

G-003

自己組織化マップ (SOM) の耐故障性向上のための多重化冗長モデルの提案と評価 A proposal and Evaluations of Self-Organizing Maps Using a Duplex model for Fault-tolerance

河村 進吾* 森 秀樹 上原 稔
Shingo Kawamura* Hideki Mori Minoru Uehara

1 はじめに

自己組織化マップ (Self-organizing maps: SOM) [1] は、高次の情報を抽象化し、低次のマップとして視覚的に分類するためのツールとして注目され、積極的に応用研究が進められている学習アルゴリズムである。具体的な応用分野として、ソフト・コンピューティング (画像・音声認識)、経済分析、気象データの分析などが挙げられる。

筆者らは、これまで SOM を用いたアプリケーションの提案と実験を中心に研究を進めてきた。現在は、SOM の持つ耐故障性 (Fault-tolerance) に着目して研究を行なっている。筆者らは、SOM システム内で故障ニューロンが発生した場合に、デュプレックス・システムによる冗長を付与することで耐故障性が向上することを示す。検証として、故障モデルを設定してソフトウェア上でのシミュレーションを行なった。その結果から、従来型 SOM と比較して評価する。

2 関連研究

2.1 自己組織化マップ (SOM)

SOM は、Kohonen によって考案された、ヒトの脳における視覚野をモデル化したニューラル・ネットワークの一手法である。多層式の教師なし学習型アルゴリズムで、入力層と出力層 (マップ層) からなる。多次元のデータを「入力ベクトル ($X = x_1, x_2, \dots, x_n$)」として与え、SOM 内のニューロンとの間の距離 (ユークリッド距離: 式 1) を用いて、最も距離が小さいニューロンを勝者ノードとし、そのノードと近傍の重みを近傍関数と呼ばれる評価関数を用いて繰り返し更新することによって、対象の特徴を学習する。図 1 に 1 次元 SOM のニューロン構成を示す。

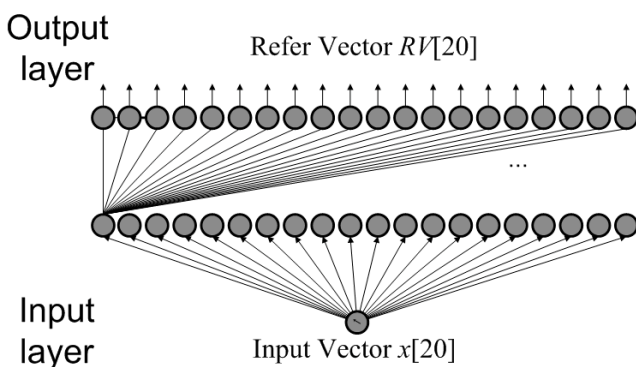


図 1. 1 次元 SOM の結合形態

また、SOM の学習過程において、自己組織化を判定する指標としてディスオーダーリング指標がある。式 2、図 2 にディスオーダーリング指標 D (以下、 D 値) を示す。初期状態では $D > 0$ であるが、ネットワークの学習が進むと、 D 値は 0 に近づく。

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - \omega_{ij})^2} \quad \dots(1)$$

$$D = \left(\sum_{i=2}^N |\mu_i - \mu_{i-1}| \right) - |\mu_N - \mu_1| \quad \dots(2)$$

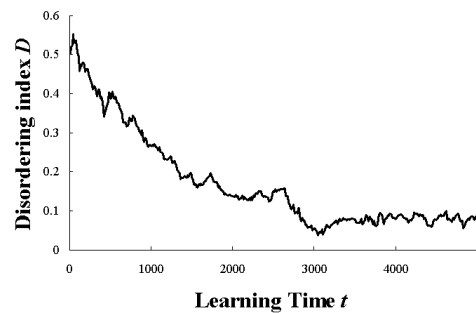


図 2. ディスオーダーリング指標 D

2.2 SOM の耐故障性

2.2.1 スタック故障 スタック故障とは、故障の発生したユニットから常に同じ値が出力されてしまう故障である。1 次元 SOM にスタック故障が発生したとき、故障の及ぼす影響はスタック値と故障箇所、それらと入力された信号との差分値に大きく依存する。

2.2.2 ランダム故障 ランダム故障とは、故障の発生したユニットが規則性のない値を常に出力してしまう故障を指す。ここでは、1 次元 SOM におけるランダム故障の指標として、ネットワーク全体に故障率 P_D を設定する。故障ニューロンは 0 から 1 の間で、学習ステップ毎にランダムな実数を入力するものとする。筆者らの実験データでは、 P_D が 10% を超えると D は安定しない [2]。

3 提案システム

3.1 デュプレックス SOM

筆者らが提案するデュプレックス SOM (冗長型 SOM) [3] のフローチャートを図 3 に示す。ここでは、 D 値を用いて SOM の耐故障性を判断する。 D 値が 0.6 を超える場合、SOM ユニット内に故障ニューロンが存在すると仮定して、入力値と計算途中の重みベクトルの値を予備系 SOM へと渡す。

