

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月20日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20500208

研究課題名（和文） 自己組織化マップに基づいた新しいアーキテクチャ構築と信号処理技術、その理論と応用

研究課題名（英文） An Architecture and Its Signal Processing Techniques Based on the Self-Organizing Map from the Viewpoint of Theory and/or Application

研究代表者

和久屋 寛（WAKUYA HIROSHI）

佐賀大学・大学院工学系研究科・准教授

研究者番号：40264147

研究成果の概要（和文）：

一種の信号変換ツールとみなすことで、様々な分野で自己組織化マップ（SOM）が利用されている。ここでは、シーズ重視の立場から、①新しいアーキテクチャの構築、②新しい信号処理技術の開発、③工学的な応用に取り組んだ。その結果、時系列信号処理や部分データへの対応、発散式学習などの技術を生み出し、オンライン手書き文字認識、アニメーション作成、観光情報解析ツール、携帯情報端末への実装などの研究成果を得た。

研究成果の概要（英文）：

A self-organizing map (SOM) is now one of popular tools for signal conversion, and used in the various kinds of research fields. From the viewpoint of seeds-oriented approach, three kinds of topics are dealt with in this study as follows: i) constructing new architectures, ii) developing new signal processing techniques, and iii) their applications. Then, several methods including temporal signal processing, partial data processing, and divergent training, are investigated.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：自己組織化マップ、時系列信号処理、発散式学習、パターン生成、オンライン手書き文字認識、観光情報解析、携帯情報端末、シーズ志向

1. 研究開始当初の背景

生体における視覚情報処理系のモデルとして、1980年代に自己組織化マップ（SOM）は提案された。一般に、潜在的規則の発見や

データ構造の可視化などに優れており、一種の信号変換ツールとみなすことで、様々な分野で非常に多くの応用事例がある。国内では毎年3月にSOM研究会が開催され、SOMに

関する国際会議 (WSOM) も隔年で開催されている。また、国内外の学会論文誌でも SOM に関する特集号が企画されている。

このように一見完成されたイメージを我々に抱かせる主要因は、ニーズ (needs) 志向に偏重した研究が多いためであろう。確かに、実用本位の「応用研究」は対象が具体的で分かりやすいが、それは地道な「基礎研究」で得た成果の転用であり、我々大学に籍をおく者は、もっと大胆で挑戦的なテーマに立ち向かうべきと考える。

2. 研究の目的

上述のような方針に基づき、ここではシーズ (seeds) 重視の立場から、次の3点について取り組む。

(1) 新しいアーキテクチャの構築

これまで頻繁に利用されている「基本 SOM」ではなく、その構造に注目する。当然のことながら、アーキテクチャが変われば、処理能力も変わってくる。例えば、フィードバック結合を付加した SOM のアーキテクチャを提案することで、時系列情報が扱えるような改変が実現されている。

(2) 新しい信号処理技術の開発

従来型の基本 SOM というアーキテクチャを採用しても、そこで行われる信号処理を工夫することも考えられる。当然のことながら、信号の扱い方が変われば、処理能力も変わってくる。例えば、SOM の学習終了後に敢えて反対方向へ信号を流すことで、新しいパターンを自動的に作り上げる手法が実現されている。

(3) 工学的な応用

上述の (1) (2) において、新たに実現できた処理能力を検討する過程で、何らかの実際的な課題への適用も念頭におく。そして、工学的な応用の可能性を探る。したがって、事前に適用する課題を設定しておくのではない。この点で、従来のニーズ (needs) 志向の立場とは一線を画す。

3. 研究の方法

上述のような方針に基づき、ここでは長期的な観点と短期的な観点に大別して考える。

(1) 長期的な観点

これまで上で繰り返し言及してきたとおり、シーズ (seeds) 重視の立場から、ここでは、①新しいアーキテクチャの構築、②新しい信号処理技術の開発を目指す。また、その結果として、③工学的な応用に結び付けら

れればよいと考えている。なお、①②と③は不可分の関係にあり、研究遂行に当たって明確な線引きは行わない。

(2) 短期的な観点

1～2年単位でサブゴールを設定し、段階的な取り組みを行う。まず第1段階では、多くの課題に挑戦することで提案手法の有効性に関わる実績を積み上げる。第2段階は、理論的な側面から、その動作メカニズムの解明を目指して取り組む。そして、第3段階(最終段階)では、各々の特徴を活かした課題を選定して適用することを通し、理論と実験の両面から提案手法の有効性をアピールする。

