

7H-5

# 砂時計型ニューラルネットワークの カスケード接続を用いた時系列処理

奥野健一 吉村宏紀 菅田一博 井須尚紀 清水忠昭

鳥取大学工学部知能情報工学科

## 1 はじめに

中間層ユニット数が2個の砂時計型ニューラルネットワーク（以下砂時計型N.N.）を用いることにより、入力信号中で最大のパワーを持つ周波数成分が抽出されることを示した。本研究では、図1に示す砂時計型N.N.をカスケード接続したモデルを考察する。このモデルを用いることにより、時系列信号から複数の周波数成分を段階的に抽出できることを示す。

## 2 周波数成分の段階的抽出

本研究で用いる砂時計型N.N.の構造は、中間層のユニット数を2個、入力層、出力層のユニット数を各64個とし、同じ構造のN.N.を4段用意した。N.N.の学習則には誤差逆伝播法を用い、重みの修正には一括修正法を用いた。N.N.の学習回数は、6万回とした。成分抽出を行う信号には図2に示す方形波を用いた。この方形波を、カスケード1段目の砂時計型N.N.の学習入力及び教師データとして学習を行った。1学習パターンは、図2に示す方形波の連続した64時点とした。方形波を1周期の1/32ずつずらして、計32学習パターンを用意した。

カスケード接続した砂時計型N.N.の各段における学習は、図1に示すように1段目から順次行った。1段目の砂時計型N.N.は、方形波（信号A）を学習データとして用いた。学習終了後の1段目の砂時計型N.N.に信号Aを入力して出力（信号B）を得た。信号Aから

信号Bを差し引き、残差信号（信号A-B）とした。以上の方法で、各学習パターンごとに信号A-Bを求めた。2段目の砂時計型N.N.は、信号A-Bを学習データとした。以下、学習終了後の砂時計型N.N.で求めた残差信号を次の段の学習データとした。本研究では、上記の処理を4段目まで行った。

4段カスケード接続した砂時計型N.N.のモデルは、中間層ユニットを2(個)×4(段) = 8(個)用いている。このモデルとの比較対象として、本研究では、中間層のユニット数を8個、入力層、出力層のユニット数が各64個の1段の砂時計型N.N.についてもカスケード接続した砂時計型N.N.で学習させたものと同じ方形波を学習させた。

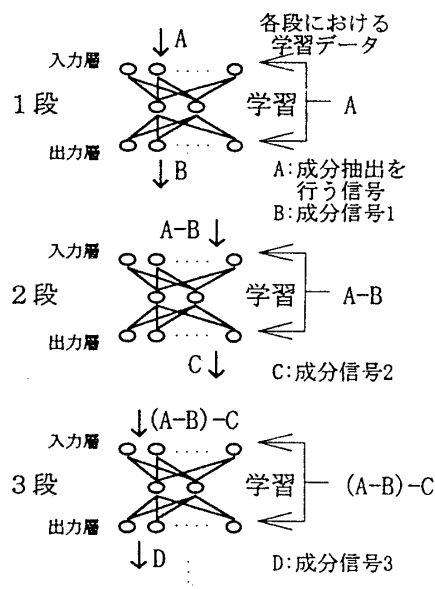


図1 砂時計型N.N.のカスケード接続モデル

## 3 実験結果

学習終了後のカスケード1段目と2段目の砂時計型N.N.における、入力信号に対する出力信号をそれぞれ図2、図3に示す。図2に示すように、1段目の砂時計型N.N.は、入力信号と同位相のsin波を出力した。出力されたsin波は、64サンプル点につき2周期で

Time Series Processing by Use of Cascaded Neural Network of Sandglass Type

Ken'ichi Okuno, Hiroki Yoshimura, Kazuhiro Sugata, Naoki Isu, Tadaaki Shimizu

Dept. of Information and Knowledge Engineering, Faculty of Engineering, Tottori University

4-101 Koyama-minami, Tottori 680, Japan

あった。他の位相の方形波の入力に対しても、砂時計型N.N.は、入力信号と同位相の2周期のsin波を出力した。又、2段目の砂時計型N.N.は、図3に示すように、1段目の残差信号の入力に対して、64サンプル点につき6周期のsin波を出力した。以下、3段目の砂時計型N.N.は、10周期のsin波を、4段目の砂時計型N.N.は14周期のsin波をそれぞれ出力した。カスケード接続各段の出力信号を足し合わせると、方形波を近似した波形となった。中間層ユニット数が8個のN.N.の場合も、学習終了後のN.N.は、同様の近似波形を出力した。

