

New approaches to demystifying insight

Edward M. Bowden, Mark Jung-Beeman, Jessica Fleck and John Kounios
TRENDS in Cognitive Science Vol.9 No.7 July 2005

Introduction

突然、予測できないひらめきによって解を得る（洞察経験）

- ▷ これはまれな出来事であるが、逸話も多い
 - Kekule のベンゼン環，数学での Poincare の発見

近年の洞察研究では、新しい手法を用いて従来の研究（成果）を補完している

- ▷ 神経画像を用いた研究手法

本論文では、洞察研究における典型的な様々な制限 (limitation) について論じる

- ▷ 洞察が起こったか否かを決定する、一貫性のない活動
- ▷ “洞察問題” が洞察を生むという仮定
- ▷ 少ない問題数（洞察研究で扱われる問題が少ないこと）

著者らの新しいアプローチの提案

- ▷ これらの制限を克服することを試みることで、何が得られるか

What is insight?

“洞察” とは

- ▷ “突然、はっきりと問題の解法が理解できる” として用いられてきた
- ▷ 次のようなときに洞察は起こると考えられてきた
 - 保証されていない仮定からの解放されたとき
 - 新奇で、課題と関連がありそうな既存の知識やスキル間に、結合が形成されたとき

洞察は、試行錯誤や、アルゴリズム的な問題解決プロセスとは異なる主観的なプロセス

- ▷ しかし、以下の点で議論あり
 - Special-Process：独特な問題解決プロセス
 - Business-as-Usual：非洞察問題の解決プロセスと同様なプロセス

Special-Process vs Business-as-Usual

- ▷ 多くの研究者が Special-Process を支持

- 例) representation-change theory
 - * 自身にある制約や、問題に対するまとまりを分解することで再解釈・再表現する
 - * これが洞察としてあらわれ、非洞察問題には不要なプロセス
- ▷ Business-as-Usual を支持する研究者は、洞察・非洞察問題解決は全く同じ認知プロセスで達成できると主張
 - 例) progress-monitoring theory
 - * 現在の状況と目標の差を最小にすることを試みることで問題解決する
 - * 洞察は、現在の状況から目標に到達できず、代案を探す必要を悟ったときのみ発生
 - * 洞察（経験）は新しい代案が目標に到達できると考えられるときに発生

Limitation of classical insight research

洞察が起こったか？

- ▷ 異なった洞察についての理論があるが…
 - それらの予測を明確に比較する方法がない
 - これは（それらの支持者が）洞察プロセスの異なる要素を扱うため
- ▷ しかし、以下の点で Special-Process 派と Business-as-Usual 派は共通認識
 - (i) 問題解決者は解法が、突然、明らかに正しいと感じる（Aha!体験）
 - (ii) 洞察問題解決に先立って、問題解決者は impass に陥ることがある
 - (iii) 問題解決者は通常、impass の克服と解法への到達の方法を報告することができない
- ▷ これらの共通認識があっても、問題解決者が洞察経験をしたか否かを決定する基準はない
 - 通常、洞察を用いて問題解決したかを聞かずに、
「洞察問題を解決できたので、洞察が起こった」と仮定する

どの問題が洞察的解法を生成するか？

- ▷ 洞察経験と“洞察問題”の解法は異なる
- ▷ 問題の解法は、分析的、非洞察的プロセス、洞察的プロセス、これらの組み合わせによって得ることができる

たんに黒と茶色の靴下が 4:5 の比率で混ざって入っている。
何回靴下を取り出せば、同じ色の一対の靴下を得ることができるか？

- 数学的方略を取れば洞察が必要
- しかし、「もし…ならば」方略を取れば洞察は不要

- ▷ Chronicle, MacGregor and Ormerod (2004) の洞察問題定義へのアプローチは以下のような点に基づいている
 - (i) 現象学的な側面（解法へ到達する直前まで warmth rating が上昇しない問題）
 - (ii) 解法を発見するために概念的知識の変更が必要な点
 - (iii) 問題解決へのプロセス（そのもの）

