

## 展 望

## 20世紀の心理学を振り返る

吉 田 甫

(宮崎大学教育文化学部)

## REVIEWING PSYCHOLOGY DURING THE TWENTIETH CENTURY

Hajime YOSHIDA

(Miyazaki University, Faculty of Education and Culture)

The present paper reviewed some of psychological studies published during the twentieth century. The paper was divided into two main parts ; change of framework and review of studies. In the section of change of framework, three basic theories were introduced ; behaviorism, cognitive constructism, and socio-cultural constructism. It was emphasized that these changes were not all-or-nothing but progressive process. In the next section, typical investigations under each theory were reviewed. Drill practice and learning hierarchy were main topics in behaviorism. In cognitive constructism main three investigations such as solving process of word problem, developmental change on understanding fractions, and ratio concepts were reviewed. Experimental instructional interventions were also introduced which would be one of future research paradigm. In social-cultural constructism, studies on informal mathematics which children acquired through everyday life were reviewed.

まず、よく知られた成句を1つ。

井の中の蛙、大海を知らず  
されど天の高さを知る

昔から知られた成句だが、前段は私によく当てはまる。この成句の重点は、後半にある。残念ながら、その後半が私に当てはまっているとは言い難い。こうした限界もっていることを前提にした上で、与えられたテーマについて以下考えてみる。

20世紀は、19世紀の後半に学問としての心理学がヨーロッパで誕生してからの百数十年の歴史の大半を占めている。この百年の間に、心理学にもさまざまな変化があったはずである。この論文で、20世紀の心理学を振り返ることは、そうした心理学の歴史を振り返ることに近いといえる。ここでは、20世紀の中でドラマティックな動きがあった1970年代以降にやや比重をおいて考察する。最初に、まず研究の枠組みに変化があったことを述べる。つまり、行動主義から認知的構成主義への変化、さらには社会的・文化的構成主義への変化である。ただ、こうした変化は、全無的な変化ではなく、かなり重複した変化である。それに伴って研究内容も変化しているので、

それについても考察する。最後に、こうした枠組みの変化を下敷きにして、実際の研究のレビューを試みる。この論文では、日本だけでなく他の諸外国でも昔から教育の柱として取りあげられている読み・書き・そろばんの3Rsの内の、そろばん(数学)の研究を対象にして以上の枠組みにしたがって文献を考察する。

## 枠組みの変化

## 行動主義

19世紀後半に心理学が成立してから、1970年代初頭までの心理学の理論的バックボーンは、行動主義と呼ばれている。このことを改めて紹介する必要はないと思うが、展望をすすめるために簡単に行動主義の内容を振り返ってみる。

20世紀になって、ドイツ、イギリス、フランスなどヨーロッパ諸国で、行動主義が誕生し興隆をきわめた。しかし、第2次世界大戦が終わると、研究の中心はヨーロッパからアメリカに移った。同時に、無条件降伏をしたわが国に進駐してきたアメリカ軍が、民主主義の良さを日本人に伝えるために心理学の研究を盛んに紹介したこと

は、わが国の心理学に大きな影響をおよぼした。さらに、教員養成では教育心理学が必修の単位となるにおよんで、わが国における今日の隆盛の基礎となっていることは、ご存じのとおりである。現在でも、心理学の研究の中心がアメリカにあることは、疑いようもない。しかし最近、ヨーロッパ諸国では、心理学におけるアメリカ帝国主義に対抗しようという動きが活発になっている。心理学が、社会の中でどのように受け入れられるようになってきたかというこうした歴史を振り返ることは、きわめて興味あるトピックである。ただ、限られた時間しかない私には能力以上のことであるので、このトピックは、類書にゆずることにする(佐藤・溝口, 1997; 吉田, 1983)。どちらかという、本論文では、心理学における理論的な変化を短く振り返ることにしたい。

さて、現代のわれわれは、行動主義による思考法からかなり脱却しつつある。行動主義とは異なる新たな枠組みが出現している現在でも、行動主義という考え方が、完全に価値をなくしたわけではない。しかし、行動主義は、その成立以来、人間を研究するさいの強力な枠組みの1つとして連綿として存在し続けているというのが、著者の考え方である。このため、これまでの歴史の中で提案されてきたさまざまな理論を行動主義とここでは一括し、個別の理論を紹介することはしない。

行動主義では、人間を研究することとは、人間の行動を研究することであり、人間の行動は刺激と連合していると考えられてきた。行動主義の理論とは、こうして、刺激と行動との結合、いわゆるS-R結合が、中心的な概念となっている。行動主義が華々しく開花した当時は、主に条件づけのパラダイムを使って人間の行動が研究されていた。最近の教科書では、紹介される機会もめっきり減ってしまったが、たとえば、強化の直後性、強化のスケジュール、部分強化効果などさまざまな現象について、たくさん研究がおこなわれた。いずれの研究も、研究の関心は、与えられた刺激とその結果としての行動にあった。刺激と行動の連合というそうした枠組みは、なにも条件づけの研究に限られるものではなく、記憶や思考や社会などといった心理学の他の分野でも、同じように遵守された。

行動主義では、いわば、入り口と出口を研究するというのが、人間を研究するさいの枠組みであるといえるだろう。入り口から出口に至るまでの途中の過程は、人の内的な過程であり、それは観察することはできないブラックボックスであるので、研究の対象からは意図的に除外されてきた。こうした枠組みは、哲学から独立して間もない心理学が、他の進んだ分野に追いつき追い越すためにとった戦略としては、仕方がないことだったのか

もしれない。しかし、その枠組みは、人間に関わるさまざまな現象のほんの1部分のみを研究したにすぎない。テレビなどでサイエンスものの番組があるときには、現象の詳細な過程が紹介されていて、けっこう面白いものである。現象のすべての過程が分かることで、われわれはそれに対して面白いと感じるのである。行動主義では、現象の最初から最後までを研究しようという姿勢そのものが、欠如していたわけである。

入り口と出口だけを研究していた心理学に対しては、何かおかしな、まやかしの印象をもった人は、少なくないようであった。この枠組みを守らない研究は、研究の意味が疑われ、論文として公表することへの抵抗は、かなり強かったようである。私自身も、行動主義とはまったく縁のないわり算に関する研究を院生の時にやったことがあるが(もともと、研究と言えるほどのものではなく、お粗末な内容ではあった)、そのときには指導教授の1人からこっぴどく叱られたものである。

心理学会の中での理論的系としての行動主義の地位が相対的に低下しても、その影響は教育界にまた一般の人の意識の中では色濃く残っている。たとえば、教師のほとんどにとって、子どもへの代表的なアプローチは、直接に教えることであり、教師が教えたいと思うことをはっきりと同定し、この情報を明確に示し、それを教授した後でテストするというタイプの教授である(Davis, 1990)。学習を増加するものとみなし、評価を行動目標を参考にして適切に具体化できるものとみなし、動機づけを報酬や罰により媒介されるものとみなす傾向は、行動主義に影響されている“民間の心理学”ではきわめて根強いものである。また、行動主義から学習階層性という見解が引きだされ、これも実践の場での傾向にぴったりと合致するものであった。これに対して、Resnick(1987)は、以下のようにコメントしている、

知識がまず獲得され、次にその応用として推理や問題解決が達成されるという考えは、教育界の中ではかなり固執されている考えである。高次の階層スキルに注意を向けたものであるが、教育目標の階層性は知識習得が教育目標という系列の最初のステップであるという考えを大いに満足させるものであった。

次に、方法論についても、考察してみる。行動主義では、実験や調査が主な方法論である。実験や調査をおこなう目的は、研究をおこなうさいに立てられた仮説の検証にある。そのために、要因計画といった実験計画が立てられ、独立変数である刺激の要因をどのように操作するかが、仮説を検証するための最大の関心事である。さらに、従属変数としては、正答数、試行数など客観的に

測定可能な指標が、好んで利用された。こうして、独立変数を操作することは、人の結果としての行動に変化を与えるという枠組みが、研究を進めるさいの指針となった。この枠組みは、それほど複雑なものではないので、心理学の世界の初心者でも研究を容易に進めることができるという点で、学問としての心理学が発展した背景になったことは、否めない。

