

閾下プライミングを用いた 洞察問題解決における潜在システムの分析

An analysis of the Implicit system in Insight Problem Solving by Subliminal Priming

鈴木 宏昭^{†‡}, 福田 玄明[‡], 熊澤 修[†]
Hiroaki SUZUKI, Haruaki FUKUDA, Osamu KUMAZAWA

[†] 青山学院大学教育人間科学部, [‡] 青山学院大学ヒューマンイノベーション研究センター
Department of Education, Human Innovation Research Center, Aoyama Gakuin University
hsuzuki@ephs.aoyama.ac.jp

Abstract

Growing evidence has suggested interesting dissociation between conscious and subconscious processing in insight problem solving. We examined if the underlying mechanism in insight problem solving could make use of the information presented subliminally, using the continuous flash suppression technique. The results showed that subjects subliminally presented with the goal of a difficult insight puzzle solved it much faster than those in the control group.

Keywords — Insight, Implicit Learning, Subliminal Perception

1. はじめに

本研究では、洞察問題解決が潜在的な処理過程に大きく依存することを主張する。そしてcontinuous flash suppressionを用いてヒント画像の閾下提示を行うことで、この主張の検証を行う。

1.1 洞察の潜在性

人間の認知過程のきわめて多くが主体の意識とは独立に営まれていることは、視覚や運動では半ば当然のこととされている。また潜在記憶、潜在学習などの知見も、人間の意思や意識とは独立に記憶、学習が行われていることを示している。

一方、問題解決研究においては、ゴール設定、プランニング、モニタリングなど主体の意識的なコントロールが中心的な研究対象となってきた。自分のゴールを認識、設定し、それと現状との違いを検知し、その差を埋めるためのプランを立て、その実行過程をモニターするというのが、問題解決の典型的なイメージとしてあるだろう。この意味で問題解決を含む思考は意識、意思の最後の砦と言えるかもしれない。

しかし問題解決の中にはこうした枠組みには合致しないものもある。その1つとして洞察問題解決を挙げることができる。洞察問題解決は長い間

の行き詰まりの状態から突然のひらめきを伴う問題解決である。洞察は創造や発見と密接に関連しており、90年代以降多くの研究者の注目を集めた。従来、思考の枠組みを再検討するための重要な性質も持っている。

まず洞察問題解決では、問題解決者が自分の状態を正しくモニターすることが出来ない(Metcalfe, 1986)。また意識的にはインパスの状態に陥っているが、適切な操作が試行を重ねるに連れて増加するという現象も報告されている(Suzuki, Abe, Hiraki, & Miyazaki, 2001; Terai & Miwa, 2003)。これに関連して、言語化などの意識的なプロセスを介在させることにより、洞察が阻害されるという報告もある(Schooler, Ohlsson, & Brooks, 1993)。さらに興味深いのは、行為レベルでの洞察とその意識的な報告の間にはかなりのずれがあるという現象である(Siegler, 2000)。このように洞察問題解決は、高次認知における意識と無意識の関係を検討する素材としても、興味深い性質を有していると言える。

これらの実験データから、次のような仮説を考えることができる。すなわち、洞察問題解決ではその長いインパスの期間に、潜在的な情報処理システムが不適切な操作を抑制する一方、適切な操作を増大させるための処理を行っており、これが洞察を引き起こしている、という仮説である。一方の顕在的、意識的なシステムはその過程にアクセスすることが出来ず、その潜在システムの調節の結果を観察するだけであり、一定以上ゴールに近づいた時にその結果を把握し、AHA体験を生み出している可能性がある。

意識的コントロールの及ばない潜在システムが問題解決へのゴールへ接近するための操作を制御するという前述の仮定は、直感的には信じ難いことかもしれない。しかし、運動学習などでは、潜在システムが言語的、意識的に全くアクセスできないような微細なレベルでのコントロールを精密に行っている。また意識を持っているとは通常考

