

1. はじめに

従来、多数の要因からなる現象を解析する手法の一つとして、線形因子分析が用いられてきた。一般に要因の多くは非線形な関係を有するため、非線形因子分析を行うことが望ましいが、その演算手法は確立されていない。本研究では、砂時計型ニューラルネットワーク (SNN) を用いて非線形因子分析を実行する手法を提案し、計算機シミュレーションによりその有効性を検証した。

2. 多段接続砂時計型ニューラルネットワーク

階層形ニューラルネットワークのうち、入力層のユニット数と出力層のユニット数を同じにし、中間層のユニット数を少なくしたものを砂時計型ニューラルネットワークと呼ぶ。入力信号と教師信号を等しくしてSNNの学習を行い、入力信号に十分近似した出力信号が得られる時、中間層の出力を用いて入力信号の情報圧縮が可能となる。さて、ニューラルネットワークの応答関数に線形関数を用いた時には、SNNの中間層出力に信号のカルーネン・レーヴェ変換が得られる⁽¹⁾。この性質を利用すると、中間層ユニットが1個のSNNを多段(段数N)に接続することで信号の第N成分までを各段の中間層の出力として求めることが出来る⁽²⁾。本研究では、第3層のユニット数が1個の5層SNNを2段接続したネットワークを構成し、第2, 4層ユニットの応答関数を非線形関数にすることによって非線形因子分析への応用を考えた。図1に多段接続5層SNNを示す。

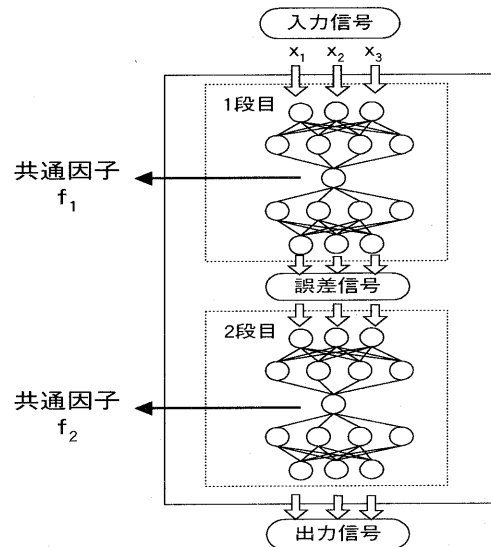


図1 多段接続5層SNN

3. 計算機シミュレーション

3.1 因子モデル

2つの変数 $u = \{u_j\}$, $v = \{v_j\}$ を共通因子とする8個の変数 x_1, \dots, x_8 を考え、(3.1)式で表せるものとする。

$$x_j = k_j^{(1)} * H_j^{(1)}(u) + k_j^{(2)} * H_j^{(2)}(v) + e_j \quad (3.1)$$

(ただし、 $j=1 \sim 8$)。ここで、 $H_j^{(1)}(u)$, $H_j^{(2)}(v)$ は、 u, v の非線形関数で与えられ、 u と v のクロスタームはないものとする。 u, v には一様乱数を用い、独自因子 e_j にはガウス性白色雑音を用いた。なお、各 x_j の第1項、第2項の分散が各々1.0, 0.5となるように係数 $k_j^{(1)}, k_j^{(2)}$ を乗じた。ガウス性白色雑音は、平均0, 分散0.15とし、共通性が91%となるように決定した。

3.2 SNNによる共通因子の推定

入力層、出力層のユニット数を8個、第2,

4層のユニット数を11個、中間層ユニットを1個とする5層SNNを用いた。共通因子数を2としたのでSNNの接続段数は2段とした。第1段目の5層SNNの各入力ユニットに(3.1)式で与えられる変数 x_j を入力した。第2段目の5層SNNへの入力、第1段目5層SNNの出力誤差(第1段の入力と出力の差)とし、各段の出力の和を全体の出力とした。ニューラルネットワークの第2,4層の応答関数として(3.2), (3.3)式 of 非線形関数を用いた。

$$\alpha(x) = x(1 + e^{-x^2}) \quad (3.2)$$

$$\beta(x) = \frac{x}{1 + e^{-x^2}} \quad (3.3)$$

また、第2,4層以外では線形関数を用いた。各段の入力と等しい値を各段の出力の教師データとし、1000点の学習データを、50回繰り返して学習を行った。学習後のSNNに、学習データとは異なる入力を与えて各段の第3層ユニットの出力を調べた。

3.3 結果

第1段、第2段の第3層ユニットの出力を図2-(a), (b)に示す。第1段SNNの第3層ユニットの出力は、 u の3次関数となり v に依存しなかった。また、第2段SNNの第3層ユニットの出力は、 v の3次関数となり u に依存しなかった。共通因子がその寄与率の大きな順に第1段、第2段の第3層ユニットの出力として求められた。

4. おわりに

また、共通因子の個数が増加した場合にも、段数を増やすことで対応でき、多段接続SNNは非線形因子分析に適用が可能であると考えられる。

表1 u, v 非線形変換

j	$H_j^{(1)}(u)$	$H_j^{(2)}(v)$
1	u^3	v
2	$-u$	$v^3 + 3v^2 + 3v$
3	$3u^3 - 3u^2 + u$	v^3
4	$-u^3 - u$	$3v^3 + 6v^2 + 4v$
5	$3u^3 + 6u^2 + 4u$	$-v^3 - v$
6	$-u^3$	$-v^3$
7	u	$3v^3 + 3v^2 + v$
8	$u^3 - 6u^2 + 12u$	$-v$

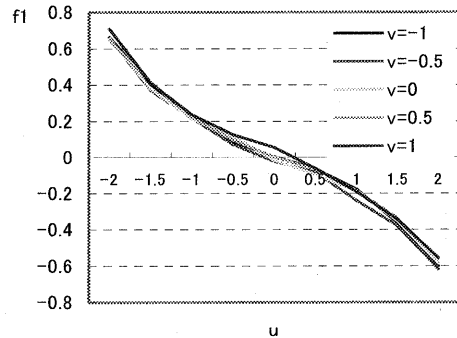


図2-(a) 第1段第3層ユニット出力

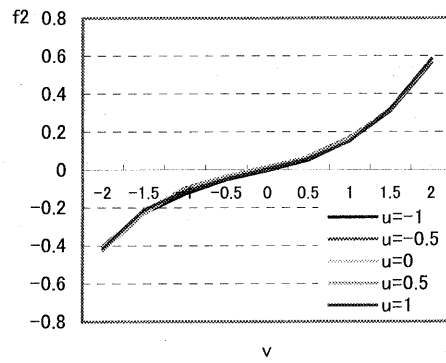


図2-(b) 第2段第3層ユニット出力

[参考文献]

- (1) 渡部一央, 伊東英彦, 増田一, 大堀隆文: “KL変換用多段接続パーセプトロン” 信学論(D-II), J75-D-II, 11, pp. 1925-1932, 1992.
- (2) 吉村宏紀, 清水忠昭, 井須尚紀, 菅田一博: “多段接続砂時計型ニューラルネットワーク雑音除去フィルタを用いた適応的雑音除去” 電学論C, Vol. 120, No.4, 2000