

心理学論考ノート

—「ヒト」はいかに「人」になるか：知性の生成変換過程とその数理構造—

西川 泰夫¹⁾

An essay on logical foundation of Psychology

—How to became a human beings from Homo-sapiens ?

Generative and transformational processes of the intelligence and
those mathematical structure—

Yasuo NISHIKAWA

ABSTRACT

In this paper it was discussed that the generative and transformational processes of the human intelligence from birth through the life long period and those mathematical structures based on the verbal and behavioral data observed by Piaget. He described four operational periods that are the motor-sensory period, the pre-operational period, the concrete operational period, and the formal operational period depended on the achieved intelligence and mental level. These operational periods are discriminated by the possible computations that mean addition, subtraction, division, and multiplication, or functional and transformational relations among two mental symbols which mean two components (or elements, units, real numbers) which satisfies the mathematical Group axioms.

And also it was introduced in this paper the latest progress of the Science of the Intelligence which means Mental Science, or Cognitive Science from the stand point of the strong symbol computational approaches.

要 旨

本論は、人自身が自ら抱く自己認識、自らが描き出したその自画像の中でも最も基本的な特色（特性）とみなされる「知的存在」としてのあり方、存在様式を数理論理的関係構造の観点から明らかにすることである。つまり、知の解明に取り組む「知の科学」によって明らかにされてきた成果の一端を紹介することである。そのさいの一つの手がかりを、ピアジェの発生的認識論に求め人における知の生成過程とそれにもなって起こる知の生成、変換過程を、それを根底から支える数理的論理関係構造に即して捉える。彼によれば、生成過程は、基本的に4つの段階、これを操作期というが区分される。それは、運動—感覚操作期、前操作期、具体的操作期、そして形式的操作期の4操作期が区分される。その各々の操作期において何が変化するかというと、知の中核におかれる図式（シエマ）が発揮する機能を支える論理関係構造の各段階に固有にみられる変化である。なお、この図式の変化を生じさせる契機となるものは、認識対象である外界事象との間の相互作用、往復作用、図式の適用（同化作用）とそれにもない生じるずれの調整（調節作用）、認識の適否の検証に基づく図式自体の構造的変化、生成をもたらすフィードバック作用である。

ところで、では当該の知の各段階を意味する各操作期における固有の論理関係構造、その内容とはどのようなものであろうか。基本的には、心的記号同士を結びつける操作を規定する一定の規則群のことに他ならない。しかも、こうした操作とは、数と数とを一定の規則、論理関係構造に即して結び付ける演算、計算に該当する。なお、数自体のもつ論理構造によってこれらの数を結びつける操作、演算規則は左右される。このことが、操作期の階層性の違いに当たる。ただし、ことの認識に当たりすべての演算が可能であるとは言えない。したがって、単に生物的な年齢にしたがってすべての知の段階を実現できるわけではないのである。知の生成、成熟が可能になるということは、いかにこの論理関係構造にのっとり計算を実践できるかにかかっている。

¹⁾ 放送大学教授（「心理と教育」コース）

ピアジェは、子供の発達段階に応じた観察データをもとに、知の生成変換過程と、そこで可能になる論理関係構造を示唆した。この点を改めて、群論における群公理を基にした数理論理的に究明した。

この観点を、さらに新たな知の科学、最新の認知科学（心の科学）における「強い心の記号論・計算論」に即しても検討する。

まえおき

本論で言及される基本用語について、はじめに注釈を加えておく。

それは、表記「ヒト」と、「人」の書き分けと使用方法の区分についてである。要はその各々の表記のもとの概念や意味内容の違いによる。生物学や、心理学などの専門家の間では当たり前の理解であるが、必ずしも広く周知のことではないと想定してあえて注釈を加えておく。

「ヒト」と、カタカナ表記する場合は、あらゆる生物（狭い意味での動物）の中の一つである「ヒト」と称される存在をさす。いわゆる生物種としての学名（ホモ・サピエンス（Homo sapiens）、ヒト属ヒト科）に当たる。この地球環境に発生した多様な生物の中の、一つの存在を指す表記である。これに対して、「人」という表記によって意味することは、あらゆる生物の頂点にある存在といったようなある種の認識内容や何らかの価値判断、美意識などによって意味づけられた存在を言う。こうした認識の源は、いうまでもなく、人に備わった固有の精神機能（その源の「心とは何か」に対する回答はなお現状においても未解決であるが）、中でもその知的認識能力、知性や思考力、創造的問題解決能力などを主体としての意味概念である。

もちろん厳密に言うなら、そもそも「ヒト」と「人」の概念規定をするということ自体が、「人」に由来することを考えるなら、以下の議論に当たって「人」で統一し論旨展開を図ってももちろんかまわないがあえて拘って置く。

ではその「人」としての特性とは、どのようなものだろうか。「ヒト」とはどう違うのか。このことが過不足なく解明されないことには、単なる自己満足でしかないことになろう。また、仮に種としての最高位置にある存在であるとして、ではそうした存在認識をもとに、他のあらゆる種は言うまでもなく、あらゆる自然環境世界、人工物環境、社会システムなどに対して、それなりの立ち居振る舞いがなされているといえるのか。こうした反省的自己認識が問われるに違いない。

さらに、「ヒト」はいかに「人」になるのだろうか。「人」はその誕生から全き「人」と言えるのだろうか。そもそも「ヒト」に過ぎないのではないか。では、「人」となるとはどういうことだろうか。

こうした論点の解明に取り組むに当たり、本論では、人における知性の獲得形成過程、知の生成過程に焦点を置き検討する。この取り組みに当たっては、知

というものに内在する論理関係構造を、数学的論理構造論を借りて究明する。

そのさいの基本データは、ピアジェが試みた観察データをもとに、そのデータに内在する論理関係構造を、群論における要素間に成り立つ論理関係構造に即し、考察する。知の生成過程は、4つの基本段階を踏まえて生成変化していく過程として捉えられる。そうした各段階を特色付ける論理関係構造こそ、知の生成過程を反映するといつてよい。

また、こうした取り組みは、筆者が試みている心理学という学問体系を統一的に理解するという遠大な研究計画の一環として行っている、「心理学論考」などの新たな取り組みに当たるものである（例えば、西川、2007、など参照）。

知性の生成過程とその構造

知性の発達的变化：ピアジェの発生的認識論をもとに

はじめに

人は、その生命の結実、ならびにその生誕の瞬間から可能な知性をすべて発揮するわけではないことは、経験的に明らかである。生物学者によれば、他の動物と比べると、生理的早産であると言われる（ポルトマン・高木訳 1961）。誕生までの長い妊娠期間を要するという離巢性の動物の特色を見せる一方で、人の誕生時の無力な状態とその後の長い間の養育期間を要する特色は、就巢性の動物が見せる誕生とともに自立する特色とも異なる。

こうした生物学的な特色から明らかであるが、また目にも見えるように、人の身体は、時間の経過に伴う成熟や発達過程を経て大人になることは周知である。一方、同様に人の知性や精神についても、直接目に見えるとは限らないが、時間の経過に伴って変化形成されていくことも、明らかであろう。

ただし、このことは直ちに、知性の起源は生後の環境との関わり合い、あるいは外部からの働きかけ教育や学習訓練などにすべてを依存している、ということ必ずしも意味するものではない。つまり、知性とは、「白紙の心（タブラ・ラサ）」に経験や養育、教育と学習によって書き込まれていくことで身につくということでは必ずしもない。なお、この「白紙論」は、行動論者、経験説論の主張、基本パラダイムであり、心理学を二分する立場であるが、これとは異なるものである。

では、人は知性をその生命の発生とともにすべてを備えて生まれてくるのであろうか。確かに、生後の頼りない状態からは想像できないが、知性のもとになる

用意、準備、その起源のほとんどを、生命の生成とともに形成してきている、といえる。この点は、心理学を二分するもう一方の、「心の所与論」に立つ認知論者の基本的主張、基本パラダイムである。

しかし、それを具体的に発揮するようになるのは、外部とのかかわりが欠かせないことも明らかであろう。とはいえ、これは外界にあるものすべてを書き込むという意味ではなく、用意された基にある多くの知性の種(素)の中からどれかを取捨選択したり、あるいはある既存の知性の素となるものが実際に芽吹く機会を提供するものという意味においてである。知性のもとになるものは、そもそも心にあらかじめ組み込まれているという観点である。

また、この観点は、心も進化の過程で形成されてきたとする「進化心理学」の基本的な観点でもある。加えて、現在の心の科学、「認知科学」の観点に立つなら、「心とは記号計算機」であるという、心の記号論・計算論の中核となる考えと、双壁をなすものでもある。なぜなら、知性とは、この計算機の計算(記号の処理)によって生み出されるものであるからに他ならないからである。

しかも、この心(脳)の計算機は、長い長い進化の過程で、時々直面する問題解決に有効な知の仕組みを形作るさいの、小さな小さなそして偶発的な変更や変化を累積した結果として生成された装置である。なお、心の座を脳に求めることは、現在においては当然の前提であろう。脳という物質過程の生み出す機能として心とその多様な機能、ことに知性を理解することに異論はないであろう。では、そうした人に固有に用意された知性の発揮に当たって、どのような変遷とともに全面的な知の発現があるのであろうか。

変遷を特色付ける知を構成する論理構造の観点(「知の論理構造とその変化」)からあらためてみることにする。この趣旨は、筆者の試みている「心理学論考ノート」(西川、2007、を参照)の基本パラダイムに即した試みの一環として展開することに相当する。

本論の展開に当たり、ピアジェ(J. Piaget, 1896-1980)の提唱する「発生的認識論」を参考に考察を加える(ピアジェ、波多野・滝沢訳、1960、ピアジェ、滝沢・佐々木訳 1970、Psychology Today, 南監訳・藤永訳 1976、など参照)。そこでまず、彼の概念の概要説明を、以下に行う。

まず、そのキーワードをあげると、以下のようになる。

図式(schema)、同化(assimilation)、調節(accommodation)、均衡(equilibrium)、相互作用(interaction)、操作(operation)。

知的発達段階：知の構造的変化—不連続的变化—

- 1 感覚—運動期(sensory-motor period)(対応年齢(目安)：0～1, 2歳)
- 2 前操作期(pre-operational period)(同上：～6, 7歳)

- 3 具体的操作期(concrete operational period)(同上：～12, 3歳)
- 4 形式的操作期(formal operational period)(同上：～生涯)

あらためて、キーワードの簡単な紹介からはじめる。

I. 基本キーワード

図式(シエマ、ないしスキーマ)

当人の内面にあらかじめ用意された外界に対する知識、概念、あるいは予測、さらには認識対象のあるべき事態への予期、期待、願望、評価や価値などをさす概念。このことは、知の源は、あらかじめ心内に用意されていることを前提とするといえよう。

同化(図式の当てはめによる認識作用)

ある図式を、ある外界状況に当てはめて、そのようなものと認識する過程をさす。この結果は、あらかじめ用意された図式にかなうものとして認識が成り立つことを意味するといえる。このことは、例えていうと、心ここにあらざれば見れども見えず、聞こえれども聞こえず、ということに当たる。いうならば、あらかじめ用意のあるものしか、見えないし、聞こえない、ということになる。

調節(外界からの図式の不適合を調整する作用)

図式の同化によってなされた認識内容が、外界の事態と不整合の場合は、当然ながら認識の修正があるが、その機能を果たすのが、外界そのものである。この外界によるフィードバック作用、過程が、調節である。このさいには、認識の前提にあった図式自体の変更と変更した図式の再度の同化による認識を試みるという往復運動、作用が欠かせない。

とはいえ、図式が一度固定すると、その修正や変更には、多大な心的エネルギーを要することで、外界からの不整合のサインを見落としがちなのもまた常であろう。むしろ、図式にかなったものと認識するほうに偏りがちである。ここに、柔軟な認識の難しさがあるといえよう。外界への不適合を見落としたり、見過ごすことは、しかし、生命の危険を招くことも確かである。同化作用と、調整作用のバランスが、認識の正確さや深さ、さらには創造的な認識にとって大きな論点と成ることが示唆される。

