資料

理科の概念学習における概念地図完成法の効果に関する研究

皆 川 順¹

ON THE EFFECT OF MAP-COMPLETION WORK ON CONCEPT LEARNING IN SCIENCE

Jun MINAGAWA

In Novak's "concept mapping", fully constructed "concept map" is shown to subjects before and/or after mapping work. As it takes too much time to get satisfactory results, in this study map completion tasks were introduced. Subjects were to insert some of the suitable concepts or lines into the blanks to make up the map wholly. In preliminary experiments the difficulty of getting satisfactory results were tested. In Exp. I, map completion task with some blanks of concepts are found to be the most effective. In Exp. II, time spent on this task were manipulated. Subjects had negative effects when only 5 minutes were allowed. When 25 minutes were spent on this task in a 50 minute-experiment, subjects had the best positive effects.

Key words : concept mapping, map completion task.

これまで理科教育界においては、「基本的科学概念とは何か」についての討議が繰り返されてきた。しかし、一方では、広瀬 (1992) の言う「教科を学習することは、多くの知識を整理し、大切な基本的概念をベースにして、どのようにそれらの概念と概念とが関係づけられているかを学習することである」ということについては、ほとんど議論の対象にならなかった。

家野(1992)によれば、科学哲学者、例えば、Hempel, C.G. (1967) は、科学概念や法則・原理の持つ構造性と概念の重要性の問題を論じている。

よく体制化された記憶は安定した情報をもたらすとともに、処理・検索が容易になることが知られているがそれは、体制化によって項目数が減少するからであると言われている。Gagné, E.D. (1985) は、長期記憶に関して体制化されている子供とそうでない子供とを比較し、作動記憶の容量との関連で説明を行っている。

体制化のためにグラフを用いる方略は以前からあり、

辰野 (1992) は諸研究を紹介しつつ「学習者自身が鍵概念の間に相互関係を構成するように努めることが必要である」と述べている。

Glynn, S.M. & Di Vesta (1977) は、階層的な分類概要を与えることによって、再生成績が向上する事を見いだした。

上記のような、完成されたグラフや説明を事前に与える方略に対し、概念間の関係を被験者に描かせる教授法がある。

Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1984) は、概念及びそれをつなぐ命題を重視し、これらの関係をグラフとして描かせることによって、知識表象の外化を試み、これを概念地図 (concept map) と名づけた。

概念地図は Heinze-Fry, J.A. & Novak, J.D. (1990) によれば「当初、学習者の先行知識とその知識間の相互関係を研究するための手段として発展してきたが、その後、学習者の有意味学習を促進する手段として発展した」という。ちなみにこの方法は「概念地図作成法」(concept mapping) と名づけられた。

Novak, J.D.らは、学習者の年齢や学年にあわせて様々な学習方法を提示しているが、一般的には学習者

¹ 筑波大学心理学研究科 (Doctoral Program in Psychology, University of Tsukuba)

自身が教科書から概念を選び出し、それら相互の間の関係を考えながら、学習者自身が概念間をリンクで結び、関係を意味する結合語 (linking words) をリンク上に書くことで、概念地図は完成する。教師は、概念地図作成のための援助や指導をするが、作成後、個人面接によって教師が作成した概念地図と照合し、教師は学習者の概念地図の誤りを訂正する。

この「誤りを正す」という行為は、教師ないし実験者の側に「正しい概念地図」という考えがあるからこそ可能であると言える。Novak, J.D.らは、この方法は従来の記憶中心学習に対して有意義学習であるとして、概念地図を作成することによって、学習者はそれまで混沌としていた未整理の、ないしは意識化されていなかった概念間の関係に気づくとし、この方法の教育的意義を強調している。

他方、概念地図作成法及び類似した方法による研究としては以下のものがある。

Champagne, A.B., Klopfer, L.E., Dresna, A.T. & Squires, D.A. (1981) の例では、概念構造化分析法 (Con SAT : concept structuring analysis) を用いている。この方法は、概念、リンク、リンクラベルを構成し、授業前後に行って知識構造の変化を調べる点は Novak らの概念地図作成法と共通しているが他方、概念構造の構成にあたっては「下位の概念から上位の概念へ」作成指導を行っている。

Okebukola, P.A. (1990) は、遺伝学と生態学との教授に関して、概念地図作成法と通常の授業とを比較・研究している。評価には4肢選択法が用いられた。

Stensvold, M.S. & Wilson, J.T. (1990) は、化学実験における研究で、言語能力と概念地図作成法の効果との間に交互作用を見だしている。

