

洞察問題解決の性質

認知心理学から見たチャンス発見

The Nature of Insight Problem Solving

Chance Discovery from Cognitive Psychology

三輪 和久
MIWA Kazuhisa

名古屋大学大学院 人間情報学研究科
Graduate School of Human Informatics, Nagoya University
miwa@cog.human.nagoya-u.ac.jp, <http://www.cog.human.nagoya-u.ac.jp/~miwa>

寺井 仁
TERAI Hitoshi

(同上)
terai@cog.human.nagoya-u.ac.jp

keywords: discovery, insight, reorganization, constraint relaxation, problem space, analogy

1. チャンス発見と洞察問題解決

本論文の目的は、認知心理学のコミュニティにおいて、洞察問題解決 (*insight problem solving*) として研究されてきた人間の問題解決過程の理論、および実験により明らかになってきた実証的知見を概説することである。冒頭に、チャンス発見と洞察問題解決の関連について検討する。

チャンス発見におけるチャンスとは、「意思決定に重要な影響を与える可能性のある未然の事象あるいは状況」、もしくは「未来に重要な事象が発生することを未然に示唆する事象」と定義されている。チャンス発見では、これらの予兆 (チャンス) を捉えて、リスクの回避や、新たなマーケットの開拓に役立てようとする。

このような考え方自体は、とりたてて新しいものではない。過去のデータを探ってその傾向を読みとり、未来を予測するといった手法は、これまでもデータマイニングの領域において、熱心に研究されてきたテーマである。チャンス発見というパラダイムの新しさは、チャンスをどう見るか、その予兆観、チャンス観にあると言ってよい。

旧来のデータマイニングの手法の基本的な前提は、過去、現在、未来は連続的に推移するというものであった。しかし、チャンス発見における未来観は、時に未来は過去から不連続に飛躍するというものである。前者の連続性を前提とした意思決定の基本的な考え方は、過去の事象集合に基づいて未来事象の期待値を計算し、それが最大になる事象を選択するというものである。しかし、人間は、必ずしもそのようなメカニズムによって意思決定を行うわけではない (もし人間の意思決定が単純に期待値に従うならば、この世界に宝くじは存在しなかった)。このことは、意思決定の認知心理学において、古くから指摘されている (余談であるが、この種の研究の草分けである Kahneman は、2001 年度のノーベル経済学賞を

受賞した)。チャンス発見では、このような人間の意思決定の性質を、規範からの逸脱としてではなく、積極的な意味をもった行動と捉え、そのメカニズムを未来予測の方法論に取り入れることを試みる。

以上の見解に基づいて、我々は、チャンス発見の新しさを、次の 2 つの観点から捉えてみたい。

(1) 観点 1: 過去のパターンから導かれない予測を与えることがチャンス発見である。

先に述べたように、これまでの意思決定では、過去に累積された事象の中に規則性を発見し、それを未来に外挿して未来事象の生起を予測する。しかし、真に価値ある未来予測は、そのような外挿から外れる未来を察知できることであり、チャンス発見ではそのような発見を扱おうとする。

(2) 観点 2: 重要な発見につながるデータ自体に気づくこと (データ自体を発見すること) がチャンス発見である。

これも、旧来の発見の考え方とは異なっている。これまでのデータマイニングでは、まずデータが与えられ、そのデータから法則や理論を導き出すことが主たるテーマであった。しかし、チャンス発見においては、未来予測に決定的なデータに気づくこと自体に意味がある。事象が生起した後になってはじめて「なぜあの時に (予兆に) 気づかなかったのだろう」といった感想が聞かれることは度々である。そこでの発見の困難さは、データから理論を推定する困難さではなく、有用なデータ自体に気づくことの困難さである。

さて、このように伝統的なデータマイニングにおける発見のパラダイムとチャンス発見のそれとを比較してみると、両者の関係は、いわゆる通常の問題解決と、本論文で扱う洞察問題解決の関係によく似ていることがわかる。具体的には、上記の観点に即して、一般的な問題解

決に対する洞察問題解決の特徴をまとめると、以下のようになる。

(a) 観点 1: 一般的には、過去経験の累積 = 学習であり、過去経験が問題解決を促進するのに対して、洞察問題解決では、過去経験が問題解決の阻害要因となる。過去経験に基づく解決のパターンを超えるところから、洞察は導かれる。

(b) 観点 2: 一般的な問題解決は、初期状態から目標状態への探索として捉えられる。一方、洞察問題解決では、問題解決手がかりの発見自体が決定的局面となる。手がかりの発見と同時に、探索を行うまでもなく、瞬間的に解が発見されるということが少なくはない。

以下では、より一般的に、洞察問題解決が、通常の問題解決と比較して、どのような特質を有するものであるのかということについて考えてゆきたい。

2. 洞察問題解決の特徴

ゲシュタルト心理学では、知覚を生じさせる要因として、個々の刺激要素ではなく、要素に還元できない全体性を強調する。そこでは、思考を 2 つの種類に分類している。一つは、過去に経験した解法に基づく再生的思考 (*reproductive thinking*) であり、他方は、まったく新しい解を創造する生産的思考 (*productive thinking*) である。再生的思考とは過去に経験した問題解決に基づいており、習慣や行動が再生されることによってなされる。他方、生産的思考は新たな関係性に気付くことであり、この生産的思考は人間の創造性に深く関与していると考えられる。洞察問題解決は、後者に属する思考の 1 つの形態である [Mayer 92]。

