

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25年 5月 30日現在

機関番号：32643
 研究種目：研究活動スタート支援
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23830074
 研究課題名（和文） 物体認識における左右大脳半球機能についての認知神経科学的研究
 研究課題名（英文） The study of hemispheric asymmetries for object recognition

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のプロセスについて研究を行った。定性的、定量的情報に対してそれぞれ高、低空間周波数成分が重要な役割を果たすこと、また、各情報処理に対する左右大脳半球機能差が、異なる空間周波数成分への処理優位性に由来する可能性が示唆された。さらに視覚情報の異なる空間周波数成分の抽出に視覚的注意が大きな役割を果たしている可能性が示された。これらの研究から、物体の内的表象がその形成段階から観察者の目的、要求に応じて柔軟に変化することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：In this study, the process of making object representation was investigated. The different range of spatial frequency information would play an important role in the categorical and metric properties processing of object recognition. Furthermore, the hemispheric asymmetries for these properties processing would be explained by the spatial frequency information. Some experiments suggested that the visual attention would play an important role in extracting the spatial frequency information for the different purpose of object recognition. It was suggested that the making process of object representation was flexibly changed by the purpose of object recognition from their earlier level.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

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、実験心理学、認知神経科学、空間周波数

1. 研究開始当初の背景

三次元物体の内的表象形成については、物体の定性的情報が重要であるとする構造記述理論と、物体の定量的情報が重要であるとする画像表現理論の二つの理論が論争を繰り広げて来た (Peissig and Tarr, 2006)。物体の定性的情報とは、例えば物体の軸がまっすぐか、曲がっているかなどのカテゴリに分類して言語化が可能な情報である。一方、物体の定量的情報とは軸の長さや曲率など数値で表現される情報である。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バランスが変わるのではないかという意見のもと、双方の理論の統合可能性も指摘されていた (Hayward, 2003)。

定性的、定量的情報処理には左右大脳半球に処理優位性があることが、空間関係情報処理の研究において報告されている。この知見を物体認識に拡張して、物体の内的表象に符号化されている定性的、定量的情報処理と、左右大脳半球機能差について認知神経科学的に検討が行なわれてきた (Saneyoshi and Michimata, 2009 など)。しかし、左右大脳半球機能差が物体の内的表象形成のどの処理段階で生じているのかについては解明されていなかった。

2. 研究の目的

物体認識において認められる左右大脳半球機能差は、認知処理のどの段階において生じているのだろうか。これまでの研究からは、左右大脳半球機能差が視覚情報を選択する注意の働く段階で生じている可能性が考えられる。一方、定性的情報には高い空間周波数成分が、定量的情報には低い空間周波数成分が関わっていることが示唆されており、初期視覚情報処理の段階で左右大脳半球機能差が生じている可能性もある。そこで本研究では、定性的情報と定量的情報処理における左右大脳半球機能差が認識に必要な空間周波数帯域を選択的注意が抽出する段階で生じるという仮説を検証することを目的とした。また、物体認識の基盤となる脳部位についての検討も行った。

これまでの物体認識研究は複雑な処理の中の限られた部分の検証にとどまりがちであった。本研究では左右大脳半球機能差を軸とすることで低次の初期視覚特徴である空間周波数情報と、高次の働きである視覚的注意を結びつけて物体認識処理を包括的に検討することを目指した。

3. 研究の方法

1) 物体認識の特徴情報処理に関わる空間周波数帯域

Saneyoshi and Michimata (2009) で用いた

新奇物体を基本の刺激とした。Matlabによりガウシアンフィルタを用いて、高空間周波数成分を除去した刺激と、低空間周波数成分を除去した刺激を作成した (図1参照)。これらの刺激を用いて、定性的情報処理課題と定量的情報処理課題を行わせた。もし定性的情報処理には高空間周波数成分が、定量的情報処理には低空間周波数成分が重要であるならば、それぞれの成分を除去した刺激に対する課題遂行成績は低下すると予測された。

2) 物体認識における左右大脳半球機能差と空間周波数

物体認識と空間周波数の実験で用いた刺激を利用して、左右大脳半球の関わりを検討した。刺激を左右各視野に瞬間提示することで、各半球に情報を優先的に入力した (半視野瞬間提示法)。優先的に情報を入力された半球がその処理に対して処理優位性を持っていれば、その遂行成績は反対の半球と比較してよくなる。Saneyoshi and Michimata (2009) では定性的課題における左半球優位性、定量的課題における右半球優位性が認められた。この左右差が、空間周波数成分の除去によって消失するかどうかを検討した。もし左右大脳半球機能差が空間周波数処理の段階で生じているのであれば空間周波数除去の操作によって左右差が消失すると予測された。



