

Intuition in insight and noninsight problem solving

JANET METCALFE & DAVID WIEBE

Memory & Cognition 1987, 15(3), 238-246.

長い間、科学者と芸術家は等しく解決できない問題について考えてきた

- ▷ そのような中で、様々な探求が行われた
 - 理論構造の弱さ、解決できない葛藤の領域、概念システムの欠陥のモデルなど
- ▷ しかし、このような探求は次のようなリスクを持つ
 - 特定の問題が解決できない
 - 研究者がリスクそのものを明らかにできない
- ▷ 例えば（ユークリッドの）第五公理（公準）¹は誰も導き出せないにもかかわらず、導き出せると信じられていた (Hofstadter, 1980)
- ▷ このような探求の成功は、しばしば次のように成されたと記録される
 - ある個人による“発見”経験
 - （おそらく）その文化での新しい知識構造
- ▷ このような新しい発見の方法は、分析的思考とは質的に異なるものだろう

発見の方法の相違

- ▷ 直感的な調査方法と分析的な方法の区別 (Bergson, 1902)
- ▷ 多くの理論家が、直接統覚²の重要性を主張
 - 再構築 (restructuring)、直感 (intuition)、ひらめき (illumination)、洞察 (insight) などとよばれる

洞察の重要性

- ▷ “重大でかつ、例外的な知的業績は大抵いつも知的な洞察を伴う”(Sternberg, 1985)
- ▷ しかし、予測不可能で主観的な洞察の本質を厳密に測定することは困難である
- ▷ Sternberg & Davidson(1982) は、小さな洞察的パズルを解く過程は、科学的洞察の方法として役立つことを示唆
 - 本研究ではこの方法を採用

¹一つの直線外にある一点を通る直線の中で、元の直線と平行なものはただ一つである

²統覚:(カント)自我が感覚的多様性を自己のうちで結合させて統一すること(ヴント)意識内容が明白となる注意作用の成果

これまでの洞察研究の経緯

- ▷ 以前には、この分野の経験的証拠はない (Weisberg & Alba, 1981a)
- ▷ 以降、メタ認知に関する 2 つの研究が開始
 - feeling-of-knowing (複数の洞察課題を解らしさによって順位付ける) に関する研究 (Metcalfe, 1986a)
 - * 洞察的な解法は前もって予測できない (“ひらめき” によって解決される)
 - warmth rating (解の到達度を見積もる) (Simon, Newell, & Shaw, 1979) に関する研究 (Metcalfe, 1986b)
 - * 正答者の warmth rating はほとんど上昇しなかった
 - * 誤答者の warmth rating は徐々に上昇した

他の研究

- ▷ Simon(1977, 1979) が漸進的問題についてモデルを提唱
 - 漸進的問題：代数問題，チェス，論理問題など
 - 人は現在の状態と最終状態を比較することで，指向性探索 (directed-search) が可能 (Simon, 1979)

本研究の仮説

- ▷ (非洞察問題において) モニタリング・プロセス (メタ認知) が人の問題解決行動を導いているのなら，warmth rating は被験者が解に近づくにつれて上昇するはずである
- ▷ 洞察問題が非分析的に，突然解決するならば，問題の種類に依存して warmth rating の変遷は異なるはずである

実験 1

目的

- ▷ 洞察課題と非洞察課題での warmth rating の比較
 - 非洞察課題では warmth rating は徐々に上昇することが予測される
 - 洞察課題では warmth rating は正答時に急激に上昇することが予測される

方法

- ▷ 被験者
 - 26 人 (1 時間のセッションで，\$4 の謝礼)
 - 以下の理由により warmth rating を取得できなかった 6 人を除く 19 人が分析対象
 - * 洞察，非洞察課題で 1 問も正答しなかった者

* いきなり正答した者

▷ 課題

- 非洞察課題（資料 A）：多段式問題あるいは分析的問題
- 洞察課題（資料 B）：ただし，不良定義問題かもしれない

▷ 刺激・装置

- 課題を 1 問ごとに，3 × 5 インチの紙に記述して提示
- 被験者当たり 10 問とし，洞察課題と非洞察課題を半数ずつ，提示順序はランダム

▷ 手続き

- 1 問ずつ記述により回答
- 15 秒ごとに 3cm の視覚アナログ尺度に warmth rate をしるす（15 秒は実験者により通知される）
- 視覚アナログ尺度は左端を“cold”，右端を“hot”とし，はじめは左端にしるすことを要求
- 1 問当たり最大 10 分

