

タイトル	円の直線移動知覚に関する脳内処理部位の等価電流双極子推定による同定
著者	山ノ井，高洋；豊島，恒；山崎，敏正；大西，真一
引用	北海学園大学工学部研究報告，32：175-180
発行日	2005-02-21

円の直線移動知覚に関する脳内処理部位の等価電流双極子推定による同定

山ノ井 高 洋*・豊 島 恒[†]*・山 崎 敏 正**・大 西 真 一*

Localization of brain activity during perception of linear movement of full circle by equivalent current dipole analysis

Takahiro YAMANOI*, Hisashi TOYOSHIMA[†]*, Toshimasa YAMAZAKI**
Shin-ichi OHNISHI*

Abstract

A moving white full circle on a CRT was presented to subjects. Moving patterns were downward, upward, rightward and leftward. A random movement of the disk was presented to subjects in comparison of other movements. These five movements were presented at random to the subjects. Meantime, electroencephalograms were recorded. The data was summed in each movement and the equivalent current dipole localization (ECDL) was done to estimate the source. From the results, the dipoles were localized to the MT at latency from 80ms to 120ms, and after to the intraparietal sulcus, to the precentral gyrus and to the frontal eye field.

1. はじめに

ヒトが物体を見る際に、物体の動きは背側経路を通して処理され、その初期にはMT野および頭頂間溝（Intraparietal Sulcus：IPS）で処理されと言われている。本研究では、CRTに提示された円の直線移動に対する反応がこれらの処理に引き続き、どの部位でおこなわれているかについて検討した。最近の研究では、これらの処理に関係する脳内処理部位として前頭眼野（Frontal Eye Field：FEF）

に焦点が当てられている。我々もこの部位にも反応があるとの仮定の基に解析を行った。さらに、この際には眼球運動もともなうことから、眼球運動の処理をつかさどるといわれる上丘の反応も調べた。

実験は、我々の従来の解析手法と同様に、脳波測定装置を用い、計測された脳波に対し、等価電流双極子推定法（ECDL）を試み解析を行った。提示した刺激は視覚に対する動き情報であることから、事象には関連せず視覚誘発電位（Vision Evoked Potential：

* 北海学園大学工学部電子情報工学科 Department of Electronics and Information Engineering, Hokkai-Gakuen University

† 株式会社情報科学センター Information Science Research Center CO., LTD

** 理化学研究所遺伝子多型研究センター RIKEN SNP Research Center

VEP)である。したがって、解析対象となる潜時はほぼ400ミリ秒までとなる。

2. 視覚情報の経路

視覚情報の経路には背側経路と腹側経路の2つがある。背側経路は、V1 (4B, 4Cα) → V2 → MT → MST (MSTd) → 後頭頂葉皮質の経路で、主として、空間位置、動き、立体視の情報が処理される。腹側経路は、V1 (4A, 4Cβ) → インターブロップ → V4 → 下側頭葉皮質後部 (TEO野) → 下側頭葉皮質前部・後部 (TE野) → 後頭頂葉皮質の経路で、主として、形、色の情報が処理される。本実験で取り扱う情報は背側系で処理されると言われている情報である。

背側経路での処理に関しては頭頂葉以後の経路は明らかではないが、前頭葉運動野を経て前頭眼野に至るものと考えられる。

3. 円の直線移動に関する視覚誘発電位計測実験

本実験は暗室内で測定を行った。背景を黒としたCRT (分解能1,024×768画素) 上に直径50画素 (19mm) の白色の円を提示した。円の移動パターンはCRTの中央を上端から下端へ、左端から右端へ、下端から上端へ、右端から左端への直線移動の4つを準備し、それぞれ50ミリ秒単位で40画素ずつ画面上の位置をずらし、被験者からは一定速度の移動として知覚されるように変化させた。またこれらの移動パターンとの比較用の提示としてCRT上のランダムな位置に円が移動する視覚

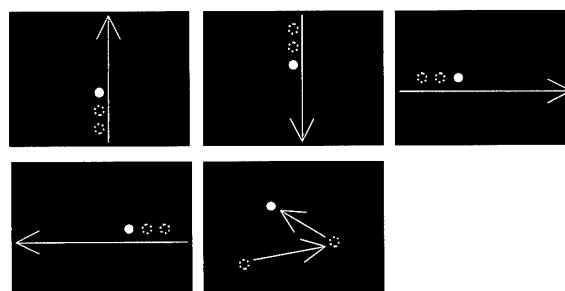


Fig. 1 Patterns of moving circle (Upward, downward, rightward, leftward and random movement). In each pattern except random movement, the circle appears from the edge of CRT.

