

# 概念変容としての学習と教授方略

藤田 剛志

## はじめに

1980年代初頭、ポスナー (Posner, G. J.) とその共同研究者であるヒューソン (Hewson, P. W.) らは、概念変容としての学習論を提唱した<sup>(1)</sup>。概念変容としての学習論は、村山や松下によって、知識獲得の観点から、その一部が紹介されている<sup>(2)</sup>。また、堀によって、構成主義学習論の中でかなり詳しい解説がなされている<sup>(3)</sup>。

本稿では、子ども達に概念を有意味に学習させるために、どのような教授方略を用いればよいのかという問題を概念変容としての学習論に基づいて検討する。まず、子ども達の学習とはどのようなものなのかを構成主義学習論の立場から見ていく。次に、概念変容としての学習論を概説する。最後に、この学習論から示唆される教授方略について述べることにする。

## 1. 構成主義学習論

### (1) 子ども達の特徴

1970年代の初め頃から、力と運動、熱と温度、電気、光、密度、物質の粒子性、天体としての地球、遺伝、生命といった自然科学の多様なトピックに関する子ども達の特徴 (conception)<sup>(4)</sup>に、理科教育研究の関心が集まり始めた。研究者たちは、様々な自然現象を子ども達が概念化する方法を調べ、記述するために、面接法やその他の解釈的技法を活用した<sup>(5)</sup>。

これらの多くの研究から、子ども達は、学校で科学が教えられる前に、様々な自然現象のトピックに関して、子ども達なりに、しっかりした概念を持って、理科の授業を受けていることが明らかにされた。たとえば、ろうソクの光は、夜になるとより一層遠くまで届く。摩擦は動きのある表面の間でのみ生じる。虫は動物でない、といった子ども達に特有の概念が形成されているのである<sup>(6)</sup>。

これらの概念の特徴として、シャンペイン (Champagne, A.B.) らは、次の項目を挙げている<sup>(7)</sup>。

- ① 学校教育の結果として学習されることが期待されている科学的概念とは全く異なる。
- ② 多様な集団の間で、驚くほどの一貫性が見られる。
- ③ 伝統的な教授法では、容易に変容しない。

このような知見は、子ども達が環境との日常的な接触を通して、自然界、技術的世界に関するかなりの知識を獲得していることを示唆している。これらの知識は、子ども達の観点からすれば、論理的に自然界の事物・現象を理解するための概念体系を構成しているのである。また、オーズベル (Ausubel, D.P.) の子どもの既存の概念は驚くほど固執的で変容しにくい<sup>(8)</sup> という主張を支持するものである。すなわち、学校で科学を学習する以前に形成された子ども達の概念は、「科学的には誤っているが、人々の間に広く定着し、実感を伴った磐石の知識」<sup>(9)</sup>となっているのである。

このような特徴を持つ子ども達の概念は、研究者によって、何を強調するのかによって様々

な用語が使用されている。たとえば、誤概念 (misconception)、プリコンセプション (pre-conception)、子ども達の科学 (children's science)、代替的概念枠組 (alternative framework)、代替的概念 (alternative conception)、素朴概念 (naive conception) などである<sup>(10)</sup>。本稿では、これらの用語とほぼ同義なものとして、既存の概念という用語を用いることにする。

## (2) 構成者としての子ども

上に述べた研究から、レズニック (Resnick, L.B.) が指摘するように<sup>(11)</sup>、科学学習の性質に関して新しいコンセンサスが生まれた。それは、自然界の出来事のなかに規則性や秩序を探し求めることによって自分なりの意味を積極的に構成している学習者としての子ども観である。

従来、知識は教師の所有物であると暗黙的に考えられていた。児童は教師と比べると、知識が不足している。だから、教師は子ども達の知性を満たしてやらなければならないという精神白紙 (tabula-rasa) の考えが広まっていた<sup>(12)</sup>。そこでの教師の役目は児童に知識を伝えることである。したがって、教師は能動的であるが、生徒は単に教師から知識を受け入れる受動的な立場に置かれていたのである<sup>(13)</sup>。