この時代では、主な被験者は人であったが、幼児や社会人なども分野によっては研究の対象になったが、その多くは大学生であった。そのため、心理学の研究を大学生の心理学と皮肉る人もいたほどである。また、動物も被験体としてよく用いられた。動物で得られた知見は人一般にも適用できるという考えが、心理学という研究コミュニティの中ではかなり強く信じられた。私が、心理学会に参加したてのころ、会場での討論の中で今でも忘れることができない出来事がある。それは、「私は、動物ばかりを研究しているので、人間のことはよく分かりませんが」といった発言であった。さらに、もう1つだけエピソードを追加することを許していただきたい。それは、1970年代の半ばすぎ、私が今の大学に就職して日が浅いころ、年輩の英語の教授から心理学の定義を聞かされたことがある。その教授によれば、心理学とは、「ネズミを針でこっちの方からついたらどっちに逃げたか、別の方からついたらどっちに逃げたかを研究する学問」ということであった。この定義には、さすがに私も開いた口がふさがらなかったが、一般的な意味で人が心理学をどのようにとらえていたかの例示であると思っている。

### 認知的構成主義

この立場では、人間を研究する枠組みを、刺激と反応の間に位置する認知という枠組みで人間の研究をおこなう。もちろん、この立場でも、入口としての刺激や結果としての行動を無視するわけではない。刺激や行動といったものの重要性は認めつつも、強調点がS-R結合から入り口と出口の間にある認知に変わったのである。

行動主義全盛のころにも、いわゆる認知論が、ドイツの研究者を中心に成立していた。つまり、学習とは、刺激と行動の連合ではなく、場の体制化であるという理論である。1930年代に興隆したいわゆるゲシュタルト理論は、行動主義と対峙するものであった。ゲシュタルト理論では、学習が成立することは、行動主義の立場で強調するようなS-R結合が完成することではなく、問題解決という視点から所与の状況をどのように再体制化するかであると、強調された。また、そうした理論を支持するようなさまざまな実験がおこなわれ、確証的なデータがいくつ

も報告されている。

しかし、ナチスの台頭などによって世界大戦の暗雲が広がっていくと、純心理学的な研究を続行するような雰囲気はなくなり、さらにユダヤ系ドイツ人などがナチスの迫害を恐れてアメリカに亡命するなどといったことから、人や動物の認知を主な研究対象としたゲシュタルト心理学の研究は影を潜めてしまい、認知的構成主義を具現するような研究は、いったんは途絶えてしまった。

人の認知をメインテーマにして研究を再開したのは、ピアジェである。彼の研究の対象は、人の認識の発達であり、その論理的な発達を一貫して追及した。20世紀の巨人の1人といわれるピアジェの業績は、この展望欄でもすでに紹介がなされている(大浜, 1996)。ピアジェは、言うまでもないが、認知的構成主義を代表する学者であり、その後の研究の発展に計り知れないほどの影響を与えた人物である。ピアジェの研究を基にすることで、子どもの認知発達の大まかな姿が見えてくることになったし、それぞれの子どもの発達のレベルをある程度、同定できるようになった。つまり、われわれは、子どもの内面をかなりな程度理解できる理論を手に入れたわけである。これは、きわめて大きな功績であろう。さらに、ピアジェの遺産を基に研究を展開した何人も研究者が、新ピアジェ派と呼ばれるようになったほどである(Case, 1992)。

行動主義が支配的であった心理学の研究に、パラダイムの変換が初めてあったとみなされているのは、1950年代の終わりである(Newell & Simon, 1972)。その後の20年間の変化について、Greeno (1980)は、以下のように述べている、

今生じている学習の新しい研究における愉快的展望は、学習の心理学と学校での教授実践との強い結合があることである。学校の学習に含まれる心理学的過程を深く理解することが、学習についての重要な新しい心理学理論の礎石となりつつある。

これには、コンピュータが重要な役割を演じており、人の情報処理を研究する研究者では、コンピュータシミュレーションが標準的な方法論となった。このアプローチの特徴は、プログラムを走らせることで、理論を詳細に同定できることであり、理論の構成をするさいにも経験的なテストをするための仮説を構成するさいにも、強力な武器となったのである。つまり、プログラムを走らせた結果と同じ問題を解いた人間の結果とを対応させ、対応が似ていれば、プログラムで構成した理論は妥当であり、そうでなければプログラムを修正するということになる。

また、Newell & Simon (1972)は、プログラムで具体化される理論を支持するための証拠として言語的なプロ

トコルを用いている。彼らは、General Problem Solver というプログラムを利用して、問題解決を問題に適用する演算子を細かくしながらすべての問題の状態を含む問題空間を発見的に探索することとらえた。そこでの分析の中心は、手段目標分析であり、問題空間内で目標状態と現在の状態との差を分析し、その差を小さくするために演算子を適用することが、主なアイデアであった。

さらに、人間の情報処理モデルが、スタンフォード大学の Atkinson & Shiffrin (1968) によって発表された。この論文を初めて読んだときに、行動主義に基づいた記憶理論しか知らなかった私には、まだ良くは分からないが、何か面白そうなもつつつこんで勉強したい考え方だという印象がある。この理論は、ご存じのように、人間の情報処理の過程を時間の倉庫という概念を用いて説明しようとした。彼らの理論が提案されてから、それまで支配的であった行動主義を背景にした研究は、急速に影を潜めていくことになる。そこで用いられた専門用語としての短期記憶や長期記憶といった言葉は、現在では、日常用語として定着しているほどである。

この情報处理的な考え方では、その成立当初では、人間の思考活動とコンピュータの処理とを同列に位置づけていた。しかし、人間とコンピュータが同じ処理システムをもっていることなどあり得ようもないという反省から、認知心理学においても人間に固有なメカニズムが仮定されるようになった。たとえば、新しい情報が与えられたときに、それらの情報を機械のように処理するのではなく、人がもっている既有知識との相互作用の結果として処理されるという認知心理学における代表的なアイデアからも明らかだろう。この視点に立てば、新しい情報は、与えられたとおりに処理されるというよりは、既有知識の点から解釈されたり推理されるなどの加工を受けることになる。新しい情報がこうした処理を受けるだけではなく、既有知識そのものも再構成されることもある。その結果として、人の知識構造そのものが大きく変化を受けることになる。コンピュータの情報処理では、こうした再構成の過程はまずあり得ないことである。もっとも、既有知識との統合というこうしたアイデアは、コンピュータシミュレーションの限界を認めたために新たに提案されたというよりは、シミュレーションによる研究がもてはやされる以前から主張されていたものである (Ausubel, 1963)。

認知心理学の研究は、必ずしもコンピュータの処理の単純な模倣でないことは、先のアイデアだけでなく、さまざまな研究で取りあげられた重要な概念からも明らかである。それらの代表的な概念としては、メタ認知、方略、知識構造、熟達化などである。これらの概念が提案

されたことで、人に関わる研究の対象と幅が大きく広がられたことになる。

この拡大は、認知的構成主義の認識論が、行動主義のそれとかなり変化したことにもよるが、方法論が行動主義の時代から大きく転回したことの結果であると考えられることもできる。変化したとはいっても、実験や観察といった方法論は、もちろん主要な研究方法として残っている。新たな方法論が追加されたという転回であり、その意味で方法論が豊かになったといつてよい。たとえば、方略やプロトコルなどが、新たな分析の対象となったのである。さらに、認知的な課題分析も、大いに利用されるようになった。こうした方法論が自由にとれるようになってから、行動主義の影響を強く受けていた時代に感じていたさまざまな束縛が消失したと思ったのは、私だけだろうか。

しかし、認知心理学の時代になると、研究方法はかなり多様化した。かつては、実験室が主な研究の場所であったが、小中学校の教室などが主な研究のフィールドとなった。さらに、多様な被験者が研究に参加するようになった。大学生だけでなく、乳児、幼児、小学生、高齢者などさまざまな年齢の人が、参加するようになった。またたんに年齢の違いだけでなく、ある分野に熟達した人や初心者の人、ある場所を常時利用している人とそうでない人など、研究の目的によってさまざまな人が、対象者として参加するようになった。