4. 研究成果

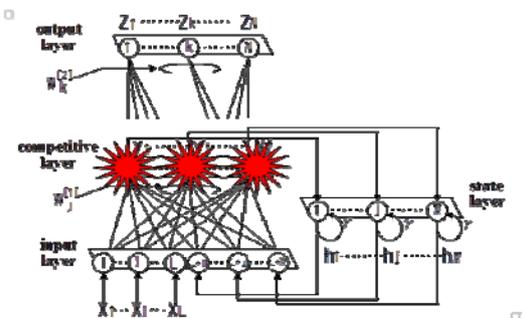
「2. 研究の目的」あるいは「3. 研究の方法 / (1) 長期的な観点」で言及した項目に応じて順次述べる。また、具体的なサブテーマも設定しており、それらに応じて個別に整理したうえで言及する。なお、「3. 研究の方法 / (2) 短期的な観点」に関する記述は、紙面の制約から、個々のサブテーマに関する記述の中に集約する。

(1) 新しいアーキテクチャの構築

①時系列信号処理を行う SOM

SOM は本質的に時系列信号を扱う能力がなく、その改善のため、フィードバック結合を付加するなどの方法が提案されている。ここでは、我々の提案した「Elman 型フィードバック SOM」というアーキテクチャについて、筆順を考慮したオンライン文字認識課題を取り上げて検討した。

一般的な方法では、標準パターンの 20 文字程度の学習は実現できたものの、それらの位置ずれや時間伸縮には対応できていなかった。そこで、従来は単一の勝者ニューロンを用いるところ、これを複数個とし、その組合せ情報を利用することで、実現できる“内部状態”の表現数を増大させて性能改善を果た



複数勝者ニューロン形式を採用した
Elman 型フィードバック SOM
【概念図】

した。

② 双方向型信号変換を行う SOM

具体的な検討には着手したものの、残念ながら、当初の予想どおりの結果は得られていない。なお、これに関連した基本的アイデアについては、次項の「パターン生成技術」を検討する際、随所で参考となっている。

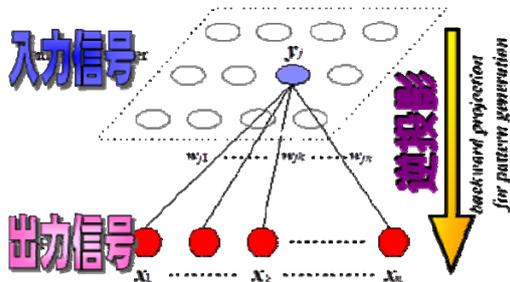
(2) 新しい信号処理技術の開発

① 逆投影作用に基づいたパターン生成技術

従来どおりの方法で SOM を一度学習した後、競合層上のある 1 点のニューロンを選び、そこから入力層へ向かって信号を逆投影することで新規パターンを生成する。

位相保持マッピングという「類似した入力信号からは類似した出力信号が得られる」という特徴を積極的に利用することで、これまで、学習パターンに類似したものを生成していた。このときの類似度には、通常、ユークリッド距離を用いていたが、この部分に独自の距離尺度を採用することで、これまでとは異なるパターン生成の可能性を示した。具体的には、「区分的な距離尺度」を使用し、対称的な学習パターン（顔文字）から非対称なものを作り出すことに成功した。

なお、2006 年 9 月に出願していた特許が、2012 年 9 月、正式に登録された（特許第 5076138 号）。

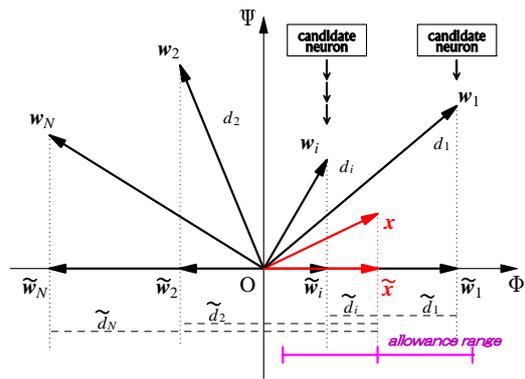


逆投影作用に基づいた新規パターンの生成
【概念図】

② 部分データを利用した解候補推定

SOM において、何らかの信号処理を行う場合、欠損部を有する「部分データ」は破棄し、欠損部のない「完全データ」を用いるのが一般的であった。そこで、学習については従来どおり、完全データを用いた通常の方法で行い、その後に、欠損部を有する部分データを与えて解候補を求める手法を提案した。理論的には、従来の SOM と基本的に同じ動作をするように構築しており、一部の制約条件を緩和した拡張型と位置付けられる。