再生的思考と生産的思考は、時に対立する。すなわち、あるタイプの問題解決においては、過去経験を基とした再生的思考が、生産的思考を阻害する場合がある。

例えば、習慣によって問題解決に対する構え・態度 (*Einstellung*) が一度できてしまうと、他により簡単な解決方法があったとしても、それに気付かず非効率な、または解にたどり着かない方法をとってしまうことが知られている [Luchins 50]。また、同様に機能的固着 (*functional fixedness*) と呼ばれるような、対象の習慣的な機能に固着した見方をしてしまうことによって、その対象の持つ潜在的な使用方法を用いることができなくなることが知られている [Duncker 45, Scheerer 63]。

洞察問題解決は、このような再生的思考の壁を超えることによってもたらされる。それでは、洞察問題解決とは具体的にどのような問題解決であるのか。その定義は様々である。以下では、一般的に含意されている洞察問題解決の特徴を列挙する。

(1) インパスの存在

洞察問題解決では、問題解決の途中で、深刻な手詰まり状態に陥る。この状態をインパス (*impasse*) と呼ぶ。

インパスは、過去の問題解決経験が負の要因として働くことによってもたらされる [Ohlsson 92, Dominowski 95, Smith 95]。なぜなら、洞察問題は、過去に有効であった方法を用いても解くことができないためである。にもかかわらず、問題解決者は、過去の問題解決経験にこだわり、誤ったオペレータを繰り返し適用して問題を解決しようとする。

(2) 失敗事例の利用不可能性

問題解決者は、インパスの中で、繰り返し失敗を経験する。しかし、自分の手法に固執して、失敗のような負のフィードバックから学習することができない。

(3) 重要なデータの無視

問題解決者は、解の発見に有用なデータを無視する。解を知っている第 3 者が傍目から見ていると、「そこにもう答があるのに何で解けないの」といったような状況がしばしば生じる [Kaplan 90, 開 98]。

(4) 飛躍的解決

問題解決のプロセスは漸進的に進むのではなく、飛躍的に展開する。インパスに陥った状態から、あたかも突然解がひらめいたように問題が解決される [Metcalfe 87, Davidson 95]。しかも、後からなぜ解が発見されたのかの説明を求められても、その理由を報告することができない。

(5) 洞察後の了解

一般的には、洞察問題は決して困難な課題ではない。答を知らされると、多くの問題解決者は、「こんな簡単な問題がなぜわからなかったのかわからない」といった感想を持つ。しかも、一度解法を学習すると、次には何なく類似の問題を解くことができるようになる。

(6) 感情的体験の随伴

洞察問題解決においては、解に気づいた瞬間に、驚きや感動など、ある種の感情的な体験を伴うことが少なくない。これらの体験は、Aha 体験 (*Aha! experience*) などと呼ばれる [Metcalfe 86a, Metcalfe 86b, Metcalfe 87, Davidson 95]。

(7) 問題表象の転換

洞察の前と後では、問題解決者の問題に対する捉え方 (問題の構造の理解、定式化の方法等) が根本的に変化してしまうことが少なくない。洞察問題解決においては、洞察前後で、問題自体が別々のものになってしまうのである [Mayer 95]。

(8) 創造性への関与

これはここまで述べてきたような意味での特徴とは異なるが、このような洞察問題解決は、人間の創造性に深く関与するプロセスであると言われている [Mayer 92]。

このように、洞察問題解決は、「問題解決プロセスの不連続性」や、「問題解決手がかりの無視」といった点で、通常の問題解決と異なる特徴を有する。そして、この対比は、前述した伝統的なデータマイニングにおける発見とチャンス発見の関係と多く点で類似している。

本論文では、このような認識に基づいて、認知心理学の領域で展開されてきた洞察問題解決の研究を解説する。

洞察問題解決研究にも様々なアプローチが存在する。本論文では、取り上げるスコープを、実験室研究 (*Laboratory Studies*) というパラダイムの中で行われた研究に限定する。

このアプローチでは、その問題解決過程において洞察を誘発することが期待される実験課題を用いて、心理学実験室において被験者にその問題を解かせ、その問題解決過程を観察する。実験室研究のおもしろさの一つは、比較的簡単な実験課題を用いるにも関わらず、実験室の中で実際に洞察の過程が観察されることにある。このように、実験室研究のパラダイムにおいては、実験課題が決定的な意味を持つ。従って、本論文では、実際に研究に使われた課題を紹介しながら論述を進める。読者の皆様には、是非、ボックス中に示された問題を自分で解きながら、本論文を読み進めて頂けることを期待している。

3. 洞察問題解決のプロセス

以下では、まず 3.1 節で、ゲシュタルト心理学における洞察問題解決の捉え方について示した後、3.2 節~3.5 節で、どのようなプロセスで洞察が起こるのかについて、3 つの観点から関連研究を紹介してゆく。

