

無関連な視覚刺激の呈示が視覚イメージの鮮明度に及ぼす影響

高村真広・宮谷真人

The effect of irrelevant visual stimuli on vividness of visual imagery

Masahiro Takamura and Makoto Miyatani

われわれの視覚イメージ体験に第一次視覚野がどのように関与しているかは、視覚意識研究における重要な問題である。本研究は、無関連視覚刺激が意識的イメージ体験に及ぼす干渉が空間依存性をもつか否かを調べることでこの問題を検討した。実験では、成人参加者がモニタに呈示される図形の視覚イメージを形成した。その保持中にチェッカー刺激を(a)イメージと重なる中心呈示、(b)イメージと重ならない周辺呈示、(c)呈示なし、の3条件で呈示した。その結果、参加者が報告した中心呈示条件の鮮明度は、呈示なし条件よりも有意に低かった。したがって、チェッカー刺激の呈示が意識的なイメージ体験に干渉効果を持つことが示された。周辺呈示条件の鮮明度は中心呈示条件と呈示なし条件の間であった。両条件との差が有意でなかったことから、干渉効果の空間依存性については明確な結論が得られなかった。無関連視覚刺激としてチェッカー刺激を使うことの有効性と、干渉効果の空間依存性についてさらに検討するための方法について考察した。

キーワード：視覚イメージ、視覚バッファ、鮮明度、第一次視覚野

問題

視覚イメージとは、実際にはその対象が存在しない時に生じる視覚体験の再生産(Miyashita, 1995)などと定義されている。それはたとえば、「今朝は玄関の鍵を閉めただろうか?」と自問するときに思い浮かぶドアの光景であり、われわれにとって日常的な体験であるといえる。では、そのような視覚体験を生み出すのは脳のどのような神経過程の働きなのだろうか。そしてその過程は、実際にドアを知覚するときとは異なるのだろうか。

Quinn と McConnell は、一連の実験(McConnell & Quinn, 2004a, 2004b; Quinn & McConnell, 1996, 2006)で、視覚イメージ過程と視知覚過程との相互作用が生じる条件を調べることによって、イメージの意識的側面に関与する認知的モジュールを検討している。彼らは、DVN(dynamic visual noise)と呼ばれる、ランダムに変化する白黒のドットパタンの呈示が、ペグワード法を用いた記憶課題に及ぼす効果を検討した。ペグワード法とは、単語のリストを記銘する際に、各項目の対象の視覚イメージと、あらかじめ数字と対応づけられた物体の視覚イメージとを合成したイメージを形成しな

がら記銘を行うことで再生成績を高める記憶法である。結果、単純なりハーサルによる記銘を行った場合に比べて、ペグワード法で記憶した場合にのみ、DVNの呈示による干渉効果が示された (McConnell & Quinn, 2004b; Quinn & McConnell, 1996)。

さらに、Quinn & McConnell (2006) は、DVNの呈示がもたらす干渉効果は、意識的な状態で保持されている視覚イメージに対して選択的に発揮されることを示した。彼らはこの実験結果をもとに、それまで単一であると考えられてきた短期的な視覚情報保持コンポーネントを、意識的、非意識的な視覚情報の保持に関わる、2種類の独立したコンポーネントに分離することを提案した。Quinn & McConnell (2006) の実験では、ペグワード法の記憶課題が用いられ、課題においてDVNを呈示する期間を、以下の3条件で操作した。(a) 単語系列を記銘する時のみ、(b) 記銘後から再生開始までの保持時間のみ、(c) 項目再生時のみ。結果、DVNの呈示による干渉効果がみられなかったのは、(b)の保持時間にもみDVNを呈示した条件だけであった。この結果について、Quinn & McConnell (2006) は次のように説明している。ペグワード法においては、項目のイメージを形成する記銘時と、イメージから項目を再現する再生時には、意識化された視覚イメージが必要となり、イメージを意識的な状態で保持するコンポーネントが利用される。DVNは、このコンポーネントに対して、干渉効果をもつ。一方で、保持時間中に保持しているイメージは、記銘項目の量を考えると、すべてを意識化して保持しておくことはできない。よってその視覚情報は、非意識的な視覚情報を保持するコンポーネントに移される。このコンポーネントにおける情報の保持機能は、DVNのような無関連な視覚刺激からは影響を受けない。このように考えることによって、保持時間中に呈示されたDVNのみが課題成績に干渉しなかったことを説明できる。他の研究において、DVNの呈示によって、視覚イメージの意識的保持の妨害 (McConnell & Quinn, 2004a)、視覚イメージの鮮明度の低下 (Baddeley & Andrade, 2000) といった効果が示されていることから、DVNの呈示が視覚イメージ体験の基盤に対して干渉効果を持つことが支持されている。

