イプシロン　2000. Vol. 42, 31-39

「方法型」の問題解決指導に関するいくつかの議論

愛知教育大学　**山 田 篤 史**

1．はじめに

数学的問題解決能力の育成は算数・数学における教育目標の一つの大きな柱であり、その重要性については議論するまでもないだろう。ただし、「問題解決」という用語はかなりの多義性を帯びており、具体的な議論をするには、かなり文脈を限定しなければならない[1]。

本稿では、その文脈を「指導」限定し、それを概括的に「問題解決指導」と呼ぶことにする。そして、1980年以降の日本の「問題解決指導」に焦点を当て、その周辺で認識されつつある１つの問題点に関して議論することを目的とする。具体的には、まず初めに、1980年以降の「問題解決」を巡る議論について手短に振り返り、1980以降の日本の「問題解決指導」は、その用語の輸入元である米国とは多分に異なる発展の仕方をしてきた部分があること、そして、それがある種の「固定化された授業の型」を形成するに至ったことを確認する。次いで、その授業の型に関する一連の批判についておおまかにレビューし、具体的な問題を確認する。その問題は問題として指摘されるに留まるが、最終的には、そこに至る過程で指摘されるいくつかの教授学的注意について議論を展開していくことにする。

2．1980年以降の日本の「問題解決指導」を巡る手短なレビュー

そもそも「問題解決」という用語は、生活単元学習の時代に広く普及し、近年では、1980年から現在に至るまでは戦後二度目の普及期になろう[2]。この1980年代以降の普及は、1980年のNational Council of Teachers of Mathematics の勧告 (National Council of Teachers of Mathematics,1980) が米国で「問題解決の重視」の潮流を作り出し、それが日本に影響を及ぼしたものと見ることができる。このように、1980年代初頭に「問題解決」という用語が日本に再上陸し、その後、「問題解決」に関する研究が多数行われることになる。ただし、それらの一部、特に「問題解決指導」に関する研究については、日本では、その輸入元の米国とは異なる独自の発展を遂げてきた部分があると思われる。

2.1. 問題解決指導の３つのタイプ

問題解決能力の育成を「指導 / 授業」という場面でいかに具体化するかに関しては、様々な立場と論考があるが、ここでは、石田(1987)が日本の算数・数学教育において重視すべきと指摘する次の３つの指導のタイプについて言及しておこう[3]。

(1)方法型

このタイプは、カリキュラムの指導内容に関わる概念形成やそこでの知識・考え方の理解、技能獲得等を第一義的な目的とし、授業を問題解決のプロセスに沿った形にして指導を行おうというものである。すなわち、目的はあくまで概念形成や知識理解等にあり、授業構成の方法論として問題解決（のプロセス）を使うという所が本質的な特徴である。

(2)特設型

このタイプの問題解決指導は、「問題解決能力の育成を第一目的として、それにふさわしい教材、問題を用意し」(石田,1991,p.165)、授業構成を行おうというものである。具体的には、比較的困難で時間のかかる問題解決に取り組んだり、教科書の特設単元の問題を利用して授業を行うといった形態（通称では「投げ入れ的教材」などと呼ばれたりする）があるが、いずれにしても、問題解決能力の育成そのものが目的（石田(1987)はこれを、詳細には「特設－目的型」と呼んでいる）であるという点が本質的な特徴である。

(3)設定型

このタイプは、授業の中で「問題づくり」や「問題設定」を行おうというものである。このタイプの指導は、主体的に問題設定をしたり問題解決に取り組んだりできるような力の育成を目指すものではあるが、もちろん、同時に広い意味での問題解決能力の育成という目的も射程に入れるものである。

ここで注目すべきは、(1)と(2)のタイプである。

(1)の方法型は、「...日本で最も多く行われている問題解決を生かした指導である」(石田,1991,p.165)という指摘もあるように、現状では多くの授業が、明に暗にこのスタイルをとっていると思われる。また、今日「問題解決型授業」や「問題解決的な授業」と呼ばれるものの多くは、この範疇に入るものであろう。さらに、片桐(1988)の「...算数・数学の学習は、ほとんどが問題解決の過程をふんでいるといえるし、またそのようにされることが望ましい」(p.12)といった指摘などは、いかに「方法型」の問題解決指導が日常的な授業の中に浸透しているかを示すものであろう。

