

問題構造を表す外的資源が問題解決を促進する条件

仮屋園 昭彦

(1999年10月15日 受理)

The condition in which external resources presenting problem structure
facilitate problem solving

Akihiko KARIYAZONO

It has been gradually becoming clearer that external resources facilitate human problem solving. Nikata and Kaiho (1998) have explained this effect as external explicitness of problem structure and external operatability of problem object. The purpose of this paper is to investigate the effect of external explicitness and external operatability in more detail. In experiment, external explicitness and external operatability were operated as experiment factor and two kinds of strips were used. Radiation was represented by strips. In explicitness factor, transparent strips, which are overlapped each other, color of overlapping part becoming deep, and non-transparent strips were operated. In operatability factor, whether subjects could operate strips or not was operated. The results indicated that it was important to take consideration into what external resources, and how to use those resources.

問題と目的

近年、認知心理学領域でのいわゆる「表象主義」は、さまざまな点で転換を迫られつつある。従来、人間の認知、思考活動は、頭という閉ざされた器の中に知識や表象が獲得、生成され、それらのある規則にしたがって、処理、操作する活動である、という見方がとられていた。そして、認知心理学では、主としてこうした知識の獲得や表象操作のメカニズムが研究対象となっていた。

こうした表象主義に対して、80年代の後半から様々な批判が起こり、新しい学習観、認知観が生まれてきたのは周知のとおりである。特に、人間の思考は、状況の中で生成されており、その時点での周囲の環境と思考活動とを切り離して考えることはできない、といった考え方が生まれた。さらに、人間の思考活動は、外の事物との相互作用として成立するものであり、頭という器の中で表

象し、操作するだけのものではなく、外の事物を必要に応じて利用しながら行われるものである、という考え方が生まれた。

上記のアプローチの大きな特徴は、外部情報を我々の認知が依存し、利用する資源として捉えている点にある。そして、こうした考え方を生み出したのが、アフォーダンス理論、状況論である（鈴木, 1995）。アフォーダンスとは環境が動物に提供する価値のことである（佐々木, 1994）。この理論では、すべての道具は人間の特定行動を誘発するような情報をもつ、と考える。また、状況論では、人間の具体的な行為のありようを決定づけているのは、知識や意志決定などの頭の中に存在する「表象」ではない（佐藤, 1996）、と考える。つまり、人間の認知活動は頭の中の表象操作だけから成り立つのではなく、常に外的環境、ローカルな状況と相互作用を繰り返しながらすすめられる、と考える。

こうした考えを背景に、人間の認知活動に対する外的資源の役割への関心が高まってきた。最初に認知活動に対する外的資源として検討されたのはいわゆる図の機能である（Larkin & Simon, 1987）。問題解決場面でも、本来内部の認知活動で処理される問題構造や解決ルールといった情報が、図という外的資源として外在化されることで、解決成績の向上が見られている（植田, 1995）。この結果については、本来内部で表象すべき内的制約（問題解決活動の場合、問題構造、ルール）が図という外的資源として外在化されることで、内的処理の負担が減り、解決が容易になった、という解釈がなされている。

このように、従来の研究では、外的資源の効果として、記憶と計算という認知活動の負荷の軽減があげられてきた。

しかし、近年、外的資源は単に認知負荷の軽減だけでなく、問題空間そのものを変え、したがって、課題の性質そのものを変える機能をもつ、という見方が現れている（Zhang & Norman, 1994; Norman, 1993; Norman, 1992）。Fig. 1-1とFig. 1-2のようなハノイ塔改造問題とコーヒーカップ問題は、問題構造、ルールといった制約は全く同じである。しかし難易度ではコーヒーカップ問題の方が易しい。ハノイ塔改造問題では、解決者はルール、問題構造を内的に保持しなければならない。一方、コーヒーカップ問題では、コーヒーカップの物理的構造が解決者の行為や問題解釈に自動的に制約を与えてくれる。すなわち、問題にルールを記述したり、解決者がルールを保持しなくても、ルールにしたがった行為しかできないようになっている。これは本来、解決者の内部だけで表象、保持されているはずの問題空間が外部にも存在することを意味する（村山, 1995）。Zhang & Norman (1994) は、こうしたコーヒーカップ問題の問題空間には、人間の内部（内部問題空間）と外部（外部問題空間）とのそれぞれに問題空間が存在していると考え、分散的問題空間と呼んだ。そして、問題空間を外部と内部に設定したうえで、外的資源の機能を明らかにする試みを行っている。