### 社会的・文化的構成主義

1980年代の終わりになると、学習を含んだ行動は、社会と物理的環境との相互作用として研究されねばならないという Vygotsky の考えが、新たに再評価されて重要視されるようになった。いわゆる状況的認知論という考え方である。状況理論のもっとも極端な考えでは、人と世界との相互作用は、記号系のモデルや方法論を使って理解することはできずに、実際の文脈の中で観察したりそれらを非記号のモデルで構築することのみ理解することができると主張する (Steffe et al., 1988)。しかし、こうした考え方は、あまりにも極端すぎるということで批判を受けていることも事実である (Suchting, 1992)。

社会的構成主義は、活動理論によっても影響を受けており、社会的相互作用は学習のもっとも主要な機会と考えられている。ここでは、学習や思考は、個人と状況との相互作用の活動と考えられ、知識は状況に組み込まれており、知識が発展し利用される活動や文脈や文化の結果であるとみなされている (Brown et al., 1989)。この考えを出発点として、たとえば Brown ら (1989) は、学習と教授に関するもっとも有望なモデルとしての認知的徒弟制

を以下のように提案している、

認知的徒弟制は、職人の徒弟制度と類似した活動や社会的相互作用によって、本物の実践へ生徒を入れ込もうとするものである。

認知的構成主義からのこうした変化は、さまざまな意味で定義されている、たとえば、領域に関する知識や過程あるいは熟達性という観点から社会文化的要因への変化であり、「冷たい」認知から「暖かい」認知への変化であるなどと。

社会的構成主義の立場は、チュムスキー的な生物学的な見解とは意見を完全に異にするものである。チュムスキー的な見解によれば、人間の心は、言語、音楽、物理社会的環境についての知識などのような記号系を獲得するために予めプログラム化されており、われわれが必要とするのはそれらの記号系を獲得するために人間の神経系にどのくらいの知識を確立せねばならないかを知ることであると主張している。こうして、状況理論と生物論との間を埋めるような研究が、今後必要とされるだろう。

方法論から状況理論を見れば、実験といった伝統的な要因計画を採用することはあまりない。その代わりに、路上、洋服店、漁港、牛乳工場といったこれまでは考えられもしなかったフィールドでの調査が、おこなわれている。これは、行動主義や認知的構成主義で採用されていた実験がもつ仮説の検証という意図が薄らいできている反映であり、仮説の生成そのものに関心が向けられているためである。そこではどちらかといえば、記述的な方法が増加している。

研究の対象者も、たとえば、街で物売りをしている子ども、工場労働者、教育を受けていない老人など、研究の目的に合わせて多様な年齢と人に広がっている。

## 研究内容の変化

心理学の研究内容をここで歴史的にレビューすること自体は、不可能であろう。ここでは、研究内容の変化に影響を与えたと思われる2つの要因、つまり社会からの要請の増加と、認識論の変化による研究方法の変化を短くまとめてみる。

心理学のスタートの時代から、心理学に対してさまざまな要請がなされていた。成立当初から第2次世界大戦までは、社会からの要請もかなり限定されたものであった。20世紀半ばまでは、戦争が多発したこともあり、正確な資料に基づくわけではないが、心理学者がもっとも活躍した場面は、軍隊ではなかっただろうか。新兵の配置、適性に応じた兵隊の配置、あるいは兵器の使用法の学習などについて、心理学的なテストや教授学習の問題などが、研究され実践されていたようである。

さらに戦後、心理療法が心理学の研究テーマとなるにおよんで、病院臨床において心理学者が活躍を始めた。また、家庭裁判所や矯正関係の施設においても、多数の心理学者がさまざまな貢献をおこない始めた。また、教育の現場でも、心理学者の活動が要請されるようになった。スクールカウンセラー制度が、その代表的な形であろう。

第2の要因としては、認識論の変化があげられよう。それによって、研究内容にも変化がもたらされた。とくに、認知心理学の研究では、認知的課題分析が盛んにおこなわれるようになり、その結果、Glaser (1994) が「学習の応用科学」と呼んだものの発展につながるような知的反応の背後にある心的過程の記述をかつてよりはかなり正確にできるようになった。このため、とくに教室場面における介入的な訓練研究がおこなわれるようになった。この訓練研究への移行は、基礎研究から応用研究への移行といった単純なものではなく、教授学習の領域における基礎的な研究を示したものである。Glaser と彼の同僚 (1995) は、以下のように述べている、

そうした努力の中で、学習の研究において認識論的な変化が生じていた。実験室的な課題はあまり強調されなくなり、基礎と応用の双方向的な関係が重要視されるようになった。

こうして、基礎研究の結果と応用への移行だけでなく、基礎科学の新しい疑問をテストするために訓練研究を計画するといった方向への進歩が生じてきた。

## まとめ

最後に、心理学の研究の枠組みの変化を主に3つに分けてレビューしたが、これらの変化は、最初に述べたように、全無的な変化ではない。行動主義の影響力は、たしかに1960年代に比べれば、大きく低下した。しかし、そこで明らかにされた概念のすべてが忘れ去られたわけではない。今でもいくつかの原理は、かなりの影響をおよぼしている。たとえば、強化を与えることが行動に影響をおよぼすこと、強化は行動の直後に与えること、あるいは部分強化効果などは、人の行動に関する普遍的な原理の1つではなかろうか。さらに、社会的構成主義の見解が提案されたが、認知心理学の見解は、現在でもかなりの支配的な力をもっている。人の学習は、個人内でも生じているし、また社会的な相互作用の中でも生じている。この意味では、認知心理学の見解が必要なことは言うまでもないが、社会的な構成主義が主張している要因もきわめて重要である。

次の世紀になったときに、これら異なる認識論をもった見解のどれか1つのみが人間を理解する枠組みとなる

のか、それともそれらの理論を総合した形で人間を理解することになるかは、まだ分からない。しかし、現在までの変化から考えれば、おそらく後者の可能性が高いと思われる。

## 研究のレビュー

ここでは、先述した枠組みにしたがって、20世紀の研究をレビューする。と言っても、心理学のさまざまな分野に関するレビューは、不可能であるので、私が関心をもっている領域の1つである教授・学習の領域に限定したい。その中でも、とくに数の教授・学習を取りあげ、行動主義、認知的構成主義、社会・文化的構成主義の研究をレビューする。

### 行動主義

数学の教授・学習は、心理学が成立した当初から研究者の関心を引いていた分野である。そのため、多くの心理学者が、数学の教授・学習に関する研究をおこなってきた。そうした研究の中から典型的な研究として、ここではドリル学習と学習階層性のテーマを取りあげる。

#### 1. ドリル学習

ドリル学習については、20世紀の初めに数の研究をおこなった行動主義の代表的な研究者の1人である Thorndike の研究を取りあげる。彼の研究は、一般的な理論の構築に関心があった当時としては、教科の内容に焦点をあてたものであり、その後の研究に多大な影響を与えた。その意味で、彼の研究は、教授・学習の歴史の中では金字塔を確立したものだといえる。

Thorndike は、どんな複雑な行動も、S-R 連合から成り立っているという強い信念を持っていた。彼の関心は、数学の教授・学習そのものにあつたというよりは、理論の検証にあり、そのための領域として数学を選んだという方が、正鵠を得ている。これについて、たとえば、Kilpatrick (1981) は、Thorndike について「彼の理論が彼のハンマーであつた、彼は数学のカリキュラムを強く打つべき何かとみなしていた」と言っている。数学という教科でも、この原理が当てはまる、つまり教授の課題は、子どもに計算や問題解決をおこなわせるような連合と習慣とを注意深く確立することである。そのために、最初に確立すべき連合を選び、それをカリキュラムとして構成するという事になった。たとえば、かけ算は、(1)九九の表の知識の獲得、(2)繰り上がりがない2桁の数をかけることができる能力の形成、(3)繰り上がりのある1桁の数をかけることができる能力の形成などといったカリキュラムとなる。こうした連合が同定されたら、後