こうした論点があることは、まさに認識の発達や知的に高次の段階に達することに関する考察においてきわめて重要な切り口となるといえよう。

均衡関係(あるレベルにおける認識の成立)

それはともかくも、固有の図式をもとにした認識の各段階では、それはそれなりの水準で、同化と調節の間での相互作用と、その間での均衡、バランスが取れ

ていることによって、その段階での認識が成立することを意味する。このことを、均衡関係、均衡状態にあるという。

一方、認識の精緻化や深まり、高度化、つまり知の発達という見地からいうと、それはある均衡状態から別のより高次の均衡状態への変化として捉えることを意味する。このことは、もちろん、前提となる図式そのものの高次化（高度に組織化された図式の形成）に伴って起こることはいうまでもない。では、まずある図式を基にした同化と調節に伴う個別の均衡状態とは、どのようなものとして捉えるべきかが、論点となる。そのさいの決め手が、それぞれの段階における次の図式の操作、変換という概念である。なお、それぞれの段階を、各操作期、つまり4つの操作期のもとで考察することになる。この点が、本論の中心となる事項であることを予告する。まず、操作とは何かに触れておく。

操作

この操作は、基本的には、数学における操作、変換概念に重ねての議論である。ここでも心理事象の基本要素となる無定義な点と点とを結びつける操作のことをいうのはいうまでもない。そしてその操作内容を規定するのは、一定の規則のもとで行われる計算でもある。これは、さらに、一定の論理関係構造に即した規則の適応ということである。つまり、論理構造がキーワードとなる。

では、その各段階での、論理構造規則の内容を、検討することにする。同時に、各操作期の特徴的な認識内容を、行動データに照らしてみよう。

II. 操作期

1. 感覚—運動期 (sensory-motor period)

この段階は、生後からほぼ1, 2歳段階での知のありさま、認識内容を指す。なお、この年齢に関しては、誤解のないように断るが、ある生物年齢に達すると、自動的に次の操作期に移行することを意味するものではないことである。仮に、年齢的には大人であっても、その認識内容に関しては、その年齢以下の認識を相変わらず保持していることは、ごく自然に起こっていることである。

さて、この段階での認識の内容であるが、本論の趣旨に従って、ピアジェの行った観察とそこから導かれた深い洞察を基本的に踏まえ、紹介する。なお、その紹介に入る前に、若干補足しておきたことがある。

それは、このピアジェ以降現在では、乳幼児を対象とした研究のための方法論や、研究計画の整備と、実験装置の改善、ならびに理論的な検討の深まりによって、次々と新たな知見が積み重ねられてきていることに関する。ピアジェの言う操作期よりも早い段階でも、ことに乳幼児であっても相当の認識の可能性が指摘されていることも確かである。しかし、ここでの基

本論旨にとっては、ある操作期になってはじめて可能になるといわれたある認識がそれよりもっと早期にできるか否かといったことや、これまで言われたような認識現象にとどまらず、もっと多くの認識現象がありそれはいかに多様か、また想定されていたよりずっと精緻であるといったことよりも、それらの背景をなす論理関係構造にむしろ着眼することを趣旨としていることを断る。

こうした観点こそ、従来の見解と新たに得られた多くの知見も含め、統合的に検討するさいの論理基盤を提供することを、むしろ指摘したい。

(1) 個(己)の形成、その同一性と不変変換構造の獲得

では、この感覚—運動期におけるもっとも基本となる論理関係構造はなにかというと、一口に言って、「個(物)の存在」とそのものの「同一性」という概念の獲得形成である、といえる。加えて、ある個物に加えた変換操作に対して、同一の個物は、変換操作を加えても「不変」であることを認識できることにある。つまり、「不変変換」構造を形成、獲得することといえよう。

個物の存在の認識とは、いいかえると、あらゆる心理事象の基本要素となる点(自己概念、ないし自己認識)(論理構造に照らしていうと元、集合論や群論における基本要素に相当する)という基本構成概念の形成獲得にも相当する。しかもこの点は、他の点とは、相互に独立の固有の存在としての意味を持つものである。これこそ、自己原点にも対応する。まさしく、基本図式となるものである。

確かに、生まれたての乳児には、生まれ出たこの世界において、自己はそれを構成する基本要素である固有の存在物(個、形式的抽象化していうと点)であるという認識はないといえそうである。まさしく、自他の区別のない(自他の明確な区分や他と分かち輪郭や境界線を欠く不分明なままに一体化した世界内存在)、未分化な世界が漠然と広がりそれと一体化しているといえよう。そうした状態から、真っ先に獲得形成されなければならないのは、固有の要素(点)としての存在の認識にある。しかし、この認識は、いきなり達成されるのではなく、他者の固有な存在を認めることから開始されるといえよう。そのことは、自己そのものの固有な認識に先立って、未分化で一様に見えた世界がそうではなく、まずは他者が存在するという認識が成り立つことと、それに加えて自己それ自体の他者化から始まるといってよい。世界は一様ではなく、個々の個物によって構成された世界であることの理解が欠かせない。

この点は、動物(チンパンジーの乳児を対象)に対する、自らの鏡像理解が可能かという論点からの実験によれば、「自己認識」の発生の出発点は、他者の存在の理解と自己の他者化の認識から始まるというデータ(Gallup, Jr., 1970, 1977, 西川, 1988, 2002, な

ど参照のこと)、ならびに乳幼児での同様の実験結果にも示されていることによる。

「チンパンジーの自己認識」に関する実験から

本旨から外れるが、大事な内容を持つので、上の実験の概要を紹介する。

鏡を見るといった経験を持たない幼いチンパンジーの幼児を、鏡の部屋に置き、鏡の中にあるものの理解の内容を調べる実験を行った。鏡に映っているのは誰か(いうまでもないが、本人自身である)、その理解、認識の内容と意味を幼いチンパンジーの見せる行動から確かめる。初めて鏡の像に出会ったチンパンジーの取った行動は、一般のチンパンジーが社会的状況で見せる典型的ないわゆる「社会的行動」(未知の相手への挨拶、威嚇、そして攻撃、あるいは避けるなど)であった。このことは、鏡の中の自己は、他のサル(他者)という理解を意味する。ところが、こうした行動も、3日ほど経つとすっかり質的に変化し、鏡の像が自分自身であることを認識した行動を取るようになる。この結果は、先の社会的行動が激減していくことから言える。幼いチンパンジーは、鏡の映像を理解したと見える行動に変わる。鏡がないと自らが直接見ることの困難な、背中をかざして見たり、食べ物が挟まった歯の具合を調べたり、足裏の様子を見たりと、明らかに鏡の中にある対象は自らに他ならないと理解しているとき「自己に向けての関心行動」であった。このことより、この実験を試みた著者は、こうした行動観察をもとに、チンパンジーにおいても、「自己認識ないし、自己意識」を持つという見解を述べた。そして自己認識は、まず自己の他者視(自己の他者化)から発生することを示唆した。

この点をさらに確かめるため、二つのことを追加して調べている。一つは、このチンパンジーを、麻酔下におき、その間に装着されたことが分からないような染料をまぶたと耳たぶに塗る。麻酔から回復した後、鏡のないところにおき、染料を塗った箇所を意図的に触れるかどうか確認する。そうした行動はなかった。その上で、鏡を置く。すると、このチンパンジーは、鏡の中のわが姿を一瞥しその身に何が起ったのかと驚き、染料の塗られた箇所を確かめ、手に何かついてはいないかなど確かめるのであった。明らかに、この身に何事かが起ったという鏡の像への認識は、自己認識の能力を示すものと解釈されよう。また、鏡の中に異形の姿、変な他者を発見して、それに対する通常の社会的行動を取ることはなかったことからいえる。

第二に、チンパンジー以外のサル類ではどうか。いわゆる下等サル類といわれるサルに対して、同じように鏡の経験をさせても(相当の長時間)、社会的行動から自己認識の証となる行動変化はまったく見られなかったこと。さらに、こうしたサルに対しても染料を同じようにつけた際の行動においても、社会的行動に終始したことからもいって、下等なサルにないチンパンジーに固有の、自己認識能力を認められるというも

のであった。

では、本論に戻して、乳児はどうだろうか。乳児に対して、鏡を見せるとどう行動するかを調べた実験例があるが、身近にも経験されていよう。

その観察結果によると、はじめて鏡を見せられた乳児は、鏡の中の像そのものの認識がないといえよう。自他の未分化な段階では、鏡の映像という理解そのものがない。鏡はあたかも素通しのガラスのごとき存在である。明らかに、未分化な段階の幼児にとって、世界は、自他未分化なままの漠とした様な世界であることを示す。こうした幼児の行動も、その後の経過にともない、鏡像に対して好奇心を寄せる。鏡そのものを調べるため後ろに廻って確かめてみるといったこともする。そして鏡の映像を認識するにいたるが、しかし、それはあくまでもはじめは「他者」であった。その証拠に、その映像に手を差し伸べたり、遊び相手として誘ったり、手にしたおもちゃを手渡そうとしたり、お菓子をあげようというように映像の口元に押し付けたりと、自分ではない誰かがそこにいるというようだ。繰り返すと、映像理解は、そこに「他者」がいるということである。このことは、自己認識が可能になるのに先立って、まず当の自己(本人)の他者化から開始されるということを示唆する。しかも、この映像は、幾何光学的に言って明らかに他者の視線の下に置かれた自己でもあるが、確かにこの意味でも他者化した自己であって自己そのものではない。その上で、そうした映像を鏡の前に立つこの自己と正しく認識するには(鏡像という記号の指示対称としてのこの自己(私)という意味論)、それなりの内的な準備が要る。さらに、その上で、他者の吟味の下にある自己(鏡の中の自己)と、鏡の前のこの自己(当の自己)とを重ねて、それらの統合の上に立つ他ならない当のこの自己という認識(高次自己認識、大人の自己認識)にまでいたるには、相当の内的準備が要るであろう。

この生成変化の過程こそ内的発達過程に重ねて論ずる要がある。

では、そもそもこうした自己の他者化は、どういう段階と経緯を経て成り立つのであろうか。あらためて、人の自己認識の形成諸過程を振り返ってみよう。

まず、個(己)の確立段階であった。それはまず、自己の他者化に始まる。その前提にあるものとして、他者認識を可能にする人の顔への選択的反応能力にも認められる。生後間もなくであっても乳児は、人の顔や顔類似の刺激対象物に選択的に反応することが知られることからそうした準備が備わっているといえよう。かくして、一見未分化な世界にも固有の他者が存在する、という認識の成立をきっかけとして、他者としての自己(他者の眼差しのもとにある自己)をまず発見し、その後にそれが他ならない自ら自身であるという認識(自己認識の萌芽)を獲得し、最終的な他者の眼差しのもとにある自己(他者)と自己認識のもとにある自己(内的自己)との最終的統合の結果として高次の自己像の形成が図られていく(先の鏡像理解に

重ねて言うと、鏡像は他者が認識する自己、他者の吟味の中にある自己に当たる、それが当の自己自身に他ならないこと、つまり自己認識へと統合されていくといえよう。もちろん、この自己認識自体は、この段階では、まだまだ未熟であるといわざるを得ないが、ことはこれを原点として開始されるといえよう。なお、未熟である理由は、他者化した自己と、自己化した自己（自己の認識にある内的自己）とが、ぴったり重なり合うとは決していえないからである。先にも述べたように、他者の吟味のもとにある自己を、そのまま自己と認識するには、いささか、あるいは多に異論があるのが普通である。むしろ他者の無理解に立腹するのが普通である。また、それが正当な主張であっても、過不足なく自己に重ねる自己認識はこと左様に難しい。より一層の成熟と発達があるのだ。

