

平成 21 年 5 月 22 日現在

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2007 ~ 2008  
 課題番号：19730464  
 研究課題名 (和文) 脳機能イメージングによる視覚性ワーキングメモリーの脳内機序解明  
 研究課題名 (英文) Neural basis of visual working memory: fMRI study

研究代表者  
 高濱 祥子 (TAKAHAMA SACHIKO)  
 大阪大学・大学院生命機能研究科・特任研究員  
 研究者番号：30342645

研究成果の概要：我々は、日常的に数多くの物体に囲まれており、それらの物体は常に目の前にあるわけではない。従って、目の前にある物体と、すでに目の前から異動したが記憶として保持された物体との照合を繰り返して物体の同一性を判断している。本研究では、視覚性ワーキングメモリーの神経基盤を、脳機能イメージング法を用いて検討し、物体の保持にかかわる脳部位を見出した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,900,000	0	1,900,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,400,000	150,000	2,550,000

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、脳機能イメージング

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 我々は日常的に数多くの視覚情報に囲まれて生活しており、必要に応じて視覚情報を記憶する。これまで、ワーキングメモリーの神経基盤の特定するために、脳機能イメージング研究や神経心理学的研究が進められてきた。言語性ワーキングメモリー研究に加え、物体情報の視覚性ワーキングメモリーに関する研究にも関心が集まりつつある。物体追跡や変化検出に関する機能的 MRI (fMRI) を用いた研究では、前頭葉-頭頂葉の広範な神経基盤が関与することが報告されている (Beck et al., 2001; Corbetta et al., 2002;

Culham et al., 1998; Pessoa & Ungerleider, 2004)。さらに、実験デザインの洗練により、符号化、保持、検索という記憶の過程に注目した事象関連型の機能的 MRI 研究も行われ始め、記憶負荷の高い条件で、保持 (遅延) 期間中、背側前頭前野 (BA9/46 野) 上/下頭頂小葉 (SPL/IPL) が賦活することが示された (Todd & Marios, 2006; Xu & Chun, 2006; Xu, 2008)。

(2) しかしながら、従来の研究の多くは変化検出課題を実験パラダイムとして用いてい

るため、パラダイム自体、刺激設定、課題設定に問題があり、視覚的作業記憶を過大評価しており、結果として視覚性作業記憶に関わる脳活動を計測できていない可能性がある。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究では、記憶すべき複数の物体が遮蔽板の背後を通過することにより見え隠れするという、日常場面に近い視覚性ワーキングメモリ課題として、多物体恒常性追跡法というパラダイムを用い、複数の属性からなる物体の視覚性ワーキングメモリの保持に関わる神経基盤を、事象関連型の脳機能イメージング (fMRI) により詳細に検討することを目的とする。特に、視覚性ワーキングメモリの保持期間に着目し、属性情報と位置情報を結合して保持する脳部位、位置情報の動的な更新に関わる脳部位の特定を目指した。さらに、得られたデータから、視覚性ワーキングメモリの脳内ネットワークをモデル化することを試みた。

(2) 具体的には、多物体恒常性追跡課題 (Saiki, 2003) を改変し、課題設定を変えることにより、属性の組合せが明示的に保持されないと遂行できない条件と、単に記憶表象と知覚表象の異同のみの判断でできる条件の保持期間の脳活動を比較検討することを目的とした。課題遂行の差異が、記憶表象のタイプに特有な処理システムの機能を反映するならば、条件間で脳活動画質的に異なる可能性が示唆される。一方、課題遂行の差異が、単一システムの課題難易度の違いを反映するならば、同一の脳部位が賦活し、信号強度のみが異なる可能性が示唆される。

## 3. 研究の方法

(1) 実験参加者：正常な色覚を有する成人であった。事前に実験の目的、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：4色の円と4つの方位を示す黒色の棒からなるターゲット、4枚の黒色扇形の遮蔽板で構成された。遮蔽板（またはターゲット）は等速度（126 deg/sec）で（反）時計回りに回転した。予測不能な1可視期間のみ刺激の色、方位、または色と方位の両方が変化した。

変化検出条件は2種類で、色、方位、または色と方位の両方に予め教示された変化

が生起するコントロール条件と、呈示された視覚刺激の色、方位、または色と方位両方の入れ替わりが生じる結合条件であった。

課題は、遮蔽板が等速度で回転するがターゲットは静止している静止課題と、遮蔽板が制止しターゲットが等速度で回転する運動条件の2種類であった。

(3) 視覚刺激呈示装置：ViSaGe (Cambridge Research Systems) により視覚刺激を呈示した。

(4) MR スキャナ：脳機能画像の撮像には3T MR スキャナ (Trio, Siemens 社製) を用いた。

(5) 変化検出課題：着目すべき変化をあらかじめ課題ごとに設定し、色、方位、または物体変化検出課題を行った。すべての試行において1試のうち、予測不能な遮蔽期間に変化が生じた。実験参加者は、刺激の変化に気づいたらできるだけ早くボタンを押して答えるよう教示された。

