

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 25 日現在

機関番号：77103

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700270

研究課題名（和文） 生成モデルの立場から理論を確立した新しい進化型ニューラルネットワークの開発

研究課題名（英文） Develop of a new growing neural network where the learning algorithm is established from the generative model

研究代表者

徳永 憲洋（TOKUNAGA KAZUHIRO）

一般財団法人ファジィシステム研究所・研究部・主任研究員

研究者番号：00432956

研究成果の概要（和文）：

本研究により、成長型ニューラルネットワークの学習アルゴリズムを生成モデルの立場から導出するための基盤が確立された。また本研究で開発された成長型ニューラルネットワークは、従来法に比べ、ノイズに強く、冗長ノードの作成が抑制され、学習が安定することがわかった。本成果はロボットなどの成長アルゴリズムでの利用に有用となるだけでなく、データマイニングなどの応用にも役に立つ物と考える。

研究成果の概要（英文）：

In this study, a learning algorithm of a growing neural network was established theoretically from the view point of a generating model. Thus, the proposal method has robustness to following problems comparing with conventional growing neural networks; weakness for noise, generation of redundancy nodes, requirement of a lot of input data and so on.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,900,000	570,000	2,470,000

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：成長型ニューラルネットワーク、自己組織化マップ

1. 研究開始当初の背景

過去の研究において、申請者はモジュラーネットワーク型 SOM (mnSOM) を提案し、さらに問題点を改善・拡張した自己進化型モジュラーネットワーク (SEEM) を開発し有効性を示した。

mnSOM はモジュラーネットワークの学習アルゴリズムに自己組織化マップ (SOM) の協調・競合アルゴリズムを導入することでベクトルではなく機能（関数など）の自己組織化マップを生成する。この特徴から mnSOM は適応制御に応用され、従来のモジュラーネットワークを利用した適応制御よりも非常に安定した学習と制御が行える

ことが示された。mnSOM は従来のモジュラーネットワークに比べて優れた特徴を持つ一方で、逐次学習と追加学習を苦手とする問題点を持つ。

これに対し SEEM は、mnSOM のバックボーンアルゴリズムである SOM を進化型ニューラルネットワークのひとつである進化型自己組織化マップ (ESOM) に置き換えた手法である（図 1）。グラフ構造のネットワークアーキテクチャを有し、ノード（モジュール）がオンライン学習で増殖する。またパスはノードが実現する機能の類似性を表す。この拡張により mnSOM は逐次学習と追加学習に対応できるメカニズムを有した。申請

者はその有効性を実験的に示した。

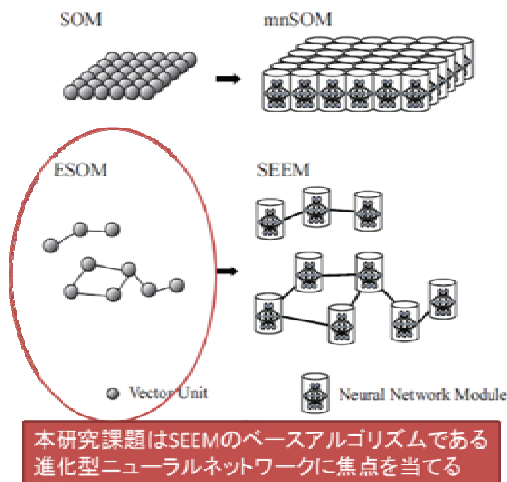


図1：mnSOMとSEEMのネットワーク構造

しかし、SEEMは冗長なノードの生成やノイズに対してノードを生成するなど学習結果に一貫性がなく、実用化の面で不安要素が多い。その原因はバックボーンアルゴリズムであるESOMの問題点「しきい値パラメータベースのノード追加」をSEEMが引き継いでいるからである。

2. 研究の目的

本研究課題ではSEEMのバックボーンアルゴリズムであるESOMに焦点を当てる。そして本研究課題の目的は、ベイズ理論を軸に生成モデルの立場からESOMのアルゴリズムを見直すことで、ノイズに強く安定した学習をする新しい進化型ニューラルネットワークを提案し、その理論・アルゴリズムを確立することである。

3. 研究の方法

本研究が最終的に目指すところは、本提案手法をベースとしたSEEMを開発しロボットなどの知識獲得に応用することであるが、本研究課題ではSEEMのベースとなる進化型ニューラルネットワークに焦点を絞り、本研究期間内では以下の研究を行った。