ところで、元に戻して出発段階に戻す。この期を、感覚—運動期とよぶ点に話を戻そう。この期の名称の由来であるが、個としての自己存在の発見にいたるまでの間に自己になしうることの中心を占めること、つまり、この間に可能な認識能力とそれにともなって実現する認識内容は、基本的には生命体としての「ヒト」に与えられた身体の運動機能と備わる感覚器官を通じて受け止めたことがらに直接制約されていることからの命名であることによる。

(2) 不連続な感性（認識）の世界、制約された身体活動

直接知りうることは、まずは備わった感覚と、可能な運動機能によるものがすべてである。この点では、意識の連続性（ないし記憶機能の連続性）が成り立つということは難しい。なぜなら、感覚に触れてこないものは、その瞬間にそのまま消失し、もはや存在しないに等しいのである。

その感覚経験を、書き留めるための言語機能も記憶能力もまだ未発達である。また、運動といっても、世界空間の好きなところへの移動は、（他者に背負われたり、抱っこされて）他律的に実現できるだけで、自己の意志や意図を実現するだけの運動能力（自立二足歩行など）はまだその段階にはない。そのため、届くことのできない世界は、ないに等しいといえる。その世界を論理的に創造したりありうる可能性を想定したりする用意はないといえよう。それだけ、認識世界は、たまたま触れることのできたその瞬間の切れ切れの寄木細工のような断片のものでしかない。

それらの断片の間を埋め世界の広がり（つながりや連続性、直接目にできない隠れた部分）がどのようなものかを想像することも、もちろん予測することも困難である。言語は未発達であり、感性データそのままの直接の映像やイメージを保持することも難しい。いずれも、仮にその可能性が生まれながらに準備されていてもそれを開花させるための、内外との接触などなお助走期間が要る。この間になにが可能になることが欠かせないか、あらためて検討しよう。

このことを明らかにするための工夫として、いくつかの認識能力テストが、考案されている。もっとも、このテスト自体は、日常の養育の中で経験的によく知られていたものであるが、その意味すること、その背後にある論理構造に光を当てたのは、ピアジェであった。

もちろんこの間には、身体の諸機能の充実と相互に絡んでいるが、認識能力に的を絞って議論を展開する。ただし、身体機能の充実という点では、身体に備わった反射機能から、筋肉機能の統合、促進による、視線を向ける、物をつかむ、握る、指す、首の据わり、半身を起こす、うつ伏せ、寝返り、ハイハイ、つかまり立ち、伝い歩き、自律的起立、そして二足歩行にいたるなど諸準備段階があることを指摘するだけで十分だろう。

(3) 認識能力の形成

他者の存在の認識の契機：離乳と離乳食

未分化な世界に切れ目が入り、そこに分離した個体（他者）が存在するという認識にいたる一つのしかし大きな契機は、それまでは無自覚に自己と一体化していたいわゆる母親なるものとの分離であるといえよう。いうなら、自己の延長でしかなかった一様な世界の中に、分化、分節化が生じたことになる。ひょっとして、亀裂といっても過言でないかもしれない大きな出来事である。それは自分の延長ではない、何か別物の存在を示すものであるといえる。その象徴的な指標は、離乳と、固形物の食事を口にするということであるといっていよう。事実、それ以前も何でも口に入れることで、多くの世界事物と接していたのであるが、この分離とともに、さらに多様で新たな個物の存在を認識する上で、口に入れてなめて確かめるということが、欠かせない作業の一つである。まさに、世界そのものを丸ごと飲み込むかのような大事な営みである。フロイトの指摘する精神発達段階の初期にあたる口唇期の概念にも相当するといっていよう。実際、この頃の乳児のお気に入りとして、固有のもの、ガーゼやささまざまな形態のおしゃぶりとといったものが、愛用されることもよく承知だろう。この意味では、世界には、飲み込めるもの（ないし、なめられるもの）と、飲み込めないもの（なめられないもの）、少なくとも2種類のものがあることを学ぶことになる。言い換えると、世界は、個物の存在を通して、分類されることを認識するともいえよう。まさに認識の基本は、あるいは知識の基本形は「分類」にあることは明らかである。その先に、他ならない固有の自己が存在することを知らなければならない。

(4) 世相に反映する認識の世界（以上の理屈を現実 に当てはめると）

この認識は、しかし、乳幼児に限定されるのではないことは、大人の認識にもそのまま引き継がれていることから明らかである。このことは、操作期の紹介で

各期とそれに該当する年齢範囲を添えたが、決して年齢とともにその段階を超えてしまい元には戻らないということでは決してないこと、つまり不可逆なことではないことを指摘しておいた。むしろ、年齢は大人であっても、ある種の認識のレベルでは、より初期の操作期にとどまり続けることも多い。このことが端的に現れる例としては、精神分析の概念を借りて言うと、困難に直面した大人がみせる乳幼児帰り、退行現象などともして知られることでもある。

ちなみに、他にこんな例を挙げておく。

飲み込めない対象（危険品や毒物など）に対しては、生命の仕組みから嘔吐反射などが起こりそれを体外に排除する。このことは、生理的なレベルにとどまらず、日常生活でみられるように、認識の上で受け入れることのできない物事に会ったさいの拒否感、嫌悪感を示すさいによく起こる。なにに対しても、「むかつく」という言葉を投げることに端的に表われている。

これなど若者が、世の習いや常識、さらに規範に反発するさいの決め文句でもある。しかしこれは、理路整然とした反論とは異なり、乳幼児が感覚でしか世界と出会っていないこととなんの違いのない、乳幼児でこそ当然であっても、若者にとっては、知的に未熟といわざるをえない証でもあるのだ。だから、逆に大人から非難が出、相手にされないのもまた当然である。

さらに、若者だけではなんであるので、大の大人の所業をあげつらうと、卑近な例として、のどを潤した飲み物の缶の始末の場合を見てみると良い。直接の感性を満たす飲み物と一体であった缶も、いったん必要を満たすと、それはもはや感性には触れてこない、存在しないに等しいものとなる。だから、足元に置くなりすともはや存在しないことになる。他者の眼には明らかな存在であっても、本人にとっては存在しないのだ。だから、後始末の対象でもない。捨て置くだけである。ごみは必然的に増える。環境汚染の原因は、そうあなた自身なのだ。わがことを棚に上げてあえて言う。

他人の振りみてわが身を糾すのみだ。

こうみると、常識に欠けるのは、歴史上繰り返された「今時の若者」に特有なことでもなく、今やいい大人も、それなりに世の中を熟知しているはずの老人でさえも、似たりよつたりの、非常識（いや、無常識といふべきか）のまかり通る時代、規範性の欠如時代なのであろうか。

これはさておき、論旨を戻す。

(5) 認識力テスト

個物の同一性の獲得形成：不変変換構造

口に入れたり、手で握ったり、目で追ったりした物を通して、さらに上に述べたように、離乳と固形食の食事の開始をもって以降のより高次の認識の入り口に達するが、つまりこの間にその瞬間瞬間における世界認識、個物の存在認識が開始されるにせよ、ではその

段階における認識の基盤にはなにがあるといえるのか、この点に絞る。

この点を確かめるためのテストは、手に持ったものを落とすときに、そのものを戻したとき、当人は果たして、それが落とす前のものと同一のものであると認識する、理解することが可能であろうか。

あるいは、もっと運動力がついた場合に、手に持って遊んでいたおもちゃを取り上げて、それをそばの毛布の中に隠したとしよう。そのとき乳児は、その隠された毛布の中を探し隠されたおもちゃを取り出し、同じものを取り戻したとにっこりとするだろうか。

これらが可能であることは、それ以前の切れ切りの世界認識、つまり直接の感性に触れてこないものは、もはや存在しないに等しいという理解、そして捨て渡されたものは前のものとは違うものという理解とはまったく異なり、そのものは落ちて見えなくなっても、あるいは隠れられても、もとのままの同一のものであるという認識を意味するといえよう。

このことは、論理構造に即して言うと、個物に変換操作（この場合のような、落とす、隠すという具体的な操作）を加えても、もとのままで不変であるということの意味する。言い換えると、変換操作を加えても、そのものはそのもので同一のものであるという「不変変換構造」が存在する、ということである。乳児における個物の存在認識、世界認識とは、こういう論理構造に即した理解が成立するか否かによって、判定できることを意味する。

イナイイナイバーは、なぜ楽しいか。なぜ人見知りするか：仮説検証法

以上のような不変変換構造の確立に伴って、さらに知的世界は豊かになるのだ。その典型例を見てみる。

乳児にとって、ある時期になると、イナイイナイバー遊びがお気に入りの遊びである。イナイイナイという声とともに隠れた母親などの顔がバーと同時に現れると、幼児はキャッキヤと喜びを全身で示す。大人にとってははたわいもない（童心に帰るなら、そうでもない？）ことがそれほどになぜ楽しいのだろうか。

ここには乳児の内面に相当な知的変化が生じている。何かというと、隠れてその視界から消えた母親は、存在しなくなったのではなく、その存在は見えなくとも継続し、それがバーという掛け声とともに再現したときに、確かに同じ顔が再び現れたということの確認によって喜びが生まれたということであろう。

いうなら、ものに加えられた操作によって、視覚の上では変化しても、そのものは一貫して存在するという仮説（物の不変性仮説）が、現に立ち現れた同じ顔によって検証できたという、きわめて科学的・論理的予測とその検証という意味で、知的な遊びを体験したその喜びである。こうした事態を喜ぶ内的、知的認識能力の生成は、新たな段階への一歩である。

このことを別に言い換えるとうこうである。

例えば母親の顔は、特有の意味を持つことはいま

でもない。もちろんその母親も、自己と区別のない自己の延長としての未分化な存在としてではなく、固有の他者として立ち現れることが大事な一歩である。ところで、イナイイナイという掛け声とともにその顔姿が視界から見えなくなっても、決して存在しなくなったのでもないし、また、バーという声とともに再び目の前に現れるなら先とは別人であるのではなく、同一人であることの認識が成り立つことが、その後の高次の認識の支えとなる。このことは、変換操作に対して、不変にとどまる固有の個物の存在を認識するにいたる。

すると、乳児の観点から見ると、この不変性を確認するには、その姿が視界から消えるという変換操作に対して、その操作にもかかわらずもとのままに保たれるという、不変性の形成と確立が不可欠である。したがって、その不変性を確認するには、まずは母親の顔というパターンの獲得と、それが変換操作によって目の前の直接の対象ではなくなっても、再び表れたときには、きつともとのあの顔が表れるはずだという、いうなら「仮説」の設定と、そして確かにあの顔が再現したという認識を重ね合わせる確認行為によって、仮説の検証が可能になるという、きわめて科学的、論理的に正統な営みである。

だからこそ、イナイイナイバーという掛け声とともに、再びあの顔が表れたということを確認できたことは、心から楽しい出来事であるのだ。きわめて知的な遊びである。

一方、逆に、不変性を獲得した対象とは異なる、未知な対象いきなり抱っこされたりすると、親近感を寄せるのではなく、不安と恐怖の対象でしかない。ということは、個物の不変性概念が形成確立したことを裏から支持する出来事である。したがって、人見知りとは、それだけ、心の発達と成熟の大事な更なる一歩であることを意味するものである。時には、久しぶりに孫を抱いた祖父母が、その激しい拒絶と泣き声に、悲しみと落胆を感じるであろうが、これこそ孫の認識の確かな歩みとむしろ喜ぶべきことといえよう。