刺激のパターンを提示した。ランダム移動以外、円は0.8pixel/ミリ秒の一定速度で移動する。各提示の前後に3秒間のマスキング時間を設定した。これらの5つの提示パターンを各30回、合計150回を順不同で被験者に提示した (Fig. 1)。

被験者として22歳の本学工学部電子情報工学科所属の男子学生4名を対象として7回の実験を行った。被験者は脳波測定用の19ch電極キャップを装着し、CRTの中心が被験者の眼と正対するように顔面固定器により位置を固定した。さらに、瞬目を検知するため利き眼の上下まぶたに、また中立の電位計測のため両耳介にも電極を装着し電位を計測した。各動きパターンの最初の円がCRTに提示された時刻から3秒間の脳波を測定した。脳波の測定にはデジタル多用途脳波計 (Synafit EE 2500) を使用した。被験者は電極キャップを装着し、これを介して実験中の脳波が計測される。計測された脳波はA/D変換ボードを介してデータ保存用のPCに出力される。

動円の最初の刺激を提示すると同時にデータ保存用のPCにトリガ信号を出力し、脳波の計測を開始する (Fig. 2)。実験は各パター

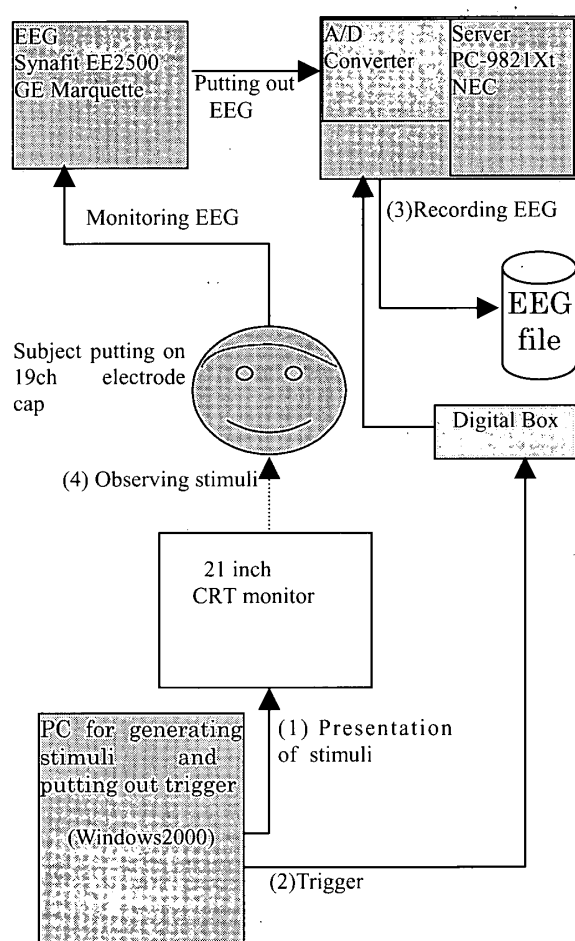


Fig. 2 Experimental apparatus for stimulus representation and EEG measurement

ンを各30回、合計150回の提示を1セットとして行った。

この結果得られた脳波は、市販のソフトウェア(SynaPointPro: 日本GEマルケット)を用いて等価電流双極子推定による解析を行った。

4. 誘発電位データの等価電流双極子解析

実験で得られた脳波には、被験者のまばたきなどの要因によりノイズが生じる。まばたきは筋電位計により記録され、筋電位が生じた際のデータは加算データから除外する。さらに測定時のノイズを軽減するため、計測され

た脳波波形について大きな乱れの存在する計測データを除外し、ランダム移動を含む5パターンごとに加算を行った。直線移動成分を抽出するために、各方向の加算データとランダム移動の加算データとの差分波形を求め、この波形のピーク潜時が直線移動の物体視に主に関わると仮定の基、元のパターンごとに、波形のピークをこの潜時付近での加算平均データ波形上で求め、双極子推定を行った。

脳波測定装置からの入力19chであるため、双極子解析では最大3個の双極子推定が可能である。解析では3個の双極子を仮定し、推定を行った。

5. 円の直線移動に関する脳内部位の推定

計測されたデータは視覚誘発電位であることから、検討する解析結果はほぼ400ミリ秒までの潜時とした。

被験者ごとの結果をまとめると、潜時80～120ミリ秒でMT野にECDが推定された。潜時140～180ミリ秒の間においてはECDがIPSに推定され、潜時210ミリ秒以降で中心前回(Precentral Gyrus: PG)の運動野に、さらに予測どおりFEFでECDが推定された(Table 1)。この傾向は潜時に20～40ミリ秒のばらつきはあるものの、被験者および移動の向きに関わらず観察された(Table 2)。

