

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 ( A )

(11)特許出願公開番号

特開平5-46582

(43)公開日 平成5年(1993)2月26日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/18		8945-5L		
G 0 6 G 7/60		7368-5B		

審査請求 未請求 請求項の数2(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平3-203057

(22)出願日 平成3年(1991)8月13日

(71)出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(72)発明者 上田 智章

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

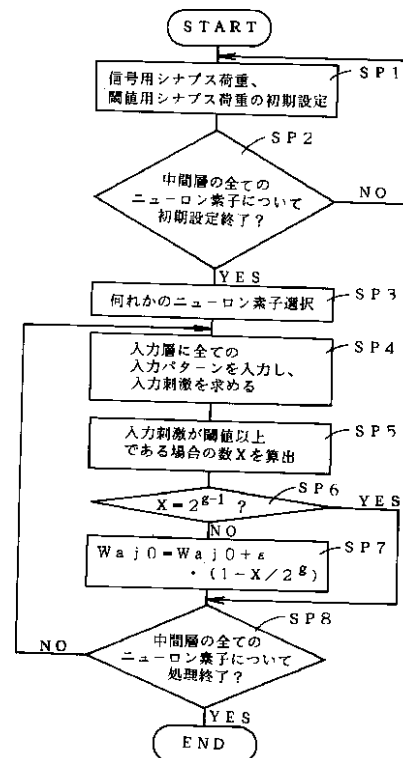
(74)代理人 弁理士 津川 友士

(54)【発明の名称】 ニューラル・ネットワーク

(57)【要約】

【目的】 ニューラル・ネットワークのニューロン素子利用効率の向上に伴う学習時間の短縮

【構成】 パーセプトロン構造のニューラル・ネットワークの中間層のニューロン素子の信号入力用のシナプス荷重を乱数に基づいて初期設定し、閾値設定用のシナプス荷重を出力情報エントロピーが最大になる値に初期設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の入力信号にそれぞれ対応するシナプス荷重を乗算して加算し、閾値との大小に対応する信号を出力するニューロン素子 $(s_i)(a_j)(r_k)$ を複数個有しているとともに、少なくとも一部のニューロン素子 $(a_j)(r_k)$ が他のニューロン素子 $(s_i)(a_j)$ からの出力信号を入力信号として受取るべく接続されてなり、しかも外部に出力される処理結果信号と教師信号との差信号に基づいてニューロン素子 $(a_j)(r_k)$ のシナプス荷重が変化されるニューラル・ネットワークにおいて、各ニューロン素子 $(a_j)$ の複数の入力信号に対応するシナプス荷重が任意に初期設定されているとともに、閾値に対応するシナプス荷重が、エントロピーが最大になる所定値に初期設定されていることを特徴とするニューラル・ネットワーク。

【請求項2】 ニューロン素子 $(a_j)$ が加算値と閾値との大小に対応する2値信号を出力するものである請求項1に記載のニューラル・ネットワーク。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【従来の技術】この発明は複数のニューロン素子同士を互に接続して閾値処理を行ない、外部に出力される処理結果信号と教師信号との差に基づいて各ニューロン素子のシナプス荷重を上記差が小さくなるように変化させるべく学習を行なうニューラル・ネットワークに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来からニューラル・ネットワークとして、パーセプトロン構造のもの、連想型構造のもの等が提案されている。図3はパーセプトロン構造のニューラル・ネットワークの構成を概略的に示す図であり、入力パターンとしての外部信号を入力とするL個のニューロン素子を有する入力層Sと、処理結果信号を出力するN個のニューロン素子を有する出力層Rと、M個のニューロン素子を有し、入力層Sと出力層Rとの間に設けられた中間層Aとから構成されている。そして、入力層Sの各ニューロン素子が中間層Aの全てのニューロン素子と接続されているとともに、中間層Aの各ニューロン素子が出力層Rの全てのニューロン素子と接続されている。また、中間層Aのニューロン素子は入力層Sの全てのニューロン素子とシナプス結合され、出力層Rの各ニューロン素子も中間層Aの全てのニューロン素子とシナプス結合されており、しかも中間層Aの各ニューロン素子の閾値に対応するシナプス荷重が学習により変化されるとともに、出力層Rの各ニューロン素子の入力信号に対応するシナプス荷重が学習により変化されるようにしている。

【0003】したがって、学習初期にはシナプス荷重が適正值ではない可能性が高いのであるから出力信号が教師信号と大巾に異なっているが、学習回数の増加に伴って各シナプス荷重が適正值に近づき、出力信号が教師

