

洞察問題解決における二重課題時の閾下情報の保持特性

Whereabouts of Subliminally Presented Information Used in Insight Problem Solving

小田切 史士[†], 鈴木 宏昭[‡]
Hitoshi Otagiri, Hiroaki Suzuki

[†] 青山学院大学社会情報学研究科, [‡] 青山学院大学人間科学部
chrono_brake@hotmail.co.jp

Abstract

It has been suggested that, in insight problem solving, implicit information processing plays an important role. It means that human can store implicit information in some storage system such as working memory so that they could refer to it during the problem solving. Suzuki et al. (2014) examined participants' solution of an insight problem with and without subliminally presented the hint images. In addition, they also studied the influence of a spatial tapping task at the time of subliminal presentation. If the subliminal presentation is stored in the working memory, the spatial tapping task interferes the retention of implicit information. The results show that the capacity of the working memory is kept intact in retaining implicit information. However, visual sketchpad in the working memory may be divided into two sub-functions of the visual cache and the inner scribe. Suzuki et al. (2014) might not detect an interference because subliminal presentation was stored in the visual cache and the tapping task used the inner scribe. In this study, we have carried out additional tests by replacing the spatial tapping task with a change detection task which uses visual cache. Unlike the previous studies, participants with the presentation of subliminal information but without a change detection task tended to demonstrate a higher relaxation rate in relational constraints.

Keywords — insight problem solving, continuous flash suppression, implicit learning, subliminal priming, working memory

1. はじめに

本研究は洞察と呼ばれる人間の創造的思考が、潜在的な処理過程に大きく依存しているという近年の研究結果を踏まえ、閾下呈示された情報を人間はどのように保持しているのか、その一端を検証することを目的としている。検証するにあたり、まずは洞察問題の特徴や無意識との関連性について述べていく。

1.1 創造的思考としての洞察

洞察問題とは非定型な解法の発見が必要とされる問題のことで、解決者は自身の状態を適切に認識することができずにインパス（行き詰まりの状態）へと陥ってしまいがちである。例えば図1はTパズルと呼ばれる洞察問題で、左の4つのピースを組み合わせることで右のTの字を作り上げることが求められる。解決に至るためのキーとなるのは五角形（左から3つ目）のピースである。解決者は初期にはこのピースを縦長か横長になるように置いてしまうか、あるいは窪みの部分を他のピースで埋めてしまい、インパスから抜け出せずに苦戦を強いられる。

制約論的アプローチ (Knoblich & Ohlsson, 1999; 鈴木・開, 2003) によれば、問題解決初期には不適切な制約が適応されてしまうため、解決者はインパスに陥る。先のTパズルであれば、対象制約（五角形を縦長か横長に置いてしまう）と関係制約（五角形の窪みの部分を埋めてしまう）の二つの制約が適応されてしまう。しかし試行を繰り返す過程で徐々に制約の強度が緩和され、適切な操作の確率を上昇させていくことで、最終的に解決へと至る。制約の緩和は意識化出来ないため、解決に至った際には唐突にひらめいた様な印象を伴うのだと考えられる。

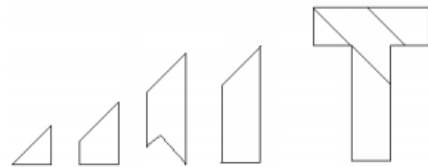


図1 Tパズル

1.2 無意識な学習による洞察問題解決

制約の緩和は無意識下で行われており、解決は主として解決者の意識を離れ、潜在的な学習によってなされていると考えられる。事実、洞察問題解決時における人間の意識と無意識には、乖離が生じることを示す研究も存在する。例えば Metcalfe (1986) は洞察問題

解決に取り組む被験者の、現在の解決状況に対する意識的な評価と、実際の行為の間に食い違いが生じることを示している。

また無意識下の処理が意識上における処理よりも先行していることを示唆する事例も報告されている。例えば小学生に「 $A+B-B$ 」のような、法則に気付きさえすれば見ただけで答えがわかる算数の問題を与え続け、解決時間を測定する。この時、被験者には法則に気が付いた時点で報告をするように求めると、解決時間の減少は彼らが言語報告をするよりも、平均して五問ほど前の問題から発生している (Siegler & Stern, 1998; Siegler, 2000)。

また寺井・三輪・小賀 (2005) は、インパスに陥っている被験者が解決するための方略として誤った仮説を口にしているとしても、この時の眼球運動の変化過程を見ると、本人は無自覚だが試行を重ねると共に適切な方向への操作を増加させていることを報告している。

1.3 閾下呈示による潜在性の検証

洞察問題解決と潜在的な学習の関係を検討する方法として、西村・鈴木 (2006) は被験者にヒント情報 (洞察問題の正解画像) を含むサブリミナルカット (約 1/30 秒) を挿入した動画を提示した後に、洞察問題解決に挑戦させた。その結果、被験者はヒント情報を意識上では知覚していないにも関わらず、パフォーマンスに改善がみられている。また Hattori, Sloman & Orita (2013) は複数の洞察問題を用いて同様の手法による実験を行い、ヒント情報の閾下呈示によって解決者数が増加することを示した。