この人見知りを越えた先には、さらに豊かな多様な個人の存在認識に開かれるきっかけでもある。

その先への準備として欠かせないこと：記憶機能、言語、考えること。

そして、ことを促進する上で、さらに分節化した認識の世界をあらためてつなぎ合わせ統合化を図る上で、感覚に直接触れてくる感覚映像情報だけでなく、それと距離をとってもそれを心内に貯えることのできる記憶能力から、それを意味化、概念化、抽象化、そして知識化することのできる記号にとどめる上での、つまり言語能力をはじめとするより高次の認識を可能にする基本機能の準備が欠かせない。かくして、人の最大の機能である、考えること、ことに抽象的な論理的創造性の発揮が可能になる。

これらは、感覚一運動期における認識能力を基盤と

しながらも、その先の各期における操作内容の拡充と充実に伴って最終的に完成される。もちろん、準備として欠かせない各機能は、いずれも、生誕とともにその可能性を秘めている。

例えば、言語については、チョムスキーが指摘するように、人にはあらゆる言語を獲得する装置（言語獲得装置）が備わっている、ということにも見て取れる。感覚一運動期における乳児の発声は、喃語というが、このとき発声される音は、あらゆる言語の基本音素を含むとも言われる。しかし、生後の言語環境の中で日常的に触れる音体系だけが選択的に選び出され、それがある時期を境に（臨界期）、母国語として固定していくことが指摘されている（この装置のしかるべき箇所のスイッチがオンとなり、それ以外は、オフとなり、固定する）。

このことが、第二言語としての外国語の習得の困難さを明らかにするし、習得のための体系的な取り組みがある。この臨界期を越えて、言語獲得装置のスイッチを切り替えることには、困難が伴うからである。また、以降の外国語の習得には、その背景としての自国語の習得が基本となるという点では、外国語の早期段階での学習は、母国語自体を不完全にする問題を秘めていることを指摘できる。あえて強調するが、自己の同一性の形成や獲得にとって、母国語の果たしている役割を等閑視すべきではないだろう。グローバル化の時代においてアナクロニズムな言及は避けるが、日本人としての自己同一性にとって、母国語である日本語のきちんとした習得は避けえない大きな課題といえよう。日本語の乱れにともなう心や知性の問題という視点も欠かせない論点であろう。

2. 前操作期 (pre-operational period)

この期の特色は、先の感覚一運動期での準備状態をもとにした大きな飛躍が起こることにみられる。この点では、前段階を繰り返すことになるが、それらが確実に成立することを意味する。以下に列挙してみよう。

(1) 心内に表象形式を獲得形成する

これは、感覚に直接訴える感覚情報にとどまらず、その内容を、なんらかの媒体に変換すること、それに応じて、イメージ、シンボル、さらには、言語機能（ルール（文法）にのっとった記号の運用）を確立することに当たる。

(2) 対象の保存

これは、認識対象に加えられたなんらかの操作や変換のもとでも、その対象は変化しないこと、同一であること（同一性の認識）、対象をそのままに「保存」できることを意味する。繰り返すと、この認識が、個物の存在の認識の成立を示す。この他個体の認識に始まり、他者として立ち現れる自己の発見と、その後の自己自身の認識（自己認識）へとつながっていく。も

もちろん、保存の背後には、新たに記憶機能に支えられた意識の連続性や、ものごとから切り離されてもそれを心内に用意されたなんらかの象徴、シンボルから、もっとも有効な言語、そして意味、概念や知識の構築によって保たれることを意味する。

繰り返すと、対象に加えた変換に対して、対象自体は不変に保たれるという、不変変換構造の確立とその認識の成立が、これらの背後の基本構造である。この点は、さらに精緻になると、ある変換に続いて第二、第三などの変換を行っても、その結果はもとのものと同じであること、逆に、加えた複数の変換を元に戻していても、最終的には元に戻り（逆変換操作）、その対象は不変である、とも認識できる。

こうした変換に関する基本規則は、後でまとめるが、数学の構造に即して言うと、変換に関する基本公理（群公理）から導き出されるものであることを、ここで指摘しておく（補遺1、参照）。

現実に見られる事例を補うと、幼児の面前に置いた衝立のはっきり見える右手におもちゃの自動車を置き、それを、衝立の陰に向けて動かす。そして、その衝立の陰から、同じおもちゃが走り出るのを見たとき、この幼児は、同じおもちゃが現れたと認識するだろうか。同じように、おもちゃを、まず箱の陰、引き続いて衝立の陰に隠し、それから、衝立から取り出したとき、そのおもちゃが、最初のおもちゃと同じものと理解できるだろうか。

もちろん、はじめに衝立の陰、そして箱の陰、と逆の操作順でも、同じものと認識できるだろうか。

こうした認識テストにパスするのであれば、上のような複雑な変換操作、ならびにその逆変換操作によっても同一性の保存が成立することを示す。

(3) 対象との同一視：自己同一性の形成のもと

この形成過程がもっとも端的に表れることは、幼児の「ごっこ遊び」であるといつてよい。ようするに、何かになりきる、ということである。あるいは、それを真似る（模倣）ということでもある。それは、自己を確認させてくれる代理物という役割にとどまらず、まさに自己そのものでもある。自らの万能感を確認するために、物語の主人公や、TVマンガのヒーローに重ねるといふことは、大なり小なり誰もが経験したことである。このことも、別の意味では、自己そのものではなく、他者の中に、自己を認める、つまり他者化した自己を自己と認識するというべきであろう。この過程が、自己認識に先立って欠かせない過程であることは、すでに言及したことである。

自画像の確立に欠かせない他者モデル

すると、自己像の確立に欠かせない、他者の役割の大きさが浮かび上がる。この点は、親をはじめ、社会の中にある親的なものの存在、偉人英雄の類に象徴されるが、確たる自己の形成に有効な機能を果たす対象の存在が不可欠ということでもあろうか。現在のよう

な高度情報化社会は、確かな対象を提供するというより、多様な価値や多様な選択肢の存在という意味では、自己認識に欠かせない確たる存在は、拡散してしまっているともいえよう。そこから、各自が、確たる対象に絞ることはことのほかに困難であろう。自画像の拡散を引き起こしている可能性も高い。自分探しの旅は終わらず、先送りである。

擬人化：ことの原因は、心か。心の理論の発生

さらに、この時期における認識の特色として、物事の生じる原因は、物理的な因果の法則、機械的な法則にしたがって起こるという理解よりも、心理的な要因、思いや期待、意図、欲求、志向性などによって起こるという理解であることがほとんどである。つまり物理的、自然現象であっても、事の起こる原因を、心理的原因に帰着させる、ということである。

ただし、このような認識能力の発生は、人々の行動にとどまらず、ものごとの原因として心を帰着させる（帰属させるともいう）という点で、確かに擬人化でしかないが、心や精神の概念の萌芽でもあることは、きわめて重要な一歩でも在る。このことを「心の理論」から新たに検討するようになっていくことを指摘する（例えば、子安、2000、など参照のこと）。

(4) 三山問題、思考力テスト：自己中心性からの脱却、心的回転

この期の特性を確かめる認識テストとして工夫された有名なテストがあるので、それを紹介する。これは、テーブルの上においた箱の中に、高さがそれぞれ異なる3つの模型の山が置かれたものである。そして、このテーブルの高さで、各辺から、それぞれの光景を写真に撮って現像しておく。

そして、幼児を、テーブルの一辺に置いたイスに座ってもらおう。そして、そこから、目の前に見える三つの山の情景を見てもらう。この幼児に、今見えている情景に合う先の写真の映像の中から選んでもらう。すると、ほとんどの幼児は正しく選ぶ。ところで、今度は、幼児の正面に観察者や保護者、幼稚園の先生などに同じようにイスに座ってもらおう。そして、今度は、今先生が見ている情景はどれかな、と聞く。すると、幼児の選り出した写真は、いま自分が見ている情景に合うものであった。

このことは、同じ情景であっても、それを見る視点が異なると、その見える情景は自分の見ている情景とは違うということ、きちんと推定できないことを示している。この段階の幼児の思考力、ないし推理力の限界でもあろう。

しかし、この幼児を伴って真正面の席に連れて行き、そこで見える情景の写真を選ばせれば、ちゃんと正しく選べる。その上で、元の席に戻しあらためて、向こう側から見える情景の写真を選ばせると相変わらず、こちら側から見える情景写真を選ぶのであった。

ようするに、視点を向こう側に回転すると、こちら

のしている情景とは違うということ、直接の見えとは切り離して正しく想像すること、その背後には異なる観点では山の見え方の関係がこちらとは逆転していることを論理的に正しく導き出すことが、まだできないといえよう。このため、この段階の幼児の思考を指して、「自己中心性」という。あるいは、「心的回転 (mental rotation)」が不十分でしかないことを意味する。つまり、他者の視線にはものごとがどう写っているか、こう見えるはずだという、想像力や予測する能力がまだまだ未発達といえよう。

この段階の幼児は、なお可能な操作が限定されているという意味で、最終段階での完全な論理構造の形成獲得には達していないといえよう。この点を、以下にあらためて検討する。

(5) 数の概念について、1対1対応関係の成立

最新の研究によれば、乳幼児でもかつて言われていた以上に早期に、認識能力を示すということが実験的にも明らかにされてきているが、以下の議論の前提に、ピアジェの考察をおいて行うことにする。議論の前提となる論理構造自体が実験などで否定されたわけではないからである。ある認識能力が出現する時期が、想定されていたよりも早期かどうか、論争の主題であるからである。

まずは、数の概念や数の操作などの理解力をめぐって考察を試みよう。

ちなみに、次のような実験のエッセンスを例に取る。

1個の人形を取り出し、乳幼児に見せる。これが興味ある対象であると、視線をそれに集中することで、そのことを知ることができる。その注視時間を指標として計測するなら、乳児の内的過程を具体的な物差しで定量的に扱う道を開くものである。そして、この人形を、衝立の陰に隠し、しばらくして、その人形を取り出す。そのとき、1個の同じ人形の場合では、さほどの注意を払わないことが分かる。個の保存概念が形成されているならば、このことは当たり前であろう。そして刺激対象になれてしまっただけの対象でもなくなっているといえよう。

ところが、取り出された人形が2個になっていると、明らかに、不審というか視線の集中度が前に増して増える。こうした刺激への慣れ(馴化という)を指標として見てみると、明らかに、はじめ1個であったものが、2個になっていることに驚いたとでもいえるか。

こうした乳幼児の反応から、彼らが、ものの個数、数の概念を持っていることが示唆される。そして、はじめ1個であったものが2個になるということは、不合理、ありえないと理解することを示しているともいえる。

もちろん、この段階の乳幼児は、数を数えたり、数の間の操作や計算が、われわれのように記数法を用いたり発音したりすることが可能ではないにせよ、こう

した行動指標からは、その基本論理構造の理解力をすでに秘めていることを明確に示すといえよう。

しかし、数の概念の基本は、それをある記法(アラビア数字、漢数字、ローマ数字など)で表記できたり、数えられたりすることに在るというよりも、基本要素(ないしは、点)を単位にしたその要素の繰り返し操作としての理解にこそ、原点があるというべきであろう。われわれにもっとも身近な数、自然数0、1、2、3……は、こうして構成されたといえる。

このことは、個物(基本要素)とその表記記号との間の「1対1対応関係」が成立することにある。

ただし、前操作期の幼児における数の概念は、なお、見かけや感性に左右されてしまう。数量の保存が未発達、未熟であるといわざるをえない。

(6) 数量の保存

3個のアメと4個のアメ、どっちが多いか

ばかばかしい問いといわないでほしい。物と数の1対1対応が完全に成立していない場合、数として3個のアメも、テーブルに並べるときに、間隔を広く取っておくと、狭い範囲につめておいた4個のアメより、多いという判断を自然に行うのだ。空間の広がり、確かに3個のアメの空間に占める割合は、はるかに多いのだ。このことが、前操作期の幼児にありがちなことであることを指摘できる。