数少ない問題の使用

- ▷ 古典的な洞察問題
 - とても難しく、低いパーセンテージの正答率
 - 実験室で行動や言語を記録するためにも、問題は少数
 - * これらの分析でも多くのことを知りえるが、他の手法を用いて補完することもできるだろう
- ▷ 複数の問題が用いられることもある
 - しかし、15 以上の問題が用いられることは稀である
- ▷ 少数の問題による制限
 - データの信頼性
 - 様々な手法を用いることができない点
 - * 神経画像や、反応時間（プライミング）
- ▷ さらに…
 - 典型的な複雑な洞察問題は、変数を混乱させ、問題解決プロセスの要素を分解することを妨げる
 - 神経画像を用いるには、多数の問題を用いる必要がある¹

A new framework for investigating insight

- ▷ 上記の問題を回避するために、洞察研究のフレームワークを開発した
 - (1) 脳内の神経ネットワークと洞察にとって重要なプロセスモデルを開発する
 - (2) 半視野や、プライミングの測定、神経画像といった、問題解決者の主観的経験と対応したものを測定する技術を用いる
 - (3) モデルによって特定される（洞察）プロセスや、(2) で挙げた技術を用いるような問題を開発する
- ▷ モデルを検証するために、compound remote associates (CRA) problems を開発
 - Mednick (1962) の Remote Associates Test をベースに開発

¹ 著者らの以前の論文から、単純な問題を多数用いる有用性を説いていると考えられる

- 短い時間で解ける・1回の実験で多くの問題を実施できるなどの利点あり
 - * a. french, char, shoe
 - * b. boot, summer, ground
 - * (compound word / phrase – with solution)²
- ▷ 3つの実験で、洞察・非洞察問題を提示し、各問題で洞察を感じたか否かを参加者に報告させた
 - このとき、参加者報告は主観的であるため、行動的、神経的なパターンを取得
- ▷ 洞察の判断は、記憶研究における再認の判断 (remember/know) に類似している
 - 記憶研究では、remember と know の脳の活動に違いがあることが知られている
 - * 神経画像や、ERP(event-related potential: 事象関連電位) 研究

神経学モデル

- ▷ 洞察を神経系と関連づけようと試みた研究はほとんどない
- ▷ 著者らのモデルのベースとなる考え
 - 問題解決のプロセスと、言語理解のプロセスは重なり合っている
 - どちらのプロセスも環境からの刺激を補完するのに一般的知識を必要とする
 - これらのプロセスのほとんどが意識下で行われ、結果が意識上にのぼる
- ▷ また、全ての問題解決プロセスは、問題の情報を符号化するために、大脳皮質上の複雑なネットワークを必要とする
 - 関連する他の情報の探索、情報の評価、処理の適用など
- ▷ 著者らの提案
 - 洞察は一連の問題解決プロセスを伴う
 - これは、非洞察プロセスともおおきく重なる
 - しかし、いくつかのプロセスは洞察特有である
- ▷ 洞察は事象の合流（統合）時に起こる
 - (i) 初期プロセスでは、解法と関係のない情報が強く活性化され、解法にとって重要な情報は弱く活性化される（弱すぎて意識上にはのぼらない）
 - (ii) 解法を導くプロセスは、問題の各要素を集積することを伴う
ここで弱い活性を持つ要素や概念は互いに活性化（強化）し、最終的に意識にのぼる
 - (iii) 問題解決者は、意識下の活性化の処理にフォーカスを移し、それを意識上にのぼらせ、出力を得る
- ▷ 筆者らの過去の研究で、脳の右半球 (right hemisphere: RH) と脳の左半球 (left hemisphere: LH) の役割に言及

²a. horn b. camp

- LH：主要な意味的活性
 - * 狭い範囲の明確な意味解釈 + 強い活性
 - * misdirect しやすい
- RH：弱い意味的活性
 - * 幅広く粗い代替的解釈 + 弱い活性
 - * 初期には、その活性の弱さから表出しないが、misdirect されると LH より強い活性となる
- ▷ 著者らのモデルでは …
 - RH と LH はそれぞれ独立した処理を行う
 - しかし、RH と LH の情報は共有可能（厳密に分離されているわけではない）
- ▷ RH は創造的思考や、洞察において重要な役割を演じているだろう

Testing the model

- ▷ 各半球 (RH, LH) が解法を“知っている”か否か
 - 半視野に呈示した問題と、プライミングを用いた実験
- ▷ 神経ネットワーク上のこれらの処理
 - 神経画像手法を用いる