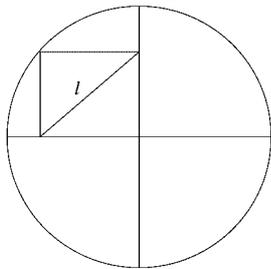
3.1 再構成化

ゲシュタルト心理学における洞察の捉え方では、まず、(1) 問題の構造や過去の経験により、問題解決に必要な関係性の発見が阻害され、(2) インパスに陥り、そして、(3) 対象となる問題を新たな観点から捉えなおし、再構成化することにより、洞察が導かれると考えられている [Scheerer 63, Mayer 92]。

Box 1 の幾何学図形問題は、問題の再構成化が必要な例である。

Box 1 幾何学図形問題

半径 r の円があり、その中に下図のように矩形を作るとする。矩形の中の線分 l の長さを求めよ。



[Kohler 69]

この問題では、問題を表層的に捉えているだけでは解を発見することはできない。そこで必要となるのが問題の再構成化 (*reconstruction*) であり、新たな関係性を発見することにより初めて解が導かれる。問題では、矩形

の対角線とは一見関係がないように見える円の半径 (r) のみが与えられており、直接、対角線の長さを求めることができない。しかし、問題構造を以下のように再構成化してゆくことにより、解が発見される。(1) 矩形には対角線が 2 つある、(2) 第 2 の対角線を考える、(3) 第 2 の対角線は円の中心から円周まで延びている、(4) 対角線 = 円の半径 (*Aha!*)。このように一たび対象の捉え方が適切に再構成されると、直ちに解が導かれることがわかる [Kohler 69, Mayer 95]。

数学者であるガウスの有名な逸話では、6 才のガウスは、1~100 までの数字の足し算の答えを求める際に、1~100 を順番に足すのではなく、1~100 と 100~1 を上下に並行して並べ、上下に対応する数字を足し合わせできた 100 個の 101、つまり 10100 を 2 で割って結果の 5050 を求めるといふ解決を行った [Robertson 01]。これも、洞察問題解決の例である。このように再構成化は、知覚的なレベルにおいてのみではなく、より構造的なレベルに至るまで様々なレベルで起こる。

3.2 洞察問題解決の 3 つのプロセス

以上見てきたように、洞察問題解決では、問題の再構成化により洞察が起こることが示された。では、どのようなプロセスを通じて、このような再構成が起こるのであろうか。

以下では、洞察問題解決のプロセスに関して、3 つの観点から記述してゆく。ただし、ここで紹介する 3 つの観点は、各々がお互いに独立したプロセスとして働いているわけではなく、洞察という 1 つの現象を、異なる視点から眺めたものであると考えられる。従って、あるプロセスは、別の観点から捉えれば、他のプロセスとして解釈することもできる。また、洞察には、常に以下の 3 つの全てのプロセスが含まれるということでもない。

3 者の関係を図 1 に示しながら、具体的に述べる。

(1) 心的制約の緩和 洞察問題解決では、まずインパスの段階が生じる。インパスの段階では、問題解決者は、解の存在しない不適切な問題空間を繰り返し探索する。問題解決者は、失敗を繰り返しながらも、なかなか誤った問題空間の探索から離れることができない。そのような探索の固執を生み出しているものを、心的制約 (*mental constraint*) と呼ぶ。洞察が生じるためには、そのような心的制約を緩和 (*relaxation*) しなければならない。

(2) 問題空間の切り替え 解を発見するためには、誤った問題空間の探索から、解が存在する問題空間の探索への切り替えが起こらなければならない。

(3) 類推の利用 現在直面している問題の状況と、過去にすでに解決に成功した問題の状況との類似関係に気づくことよって、過去の経験を現在の問題解決に適用することにより洞察が導かれることがある。このような解の発見には、類似性に基づく推論、類推 (*analogy*) が利用される。

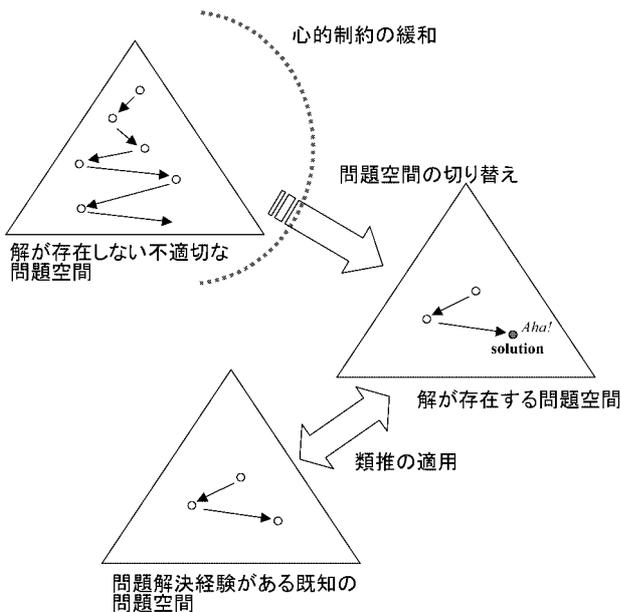


図 1 洞察問題解決に対する観点

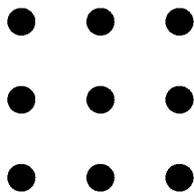
3・3 心的制約の緩和

§ 1 心的制約の緩和とは?