はそれを強化することである。そのためには、ドリル学習をおこなうといった方針となる。

Thorndike は、問題の例とそのドリルの方法に関する研究をおこなった。ただ、どのようにドリル学習をおこなうかは、研究を基にして同定されたというよりは、直観によって提案されている。たとえば、彼がおこなったドリル学習の例は、FIGURE 1 に示されている。

#### 32. パーセント競争

1列の生徒がチームになる。教師は、印刷された問題を与えるか、またはこれらのページを使うか、あるいは黒板に問題を書くこと。全員一緒に始めて、欠けている数や答を間違わないでできるだけ速く書くこと。10分経ったら終わること。そこで生徒同士で答案用紙を交換して、採点する。正答した答の数が、生徒の得点である。間違えた生徒は、休み時間や家で正しい答を書くこと。よい点をとれるように練習すること。

1. 1.50\$の15% = ...	21. \$6000の1 1/2% = ...
2. \$2.15の12% = ...	22. 76 = 380の...%
3. 80セントの20% = ...	23. 25mlの22% = ...
4. \$300の4% = ...	24. 4 = 11の...%
5. \$16の3 1/2% = ...	25. 600の1/2% = ...
6. \$400の1/2% = ...	26. 16mlの3% = ...
7. \$90の105% = ...	27. 8時間の15% = ...
8. \$14 = \$20の...%	28. \$25 = \$130の...%
9. 39 = 70の...%	29. \$32 1/3 = \$40の...%
10. 56 = 60の...%	30. 15 = ...の75%
11. 16 = 25の...%	31. \$450の2 1/2% = ...
12. 5 = 7の...%	32. \$760の3/4% = ...
13. 8 = 9の...%	33. 45 = 80の...%
14. 16 = ...の20%	34. 72 = 80の...%
15. \$30 = \$...の4%	35. 140 = 215の...%
16. \$75 = \$...の5%	36. \$64.50の122% = ...
17. \$5 = ...の10%	37. 18 = 40の...%
18. \$12 = \$...の6%	38. \$1000の1/8% = ...
19. \$2000の6% = ...	39. 21 = 40の...%
20. \$24.5の4 1/4% = ...	40. 21 = 15の...%

FIGURE 1 ドリル学習の例 (Thorndike, 1924)

もつとも、行動主義の時代に、こうしたドリル学習のみが大手を振って歩いていたわけではない。それに対する反論も、もちろんなされている。その代表的な研究は、学習とはさまざまな原理やパターンを統合的に学習することであるという観点に見られるもので、その代表的な研究者は Brownell (1928) であろう。彼の見解は、S-R 結合を基にしてドリル学習を奨励した Thorndike とは明らかに対立するものであった。こうした歴史に関するより詳しい解説については、Resnick & Ford (1981) が適切である。

時代が進むにつれて、紙と鉛筆によるドリル学習から、コンピュータを利用したCAIへと学習の方法が変化した。方法の変化のみならず、ドリル問題を構成するさいの考えにも新しいアイデアが導入された。その代表的な

例は、Suppesらによるスタンフォードプログラム (Suppes & Morningstar, 1972) であろう。彼らの研究では、数学の問題から難易度を構成する変数を抽出し、その変数の組み合わせの結果として難易度の予測をおこない、予測された難易度の順に問題を配列するという手法が、導入された。このドリルに対する小学生の反応が、数千 km も離れたスタンフォードの研究者に瞬時に分かるというこの学習方式は、かなりの成功を取めたようである。

当時、ドリル学習に対する常識的な見解としては、子どもの適性に合致したタイプが効果的であり、さらに適性が不足した低学力の子どもに効果的であるといった考えが、一般的であった (Posner & Keele, 1973)。しかし、こうした考えが妥当なものであるかどうかといった実験的な検討は、なされていなかった。Thorndike のプログラムやスタンフォードプログラムにしても、実践的にドリル訓練をおこなっただけである。このため、Yoshida (1980) は、ドリル学習が、問題解決能力を増進させるかどうかの確認を実験的におこなっている。彼は、わり算問題を対象にしてドリル学習の効果を検討している。彼も、問題の難易度に影響する10の構造変数の点から、問題の難易度を予測している。子どもが問題を正しく解いたさいに、それらの変数に与えられる値を決定し、問題に対する子どもの正答数を予測するために重回帰方程式を計算し、そこから問題の予測値を推定した。

この研究で採用された学習のタイプは、子どもの適性に合った問題を与える個別型、適性を無視しすべてのレベルの問題を与える固定型などであった。4日間のドリル学習の結果、主に以下の2点が明らかにされた、(1)適性レベルに拘わらず、すべての子どもにドリル学習は効

果的であった、とくに子どもが現在もつ能力よりも難しい課題においてこの傾向が顕著であった。(2)子どもの適性に合致させたタイプよりは、すべての難易度レベルから構成された問題で学習した固定型が、効果的であった。得られた結果は、常識的な予想 (Posner & Keele, 1973) とは異なっており、ここからドリル学習が成功するための有効な条件が明らかにされた。つまり、ドリル学習が成功するためには、問題の科学的な配列、子どもの適性の正確な査定、適性レベルを考慮した問題の与え方、適切なフィードバックの4つの要素である (Yoshida, 1980)。

## 2. 学習階層性

第2のトピックは、学習の転移である。学校のカリキュラムは、易しいものから複雑なものへと配列するのが、普通である。ドリル学習では、この配列をそれぞれの問題の難易度という点から系列化を試みた。別の観点は、転移という点からカリキュラムを構成することである。つまり、ある課題での成功が他の課題での成功へ転移するのは、2つの課題が共有する要素の程度に依存しているという主張 (転移に関する同一要素理論と呼ばれている) となる。この転移の理論を学校でのカリキュラムに応用するための考え方として、学習階層性という Gagne のアイデアが、有名であろう (Gagne & Briggs, 1974)。ここではターゲットになる課題を考え、「その課題を実行するためには子どもは何を知っていなければならぬか？」と質問することで、階層性が作り出される。この質問への答は、FIGURE 2 に示されている。FIGURE 2 にある学習階層性によれば、整数のひき算ができるために、子どもは、いくつかの条件のある繰り下がりができなければならないし (下位スキル, VIII, IX, X, VII), 繰り下がりをなしで連続する桁のひき算ができ (IV), 1桁の繰り下がりができ、ひき算の九九ができなければならない (I) など。この最後の技能は、さらに下位のスキルに分割することができる。

学習階層性の考え方は、学校での実践にも大きな影響を与えた。たとえば、所与の単元において指導する目標を行動目標という形で下位スキルから上位スキルへと分析し、その行動目標の系列にしたがって授業を計画し実践するといった研究が、一頃はよくおこなわれていた。しかし、最近の学校で、こうした行動目標を分析して系列化することで授業のプラン化をおこなうといった実践は、影を潜めてしまった。

## 認知的構成主義

数に関わる認知心理学的研究で1970年代にもっとも大きなインパクトを与えたのは、なんといっても Brown &

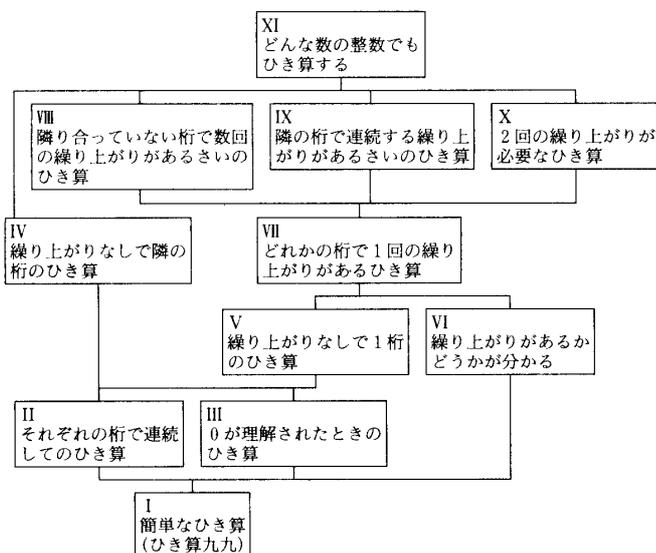


FIGURE 2 ひき算の学習階層性  
(Gagne & Briggs, 1974)

