

論文内容の要旨

博士論文題目

視覚システムにおける選択的注意と学習についての研究

氏名

柴田 和久

本研究では、選択的注意と学習という認知神経科学における2つの重要なテーマを題材に、脳活動イメージング実験、心理物理実験および計算機シミュレーションを行った。

選択的注意は、情報の一部だけを選択することで、限られた計算資源のもとで脳が膨大な感覚入力を効率的に処理するための機能である。過去、脳活動イメージング手法によってその機能局在が明らかにされてきた一方、動特性についての研究は立ち遅れている。そこで、脳皮質電流を高時間解像度、空間解像度で推定することを可能にする手法を用いて、注意課題を行っている被験者の皮質電流を解析した。電流強度の条件間比較から、色と動きへの注意が、それぞれ視覚皮質の色選択性領域と動き選択性領域の活動を選択的に増強することがわかった。またその効果は時間的に持続しないことも分かった。これらの結果は、空間に注意を向ける場合と特徴に注意を向ける場合とで、注意が脳活動の時間特性に与える効果が異なることを示唆する。

過去の心理学では、ヒトが成績フィードバックを学習にどのように利用しているかが調べられてきた。しかし、その仕組みに関してはほとんどわかっていない。そこで、視覚判別課題の学習が成績フィードバックの与え方によってどのように変化するか調べた。被験者は判別課題を行い、40試行ごとに正答率のフィードバックを受ける。正答率のフィードバックを操作して学習に対する効果を調べたところ、たとえ情報としては不正確なフィードバックでも、正しいフィードバックに比べて学習結果が向上する可能性があることが示された。シミュレーション実験では、ベイズ推定によって学習率を決めるモデルを仮定することで行動実験の結果を再現できることが分かった。これらの結果は、判別課題学習の進みが、学習者の成績向上の期待と成績フィードバックの両方の組み合わせによって決まることを示唆する。

(論文審査結果の要旨)

脳の計算速度には限界がある。また脳は常に変化する環境に適応する必要もある。脳の選択的注意と学習は、この2つの問題を解決するための機能である。しかし、これらの機能が脳でどのように実現されているかについては、いまだに明確な答えは得られていない。本論文では、脳活動イメージング、心理物理手法、計算機シミュレーションを用いて、選択的注意と学習の神経機構の解明を目指している。本論文の主な成果は以下のように要約される。

1. 視覚特徴選択的注意が視覚皮質における特徴選択性領域の活動の時間的側面に与える影響について検討を行った。従来脳活動イメージング手法の限界が原因で、ヒトの脳皮質の活動を詳細な時間・空間解像度で観測するのは困難であった。本研究では、複数の脳活動イメージング手法から得られた信号を組み合わせることでこれを実現し、選択的注意が視覚皮質の活動に与える影響について、まったく新しい知見を報告した。
2. どのようなフィードバックを用いれば学習効率を最大化できるかという問題は、古くから強い関心を集めてきた。本研究では、たとえ嘘でも正しいフィードバックに比べてよりよい学習結果を導くフィードバックが作れることを示し、上記問題の解明のための糸口を提示した。また計算機シミュレーションによって、ヒトの学習速度がどのように変化するかについての有用な示唆を与えた。

複数の脳活動イメージング手法から得られた信号を組み合わせるという技術は申請者の所属する研究室で最近開発されたものだが、それを実際の生体信号に応用し一定の結果を得たのは今回が初めてである。新規の技術の実用性を示したという点でも、本研究の功績は大きい。またヒトの学習を偽のフィードバックで操るという大胆なアイデアは、機械学習や教育学など幅広い分野への応用も考えられる画期的な方法論を導き出した。以上、本研究では多くの意義深い成果が得られており、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。