他方、(2)の特設型は、その名の通り、あくまで通常の授業とは異なる特別な場を設けての指導であり、教科書に占める特設単元の割合やその授業時間数は日本では比較的少ないといってよい[4]。対して、1980年代の米国では(2)の特設型の指導が多く見られたという指摘がある(例えば、飯田,1990,p.140;石田,1991,p.165)。そして、*Agenda* から約10年が過ぎ、*Curriculum and evaluation standards for school mathematics* (National Council of Teachers of Mathematics,1989) が出るに及んで、以下の引用にあるような、方法型に近い問題解決指導の捉え方が登場するに至ったのである。

> *問題解決は、数学カリキュラムの中心的な焦点でなければならない。問題解決は、それ自体、全ての数学指導の主要な目標であり、全ての数学的活動の必要不可欠な部分である。問題解決は、個別的なトピックではなく、教育課程全体に浸透すべきプロセスであり、概念や技能が学習されうるその文脈を与えるプロセスでもある。*(p.23)

このように、「問題解決指導」に関して言えば、米国では、1980年代当初は特設型の研究が主流を占めており、約10年を経て方法型の捉え方が勃興してくるに至ったのに対して、日本では、80年代当初より一貫して方法型が主流を占めていたのである[5]。しかしながら、この差違はどこから生じたのであろうか。

日本の「問題解決指導」が方法型に席巻されるに至ったのにはいくつかの理由が考えられるが、主たる原因は、日本ではカリキュラムと教科書の制限が非常に強く（しかも、その内容の割には授業時間数が多くはない）、カリキュラム内容に関する概念形成や知識理解、技能獲得に、指導の目的が傾倒しがちである所にあろう。「方法型」は、この種の目的を第一義に置くものであるが、それはむしろ、この種の目的と問題解決能力の育成という目的の２つの目的を同時に達成しようとする一つの妥協的解決策として登場し、普及したものとも考えられるのだ。

2.2. 方法型における典型的な授業のプロセス

日本では、1980年当初より「方法型」として定着してきた問題解決指導は、先にも述べたように、問題解決のプロセスに沿って授業構成を行うという（授業構成上の）方法論を持つのが特徴である。もちろん、その具体的な授業のプロセスに関していえば、そこにもいくつかのタイプが見られる。しかし、中原(1995)の「方法型による教授・学習にはいくつかのタイプがあるけれども、基本的には「理解→計画→実行→検討」の４段階からなるPolya型ないしその修正に基づくものが多い」(p.89)という指摘を考慮に入れれば、

(i) Polya(1957)の４段階そのもの、あるいはそれを踏襲したと考えられるもの

(ii) Polyaの４段階を踏襲しないもの

という２つのカテゴリに分けて考えるのが適当であろう。

(ii)において様々なタイプがあるのは当然のことであるが、(i)についても、細かく見ればさらにいくつかのパターンが存在する。

例えば、東京都中央区立坂本小学校(1983)は、明示的にポリアの４段階「問題理解；解決の計画；計画の実行；解決の検討」に言及し、それをそのまま授業過程として受け入れている(p.26)。また、石田(1991)は、「(1)つかむ(問題の把握、理解)；(2)みつける(解決方法の見通し、発見、実行)；(3)のべる(各自の解法の発表、確認)；(4)ねりあげる(多様な解法の比較、練り上げ)；(5)まとめる(練習、まとめ)」(p.169)といった５つのプロセスを例として挙げている。これは、括弧内の具体的な活動を見る限り、明らかにPolyaの４段階を踏襲したものだと考えられるが、石田(1991)自身はPolyaの４段階に明示的には言及していない。この５つのプロセスに類似し、やや簡略化されたものとして、古藤他(1992)の「問題をとらえる；自力解決する；比較検討する；適用・発展させる」(p.33)という４つのプロセスが挙げられるが、ここでもPolyaの４段階は明示的には言及されていない。しかし、坪田(1999)は、こららと似た「問題把握；自力解決；練り上げ；まとめ」というプロセスを示して、これがPolyaの４段階の準ずるものであると指摘しているので、上の両者は共にPolyaの４段階を踏襲し、発展させたものと考えてよいだろう。

