

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K13506

研究課題名（和文）ヒト視覚警報野の発見と機能・構造の解明

研究課題名（英文）Localization and functional properties of human visual alarm area

研究代表者

山本 洋紀（HIROKI, YAMAMOTO）

京都大学・人間・環境学研究所・助教

研究者番号：10332727

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：サルには鳥距溝と海馬体の間にprostriataと呼ばれる謎の小脳領域がある。本研究はヒトのprostriataの位置と機能特性を脳機能イメージングと心理実験により解明した。fMRI実験により、ヒトのprostriataは帯状回峡に位置し、注意を視野中心に向けている際に、最周辺部に運動刺激が提示される際に活動が高まった。その機能結合を分析すると、大脳深部（海馬、扁桃体）との連関が示された。加えて、脳波と心理実験により、prostriataにおける視運動処理は非常に高速であることが示唆された。以上の結果はprostriataが視覚警報野としての役割を持つことを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

感覚的ストレス処理の中樞は扁桃体であるというのが定説であるが、扁桃体と似た注意特性を持つ新たな脳領域の発見は、ストレス適応系の理解を大きく変革するものである。帯状回峡における視覚警報野の同定と機能理解は将来的にはパニック障害等の患者の治療に役立つと思われる。また、帯状回峡の直上部は脳梁膨大後皮質と呼ばれ、空間視経路（How経路）として注目されている。視覚警報は環境の不測事態を発見するという意味においてこの機能の一部とも考えることができ、How経路の総合的な理解に通じる。

研究成果の概要（英文）：In monkeys, area prostriata is a small limbic area located between the anterior calcarine fissure and the hippocampal formation. Its function has been mysterious. This study investigated the location and the functional properties of human prostriata by brain imaging and psychological experiments. We successfully located human prostriata by fMRI at the isthmus of the cingulate gyrus and found that human prostriata had abnormal sensitivity for far periphery motion when human focused attention on central visual field. Functional connectivity analysis indicated that human prostriata had stronger functional connectivity with deep brain structures such as amygdala and hippocampus. In addition, psychological and ERP experiments suggest rapid visual processing of human prostriata. These results shed a new light on the understanding of periphery visual network, suggesting that the prostriata play a watchfulness role as a part of alarm system in far peripheral visual field.

研究分野：知覚心理学

キーワード：視覚 注意 辺縁系 帯状回峡 prostriata fmri 脳波

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生体が生存する上で、脳の最も基本的な機能のひとつは、生体内部環境の恒常性（ホメオスタシス）を維持することにある。そのために脳は恒常性を乱すストレスを検出し、適切なストレス反応を引き起こす。ストレスは血圧低下等の身体的なものに留まらず、猛獣の姿のような感覚的なものも将来的には外乱となり得る重要なストレスである。従来、感覚的ストレスの処理過程の研究には主に顔や蛇等の感情・不快刺激が用いられ、大脳皮質や大脳辺縁系の関与が示されている。しかし、感覚的ストレスはこの種の情動刺激に限らない。例えば、視界の隅っこで突然何かが動いた時はどうだろう？ 繁みに隠れた猛獣かもしれないし、土砂崩れの前触れかもしれない。このような予期せぬ視運動も不快刺激に勝るとも劣らないストレスである。視野の片隅の何かの動きにドキリとして思わずのけぞった経験は誰しもあるだろう。しかしながら、この種の視運動ストレスの脳内処理経路を調べた研究は応募者の知る限りない。本研究はヒトを対象にこの問題に取り組むものである。

本研究の発端は、私たちが本研究とは別の目的で行ってきた視運動刺激を用いた fMRI 研究にある (Miyazaki et al., *Exp Brain Res*, 2015; Wang et al., *Neurosci Biomed Sci*, 2013; Wu et al., *Hum Brain Mapp*, 2012)。研究中、視運動が視野の最周辺部にまで及ぶと、視覚皮質の視運動野として知られる領野 (MT 野、MST 野、V6 野) の他に、大脳辺縁系の小領域-帯状回峡 (isthmus of the cingulate gyrus) と呼ばれる部位がしばしば活動を示すことに気付いた。サルの研究では Prostriata と呼ばれる脳領域に相当すると考えられているが、その機能についてはわかっていない。私たちの過去の fMRI 研究を総合すると、この部位の活動は視運動野にも関わらず注意を視運動から逸らした方が高くなる傾向があるように思えた。何かに没頭して周りに目が届かない時ほど驚く、そんなストレス反応に合致した特性に思える。

2. 研究の目的

大脳には猛獣の姿のようなストレスに対処するための適応系が備わり、その中核は扁桃体にあると考えられている。本研究の目的は、『扁桃体以外にも、感覚的ストレスを処理する未発見の領野がヒト大脳の帯状回峡に存在し、視覚警報野と呼ぶ機能特性を持つ』という仮説をブレインイメージングと心理実験を用いて検証することである。

