

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23500391

研究課題名(和文)後頂連合野における刺激顕在性地図の形成過程

研究課題名(英文)Neural mechanisms underlying the formation of visual saliency in the macaque posteriot parietal cortex

研究代表者

小川 正(Ogawa, Tadashi)

京都大学・医学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50311197

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、視覚探索課題を複数の刺激条件下でサルに遂行させ、頭頂間溝外側壁領域(LIP野)からニューロン活動を記録した。刺激条件は大きく異なるが、平均サッカード潜時が同一になる2種類の刺激条件に、特に、着目し解析した。その結果、ニューロン活動によって目標刺激が判別される時刻は2種類の刺激条件間で異なることを見出した(目標識別からサッカード開始までの期間は一定ではなく、刺激輝度に依存して変化した)。この結果は、目標選択と運動準備/起動が独立した2つのプロセスの逐次的推移とするモデルでは説明できず、2つのプロセスが連続的に推移していることを示唆する。

研究成果の概要(英文)：The neuronal processes that underlie visual searches can be divided into two stages: target discrimination and saccade preparation/generation. This predicts that the length of time of the pre-discrimination stage varies according to the search difficulty across different stimulus conditions, whereas the length of the latter post-discrimination stage is stimulus-invariant. To address this hypothesis, we recorded single-neuron activity in the lateral intraparietal area (LIP) when monkeys performed a visual search task using different stimulus conditions. The results revealed that post-discrimination intervals varied across stimulus conditions. Further analysis revealed that the post-discrimination interval may vary with stimulus luminance. A computer simulation using an accumulation-to-threshold model suggested that the luminance-related difference in visual response strength at the discrimination time could be the cause of the different post-discrimination intervals.

研究分野：神経生理学

キーワード：注意 眼球運動 視覚探索 サル サッカード visual saliency

1. 研究開始当初の背景

我々は、日常生活において、多数の物体が存在する視覚環境から目標物体をサッカード眼球運動によって探索している。目標物がそれ以外の妨害物と識別が容易な状況では刺激呈示からサッカード開始までの潜時が短くなり、逆に困難な状況では潜時が長くなることが知られている。

従来の知見から、サッカード潜時は「刺激特徴を利用して複数刺激の中から目標となる刺激を選択するための期間 (pre-discrimination interval)」と「選択した目標に対してサッカード眼球運動を起動するための期間 (post-discrimination interval)」に分割でき、前者の過程は非空間性情報に、後者の過程は空間位置情報にもとづいた神経処理から構成されると考えられる。これまでの神経生理学的知見から、このような非空間性情報から空間位置情報への変換は、上丘、前頭眼野、頭頂間溝外側壁領域などの視覚運動野で生じていると考えられてきた。

もし上記の仮説が正しければ、上丘、前頭眼野、頭頂間溝外側壁領域などの神経活動において、目標を識別するまでの前半の期間は探索難易度に応じて変化するが、目標を識別してから運動が生じるまでの後半の期間は探索難易度に依らずに一定の長さになると予想される。しかしながら、このことを神経生理学的実験によって厳密に検証した先行研究はない。

2. 研究の目的

視覚探索において、刺激が呈示されてから眼球運動が生じるまでの期間が、2つの独立した神経過程(目標を選択するための過程、

及び目標位置に向かう眼球運動を準備・起動するための過程)から構成されているか否かを検証することを本研究の目的とする。

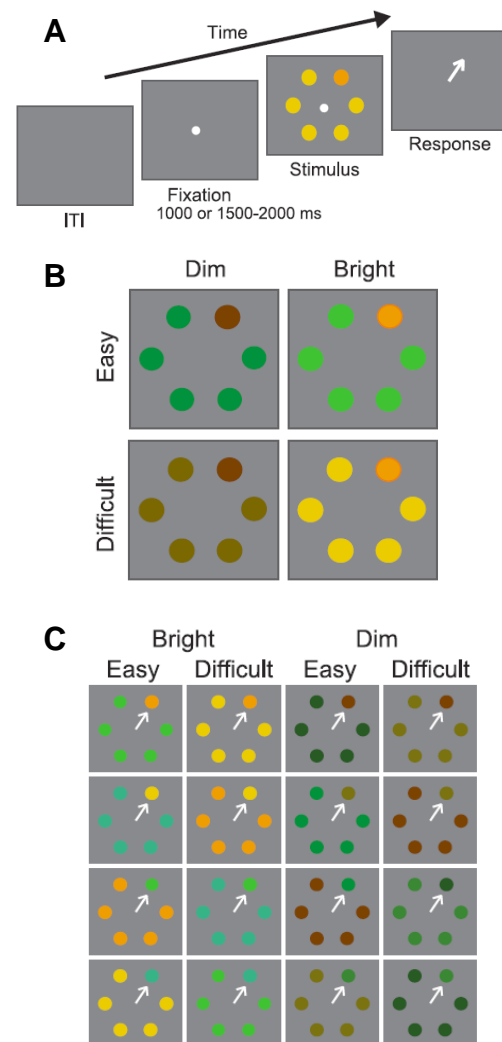


Figure 1. Visual stimuli and behavioral tasks.