もちろん数えるだけならちゃんと数えられるし、その結果からどっちが多いのかもよく分かるのに、この状況で実際に選ばせると、ごく自然にこうするのである。

明らかに、1対1対応関係という論理構造の明確な認識には達していないといわざるをえない。

このことは、大人の買い物にも残滓を認められよう。果物1個を買うさいに、値段が同じなら大きな方を選んでいないだろうか。その理由とはというと、明らかに論理的に明快ではないことが多い。

そう、昔小学校で、こんななぞなぞがあった。「鉄一貫目(現在の10進法でいうと、3.75kgのこと)と、綿一貫目(同じく、3.75kg)」どっちが重いか、というのであった。

これに引っかかって(あなたは、直感的に鉄といわなかったろうか)、大いなるからかいの対象になったことはないか。もちろんこれは、数の保存というより、その先の分量の保存の話であるので、これに関係した事柄は、以下で論じる。

なお、再度繰り返しておくが、数の認識を基本から成り立たせているものは、個(物)の存在という認識の確立に加え、上に述べた1対1対応関係(これを関数対応とも、写像関係ともいう)という基本論理構造である。それをどのように数え上げるか、またどのような記法を用いるかは、数の運用の利便性からいって大事であるにせよ、この基本論点にとっては二義的な問題である。

事実、人類はその初期においては、数え上げ法や、

記法を整備できていなかったにもかかわらず、例えば、互いに持ち寄った生産物の交換といったような経済活動の基本を実現できていたことは、明らかである。

どうするかというと、ようするに、海の幸と山の幸を、お互いに並べてその間の1対1対応関係を目の前で確認しさえすればすむことである。もちろん、それぞれの産物の価値ということになったならば、お互いの納得で、この関係を、1対2にするなど、ようするに対応関係の比を、1対多関係に変更すればすむことである。その後、現物に代えて、貨幣の多寡で、さらに現代におけるような電子情報やクレジットなどの信用取引といったやり取りになったとしても、基本にあるのは、相変わらず、この「対応関係」が決め手である。

支えているのは、数の根底に控える論理構造である(補遺1、参照)。

さらに蛇足を加えると、フランス語の数の数え方は奇妙だとか、日本語は論理的でない(だから、日本語を英語に、あるいはフランス語にしようという、初代文部大臣や著名な作家の発言や、昨今の、幼児や小学生に早期に英語教育を課そうといった主張まで)、といった類の発言が、昔から繰り返されているが(例えば、鈴木、1975、の指摘を参照のこと)、言語に内在する(数字も言語の一つである)共通の論理構造(ということは、人類に共通の論理構造)こそがすべての基本であることをきちんと認識することが求められる。

そうであるがゆえに世界中の人々との相互のコミュニケーションも可能であるし、外国語の作品であっても等しく人の心をうつことも可能である。

見かけをこと上げして、優劣を論じてははじまらないといえよう。

3. 具体的操作期 (concrete operational period)

当然のことながら、この期にいたると、基本的な操作を認識するようになる。急ぎ訂正するが、むしろ話は逆で、こうした操作が可能になることが、この期に達したことの証というべきであろう。この点は繰り返すまでもないが、大人になったからといって、必ずより高度な認識がすべて可能になるわけではないという指摘と、身近に多く見られるその具体事例を思い返してほしい。

生物学的には、この具体的期に相応する年齢になると、運動能力や、言語機能は、必要な準備段階に達している。もちろんその先には、身体的な成熟などがなお継続する。それらを駆使し、認識の世界に的を絞るとしても、そのさらなる充実と完成に向けての取り組みが欠かせない。この場合は、家庭教育とともに、知育に関しての学校教育が果たす役割が中心となる。そのことは、もう一方に、家庭の枠を超えた社会化(常識、価値観や規範性の形成確立)の過程が大きな役割と意義を持つものであることを示す。

さて、具体的操作期における操作と、それによって可能な認識の世界の広がりには焦点を合わせ議論を展開する。

(1) 「数と数との関係」の保存の形成と獲得

数と対象の基本関係である1対1対応関係の形成と獲得がかなうと、もはや、物事の表面的な見かけに左右されることなく、論理構造に即した、まず固有の個の確立と、個の区分、つまり、分類が可能になる。そして、数(量)の保存を踏まえた認識が可能になる。

これに引き続くように、個別の数にとどまらず、任意の数と数との関係の認識に向かう。この点を確認しよう。

まず、「分量の保存」を検討する。

この場合は、こんな事態を想定してみるとよい。

透明なまったく同じ二つのコップを用意する。そして、幼児や児童の目の前で、個々のコップに等量のジュースを注ぐ。そして、それが同じ分量であることを、児童にも確認を求め、確かにそうであることを確かめる。続いて、同じく透明な二つの口のサイズの違うコップ、あるいは、ボールのようなものを用意し、それに最初のコップの各々等量の入ったジュースを、それぞれに注ぐ。

その上で、サイズの異なるコップに入ったジュースを見せて、幼児や児童に、このジュースの分量は、等しいのか、異なるのかを聞く。

すると、まず得られる答えは、異なるコップに入ったジュースの高さの相違によって、その高い方に多くのジュースが入っていると、きっぱりと答える。

そこで、この異なった高さのジュースを、最初に確認を取ったコップに戻して再確認すると、ジュースは等量であると明確に回答する。その確認を得て、再び先のサイズの異なるコップに戻す。すると、その答えは、高さの高いコップに入ったジュースの方が沢山あると、答える。

何度繰り返しても同じだ。

この段階では、まだ分量の保存が獲得形成されていない。

この分量の保存が成り立つためには、ものごとの認識の広がりが必要ならぬのだ。それは何かというと、一面的な認識ではなく、考慮すべき別の基本要因をきちんと認識できることである。つまり、コップの目に見える高さだけでなく、ジュースの分量を決める他の要因である。話を簡単にするために、コップを2次元の面で代表すると、このコップに入るジュースの分量は、この面積、つまり両辺の長さを掛け合わせた数量がそれにあたる。さらに、立体であるコップに話を進めるなら、その面積は、もう1辺の長さを掛け合わせる必要がある。もちろん、もっと複雑な形をした物体となると、より高度な数と数の関係とそれを処理する高度な数学(例えば、積分計算など)が問題となることは明らかである。

というように、ジュースの分量を正確に判定するに

は、直接には見えないものを含めたすべての要因を含めた認識がなければならない。目に見えるコップの液面の高さだけでこの全体を判断することは、なお認識のいたらなさを示すといわざるをえない。

(2) 数と数とを結びつける操作：計算とその規則 (四則演算規則)

したがって、分量の保存の形成と確立には、分量を過不足なく決める要素同志を結びつける操作や関係の的確な理解と認識がなければならない。そのためには要素自体をいかに量化できるか、またその量同志を結び合わせるルール、数の間の計算操作としてなが必要かといったことに通じなければならない。ようするに、数と数との間の関係構造を保存できる認識がなければならない。また、こうした数と数との間の関係とは、ジュースの分量を平面の面積で示したように、両辺の長さを示す数と数とを結びつける操作、つまり計算操作である、掛け算ができることが必要である。

ここから類推すると明らかであるが、認識を支える基本構造は、さらに広がって、個別の要素（点、ないし数）だけではなく、それらを一定の規則にのっとって結びつける操作、明らかに計算といえるが、こうした操作とその際の規則の理解と認識が欠かせない。この場合の、規則とは、数と数とを結びつける規則であるので、演算規則、四則演算がそれに該当することは明らかであろう。

以上をまとめると、論理関係規則構造の認識の程度に左右されるということである。この結論は、きわめて重要であることを強調しておきたい。

再度繰り返すと、ジュースなどの等しい分量のものを、さまざまな形をしたコップなどに移し変えても（つまり、変換操作を加えても）、その結果不変に保たれる不変変換構造は、分量を規定する要素をすべて考慮した、それらの間に成り立つ計算結果を保つこと、と言い換えられる。

(3) 多元的分類

あらためて、分類の検討を行う。

当初、未分化に広がった認識世界も、その中には飲み込めるものとそうでないものによって、2分割されることを認識する（分類する）ことから開始され、固有の他者の存在の認識に広がるが、ここにもさらに分類の結果であるそれらの間の関係を問うことができるのは、上述のジュースの分量の場合と同じである。一元的な分類から、二次元以上の多元的な分類に関わる論理構造を検討する。

ちなみに、幼児にとって、この世界にある動くものは、はじめほとんどが「ブーブー」という範疇に分類されているだろう。だから、確かに自動車はあてはまるが、しかし身近なペット、イヌ、ネコ、鳥といったものまでも、そうした分類がきちんと成り立たない限り、これらはみな「ブーブー」に含まれる。

こうした分類機能から、その分類基準が整備される

とともに、多種多様な同じ自動車も、乗用車もあれば、トラック、バス、パトカーもあるし、救急車、消防車、さらに4輪車だけではなく、オートバイもあるというように、区分分類される。同じ乗用車も、多くの下位車種を統合したものになっている。

ここから明らかなことは、車といっても、車種のような1次元的な区分もあるが、より詳細に用途や仕組みなどによる分類をするなら、多重、多次元的な分類が必要になる。認識がより細かく詳細になるほど、その分類、区分は、きめ細かくなる。そのきめ細かさによって、物の区分が明確につくことは、その認識の世界の詳細を反映するので、知性の豊かさにも相当する。

では、その論理関係構造はどうなっているのだろうか。

(4) 分類を支える計算構造：クラスの加法性

この、基本論理関係構造は、構成要素間の足し算（加法）、にあたる演算規則に規定されていることは、いうまでもないだろう。

「ブーブー」という段階では、その中に、動くものという条件のものは、みな含まれるが、それは、この分類を構成する基本要素同志を、結びつける規則は、足し算であることは明らかである。

しかし、それらも、さらに内部の個物の特性に応じた分類がなされる。

イヌやネコ、小鳥といった類は、動物というまとまり、分類系を構成する一要素である。そこで、動物という分類体系は、それ自身に含まれる多様な分類結果の諸動物を加算したのものとして実現したものであることが明らかであろう。

このように、動物という上位概念という分類体系は、それを構成する多様な下位分類体系を、最終的に加算したものである。さらに、その下位分類自体が、それを構成するより基本となる各種の個の集まりである。いうならば、クラスの加法（類の加法）性という論理関係構造が成り立っている。

このことの意味がどの程度達成されているか調べるために、幼児や児童に尋ね、その理解の程度に応じた行動結果を観察してみるとよい。

目の前に、動物のぬいぐるみを用意する。例えば、イヌの人形として、ポメラニアン、プードル、ダックスフンド、そしてテリアの4種とし、その各々を、2個、3個、5個、そして4個用意する。また、ネコの同じく異なった人形、アメリカン・ショート・ヘアーを1個、ペルシャを6個、の2種を用意する。

イヌというクラスを、今の場合におけるように、ポメラニアン、プードル、ダックスフンドのクラス、テリアのクラス、そしてさらに、この他のクラスから成り立っていることを理解していることが必要である。同じことが、ネコについても言えよう。

ところで、前操作期に入った段階の子供では、これ

らの人形を、同じもの同士をまとめるように求めても、適切に分類できない。しかし、同じ前操作期も後半段階にあるなら、それぞれの種類に分けることができるはずである。

もちろん、いかなる操作期段階に到達しているかの判断は、実際に可能である観察行動結果から、その子の発達段階を判定することになる。

さらに、具体的操作期にあると判断される事態とはどのような事態といえようか。

いろいろ試してみよう。まず、ぬいぐるみを各グループ毎に分けられるはずである。そしてぬいぐるみの中で、ネコはどれか、とたずねると、2種のグループのそれぞれをさすだろうし、イヌについて聞くなら、4種のグループそれぞれをさす。また、ぬいぐるみの中で動物はどれ、とたずねると、イヌ、ネコの6種のグループ全部をさせる。

