

平成18年2月17日

電子・情報工学専攻	学籍番号	993055
申請者氏名	大濱吉紘	

指導教員氏名	宇野洋二 福村直博
--------	--------------

論文要旨(博士)

論文題目	生体の内部モデル仮説に基づく統計的運動学習スキームに関する研究
------	---------------------------------

(要旨 1,200字程度)

ヒトをはじめとする生体の脳機能を理解するために、計算論的神経科学の立場から、脳内に外部環境の入出力特性を模倣するモデルが存在するという、内部モデル仮説が提案され、広く認知されてきている。計算論的には、運動制御において内部モデルを利用することで、計測実験で記録されたヒトの上肢の運動軌道を再現する軌道計画や、目標軌道への追従制御が実現でき、数多くの計算モデルが提案されてきた。一方、内部モデルがどのように獲得されているのかについても、いくつかの学習の枠組み(学習スキーム)が提案されている。しばしば内部モデルは多層パーセプトロン(MLP)で数理モデル化され、誤差逆伝播(BP)則の成功を基礎として学習スキームが構成されてきた。しかしながら、生体の神経機構においては、シナプスを越えて信号が逆方向に伝播することはないとされることから、BP則には生理学的な妥当性がないと考えられている。本研究では、BP則を用いることなく内部モデル学習を実現するスキームを発展させる。すなわち、前向き伝播信号のみで内部モデルとしての逆モデルを獲得するForward-propagation学習則(FPL)を、実用可能なアルゴリズムとともに構成した。また、統計的学習の枠組みのもとで学習の目標指向性の検討を行い、FPLは前向き伝播信号の共分散を必要とすることを明らかにした。従来の学習スキームは、内部モデルとしての順モデルやフィードバック制御器といった事前知識を必要としたが、脳内情報表現に関する情報論的な一連の研究を考慮すれば、FPLにおいて統計量が利用されることは、より妥当であると考えられる。FPLの有効性は、非線形ダイナミクスをもつ制御対象のフィードフォワード制御を実現するための、逆ダイナミクス・モデル学習の数値実験により確認された。その結果、適切な追従制御を実現する逆ダイナミクス・モデルが、極めて高速に獲得された。また、統計的学習の枠組みでFPLを取り扱うことにより、生体の柔軟な運動制御と学習について、異なる内部モデルが切り替え・混合されて実現されるというモジュール性の仮説のもとで、モジュール構造を持つ混合モデルを用いた場合についても、FPLが適用可能であるという具体例を示した。本研究における検討により、FPLは教師あり学習の枠組みにおける生体の運動制御について生理学的に主要な矛盾点を解決するだけでなく、統計的学習の枠組みで利用される種々の学習モデルに対して適用可能であることを明らかにした。また、FPLの実現する高速な収束は工学的応用に役立てることができると考えられる。脳内では学習のアーキテクチャとして、教師あり学習だけでなく強化学習、教師なし学習が相互作用を通じて動作していると考えられている。種々の学習モデルに対して適用可能であることが示されたFPLは、これらの異なるアーキテクチャが融合するシステムとしての脳を理解するための基本的な枠組みを提供する。