

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24540134

研究課題名(和文)自己組織化マップにおける大域的整列化と準吸収特性を有するクラスに関する研究

研究課題名(英文)On some semi-absorbing state classes and ordering in Self-organizing map processes

研究代表者

星野 満博(Mitsuhiro, Hoshino)

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号：90322338

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：自己組織化マップにおいて、逐次学習による順序化・整列化の形成過程での状態クラスに注目したとき、閉クラスおよび準吸収的特性をもつクラスが存在性に焦点をあてた研究を実施した。特に、学習率変動と大域的整列化の関係、非線形関数解析学的アプローチによる展開、準吸収特性をもつクラスとその性質についての理論研究を推進することができた。また、自己組織化マップとしての本質的な数理構造をもつような条件下において、学習のプロセス上で単調性を保存する為の学習のタイプの一つの十分条件を与えることができた。更に、多くの数値シミュレーションモデルの構築及びその上での数種の予測・検証実験を実施することができた。

研究成果の概要(英文)：We consider mathematical models of self-organizing maps referred to as Kohonen type algorithm, which is very practical and has many useful applications, such as a semantic map, a diagnosis of speech voicing, the traveling-salesman problem, and so on. The purpose of this research is to make a study of closed classes of states and their characterization in self-organizing map models. We obtained a condition that the learning mapping is non-expansive in self-organizing maps with inputs in an inner product space. We have given an extended learning process with a variable learning rate factor and a sufficient condition that a learning process forms a closed class of states. Furthermore, we have made a study of ordering of node values on learning process by several numerical examples and their calculations from various angles. sional arrayed self-organizing maps with a one dimensional input space.

研究分野：数理モデル, 統計数学

キーワード：自己組織化 吸収状態 準吸収的特性 学習過程 順序化 整列化

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究の主たる対象である自己組織化マップはニューラルネットワーク理論、学習理論等に関連し、非線形判別モデル、音声認識、巡回セールスマン問題等、広範囲に应用されている。自己組織化マップは、「高次元(ときには1次元)の入力データをその特徴を保ちつつ、学習の繰り返しにより、平面上(通常は低次元、 R^2 など)において可視化する」などと表現することができるが、その形成過程において現れるある種の順序付けや単調性等の整列化が観測される。しかしながら、本モデルは、幾つかの興味深い性質を有するにもかかわらず、応用に比して、数学的に厳密に扱われることが少ない。単純な構造を有するモデル等、幾つか存在するが、一般化された構造を有する数学的視点による数理モデルとしての理論研究は少数といえる。

(2) 自己組織化マップの特徴として、以下が挙げられる。自己組織化マップを用いた応用モデルが工学、生物学、脳科学、言語学等、多岐の分野に渡って存在する。汎用性が高いアルゴリズムである。アルゴリズムがシンプルで、計算プログラムとして記述しやすい。一部、最適化問題への適用もあり興味深い側面を有する。パラメータの調整が容易でなく、経験則によるところが大きい。前述の順序付け・単調化の形成過程は、微視的に捉えると非常に複雑な挙動をする。非常に実用的であるが、数学的裏づけが十分でなく、またノード配列において離散構造を有する為、比較的難解である。

2. 研究の目的

本研究は、Kohonen 型アルゴリズムとして知られる自己組織化マップにおいて、学習過程におけるノード値全体の状態クラスの吸収的特性に焦点を当て、応用上、重要となる順序付けや単調化等のある種の特徴的な構造をもつ大域的整列化現象とそこへ至るまでの形成過程について数学的に説明することを目的とする。特に、閉クラスにはならないが、整列化への高い吸収的傾向をもつ準吸収的特性を有するクラスの状態クラスとその性質に注目する。また、自己組織化マップの順序化、整列化の度合いを表す指標の提案と上述の理論研究を用いた応用数理モデルの構築、検証を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 理論面では、主に非線形解析学等や応用数学における最近の結果を取り入れ、また、数理工学的手法を積極的に活用した。研究方法の特徴としては、大域的整列化の形成過程における準吸収的特性をもつクラスへ推移およびそこから他の状態への推移の確率的なふるまいに注目することと、準吸収的特性を用いた順序化、整列化の評価指標に注目した。

