

問題解決に及ぼす下位目標の提示形態の効果

仮屋園 昭彦*

EFFECTS OF DIFFERENT FORMS OF SUBGOAL PRESENTATION ON PROBLEM SOLVING

Akihiko KARIYAZONO

The present study examined the effects of different forms of subgoal presentation on problem solving (The Tower of Hanoi problem). Subjects solved the training task with some subgoals. There were two types of training tasks in which the presentation form of subgoals varied as follows: 1) Subjects were presented all subgoals simultaneously, and these subgoals were not removed until the subjects reached the final goals (simultaneous presentation and non removal: Group SP-NR); 2) Subjects were presented subgoals successively, these being removed when subjects reached each subgoal (successive presentation and removal: Group SP-R). Subjects were divided into either of the above mentioned training task conditions. Following the training task, subjects were to solve either of two different test tasks (one was identical with the training task, the other was a varied task) without subgoals presented. The results showed that Group SP-NR solved the test task faster than Group SP-R. The finding suggested that the effects of presenting subgoals depended on the form of presentation of subgoals.

Key word; The Tower of Hanoi problem, subgoal, form of presentation of subgoals, problem solving

問 題

日常の学習場面では、数学等の問題解決中、教師が解決の手がかりとして、その問題の下位目標を与えることがある。しかし、この場合、下位目標によって、問題を解かせることにのみ目を奪われ、その下位目標がどのような機能を持ち、どのような処理や利用の仕方をすれば、後続の学習活動に効果をもつかという点は、十分考慮されていないように思われる。

このような、学習教材の処理方法の工夫の重要性、そのための生徒の学習活動の方向づけ活動を Rothkopf (1970) は、マセマジエニック行動 (Mathemagenic

behavior) という概念で表現した。このような考えは広く適用できると考えられるが、Rothkopf らの研究は、散文等の文章課題に留まっている (たとえば、Rothkopf & Bloom, 1970)。本研究では問題解決中の下位目標提示場面におけるマセマジエニック行動の重要性を踏まえ、問題解決中に下位目標を提示することが、どのような学習効果をもつのかという点の検討を行う。

一般に下位目標 (以下、SG と略記) を提示することは、解決目標に到達するまでの時間を早める効果があることが知られている。しかし、後続学習への影響という点に関して、Sweller (1983) は、SG 提示によって、早く問題が解けたとしても、それが必ずしも問題の構造を十分理解し、学習効果を高めることにつながらないことを示唆している。このような観点からみると、従来の研究では、SG を提示した場面での解決活動の分

* 広島大学教育学研究科 (Department of Psychology, Faculty of Education, Hiroshima University)

析が中心になっており、後の学習活動に役立つ SG 提示法に関する研究は不十分であると思われる。

この点を明らかにするためには、SG がもつ機能、およびそれらの機能と密接に関係する SG の提示形態について検討する必要がある。まず SG は、2つの機能をもつと考えられる。第1は、目標を明示する機能であり、第2は、初期状態(initial state)から目標状態(goal state)に至るまでの中間状態を示す機能である。SG の目標明示機能が、最も明確に表われる提示形態は、SG を1つ1つ継時的に提示し、個々の SG の達成時に撤去していくという継時提示・達成時撤去型の提示形態であろう。これに対し、SG がもつ問題の中間状態明示機能が最も明確に表われる提示形態は、解決者に SG が問題状態を示していることに気づかせやすくするという点から、複数の SG を解決開始時に一斉に提示し、最後まで撤去しないという一斉提示・撤去なし型であろう。

このように、提示形態の違いによって、SG がもつ機能は異なり、それが解決者の SG の利用方法、問題解決中の学習効果にも影響を与えることが予想される。

そこで本研究では、SG の提示形態の違いが、SG 提示中の解決活動と後の SG を提示しない解決活動に及ぼす影響を与えるかをハノイ塔問題を課題として、検討することを目的とする。具体的な目的、検討点、および実験仮説は以下のとおりである。

