資料

誤った知識の組み替えに関する一研究

麻 柄 啓 一*

A STUDY ON THE STRATEGY OF REMOLDING STUDENTS' MISCONCEPTION AND ITS MECHANISM

Keiichi MAGARA

This paper deals with students' misconception and the process that a new concept displaces it. Many students think that plants growing from bulk (e. g. tulip) have no seed in the flowers. To correct such misconception, the control group was given reading material describing the fact that tulip has seed in the flower and could be raised. The experimental group was given reading material describing the reason why a tulip was raised from a bulk while it had seed in the flower. The main results were as follows. (1) More Ss in the experimental group abandoned their misconception and acquired new concept than Ss in the control group. (2) The experimental group was more deeply interested in the given article than the control group. The obtained results were discussed from the viewpoint of the mechanism that a new concept displaces an old one. And a general description was made concerning the teaching strategy used in this experiment.

Key words : misconception, teaching strategy, remolding of knowledge.

問 題

子どもたちは授業という場で教師からさまざまなことを体系的に学ぶだけではなく、日常の生活のなかからも自力でいろいろな事柄を学習している。このようにして獲得される知識はこれまでさまざまに概念化がなされてきた。たとえば永野 (1967), 細谷 (1970) によるル・バー (rū), あるいは Clement, J. (1982) による前概念 (preconception) などがそれである。

このような知識は、計画的、体系的に学習されるわけではないために、誤ったものであることが多い。そしてひとたびこのような知識が獲得されると、それを正しい知識へ修正することは、少なくとも通り一べんの授業では困難なことが多いことが指摘されている。このような知識は科学的には誤っているが、多くの初

学者にとっては疑う余地のない知識となっているといえる。

一般的に言って、これまでの学校教育ではこのような知識の存在を前提として教授活動がなされていたとは言い難い。学習者がこのような知識をもっていることを前提とした教授・学習過程の研究が理論的にも実践的にもすすめられなくてはならない。本研究はある学習内容に即して、学習者の誤った知識を正しい知識へ組み替えるためのひとつの方法の効果を実証的に確かめようとするものである。

このような観点から行われた過去の研究としては、細谷 (1976a) の2つの「くみかえ型ストラテジー」の提案がある。これは今教えようとしているルールの事例の配列原理とその効果に関するものである。またこの枠組みを利用して行われた研究としては、立木・伏見 (1984), 伏見・麻柄 (1986) をあげることができる。しかし本研究で取り扱いたい要因はこれらの研究で扱わ

* 千葉大学 (Chiba University)

れたものとは異なる。具体的な教材の内容に即して説明を加える。

「花が咲けばたねができる」というルールがある。これは種子植物一般に当てはまるルールである。これにたいして初学者は(子どもであるか大人であるかを問わず)、たとえばアサガオにたねができることは容易に認めるものの、「チューリップやヒヤシンスなど球根を植える植物にはたねはできない」とか「ジャガイモなどイモを植える植物にはたねはできない」という誤った知識を持っている。小島(1987)によると中学2年生でチューリップにたねができると答えているのは99人中37人(37%)にすぎない。小学校3年生のあるクラスでは42人中2人にすぎなかった^{**}。彼らは実際にルールが当てはまる範囲より狭い範囲にしかこのルールを適用できないわけである。これは細谷(1976b)のいう「誤れる特殊化」の元^①に当たる。

この誤った知識は変化させにくいものであることもまた指摘されている。ある教師はチューリップにたねはできないとする子ども(小学3年生)の予想を彼ら自身に確かめさせるために、チューリップのめしべの根もと(子房)をカッターナイフで解剖させた。子どもたちはそこに種子(あるいは受粉前のはい珠)をみつけたが、何人かはそれがチューリップの「たね」であることをなかなか認めなかった。ある子どもは、「これが茎のなかを降りていって球根になる」と発言した^{***}。

子どもの考えが誤りであることを示すためにその「証拠」を見せるという方法はきわめてオーソドックスでありまた理にかなっているはずである。しかしこのような方法によっては知識の組み替えが起きない場合があることを先の例は示している。また大人にたいしてチューリップにもたねができることを説明するために、チューリップの花のなかにめしべとおしべがあることを思い起こさせ、それを受粉に結びつけて説明してもなかなか納得を得られないという経験を筆者は持っている。