Quinn & McConnell (2006) は、意識化されたイメージの保持機構をバッファと呼び、一方、非意識的な視覚情報の保持機構を視覚キャッシュと命名している。そして、これらの2種類の保持機構は、Kosslyn によるイメージ形成の認知神経科学的モデル (Kosslyn, 1994) におけるイメージ保持の機構と対応している。Kosslyn のモデルは、視覚イメージ形成過程を担う複数のコンポーネントを仮定しており、各コンポーネントについて、神経科学的データに基づいた、脳領域との対応づけがなされている。Kosslyn のモデルによると、高次の視覚野には視覚イメージの材料となる視覚情報が、空間情報をもたないコードで、意識化されない状態で貯蔵されている。そして、イメージが形成されるときには、その情報が第一次視覚野に送られる。ここで情報は、第一次視覚野に特有の位相保存的構造によって空間的なコードに変換され、イメージとして保持される。さらに、第一次視覚野に保持されたイメージのうち、選択をうけた情報のみが意識化され、さらなる処理を受ける。以上のイメージ形成過程において、第一次視覚野におけるイメージ保持機能を視覚バッファ、高次視覚野における情報供給機能をパタン活性化システム、視覚バッファ内の情報選択機能を注意ウィンドウと呼び、それぞれ機能的なコンポーネントとして仮定している (Kosslyn, 1994)。したがって、意識的なイメージ保持を担うのが、Kosslyn の視覚バッファと注意ウィンドウ、または Quinn のバッ

ファであり、その神経基盤は第一次視覚野を含む領域であると考えられる。また、非意識的な情報貯蔵を担うのが Kosslyn のパタン活性化システム、あるいは Quinn の視覚キャッシュであり、第一次視覚野よりも高次の視覚野がその機能を担うと考えられる (Quinn, 2008)。

Kosslyn のモデルが妥当であるならば、視覚イメージの形成には視覚バッファの活動が必要であり、そのため、視覚イメージの形成時には第一次視覚野の活動が観察されるはずである。しかし、これまでの結果では、活性化が観察された研究 (Chen, Kato, Zhu, Ogawa, Tank, & Ugurbil, 1998; Klein, Dubois, Mangin, Kherif, Flandin, Poline, Denis, Kosslyn, & Le Bihan, 2004; Klein, Paradis, Poline, Kosslyn, & Le Bihan, 2000; Kosslyn, Thompson, Kim, & Alport, 1995) と、活性化が観察されなかった研究 (D'Esposito, Detre, Aguirre, Stallcup, Alsop, Tippet, & Farah, 1997; Ishai, Ungerleider, & Haxby, 2000; Mellet, Tzourio, Denis, & Mazoyer, 1998) の両方が報告されており、明確な結論は得られていない。

第一次視覚野は、視知覚研究において視覚意識との関連が活発に議論されている領域である (Crick & Koch, 1998)。そのため、視覚イメージ体験と第一次視覚野との関連を検討することは、視覚意識研究における重要な問題であると考えられている (Rose, 2006 荻阪監訳 2008)。したがって、本研究では、意識的なイメージ保持を担うとされるバッファが第一次視覚野を基盤としているか否かについて、視覚イメージと視知覚過程の干渉から検討する。その方法として、無関連視覚刺激の呈示による視覚イメージ体験への干渉効果が、空間依存性を持つか否かを調べる。空間依存性とは、視覚イメージと視覚刺激が空間的に重なる場合にのみ両者の相互作用が生じ、重なりがない場合には相互作用が生じないことを指す。視覚イメージと視知覚過程の相互作用の空間依存性は、単眼性、方位依存性ととも、視覚イメージが第一次視覚野の働きに依存することの徴候である (Miyashita, 1995)。これまでの心理物理実験では、視覚イメージの形成が視覚課題に影響を及ぼすこと、そしてその際、単眼性 (Ishai & Sagi, 1995)、空間依存性 (Craver-Lemley & Reeves, 1992; Farah, 1989)、方位依存性 (Pearson, Clifford, & Tong, 2008) が示されることが確認されており、視覚イメージには第一次視覚野の働きが関与することが支持されている。しかし、視覚イメージの鮮明度といった、意識的イメージ体験に対する無関連視覚刺激による干渉効果の空間依存性の有無については調べられておらず、検討する必要がある。