1. まず最初の段階として、SG が2つの機能をもっており、その機能の違いは、SG の提示形態を変えることによって明確に表われるか否かを確認する。そのため、SG の提示形態は、一斉提示・撤去なし型と継時提示・達成時撤去型という SG がもつ2つの機能が最も明確に表われる2種類の提示形態のみを用いる。理論的には、一斉提示・達成時撤去型と継時提示・撤去なし型も考えられるが、これらの形態では、SG の2つの機能が明確に表われにくいと思われる。もし本研究から、提示形態によって、SG の果たす機能が異なることが確認できれば、次の研究段階としてこれらの提示形態も取り入れたい。

検討点としては、

① 提示された SG を問題の中間状態を示すものとして解決者が利用するか否かを、SG の提示形態別に SG 同士の比較活動の有無を通して検討する。

② SG の提示形態別にみられる解決活動の特徴を、各 SG に到達するまでに要した操作間隔時間(1回円盤を動かすごとに要した時間)によって検討する。

2. もし、SG の提示形態の違いによって、解決者が

用いる SG の機能の違いが見られることが確認されたならば、次の段階として、SG の提示形態の違いによって学習効果が異なるか否かを、後続の SG 提示なしで行う課題の解決活動を比較することによって検討する。後続課題は、SG を提示して解いた課題と同じである同一課題と、スタートとゴールを変えた転換課題の2種類を設定した。本研究で転換課題を設定するのは、スタートとゴールを変え、同構造異問題を解かせることで、問題の構造が本当に理解されているのかを確認するためである。

実験仮説として、継時提示・達成時撤去型の SG 提示形態で解いた解決者は、SG 提示中は、SG を追いかけ終始してしまい、問題構造を十分理解するまでには至らず、同一、転換課題ともに SG なしで後続問題を解く際の成績は悪いであろう。一方、一斉提示・撤去なし型の SG 提示形態で解いた解決者は、もし、SG 同士の比較活動を行い、SG を問題の中間状態を示すものとして利用しているならば、問題構造の理解が促進され、同一、転換課題ともに SG なしで後続問題を解く際の成績はよくなるであろう。

さらに、本研究では課題としてハノイ塔問題を用いるが、それは、この課題が以下のような点で本研究の目的に適していると思われるからである。すなわち、この問題は、第1に出発から目標までの解決過程がはっきりしており、明確な SG が存在する課題であること、第2に出発点から目標点までの問題状態(解決段階)の変化が、SG 同士の関係から読み取れ、その関係から問題構造を理解することができること、第3にそれと同時に、単に目標と現在の問題状態との差を縮めるといった解き方に終始しても目標点に到達できる課題であることの3点である。

方 法

被験者

大学生60名が被験者であった。

実験計画

独立変数として、第1課題における SG 提示形態要因(出発時一斉提示・撤去なし群と継時提示・達成時撤去群の2水準)と第2課題における課題要因(転換課題群と同一課題群の2水準)を設定し2×2の4群を構成した。両要因とも被験者間要因であり、60名の被験者は、ランダムに4群に振り分けられた。