えられないような動物であっても、目標達成のためにその知覚や運動を見事に制御している例は枚挙のいとまがない(たとえば佐々木(2003)の挙げているDarwinによるミミズの行動など)。また潜在学習の研究では、自分が言語化、あるいは意識できない抽象的なルールが獲得され、それが利用されていることが示されている(Reber, 1969)。

またこのような考え方は実験社会心理学におけるさまざま知見とも整合的である。この分野の研究では、人の特性の推論や行動予測、ゴール追求活動などは意識していない情報によって極めて大きな影響を受けていることが数多く示されている(たとえばBargh, 2007)。また前野(2004)の受動意識仮説も同様の提案をしており、そこでは潜在システムの認知における働きが強調される一方、顕在システムの役割はきわめて限定的なものとして捉えられている。

1.2 閾下知覚を用いた検討

洞察問題解決が潜在的システムによって行われていること、あるいは潜在的情報処理に大きく依存していることを示すためには、どのような方法があるのだろうか。たとえば、一定時間、あるいは試行ごとに問題解決を中断させ、その間に何を学習したかを直接聞くという方法があるかもしれない。もしこのように直接聞いても被験者が適切に答えられないにもかかわらず、行動上は適切な方向に変化しているのであれば、これは潜在学習が起きている証拠と考えることが出来るかもしれない。

しかしこの方法にはいくつもの問題がある。第1に、言語報告を行わせることで被験者の洞察が妨げられる可能性がある。前述した言語隠蔽効果の実験が示すように、言語報告は洞察を選択的に阻害する危険性がある(Schooler et al., 1993)。第2に、頻繁な中断と言語報告を行わせることにより、問題解決が通常のものとは異なってしまう危険性も存在する。第3に、言語報告が信頼できるかどうかの問題もある。特に解決後などに回顧的な報告をさせると、作話をしてしまう危険性が高い(Nisbett & Wilson, 1977)。第4に、言語で表現は出来ないが、何らかの学習が意識レベルで行われている可能性も存在する。つまりわかってはいるのだが、うまく言葉で表すことが出来ない可能性である。第5の問題は、これがもっとも大事だが、上記の方法は厳密な意味で学習「中」のことではなく、学習「後」のことを測定することになる、というものである。つまり、これらの方法は、ある試行を行った後に、その試行のことについての言語報告を求

めることになってしまっている。よって、この種の事後に言語報告を求める方法は、本研究の仮説の検証にとって適切な方法とは言えない(Ericsson & Simon, 1993)。

学習の潜在性を言語報告や事後的なテストによらずに明らかにするための1つの方法として、閾下刺激の呈示が考えられる。すなわちヒントとなる情報を閾下で呈示すれば、それは意識的な処理を受けることはないので、確実に潜在的な学習過程が使われたかどうかを検討できるはずである。

こうした閾下刺激を用いた研究としては、閾下单純接触効果を挙げる事が出来る。Kunst-Wilson & Zajonc (1980)はZajonc (1968)で見られた単純接触効果が刺激の閾下提示でも生じるかを検討した。刺激呈示は1msであったため被験者にまったく知覚意識を生じさせることがなかったが、Zajonc同様呈示刺激への選好が高まる事が確認された。さらに単純接触効果のメタ分析を行ったBornstein (1989)は、単純接触効果は閾上の刺激呈示よりも、閾下の方がより強いことを明らかにしている¹。

これと同様ことが洞察問題解決においても生じている可能性がある。問題解決者はインパスに陥っている状態にあっても一定程度の割合で適切な配置を行う。こうした配置は意識的には単に失敗と見なされるかもしれないが、潜在的な学習システムにおいてはそのゴールとの距離が適切に計算され、そうした配置や配置をもたらした行為への選好が高まる。これによってさらに同じような配置を行いやすくなり、結果として洞察が得られるというものである。