一方、構成主義学習論では、自然現象に対して日常的な経験を通して、子ども達が独自の概念を形成し、理科の授業を受けているという前提に立っている。しかも、これらの既存の概念は、その授業で取り上げられる新しい経験や科学的に認められた概念と相互に作用すると考えられている。すなわち、子ども達は、既存の概念と新しい概念とを関連づけようとする。この関連づけにより、子ども達は新しい概念の意味を理解することが可能になる。つまり、構成主義学習論においては、「学習者は自分の周りの世界の心的な表現を構成し、それをを用いて新しい状況を解釈し、その状況に適した行為を導いていく」<sup>(14)</sup>と考えられている。したがって、学習は教師によって与えられた情報を子ども達が受動的に受け入れるのではなく、子ども達一人ひとりが新しい経験の意味を理解するために、

彼らが既に持っている知識を使用しながら行う能動的な過程と見なされるのである。オズボーン (Osborne, R.) とウィットロック (Wittrock, M.C.) は、既存の概念と新しい概念との間に学習者が新たな結びつきを積極的に形成する過程を発生的学習論 (generative learning) の中で描いている<sup>(15)</sup>。ドライバー (Driver, R.) は、このような学習者観を描き出したことに、構成主義学習論の価値があると指摘している<sup>(16)</sup>。

以上の構成主義学習論から、子ども達が科学者とは異なる概念を形成することも説明される。学習は単なる情報の不可 (addition) ではなく、新しい概念と既存の概念の相互作用を伴うものである。すなわち、未知の概念を既に理解している概念に関連づけることによってのみ学習が生じるのである。その既存の概念は、子ども達一人ひとりに特有なものである。したがって、同一の自然現象に対して、子ども達が概念を関連づけるとしても、代替的概念が形成されるのは当然なのである<sup>(17)</sup>。これは、すべての学習が子ども達の既存の概念に左右されることを意味しているといえる。

## (3) 学習困難

さて、子ども達が上に挙げたような特徴を持つ既存の概念を持って、理科の授業を受ける場合、子ども達は学習過程において、どのようなことに遭遇するのであろうか。

ふつう、理科の授業は子ども達に科学的な概念を形成することを目的として行われている。その際、子ども達が上に述べたような白紙の状態にいる (精神白紙説)、あるいは子ども達の既存の概念は不十分な、あるいは間違っただけであるからすぐに科学的な概念で置き換えることができる (教師優勢)、と教師が考えている場合には大きな問題が生じる<sup>(18)</sup>。子ども達の既存の概念は、科学的に間違っていたとしても、通常の授業では容易に修正されないほどに、筋道の通った磐石の概念だからである。

精神白紙説あるいは教師優勢の立場で、授業が展開される限り、子ども達の既存の概念と、学習することが要求されている新しい概念とは、

矛盾したままである。このようなズレが子ども達に、概念の葛藤 (conceptual conflict) を生み出すのである<sup>(19)</sup>。概念の葛藤は、後で述べるように、適切な概念形成の出発点として有効であるが、学習困難の主要な原因となる<sup>(20)</sup>。

子ども達は、学習困難を回避するために、関連性があるにもかかわらず、以前に学習した概念と現在学習している概念を別個のでき事と考える傾向がある。子ども達は、ただ試験のためだけに断片的な知識を学習することになってしまうのである。また、子ども達は、授業で教えられる新しい概念を誤って解釈することによって、既存の概念と新しい概念の矛盾を解消しようとするのがしばしばある。つまり、子ども達は、テストや他の形式的な評価のハードルをよく乗り越えることはできるが、事物がいかんにして、なぜそう行動するのかに関する既存の考えを、理科の授業の結果として、変容させることはあまりないことが、これらの研究から示唆された<sup>(21)</sup>。

これらの研究は、様々な自然現象に関する子ども達の概念、あるいは理解状況を明らかにし、構成者としての子ども観を産み出したという点で重要であった。しかし、科学的概念とは矛盾する子どもの既存の概念を科学概念へと変容させるための教授方略を考える場合には、上の知見だけでは、不十分である。次に挙げる概念変容としての学習論は、構成主義的学習論に基づきながら、どのようにして概念が変容するのかという問題を中心に論じている。