この目的を達成するため、刺激条件は大きく異なるが、刺激呈示からサッカード眼球運動が生じるまでの期間(サッカード潜時)が同一となるような2つの刺激条件を準備する。もし上記の仮説が正しければ、サッカード潜時が同じであるときは、刺激条件に依らずに、目標選択に要する時間と目標選択から眼球運動が生じるまでの時間は2つの刺激条件で同じになると予想される。

3. 研究方法

実験では、色の異なる刺激を目標とする視覚探索課題を複数の刺激条件下でサルに遂行させ、頭頂間溝外側壁領域 (the lateral intraparietal area: LIP) からニューロン活動を記録した。呈示する視覚刺激の輝度 (Bright vs. Dim) と目標/妨害刺激の色コントラスト (Easy vs. Difficult) を操作することによって 4 種類の刺激条件を用意し、その上で、Bright-Difficult 条件と Dim-Easy 条件における平均サッカド潜時が同じになるように刺激パラメータを調整した。

4. 研究成果

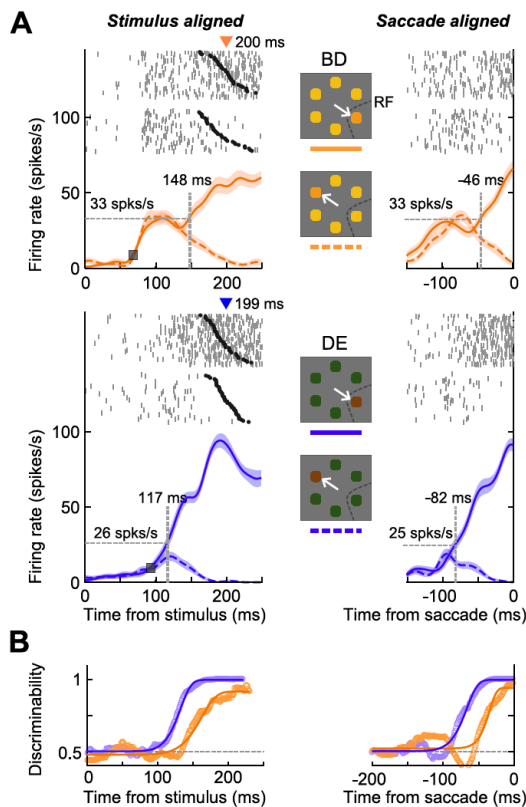


Figure 2. Activity of an example LIP cell.

実験の結果、サッカドの平均潜時が Bright-Difficult と Dim-Easy の 2 条件で同じであっても、post-discrimination interval の長さは 2 条件間で異なること、及び、その長さ

は刺激輝度に応じて変化することが見出された。これらの結果は、目標刺激が選択されサッカド眼球運動のゴール位置が確定された後であっても、視覚刺激の基本的な刺激特徴 (輝度) が神経処理過程にも影響を及ぼし、目標選択時刻からサッカド開始時刻までの期間が変動することを意味する。換言すると、サッカド潜時の期間が従来考えられていたような 2 つの独立したプロセス [目標選択 (刺激特徴にもとづく非空間性処理) とサッカド眼球運動 (目標位置にもとづく空間性処理)] の継時的処理では説明できないことを意味する。

