

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 27 日現在

機関番号：34203

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23730704

研究課題名（和文）

視覚性ワーキングメモリーの神経基盤と脳領域間関係性の解明：認知神経科学的研究

研究課題名（英文）

Neural basis of visual working memory: A cognitive neuroscience study

研究代表者

高濱祥子（TAKAHAMA SACHIKO）

聖泉大学・人間学部・准教授

研究者番号：30342645

研究成果の概要：日常生活において、我々は数多くの物体に囲まれて生活しているが、物体が全て常に眼の前にあるわけではない。従って、眼の前にある物体と、眼の前にない物体に関する様々な記憶情報の照合を繰り返して、物体の同一性、関係性を判断している。本研究では、連想記憶に基づく物体の判断は、視覚性ワーキングメモリーに基づく物体の判断と異なり、想起方向の影響を受けることを見出した。また、脳機能イメージング研究により、連想記憶に基づく変化検出に関わる脳部位を同定した。

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：ワーキングメモリー・連想記憶・fMRI

1. 研究開始当初の背景

我々は日常生活の中で、数多くの物体に囲まれて生活しているが、物体は常に我々の眼前に存在するわけではない。従って、物体の同一性を判断するために、我々は物体に関する視覚情報と記憶情報の照合を繰り返している。また、日常生活において、物体が眼前に存在しない時、我々は、視覚性ワーキングメモリーとして脳内に保持された物体の特徴に関する記憶表象と、眼前の物体の知覚表象を照合することにより、物体の同一性を判断する。ヒトを対象とする認知神経科学的研究において、視覚性ワーキングメモリー、連想記憶、各々の神経基盤に関する知見は数多く得られている一方、その相互作用に関する行動特性と神経基盤については、まだ不明な点が多い。

2. 研究の目的

本研究では、まず、連想記憶におけるカテゴリ間結びつけ情報と、視覚性ワーキングメモリーにおける関係性結びつけ情報の相互作用を検討するために、見本画面とテスト画面を比較して両画面の異同を判断する変化検出課題、または見本画面とテスト画面を比較して、両者が異なる場合に変化のタイプを答える変化同定課題を用いた。

次に、連想記憶に基づく変化検出課題遂行中の脳活動を同定するため、脳機能イメージング法（fMRI）を用いて、課題遂行中の脳活動を計測した。

3. 研究の方法

(1) 実験参加者：正常な色覚を有する大学生および大学院生に対して事前に研究目的に関する説明を行い、同意を得た。また、fMRI実験の参加者は、20歳以上の成人とし、事前に装置の安全性に関する説明を行い、同意を

得た。

(2) 視覚刺激: グレースケールに変換した自然風景と顔写真(実験参加者と面識のない日本人大学生の真顔)を用いた。

(3) 事前学習: Ranganath et al. (2004) を改変し、実験参加者は単一の風景または顔刺激、風景と顔の対連合の事前学習を行った。単一の風景または顔で使用する視覚刺激は、風景と顔の対連合刺激と重複せず、使用する視覚刺激は実験参加者間でカウンターバランスをとった。単一物体と対連合の再認テストにおける学習基準は95%以上の正答率とした。学習基準に達した実験参加者を対象として、変化検出/同定課題を行った。

(4) 変化検出/同定課題: 連想記憶に基づく変化検出/同定課題(associative memory task: AM 課題)では、見本画面とテスト画面において呈示される刺激は対連合関係にあった。見本画面とテスト画面の関係は、風景-顔(scene-face: SF)条件、顔-風景(face-scene: FS)条件の2種類であった。遅延期間中は、見本画面の対連合相手の刺激群を想起するよう教示した。一方、ワーキングメモリーに基づく変化検出/同定課題(working memory task: WM 課題)では、見本画面とテスト画面の刺激カテゴリーは同一であり、見本画面とテスト画面の関係は風景-風景(scene-scene: SS)条件、顔-顔(face-face: FF)条件の2種類であった。遅延期間中は、見本画面の情報を保持するよう教示した。両課題において、変化条件は、画面に呈示された物体間の位置が入れ替わる switch 条件、または変化が生じない none 条件のいずれかとした。セットサイズは2、3、または4であった。変化検出/同定課題終了後、物体と対連合の再認テストを再度行い、再認テストにおいて正確に判断できた刺激群が呈示されていた試行のみを、変化検出/同定課題正答率の分析対象とした。

