

視覚情報から眼球運動情報への 脳内座標変換メカニズムの解明

Neural Mechanism of Coordinate Transformation from Visual Information into Eye Movement in the CNS

東北大学大学院医学系研究科 高橋 真有



ヒトやサルは、感覚入力のうち約 80%近くを視覚に依存しており、視覚情報を正確に取り込むため、異なる眼球運動を使い分けている。興味ある対象が現れると、随意性急速眼球運動であるサッケードにより視線を素早く移動させ、それに続く固視の間に、対象の詳細を視覚情報として脳内に取込み、この固視の間は視野内に現れる他の対象に向かう全ての眼球運動は抑制されている（選択的注意）。新たな対象に視線を移動するためには、この抑制が解除され、更にサッケードを開始する信号が発せられなければならない。それゆえに、眼球運動の発動と抑制の神経機構の理解は、「感覚情報を運動情報に変換する脳内機構」と共に「注意の切り替えに関わる脳内機構」の解明に繋がる。

これまでの研究で、前頭眼野から発せられた運動指令信号は、上丘を介して水平性眼球運動ニューロンに至ることが解っていたが、その詳しい回路は不明であった。我々は、細胞内記録と解剖学的手法を用いて、上丘から水平性眼球運動ニューロンへの興奮・抑制性回路とも、2 シナプス性であることを明らかにした。従来から、サッケード眼球運動系は、水平系と垂直系の 2 次元の系からなると信じられてきたが、垂直系の神経回路は不明であった。垂直系サッケードの出力回路を解析したところ、垂直系は、垂直・回旋系からなることが明らかとなった。これらの実験結果から、サッケード系は水平・垂直の 2 次元ではなく、水平・垂直・回旋からなる前庭動眼反射系と同じ 3 次元三半規管座標系を用いていることが明らかとなり、教科書を書き替えることとなった（文献 1）。サッケードとサッケードの間に起こる固視の間に、視覚情報が脳内に取り込まれるが、その神経回路は、長い間不明であった。その固視状態から興味ある対象への視線移動を起こすサッケードトリガー機構は、従来、特別な「トリガー機構」が想定されていた。しかしながら、この特別な「トリガー回路」は存在せず、サッケード生成系の抑制性バースト細胞（水平系では脳幹、垂直系ではカハール間質核に存在）が、橋縫線核にある抑制性オムニポーズ細胞を抑制し、ゲートを開いていることを明らかにし、ほとんどのサッケードトリガーの計算論的モデルの変更を余儀なくした（文献 2, 3）。

2024 年 10 月に、研究代表者の所属が東北大学生体システム生理学教室に移った際、本助成のお力添えで、サルの実験・訓練に適した環境を整備することができた。現在、サッケードと固視の最終出力が収束する領域である、上丘と前頭眼野を Hub として捉え、眼球運動を訓練したサルを用いて、慢性実験の条件下で神経活動を記録する実験が進行中である。

【キーワード】 随意性急速眼球運動、上丘、固視

【参考文献】

1. Takahashi M, Shinoda Y. Brain stem neural circuits for horizontal and vertical saccade systems and their frame of reference. *Neuroscience* 392: 281-328, 2018.
2. Takahashi M, Sugiuchi Y, Na J, Shinoda Y. Brainstem neural circuits triggering saccades and fixation. *J. Neuroscience* 42: 789-803, 2022.
3. Takahashi M, Sugiuchi Y, Shinoda Y. Brainstem neural circuits for triggering vertical saccades and fixation. *J. Neuroscience* 44(1): e1657232023, 2024.