しかしサブリミナルカットを用いた手法は、必ずしも十分な効果を得られるとは限らない。例えば服部・柴田 (2008) ではある程度のパフォーマンスの改善が見られたものの、統計的には有意に至っていない。また西田ら (2015) は反応抑制の活性化や、覚醒度の高まりが閾下呈示された情報を抑制してしまう可能性があることを報告しており、必ずしも閾下呈示による手法が解決を促進するわけではないことを述べている。

鈴木・福田 (2013) はヒント情報の呈示時間が短いため、効果が有意なレベルに到達しない可能性を考慮し、Tsuchiya & Koch (2005) が用いた連続フラッシュ抑制 (continuous flash suppression, 以降 CFS) による閾下呈示を行った。CFS とは両眼視野闘争を利用した刺激の呈示方法で、短時間の間に激しく変化するコントラストの高い画像を優位眼に呈示し、劣位眼には

コントラストの低い静止画像を呈示する。こうすることでコントラストの低い静止画像が長時間に渡り抑制され、知覚出来なくなる。CFS はサブリミナルカットによる呈示方法とは異なり、刺激を数十秒から数分に渡り継続して呈示することが可能な点で優れている。鈴木らは CFS を用いることで、洞察問題解決における被験者のパフォーマンスを大幅に改善させることに成功した。

1.4 問題解決時における潜在情報の貯蔵

鈴木・福田 (2013) は、閾下呈示された情報が何らかの貯蔵庫、例えばワーキングメモリに保持され、問題解決時に参照されていた可能性を挙げている。

仮にワーキングメモリ内に無意識の情報が保持されるのであれば、容量はどのように振り分けられているのだろうか。意識上のものとして想定されてきたワーキングメモリには、一度に保持できる記憶量に限界があるとされているが (Baddeley, 2012)、潜在情報は意識上のワーキングメモリと同じ貯蔵庫を共有して保持しているのか。それとも潜在情報に対しては異なる貯蔵庫が存在し、そちらを活用しているのだろうか。

Suzuki et al. (2014) では以上の問題にアプローチするために、被験者に二重課題を用いた実験を行った。この実験では、CFS によって洞察問題のヒント画像を被験者に閾下呈示する際に、干渉課題としてタッピング課題を行わせた。タッピング課題は、CFS の優位眼側の画面の右側・中央・左側の三ヶ所の中から、ランダムに表示された四角形的位置に対応しているキーを押すというものである。この時、被験者の注意はタッピング課題に向けられることになり、ワーキングメモリの容量はそちらに割かれてしまうことになる。そのため潜在情報がワーキングメモリに保持されるのであれば、貯蔵庫がタッピング課題で圧迫されたことにより、閾下呈示による効果が得られなくなることが予想される。しかし結果は閾下呈示のみを行った被験者よりも、タッピング課題も併せて行った被験者の方が成績が向上するというものであった。また閾下呈示なしにただタッピングを行うだけでも、洞察問題解決が促進されることが示された。これらの結果からすれば、ワーキングメモリに負荷をかけると洞察問題解決が促進されること、及びワーキングメモリと潜在情報の貯蔵庫はリソースを共有していないと考えるのが妥当に思われる。

しかし Suzuki et al. (2014) の実験は負荷をかける

ための干渉課題に問題があった可能性が考えられる。視覚野の側頭葉を通る腹側系は、視覚的なオブジェクトの特徴（色や形態情報など）を処理しており、頭頂葉を通る背側系は位置や空間情報を処理しているとされている (Rao, Rainer & Miller, 1997) . これと対応するように、ワーキングメモリ内において、視覚的情報の保持を担うとされる視空間スケッチパッドも、視覚的なオブジェクトの特徴を保持する視覚キャッシュと、位置や系列、運動情報などを保持するインナースクライブの 2 つの下位機能に分かれているとされている (Logie & Marchetti, 1991; 須藤・兵藤, 2006) .

Suzuki et al. (2014) の行ったタッピング課題はインナースクライブに負荷をかける課題であったと考えられる。しかし閾下呈示された情報は T の形として、視覚キャッシュに保持されていたと推測される。そのため彼らは、潜在情報を保持している場所とは異なる場所に負荷をかけてしまっていた可能性が考えられる。

Suzuki et al. (2014) の実験は視覚キャッシュに負荷をかける干渉課題を行うことで、再度検証する必要がある。そこで本研究では、T パズルの正解画像を CFS で閾下呈示する際に、物体の形態情報に関する変化検出課題を用いて負荷をかけ、洞察問題解決時にどのような影響がみられるかを検討する。仮にワーキングメモリが潜在情報の保持も担っているのであれば、変化検出課題による負荷がある時には、閾下呈示の効果が得られなくなることが考えられる。逆にワーキングメモリと潜在情報の保持を担う機構がそれぞれ独立したものであれば、負荷があったとしても閾下呈示によって洞察問題解決の促進がなされると考えられる。

