

第三章 結 び

I 学業成績の劣る子どもの思考の特徴

1 正確な概念をもっていない

- 四角形というコトバと正方形の図形が結び付いていたり<6>、共通というコトバを知っていてもその意味を理解していなかったり<8>、2つに分けることと二等分を混同したり<3>、垂直と直角を別のもののように考えたり、またそのことを図や式で表わすことがむずかしい<219>。

このように、用語や記号とその対象(図形や操作)との結び付きが正確でなかったり、誤っていたり、あるいは用語相互の関係の理解がじゅうぶんでない。つまり正確な概念をもっていないことが多いのである。

2 思考がかたく、かつ理解がおそい

- 古い知識や操作がかたく定着していて、新しい知識や操作が容易に身につかない。

四角形というコトバと、正方形や長方形の図形がかたく結びついていて、一般的な四角形の図形と四角形というコトバとが容易に結びつかない<6>。また新しい思考様式が容易に身につかなく、古い様式がたびたび表われて<180>、新しい様式と古い様式が混乱して誤りをいっそう多くおかす<188>。思考段階の2回ある問題はたいそうむずかしい。つまり新しく学習した、思考段階の2回ある問題に対する思考様式が容易に身につかなくて、それまでの思考段階が1回の思考様式を、いわゆる紋切り型に繰り返す<194>。

- 数学的観点が身につかない。

三角形合同の条件は知っていても、その知識が問題解決の観点として表われてこない<226>。数学的観点を変更することがむずかしい<263>。1つの観点だけで考えている<120>。

- 問題の定式変えがむずかしい。

基本問題を補助問題に定式変えすることがむずかしい<226>。

- 多くの繰り返しによってようやく理解する<144>。
- 定式変えしてもその理由がわからない<267>。
- 等式変換によって新しい等値関係を導く操作は容易に理解できない<228>。

3 直観的思考にたよることが多い

- 直観的思考にたよることが多い。

論証の初めから終わりまで直観的思考によるもの<106>。

論証の初めは直観的に、終わりは論理的思考によるもの<84>。

- 論証過程において、直観的思考と論理的思考が混在して、論点窃取の誤りをおかすもの。

理由と帰結をとり違えているもの<141>。

証明しなければならぬことを証明しなかったり<275>。

証明しないことを前提にしたり<265>。

循環論証をおこなったりする<246>。

- 図形より推論する。

問題の解決方法は図形からだけ考えている<13>。

式によるより、図形による推論が容易である<271>

- 分析的思考力がよわい。

問題を目標や条件に分析することがむずかしい<92>。

目標や条件をその要素に分析することがむずかしい<224>。

- 知識や操作の抽象化・一般化がむずかしい。

図形や操作を抽象的一般的に判断できないで、個別的に実在的に見たり考えたりする。つまり彼らの図形は、そこにかいてある図形そのものであって、概念的図形でなく、操作もそのときおこなった操作そのものであって操作一般ではない。したがって練習の転移がむずかしいのである<134>。

4 論証の筋道がわからない

- 論証の筋道がわからず、解決の見とおしがつかないことが多い。

論証の筋道がわからないもの<116>。

解決の見とおしがつかないもの<109>。

- 操作によって証明の全体構造がこわされる。

操作によって目標を失ってしまう<134>。

操作によって目標を書き忘れる<238>。

5 表現が未熟である

- わかっていることもうまく話せない<246>。

- 話せることもうまく書けない<277>。

- 簡単な図形もうまくかけない<6>。

- わかっていることを式で表わすことがむずかしい<13>。

II 学業成績の劣る子どもに対する学習指導の要点

研究仮説にもとづいて実験的学習指導を試みた結果について、一応ここでまとめておくことにする。

次に述べる学業成績の劣る子どもに対する学習指導の要点は、その内容については研究仮説のところであふれてあるため、ここでは重複をさけて省略するので、研究仮説のそれぞれ該当する項を参照願いたい。ここでは実験的学習指導の結果、つけ加えなければならぬと考えることについて述べることにする。