手 続

ハノイ塔5盤問題を用い、SG は3種類設け、問題と SG の達成順序は、Start → SG1 → SG2 → SG3 → Goal

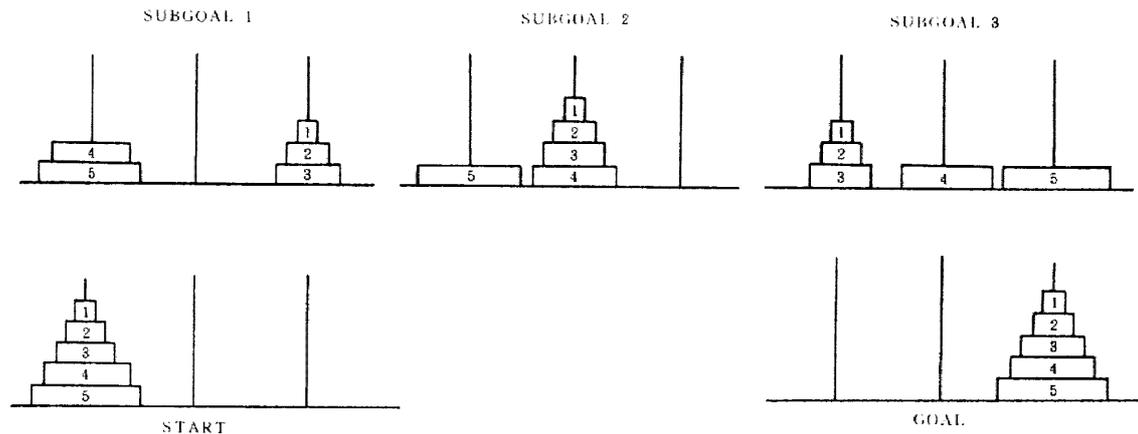


Fig. 1 ハノイ塔問題と提示 SG

の順であった (Fig. 1 参照)。

SG の提示形態は次の 2 種類であった。

① 「出発時一斉提示・撤去なし」：解決活動のスタートと同時に Fig. 1 に示した 3 つの SG が全部提示され、被験者がゴールに到達するまで撤去されない。

② 「継時提示・達成時撤去」：解決活動のスタート時には SG1 のみが提示される。SG1 が達成されると SG1 が撤去され、SG2 が提示される。このように SG を 1 つ 1 つ継時的に提示しそれが達成されると撤去し次の SG を提示する。SG3 が達成されれば SG3 を撤去し後は何も提示されない。

課題はすべてマイコン (OKI 電気 IF800model20) のディスプレイ上に提示し、キーボード操作によって解かせた。SG もディスプレイ上に提示し、ディスプレイから消すことによって撤去を行った。

最初に被験者が、これまでハノイ塔問題に接したことがないということを確認し、その後、紙に書かれたハノイ塔問題のルールを読んでもらい同時に口頭でルールの説明を行った。次に被験者に実際にキーボードで 2, 3 個の円盤を動かし練習操作をしてもらった。

実験課題は第 1 課題と第 2 課題を各 1 回ずつ解いてもらった。第 1 課題の解決活動は練習操作後すぐに、ハノイ塔問題と SG が一緒に画面に提示されると同時に開始された。SG の提示形態は先に述べた 2 種類であった。この 2 種類の提示形態の条件に被験者をランダムに半数ずつ振り分けた。第 1 課題ではすべての被験者に Fig. 1 に示した課題をやってもらった。第 1 課題の解決終了後ただちに第 2 課題を解いてもらった。

第 2 課題では、SG は提示しなかった。ここでは、第 1 課題の出発点と目標点を変えた課題 (以後、転換課題と略す) と出発点・目標点とも第 1 課題と同じ課題 (以後、

同一課題と略す) の 2 種類の条件を設定した。転換課題の出発点と目標点を Fig. 2 に示す。この 2 種類の条件に第 1 課題の各条件の被験者を半数ずつランダムに振り分けた。

問題の解決成績の測度は、解決時間 (Sec) を用いた。

第 2 課題解決活動終了後、SG 利用 (SG の比較の有無) に関する選択式の質問紙調査を行った。SG 利用に関する選択式質問紙調査の内容は、以下の通りであった。

「一斉提示・撤去なし群」：問題を解き始めてから、SG1～SG3 の 3 つあるいはどれか 2 つをみくらべる活動または現在達成しようとしている SG 以外の SG に目を移したという活動はあったか。

「継時提示・達成時撤去群」：解決途中、以前達成した SG を思い出そうとし、今達成しようとしている SG との間にはどのような関係があるのか考えたことはあったか。

以上の質問に対し「あった」と回答した場合は「比較あり」、「なかった」と回答した場合は「比較なし」とみなした。

まずハノイ塔問題のルール説明の後、以下の内容のことを紙面と口頭で教示した。

① 問題は全部で 2 回解いてもらう。

② 1 回目は解決のためのヒントとして、最終ゴールに至るまでの下位目標が 3 つ提示されるので、この下位目標を達成しながら問題を解くこと。

③ 1 回目の問題を解く際は、できるだけ問題の解法 (要領・コツ) を見つけるよう努め、下位目標をできるだけ有効に活用すること。

また、第 2 課題を解く際には以下のような教示を行った。

(転換課題群に対して)