以上のように、(i)のカテゴリの方法型の問題解決指導をいくつか見てきたが、これらは、いずれも何らかの形でPolyaの4段階を踏襲していると見てよい。そして、坪田(1999)や正木(1997)も指摘するように、典型的には「問題把握→自力解決→練り上げ→まとめ」というプロセスで、今日の多くの授業が構成され実施されているのも実態なのであろう。

3．問題の所在

上述したように、典型的な方法型の問題解決指導は、「問題把握→自力解決→練り上げ→まとめ」といったプロセスで構成され、進行することが多いようである。しかし、これを巡っては、いくつかの問題点が指摘されている。

例えば、坪田(1999)は、このプロセスに凝り固まっていると「…子どもが素直に考えることができず、算数の授業が面白いと感じられないものになる。もっと素直な疑問、興味を全面に出して授業を行っていくべきである」(p.531)として、その硬直した授業スタイルからの脱却を訴えている。また、正木(1997)も、子どもが授業の中で主体的に活動できるようにするためには「「授業者が何をするか」という思想で段階に区切り、その段階に沿って授業を展開するという方法は諦めるしかない」(p.157)とまで述べている。他にも、「問いと解決の連続性」を重視し、比較的早い時期から、いわゆる問題解決の一般的プロセス論に異義を唱える手島(1985)の主張もあるし、Polyaの4段階を想定するにしても、それらは段階的に進むものではなく巡回的に進行するものだとする主張もある(例えば、Wilson *et al.*,1993)。

以上のように、方法型の問題解決指導をめぐって様々な議論がある。ただし、上記のいずれも、「子どもの主体性や子ども自身の問題意識、さらには授業の中で生まれた新たな問いを大切にしようとする立場」に立ち、その授業プロセスの硬直性を批判したものだという点では共通性がある。とすると、2.2節で指摘したPolyaの4段階を踏襲する典型的なプロセスを踏んで指導を行おうする立場は、「授業の目標とクラス全体での授業進行を大切にしようとする立場」で議論していると見ることもできよう。両者を対比的に見ることは可能だが、もちろん、それらは対立的なものではない。むしろ相補的なものである。前者の立場においても、問題解決のプロセスそれ自身や「問題解決のプロセスを踏むこと」を全否定するものではないだろうし、「問題解決のプロセスを大切にしよう」という理念に関しては賛同を得るものとして肯定されるだろう。また、後者の立場においても「子どもの主体性や彼等自身の問いを大切にしよう」という理念を否定するものではないだろう。

この両者の調停は次節に譲るが、典型的なプロセスを踏む授業に関する問題意識や、それに対する批判が生ずるに至った素朴な理由はここでも指摘できる。それは、典型的な4段階で構成される授業の中には、「問題解決のステップが教師のためのものに見える」(黒沢,1994,p.20)授業があったり、「個々の段階が、単なる授業者の実行プログラムになっているのではないか」(正木,1997,p.154)という疑念が生ずる授業が、多々あったからなのではなかろうか[6]。その理念がドグマ化し、形式が残っているだけだとすれば批判されてしかるべきであり、真の問題はそこにこそ

あることになろう[7]。

４．議論

4.1. 偶発的モデルと予期的モデル

前節では、方法型の問題解決指導における「子どもの主体性や子ども自身の問題意識、さらには授業の中で生まれた新たな問いを大切にしようとする立場」と「授業の目標とクラス全体での授業進行を大切にしようとする立場」について指摘した。これらは、Kilpatrik & Silver(2000)が授業構成のモデルに関して言うところの偶発的モデル (contingent model) と予期的モデル (anticipant model) にそれぞれ対応すると思われる。偶発的モデルとは、「指導の道筋は授業の中で生まれてくる」(p.226)と考える立場であり、その目標を、子どもたちが「各自の理解とお互いの理解を成長させるのを助ける」(p.226)ところに置く。他方、予期的モデルとは、授業の目標を大切にし、「事前に注意深く練っておいた道筋に従おう」(pp.226-227)とする立場であり、そこでは、子どもたちが「自分達の理解を向上させるべく様々な問題解決の仕方を認識し、理解し、批判するのを助ける」(p.227)といったところに主眼が置かれることになる。