信号に近づく。この結果、十分な学習を行なわせたニューラル・ネットワークに任意の入力パターンを与えるだけで所期の出力信号が得られるようになる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来のニューラル・ネットワークにおいては、各ニューロン素子の入力信号に対応するシナプス荷重および閾値に対応するシナプス荷重を初期設定する場合に乱数を用いているのであるから、閾値に該当するシナプス荷重を乗算して得られる閾値が入力信号に対応する各シナプス荷重に比して十分大きな値となる場合、または十分小さい値となる場合がある。そして、閾値が各シナプス荷重に対して十分大きい値をとれば、該当するニューロン素子の出力が通常の学習継続回数に拘らず常に0になってしまい、逆に、閾値が各シナプス荷重に対して十分小さい値をとれば、該当するニューロン素子の出力が通常の学習継続回数に拘らず常に1になってしまう。したがって、該当するニューロン素子は入力パターンの変化に対応する出力信号の変化には全く寄与しないことになる。この結果、該当するニューロン素子の数だけニューロン素子が少ないニューラル・ネットワークと同様にしか機能し得ず、処理精度の低下、学習効率の低下を招いてしまうという不都合がある。さらに、シナプス荷重を乱数によって初期設定するのであるから、該当するニューロン素子の数を予測することが全くできないので、上述の不都合を解消することができず、したがって、ある程度該当するニューロン素子が存在していても十分な処理精度を達成できるようにニューロン素子を増加させることが考えられるが、ニューロン素子の増加に伴って学習所要時間が著しく長くなってしまふ。

【0005】以上には中間層が1層だけの単純パーセプトロン構造のニューラル・ネットワークのみについて説明したが、中間層が2層以上のパーセプトロン構造のニューラル・ネットワーク、連想型構造のニューラル・ネットワーク等についても同様の不都合が生じる。

## 【0006】

【発明の目的】この発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、通常の学習継続回数に拘らず出力が常に所定値になるニューロン素子を殆ど皆無にできる新規なニューラル・ネットワークを提供することを目的としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための請求項1のニューラル・ネットワークは、ニューラル・ネットワークを構成する各ニューロン素子の複数の入力信号に対応するシナプス荷重が任意に初期設定されているとともに、閾値に対応するシナプス荷重が、エントロピーが最大になる所定値に初期設定されている。

【0008】請求項2のニューラル・ネットワークは、ニューロン素子が加算値と閾値との大小に対応する2値

信号を出力するものである。

【0009】

【作用】請求項1のニューラル・ネットワークであれば、入力パターンに基づいて得られる出力信号と教師信号との差信号を各ニューロン素子にフィードバックしてシナプス荷重を変化させることによりニューラル・ネットワークの学習を行なう場合に、各ニューロン素子の複数の入力信号に対応するシナプス荷重は乱数等に基づいて任意に初期設定されていても、閾値に対応するシナプス荷重が、エントロピーが最大になる所定値に初期設定されているのであるから、ある程度の学習を行なわせることにより殆ど全てのニューロン素子が入力パターンの変化に対応する出力信号の変化に寄与することになる。したがって、ニューロン素子の数が同じであれば従来のニューラル・ネットワークと比較して学習回数を著しく少なくでき、従来のニューラル・ネットワークと同程度の処理精度のニューラル・ネットワークを構成するために必要なニューロン素子の数を著しく少なくできる。

【0010】請求項2のニューラル・ネットワークであれば、各ニューロン素子が2値信号を出力するのであるから、エントロピーが最大になる閾値、即ち、閾値に対応するシナプス荷重を簡単に算出でき、ニューラル・ネットワークの初期設定作業を著しく簡素化できる。

【0011】

【実施例】以下、実施例を示す添付図面によって詳細に説明する。図3はこの発明のニューラル・ネットワークの一実施例を示す単純パーセプトロン構造のニューラル・ネットワークの構成を示す概略図であり、入力パターンとしての外部信号を入力とするL個のニューロン素子  $s_1, s_2, \dots, s_L$  を有する入力層Sと、処理結果信号を出力するN個のニューロン素子  $r_1, r_2, \dots, r_N$  を有する出力層Rと、M個のニューロン素子  $a_1, a_2, \dots, a_M$  を有し、入力層Sと出力層Rとの間に設けられた中間層Aとから構成されている。そして、入力層Sの各ニューロン素子  $s_i$  が中間層Aの全てのニューロン素子  $a_1, a_2, \dots, a_M$  と接続されているとともに、中間層Aの各ニューロン素子  $a_j$  が出力層Rの全てのニューロン素子  $r_1, r_2, \dots, r_N$  と接続されている。また、中間層Aのニューロン素子  $a_j$  は入力層Sの全てのニューロン素子  $s_1, s_2, \dots, s_L$  とシナプス結合され、出力層Rの各ニューロン素子  $r_k$  も中間層Aの全てのニューロン素子  $a_1, a_2, \dots, a_M$  とシナプス結合されており、しかも中間層Aの各ニューロン素子  $a_j$  の閾値に対応するシナプス荷重  $W_{aj0}$  が学習により変化されるとともに、出力層Rの各ニューロン素子  $r_k$  の入力信号に対応するシナプス荷重  $W_{rkj}$  が学習により変化されるようにしている。