本手法の肝となる基盤アルゴリズムを開発した。すなわちノードの生成、及び学習メカニズムの理論導出およびアルゴリズム開発を行った。

開発したアルゴリズムが正しく動作するかを人工データを用いてチェックした。

代表的な成長型ニューラルネットワークとの比較実験によって、本手法の有効性を検証した。

SEEMによるロボットの知能の成長に

関する基礎研究を行った。具体的には移動ロボットの地図構築に関する研究を行った。

4. 研究成果

まず、本手法の肝となる基盤アルゴリズムとして新しい成長型ニューラルネットワークの学習アルゴリズムを開発することに成功した。本学習アルゴリズムは、逐次学習型の混合ガウスモデルをベースにし、カーネルの追加コントロールをベイズ情報量規準で行うことで、ノードの生成が制御される。またパスの生成に関しては確率密度関数から導き出される負担率を利用したアルゴリズムを導出した。これにより当初予定していた成長型ニューラルネットワークの基盤アルゴリズムが確立された。

次に、開発したアルゴリズムが正しく動作するか、そして従来手法の問題点を克服したかどうかを人工データおよび画像データを用いて検証した。

人工データでは図2のスパイラルデータを用いた。その結果、本手法は従来の成長型ニューラルネットワークに比べて、ノイズが付加されても、ノイズの影響を受けず、適切なグラフネットワークが生成された(図3参照)。また冗長なノードが生成されず、非常にシンプルなグラフネットワークを生成した(図3参照)。

次に定量的評価によって提案手法の有効性を確認した結果を図4に示す。定量的評価にはAdjusted Rand Index (ARI)を用いた。ARIはグラフネットワークを用いたクラスタリング結果の良し悪しを定量的に評価する指標である。ARIが100%に近いほど、データの誤クラスタリングが少なく、良好な結果が得られていることになる。本研究における定量的評価では、全手法においてグラフ生成の試行を100回行い、試行毎におけるARIの値で評価した。図3は各手法におけるARIのヒストグラムを表す。図3において、従来手法(a)~(c)は、ARIの値が0~10%の間で高い頻度になっている。すなわち、従来手法においては、誤クラスタリングの数が非常に多かったということがわかる。一方、提案手法は80~90%において高い頻度となっている。これは、提案手法では高い頻度でクラスタリングが成功していることを示している。これらの結果から、提案手法はデータにノイズが含まれても安定的に良好なクラスタリングが行えるということがわかる。

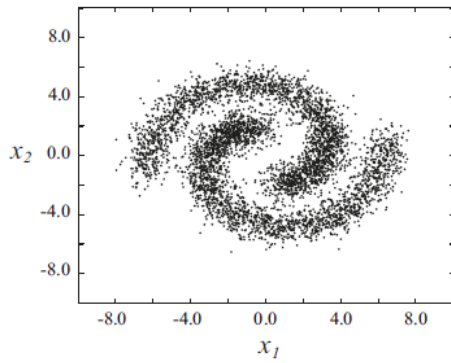


図 2 : 検証実験で使した人工データ

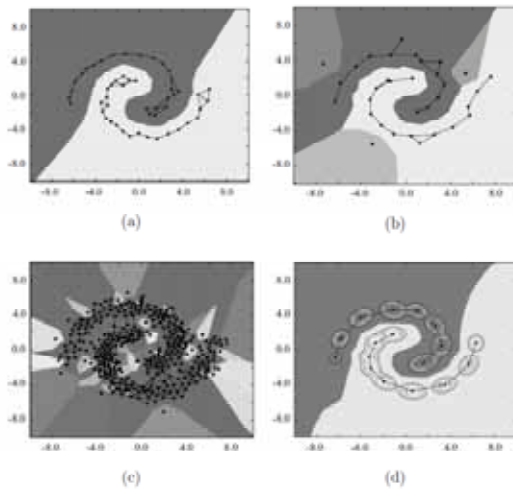


図 3 : 人工データによる比較実験
(a), (b), (c)は従来の成長型ニューラルネットワークによって生成されたネットワーク。
(d)は提案手法によって生成された結果。