もちろん、この両者の考え方はいずれも大切である。どちらが良いとか悪いとかいった選択を迫ることは、それが再びドグマ化する危険性を孕んでいる。例えば、問題把握からまとめへと向かう一般的な段階論を否定し、全面的に子どもの問題意識から授業構成を行おうとすることは、その授業の目標に対する教師の意識を相対的に小さくすることに繋がりかねない。子どもの反応や授業の中で生まれる問題意識を、その後の展開までも含めて全て予想し制御することが事実上不可能であることに自覚的でないままそれを行おうとする時には、特にそうなるであろう。極端な場合、子どもたちの問題意識を拾い上げることに終止し、その授業で残ったものは子どもたちの散漫な発言だけだったということにもなりかねない。そして、子どもに散々発言をさせた後に、授業の最後に、とってつけたようなまとめを「教師自身が」してしまうなら、「子どもの問題意識を大切にしよう」といった理念はうわべだけのもので、当初の理念は形式に堕することになろう。

先に述べた２つの立場、あるいは２つのモデルの調停は実に難しい課題だが、「この両者の間での葛藤は、数学教育に携わる者が、自分の実践を批判的に振り返ってみようとする際の一つの出発点になりうる」(Kilpatrick & Silver, 2000, p.227)ものである。例えば、それぞれのモデルが実際の授業構成の中でどのように機能するのかを見極め、具体的にどういった授業場面やプロセスの中で両者の葛藤が解消したのかという事例を収集していくこと（そして、その分析していくこと）は、挑戦しがいのある課題ではなかろうか。

4.2. 「振り返り」活動について

３節では、方法型の問題解決指導における典型的な授業プロセスが批判にさらされる理由について指摘した。それは、問題把握から自力解決と練り上げを経てまとめへと至る「個々の段階が、単なる授業者の実行プログラムになっているのではないか」(正木,1997,p.154)、つまり、その４

段階は形式として機能しているだけではないのか、という問題点である。その問題の解消は、最終的には、個々の教師の反省的実践に託されることになろうが、そのような自己の実践に対する自覚的な振り返りを手助けするプロットはここでも用意できるかもしれない。

そもそも、先に指摘されたように、方法型の問題解決指導のプロセスは多かれ少なかれPolyaの４段階に依拠している部分がある。その意味では、Polyaの４段階に立ち返って、各々のプロセスの機能に関する吟味をすることは大切なことである。Polyaの４段階すべてを扱うことは紙面の制限がそれを許さないので、ここでは「振り返り」の段階に焦点を当てることにする。

Polyaの４段階における「振り返り」の段階は、通常、授業の「まとめ」のプロセスに対応するものとして位置付けられることが多い。しかもそれは、「答えの確認」の段階といった比較的軽い扱いを受けることが多い。しかし、『いかにして問題をとくか』(ポリア,1954)の表紙裏の「振り返り」の箇所には、以下の３つの項目が付されている。

◇結果をためすことができるか。議論をためすことができるか。

◇結果をちがった仕方でみちびくことができるか。それを一目のうちに捉えることができるか。

◇他の問題にその結果や方法を応用することができるか。

ここで注目すべきは、１番目と２番目以降では、内容的にその性質を異にしているということである。１番目は、解決終了時に得られた答えが当該問題の問いを満足するものであるか否かを「チェックせよ」という指摘であり、当該問題の問いという文脈を越えてはいない。他方、２番目と３番目は、別解を考えたりその問題構造を洞察できるか否かを問うている。さらには、結果や方法の他の問題への適用など、当該問題の問いという文脈を越えた問題設定的な文脈にまでその方向性を広げている。さらに、ポリアは「解答を振り返ってみることは問題の間の関連を調べるのに絶好の機会である」(1954,p.19)と、問題間の関連性や類似性の認識に関わる活動をも推奨しており、知識の整理といった役割をも強調しているようである[8]。