ポメラニアンとダックスフンド、どっちが多い、とたずねるなら、正しく、ダックスフンドを選ぶ。クラスの理解やクラスを適切に操作できるようである。

ところが、イヌとダックスフンドではどっちが多いか、という質問へは、ダックスフンドであるという。また、ネコと動物ではどうか、と問うと、ネコの方であるという。この子供たちは、ぬいぐるみがそれぞれ何個あるのか、その個数の違い、どっちが多いかも、また動物という意味などは、ある程度分かっている。しかし、それぞれの上位概念が、それを構成する下位要素の総和となるという、階層性、加法性構造の理解の有無が論点である。また、この階層性がわかるということは、下から上への積み上げという方向だけではなく、より上位の概念が、それを構成する下位要素へ、またその下位要素もさらに下位要素へ分解されるという、上から下への逆向きの方向にも開かれていることを意味する。

以上のように任意の概念体系における階層性と、各階層段階での構成要素間に成り立つ加法性と、逆にその基本要素への分解という両方向において成り立つ論理関係構造がきちんと理解可能な状況であることが、具体的操作期にあるか否かの指標となる。

さらに、クラスの乗法という認識の有無も大事な決め手となる。

(5) 分類の構造、クラスの乗法論理構造

この場合のテストとして、積み木（幾何学的図形）を、その色と形に応じて、適切に整理整頓できるかどうか試すものである。例えば、色として、赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の3種、形として三角形 (T)、正方形 (S)、円 (C) の3種としよう。

具体的操作期にある知性の証として、この期の子供は、積み木の分類に当たって、その色と形をともに考慮して的確に分類し整理することができる。また、その整理の仕組みについてちゃんと説明することもできる。

積み木を構成する、色という要素3種と、形という

要素3種を、きちんと表（数学の概念でいうなら、3行×3列の行列 (matrix) である）の形にまとめることができる。このことは、色と形という独立の要素（次元ともいえよう）を掛け合わせる操作、すなわち演算、乗法論理関係構造に当たる。

明らかに、知的段階が具体的操作期にあるということは、以上に述べてきた液量の保存を始め、クラスの加法、クラスの乗法などがその論理構造として備わっていることによる。

4. 形式的操作期 (formal operational period)

引き続き、ピアジェの指摘する認識の最終段階である、この形式的操作期における認識とそれを根底から支える論理構造の検討を試みることにしよう。

これまで行ってきた検討からももう明らかであろうが、この段階に到達すると、認識の基本要素（点）同士を結びつけるすべての規則が、的確に運用できるようになる段階である。

この認識の基本論理構造とは、認識の基本要素と要素とを一定の規則にのっとって結びつける操作、つまり言い換えると計算、四則演算のすべてであるというてよい。

また、これまでも繰り返し指摘してきたことであるが、あえて繰り返すが、相応の生物学的年齢に達すると、この段階に自然に必ず達するというものではまったく異なることを強調する。このことは、他のあらゆる操作期にも同じく当てはまる

(1) 公理系と関係規則による演繹（命題）体系

ところで、形式的側面をもっとも端的に表すものは、この見出しであろう。

認識や知性を始め、対象そのものも、それらを形作る基本となる要素（あるいは、点）を出発点として、これらの要素を結びつける計算によって導き出された産物、これを「(論理、ないし推理) 命題」とよぶと（場合によっては理論、あるいはモデル、演繹仮説命題）これらの総体は、演繹体系を構成する。すると、認識や知性とはなにかというと、これらの演繹命題を予測命題として、現実のものごとをどこまで再現可能かを問い、一つでもその再現に成功する実験が存在するかどうかを検討する営みといえる。その証拠が存在するとするならば、この予測命題こそ、認識や知性、さらには対象事態を再現できたのであるから、したがって、それらの説明と理解が成り立ったということになる。

高度な知性の営みは、こうした基本的特色をもつ。

知性の背後にあるこの形式体系を支えているのが、論理関係規則、論理構造である。

また、それを具体化したものとして、現代記号論理学や数学をあげることができる。すると、この形式期での営みとは、基本的には、論理学や数学の営みに重なることを意味する。

一見、認識や知性が、直接こうしたことがらに重なる

るとは、直感的にも思いもしないことであつたであろうが、まさに形式を抽象化すると、この結論に至る。

以上、こうした結論に達したこの段階になると、ここにあって具体的な事例をもって、その説明を繰り返すまでもないことになる。

とはいえなお、具体的な例を挙げよということであれば、その格好の例としていわゆる「4枚カード問題」と総称されるに至った、論理的思考における論理規則の一つである「if p, then q」文と同値の文はどのような論理構造になるかという、クイズ仕立ての実験が試みられているなどあるので、それらを指摘する(例えば、ジョンソン・レアード、海保監修 AIUEO 訳、1988、西川、2006、など)。

加え、現在の新たな知の科学(認知科学、心の科学)の動向について追加する。

Ⅲ. 知の科学(認知科学)、 心(知性)の記号操作・計算論

繰り返すが、先の形式的操作期の特色は、まさにその名称に端的に示されている。この形式的操作とは、言い換えれば、個別の具体的な個別の数の間の操作、演算ができることもさることながら、数という記号一般(変数)に対して相互を抽象的な論理関係構造、規則にのっとって形式的操作が的確に行えることを指すことからの名称である。また、現象の示す個々の多様さそのものではなく、個々の現象を通じてその基盤にあってそれらをささえる(この意味では直接目にするのが出来ない)共通の形式や論理、抽象的な概念体系(このさい空間概念は有効である)のもとでの操作である。必然的に直接の対象から(ということは、身近な感性や経験事象から)はおおよそ遠いところにある形式的体系における形式的、抽象的な記号の操作に立脚する。

そうした意味で抽象空間を構成する個々の要素(点(無定義要素))という概念がびったりである)とそれら同志を結びつける関係規則、その論理関係構造の形式を明らかにすることに他ならない。

この点は、現在の知の科学(心の科学、認知科学)における知の究明で明らかにされている内容と同じである。

1. 強い心の記号論・計算論

つまり、人の知性とは、心の行う心的記号と記号とを一定の規則にのっとって結びつける操作・処理、すなわち演算の結果として生成発現するといえよう。したがって、心とは、一定の規則にのっとって心的記号を処理・操作するシステムであるという見解である。そして、記号の処理・操作とは、計算、狭い意味での数の間の四則演算、より一般的に言って、記号計算することに他ならない。

また、こうした記号計算を遂行するさいの一定の規則とは、論理関係規則(演算規則)を言うが、その数

理論的構造は、アリストテレスの形式論理学(いわゆる三段論法)以来、ならびにその近現代における再検討を経ての現代記号論理学、命題論理学や述語論理学などや数学基礎論によって究明されてきた。

命題論理学が明らかにしているように、任意の記号あるいは命題(p)と(q)とを結びつける基本演算規則は、4つある。それを論理記号で示すと、「 \cap 」、「 \cup 」、「 \neg (not p)」、そして「 \Rightarrow (if p, then q)」、ないし「 \subset 」、である。

その各々は、乗法、加法、減法($1-p$)、そして $p(1-q)=0$ (恒真式)に相当する。つまり、数の間での四則演算に他ならない。

また、述語論理学における任意の関数文(一変数関数文から n 変数関数文がありうるが)と関数文を結びつける規則についても同様である。ただし、各関数文の任意の個数の主語変数を修飾する限定詞が「すべて、all、 \forall 」であるのか、「あるものがある、存在詞、 \exists 」であるかによって、原文(任意の変数導入による文章の述語化の前の元の文章)に戻すさいの結合規則は異なる。

なお、任意の変数のもとでの新たな述語を限定する限定詞は、肯定(である)か、否定(〜でない)である。

一方、こうした記号系と規則系の全体は現実の意味論に当たることも主張する。いいかえると、記号の間に成り立つ論理関係構造が現実の意味そのものであることを主張する。この観点をパース流の広い意味論の立場から言うと「構文論(syntactics)」に当たる。

以上のような主張を、「強い心の記号論・計算論」とも言う。

さて、さらに論点を先に進める前に、上述の記号論・計算論をまとめておくと、この内容をあらためて箇条書にすると以下のようなようになろう。

(1) 心とは記号の処理・操作システムである。

システムとは、内外とを結ぶ入出力システムと、内部にあって入力と出力を介在する処理(中央処理)システム、ならびに内部状態を担う(例えば記憶システムなど)から構成される。

(2) 記号の処理・操作とは、記号と記号とを一定の規則にのっとって結びつける操作、演算である。

狭義の意味では数の間に成り立つ計算、四則計算に相当する。

(3) 記号集合と規則集合の全体は、現実の意味論である。

パース流の意味論で言うと、記号と記号との関係を論ずる「構文構造論」に当たる。

以上を踏まえ、「考えることのできる機械を作る」という試みに開かれる。

(4) これを人工知能研究とよぶ。

ことを具体的に実現する手段としては、現行のコンピュータが想定されている。

2. 人工知能研究

こうした観点から、一方では、「心とはコンピュータである」という例えもあながち荒唐無稽ではないだろう。この点の論拠、つまり現行のコンピュータの論理的原型となる基盤を与えたのは、20世紀になってのイギリスの、チューリングの構想した、チューリング・マシンである（その概要紹介は、補遺2を参照。より詳細な紹介は、野口、1969、などを参照）。その動作を規定するのが、プログラム（いわゆるソフトウェア、動作の指示（手順）書となるもの、アルゴリズム）である。

人の心身は、コンピュータに重ねて論ずるなら、コンピュータを構成するハードウェアが身体に、コンピュータの動作を左右する指示書、ソフトウェアを、心にたとえられよう。その心は、ソフトウェアがそうであるように、記号と記号とを一定の規則（文法）にしたがって、結びつけた記号列（文章群、ないし命題群）にあたる。その結果生成されるのが論証命題群であり、記号処理の結果である知性の生成物に他ならない。

こうしたしだいで、心をコンピュータとみなすことにもなる。

そもそもコンピュータとは、単なる大掛かりな数値計算機械というよりも、記号（ないし情報）の処理・操作システムととらえるのが適切である。すると、では、コンピュータの発揮する知性とはなんであろうか。こうした点に関する新たな分野として、「考えることのできる機械を作る」という発想が生まれてくる。この分野は、繰り返すと認知科学と車の両輪に例えられる「人工知能（artificial intelligence）」研究とよばれる。

3. 論証体系（命題集合）は無矛盾か完全か

ところで、ではこうした文章群は、ならびに論理的規則の適用によって導出されたすべての文章全体は、内部的に論理的にまったく矛盾を発生させることはないのだろうか。又、推論規則の適用によって導出されたあらゆる命題は、常に論証可能、真であろうか。こうした論理の総体は完全かどうかについては、論理的に多くの議論が繰り返されている。

なかでも、ゲーデルの「不完全性定理」の言うことは大きな衝撃を与えた（ゲーデルの仕事などの詳細な紹介は、例えば、カステイ+デパウリ、増田訳、2003、ナーゲル・ニューマン、林訳、1999、竹内、1998、などを参照）。任意の論理的前提（多くは公理体系をさす）から、論理規則によって導出された命題の総体は、その論理規則の適用範囲で総体の論理的な明証性や完全性、矛盾性を証明できないということになるだろうか。

そうした結論を導く出す人の思考力は、論理規則とそのもとでの計算結果に限定されないもっと開かれた、それを超越した営みとも言えるのであろうか。

もっとも、ゲーデルによると、少なくとも、命題論理学の範囲と、1変数関数文の範囲の述語論理学における論理的整合性は証明可能であるという、「完全性定理」が成り立つという点は忘れてはならない（例えば、沢田、1962、の記述などを参照のこと）。

この件は、2変数関数文以上、 n 変数関数文の結合結果導出された文章全体について問題となる。もしコンピュータが考えることのできる機械であるとして、コンピュータは、与えられたプログラムから（ということは所定の規則を運用して）、自ら推論し、何らかの論理的帰結に到達したのか、論理的矛盾に陥って空転しているのか判定でき、その答えをもとにはたして論理的に停止しうるのかという、「コンピュータの停止問題」にコンピュータが自ら答えを出せなければならないが、ありうることであろうか。