なおワーキングメモリに負荷をかけるにあたり、言語化が容易な形状を用いた課題では、視空間スケッチパッドではなく、音声情報を保持する音韻ループへの負荷に変わってしまう可能性がある。そこで本研究では、日本人に馴染みのないデーヴァナーガリー文字を用いることで、言語化による記憶法を利用できないようにする。

2. 方法

被験者

大学生 72 名中、実験後のアンケートにて実験手続きに不備がみられた者、T パズルの経験を有する者、視力を矯正せずに実験に参加した者を除外し、54 名を分析対象とした。なお条件毎の人数は変化検出課題と閾

下呈示の両方を行う負荷有りヒント呈示群が 14 人、閾下呈示のみを行う負荷無しヒント呈示群が 14 人、変化検出課題のみを行う負荷有り統制群が 13 人、どちらも行わない負荷無し統制群が 13 人となった。

刺激と装置

被験者から 56cm 離れた位置に置かれた 1 台の液晶ディスプレイ (Diamondcrysta Color RDT242WH) の左右で異なる画像を表示し、ステレオスコープ内の 4 枚の鏡によって被験者の左右の眼に対して、それぞれ異なる画像を呈示可能にした (図 2) . 優位眼 (以下、フラッシュ画面) はランダムな大きさや色、形により描かれた図形を描画し、これらの図形は 12Hz 毎に更新されることで変化し続けた。劣位眼側 (以下、ターゲット画面) に呈示する画像としては次の 4 枚を用意した (図 3) . まずターゲット画面が知覚できないことを被験者に説明するために、枠線の中に 3 つの長方形を配置した説明用画像を 1 枚用意した。次に知覚可能なコントラストには個人差があるため、被験者の知覚できる範囲を確認するためのサンプル画像として、黒白の五角形と楕円を散りばめた画像を 2 枚用意した。最後は T パズルのヒント画像で、五角形の部分は黒色、それ以外のピースは白色で描画した正解画像である。なお他の画像も背景に関しては灰色で描画した。

実験中はフラッシュ画面とターゲット画面の中心に対して、赤い十字の注視点を呈示した。また、この注視点を中心とする視野角 $5.4^{\circ} \times 5.4^{\circ}$ の範囲に赤い枠線を設け、閾下呈示する画像や変化検出課題はこの赤枠内に収まるように表示した。

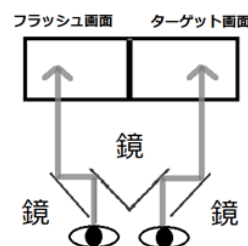


図2 優位眼が左目の場合の閾下呈示

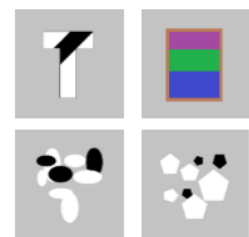


図3 実験で使った画像
上段左がヒント画像。
上段右が説明用画像。
下段がサンプル画像。

変化検出課題

課題は前述の視野角 $5.4^{\circ} \times 5.4^{\circ}$ の赤い枠内に、視野角 $1.1^{\circ} \times 1.1^{\circ}$ の大きさの灰色の正方形を 3 つ表示し、それら 3 つの正方形の中にそれぞれ 1 つずつ、赤

で描画されたデーヴァナーガリーを呈示する形を取った。呈示する位置は赤い注視点の下方に1つ、右斜め上と左斜め上に1つずつの計三ヶ所とした(図4)。

デーヴァナーガリーはCFSのフラッシュ画面上に1.5秒間呈示され、4秒が経過した時点で再度3秒間呈示された。再呈示されたデーヴァナーガリーは、3つのうち1つだけ前回とは形が変わっているものが含まれている場合と、3つとも全く同じ形の場合が用意された。なお呈示するデーヴァナーガリーに関しては、予備実験の際に被験者から何かに形が似ていると指摘されたものを省いた上で、右斜め上が変わるパターン、左斜め上が変わるパターン、下方が変わるパターン、変化の無いパターンをそれぞれ4種類ずつ、合計16種類を用意した。

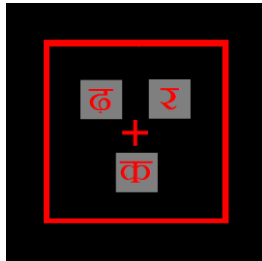


図4 変化検出課題の表示例

手続き：負荷無し条件の被験者

最初に被験者に対して優位眼の調査を行った。被験者には両手を使って穴を作るように指示し、両目を開けた状態でその穴の中に対象物(ぬいぐるみ)が見えるように手の位置を調整させる。その状態から片目をそれぞれ閉じた状態で対象物の観察を行い、対象物が穴を通して見える方の目を優位眼とした。

優位眼の調査後、注視点の調整作業に入らせた。被験者にステレオスコープを覗き込ませ、画面を片目で見た時には、赤い枠がそれぞれの画面内にあることが確認でき、かつ両目で見た時には視界の中央で注視点を重ねて1つになるように調整することを指示した。