① 2回目は、1回目とはゴールとスタートの位置を変えた問題を解くこと。

② 2回目の問題ではSGはでないので、1回目の解決経験を有効に生かしてできるだけ早く解くこと。

(同一課題群に対して)

① 2回目では1回目と同じ問題をもう1度解くこと。

② 2回目の問題ではSGはでないので、1回目の経験を有効に生かしてできるだけ早く解くこと。

結 果

問題で述べた検討項目に従って結果を分析した。

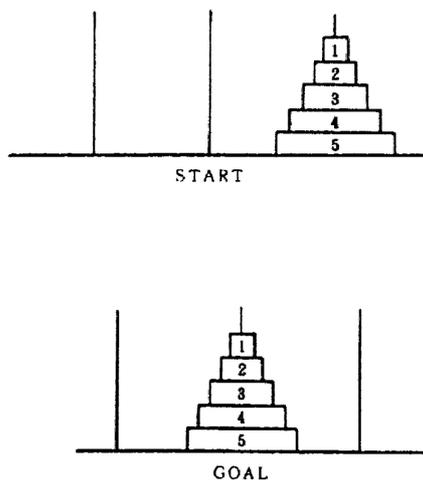


FIG. 2 転換課題の出発点と目標点

第1課題の分析

1. SGの提示形態の違いによってSGの利用方法に違いがでるか。

① 第1課題でのSGの比較活動の有無の人数をSGの提示形態別にTABLE 1に示す。比較活動をした人数の割合に差が見られ、一斉提示・撤去なし群の方が継続提示・達成時撤去群よりSGを比較した人数の割合が多かった ($\chi^2=19.46$ $df=1$ $p<.01$)。

② FIG. 3に第1課題において各SGと最終ゴールの達成ごとに1回円盤を動かす際に要した平均操作時間を示す。SG提示形態×SG間隔の分散分析の結果、SG間隔に主効果 ($F(3/174)=44.73$, $p<.01$)、両要因間に交互作用 ($F(3/174)=3.5$, $p<.05$) がみられた。各SG・

TABLE 1 各群における第1課題のSG比較活動の有無

	一斉提示撤去なし	継続提示達成時撤去
比較あり	19	2
比較なし	11	28

最終ゴールの達成までに要した平均操作時間をSGの提示形態別に比較したところ、スタートからSG1までの1回ごとの操作時間の平均値に違いがみられ、一斉提示・撤去なし群の方が有意に長かった ($F(28/174)=1.98$, $p<.01$)。

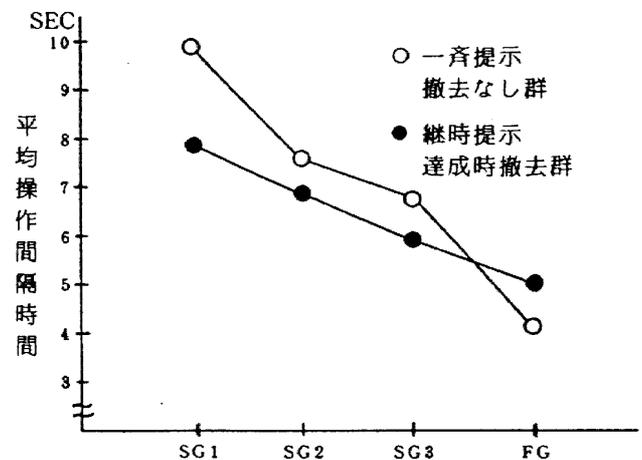


FIG. 3 第1課題における一斉提示・撤去なし群と継続提示・達成時撤去群の各SG、最終目標達成までの円盤の平均操作間隔時間

また、スタートからSG1までの平均操作間隔時間の違いを詳細に検討した (FIG. 4)。その結果、SGが提示されてから実際に解き始める (円盤を動かし始める) までの時間に、SGの提示形態による違いがみられ、一斉提示・撤去なし群の方が継続提示・達成時撤去群より有意に長かった ($t(58)=2.15$, $p<.05$)。