わが国では、福岡・笠井 (1991)、福岡・植田 (1991) の、学校授業場面での実験的研究がある。

ところで、先行オーガナイザーは、Ausubel, D.P. (1968) の提唱したものであり、後続の学習内容と関連を持ちつつ、それを包摂するより一般的・抽象的な内容であり、それによって後続の知識が精緻化されるものである。それゆえ、概念地図作成法とは異なるが、Novak ら (1984) は自らの理論的基盤が、Ausubel, D.P. の理論にあると主張している。

Novak ら (1984) は、概念地図は階層的構造をなしていると考え、地図の得点化については(1)関係性 (Relationships) (2)階層性 (Hierarchy) (3)横断結合 (Cross links) (4)例 (Examples) の各々に、得点を与える方法を提唱している。ここで横断結合とは、概念地図に於けるセグ

メント間の有意味な結合であり、それは「創造的能力を示して」おり、また「関連はしているが明確に異なる領域間での統合的再調整の証拠」(Novak, J.D.; 1985) である。実際、横断結合には高い得点が与えられている。

しかし、Novak らは、それぞれの箇所に、何ゆえにそれらの得点が与えられるのか、明確な根拠を示していない。

他方、これまでのところ、横断結合をも含めた種々の、2つの概念間の関係に的を絞り、それを意図的に考えさせた研究は見当たらない。

また Novak ら (1984) によれば、この方法による効果が通常の授業の効果を上回るには6～8週間を要すると述べているが、わが国の学校 (特に中学・高校) に於いてはそのようなゆとりを得ることは極めて困難であり、実施可能性に問題がある。

このように、先行研究を概括すると、長期にわたる実験授業に於いては概念地図作成法は効果的である事を示しているが、他方、効果発現までにあまりにも時間がかかり、かつ、概念地図そのものの得点化についても難点があると言えよう。

さて被験者に地図を独自で作成させるという、本来の概念地図作成法によって、新奇な材料を被験者自身の力で体制化できるようになることは十分期待できるであろう。

しかし、単元を学習するということは、個々の概念を各自の認知構造の中に定位させることであり、その際概念同士のつながりが重要であるから、構造を示す地図を全体的に作成させるのみならず、さまざまな概念間の関係把握の指導を行うことも必要であろう。

本研究は、この点に着目したものである。この目的のために、被験者の既存の認知構造の違いを直接問題とせず、実験者作成の未完成の概念地図を与え、それを完成させることによって、意図的に概念間の関係を考えさせるという方略を用いた。これは、被験者が関係が深いと考える概念間のみならず、それ以外の概念間の関係把握をも訓練させることによって、同様な教材に対する教え方の、学年上昇に伴う変化にも柔軟に対処できるようにさせることを目的としたものである。そのため、事前・事後テスト課題は、さまざまな概念間の関係を問う形式とした。

そこで、概念間の関係をより広く把握させるための訓練を行った。それによって、例えば「自然界の物質の循環」という単元をまとめるとき、動物の排泄物→第2次消費者という2つの概念の関係を考えるに際し

て、これらの概念が、分解者（菌類・細菌類）による分解、窒素化合物、生産者（緑色植物）の根からの吸収、植物体内でのタンパク質の合成、第1次消費者（草食動物）・・・という連鎖を考えることによって説明可能であることを知り得る。

Novak ら(1984)の方法は、ともすれば直接結びつく概念・隣接する概念・直接の上位または下位概念といった、「まとめ易い」概念同士の結びつき、あるいはそれらの発見を促す指導に力点がおかれていたのではあるまいか。他方筆者は、横断結合の考えから示唆を受け、基本的には単元内のあらゆる概念同士が結びつくことが可能であると想定し、その結びつき方を考えさせることを目指した。

この目的のために先行の諸研究を再検討し、最も重要なのは概念の理解と概念間の関係の把握と考へて、実験的研究を企画した。実験者側であらかじめ概念地図を部分的に作成して被験者に提示し、それを完成させる（独立変数）ことによって、従来の研究に比較して、より多くの概念間の関係を把握させる（従属変数）というものである。従って本研究の目的は、未完成の概念地図を被験者に完成させることが、諸概念間の関係を把握できるようになり得るかを実験的に検討する事である。その際に、限定された時間の中で、最も効果的な作業時間・課題の割合についても検討する。

そこで以下の実験を行った。実験Ⅰ、Ⅱにおける作業課題はFIGURE 1-1、事前テスト・事後テスト課題はFIGURE 1-2 のとおりである。

予備実験

目的

先行研究の結果及び Novak, J.D.等の主張を再検討し、わが国の学校教育への適用を視野にいれつつ、いずれの群が何ゆえにテスト成績において優れるのかについて検討する。Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1984) は次のように主張する。すなわち、「概念地図作成法のような有意義な学習方法が効果をあげるためには、6～8週間の期間が必要である。それまでは、従来の方法の方が、学習効果が優れている。」

