

審査の結果の要旨

氏 名 藤原 輝史

本論文では、嗅覚中枢神経の動的な匂い入力に対する濃度コーディングを、モデル生物であるカイコガ(*Bombyx mori*)のフェロモン情報処理系を対象として、神経生理実験と計算モデルをはじめ併用することにより調べている。その結果、嗅覚中枢神経の応答は、従来考えられてきたように匂いの絶対濃度を表現しているのではなく、過去に受けた匂い刺激に対する相対的な濃度を表現していることを明らかにしている。また、その濃度表現を変換する神経回路機構を生物実験と計算モデルを用い提案している。

第一章の序論では、他の感覚系と比較しながら、神経細胞による感覚入力強度の相対表現の普遍性を述べている。また、本論文で用いられたカイコガのフェロモン情報処理系や生体生理応答計測技術が紹介され、最後に本論文の目的と構成が記されている。

第二章の方法では、本論文で用いられた生体生理応答計測法や実験データの解析法、モデルの構築法が詳細に述べられている。

第三章の結果では、まず、本論文の主要な内容である、嗅覚中枢神経が断続的な匂い入力に対する濃度を相対的に表現していることを、電気生理計測法を用いて示している。また、嗅覚神経回路内の抑制成分が匂い濃度の表現変換に寄与していることを薬理学的手法を用いて示している。さらに、その嗅覚神経回路の抑制機構を電気生理計測法と光学計測法を組み合わせることで提案している。最後に、計算モデルを構築し、生物実験では取得が困難なデータについてモデル内で検証し、また、生物実験により提案された特徴的な抑制回路機構が匂い濃度の相対表現に貢献していることを裏付けている。

第四章の考察では、これまでの嗅覚情報処理に関する研究と比較しながら、本論文の新規性を主張している。また、他の感覚系や嗅覚の感覚神経で観察されていた感覚入力強度の相対表現と比較しながら、本論文で見出された嗅覚中枢の匂い濃度の相対表現を位置づけている。さらに、匂い濃度の表現変換に寄与する嗅覚神経回路の抑制機構について、先行研究で調べられてきた嗅覚中枢の抑制機構と比較しながら十分な考察がされている。

第五章の結論では、得られた成果をまとめ、本論文の主要な主張として、匂い濃度を相対的に表現する機構が嗅覚中枢に存在することを提唱している。

本論文では、電気生理計測法と光学計測法を組み合わせることで、ガの嗅覚中枢神経回路を構成する特定の神経細胞群の時空間的な活動を自在に計測した。これらの実験技術は、ガの嗅覚情報処理を対象とした従来の先行研究で用いられてきた方法とは異なり、著者が新たに開発した方法も含まれ、これまでにない計測安定性と特定の細胞群の空間的な応答計測を可能にした。実際に得られた数多くの実験データの提示は、技術的な側面から、この分野の今後の研究の発展に新たな可能性を付加した。

また、それらの実験技術を駆使し、嗅覚中枢神経の匂い応答が絶対濃度でなく相対濃度を表現しているという、嗅覚情報処理全般にわたる研究の中でも新規なモデルを提唱している。このモデルが脳の情報処理に関する研究の中でどのような位置づけにあるのか十分に考察がなされている。さらに、その匂いの相対表現化には嗅覚中枢の特徴的な抑制回路が寄与することを生物実験により示し、その神経回路モデルも提案されている。最後に、計算モデルを構築することで、この生物実験データから推測される神経回路モデルの妥当性を裏付けている。

本論文で提唱された興奮と抑制を用いた入力強度の相対表現化は工学的な制御理論にも共通するものがあり、生物の分野のみならず、広く工学の分野の研究者にも関心を与えるものである。また、本論文で提唱された理論は、昆虫の嗅覚情報処理に限定されるものでなく、生物種に普遍的な機能である可能性を秘めており、他の感覚系とも共通した脳の情報処理の根源的な要素が嗅覚情報処理にも当てはまることを初めて提唱したものといえる。

従って、本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。