【0012】図2は中間層Aのニューロン素子  $a_j$  の構成を示す概略図であり、シナプス荷重  $W_{ajj}$  を入力信

号に乗算する信号用シナプス結合部  $SC_{jj}$  およびシナプス荷重  $W_{aj0}$  を閾値に乗算する閾値用シナプス結合部  $SC_{j0}$  を有しているとともに、信号用シナプス結合部からの入力信号を加算して加算値と閾値用シナプス結合部からの閾値との大小に対応して2値信号を出力する閾値ユニットTHを有している。そして、信号用シナプス結合部  $SC_{jj}$  のシナプス荷重  $W_{ajj}$  が乱数に基づいてランダムに初期設定されているとともに、閾値用シナプス結合部  $SC_{j0}$  のシナプス荷重  $W_{aj0}$  が、情報エントロピーが最大になるように初期設定されている。尚、閾値用シナプス結合部  $SC_{j0}$  には定数 “ - 1 ” が供給されている。

【0013】図1は中間層Aのニューロン素子  $a_j$  に対するシナプス荷重の初期設定処理を説明するフローチャートであり、ステップSP1において乱数を用いてニューロン素子  $a_j$  の全ての信号用シナプス荷重  $W_{ajj}$  および閾値用シナプス荷重  $W_{aj0}$  を設定し、ステップSP2において中間層Aの全てのニューロン素子  $a_j$  について設定処理が行なわれたと判別されるまでステップSP1の処理を反復する。ステップSP2において全てのニューロン素子  $a_j$  について設定処理が行なわれたと判別された場合には、ステップSP3において何れかのニューロン素子  $a_j$  を選択し、ステップSP4において入力層Sに全ての入力パターンを入力し、各入力パターン毎に数1の演算を行なって入力刺激  $I_{pj}$  を求める。但し、 $O_{psj}$  は入力層Sのニューロン素子  $s_j$  の出力を、 $g$  は入力パターンのみを示す。

【0014】

【数1】

$$I_{pj} = \sum_{j=1}^g W_{ajj} \cdot O_{psj}$$

次いで、ステップSP5において数2の演算を行なって入力刺激  $I_{pj}$  が閾値  $W_{aj0}$  以上である場合の数  $X$  を算出する。但し、 $u(x)$  は  $x \geq 0$  の場合に1となり、 $x < 0$  の場合に0となる単位関数である。

【0015】

【数2】

$$X = \sum_{p=1}^g u(I_{pj} - W_{aj0})$$

そして、ステップSP6において、算出された場合の数  $X$  が  $2^{g-1}$  (但し、 $g$  は入力層Sから出力される事象の数を示している) と等しいか否かを判別し、等しくないとは判別された場合には、ステップSP7において次の演算を行なって閾値用シナプス荷重  $W_{aj0}$  を補正する。

$$W_{aj0} = W_{aj0} + (1 - X / 2^g)$$

ここで、 $\alpha$  とは荷重の収束速度および安定性に影響を及ぼすパラメータであり、微小な正の数に設定される。

【0016】ステップSP6において  $X = 2^{g-1}$  と判別

された場合、またはステップSP7の処理が行なわれた後は、ステップSP8において中間層Aの全てのニューロン素子に対して初期設定処理が行なわれたか否かを判別し、初期設定処理が全てのニューロン素子について行なわれた場合にはそのまま初期設定処理を終了する。逆に、初期設定が行なわれていないニューロン素子が存在している場合には、ステップSP9において該当するニューロン素子の何れかを選択し、再びステップSP4の\*

$$H(p_1, p_2, \dots, p_g) = - \sum_{i=1}^g p_i \cdot \log_2 p_i$$

また、この実施例において採用されているニューロン素子は“0”と“1”の2つの事象を生起するので、それぞれの生起確率をそれぞれ $p_{01}$ 、 $p_{00}$ とすれば、  
 $p_{01} = 1 - p_{00}$   
 が成立し、 $p = p_{01}$ として情報エントロピー $H(p)$ を図示すれば図4に示すとおりになり、 $p = 1/2$ の場合、即ち $p_{01} = p_{00} = 1/2$ の場合に情報エントロ

$$P_{aj1} = (1/2^g) \sum_{P=1}^g u \left( \sum_{J=0}^g W_{ajJ} \cdot O_{psj} \right)$$