このことから、次の仮説を設定する。

仮説

全体で50分間の概念地図完全作成実験を行う実験群よりも、説明文を読み、完成された概念地図を見て学習する無作図群のほうが、概念間の関係に関するテスト成績が優れるであろう。

花のつくりと種子のできかた ( ) 学校 ( ) 年 ( ) 組

No. ( ) 氏名 ( )

次の文をじっくり読んでください。読み終わったら、下の図に進みなさい。なお、文は何回読みなおしてもかまいません。

アブラナ等の花では中心にめしべがあり、それを囲むように、おしべ、花びら、がくが順についている。めしべの先を柱頭といい、その下の部分を花柱（かちゅう）という。さらにその下の根元のふくらんだ部分を子房（しぼう）という。また、おしべの先には小さなふくろがあり、これをやくという。このやくの中に花粉が入っている。おしべの根元から花粉までのあいだは花糸（かし）という。

めしべの子房の中には、胚珠（はいしゅ）とよばれる部分があり、これがやがてできる種子のもとになる。

めしべのやくからでた花粉が、めしべの柱頭につくと、やがて子房は成長して果実になり、中の胚珠が種子になる。種子は果実に包まれており、例えばカキの種子では胚（はい）と胚乳（はいにゅう）とに分かれている。胚は、種子をまいたときにできる若い植物体のからだのもとになるものであり、胚乳はそのときの栄養分になる。また、種子全体は、種皮（しゅひ）という皮におおわれている。

次に、上の文を読みながら、先に行った問題を思いだし、言葉と言葉との関係をそれぞれ十分に考えながら、下の図の□のなかにあてはまる言葉を記入しなさい。

FIGURE 1—1 概念地図作成課題の例：部分完成法
(課題：花のつくりと種子のできかた)

方法

実験計画 1 要因 2 水準の被験者間計画。共分散分析法による。統制変数、基準変数はそれぞれ、事前テスト得点、事後テスト得点である。

なお、テスト結果は共分散分析法を用いて処理し、結果を調整平均で表示した。ここで共分散分析法に於ける調整平均とは、統制変数を調節し同質としたときの基準変数の級平均である。以後、実験処理に関しては、同様である。

実験年月 1993年6月上旬。

花についての調査 ( ) 学校 ( ) 年 ( ) 組
 No. ( ) 氏名 ( )

* この調査は学校の成績に関係ありません。楽な気持ちで受けてください。

次の2つの言葉の間の関係について、例にならって簡単に説明しなさい。

(例) ・鉛筆—ペン (どちらも、字を書くときの道具です)
 ・服—冬 (冬は寒いので、厚い服を着ます)

1. おしべ—やく ( ) 2. 花粉—柱頭 ( )
 3. めしべ—花柱 ( ) 4. めしべ—柱頭 ( )
 5. 子房—胚珠 ( ) 6. 子房—果実 ( )

(以下略。全15問)

※実際のテスト問題用紙では、( )内は説明文が書けるほど十分に広い。

FIGURE 1—2 事前テスト、事後テストの例 (課題：花のつくりと種子のできかた)

被験者 K塾中学2年生 男子16名、女子16名、計32名。実験群は男子7名、女子9名。無作図群は男女とも8名。2群は、K塾作成の教科別実力テスト(1993年5月下旬実施)で、ほぼ等しい得点をとったため再設定された2つのクラスであり、塾の方針でU市の北部地区・南部地区の学校別に分けられていた。

材料 K塾教材「中学校2年理科精選問題集」の「血液の循環」の単元(当時、被験者生徒全員、学校・塾では未学習)、事前テスト及び事後テスト用紙、概念地図作成用紙(実験群のみ)。

手 続

・時間配分 事前テスト 10分、授業(実験群は、概念地図作成を含む) 25分。干渉課題 5分。事後テスト10分。合計50分。

・授業材料の使い方 授業の資料は実験群・無作図群双方の生徒に、問題集の該当するページ(重要点のまとめの部分)をコピーして与える。

・実験方法と教示 「今日はこれから、血液の循環について勉強します。まず、みんながどれくらいよく知っているか、テストします。問題は15問です。時間は10分です。最初に出席番号と名前とを書いてください。はじめ、と言ったら問題をよく読んで答えて下さい。やめ、と言ったら鉛筆をおいてください。それでは、はじめ。」10分経過後、やめさせて、答案を回収する。次に、「これから、今日勉強する内容のプリントを配ります。」実験群の授業のときには、同時に概念地図作成用紙も配布する。次に、血液の循環について、説明を行うが、実験群の授業では、内容を適宜区切って、そ