以上のように、問題解決場面では、図以外の様々な外的資源の効果を検討する試みが始まっている。時期的には前後するが、Beveridge & Parkins (1987) は、Fig. 2のようなColor Strip (Strip :

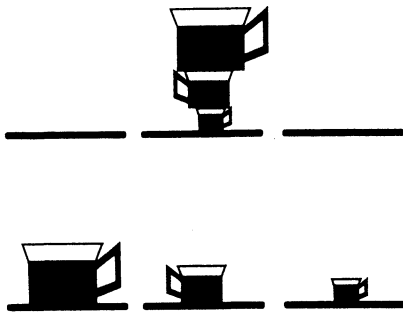


Fig. 1-1 コーヒーカップ問題
(Norman, D. A. 1993より引用)

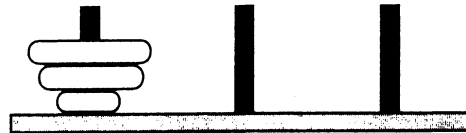


Fig. 1-2 ハノイ塔改造問題
(Norman, D. A. 1993より引用)

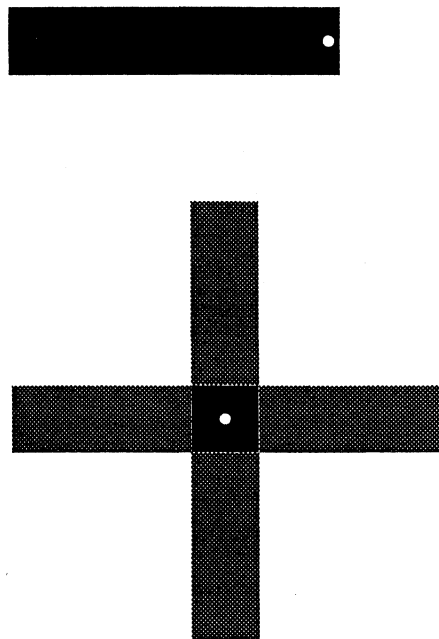


Fig. 2 Beveridge & Parkins (1987) で用いられた Color strip (荷方・海保 1998より引用)

細長い小片)と呼ばれる、実際に被験者が操作できる折りたたみ式の道具が放射線問題の解決活動に与える効果を確認した。この実験ではまず、放射線問題を解く前に、類似問題(火事問題)、イメージ・スキーマ(イメージ・スキーマ;対象がもっている本質的な特性を模式的、抽象的に表現したイメージ)、Color Stripのそれぞれを提示する。その後、放射線問題を解いてもらうが、この段階でColor Stripを提示された被験者群は、他を提示された群に比べ放射線問題に対する高い正答率を示した。

荷方・海保 (1998) は, Beveridge & Parkins (1987) の研究に基づき, 外的資源としての Strip の, どのような面に問題解決促進機能があるのか, という点について理論的に考察した。第一に, 外的資源は, 問題表象を構築する際に必要な問題構造, ルールといった内的制約を外に顕在化する機能がある (顕在性)。第二に, 外的資源は, 問題内の対象 (問題内に現れる物体, 人, 操作手段) の物理的な扱い方, 特性, 効果の理解を容易にさせる機能がある (操作可能性)。例えば, Duncker の放射線問題が困難な理由の 1 つは, 放射線の特性自体にあまりなじみがないからであろう。放射線を自らの手で操作できるように提示すれば, 問題構造の把握, 解決方法の発見はかなり容易になることが予想される。

このように, 問題解決場面での外的資源の機能は, 顕在性, 操作可能性にあることが指摘されている。そして Beveridge & Parkins (1987) の研究からは, 実際に道具として示すことの有効性が実証されている。

こうした状況のなかで, 今後解明されねばならない問題は以下のことからであろう。まず第一に, Beveridge & Parkins (1987) の研究では, 外在化された道具の有効性は実証されているものの, より具体的, 詳細なレベルで, 外的資源が問題構造やルール, 問題内の対象などの, どのような面と対応していれば効果があるのか, あるいは問題構造の各要素の少なくとも最低どのような面が外在化される必要があるのか, という部分が明らかにされていない。すなわち, Beveridge & Parkins (1987) の研究では, Strip のどのような側面が効果的機能を果たすのか, という点が不明なままなのである。

第二に, 荷方・海保 (1998) の研究では, 外的資源の 2 つの機能が指摘されているが, これらはいくまで理論的な指摘にとどまり, 実証データが得られていない。