しかし、従来の研究で無関連視覚刺激として用いられている DVN は、その性質上空間依存性について検討できない。DVN は、視野の中央に位置する正方形のノイズフィールドである (Quinn & McConnell, 2006)。一方、Kosslyn (1978) によれば、視覚イメージが形成されるのは、視野の中央を中心とした、焦点的注意の範囲に相当する領域である。したがって、DVN を無関連刺激として用いると、イメージとの重なりの有無を操作するのが困難であり、干渉の空間依存性を検討できない。そのため本研究では、イメージと無関連刺激の空間的重なりを操作できる刺激として、形成するイメージよりも小径のチェッカー刺激を用いる。チェッカー刺激は、空間ワーキングメモリ保持の神経基盤を検討した研究 (Postle, Awh, Jonides, Smith, & D'Esposito, 2004) でも課題無関連刺激として用いられている他、第一次視覚野の神経活動を評価する際のプローブとしてさまざまな研究 (e.g. Clark & Hillyard, 1996) で用いられている刺激でもあることから、本研究の目的と合致すると考えられる。また、モノクロでコントラストが 100% のチェッカー刺激を用いることで、静止状態の DVN のノイ

ズパターンと視覚特性を似せることができる。しかし、チェッカー刺激を無関連視覚刺激とした場合にも DVN と同様の意識的イメージ体験への干渉が生じるかどうかは確認されていない。

そこで、本研究の目的は、第一に、チェッカー刺激による干渉効果の有無について確認することである。Baddeley & Andrade(2000)の方法を参考に、視覚イメージを保持中に呈示するチェッカー刺激がイメージの鮮明度に及ぼす影響から干渉効果を調べる。第二の目的は、チェッカー刺激によって生じる干渉効果の空間依存性について検討することである。視覚イメージの保持中に呈示するチェッカー刺激が、イメージ体験に対して空間依存的に干渉するならば、その干渉が生じる基盤は第一次視覚野であることが示唆される。一方、チェッカー刺激による干渉が空間依存性をもたなければ、干渉の基盤は、第一次視覚野よりも高次の視覚野であることが示唆される。

方法

実験参加者 23歳から27歳(平均24.1歳)の大学生および大学院生8名(男性6名,女性2名)が実験に参加した。参加者の視力は、矯正視力を含めて全員正常であった。

課題 実験参加者は、ディスプレイに呈示される図形(Figure 1)の視覚イメージを形成して一定時間保持した後、その時点における視覚イメージの鮮明度を評定する課題を行った。また、鮮明度評定後に再び図形が呈示され、参加者は、イメージを形成した図形(S1)と再度呈示された図形(S2)が同一であるか否かをボタン押しで判断する異同判断課題を行った。この異同判断課題は、イメージ形成を促進する目的で実施した。また、イメージ保持中にはチェッカー刺激を呈示し(Figure 2)、参加者には、これを無視するよう教示した。

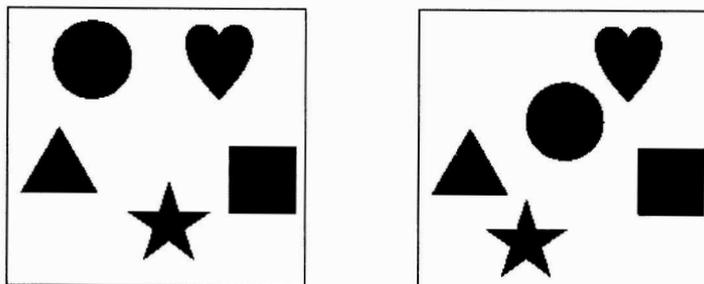


Figure 1. 視覚イメージ形成用の図形の例
(new 判断試行 左:S1, 右:S2)

実験条件 チェッカー刺激の呈示条件を3水準で変化させた。中心呈示条件では、視覚イメージの形成位置と重なる位置にチェッカー刺激を呈示した。周辺呈示条件では、イメージ形成位置の外側に刺激を呈示した。呈示なし条件では、イメージ保持中のチェッカー刺激を呈示しなかった。これらの条件は実験参加者内で操作した。

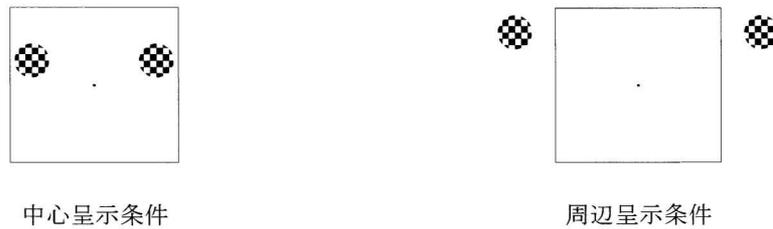


Figure 2. 中心呈示条件, 周辺呈示条件におけるチェッカー刺激の呈示位置
(各条件における呈示位置 2 か所を同時に示している。実際の呈示では, 1 回の呈示につき左右いずれかの 1 か所に呈示した。また, 実際の刺激では背景がすべて 50%の灰色であった。)

刺激 視覚イメージを形成する刺激として, Baddeley & Andrade (2000)を参考に, 5 種類の記号(丸, 四角, 三角, 星, ハート)を正方形のフレーム内に配置した図形を作成した(Figure 1)。フレームの大きさは 10 度×10 度とした。S1 として, 本試行用 30, 練習試行用 6 の計 36 種類の図形を作成して呈示した。S2 は, 半数の試行で S1 と同一の図形を呈示し(old 判断試行), もう半数の試行では, S1 図形の 5 種類の記号のうち, 2 つの位置を変化させたものを作成して呈示した(new 判断試行)。視覚イメージの保持中に呈示するチェッカー刺激として, Clark, Fan, & Hillyard (1995)を参考に, 直径 2 度の円形チェッカー刺激を用いた。呈示位置は, 中心呈示および周辺呈示の 2 種類であり, それぞれ注視点からの偏心度は 4 度と 8 度であった(Figure 2)。このチェッカー刺激を, イメージ保持時間(6 000 ms)中, 持続時間 50 ms, ISI=250–550 ms で左右のどちらかにランダムに継時的に呈示した(Figure 3)。刺激呈示の制御および反応の記録には, 心理学実験ソフトウェア E-Prime 2.0 (Psychological Software Tools Inc.)を用いた。

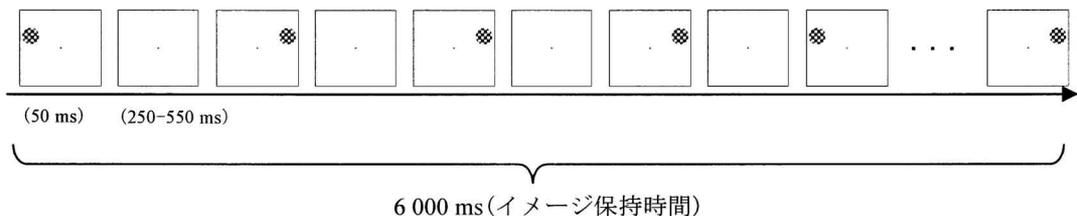


Figure 3. 中心呈示条件におけるチェッカー刺激の呈示例

手続き チェッカー刺激の呈示条件は 1 試行ごとにランダムとし, 1 条件につき 10 試行, 計 30 試行を実施した。練習試行は, 本試行開始前に各条件 2 試行ずつ行った。それぞれの試行は, 参加者のボタン押しによって開始した。1 試行の流れを Figure 4 に示す。試行開始後, まず注視点とフレームを 2 000 ms 間呈示したのち, 視覚イメージ形成図形(S1)を 5 000 ms 間呈示した。S1 消失後, 画面は注視点とフレームのみとなり, 実験条件に従ってチェッカー刺激を呈示した。6 000 ms 後, 鮮明度評定画面を呈示し, 参加者は視覚イメージの鮮明度を口頭で評定した。評定は 1 から 10 の数

字で行い, "1"はイメージがない状態, "10"は実際の知覚と同じくらいに鮮明な状態に対応した。評
定画面の呈示から 5 000 ms 後, フレーム内に S2 を呈示した。S2 は 5 000 ms 間呈示し, その間に,
参加者は S1 と S2 が同一か否かをボタン押しで判断した。このボタン押し反応については, できる
だけ迅速に反応するようにという教示は行わなかった。

