

平成 22 年 5 月 20 日現在

研究種目：若手研究 (B)
研究期間：2008～2009
課題番号：20730483
研究課題名 (和文) 物体認識の脳内基盤に関する研究：fMRI による皮質間ネットワーク構造の検討

研究課題名 (英文) The neural basis of object recognition: an fMRI study.

研究代表者

實吉 綾子 (SANEYOSHI AYAKO)

帝京大学・文学部・助教

研究者番号：90459389

研究成果の概要 (和文)：

物体の定性的情報と定量的情報に基づく内的表象形成について研究を行った。行動実験によって定性的情報に対する左半球処理優位性、定量的情報に対する右半球処理優位性が示された。さらに fMRI によって定量的情報の符号化における右半球の頭頂葉後部と外側後頭複合体の結合が示唆された。これらの研究から、物体の内的表象が特定の脳部位で担われているのではなく、左右大脳半球を含め、脳内の様々な部位の連携によって柔軟な表象形成が行われることが示唆された。

研究成果の概要 (英文)：

In this study, the neural basis of categorical and metric properties processing of object was investigated. Behavioral study suggested that the left and right hemispheres had processing advantage for categorical and metric properties, respectively. Furthermore, fMRI study suggested that there was the relatively strong interactive connection between the right parietal lobule and right LOC during the metric properties processing. There is a possibility that categorical and metric properties of object would be processed in the different neural basis and used for different type of object representation.

交付決定額額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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：物体認識・左右大脳半球機能差・fMRI

1. 研究開始当初の背景

三次元物体は、脳内でどのように表現され、認識されているのか。この物体の内的表象形成について、物体の定性的情報(「主軸がまっすぐ」など)が用いられるとする構造記述理論と、物体の定量的情報(「主軸の長さが5cm」など)が用いられるとする画像表現理論の二つの理論が、主に視点不変性を検討する形で争ってきた (Peissig and Tarr,2006)。しかし、内的表象には定性的/定量的どちらの情報も用いられ、状況や目的に応じて符号化される情報の割合が変わるために、視点不変性などの特性も変化するのではないかという意見から、双方の理論の統合可能性が指摘されている (Hayward,2003)。

研究代表者は、物体の内的表象に、定性的/定量的情報の両方が用いられる可能性について神経科学的な検討を行ってきた。2006年に NeuroReport 誌に発表した論文 (Saneyoshi, Kaminaga and Michimata, 2006)では、日常物体を刺激として、定性的情報と定量的情報処理に関わる脳部位をfMRIによって検討した。その結果、定性的情報が重要となる課題では、左半球の頭頂葉後部が、定量的情報が重要となる課題では、右半球の頭頂葉後部が強く活性化することが示された。この結果は、物体の内的表象に定性的/定量的情報がそれぞれ異なるシステム(ここでは左右大脳半球の頭頂葉後部)で符号化されることを示唆している。

2. 研究の目的

研究代表者が行ってきた研究では、物体の内的表象形成における定性的/定量的情報の符号化に左右頭頂葉後部に関わることが示唆された。しかし、課題に応じて活性する部位が単独で特定されても、物体の内的表象形成の神経基盤全体が解明されたとはいえない。これまでの研究からは、内的表象形成の神経基盤として頭頂葉後部と LOC(lateral occipital complex)の皮質間ネットワーク構造が想定される。しかし、これまでの分析方法ではこのようなネットワーク構造は検討することができない。

そこで本研究では、定性的/定量的情報を符号化する物体の内的表象形成の皮質間ネットワーク構造を明らかにするために、fMRI研究の新しいネットワーク分析の手法である動的因果モデル分析(Dynamic Causal Modeling analysis: DCM 分析)を用いて頭頂葉後部と LOC の結合関係を検証することを

目的とした。頭頂葉後部は背側視覚経路、LOCは腹側視覚経路に属する部位である。二つの視覚経路は物体認識における主要な情報処理経路であり、それぞれに属する二つの部位の結合関係を検討することで、物体の内的表象形成に関わる皮質間ネットワーク構造を推測することができると考えられる。

まず、fMRI 撮像前の確認として、物体の定性的/定量的情報の符号化に左右大脳半球という異なる神経基盤が関わるのかどうかを、半視野瞬間提示法を用いた行動実験によって検討した(1)。そして、fMRIによって定性的/定量的情報を符号化する物体の内的表象形成に関わる皮質間ネットワーク構造を、左右頭頂葉後部と LOC の結合関係を検討した(2)。物体を認識するには、時間的・物理的に分断された情報を記憶の中で統合し知覚する必要が生じる場合がある。そこで、一定の間隔をおいて継時呈示される2つの画像を統合することで遂行可能となる課題(時間的統合課題)を用いて、視覚的記憶の神経基盤を検討した(3)。