そこで本研究では, 放射線問題解決時, 外的資源としての Strip の, どのような面が有効なのか, を具体的に明らかにすることを目的とする。本研究で操作する外的資源の側面は, 顕在性と操作可能性である。まず実験 1 では, この 2 つの側面を要因として取り上げ, 問題解決に対する効果を検討する。問題解決での外的資源の有効性を提唱した Zhang & Norman (1994) の研究では, 課題としてハノイ塔問題が使用されている。したがって, 外的資源の有効性に関する考察も, ハノイ塔問題の問題構造に即した形で行われている。本研究で用いる放射線問題は, ハノイ塔問題と比較して問題構造が大きく異なる。したがって, 放射線問題を用いることで Zhang & Norman (1994) の考察の批判的検討が可能になる。以下に本研究でおこなう要因操作を具体的に述べてみたい。

1 つめの, 顕在性の要因操作は Strip を用いておこなう。Strip は問題の操作子 (放射線) が外的資源として外在化されたものである。ここで問題中の操作子との類似性によって 2 種類の Strip を準備する。1 つはカラー Strip で, もう 1 つは半透明 Strip である。この 2 種類の Strip を Fig. 3 に示す。半透明 Strip は, 半透明になっていて重ねると重ねた部分の色が濃くなる。したがって, 半透明 Strip は, 放射線問題の操作子 (放射線) の性質を正確なたちで外的に顕在化していることになる。その結果, 放射線問題の操作子との類似性は高くなる。一方, カラー Strip は色が付いていて透けることは

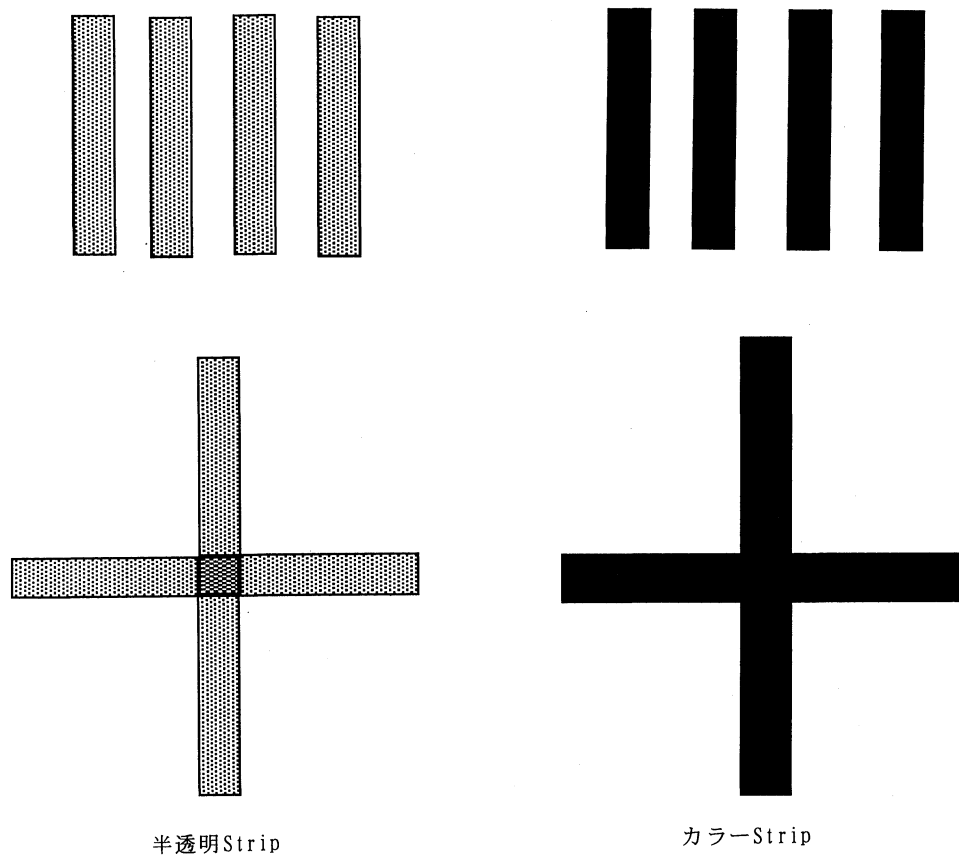


Fig. 3 本研究で用いた2種類のStrip

ない。したがって、重ねると物理的に重なるだけである。つまり、カラーStripは操作子（放射線）の性質を正確には反映していない。その結果、放射線問題の操作子との類似性は低くなる。以上のように、顕在性の要因では、外的資源のなかに操作子の性質が顕在化されているか否かを操作する。