Box 2 の 9 点問題は、現在に至るまで洞察研究において非常に多くの実験に用いられてきた実験課題である（解は、付録 A・1 を参照）。

Box 2 9 点問題

下に示された 9 つの点を、一筆書きで、4 本の直線で結びなさい。同じ点を何度通ってもよい。



[Wickelgren 74]

一見非常に単純な問題であるにもかかわらず、多くの人が、この問題の解を見つけることができない。その原因は、この問題を解く際に、問題文中では述べられていないにも関わらず、外周を構成する 8 つの点が形作る四角形を仮定し、その制約の下で、つまり 8 点が形作る四角形の中で、9 つの点を結ぼうと試みることにある [Maier 30, Scheerer 63, Rumelhart 77, Dominowski 95]。また、このような過程は無意識的に行われそれに気付くことはない。前述のように、ゲシュタルト心理学では、インパスから抜け出すためには対象の再構成化が必要であることに言及しているが、一方、何がこのような再構造化を導くのかについては議論がなされていなかった [Mayer 92]。心的制約の緩和により洞察が生じるという立場では、そのプロセスについて、以下のような説明を与える。まず、過去経験や問題構造から問題解決に対して負の作用

を及ぼす心的制約が生じ^{*1}、その制約を乗り越えた探索が阻害されるためにインパスに陥る。この心的制約が緩和・除去されることにより、制約外の探索が増加し、洞察に至ると考えるのである [Ohlsson 92, 開 98]。

しかし、心的制約や洞察という概念そのものを否定する立場もある。Weisberg and Alba は、9 点問題に対する制約外の探索のためのヒント、つまり「枠の外にはみ出す」という手がかりが与えられた場合においても、問題解決の成績が改善されることがないことを実験的に示した。彼らによると、ヒントが与えられたとしても、問題領域に関連した知識を元々持っていないため、9 点問題の解を発見する正しい探索を行なうことができなかったとされた。そして、事前に、適切な問題領域において経験を積んだ場合（解に含まれる線の形状の描画を経験する事前課題を行った場合）にのみ成績の向上があると結論付けた [Weisberg 81]。

これに対し、Lung and Dominowski は、心的制約は対象となる問題の形状だけから生まれるのではなく、不適切な方略（「点の上から線が始まる」、「点の上で線が終わる」）によっても起こり、適切な方略（「線は 9 点の外にはみ出す」、「はみ出した線は外で折れ曲がる」）を得ることによって洞察が導かれることを示した。これを踏まえて、Lung らは、問題に直接関わる問題解決経験よりも、問題のより一般的な表象や方略を学習することに意味があると考えた [Lung 85]。

このような問題解決研究の枠組みで洞察を扱うことにより、洞察が、ゲシュタルト心理学が示したように、問題解決を阻害する心的な制約に気付かせるようなヒントによって、問題の見え方が反転し、突然のひらめきが得られるといった単純なプロセスでないことが明らかになってきた。

§ 2 心的制約と問題解決の困難さ

Knoblich らは、マッチ棒代数課題を用いて、心的制約についてより詳細な分析を行っている [Knoblich 99]。彼らの用いたマッチ棒代数課題で被験者は、マッチ棒を組み合わせた、 $IV = III + III$ のようなローマ数字からなる式が与えられ、この中の一本だけを動かして、正しい式を発見することが求められる（この場合、 IV の I を V の右側に移動させることにより、解である $VI = III + III$ が導かれる）。

ここで彼らは心的制約の概念 [Ohlsson 92] をより精緻化し、心的制約を制約のスコープとチャンクという 2 つの要素に分けた。

● スコープ

制約は、異なる表象レベルに対応したスコープを持つ。マッチ棒代数課題では、各制約のスコープは、対象それ自身の「数字レベル」、オペレータを含む関

*1 前節で述べられた、問題解決に対する構えや態度、機能的固着など問題解決に対して負の作用を及ぼす要因をここではまとめて心的制約と呼ぶ。

係の「関数レベル」, 式全体の「等式レベル」の各表象レベルに対応する. それぞれのスコープを持つ制約が緩和されると, 以下のような操作が可能となる

- 数字レベルの制約: $IV = VI$
- 関数レベルの制約: $III + I = III - II$
- 等式レベルの制約: $III = III + III = III = III = III$

なお, 関数レベルには数字レベルの, 等式レベルには関数, 数字レベルの制約が含まれる. 数字レベルよりも関数レベルが, 関数レベルよりも等式レベルがより広いスコープを持ち, 認知的制約から, より狭いスコープを持つ制約が緩和される確率が高くなる.