我々は、Polyaの考えにまで遡って「振り返り」段階の機能を検討してみた。問題解決指導における「まとめ」段階がPolyaのこの段階に対応すると単純に考えれば、「まとめ」の段階の機能は上述のようなものとして捉えられることになり、その理念を具体化しようとするなら（すなわち、その段階を授業者の実行プログラムに堕さないためには）、「まとめ」の段階で、我々は子どもたちの活動を上述の様なものとして組織化しなければならないのである。

４．おわりに

本稿では、1980年以降の日本の問題解決指導、特にその「方法型」と呼ばれる指導を巡る批判に焦点を当てて議論した。その批判の核心は、方法型の問題解決指導で典型的に採用される「問題把握→自力解決→練り上げ→まとめ」というプロセスが単なる形式に堕してはいないか、という疑念にあった。その疑念の否定的解消は個々の教師の反省的実践に託されることになろうが、ここでは、その出発点ともなるべき各段階に対する自覚的反省を、Polyaの「振り返り」段階を例として簡単に具体化してみた。実際の指導場面をもとにしたより具体的な論考や、偶発的モデ

ルと予期的モデルとの間の葛藤の解消に関する問題については、さらなる課題である。

註

[1] 「問題解決」を巡る議論は、その用語の多義性故に米国でも1980年当初からかなり混乱をきたしていたように思われる。これは、例えば、Branca(1980)やStanic & Kilpatrick(1988), さらには、Schoenfeld(1992)に典型的に見られるように、常にその用語の意味の確認作業がなされるところに、その跡を見ることができる。

[2] もちろん、大正末期から戦前にかけてJ.Deweyの教育思想が輸入されていたとすると、日本には戦前にも「問題解決」という用語はあったと言える(もちろん、Deweyの思想を色濃く反映させたカリキュラムの実施は戦後の生活単元学習であろう)。また、黒表紙教科書の「四則適用問題」や緑表紙教科書の「イロイロナ問題」「事実問題」等、所謂「文章題」に関する研究は戦前でも盛んであり、その意味では、戦前にも日本独自の問題解決研究が多くあったということもできる。しかし、本稿では、あくまで1980年以降の「問題解決」に文脈を限定したい。というのも、本稿では、今日的な問題解決指導に関する問題を扱っており、しかもそれは1980年以降の米国発信の問題解決研究にその多くを負っていると考えられるからである。

[3] 問題解決指導の類型化には他にも諸説様々な類型化があるが、例えば、古藤(1998)は、(1)の方法型と(2)の特設型に対応するようなものとして、それぞれを「問題解決TYPE I」と「問題解決TYPE II」と呼んでいる(p.22)。このように、ここでの石田の類型化は、かなり有力かつ強力な考え方だと思われる。

[4] 例えば、中学校における「課題学習」と方法型の問題解決指導との現場での定着具合を比較してみればよい。

[5] 一方では問題解決能力の育成という目標を掲げつつ、他方ではカリキュラムの策定により具体的な教育内容が目標として固定されたとき、その指導の方向性が奇妙な類似性を帯びてきたことは非常に興味深い。もちろん、これが偶然なのか必然なのかに関する議論は本稿の範囲を越えるものである。

[6] 筆者にも、教育実習生の授業に関して同様な経験がある。教育実習生の授業を何度見ても、見る度毎に判で押したように、授業が「問題把握→自力解決→練り上げ→まとめ」というプロセスで、しかも一方的に進行するのである。もちろん、型通り、授業案通りの授業を一通りできることは大切であり、教育実習はそのための基礎訓練の場としてみれば、筆者の感ずる問題意識は的外れなものになる。しかし、その際、その基礎訓練がいつまで容認されるかという点と、「なぜそのプロセスを踏む(べきな)のか？」という自覚的反省がいつ訪れるのかという点は、新たな問題となろう。

[7] ここにきて、我々は、ヘルバルトの形式的五段階説に対する批判を思い起こすことができるが、本稿でそれについて詳細に述べる余裕はない。

[8]　しかし一方では、「振り返り」という活動自体は、それについてのかなりの指導がなされた後でさえ自発的にする生徒は少ないという報告があったり(Kantowski,1977)、実際の指導においても軽視される傾向が強かったとも指摘されてきている(Taback,1988)。例えば、Sowder (1986)は、Polyaの４段階では、とりわけ２番目の「計画をたてること」という活動に指導上の興味が集中し、「振り返り」のステップは無視されがちであったと指摘しているし、高橋(1991)は、研究に関してもそういった興味の集中の傾向があることを指摘している。

引用文献

飯田慎司(1990). 問題解決. 岩合一男(編), *算数・数学教育学* (pp.135-149). 福村出版.