また逆のケースも考えられる。たとえばVeling, Holland, & vanKnippenberg (2007)は文字検出課題を行った際に、妨害刺激として用いられた刺激の好ましさが下がることを明らかにしている。つまりあるゴールの達成に対して、それをじゃまするものの評価を下げるということである。こうしたことは、洞察問題解決においても生じている可能性がある。不適切な試行をした場合に、潜在的学習システムがその時の配置とそれをもたらした行為に対してネガティブな評価を与える。これによってそれらをさらに抑制することが進み、結果として適切な置き方が増加するというものである。

ここで検討しておくべきことがある。実際の洞察問題解決においては、自らが組み合わせたピースは明確に見えており、またそれに対して意識的な判断が下されている。だとすると、閾下刺激を

¹ただしこの結果については、他の研究との一貫性や、メタ分析のサンプルの取り方に問題があるとの指摘がある(生駒, 2008)。

表1 刺激の受容と学習における潜在的、顕在的処理

	刺激受容	学習	タイプ
1	顕在	顕在	通常の問題解決
2	顕在	潜在	洞察問題解決
3	潜在	顕在	不可能
4	潜在	潜在	本研究での問題解決

呈示することは、実際の問題解決状況を正しく反映していないことになる。

この問題に答えるには、まず情報処理プロセスの各段階とその処理の顕在性、潜在性を検討する必要がある。人間の情報処理を考えると、刺激の処理とそこから学習の2つのプロセスをおおざっぱに分けることが出来よう。刺激の処理にも顕在的な処理と潜在的な処理があり得る。前者は通常の対象の認識プロセスに該当し、後者は閾下刺激の処理プロセスに該当する。学習についても同様に顕在的学習と潜在的学習が存在するだろう。意識的なアクセスやコントロールが可能な顕在的学習と、そうしたことが出来ない潜在的学習である。

表1に示したように、刺激受容と学習の2つの側面において顕在か潜在かを区別すると4つの場合が存在する。

さて、本研究の仮説は、表1の2であり、洞察問題解決では、(a)刺激の受容が顕在であり、(b)学習が潜在というものである。この仮説の前半はある意味自明であり問題は存在しない。問題となるのは(b)の部分である。もし刺激を顕在的に受容したとすればその後の学習は顕在である時もあるだろうし、潜在である時もあるだろう。一方、潜在的に刺激処理がなされた場合、それに基づく学習が顕在的になされる可能性(表1の3)はあり得ないだろう。だとすれば刺激を潜在提示した時に、学習が生じるとすればそれは潜在的学習システムが関与したとしか考えられないだろう。

こうしたことから、閾下刺激を用いることは潜在的学習システムが洞察において機能していることを明確に示すために必要な方法であることがわかる。むしろ、これが通常の洞察問題解決来過程と同じかどうかについては、さらなる検討が必要となる。しかし、少なくとも洞察問題解決のプロセスが、潜在的な学習を行う機構と関連しうるとは明らかに出来ると考える。

1.3 閾下提示の方法

西村・鈴木(2006)、鈴木(2006)は動画中にヒント情報を含むフレーム(約1/30秒)を挿入する方法

を用いて洞察問題解決プロセスを検討した。適切なマスク刺激をヒント画像の前後に挿入することで、被験者にはヒント情報の知覚が生じない。しかし、パフォーマンスは統制群に比べて改善される。またヒント画像の注視点をコントロールすることにより、パフォーマンスの改善に差があることも明らかになった。服部・織田(2011)では9点問題に対して、同様の方法での介入を試みた。ヒント情報の閾下提示はパフォーマンスを改善させることが明らかになった。

一方、こうした結果とは異なる結果も報告されている。たとえば、鈴木(2009)には、ほぼ同様の方法を用いた実験であっても、上述の効果が得られないケースがあることが報告されている。また服部・柴田(2008)では閾下提示は一定程度改善させたが統計的に有意なレベルには達しなかった。

この原因として考えられるのは、順向、逆向マスクングを用いたヒント情報の閾下提示である。これまでの実験では無関係な図形からなる動画の1コマ(1/30)をヒント刺激と置き換えるという方法で刺激画像が作られてきたケースが多い。この方法では数分に渡る動画を提示しても、被験者の提示される閾下ヒント刺激は数秒程度にしかならず、強い効果を期待することは難しい。

