

帰還型ニューラルネットワークによる 6R-2 マニピュレータ制御の試み

金道敏樹

松下技研株式会社

【はじめに】

ニューラルネットワークによるマニピュレータ制御の試みとしては、五味、川人のフィードバック誤差学習モデルなどが知られている[1]。このモデルは、冗長性のあるシステムの制御の例としてよく挙げられるが、このモデルにおいて初期の動作を支配するCFC(Conventional Feedback Controller)にシステムの冗長性を除く拘束条件が埋め込まれている。特に、逆キネマティクスを解くには高度なCFCが必要である。しかし、人間の成長過程をみるに、予め高度なCFCが組み込まれているとは考えにくい。この報告は、あらわに拘束条件を導入することなく、かつ高度なCFCを必要としない逆キネマティクスを解く神経回路網モデルを与えるものである。

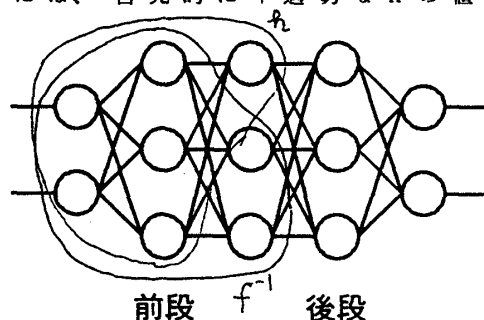
【多価関数の学習】

冗長性のあるマニピュレータの逆キネマティクスを解く問題は、多価関数を求めるといういわゆる不良設定問題である。このような問題は、通常が多層パーセプトロンでは解くことができない。

通常が多層パーセプトロンに恒等写像を学習させ、出力層からの出力が入力となった場合を考える。このとき任意の中間層でネットワークを切断し、前段のネットワークの作り上げた写像を F とすれば、後段の写像はその逆写像 F^{-1} となる。

ところで、中間層の表現は誤差逆伝播法を自然に拡張して、制御することができる[2]。学習すべき多価関数 f が、逆関数 f^{-1} は一価関数であれば、 f^{-1} を恒等写像を学習するネットワークの前段の一部分に学習させることは可能である。

いま、 h を前段の最終層の残りの部分から得られる関数とすれば、恒等写像と f^{-1} 学習によりネットワークは、前段で (f^{-1}, h) を、後段で $(f^{-1}, h)^{-1}$ を内部表現として獲得することができる。このとき、後段の最初の層に多価関数の入力と「適切な h の値」を与えてやれば、出力層からは求める多価関数の出力の一つが得られる。この意味で、後段の内部表現 $(f^{-1}, h)^{-1}$ には、多価関数 f が埋め込まれている。この f を取り出すためには、自発的に「適切な h の値」が定まるように、ネットワークが構成される必要がある。ここでは、入力を再現する出力層の出力を入力層に戻すリカレントな構成としときネットワークの定状態において、中間層の部分表現である多価関数の入力と出力層に現れる入力とはつじつまがあうことを用いる。



The Manipulator Control by A Recurrent Neural Network

Toshiki Kindo

Matsushita Research Institute Tokyo, Inc.

【数値実験】

冗長性のある簡単なマニピュレータとして、2次元3関節マニピュレータを取り上げ、拘束条件を与えることなく2次元の作業座標が与えられたとき、それを実現する3次元身体座標を求めるニューラルネットワークを構築した。制御対象のマニピュレータのパラメータは表1に掲げた。

ニューラルネットワークは5層とし、入力層には身体座標が与えられ、作業座標を学習する中間層は第3層、出力層には入力が教師信号として与えた。学習アルゴリズムは、誤差逆伝播法を自然に拡張したものを用いた。

作業座標と身体座標の関係を学習し終わったニューラルネットワークを用いて、マニピュレータの制御を行った様子を図によって示す。

このシミュレーションにおいては、

- 1) 初期状態としてランダムな入力を一回だけ、入力層に与える、
- 2) 中間層で得られた作業座標を外部から与えられる目標作業座標に書き換える
- 3) 第5層からの出力を入力層にフィードバックする、

という手続きをとっている。目標座標の更新はネットワークの一回のループごとに行われる。図1は作業座標空間内に円を描き続ける場合の教師信号とマニピュレータの動く様子を示している。図2は、このときのマニピュレータの身体座標の軌跡を表している。図2において、3つの身体座標(θ_1 , θ_2 , θ_3)は、それぞれ規格化されて立方体の中の一点として表現されており、作業座標の変化に伴って立方体内に軌跡を描く。

この図から、作業座標に追従する身体座標を導くことができることが分かる。

このシミュレーションの結果は、リカレントなニューラルネットワークによって、逆キネマティクスが解き得ることを示している。

【まとめ】

リカレントなニューラルネットワークを用いることにより、冗長性のあるマニピュレータの逆キネマティクスを解くことができた。しかし、現段階では冗長な部分の内部表現は明かでない。

表1 [マニピュレータのパラメータ]

腕の長さ	$L_1 = 0.5$	関節の可動角	$0 < \theta_1 < \pi/2$
	$L_2 = 0.3$		$0 < \theta_2 < \pi/2$
	$L_3 = 0.2$		$0 < \theta_3 < \pi/4$

図2

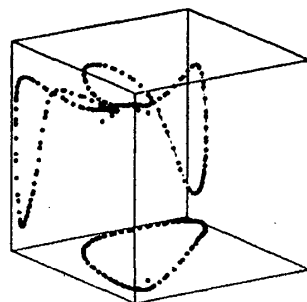
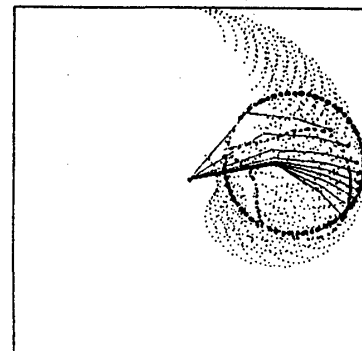


図1



【参考文献】

- [1] 五味、川人；信学技報NC90-19
- [2] 金道；1990年電通学会春期全国大会D-32