石田忠男(1987). 問題解決指導のための教材開発. 石田忠男,川嵜昭三(編著), *算数科問題解決指導の教材開発* (pp.11-28). 明治図書.

石田忠男(1991). 問題解決.数学教育学研究会(編), *新算数教育の理論と実際* (pp.163-178). 聖文社.

片桐重男(1988). *問題解決過程と発問分析*. 明治図書.

黒沢志津夫(1994). 本当に「個を活かす」学習をしているか？. 算数授業研究会(編), *問題解決学習を問い直す：ハテナとナルホドがある算数授業をめざして*(pp.19-25). 東洋館出版社.

古藤怜(1998). *コミュニケーションで創る新しい算数学習：多様な考え方の生かし方*. 東洋館出版社.

古藤怜・新潟算数教育研究会(1992). *算数科多様な考えの生かし方まとめ方*. 東洋館出版社.

高橋のぞみ(1991). 数学の問題解決における「振り返り」に関する一考察. *学芸大数学教育研究,第3号*,141-152.

坪田耕三(1999). 固定化された算数授業からの脱却を. *日本数学教育学会第32回数学教育論文発表会論文集* (pp.531-532). 横浜国立大学.

手島勝朗(1985). *算数科問題解決の授業*. 明治図書.

東京都中央区立坂本小学校(1983). *算数科問題解決能力の育成：よい問題の開発と指導法の改善*. 明治図書.

ポリア,G.(著)・柿内賢信(訳)(1954). *いかにして問題をとくか*. 丸善. (Polya,G.(1957). *How to solve it (2nd edition)*. Princeton,NJ: Princeton University Press.)

中原忠男(1995). *算数・数学教育における構成的アプローチの研究*. 聖文社.

正木孝昌(1997). 初等数学の授業構成とその改革. 日本数学教育学会(編), *日本の算数・数学教育1997：学校数学の授業構成を問い直す*(pp.153-162). 産業図書.

Branca,N.A.(1980). Problem solving as a goal, process, and basic skill. In S.Krulik & R.E.Reys(Eds.), *Problem solving in school mathematics: NCTM 1980 Yearbook* (pp.3-8). Reston,VA:National Council of Teachers of Mathematics.

Kantowski,M.G.(1977). Processes involved in mathematical problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education, 8*, 163-180.

Kilpatrick,J. & Silver,E.A.(2000). Unfinished business: Challenges for mathematics educators in the next decades. In M.J.Burke & F.R.Curcio(Eds.), *Learning mathematics for a new century:NCTM 2000 Yearbook* (pp.223-235). National Council of Teachers of Mathematics.

National Council of Teachers of Mathematics.(1980). *An agenda for action*. Reston,VA:National Council of Teachers of Mathematics.

National Council of Teachers of Mathematics.(1980). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics.* Reston,VA:National Council of Teachers of Mathematics.

Schoenfeld,A.H.(1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D.A.Grous(Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp.334-370). New York: Macmillan.

Sowder,L.(1986). The looking-back step in problem solving. *Mathematics Teacher, 79* (7), 511-513.

Stanic,G., & Kilpatrick,J.(1988). Historical perspectives on problem solving in the mathematics curriculum. In R.Charles & E.Silver(Eds.), *The teaching and assessing of mathematical problem solving* (pp.1-22). Reston,VA:National Council of Teachers of Mathematics.

Taback,S.F.(1988). The wonder and creativity in "Looking Back" at problem solutions. *Mathematics Teacher, 81* (6), 429-434.

Wilson,J.W., Fernandez,M.L., & Hadaway,N.(1993). Mathematical problem solving. In P.S.Wilson(Ed.), *Research ideas for the classroom: High school mathematics* (pp.57-78). New York,NY: Macmillan.