なお、部分データを用いて、通常と同じような特徴マップを学習することについても検討したが、こちらについては、残念ながら



部分データ対応型 SOM
～欠損部のない部分空間へ写像して処理～
【概念図】

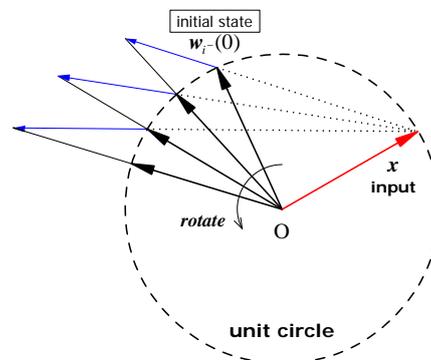
予想どおりの結果は得られていない。

③ 発散式学習

通常の SOM では、お互いに似ているパターン同士を近付けるという学習アルゴリズムを採用しており、これによって位相保持マッピングを実現している。その結果、競合層に端の存在しないトーラス SOM や球面 SOM では、対極の特徴を有するパターン同士が、お互いに正反対となるような配置になると言われている。しかしながら、そのようなべき根拠はない。

そこで発想を逆転し、お互いに“似ていない”パターン同士を“遠ざける”という学習アルゴリズムを提案した。上述のトーラス SOM や球面 SOM において、競合層上の“最遠点”が正反対の 1 点に定まることを念頭においたものであり、入力ベクトルや参照ベクトルの大きさが「1」に固定されている内積型 SOM では、予想どおりの結果が得られることを確認している。

この「発散式学習」だけでも従来と同等の特徴マップが獲得できたため、これまでの



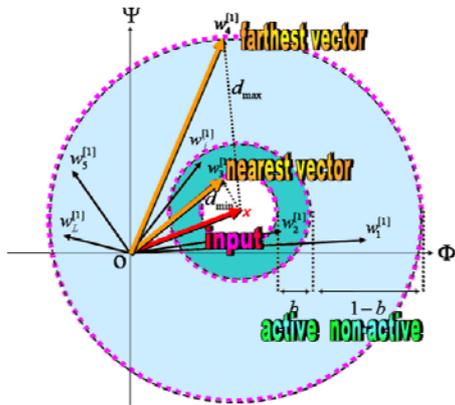
内積型 SOM を用いた発散式学習
～似ていないパターン同士を遠ざける～
【概念図】

「収束式学習」と併用することで、更なる改善が期待できるのではないかと考えている。

(3) 工学的な応用

① オンライン手書き文字認識

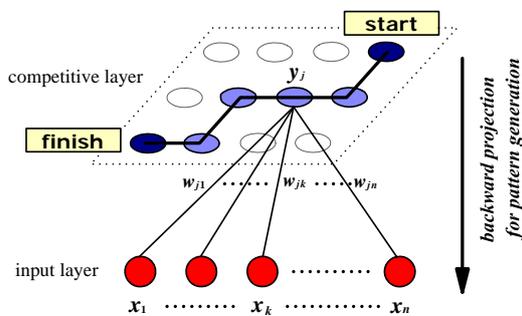
上述の (1) ①において、Elman 型フィードバック SOM の性能評価の一環として、筆順を考慮したオンライン文字認識課題に取り組んだ。その後、タブレット PC を用いて、実際に手書き文字情報を取得して、オンライン文字認識を試みたところ、標準パターンとは異なる文字パターンばかりとなってしまう、当初、思っていたような認識結果は得られなかった。そこで、勝者ニューロン数を適応的に変化できる仕組みを導入したところ、共有されていた異なる文字パターンの“内部状態”が分化し、誤認識を解消することに成功した。