の部分に関する概念地図作成を実施、無作図群の授業では、そのまま説明を続ける。

25分経過後、授業をやめ、干渉課題(理科2分野「コケ類とシダ植物」)を配布する。「今からこの問題を、5分間で解きなさい。」と教示、5分後、回収する。最後に事後テストを制限時間10分であることを告げて行い、時間経過後回収する。

結 果

・採点基準 文章完成法であるので、「血液の循環」の原理に従った模範解答どおりに、各問1点で採点した。字の間違いは、筆者が判読できる限り正解とした。漢字で書くべき所を平仮名にした場合も正解とした。

・評定の信頼性 K塾の専任理科教師(元高等学校理科教師)に、独立に採点を依頼したところ、全被験者の全答案のうち1名に2箇所、4名に各1箇所、計6箇所筆者の解答と異なるところがあった。すべて答案の字の間違いの程度の問題であった。評定者間の相関は $r=.975$, $p<.01$ であり、評定の信頼性は高いと言える。なお評定者間相関は、事前テスト及び事後テストの結果をこみにして行ったが、これは一般に2つのテストの相関が高いことが明らかになったからである。また相関が高い場合、すべて筆者自身の結果をそのまま用いた。

・共分散分析において、事前テスト、事後テストの双方に、パートレットの分散の等質性の検定を行ったところ、いずれも分散は等質であった。また、級内回帰も等質であった。結果は、 $p<.01$ で、無作図群・実験群となった(FIGURE 2)。なお、実験群の生徒のうち7名は、実験後の成績が実験前より低下した。

考 察

結果は全体的には Novak, J.D.の主張通り(「十分な時間をかけない間は、従来の教授法の方が優れる」)となったが、原因については考える余地がある。北尾(1991)によると、一般に目的をきびしく意識すると、そこへ到達しようとするために心的努力のほとんどが使われ、問題そのものを詳細に吟味したり、柔軟に考えを巡らすことができなくなることがある。この実験場面では、未習の内容を不慣れな方略で学ぶ事を強いられた。実験群の生徒は、概念の意味の把握及び記憶の定着が不十分なうちに概念地図を作成しようとすることによって、概念間の関係把握が十分にできず、またその結果として生じた失敗経験との双方の影響により、事前と同一のテスト課題を解答困難にしたと考えられる。そのことは、実験群の生徒の約半数が、実験後に成績が低下したことからも推測できる。他方無作図群については、

FIGURE 2 「血液の循環」課題

事前テストとして与えられた諸概念が、解説文に先行提示して示される要約の役割を果たし、解説文の理解を促進し、事後テストの成績を向上させたと考えられる。同様の効果は、実験群では上述の理由で打ち消されたのであろう。

そこで実験群の設定に当たっては、過度の緊張を与えないよう配慮しつつ、いくつかの概念間の関係を自ら判断させる方法が考えられる。この目的のためにまず概念地図の部分完成課題を数種作成し、その効果を比較検討することにした。この部分完成課題は、被験者に概念間の関係を意図的に考えさせるという点において、通常概念地図作成法よりも働きかけはより積極的であると言える。

実験 I

目的

本実験の目的は、概念及び概念間の関係を部分的に提示したとき、それを完成する行為が被験者の認知構造に影響を与えるという仮定の下に、部分提示の方法を統制することによって被験者の完成行動を操作し、概念間の関係を叙述させる形式で作成された事前テスト及び事後テストを変数としてその効果を検証し、限定された時間の中で最も効果的な概念把握の方法を見いだすことである。

方法

基本方針は以下の通りである。

- (1) 中学校の授業 1 時限 (50 分) 内に作業が終了するようにする。
- (2) 被験者は、実験者が部分的に作成したものを完成させる。
- (3) 概念地図の作成法は、実験群にのみ、文章の中で教示する。
- (4) 概念間の関係理解 (従属変数) に関して、最も効果的な方法を見いだすため、「概念」、「リンク」、「概念+リンク」を部分完成させ (独立変数)、効果量を比較して最良の方法を採用する。

なお 3 つの実験は質的に異なるため、課題数及び困難度は統制困難である。特に、リンクの数はそれ自身を統制しても連結し得る数は多く、結果的に課題数・困難度とも概念のみ記入する場合と等質には出来得ない。しかしこの実験の性質から考えて、課題数が多いことにより作業がより一層困難になるとは必ずしも言えない。限定された時間内での研究であることを考慮し、作業時間を統制し、定められた時間内での効果量で比較した。

- (5) テストは実験前後に、基本的には概念間の関係を記入させる形で同一問題で行う (従属変数)。
- (6) 干渉課題もまた理科の教材から選び作成する。

また中学校で行った実験は、群分けについては学級をそのまま用いた。第 2 学年で実験を行った理由は、各学校とも第 1 学年修了後、学力的に等質な学級編成を行っていることがあらかじめ確認されたからである。