2. 研究の方法

(1) 定性的/定量的情報を用いた物体内的表象形成の左右大脳半球優位性についての検討

定性的/定量的情報を符号化する内的表象形成に、左右大脳半球機能差が認められるかどうかを検討した。行動実験による左右大脳半球優位性の確認が、fMRIでの左右大脳半球における活性の差を検討する前提として必要となる。課題は継時呈示異同判断課題を用いた。呈示される刺激の組み合わせを変えることで、定性的課題では物体の定性的変化のみを、一方定量的課題では物体の定量的変化のみを検出させた。刺激は左/右視野に瞬間提示され、各半球に優先的に入力される(半視野瞬間呈示法)。定性的課題では右視野-左半球、定量的課題では左視野-右半球の優位性が認められると考えられた(図1参照)。



図1. 刺激例

(2) 定性的/定量的情報を用いた物体内的表

象形成の神経基盤となる皮質間ネットワーク構造の検討

fMRI を用いて、(1) で用いた課題遂行時の脳機能画像を撮像した。コントロール課題として、刺激をスクランブルにすることで物理的特性のみをそろえた画像を観察させる。各判断課題とコントロール課題の差分をとり、活性部位と頭頂葉後部の活性の左右差を確認した。さらに、各課題における頭頂葉後部と LOC の結合関係を分析した。

(3) 視覚的記憶に関わる神経基盤の検討

視覚記憶内で情報を統合する必要のある、時間的統合課題の遂行時の脳活動を、fMRI によって検討した。刺激として、継時呈示された 2 枚の画像を統合することでドットの抜けを検出できる刺激(図 2 参照)や、一部が非対称となっていることを知覚できる図形刺激を用いた。実験参加者は、2 つの画像を統合してどの部分のドットが抜けているか、またどの部分が非対称かを答える課題を行った。画像を呈示する時間間隔 (SOA) を操作して、刺激の統合に必要な視覚記憶 (感覚記憶・視覚的短期記憶) を操作した。SOA が短い場合には感覚記憶における刺激の統合、SOA が長い場合には視覚的短期記憶における刺激の統合が予測され、それぞれに対応する脳部位が活性すると予測された。

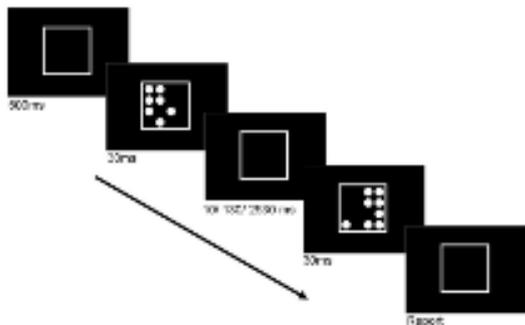


図 2. 実験 3 刺激提示例

4. 研究成果

(1) 定性的／定量的情報を用いた物体内的表象形成の左右大脳半球優位性についての検討

実験の結果、定性的情報を符号化する必要のある条件では、左半球の処理優位性が認められた。一方、定量的情報を符号化する必要のある条件では、右半球の処理優位性が認められた(図 3 参照)。新奇物体を用いてこのような大脳半球左右差が認められたのは初めてであり、2009 年に *Brain and Cognition* 誌に掲載された (Saneyoshi and

Michimata,2009)。意味や名前を持たない新規物体で、左右大脳半球機能差が認められたことから、物体認識において左右大脳半球は意味や名前といった言語情報のみならず、その形体処理において役割分担を行っていると考えられる。すなわち、同じ形態の物体であっても、観察者の目標に応じて定性的情報と定量的情報のどちらを重点的に処理し符号かするのにかよって左右大脳半球が働きを変えることが示唆された。

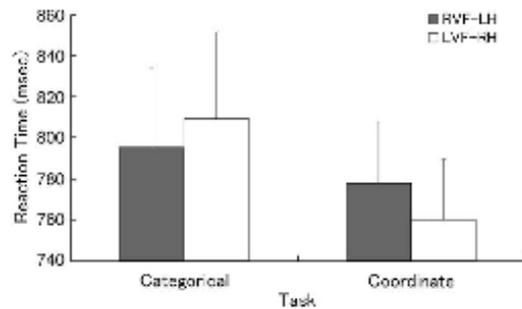


図 3. 実験 1 結果

(2) 定性的／定量的情報を用いた物体内的表象形成の神経基盤となる皮質間ネットワーク構造の検討

実験 1 と同様の課題を fMRI 内で遂行し、脳活動を計測し、DCM 分析を用いて各脳部位の結合を検討した。視覚野(V1)、頭頂葉後部(頭頂小葉: parietal lobule)、LOC の結合を分析したところ、定量的変化を検出する課題において右半球の頭頂葉後部と LOC の結合が認められた(図 4 参照)。左半球ではこのような結合は認められなかった。これらの結果から、物体認識において定性的情報と定量的情報のどちらを重点的に用いるかによって、脳部位の結合関係が変化することが示され