● チャンク

チャンクは, 対象をあるまとまった一つのかたまりとして捉えることであり, 知覚によって自動的に起こる. チャンクには, タイトなチャンクおよびルーズなチャンクがあり, さらに経験的な知識が加わることにより, 中間的なチャンクが形成される.

- ルーズなチャンク: II, VI
- タイトなチャンク: V, X
- 中間的なチャンク: $+, =$

Knoblichらは, マッチ棒代数課題を用い, スコープが広い制約を持つ問題ほど, また, タイトネスが強いチャンクをもつ問題ほど解決が困難となること, さらに両者の要因は独立して難易度を決定することを示した.

§ 3 動的な制約緩和

開・鈴木は, 問題解決表象が, 対象, 関係, ゴールからなるシステムであることに着目し, それぞれに対応した制約があると考えた. 各レベルの初期の制約は, 失敗を重ねるに従い, その強度が徐々に緩和されて, 制約を逸脱した探索が増加し, 確率的に洞察に至ると考えられている. 動的制約緩和の理論では, 洞察問題解決中にしばしば見られる問題解決者が決定的な手がかりを得ているにも関わらず, その情報を無視してしまうといった現象についても, 制約緩和の度合に基づいて予測が可能となっている. また, 動的な制約緩和では, 洞察問題解決に特有の失敗経験が洞察を導くための重要な要因であることが議論されている [開 98].

三輪・松下は, 洞察を伴う発見課題を用いて, 失敗の強度, 具体的には仮説からの予測値と観察値との差異をコントロールした実験を行なった. その結果, より程度の大きな失敗により, 心的な制約がより大きく緩和され, 解に到達しやすくなることを実験的に示した [三輪 00].

3.4 問題空間の切り替え

§ 1 問題空間の切替とは?

次に, 問題空間の切り替えという観点から, 洞察という現象を捉える. 通常, 人は, 問題解決において, 解が存在しうるあらゆる問題空間を探索するわけではなく, 適切な制約を加えることにより, 限られた問題空間の中で

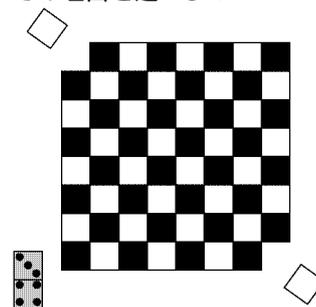
効率的に探索を行うと考えられる. 再生的思考においては, この制約の存在が問題空間の絞り込みに適切に寄与するのに対して, 洞察問題においては, 逆にこの制約が負の要因として働く. すなわち, 制約の存在により, 解の存在しない問題空間の探索に陥ったり, たとえ解が存在しても, 膨大な経路を探索しなければならないような不合理な問題空間の探索に陥ったりする. その結果, 問題解決者は, インパスに陥る.

Kaplan and Simon は問題空間の概念を拡張し, 洞察問題解決においては, インパスの原因となる不適切な問題空間から, 適切な問題空間への問題空間の切り替え (switch) が必要であることを議論した.

Box 3 は Kaplan らの実験に用いられたチェッカーボード問題である.

Box 3 チェッカーボード問題

対角線上の2つのコーナーを切り取ったチェッカーボードに対して, 2つの升目をふさぐドミノでこのコーナーの欠けたチェッカーボードを全て埋め尽くすことはできるか? それが可能か不可能か, そしてその理由を述べよ.



[Wickelgren 74]

通常, 人がまずこの問題に接すると, ドミノでチェッカーボードを埋め尽くそうとする. この時, 問題解決者は, “covering 問題空間” を探索していると考えられる. しかし, ドミノの配置のパターンは, 75万通りも存在し, 全てを探索し尽くすことは不可能である. つまり, covering 問題空間の探索によっては, 解を導き出すことはできない. 洞察は, このような誤った問題空間から, 正しい問題空間, すなわち “parity 空間” の探索にシフトすることによって導かれる. この時, 問題解決者は, チェッカーボードにおいては, 黒とピンクのマスは常に隣り合っているため, 1片のドミノで覆うのは, 常に黒とピンクの対の領域であることに気づく. ところが, 与えられた問題においては, 両端の2つのピンクのマスが取り除かれ, チェッカーボード上には, ピンクのマスが30個, 黒いマスが32個残されていることになる. ピンクのマスが黒いマスより2つ少ないために, ドミノで全てを覆い尽くすことは不可能であることが導かれる.