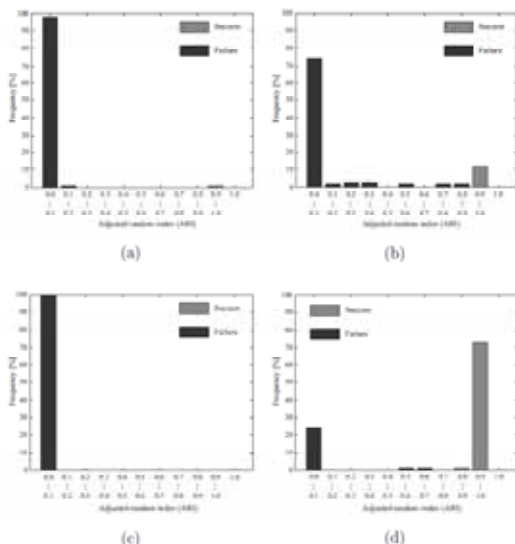


図 4 : 定量的評価の結果
(a), (b), (c)は従来の成長型ニューラルネットワークによって生成されたネットワーク。
(d)は提案手法によって生成された結果。

次に画像データを用いた実験について報告する。画像データは図 5 に示すような、飛行機、人物顔、バイクの三カテゴリの画像データを用いた。各カテゴリにおいて、88 画像ずつ用意されている。各画像から抽出された Histogram Of Gradients (HoG) 特徴量を入力ベクトルとし、従来手法および提案手法で学習を行った。また、入力ベクトルにはノイズも付加した。結果を ARI を用いて定量的に評価したものを図 6 に示す。その結果、従来手法よりも提案手法はクラスタリングの成功率が高かった。また提案手法は、ノイズに対してノードを生成することがなく、非常に安定した結果を得ることができた。



図 5 : 実験で用いた画像データの例

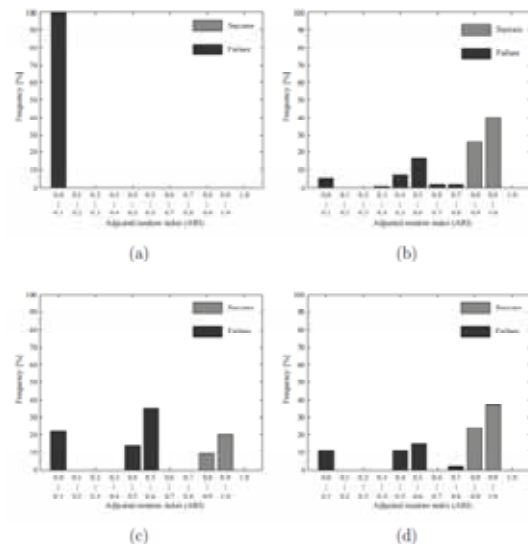


図 6 : 画像データを用いた実験における定量的評価の結果

さらに、本研究の成果を元に、ESOM を発展させた学習アルゴリズム、Enhanced ESOM が開発された。この学習アルゴリズムは、計算速度が非常に速い上に、冗長ノードの生成や学習の不安定性などの問題を克服している。このため高い実用性を持っている。

さらに、SEEMがロボットの知能を成長させるために必要な学習メカニズムを有していることがわかった。本申請で提案された成長型ニューラルネットワークをロボットの知能の成長のメカニズムとして利用することで、より高度にロボットの知能を成長させることができることが示唆された。

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2件)

1. 川畑宣之, 徳永憲洋, 古川徹生, 自己成長型モジュラーネットワークを用いた自律移動ロボットにおけるハイブリッド地図のオンライン構築, 知能と情報日本知能情報ファジィ学会誌), Vol. 25, No. 2 pp. 659-675, 2013
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsot/25/2/25_659/_pdf
2. Kazuhiro Tokunaga, Nobuyuki Kawabata, Tetsuo Furukawa, Self-Evolving Modular Network, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E95-D, No.5, pp.1506-1518, 2012,
DOI : 10.1587/transinf.E95.D.1506

[学会発表](計2件)

1. K. Tokunaga, N. Suetake, E. Uchino, Enhanced Algorithm for the Evolving Self-Organizing Map, 7th WSEAS International Conference on CIRCUITS, SYSTEMS, SIGNAL and TELECOMMUNICATIONS, pp. 49-54, Jun. 9 2013, Milan (Italy)
2. K. Tokunaga and T. Furukawa, Growing Graph Network to Represent Topology of Data Distribution, Proceedings of 2012 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA 2012), pp. 136-141, Sep. 7 2012, Bangkok (Thailand)

6. 研究組織

(1)研究代表者

徳永 憲洋 (TOKUNAGA KAZUHIRO)
一般財団法人ファジィシステム研究所
研究部・主任研究員
研究者番号：00432956