

# より良い代替案の発見と探索の関係

## —既知の解法の成功・失敗という観点での整理—

### Relationship between Finding and Exploring Better Alternatives

### —Contrast the Success and Failure Situations of Familiar Solutions—

二宮 由樹<sup>†</sup>, 寺井 仁<sup>‡</sup>, 三輪 和久<sup>†</sup>

Ninomiya Yuki, Terai Hitoshi, Kazuhisa Miwa

<sup>†</sup>名古屋大学, <sup>‡</sup>近畿大学

Nagoya University, Kindai University

ninomiya.yuki.t1@f.mail.nagoya-u.ac.jp

#### 概要

本発表では、著者らのこれまでの研究[1][2]に基づいて、より良い解決策(代替解法)の発見がどのような探索過程を経て生じるのかを議論する。まず、発見者は、代替解法の発見する以前から、既知の解決策が成功していても、未知の情報を得ようとしていたこと、成功を経験することで生じる固着の強化に抵抗していたことを示す知見を紹介する。そして、これらの知見をもとに、代替解法の発見について、既知の解決策の成功と失敗という観点での対比的な整理を行う。

キーワード：代替案の発見(finding of alternatives), 構えの効果(Einstellung effect), 情報探索(information seeking)

#### 1. はじめに

既知の解法にとらわれず、より良い代替案を見つける能力は、科学的発見や創造的活動において重要な能力の1つである[3][4]。Luchins(1942)は、水がめ課題を用いて、代替案の発見の難しさを示した[5]。この課題の目的は、与えられた水がめを利用して、ターゲットとなる水の量を汲むことである。この課題では、初めに特定の解法のみで解決可能な試行を繰り返し行う。このフェイズをSet フェイズと呼び、学習される解法を訓練解法と呼ぶ。次に、訓練解法に加え、より簡便な解法でも問題解決が可能な試行を行う。これをCritical フェイズと呼び、このより簡便な解法のことを代替解法という。このとき、一度訓練解法が獲得されると、代替解法が発見されにくいことが示されている。

代替解法の発見は、訓練解法の適用が失敗する状況と、成功する状況に分けられる。失敗状況では解法の変更を余儀なくされるのに対し、成功状況では自発的な解法の変更が求められる。既知の解決策の失敗を克服することによる発見も、自発的により良いものを探すことによる発見も、それぞれ代替解法の発見の重要な側面である。そのため、これらの両側面から代替解法の発見について説明することは、代替解法の発見のメカニズムに関する包括的な理解につながると考えられる。

そこで、本発表ではこれらの状況の違いに着目して代替解法の発見について整理し、成功状況における知見の不足を指摘する。そして、問題の所在を整理し、著者らの2つ研究[1][2]に基づく、この問題への貢献を総合的にまとめる。最後に、得られた知見と課題を整理しつつ、今後の方向性を明らかにする。

#### 2. 失敗状況における代替解法の発見

失敗状況における代替解法の発見は、洞察研究における制約論的アプローチに基づいて、訓練解法の失敗と探索の変化の関係から説明される[6][7][8]。失敗状況における代替解法の発見は、訓練解法の失敗により、固着している訓練解法に関連する領域(以降、固着関連領域と呼ぶ)への探索の偏りが緩和され、訓練解法に関連しない領域(以降、固着無関連領域と呼ぶ)への探索が増えることで、代替解法の発見に至る過程として記述される。ここで重要なのは、失敗状況では代替解法を発見するよりも前から、探索領域が変化することである[8][9]。例えば、寺井他(2005)は、初期の学習によって形成される仮説が、隠された規則性の発見を阻害する洞察問題解決状況において、発見者による言語的な報告に先行し、隠された規則性に関連する探索が増加することを眼球運動の変化から捉えた[8]。

#### 3. 成功状況における代替解法の発見

成功状況での代替解法の発見に至るまでのプロセスは、失敗状況ほど明らかになっていない。なぜなら、成功状況では、問題解決の目的が訓練解法によって達成されるため、失敗状況以上に代替解法の発見が難しいためである[6]。一方で、成功状況でも、代替解法を発見するためには、訓練解法を放棄し、固着無関連領域へ注意を切り替える必要がある。具体的には、専門家は、訓練解法で問題解決が出来る状況でも、固着無関連領

域へ注意を切り替えることで、より良い解を発見することが示されている[10].