注視点の調整が完了後、被験者には左右の目に異なる画像を呈示するが、見えるのはフラッシュ画面側の高コントラスト画像のみであることを説明した。またこの時、デモンストレーションとしてコントラストを低くした説明用画像をターゲット画面側に閾下呈示し、優位眼を閉じなければ知覚できないことを体験させている。その後、被験者に実験の目的は「劣位眼に呈示する画像のコントラストは、どの程度まで低下させても知覚可能なのかを検証することである」という偽の教示を行った。

その後、被験者に対してサンプル画像2枚の閾下呈示を交互に行った。この時サンプル画像が見えると報告した被験者に対しては、コントラストを更に低くした画像に取り換えて再呈示を行っている。3回連続で同じコントラストのサンプル画像を知覚出来ない状態が続いた場合、負荷無しヒント呈示群の被験者に対しては、そのコントラストでヒント画像の閾下呈示を行った。ヒント画像はCFSのフラッシュ画面が開始してから、0.5秒後に10秒間ターゲット画面に表示され、ヒント画像の呈示が終了してから0.5秒後にフラッシュ画面も終了した。負荷無し統制群に対しては、ブランク画像として灰色の画面をヒント画像の代わりに呈示した。なお、すべてのコントラストのサンプル画像が知覚できる被験者がいた場合は、負荷無し統制群に振り分けることとした。

CFSによる閾下呈示が終わると、被験者を中心にCFSのテーブルとは180度反対側のテーブルに用意したTパズルに15分間挑戦させた。Suzuki et al. (2014)に倣い、被験者には縮尺が100%のTの枠線を与え、ピースを枠線の上に重ね合わせる行為を許可した。また15分を越えても解けない被験者には、関係制約を緩和する助言として、五角形の窪み部分を他のピースで埋めてはいけない旨を伝え、3分間挑戦を継続させている。またこの時、被験者がパズルに挑戦する様子はビデオカメラで終始撮影を行った。

手続き：負荷有り条件の被験者

以下の三ヶ所を除いて実験手順は、先の負荷無しの条件の被験者と同じである。

1つ目は優位眼の調査の前に、実験は画面上に表示される3つの模様(デーヴァナーガリー)のうち、1つだけ形が変わるものがあるかもしれず、それがどの模様だったかを答えてほしいものであることを説明した。またこの時、実際に3つのうちの1つが変わるパターンを見せて課題への理解を深めた上で、3回の練習を行った。練習の終了後、被験者には優位眼の調査を指示している。なお練習では必ず1回は文字の形が変化しないパターンを使用し、3回の正誤に関してはフィードバックを行った。また言語化による記憶方法や身体に文字を描く動作を禁じ、あくまで見たままで覚えらるかどうかを検証したい旨を伝えた。

2つ目は閾下呈示の際の偽の教示内容である。説明用画像によるデモンストレーションを終えた被験者には、負荷無し条件の時の説明に加えて、「変化検出課題

を同時に行った場合における，知覚可能なコントラストの範囲を調べるのが目的である」と伝えた。

最後は閾下呈示の手順についてである．フラッシュ画面上に表示される変化検出課題は，サンプル画像の閾下呈示の際にも行われた．課題はCFS開始から1.5秒後にフラッシュ画面上に1.5秒間呈示され，4秒の保持期間を経て3秒間再呈示された．被験者にはCFSが終わると同時に，変化の有無について回答を求めた．負荷無し条件の時と同様に3回連続でサンプル画像が知覚できないことが確認できたらヒント画像，もしくは

はブランク画像を閾下呈示しつつ，フラッシュ画面上では変化検出課題を行わせている．被験者が知覚できないコントラストを探る都合，変化検出課題の呈示回数が被験者毎に異なるが，少なくとも右斜め上・左斜め上・下方がそれぞれ変化するものと，変化無しの全てのパターンを最低1回は行わせるようにした．なお練習の時とは異なり，この時の変化検出課題の正誤についてフィードバックは行っていない．

