

1998 年 9 月 25 日

電子・情報工学専攻	
申請者氏名	福村直博

紹介教官氏名	宇野洋二
--------	------

論文要旨(博士)

論文題目	視覚と運動感覚の統合により運動指令を生成する 神経回路モデルに関する研究
------	---

生体の脳の情報処理メカニズムを知るためには、単一の感覚器官、あるいは運動制御のみをモデル化するのではなく、感覚系から運動系までを一貫して扱ったモデルを構築することが重要であることが指摘されるようになってきた。本研究では計算論的神経科学の立場から神経回路モデルを用いた感覚-運動システムの構築を目指す。第1部ではヒトの把持運動のモデルについて扱う。ヒトが何かものを持つとしようとするときは、ものを見ただけでそれを把持するのに適した手形状を準備することが出来る。ヒトは何度も把持運動を繰り返すことにより、視覚情報や持ったときの体性感覚情報などを統合して対象物の内部表現が脳内に獲得される。学習が進むと視覚情報を基に対象物の内部表現が想起され、それを基に適した把持運動の運動計画が立案されると考えられる。そこで、まず把持対象の内部表現を仮定した神経回路モデルを構築し、その内部表現から把持するのに適した手の形を決定する数値実験を行った。そして対象物の特徴量のある神経細胞群の発火パターンで表現する方が有利であることを示唆する結果が得られた。この結果を踏まえて、把持対象に関する視覚情報とそれを把持した時の体性感覚情報を統合して、把持対象の特徴を抽出した内部表現が中間層のニューロン群に自己組織的に形成される神経回路モデルを提案する。そして、学習後のこのモデルを使った緩和計算により、視覚情報から把持するために適した手の形を決定できることを示した。続いて、このモデルでは1対多、あるいは多対多の関係にある異種感覚情報を統合することができることを検証した。さらにこのモデルを発展させて、把持対象の特徴を表す情報の抽出や、把持対象の種類の類別が可能であることを数値実験で確認した。第2部ではダイナミクスを持った感覚-運動システムの学習についてのモデル化を、自律移動ロボットを用いて検討する。ロボットが適切な障害物回避を実現しているとき、ロボットが目標地まで到達するタスクは、分岐点においてどちらに進むかという離散的なコマンドの時系列すなわちシンボリックな記号力学系で表すことができる。この時系列のあるアトラクタに収束するダイナミクスと捉え、この軌道を埋め込める適当な内部空間をセンサ時系列を基に構成する。その内部状態からモータコマンドへの写像をニューラルネットワークを使った教師付き学習を通して獲得することにより、センサ情報に基づいたナビゲーションが実現できる。本研究では、入力となるセンサ時系列データを空間的に展開してfeed forward型のニューラルネットワークに入力する方法と、出力層から入力層にfeed back結合を持つニューラルネットワークを用いることによって、内部にセンサデータの履歴情報を獲得する方法の両方を実ロボットを用いて実験した。両者とも学習はうまく行き、ロバスタなナビゲーションを実現できるが、後者の手法の方がより複雑なタスクのダイナミクスをコンパクトな形で表現できることを示す。これらの実験より、視覚と運動情報を統合する神経回路モデルによって、適切な運動指令が生成されるシステムが構築できることが示された。