しかし、先行研究では、発見に先立つ探索についての検討が十分ではない。なぜなら、代替解法を発見したタイミングを明確に定義しておらず、未発見者との差異が、代替解法を発見してから生じた可能性を棄却できないためである。言い換えると、代替解法を発見したために注意が変化したのか、発見するよりも前から注意が変化していたのかという問いに答えられない。

#### 4. アプローチ

以上より、失敗状況では発見に先行する探索の変化が発見につながることを示されているにもかかわらず、成功状況では、発見前に探索がどのように変化するのが明らかになっていない。この問題にアプローチするために以下の2つのRQについて検討した。

RQ1は、成功状況においても、発見に先立った探索の変化がみられるのかというものである。具体的には、代替解法を発見者は、発見よりも以前から、未発見者に比べ、固着無関連領域を探索しているかを検討する。

RQ2は、発見に先立つ探索の変化がどのように起こるのかというものである。失敗状況では、訓練解法の使用により、失敗のフィードバックを受けることで、固着無関連領域への探索の固着が緩和される過程として記述される。成功状況においても、訓練解法の使用によるフィードバックの影響を受ける可能性がある。そこで、訓練解法の成功のフィードバックが与えられる前後で探索がどのように変化するかを検討する。

また、一口に探索といっても、そこにある情報を得ようとしていたかでその解釈は大きく異なる。具体的には、注意が散漫になり偶発的に固着無関連領域を見ってしまうというのと、固着無関連領域にある情報を得るためにそこを見るというのは、行動は全く同じでもその意味が異なる。そこで前者のような、情報を得る意図がない探索を非意図的探索、後者のような、情報を得る意図のある探索を意図的探索と定義した。

これらのRQに回答するために、2つの研究を行った。研究1では、眼球運動を探索の指標として、2つのRQについて検討した。具体的には発見以前から、固着無関連領域をどの程度見ていたかを検討した。眼球運動は、参加者の探索に制約をかけないため、より自然な参加者の認知活動について測定できる。一方で、制約が少ないゆえに、非意図的探索も意図的探索も含まれる

ため、これらを区別した解釈はできない。

研究2では、意図的探索を指標として、2つのRQについて検討した。具体的には、課題をPCで提示し、各情報をマウスでポインティングしないと確認できないようにした。これにより、ポインティングの頻度によって、どの程度各情報を得ようとしていたのか、すなわち意図的探索が各情報に対してどの程度行われたのかがわかる。一方で、意図的探索でしか情報が得られないという状況は、制約が強いため、参加者の自然な代替解法を発見を阻害する可能性がある。この点については逆に、眼球運動による知見が補完する。

2つのRQを検討するにあたり、水がめ課題を改変した課題を使用した。本課題では、A~Eの5つの水瓶を自由な組み合わせで使用し、ターゲットとなる水の量を計算することを求めた。このとき、より少ない回数で水を汲むことを求める教示は行わなかった。これは、複雑な手続きの使用を、失敗だと認識されることを避けるためである。

重要なのは、訓練解法をC-D-Eとし、代替解法をC-Aと統一したことである。これにより、C・D・Eの水がめを訓練解法に関連する情報、A・Bの水がめを訓練解法に関連しない情報と区別することができる。つまり、A・Bの水がめへの探索を調べることで、固着無関連領域に対する探索について議論することができる。具体的には、眼球運動を指標とする場合にはA・Bのある左側の領域への注視が、ポインティングを指標とする場合には、A・Bの水がめへのポインティング頻度が固着無関連領域に対する探索に対応する(図1)。

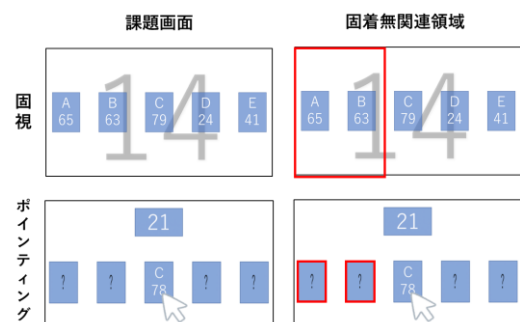


図1 各研究の課題画面と固着無関連領域の定義

また、本課題は水がめ課題の各試行を1つの分析単位として考えることで、発見前か発見後かを定義する。具体的には、Critical フェーズにおいて、代替解法を発見した試行を「発見試行」、その直前の試行を「発見前試行」と定義し、発見前試行における発見者の探索を検

討する。また、Set フェイズの最初の試行を「訓練前試行」と定義し、発見前試行と比較することで、訓練前から探索の変化についても検討する。

つまり、RQ1 については、発見前試行において発見者の固着無関連領域への探索が、未発見者に比べ多いかに基づき議論する。そして、RQ2 については、訓練前試行から発見前試行にかけての固着無関連領域への探索量の変化に基づき議論する。

## 5. 2つの研究で得られた知見

両研究における、訓練前試行と発見前後の試行における発見者と未発見者の探索を比較した結果を図2に示す。発見前試行におけるAB領域への固視とポインティングは、どちらも発見者の方が多かった。眼球運動だけではなく、意図的探索としてのポインティングも同様の結果が得られたことから、発見者は代替解法を発見する以前から訓練解法に関係のない未知の情報にアクセスしようとしていたと考えられる。この結果はRQ1に対する回答を与える。

