

(論文内容の要旨)

目標選択の脳内機構に関する研究は、サルが視覚探索課題を遂行中に神経細胞活動を記録するという方法で、前頭眼野 (FEF)、上丘、頭頂間溝外側野 (LIP) など、主に眼球運動に関与する領野において先行してきた。近年では手掛かりとなる視覚属性の処理を担う第四次視覚野 (V4) でも研究されているが、これら先行研究で用いられた行動課題は、眼球運動に関与する領域で用いられた行動課題と異なり比較が困難である。そこで申請者は、先行研究と近い色を手掛かりとした孤立項目探索課題を用い、V4 に性質の異なる 2 つの目標位置に依存した応答変化を示す期間を見出した。早い期間は FEF、上丘、LIP で目標選択的な応答が見られる時期に近く、応答は受容野 (RF) 近傍に目標がある場合に抑制され、この傾向は色の違いによる刺激選択性が強い細胞ほど顕著であった。遅い期間は遅延期のない探索課題での反応潜時に近く、目標位置に関係なく RF に妨害刺激が提示された場合に抑制され、色の違いによる刺激選択性とは無関係であった。これらのデータは、早い期間に V4 を含む複数の領野が関与しながらより上位の連合野が目標を選択し、選択結果が遅い期間に再び V4 の活動を変化させていることを示唆している。

孤立項目探索課題では、しばしば注意が自動的に目標刺激へと引き込まれるが、引き込みの度合は目標妨害間の関係に依存することが知られている。このような現象の神経細胞活動レベルでの基盤を明らかにするために、目標妨害間の空間周波数の関係を様々に変えて、細胞応答に影響を及ぼす因子を網羅的に調べた。刺激提示後 200 ms に、応答は目標の空間に関係した因子により変化した。この変化は 250 ms 以降において、RF の刺激が近傍の刺激より粗い場合には維持されるが、密な場合には消失した。このように目標妨害間の空間周波数の関係に依存した神経細胞活動の変動は、目標妨害間の関係に依存した引き込み現象の神経基盤となる可能性が示唆された。

(論文審査の結果の要旨)

後頭葉の視覚野の個々の細胞は担当する視野の範囲(視覚受容野)の大きさが比較的小さく、個々の細胞のレベルで視野全体をカバーできない。一方、視覚探索場面では広い視野に散らばる複数の視覚刺激から目標を選び出さなければならない。このような視覚探索場面においては後頭葉の個々の神経細胞のレベルでは目標選択は無理である。先行研究から予想される脳内処理過程は従って、最終的な目標選択は視野の広い領域をカバーする連合野の神経細胞で行われているであろうということである。もしそのように考えるならば後頭葉の視覚野の役割はどのようなものであろうか。この疑問の手掛かりを得るためには、連合野で使われているのと同様の学習課題で細胞活動を比較する必要がある。申請者は、霊長類研究所で行った前頭連合野神経細胞活動の先行研究で用いた課題と同様の孤立項目課題(1つだけ違う刺激を探す課題)を用いて後頭葉の第四次視覚野の細胞活動を解析した。

その結果、先行研究において前頭連合野で目標選択的な活動が出現する丁度同じ時期に第四次視覚野の神経細胞活動が受容野内に妨害刺激があると抑制されること、その抑制は目標刺激が受容野の近傍にあるときにのみ見られ、離れると消失すること、さらに、妨害刺激による抑制が強いほど、色の選択性も大きいことが明らかになった。これらの事実は、目標選択時に第四次視覚野の個々の神経細胞が関与するのは、その細胞の視覚受容野周辺であり、視野全体を扱っていないこと、また、この時期に色の違いの情報を同時に伝えていることが明らかになった。従って、目標についての局所の情報が連合野に送られ、連合野の細胞活動と連携して目標選択が行われているであろうことが推定された。

一方、前頭連合野で選択した行動を実行する時期に対応し、第四次視覚野の細胞は妨害刺激の位置にかかわらず一様に抑制を受けた。この抑制の程度は個々の神経細胞の色選択性の程度と関連していなかった。これらの事実は連合野において目標選択が行われた後、選択された目標の情報が第四次視覚野に戻されており、この段階では色情報は不要になっていることを示した。

以上のように、申請研究は孤立項目課題を用いた視覚探索における脳内機構解明を目指し、適切な学習課題を設定し、第四次視覚野から神経細胞活動を記録・解析した。その結果、視覚探索場面における第四次視覚野の役割について、細胞レベルで多くの新しい知見を明らかにした。以上の評価に基づき、申請論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認めるとともに、論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。