1 話しコトバを重視する

第一章にかかげた「論証の段階」のB段階（話しコトバの段階）は、すぐれた子どもの指導においては省略してよいことも多いと思われるが、劣る子どもの指導では重要な段階である。劣る子どもは、コトバによる思考である抽象的思考が未熟であるため、書きコトバより容易な話しコトバによって、抽象的思考を伸ばすことが有効であると考えられる。次に最もむずかしいと考えられる数学的観点や方法を身に

つけさせる指導について述べる。

学業成績の劣る子どもは、数学的観点や方法が容易に身につかないが、次のように話しコトバを重視することによって、観点、方法を身につけさせることが効果的と考える。

学業成績の劣る子どもは、知識をもっている、それが生きた知識としてその機能を発揮しない。つまりその知識は観点、方法とならない。したがってその指導には、知識を問題場面に適用させ、その経験、つまり具体的操作を、抽象的なコトバによって表現させなければならない。それとともに、抽象的なコトバによって表現された操作、つまり形式的操作は、逆に、具体的操作で例示させる必要がある。具体的にいえば、ある問題を実際に論証させ、その論証を、その問題から離れてできるだけ抽象的に説明させると同時に、論証の一般的過程を、事例によって説明させることである。このように指導して、具体的操作とコトバとの一体化を図り、経験を一般化することによって、その知識は、観点、方法としての機能を発揮するようになると思われる。

2 話しコトバと書きコトバと図形と式が一体になるように指導する

論理的思考が発達して、概念がただその記号であるコトバによって、自由に思考することができる時期は、およそ12、3才の頃であるとしても、学業成績の劣る子どもの論理的思考の発達は、これより相当おくられているように思われる。それにしても、図形の論証は、高度の論理的思考であるため、論証の指導には、彼らの概念作用を大いに助長しなければならないことになる。

論理的思考は、コトバによる思考であるから、子どものコトバは、それが代表する物事に正しく関連づけられなければならない。研究や調査によって明らかにされたとおり、すぐれた子どもに比べて劣る子どもは、この関連が正しくおこなわれていない。コトバは知っていてもからっぽであったり、そのコトバの意味を図形で表わせなかったり、式に書けなかったり、またその式をコトバで説明できなかったりする。したがって、コトバとその対象の正しい関連を図るためには、話しコトバと書きコトバと図形と式との相互の関連が自由におこなわれるように、つまり、4つのものが同じ意味をもっていることを理解させると同時に、同じ意味を4つの形で自由に表現できるように指導しなければならないと考える。

このような指導を繰り返すことによって、概念や法則が明確になり、課題も深く理解できるようになると思われる。この繰り返しの過程においては、「類似のものと比較させる。」ことを忘れてはならない。

この繰り返しには、研究仮説で説明したカードの使用が有効である。

3 作図を重視する

正確な作図をさせることは時間を多く必要とするので、学習時間の不足している日常の授業では、この正確な作図がおろそかにされているように思われる。すぐれた子どもは、概念作用が発達しているために図形を概念的に考察できるのであるが、劣る子どもは、その図形を個別的に実面的に見ている。したがって、作図の具体的操作を繰り返すことによって、概念的に図形を考えられるように導く必要がある。特にすぐれた子どもは、コンパスや定規をつかわない不完全な円や平行四辺形によっても問題を解くことができることは日常われわれの経験しているとおりであるが、これは図形を概念的に考えることができるからである。現在の教科書の問題は多く図形がかいてあるので、子どもはわざわざ長時間をつかって図形をかく必要が少なくなっている。このような事情から作図が軽視されることは、劣る子ども

にはのぞましくないと考えられる。

4 表現技能を身につけさせる

等式変換から新しい等値関係を導く操作 $\langle 113 \rangle$ 、 $\langle 228 \rangle$ がたいそうむずかしい。学業成績の劣る子どもは、このような操作を説明することもむずかしいので、記述することはいっそうむずかしくなる。もっとも応答調査によると、すぐれた子どもでも、このような操作の記述はたいそうむずかしいようである。しかし、このような操作を理解させると同時に、書きコトバによる表現に習熟させて、1つの表現技能として身につけておかなければならないものと思われる。