## 2. 概念変容としての学習

### (1) 概念交換と概念捕捉

上に述べたように、学習は単なる情報の付加ではなく、新しい知識と既存の知識の相互作用によって成立する。つまり、子ども達が何らかのことを学習するならば、子ども達は新しい概念を既存の概念にただ付け加えるだけというよりも、むしろ既存の概念を変容させていることになる。この考えはポスナーやヒューソンらに

よって、概念変容としての学習論に発展させられた。

彼らは、まず、子ども達の学習と自然科学の諸学問における知識生産の類似性を指摘した。

① 学習と知識の生産はともに証拠に基づいて、諸概念の真偽を判定するという点で、合理的な活動 (rational activities) である。

② 合理性は人間の知性 (mind) の変容と関係する。

このような前提から、学習における概念変容をクーン (Kuhn, T) やツールミン (Toulmin, S) の科学哲学の考えに基づき、概念変容としての学習論を提唱した<sup>(22)</sup>。ここでは、その学習論の中から、概念変容がどのようにして生じるのかを中心にみていくことにする。

概念変容としての学習論の出発点は、次の問題にある。

ある人が、特定の自然現象に関して既存の概念Cを持っているとする。この人が同一の現象に対する別の新しい概念C'に直面したとき、C'はどうなるのかという問題である。

この場合、考えられる可能性は、C'が、

① 拒否される。

② 丸暗記される。

③ C'に取って替わり、残りの概念に組み込まれる。

④ C'を含めた既存の概念に組み込まれる。の四つである。ここで言う、組み込み (reconciliation) とは、人々が新しい概念を既存の概念と照らし合わせ、新しい概念を理解し、意味づける過程を表している<sup>(23)</sup>。

①と②の場合、何ら既存の概念は変容することはない。既存の概念が変容するのは、③と④の場合である。ヒューソンは、③の過程を概念交換 (conceptual exchange)、④の過程を概念捕捉 (conceptual capture) と呼んでいる<sup>(24)</sup>。概念捕捉の場合は、新しい概念と既存の概念との間に、互いに両立しあうのものがあるので、子ども達が両者を結びつけることができれば、学習は困難なく進む。しかし、概念交換の場合は、学習において、新しい概念と既存の概念と

表1 概念変容のモデル

		考察中の概念C'の状態					
		I		I P		I P F	
		両立しない	両立する	両立しない	両立する	両立しない	両立する
既存の概念 Cの状態	I	R	R	CE		CE	
	I P	R			CC(or R)		CC
	I P F	R			CC(or R)		CC

概念変容の可能性：R=C'の拒否；CE=概念交換によりC'がCに取って替わる

CC=C'を概念捕捉

(I=intelligible, I P=intelligible+plausible, I P F=intelligible+plausible+fruitful)

(Hewson,P.W., 1981, p.390. より引用)

の間に両立しあうものがないので、学習は困難である。子ども達は、既存の概念を再構成しなければならないのである。

(2) 概念変容の条件

子ども達が新しい概念を自分たちの既存の概念に組み込むためには、次の四つの条件を満たす必要がある<sup>(25)</sup>。

第一に、既存の概念は、子ども達にその概念では自然界の現象をうまく説明できそうにないといった何らかの不満(dissatisfaction)を抱かせるものでなければならない。既存の概念に対する不満がなければ、その概念は新しい概念に交換されることなどあり得ないのである。既存の概念では不満であることに気付くことによって、それに取って替わる新しい概念の存在が意識化されるのである。上で、概念の葛藤の活用が授業において重要であると述べたことは、この不満を高めるためのものであるといえる。

第二に、新しい概念は理解できる(intelligible)ものでなければならない。新しい概念に出会ったとき、子ども達はそれが何を意味しているのかわからなければ、新しい概念を既存の概念に結びつけることはできないであろう。新しい概念が子ども達にとって理解できないものであるならば、子ども達は、「何を言っているのかわからない」と答えるしかない。一般に、教師は、類推(analogy)や隠喩(metaphor)

を用いて、新しい概念を生徒たちに理解できるものにするために、多くの時間を費やしている。

第三に、新しい概念はもっともらしい(plausible)ものでなければならない。新しい概念が理解できることに気づいたとして、それで概念変容が生じるわけではない。生徒は新しい概念が潜在的に正しいこと、自分の世界観と一致することを確信しなければならない。一般に、教師は生徒がこれを自動的に行っているものと仮定している。しかし、この仮定は間違っていることが多い。