3. 研究の方法

磁気共鳴画像法 (fMRI)、心理実験、脳波実験を行い、仮説を検証した。

(1) fMRI 実験

視覚警報野の位置はどこか？ 視覚警報野は他のどの脳領域と連関して機能するのか？ これらの疑問に答えるために、fMRI 実験を行った。実験 1 では視覚警報野の位置同定を目的として、視野の中心に高速に文字が切り替わる RSVP (rapid serial visual presentation) 刺激を呈示し、視野周辺部 (視角 5-55 度) に静止または運動バー刺激を呈示した (図 1)。被験者の課題は視野中心に注意を払い、高速提示される文字の中に予め指定されたターゲット文字を見つけたら、できるだけ早く反応ボタンを押すことだった。運動バー刺激条件で視覚警報野が賦活すると予想された。実験 2 では視覚警報野の機能特性 (視運動検出、注意変調) を調べることを目的として、視野中心部に RSVP 刺激、視野周辺部 (視角 5-25 度または 40-60 度) に静止または高速に運動するバー刺激 (20 度/秒または 60 度/秒) を呈示した (図 2)。被験者は 2 種の課題を行った。実験 1 と同じ中心に注意を払う条件に加えて、周辺に注意を払い、時折生じる運動変化 (加速) を検出する周辺に注意を払う条件を設けた。被験者は 20 名だった。

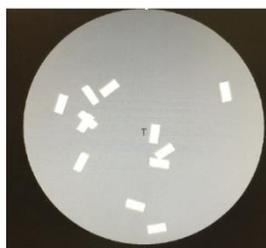


図 1



図 2

(2) 心理実験

危険察知という機能を考えると、視覚警報野は非常に高速に動作すると考えられる。fMRI 実験の刺激状況において、視野周辺部の運動刺激は通常の視覚処理 (中心 RSVP 刺激) より高速に行われると予想される。これを検証するための心理実験を行った。刺激画面は fMRI 実験と同様で、中心部に高速に文字が切り替わる RSVP 刺激と周辺バー運動刺激 (視角 40-60 度/30ms, 左右 2 つ) で構成され、被験者は上述の RSVP 課題を行った。この際、周辺刺激の呈示のタイミングに関して、RSVP のターゲット文字の呈示と同時、直前、直後の 3 条件を設けた。周辺運動刺激が

高速に処理され視野中心の注意を促すなら、RSVP 課題成績は直後条件で向上すると予想された。被験者は9名だった。

(3) 脳波実験

心理実験で示唆された高速な周辺運動処理の脳過程を検討するために脳波測定を行った。心理実験と同条件で、事象関連電位(ERP)の測定を11名の被験者に対して実施した。

4. 研究成果

(1) fMRI 実験

実験1の周辺バー刺激の運動条件と静止条件の比較により、視覚警報野の同定に成功した。運動条件では、視覚皮質に加えて、予想通り、帯状回峡部に賦活が見られた(図3)。実験2により、視覚警報野の活動は運動刺激が視野の最周辺部にあるとき増加することがわかった。さらに、興味深いことに、視覚警報野の周辺運動刺激に対する活動は、注意が周辺からそらされ、中心に集中しているときに高まった。この結果は、他の視運動野(MT, V6)は周辺運動刺激への注意で賦活は増加したのと対照的である。さらに、課題実行時の脳機能結合を分析したところ、大脳深部(海馬、扁桃核)との結合が見られた(図4)。以上の結果は視覚警報野としての機能に合致するように思える。運動速度の効果は見られなかった。