結果

▷ 検定で用いた有意水準は 5%

▷ 分析指標

- angular warmth：最初の warmth rating から，回答直前までの warmth rating の角度
 - * 回答までの時間を考慮した指標
- differential warmth：最初の warmth rating と回答直前の warmth rating の差

▷ 正答した課題について，先の 2 つの指標ごとに値の大きいものから小さいものへとランクづけ

- Goodman & Kruskal のガンマ相関³を算出し，被験者ごと，課題タイプごとに要約
- どちらの指標もすべてのガンマ相関で有意にゼロとは異なった
 - * angular warmth：ガンマ相関（G 平均）= .26 ($t(18) = 2.02$, $MSe = .32$)
 - * differential warmth：ガンマ相関（G 平均）= .23 ($t(18) = 1.63$, $MSe = .37$)
- 正の相関が確認され，非洞察課題の方が洞察課題よりも warmth rating がより徐々に上昇することがしめされた

▷ これらの結果は，洞察課題の方が非洞察課題よりも突然，解に到達することを示している

- つまり，洞察課題には突然のひらめきがあり，非洞察課題にはない

³Nelson(1984, 1986) を参照とのこと．詳細不明

実験2

目的

- ▷ 非洞察課題に代数問題を用いた
 - 多段式問題よりも日常的に接する問題であると考えられるため
- ▷ 以下を予測
 - 非洞察課題の方が、より漸進的な warmth rating となる
 - 非洞察課題の方が、課題達成に対する正確なメタ認知を持つ

方法

- ▷ 被験者
 - 73 人（心理学入門でのボーナス・ポイントと引き換え）
 - 以下の理由により 25 人を除く、48 人を feeling-of-knowing データとして使用
 - * 代数課題、あるいは洞察課題で 1 問も正答しなかった者（21 人）
 - * 代数課題を全て正答した者（4 人：最低 1 問は誤答する必要あり）
 - 以下の理由により 39 人を warmth rating のデータとして使用
 - * 洞察課題で最低 1 問、代数課題で最低 1 問正答し、最低 3 つの warmth rating が取得できた者
- ▷ 刺激・装置
 - 洞察課題（セット）: 資料 B
 - 代数課題（セット）: 資料 C（高校の教科書から）
- ▷ 手続き
 - 被験者に課題セット（洞察 or 代数のどちらか）の問題を 1 問ずつランダムに提示
 - * すぐに解けた課題を課題セットから除く
 - 未解決の課題が 5 問になった時点で、5 問の課題を円形にならべて被験者に提示
 - * 各課題は 3 × 5 インチにカードに 1 問ずつ記述
 - * 解きやすいと感じた順に一行に並べ替えることを要求
 - ・ この順番を feeling-of-knowing（順序付け）とした
 - 5 枚のカードをシャッフルし、被験者に各課題について解ける確率を見積もることを要求
 - *（明言されていないが、これも feeling-of-knowing（確率見積り）とした）
 - 再度、シャッフルし、被験者に 1 問ずつ提示して課題を解くことを要求
 - * 1 問当たり最大 4 分
 - * 15 秒ごとに視覚アナログ尺度に評定を求める（実験 1 と同様）
 - ・ warmth rating とした

- 5問終了後、他方の課題セットについても同様に行った
- * 課題セットの提示順はカウンタ・バランスを取った

結果

▷ warmth rating

- 洞察課題の方が代数課題よりも緩やかに上昇した（2つの指標でともに確認）
 - * angular warmth : G 平均 = .35, ゼロとは異なる ($t(37) = 3.10, MSe = .49, p < .05$)
 - * differential warmth : G 平均 = .32, ゼロとは異なる ($t(37) = 2.56, MSe = .58, p < .05$)
- 正答まで 60 秒間の warmth rate ヒストグラム (図 1)
 - * warmth rating は代数課題では徐々に上昇し、洞察課題ではほとんど上昇しなかった

▷ feeling-of-knowing (順序付け)

- 課題ごとに被験者がつけた順位と、実際の反応（正答 or 誤答）のガンマ相関を算出
- 課題ブロックの順序（洞察課題が先か、代数課題が先か）と、課題セット（洞察課題、代数課題）で分散分析
 - * 洞察課題 (G 平均 = .08) と代数課題 (G 平均 = .40) で有意差あり
 - ・ $F(1, 46) = 6.46, MSe = .77, p < .05$
- 被験者は代数問題は正確に解けるか否かを予測できるが、洞察問題は予測できないことを示している