第四に、新しい概念は生産的(fruitful)なものでなければならない。新しい概念が取り入れられるときには、特に、もしそれが既存の概念に取って替わるときには、十分な根拠が存在しなければならない。たとえば、新しい概念によって、以前には解けなかった問題を解くことができる。新しいアプローチや新しい考えが示唆されるといったときに、新しい概念は生産的なものとなるのである。

スミス(Smith,E.L.)は、四つの条件によって概念がどのように変容するかを力の釣り合いを例に、わかりやすく説明している<sup>(26)</sup>。なお、表1は、既存の概念と新しい概念の状態によって、どのような学習結果が生じるかを示したものである<sup>(27)</sup>。

### 3. 概念変容を促す教授方略

#### (1) 教授方略

上に述べたように、子ども達の既存の概念と学習することが要求されている新しい概念とにズレが生じている場合、子ども達は、概念の葛藤に陥る。この概念の葛藤が解決されない限り、授業で扱われる概念の学習は抑制されてしまう。概念の葛藤を解消し、子ども達に特有な概念から科学的な概念を形成するためには、どのような教授方略を用いればよいのであろうか。

ヒューソンは、上で概説した概念変容としての学習論に基づいて、子ども達に特有な既存の概念を一般に認められている科学概念に変容させるのに必要な四つの教授方略を述べている<sup>(28)</sup>。

第一の教授方略は、診断 (diagnosis) である。異なる二人の生徒に同一の新しい内容を教えようとする場合、生徒の既存の概念には違いがあるので、教師は異なる教授方略を用いる必要がある。一方の生徒にとって、理解でき、もっともらしく、有効なものが、自動的にもう一人の生徒にもそうなるものではない。したがって、教師はつねに生徒の既存の知識を考慮しなければならない。つまり、診断はあらゆる教授方略に必要な前提条件となるのである。

第二の教授方略は、統合 (integration) である。二つの異なった概念が互いに両立しうるものであるにもかかわらず、両者が関連づけられていないときには、統合の教授方略が適切なものとなる。これには新しい概念と生徒の既存の概念との統合、あるいは結び付けられていなかった種々の既存の概念の統合が含まれる。統合の教授方略を採用する場合には、概念間に何ら概念の葛藤が存在していないという条件が必要である。多くの教師は子ども達が教えられたものを正しく学習していると仮定し、論理的に一貫するように授業を計画しているので、統合が今日の理科教授における主たる教授方略となっている。

第三の教授方略は、分化 (differentiation) である。異なっているが、密接に関連している

多くの科学概念がある。子ども達はこれらの概念を混同し、唯一つの未分化の概念を持っていることがよく見られる。このような場合の適切な教授方略は、既存の概念を分化させ、もっとはっきりと定義された概念にすることである。分化の場合にも、概念の葛藤は、学習を促す要因とならない。なぜなら、二つの分化した概念は互いに両立しうるからである。

第四の教授方略が交換 (exchange) である。二つの異なった概念が互いに両立しない場合には、新しい概念は拒否されるか、新しい概念に取って替わるかのいずれかが生じる。もし教師が明確な交換方略を活用しなければ、前者が生じるであろう。交換方略は、既存の概念のもっともらしさを減少させ、かつ、新しい概念のもっともらしさを高めることを伴う。言い換えれば、交換方略は生徒の概念間に概念の葛藤を生み出し、そしてそれを適切に解決することをねらっている。

#### (2) 教授方略の実施と効果

さて、上の教授方略をどのように活用すればよいのであろうか。また、それらの教授方略はどのような効果があるのだろうか。質量、体積、密度に関する学習において、ヒューソン (Hewson, M.G.) が行った研究<sup>(29)</sup>を見ていくことにする。

彼女は、米国の第9学年に相当する男女 (平均年齢16歳) 合わせて、90人を被験者として実験を行った。統制群は44人。実験群は46人であった。

初めに、上に述べた教授方略の診断が用いられた。質量、体積、密度に関する先行知識を診断するために、物の浮き沈みに関する臨床面接が行われた。面接を受けた被験者は、これらの概念を少なくとも2回 (小学校、および中学校で)、学習しているにもかかわらず、表2に示すような代替的概念が存続していた。そこでは、質量と重量の用語が区別されずに用いられていた。面接によるこれらの知見は、別のもっと大規模な集団の筆記テストによって妥当性が検証された。