フレームワークを用いた行動的発見

- ▷ モデルの予測
 - misdirect されたときに、RH で（意味的に）離れた関連性のある代案が活性化される
- ▷ 方法 (1)
 - CRA 問題を行う
 - 解 or 関連のない単語を半視野に写し、音読を要求/再認テスト
(left visual field/Right Hemisphere: lvf-RH; right visual field/Left Hemisphere: rvf-LH)
- ▷ 結果 (1)
 - 音読：lvf-RH > rvf-LH（関連のない単語と解の反応時間の差）
 - 再認³：lvf-RH > rvf-LH（解のうち、正答したものと、誤答したものの反応時間の差）
- ▷ 考察 (1)
 - 問題解決の文脈では、解と関連した情報は意識下で、解に到達する前に活性化されている

³問題呈示 再認 (yes/no ボタン押下)

- またこの傾向は RH の方が，LH より強い
- ▷ 方法 (2)
 - 方法 (1) のうち，解と関連のある単語を写すタイミングを 4 水準設けた
 - * 1 sec, 2 sec, 7 sec, 15 sec
- ▷ 結果 (2) – Figure 1⁴
 - 正答できなかった問題では，RH の方が長い間，プライミング効果を持続した
- ▷ 考察 (2) – 補足：先行研究で述べられている見解
 - RH の方が持続時間が長い

神経画像での発見

- ▷ 方法
 - 洞察・非洞察問題の CRA 問題を行う
 - fMRI のイメージ取得
- ▷ 結果
 - RH(右半球) の前上側頭回で，非洞察問題と比較して，洞察問題の方が信号が増加した (Figure 2)
 - EEG(electroencephalography: 脳波検査) では，洞察問題特有の現象が確認された (Figure 3)
 - * 洞察問題解決の約 1.5 秒前に急激な α 波の上昇
 - ・ 右視野の活動の低下を示唆しており，洞察解決に到達したと考えられる (他の様々な問題要素情報が結合し，意識上に出出した)

Summary

- ▷ “洞察” は解へのパスを発見したときに起こる
 - これは，従来の洞察研究では証明が難しかった
- ▷ 認知の側面は，大抵連続的な処理だが，洞察ではいくつかの情報が分離した方法で伝わる
 - (モデルで示した，RH と LH での異なる処理の進行)
- ▷ 洞察の突然のひらめきは，神経的に離れた，認知プロセスが接続されるときに起こる
 - 従来の洞察・非洞察研究ではこのような実験 (的証明) はできなかったであろう
- ▷ 著者らは従来の洞察研究を放棄することを進めている訳ではない
 - 従来の標準的な手法や問題 (課題) は，他の手法や問題によって補完されるだろう

⁴Solution priming = 関連なし反応時間 - 関連あり反応時間

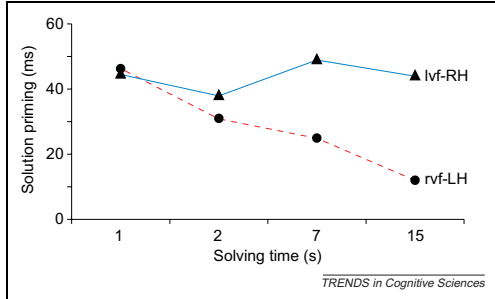


Figure 1. Solution priming effect (i.e. participants read aloud solution words faster than unrelated words) for target words presented to the right visual field-Left Hemisphere (rvf-LH) or to the left visual field-Right Hemisphere (lvf-RH), after 1, 2, 7, or 15 s of solving effort. Participants showed greater solution priming for lvf-RH targets than for rvf-LH targets at all times except 1 s. (Reprinted from [40]. Copyright 2000 Psychonomic Society, Inc.)