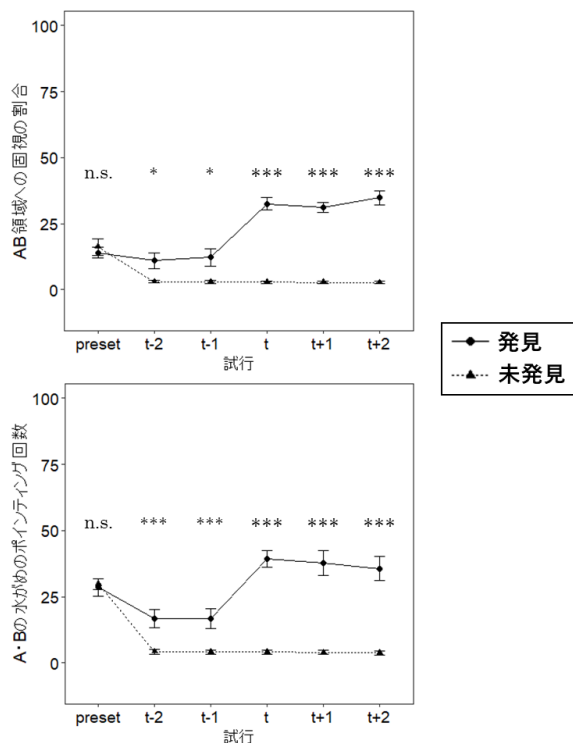


図2 各探索指標の発見者未発見者の比較。tは発見試行を意味し、t ± Xは、発見試行の前後X試行目を意味している。よってt-1, 2が発見前試行にあたる。presetは訓練前試行を意味する。\*: $p < .05$  \*\*\*: $p < .001$

加えて、どちらの指標においても、訓練前試行から発

見前試行にかけての変化に発見者と未発見者の間に交互作用がみられた。そして、未発見者の方が発見者に比べてAB領域への探索の減少量が大きかった。このことは、発見者は、訓練解法の成功を繰り返しフィードバックされる中で、固着関連領域に対して探索の偏りが強化される程度が弱いことを意味する。このことは、固着関連領域への探索の偏りの強化に抵抗することが代替解法の発見につながる可能性を示唆している。この結果はRQ2に対する回答を与える。

## 6. 解決された課題と未解決の課題

2つの研究を通して、成功状況においても、代替解法の発見に先立って探索が変化していることが示唆された。また、固着の強化への抵抗することが、代替解法の発見につながる可能性が示唆された。失敗状況では、訓練解法の失敗により、固着関連領域から注意がそれていくことで、代替解法の発見につながると説明される。つまり、成功状況と失敗状況では、代替解法の発見に先立って生じる探索の変化は共通して存在するものの、その性質が緩和と強化への抵抗という異なるものとなっていたということである。

これらの知見をもとに、失敗状況および成功状況という異なる状況下での、代替解法を発見とそれに先立つ固着無関連領域の探索の在り方は、以下のように整理される。

まず、成功状況と失敗状況は、フィードバックの種類に基づく整理が可能である。失敗状況では訓練解法の使用に対して、ネガティブなフィードバックがかかるため、訓練解法への固着は緩和方向に進むと説明される[7]。一方で、成功状況では、訓練解法の使用に対して、成功というポジティブなフィードバックがかかる。つまり、失敗状況とは反対に、訓練解法への固着を強化する方向に進むと考えられる。実際、成功体験を繰り返す試行の数が多いと、固着が強化されることが報告されている[11]。そのため、成功状況では、発見者と未発見者の差異が、緩和の程度ではなく、強化の程度として現れたのではないかと考察できる。

次に、問題解決過程の違いに基づく整理も可能である。失敗状況の知見は、訓練解法がすでに獲得された状態で、失敗が生じたのちに発見に至る過程が緩和的であることを示したものである[8][9][12]。一方で、成功状況に関する本研究の知見は、発見者は訓練解法が獲得される過程における固着の強化への抵抗が異なるとい

うものである。すなわち、失敗状況では、固着が形成されてから発見に至る過程における固着の“緩和”が、成功状況では、固着を形成する過程における固着の強化への“抵抗”が発見に寄与するということである。実際に、成功状況でも発見試行では発見者の探索の固着は緩和され、発見につながることを示されており[10]、この解釈と一致する。ただし、注意しなければいけないのは、成功状況は、失敗状況の単なる前段階というわけではないということである。なぜなら、本課題において発見者は失敗のフィードバックを得ることなく発見に至っているからである。