§ 2 問題空間の探索と切り替えに関わる要因

チェッカーボード問題は, 不適切な問題空間から正しい問題空間への切替によって洞察的に問題が解決される

例である。では、何がこのような問題空間の切替を引き起こすのだろうか。Kaplan らは問題空間の切り替えに関わる要因として、以下の 4 点について議論を行っている。

- 外的情報
 - 特徴的な手がかり
問題に含まれる知覚的な情報
 - ヒント
実験者などから与えられる問題に関するヒント
- 内的情報
 - 領域知識
様々な問題領域に関する知識
 - ヒューリスティクス
問題解決に対して有効に働くヒューリスティクスの使用

例えば、問題に含まれる知覚的な情報の要因を検討する実験では、チャッカーボードの黒とピンクのマスを、次のように置き換えた 4 種類の問題をそれぞれ異なった被験者に解かせた。(1) パンとバター (各マスに文字が書かれている)、(2) ピンクと黒 (文字)、(3) ピンクと黒 (色)、(4) 空白。(4) から (1) の順で、よりパリティ情報に気づきやすい知覚的な手がかりを与えている。実験の結果、被験者の成績は、(1) パンとバター (文字) > (2) ピンクと黒 (文字) \approx (3) ピンクと黒 > (4) 空白となった。この結果は、よりパリティ情報に気づきやすい問題を与えた時に、洞察的な問題解決が促進されたことを示している。

Kaplan らは、実験の結果を以下のようにまとめている。外的情報である特徴的な手がかりとヒントは、問題解決を促進させる。一方、内的情報である領域知識が使用される場合、時には適切でない領域知識が適用されることによって、解決が阻害される場合もある。

また、これら 3 つの要因は問題領域に依存した情報であるが、内的情報としてのヒューリスティクス (Kaplan らがここで注目したのは、「不変な特徴に注目する」というヒューリスティクス) は、問題領域に非依存な特徴であり、膨大な問題空間から適切な問題空間への切り替えを促す。先ほどの心的制約の緩和において取り上げた 9 点問題においても、MacGregor らは、2 種類の一般的な問題解決におけるヒューリスティクス (手段-目標方略、状況のモニタリング) を用いて、問題解決者のパフォーマンスを良く説明するモデルを提案している [MacGregor 01]。

このように、Kaplan らは、問題空間内の探索だけでなく、問題空間間の探索まで含めた問題空間アプローチの拡張を行なうことによって、洞察を、特別な現象として捉えるのではなく、これまでの問題解決研究の枠組みの中で説明することを試みた [Kaplan 90, Gick 95]。

3.5 類推の利用

§1 類推の利用とは?

前節までは、問題構造や過去経験が負の要因として働き、洞察が妨げられている場合について議論してきた。しかし、逆に、過去の経験を元に適切な類推 (*analogy*) を行うことが洞察を導く要因となることもある。類推とは、過去に経験したすでによく知っている事柄を、現在問題となっている対象に当てはめる推論である。一般的に、問題となっている対象をターゲット (*target*)、そして既知の別の領域の知識をベース (*base*) と言う。類推は、ベースに含まれる要素をターゲットに写像 (*mapping*) することによって行われ、その結果、現在直面している問題において、新たな知識や発見が得られる。例えば、中学校の電流に関する学習において、水の流れを例にして、「水の流れるパイプの太さ：電線の太さ」「水圧：電圧」といった対応関係を用いた説明を行うことにより、視覚的に捉えることの難しい電流についての類推を用いた学習が行われている [鈴木 96]。

さて、Box 4 の腫瘍問題の正答率は、この問題が通常の状態で提示されると、非常に低いことが知られている [Duncker 45]。

Box 4 腫瘍問題

あなたは胃に腫瘍のある患者を持つ医者です。患者は体力がなく手術ができないため、放射線によって治療を行わなければなりません。強力な放射線を腫瘍に向けて照射すれば、腫瘍を破壊できます。しかし、腫瘍は体内にあるため、健康な組織も同時に破壊されてしまいます。どのようにすればうまく腫瘍だけを破壊することができるのでしょうか？

[Duncker 45]

Gick and Holyoak は、被験者に、問題の構成要素は異なるが、論理的構造が一致している同型問題として、腫瘍問題の前に Box 4' の要塞問題を提示し、それがヒントであることを伝えた場合（「最初の問題は腫瘍問題を解く際のヒントとして使えます」と教示する）には、類推の適用により正答率が上昇することを示した [Gick 80] (解は付録 A・2 参照)。

§2 類推の利用の困難さ

しかし、一方では、事前にベースが与えられ、類推を利用するための経験があったとしても、問題解決時にその問題が役に立つといった明示的なヒントが与えられない場合には、ベースとターゲットとの関係性に気付くことがなく、類推の自発的利用の困難さが指摘されている [Gick 80]。

それに対して、他の洞察研究においてしばしば言及されているように、類推の利用においても、失敗の重要性が指摘されており、ベースとなる問題の解決の際におけ

Box 4' 要塞問題

ある小国は独裁者の悪政に苦しんでいます。独裁者は国の中心にある砦に住んでおり、ある将軍がこの独裁者を捕らえようと考えています。砦までは放射状に通じる道が幾つもありますが、それぞれの道には地雷が埋められています。砦を占領し、独裁者を捕らえるためには全兵力が必要です。しかし、一度に全ての兵隊が同じ道を通ると地雷が爆発してしまい、通り抜けることができません。そこで、将軍は全兵力を幾つかの分隊に分け、各々の道から同時に砦に向かわせることにより、全兵力をもって砦を占領し、独裁者を捕らえることに成功しました。

[Gick 80]

る失敗の経験が、類推の自発的利用を促す要因になっていることが示されている [Gick 92, Gick 95] .

