
(vii) a d u a c u a e u a b u a f u a _
(viii) m a b m b c m c d m _
(ix) u r t u s t u t t u _
(x) a b y a b x a b w a b _
(xi) r s c d s t d e t u e f _
(xii) n p a o q a p r a q s a _
(xiii) w x a x y b y z c z a d a b _
(xiv) j k q r k l r s l m s t _
(xv) p o n o n m n m l m l k _
(xvi) c q a k o i b t w z z b _²⁾

次に英語のアルファベット26文字とその正しい順序を知っている中学生、高校生を対象に左のような幾つかの文字列を用いた知能テストを行なうことができる。これらの各文字列の中にそれぞれ一定の規則性を見出し、その規則性から推して、列の右端に適当な1文字を入れるとすればそれは何であるかを予測させるものである。この種のテストでは、最後の問題((xvi))のように全くランダムな文字のら列を除いて、問題の解がえらるわけであるがそのためには必ず文字系列の中に1つの「周期性」があり、従って系列の先を自然に予測することができるという事が必要条件である。この周期性を見出すためには、

- (1) 同一の関係が一定の間隔で繰り返され
- (2) 同一の関係が一定の間隔で中断されている, という2点がチェックされなければならないが, こうして発見された周期性については, 更に
- (3) 周期内において, 隣どうしの文字の間にどのような関係があるか,
- (4) 各周期間の対応する位置にある文字どうしの間にはどのような関係があるか

という2点がチェックされなければならない。

問題(i)や(ii)の周期性を発見することはきわめて容易であろうが, その他の問題では多かれ少なかれ, 厄介である。例えば問題(iv)では ab, cd, ef, ... が共通文字 m を直後に伴って配列され, 問題(viii)では ab, bc, cd, ... が共通文字 m の次に配列されており, 問題(v)では d を先頭にしてアルファベット順に並んだ4文字ずつが各周期ごとに1字ずつずれている, などの周期性が発見されなければならない。問題(vii)では周期性が可成り発見困難であって, 各周期の最初の文字 a と最後の文字 u との間



の文字 d, c, e, b, f の配列規則は簡単ではない。これは左に図示したように d を出発点とする渦巻きの順序になっているのであって, この規則が分からなくてはこの問題の解は得られない。又, 問題(x)や(xv)では,

アルファベットの逆向きの配列 ($y \rightarrow x \rightarrow w (\rightarrow v \cdots)$) が, 問題(xiii)では各周期の最初の文字がアルファベットの最後のものに達したら再び最初のものに帰る ($w \rightarrow y \rightarrow z \rightarrow a (\rightarrow b \cdots)$) というふうに無限にくりかえされることが, それぞれチェックされなければならない。

前述したコンピュータ・シミュレーションは, 単に人間と同じ動作をするよう電子計算機を手なづけるだけではなく, そういう情報処理手順を見出だすことを通じて人間の内部機構を推測する手がかりを得ようとする

ころにその本来の目的がおかれているのであるが、どんな問題を与えても常に人間と同じような結果を与えるようなプログラムを完成することは至難のわざであろう。しよせん、如何に進歩した構造のコンピュータも人間の頭脳にとって代わることは不可能である。

ところで上に行なった知能テストを、英語という言葉の音韻論、語い論、語形論、統語論の4段階に試みてみて、英語を母国語とする人々の英語習得の手順をシミュレートしよう。

- (3) (i) it eat sit seat bit ____
(ii) all ball fall hall it bit fit hit old bold fold hold eat ____
(iii) pick pig big peck peg beg pat ____
(iv) ever never either neither odd ____

(3) の各語列は音韻論段階における「周期性」に基づいて各列の右端に適語を補わせようとするテストで、単語のスペリング、意味あるいは単語の存在そのものは問題としないことにすれば、それぞれ beat(…), beat (feet [or feat] heat…), pad (bad…), nod (…) が解であることは明らかであろう。

- (4) (i) husband wife spouse father mother parent son
daughter child stallion ____
(ii) dog bark cat mew horse neigh lion roar frog ____
(iii) hot cold long short good bad deep shallow light ____
(iv) sun solar moon lunar sea marine place local tooth ____
(v) ever never either neither almost hardly if ____

(4) の各語列は語い論段階における「周期性」の発見、各周期内要素の関係から各列の右端に来るべき語(群)を言い当てさせようとするテストであって、それぞれ mare (horse…), croak (…), dark [or heavy] (…), dental (…), unless (…) が解であることは容易にわかる。

- (5) (i) boy boys cow cows man men child children sheep ____

- (ii) walk walked beg begged go went am was put ____
- (iii) long longer longest hot hotter hottest good ____
- (iv) boy boys' man men's child ____