Burton (1978) の多桁のひき算に関するバグの研究であろう。よく知られているように、彼らは子どもの筆算に関する誤りのタイプを集め、それらを生成できるようなコンピュータプログラムを作成した。彼らのねらいは、誤りを生成するような人の認知過程を構築することにあった。プロダクションシステムと呼ばれるこうしたプログラムの開発によって、計算をおこなっているさいの人の知識の機能が、かなり明らかにされた。彼らは、この研究を基にして、教員を目指す学生の診断スキルを訓練することもおこなった。コンピュータは、誤りをもっている子どものように反応し、学生はそうした誤りを分析し同定することが要求される。この例は、認知心理学の教育への応用の典型的な例と考えられており、たとえば、Boden (1988) は人間の数学行動の原理的なモデリングのよい例であり、Newell (1990) は認知心理学が行動を予測できた数少ない例であると述べている。

1980年代になると、数に関する研究は、それがカバーする範囲も深さも急速に拡大し、数に関する認知心理学的研究を盛り込んだたくさんの本が出版され、さらに雑誌にさまざまな研究が毎年数多く報告されている。今では数に関する認知心理学という領域に関わる研究をレビューすることも、きわめて困難な状況となっている。実際、文章題を中心として数を長年研究してきた De Corte でさえも、Handbook of Educational Psychology (1996) に60頁にもなる「数学の教授・学習」という長い章を書くさいに、この領域についての全体にわたるレビューはできないと告白しているほどである。

この論文では、加法構造に関する研究、乗法構造に関する研究、実践的な訓練研究の3つに分けてレビューをおこなう。

### 1. 加法構造に関する研究

1980年代の初頭で大きな影響を与えたのは、やはり文章題に関する Riley ら (1983) の研究であろう。彼らは、Brown & Burton (1978) と同じく、文章題を解決するさいの人の思考過程をプログラム化した。そこでは、文章題を解くさいに子どもがもっている知識として、部分-全体スキーマが仮定され、実験的な研究に加えて、問題の解決過程や理解のシミュレーションも、開発された。Riley et al. (1983) によって確立されたシミュレーションの基礎は、有能な解決者は、変化・結合・比較というスキーマの点から領と意味関係についての表象のネットワークをまず構成するということである。この表象を基にして、内的に表現されているブロックを状況に関与している対象のセットに対応させることで操作する。変化・結合・比較といったさまざまなレベルのスキルに対

応した計算モデルが、子どもで実際に観察された反応と比較されるというプロセスによって、精度を高めることになった。コンピュータシミュレーションの研究ではあったが、この研究が、子どもの文章題の研究を進展させるベースになり、さらにそれが実際の学校における教授介入の研究への糸口になったという点で、きわめて大きなインパクトを与えたといえる。

これらの研究から、簡単なたし算とひき算といった単純な問題の理解と解決にも、たし算とひき算の操作を習得する以上のものが、要求されていることが、分かった。とくに、Riley et al. (1983) の研究からは、文章題の基礎にある構造についての概念的知識を適用しなければならないことが、指摘された。もちろんこのことは、手続きの知識が重要でないことを意味するものではない。Carpenter (1986) によって主張されているように、反応の向上は手続きが高度化することと概念的スキーマの利用しやすさに依存しているのである。

### 2. 乗法構造に関する研究

たし算やひき算、あるいはこれらの操作を含む文章題といった概念は、幸いなことに、わが国の子どもにとっては学習するさいの大きな障害とはなっていない。子どもにとって大きな認知的障害となっているのは、小学校でいえば、中学年や高学年で扱われる教材であり、たとえば、分数、小数、比例、割合といった概念である。たし算やひき算は、加法構造とよばれているが、これらの概念は、乗法構造と呼ばれ (Vergnaud, 1983)、加法構造とは異なる概念的性質をもつと仮定されているが、どのような点で異なるかについて研究者間で意見が同じになっているわけではない (Behr, Harel, Post & Lesh, 1993; Kieren, 1988; Nunes & Bryant, 1996; Vergnaud, 1983)。いずれにしても、これらの概念に関する認知心理学的研究が、最近増加しつつあるのは、子どもが抱えている現在の問題を解決するという意味では、喜ばしいサインであろう。

乗法構造に関する研究として、ここでは、分数と割合を取りあげてみよう。分数は、日本では小学校3年から6年までの4年間にわたって教えられるかなり複雑な概念である。分数は、乗法構造を代表する概念の1つなので、それまで加法構造のみの知識をもっている子どもが、異なる概念的性質をもつ構造をどのように理解するかは、興味あるテーマであろう。まず、分数を学習する以前の子どもも、かなり豊かなインフォーマルな知識をもっていることが示された (澤野・吉田, 1997)。たとえば、彼らは、分数の基本となる概念を獲得してただけでなく、4年生で学習する帯分数に対応した知識も獲得していることが、示された。彼らももっているこうした豊かなイ

ンフォーマルな知識を前提にすれば、理解が困難であるといわれている分数を容易に理解するはずである。

しかし実際には、これまでの研究によれば(吉田, 1991; 吉田・栗山, 1991; Yoshida & Kuriyama, 1994), 子どもの分数への理解は、新しい概念をそのままの形で理解するのではなく、彼らもっている既有知識へ退行しながら適切な理解へ至ることが示されている。吉田らは、それぞれの学年で子どもが分数を学習する前と後における子どもの理解を縦断的に検討した。ここでは分数のさまざまな下位概念が検討されたが、分数の等値性というもっとも基礎的な概念に対する理解の変化も、検討された。そのための査定方法として、たとえば、3つの分数を小さいものから大きいものに並べ替える課題が利用できる。

これらの問題に対する子どもの反応を縦断的に分析した結果が、FIGURE 3 に示されている。この結果から、3年で分数の単元を学習した直後は、確かに分数の意味を理解したように見える。しかし、分数概念に接していない1年ほどのブランクの後では、彼らの多くは、またもとの既有知識である整数の概念の点から分数を推理するのである。子どもの6割ほどは、2年間にわたって分数を学習し終えた4年生になってやっと分数の基本となる意味を理解している。しかし、子どもの2割ほどは、小学校をとおして分数を整数という知識から考える強固な傾向を示している。さらに興味あることに、5%ほどの子どもは、分数を学習した直後には、意味を理解したように見えるが、分数から離れた後はまたもとの既有知識に後退するという現象を示しているのである。

乗法構造に含まれる割合や比例や濃度といった他の概念が、分数と同じ理解の過程をたどるとは限らない。かなり異なった理解の過程が、存在しているようである。そこで、小学校算数の中では、子どもにとってもっとも理解することが困難な割合について最近の研究を見てみる。割合に関する認知心理学的研究としては、1人の子どもへの介入研究などは報告されているが(Thompson & Thompson, 1996), 割合に関してどのようなインフォーマルな知識を子どもが獲得しているか、あるいは学習中にどのような認知的障害があるかといった研究は、報告されていなかった。

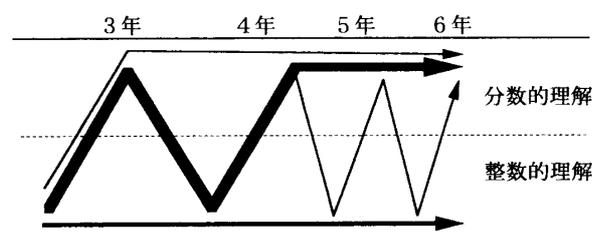


FIGURE 3 分数の大きさの理解に関する発達の变化

最近、割合に関して子どもはかなり豊かなインフォーマルな知識をもっていることが、明らかにされた(河野・吉田, 1999)。さらに子どもは、割合の3用法の1つである第2用法を学習していないにも拘わらず、インフォーマルに解決できることが示されている(吉田ら, 印刷中)。たとえば、「40個のおはじきの90%はいくつでしょう」といった問題でも、 $\pm 1$ の範囲を正答と考えると、学習していないにも拘わらず、40%もの5年生が適切な答を示したのである。