5 重要なことを書き留めさせる

証明過程の目標を書き留めさせること、等式などの成立する理由を書かせることなどは効果的である。目標分析、条件分析の結果を書き留めさせることは、一時的な取り扱いであって、分析に習熟したのちは、とりやめることにする。結論(目標)の定式変換の結果も、書き留めさせることがよいと思われる。

6 思考の切り替えの訓練をすること

学業成績の劣る子どもの特徴の1つは思考がかたいことである。問題解決において、問題の条件が変わっても、その条件に適応した思考様式に切り替えることがむずかしく、前と同じ思考様式で、紋切り型な応答をする。

10この調査問題に対して全問題正答者は生徒A₁の1人であったが、この子どもは、ほとんどの問題を、最も適した条件を使って解決している。生徒A₁は思考の切り替え、つまり観点の変更がなめらかにできるのであって、このように観点変更がなめらかにできることが問題解決には重要なことである。

問題解決には、いろいろの筋道のあることが多いが、そのなかで最も適切な筋道をとった応答をなすことがマッスグナミチの証明であって、これには、多くの異なる観点をつぎつぎに変更して、最も適切な観点にたって考えられなければならない。観点を決定するには2つの相反する方向がある。1つは対象(問題構造)を主体(解答者)のスキーマ Schema に同化させる方向と、他は、対象に主体のスキーマを調節する方向である。この同化作用と調節作用とが、均衡することがたいせつである。この均衡がとれているから生徒A₁はマッスグナミチの証明をしているのである。紀要には記載しなかったが生徒A₃の応答は、10この平行四辺形に関する調査問題の中で、4この問題を、2組の対辺相等の条件によって応答している。2組の対辺相等の条件が、その問題を解決するに最も適切であるときは、マッスグナミチの証明になるが、適切でないときは、証明に失敗したり、正答であったとしても、いわゆるマワリミチの証明になる。生徒A₃は、2組の対辺相等の条件のスキーマが強力すぎて他との均衡がとれず、対象を強力に主体のスキーマに同化しようとしているのである。したがって観点の変更がなめらかにおこなわれたとはいわれぬ。このように観点の変更がなめらかにおこなわれるためには、いろいろの観点がどれもじゅうぶんに身につけていることが前提になる。

観点の変更は、思考の切り替えであるが、それとともに数学的方法の変更もここでは思考の切り替えと考える。

このように思考の切り替えは、すぐれた子どもにおいても容易でないのであるが、学業成績の劣る子

どもは、いっそう困難になりこの思考の切り替えの困難なことを思考がかたいということにする。

学業成績の劣る子どもは、1つの観点だけで考えて観点の変更がほとんどできない。その1つの観点も直前に経験したものであって、問題構造が変わっても、同一の観点・方法で問題を解決をすすめる。いわゆる紋切り型の応答をする。この理由の1つは、劣る子どもは、1つの観点・方法を身につけているにすぎないからといわれよう。したがって必要ないろいろの観点・方法を身につけさせる指導が必要になる。つまり劣る子どもは、思考の切り替えを指導するには、それ以前に、いろいろの観点や方法を身につけさせておかなければならないことになる。思考の切り替えの学習は、2つの三角形合同の証明のように比較的容易の問題がよいと思われる。ところで、三角形の問題において学習された思考の切り替えの能力は、平行四辺形の問題には転移しない。したがって再び同じ学習を繰り返すことになる。しかしこの学習の効果は能力差によっても異なる。学業成績の劣る子どもは、能力の高いものと低いものの2組に判然と分かれる。能力の高い組をC群とし、低い組をD群とする。C群とD群とでは、理解の速度においても、思考のかたさにおいてもたいそう違っている。

C群の子どもは、簡単な問題においては比較的容易に思考の切り替えの学習の効果が表われるようであるがD群の子どもはその効果は容易に表われない。特に、思考段階の1回ある問題から2回ある問題への思考様式の切り替えが容易でない。これは、1つには、思考段階の1回ある問題に対する思考様式がじゅうぶんに身につけていないことが大きい理由である。したがって、思考段階の1回ある問題の思考様式をじゅうぶんに身につけさせること、次に、思考段階の2回ある問題の思考様式を、1回ある問題と同様な方法で身につけさせる。つまり思考段階の2回ある問題の論証過程の構造を新しく身につけさせることである。D群の子どもは、この構造を身につけさせるに、たいそう多くの繰り返しの学習が必要である。