以上のことを一般化して述べると、自分の知識への信頼感が大変強い場合には、その知識が誤りである証拠(事実)を提示しても、正しいルールが成立する理由をそのメカニズムから説明しても、それらの効果は期待できないといえる。

それではなぜこのような方法では効果が期待できな

いのだろうか。筆者は、「たねができるのなら、どうしてチューリップはそのたねをまかないのか。球根を植えるのはなぜなのか」という学習者の疑問が解消されていないことに原因があると考ええる。実はこの「チューリップは球根を植える」という日常生活での事実こそが誤った知識をもたらした原因と考えられる。したがって、この疑問を解消しないと誤った知識は修正されないと考えるのは妥当なことであろう。

本実験では、「たねができるにもかかわらず球根を植える理由」を学習者に説明する。このことによって正しい知識への組み替えが促進されるであろうという仮説を検証しようとする。また同時にこのような説明は学習者に興味をもって受け取られるであろうという仮説を検証しようとする。これが第1実験の目的である。

この方法を一般化して述べる。誤った知識が成立するにはそれ相応の理由がある。したがって学習者としてはそれなりの「言い分」を持っていることになる。たねができるにもかかわらず球根を植える理由を説明することは、学習者の「言い分」にも理があることを認めたくて新たな説明を加えることになる。したがって学習者の既有知識と正しいルールの間の矛盾は小さくなり、学習者の誤った知識はおさまりがつきやすい。いわば学習者の誤った知識に「処(ところ)をえさしめる」わけである。以下ではこのことを、「学習者の誤った知識を適切に位置付ける」と表現する。

別の例で補強する。同じ太さのニクロム線に電気を流して発熱させる場合(電圧は一定)、「ニクロム線が短いほど発熱量が多い」というルールが成り立つ。これにたいして初学者は「長いニクロム線ほど発熱量が多いはずだ」という誤った知識を持っていることが多い。もしこの知識が「ワット数の大きい電熱器ほど大型である」という日常経験によって成立したものであるとしたら、単に正しいルールを教えるだけではなく、ワット数の大きい電熱器に長いニクロム線が使われている理由を説明しなくてはならない。その説明が「誤った知識を適切に位置付ける」ことにあたる。

本研究では「チューリップにはたねはできない」という誤った知識の修正が扱われている。しかし筆者はこれをさまざまな誤った知識を母集団とした場合の1つのサンプルと考えている。したがって、今回仮説が検証されれば、別の誤った知識の組み替えをめざす場合に1つの手がかりが得られることになる。実験1はこのような教育実践上の意義をもつ。

実験1の仮説は以下のとおりである。正しい知識だけを示すより、学習者の誤った知識を適切に位置付け

^{**} 小石川秀一(高森小学校(宮城県)当時)とのパーソナル・コミュニケーションによる

^{***} 堀内義(両小野小学校(長野県)当時)とのパーソナル・コミュニケーションによる

る説明も加えるほうが、正しい知識と学習者の誤った知識との間の矛盾は小さくなる。したがってそのような説明は学習者に興味をもって受け取られるであろう(仮説1)。また誤った知識の組み替えは促進されるであろう(仮説2)。この場合まず直接的には、取り上げられたチューリップに関して効果が認められるであろう(仮説2-1)。また、球根に関して学習者の誤った知識が適切に位置付けばその知識が一般化されて、球根を植える他の植物に関してもたねができることを認めやすくなるであろう(仮説2-2)。さらに以下の点を検討項目とする。球根以外の原因でたねができるとは認めにくい植物(ジャガイモ)で効果が見られるかどうか。

実験 1

方法

1. 対象者・実験期日

実験はC大学教育学部2年生152人を対象として、1989年2月に教育心理学関係の授業時間内に集団で実施された。

なお本実験に先立って、大学生を対象として予備調査を行った(本実験の被験者とは異なる)。「チューリップにたねができるか」という質問に対して解答を求めたところ、「できる」と答えた者は21人中6人(29%)ときわめて少数だった。このことから大学生を被験者にしても支障はないと判断した。