割合を学習するさいに子どもがもつ認知的障害については、まだほとんど研究がおこなわれていない。しかし最近の研究から、割合で指導される用語そのものが理解されていないことが、明らかにされた(吉田・河野, 1999)。比べる量や基にする量といった用語を同定できた子どもは、第1用法で64%、第2用法で48%、第3用法では36%という低さであった。この結果から、問題を内的に表象する以前の問題が控えていることも、示唆された。

### 3. 実験的な訓練研究

先述したように、認知心理学における訓練研究は、基礎科学のたんなる応用といった従来の狭い殻から脱皮し、基礎科学における疑問を検証するための重要な研究方法という役割が、与えられるようになった。このことは、子どもの認識の発達を促す強力な学習環境を準備することでもある(De Corte et al., 1996)。こうした変化によって、さまざまな実験的な訓練研究がおこなわれる雰囲気、作り出された。数の教授・学習の領域でも、子どもの知識に関するそれまでの研究をベースにして、実験的な訓練研究が、開始されている(Carpenter & Fennema, 1992; Hiebert & Carpenter, 1992; Moss & Case, 1999; Streefland, 1991)。そうした研究では、伝統的な指導といくつかの視点で異なったアプローチをとっている、たとえば、(1)新しいカリキュラムを構成する、(2)子どもの思考に対する教師の認識を変化させる、(3)社会的な相互作用を導入するなどである。伝統的な直接的な教授に比べると、いずれのアプローチも、それなりの成果を上げている。

いずれのアプローチも重要だが、カリキュラムに関する研究が、もっとも重要ではないだろうか。先述したように、現在のカリキュラムは、「教科の論理」を具現化した内容となっている。このカリキュラムで子どもが学習内容を理解できれば、それで十分である。しかし現実には、内容を理解できない子どもの割合は、さまざまな調査から示されているように、学年があがるほど増加し、小学校6年では、およそ半数の子どもが内容を理解していない。その背景は、さまざまであろうが、1つの重要

な要因は、現行のカリキュラムそのものにある。現行のカリキュラムを、「教科の論理」から子どもの知識や思考を重視した「子どもの論理」へ転換する必要がある。本年度の文部省のカリキュラム改正についていえば、こうした視点は、まったくといってよいほど盛り込まれていない。ある種の教材は、子どもにとって難しいから上の学年に回す、またはカットするというなんの基準もない情けない形で、カリキュラムが変更されているのである。ただ、「子どもの論理」を組み込んだカリキュラムを新たに構成するためには、子どもの論理に関する心理学的な研究が必要であるが、残念ながら、そうした要請に十分に答えられる研究は、きわめて限られている。

ここでは、そうした試みの1つを紹介する。わが国の子どもにとって、分数は学習することが困難な概念であり、それはまた教師にとってもどのように教えればよいか、分からない概念でもある。指導書に記載されているとおりに教えて子どもが理解すれば、なんの問題もないが、実際にはそうした指導では子どもは理解しない。

分数の困難性をどのようにすれば克服できるだろうか？ この疑問は、吉田(1999)によれば、次の2つの方向性の点から解決できることが示唆されている、(1)子どものインフォーマルな知識、(2)学習中の認知的障害。インフォーマルな知識に関しては、すでに紹介したとおり、子どもは分数に関してかなり豊かな知識をもっている。

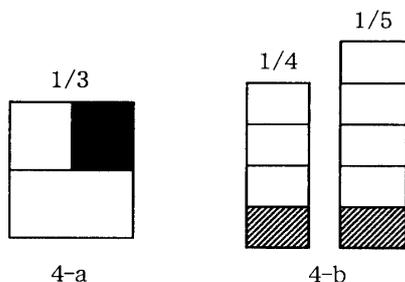


FIGURE 4 等分割と等しい全体スキーマに違反した2つの典型的な作図

認知的障害については、全体を等しく分割するという等分割スキーマとすべての分数の1としての大きさは等しいという等しい全体スキーマが、重要であると指摘されている(Yoshida & Kuriyama, 1995; Yoshida & Shinmachi, 1999)。これら2つのスキーマは、分数の指導にとってはあまりにも当然の前提なので、実際の指導では一応の押さえはなされるものの、それらが指導にさいしての目標となることはなかった。しかし、子どもは、このもっとも基本となる前提の理解を欠いたまま、分数を学習していくのである。その例は、FIGURE 4の問題ですぐに

チェックできる。FIGURE 4-aで斜線を引いた部分の大きさを求めると、多くの子どもが1/3と答える。ここから子どもにおける等分割スキーマの欠如を見ることができる。さらに2つの分数(1/4と1/5)の大きさを比較する課題においてそれぞれの分数を作図するように求めると、多くの子どもがなんの疑いもなく、FIGURE 4-bのような図を描くのである。これも等しい全体スキーマの欠如を示す例である。

こうした研究に基づいて、Yoshida & Sawano (1997)は、以下の3つの視点を組み込んだ新しい3年生用の分数カリキュラムを構成して実践的な介入研究をおこなった、(1)インフォーマルな知識を組み込む、(2)等分割を指導の柱の1つにする、(3)等しい全体を指導の柱の1つにする。公立小学校の3年生の3クラスが、この新しいカリキュラムにしたがって指導され(実験群)、同じ学校の残り2クラスが教科書にしたがって指導された(教科書群)。ただ、実験群の内の2クラスの教師は、2時間目が終わったところで、いくつかの理由で教科書での指導に戻りたいと申し出た。われわれは、それを受け入れ、結局1クラスが実験プログラムでの介入をおこなった。しかしこのことから、興味ある第3の群(準実験群)ができたことになる。つまり、2時間目までの実験プログラムは、等分割を主体にした授業であり、その後の3時間分が等しい全体を柱にした授業となっている。こうして、準実験群は、等分割のみの指導が与えられ、それ以外は教科書群での指導と基本的に差はないということになる。

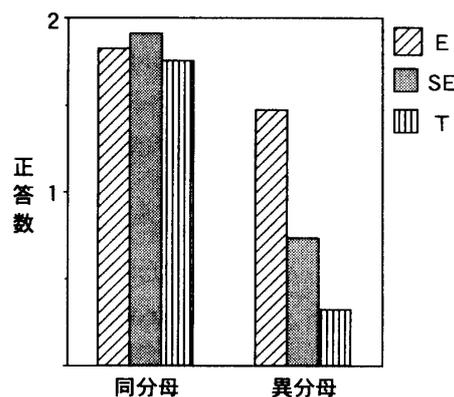


FIGURE 5 並べ替え課題における3群の正答数(Yoshida & Sawano, 1997)

9時間にわたる授業後のテストから、実験群の分数に対する理解は、大きく深化したことが示された。たとえば、分数の大小に関する結果が、FIGURE 5に示されている。整数の知識でも解決できる同分母の分数の問題では、群間に差がないが、異分母の分数を比較する問題では、新しいカリキュラムで教えられた実験群での正答率が、

もっとも高いことが示されている。さらに、計算課題での結果が、FIGURE 6 に示されている。3年で学習する同分母のたし算やひき算については、3群間に差はないが、帯分数の計算には大きな差が見られた。帯分数は、4年生で指導する内容なので、子どもがこれらの計算ができなくても不思議ではないが、実験群の子どもは、とくに指導されたわけでもないのに、かなり解決できていた。

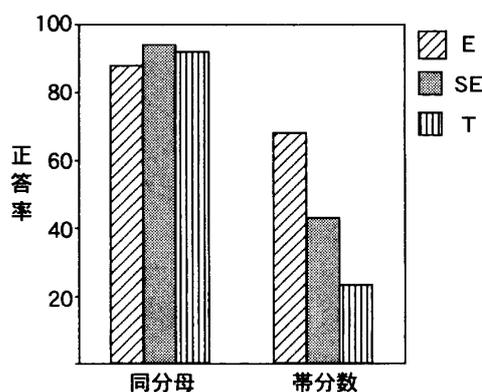


FIGURE 6 計算課題における3群の平均正答率 (Yoshida & Sawano, 1997)

