

H-030

## 汚れ・劣化文字を認識するニューラルネットワーク

## A Neural Network for Recognizing Fouling and Deterioration Character

徳永 昌彦† 井上 充裕† 小林 誠† 須崎 健一†  
Tokunaga Masahiko Inoue Mitsuhiro Kobayashi Makoto Suzaki Kenichi

## 1. まえがき

明瞭に印刷された文字と比較して、汚れ・劣化した文字は文字パターンが変わってしまうため、認識することは困難である。しかし、文字認識の立場ではどのような文字でも認識できることが望まれる。最近のプリンターは明瞭に印刷されているが、インク切れなどにより劣化した文字またはインクしみによる文字上の横線なども見受けられる。このような低品質文字認識には統計的手法を取り入れた認識システム[1]などが報告されている。しかし、ニューラルネットワークによる報告は少ない。

本稿は、基本文字だけの学習で汚れ・劣化文字も認識できる複写型[2]のニューラルネットワークを提案する。実験を通して、提案ネットの有効性について述べる。

## 2. 提案ネットと学習認識法

複写型のニューラルネットワークとは、図1に示すように通常の3層BP (誤差逆伝播法) ネットの一部(点線内)を用いて、基本文字だけを学習し、得られた重みとバイアスを未使用部分のネットにある規則に基づいて複写し、ネット全体で汚れ・劣化文字を認識するものである。

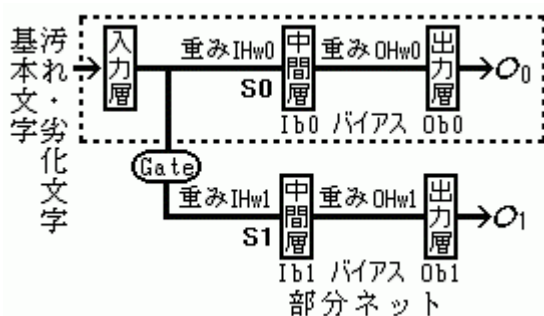


図1. 提案ネット構造



図2. 汚れ・劣化文字の一例

本稿で取り扱う汚れ・劣化文字の一例を図2に示す。

† 福岡工業大学大学院 (情報工学専攻)

ここで、「す」の基本文字(縦ベクトル)を  $I_s$ 、「す」の汚れ文字(縦ベクトル)を  $I_s'$ としたときの  $I_s$  と  $I_s'$  の関係を式(1)で表す。

$$I_s = M \cdot I_s' \quad (1)$$

$M$ は変換行列とよぶ。図1の Gate を閉じて、基本文字だけを3層BP法で学習する。

次に、 $I_s$  を入力値とした中間層の入力積和  $S_0$  と  $I_s'$  を入力値とした中間層の入力積和  $S_1$  が等しくなるように、重み  $IHW_1$  を求め、未使用の部分ネットに複写する。

以下、 $IHW_1$  を求めるのに式(2)のように定める。 $IHW_0$  を  $IHW_1$  に変換する  $R$  (複写行列) を導入する。

$$IHW_1 = R \cdot IHW_0 \quad (2)$$

中間層の入力積和  $S_0, S_1$  は次式で表す。

$$S_0 = IHW_0^t \cdot I_s \quad (3)$$

$$S_1 = IHW_1^t \cdot I_s' \quad (4)$$

ここで、 $^t$ は転置を表す。式(2)の右辺を式(4)の右辺の  $IHW_1$  に代入、式(4)の  $I_s'$  は式(1)から  $M^{-1} \cdot I_s$  と表され代入すれば、次式の条件のとき  $S_0 = S_1$  になる。

$$R^t \cdot M^{-1} = E \quad (E: \text{単位行列}) \quad (5)$$

式(5)は、次式になる。

$$R = M^t \\ = (I_s \cdot I_s'^+)^t \quad (6)$$

ここで、 $^+$ は Moore-Penrose の擬似逆行列[3]を表す。式(2)を求めるのに必要な  $R$  (複写行列) が求めれば、次に、以下のように重みとバイアスを複写する。

$$OHw_1 = OHw_0, \quad Ib_1 = Ib_0, \quad Ob_1 = Ob_0 \quad (7)$$

この複写学習により、Gate を開いた認識テスト時の汚れ文字  $I_s'$  の出力  $O_1$  は、基本文字  $I_s$  の出力  $O_0$  と一致する。すなわち、出力結果から汚れ文字を認識することができる。また、 $I_s'$  に劣化文字を適用すれば、劣化文字も認識できる。

ここまで、1文字の汚れ・劣化文字の例を示したが、 $n$  個の文字の変換も可能である。式(8),(9)は  $n=3$  のときの  $R_1$  と  $R_2$  の例である。但し、 $I_n, I_h, I_k$  は、それぞれ文字  $N, H, K$  の各汚れ文字の縦ベクトル、 $I_k', I_n', I_h'$  は、それぞれ文字  $K, N, H$  の各劣化文字の縦ベクトルである。

$$R_1 = ( | I_n I_h I_k | \cdot | I_n' I_h' I_k' |^+ )^t \quad (8)$$

$$R_2 = ( | I_k I_n I_h | \cdot | I_k' I_n' I_h' |^+ )^t \quad (9)$$

### 3. 学習認識実験

文字の汚れ・劣化場所は予測できなく、多種多様であるから、すべてを学習データとして集めたとしても対応しきれないのが現状である。ここでは、複写学習に適用可能な特殊な例として、図3示したような横線の汚れと劣化を取り扱う。ここで、汚れ・劣化度とは入力メッシュ数と汚れ・劣化メッシュ数の比で表す。その比をプラスで表したものを汚れ、マイナスなら劣化とする。

