

1E-7

フィードバック付き多層ニューラルネットワーク

古谷 立美 秋山 泰 田中敏雄 新田 徹

(電子技術総合研究所)

1. はじめに

本論文ではフィードバックリンクを持つ多層ニューラルネットワーク(以下、FMネットワークと略)を提案する。これは相互結合型の1種であるが、相互接続が限定されており、バックプロパゲーション(BP)学習が使える他、意図的に安定点を作り易いという特長がある。以下では、先ずFMネットワークの構成を示し、次に典型的な利用形態と学習法を示す。

2. フィードバックリンク付き多層ニューラルネットワーク

図1が、ここで提案するFMネットワークの基本形である。ネットワークは入力層、中間層、出力層よりなり、図1(a)の様に出力層から第1中間層(入力層に隣接する中間層)にフィードバックリンクを持つ。図1(b)は図1(a)と等価なネットワークであり、学習の説明を容易にするために使用する表現法である。即ち、入力層は“仮の入力ユニット部”と“真の入力ユニット部”の二つの部分よりなる。仮の入力ユニットは出力層の各ユニットに対応し、対応する出力ユニットから重み w_{11} でフィードバックを受ける。入力ユニットはしきい値を持たず、ただ入力値を中間ユニットに分配する働きをするだけなので、仮の入力ユニットは出力ユニットと共通にすることができる。そのため、仮の入力ユニットは省略することができ、図1(a)と等価になる。

このネットワークの学習法の基本は、先ず出力ユニットから“仮の入力ユニット”へのフィードバックリンク(点線)を取り除き、単なる多層ネットワークと考え、入力層(仮の入力ユニットと真の入力ユニット)と出力層に入出力パターンを与えてBP学習を行う。学習終了後、仮の入力ユニットの省略を行う。即ち、仮の入力ユニットから第一中間層へのリンクを出力層から第一中間層への直接接続に置き換える。具体的学習法は以下に示す。相互結合型ニューラルネットワークの動作法には、同期式と非同期式があるが、前者は発振を起こすことが多いため、以下では非同期動作を用いる。

3. 二つの典型的な利用形態と学習法

ここでは、FMネットワークの2つの典型的利用形態と学習法を示す。尚、以下では3層の多層ネットワークを例に用いる。

3.1 自己想起型連想メモリ

第1の利用形態は自己想起を行う連想メモリである。ネットワークの構造は図1から真の入力ユニットを取り去ったもので図2(a)の様なニューラルネットワーク(NN)になる。図2(a)では、フィードバックリンクを単純化して双方向矢印で示しているが、双方向矢印の重みは対称ではない。これを自己想起型連想メモリとして使う場合は、出力層のみを連想メモリのユニットと考え、ここに連想パターンを記憶させる。当然中間層もパターンの記憶に関与するが、あくまでも中間層は隠れ層で、連想メモリとして使う場合は出力ユニットのみからなるメモリとして使用する。自己想起型連想メモリでは学習した連想パターンの一部を与える(クランプする)と記憶したパターン全体を想起する。

この場合の学習は、先ず図2(b)のネットワークでフィードバックループを取り去り、記憶パターンを入力層と出力層に与えて(入力パターンと出力パターンは同じ)BP学習を行う。学習が済んだ後、仮の入力ユニットから中間層へのリンクを出力層から中間層のリンクに張り替えて学習が終わる。この様にしてできあがった図2(a)のネットワークは、相互結合を持ったNNで、学習パターンが安定点(ローカルミニマム)を作る。即ち、NNが安定点に引き込まれることを利用して自己想起を行う。学習パターンが安定点になることを調べるため、次に示す3つのNNについて学習の結果どのような安定点が出るかを調べた。

①中間、出力層とも15ユニット。

②中間層12、出力層15ユニット

③中間、出力共15ユニットであるが、各層5ユニットずつの3ブロックに分け、中間層から出力層への接続は同一ブロック内へ、出力層から中間層への接続は他のブロックのユニットにだけに限定したもの。

実験は3つのNNに“0”と“1”からなる10パターンを5組用意し学習させた。表1は5組の連想パターン(各組10パターン)に対して、様々な初期値からNNを動作させ安定点の数を調べたものである。この結果学習パターンは全て安定点となった。しかも学習パターン以外の安定点は非常に少ないことが分かる。図3は、自己想起力を求めたもので、上記の3つのNNに対し、記憶しているパターンの内何ビットを与えると全体の記憶パターンを想起出来るかを示している。この結果、15ビットの内6-7ビット与えると90%以上想起することが分かる。

3.2 中間出力間に相互結合を持つ多層ニューラルネットワーク

第2の利用形態は、普通の多層NNと同様な使い方、入力層にパターンを与え出力層に出力パターンを導くものである。このNNは各ユニットの初期値設定に、普通の多層NNの結果を利用することにより、強い引き込みを実現する。図4(a)がこの例で、普通の多層NNとの違いは、出力層から中間層にフィードバックがある点である。このネットワークの学習は、先ず図4(b)からフィードバックリンク(点線)を除いた多層NNに対してBP学習を行う。この時、学習に使う入力パターンは“真の入力へのパターン”と“仮の入力へのパターン”からなり、“真の入力への入力パターン”は図4(a)の入力に与えられる入力パターンであり、“仮の入力への入力パターン”は図4(a)の教師出力パターンと同じものである。この様にして学習した後、仮の入力ユニットから中間層へのリンクの重みを図4(a)の出力層から中間層への戻りリンクの重みにセットする。このNNはフィードバックがあるため、ユニットの初期値が結果に影響を与える。そのため強い引き込みを実現するには、起動時に各ユニットの初期値(活性値)をうまく与える必要がある。初期値の決め方は先ず、ここで用いるFMネットワークと別の、フィードバックの無い多層NN(以下Mネットワークと略)を用意し、FMネットワークに用いるものと同じ学習データでBP学習を行う。FMネットワークを動かす時は、先ずMネットワークにFMネットワークと同じ入力を与え出力ユニットの活性値を求め、これをFMネットワークの出力ユニットにセットする。次にFMネットワークに入力を与え、入力データと先に求めた出力ユニットの値から中間ユニットの初期値を決め、し