(2) 上記の検証を目的として、計算機上にいくつか数値モデルを構築した。

4. 研究成果

(1) 自己組織化マップにおいて、逐次学習による順序化・整列化の形成過程での状態クラスに注目したとき、閉クラスおよび準吸収的特性をもつクラスの状態クラスに焦点をあて、理論的アプローチと計算機シミュレーションによるアプローチを試みることで、特に、学習率変動と大域的整列化の関係、非線形関数解析学的アプローチによる展開、準吸収特性をもつクラスとその性質についての理論研究を推進することができた。詳細は以下の通りである。

(2) 学習率が一定の条件のもとで単調性を保証しないような特徴的な学習方法が幾つか存在するが、そこでの順序化、整列化の特性を考察する為に、理論的アプローチを試みた。特に、仮定する空間を拡張し、1次元配列、内積空間に値をもつ一般型ノード値を仮定した下で、状態クラスに厳密な意味での閉性をもたないような学習近傍や学習ルールをもつ自己組織化マップ・モデルに対して、可変学習を導入することによる閉性の保存、整列化について考察した。主に、可変学習率と大域的整列化を保証する為の条件についての研究を進めた。更に、このときの状態および整列化の挙動を可視化する為の計算機シミュレーションを作成した。また、特に進展が期待できるものとして、古典的な1次元配列、実数値ノード型自己組織化マップ・モデルにおいても、状態クラスにおいて閉性をもたせるための学習条件の拡張についての研究を推進することができた。

(3) 自己組織化マップとしての本質的な数理構造をもつような設定において、学習のプロセス上で単調性を保存する為の学習のタイプの一つの十分条件を与えることができた。本結果は、単調性を保存する為の現状の学習条件を包含する、より一般的な条件を与えていて、既存の結果の拡張になっている。このタイプの状態保存性を有する学習の数理構造の解明の一助となることが期待できる。

(4) 実数値ノード型自己組織化マップ・プロセスにおいて、応用上用いられる幾つかのタイプの学習プロセスの下で単調性が保存されるような学習過程の動的な可変手法を具体的に構成するとともに、その特性について議論した。特に、内積空間に値をもつ一般入力型のプロセスに対する展開が含まれることが特徴として挙げられる。自己組織化マップは、実務にも広く应用されているが、この結果は数学的価値というよりも、むしろ実用的かつ利便性が高く多くの適用分野へ寄与

するものである。

(5)あるタイプの学習を伴う一般入力型自己組織化マップ・プロセスにおいて、2ノード間の値に関してモデル関数の空間からモデル関数の空間への学習としての変換写像が縮小写像となることを示すことができた。一般化されたモデルプロセスでの収束性を議論する為の布石ができたと考えられる。また、ここで得られた性質は、これらを用いた応用において高速化アルゴリズム等を構築する上で利便性が高いツールとして期待できる。

(6)学習パラメータと一定の状態クラスに収束(点列的な意味ではなく広い意味での推移)するまでの学習回数との関係に注目し、これを評価する為のモデルを計算機上に作成することができた。時間の制約もあり、大規模ではないが、評価実験としては一定の結果が得られた。そこでは、幾つかの興味深い性質も観測されている。

(7)ジョイントワークにより、関連する周辺応用研究として幾つかの工学的研究の実施とそれらに関連する成果をあげることができた。

(8)全体を通して、自己組織化マップ・プロセスにおける大域的整列化と準吸収特性の研究を、理論展開を中心に一歩進めることができたと考えられる。

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10件)

Mitsuhiro Hoshino, On conservation of states and learning processes in basic self-organizing maps with one-dimensionally indexed array, RIMS kokyuroku, 査読無, 2011, 141-146 (2016年)

Mitsuhiro Hoshino, On a Closed Class of States and Learning Rates in Self-organizing Maps, J. Nonlinear Convex Anal., 査読有, Vol. 17 Num. 1, 105-111 (2016年)

Mitsuhiro Hoshino, On state preserving property and nonexpansivity in self-organizing maps, J. Nonlinear Convex Anal., 査読有, Vol. 16 Num. 11, 2255-2261 (2015年)