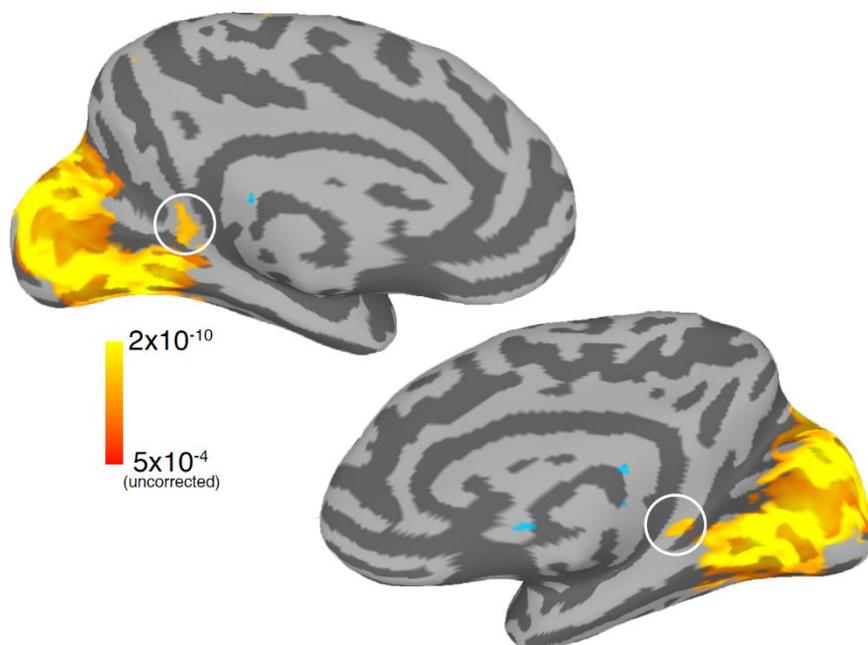


図 3



Isthmus seed(yellow) vs. V6 seed (blue)

図 4

(2) 心理実験

RSVP の課題成績は周辺運動刺激がターゲット直後 (After 条件) に提示されると向上することがわかった (図 5)。この過及的な効果は周辺運動刺激が通常の視覚処理より高速に処理されることを示唆している。

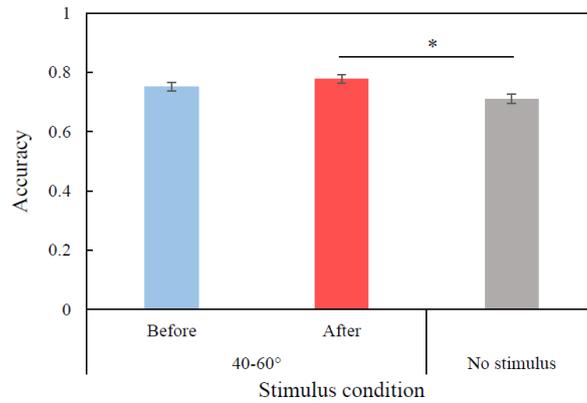


図 5

(3) 脳波実験

RSVP 課題開始後 170-190 ms において周辺運動視覚刺激の提示タイミングが—Before (青) vs. After (赤) 条件—ERP に影響を及ぼし、頭頂 (C3, Cz, C4) が後頭 (O1, Oz, O2) よりも先行して有意な差を示した (図 6)。これは視覚警報野の高速な処理により、周辺運動情報が視覚野よりも先行して伝達されたのではないかと考えられる。

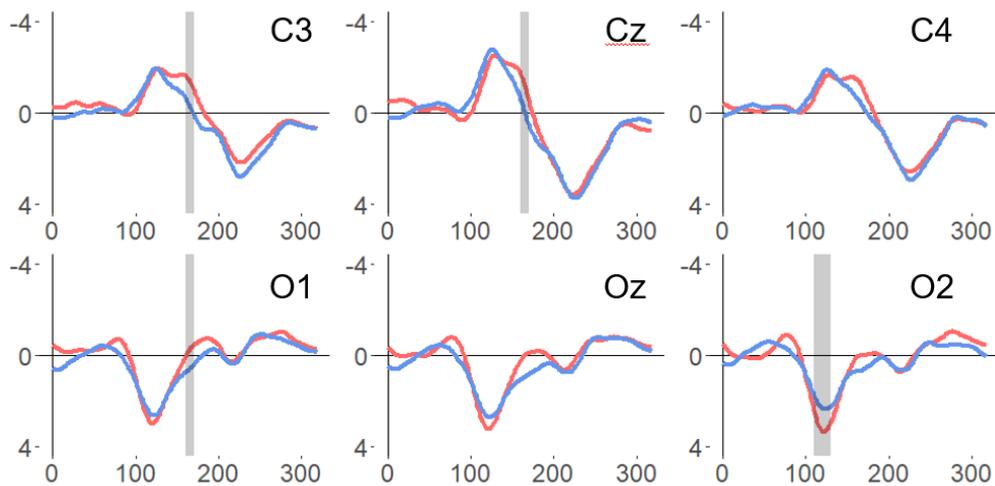


図 6

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 田内・楊・山本・高橋・呉・江島
2. 発表標題 中心負荷課題遂行時に周辺運動刺激の有無が脳活動に及ぼす影響
3. 学会等名 脳機能マッピング学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Yamamoto, Z. Lin, K. Okamoto, S. Ohno, S. Kanazawa, J. Wu
2. 発表標題 Localization and functional characterization of human area prostriata using fMRI.
3. 学会等名 Neuroscience 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Yamamoto, Z. Lin, K. Okamoto, S. Ohno, S. Kanazawa, J. Wu
2. 発表標題 fMRI reveals a visual motion area in the human limbic system.
3. 学会等名 2016 JNS Meeting
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	楊 家家 (YO KAKA) (30601588)	岡山大学・ヘルスシステム統合科学研究科・助教 (15301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	福永 雅喜 (fukunaga masaki) (40330047)	生理学研究所・システム脳科学研究領域・准教授 (63905)	