表2 質量、体積、密度に関する科学的概念と代替的概念

科学的概念	代替的概念
<ul style="list-style-type: none"> <li>質量は一つの物体の物質量の尺度である。</li> <li>すべての物質は質量をもつ。</li> <li>測定単位は、グラム、キログラムである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>質量/重量=重さ。</li> <li>ある物体（レンガ）は質量/重量を持つが、持たないものもある（ピン、ヘア）。</li> <li>形が変わること=質量が変わること。</li> <li>質量/重量=密度。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>体積は物質が占める空間の量である。</li> <li>すべての物質は体積をもつ。</li> <li>測定の単位はミリリットル、立方センチメートルである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>体積=大きさ、または量。</li> <li>体積=容量。</li> <li>ある物体（カップの中の水）は体積を持つが、持たないものもある（カップやピン）。</li> <li>形が変わること=体積が変わること。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>密度は物質の単位体積あたりの質量の比である。</li> <li>測定の単位は立方センチメートルあたりのグラムである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>密度=質量/重量。</li> <li>密度=密集さ=込み入り具合（crowdedness）。</li> <li>密度=粒子の詰め込み。 すなわち、ぎっしりと詰め込む=密集。 ゆるく詰め込む=密集でない。</li> </ul>

(Hewson, M.G. et al., 1983, p.734. より引用)

