

LH-003

物体認識における視点依存性と脳機能の左右差に関する研究

～事象関連電位による検証～

Viewpoint dependency in object recognition correlated with laterality of brain function
-An ERP study-打尾 健太†
Kenta Uchio中内 茂樹†,‡
Shigeki Nakauchi

1. まえがき

外界の3次元物体が網膜に投影された2次元像は、視点の変化に伴い多様に変化するにも関わらず、人は異なる視点から観察したある一つの3次元物体を、同じ物体として認識することができる。こうした我々の能力は object constancy と呼ばれ、そのメカニズムの解明は、視覚情報処理を理解する上で重要な手がかりを与えるものである。なかでも、物体認識能力に見られる視点非依存性 (viewpoint independency) と視点依存性 (viewpoint dependency) という相反する特性を包括的に説明するメカニズムの解明が重要課題として残されていた。

こうしたなかで最近、fMRI による脳活動計測によって、この2つの特性を支えるメカニズムが機能的に独立しており、それぞれ脳半球の左右に局在する可能性が指摘された¹⁾。しかしながら、fMRI の時間解像度の限界によって、これらのメカニズムのダイナミックな特性を同定するには至っていない。

そこで、本研究では時間解像度に優れた事象関連電位 (event-related potential: ERP) に着目し、物体認識メカニズムのダイナミクスを明らかにすることを目的とする。具体的には、視野分割呈示法を用いた3次元物体認識に関する心理物理実験を行い、そのときの ERP を計測することで、脳機能の左右差と視点依存・非依存性の関連を検証するとともに、そのときの脳のダイナミックな特性を解析する。

2. 実験方法

利き手テストによって右手利きと判断された正常な視力を持つ成人男女7名が被験者として本実験に参加した。刺激呈示には瞬間的に画像を呈示することで片側の脳半球のみを刺激することができる視野分割呈示法を用いた。実験刺激は3次元レンダリングソフト Pov-Ray を用い、日常的によく見かける28種類の3次元物体 (familiar object) の景観画像を、2種類の視点について合計56枚作成した。

実験は暗室で行い、ディスプレイまでの視距離は75[cm]、背景輝度は15[cd/m²]、xy色度は(0.33,0.33)とした。被験者は連続的に呈示された2枚の3次元物体画像が、同じ物体であるか否かをなるべく早く正確に判断し、ボタン押しで回答するよう教示され (シーケンシャルマッチング課題)、そのときの反応時間 (RT) が計測された。1枚目の物体画像はディスプレイ中央部に呈示された。2枚目は中心点から7.4[deg]離れた右あるいは左に、また、1枚目の物体と視点と同じ(0°)あるいは違う(60°)ものが呈示され

た。なお、1枚目と2枚目の物体が同じ・違う確率は50%であり、一人当たりの試行回数は112回であった。実験刺激の流れを図1に示す。

ERP測定は導出電極を10-20法に基づいて20ヶ所装着し、生体アンプ(Polymate)により行った。基準電極は両耳朶連結とした。なお、これら電極はエレクトロキャップを用いて被験者に装着した。

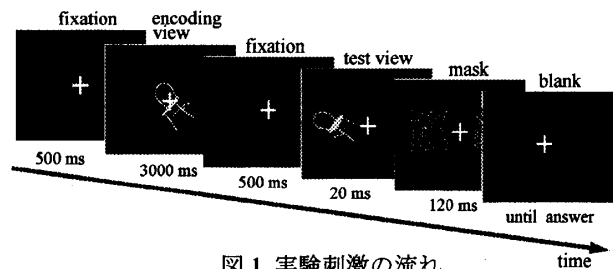


図1. 実験刺激の流れ

3. 実験結果

3.1 反応時間

図2に刺激した脳半球 (左視野呈示の場合は右脳刺激、右視野呈示の場合は左脳刺激) および1枚目と2枚目の景観画像の角度変化の有無に対する反応時間を示す (エラーバーは S.E.: N=7)。2つの要因 (刺激半球, 角度変化) に対し分散分析 (two-way ANOVA) を行った結果、角度変化に対しては主効果が見られ、呈示位置には見られなかった。

ただし、多重比較を行った結果、右脳刺激の場合には角度変化の有無によって反応時間に大きな差は見られなかったのに対し、左脳刺激の場合には1枚目と2枚目の画像の視点が異なると、反応時間が遅くなることがわかった ($p < 0.01$)。なお、課題難易度 (正答率) については、こうした傾向は見られなかった。こうした結果は先行研究²⁾と一致しており、3次元物体を認識するためのメカニズムが左右の脳半球で異なることを示唆している。

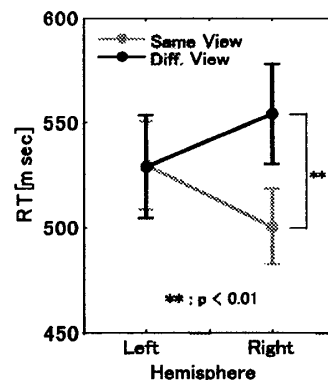


図2. 反応時間

† 豊橋技術科学大学 情報工学系

‡ 豊橋技術科学大学インテリジェントセンシングリサーチセンター

3.2 事象関連電位

図3に中心線上の前頭部(Fz), 中心部(Cz), 頭頂部(Pz)から計測されたERP波形の被験者平均(GMW, N=7)を示す。右脳刺激の場合, 図2に示した角度変化の有無による反応時間の差に対応して, 潜時200-350[ms]にERP波形の振幅に違いが見られ, この差は前頭部に向けて大きくなるのがわかる。一方, 左脳刺激の場合, 反応時間には差が見られなかったが, ERP波形には潜時100-200[ms]において差が見られ(p<0.01), この差は前頭部の方が小さい。