▷ feeling-of-knowing (確率見積り)

- 被験者が見積もった正答できる確率にしたがって順位付けし、ガンマ相関を求めた後、先と同様に分析
 - * 洞察課題 (G 平均 = .15) と代数課題 (G 平均 = .40) で有意差あり
 - ・ $F(1, 42) = 2.8, MSe = .99, p < .05$ (4人分のはずれ値あり)
- 先の分析と同様の結果となった

▷ Calibration

- 課題ごとに被験者が見積もった正答できる確率と、実際の正答率の平均を算出
 - * 洞察課題と代数課題で比較

| | 予測値 (見積り) | 実測値 (正答率) |
|------|-----------|-----------|
| 洞察課題 | .59 | .34 |
| 代数課題 | .73 | .55 |

- * 予測値、実測値ともに代数課題の方が洞察課題よりも高かった
 - ・ $F(1, 46) = 54.67, MSe = .11, p < .05$

* 交互作用あり

- ・ 洞察課題の方が過大評価 ($F(1, 46) = 3.18, MSe = .08, p < .05$)

▷ 個人的予測 vs 規範的予測

→ 規範的順位

- * 被験者を通して課題を解決した割合によって、各課題を順位付ける
- ・ 本来なら別の被験者群を用いて測定することが望ましい

→ 個人の予測と比較 (2つのガンマ相関を算出, 比較)(表1)

- * 被験者個人のパフォーマンスに対する規範的順位に基づくガンマ相関 (Normative)
- * 被験者個人のパフォーマンスに対する個人の feeling-of-knowing に基づくガンマ相関 (Personal)

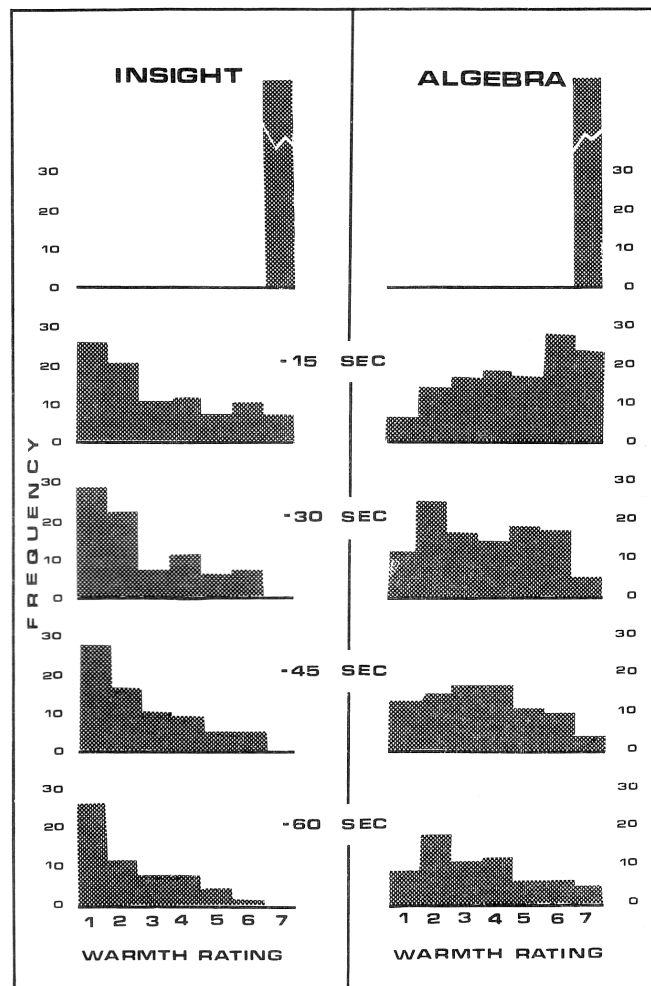


Figure 1. Frequency histograms of warmth ratings for correctly solved insight and algebra problems in Experiment 2. The panels, from bottom to top, give the ratings 60, 45, 30, and 15 sec before solution. As shown in the top panel, a 7 rating was always given at the time of solution.