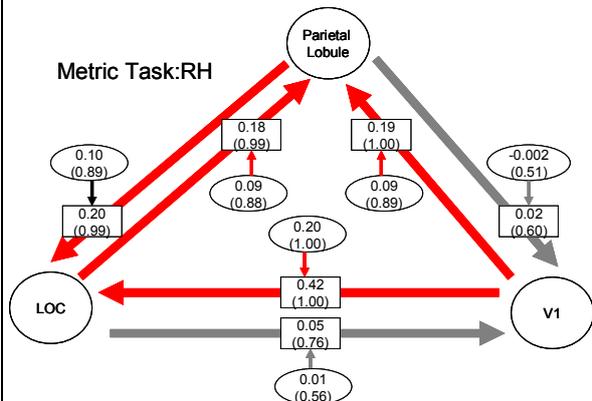


図 4. 実験 2: 定量的課題における右半球の DCM 分析の結果。赤線が優位な結合。一方、定性的情報が重要となる物体認識

では、LOC と頭頂葉後部の結合は認められなかった。ただし、頭頂葉後部の活性自体には有意な左右差は認められなかった。したがって、今後左右差の認められる脳部位の検討と、その部位を中心とする各部位の結合を詳細に検討していくことが必要と考えられる。なお研究の一部は基礎心理学的研究において発表された(実吉,2008)

(3) 視覚的記憶に関わる神経基盤の検討

物体認識において重要な機能となる視覚記憶について、その神経基盤を検討した。その結果、視覚的短期記憶が関与すると考えられる SOA 長条件では頭頂葉後部と前頭前野がほかの条件よりも強く活性した。この結果は、SOA 長条件において視覚的短期記憶内における第 1 刺激と第 2 刺激の統合が行われていること、またその神経基盤として頭頂葉後部と前頭前野の視覚的作動記憶を担う部位が関わることを示唆する。一方、感覚記憶が関わりと予測される SOA 短条件、また統合が困難となる SOA 中条件では他条件よりも強い活性は認められなかった。今後、時間的統合課題に限らず記憶表象の符号化や操作を必要とする別の課題も用いることで視覚的記憶に特異的な脳活動をより厳密に観察できるようにして検討する必要がある。この研究は 2008 年の Psychonomic Society にて発表された。また、統合することによって図形の非対称部位を検出する課題を用いた実験でも同様の結果が認められた。この研究は 2009 年の基礎心理学的研究に掲載された。

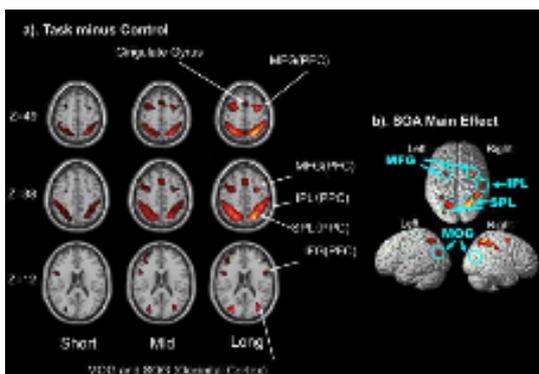


図 5. 実験 3 結果:ドット抜け検出課題

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 3 件)

1. Saneyoshi, A. and Michimata, C., Lateralized Effects of Categorical and Coordinate Spatial Processing of

Component Parts on the Recognition of 3-D Non-nameable Objects Corresponding. *Brain and Cognition.*, **71(3)**, 181-186, 2009, 査読有

2. 実吉綾子・新美亮輔・末續朋子・神長達郎・横澤一彦, 視覚的短期記憶における視覚情報の時間的統合に関わる神経基盤の検討, *基礎心理学的研究*, **28(1)**, 23-34, 2009, 査読有
3. 実吉綾子, 力動的因果モデルが基礎心理学に果たす役割(講演論文), *基礎心理学的研究*, **27(1)**, 71-74, 2008, 査読無

[学会発表] (計 5 件)

1. 実吉綾子, 物体特徴の認識における左右大脳半球機能差について, 日本基礎心理学会第 28 回大会, 2009 年 12 月, 日本女子大学
2. Saneyoshi, A., Niimi, R., Abe, R., Kaminaga, T and Yokosawa, K., Object orientation perception for canonical and accidental views: an fMRI Study., Psychonomic Society Annual Meeting, 2009 年 11 月, Boston, USA
3. 新美亮輔・実吉綾子・阿部怜子・神長達郎・横澤一彦, The role for human parietal cortex in the perception of object orientation in depth: an fMRI study., 日本神経科学大会第 32 回大会, 2009 年 9 月, 名古屋国際会議場
4. 実吉綾子・新美亮輔・末續朋子・神長達郎・横澤一彦, 非対称図形の時間的統合に関わる神経基盤の検討, 基礎心理学会, 2008 年 12 月, 仙台国際センター
5. Saneyoshi, A., Niimi, R., Suetsugu, T., Kaminaga, T and Yokosawa, K., The failure on temporally separated visual information integration: an fMRI Study. Psychonomic Society, 2008 年 11 月, シカゴ, USA

6. 研究組織

(1)研究代表者

実吉 綾子 (SANEYOSHI AYAKO)

帝京大学・文学部・助教

研究者番号: 90459389