

数学教育の理論的研究動向と実践的研究の関係

— 構成主義, メタ認知そして協力学習 —

佐伯 卓也*

(1990年6月13日受理)

1 はしがき

第11回 PME (Psychology of Mathematics Education) モントリオール国際会議(1987)での中心的な話題は「構成主義」(constructivism), 「メタ認知」(metacognition)そして「コンピュータ環境下の数学」であると要約されるという(平林, 1987)。一方, アメリカの数学教育界, とりわけ算数教育(arithmetic)界で話題になっているものの中に, 「協力学習」(cooperative learning)がある。これはわが国の教育現場で行われている「グループ学習」と関係の深い技法であると考えられる。筆者は昨年の教育学部学会で, これらのうち, 「協力学習」を取り上げ, それと「メタ認知」の関係と, 創造工学の技法の一つ「OKシステム」の関係について論じ, さらに「新しい算数教育」の誌上で触れた(佐伯, 1989)。ところで, 筆者は授業の評価法に取り組み, 1987年には文部省の科学研究補助金も戴き, 児童生徒の認知構造の測定(IWATによるP-Pグラフ分析)を主な手段とするCATI法の一応の完成を見て, それを諸学会で公表して来た。このCATI法のよさは, 児童生徒にあまり負担をかけないこと, 結果の処理はパソコンソフトも開発してあるので, 素早くできること, 等が特徴である。研究例としては学生の教育実習時の研究授業(全体研究会)のときに応用した例がある。この時はデータ回収をし, 計算処理(パソコン利用)を経て, 10分後に行われた授業研究会に間に合う早さであることが確認された。この時は, P-Pグラフ分析の外に, もう一つ別なT-R分析を同時に処理した時間である(佐伯, 1986)。

この後, 冒頭に掲げた話題の一つ, メタ認知の評価法, つまり, 児童生徒がある処遇でどれだけメタ認知能力がついたか, の評価用具と方法の開発に取り組んだが, 「簡便さ」の観点から, 未だに満足な結果は得られていない。その後, 協力学習の評価をも考えたが, こちらも同じ理由からうまく行かない。このような環境の下で, 今後の研究に資することを目的に, この暫定的な小論をまとめた。

2 構成主義と授業

筆者が構成主義を知ったのは, 第20回数学教育論文発表会(東京)の時の平林(1987)の発表であった。平林はことわっていたが, これはかなり哲学的な内容であり, 数学教育の実践的

*岩手大学教育学部

な研究にどう結び付けるのであろうかと考えた。ただピアジェの発生的認識論に関係しているというより、それを根拠にしていることを知り興味を覚えた。また、構成主義は教師の押し付け授業である「形式主義」と対立する、子ども中心的授業とあまり違いがないように感じる一方、学習理論からは形式主義は「機械的学習」に関係するから、構成主義は「意味的学習」に関係するようにも感じた。

その後になり、わが国では、論文発表会で毎年このテーマでの発表がつづき、理論的な考察が続けられている。今年（1990）になり、福島大学金本グループがこのテーマの実践的な研究（小学校水準）に入ったことを知り（金本他、1990）、再び授業実践の立場から興味をもった。

構成主義であるが、この定義として、Lerman（1987）がKilpatrickのそれを引用しているので、それを示す。

構成主義は次の2つの仮説から成り立つ：

- （1）知識は認識主体（cognizing subject）により能動的に構成されるものであり、受動的に受け取られるものではない。
- （2）知るようになる（coming to know）ことは、人が経験的世界を組織化する適応過程であり、それは知る人（knower）の心の外に、以前から独立して存在する世界を発見することではない。