実験 I-1 (概念記入による部分完成法の効果の検討)

実験計画 1 要因 3 水準の被験者間計画。共分散分析法による。統制変数・基準変数はそれぞれ、事前テスト得点、事後テスト得点である。

実験年月 1993 年 7 月中旬。

被験者 U 市立 A 中学校第 2 学年生徒 男子 54 名、女子 51 名、計 105 名。3 学級を 3 群に振り分けた。

材料 中学校理科 2 分野上「花のつくりと種子のできかた」単元から構成した文章と、その下に未完成の概念地図とを書き込んだ用紙。概念の数は、完全に記入された状態で 17 個。実験群 1 には空白 5 個、実験群 2 には空白 8 個が有り、そこに、被験者に概念を記入させ概念地図を完成させる。無作図群には概念地図の部分を作成させた状態で与える。空白の位置に関して実験群 1、2 とともに 3 バージョンをつくり、ランダムに配布した。他に、事前テスト及び事後テスト用紙。干渉課題用紙。

手 続

・時間配分 事前テスト10分, 作業(実験群は, 文章を読み, 概念地図の空白を完成させる。無作図群は, 文章と完成した概念地図とをよくみておく) 25分, 干渉課題 5分。事後テスト10分。計50分。

・実験方法と教示 「今日はこれから, 花の作りと種子のでき方について復習します。まず, みんながどれくらいよく知っているか, テストします。問題は15問です。時間は10分です。最初に出席番号と名前とを書いてください。

はじめ, と言ったら問題をよく読んで答えて下さい。やめ, と言ったら鉛筆をおいてください。それでは, はじめ」10分経過後, やめさせて, 答案を回収する。次に実験群, 無作図群の生徒に, それぞれ作業課題の用紙を配布し, 25分間作業するよう教示する。

25分経過後, 作業をやめさせ, 干渉課題(理科2分野「コケ類とシダ植物」)を配布, 5分間で行うよう教示し, 5分経過後, 回収する。最後に事後テストを配布し, 10分間で行うよう教示し, 10分経過後, 回収する。

実験 I-2 (リンク記入による部分完成法の効果の検討)

実験計画 1要因3水準の被験者間計画。共分散分析法による。統制変数・基準変数はそれぞれ, 事前テスト得点, 事後テスト得点である。

実験年月 1993年7月中旬。

被験者 U市立B中学校2学年男子54名, 女子49名, 計103名。3学級を3群に振り分けた。

材料 実験 I-1 と同じ用紙に, リンクのみ未完成の概念地図を完成させる。記入すべきリンクの数は, 実験群1で5本, 実験群2で8本。実験 I-1 と同様, 3バージョン作成しランダム配布。他は, 実験 I-1 と同じ。

手続 時間配分・実験方法と教示など, 実験 I-1 と同じ。

実験 I-3 (概念及びリンク記入による部分完成法の効果)

実験計画 1要因3水準の被験者間計画。共分散分析法による。統制変数・基準変数はそれぞれ, 事前テスト得点, 事後テスト得点である。

実験年月 1993年7月中旬。

被験者 U市立C中学校第2学年生徒。男子51名, 女子50名, 計101名。3学級を3群に振り分けた。

材料 概念及びリンク共に未完成の概念地図を完成させる。課題数は実験群1で概念2個+リンク3本, 実験群2で概念4個+リンク4本。各々3バージョン作成し, ランダムに配布した。そのほかは, 実験 I-2 と同じ。

手続 時間配分・実験方法と教示など, 実験 I-1 と同じ。

結 果

・採点基準 被験者全員, 中学1年の時に既習であるので,

(1) 中学1年以上で学習する形式・内容の答えであること(例えば, 小学校5年でも学んでいるが, その際は「胚珠」概念が抜け落ち, 受粉の結果, 種と実が出来るよう, 記述されている。また, 中学校1年では学ばない「雌花」「雄花」の区別がある。これらに基づく答えは誤答とした)

(2) 概念そのものだけの記述ではなく, 概念間の関係の記述であること。その際, ①概念地図上をたどった説明 ②理科(生物学)で一般的に承認されている関係記述のしかた ③被験者(生徒)を教えている理科教師が教えた関係記述のしかた, は, いずれも正答とした。また, これらが矛盾するときは, 他の理科教師に意見を求めた。

・評価の信頼性 各被験校の生徒を教えている理科教師1名と, 筆者とが独立に採点してその相関係数を求めたところ, 実験 I-1 については $r = .820$, $p < .01$ で有意, 実験 I-2 については $r = .804$, $p < .01$ で有意, 実験 I-3 については $r = .755$, $p < .01$ で, いずれも有意であった。評価の信頼性は高いといえる。