図 1: warmth rate ヒストグラム

表 1: ガンマ相関一覧

| | 予測タイプ | |
|------|----------|-----------|
| | Personal | Normative |
| 洞察課題 | .08 | .77 |
| 代数課題 | .40 | .60 |

- 規範的な予測の方が、被験者自身の feeling-of-knowing より、よく（正確に）被験者のパフォーマンスを予測できる
- 被験者が、自身のパフォーマンスに関する予測にアクセスできる（自身のパフォーマンスを予測できる）という考えが間違っていることを示した

考察

- ▷ （本研究の仮説について）
 - 人のメタ認知は、非洞察課題ではそのパフォーマンスを予測できるが、洞察課題ではできない
 - * これは、課題遂行中の warmth rating で確認できる
 - 非洞察課題では warmth rating は徐々に上昇した
- ▷ warmth rating は課題の種類を特定する手法として用いることができる
 - 課題遂行中の warmth rating がステップ関数的に上昇すれば、その課題は問題解決者にとって洞察課題であると定義できる
- ▷ 洞察課題（問題）は …
 - 非洞察課題（問題）とは、文脈、あるいは構造が本質的に異なるだろう
 - 全ての人々にとって洞察的となるような問題は存在するだろうが、それは問題解決領域に対する技術水準によって異なるだろう
- ▷ 問題解決に先行する事象について、現象学的に洞察問題と他の問題を区別することは、洞察プロセスのひらめきを解明することを促進するかもしれない

A 漸進的問題

1. このパズルを解く前に解いたパズルの方が，その後に解いたパズル（このパズルを解く前に解いたパズルの後で解いたパズル）より難しかったなら，このパズルを解く前に解いたパズルの方がより難しいと思うか？(Restle & Davis, 1962)
2. 163 オンス，14 オンス，24 オンスと 11 オンスの容器と，無限の水が与えられたとき，正確に 77 オンスの水を得よ．(Luchins, 1942)
3. (ハノイの塔) 許可された動き (e.g., Karat, 1982; Levine, 1986)
 - ・ 1 度に 1 つのディスクのみ動かす
 - ・ ベグの一番上のディスクのみ動かす
 - ・ より小さなディスクの上に，より大きなディスクを置いてはいけない

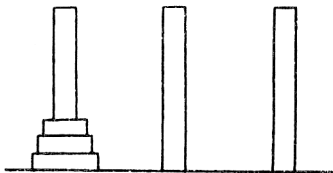


図 2: 初期状態



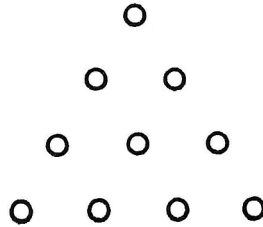
図 3: 最終状態

4. 3 人が 1 ラウンドあたり 1 人が負け，2 人が勝つゲームをする．1 ラウンドごとに，負けた人は，勝った他の 2 人に倍額支払わなければならない．これを 3 ゲーム（ラウンド？）行う．3 ゲーム終了後，各人は 1 ゲーム負け，それぞれ \$8 持っていた．はじめの掛け金（出資額）はいくらか？(T. Thaler, personal communication, September 1986)
5. 翌週，私は友人と昼食を食べに行き，新しい美術個展を訪れ，社会保障事務所に行き，そして歯科検診を受けに歯医者へ行く．友人は水曜日には私と会うことができない．社会保障事務所は週末は閉まっている．歯医者の営業時間は火曜日，金曜日と土曜日である．美術個展は火曜日，木曜日と週末は閉まっている．全てを行うにはどのように計画したらいいか？(Sternberg & Davidson, 1982)

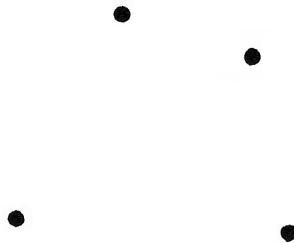
B 洞察的問題

1. ある囚人が塔から脱獄を試みていた．彼は収容されている独房に，そこから地上までの距離の半分の長さのロープを見つけた．彼はロープを 2 つに切り，2 つの部分をつなげて脱獄した．彼はどのように脱獄しただろうか？(実験 1, 2) (Restle & Davis, 1962)
2. ある場所ではスイレンは 24 時間で 2 倍になる．ある湖面をスイレンで完全に覆うには 60 日必要である．どの日に湖面は半分覆われるか？(実験 1, 2) (Sternberg & Davidson, 1982)
3. あなたが黒と茶色の靴下をたんすに入れているなら，4 対 5 の比率で混ぜたとき，同じ色の靴下のペアを得るために，何回たんすから靴下を取る必要があるか？(実験 1, 2) (Sternberg & Davidson, 1982)