そこで、本研究ではContinuous Flash Suppression(以降CFS)という手法を用いる(Tsuchiya & Koch, 2004)。CFSとは両眼視野闘争をベースにした刺激の提示方法である。両眼に異なる画像を提示し、片方の輝度をもう片方に比べて一定以上に高くすると、輝度の低い方の画像が認識できなくなる。認識はできないのだが、提示した刺激の影響はさまざまな場面で表れることが知られている。この方法が他の方法と比べて優れている点は、数十秒から1分に渡る連続提示が可能になることである。これによって呈示された刺激に対して、潜在レベルで深い処理が可能になり、問題解決においてより効果的に機能する可能性がある。

本研究ではCFSを用いたヒント刺激情報を提示し、それによって洞察問題解決のパフォーマンスが向上するかを検討する。これを通して、潜在的な情報処理が洞察と言う創造性の高い活動において重要な役割を果たすことを明らかにする。

2. 方法

被験者: 26名の大学生を実験群と統制群にランダムに割り当てた。なお実験後のアンケートで、Tパズルを解いたことがあると述べた4人の被験者は以降の分析の対象とはしない。その結果、被験者数は実験群10名、統制群12名となった。

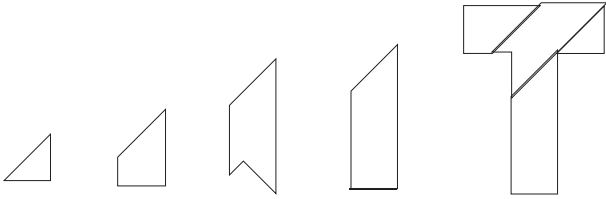


図1 Tパズル。左の4つのピースを用いてTの形を作る。正解は右端の通り。

手続き： まず被験者それぞれの利き目を調査を行った。このため、両手を使って穴を作らせ、対象物を見てもらい、どちらかの目を閉じて、閉じた時に対象物が見えなくなったほうの目を利き目とした。次に図2で示した環境で、どの程度のコントラストで閃輝動画の反対側の暗い画像が見えなくなるかを調査した。これを3回繰り返した後、実験群に対してのみ、利き目とは反対側のCFSの画面に、上記で調査したコントラストで、Tパズルのヒント画像を10秒間提示した。被験者にとって、ヒント画像の呈示もそれまでに行ってきた可視のレベルを決めるための一連の実験として捉えられていた。

この後すぐに、実験室内の別の場所に移動し、Tパズルの課題に移行した。課題は枠の上で4つの図形を組み合わせてT字を作るというものであった。15分経過しても解決できない場合には、五角形の凹部分を埋めないようヒントを与え、その後3分で(開始から18分)解けない場合には解決を中断し、正解を呈示した。

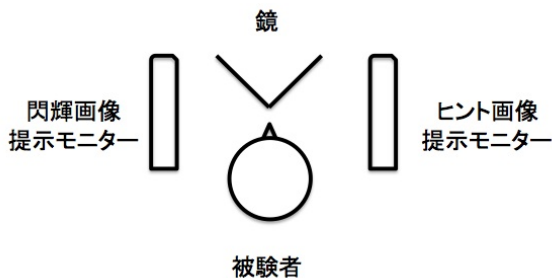


図2 実験状況

3. 結果と考察

実験終了後の質問で、ヒント画像が見えたと言った被験者は存在しなかった。ヒントなしで解決できた被験者は、実験群10名中7名であり、統制群では12名中9名であった。各々の解決時間の平均は55.7秒、311秒となり大きな差が見られた。このデータについて検定を行ったところ、両群の間に有意な差が見られた($t(13) = 2.47, p < .05$)。

解決時間の分布を図3に示した。分布に大きな差があることがここからわかる。実験群では1分以内の解決者が4名(各3, 8, 18, 19秒)、1分台の被験者が2名(61, 69秒)、残りの1名が3分半程度(212秒)となっている。一方、統制群では1分以内の解決者は2名いるが(各20, 26秒)、1分台はおらず後はすべて2分以上かかっている。