共分散分析を行ったところ, 実験 I-1 においては群間に有意差が見いだされた ($F(2,101) = 6.835$, $p < .01$)。Tukey 法による多重比較の結果, 実験群2 > 実験群1 > 無作図群となった。

実験 I-2 $p > .10$ で, 群間に有意差は見いだせなかった。

実験 I-3 $p > .10$ で, 群間に有意差は見いだせなかった (FIGURE 3)。

考 察

本実験は制約された時間の中で, 最も効果的な方法を探ることをねらった。

この3つの実験は, 概念間の関係を考える上で, (1) 関係(リンク)を先行提示し, そこに概念を記入する課題, (2) 概念を先行提示し, それらの関係をリンクで結ばせる課題, (3) 概念及びリンクとともに部分的に先行提示し, 地図を完成する課題, のうちいずれが概念間の関係把握により効果的であるかを, 定められた作業時間との関連で見いだそうとしたものである。

本研究における無作図群には作業課題は無い。それゆえ, 実験結果からは少なくとも実験群2までの作業

FIGURE 3 記入課題別成績

課題数に関しては、課題数の増加に伴って、テスト成績は向上していることになる。

3つの実験は質的に異なるが、共通しているのは「概念間の関係について考える」ことである。

他方、課題は異なるが予備実験の結果は、新奇な課題についての全体的な概念地図作成については、否定的な結果を示している。

これらの結果から次のことが推論できよう。まず概念及び概念間の関係について、少なくとも本実験のような場合、最適な作業課題の割合が存在し、それは実験群2の約50%弱から、完全完成課題(100%)の間にあるであろうこと、概念地図の部分完成という作業を行うことによって概念間の関係を被験者自身が明確化しているのであることである。

ところで、実験I-1からI-3までの無作図群の成績に関しては、実験I-2の無作図群の成績が他の2学校のそれよりもよいように見受けられる。そのため、この実験結果にも共分散分析を用いて処理したが、学校間の学力差は致し方無いとしても、実験校の選択に関しては今後、課題を残したと考えられる。

今回は、以後の実験に関しては明確に有意差の生じた実験I-1の方法を基本的な方法として採用することにする。

ところで、実験I-1において効果が生じたのは概念を記入する事によって被験者が概念間の関係を記憶し、それが再生されたためではないかという意見もあ

り得る。そこでこの実験における実験群1および実験群2について、各被験者ごとに概念記入作業の正誤と、テスト課題に於いて記入した概念を含む問題と含まない問題との間に有意差があるか否かを検定したところ、いずれも有意差は見いだせなかった。さらに、結果を個別に検討すると概念を正確に記入した箇所に相当するテスト課題に誤答し、まったく別のところに正答する、という例が見受けられた。

このことは、空欄に概念を記入する、という行為が単なる記憶・再生過程ではなく、被験者の固有の認知構造に影響を及ぼす過程である事を示唆する。

さて上述のように、作業時間を操作することによって実験群の方が無作図群よりも統計的に有意に優れることも、またその逆もあり得る。そこで次に、この方法をもとに作業時間の影響を検討することを試みる。

実験 II

目的

本実験の目的は、理科における概念学習において課題達成に及ぼす作業時間の影響を検討することである。

作業時間の検討は、教育的に2つの意味を持つ。1つは、教育心理学実験が教育現場に貢献しようとするならば、まず第1に、教育現場において教師や生徒が、与えられた課題や作業・授業方法に、限定された時間の中で、実際にどれだけの時間をかけることが出来るかの検討が必要であることである。

第2に実験における時間配当の問題がある。実験Ⅰの結果採用した方法（部分完成法と名づける）は、あらかじめ概念地図の一部分が出来上がっており、それを完成させるのが課題である。ところが、概念集団の体制化の仕方は個人毎に異なっていることは、先行諸研究の結果、明らかである。それゆえ、実験者によって概念地図が部分提示され、その完成を求められる事は、被験者に葛藤を引き起こすであろう。そのとき、急激な葛藤処理を強いられた場合、体制化された構造が一時的に崩れ、後の課題遂行に否定的な影響を及ぼす恐れがあることに注意しなければならない。

ここでは後続する研究として「全授業時間に占める作業時間の割合の、概念関係把握に及ぼす影響」を想定しているため、作業時間を具体的に設定し、全授業時間の10%（5分）、30%（15分）、50%（25分）の3段階について検討した。

方法

実験Ⅱ－1（作業時間5分間）

実験計画 1要因2水準の被験者間計画。共分散分析法による。統制変数、基準変数はそれぞれ、事前テスト得点、事後テスト得点である。

実験年月 1993年7月下旬。

被験者 K塾夏期講習会参加の中学3年生 男子18名、女子19名、計37名。実験群：男子10名・女子8名、無作図群：男子8名・女子11名。これらの群は、K塾の入会テストの理科の成績に関して、等質に分けられていた。

