

平成 21 年 6 月 22 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18500319

研究課題名（和文） 視運動性刺激の脳内情報処理メカニズムの解明

研究課題名（英文） An Analysis of the visual motion processing in the primate brain.

研究代表者

小高 泰（KODAKA YASUSHI）

独立行政法人産業技術総合研究所・脳神経情報研究部門・主任研究員

研究者番号：10205411

研究成果の概要：

放射状の視覚運動パターンによって誘発される眼球運動を詳細に解析することにより、ヒトで商事が現象が、人と同じ霊長類の動物においても観察されることを確かめた。今後、これら動物モデルを生理学的に解析することで、人における脳内の仕組みの理解につながる。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,100,000	0	1,100,000
2007 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	510,000	3,310,000

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：ヒト、RFVR、一次運動知覚、二次運動知覚、霊長類、輻輳開散運動

1. 研究開始当初の背景

視運動知覚が、視覚入力の情報の中でどのような情報を用いて行われているかについては、主に2つの説が唱えられており、結論が出ない状況であった。

応募者達は、2003年頃より、第一主成分を欠いた矩形波図形(MF: Missing Fundamental patter)を用いて解析を行い、追従眼球運動では、その図の形の要素を見ているのではなく、その背後に、存在するフーリエベクトルパワーの動く方向と、誘発された追従眼球運動が一致する事を見出した。

広視野全体が動く刺激に対する反応は、追従眼球運動が、広く知られているが、散大・凝集視運動刺激に対する反応(Radial Flow vergence:RFV)は、散大で輻輳眼球運動が、凝集では開散眼球運動が誘発される事が報告されている(Busetini,1997)。

2. 研究の目的

散大・凝集視運動刺激が短潜時で誘発する眼球運動の解発に関する脳内機序を神経生理学的手法によって明らかにする。広視野全体

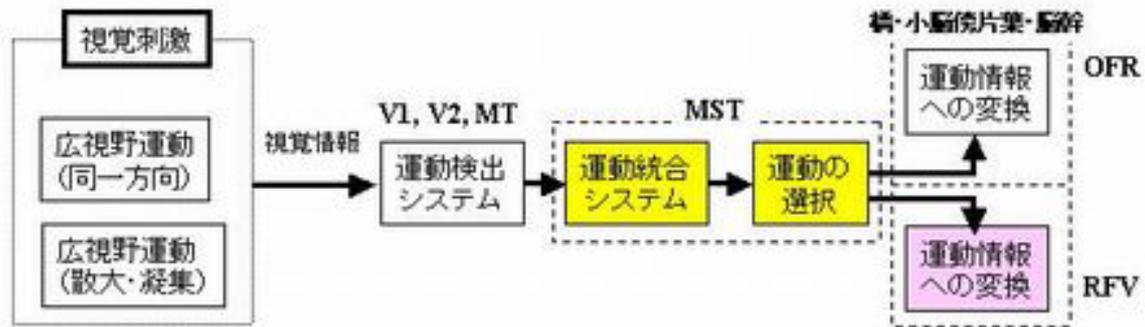


図1. 広視野運動視覚入力から、OFR,RFVが生じる際の情報処理の手続きを示す。

が“一定方向に動く時、動きの方向に向かって短潜時で誘発される眼球運動(追従眼球運動、Ocular following response:OFR)”とは異なり、散大・凝集視運動刺激に対する反応(Radial Flow vergence:RFV)は、散大で輻輳眼球運動が、凝集では開散眼球運動を誘発する(Busetini,1997)。RFV時、眼の動きの方向は、網膜外側半球では、網膜上に投影される運動方向に対して、逆向きとなり、単に網膜情報を運動情報に変換するという手続きでは、眼球運動が生成できない点がOFRと異なっている。

本研究では、OFRとRFVの共通点から、図1のような作業仮説を考え、1)脳内でどのようにして視運動情報が統合されているのか、2)統合された運動情報からOFR、RFVの運動指令が作られるのか(黄色部分)の2点について、神経生理学的手法を用いて明らかにしてゆく。