(5) fMRI データ収集と解析

① MR スキャナ: 脳機能画像と解剖画像の撮像には、3T MR スキャナ(Trio, Siemens 社製)を用いた。

② 撮像: MR スキャナ外で事前学習と課題の練習を行った後、本実験を行い、脳機能画像(TR=2000ms, 34 axial slices)と解剖画像を撮像した。実験参加者はMR スキャナ内に横たわった状態で、鏡に映る視覚刺激を見ながら課題を遂行した。課題遂行中は、眼球運動のモニタも行った。

③ データ解析ソフト: 脳機能画像の前処理・解析とネットワークのモデル化にSPM8とMatlab(Mathworks)を使用し、前処理と一般線形モデルによる統計解析、ネットワー

クのモデル化を行った。

4. 研究成果

(1) 行動的結果

ほぼすべての実験参加者が事前学習の学習基準を満たし、変化検出/同定 WM 課題と同様、変化検出/同定 AM 課題の遂行が可能であった。全体的な傾向として、switch 条件において、両課題とも正答率が低かった。さらに変化検出/同定 AM 課題では、想起方向が課題遂行に影響を及ぼすことが明らかになった。

図1は変化検出 AM 課題、WM 課題における保持情報のタイプ別の正答率を示す。変化検出 AM 課題の正答率は変化検出 WM 課題よりも低かった。また変化検出 AM 課題で呈示項目数が4つの時、FS 条件は SF 条件よりも正答率が低かった。一方、変化検出 WM 課題では、保持情報のタイプによる正答率の差は有意ではなかった。このことから、変化検出 AM 課題においてのみ想起方向の影響が生じることが示唆される。

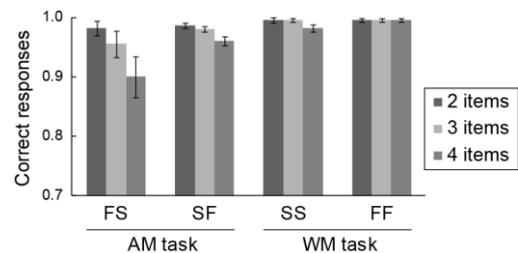


図1 変化検出課題における平均正答数(±標準誤差)。FS: 顔-風景条件, SF: 風景-顔条件, SS: 風景-風景条件, FF: 顔-顔条件, AM task: 連想記憶に基づく変化検出課題, WM task: ワーキングメモリーに基づく変化検出課題。

しかしながら、遅延期間中に保持すべき情報が課題間で異なることから、遅延期間中の操作情報自体の違いによる影響を反映している可能性が考えられる。そこで、変化検出 AM 課題における遅延期間中の操作情報に注目し、遅延期間中に見本画面の対連合相手の刺激群を想起するグループと、遅延期間中に見本画面の刺激群を保持し、テスト画面において対連合相手の刺激群を想起するグループの成績を比較した。その結果、長期連想記憶に基づく変化検出課題の遂行には、遅延期間中の操作情報ではなく、長期連想記憶の想起方向が重要であることが示唆された。さらに、これらの結果は、見本画面における物体呈示の時間的差異の影響を受けていなかった。