2つめの、操作可能性の要因操作は、被験者がStripを実際に操作できるか否かで行う。すなわち、操作不可能群では、4本のStripを並列に並べた形で提示し、被験者はStripに触れることはできない。Stripの操作は被験者が頭の中で内行的に行うだけである。操作可能群では、並列に並べて提示された4本のStripを被験者が自由に操作する（扱う）ことができる。したがって、放射線状に並べることが可能であり、そのときの状態が完全に外在化される。以上のように、操作可能性の要因では、外的資源に対して被験者が操作を加えることができるか否かを操作する。

実験1では、この2つの要因に基づいた実験計画により、上記の外的資源の側面がどの程度問題解決を促進するかを検討する。

実 験 1

方 法

1. 被 験 者：大学生64名であった。
2. 課 題：放射線問題を用いた。
3. 実験計画：問題の解決形態によって下記の2要因を設定した。すなわち、顕在性要因（半透明 Strip と カラー Strip との2水準）×操作可能性要因（操作可能と操作不可能との2水準）の実験計画であった。要因はいずれも被験者間要因であった。この4群に被験者を16名ずつ振り分けた。
4. 手 続 き：実験は個別実験であり、各要因の被験者に、問題解決開始時に Strip 使用に関する以下の教示を与えた。

(1) 半透明 Strip ・ 操作可能群

- ① 半透明 Strip を並列に並べた形で提示：「ここに4本の棒があります。この棒を放射線と考えて、自由に操作しながら問題を考えてください。問題が解けたら、その解決方法を解答用紙に記入してください。」
- ② 10分経過後、実験者は半透明 Strip を用いながら解答を説明する。この4本の棒を放射線と考えて、このように4本の棒を組み合わせると真中の部分が濃くなります（このとき、実験者は Strip を実際に放射線状に重ねてみせる）。このことから分かりますとおり、周囲の細胞を破壊しない程度の弱い放射線を多方向から一斉に放射すると、真中で放射線が集まり、腫瘍を破壊するのに十分な強度になります。」
- ③ 内省報告：解決活動終了後、「実験者に提示された棒を利用しましたか。利用した場合は、棒のどのような側面が役に立ちましたか」という質問に紙面で答えてもらった。

(2) 半透明 Strip ・ 操作不可能群

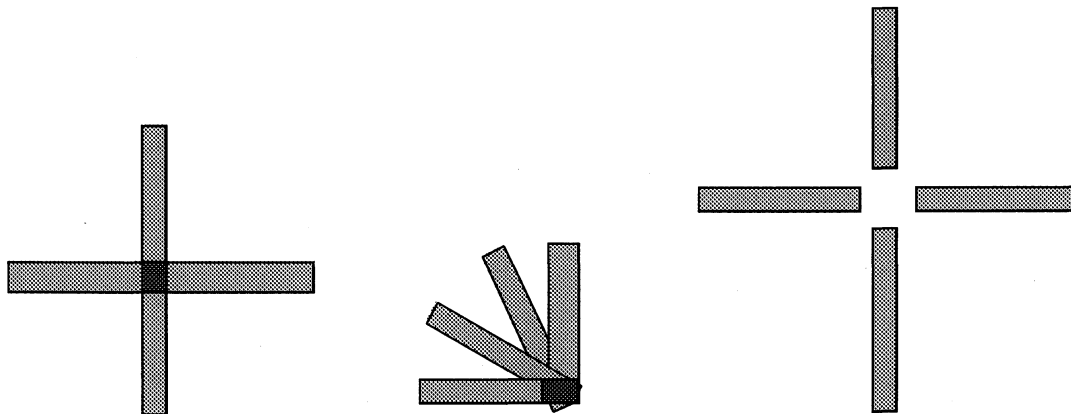
- ① 半透明 Strip を並列に並べた形で提示：「ここに4本の棒があります。この棒を放射線と考えて、この棒に触れず頭の中でこの棒を使って問題を考えてください。問題が解けたら、その解決方法を解答用紙に記入してください。」
- ② 10分経過後、実験者は半透明 Strip を用いながら解答を説明する。この4本の棒を放射線と考えて、4本の棒を組み合わせると真中の部分が濃くなります（このとき、実験者も Strip にはふれない）。このことから分かりますとおり、周囲の細胞を破壊しない程度の弱い放射線を多方向から一斉に放射すると、真中で放射線が集まり、腫瘍を破壊するのに十分な強度になります。」
- ③ 内省報告：解決活動終了後、「実験者に提示された棒をイメージとして利用しましたか。利用した場合は、イメージの中で棒をどのように操作しましたか」という質問をした。