さらに、（1）だけの仮説からなる構成主義を、一応外界の対象を認めると解されるので、「平凡な」（trivial）構成主義と言い、（1）と（2）の仮説からなる構成主義を「過激的（急進的）」（radical）構成主義と呼んでいる。「過激的」の語がつくのは、（2）の立場は独立している既存の世界を全く認めず、むしろ唯我論（solipsism）であるからと指摘されている。（2）は小山（1989）により2つに分けられ、前段の「・・・適応過程」までが小山の意味の（2）、後段の「それは知る人・・・」以後は新たに（3）とされた。小山によれば（1）（2）までの構成主義は「平凡な」意味、（3）までを加えると「過激な」意味としていることは、妥当であろう。過激な構成主義に関係して指摘したいことは、平林は発言しているのだが、わが国の数学教育の現場で時々見られる、心理学的な知見とあまり関係の無いような、しかも検証不可能なイデオロギーに支えられている種の信念があり、それが現場教師の実践に深く食い込んでいる事実がある。これもまた一種の「唯我論」であり、「過激的」な数学教育と言えるかも知れない。

これらの構成主義を一般的な授業の場に移すとどうなるかを考察してみる。まず過激的構成主義の場合は、物理的世界や、Popperの意味の客観的な独立の世界、例えば、数学と言う人間の学問的活動の結果自立的に蓄積され、成長しつつある客観的世界も、子どもが自ら認めなければ存在しないことになってしまう。従って、この立場で授業をするなら、子ども＝知る人の知識は自らの経験の組織化の過程で、場合によってはかなり恣意的なものになってもやむを得ないし、いわゆる正解に達するのに時間が多くかかったりしてもやむを得ないことになってしまうだろう。例えば、子どもが算数で $8+5=12$ と答えても誤りとは即断できないし、簡単に訂正もできない。教師はその子どもが自分から修正する環境を準備し、自らの訂正を待つことになるからである。平凡な構成主義では物理的な世界や客観的な世界、つまり、数学を認めるゆとりがあり、従って教師の訂正もある程度認められるように見えるから、普通教室におけ

る数学教育には応用出来そうである。金本（1990）のグループはこれを試みていて、実際の算数数学の授業で試みればこんなところかな、という手掛かりを示しているようだが、一斉授業であったこともあり、ここが構成主義の授業という特徴、ポイントがなかなか明確には見えて来ないようである。この水準だと、教師の押し付けと言う形式主義の授業とどのように違うかが、もう少し明確になる必要がある。しかし筆者は、小山（1989）が「数学教育における構成主義は、認識主体が知識をいかにして獲得するかについての一つの認識論的な見解であるから、指導方法に対しては有意義な示唆を提供し得ると思う。しかしながら、それは目的や内容に対して、方法に対するほど直接的で明瞭な示唆を提供できないであろう」と発言していることもあり、構成主義を授業設計場面や授業実践場面の方略の一つとして認めたい。

構成主義に基づいた授業をもっと具体的に考察した研究に上迫（1988）の例がある。これは過激的な構成主義であるが、数学教育の方略への示唆をまとめている。これから示唆された筆者は次のようにまとめたい。

- （1）教師は子どもの算数数学の知識の正否の判断を教師が押し付けることはできない。その判断は認識主体の子どもが行うのが原則である。
- （2）子どもが、例えば $8 + 5 = 12$ のような誤答をしたとき、教師が天下りの的にそれを修正しないのが原則である。
- （3）従って、教師の役割は、教えることが従となり、主は子どもに認知的葛藤の場（例えば子ども同士の意見交換等）を起こさせ、自ら修正するための環境作りをすることが原則である。