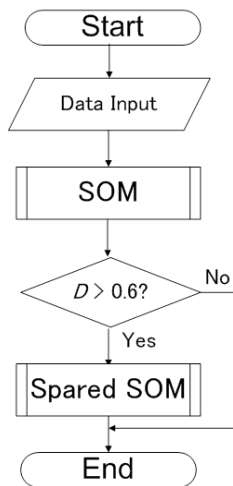


図3. デフレックス SOM のフローチャート

4 実験および評価方法

4.1 シミュレーション条件

シミュレーション実験によって、デフレックス SOM の耐故障性を評価する。なお、入力データとして単調増加を示す 1 次元データの集合を与える。

4.2 評価方法および評価項目

故障ケースとして、先述したスタック故障とランダム故障を設定し、計算終了後のニューロンの重み値、 D 値を評価項目として、従来型の SOM (多重化しなかった場合) と比較することで評価する。

5 実験結果と評価

5.1 スタック故障

スタック故障を設定したときの実験結果を図 4 (a), (b) に示す。図 4 (a) は重み値 μ からみた実験結果である。デフレックス SOM の場合、学習当初は故障ユニットを用いて学習を行なうものの、予備系への切り替え後はエラーの影響を回避して自己組織化を終了させている。図 4(b) は D 値からみた実験結果であるが、こちらの場合でも同様に、多重化させた場合では自己組織化において故障ニューロンでの処理を回避し正常な予備系で処理を続行した結果、最終的に故障のない場合と同様の D 値を得ている。

5.2 ランダム故障

ランダム故障の場合、故障率 P_D が 10% を超えると、従来の SOM では D 値が振動し安定しなかったが、デフレックス SOM の場合では、スタック故障の場合ほど良好な D 値を学習時間内で得ることができなかったものの、振動のない安定した推移を示した。図 4(c) に D 値の推移を示す。この結果から、SOM の多重化はランダム故障においてもその効果が認められた。

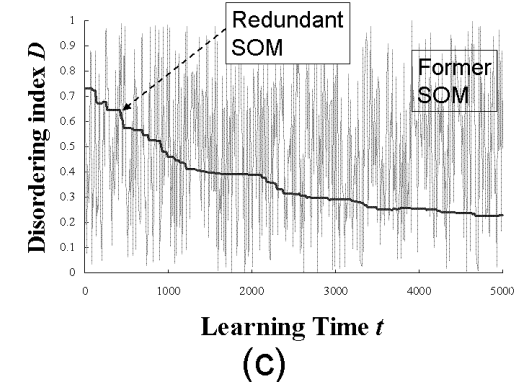
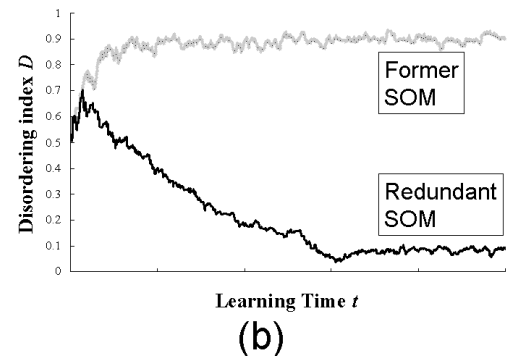
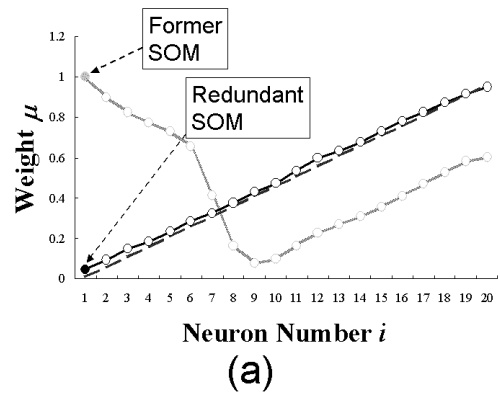


図4. 実験結果

6 むすび

本稿では、ディスオーダーリング指標を評価基準として用いたデフレックス SOM を提案した。そして、ソフトウェアシミュレーションによって、スタック故障とランダム故障の状況下において、その有効性を確認した。今後の課題として、アプリケーション評価、ハードウェア上での実装を考慮に入れたアルゴリズムの再検討が挙げられる。

文献

- [1] T. Kohonen. Self-Organizing Maps, 3rd, ser. Springer Series in Information Sciences 30. New York: Springer-Verlag, 2001.
- [2] 河村, 森, 上原. 1次元 SOM における耐故障性向上のための多重化冗長モデル. 信学技報 FIIS-07-212.
- [3] D. K. Pradhan. Fault-tolerant computer system design. Prentice-Hall, 1996.