

読書が可能な人工視覚システム（脈絡膜上 経網膜電気刺激（STS）法）の実用化  
（分担研究課題）

研究分担者 北澤 茂

大阪大学大学院生命機能研究科・脳神経工学講座 /医学系研究科・脳生理学 教授

研究要旨：昨年度までに、目標と手先の位置の情報のほかに、背景情報が到達運動の学習に利用されていることを明らかにした。本年度は、非侵襲脳活動計測法を用いて背景に対して目標位置を表現する「背景座標系」が脳のどこにあるかを調べ、頭頂葉 前頭葉 側頭葉を含む神経ネットワークを特定することに成功した。この成果は人工視覚を使った到達運動のリハビリテーションに応用可能である。

A．研究目的

人工視覚の重要な用途の一つは、対象を視認して手を伸ばして取ることである。この一見簡単な到達運動課題も、実は手と対象の間の誤差の情報に基づいて毎回修正を受けている(Kitazawa ら, *Nature* 1998)。昨年度までの研究で、我々は、到達運動の修正には、目標と手先の位置だけでなく背景の情報も有効に利用されていることを明らかにした(Uchimura ら, *J Neurosci*, 2013)。この結果は、脳の中には背景を基準として目標位置を表現する「背景座標系」が存在することを強く示唆する。しかし、「背景座標系」が脳のどこに存在するののかについてはまだ何も知見がない。そこで本年度は、「背景座標系」の神経基盤を解明することを目的として、機能的磁気共鳴画像法（fMRI法）を用いた研究を行った。

B．研究方法

対象：45名の健常自発参加者を対象として研究を行った。参加者には規定の謝金を支払った。  
課題：1)被験者はMRIスキャナーの中に仰臥して、ミラーに映る画像中の十字を固視する(図1a)。2) 2-8秒の後、枠が右または左に提示される。3) その2秒後にターゲットが左・中・右の3箇所のいずれかに提示される。4) 被験者はターゲットが赤丸かリンゴかを弁別して、リンゴであれば手元のボタンを押す。**目標の位置を背景座標系で表現する脳の領域では、背景の枠に関して同じ場所に目標が提示されると、順応によって徐々に反応が低下すると予想される。一方、目や頭に固定された座標系を表現する脳の領域では、画面上の同じ位置に目標が提示されると順応を起こすと予想される。**得られたMRIデータ時系列をStatistical Parametric Mappingソフトウェアを用いて解析して、各条件で順応する脳の領域を描出した。(倫理面への配慮)

大阪大学大学院生命機能研究科に設置された外部委員を含む生命機能研究科倫理委員会において、研究内容の安全性・必要性に関して、審査・承認を受けて行った。各参加者には事前に研究の内容を説明し、書面で同意（インフォームドコンセント）を得てから実験を行った。

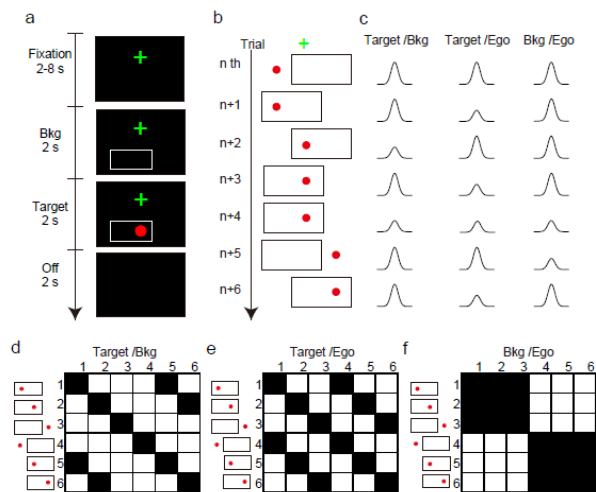


図1 実験のデザイン。被験者はMRIスキャナーの中で画面の十字を固視する。枠が出た後に提示されるターゲットが、単なる丸かリンゴかを弁別する課題を行っている際の脳活動を計測した(a)。枠は左右2箇所、ターゲットは左・中・右の3箇所のいずれかに提示されるので、刺激パターンは6通りある(b)。枠に対して同じ位置にターゲットが提示されたときに、順応して脳活動が低下する領域を探した。