材料 実験Ⅰと同じ。

・時間配分 事前テスト10分、作業課題5分。干渉課題5分。事後テスト10分。合計30分（残りの時間は、通常の塾の授業に充てた）。

・実験方法と教示 実験Ⅰ－1に準ずる。作業課題のみ5分間。

実験Ⅱ－2（作業時間15分間）

実験計画 1要因2水準の被験者間計画。共分散分析法による。統制変数、基準変数はそれぞれ、事前テスト得点、事後テスト得点である。

実験年月 1993年7月下旬。

被験者 K塾夏期講習会参加の中学3年生 男子18名、女子18名、計36名。

材料 実験Ⅰと同じ。

・時間配分 事前テスト10分、作業課題15分。干渉課題5分。事後テスト10分。合計40分（残りの時間は、通常の塾の授業に充てた）。

・実験方法と教示 作業時間が15分間で、他は実験Ⅱ

－1と同じ。

実験Ⅱ－3（作業時間25分間）

実験計画 1要因2水準の被験者間計画。共分散分析法による。統制変数、基準変数はそれぞれ、事前テスト得点、事後テスト得点である。

実験年月 1993年7月下旬。

被験者 K塾夏期講習会参加の中学3年生 男子19名、女子19名、計38名。

材料 実験Ⅰと同じ。

・時間配分 事前テスト10分、作業課題25分。干渉課題5分。事後テスト10分。合計50分。

・実験方法と教示 作業時間が25分間で、他は実験Ⅱ－1と同じ。

結果

・採点基準 実験Ⅰと同じ。

・評定の信頼性 K塾の理科専任教師と筆者とが独立に採点したところ実験Ⅱ－1については $r = .798$, $p < .01$ で有意、実験Ⅱ－2については $r = .724$, $p < .01$ で有意、実験Ⅱ－3については $r = .738$, $p < .01$ で、いずれも有意であった。評定の信頼性は高いといえる。

・実験Ⅱ－1においては群間に有意差が見いだされた($F(1,35) = 63.295$, $p < .01$)。実験群<無作図群となった。

実験Ⅱ－2では群間には有意差は見いだされなかった($F(1,33) = .096$, $p < .01$)。実験群＝無作図群となった。

実験Ⅱ－3では群間に有意差が見いだされた($F(1,35) = 44.463$, $p < .01$)。実験群>無作図群となった(Figure 4)。

考察

実験Ⅱ－1においては、実験群の被験者の多くが、実験前後で成績が下降した。これは、概念地図の部分提示によって引き起こされた葛藤が、5分間では、解決・再体制化へと至らなかったことを示すものと思われる。この失敗経験によって被験者たちは、実験前に解決可能であった問題を解決する事が不可能になってしまったものと考えられる。そこで、この群には残りの時間を再学習に充てた。

このとき、事前テストで高得点を取ったものほど、有意に大きな成績降下が生じている。これは、一般に成績の優れている者ほど知識がより良く構造化されていると考えられることから、自己の既有的認知構造とより強い葛藤を生じ、失敗経験の影響が強く現れたからであろう。このような負の効果については先行の概念地図研究では十分に指摘されていなかった。

テスト成績から見れば、作業時間5分間（実験時間の10%）では逆の効果が生じ、15分間（同30%）では効果がほとんどなく（F値が0に近い）、25分間（同50%）の時は

FIGURE 4 作業時間の影響

明確な正の効果が現れている。本研究においては概念の効果的な教授法に限定しその効果を検討した。その結果、50分間の実験において、作業時間25分間条件で通常概念地図作成法では効果がなく、概念の部分記入課題においては効果が現れている。

しかしながら、本研究の最長25分間という時間は、本研究が本来概念地図作成法とは異なるとはいえ、学校などの授業時間の関わりでやむなく設定したものであり、実際、Novak 等の主張に比べて余りにも短すぎ、現実の教育への貢献についても不十分であると言わざるを得ない。その点において今後重要な問題を残したと言え、そこはこれからの課題である。

結 論

認知構造に関する諸研究、とりわけ概念地図作成法に触発され、概念の部分記入による学習効果を調べるための実験を行った。

予備実験においては概念地図作成法を実施した。テスト直前の記憶による影響を取り除くため、「正解」を見せずに授業時間の50%を地図作成に費やしたが、成績は概念地図を作成しない無作図群を下まわった。

また概念地図完成課題は、概念部分完成方略が最も良い成績を示し、無作図群の成績を上まわった。この結果は、この時間内に於いては概念地図の完全完成よりも部分完成方略の方が、概念間の関係把握により優れた効果を有する事を示している。言い換えれば地図