(6) 手続き：3種類の変化検出課題とも、MR スキャナ外で構音抑制をしながら練習し、成績がプラトーに達したことを確認した後、本実験を行い、脳機能画像を撮像した (TR=2000ms, 34 axial slices)。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。

(7) 脳機能画像の解析とネットワークのモデル化に SPM2 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

静止課題/運動課題別に結果を分析した。

(1) 静止課題の行動データ：静止課題において、3種類の変化検出課題の正答率について1要因分散分析を行ったところ、課題の主効果はみられなかった。従って、課題の難易度に差はなかったと考えられ、脳機能画像解析の結果には課題の難易度が影響を及ぼしていないことが示唆される。

(2) 静止課題の脳機能画像解析：試行開始から刺激の変化までを保持期間として解析を行った。

色、方位、物体変化検出課題ごとに、コントロール条件と結合条件の保持期間に活動した脳領域を比較した。

その結果、色変化検出課題の保持期間には、右上頭頂小葉、右下側頭回、右中心前回などがコントロール条件よりも結合条件で賦活した。

方位変化検出課題の保持期間には、右中心前回などがコントロール条件よりも結合条件で賦活した。

物体変化検出課題の保持期間には、左右下前頭回、右補足運動野、両側上頭頂小葉、右頭頂間溝などがコントロール条件よりも結合条件で賦活していた。

すべての課題において、コントロール条件で結合条件よりも有意に活動していた脳領域はみられなかった。

単一の属性の保持と、複数の属性を結合して保持する場合に活動する脳領域の違いを検討するために、課題間のコントロール条件同士、属性条件同士の脳機能画像を比較した。

コントロール条件の保持期間の脳活動を比較したところ、3種類の変化課題間の賦活領域に有意な差はみられず(色 vs. 方位、色 vs. 物体、方位 vs. 物体、色、方位 vs. 物体)、3種類の課題のコントロール条件のうち、いずれかに特異な脳活動はみられなかった。

一方、結合条件の保持期間の脳活動を比較したところ、色、または方位変化検出課題と比較して、物体変化検出課題の保持期間に、右上前頭回、右中前頭回、左角回、左帯状回、両側下頭頂小葉、左右上側頭回などが賦活していた(図1)。従って、これらの領域が複数の属性を結合して保持していた可能性が示唆される。



図1 物体変化検出課題結合条件の保持期間に賦活した脳領域(右半球)

(3) 運動課題の結果：

行動データ：運動課題について、MR スキャナに入る前の事前練習の段階で、課題の難易度が高いため、本実験にすすめない実験参加者が多かった。

また、本実験を行った実験参加者についても、色、方位、物体変化検出課題のすべてにおいて、結合条件の正答率はコントロール条件よりも有意に低かったことから、運動課題に関する脳機能画像の解析結果には、課題の難易度が多分に反映されていると考えられる。

脳機能画像解析：静止課題と同様の手続きで解析を行った。物体変化課題の結合条件の保持に、前頭前野が強く関与していることが示唆された。しかし、この結果は、属性の結合情報の動的な更新に加え、課題の難易の影響が含まれていると考えられる。

(4) 視覚性作業記憶保持にかかわる脳内ネットワークのモデル化：上記の結果を受け、静止課題についてのみ dynamic causal model 分析を行い、前頭葉-頭頂葉の結合状態を検証した。静止課題全般遂行中の脳部位間の潜在結合性と、変化検出課題ごとに变化する結合性についてそれぞれモデル化を行った。

(5) まとめ：

以上のように、複数の属性を結合して保持する必要がある場合と、必要がない場合では、行動の結果には差がなかったのに対し、活動する脳領域が異なった。従って、記憶表象のタイプによって、異なる処理システムの機能を反映する可能性が示唆された。

物体情報の動的な更新を必要とする運動課題については、課題の難易度も含む結果となった。今後は、結合された属性情報の動的な更新にかかわる神経基盤を解明するために、新たな実験パラダイムの確立が必要と考えられる。

## 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)

[学会発表](計2件)

高濱 祥子・齋木 潤  
属性-位置結合情報の動的更新に関わる脳内ネットワーク:fMRI 研究  
日本心理学会第73回大会  
2009年8月26-28日(予定)  
立命館大学

高濱 祥子・宮内 哲・齋木 潤  
視覚的作業記憶課題における属性の結合と

保持に関わる脳内機構-事象関連 fMRI による  
検討-  
日本心理学会第 73 回大会  
2007 年 9 月 20 日  
東洋大学

6 . 研究組織

(1)研究代表者

高濱 祥子 (TAKAHAMA SACHIKO)  
大阪大学・大学院生命機能研究科・特任研  
究員  
研究者番号 : 30342645

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

以上