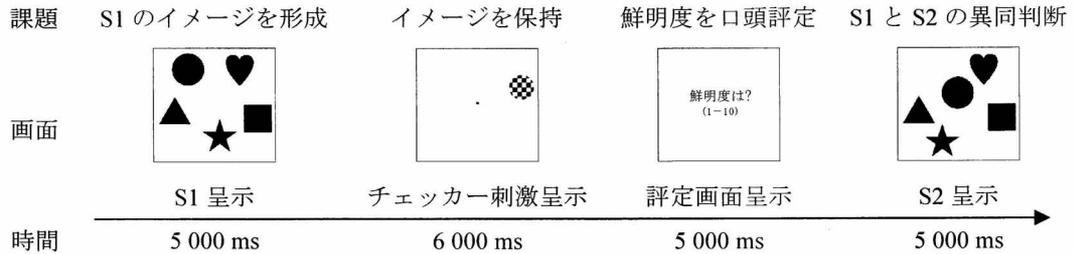


Figure 4. 1 試行の流れ(中心呈示条件, new 判断試行の例)

結果

異同判断課題 平均正答率はすべての条件においてほぼ 100%であった。(中心呈示: 95%, 周辺呈示: 96%, 刺激なし: 95%)。1 要因分散分析の結果, チェッカー刺激の呈示条件の効果はなかった ($F(2,14) = 0.08, ns$)。

鮮明度評定 チェッカー刺激の呈示条件ごとに, 視覚イメージの平均鮮明度を求めた。無関連刺激によるイメージの鮮明度への影響をそのまま把握する目的から, 異同判断課題におけるエラー試行は省かず平均鮮明度を計算した (Figure 5)。鮮明度は, チェッカー刺激を呈示した 2 条件で呈示なし条件よりも低下し, 周辺呈示よりも中心呈示において低かった。呈示条件を要因とする 1 要因分散分析の結果, 主効果が有意であった ($F(2,14) = 5.07, p < .05$)。Ryan 法による多重比較の結果, 中心呈示条件の鮮明度は, 呈示なし条件よりも有意に低かった。しかし, 周辺呈示と呈示なしの間の鮮明度差は有意ではなかった。また, 中心呈示と周辺呈示の間の差も有意ではなかった。

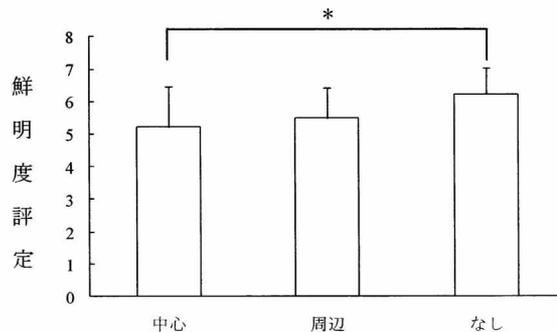


Figure 5. チェッカー刺激呈示条件ごとのイメージの鮮明度 ($N=8$)
(誤差線は標準偏差, *: $p < .05$)

考察

本研究では、視覚イメージの保持に関与する機構の神経基盤を検討するために、課題に無関連なチェッカー刺激の呈示が視覚イメージ体験に対して干渉効果を持つか否か、およびチェッカー刺激がもたらすイメージ体験への干渉効果が空間依存性を持つか否かの2点を調べることを目的とした。実験の結果、視覚イメージの保持中にチェッカー刺激を呈示することで、視覚イメージの鮮明度は低下した。特に、イメージと重なる位置にチェッカー刺激を呈示した場合には、呈示しない場合と比べて、鮮明度が有意に低下することが示された。すなわち、DVNのような連続的に変化するランダムドットパターンでなくとも、チェッカー刺激の呈示によって意識的なイメージ体験に対する干渉効果が生じることが確認できた。

チェッカー刺激がイメージ体験に影響することが示されたことから、意識的イメージ体験と第一次視覚野の関連を検討する有力な方法として、脳電位による研究を提案することができる。チェッカー刺激は、DVNのように連続的に変化するパターンとは異なり、オンセットに対する視覚誘発電位を測定することが容易であり、多くの研究でプローブ刺激として使用されている(e.g. Clark, Fan, & Hillyard, 1995)。この視覚誘発電位を測定することで、刺激の視覚処理過程における第一次視覚野の活動を評価することが可能である(Clark & Hillyard, 1996; Di Russo, Martinez, Sereno, Pitzalis, & Hillyard, 2001; Schutter & von Honk, 2003)。例えば、チェッカー刺激が惹起する電位を、チェッカー刺激がイメージと干渉している場合とそうでない場合とで比較することによって、チェッカー刺激とバッファの干渉が第一次視覚野の活動に及ぼす影響を評価するなどの方法が考えられる。