したがって、数5が成立する閾値用シナプス荷重 $W_{aj0}$ を算出することにより情報エントロピーを最大にできる。

$$\sum_{P=1}^g u \left( \sum_{J=0}^g W_{ajJ} \cdot O_{psj} \right) = 2^g - 1$$

上記実施例はこの知見と一致しており、閾値用シナプス荷重 $W_{aj0}$ を情報エントロピーが最大になるように初期設定できていることが分る。図5は上記実施例に基づくニューラル・ネットワークの中間層Aのニューロン素子数と学習回数との関係を示す図であり、図4中に破線で示す従来のニューラル・ネットワークの場合と比較して、中間層Aのニューロン素子数が同一であれば学習回数を1/3以下にできたことが分る。

【0022】また、入力パターンに対して反応しないニューロン素子を殆ど皆無にできるのであるから、中間層Aのニューロン素子の数を従来のニューロン素子数の1/2程度にまで減少させることが可能であり、この場合にも同程度の処理能力を達成できる。また、以上の実施例は各ニューロン素子が2値信号を出力する場合について説明しているので、情報エントロピーを最大にする閾値用シナプス荷重を簡単に得ることができている。

【0023】尚、この発明は上記の実施例に限定されるものではなく、例えば、複数の中間層を有するニューラル・ネットワーク、連想型のニューラル・ネットワーク等に適用することが可能であるほか、バックプロパゲーション則に基づく学習を行なうニューラル・ネットワークの学習速度の高速化に適用することが可能であり、そ

\* 処理を行なう。

【0017】さらに詳細に説明すると、入力層Sから出力される事象の数が $g$ 通りあり、それぞれの生起確率が $p_1, p_2, \dots, p_g$ である場合のエントロピーは数3で与えられる。

【0018】

【数3】

ピーが最大値をとる。

【0019】ここで、入力層SのL個のニューロン素子に全ての入力パターンが等確率で入力される場合に中間層Aのニューロン素子 $a_j$ の出力が“1”となる確率 $P_{aj1}$ は数4で与えられる。

【0020】

【数4】

【0021】

【数5】

30 他、この発明の要旨を変更しない範囲内において種々の設計変更を施すことが可能である。

【0024】

【発明の効果】請求項1の発明は、ニューロン素子の数が同じであれば従来のニューラル・ネットワークと比較して学習回数を著しく少なくでき、従来のニューラル・ネットワークと同程度の処理精度のニューラル・ネットワークを構成するために必要なニューロン素子の数を著しく少なくできるという特有の効果奏する。

40 【0025】請求項2の発明は、エントロピーが最大になる閾値、即ち、閾値に対応するシナプス荷重を簡単に算出でき、ニューラル・ネットワークの初期設定作業を著しく簡素化できるという特有の効果奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】中間層のニューロン素子に対するシナプス荷重の初期設定処理を説明するフローチャートである。

