

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：13101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23700467

研究課題名（和文） マウス視覚野形態視領域の解明；活動から遺伝子まで

研究課題名（英文） Observation of the visual areas in the mouse ventral stream.

研究代表者 任海 学 (TOHMI MANAVU)

新潟大学・脳研究所・助教

研究者番号：10401770

研究成果の概要(和文): マウスの高次視覚領野毎の特異的な視覚応答特性が従来考えられてきた第一次視覚野を経由する視覚経路ではなく、上丘 異なる視床 LP 核を経由して各高次視覚領野へ投射する視覚経路により作られることを明らかにした。また腹側視覚経路に属すると思われる視覚領野 LI および POR が視覚刺激の形態変化に応答し、その応答が第一次視覚野除去後も残存することを明らかにした。

研究成果の概要(英文): In this study, we demonstrated that the specialized speed response properties of several higher visual areas in mice depend on inputs from the superior colliculus via distinct thalamic nuclei, rather than from the V1.

## 交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：神経生理学

科研費の分科・細目：神経・筋肉生理学

キーワード：高次視覚野, 上丘, 形態視, 視床枕, マウス, 盲視, 速度応答特性, 2 光子

## 1. 研究開始当初の背景

それまでの高次視覚領域の研究は、サルやヒトを用いて進められており、その他の哺乳類についての知見は少なく、マウス高次視覚野の神経応答特性は全く知られていなかった。申請者はフラビン蛍光イメージング法と速度の変化する視覚刺激を組み合わされることにより、機能的に高次視覚領野の同定する方法を開発した。さらに形態の変化する視覚刺激に応答する視覚領域を同定し、これによりマウスの形態視の研究が可能となった。

各高次視覚領野にはそれぞれ異なる情報処理機能がある事が知られている。第一次視覚野から高次視覚領野へ異なる視覚情報が送られる事により、各領野の機能の違いがもたらされると考えられてきた。しかし、詳細な神経機構は明らかではなかった。

## 2. 研究の目的

(1) 形態視領域の神経における形態の情報コード様式の解明

マウスの 高次視覚野を観察することにより、視覚情報がどのように情報処理されていることを観察しようと試みた。得られた知見と、霊長類における知見と対応させることにより、哺乳類における高次視覚野の基本原理もしくは霊長類・げっ歯類の違いを明らかにする。

(2) 各高次視覚領野の形態的および機能的結合の観察

各高次視覚領野と他の脳領域における神経連絡を観察することにより、視覚情報の情報処理過程を明らかにすることを試みた。

(3) 各高次視覚領野の機能・応答特性を明ら

かにする。またその機能獲得機構を解明する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 各領野の視覚応答の観察

##### フラビン蛍光イメージング

我々の研究室で用いられている内在性シグナルを用いたフラビン蛍光イメージング法は、非常に高い定量性とマッピング能力を備えている。この方法により、様々な刺激に対する視覚野の神経応答量を測定することにより、各領野の機能を明らかにすることを試みた。

##### 2光子励起カルシウムイメージング

フラビン蛍光変化は神経の集団活動量を反映しているが、個々の神経活動を調べるために2光子励起レーザー顕微鏡による多細胞同時記録をおこない、各領野における応答特性を明らかにする。フラビン蛍光イメージングによって同定した視覚領野にカルシウム蛍光指示薬 Fula-2 を注入し、神経応答を記録した。