図1. 実験1、2刺激例

3) 空間関係情報処理における空間的注意の役割について

物体認識における空間的注意と空間周波数情報処理の前段階として、空間関係情報処理課題を用いて注意の働きについて検討を行った。そもそも高空間周波数成分の符号化には広い範囲の受容野 (もしくは注意の範囲) が、低空間周波数成分の符号化には狭い範囲の受容野 (注意の範囲) が必要であることが、粗い符号化仮説によって唱えられている。階層構造刺激 (図2参照) を用いて、注意を大きく広げているときと、小さく狭めているときに、定性的空間関係情報を判断する課題と、定量的空間関係を判断する課題の遂行成績がどのように変化するかを検討した。

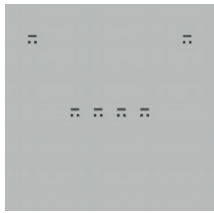


図2. 実験3 刺激例：ドットと線で構成された部品（部分）が、さらに大きく見ると同じようなドットと線の形(全体)を構成している。課題は線が2つのドットの間に乗まっているかどうかの判断であった。

4) 物体認識と物体観察時の眼球運動

Saneyoshi and Michimata (2009)で用いられた刺激を用いて、定性的、定量的課題遂行時の眼球運動の測定を行った。眼球運動測定装置を装着した状態で、定性的、定量的判断課題を行わせ、各課題において物体のどのような特徴を注視するか、またその注視パターンを測定した。注意と眼球運動は必ずしも一致する訳ではないが、多くの場合注視している場所に注意を向けている。各課題においてどのように注意を移動するのかを検討した。

5) 物体認識に関わる神経基盤について

物体認識に関わる神経基盤について機能的MRIで検討を行った。日常物体を刺激として奥行方向の回転を加え、方向の異同判断課題と物体の異同判断課題を行わせ、各課題に対して活性する脳部位を計測した(図3参照)。物体の認識には主に後頭葉から側頭葉下部の関わりが指摘されているが、注意の操作に関わりのある前頭葉や頭頂葉の活性が変化するかどうかを検討した。

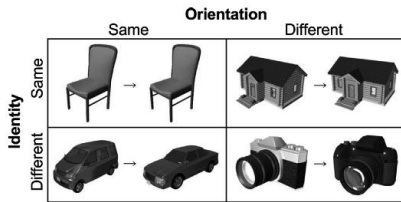


図3. 実験5 刺激例

6) 視覚的記憶に関わる神経基盤の検討

視覚的記憶内で情報を統合する必要のある、

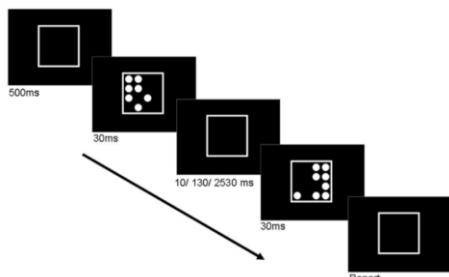


図4. 実験6 刺激提示例

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、継時提示された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を答える課題を行った。画像を提示する時間間隔(SOA)を操作して、刺激の統合に必要なとなる視覚記憶(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。

4. 研究成果

1) 物体認識の特徴情報処理に関わる空間周波数帯域

実験の結果、物体の定性的情報処理課題では高空間周波数情報の、定量的情報処理課題では低空間周波数情報の除去によって課題成績が低下することが示された(図5参照)。

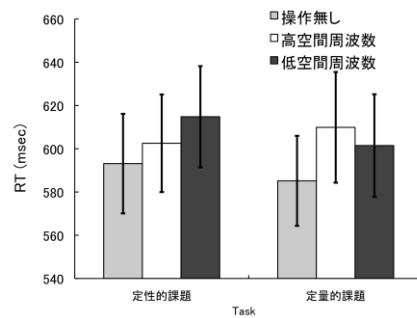


図5. 実験1 結果

この研究については現在投稿準備中である。

2) 物体認識における左右大脳半球機能差と空間周波数

実験の結果、物体構成部品の定性的、定量的空間関係情報処理に対する左右大脳半球機能差のうち、定量的情報処理に対する右半級優位性は低空間周波数の除去により消失することが示された(図6参照)。この結果は、2012年のECVPにおいて発表された。定性的情報処理に対する左半球優位性の、高空間周波数の除去による消失については明確な結果は認められなかった。今後刺激などについて再考、検討して行く予定である。

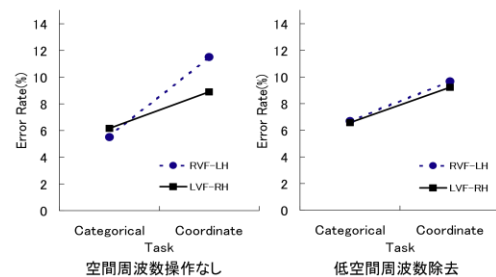


図6. 実験2 結果

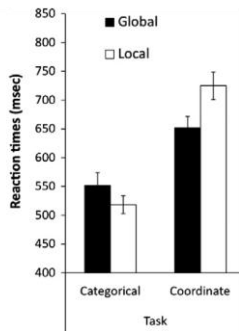


図 7. 実験 3 結果

3) 空間関係情報処理における空間的注意の役割について

実験の結果、空間的注意を広くしている状態(global)では定量的空間関係情報処理課題(metric)の、狭くしている状態(local)では定性的空間関係情報処理課題(categorical)の成績がよかった(図 7 参照)。この結果は、Brain and cognition 誌に掲載された。