このように2つの研究を通して、成功状況の代替解法を発見について失敗状況と対比的な知見が得られた。これら知見は、成功状況では、発見前に探索がどのように変化するかという問いに対して1つの回答を与えた。しかし、成功状況における代替解法の実見のメカニズムに関しては未解決の課題が多く残されている。

第1に、固着無関連領域への探索と代替解法の実見の因果関係を示せていないことが挙げられる。具体的には、本研究は、発見者と未発見者の違いを事後的に分類することで確認したため、探索が代替解法の実見を増やすという因果関係については明らかではない。今後の検討では、未知の情報へアクセスしようとする探索を操作要因とした実験など、探索と発見の因果関係にまで踏み込んだ検討が求められる。

第2に、なぜ訓練解法が成功しているにもかかわらず、発見者は無関係な情報を得ようとしていたのかが明らかではない。失敗状況では、訓練解法は失敗し、他の解法の探索を余儀なくされるため、探索の駆動要因についてはあまり重要ではない。一方で、成功状況では、訓練解法が成功するため、なぜ他の解法を探そうとしたのかが重要な問いとなる。そのため、今後の検討では成功状況における代替解法探索がどのように駆動するのかを明らかにすることが求められる。

この点については、失敗状況の1つである洞察問題解決の個人差についての知見[13]をもとに議論を進めることが有効かもしれない。洞察における制約の動的緩和理論では、制約緩和の個人差は制約の初期状態、現在状況の評価、学習率の3つの観点で説明される[14]。訓練解法への固着を制約とすると、成功状況における代替解法の実見の個人差も、学習率を成功による固着関連領域へ探索の偏りが強化される程度、現在状態の評価を成功に基づく訓練解法を変更する必要性の評価と、解釈できるかもしれない。言い換えると、発見者の

固着無関連領域への探索が多い理由は、成功による学習の程度が弱く、成功のフィードバックを受けても制約を変更する必要性を高く評価したからだと説明できるかもしれない。

今後は、訓練解法の成功に対する評価と学習の性質や、それらが探索と発見の成績に与える影響についての検討を通して、失敗状況と成功状況での発見過程の差異や共通性について慎重に議論する必要があるだろう。このような、成功状況における代替解法の実見メカニズムの解明は、失敗を克服するだけではなく、現状よりも良いものを探そうとするヒトの認知メカニズムの説明につながるだろう。

## 謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP22H03912 の助成を受けたものである。

## 文献

- [1] Ninomiya, Y., Terai, H., & Miwa, K. (2022). Differences in the distribution of attention to trained procedure between finders and non-finders of the alternative better procedure. *Frontiers in Psychology*, 5089.
- [2] 二宮 由樹・岩田 知之・寺井 仁・三輪 和久 (in press) 成功状況におけるより良い代替解法の実見と意図的探索の関係：マウストラッキングに基づく検討, *認知科学*, 30(3)
- [3] Jansson, D. G., & Smith, S. M. (1991). Design fixation. *Design studies*, 12(1), 3-11.
- [4] Miwa, K. (2004). Collaborative discovery in a simple reasoning task. *Cognitive Systems Research*, 5(1), 41-62.
- [5] Luchins, A. S. (1942). Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung. *Psychological Monographs*, 54(6), 1-95.
- [6] Chesney, D. L., McNeil, N. M., Brockmole, J. R., & Kelley, K. (2013). An eye for relations: eye-tracking indicates long-term negative effects of operational thinking on understanding of math equivalence. *Memory & cognition*, 41(7), 1079-1095.
- [7] 開 一夫・鈴木 宏昭 (1998). 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*, 5(2), 69-79.
- [8] 寺井 仁・三輪 和久・古賀 一男 (2005). 仮説空間とデータ空間の探索から見た洞察問題解決過程. *認知科学*, 12(2), 74-88.
- [9] Ellis, J. J., Glaholt, M. G., & Reingold, E. M. (2011). Eye movements reveal solution knowledge prior to insight. *Consciousness and Cognition*, 20(3), 768-776.
- [10] Bilalić, M., McLeod, P., & Gobet, F. (2008b). Why good thoughts block better ones: The mechanism of pernicious Einstellung (Set) effect. *Cognition*, 108, 652-661.
- [11] Gardner, R. A., & Runquist, W. N. (1958). Acquisition and extinction of problem-solving set. *Journal of Experimental Psychology*, 55(3), 274-277.
- [12] Knoblich, G., Ohlsson, S., & Raney, G. E. (2001). An eye movement study of insight problem solving. *Memory & Cognition*, 29(7), 1000-1009.
- [13] 鈴木 宏昭・宮崎 美智子・開 一夫 (2003). 制約論から見た洞察問題解決における個人差. *心理学研究*, 74(4), 336-345.