2. 実験の概要

実験は学習セッションと事後テストセッションからなる。B5判2ページからなる学習冊子を2種類作成し、学習セッションにおいてランダムに配布する。対象者には自由なペースで冊子を読み、面白さの評定を求めた。2種類の冊子は、誤った知識を適切に位置付ける説明が本文に加えられているか否かが異なる。この説明が加えられているほうをE教材(E群)、加えられていないほうをC教材(C群)とする。E群は59人、C群は58人となった。

学習セッションの1週間後に事後テストセッションを実施した。大学の定期試験時に実施したため、事後テストのみを受ける群が新たに設定された。これをT群とする。T群は35人であった。また欠席者が4人あったため事後テストセッションを受けたE群の人数は55人となった。事後テストはB5判の用紙1枚で出題された。

3. 学習冊子の構成

E教材C教材とも次のような構成になっている。

<1ページ>

(教示)「この冊子には質問や読み物がかかれてます。あなたに今からやってもらいたいことは、質問に答えたり、読み物を読んでアンケートに答えることです」

名前の記入を求め、さらに、これまでの理科の植物の勉強がどれくらい好きだったかの評定を5段階(大変きらい—少しきらい—どちらでもない—少し好き—大変好き)で求めた。

<2ページ>

(本文)C教材は約400字である。チューリップの品種の説明に加えて、花は植物の生殖器官であること、受粉するとチューリップのめしべの根もとにたねができること、さらにこれは種子植物一般に当てはまることが述べられている。E教材ではこれに加えて次の主旨の説明が与えられた。「球根を植えると無性生殖であるから親と同一の形質が伝わるのに対して、たねだと有性生殖になり親とは異なる形質をもった子孫ができる。これでは鑑賞植物としては不都合だからチューリップは球根を植える」(約600字)。この説明はチューリップにはたねができるのに球根を植える理由を説明しているので、先に定義した「誤った知識を適切に位置付ける説明」にあたる。両教材の全文をTABLE 1に示す。

(アンケート)読み物のあとで面白さの評定を9段階(非常につまらない—かなりつまらない—割合つまらない—ややつまらない—どちらともいえない—ややおもしろい—割合おもしろい—かなりおもしろい—非常におもしろい)で求めた。さらにその理由を自由記述で求めた。

4. 事後テストの内容

6種類の植物(タンポポ、ヒヤシンス、チューリップ、ホウレンソウ、アサガオ、ジャガイモ)について、たねができると思うものには○、できないと思うものには×、わからないものには?の記入を求めた。

なお、ヒヤシンスは通常球根を植える植物として、ジャガイモは通常イモ自体を(切って)植える植物として取り上げられた。タンポポ、ホウレンソウ、アサガオ、はたねができることがわかりやすい植物であり、いわばダミーである。

結果と考察

植物分野の好みの評定ではC群のほうがE群より若干「好き」という方向に偏る傾向にあった。しかしこれは仮説の検証にとってはむしろ不利な方向であること、また統計的には有意な差ではない($\chi^2=7.23$, $df=4$, $p<0.20$)ことから、以下ではこのまま取り扱う。

9段階で求めた面白さの評定を「つまらない」「どち

TABLE 1 E教材の全文

チューリップの話

皆さんごぞんじのように、チューリップは10月頃球根を植えると翌年の春に花を咲かせます。チューリップには数千種もの品種があります。赤、黄、紫、白、などいろんな色のもがあるし、さらにこれらの色が稿模様になって咲く品種もあります。これらの花がまとまって咲きそうと花畑はとても見事なものです。チューリップは園芸用の栽培植物としていろんな品種が作られてきました。

チューリップの花のなかには1本のめしべと6本のおしべがあります。花粉がめしべの頭にくっつくと、やがてめしべの根もとにたねができます。「花」は植物の生殖器官です。たねを作って子孫を残すために花は咲きます。もちろんたねをまくと新しいチューリップが発芽し生長をはじめます。このことはあさがおでもチューリップでも同じことです。種子植物一般に当てはまることです。

チューリップは花が終わったあと地中に球根をいくつか作ります。球根はもとのチューリップのからだの一部です。生物には体の一部から自分の体をもう一度はえかわらせる働きがあります。植物ではこの働きが特に強いのです。たとえば雑草は刈られても地中に残った根からふたたびはえてきます。チューリップの場合もこれと同じことです。