上記以外の手順に関しては，負荷無し条件の被験者と同じ形を取っている．

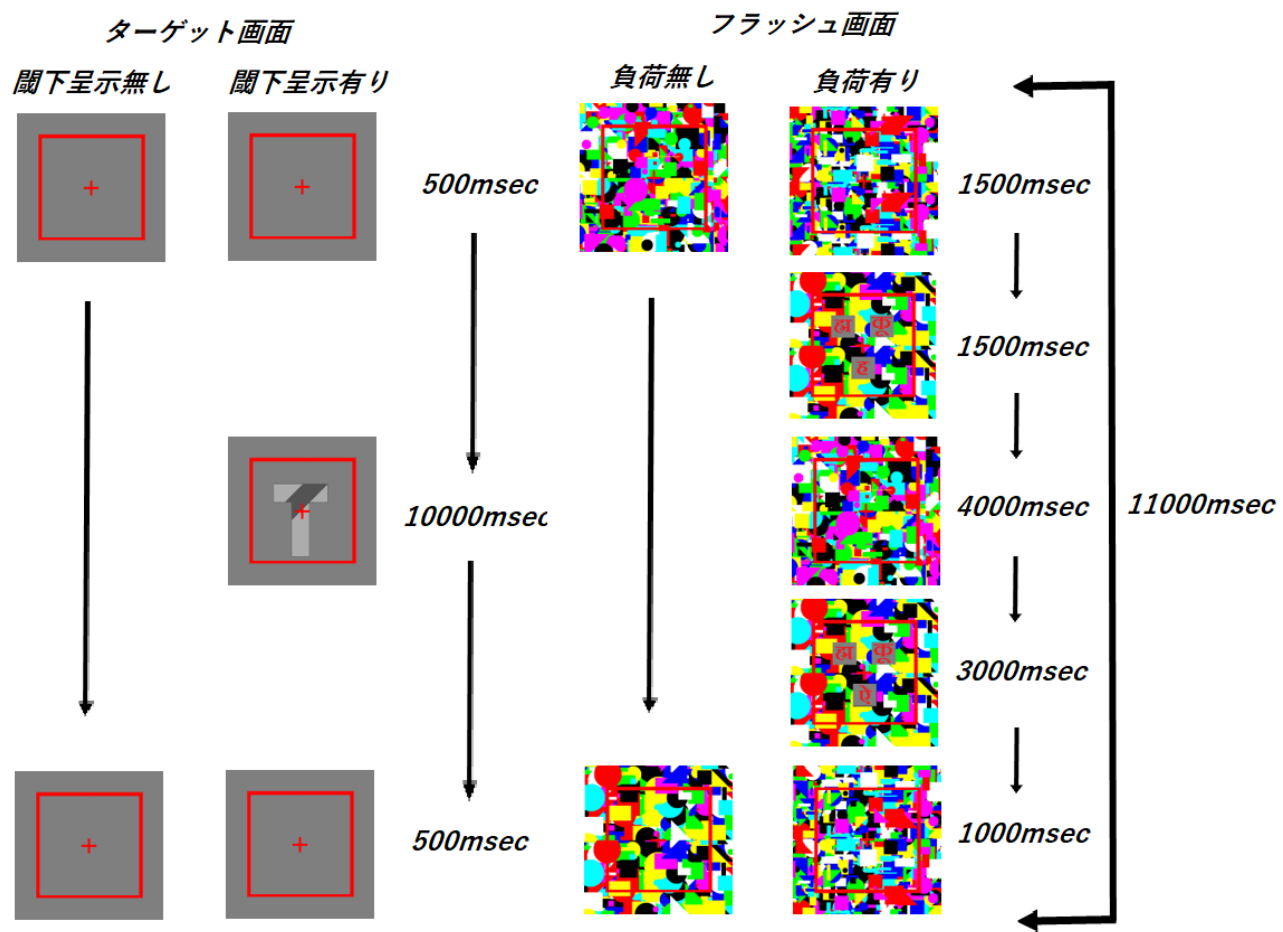


図5 閾下呈示の流れ

3. 結果

3.1 自力解決率

15 分以内に自力解決できた被験者はそれぞれ、負荷有りヒント呈示群が 14 人中 9 人 (64.29%)、負荷無しヒント呈示群が 14 人中 9 人 (64.29%)、負荷有り統制群が 13 人中 9 人 (69.23%)、負荷無し統制群が 13 人中 8 人 (61.54%) となり、いずれの条件においても 6 割を超える自力解決率となった (表 1)。この 4 群の自力解決率に対して χ^2 検定を行ったところ、有意差は見られなかった。条件毎の自力解決率に差が見られないことに関しては、先行研究に倣って型紙にピースを乗せることを許可したことで、現状と完成形との間のマッチが取りやすくなった影響が考えられる (鈴木・福田, 2013)。

表 1 条件毎の解決率 (%)

条件	自力解決率	助言有解決率	未解決
負荷有りヒント呈示群	64.29	14.29	21.43
負荷無しヒント呈示群	64.29	21.43	14.29
負荷有り統制群	69.23	23.08	7.69
負荷無し統制群	61.54	30.77	7.69

3.2 解決時間

表 2 に条件毎の平均解決時間を記した。自力解決者の平均解決時間は負荷有りヒント呈示群が 5 分 43 秒、負荷無しヒント呈示群が 5 分 52 秒、負荷有り統制群が 4 分 27 秒で負荷無し統制群が 8 分 18 秒となった。一見すると負荷無し統制群が長い時間を要しているように見える。しかし条件毎の平均解決時間に対して、負荷の有無と閾下呈示の有無による二要因分散分析を行ったところ、条件間に有意差は見られなかった。

また自力解決出来なかった者を 15 分に換算して全体の平均解決時間を算出した上で、条件毎の解決時間に対して負荷の有無と閾下呈示の有無による二要因分散分析を行った場合も、条件間に有意差はみられなかった。

表 2 条件毎の平均解決時間 (秒)

条件	自力解決者のみ (標準偏差)	全体 (標準偏差)
負荷有りヒント呈示群	343.56 (266.18)	542.29 (346.64)
負荷無しヒント呈示群	352.63 (305.24)	563.15 (362.18)
負荷有り統制群	267.11 (165.74)	461.85 (332.78)
負荷無し統制群	498.13 (277.78)	652.69 (293.98)