第2課題の分析

2. FIG. 5に第2課題における各群の全解決時間の平均値を示す。分散分析の結果、SG提示形態要因に主効果がみられ ($F(1/58)=25.4$, $p<.05$)、第2課題の問題の種類 (転換課題・同一課題) にかかわらず、訓練期において一斉提示・撤去なしというSGの提示形態をとった群の方が有意に早く問題を解いていることがわかった。

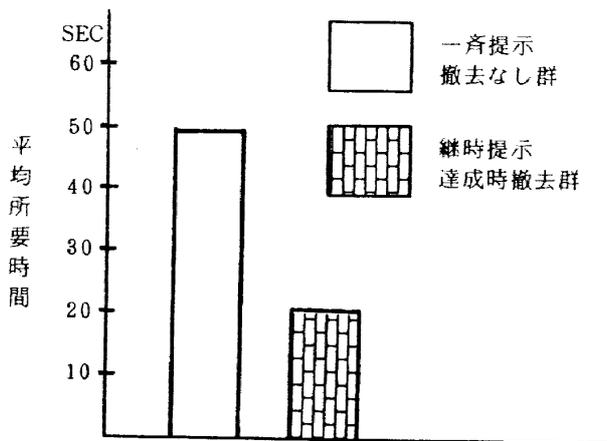


FIG. 4 第1課題における一齐提示・撤去なし群と継時提示・達成時撤去群の問題とSGが提示されてから最初の円盤の操作を行うまでに要した平均時間

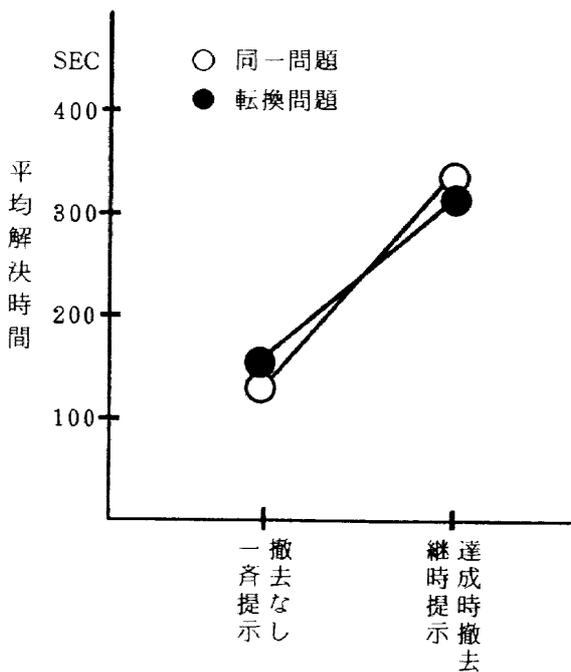


FIG. 5 第2課題における各群の平均解決時間

考 察

まず、SGの提示形態の違いが第1課題の解決過程に与えた影響については、FIG. 3から各SGの達成までの平均操作時間に、SGの提示形態による違いがみられた。さらにスタートからSG1までの操作時間を検討したところ、FIG. 4にみられるように問題とSGが

提示されてから、実際に解き始める(円盤を動かし始める)までの時間が、継時提示・達成時撤去群よりも一齐提示・撤去なし群の方が長いという結果が得られた。このように解決時間の分析からは、SGの提示形態の違いによって解決過程に違いが生じていることが明らかになった。

次に、この解決時間の違いが生じた原因に関しては、一齐提示・撤去なし群の被験者は、約2/3がSGを比較するという活動を行っているのに対し、継時提示・達成時撤去群では、このような活動をした被験者はごくわずかであったことから(TABLE 1)、比較活動の有無が解決時間の差を生じさせたと推測することができる。