それではどうしてチューリップはたねをまかずに球根を植えるのでしょうか。もちろんたねをまいてもいいのですが、そうしてできるのは子どものチューリップですから、もとのチューリップと違う遺伝子を持っています。ですからもとの花と同じ色にはなりません。観賞に耐えないような色になるかもしれません。それでは困ります。これにたいして球根はもとのチューリップと同じ遺伝子を持っていますから、もとのチューリップがそのまま再生されてきます。ですから咲かせたい色のチューリップを選べるわけです。色だけではありません。全てもとの花と同じ性質をもったチューリップを得ることができるわけです。これにたいして新しい性質をもったチューリップを作るためには、さまざまなおしべとめしべをかけあわせてたねを作らせます。これが品種改良です。こういう理由で普通は球根を植えるわけです。また、たねから発芽するのと球根から再生するのを比べると、球根のほうがはるかに大きく栄養をたくさん持っているの、生長に要する期間も短くてすみます。

(注) 1. C教材は第2段落(破線部)までである。 2. チューリップの花の解剖図(第2段落)は省略した。

らともいえない」「おもしろい」の3つにまとめてTABLE 2に示す。両群の分布には有意な差が認められた($\chi^2=14.99$, $df=2$, $p<.01$)。詳しく見ると、「つまらない」「どちらともいえない」とする者の割合はC群に多く(それぞれ $\chi^2=3.19$, $p<.05$, $\chi^2=8.55$, $p<.01$, いずれも $df=1$)、「おもしろい」とする者の割合はE群に多かった($\chi^2=13.6$, $df=1$, $p<.01$)。誤った知識を適切に位置付ける説明が加えられたためにC群よりE群の興味度が高くなったといえる。仮説1は検証された。

TABLE 2 面白さの評定(実験1)

	つまらない	どちらでもない	おもしろい
E群(59人)	10	3	46
C群(58人)	18	14	26

事後テストの結果をTABLE 3に示す。T群の成績を学習前の状態と見なすことができる。T群の成績はチューリップ、ヒヤシンス、ジャガイモのいずれでもきわめて低い。大学生にとってもこれらは難しい課題であるといえる。仮説2を検討するためにE群とC群の成績を比較する。チューリップではE群の正答者の割合はC群より多かった($\chi^2=6.89$, $df=1$, $p<.01$)。仮説2-1は支持されている。ヒヤシンスではE群の正答者

の割合はC群を上回る傾向にあった($\chi^2=2.54$, $df=1$, $p<.10$)。仮説2-2は支持される傾向にある。ジャガイモでは両群の正答者の割合に有意な差は認められなかった($\chi^2=1.99$, $df=1$, $p<.20$ 両側検定)。誤った知識を適切に位置付ける説明が加えられると、直接学習したチューリップで知識の組み替えが促進されること、さらに直接学習していないヒヤシンスでも知識の組み替えが促進される可能性があることが示されたことになる。

TABLE 3 事後テストでの正答者数(実験1)

	タンポポ	ヒヤシンス	チューリップ	ホウレンソウ	アサガオ	ジャガイモ
E群(55人)	54(98)	31(56)	39(71)	43(78)	54(98)	31(56)
C群(58人)	58(100)	24(41)	27(47)	43(74)	58(100)	25(43)
T群(35人)	32(91)	8(23)	8(23)	26(74)	34(97)	11(31)

数字は人数、()内は%を示す。

さて、仮説2は全体として支持されたが、ここでわれわれは改めて次の点を考えてみる必要があるだろう。それは、C群の事後テストでの正答率の低さである。今回の実験では事後テストは学習セッションの1週間後に実施された。C群の者は読み物を読んだ時点ではチューリップにたねができることを学習していたが、時間がたつにつれてそれが薄れ、もとの誤った知識が

それにとって代わったのであろうか。それとも読み物を読んだ時点から知識の組み替えが起こっていないのであろうか。もしそうだとすれば、読み物の内容をどのように処理したのであろうか。またこれらのことはE群ではどうなのだろうか。われわれはこのような知識の組み替えのプロセスを明らかにする必要がある。第2実験ではこの点を明らかにしたい。