適応的制御を行う複数勝者ニューロン形式
～一定範囲内にあるものだけを発火～
【概念図】

② アニメーション作成

上述の (2) ①において、新規パターンの生成技術に言及している。このとき、競合層から入力層へ向かって逆投影を行う際、固定された1点から行うのではなく、これを移動



SOM を用いたアニメーション生成
～競合層上の投影元ニューロンを移動～
【概念図】

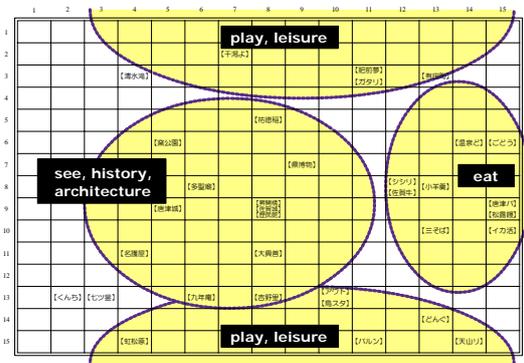
させていけば、位相保持マッピングという特徴を積極的に利用し、いわゆるパラパラ漫画の要領で、アニメーションを作成可能である。

これまでのところ、ディゾルブのような変化は達成できているものの、本来の目標であるモーフィングについては、もう少し検討の余地がある。

③ 観光情報解析ツール

本研究期間の開始時点では、特に考えていなかったものの、参加していた学会において聴講していた講演内容に着想を得て開始した。地元である佐賀県観光情報を SOM で解析したところ、必ずしも類似した情報が一つにまとまらないケースが出てきた。そこで、着目する項目を強調することで、その時々興味に応じて異なる特徴マップを作り上げる方法を提案した。

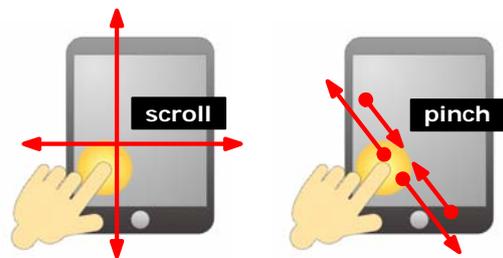
まだ構想の段階ではあるが、将来的には、簡便な観光情報解析ツールとして活用できるのではないかと考えている。



佐賀県観光情報の解析結果 (一例)
～目的に応じて項目がまとまる～

④ 携帯情報端末への実装

近年、スマートフォンやタブレット PC などをはじめとして、Android 携帯情報端末の普及には目を見張るものがある。そこで、前項にも関連するが、これらの上で起動できるアプリケーションの開発ができれば有用と



携帯情報端末上で想定される
特徴マップの閲覧に適した動作例
【概念図】

考えて取り組んだ。

まだ、試行錯誤の段階ではあるが、競合層の上端と下端、左端と右端を接続したトラス SOM では、タッチパネルにおける上下・左右の方向へのスクロール動作との相性がよさそうである。また、拡大・縮小の操作も容易であり、今後、検討していく価値は大いにあると考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① H.Wakuya, A.Terada, H.Itoh, H.Fukumoto, and T.Furukawa, “Multi-winner neuron style with adaptability in feedback SOM for temporal signal processing”, ICIC Express Letters, 査読有, Vol.6, 2012, pp.747-752
- ② 和久屋 寛, 石隈敬浩, “SOM 型パターン生成器: 自己組織化マップの逆投影に基づいた新規パターンの生成とその応用”, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol.130-C, 2010, pp.882-888
- ③ H.Wakuya and A.Terada, “Temporal signal processing by feedback SOM: An application to on-line character recognition task”, In Neural Information Processing, Part II, LNCS 5864, 査読有, 2009, pp.865-873
- ④ H.Wakuya and S.Nagano, “Fraction-applicable self-organizing map”, ICIC Express Letters, 査読有, Vol.3, 2009, pp.1381-1386

[学会発表] (計36件)

- ① 和久屋 寛, 堀之内 祐, 伊藤秀昭, 福本尚生, 古川達也, “特定項目を強調して学習する自己組織マップとその応用 ~佐賀県観光情報の解析を目指して~”, 第14回自己組織化マップ研究会 2013, 2013年3月21日, 香川大学工学部
- ② H.Wakuya, E.Takahama, H.Itoh, H.Fukumoto, and T.Furukawa, “Fragmentization of distance measure for pattern generation by a self-organizing map”, 6th Int. Conf. on Soft Computing and Intelligent Systems & 13th Int. Symposium on Advanced Intelligent Systems, 2012年11月20~24日, 神戸コンベンションセンター
- ③ 高濱英士, 和久屋 寛, 伊藤秀昭, 福本尚生, 古川達也, “断片化された距離尺度を導入した SOM によるパターン生成”, 第28回ファジィシステムシンポジウム,