4) 物体認識と物体観察時の眼球運動

実験の結果、定性的情報処理課題では、物体の部品結合部分や部品を構成する線分の結合部などの狭い範囲を注視していることが示された。一方、定量的情報処理課題では、物体や部品全体に広く視線を向けていることが示された(図 8 参照)。この結果は、基礎心理学会第 31 回大会で発表された。

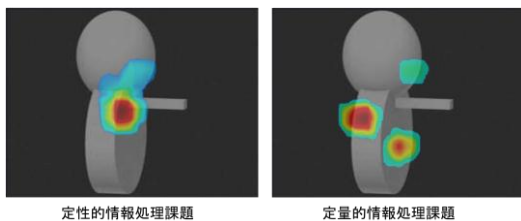


図 8. 実験 4 結果：注視していた場所

5) 物体認識に関わる神経基盤について

実験の結果、物体の方向を判断する課題において、頭頂葉後部、前頭前野の強い活性が認められた。物体の形態、方向を判断する課題では、ともに側頭葉下部の活性が認められたが活性の差は認められなかった。すなわち、物体認識において空間的注意に関わる部位である頭頂葉後部、前頭前野も関わる可能性を示した(図 9 参照)。この結果は Neuroscience Letters 誌に発表された。

6) 視覚的統合に関わる神経基盤について

実験の結果、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

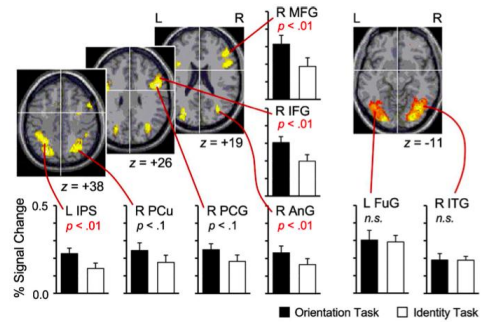


図 9. 実験 5 結果

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(図 10 参照)。この研究は Neuroreport 誌にて発表され、本

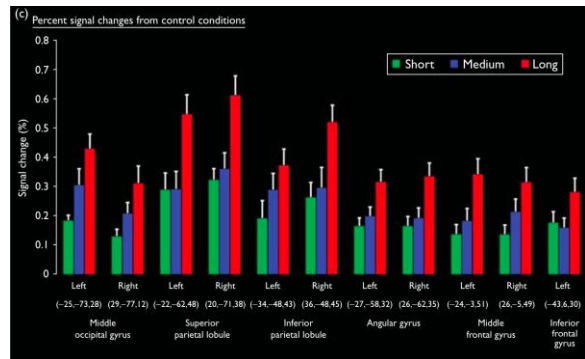


図 10. 実験 6 結果

研究の図が雑誌の表紙に選ばれた。

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., Niimi, R., Suetsugu, T., Kaminaga, T. and Yokosawa, K. (2011) Iconic memory and parietofrontal network: fMRI study using temporal integration. *Neuroreport*, **22**(11), 515-519, 査読有, DOI:10.1097/WNR.0b013e328348aa0c
2. Niimi, R., Saneyoshi, A. Abe, A., T., Kaminaga, T. and Yokosawa, K. (2011) Parietal and frontal object areas underlie perception of object orientation in depth., *Neuroscience Letters*, **496**, 35-39, 査読有, DOI:10.1016/j.neulet.2011.03.081

3. Michimata, C, Saneyoshi, A, Okubo, M. And Laeng, B. (2011) Effects of the global and local attention on the processing of categorical and coordinate spatial relations., *Brain and Cognition*, **77 (2)**, 9-17, 査読有, DOI:10.1016/j.bandc.2011.07.008

〔学会発表〕(計4件)

1. 実吉綾子, 物体の定性的情報と定量的情報の認識に関わる視線運動の検討, 日本基礎心理学会第31回大会, 2012年11月, 九州大学
2. 実吉綾子, エビングハウス錯視に左右の配置が及ぼす影響について, 日本心理学会第76回大会, 2012年9月, 専修大学
3. Saneyoshi, Ayako and Michimata, C, The role of low spatial frequencies in the hemispheric processing for metric properties of objects, European Conference on Visual Perception, 2012年9月, アルゲロ, イタリア
4. 実吉綾子, 物体認識における脳部位間結合の左右大脳半球機能差についての検討, 日本基礎心理学会第30回大会, 2011年12月, 慶應義塾大学

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