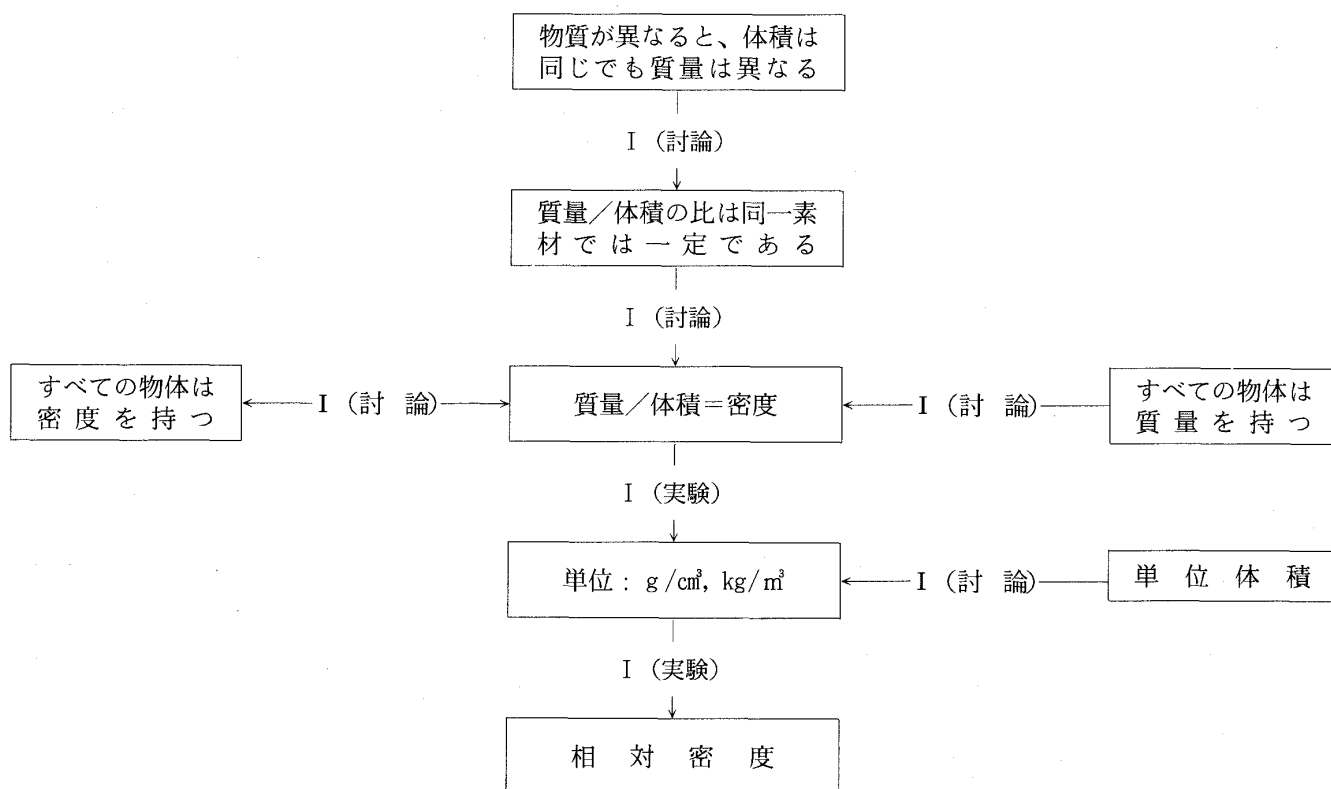


図1 統制群の教授方法 (teaching move) と科学的概念の表示

(Hewson, M.G. et al., 1983, p.737. より引用)