3. 研究の方法

追従眼球運動と開散・輻輳眼球運動に関して、これまでの知見より、図1の様な作業仮説を立て、まず、行動学的な研究方法を用いて、その可能性を評価する事とした。

網膜に投影された視覚刺激は、初期視覚処理系によって運動情報が抽出され、それが、統合され、視野全体の運動情報となると考た。

(1) 行動学的研究

ヒトのモデルとして、ヒトと同じ霊長類であるマカクサルを用いて、行動学的な研究を行った。

研究は、次のような手順で行われた。

動物の訓練

サルをサル用のチェアに座らせ、ヒトの実験と同じ状況で、行動実験が行えるようになるまで、実験室への慣らし訓練を行った。

訓練終了後、詳細な眼位データを取得するため、頭部固定装置と眼球用強膜コイルの埋め込み手術を行った。

手術後、2~4週の十分な回復期間の後、注視訓練を行い、注視点の周囲

1度以内に視線を静止させられるまで、再訓練を行った。

最適刺激条件の確認

注視訓練終了後、刺激の空間周波数および、コントラスト、フレームレートを変化させ、最大の眼球運動が誘発される条件(最適刺激条件)を探した。

本実験

予備実験で得られた最適刺激近辺の条件を用いて、サルにおいてRFVRの特性の行動実験を行った。

(2) 神経生理学的研究

(1)の実験で用いた視覚刺激提示中の神経活動の記録解析を行う。

本研究は、実験動物の飼育、取り扱い、使用に関して「独立行政法人・産業技術総合研究所・動物実験委員会」の審査・承認を受ける。実施に当たっては、「独立行政法人・産業技術総合研究所・実験動物取り扱いの指針」に従い、安全を確保する。実験者は、所定の技能、経験等を有している事を確認し、関係各法令を遵守して進められた。

4. 研究成果

ヒトと同じ霊長類であるマカクサルから、ヒトとほぼ同じ特性のRFVRを観察することが出来た。

開散・収縮視運動刺激に対し、サルにおいても、輻輳・開散輻輳眼球運動が生じた。生じた眼球運動の方向は、開散視覚刺激に対して輻輳眼球運動が、収縮視覚刺激に対して開散眼球運動が生じ、ヒトでの実験結果と同じ方向であった。

また、サイン波に対する反応の方向と、MF刺激に対する反応の方向、3f刺激に対する反応の方向は、ヒトで見られた現象と完全に一致していた。

最適刺激周波数の値は、コントラストにより、多少変化するが、概ね3~7度/周期という値であり、ヒトのケースとほぼ同じ範囲に入っていた。

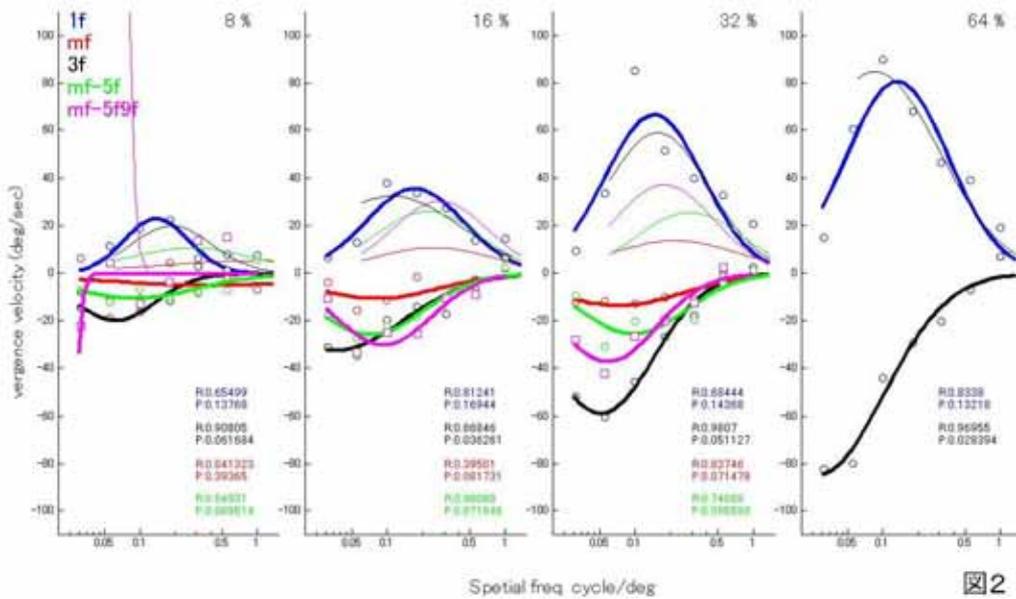


図2

コントラスト依存性に関しては、ヒトよりも視覚刺激のコントラスト感が低い傾向があった。ヒトでは、0.5%あたりが閾値だが、サルの場合は、1%から反応が見られ、場合によっては5%程度のコントラストを必要とする場合もあった。

反応の大きさは、すべての空間周波数、コントラストにおいて、基本周波数 SIN 波刺激によって誘発されたものが最大であった。次に、3f (三倍高調波) MF 刺激と続いた。