#### (2) 破壊実験による機能獲得機構の観察

第一次視覚野もしくは上丘を破壊し、各視覚領野の活動特性に対する影響を評価した。

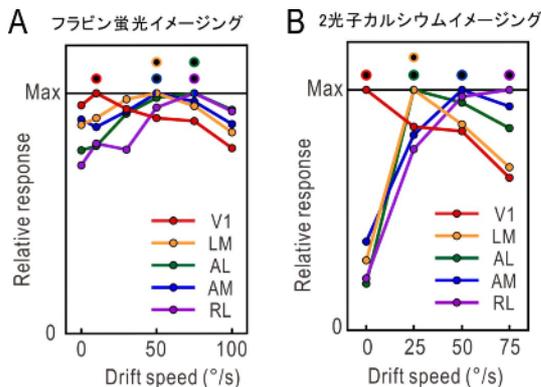
#### (3) 神経トレーサーによる結合の観察

同定した視覚領野に神経トレーサー-BDA を注入し、解剖学的な観察をおこなった。

### 4. 研究成果

#### (1) 各視覚領野の速度応答特性

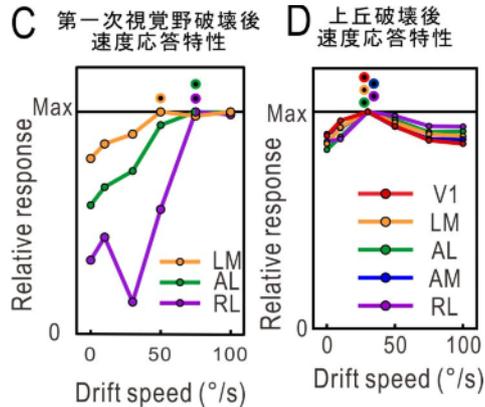
フラビン蛍光イメージング(図 A)および2光子カルシウムイメージング(図 B)により第一次視覚野および高次視覚領野 LM・AL・AM・RL の速度応答特性がそれぞれ異なることを明らかにした。



#### (2) 第一次視覚野・上丘破壊実験

視覚領野間の速度応答特性の違いが第一次視覚野破壊後にも残存する事が明らかになった(図 C)。しかし上丘を破壊すると、その速度応答特性の違いが消失した(図 D)。こ

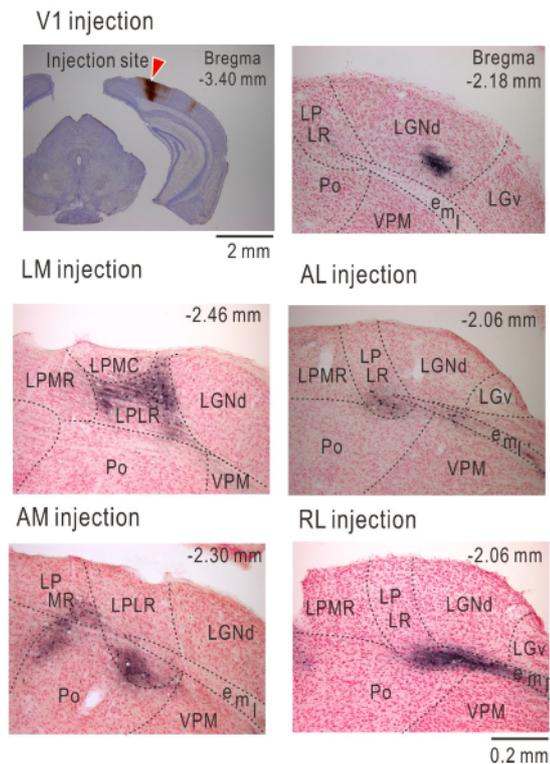
の事は上丘を経由する視覚経路によりこれらの機能特性が決定されることを示している。



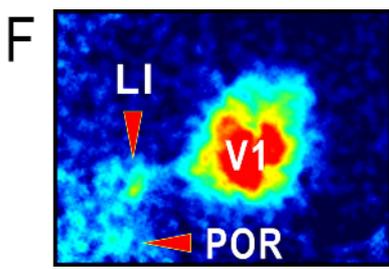
#### (3) 高次視覚領野と視床 LP 核との結合

神経トレーサーを注入することにより、各高次視覚領野は異なる視床 LP 核の亜領域と特異的な結合を持つことが明らかになった(図 E)。これまでげっ歯類の高次視覚領野と視床核との結合パターンは詳しく観察されて来なかった。本研究の結果により、マウス視床の LP 核はこれまで考えられてきたよりも、かなり多くの亜領域に分かれることが明らかになった。またことなる LP 核を経由する上丘系視覚経路の亜経路が、それぞれ異なる視覚情報を伝達していることを示唆している。

### E



(4)新たな形態反応領域の同定



視覚領  
野 LI が  
形態の  
変化す  
る視覚  
刺激に  
対して  
応答を  
示すこ  
とが分  
かってい

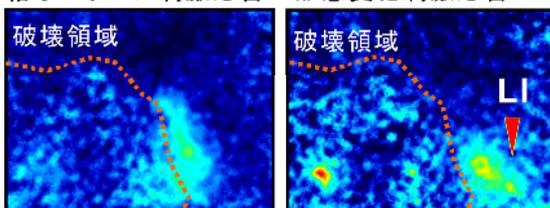
たが、視覚刺激を動かし続ける事により、新たに領野 POR も同刺激に反応することが明らかになった(図 F)。これらの視覚領域は、霊長類の腹側視覚経路の視覚領野に相当すると考えられる。