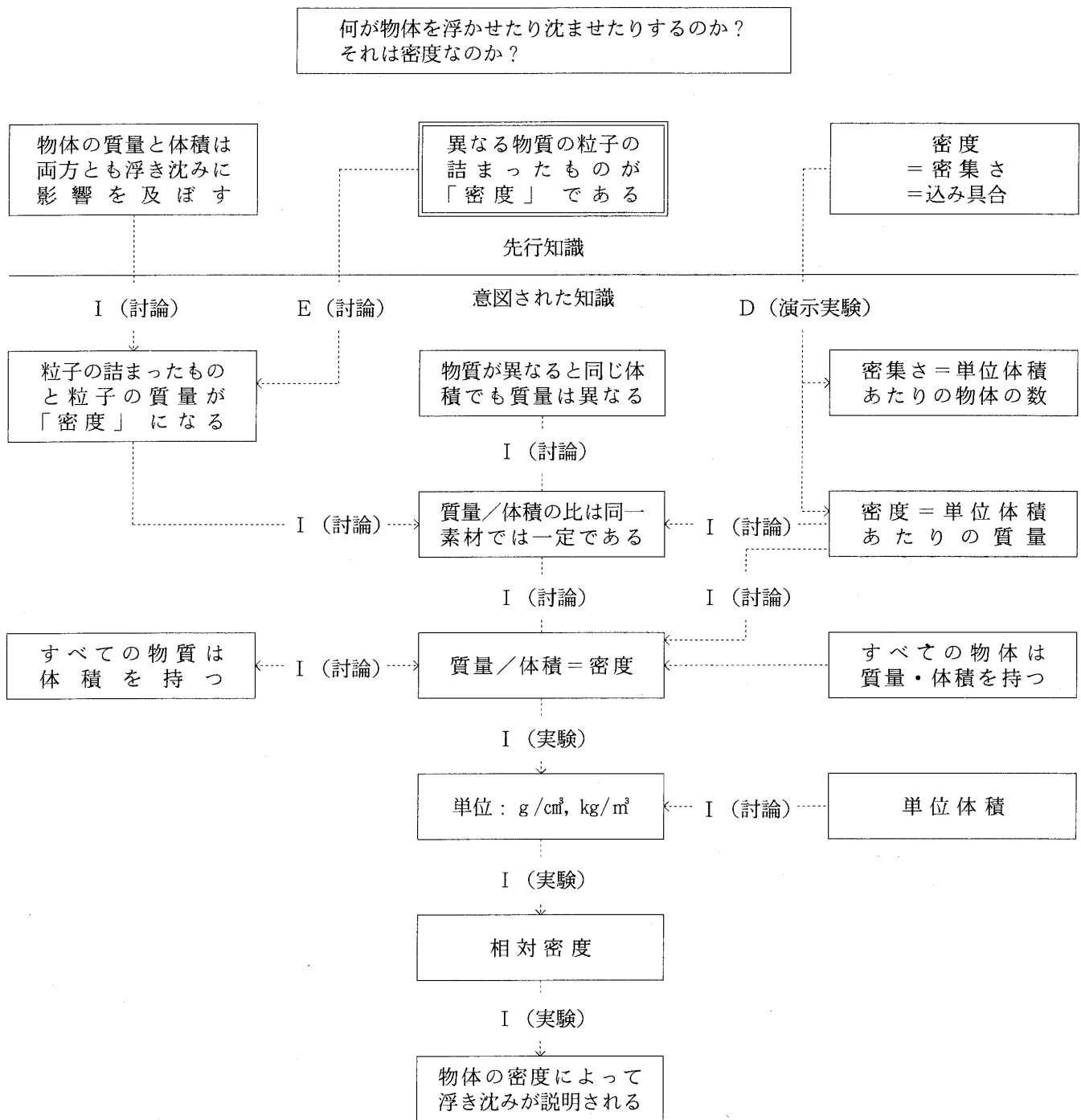


図2 実験群の教授手法 (teaching move) と科学的概念の表示

(Hewson, M. G. et al., 1983, p.738. より引用)

この授業の目的は、質量、体積、密度に関する科学的な概念の数を増やし、代替的概念の数を減らすことであった。実験群、統制群ともに、同一の教材を用いた。違いは、両群に用いた教授方略であった。統制群では、伝統的な統合方略のみを用いた。これは論理的な概念発達において、帰納的あるいは演繹的に既存の概念を新

しい概念に統合することを目的に設計された授業手法 (teaching moves) で、説明、討論、生徒実験、演示実験が含まれる。実験群では、上で述べた5つの教授方略がすべて用いられた。まず、子ども達の既存の概念を関連づけるように考案された問いを用いて、概念の橋渡し (conceptual bridging) を行い、分化と交換の

方略を用いて代替的概念に迫り、最後に統合方略を用いるといった授業が行われた。

統制群と実験群における教授方略の違いを図式的に表現したのが図1および図2である。諸概念間の矢印のところに、そこで用いた教授方略が示されている。分化はD、統合はI、交換はEで表記されている。矢印の向きは、諸概念の提示順序を示している。これらの図に示されるように、実験群は統制群の教授方略を踏まえている。統制群と実験群の違いは生徒の代替的概念に焦点をおくかどうかであった。

以上のような教授方略の異なる授業を同一の教師が行った結果、実験群と統制群との間には、統計的な有意差が見られた。実験群は統制群よりも、質量、体積、密度に関して、より多くの科学的な概念を獲得し、代替的概念も少なくなっていたのである。すなわち、子ども達の既存の概念を考慮し、概念変容を積極的に促すための教授方略の有効性が明らかにされたのである。

## おわりに

以上の知見を教授方略という観点からまとめると次のようになる。子ども達が概念を有意味に学習できるようにするためには、教師は子ども達の既存の概念を考慮しなければならない。そして、既存の概念と新たに学習する概念とが概念の葛藤を生じないようなものであれば、分化あるいは統合の方略を採用する。概念の葛藤を生じるものであれば、交換方略を用いる。

しかし、交換の教授方略によって、子ども達が既存の概念を新たに学習する科学的概念に容易に交換することができるかどうかは、疑わしい。ドレフュス(Dreyfus,A.)らは、概念交換の出発点としての概念の葛藤が必しもうまくいくとは限らないという。<sup>(30)</sup> 子ども達に、概念の葛藤を生じさせることはできても、彼らは教師の意図を越えて、科学的には受け入れられない新しい、特有な概念を構成したりするからである。子ども達の科学レベルでは、概念の葛藤を解決することは難しいことが多いのである。概

念の葛藤を授業において活用するためには、明らかにしなければならぬ問題が残されている。

## 注

- (1) 概念変容としての学習を論じている文献には、次のものが挙げられる。  
Hewson,P.W.(1981) A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*,Vol.3, No.4, pp.383-396.  
Posner,G.J., Strike,K.A., Hewson,P.W., and Gertzog,W.A.(1982) Accommodation of a scientific conception:Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, Vol.66, No.2, pp.211-277.  
Strike,K.A. and Posner,G.L.(1982) Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*,Vol.4, No.3, pp.231-240.  
Strike,K.A. and Posner,G.J.(1985) A conceptual change view of learning and understanding. In West,L.H. and Pine,A.L.(eds) *Cognitive structure and conceptual change*. ACADEMIC PRESS,INC., pp.211-231.
- (2) 村山 功(1989)自然科学の理解. 鈴木宏昭他教科理解の認知心理学に所収. 新曜社, 145-146頁.  
松下佳代(1989) 算数・数学の問題解決における教材・教具の役割について. 教育方法学研究, 第15巻, 117-124頁.
- (3) 堀 哲夫(1992)構成主義学習論. 日本理科教育学会編 理科教育学講座 5 理科の学習論(下), 東洋館, 105-226頁.
- (4) 本稿では、概念(conception)という用語を、ヒューソンが定義した意味で用いる。すなわち、「概念とは、情報の単位として定義された構造体であり、情報の単位を結びつけ、活用する方法をも決定するものである。(Hewson,M.G. and Hewson,P.W. Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.20, No.8, p.731, 1983.)」



