回転パターンに対する BP ネットワークの汎化能力に関する実験

正員 須崎 健一 (福岡工大) 正員 中村 良三 (熊本大)

正員 荒屋 真二 (福岡工大)

An Experiment on Generalization of BP-Network in Rotated Patterns

Kenichi Suzuki, Member, Shinji Araya, Member (Fukuoka Institute of Technology), Ryozo Nakamura, Member (Kumamoto University)

キーワード：ニューラルネットワーク，回転パターン，パターン認識，誤差逆伝播法

1. まえがき

最近、ニューラルネットワークによる回転文字認識に関する研究が多く報告されている。ニューラルネットは、もしパターンが極座標で表現できれば、任意の回転も簡単に適用できる。また、正方メッシュで表現された回転パターンでも、数学的な前処理を施し、回転に不変な特徴量を抽出し、それをネットに記憶できれば可能である⁽¹⁾。更に、3層誤差逆伝播(BP)ネットを工夫することで、訓練パターン数(学習負荷)が減り、かつ前処理も不要になれば、なおさら便利である。なぜなら、通常の3層BPネットでは、任意の回転を認識させるには、すべての回転パターンを用意し学習させなければならないからである。これは膨大な学習時間やネット規模を要し、現実性に欠ける。このような理由から、3層BPネットによる任意の回転パターンに対する認識特性は系統的には明らかにされていなかった。しかし、できるだけ回転パターンの学習負荷を軽減させたり⁽²⁾、あるいは基本パターンだけの学習で任意の回転パターンも認識可能なネットモデル⁽³⁾の実現を行うならば、任意の回転パターンに対する認識特性が重要になる。このような背景から、本レターは、任意の回転パターンに対する汎化力を明示化する。また、ここで得られた結果は上記の新しいネットモデルの設計に対する指針的役割も果たす。

2. 実験の目的と内容

実験で用いたニューラルネットは、通常の3層BPネットである。実験の目的は、すべての回転パターンを認識するには、何度ごとの回転パターンを学習させればよいかを求めることである。この回転角度を求めるための手順として、次の実験を行った。

〈実験1〉 基本パターンだけの学習で、左右何度までの回転パターンなら認識できるかについて検討する。これにより、回転に対する汎化能力が明らかにされる。

この回転角度が大きいくほど、学習負荷が軽減される。

〈実験2〉 実験1で得られた回転角度を基に、何度ごとの回転パターンを同じカテゴリーとして学習させれば、その間の回転パターンが認識可能かについて考察する。これにより、両側の回転パターンを学習させた場合の内挿効果が明らかにされる。

実験1では英字26文字の基本パターンを学習させ、その中の任意の5文字を、左右に回転させたパターンを認識させた。実験2では、もし回転角度が10度とすると、1文字でも36個の回転パターンを学習させることになる。文字数が多くなれば膨大な訓練パターンを要する。従って、任意の3文字の回転パターンを三つのカテゴリーとして学習させた。

また、実験で用いたパターンは英字フォントに、 $N \times N$ の正方メッシュをかけ、1メッシュあたりに占める面積比に応じて多値化(M)した。実験では、 N と M の値が回転角度に与える影響も調べるために、 N を15, 20, 25, 30とし、それぞれの N に対して、 M を2, 5, 10値化として与えた。

実験はニューラルネットワークシミュレータSun Netを用いてS-4/LC上で行った。なお、各実験とも、正しく認識すべき出力ユニットに最大値が現れた場合を認識、そうでない場合を誤認識したと判定した。また、学習の完了判定は全訓練パターンに対して平均誤差二乗が0.001以下に達したときとした。

3. 実験結果と考察

実験1の認識結果を図1(a)~(c)に示す。同図の認識率は、ネットの初期値を5回変更して得られた値の平均である。まず、 M に注目する。この値が小さいほど、文字パターンは、ある回転角度までは隣接するメッシュに移動しないため、回転前後のパターンの重なりに変化はない。しかし、それ以上の回転を受けると、大きく移動する。特に、2値化では左右5度付

図 1 左右の回転パターンと認識率の関係
Fig. 1. Relationship between rotated patterns on either side and recognition rate.

図 2 5 度ごとの回転パターンの出力結果
Fig. 2. The results of output of rotated patterns at 5° intervals.

図 3 回転角度ごとの学習と認識率の関係
Fig. 3. Relationship between recognition rate and learning at intervals of rotation angles.

近にパターンの移動が生じ、汎化力が弱まり認識率は低下した。 M が大きいと、わずかな回転でもパターンは移動するが、左右 5 度付近までは回転前後のパターン間の重なりは大きいので、ほぼ 100% の認識率が得られる。

次に N に着目する。回転角が大きくなればいずれの N でも認識率にばらつきが出てくる。これは基本パターンと回転したパターン間の重なり具合にばらつきが出てきたためである。従って、実験で採用した N 程度では認識率に対する影響はほとんどなかった。

実験 2 では実験 1 の結果を基に、高い認識率が得られた 5 度回転の 2 倍角の 10 度ごとと、比較のため 20, 30, 40, 90 度ごとの回転パターンを学習させた。 N と M の値は、実験 1 の結果を基に 20 と 5 とした。図 2 は、各文字の 10 度ごとの回転パターンを学習させ、その間の回転パターンを認識させたときの出力値である。すべての回転に対してほぼ 1 に近い出力が得られている。そのときの認識率を表したものが図 3 で

ある。10 度回転以上の学習になれば、徐々に認識率は低下する。

4. む す び

以上の実験から、任意に回転したパターンを認識するには、パターンの値を 5 値化以上で、10 度ごとの回転パターンを同じカテゴリーとして学習させればよいことがわかった。今後は、本研究で得られた結果を基に、10 度ごとの回転パターンを自動生成し、任意の回転も認識できるネットモデル⁽²⁾と、基本パターンの学習で得られた結果をある規則に基づいて複写し、任意の回転パターンも認識できるネットモデル⁽³⁾を構築する予定である。

なお、本研究は平成 4 年度文部省科学研究費の補助によった。(平成 4 年 12 月 24 日受付)

文 献

- (1) 勘解由・大西・杉江：信学論，J75-D-II，1900 (平 4-11)
- (2) 須崎・荒屋・中村：電学論 C，112，561 (平 4-9)
- (3) K. Suzuki, S. Araya & R. Nakamura: Proc. IFIP 12th World Computer Congress, Vol. 1, 667 (1992)

須 崎 健 一 (正員) (写真省略)

昭和 52 年電機大学院修士課程修了。現在、福岡工大助教授。

荒 屋 真 二 (正員) (写真省略)

昭和 47 年東北大学工学部通信工学科卒業。現在、福岡工大教授。工学博士。57 年電気学会論文賞受賞。

中 村 良 三 (正員) (写真省略)

昭和 43 年熊本大学大学院電気工学専攻修士課程修了。現在、熊本大学教授。工学博士。