第2課題においては、FIG. 5にみられるように同一課題、転換課題のいずれにおいても一齐提示・撤去なし群の方が継時提示・達成時撤去群に比べ、早く解決することができた。この結果とFIG. 3, FIG. 4, およびTABLE 1の諸結果を総合すると次のような解釈が可能であろう。

まず、継時提示・達成時撤去群の被験者は、SG同士の比較という利用法に気がつきにくく、SGを単なる目標としてのみ利用し、現在の解決段階と目標との差を縮める活動に終始したと考えられる。この解き方は、手段-目標分析 (Means-End Analysis) といわれるものである (Simon, 1978)。この方法は、目標状態と現在の問題状態との差を縮めることばかりに注意が向けられ、最終目標に到達することはできるが問題構造の学習効果は悪い (Sweller & Levine, 1982; Owen & Sweller, 1985; Gick, 1986)。そのため、この群の被験者は、問題を解くことはできたが、そこから後の解決活動に役立つような知識の獲得はなされなかったと考えることができる。一方、一齐提示・撤去なし群の被験者は、第1課題において実際に問題を解き始める前に比較的長い時間SGを比較したと考えられる。このことはSGを単なる当面の目標として捉えるのではなく、問題の全体構造を捉えるための情報として利用し、自分なりに問題を再構成していったと考えられる。つまり、このような問題の再構成活動によって、問題構造の理解が促進されたと考えられる (Owen & Sweller, 1985)。

しかも、本研究では、第1課題においては、早く解くというよりも解法・要領・コツを見いだすように教示し、第2課題でテストを行うことも被験者に知らせておいた。にもかかわらず、第2課題で継時提示・達成時撤去群の被験者の解決時間が長かったのは、学習活動において重要なのは、学習者の意図よりも学習材料(本研究では、SG)をいかに処理するかであるというこ

とを示唆している。この点は、従来の知見と一致する (Anderson, 1980 ; Mayer, 1977)。

本研究から、たとえ内容は同一な手がかりであつても、その提示の仕方によって解決者の利用方法は異なり、その結果、問題解決中の学習効果も違ってくることが示唆された。

よって、問題解決中に手がかりを与える場面で、その手がかりに対するマセマジニック行動、すなわち、その手がかりに対する処理の仕方を適切に方向づけることの必要性が示されたと言える。

引用文献

- Anderson, J.R. 1980 Cognitive psychology and its implications. (富田達彦・増井 透・川崎恵里子・岸 学訳 1982 記憶の精緻化と再構成 認知心理学概論 誠信書房)
- Gick, M.L. 1986 Problem-solving strategies. *Educational Psychologist*, **21**, 99—120.
- Mayer, R.E. 1977 Thinking and problem solving. (佐古順彦訳 1979 意味—図式への同化としての思考 新思考心理学入門 サイエンス社)
- Owen, E., & Sweller, J. 1985 What do students learn while solving mathematics problems? *Journal of Educational Psychology*, **77**, 272—284.
- Rothkopf, E.Z., 1970 The concept of math-emagenic activities. *Review of Educational Research*, **40**, 325—336.
- Rothkopf, E.Z., & Bloom, R.D. 1970 Effects of interpersonal interaction on the instructional value of adjunct question in learning from written material. *Journal of Educational Psychology*, **61**, 417—422.
- Simon, H.A. 1978 Information-processing theory of human problem solving. In W.K. Estes (Ed.), *Handbook of Learning and Cognitive Process*. Vol. 5. 271—295.
- Sweller, J., & Levine, M. 1982 Effects of goal specificity on means-ends-analysis and learning. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, **112**, 463—474.
- Sweller, J. 1983 Control mechanism in problem solving. *Memory & Cognition*, **11**, 32—40.

謝 辞

本論文の作成にあたり、御指導いただきました広島大学教育学部の羽生義正先生に深く感謝いたします。また原稿を綿密にチェックしていただいた森敏昭先生 (広島大学教育学部)、実験にあたり、そしてまとめの段階で熱心な御助言をいただきました森井康幸先生 (広島大学教育学部) に厚く御礼申し上げます。

(1989年2月25日受稿)