(5) の各語列は語形論段階における「周期性」の発見、各周期内要素間の語形論的關係から推して各列の右端の語(群)を与えさせるもので、それぞれ sheep (···), put (···), better (best ···), children's (···) 解である。

- (6) (i) short court long song pretty girl high mountain gray

- (ii) I saw him he saw me I saw her she saw me I saw
them ____
- (iii) I like fresh milk I like milk fresh I like quiet boys ____
- (iv) I can swim can you swim I like books do you like
books I went there ____

(6) の各語列は統語論段階における「周期性」および各周期内要素間の統語論的關係の発見に基づく解を与えさせようとするもので、それぞれ hair, etc. (···), they (saw me ···), I (like boys (to be) quiet ···), did (you go there ···) が解である。

以上は英語による知能テストの試案³⁾であるが、いずれの場合も問題解答の最初の手がかりとなるものは、各語列が全くランダムなものでない限り必ず一定の規則性をもっていなければならないということである。ところが語列が余りに短いときは、この規則性があいまいとなって解が2通り(以上)になることがある。たとえば (3)(iv)の問題が ever never either neither のみであれば、この規則性が音韻論上のものか語い論上のものか一義的決定は困難であって、前者ならば「後者」(Successor) は odd, nod, oak, folk, etc, となり、後者ならば (4)(v)の問題の如くに almost, hardly, if, unless, etc, [肯定語: 否定語の1意対応関係] となるであろう。又、

(6)(i)の問題が short court long song のみであれば語列の規則性は音韻論上のもの〔rhyme; 従って sad, mad, shut, cut, etc. がつづく〕か或いは統語上のもの〔AP+NP; 従って問題(6)(i)の如くに pretty girl high mountain, etc. がつづく〕か—義的に決定されない。この点は数学、とくに統計論ではきわめて大切なもので、さいころをふってその1の目から6の目までがあらわれる確率はすべて $\frac{1}{6}$ であるという結論に達するには少くとも数十回さいころを振ってみて各事象出現数の和が限りなく均等 ($\frac{1}{6}$) に近づくという試行が絶対に必要であるのに似ている。

われわれは以上3種の知能テストの例をかりて明らかにしたいと思った点は、人間が幼少のころ母国語を習得する段階では限られた範囲内ではあっても毎日耳にする言語表現の中から一定の規則性——周期性と予測性——帰納性——を無意識かつ直観的に会得し、一たん覚えた規則性は、上記テキストの各問題の解答例でもわかる通り、無限の「生産性」をもち、限りなく繰返すことができるという事実思い至って欲しいためである。Chomsky ら変形生成文法家の強調する「言語形成能力」なるものも、けっきょくこの事実を述べたものに過ぎないのであって、この言語表現——発話——のもつ規則性、周期性、予測性は数学の公式にも似て世界のすべての言語に共通に存すると思われるところに、Chomsky らの「言語的普遍性」の仮説の正当性が裏づけされるのである。一つの言語がもつこの「規則性」の記述・説明の集合がとりもなおさずその言語の文法であるが、形式上これらの規則性を平易簡潔に且つ言語事実を余すところなく記述・説明し尽せる文法が、“well-structured grammar”とも呼ばれるべく、「情報量」の多い文法となろう。

たとえば

1 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 0

という1, 0からなる18桁の数列はこのままで記憶することはむづかしいが、これを3桁ずつに区切りそれを2進法に直して

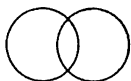
という6桁の数列と考えると記憶に便利であるように、ある文法が記述・説明する言語事実の絶対量が同じでも、これをうまく構造化するか否かで文法の情報量が異なってくる。

芸術の世界での優れた創造的活動というものも、現実の芸術作品とは無関係の全く新しいものを創り出すことではなくて、むしろ「既存の要素の、より価値の高い新しい組合せを発見することである」と言われるが、言語の世界でも有限個の基本的規則性を如何に巧みに組み合わせてすぐれた新しい文法的文のみが自由に創り出せるような記述・説明をなすのがすぐれた文法理論と言えよう。

〔未完〕

〔註〕

- 1) 1個の発話単位——文——を聞くとか1つの図形を見るという知覚過程においては、それらの解釈に種々の論理的可能性が含まれる場合があるが、われわれ人間の意識にはこの種々の可能性の中の唯1つが知覚の最終結果として浮かんで来て、他はすべてフィルターされるのが普通である。例えば



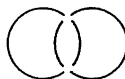
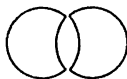
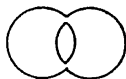
のような図形が示されると誰でも「2個の同じ大きさの円の重なったもの」という意識しか浮かんで来ないが、論理的には上の図形には

(1)

(2)

(3)