こうした結果から、今後の研究の1つの方向性として、「子どもの論理」とはどのようなものであるかを明らかにし、それらを実践的に新しいカリキュラムとして構成していく努力が、求められる。

### 社会的構成主義

数の教授・学習は、社会的文化的真空の中では生じない。認知的構成主義の立場では、学習と認知における社会的・文化的側面は無視されてきた。今日、数の教授・学習は、社会的にも文化的にも構成的活動に組み込まれているとみなされている。

長い間、数学は、普遍的で文化をこえているということは、自明の理であった。しかし1980年代になると、数学が文化をこえているというよりは文化に拘束されており、異なる社会文化的集団は異なる数学を作り出し実践しているということが主張されるようになった (Bishop, 1988)。ある社会文化的集団の中で実践され表現されている数学が、エスノ数学と呼ばれている。エスノとは、国家・部族の社会、階級、ある年齢の子どもといったあらゆる種類のグループを指す。したがって、西欧で発達した学術的数学もまた、エスノ数学の形態と考えられる (Borba, 1990)。ここでは、西欧文化を享受していない文化でのエスノ数学と、西欧文化におけるインフォーマルな数学に関する研究を短くレビューする。

### 1. 土着文化におけるエスノ数学

学校での体系的な指導がおこなわれていない土着の文化に存在する概念やスキルが、いくつも報告された。そのもっとも有名な例は、なんといっても Luria (1976) の報告であろう。これは、1930年代に中央アジアでおこなわれたが、伝統的な生産様式を守っている文盲の大人と社会経済システムに組み込まれその教育を受けた大人とを比較している。学校教育を受けていない文盲の大人は、個人的実践的経験に強く依存した思考形式を示し、抽象的な思考をとることができなかった。類似した報告が、リベリアのケベル族の土着の数学的知識とスキルについてもおこなわれている (Gay & Cole, 1967)。ケベル族は、彼らの日常実践に基づいた具体的で意味のある文脈におけるスキルでは、きわめて有能であったが、脱文脈化された形式で提示されたスキルについては、失敗した。

さらに、パプアニューギニアで大がかりな研究がおこなわれた (Lancy, 1983; Saxe, 1981)。この研究から、計数のような論理的原理は共通に存在しているが、計数の原理を適用するさいには大きな文化差があることが、明らかになった。たとえば、体の部分に数を置き換えて数を適用するグループや、ベースとなる数を15や20としているグループもあった。

### 2. 西欧文化におけるインフォーマルな数学

エスノ数学とは、いわゆる学校数学とは対照的な学校外の活動に組み込まれたインフォーマルな数学の実践を指す。これらの研究では、まず、形式的な数学を教えられていない子どもによって用いられる数概念や計数方略などが研究された (Carpenter & Moser, 1984; De Corte & Verschaffel, 1987; Fuson, 1982; Gelman & Gallistel, 1978)。これらの研究から、学校に入学する前に、子どもは計数方略を多様に獲得しており、それらの方略を使ってたし算やひき算の解決が可能であることが、示された。さらに興味あることに、子どもの多くは、形式的な解決手続きを学校で学習した後でも、学校外で問題を解くときにはインフォーマルな方略に依存していることも、明らかにされた。

インフォーマルな文脈に組み込まれた方略は、就学前の子どもにだけ見いだされるわけではない。別の研究では、商業取引、洋裁、大工、織物、料理のような日常の文化的実践に含まれる学習と問題解決に焦点をあてている。その例として、たとえば Nunes & Bryant (1993) は、学校教育を途中で放棄した漁師が、比例的な問題解決でいかに有能であるかを明らかにしている。そうした漁師は、日常的にえびや魚や他の魚介類を捕り保存して売るといった活動をおこなっている。その中で、重さを

量り、重さの関数として値段を計算し、さらにこれらの魚が塩漬けされた後でどのくらいの重さになるかといった比を考えておくことで、値段の交渉が可能となるのである。このため、価格や魚の処理後についての漁師の知識は、日常の実践で学習した数学モデルの可逆性と転移についての自然な実験を試すものとなっている。漁師の活動としては、重さから値段を計算するという一方向の思考であるが、それと逆の思考を要する場面、つまり値段から重さを計算するという課題についても、彼らはかなり良好な成績を示した。こうして、比という難しい概念でも、日常の実践の中で十分に獲得されることが、示された。

これらの研究から示唆されることとして、第1に、人は学校での数学という文脈に比べると、日常の職業的・社会的活動で生じる問題を処理するさいには、かなり有能であるということである。

第2には、実践的な活動や目標などによって、学校で教えられる公式的な知識とはかなり異なるインフォーマルな推理や計算過程も、基本となる原理は実践の差に拘わらず共通していることである。Carrher et al. (1985) によって示されているように、路上の物売りは、問題状況を分解したりグループ化する形で解決している。つまり、学校場面と同じ交換即や分配即といった数学的原理を基本としていたのである。

第3には、ある学習場面から別の学習場面への転移が困難なことを実証したことである。学校で学習した知識は、関連する日常の場面でも適用されると信じられてきた。しかし、研究からは、学校教育が、学校外での反応に明確な形で役立っていないことを示している。

第4の重要な示唆は、こうした文脈に組み込まれた実践と関連した数学的有能さが獲得される環境の特徴についてである。つまり、観察・足場作り・コーチング・練習といった本質的で状況的な活動によって獲得されるインフォーマルな学習環境である (Lave, 1977)。

Resnick (1987) は、学校での数学と学校外での思考と学習の特徴を以下のようにまとめている、

1. 学校における学習と反応は、個人的である。学校外でのほとんどの活動は、グループの中で生じる。
2. 学校では道具を使わない純粹思考の形態が優勢である。学校外での認知活動では、道具(材料、本、計算器など)がたいがい利用される。
3. 学校では、具体的な対象や事象であっても記号に基づいた学習と思考を強調する。学校外では、それらが生じる状況の特徴と相互作用しており、その状況に依存する。

4. 学校では、一般的で広範に適用できる知識やスキルに焦点をあてるが、学校外では状況に固有なスキルが強調される。

こうした区別は、かなり極端に表現されたものであり、実際の学校での実践は、この連続体の中間にあると考えられる。

#### まとめ

20世紀の研究を私の関心を柱にして手短かに振り返った。ここでは、読み・書き・そろばん(数学)の内の数学だけに焦点をあてた。最近、心理学に対して社会から熱い関心が向けられている。こうした社会からの関心の増大に対して、心理学がそれなりの答をもっていることは、当然必要となるだろう。そうした意味で、実験的な訓練研究が、心理学のさまざまな分野で増加しているのは、たのもしい限りである。このように、子どもの学習に関する教育心理学の研究は、かなり進展し、彼らの内部をかなりな程度理解できる研究結果が、提示されたきた。そうした進歩にも拘わらず、教室での実践は、まだ旧態依然とした形態を維持しているところが多いといういらだちを研究者によっては隠すことができない (De Corte, 1998)。教室での実践を変えるためには、研究に基づいたデータを実践家に受け入れられるような形で提示することが重要なテーマとなるだろうし、さらには、理論を実践化した実践を理論化するような研究が、次の世紀で求められる重要なテーマとなるだろう (Bauer, 1993; De Corte, 1998; Leinhardt et al., 1995)。

#### 引用文献

- Atkinson, R.C., & Shiffrin, R.M. 1968 Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W. Spence & J.T. Mussen (Ed.), *Advances in child development and behaviour*. New York : Academic Press.
- Ausbel, R.C. 1963 *The psychology of meaningful verbal learning*. New York : Grune & Stratton.
- Behr, M.J., Harel, G., Post, T., & Lesh, R. 1993 *Rational numbers : Toward a semantic analysis : Emphasis on the operator construct*. In T.P. Carpenter, E. Fennema, & T.A. Romberg (Eds.), *Rational numbers : An integration of research*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Bishop, a.J. 1988 The interaction of mathematics education with culture. *Cultural dynamics*, 1, 145-157.
- Boden, M.A. 1988 *Computer models of mind*. New