3.3 制約緩和率

自力解決率、解決時間ともに条件毎の有意差は見られなかったが、ヒント画像を閾下呈示した影響で、問題解決中に制約からの逸脱が促されていた可能性は考えられる。そこで五角形のピースを配置する際の、対象制約と関係制約からの逸脱がどの程度起きていたのかについて、セグメント分析を行った。セグメントとはあるピースが別のピースと接続された時点を開始点とし、そのピースの分離をもって終了とカウントされる。また 1 つのセグメントは 1 試行に対応している (開・鈴木 1998)。15 分間の問題解決時に、五角形の最も長い辺が基準線 (テーブルの被験者側の辺) に対して垂直あるいは平行に置かれなかったセグメントを対象制約の逸脱とし、また五角形の窪み部分が他のピースと接続されなかったセグメントを関係制約の逸脱として集計を行った。

15 分間の試行を前半と後半で分け、対象制約と関係制約の緩和率の変遷をそれぞれ図 6 と図 7 に示した。図 6 を見ると、負荷無しヒント呈示群の対象制約緩和率は一貫して高く、逆に負荷無し統制群は低い傾向が見られる。また負荷有りの条件においては、負荷有りヒント呈示群は前半から比較的高い緩和率を示しており、負荷有り統制群は負荷無し統制群と差が見られない。しかし時間の経過とともに負荷有り統制群の緩和率は上昇して行き、後半では負荷有りヒント呈示群と差がなくなっている。一方、図 7 の関係制約の緩和率を見ると、前半はどの条件も差が殆ど見られないが、時間の経過とともに負荷無しヒント呈示群のみが大きく上昇している。

対象制約と関係制約の緩和率に対して、時間の経過 (前半・後半) と閾下呈示の有無、負荷の有無の 3 つを独立変数、制約の緩和率を従属変数とした三要因混合計画分散分析を行った。

その結果、まず対象制約の緩和率に閾下呈示の主効果が見られ ($F(1,50)=12.292, p<.01$)、また閾下呈示と負荷の交互作用に有意傾向が見られた ($F(1,50)=3.918, p<0.1$)。単純主効果の分析を行ったところ、負荷無しヒント呈示群と負荷無し統制群の間にのみ有意差が見られた ($F(1,50)=15.044, p<.01$)。負荷無しの条件間に有意差が見られたことから、ヒント画像を閾下呈示することで、対象制約の緩和が促進されていたと考えられる。

また対象制約の緩和率における時間の経過と、負荷の有無の交互作用も有意傾向となっており ($F(1,50)=2.870, p<0.1$)，単純主効果の分析によると，負荷有りの条件における試行の前半と後半の間に有意傾向が見られた ($F(1,50)=3.238, p<0.1$)．即ち，負荷有りの条件の被験者達は，時間が経過すると共に徐々に対象制約の緩和が促進されていたことが示唆された．これは Suzuki et al. (2014) の時と同様に，ワーキングメモリへの負荷自体には解決を促進する効果があったためと考えられる．しかし彼らの時とは異なり，負荷有りヒント提示群の対象制約緩和率が負荷無しヒント提示群の緩和率よりも低くなっている．これは変化検出課題を行ったことにより，閾下提示で得られたヒント情報が十分に活用できなかったためと考えられる．

続いて関係制約の緩和率に関しては，閾下提示と負荷の交互作用が有意傾向であった ($F(1,50)=3.173, p<0.1$)．単純主効果の分析によると，まず負荷無しヒント提示群と負荷無し統制群の間に有意差が見られ ($F(1,50)=4.246, p<.05$)，対象制約の時と同様，ヒント画像の閾下提示の有無による影響が，関係制約にも現れたと考えられる．また負荷有りヒント提示群と負荷無しヒント提示群の間にも有意差が見られ ($F(1,50)=5.622, p<.05$)，Suzuki et al. (2014) の時とは異なり，閾下提示のみの条件の方がワーキングメモリへの負荷と閾下提示の両方を行った条件よりも，緩和率が有意に高い結果となった．このことから変化検出課題による視覚キャッシュへの負荷が，閾下提示によって得られた情報の活用に対して，干渉的に働いていたと考えられる．

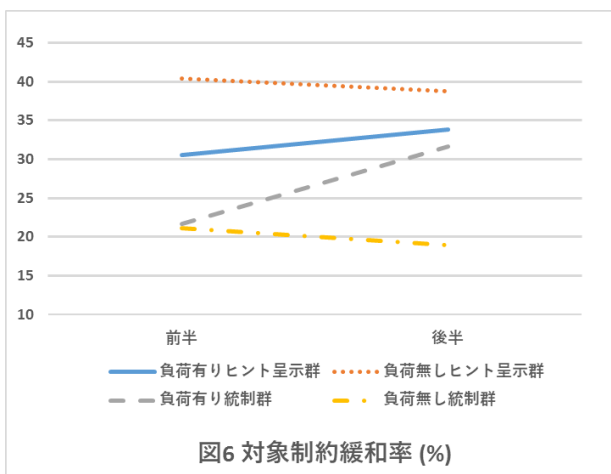


図6 対象制約緩和率 (%)