闕下情報が何を行ったかについて2つの可能性が存在する。1つは制約の緩和に関わるものである。洞察問題解決は初期の不適切な制約が失敗を通して緩和していくプロセスであるという知見がある(開・鈴木, 1998; 三輪・寺井, 2003; Ohlsson, 1992; 鈴木・開, 2003)。西村・鈴木(2006)でも、闕下ヒント情報の提示は問題解決初期から制約の緩和を促すことが示されている。但し、今回の結果は問題解決者の試行回数が非常に少なく、数名は全くエラーをすることなしに解決に至っている。したがって、これらの数例においては、失敗からの制約緩和が生じていないことを示している。

こうしたことは制約の緩和というよりも、直接プライミングに近いことが生じている可能性を示唆する。さて、このパズルの完成形は2種類存在する。1つは図1で示したように五角形ピースの凹部分が左側に来る作り方であり、もう1つはそれが右側に来る作り方である。実験においてはこの2つがランダムに呈示されるようになっていたが、もし闕下ヒント情報提示が直接プライミング的なものであれば、被験者の作成したTにおける五角形ピースの向きは、ヒント情報の五角形の向きと一致するはずである。そこで実験群で時間内に完成した7名について分析を行ったところ、こうした偏りがはっきりと見られた。ビデオ撮影の関係でうまく記録を残せなかった1名を除いた6名の中で5名が闕下呈示ヒント情報と一致する向きでTを作成していた。この5名のうち2名は失敗なしで解決しており、残りの3名も1度の失敗の後すぐに解決に至っている。

この事実は闕下知覚された情報がワーキングメモリ内の情報のように参照され、行為をコントロールした可能性を示唆する。従来ワーキングメモリは意識された情報の貯蔵庫およびそれへの操作のシステムと捉えられてきた。しかしHassin, Bargh, Engell, & McCulloch (2009)は、意識はされないが、従来のワーキングメモリと同様の働きを行う心的機構を見つけ、これをimplicit working memoryと名付けている。本研究の成果はこの新しい見解を指示する証拠の一つと考えられるかもしれない。

なおこれまでのTパズルを用いた実験に比べると、本実験の被験者の解決時間は統制群であって

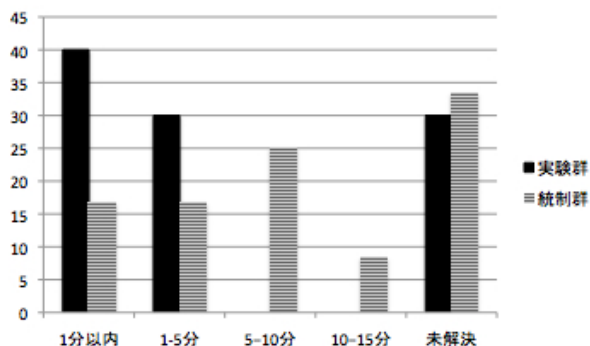


図3 各時間帯に解決した被験者の割合。

もずいぶんと短縮されている。これは図4で示したゴールの枠の影響が考えられる。Suzuki, Miyazaki, and Hiraki (1999)で示されているように、枠を与えることにより現状とゴールとのマッチがとりやすくなる。偶然正しく配置された五角形は枠のない場合にはその正しさを認識することは容易ではないが、枠があることにより、それがTの中で占める位置が確認できる。このために統制群の問題解決も促進されたと考えられる。