Mitsuhiro Hoshino, On variable learning rate factor and ordering behavior in self-organizing maps, Proc. of the 8th International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis, 査読有, 131 - 138

(2015年)

Mitsuhiro Hoshino, On absorbing property and learning rates factor in self-organizing maps on one-dimensional input space, RIMS kokyuroku, 査読無, 1963, 178 - 182 (2015年)

Mitsuhiro Hoshino, On absorbing behavior in Self-organizing maps with modified learning-rates, Proc. of the 3th International Conference on Nonlinear Analysis and Optimization, 査読有, 93 - 99 (2014年)

Mitsuhiro Hoshino, On variable learning rate in self-organizing maps on general input space, RIMS kokyuroku, 査読無, 1923, 227 - 232 (2014年)

姜東暁, 新里隆, 星野満博, 張人千, 郭偉宏, 分枝限定法による2次新製品設計モデルとその1次等価変換の最適化解析, 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol. 65, No. 1, 9-16(2014年)

Mitsuhiro Hoshino, Nearly absorbing property in self-organizing maps with general inputs, RIMS kokyuroku, 査読無, 1841 93 - 98 (2013年)

Dongxiao Jiang, Takashi Shinzato, Mitsuhiro Hoshino, Ikou Kaku. Boltzmann Machine Approach with Mean Field Approximation for Solving Estimation of Product Design Parameters, Proceedings of the 2013 Asian Conference of Management Science and Applications, 査読有, 8 page, (2013年)

[学会発表](計12件)

Mitsuhiro Hoshino, On a closed class of states and an estimation of its formative process in basic SOM, NAO-Asia 2016 (国際会議), 2016年8月1日-6日, 新潟市コンベンションセンター, 新潟市

星野満博, 1次元配列 SOM における学習因子と収束性について, The International Workshop on Nonlinear Analysis and Convex Analysis 2016, 2016年8月31日-2日, 京都大学

Mitsuhiro Hoshino, On convergent behavior and its mathematical properties in basic SOM, 2015 Asian Conference of Management Science & Applications, 2015年9月12日-14日, Dalian (China)

星野満博, 1次元配列 SOM における状態保存性と学習プロセスについて, Workshop on Nonlinear Analysis and Convex Analysis, 2015年9月7日-9日, 京都大学

Mitsuhiro Hoshino, A preserving

property of states and learning rates in basic self-organizing map processes, NACA2015, 2015 年 1 月, Chiang Rai (Thailand)

Mitsuhiro Hoshino, On absorbing set of states and learning rates in self-organizing maps, the ICM Satellite Conference 2014, 2014 年 8 月, Taipei (Taiwan)

星野満博, 1 次元入力型自己組織化マップにおける状態吸収性について, The International Workshop on Nonlinear Analysis and Convex Analysis, 2014 年 8 月, 京都大学

Mitsuhiro Hoshino, On Variable Learning Rate and Nonexpansivity in Self-Organizing Maps, ICNAO2013, 2013 年 12 月 20 日-22 日, National Sun Yat-sen University (Taiwan)

星野満博, 可変学習率をもつ一般入力型自己組織化マップについて, ワークショップ Nonlinear Analysis and Convex Analysis, 2013 年 10 月, 京都大学

Dongxiao Jiang, Takashi Shinzato, Mitsuhiro Hoshino, Ikou Kaku. Boltzmann Machine Approach with Mean Field Approximation for Solving Estimation of Product Design Parameters, ACMSA2013, 2013 年 12 月 21 日-23 日, Kunming, Yunnan (China)

姜東暁, 新里隆, 星野満博, 郭偉宏, ボルツマンマシンによる新製品設計モデルのパラメータ推定, 日本経営工学会, 2013 年 11 月 16 日-17 日, 日本工業大学

姜東暁, 新里隆, 星野満博, 張人千, 郭偉宏, 1 次等価変換による 2 次新製品設計モデルの厳密解析, 日本経営工学会, 2013 年 5 月 18 日-19 日, 慶応義塾大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

〔その他〕
ホームページ等

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

星野 満博 (HOSHINO, Mitsuhiro)

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号 : 90322338