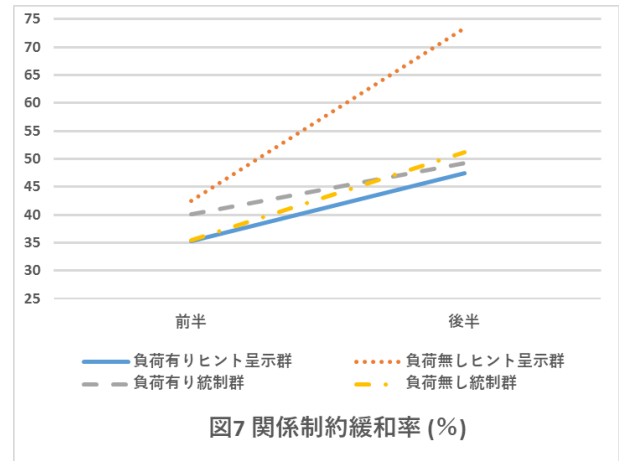


図7 関係制約緩和率 (%)

3.4 変化検出課題成績

変化検出課題の成績は，負荷有りヒント提示群が平均 73.75%の正答率で，負荷有り統制群は平均 71.25%の正答率であった．この時，負荷有りヒント提示群の2名を除く全員が最後のヒント画像（負荷有り統制群はブランク画像）を閾下提示するタイミングでの課題に正答している．負荷有りヒント提示群と負荷有り統制群の間に課題成績に差が見られないことから，両群ともに同程度の負荷がワーキングメモリにかけられていたと考えられる．

なお練習時における3回の記憶課題の成績は，負荷有りヒント提示群が平均 74.66%の正答率，負荷有り統制群が平均 80.41%の正答率であった．

4. 考察

本研究は洞察問題の正解画像を閾下提示する際に，ワーキングメモリにも負荷をかけることで，潜在情報の貯蔵先がワーキングメモリにあるのかどうかを検討した．具体的には CFS による閾下提示を行う際に，変化検出課題を用いて視空間スケッチパッド内の視覚キャッシュに負荷をかけることで，閾下提示の有無とワーキングメモリへの負荷の有無で被験者を4条件に分け，洞察問題解決時に及ぶ影響を検討した．

結果はまず，自力解決者数においては条件毎の差が見られず，全ての条件で半分を超える解決率となった．また解決時間の平均においても，条件毎の差が統計的には見られなかった．

次に制約緩和率を見ると，対象制約・関係制約ともに正解画像を閾下提示したことによる影響が，負荷無しヒント提示群と負荷無し統制群の間に見られ，従来

の研究同様、正解画像を閾下呈示することによって解決を促進する効果が示された。

また Suzuki et al. (2014) の時にはタッピングを行った条件の制約緩和率が有意に高かったのに対して、本研究で最も緩和率が高いのは閾下呈示のみを行う負荷無しヒント呈示群であった。特に関係制約の緩和率においては、負荷有りヒント呈示群よりも負荷無しヒント呈示群の方が有意に高い結果となった。これは Suzuki et al. (2014) で用いたタッピング課題が、視空間スケッチパッド内のインナースクライプに負荷をかけるものであったのに対して、本研究で用いた変化検出課題が、視覚キャッシュに負荷をかける課題であったためと考えられる。即ち、変化検出課題が視角キャッシュ内に保持されているヒント情報に対して干渉的に働いた結果、負荷有りヒント呈示群では閾下呈示の効果を十分に発揮できなかったと考えられる。この結果から閾下呈示された情報は、何らかの形でワーキングメモリの容量を利用している可能性が示唆されたと言えるだろう。Hassin et al. (2009) は意識外でワーキングメモリ的な処理を担う Implicit Working Memory という機構が存在することを述べているが、本研究の結果は彼らの見解を支持する証拠の 1 つと見なすことができるかもしれない。

また今回の結果はワーキングメモリへの負荷が、洞察問題解決を促進するという Suzuki et al. (2014) の見解を否定するものではない。本実験の負荷有りの条件において、時間経過に伴う対象制約緩和率の上昇傾向が示唆されており、また有意差こそ示されていないものの、負荷の有無で統制群の自力解決者における平均解決時間には倍近い差が生じている。服部・織田 (2013) においても、メロディの同定課題を行いながら洞察問題に取り組んだ時の方が、ただ洞察問題解決に取り組むよりも成績が向上することが示されている。これらよりワーキングメモリへの負荷自体には、何らかの洞察問題解決を促進する効果があると考えられる。ただしワーキングメモリへ負荷をかけさえすれば、洞察問題解決を促進するというわけではなく、潜在情報を保持している場所に負荷をかけてしまった場合には、干渉的に働いてしまい効力が落ちるという事例が、本研究より見出されたと言えるだろう。