§ 3 視覚的ベース

類推の利用は、腫瘍問題に対する要塞問題のように、ベースが言語的に与えられる場合にのみ起こるわけではなく、視覚的な情報（問題構造を視覚的に表した図形など）がベースとして与えられた場合においても起こり、洞察が導かれることが知られている [Dreistadt 69] . しかし、視覚的な類似の効果は、抽象的なベースでは見られず、より問題構造をイメージしやすい図形などの場合にのみ類推使用が起こるとされる [Gick 83, Beveridge 87] .

4. む す び

本論文では、洞察問題解決として研究されてきた人間の問題解決過程の理論、および実験に基づく実証的知見を概説した。本論文では、洞察問題解決のプロセスを大きく3つの観点から検討してきた。それらを通して再確認することは、洞察が起こるための条件は、大きく次の2点にまとめられるということである。

まず第1点は、洞察が導かれるためには、適切な外的情報（問題解決手がかり）が必要であるということである。そして、そのような情報は、問題解決者が持っている仮説の反証例であったり、予期せぬ観察値であったりする。第2点は、そのような情報が提示されても、問題解決者の内的な状態の準備が整えられていないと、それらの情報は、ノイズやイレギュラーなデータとして破棄され、洞察にまで至らないということである。洞察が生じるためには、整えられた内的な状態に対して、問題解決の鍵となるデータが提示されることが必要である。

洞察が導かれるための以上の条件は、チャンス発見が起こるための条件でもあるように思われる。ではどのようにして、そのような内的・外的状態を導くのか。難問はまだ多く残されている。明らかなことは、その問いに応えるためには、人間を対象とした認知科学や認知心

理学からの研究、発見を具体的に支援する手法に関する工学的研究の協同が必要であることである。

◇ 参 考 文 献 ◇

[Beveridge 87] Beveridge, M. and Parkins, E.: Visual representation in analogical problem solving, *Memory & Cognition*, Vol. 15, No. 3, pp. 230–237 (1987)

[Davidson 95] Davidson, J. E.: The suddenness of insight, in Sternberg, R. J. and Davidson, J. E. eds., *The nature of insight*, chapter 4, pp. 125–155, Cambridge, MA: MIT Press. (1995)

[Dominowski 95] Dominowski, R. L. and Dallob, P.: Insight and problem solving, in Sternberg, R. J. and Davidson, J. E. eds., *The nature of insight*, chapter 2, pp. 33–62, Cambridge, MA: MIT Press. (1995)

[Dreistadt 69] Dreistadt, R.: The use of analogies and incubation in obtaining insights in creative problem solving, *The Journal of Psychology*, Vol. 71, pp. 159–175 (1969)

[Duncker 45] Duncker, K.: On problem-solving, *Psychological Monographs*, Vol. 58, No. 270, pp. 1–113 (1945)

[Gick 80] Gick, M. L. and Holyoak, K. J.: Analogical Problem Solving, *Cognitive Psychology*, Vol. 12, pp. 306–355 (1980)

[Gick 83] Gick, M. L. and Holyoak, K. J.: Schema Induction and Analogical Transfer, *Cognitive Psychology*, Vol. 15, pp. 1–38 (1983)

[Gick 92] Gick, M. L. and McGarry, S. J.: Learning From Mistakes: Inducing Analogous Solution Failures to a Source Problem Produces Later Successes in Analogical Transfer, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 18, No. 3, pp. 623–639 (1992)

[Gick 95] Gick, M. L. and Lockhart, S. L.: Cognitive and Affective Components of Insight, in Sternberg, R. J. and Davidson, J. E. eds., *The nature of insight*, chapter 6, pp. 199–228, Cambridge, MA: MIT Press. (1995)

[開 98] 開 一夫, 鈴木 宏昭: 表象変化の動的緩和理論: 洞察メカニズムの解明に向けて, *認知科学*, Vol. 5, No. 2, pp. 69–79 (1998)

[Kaplan 90] Kaplan, C. A. and Simon, H. A.: In Search of Insight, *Cognitive Psychology*, Vol. 22, pp. 374–419 (1990)

[Knoblich 99] Knoblich, G., Ohlsson, S., Haider, H., and Rhenius, D.: Constraint Relaxation and Chunk Decomposition in Insight Problem Solving, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 25, No. 6, pp. 1534–1555 (1999)

[Kohler 69] Kohler, W.: *The task of Gestalt psychology*, Princeton, NJ: Princeton University Press (1969), (邦訳: ゲシュタルト心理学入門, 田中良久, 上村保子 訳, 東京大学出版会, (1971))

[Luchins 50] Luchins, A. S. and Luchins, E. H.: New experimental attempts at preventing mechanization in problem solving, *Journal of General Psychology*, Vol. 42, pp. 279–294 (1950)

[Lung 85] Lung, C. T. and Dominowski, R. L.: Effects of strategy instructions and practice on nine-dot problem solving, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, Vol. 11, No. 4, pp. 804–811 (1985)

[MacGregor 01] MacGregor, J. N., Ormerod, T. C., and Chronicle, E. P.: Information Processing and Insight: A Process Model of Performance on the Nine-Dot and Related Problems, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 27, No. 1, pp. 176–201 (2001)