こうした振幅差の頭皮上分布を確認するために, 各部位における角度変化の有無による振幅差(Diff-Same)を図4および図5に示す。右脳刺激の場合に見られた200-350[ms]の差は前頭部を中心に広がっている(図4)。一方, 左脳刺激の場合に見られた100-200[ms]の差は, 150[ms]をピークとして後頭部に見られることが分かる(図5)。

これら結果より, 右脳刺激の場合の前頭部を中心に現れた差は, 角度変化によって生じた景観画像の違いによる課題難易度を反映しており, このことが行動データである反応時間との相関が高かった理由と考えられる。一方, 左脳刺激の場合に見られた比較的早いタイミング(100-200[ms])に後頭部を中心に現れた差は, おそらく文献1が指摘した角度変化による景観の違いを補正する処理を反映しており, これにより, 反応時間に差が現れなかったものと考えられる。こうしたメカニズムが object constancy にとって重要な役割を担っているものと予想される。

4. まとめ

心理物理実験により物体認識能力は脳半球の左右で異なることを確認すると同時に, 実験中に測定したERPから, 左右差と対応する脳活動のダイナミックな特性を観測することができた。

さらに, 認識能力において角度変化の有無により差が見られなかった右視野呈示において, 100-200[ms]付近に脳活動に違いが見られ, 視点非依存性に関わるメカニズムが比較的早いタイミングで駆動されていることが示唆された。

なお, 空間認知能力の男女差については多数報告があり, 今回計測したデータにもその兆候が見られた。今後, 被験者を増やし男女間の物体認識能力の違いを脳波のレベルで検討する予定である。

(参考文献)

- 1) P.Vuilleumier, R.N.Henson, J.Driver and R.J.Dolan. Multiple levels of visual levels of visual object constancy revealed by event-related fMRI of repetition priming. Nature Neuroscience vol.5, no.5, pp.491-499, 2002.
- 2) E.Darcy Burgund and C. J.Marsolek. Viewpoint-invariant and viewpoint-dependent object recognition in dissociable neural subsystems. Psychonomic Bulletin and Review., vol.7(3), pp.480-489, 2000.

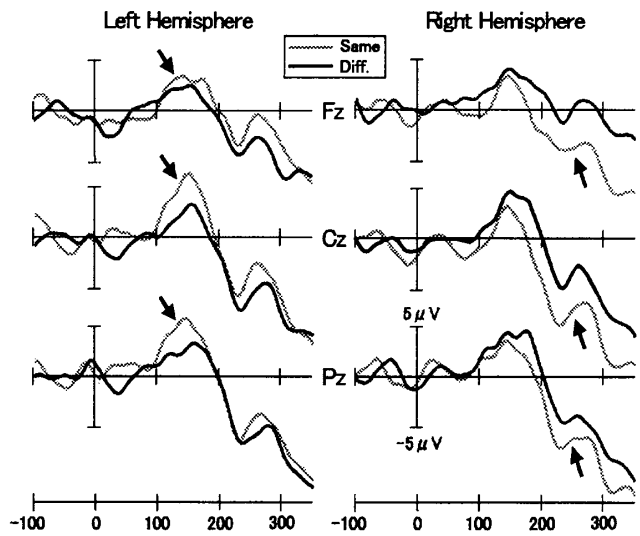


図3. Fz, Cz, PzのGMW

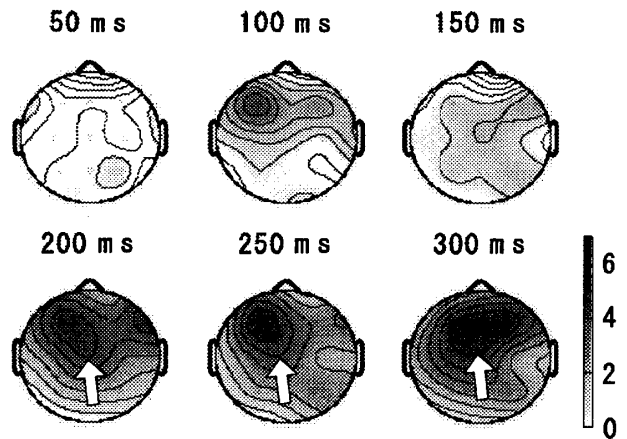


図4.右脳刺激時の頭皮上差分電位

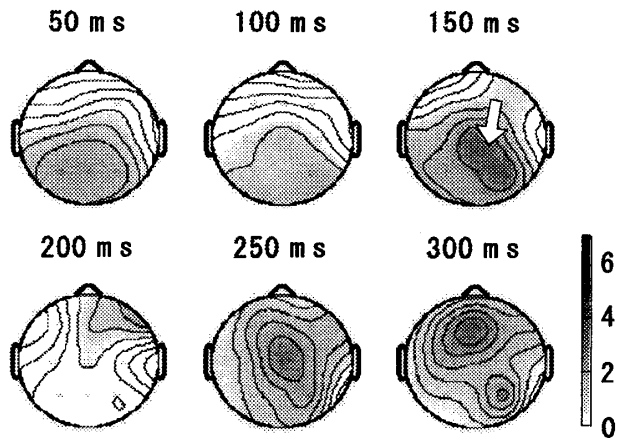


図5.左脳刺激時の頭皮上差分電位