かる後にFMネットを非同期動作させ出力を求める。

引き込みの強さを調べる実験として、図4(a)のネットに各層10ユニットのNNに"0"と"1"からなる10のパターンを学習させた後、教師データと何ビットか異なる入力パターンを与え、学習データを正しく出力出来るかを調べた。図5がその結果で、横軸がテストデータと教師データとのビットの違い、即ちハミング距離であり、縦軸が学習データを正しく出力した割合である。図5の○-線がFMネットに初期値を上の方法でセットしたもの、-△-線はFMネットの初期値をランダムにセットしたもの、-□-線がフィードバックのない普通の多層ネットの結果である。これから、フィードバックのあるものが非常に強い引き込みを示すことが分かる。

4. おわりに

フィードバック付き多層NNを提案し、2つの典型的な利用形態と学習法を示した。このNNはBP学習が使える、安定点をかなり意図的に作り出せる。3.1節のネットワークは強い自己想起力を示し、3.2節の多層NNは強い引き込みを示した。FMネットは、3.1節の①②③に示した様に、様々な変型が可能で、今後様々な分野に利用できると考える。最後に本研究の機会を与えられた棟上情報アーキテクチャ部長に感謝致します。

文献

1. 古谷他、"バックプロパゲーションネットを相互接続したニューラルネットとその連想機能"、信学技法 NC90-37, 1990年10月

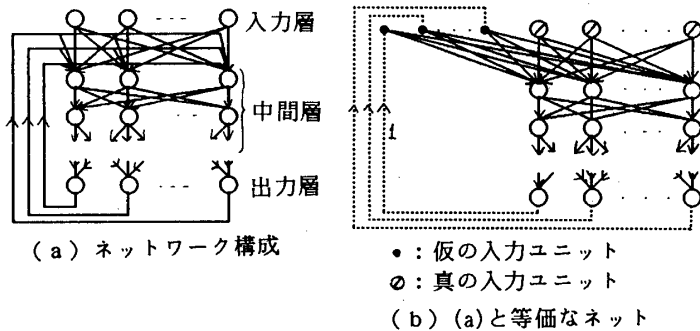


図1 FMネットの基本構成

表1 安定点(ローカルミニマム)の数

パターン組	1	2	3	4	5
①のNN	13	13	16	14	16
②のNN	11	18	22	14	12
③のNN	10	10	12	10	12

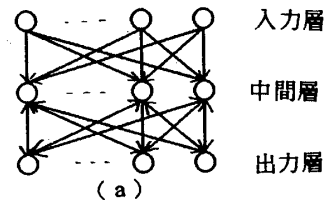


図2 自己想起型連想メモリ

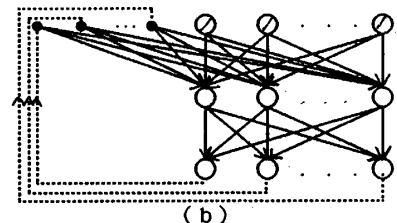


図4 引き込みの強いニューラルネット

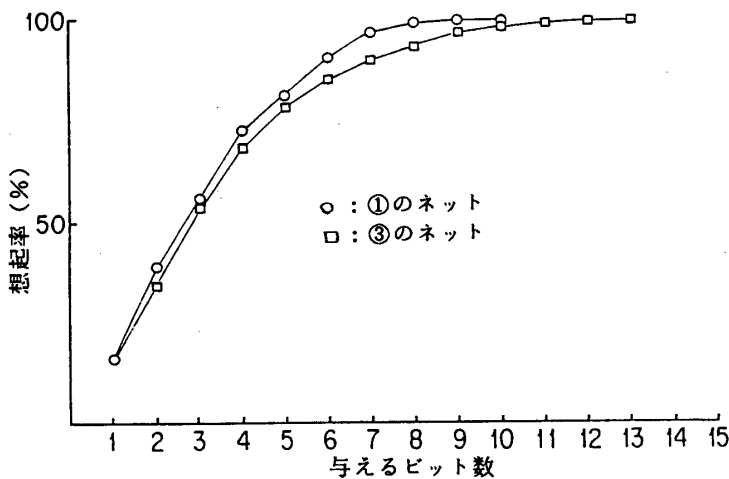


図3 自己想起力

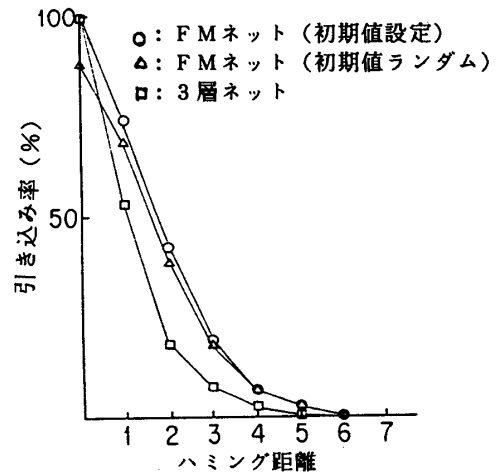


図5 引き込みの強さ