本研究の第二の目的は、チェッカー刺激の呈示がもたらす干渉効果の空間依存性について検討することであった。周辺呈示されたチェッカー刺激が中心呈示と同様の干渉効果を示せば、干渉の基盤は第一次視覚野よりも高次の視覚野であり、周辺呈示条件で干渉効果が生じなければ、中心呈示条件で生じた干渉の基盤は第一次視覚野であると推測可能であると考えた。しかし結果では、周辺呈示条件のイメージ鮮明度は中心呈示条件と呈示なし条件の中間であり、中心呈示条件との間にも、呈示なし条件との間にも統計的に有意な鮮明度の差はなかった。したがって、チェッカー刺激がイメージ体験にもたらす干渉効果について、中心呈示のみで干渉が生じるのか、呈示位置を問わず同程度の干渉が生じるのか、呈示位置によって異なる程度の干渉が生じるのかについて、結論することができなかった。本研究で干渉効果の空間依存性に関する明確な結果が得られなかった原因として、次の2つを挙げることができる。

まず、本研究で用いたチェッカー刺激の呈示面積が小さかったため、全体的な干渉効果が弱まった可能性がある。DVNを使った先行研究では、ノイズの密度が低いと、イメージに対する干渉効果が低下することが示されている(McConnell & Quinn, 2004b)。その実験では、50%、10%、1%の密度のノイズが使用されたが、1%のノイズでは統計的に有意な干渉効果が得られていなかった。本研究で中心呈示刺激がイメージを形成するフレームに占める面積の割合は、チェッカーを2個として数えても約6%に過ぎない。本研究では、呈示位置を問わずチェッカー刺激による干渉が生じにくい条件となっていたことで、周辺呈示における干渉効果の有無や、周辺呈示と中心呈示の干渉効果の違いを検出することが困難であったのかもしれない。チェッカーの面積を大きくする、あるいは

呈示位置を増やすなどの変更を加えて干渉効果を全体的に強めることができれば、周辺呈示刺激による影響を明瞭に評価できると考えられる。

次に、チェッカー刺激を左右位置に高速で連続呈示したことにより、バッファへの直接的干渉とは異なる干渉効果が生じた可能性がある。近年、眼球運動が視空間ワーキングメモリのリハーサルに関与している可能性が示唆されている(Quinn, 2008)。また、ボタンのタッピングという空間運動要素の強い同時課題によっても、図形のイメージの鮮明度が低下することが確認されている(Baddeley & Andrade, 2000)。本研究でも、チェッカー刺激の呈示が実験参加者の眼球運動や空間的注意の移動をもたらし、それに基づく干渉効果が生じたのかもしれない。参加者の内省報告において、呈示されるチェッカー刺激が運動しているように知覚されたという報告があったこともこの推測を裏付けている。その効果は、左右の刺激同士がより離れている周辺呈示条件において中心呈示条件よりも強くなると考えられるので、本研究の周辺呈示条件の鮮明度が呈示なし条件よりも低下したのは、バッファへの直接的干渉ではなく、チェッカー刺激の運動的成分に起因する干渉効果によるものであるかもしれない。刺激の運動的成分や参加者の眼球運動の少ない条件を設定することにより、周辺呈示条件の干渉効果について適切な評価が可能になると考えられる。

結論として、本研究では、従来用いられた DVN に加えて、チェッカー刺激の呈示によっても意識的イメージに対する干渉効果が生じることが確認できた。それにより、意識的イメージ体験と第一次視覚野の関連について視覚誘発電位を用いたアプローチが可能であることがわかった。干渉効果の空間依存性については明確には判断できず、意識的イメージを保持するバッファの神経基盤が第一次視覚野か、より高次の視覚野かについての結論は出せなかった。この点については、チェッカー刺激の特性や実験参加者の眼球運動を考慮して、さらに検討する必要がある。