[Maier 30] Maier, N. R. F.: Reasoning in humans: I. On direction, *Journal of Comparative Psychology*, Vol. 10, pp. 115–143 (1930)

[Mayer 92] Mayer, R. E.: GESTALT -Thinking as Restructuring Problems-, in *Thinking, problem solving, cognition*, chapter 3, pp. 39–78, New York, W.H. Freeman and Co.,

2nd edition (1992), (邦訳 (1st edition): 新思考心理学入門—人間の認知と学習へのてびき—サイエンスライブラリ心理学=10, 佐古順彦 訳, サイエンス社, (1979))

[Mayer 95] Mayer, R. E.: The Search for Insight: Grappling with Gestalt Psychology's Unanswered Questions, in Sternberg, R. J. and Davidson, J. E. eds., *The nature of insight*, chapter 1, pp. 3–32, Cambridge, MA: MIT Press (1995)

[Metcalf 86a] Metcalfe, J.: Feeling of knowing in memory and problem solving, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 12, No. 2, pp. 288–294 (1986)

[Metcalf 86b] Metcalfe, J.: Premonitions of insight predict impending error, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 12, pp. 623–634 (1986)

[Metcalf 87] Metcalfe, J. and Wiebe, D.: Intuition in insight and noninsight problem solving, *Memory & Cognition*, Vol. 15, No. 3, pp. 238–246 (1987)

[三輪 00] 三輪 和久, 松下 正法: 発見における心的制約の緩和過程, *認知科学*, Vol. 7, No. 2, pp. 152–163 (2000)

[Ohlsson 92] Ohlsson, S.: Information-processing explanations of insight and related phenomena, in Keane, M. and Gilhooley, K. eds., *Advances in the psychology of thinking*, chapter 1, pp. 1–44, Harvester Wheatsheaf: London (1992)

[Robertson 01] Robertson, S. I.: *Problem solving*, Taylor & Francis (2001)

[Rumelhart 77] Rumelhart, D.: *Introduction to human information processing*, New York: Wiley (1977), (邦訳: 人間の情報処理: 新しい認知心理学へのいざない, 御領謙 訳, サイエンス社, (1979))

[Scheerer 63] Scheerer, M.: Problem solving, *Scientific American*, Vol. 208, pp. 118–128 (1963)

[Smith 95] Smith, S. M.: Getting into and out of mental ruts: A theory of fixation, incubation and insight, in Sternberg, R. J. and Davidson, J. E. eds., *The nature of insight*, chapter 7, pp. 229–251, Cambridge, MA: MIT Press. (1995)

[鈴木 96] 鈴木 宏昭: *認知科学モノグラフ 1: 類似と思考*, 共立出版株式会社 (1996)

[Weisberg 81] Weisberg, R. W. and Alba, J. W.: An examination of the alleged role of "Fixation" in the solution of several "Insight" problems, *Journal of Experimental Psychology: General*, Vol. 110, No. 2, pp. 169–192 (1981)

[Wickelgren 74] Wickelgren, W. A.: *How to solve problems*, Sanfrancisco: Freeman (1974)

{ 担当委員 : × × }

19YY 年 MM 月 DD 日 受理

◇ 付 録 ◇

A. 解 答

A.1 9 点問題

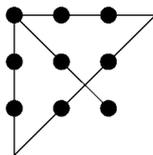
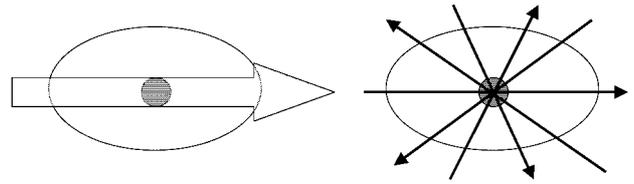


図 A.1 9 点問題の解答

A.2 腫瘍問題

健康な組織が破壊されない程度の放射線を、腫瘍の部分で交わるように四方から照射することにより、健康な組織を傷つけずに腫瘍だけを破壊することができる (図 A.2)。



問題解決初期のリプレゼンテーション

問題解決時のリプレゼンテーション

図 A.2 腫瘍問題における洞察前後のリプレゼンテーション

著 者 紹 介

三輪 和久 (正会員)

1984 年名古屋大学工学部卒業 . 1989 年同大学院工学研究科博士課程修了 (情報工学専攻) . 工学博士 . 名古屋大学情報処理教育センターを経て, 1993 年より名古屋大学大学院人間情報学研究所認知情報論講座助教授 . 1991 年から 1992 年, 米国 Carnegie Mellon University, Dept. of Psychology, visiting assistant professor . 認知科学, 人工知能, 教育工学の研究に従事 . とりわけ, 発見, 創造, 洞察, 協同など, 人間の高度思考過程に興味がある .

寺井 仁 (非会員)

1998 年北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科物性科学専攻修士課程修了 . 2001 年より名古屋大学大学院人間情報学研究所社会情報学専攻修士課程在学中 . 認知心理学の研究に取り組む . 人間の特異な問題解決課程に興味を持っている .