(4)



(1) フランスパン型の閉曲線の中に凸レンズの入っている図形、(2) 三ヶ月が2個左右に向かい合った図形、(3) 4本の半曲線が集まってできた図形、(4) 矢印のような一筆書きの図形、という解釈も可能である。人間の思考過程には往々にして自分の経験上もっとも親しみ易い只1つの結果のみを予想して他の可能性をフィルターしてしまう危険性がある。科学の世界では先入主はもっとも危険である。われわれが日々耳にする文解釈にも同様のことがしばしば起こることは周知の通りである。Chomsky ら変形成文法家のいう「母国語話者の直観力」も往々にして

誤った構造解釈に導くことがある点を注意したい。

- 2) 集合論の見地からすれば、上の文字列は2個ないし4個（何個でもよい）の元（Element）を含む有限集合、即ち周期、を元とする無限集合、すなわち集合族（Family of sets）であって、同一集合内の各要素間だけでなく各有限集合間の相対応する元の間にも厳密な一意対応の関係がある。この文字列を数列に読みかえれば、たとえば次のようになる。

$$\begin{aligned}
 (2)' \text{ (i) } & 1 \ 2 \ 1 \ 2 \ 1 \ 2 \ 1 \ 2 \ \cdot \cdot \cdot n \ n+1 \ \cdot \cdot \cdot \\
 \text{ (ii) } & 1 \ 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ 4 \ 4 \ 4 \ \cdot \cdot \cdot \\
 & n \ n \ n \ n+1 \ n+1 \ n+1 \ \cdot \cdot \cdot \\
 \text{ (iii) } & 1 \ 2 \ 3 \ 2 \ 3 \ 4 \ 3 \ 4 \ 5 \ \cdot \cdot \cdot n \ n+1 \ n+2 \ \cdot \cdot \cdot \\
 \text{ (iv) } & 1 \ 2 \ 4 \ 2 \ 4 \ 8 \ 3 \ 6 \ 12 \ \cdot \cdot \cdot n \ 2n \ 2 \cdot n \ \cdot \cdot \cdot \\
 \text{ (v) } & 1 \ 1 \ 1 \ 2 \ 4 \ 8 \ 3 \ 9 \ 27 \ \cdot \cdot \cdot \\
 & n \ n^2 \ n^3 \ n+1 \ (n+1)^2 \ (n+1)^3 \ \cdot \cdot \cdot \\
 \text{ (vi) } & 1 \ 3 \ 5 \ 7 \ 2 \ 4 \ 6 \ 8 \ 3 \ 5 \ 7 \ 9 \ \cdot \cdot \cdot \\
 & n \ n+2 \ n+4 \ n+6 \ n+1 \ (n+1)+2 \ (n+1)+4 \ (n+1)+6 \ \cdot \cdot \cdot \\
 \text{ (vii) } & 2 \ \frac{1}{2} \ \frac{1}{4} \ 4 \ \frac{1}{4} \ \frac{1}{16} \ 8 \ \frac{1}{8} \ \frac{1}{64} \ \cdot \cdot \cdot \\
 & n \ 1/n \ 1/n^2 \ n^2 \ 1/n^2 \ 1/(n^2)^2 \ \cdot \cdot \cdot \\
 \text{ (viii) } & 1 \ 2 \ 3 \ 3 \ 5 \ 7 \ 7 \ 11 \ 13 \ \cdot \cdot \cdot
 \end{aligned}$$

- 3) これらは筆者の単なる思いつきであるが、更に教育上の効果を考えて英語学習者の英語構造に対する理解度を知るための種々の知能テストの方式が考察されるのではなかろうか。

〔主な参考書目〕

- 矢野健太郎「新しい数学」（岩波新書）
 遠山 啓「現代数学対話」（ " ）
 尾崎繁雄「大学教養数学」
 渡辺 茂「コンピュータ時代の数学」
 服部・沢田・田島「哲学XI—言語」（岩波講座）
 " 「哲学 X—論理」（ " ）
 武田弘道「現代の論理学」
 本多波雄「情報理論入門」
 関 英男「情報理論」
 北川敏男他「社会と情報」（NHK 報情科学講座 8）
 森 政弘「制御と情報」（ " " 4）
 渡辺 茂「認識と情報」（ " " 6）

喜安善市「通信と情報」(“ ” 5)

北川敏男他「情報科学への道」(情報科学講座 A・1・1)

Malmberg, B. *Structural Linguistics and Human Communication*

Cherry, C. *On Human Communication*

Borden, G. A. *An Introduction to Human Communication Theory*

奥野治雄「情報処理基礎概論(1)」

“ 「 ” (2)」

矢野・茂木「基礎数学」

(言語学関係は省略)