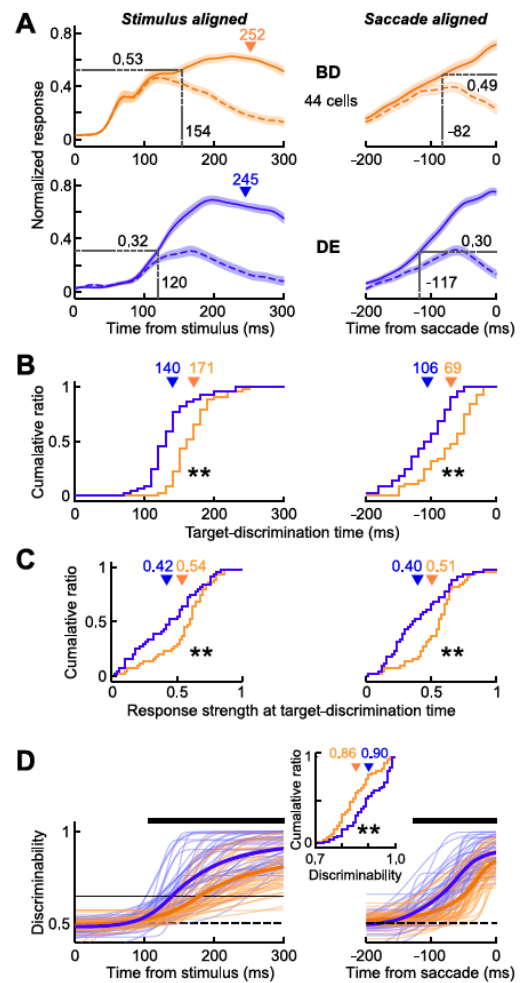


Figure 3. Population average responses of LIP neurons.

なぜ刺激特徴 (輝度) の信号が、目標刺激

位置が識別された後の神経処理であっても影響を及ぼすのかを説明するため、サッカード潜時分布をよく再現するモデルとして利用される accumulation-to-threshold model を導入してコンピュータシミュレーションを行った。

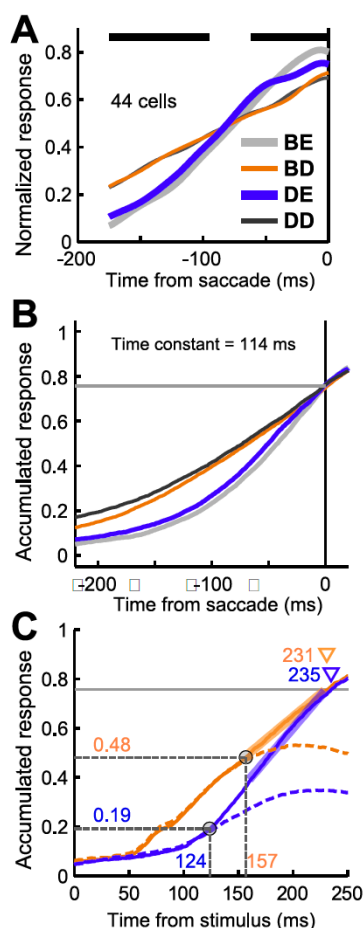


Figure 4. Applicability of a leaky-integrator model.

その結果、刺激輝度の変化は accumulation-to-threshold model における積分信号 (accumulated signal) の強度変化を引き起こし、その結果、積分信号が閾値に到達する時間が刺激輝度に依存して変化することが示された。このモデルにもとづく、目標選択 (刺激特徴にもとづく非空間性処理) からサッカード眼球運動 (目標位置にもとづく空間性処理) への変換は、独立した 2 つの

プロセスが逐次的に生起するのではなく、連続的に状態変化することによって生じていることを示唆する。

本研究の結果は、知覚判断にもとづいた行動を行う場合、知覚判断が生じたと推定される時刻から実際の運動が開始されるまでの期間が一定ではなく、刺激の特徴 (輝度) に依存して変化していることを示した。このことは、知覚判断のプロセスと、運動を行うためのプロセスが独立した処理過程ではないことを示唆している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 5 件)
Tanaka T, Nishida S, Aso T, Ogawa T*. Visual response of neurons in the lateral intraparietal area and saccadic reaction time during a visual detection task. *Eur J Neurosci*. 37: 942-956, 2013.

Nishida S, Tanaka T, Ogawa T*. Separate evaluation of target facilitation and distractor suppression in the activity of macaque lateral intraparietal neurons during visual search. *J Neurophysiol*. 110: 2773-2791, 2013.

Nishida S, Tanaka T, Shibata T, Ikeda K, Aso T, Ogawa T*. Discharge-rate persistence of baseline activity during fixation reflects maintenance of memory-period activity in the macaque posterior parietal cortex, *Cerebral Cortex*, 24: 1671-1685, 2014.

Nishida S*, Tanaka T, Ogawa T, Transition of target-location signaling in activity of macaque lateral intraparietal neurons during delayed-response visual search, *J Neurophysiol.*, 112: 1516-1527, 2014.

Tanaka T, Nishida S, Ogawa T*, Different target discrimination times can be followed by the same saccade initiation timing in different stimulus conditions during visual searches. *J Neurophysiol.*, in press, DOI: 10.1152/jn.00043.2015.

〔その他〕
ホームページ等
<http://researchmap.jp/tadashiogawa/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小川 正 (OGAWA TADASHI)

京都大学・大学院医学研究科・准教授

研究者番号：50311197