しかしながら被験者MTと被験者MHとを比較すると、ほぼ同じ潜時でECDが推定されたにも関わらず、推定された位置は左右対側であった(Fig. 3～10)。被験者MTはわれわれの先行研究で言語野が右脳に存在すること

が確認されている。したがって、空間認知はその対側で主として行われていることが予想される。さらに、眼球運動をとまなうことから、上丘での反応も確認したところ、この部位での反応も確認された。(Fig. 11)

Table 1 Relationship between localized source and its latency [ms] (Subject : MT)

Movement Direction	MT	IPS	PG	FEF
Downward	119	179	238	232
Rightward	102	168	229	249
Upward	81	147	226	235
Leftward	88	164	214	230

Table 2 Relationship between localized source and its latency [ms] (Subject : MH)

Movement Direction	MT	IPS	PG	FEF
Downward	117	157	244	214
Rightward	97	143	229	233
Upward	85	176	225	261
Leftward	114	178	243	210

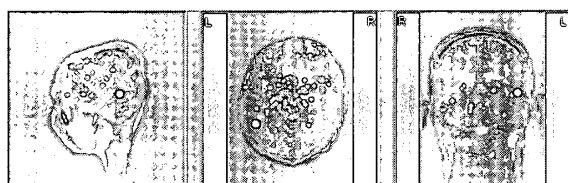


Fig. 3 Example of ECD localized to the left MT at 119ms (Subject : MT) : Downward

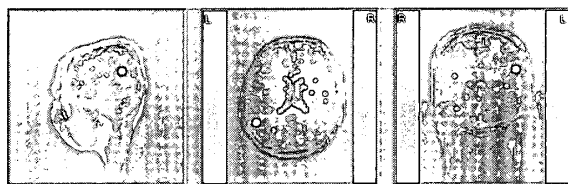


Fig. 4 Example of ECD localized to the left IPS at 179ms (Subject : MT) : Downward

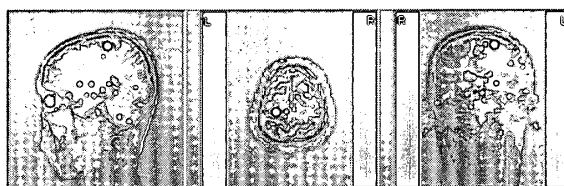


Fig. 5 Example of ECD localized to the left PG at 238ms (Subject : MT) : Downward

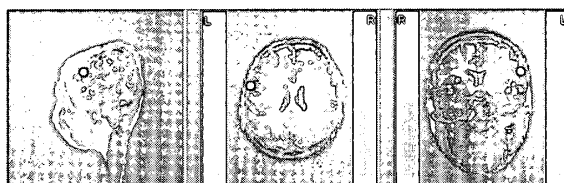


Fig. 6 Example of ECD localized to the left FEF at 232ms (Subject : MT) : Downward

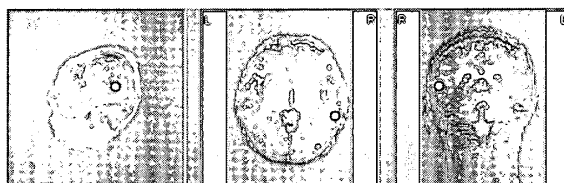


Fig. 7 Example of ECD localized to the right MT at 117ms (Subject : MH) : Downward

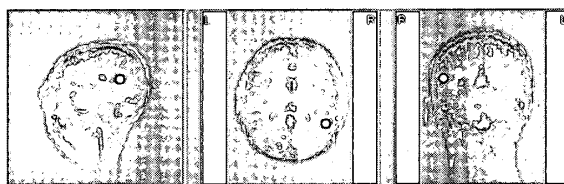


Fig. 8 Example of ECD localized to the right IPS at 157ms (Subject : MH) : Downward

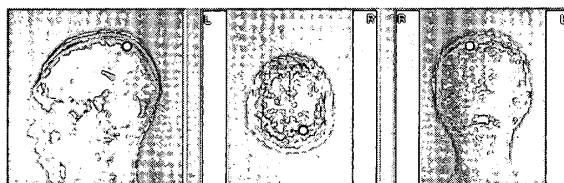


Fig. 9 Example of ECD localized to the right PG at 244ms (Subject : MH) : Downward

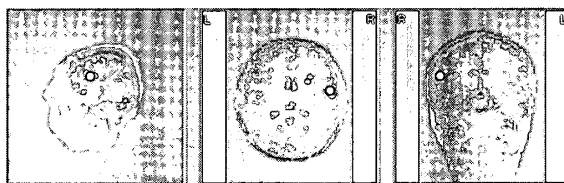


Fig. 10 Example of ECD localized to the right FEF at 214ms (Subject : MH) : Downward