しかし服部・織田 (2013) では負荷をかけるタイミングが問題解決時であるのに対して、Suzuki et al. (2014) や本研究では洞察問題に取り組むよりも前、閾下呈示の段階で負荷をかけている。何故、問題解決中

のみならず、事前にワーキングメモリに負荷をかけた場合でも、その後の洞察問題解決に対して促進的な効果が得られるのかという疑問が残されている。意識上における視覚的な情報は数秒程度しか保てないことが示されているにも関わらず (Zhang & Luck, 2009; Phillips, 1974), ワーキングメモリへの事前の負荷が洞察問題解決時にまで長く影響を及ぼすことに対して、理論的な説明が今後は求められる。また、ワーキングメモリへの負荷による促進効果は洞察問題解決に限られる現象なのか、あるいは創造的思考全般に言えることなのか、そして負荷によって促進的な効果が得られるのはそもそも何故なのかを、今後は検討していく必要があるだろう。

5. 謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金基盤 (B) (15H02717) の助成を受けて行われた。使用した CFS のプログラムは、東京大学の宮田裕光先生の作成したものを、岩波空氏による改良を加えることで完成したものである。CFS のテスターをはじめとした多岐にわたる協力を、青山学院大学教育人間科学部心理学科の卒業生である池田優氏と、明治大学理工学部物理学科在学中の小田切拓史氏の二人から得た。また査読者の御二人には、本研究に関する有益なご指摘を頂いた。ご指摘いただいた内容の中には、本論文に反映しきれていないものもある。それらに関しては、今後の課題として真摯に取り組んでいきたいと思います。そして実験および予備実験にご協力頂いた多くの被験者の皆様と、被験者を募集する際に協力をして頂いた方々に心よりの謝意を示したい。

参考文献

- [1] Baddeley, A. (2007). *Working Memory, Thought, and Action*. Oxford. University Press. (井関龍太・斎藤 智・川崎 恵里子 (訳) (2012). 『ワーキングメモリ：思考と行為の心理学的基盤』 誠信書房).
- [2] Hassin, R. R., Bargh, J. A., Engell, A., & McCulluch, K. C. (2009). Implicit Working Memory. *Consciousness and Cognition*, **18**, 665-678.
- [3] 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*, 156-159.
- [4] Hattori, M., Steven, A. S., & Orita, R. (2013). Effects of

- subliminal hints on insight problem solving. *Psychonomic Bulletin & Review*, **20**, 790-797.
- [5] 服部 雅史・織田 涼 (2013). 認知的負荷が洞察をもたらすとき 洞察問題解決におけるプライミングと二重課題の効果. *日本心理学会第77回大会発表論文集*, 665.
- [6] Knoblich, G., & Ohlsson, S. (1999). Constraint Relaxation and Chunk Decomposition in Insight Problem Solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **25**, 1534-1555.
- [7] Logie, R. H., & Marchetti, C. (1991). Visuo-spatial working memory: Visual, spatial or central executive? In R. H. Logie & M. Denis (Eds.), *Mental images in human cognition* (pp. 105-115). Amsterdam: North-Holland.
- [8] Metcalfe, J. (1986). Premonitions of Insight Predict Impending Error. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **12**, 623-634.
- [9] 西田 勇樹・V. カストルディ・織田 涼・服部 雅史・L. マッキ (2015) 洞察問題解決における反応抑制とアイデア抑制. *日本心理学会第79回大会発表論文*.
- [10] 西村 友・鈴木 宏昭 (2004). 洞察問題解決の制約緩和における潜在的情報処理. *日本認知科学会第21回大会発表論文集*, 42-43.
- [11] Phillips, W. A. (1974). On the distinction between sensory strage and short-term visual memory. *Perception and Psychophysics*, **16**, 283-290.
- [12] Rao, S. C., Rainer, G., & Miller, E. K. (1997). Integration of what and where in the primate prefrontal cortex. *Science*, **276**, 821-4.
- [13] Siegler, R. S., & Stern, E. (1998). Conscious and Unconscious Strategy Discoveries: A Microgenetic Analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, **127**, 377-397.
- [14] Siegler, R. S. (2000). Unconscious insights. *Current Directions in Psychological Science*, **9**, 79-83.
- [15] 須藤 智・兵藤 宗吉 (2006). 作業記憶における視覚的リハーサルの検討: 視覚パターンテストにおける再生課題と再認課題の比較から. *認知心理学研究*, **3**, 149-156.
- [16] 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.
- [17] 鈴木 宏昭・福田 玄明 (2013b). 洞察問題解決の無意識的性質: 連続フラッシュ抑制による閾下プライミングを用いた検討. *認知科学*, **20**, 353-367.
- [18] Suzuki, H., Fukuda, H., Miyata, H., & Tsuchiya, K. (2014). Exploring the unconscious nature of insight using continuous flash suppression and a dual task. In *Proceeding of the 36th Annual Conference of Cognitive Science Society*, 2955-2960.
- [19] 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**, 74-88.
- [20] Tsuchiya, N., & Koch, C. (2005). Continuous flash suppression reduces negative afterimages. *Nature Neuroscience*, **8**, 1096-1101.