- York: Cambridge University Press.
- Borba, M.C. 1990 Ethnomathematics and education. *For the Learning of mathematics*, **10**, 39-42.
- Brown, J.S., Collins, A., & Duguid, P. 1989 Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, **18**, 32-42.
- Brown, J.S., & Burton, R.R. 1978 Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills. *Cognitive Science*, **2**, 155-192.
- Brownell, W.A. 1928 The development of children's number ideas in the primary grades. Chicago: The University of Chicago.
- Bruer, J.T. 1993 Schools for thought: A science of learning in the classroom. Cambridge, MA: The MIT Press. (松田・森監訳 1997 授業が変わる: 認知心理学と教育実践が手を結ぶとき, 北大路書房)
- Carpenter, T.P., & Moser, J.M. 1984 The acquisition of addition and subtraction concepts in grades one through three. *Journal for Research in Mathematics Education*, **15**, 179-202.
- Carpenter, T.P. 1986 Conceptual knowledge as a foundation for procedural knowledge. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carraher, T.N., Carraher, D.W., & Schliemann, A.D. 1985 Mathematics in streets and schools. *British Journal of Developmental Psychology*, **3**, 21-29.
- Case, R. 1992 The mind's staircase: Exploring the conceptual underpinnings of children's thought and knowledge. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale: NJ.
- Davis, R.B. 1990 How computers help us understand people. *International Journal of Educational Research*, **14**, 93-100.
- De Corte, E., Greer, B., & Verschaffel, L. 1996 Mathematics teaching and learning. In Berliner D. & Calfee, R. (Eds.), *Handbook of Educational Psychology*. New York: Macmillan.
- De Corte, E. 1998 Marrying theory building and the improvement of school practice: A permanent challenge for instructional psychology. The Presidential address presented at the 24th International Association of Applied Psychology, San Francisco, CA.
- Fuson, K.C. 1982 An analysis of the counting-on solution procedure in addition. In T.P. Carpenter, J.M. Moser, & T.A. Romberg (Eds.), *Addition and subtraction: A cognitive perspective*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gagne, R.M., & Briggs, L.J. 1974 Principles of instructional design. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Gay, J., & Cole, M. 1967 The new mathematics and an old culture. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Gelman, R., & Gallistel, C.R. 1978 The child's understanding of number. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Glaser, R. 1994 Application and theory: Learning theory and the design of learning environments. Invited address in the International Congress of Applied Psychology, Madrid, Spain.
- Glaser, R., Ferguson, E., & Vosniadou, S. 1995 Cognition and the design of environments for learning: Approaches in this book. In S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser & H. Mandel (Eds.), *International perspectives on the construction of technology-supported learning environments*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Greeno, J.G. 1980 Psychology of learning, 1960-1980: One participant's observation. *American Psychologist*, **35**, 713-728.
- Hiebert, J., & Carpenter, T.P. 1992 Learning and teaching with understanding. In D.A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan.
- Kieren, T.E. 1988 Personal knowledge of rational numbers: Its intuitive and formal development. In J. Hiebert & M.J. Behr (Eds.), *Number concepts and operations in the middle grades*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kilpartick, J. 1981 The reasonable ineffectiveness of research in mathematics education. *For the Learning of Mathematics*, **2**, 22-29.
- 河野・吉田 1999 割合を学習する以前の5年生がもつインフォーマルな知識の分析, 宮崎大学教育学部教育実践研究指導センター紀要, **6**, 25-38.
- Lancy, D.F. 1983 Cross-cultural studies in cognition and mathematics. New York: Academic Press.
- Lave, J. 1977 Cognitive consequences of traditional apprenticeship training in west Africa. *Anthropology and Education Quarterly*, **7**, 177-180.
- Leinhardt, G., McCarthy, Y.K., & Merriman, J. 1995

- Integrating professional knowledge: The theory of practice and the practice of theory. *Learning and Instruction*, **5**, 401-408.
- Luria, A.R. 1976 Cognitive development : Its cultural and social foundations. Cambridge, MA ; Harvard University Press.
- Moss, J., & Case, R. 1999 Developing children's understanding of the rational numbers : A new model and an experimental curriculum. *Journal for Research in Mathematics Education*, **30**, 122-147.
- Newell, A. 1990 Unified theories of cognition. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Newell, A., & Simon, H.A. 1972 Human problem solving. Prentice-Hall.
- Nunes, T., & Bryant, P. 1996 Children doing mathematics. London : Blackwell.
- 大浜幾久子 1996 ピアジェ理論の展開 : ジャン・ピアジェ生誕百年にあたって 教育心理学年報, **36**, 144-155.
- Posner, M., & Keele, S.W. 1973 Skill learning. In R.M.W. Travers (Ed.), Second handbook of research on teaching. Rand McNally & Company, Chicago.
- Resnick, L.B. 1987 Learning in school and out. *Educational Researcher*, **16**, 13-20.
- Resnick, L.B., & Ford, W.W. 1981 The psychology of mathematics for instruction. LEA, Hillsdale, NJ.
- Riley, M.S., Greeno, J., & Heller, J.I. 1983 Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In H.P. Ginsburg (Ed.), The development of mathematical thinking. New York : Academic Press.
- 佐藤・溝口 1997 通史 日本の心理学 北大路書房
- 澤野・吉田 1997 分数の学習前に子どもがもつインフォーマルな知識 科学教育研究, **21**, 199-206.
- Sax, G.B. 1981 Body parts as numerals : A developmental analysis of numeration among remote Ok-sapmin populations in Papua New Guinea. *Child Development*, **52**, 306-316.
- Steffe, L.P., Cobb, P., & von Glaserfeld, E. 1988 Construction of arithmetic meanings and strategies. New York : Springer.
- Streefland, L. 1991 Fractions in realistic mathematics education : A paradigm of developmental research. Dordrecht, The Netherlands : Kluwer.
- Suchting, W.A. 1992 Constructivism deconstructed. *Science & Education*, **1**, 223-254.
- Suppes, P., & Morningstar, M. 1972 Computer-assisted instruction at Stanford, 1966-68 : Data, models, and evaluation of the arithmetic programs. New York : Academic Press.
- Thompson, A.G., & Thompson, P.W. 1996 Talking about rates conceptually, Part II : Mathematical knowledge for teaching. *Journal for Research in Mathematics Education*, 1996, **27**, 2-24.
- Thorndike, E.L. 1922 The psychology of arithmetic. New York : The Macmillan.
- Vergnaud, G. 1983 Multiplicative structures. In R. Lesh & M. Landau (Eds.), The acquisition of mathematics concepts and process. New York : Academic Press.
- 吉田正昭 1983 心理学史から(第1集) サイエンス社
- Yoshida, H. 1980 Effect of drill practice on aptitude in the learning of mathematics. *Journal of Educational Psychology*, **71**, 706-715.
- 吉田 甫 1991 子どもは数をどのように理解しているか 新曜社
- 吉田 甫 1999 認知心理学を基にした新しい新しい算数・数学のカリキュラムの研究と開発 日本数学教育学会, YEARBOOK, **4**, 109-127.
- 吉田・栗山 1991 分数概念の習得過程に関する発達的研究 教育心理学研究, **39**, 382-391.
- Yoshida, H., & Kuriyama, K. 1994 Process of the acquisition of knowledge for understanding fractions. 宮崎大学教育学部紀要, **77**, 11-32.
- Yoshida, H., & Kuriyama, K. 1995 Linking meaning of symbols of fractions to problem situations. *Japanese Psychological Research*, **37**, 229-239.
- 吉田・河野 1999 割合における構成要素の同定の困難性と問題解決 宮崎大学教育文化学部紀要, **1**, 1-9.
- 吉田・河野・横田 印刷中 割合の問題解決におけるインフォーマルな知識の利用と解決方略の分析 宮崎大学教育文化学部紀要
- Yoshida, H., & Sawano, K. 1997 An experimental intervention for fractions based on fair-share and equal-whole schemata, A paper presented at the 6th European Conference for Research on Learning and Instruction, held in Athenes, Greece.
- Yoshida, H., & Shinmachi, Y. 1999 The influence of instructional intervention on children's understanding of fractions, *Japanese Psychological Research*, **41**, 218-228.