思考のかたさを除く指導をまとめて述べると次のようになると思われる。まず、C群の子どもとD群の子どもでは、その指導に大きな違いがあることである。

C群の子どもに対する思考の切り替えの指導は、

- ・ いろいろな観点・方法を、どれもじゅうぶんに身につけさせること。
- ・ 思考の切り替えを必要とする教材の体系をつくり、それによって練習させること。
- ・ 1つの問題をいろいろの観点・方法によって解く練習をさせること。

D群の子どもに対する思考の切り替えの指導は、

- ・ 比較的容易な問題でC群の子どもとおなじ指導を繰り返す。

7. 明確な目標をもった繰り返しを重視する

学業成績の劣る子どもは、指導の繰り返しが重要であって、これまでかかげた6つの事項も、それぞれの指導の目標を教師が明確に意識し、繰り返しの方法をくふうして指導にあたらなければならないと思われる。繰り返しの方法については、それぞれの項で詳細に述べたとおりであるが、繰り返しの目標については、これまで述べたことを次のように4つにまとめることができる。

知識を理解させ、定着させるための繰り返し。

知識を抽象化、一般化させるための繰り返し。

表現技能を身につけさせるための繰り返し。

数学的観点や方法を身につけさせるための繰り返し。

実験的学習指導の結果を、研究仮説のとおり、以上のように7つにまとめた。

学業成績の劣る子どもの、能力の比較的の高いものをC群、低いものをD群と2つ分けられることはさきにも述べたが、C群の子どもは、この短時間の実験的学習指導においても相当の学力の向上がみられる。この7つの学習指導の要点による指導によって、C群の子どもの学力をB群の子ども（中位群）以上に向上させることができるように思えた。

D群の子どもは、実験的学習指導によっても、大きな学力の向上がみられなかった。特に生徒D₁は図形の論証は不可能ではないかと思われたこともあった。しかし、生徒D₁も、教材の順序を適正にし指導時数を多くすることによって、学習効果を期待できると考える。

ペーパー・テストによる調査結果の分類表やその応答分析によると、B群とC群とでは、学力においても、思考の様態においても大差のないことがわかる。したがって、図形の論証においてはB群も、学業成績の劣る子どものように、この7つの要点によって学習指導をすることは効果的であると考える。

おわりに

この研究を実施するにあたり、協力校としてご協力をいただいた学校の職員ならびに子どもに深く感謝の意を表わすものである。ただペーパー・テストによる調査結果の分類表のように学業成績の結果がはっきり表われているので、学校名は省略させていただくことにした。

この研究を担当したのは 大森忠勢・片桐安治 で、執筆したのは 大森忠勢 である。

参 考 文 献

- | | | |
|-----------|---|---------------------|
| S・1・ハヤカワ著 | 大久保忠利訳 | 思考と行動における言語（岩波現代叢書） |
| メンチンスカヤ他著 | 駒林邦男訳 | ソビエト学習心理学（明治図書） |
| 中桐確太郎著 | | 論理学綱（大観堂） |
| 沢田允茂著 | | 現代論理学入門（岩波新書） |
| 中野佐三他編 | | 問題解決の心理（牧書店） |
| ヴィゴツキー著 | 紫田義松訳 | 思考と言語下（明治図書） |
| ルビンシュティン著 | 石田幸平訳 | 思考心理学（明治図書） |
| ピアジェ著 | 波多野完治他訳 | 知能心理学（みすず書房） |
| 安達 久著 | | 教育心理学提要（啓文社） |
| メンチンスカヤ著 | 紫田義松他訳 | 算数教育の心理（明治図書） |
| 岩波講座 | | 現代教育学9—数学と教育（岩波書店） |
| 研究紀要第29集 | 算数・数学科における思考過程とその指導〔1〕 | 新潟県立教育研究所 |
| 研究紀要第36集 | 算数・数学科における思考過程とその指導〔2〕
—文章題指導の実験的研究— | 新潟県立教育研究所 |
| 研究紀要第43集 | 算数・数学科における思考過程とその指導〔3〕 | 新潟県立教育研究所 |