

○釧路高専 大槻 典行 釧路高専 伊藤 弘

ニューラルネットワークを制御に用いることで柔軟なシステムの構築が期待できる。しかし、ニューラルネットワークは学習速度の遅さやローカルミニマムの問題が指摘されている。本報告ではこれらの問題を解決し、知識処理を導入した改良型のネットワークを構築し、制御系に取り入れその有効性を検討する。

1. はじめに

制御の分野でニューラルネットワークを利用することは、従来からの逐次形の制御方式とは異なった制御系を実現する柔軟なシステムの構築手法に成り得ると期待されている。このような研究は近年盛んに進められており、既にニューラルネットワークを用いた制御システムについて有効な手法も報告されている¹⁾。しかし、ニューラルネットワーク自体の問題点もいくつか報告されており²⁾、特に層構造を持つネットワークは扱い易さの反面学習速度の遅さやローカルミニマムの問題が指摘されている。そこで我々はこれらの問題を解決するために構造を改良したネットワークを構築した。本報告では改良したネットワークの有効性を明らかにし、さらにこのネットワークが制御系にも適用できることを示す。

2. ニューラルネットワーク

2-1. ニューラルネットワークの構造と動作

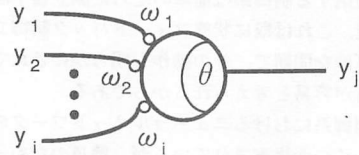
ニューラルネットワークは複数のニューロン(図1(a))で構成され互いに結合している。ニューロンは多入力1出力の素子で、入力群をしきい値 θ によって2つに分離する動作をする。この分離の状態は結合荷重 ω_{ij} を変更することで自由に決定できるが入力群が複雑に分布している場合は結合荷重を変更しても分離不可能となる。(非線形分離不可能な状態)これは単独なニューロンの能力の限界である。しかし、ニューロンを階層状に結合し結合荷重を適切に決定することで複雑に分布する入力群も分離が可能となる。(図1(b))入力群をネットワークに提示して結合荷重を最適に決定することをネットワークの学習と呼ぶ。

2-2. 層構造を持つニューラルネットワークの問題点

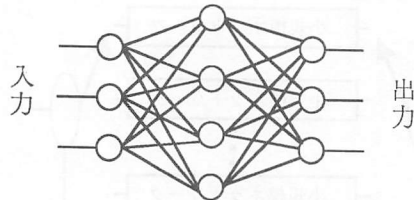
ニューラルネットワークの分離能力はニューロンの数に左右されその数が多いほど分離能力は大きくなる。しかし、ニューロンの数が多くなると学習時の結合荷重の変化に時間がかかり処理量も増大する。しかも、学習時に結合荷重の変化が停止する場合がある。これ

は、誤差エネルギーが最小になるように結合荷重を変更する学習アルゴリズムなので、局所的な最小点(ローカルミニマム)に陥ってしまった場合、抜け出ることができなくなるためである。この場合には結合荷重は最適値にはならない。

これらの問題は大規模なネットワーク程重大になる。



(a) ニューロンモデル



(b) ニューラルネットワーク

図1 ニューロンモデルとニューラルネットワーク

3. 機能分割型ニューラルネットワーク

3-1. 構造とアルゴリズム

ニューロンの数が少ない小規模ネットワークは前述の問題の発生頻度も少なくなるが入力群の分離能力に限界がある。そこで小規模ニューラルネットワークを複数用意し切り換えるようにすると、一つのネットワークで分離能力の限界が生じても切り換えて他のネットワークを使うことで限界を避けられるので大規模ネットワークと同等の能力を持つことになる。小規模ネットワークの切り換えには知的処理を用いる。ここではif~then~else形の処理を用いた。(図2)このネットワークを機能分割型ニューラルネットワークと呼ぶ。

3-2. 従来のネットワークとの比較

機能分割型ニューラルネットワークと従来の層構造を持つニューラルネットワークの動作の比較を示す。これは3つの要素が排他的に分布する入力群を分離する問題において、ニューラルネットワークの学習速度について比較した。学習速度はネットワークが収束する（入力をそれぞれ提示し正しい出力が得られる）までの学習回数を比較する。比較実験結果を図3に示す。機能分割型ニューラルネットワークの収束が早いことが明らかである。

4. シミュレーション

機能分割型ニューラルネットワークの制御系への応用の可能性をシミュレーションによって確かめた。

4-1. 実験方法

適用する制御系は簡単のために倒立振り子制御系を選んだ。これは既に状態フィードバック制御で完全に制御可能な問題で、その動作も明らかにされているため解析が容易と考えられるからである。

制御系におけるニューラルネットワークの学習方法はいくつか提案されているが、簡単のため一般化学習機構を用い教師信号として状態フィードバック制御の

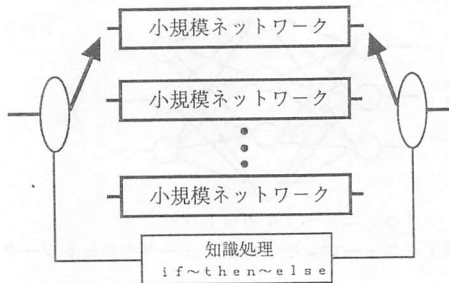


図2 機能分割型ニューラルネットワーク

フィードバック信号を用いた。（図4(a)）

比較のため従来の層構造を持つネットワークについても同様の実験を行った。

4-2. 実験結果

実験結果を図4(b)に示す。機能分割型ニューラルネットワークでは少ない学習回数で状態フィードバック制御とほぼ同等の制御が可能であった。層構造を持つニューラルネットワークは同じ学習回数では同等の制御が不可能であった。

5. まとめ

機能分割型ニューラルネットワークの制御系への応用を試みた。従来のネットワークに較べ学習回数および処理量が少なくとも十分に制御系への適用が可能なことを示した。今後、学習時における教師信号の与え方を考慮し、機能分割型ニューラルネットワークの汎化能力を検討する必要がある。

参考文献

- (1) "ニューラルネットワーク理論とその応用小特集", 電子情報通信学会誌, 73, 7

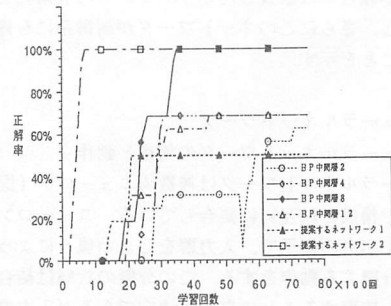
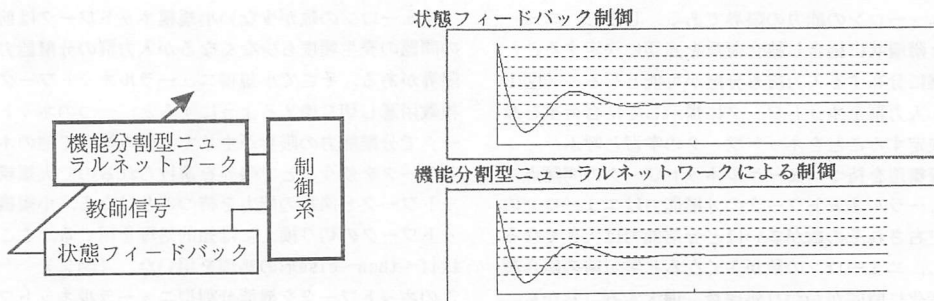


図3 学習回数と収束率



(a) 実験における教師信号の与え方 (b) シミュレーションによる制御力の変化の様子

図4 実験システムのブロック図とシミュレーション結果