

平成 13 年 2 月 21 日

電子情報工学専攻	学籍番号	943429	指導教官氏名	宇野 洋二 片山 正純
申請者氏名	福田 浩 士			

論文要旨 (博士)

論文題目	ヒトの把持運動における視覚運動変換に関する計算論的研究
------	-----------------------------

本研究は、計算論的神経科学の立場から、ヒトの把持運動における脳の情報処理のメカニズムを解明することを目的とした。

計算論的アプローチでは、把持運動を実行するために、脳でどのような計算問題が解かれなければならないのか、そしてその入出力に使われる情報は何かということを知る。そこで、まず、脳内の情報の流れと計算問題を考察し、把持運動の計算スキームを提案した。そのスキームでは、把持運動が適切に実行されるためには少なくとも“合力決定”、“把持点決定”、“力分配”、“手形状形成”、“制御”の5つの計算問題が解かれなければならないことを提案した。

次に、把持運動における計算問題の1つである手形状の形成に着目し、把持運動のための内部表現が存在することと特徴の抽出が行われることを、心理物理実験と神経回路モデルの計算機シミュレーションによって調べた。心理物理実験では、被験者は視覚情報のみから手の把持形状を対象物の特徴に応じて事前に計算することができていた。また、対象物の視覚情報を入力とし、手の把持形状を出力として、5層の神経回路モデルを学習させたところ、第3層に対象物のサイズと形に関する情報が抽出された。これらの結果は、ヒトの脳内には把持運動に関する対象物の内部表現が獲得されており、手の形状は抽出された対象物の特徴情報から内部表現に基づいて計算されることを示している。また、その特徴情報や内部表現は把持運動に特有なものであり、対象物の視覚的な同定のためのものとは異なるという仮説を提案した。

さらに、ヒトの把持運動の視覚運動変換において、入力される対象物の視覚情報、処理過程で抽出される対象物の特徴情報、出力される手形状の関係を調べた。神経回路モデルによる計算機シミュレーションによって、視覚情報の変更が対象物の特徴抽出と手形状の計算にどう影響するのかを調べたところ、適切な手形状が計算されるためには、適切な特徴情報が視覚情報から抽出されなければならないことを示す結果が得られた。その結果と心理物理実験結果の比較により、把持運動における視覚運動変換の際に、ヒトの脳内でも把持運動のための特徴抽出が行われ、その抽出結果が手形状計算に大きく影響することが計算論的に示された。

最後に、力分配に着目し、心理物理実験を行ったところ、対象物の視覚的な複雑さが力分配の事前計算に影響するという実験結果が得られた。この結果から、力分配が内部表現に基づいて視覚情報のみから事前に計算される可能性が計算論的に示された。

本研究では、ヒトの脳内に把持運動のための内部表現が存在し、それに基づいて、手形状形成と力分配が視覚情報のみから事前に計算されることを計算論的に示した。今後この計算論的アプローチを発展させることにより、本研究の計算理論がヒト型ロボットの把持運動における視覚運動変換に応用されることが期待できる。