このまとめでも、授業設計とか環境作りは教師自身が行うので、純粹の過激な構成主義は自己矛盾なくは存在し得ないことを注意しておく。

3 協力学習、OKシステムそしてメタ認知について

ここでは協力学習（cooperative learning）を主として、メタ認知とOKシステムとの関係について考察する。アメリカの文献（Gilbert-Macmillan et al. 1986；Slavin, 1987；Rosenbaum et al., 1989）を調べて見ると、協力学習は教室における授業形態の一つであることが分かる。その具体的内容はわが国のグループ学習のような形をとり、とりわけ算数の指導で、整数の四則演算、少数、分数の計算の単元で効果のあがる指導法（効果については一斉授業の統制群に比べ有為差があるから）であると言われている。ところで、わが国のグループ学習との相違点は、まず、個別指導ということから出発していること（最初の位置付けテスト等に現れる）、グループの中の児童の役割分担が決まっていること、その役割分担がある期間が過ぎると変わって行くこと（グループのメンバーも変わるが）等である（佐伯, 1989；瀬沼, 1989）。協力学習は授業形態一般に関係しているので、算数教育に限ることなしに、もっと広い「一般の授業における協力学習」として考えて行くことができる。

ところで、筆者が協力学習の文献を調べてる間に思い付いた事項は二つあった。一つはOKシステム、二つ目は協力学習のグループの中で子どもが協力学習の方略として指導されている発言がメタ認知（metacognition）を推進する問いかけになっていることである。その上これら二つの事項はいずれも協力学習の方略の一部を精密にし、かつ強化するように見えたことである。

まず、「OKシステム」(林, 1978)であるが、これは、ブレン・ストーミング、KJ法やNM法等と並ぶ創造工学の技法の一つである。林によるとKは個人思索活動、Oは御知恵拝借活動を意味するという。大学の4年次の学生80人を幾つかのグループに分け(グループの人数は不明だが、グループ学習になっている)、ある課題を学習するのだが、まず個人の「独自学習」のK段階から始まり、K段階が解決できないときは「仲間学習」のO段階に行く。O段階はグループ内で聞く(O₁)、他のグループに聞く(O₂)、それでも分からないときは教師に聞く(O₃)段階と区別している(教師も仲間の一人と位置付けている)。それでも解決できなければ「作品媒介学習」に進むとしている。この最後の作品媒介学習を参考書とかほかの資料(文献等)による学習と解釈すれば、普通のグループ学習になじむと考えられる。そこで協力学習にもどるが、その手順の中で、「指示シートを読んで分からなければ、他の児童に聞いたり、教師に聞いたりしてよい」というのがあがるが、ちょうどここが上述のOKシステムのK段階そしてO段階に対応しているように見える。従って、協力学習の途中でOKシステムの技術を使うことで、より具体的に明確に推進可能になる。

もう一つの事項はメタ認知である。ところで情報化時代の児童・生徒の学習の場で、メタ認知は重要な位置を占めているとして注目され、研究されて来ている。「メタ認知」は人間の認知行為を、どこか上の方から監視しているもう一人の人間がいて、「この課題は自分にとってどんな意味があるのか」「こんなペースで学習していて、時間は大丈夫なのか」「このことは誰に聞くべきか」等と、認知行為をしている人間に向かって、「高いところ」から、常に問い続けている。さらに、そのもう一人の人間は常に「どこまで出来たか、出来なかったか」と自己評価を続けている。このような仮想的なもう一人の人間がメタ認知であると言われている。

ところで協力学習の手順の中にグループの中の児童の役割というのがある。ここでは、まとめる人、チェックする人、正確にする人等を初めとして、自信をつける人まで決まっている。筆者にはこの児童の役割が、ちょうどメタ認知の問いかけと自己評価をする個人の中の「もう一人の人間」を具現化したものに見えてくる。メタ認知は元来一人の人間の認知行為に関係し、すべてが意識されているわけではない。協力学習ではこのような個々の問いかけ、問題解決の個々の方略そして自己評価を役割分担という具体的な目に見える形、しかも児童の意識的行為の形で具現化したところに意義の一つを見いだすのである。