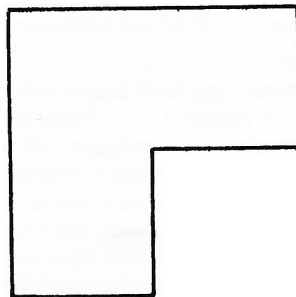
4. 上向きの三角形を下記に示した．三角形を下向きにするために，どのように3つの円を動かすことができるかを示せ（実験1，2）(deBono, 1969)



5. 造園師が4本の特別な木を植えるように頼まれた．それぞれの木は，他の木から正確に等間隔となるように植える必要がある．彼はどのように植えたか？(実験1，2) (deBono, 1967)
6. ある男性が1頭の馬を \$60 で買い，\$70 で売った．そして，彼はその馬を \$80 で買い戻し，\$90 で売った．彼は馬の取引でいくら儲けた，あるいは損失を出したか？(実験2) (deBono, 1967)
7. ある女性が4片の鎖を持っている．それぞれは3つの連結部がある．彼女はそれらを繋いで，1つの円形にしたい．1つの連結部を開くのに2セントかかり，1つの連結部を閉じるのに3セントかかる．彼女はたった15セントしか持っていない．彼女はどうするべきか？(実験2) (deBono, 1967)
8. 一筆書きで4つの点を2本の直線で繋ぐにはどうすればよいか？(実験2) (M. Levine, personal communication, October 1985)



9. 以下の図を大きさと形が等しい4つの部分に分割するにはどうすればよいか？(実験2) (Fixx, 1972)

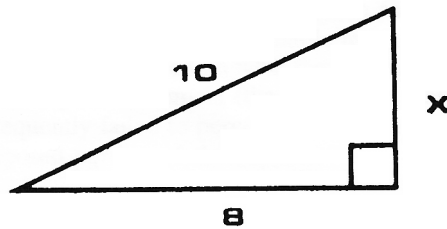


10. 3×5 インチのカードに、あなたの頭が十分に通るだけの大きさの穴をあける方法を記述せよ (実験 2) (deBono, 1969)
11. 10 ペニー⁴配置することができるとき、1 行あたり 4 ペニーの 5 行となるようにするにはどうすればよいか? (実験 2) (Fixx, 1972)
12. 27 匹の動物を、4 つの囲いに入れるとき、各囲いに奇数匹入れるにはどうすればよいか? (実験 2) (L. Ross, personal communication, December 1985)

C 数学的問題

(Travers, Dalton, Bruner, および Taylor, 1976 より引用)

1. $(3x^2 + 2x + 10)(3x)$
2. $(2x + y)(3x - y) =$
3. 因数分解せよ
 $16y^2 - 40yz + 25z^2$
4. x を求めよ



⁴イギリスおよびアイルランドで 1971 年以降に使われている単位で、100 分の 1 ポンドに相当する。

1. $(3x^2 + 2x + 10)(3x) =$

2. $(2x + y)(3x - y) =$

3. 因数分解せよ

$16y^2 - 40yz + 25z^2$

4. x を求めよ

5. $18x^2 + \frac{24x}{3x} =$

6. 因数分解せよ

$x^2 + 6x + 9$

7. x を求めよ

$\frac{1}{5}x + 10 = 25$

8. $\frac{-6x^2y^4}{3x^5y^3} =$

9. $\sqrt[3]{-27} =$

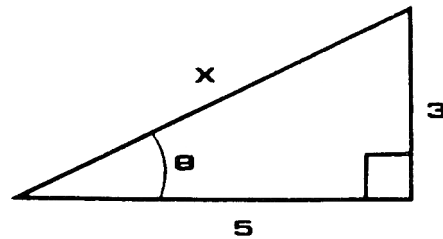
10. $\sqrt[6]{25} =$

11. x, y, z を求めよ

$x + 2y - z = 13$

$2x + y + z = 8$

$3x - y = 2z = 1$



12. $\sqrt[3]{1000} =$

13. m を求めよ

$\frac{m-3}{2m} - \frac{m-2}{2m+1} = 0$

14. $\sqrt{-121} =$

15. a, b を求めよ

$3a + 6b = 5$

$2a - b = 1$

16. $\sqrt[3]{16} =$

17. $(\sqrt[6]{2^2})(\sqrt[6]{2^3}) =$

18. $(a^2)(a^7) =$

19. $\frac{(a^2)}{(a^6)} =$

20. $\cos \theta$ を求めよ