この点は、「機械は考えられるか」という問への重大な論点となる。また、飛躍を恐れず言うなら、コンピュータの意識問題、自己認識能力の有無、さらには、記号の規則にもとづく記号運用、つまり計算に帰着するという観点に対して、それらにはよらない身体を介した感性や経験、文脈、志向性や意図こそ決め手とする観点、ならびに先の記号と記号との関係構造に立脚する構文論（syntactics）、計算論ではなく、記号とその指示対象関係に関わる狭義の意味論（semantics）や記号の用法に立つ語用論（pragmatics）からの意味理解、意味論こそ決め手であるという論点へも開かれている。

こうした論点から、人工知能研究は成立しないと、反論する一群の研究者がいることも指摘する（ドレイファス、黒崎+村若訳、1992、ペンローズ、林訳、1994、などを参照）。

こうした議論の広がりとともに、あらためて人の知性とは何かに関する検証と議論は新たな局面に立ち入っていることは明らかであろう。

IV. 知の実現システム、生物の脳

以上のような機械論的知性観に加え、当然ながら、生き物の脳、ことにヒトの脳が生み出す知性、人としての特性をもたらす知の仕組みについての研究も欠かせない。この点は、脳科学、脳神経科学の進展が欠かせない。

人の脳の基本的な仕組みに関しては、20世紀初頭のバヴロフの提唱する条件反射学に基本的な立脚点が求められよう。彼は、当初、消化腺の研究（これによって、ノーベル賞を受賞）で出会った不思議な現象（精神的（心理的）分泌と命名、原因不明という気分が強かったといえよう）の解明から、自然条件付けの仕組みを解明し、条件反射学を提唱した。その条件反射の仕組みは、脳の機能に帰着し、脳を興奮過程と抑制過

程の2過程(脳の2過程モデル)でとらえ、発現する個々の機能(条件反射行動)を、それらの間の均衡関係から説明するアイデアを提出して、脳神経科学の基本を確立したといえよう。

もちろん、だいたい後のことであるが(1940年代)、その後、この脳全体を興奮・抑制の2過程ととらえるモデルは的確ではなく、脳を構成する各脳細胞1個、1個が、興奮と抑制作用を持ち、それらの総体(脳細胞網、ニューラル・ネットワーク)として脳全体の作用を捉えるという方向に修正された。

そうした脳細胞の機能を別の観点でその概要を捉えようと、明らかに、脳細胞1個ごとに、2値状態のうちのいずれかを実現する情報処理単位(1bit処理要素)であることである。要するに、コンピュータの頭脳に当たるCPU(中央演算装置)の動作機能と同じといえる。

これらに重ねて言うと、生きた脳も、その基本構造に立ち返ってみると、明らかに、記号の処理・操作システムに他ならないことがわかる。また、情報は、何らかの記号によって担われたものであることもいうまでもない。

以上のような事柄が明らかにされるとともに、新たに機械の脳を作るという試みも当然のように起こる。

V. 形式的ニューロンと、形式的ニューラル・ネットワーク：パーセプトロン

こうした試みの端緒を開いたものに、ローゼンブラッドによる、「パーセプトロン(perceptron)」(ミンスキー、M./バパート、S. 中野/阪口 訳 1993)とよばれたシステムが開発され、パターン認識能力(分類機能)を持つことを示した。

単純パーセプトロンとよばれるシステムの場合、簡単な3層構造で構成されたシステムで、各層を、S層(入力層)、A層(連合層、処理層)、そしてR層(出力層)という。各層内には、複数の形式ニューロンがあるがそれらの間の内部での結合関係はない。一方、各層間の結合は、アトランダム(任意)であり、出力層方向に向かって一方向の結線である。

このシステムに、例えば、イヌやネコの写真を数枚用意し、これを提示し、おのおのを区別するように訓練する。その際の訓練の方法(教育法、学習法)は、誤り訂正法によった。区分(分類)が正しくできない場合のみ、システム内の結線の係数を調整し、正しい分類のさいは何もしないというものである。こうした訓練を繰り返すと、最終的には、イヌとネコの写真を正しく区分できるようになる。こうした分類は、出力層からの出力の有無で(1、あるいは0)、判別できる。しかも、このシステムの感嘆すべき点は、訓練に使用したイヌ・ネコを正しく区分するだけでなく、訓練では用いられなかった未知の写真に対しても正しく区分、分類できたことである。

この意味では、人における認識の基本にある分類能

力を、形式的なニューラル・ネットワークが実現できたことに当たり、生きた脳を機械的にシミュレートするという点で、新たな展開であった。

しかし、このシステムを訓練する学習法に、原理的な欠陥があることが明らかになった。コンピュータには容易な「or」計算の中の「排他的or」計算が原理的に不可能なことであった。このパーセプトロンも、いわゆるコンピュータにおける同様な停止問題に、自ら決着がつけられないといってよいだろう。いわゆる「学習の収束」に関する論理的根拠(n 次元空間を2分できる($n-1$)次元超平面が存在すること)に問題があった。もっとも簡単な場合で言うと、2次元空間を2分割できる線分が引けること(1次元線形関数が存在すること)、であるが、単純パーセプトロンでは、こうした線分が存在しない(例えば、西川、2006、などを参照)。

このためこうした難題を解消するために、その後論理的なさまざまな対応が凝らされた。さらには、抜本的な打開の方針も探られている。

その一つとして、非線形力学系モデルの提唱など、現在でもさまざまな取り組みが試みられている。

おわりに

以上のことから安易な推論を導くことを避けたいが、いかに生き物の脳、ことに人の脳のもつその認識能力、発揮される高度な知性には、論理的限界はないようである。この意味での偉大な存在である人の知性の探求は、終わりのない深遠な作業といえよう。その存在の尊厳さを大切にしたいものである。

知性の崩壊が言われて久しい。それを学力の低下と称するが、それが人に固有といえるような思考力、考えるという高度な能動的知性を、否定するかの所業には危機を認めざるを得ない。知性の発揮に欠かせない論理の学問である数学さえも、今や公式を丸暗記すればいいかのごとき受験界などに見られる風潮はその典型症状である。知の形式的操作期への入り口に近いはずの柔軟な思考を形成し達成するはずの若者は言うまでもなく、世の大人と称される人々の間に見られる未成熟な思考と知性の証とは程遠い行為をいかに理解したらよいか。一つには、記憶力を学力、能力と勘違いしたことにもあろう。ちなみに、機械的暗記などは言うまでもないが、人に可能なその記憶容量などは、その昔の記録のための紙が出現するまでの間の語り部などの特殊な職業家はいざ知らず、あにく現在の科学技術の成果であるメモリーのもつ記憶容量とは比較すべくもない。身体能力においては必ずしも強力な動物にくらぶべくもなかったヒトが、生物の頂点に自らを位置づけ人と称することが可能であったのは、その恵まれた知への備えを、高度に発現しえたことである。それは、いうまでもないが生命体の進化の長い過程において付与されたことによるものであったはずだ。その進化の方向を逆行させるような、人からヒトへの退

行を自らの手で行うのは摂理にもとるといえよう。

それともドーキンス（日高・岸・羽田・垂水訳、1991）が論及するように、人遺伝子はそれ自体の生き残りをかけて（劣化からの死滅をとどめ復活と再生を図るため）、その乗り物であるヒトの身体、肉体から他の何かに乗り換え（それが何であるのか予測し得ないが、超ヒトとでもいべきか）、新たな身体のもとで再生を図るために行っている、ヒト（ならびに人）の存在を消去する大きな流れの一環でしかないのだろうか。

こうした擬似科学的予測などは意味がないことを願うが、飛躍するようであるが、道徳性、倫理規範性、物事への価値観、美醜などへの審美眼なども、すべて知性の営みであることからいって、知性の担い手である「人」は自らの存在にどれほどの確信をいただけるのか。筆者の杞憂でないことを願う。

以上のような事柄に関する詳細は、別途拙論や拙著があるのでそれを参照のこと（西川、1868、1971、1983b、1988、1994、1998b、2002、2006、2008、など）。また、本論に関連する別途に筆者の試みた「心理学論考ノート」（2007）や「心理学は生き残れるか」と題しての「心理学論」があるので（西川、1980、1983a、1984a、b、1993、1996、1998a、2000、など）それらに委ねる。

（未完）

補遺 1

数学的論理構造：変換、変換群（操作、操作群）

以下では、補遺として、数学的論理構造とはなにを指すのかを、集合論と、群論、ならびに変換、写像などの概念説明で、これに代えることにする（詳細は、例えば、西川、1968、1971、2007、野口、1966、矢野、1957、などを参照のこと）。

Xを一つの集合とする。この集合Xのそれ自身の上への任意の1対1対応は、集合Xの「変換」（操作）という。

集合Xの変換を一つの記号Tで表し、このTによって、Xの元素（要素）xに対応するXの元をT(x)で示す。

このとき、集合Xの2つの変換S、Tの結合関係、S○Tを次のように定義する。

TによってXの任意の元xは、T(x)に移される。したがって、Tに引き続いてSの変換を行うと、Xの任意の元xは、S(T(x))に移される。

このような、Xの任意の元xを、S(T(x))に移す変換を、SとTの結合（関係）とよび、SOTと表すことにする。

このように、Xの変換の結合を定義すると、Xのすべての変換は、一つの群（操作群）を構成する。

以下の群公理を満たすことから明らかである。

1 二つの変換SとTの結合、SOTは、また一つの変換であることは上で見た通りである。

2 Xの3つの変換を、R、S、Tとすると、
(ROS)OT=R○(SOT)=R(S(T(x)))

一方、

$$RO(SOT)(x) = R(SOT(x)) = R(S(T(x)))$$

が、Xの任意の元xに対して成立するから、

$$(ROS)OT = RO(SOT)$$

3 Xの任意の元xに対して、xそれ自身を対応させる変換を、Eで表すと、明らかに、任意の変換Tに対して、

$$TOE = EOT \quad \text{である。}$$

この変換を、恒等変換という。

4 一つの変換をTとする。このTは、任意の元xをT(x)へ移すものとする。Tは、1対1対応であるから、Xの任意の元は、必ずT(x)の形に書ける。今、元T(x)をxに移す変換をT(*-1)と表すと、

$$T(*-1)(T(x)) = x, \text{ そして、} T(T(*-1)(x)) = x$$

ここでxは任の元であるので、これから、

$$T(*-1) \circ T = T \circ T(*-1) = E$$

であることが分かる。

以上、Xのすべての変換の集合は、一つの群を作ることが明らかである。

知の構造の変遷とは、ここに述べたような、変換、つまり操作が満たす条件、言い換えると、満たしている論理関係規則、構造に応じて、どのレベルの段階であるかが示されることが明らかである。

もちろん、この変換操作は、もっとも抽象化された形の議論であるが、○の内容を、数の間の身近な四則演算に置き換えるなら、どのレベルの計算が可能か、という観点で、知の展開を論ずる道が開かれることが見て取れるはずである。