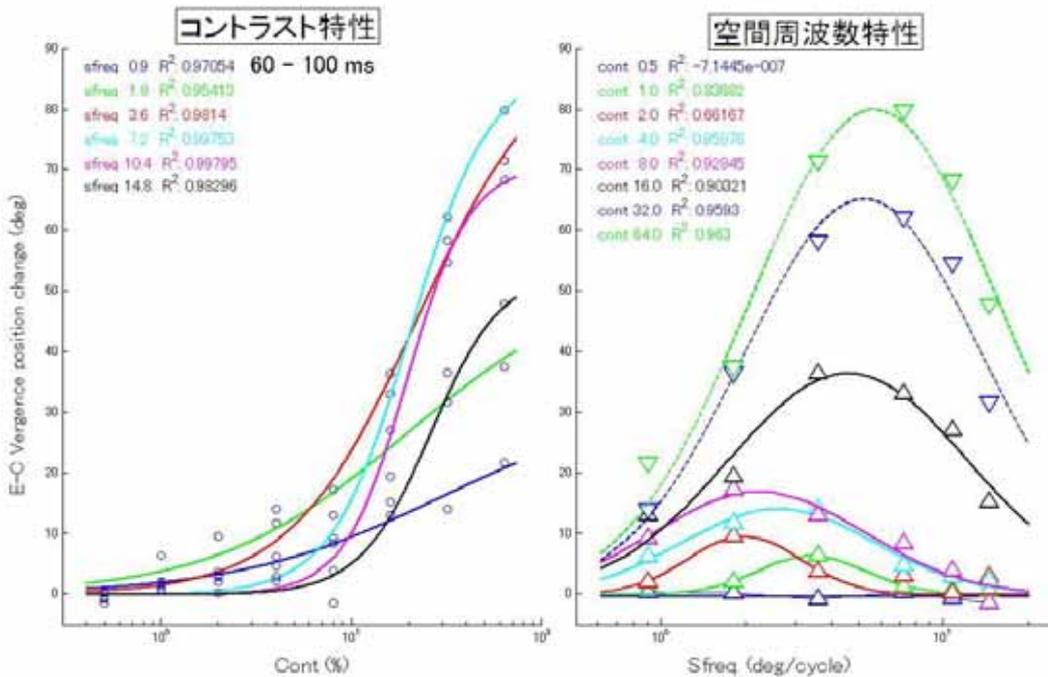
〔結果のまとめ〕

ヒトと同じ霊長類である、マカクサルにおける行動実験より、次のことが明らかとな

た。

ヒトとサルとでは、基本的な視覚刺激に対する眼球運動 (視運動刺激により誘発された眼球運動) は、同じ方向に向かうものであり、差異は認められなかった。視運動刺激に対する眼球運動の大きさは、0FR においては、ヒトとサルはほとんど同じであるか、あるいは、サルの場合のほうが、大きい場合もあった。一方、RFVR に関しては、サルにおいては、1/3 ~ 1/4 程度の大きさの反応しか得られなかった。

空間周波数特性、コントラスト特性、刺



激間 (Inter stimulus Interval) 特性
共に、ヒトの場合と非常に似た結果を得
ることが出来た。

これらのことから、マカクサルは、ヒトの視
運動反応と同じような脳内処理が行われて
いる事が強く示されたと結論付けられる。

上結果より、ヒトと同じ霊長類であるマカ
クサルを用いた研究は RFVR の情報処理のモ
デルとして有用であることが確かめられた。

今後、情報が統合される部位である、MT、
MST にてどのように情報がコードされている
かを調べることで、当初の目的とした、視覚
刺激に対する眼球運動反射への情報処理の
仕組みが解明されると思われる。

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1件)

Kodaka, Y., Sheliga, B. M., Fitzgibbon, E. J.,
Miles, F. A.

The vergence eye movements induced by
radial optic flow: Some fundamental
properties of the underlying local-motion
detectors, Vision Res, Vol.47(20), 2637 -
2660, 2007, 査読あり

[学会発表](計1件)

Kodaka, Y. Initial Radial-flow vergence
response promoted 1st order motion, 2007,
日本生理学会大会 査読あり

[その他]

[招待口演](計1件)

小高泰、視覚運動・眼球運動変換過程、京都
大学霊長類研究所 2008 共同利用研究会、(愛
知県犬山市)、2008 年

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小高 泰 (KODAKA YASUSHI)
独立行政法人 産業技術総合研究所
脳神経情報研究部門・主任研究員
研究者番号: 10205411

(3) 連携研究者

フレデリック アルバート マイルズ
(Frederick A Miles)
Senior Investigator

Oculomotor Control Section Chief
National Eye Institute,
National Institutes of Health.