謝辞

本研究はコクヨS&T株式会社による委託研究「潜在処理と顕在処理の相互作用がオフィス環境下での作業者に与える影響の解明」からの補助を受けて行われた。

引用文献

- Bargh, J. A. (2007). *Social psychology and the unconscious: The automaticity of higher mental processes*. New York: Psychology Press. (及川昌典・木村晴・北村英哉 (訳)「無意識と社会心理学」ナカニシヤ出版)
- Bornstein, R. F. (1989). Exposure and affect: Overview and meta-analysis of research, 1968 - 1987. *Psychological Bulletin*, 106, 265 - 289.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data (revised edition)*. The MIT Press.
- Hassin, R. R., Bargh, J. A., Engell, A. D., & McCulloch, K. C. (2009). Implicit working memory. *Consciousness and Cognition*, 18, 665 - 678.
- 服部 雅史・柴田 有里子. (2008). 洞察問題解決における潜在認知とメタ認知の相互作用: 9点問題の場合. 『日本認知科学会第25回大会発表論文集』
- 服部 雅史・織田 涼. (2011). 潜在ヒントによる洞察とメタ認知による妨害効果. 『日本認知心理学会第9回大会発表論文集』 (p. 7).
- 開 一夫・鈴木 宏昭. (1998). 表象変化の動的緩和理論. 『認知科学』, 5, 69 - 79.
- 生駒 忍. (2008). 知覚的流動性誤帰属説. 宮本 聡介・太田 信夫 (編)『単純接触効果の最前線』 (pp. 26 - 36). 北大路書房.

- Kunst-Wilson, W. R., & Zajonc, R. B. (1980). Affective discrimination of stimuli that cannot be recognized. *Science*, 207, 557 - 558.
- 前野 隆司. (2004). 『脳はなぜ「心」を作ったのか:「私」の謎を解く受動意識仮説』. 筑摩書房.
- Metcalfe, J. (1986). Premonition of insight predict impeding error. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 12, 623 - 634.
- 三輪 和久・寺井 仁. (2003). 洞察問題解決の性質: 認知心理学からみたチャンス発見. 『人工知能学会誌』, 18, 275 - 282.
- Nisbett, R. E., & Wilson, T. D. (1977). Telling more than what we can know: Verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84, 231 - 259.
- 西村 友・鈴木 宏昭. (2006). 洞察問題解決の制約緩和における潜在的情報処理. 『認知科学』, 13, 136 - 138.
- Ohlsson, S. (1992). Information processing explanations of insight and related phenomena. In M. T. Keane & K. J. Gilhooly (Eds.), *Advances in the psychology of thinking, vol. 1* (pp. 1 - 44). Hertfordshire, UK: Harvester.
- Reber, A. S. (1969). Transfer of syntactic structure in synthetic languages. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 115 - 119.
- 佐々木 正人. (2003). 物/環境を行為で記述する試み. 『人工知能学会誌』, 18, 399 - 407.
- Schooler, J. W., Ohlsson, S., & Brooks, K. (1993). Thoughts beyond words: When language overshadows insight. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 166 - 183.
- Siegler, R. S. (2000). Unconscious insights. *Current Directions in Psychological Science*, 9, 79 - 83.
- 鈴木 宏昭. (2006). 洞察問題解決における潜在学習. 『日本心理学会第70回大会発表論文集』 (p. 913).
- 鈴木 宏昭. (2009). 『関下情報提示を用いた洞察における潜在的情報処理過程の解明』 (Tech. Rep.). 平成18~19年度科学研究費補助金基盤研究(C) 研究成果報告書.
- Suzuki, H., Abe, K., Hiraki, K., & Miyazaki, M. (2001). Cue-readiness in insight problem-solving. In *Proceedings of the Twenty-Third Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1012 - 1017). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 鈴木 宏昭・開 一夫. (2003). 洞察問題解決への制約論的アプローチ. 『心理学評論』, 46, 211 - 232.
- Terai, H., & Miwa, K. (2003). Insight problem solving from the viewpoint of constraint relaxation using eye movement analysis. *Proceedings of the 4th International Conference of Cognitive Science Society*, 671 - 676.
- Veling, H., Holland, R. W., & vanKnippenberg, A. (2007). Devaluation of distracting stimuli. *Cognition and Emotion*, 21, 442 - 448.
- Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology: Monograph*, 9, 1 - 27.