(3) カラー Strip ・ 操作可能群

- ① カラー Strip を並列に並べた形で提示：「ここに4本の棒があります。この棒を放射線と考

Table 1 実験1の各群の平均問題解決得点 ()はSD

		操作性	
		操作可能群	操作不可能群
顕 在 性	半透明	2.69 (0.46)	0.88 (1.11)
	カラー	0.69 (0.85)	0.63 (0.99)



半透明・操作可能群	10名	4名	2名
半透明・操作不可能群	4名	0名	3名
カラー・操作可能群	1名	2名	3名
カラー・操作不可能群	0名	0名	4名

(注) 操作可能群は問題解決時のビデオから、操作不可能群は内省報告時のstripの利用状況に関する報告から作成した

Fig. 4 実験1での問題解決時のStripの使用状況

えて、自由に操作しながら問題を考えてください。問題が解けたら、その解決方法を解答用紙に記入してください。」

- ② 10分経過後、実験者はカラー Strip を用いながら解答を説明する。この4本の棒を放射線と考えると、このように4本の棒を組み合わせます。(このとき、実験者は Strip を実際に放射線状に重ねてみせる。) このことから分かりますとおり、周囲の細胞を破壊しない程度の弱い放射線を多方向から一斉に放射すると、真中で放射線が集まり、腫瘍を破壊するのに十分な強度になります。

- ③ 内省報告：解決活動終了後，半透明 Strip・操作可能群と同じ質問を行った。
- (4) カラー Strip・操作不可能群
- ① カラー Strip を並列に並べた形で提示：「ここに4本の棒があります。この棒を放射線と考
えて、この棒に触れず頭の中でこの棒を使って問題を考えてください。問題が解けたら、そ
の解決方法を解答用紙に記入してください。」
- ② 10分経過後，実験者はカラー Strip を用いながら解答を説明する。この4本の棒を放射線と
考えて、4本の棒を組み合わせます（このとき，実験者も Strip にはふれない）。このことから
も分かるとおり，周囲の細胞を破壊しない程度の弱い放射線を多方向から一斉に放射すると，
真中で放射線が集まり，腫瘍を破壊するのに十分な強度になります。」
- ③ 内省報告：解決活動終了後，半透明 Strip・操作不可能群と同じ質問をした。
また，Strip 使用状況を記録するため，解決の様子はすべてビデオに収めた。

結 果

1. 解の得点化

問題の解の得点化の作業は，すべて仮屋園 (1994) にならって行った。したがって0点～3点
の範囲で得点化した。

2. 解の得点の分析

各群の問題解決得点の平均値を Table 1 に示す。各群の得点について，実験計画にしたがい，顕
在性要因（半透明 Strip とカラー Strip との2水準）×操作可能性要因（操作可能と操作不可能との
2水準）の分散分析を行った。分析の結果，操作可能性要因の主効果 ($F(1/60) = 16.749, p < .01$)，顕在性要因の主効果 ($F(1/60) = 24.12, p < .01$)，および両要因の交互作用 ($F(1/60) = 12.25, p < .01$) がみられた。

3. 内省報告の分析

解決活動を収録したビデオ（操作可能群），および内省報告からの Strip 利用の想起（操作不可能
群）からまとめた問題解決時の Strip 使用状況を Fig. 4 に示す。半透明 Strip・操作可能群の被験者
は，16名中14名が放射線状かまたは扇状に Strip を操作していることがわかる。他の群は，こうし
た形で Strip を使用，あるいはイメージしている被験者はわずかである。Table 1 の各群の平均点
は半透明 Strip・操作可能群が他の群に比べて突出している。内省報告の結果は，Table 1 の交互
作用の結果を裏づけるものであると言える。

考 察

Table 1 から半透明 Strip・操作可能群の得点が他の3群と比較して突出して高い，という結果が
得られた。Fig. 4 に示されている Strip 使用状況とともにこの結果を考察してみよう。

放射線というのは，非常になじみが薄い物質であるため，その扱い方の具体的イメージ化が困難