実験 2

方 法

1. 対象者・実験期日

実験はC大学教育学部2年生124人を対象として、1989年7月に教育心理学関係の授業時間内に集団で実施された。

2. 実験の概要

学習セッションに連続して事後テストセッションが実施された。この点が実験1とは異なる。また、事後テストセッションでは、事後テストのほかに、読み物の内容をどう読み取ったかを調べる質問が加えられた(4ページめ)。

用いられたE教材、C教材は実験1と同一である。冊子をランダムに配布した結果、E群は63人、C群は61人となった。

3. 学習冊子の構成

E教材C教材とも次のような構成になっている。

<1 ページ>

教示, 名前, 植物分野の好みの評定 (実験1と同一)

<2 ページ>

本文, 面白さの評定 (実験1と同一)

<3 ページ>

事後テスト (実験1と同一)

<4 ページ>

次の質問がなされた。「最初のページの内容についてお聞きます。チューリップの話が書いてありましたが、チューリップのたねについてはどのように書いてありましたか。下からひとつ選んで○をつけてください。／ア. たねのことは書いてなかった／イ. チューリップにたねができると書いてあった／ウ. チューリップにたねはできないと書いてあった／エ. 読み飛ばしたのでたねのことが書いてあったかどうかかわからない」

結果と考察

植物分野の好みの評定では両群の間に有意な差は認められなかった ($\chi^2=1.41$, $df=4$)。

9段階で求めた面白さの評定を実験1の場合と同様

3段階にまとめてTABLE 4に示す。両群の分布には有意な差が認められた ($\chi^2=9.73$, $df=2$, $p<.01$)。詳しく見ると、「つまらない」とする者の割合に差はなく ($\chi^2=0.26$, $df=1$)、「どちらともいえない」とする者の割合はC群に多かった ($\chi^2=7.95$, $df=1$, $p<.01$)。これに対して「おもしろい」とする者の割合はE群に多かった ($\chi^2=6.30$, $df=1$, $p<.01$)。以上の結果から実験2でも大筋では実験1と同様の結果が得られ、仮説1は支持された。

TABLE 4 面白さの評定 (実験2)

	つまらない	どちらでもない	おもしろい
E群 (63人)	17	4	42
C群 (61人)	19	15	27

事後テストの結果をTABLE 5に示す。チューリップではE群の正答者の割合はC群より多かった。 ($\chi^2=3.99$, $df=1$, $p<.05$)。それぞれの群の正答率自体も実験1の場合とほぼ同一である。以上のことから、実験1の結果は1週間という時間の経過によるものとは見なし難い。読み物を読んだ直後から両群の知識の組み替えには同程度の差があると見ることができる。

TABLE 5 事後テストでの正答者数 (実験2)

	タンポポ	ヒヤシンス	チューリップ	ホウレンソウ	アサガオ	ジャガイモ
E群(63人)	61(97)	23(37)	45(71)	48(76)	63(100)	23(37)
C群(61人)	60(98)	18(30)	33(54)	51(84)	61(100)	22(36)

数字は人数, ()内は%を示す。

ヒヤシンスでは実験1とは異なって両群に有意な差は見られなかった ($\chi^2=0.69$, $df=1$)。また両群とも実験1より正答率が低い。現状で考える理由は下記の点である。植物分野の好みの評定で「少し好き」「大変好き」とする者の割合が実験1ではE群とC群117人中69人(59%)であったのに対して、実験2では124人中50人(40%)と低かった(ただし各実験では両群が等質になっている)。このような植物分野への興味の低さがチューリップ以外の植物への一般化を妨げた可能性が考えられる。

次に4ページの質問の結果をTABLE 6に示す。「イ. チューリップにたねはできると書いてあった」を選んだ者の割合には両群の間に有意な差は認められない ($\chi^2=1.05$, $df=1$)。約80%前後の者が読み物からこのこ

TABLE 6 4 ページの質問の結果

	ア. かいてなかった	イ. できるとかいてあった	ウ. できないとかいてあった	エ. よみとばした
E群 (63人)	2 (3)	54 (86)	2 (3)	5 (8)
C群 (61人)	8 (13)	48 (79)	1 (2)	4 (7)