基礎実験として、20×20 正方メッシュ上に描いた5個の基本文字「ゆびきたす」を学習後、汚れ・劣化の複写学習および認識実験を行った。ネット構造は図1と同じで、入力層のユニット数400、中間層 $H_i$ の各ユニット数10、状態層の各ユニット数5、出力層 $O_i$ の各ユニット数5、学習率0.42、慣性係数0.85とした。

ここでは、紙面の都合上、30%の汚れ比率の文字を認識テストしたときの出力値の一例を表1に示す。



図3. 汚れ+30%文字と劣化-30%文字の一例

表1 汚れ文字の認識時の出力値

出力	$O_0[0]$ 「ゆ」	$O_0[1]$ 「び」	$O_0[2]$ 「き」	$O_0[3]$ 「た」	$O_0[4]$ 「す」
基本文字 「ゆ」	0.939	0.048	0.020	0.033	0.020
	0.042	0.931	0.042	0.012	0.030
	0.039	0.063	0.912	0.000	0.051
	0.034	0.012	0.003	0.946	0.048
	0.008	0.033	0.035	0.044	0.931
出力	$O_1[0]$ 「ゆ」	$O_1[1]$ 「び」	$O_1[2]$ 「き」	$O_1[3]$ 「た」	$O_1[4]$ 「す」
汚れ30% 「ゆ」	0.939	0.048	0.020	0.033	0.020
	0.042	0.931	0.042	0.012	0.030
	0.039	0.063	0.912	0.000	0.051
	0.034	0.012	0.003	0.946	0.048
	0.008	0.033	0.035	0.044	0.931

表1から、部分ネットの出力層 $O_1$ の出力値は基本ネット出力層 $O_0$ の出力値と一致しており、かつ他の出力値は0.1以下となり認識精度は高く、汚れ文字が認識できている。劣化比率の-30%の文字も同様の傾向を確認した。

次に、ニューラルネットの補間力を調べるため、未学習の汚れ・劣化文字に対する認識率を求める実験を行った。複写学習では、汚れ・劣化率 $\pm 10\%$ を基本文字の出力値が同じになるように複写を行った。その後、汚れ・劣化率 $\pm 5\%$ 、 $\pm 15\%$ 、 $\pm 20\%$ の未学習の文字の認識テストを行った。また、比較のため、通常の3層BPネットにおける汚れ・劣化に対する認識テストも行った。認識判定は未学習文字を含んでいるため、正しく出力されるべきユニットに0.9以上の

最大値が現れ、かつ2番目に大きな出力値との差が0.7以上離れているときに認識とした。

実験結果を図4に示す。点線は通常の3層BPネットの汚れ・劣化文字に対する認識率の変化を示す。図のように汚れ・劣化比率が高まると、平均認識率は大幅に低下する。一方、実線は提案ネットによる平均認識率の変化を示す。複写学習した $\pm 10\%$ の文字は100%認識できるのは当然ながら、未学習の $\pm 5\%$ 、 $\pm 15\%$ の文字にも高い認識率を示している。この結果から、適切なパーセント間隔で複写学習を行えば、大幅な汚れ・劣化文字にも対応可能と考えられる。

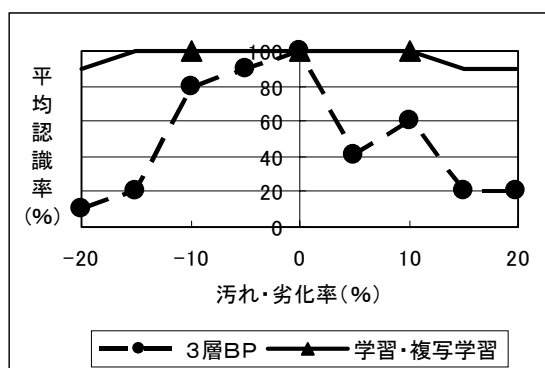


図4. 汚れ・劣化文字の平均認識率に対する提案ネットとBPネットの比較

### 4. まとめ

本稿は基本文字列の学習で汚れ・劣化文字が認識できる複写型のニューラルネットワークを提案し、有効性について考察した。提案ネットは基本文字数が増えても重みとバイアスを一組の部分ネットに複写するだけであるため、ネット規模が小さく、構造も簡素である。

本稿では特殊な汚れ・劣化文字を例にとり、その学習認識手法に焦点を絞り、議論したので正方メッシュ上の文字に限定した。しかし、事前処理を行い、変換行列を作成すれば変形文字にも適用可能である。今回は汚れ・劣化に制限を加えたが、多種多様な汚れ・劣化に対応可能な複写学習法を研究する予定である。

#### [参考文献]

- [1]大町、阿曾：低品質文字におけるつぶれを動的に補正する部分空間法、信学論(D- ),Vol.J82-D- ,No.11 pp.1930-1939,1999.
- [2]須崎、井上、百原、荒屋：重ね文字を認識する複写学習モデル、情処学論, Vol.44, No.4, pp.1173-1176,2003.
- [3]A.Albert: Regression and the Moore-Penrose Pseudo Inverse, Academic Press, New York, 1972