以上の他に、同一性、同値(=)、ないし合同関係(≡)に関する基本条件を示す。以下の3条件である。

$$1 \quad x = x \quad \text{反射律}$$

$$2 \quad x = y \rightarrow y = x \quad \text{対称律}$$

$$3 \quad x = y \wedge y = z \rightarrow x = z \quad \text{推移律}$$

一方、ことがらの間の順序性などの認識は、基本的な大小関係によって論ぜられる。

その条件は、上の同値関係のうち、2の条件は成り立たない場合であるので、これを除いた、1と3の条件を満たす関係である。

$$1 \quad x > x \quad \text{反射律}$$

$$3 \quad x > y \wedge y > z \rightarrow x > z \quad \text{推移律}$$

写像

集合 X と Y があるとき、 X より Y への写像とは、 X の各要素 x に、ちょうど一つの Y の要素 y を結びつける規則 f のことをいう。

y は、 x に対して規則 f によって定まるので、 $f(x)$ と書き、 x の像という。あるいは、以下のようにも記す。

$$f: X \rightarrow Y$$

なお、数の間の写像は、関数というが、一般の集合の間の対応を写像という。

また、 $f: X \rightarrow Y$ が、写像であるとき、集合 X は、写像 f の「領域」という。一方、集合 Y を、 f の「値域」という。

集合 X の部分集合 A に対して、 x が A の点であるような $f(x)$ の集合を、 $f(A)$ と書き、 f による A の「像」という。

とくに、 $f(X) = Y$ のとき、 f は、 X より Y の「上への写像」という。

$f(X)$ が Y の1点であるとき、 $f: X \rightarrow Y$ は、 X から Y への「定値写像」という。

一般的には、 Y の1点に写る X の点は、1点とは限らず、いくつかの点の集まり、集合となる。この集合を、 $f(*-1)(y)$ で示し、点 y の逆像という。さらに、集合 Y の部分集合 B に対して、 B の点に写されるような X の点 x の集合 A を B の逆像といい、 $f(*-1)(B)$ で示す。

また、 $f: X \rightarrow Y$ は、 Y の任意の点 y に対して、その y に写される X の点がないか、あるいは1点だけのとき、写像 f は、「1対1」であるという。

$f: X \rightarrow Y$ が、1対1の y の上の写像であるとき、 Y の点 y の逆像 $f(*-1)(y)$ は、 X の1点である。そこで、 y に $f(*-1)(y)$ を対応させると、写像、 $g: Y \rightarrow X$ 、ができ、 g は、 f の逆写像といわれ、 $f(*-1)$ で示す。すなわち、 $f(*-1): Y \rightarrow X$ 、である。

この場合、集合 X と Y とは、「合同」であるという。

二つの写像、 $f: X \rightarrow Y$ 、 $g: Y \rightarrow Z$ 、を考える。

X の点 x をまず f で、 $f(x) \in Y$ 、に写し、その $f(x)$ を g で、 $g(f(x)) \in Z$ 、に写す。

$g(f(x)) = \phi(x)$ とおくと、 ϕ は、 X より Z への写像となり、 f と g の「結合」とよばれる。これを、

$$\phi = gf: X \rightarrow Z、と書く。$$

補遺 2

チューリング・マシン (Turing machine : TM)

チューリング・マシンは、論理上の機械であるが、二つの要素から構成されている。

一つは、無限に長いテープである。それは、小さな

ます目に区切られたものがつながったものであり、その区画ごとに、記号が一つずつ入っている。もちろん何も記録されていない場合もある。これを空白ないしブランクという。このテープは、このことより記号を貯えておく記憶装置の役目も持つものである。

もう一つは、ヘッドとよばれる。これは、テープの上に、記号を書いたり、あるいは書かれた記号を読み取ったり、さらにテープ上の区画を左右に移動することができる。また、ヘッドの内部には、任意の内部状態があり、それは適宜変更される。

この機械に何ができるのか、その準備からはじめる。

テープの区画には、任意の記号が書かれているものとする。その記号を、 $L(0)$ 、 $L(1)$ 、などと記す。なお、 $L(0)$ をブランク、あるいは空字とする。一方、ヘッドの内部は、内部状態集合 (S) の任意のある状態にあるものとする。それを、 $S(0)$ 、 $S(1)$ 、などと表す。また、ヘッドは、1回の動作で、テープの上を、右あるいは左へ1区画分だけ動くことができるものとする。その左右の動きを、 R 、 L で示す。

すると、チューリング・マシンは、以下のような3つの基本機能を遂行できる。

1) $S(k)$ 、 $L(i)$ 、 $L(m)$ 、 $S(n)$

$S(k)$ の状態にあるとき、文字 $L(i)$ を読むと、その $L(i)$ を消して、代わりに文字 $L(m)$ を書き、内部状態を $S(n)$ に変える。

2) $S(k)$ 、 $L(i)$ 、 R 、 $S(n)$

内部状態 $S(k)$ で、文字 $L(i)$ を読むと、ヘッドは、右 (R) へ1区画移動し、内部状態を $S(n)$ に変える。

3) $S(k)$ 、 $L(i)$ 、 L 、 $S(n)$

内部状態 $S(k)$ で、文字 $L(i)$ を読むと、ヘッドを左 (L) に1区画移動し、内部状態を $S(n)$ に変える。

以上のような機能を遂行するチューリング・マシンを単純チューリング・マシンという。

そこで、次のようなチューリング・マシン (TM、動作手順表) を考えてみよう。

また、テープの上にある記号は、0か1であるとする。その記号列は、以下の通りとする。

011011100

TMの動作手順表

| 内部状態 | 読み取られた記号 ($L(i)$ 、 $L(m)$) | |
|--------|------------------------------|-----------------|
| | 1 | 0 |
| $S(k)$ | 1、 R 、 $s(k)$ | 1、 R 、 $s(n)$ |
| $S(n)$ | 1、 R 、 $s(n)$ | 0、 L 、 $s(p)$ |
| $S(p)$ | 0、停止 | 停止 |

ヘッドは、テープ上の左の記号1の位置にあるとする。ここを出発点として、上の指示に従って動かすと何が起こるであろうか。なお、ヘッドの内部状態は、 $S(k)$ であるとする。

ヘッドは、内部状態 $S(k)$ で、1をまず読み取ったので、テープ上の1を1に変え、右に1区画移動し、内部状態を $S(k)$ のままにする。するとここでも1を読み取ったので、1を1に変え、さらに右へ1区画移動し、同じく内部状態を $S(k)$ に保つ。そこで、0を読み取ったので、0を1に変え、右に移動する。さらに内部状態を $S(n)$ に変える。すると、あらためて1を読み取ったので、1をやはり1に変え、さらに右へ移動し、内部状態は $S(n)$ を保つ。この状態を続けて、0を読み取ると、0を0に変え、ヘッドを左へ移動し(戻して)、内部状態を、 $S(p)$ に変える。すると左に1区画戻ると、そこにある1を読み取り、この1を0に変え、そしてヘッドは停止する。

その停止位置の左側には、1が5つ並んでいる。これは、きわめて簡略化して言うと、 $2 + 3 = 5$ の計算を行ったことに相当する。

なぜなら、この動作手順で行ったことは、このマシンにカウンターの役割を持たせたものであるからである。与えられたテープ上の、2個の1と、0をはさんで3個の1を数え上げ(カウントし)、5個の1があることを計算したのである。その結果は、明らかに、 $2 + 3 = 5$ に当たる計算を行ったことになる。

こうした手順表(記号列)こそ、計算を実行するアルゴリズム、プログラムに該当する。こうした計算可能関数が定義できる限り、この論理マシンによって、あらゆる記号論理計算が実現することが分かる。

また、TMの動作手順は、TMの動きを指示しているという意味では、アルゴリズム、つまりプログラムに相当する。これを、データと同様に、数値化することにより、つまりプログラムもデータ化することにより、データとその処理の手はずとを同時に与えることにより、コンピュータを、汎用装置とすることが可能な道を開いた。

プログラムを差し替えることにより、同じコンピュータを汎用装置として利用できることになる。いわゆる、プログラム内蔵方式という現在のコンピュータの持つ特色のひとつのアイデアの元になるものである。

引用文献

- カスティ+デパウリ、増田珠子訳 2003 ゲーデルの世界、その生涯と論理。青土社
- ドーキンス、日高敏隆・岸由二・羽田節子・垂水雄二訳 1991 利己的な遺伝子。増補改題 生物=生存機械論。紀伊国屋書店
- ドレイファス、黒崎政男+村若修訳 1992 哲学的な人工知能批判、コンピュータには何ができないか。産業図書
- Gallup, Jr. G.G. 1970 Chimpanzees: Self-recognition. Science, 167, 86-87
- Gallup, Jr., G.G. 1977 Self-recognition in primates: A comparative approach to the bidirectional properties of consciousness. American Psychologist, May, 329-338
- ジョンソン=レアー、海保博之監修 AIUEO訳 メンタルモデル、言語・推論・意識の認知科学。産業図書
- 子安増生 2000 心の理論、心を読む心の科学。岩波科学ライブラリー 73
- M. ミンスキー/S. パパート、中野馨/阪口豊 訳 パーセプトロン。パーソナルメディア
- ナーゲル・ニューマン 林一訳 1999 ゲーデルは何を証明したか、数学から超数学へ。白揚社
- 野口宏 1966 トポロジーの世界、奇妙な数学とその応用。ダイヤモンド社
- 野口宏 1969 言語と数学、コンピュータ・サイエンスのために。ダイヤモンド社
- 西川泰夫 1968 視覚現象の位相幾何学による記述—Zeeman, E.C.の考え方の紹介—。科学基礎論研究、8(49)、30-38
- 西川泰夫 1971 変換と構造。上智大学文学部紀要「教育学・心理学論集」、6、59-79
- 西川泰夫 1980 学問の面白さ。ソフィア、29(1)、63-75
- 西川泰夫 1983a 心理学のフロンティア—心理学は生き残れるか—。上智大学心理学年報、7、67-76
- 西川泰夫 1983b “知識”の科学—知識といかに出会うか。ソフィア、32(2)、88-99
- 西川泰夫 1984a 心理学は生き残れるか—“心理学基礎論”:基礎心理学教育における一つの試み—。上智大学心理学年報、8、47-55
- 西川泰夫 1984b 心理学は生き残れるか—パラダイムの移行と心理学の変革—。異常行動研究会誌、24、79-83
- 西川泰夫 1988 「認識のかたち」、自分を知るための心理学。誠信書房。
- 西川泰夫 1993 ブームの中の心理学と疑似科学。ソフィア、42(1)、82-93
- 西川泰夫 1994 心の科学のフロンティア—心はコンピューター。培風館
- 西川泰夫 1996 心のパラダイム—コンピュータ、脳、非線形力学系モデルのもとで—。上智大学心理学年報、20、11-20
- 西川泰夫 1998a 心理学は生き残れるか(5)—心は物からいかに生成するか—。上智大学心理学年報、22、1-14
- 西川泰夫編著 1998b 認知科学—人の心を科学する—。現代のエスプリ362号、至文堂
- 西川泰夫 2000 心理学における理論をめぐる—理論心理学の可能性を求めて—。理論心理学研究、2(1)、23-32
- 西川泰夫 2002 認知行動科学、心と行動の統合科学をめざして。(財)放送大学教育振興会
- 西川泰夫 2006 (新版) 認知行動科学、心身の統合科学をめざして。(財)放送大学教育振興会
- 西川泰夫 2007 心理学論考ノート—認知空間の幾何学的構造—。心理学史・心理学論、9、1-18
- 西川泰夫・阿部純一・仲真紀子 2008 認知科学の展開。(財)放送大学教育振興会
- ペンローズ、林一訳 1994 皇帝の新しい心、コンピュータ・心・物理法則。みすず書房
- ピアジェ、波多野完治・滝沢武久訳 1960 知能の心理学。みすず書房
- ピアジェ、滝沢武久・佐々木明訳 1970 構造主義。文庫クセジュ、白水社。
- ポルトマン・高木正孝 訳 1961 人間はどこまで動物か—新しい人間像のために—。岩波新書
- Psychology Today、南博監訳・藤永保訳 1976 図説現

代の心理学 2 人間性の発達。講談社。第 2 章、知能の発達—ピアジェの理論—。P. 53-98
鈴木孝夫 1975 閉ざされた言語・日本語の世界。新潮選書

沢田充茂 1962 現代論理学入門。岩波新書
竹内外史 1998 (新版) ゲーデル。日本評論社
矢野健太郎 1957 現代数学読本。日本評論新社

(2009年 7月17日受理)