カスケード接続した各段の砂時計型N.N.における、中間層から出力層にかけての重みのパワースペクトルを図4に示す。図4より各段の重みのパワースペクトルは、各段の出力信号であるsin波の周波数を示した。一方、中間層ユニット数が8個のN.N.においては、図5に示すように、それぞれの中間層ユニットから出力層への重みのパワースペクトルが、複数の周波数成分を示した。

4 考察

図2, 図3に示した結果より、砂時計型N.N.をカスケード接続したモデルを用いることにより、方形波から段階的に周波数成分を抽出することができた。図4に示した各段で抽出された周波数成分は、学習データとして与えた方形波 $f(t)$ を式(1)に示すようにフーリエ級数展開したときの、振幅の大きい項から順の4項に対応している。

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \left[ \sin(2\pi \frac{2}{64} t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi \frac{6}{64} t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi \frac{10}{64} t) + \frac{1}{7} \sin(2\pi \frac{14}{64} t) + \dots \right] + 0.5 \quad (1)$$

従って、砂時計型N.N.をカスケード接続したモデルは、各段における信号抽出の役割が明確であることがわかった。一方、中間層ユニット数が8個のN.N.では、図5に示す結果より1つの中間層ユニットが複数の周波数成分を処理するため、信号抽出の構造は複雑であると考えられる。

以上の結果より、砂時計型N.N.をカスケード接続したモデルは、入力信号から周波数成分を段階的か

つ明示的に抽出することがわかった。また、カスケードの段数を変化させることにより、抽出する周波数成分の数を調節できるため、本モデルは任意の時系列信号の解析に有効であると考えられる。今後は、音声などの物理信号を入力信号として用い、本モデルの有効性を検証していきたい。

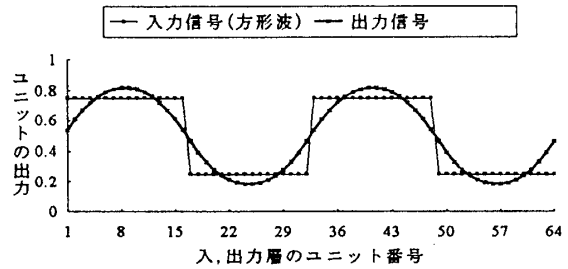


図2 カスケード1段目の入出力波形

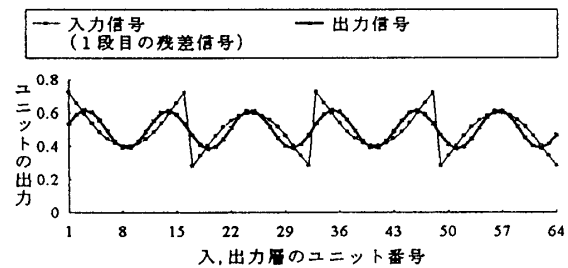


図3 カスケード2段目の入出力波形

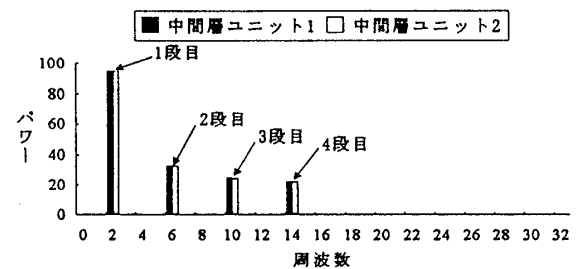


図4 砂時計型N.N.の各段の中間層から出力層にかけての重みのパワースペクトル

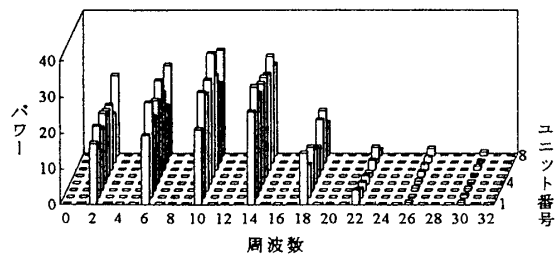


図5 8個の中間層ユニットから出力層にかけての重みのパワースペクトル