4 ストラテジ・ミックス —— 結語にかえて ——

前節までは、最近数学教育界で話題になっている3つのテーマ、構成主義、メタ認知そして協力学習について考察し、それらは実際の授業で用いるときどうなるのかの示唆をして来た。ところで、メディアを利用するならメディア・ミックスと言う、モンタージュの考えを入れた用語がある。そのポイントは、それぞれの場面・分節である効果的なメディアを用い、次の場面・分節では前のメディアとは違っても良いから、その場面・分節ではより効果的なメディアを用いる、という多くのメディアを「つぎはぎ的」に用いて行くのが、メディア・ミックスである。筆者の経験では、この考えを授業実践に取り入れての多くの成功例があり報告している。

ところで、この考えを、さらに、授業の方略(strategy)で取り入れたらどうか、と言うことをここで提案したい。つまり、メディア・ミックスと同様にモンタージュの考えを加味し

て、「ストラテジ・ミックス」の考えの概念化である。この時、モンタージュの構成要素になる方略の中に、構成主義、メタ認知、協力学習をはじめとして、過去に蓄積されているいろいろな有効な方略をあてるわけである。この考えはかつて教育工学で話題になった授業の最適化と関連がつくように見える。この視座にたてば、「良い」教師とは数多いいろいろな方略を装備していること、授業実践時には「最適な」ストラテジ・ミックスの時系列的流れの場面を構成できる能力にかかってくることになる。この結果、教員養成について一言触れれば、同時的でも継時的であっても、メディア・ミックスとストラテジ・ミックスの構成要素の装備とそれを授業に生かす能力の指導が要求されることになる。

もう一つ残されている問題は、これらの考えの下で実践した授業の評価をどうするかの問題である。今のところ筆者は、個々の方略の結果の評価のための方策を持っていない。ここでも、授業の結果をトータルとして評価する用具・方法によるほかはないであろう、と言えるだけである。このためには、学力検査でもよいが、数値化とパターン化の簡便さから、前に挙げた、P-Pグラフ分析とT-Rグラフ分析の手法（佐伯，1986）による、ブルームの意味の形成的評価が有力な評価の一つの方法になることを示唆しておく。

参 考 文 献

- 1) Gilbert-Macmillan, K. (1986) Cooperative small groups : A method for teaching problem solving, *Arithmetic Teacher*, March, 9~11
- 2) 林 義樹 (1978) 一般大学の教職課程における授業方法改善の試み——OKシステムによる教育実習前のオリエンテーション・トレーニング・システム, 東京創造性懇話会第4回年次大会論文集, 22~23
- 3) 平林一栄 (1987) 数学教育における構成主義について, 第20回数学教育論文発表会要項, 51~56
- 4) 金本良通・丹野 学・大和田博行 (1990) 円および多角形の学習における構成的方法の検討, 第48回東北・北陸数学教育基礎的研究会発表資料
- 5) 小山正孝 (1989) 数学教育における構成主義の哲学的及び認識論的側面について, 第22回数学教育論文発表会論文集, 257~262
- 6) Lerman, S. (1987) Constructivism, mathematics and mathematics education, *Educ. Studies in Math.* 20, 211~223
- 7) Rosenbaum, L., Behounek, K. J., Brown, L. and Burcalow, J. V. (1989) Step into problem solving with cooperative learning, *Arithmetic Teacher*, March, 7~11
- 8) 佐伯卓也 (1986) P-Pグラフ分析とT-Rグラフ分析——教生の授業評価への応用, 岩手大学教育学部附属教育工学センター教育工学研究, 8, 37~43
- 9) 佐伯卓也 (1989) 算数教育における協力学習, 新しい算数教育 (11月号) 16~17
- 10) 瀬沼花子 (1989) アメリカの算数教育における協力学習, 新しい算数教育 (11月号) 24~27
- 11) Slavin, R. E. (1987) Cooperative learning and individualized instruction, *Arithmetic Teacher*, November, 14~16
- 12) 上迫弘樹 (1988) 構成主義に基づく算数・数学の授業=学習について, 第21回数学教育論文発表会要項, 156~161