C．研究結果

背景に関して同じ位置にターゲットを提示した場合には、図2の暖色で示す領域に有意な順応が生じた。一方、目や頭に固定した自己中心座標系

ではターゲットに関する有意な順応は生じなかった。背景が自己中心座標系に関して同じ場所に提示された場合は、寒色の領域に有意な順応が観察された。(Uchimuraら、*Nature Neuroscience* 投稿中)

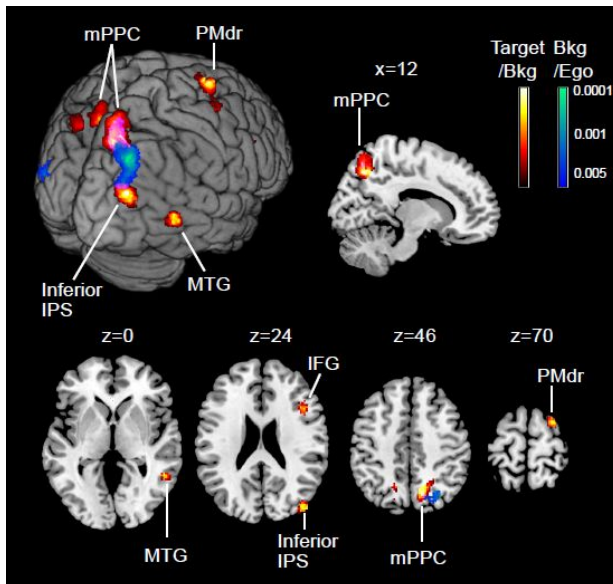


図2 背景座標系の神経基盤。mPPC: 後部頭頂葉内側領域, Inferior IPS: 下部頭頂間溝, PMdr: 背側運動前野吻側領域, MTG: 中側頭回。

#### D. 考察

頭頂葉 前頭葉には網膜座標系で対象を表現する領域があることが知られている (Szczepanskiら、PNAS, 2013)。本研究で順応した脳領域は、網膜座標系の脳領域とは明瞭に異なっていた。従って、本研究の結果は、1) 脳の中に背景座標系を表現する前頭葉(PMdr) 頭頂葉(mPPC, inferior IPS)

側頭葉(MTG)を結ぶ神経ネットワークが存在すること、2) そのネットワークは自己中心座標系のネットワークとは明確に異なること、を示している。

目は頭部に対して1秒間に3回程度動くので目標の網膜像は揺れ動く。背景に関して目標を位置づけることは、網膜像の揺れの影響を排除して視覚世界を安定化することにも寄与しているものと予想される。

人工視覚においてもカメラの情報から手の位置と目標の位置を抽出するだけでなく、机の輪郭等の単純な背景情報を抽出して提示することが、到達運動の誤差修正に寄与するだろう。

また、到達運動の技能を獲得するためのリハビリテーション環境では、環境に合わせて事前に準

備した背景の線画情報を提示することが可能である。明瞭な背景情報を提示することで、到達運動のリハビリテーションを支援することができるだろう。

#### E. 結論

我々の脳は、目標の位置を自己中心座標だけでなく、背景座標系でも表現していることが明らかになった。この成果は人工視覚を使った到達運動のリハビリテーションに応用可能である。

#### F. 健康危険情報

該当する危険なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

Uchimura M & Kitazawa S. Cancelling prism adaptation by a shift of background: a novel utility of allocentric coordinates for extracting motor errors. *The Journal of Neuroscience* 33:7595-7602, 2013.

##### 2. 学会発表

- 1) 北澤茂 .眼を動かしても世界が動かない理由 . The 70-th BioMecForum 21 招待講演, 大阪大学 シグマホール, 大阪, 2013 年 10 月 5 日
- 2) 北澤茂 .目を動かしても世界が動かないのはなぜか . 第 31 回耳鼻咽喉科ニューロサイエンス研究会特別講演, ホテルグランヴィア大阪, 大阪, 2013 年 8 月 24 日
- 3) 北澤茂 .こころの時間・こころの空間 . 国際高等研究所・研究プロジェクト「心の起源」「心の先端研究の新たな地平」, 国際高等研究所, 京都, 2013 年 7 月 7 日
- 4) Inoue M, Uchimura M, & Kitazawa S. Increase of end-point errors in reaching induced by microstimulation to the primary motor and premotor cortices. 38<sup>th</sup> Annual meeting of the Society for Neuroscience, 471.22. November 11, 2013, San Diego, USA.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

特記事項なし。