作成に於いては概念及び概念間関係の十分な把握が不可欠である事、また、作業課題に関しては最適の割合が存在し得るであろう事を示唆している。

本研究においては、課題数がより多い実験群2の成績がよりよい結果を示した。さらにこの方略を用いて、概念部分完成に費やす時間の割合を操作したところ、10%では負の効果が現れ、50%費やすことによって、実験群の成績が概念地図を作成しない群の成績を上まわった。これらの結果から、概念部分記入課題はテスト成績からみた限り効果はあるが、授業の中で行うためには課題に応じた適切な時間配分が検討される必要があると言えよう。

本研究は、学校及び塾の1時限という限られた時間内で行われたものであり、各課題にかかる時間もそのなかで調節した。

しかし、このことはまた本研究の限界を示すものでもある。Novak らの一連の概念地図研究で行われているような、充分な思考・討論などの時間が確保されているわけではない。そのため、新しい学習内容を自分で体系化する能力を育てるという、訓練がなされなかった。

本研究のみに関して言えば、教材単元・従属変数としてのテストの種類・挿入課題の割合・作業時間等を変化させ、この方略の特質を一層精密に検討して行くことを今後の研究課題として提起する事は妥当であろう。

引用文献

- Ausubel, D.P. 1968 *Educational Psychology : A Cognitive View*. New York : Holt, Rinehart and Winston.
- Champagne, A.B., Klopfer, L.E., Dresna, A.T., & Squires, D.A. 1981 Structural Representation of Student's Knowledge Before and After Science Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, No.2, 97—111.
- 福岡敏行・植田千賀子 1992 概念地図作り (CONCEPT MAPPING) の学習効果に対する一考察—ペーパーテスト法による有効性の確認— 日本理科教育学会研究紀要, 33, No.2, 1—8.
- 福岡敏行・笠井 恵 1991 理科学習における概念地図作り (CONCEPT MAPPING) の有効性に関する一考察—6 学年児童の「水溶液の性質」概念の形成において— 日本理科教育学会研究紀要, 32, No.1, 67—75.
- Gagné, E.D. 1985 *The Cognitive Psychology of School Learning*. Scott Foresman Company, Glenview, Illinois(赤堀 司・岸 学 監訳 1989 学習指導と認知心理学 パーソナルメディア社)
- Glynn, S.M., & Di Vesta, J. 1977 Outline and Hierarchical Organization as Aids for Study and Retrieval. *Journal of Educational Psychology*, 69, 89—95.
- Heinze-Fry, J.A., & Novak, J.D. 1990 Concept Mapping Brings Long-Term Movement toward Meaningful Learning. *Science Education*, 74 (4), 461—472.
- Hempel, C.G. 黒崎 博 訳 1967 哲学の世界 7 自然科学の哲学 培風館 P. 156.
- 広瀬正美 1992 基本的科学概念の構造とは何か 理科教育学講座 2 東洋館出版社 Pp. 124—142.
- 家野 等 1992 科学概念の形成と理科教育 理科教育学講座 2 東洋館出版社 Pp. 223—255.
- 北尾倫彦 1991 学習指導の心理学 有斐閣 P. 96.
- Novak, J.D., & Gowin, D.B. 1984 Learning How to Learn. *Cambridge University Press*. (福岡敏行・弓野憲一 訳 1992 子どもが学ぶ新しい学習法—概念地図法によるメタ学習— 東洋館出版社)
- Okebukola, P.A. 1990 Attaining Meaningful Learning of Concepts in Genetics and Ecology : An Examination of the Potency of the CONCEPT-MAPPING Technique 1990. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, No.5, 493—504.
- Stensvold, M.S., & Wilson, J.T. 1990 The Interaction of Verbal Ability with Concept Mapping in Learning from a Chemistry Laboratory Activity. *Science Education*, 74 (4), 473—480.
- 辰野千寿 1992 教材の心理学 学校図書

付 記

この論文は、1993年度筑波大学大学院博士課程心理学研究科の中間論文の一部を加筆・訂正してまとめたものです。

論文の作成にあたり、ご指導をいただきました筑波大学心理学系教授（現在、聖徳大学教授）福沢周亮先生に深く感謝いたします。

また、小野瀬雅人鳴門教育大学助教授、茂呂雄二筑波大学心理学系助教授、及び大学院の方々のご指導にも深く感謝いたします。

宇都宮市立宝木中学校、宮の原中学校、雀の宮中学校、陽南中学校、矢板市立片岡中学校の各校の校長先生はじめ多くの先生がた及び生徒諸君のご協力に感謝いたします。

(1995.7.19 受稿, '97.6.11 受理)