(5)第一次視覚野を介さない形態視情報

形態反応領域の応答が第一次視覚野破壊後にも残存することが明らかになった(図 H)。霊長類において、空間視を担うとされる背側視覚経路が上丘系視覚経路に影響を受けることは知られているが、腹側視覚経路機能に関わる形態視応答が第一次視覚野破壊後にも残存することは非常に重要である。多くの霊長類以外の哺乳類において、第一次視覚野破壊後にもパターン・図形弁別能力が残存することが報告されているが、その神経応答に関してはこれまで報告がなかった。この結果は、上丘系視覚経路が形態視情報を伝達している、これまで広く受け入れられている第一次視覚野からの情報を基にした視覚情報処理機構とは異なる機構が存在することを示している。

G

格子パターン刺激応答 形態変化刺激応答

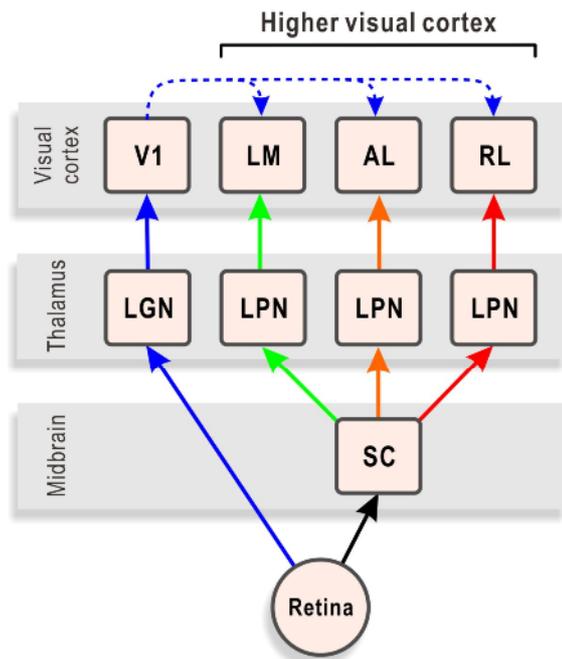
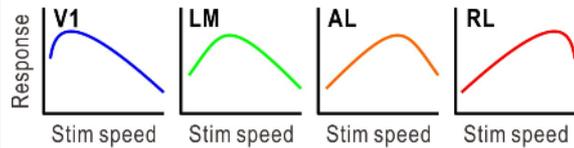


(6)結論

高次視覚領野の機能はこれまで第一次視覚野を経由する視覚情報を基盤として順次高次の視覚領野に送られ、情報処理を受けてより高度な視覚認知が行われると考えられてきた。しかし本研究の結果は、上丘・異なる視床 LP 核を介する視覚経路により、マウスの各高次視覚領野機能が生み出されることが明らかになった(図 H)。この結果により高次視覚領野の機能特化・獲得機構の理解が大きく進むものと考えられる。鳥類において同様の神経機構が視覚中枢の機能特化を担っており、近年哺乳類の高次視覚野と相同領

域ではないかと考えられていることから、上丘系視覚経路による高次視覚領野の機能獲得は進化的に共通祖先に遡る古い機構である可能性もある。ヒトの高度な資格機能の進化の解明につながることを期待される。

H



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)

[学会発表](計 3件)

発表者名 任海学

発表表題 マウス高次視覚野の速度応答特性は LGN を介さない経路で決定される  
学会名 第 35 回日本神経科学大会  
発表年月日 2012 年 9 月 21 日  
発表場所 名古屋国際会議場

発表者名 M.Tohmi

発表表題 Higher visual cortical responses mediated via the superior colliculus in mice.

学会名 41th annual meeting of the Society for Neuroscience

発表年月日 2011 年 11 月 15 日

発表場所 アメリカ合衆国ワシントン.D.C.

発表者名 任海 学  
発表表題 上丘を経由するマウス高次視覚野  
の応答  
学会名 第34回日本神経科学大会  
発表年月日 2011年9月16日  
発表場所 パシフィコ横浜

6. 研究組織

(1) 研究代表者 任海 学 (TOHMI MANAVU)  
新潟大学・脳研究所・助教  
研究者番号：10401770