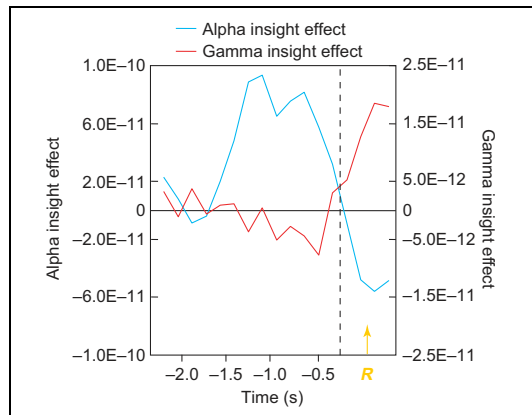


Figure 3. The time course of the EEG insight effect. Alpha power (9.8 Hz at right parietal-occipital electrode PO8) and gamma power (39 Hz at right temporal electrode T8) for the insight effect (i.e. correct insight solutions minus correct non-insight solutions, measured in units of volts²). The left y-axis shows the magnitude of the alpha insight effect (blue line); the right y-axis the gamma insight effect (red line). The x-axis represents time (in seconds). The yellow arrow and R (at 0.0 s) signify the time of the button-press response. Note the transient enhancement of alpha on insight trials (relative to non-insight trials) before the gamma burst. (Reprinted from [41]).

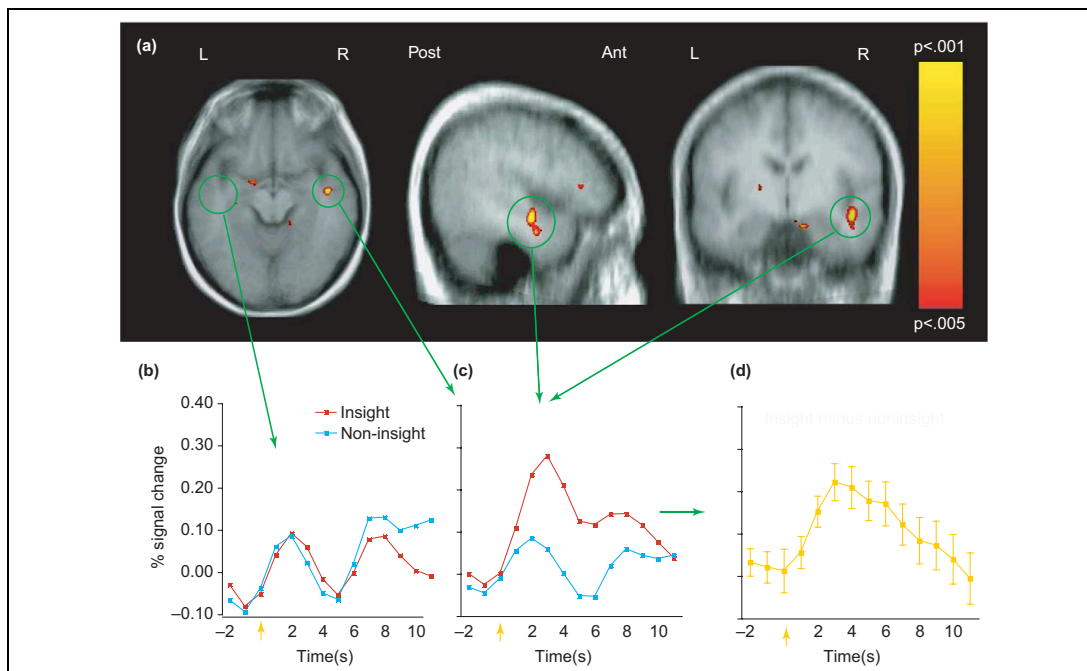


Figure 2. fMRI activation for insight versus non-insight problem-solving in the right-hemisphere anterior superior temporal gyrus (RH-aSTG) (a) Voxels showing greater fMRI signal for insight compared with non-insight solutions, overlaid on the averaged normalized structural image of all subjects. The active area has a volume of 531 mm³ (peak $t=4.89$ at x,y,z coordinates 44, 9, 9 in Talairach space). (b,c) Group average signal change following the solution event, for insight (red plot) and non-insight (blue plot) solutions (yellow arrow indicates button press): (b) over entire LH-aSTG region; (c) over entire RH-aSTG region. (d) Insight-solution signal change minus non-insight-solution signal change, in RH-aSTG (error bars show the standard error of the mean of the difference at each time point). (Reprinted from [41]).

(a) 洞察問題解決時の方が、非洞察問題解決時より活性化されている場所 (b) LH の前上側頭回の信号変化 (c) RH の前上側頭回の信号変化 (d) RH の信号変化 (洞察-非洞察)