引用文献

- Baddeley, A. D., & Andrade, J. (2000). Working memory and the vividness of imagery. *Journal of Experimental Psychology: General*, **129**, 126-145.
- Chen, W., Kato, T., Zhu, X.-H., Ogawa, S., Tank, D. W., & Ugurbil, K. (1998). Human primary visual cortex and lateral geniculate nucleus activation during visual imagery. *NeuroReport*, **9**, 3669-3674.
- Clark, V. P., Fan, S., & Hillyard, S. A. (1995). Identification of early visual evoked potential generators by retinotopic and topographic analyses. *Human Brain Mapping*, **2**, 170-187.
- Clark, V. P., & Hillyard, S. A. (1996). Spatial selective attention affects early extrastriate but not striate components of the visual evoked potential. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **8**, 387-402.
- Craver-Lemley, C., & Reeves, A. (1992). How visual imagery interferes with vision. *Psychological Review*, **99**, 633-649.
- Crick, F., & Koch, C. (1998). Consciousness and neuroscience. *Cerebral Cortex*, **8**, 97-107.
- D'Esposito, M., Detre, J. A., Aguirre, G. K., Stallcup, M., Alsop, D. C., Tippet, L. J., & Farah, M. J. (1997). A functional MRI study of mental image generation. *Neuropsychologia*, **35**, 725-730.
- Di Russo, F., Martinez, A., Sereno, M. I., Pitzalis, S., & Hillyard, S. A. (2001). Cortical sources of the early

- components of the visual evoked potential. *Human Brain Mapping*, **15**, 95-111.
- Farah, M. J. (1989). Mechanisms of imagery-perception interaction. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **15**, 203-211.
- Ishai, A., & Sagi, D. (1995). Common mechanisms of visual imagery and perception. *Science*, **268**, 1772-1774.
- Ishai, A., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (2000). Distributed neural systems for the generation of visual images. *Neuron*, **28**, 979-990.
- Klein, I., Dubois, J., Mangin, J-F., Kherif, F., Flandin, G., Poline, J-B., Denis, M., Kosslyn, S. M., & Le Bihan, D. (2004). Retinotopic organization of visual mental images as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Cognitive Brain Research*, **22**, 26-31.
- Klein, I., Paradis, A-L., Poline, J-B., Kosslyn, S. M., & Le Bihan, D. (2000). Transient activity in the human calcarine cortex during visual-mental imagery: An event-related fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **12(sup.2)**, 15-23.
- Kosslyn, S. M. (1978). Measuring the visual angle of the mind's eye. *Cognitive Psychology*, **10**, 356-389.
- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain: The resolution of the imagery debate*. Cambridge, Massachusetts: MIT/Bradford.
- Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., Kim, I. J., & Alpert, N. M. (1995). Topographical representations of mental images in primary visual cortex. *Nature*, **378**, 496-498.
- McConnell, J., & Quinn, J. G. (2004a). Cognitive mechanisms of visual memories and visual images. *Imagination, Cognition and Personality*, **23**, 201-207.
- McConnell, J., & Quinn, J. G. (2004b). Complexity factors in visuo-spatial working memory. *Memory*, **12**, 338-350.
- Mellet, E., Tzourio, N., Denis, M., & Mazoyer, B. (1998). Cortical anatomy of mental imagery of concrete nouns based on their dictionary definition. *NeuroReport*, **9**, 803-808.
- Miyashita, Y. (1995). How the brain creates imagery: Projection to primary visual cortex. *Science*, **268**, 1719-1720.
- Pearson, J., Clifford, C. W. G., & Tong, F. (2008). The functional impact of mental imagery on conscious perception. *Current Biology*, **18**, 982-986.
- Postle, B. R., Awh, E., Jonides, J., Smith, E. E., & D'Esposito, M. (2004). The where and how of attention-based rehearsal in spatial working memory. *Cognitive Brain Research*, **20**, 194-205.
- Quinn, J. G. (2008). Movement and visual coding: The structure of visuo-spatial working memory. *Cognitive Processing*, **9**, 35-43.
- Quinn, J. G., & McConnell, J. (1996). Irrelevant pictures in visual working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **49A**, 200-215.
- Quinn, J. G., & McConnell, J. (2006). The interval for interference in conscious visual imagery. *Memory*, **14**, 241-252.

Rose, D. (2006). *Consciousness: Philosophical, psychological, and neural theories*. English: Oxford University Press.

(ローズ, D. 荻阪直行(監訳) (2008). 意識の脳内表現 心理学と哲学からのアプローチ 培風館)

Schutter, D. J. L. G., & van Honk, J. (2003). Reductions in CI amplitude after repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) over the striate cortex. *Cognitive Brain Research*, **16**, 488-491.