2012年9月12~14日, 名古屋工業大学

- ④ H.Wakuya, E.Takahama, H.Itoh, H.Fukumoto, and T.Furukawa, “A method for producing animation as a series of backward-projected patterns in a self-organizing map”, 2012 KoCon Spring Comprehensive Academy Conference, 2012年5月25~26日, 大韓民国/春川
- ⑤ 和久屋 寛, 高濱英士, 伊藤秀昭, 福本尚生, 古川達也, “自己組織化マップの逆投影を利用したパターン生成 ~距離尺度に応じた生成画像変遷の解析~”, 第13回自己組織化マップ研究会 2012, 2012年3月19日, 岩国市医師会病院
- ⑥ H.Wakuya, A.Terada, H.Itoh, H.Fukumoto, and T.Furukawa, “Multi-winner neuron style with adaptability in feedback SOM for temporal signal processing”, 6th Int. Conf. on Innov. Comp., Inf. Control, 2011年12月22~24日, 北九州国際会議場
- ⑦ 和久屋 寛, 江口忠夫, 伊藤秀昭, 福本尚生, 古川達也, “自己組織化マップにおける発散式学習法の提案”, 第27回ファジィシステムシンポジウム, 2011年09月12~14日, 福井大学文教キャンパス
- ⑧ 寺田 晃, 和久屋 寛, 伊藤秀昭, 福本尚生, 古川達也, “適応的に変化する複数勝者ニューロン形式を採用したフィードバック SOM による時系列信号処理”, 第12回自己組織化マップ研究会 2011, 2011年3月1日, 佐賀大学大学院工学系研究科
- ⑨ 和久屋 寛, 永野 俊, “部分データ対応型自己組織化マップにおける正答率改善の試み”, 第26回ファジィシステムシンポジウム, 2010年9月15日, 広島大学東広島キャンパス
- ⑩ H.Wakuya and A.Terada, “Temporal signal processing by feedback SOM: An application to on-line character recognition task”, 16th Int. Conf. on Neural Information Processing, 2009年12月1~5日, タイ王国/バンコク
- ⑪ H.Wakuya and S.Nagano, “Fraction-applicable self-organizing map”, 2nd Int. Symposium on Intelligent Informatics, 2009年9月13~15日, 中華人民共和国/秦皇島
- ⑫ 寺田 晃, 和久屋 寛, “フィードバック SOM における時系列信号処理の頑健性について -第3報 状態空間における動作メカニズムの解析-”, 第25回ファジィシステムシンポジウム, 2009年7月14~16日, 筑波大学筑波キャンパス
- ⑬ 寺田 晃, 和久屋 寛, “フィードバック

SOMにおける時系列信号処理の頑健性について—第2報 競合層活性度に応じた性能改善—, 第19回ソフトサイエンス・ワークショップ, 2009年3月14~15日, 東海大学熊本キャンパス

- ⑭ 和久屋 寛, 永野 俊, “部分データ対応型自己組織化マップの提案とその応用”, 第10回自己組織化マップ研究会 2009, 2009年3月10日, 名古屋大学東山キャンパス
- ⑮ 和久屋 寛, 野田敏郎, “フィードバックSOMを用いたオンライン文字認識の試み—第2報 データ数に応じた学習法の検討について—”, 第24回ファジィシステムシンポジウム, 2008年9月3日~5日, 阪南大学本キャンパス
- ⑯ 石隈敬浩, 和久屋 寛, “自己組織化マップの逆投影を利用したパターン生成 ~周期の異なる純音を用いた場合~”, 第24回ファジィシステムシンポジウム, 2008年9月3日~5日, 阪南大学本キャンパス

[その他]

ホームページ等

<https://sns.j-soft.org/community/86>

6. 研究組織

(1)研究代表者

和久屋 寛 (WAKUYA HIROSHI)

佐賀大学・大学院工学系研究科・准教授

研究者番号：40264147

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：