- (5) Driver, R. (1989) Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, Vol.11, special issue, p.481.  
科学概念の理解状況を把握するための研究手法に関しては、堀哲夫(1992)、前掲書の159-166頁を参照のこと。
- (6) Osborne, R.J. and Wittrock, M.C. (1983) Learning science: A generative Process. *Science Education*, Vol.67, No.4, pp.489-508.
- (7) Champagne, A.B., Klopfer, L.E. and Gunstone, R.F. (1982) Cognitive Research and the design of science instruction, *Educational Psychologist*, Vol.17, No.1, pp.31-53.
- (8) Ausubel, D.P., Novak, J.D., and Hanesian, H. (1978) *Educational psychology: A cognitive view*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., pp.372-373.
- (9) 村山 功 (1989) 前掲書, 43頁.
- (10) 堀 哲夫 (1992) 前掲書, 110頁.  
藤田剛志 (1987) 科学概念の指導におけるプリコンセプションの意義. 筑波大学教育学系論集, 第11巻, 第2号, 108頁.
- (11) Resnick, L.B. (1983) Mathematics and science learning: A new conception, *Science*, Vol.220, April, pp.477-478.
- (12) Osborne, R. and Freyberg, P. (1985) *Learning in science: The implications of children's science*, Heinemann, pp.86-87.  
(森本信也・堀哲夫訳 子ども達はいかに科学理論を構成するか-理科の学習論-. 東洋館, 128頁, 1988.)
- (13) 片平克弘 (1990) 教育用ソフトウェアのあり方について-構成主義者説に基づく学習内容の構成について-. 中等教育資料, 平成2年7月号, 317-318頁.
- (14) Driver, R. (1989) *op.cit.*, pp.481-482.
- (15) Osborne, R.J. and Wittrock (1983) *op.cit.*, pp.489-508.
- (16) Driver, R. (1989) *op.cit.*, pp.481-482.
- (17) Hewson, P.W. and Hewson, M.G. (1984) The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional science*, Vol.13, p7.
- (18) Osborne, R. and Freyberg, P. (1985) *op.cit.*, p.87. (森本信也・堀哲夫訳 前掲書. 129頁.)
- (19) Hewson, P.W. and Hewson, M.G. (1984) *op.cit.*, pp.1-2.
- (20) Champagne, A.B., Klopfer, L.E. and Gunstone, R.F. (1982) *op.cit.*, p.32.
- (21) Osborne, R.J. and Wittrock (1983) *op.cit.*, pp.501-502.
- (22) Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., and Gertzog, W.A. (1982) *op.cit.*, pp.211-212.
- (23) Hewson, P.W. (1981) *op.cit.*, pp.385-386.
- (24) *ibid.*, p.386.
- (25) Hewson, P.W. and Hewson, M.G. (1984) *op.cit.*, p.7.  
Hewson, P.W. (1981) *op.cit.*, pp.387-388.
- (26) Smith, E.L. (1991) A conceptual change model of learning science. In Glynn, S.M., Yeany, R.H., and Britton, B.K. (eds) *The psychology of learning science*, Lawrence Erlbaum Associates, pp.43-52.
- (27) Hewson, P.W. (1981) *op.cit.*, p.390.
- (28) Hewson, P.W. and Hewson, M.G. (1984) *op.cit.*, pp.9-10.
- (29) Hewson, M.G. and Hewson, P.W. (1983) *op.cit.*, pp.731-743.
- (30) Dreyfus, A., Jungwirth, E., and Eliovitch, R. (1990) Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change-Some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, Vol.74, No.5, pp.555-569.