数字は人数, ()内は%を示す。

とを読み取っていた。これらの者のうち事後テストで「チューリップにたねができる」と答えたものの割合を比較する。E群では54人中44人(81%), C群では48人中31人(65%)であり, 前者の割合のほうが有意に高い($\chi^2=3.73$, $df=1$, $p<.05$)。このことは読み物にはチューリップにたねができると書いてあったことを認めながらも, 自分自身の判断としてはたねはできないと考えている者がC群に多いことを示している。すなわちC群には読み物の内容が「正しくない」と考えている者が多いことになる。事後テストのチューリップ問題で両群の正答率に差が見られた原因はここにあるといえる。

討 論

本研究では誤った知識を適切に位置付ける説明を与えることの効果を検討した。実験1ではこのような説明が加えられると, 誤れる知識の組み替えを促進すること, さらに学習者の興味を引きつけることが示された。実験2では知識の組み替えのメカニズムが検討された。その結果, そのような説明が加えられると正しい知識を受け入れる学習者が多いのに対して, そのような説明が与えられないと, 教えられた内容が正しくないと受け取る学習者がふえることが示された。またこのことは時間の経過にともなって生じるのではなく, 学習時点で生じていることが示された。以上の点をふまえていくつかの問題点にふれる。

まず被験者について。本実験の被験者は大学生であった。扱ったルール自体は単純で基本的なものである。被験者を小学生あるいは中学生にしなかったのは, 誤った知識を適切に位置付ける部分の説明が遺伝の観点から行われており, この点の知識の有無を考慮したからである。事後テストでの正答率を見ると大学生を被験者としたことは妥当であった(やさしすぎなかった)といえる。

次に実験2で示された知識組み替えのメカニズムに理論的な枠組みを与えておきたい。正しい説明(ルール)が教えられると学習者の誤った知識との間に矛盾が生じる。これは Berlyne, D.E.(1965)のいう概念的葛藤(認

知的葛藤)としてとらえることができる。そして概念的葛藤の程度によって学習結果が異なってくることが指摘されている(小林1972)。本実験のC群に与えられた説明では概念的葛藤が大きすぎて, その内容が取り入れられなかったのにたいして, 誤った知識を適切に位置付ける説明が加えられると概念的葛藤がそれほど大きくならなかったため学習が促進されたと考えることができる。

第3点として本研究が現実の教育実践にたいして持つ意義にふれたい。問題の項で述べたように, 誤った知識を修正しようとする場合に, それが誤りである証拠を示し正しい知識を教授するというのは一般的に行われる方法である。しかしそれだけでは効果が少ないこと, 誤った知識を適切に位置付ける説明が必要なことを本実験は示している。学習者の誤った知識は通り一ぺんの授業では修正することが困難なことが指摘されてきたが, この問題を解決する1つの手掛かりが示されたといえる。今後さらに別な学習内容に即して, またいろいろな年齢の学習者にたいしてこのような試みがなされることが望まれる。

引用文献

- Berlyne, D.E. 1965 橋本・小杉訳 (1970) 思考の構造と方向 明治図書
- Clement, J. 1982 Students' preconceptions in introductory mechanics, *American Journal of Physics*, 50, 66—71.
- 伏見陽児・麻柄啓一 1986 図形概念の学習に及ぼす発問系列の違いの効果 東北教育心理学研究, 1, 1—9.
- 細谷純 1970 問題解決 八木晃(監修) 東洋(編) 講座心理学 8 思考と言語 東大出版会
- 細谷純 1976a 課題解決のストラテジー 藤永保(編) 思考心理学 大日本図書
- 細谷純 1976b 認識のつまずきと認識の発展 わかる授業 3, 130—137, 明治図書
- 小林幸子 1972 認知的動機づけにおける概念的葛藤の最適水準 教育心理学研究, 20, 2, 81—91.

- 小島良子 1987 法則学習における先行情報の違いが
 ルールの適用に及ぼす効果 1987 年度静岡大学
 大学院教育学研究科修士論文（未発表）
- 立木徹・伏見陽児 1984 法則学習に及ぼす教授タイ
 プの効果—教授タイプと学習者の $\bar{r}_u$ の関連 茨城
 キリスト教大学紀要, 18, 49—63.
 (1989 年 12 月 6 日受稿)
- 永野重史 1967 能力分類の試み(1) 授業研究, 49,
 118—125, 明治図書