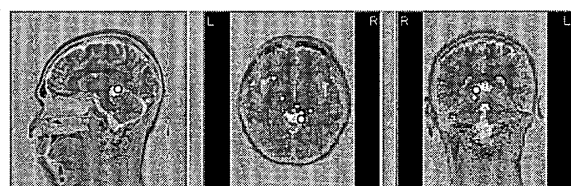


Fig. 11 Example of ECD localized to the SC at 148 ms (Subject : MH) :Downward

6. 誘発電位の波形の向きに関する検討

方向パターンごとに加算後の各被験者の脳波計測データに関して共通しての傾向が見られた。上下方向の移動パターン、左右方向の移動パターンそれぞれで脳波のポテンシャルの正負が逆転していることである。下向き移動と上向き移動間、右向き移動と左向き移動間で時間軸に関して対称波形となっている (Fig. 12)。このことから、推定された双極子の向きが、対称となることが推測される。

これを確認するため推定された双極子を詳細に検討したところ、いくつかの例が見つかった (Fig. 13)。直線方向成分の視覚情報はV1のコラム細胞で処理されるといわれているが、運動視に関する方向の処理は、脳内で双極子の方向として処理されている可能性を示唆している。

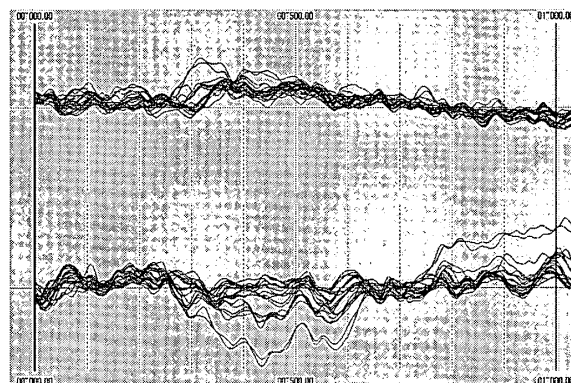


Fig. 12 Comparison between EEGs on Rightward and Leftward movements (Subject MT)

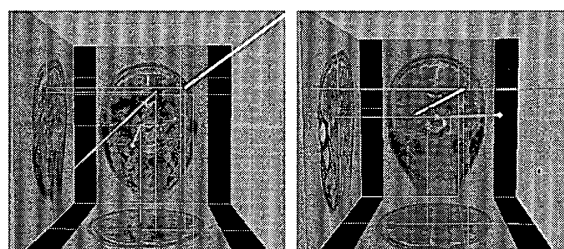


Fig. 13 Comparison of direction of ECDs between Rightward and Leftward movements (Subject MT)

7. まとめ

推定されたECDより、本実験の刺激はMT野、IPSの後に中心前回の運動野とされている付近で運動のイメージが処理された後、前頭眼野にいたる背側系の情報処理経路が確認された。眼球運動に関するとみられる上丘での反応も推定された。さらに、視覚刺激移動の向きの判断を双極子の向きとして捕らえている可能性も明らかとなった。今後、さらに被験者を増やし検討を行ってゆきたい。

なお本研究は北海学園大学におけるハイテク・リサーチ・センター研究プロジェクト「視覚・画像・音声・言語情報の高度化と知的計測制御技術への応用」の一環として行われた。

参考文献

- [1] 山ノ井高洋, 豊島恒, 山崎敏正, 大西真一: 円の直線移動視覚刺激に関する脳内処理部位の等価電流双極子による推定, 第19回生体・生理工学シンポジウム, 第19回生体・生理工学シンポジウム論文集pp. 171-272, 2004
- [2] 山ノ井高洋, 豊島恒, 山崎敏正: 円移動の視覚刺激処理に関する脳内部位の推定, 第56回形の科学界シンポジウム, 形の科学会誌第18巻第2号, pp. 163-164, 2003
- [3] Takahiro Yamanoi, Masaaki Saito, Michio

Sugeno and Elie Sanchez : Difference in Areas of the Brain for Fuzzy and Crisp Calculation, Journal of Advanced Compu-tational Intelligence Vol. 6 No. 1 , pp.51-55, 2002

- [4] Marjorie A.M. Hollants-Gilhuijs, Jan C. De Munck, Zuzana Kubova, Eric van Royen and Henk Spekreijse : “The development of hemispheric asymmetry in human motion VEPs”. Vision Research 40 (2000) 1 -11
- [5] Takashi Sato, Jeffrey D. Schall : “Pre-excitatory pause in frontal eye field responses”. Exp Brain Res (2001) 139 : 53-58