(2) 脳機能イメージング結果

以上の結果を踏まえて、変化検出課題遂行中の脳活動を、fMRI により測定し、連想記憶に基づく変化検出課題遂行中の脳活動を、

ワーキングメモリーに基づく変化検出課題遂行中の脳活動と比較した。

その結果、変化検出 WM 課題と比較すると、変化検出 AM 課題遂行中は、前頭・頭頂ネットワークの広範な活動が観察された。特に、変化検出 AM 課題の遅延期間において、見本画面に呈示された物体カテゴリーではなく、連想相手であるテスト画面に呈示された物体カテゴリーの表象に関わる脳部位が、呈示項目数の増加に伴って賦活していた。図 2 は、変化検出 AM 課題の風景・顔条件における呈示項目数 2 (上) および 4 (下) の遅延期間の脳活動を示す。

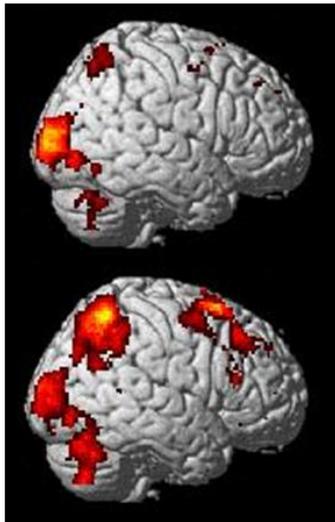


図2 変化検出AM課題の風景・顔条件における呈示項目数2(上) および4(下)条件の遅延期間に活動した脳領域(右半球)。

(3) 連想記憶保持に関わる脳内ネットワークのモデル化：上記の結果を受け、変化検出 WM/AM 課題の functional connectivity 解析を行い、前頭葉、頭頂葉、海馬の機能的結合性を検証した。

(4) まとめ

以上のように、視覚性ワーキングメモリーに基づく変化検出/同定は、カテゴリーに関わらず、類似した正答率を示したのに対し、連想記憶に基づく変化検出/同定は、想起方向により、正答率に差がみられた。脳機能イメージング実験により、連想記憶に基づく変化検出課題の遅延期間中は、眼の前の物体ではなく、連想した物体のカテゴリーに関する脳部位が活動していた。従って、眼の前にある物体の記憶表象と、眼の前にある物体から連想される記憶表象を支えるシステムが異なることが示唆された。

本結果は、使用した視覚刺激のカテゴリーに特異的な現象である可能性が考えられるため、今後は、別の視覚刺激カテゴリーにより検証する必要があると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 7 件)

① 高濱 祥子

ワーキングメモリー課題に及ぼす連想記憶の想起方向非対称性。

日本心理学会第 77 回大会。

2013 年 9 月 19~21 日(予定)

札幌コンベンションセンター

② 高濱 祥子

連続呈示型ワーキングメモリー課題遂行に及ぼす連想記憶の想起方向の影響

日本基礎心理学会第 31 回大会。

2012 年 11 月 4 日

九州大学

③ 高濱 祥子

視覚性ワーキングメモリー課題に及ぼす長期連想の影響

日本心理学会第 76 回大会。

2012 年 9 月 11 日

専修大学

④ 高濱 祥子・齋木 潤

連想記憶に基づく変化同定課題遂行に及ぼす想起方向の影響。

日本認知心理学会第 10 回大会。

2012 年 6 月 3 日

岡山大学

⑤ Takahama, S. & Saiki, J.

Interaction between associative memory and relational binding in human visual working memory.

The 10th Tsukuba international conference on memory.

2012 年 3 月 5 日

学習院大学

⑥ 高濱 祥子・齋木 潤

変化検出課題における長期記憶情報に基づく結びつけ情報の利用。

日本基礎心理学会第 30 回大会。

2011 年 12 月 3 日

慶応大学

⑦ 高濱 祥子・齋木 潤

視覚性ワーキングメモリーの動的更新に関与する前頭・頭頂・海馬の機能的ネットワーク。

第 75 回日本心理学会大会。

2011年9月17日
日本大学

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

高濱 祥子 (TAKAHAMA SACHIKO)
聖泉大学・人間学部・准教授

研究者番号：30342645

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし