

## 3J-5

## Back-propagation学習アルゴリズムによる方向性テンプレートの生成

広井 聡 幸      渡辺 敏 郎  
ソニー株式会社    情報処理研究所

## はじめに

階層構造を持った神経回路網における教師付き学習の一手法であるBack-propagation学習アルゴリズム〔1〕を用いて線分認識を行ったところ、中間層に方向性テンプレートを自動生成することが出来たのでここに報告する。Back-propagation法は教示信号と出力信号間の2乗誤差を最急降下法により極小にすることを原理とする。近年これを用いた画像認識に関する研究が盛んに行われつつあるが〔2〕〔3〕位置ずれや未知パターンに対し弱く、特に前処理を行わず直接画像を入力したものはその傾向が強いと思われる〔2〕。そこで今回画像認識において簡単かつ基本的な位置ずれによらない線分認識をNWS-830上でシミュレーションにより行ったところ、学習パターンを適当に選ぶことにより方向性テンプレートの生成と未知パターンに対する正解率の向上を見ることが出来た。

## 実験の方法

ここでは不十分な学習パターンによりうまく行かなかった例 Sim.Aと適切な学習パターンによりうまく行った例 Sim.Bを述べる。構成は図1とし、各出力セルを各線分方向に割り当てる。

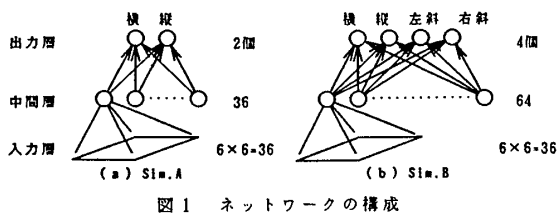


図1 ネットワークの構成

尚、活性関数は

$$\{1 + \exp(-(\sum w_{ji} o_{pi} - \theta_j))\}^{-1} \quad \text{--- (1)}$$

とし〔1〕しきい値 $\theta_j$ は5と固定した。層間のコネクションはSim.Aでは完全とし、Sim.B

では1個の隠れセルから3×3の入力セル、1個の出力セルから専属の16個の隠れセル、及び完全コネクションと組み合わせて行った。入力パターンはバイナリーデータを用いて Sim.A では1×6ドットの横線及び縦線とし、また Sim.B では1×3ドットの横、縦、左斜め、右斜め線として Sim.A、Sim.B共に各々はみ出ない範囲で位置ずれを施したものとした。これより Sim.A で12パターン、Sim.B で64パターン得られるが、このうち中央の横線、縦線2パターンを未知パターンとして各々除き、残りを学習パターンとした。尚、重みの変更は全パターンの呈示1スイープ毎に行った。

## 結果

Sim.Aでは学習終了後、未知パターンに対し全く逆に応答した。Sim.Bでは特に入力-隠れ層間を完全コネクションにした場合に長いテンプレートが出来（図5）、未知パターンに対し高い正解率を示した（表1）。また入力-隠れ層間の重みの初期値を定数よりも乱数にした方がテンプレートの形がはっきり現れた。次に Sim.B で1×4ドットの線分36種をテストパターンとしたところ表1のように高い正解率を示した。基本的にネットワークはAND-OR構造に組織化したが、図5の左斜めの出力セルのように負のリンクにより不必要なパターンを除外する方法をとるものも現われた。以上のように学習パターンの選定は重要であり、また完全コネクションからでも学習パターンの次元（2次元）を内容に組織化する可能性が示された。またテンプレートに並行に負のリンクが出来（図4、5）エッジ検出機構が発生する可能性も示された。

最後に本研究の機会を与えてくださった小寺部長に感謝いたします。

## 参考文献

- (1) D.Rumelhart, J.McClelland, et al  
"Parallel Distributed Processing",  
Vol.1,1986,The MIT Press
- (2) 緑川博子: "バックプロパゲーション  
による顔画像認識の一考察", 情報学  
会第36回全国大会, 1988, pp1881-1882
- (3) 森吉弘 他: "PDP モデルによる手書き漢  
字認識", 1988/3, 信学技報, pp407-414

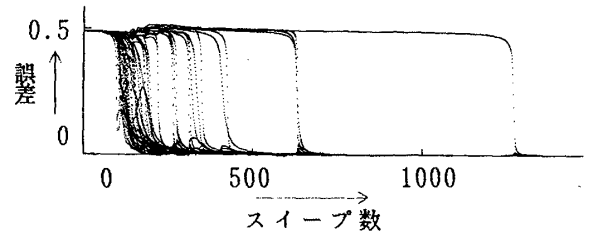


図2 各パタンの2乗誤差の変化  
(Sim.B, test.D (表1))

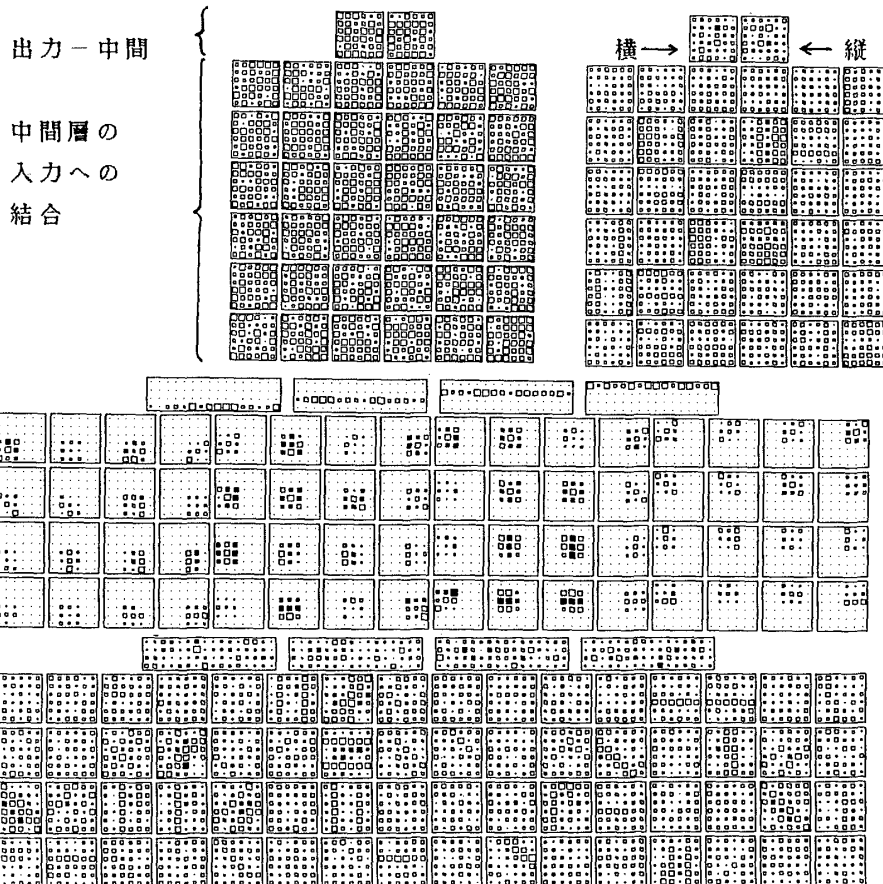


図3

Sim.Aでの重みの変化  
左(a):初期状態(乱数)  
左(b):学習終了後  
重みの大きさは面積に  
比例する  
黒は負のリンクを表す

図4

Sim.B, test.A (表1)  
の学習終了時の重み  
(上段の4個の出力セル  
は左より横、縦、左斜  
め、右斜めに対応)

図5

Sim.B, test.K (表1)  
の学習終了時の重み

| 実 験    | パラメータ    |          |          |          | 学習結果                     | テストパターンでの結果          |   |                   |        |                       |                   |       |   |   |   |       |       |
|--------|----------|----------|----------|----------|--------------------------|----------------------|---|-------------------|--------|-----------------------|-------------------|-------|---|---|---|-------|-------|
|        | コネクション   |          | 重みの初期値   |          | 学習出来なかったパタンの数            | 1×3ドット<br>未知パタン (2種) |   |                   |        | 1×4ドット<br>未知パタン (36種) |                   |       |   |   |   |       |       |
|        | 中間<br>入力 | 出力<br>中間 | 中間<br>入力 | 出力<br>中間 | 学習終了<br>までの<br>マイ<br>ーブ数 | 間違えた回数               |   | 〜E <sub>p</sub> 〜 | 間違えた回数 |                       | 〜E <sub>p</sub> 〜 |       |   |   |   |       |       |
|        |          |          |          |          |                          | 横                    | 縦 |                   | 横      | 縦                     |                   |       |   |   |   |       |       |
| test.A | 3x3      | 16x1     | [0-1]    | [0-1]    | 1                        | ng(1600)             | 1 | 0                 | 0      | 0                     | 0.087             | 0     | 0 | 0 | 0 | 0.002 |       |
| test.B | 3x3      | 16x1     | [0-2]    | [0-2]    | 1                        | ng(800)              | 0 | 1                 | 0      | 0                     | 0                 | 0.107 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0.003 |
| test.C | 3x3      | all      | [0-1]    | 1        | 0                        | 893                  | 1 | 1                 | 0      | 0                     | 1                 | 0.177 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0.006 |
| test.D | 3x3      | all      | [0-1]    | [0-1]    | 0                        | 1279                 | 0 | 0                 | 1      | 0                     | 0                 | 0.133 | 0 | 0 | 2 | 1     | 0.031 |
| test.E | 3x3      | all      | 1        | [0-1]    | 0                        | 523                  | 1 | 2                 | 0      | 0                     | 1                 | 0.572 | 1 | 2 | 0 | 0     | 0.031 |
| test.F | all      | 16x1     | [0-1]    | [0-1]    | 0                        | 323                  | 0 | 0                 | 0      | 0                     | 0                 | 0.011 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0.030 |
| test.G | all      | 16x1     | [0-2]    | [0-2]    | 0                        | 44                   | 0 | 0                 | 0      | 1                     | 0                 | 0.188 | 3 | 3 | 5 | 5     | 0.157 |
| test.H | all      | 16x1     | [0-2]    | 1        | 0                        | 78                   | 0 | 0                 | 0      | 0                     | 0                 | 0.043 | 1 | 2 | 0 | 1     | 0.078 |
| test.I | all      | 16x1     | [0-1]    | 1        | 0                        | 245                  | 0 | 0                 | 0      | 0                     | 0                 | 0.009 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0.035 |
| test.J | all      | all      | [0-1]    | 1        | 0                        | 325                  | 0 | 0                 | 0      | 0                     | 0                 | 0.002 | 0 | 0 | 1 | 2     | 0.029 |
| test.K | all      | all      | [0-1]    | [0-1]    | 0                        | 166                  | 0 | 0                 | 0      | 0                     | 0                 | 0.063 | 0 | 1 | 2 | 2     | 0.058 |
| test.L | all      | all      | 1        | [0-1]    | 0                        | 765                  | 0 | 0                 | 0      | 0                     | 0                 | 0.010 | 2 | 1 | 3 | 2     | 0.092 |

"3x3"は1つの隠れセルから3x3=9個の入力セルへのリンクに制限した場合

"16x1"は1つの出力セルから16個の隠れセルへのリンクに制限した場合

"all"は層間で完全コネクションとした場合

[0-1]は乱数の範囲を表す

ngは学習パターンを全部学習できなかった事を表す

間違った回数とは各出力セルの出力において0.5を境界として数える

$U_{max}$ とは最大値をとった出力セルが正しくなかった回数

$\bar{E}_p$ は2乗誤差の平均値

表1

Sim.Bにおいて層間  
のコネクション構造、  
重みの初期値を変え  
た場合の学習結果と  
テストパターンに対す  
る応答