【図2】中間層のニューロン素子の構成を示す概略図である。

【図3】この発明のニューラル・ネットワークの一実施例を示す単純パーセプトロン構造のニューラル・ネットワークの構成を示す概略図である。

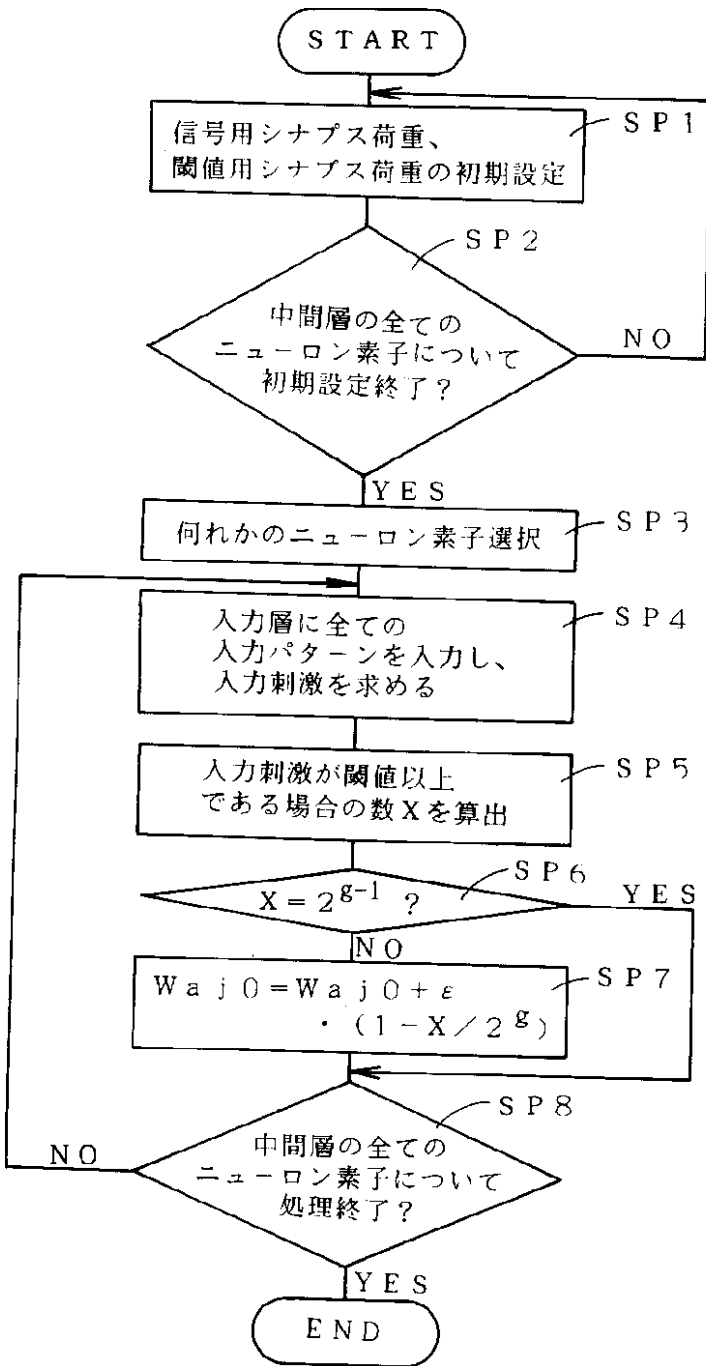
50 【図4】情報エントロピーの変化を示す図である。

【図5】中間層のニューロン素子数と学習回数との関係を説明する図である。

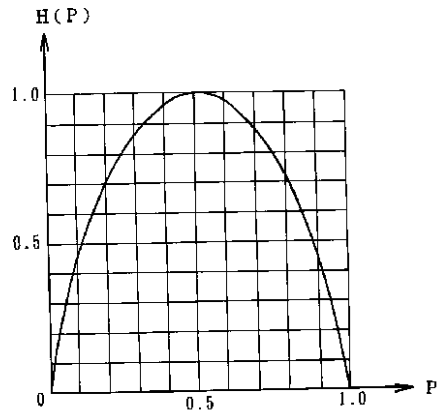
\* 【符号の説明】

\*  $s_i, a_j, r_k$  ニューロン素子

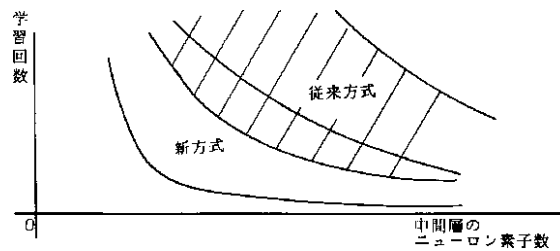
【図1】



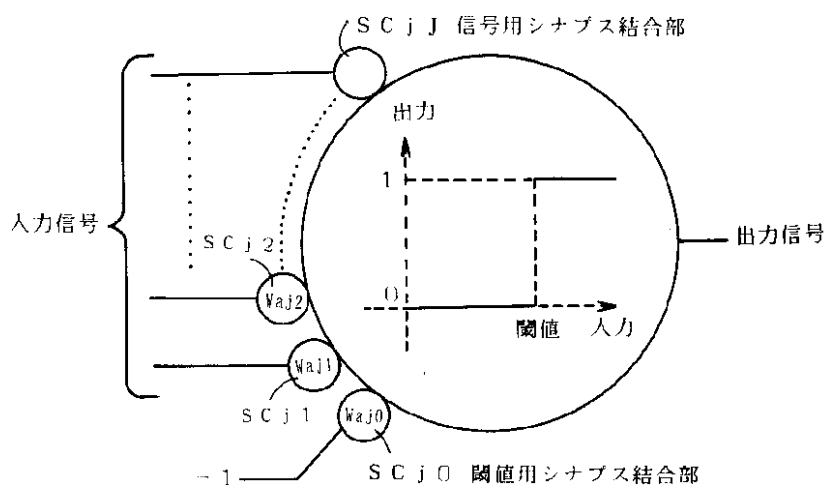
【図4】



【図5】



【図2】



【図3】

