

令和 2 年 7 月 2 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00332

研究課題名（和文）言語ルールによる位相的クラスタリング技法の確立 - ポスト深層学習へ向けて

研究課題名（英文）Establishment of topological clustering method by linguistic rules

研究代表者

遠藤 靖典（Endo, Yasunori）

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：10267396

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、位相的データ解析において中心的役割を果たす持続性ホモロジーという概念を言語ルール化して言語ベースクラスタリングに組み込むことにより、データの構造を柔軟に把握することのできる位相的言語ベースクラスタリング技法の開発を目的とした。さらに、従来のクラスタリング技法と開発技法との数理的関連性を通じて、位相的言語ベースクラスタリングの理論的発展およびソーシャルデータのマイニングへの実用化を目指した。言語ベースクラスタリングアルゴリズムおよび持続性ホモロジーを組み込んだクラスタリングアルゴリズムの開発について一定の成果を得た。持続性ホモロジーの言語ルール化の更なる検討が今後の課題である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

言語ベースのクラスタリングを開発するためには、ソフトコンピューティング技法が欠かせない。本研究課題はそれらの理論を持続性ホモロジーという位相的データ解析の新概念を橋梁として人間の持つ知識と結びつけ、柔軟に処理する手法を開発するだけでなく、さらに俯瞰的立場、すなわち言語ベースという新たな地点に立った位相的データ解析手法の礎となることをゴールとしているものであり、本研究課題の成果によって、データ構造と人間の推論を巧みに組み入れた柔軟なデータ解析手法の深化が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we developed a topological language-based clustering technique that can flexibly grasp the structure of data by converting the concept of persistent homology, which plays a central role in topological data analysis, into language-based clustering and incorporating it into language-based clustering. Furthermore, we aimed at the theoretical development of topological language-based clustering and its practical application to mining social data by examining the mathematical relationships between conventional clustering techniques and development techniques. We have obtained some results on the development of language-based clustering algorithms and clustering algorithms that incorporate persistent homology. Further study on making linguistic rules for persistent homology is a future topic.

研究分野：機械学習

キーワード：クラスタリング 機械学習 持続性ホモロジー 言語ルール ファジィ推論

1. 研究開始当初の背景

オンライン上に保管されたデジタル写真、ソーシャル・メディアに掲載された投稿等、多様な形態の膨大な情報が、我々の周りを日々高速に行き交っている。そのようなデータをビッグデータと呼ぶが、その中でも、Facebook や Twitter をはじめとする SNS 上のデータやオンラインでの購入履歴などのソーシャルデータは、企業のマーケティングやコミュニティ発見、リスクマネジメントにおいて非常に有用との認識が広がり、そのようなソーシャルデータに対する知識発見・データマイニングの重要性は非常に高い。また、規模はさほど大きくないものの、その極めて高い重要性から以前よりデータマイニングの主要なテーマとなっているのが医療データである。医療データの解析ミスは直接人命に影響するだけに、解析の精度のみならず、解析プロセスの透明性の担保なしに医療データのマイニングは議論できない。

データマイニングの手法の中でも、 k -平均法や階層的クラスタリングをはじめとしたクラスタリング技法は特に有用な手法として多くの分野で用いられているが、それらはすべて何らかの数理モデルを想定し、その数理モデルに沿ってクラスタリングを行っている。例えば k -平均法では予め目的関数を定義し、その目的関数を最小化(最適化)するようにデータのクラスタへの帰属を計算している。そこで、「前もって何らかの数理モデルを想定している」という意味において、これまで提案されてきたクラスタリングを、ここではモデルベースクラスタリングと呼ぼう。モデルベースクラスタリングは、対象データの数理構造がある程度分かっている場合には、分類精度や処理速度の両面で効果を発揮するが、そうでない場合には柔軟に対応することができず、しばしば思いもよらない分類を行ったり、膨大な計算時間がかかる。特に対象がビッグデータの場合、明らかにモデルベースクラスタリングでの対応は困難である。

そこで研究代表者は数年前より、制御の分野で成功を収めているファジィ推論からモデルベース制御とファジィ制御の対比に着想を得、「モデルベースから言語ベースへ」という観点に立脚し、ビッグデータに対するマイニングをターゲットとした言語ベースクラスタリング技法の開発を行ってきた。この言語ベースクラスタリングでは、人間の持つ知識を「データの密度のムラが多ければクラスタの数を多くする」等の言語ルール(言語的記述の推論則)として記述可能なので、既存のモデルベースクラスタリングではなし得なかった、大規模・複雑かつ不確定なビッグデータを処理できる柔軟な解析が可能となっている。この研究においては、研究代表者が長年取り組んできた小田急の特急ロマンスカー60000形 MSE への搭載・実用化および関連技術の特許登録をはじめとしたファジィ推論に関する知見に拠るところが極めて大きい。しかし一方で、言語ルールにおいても表現しにくい複雑なデータ構造については扱いが困難であることが分かってきた。

データマイニングの分野での長年の懸案事項も、複雑な構造を持つデータの取り扱いにある。前述のように、データマイニングにおいては、何らかの数理モデルを想定し、その数理モデルに沿って処理を行うが、データが複雑な構造を持っている場合、数理モデル自体を構成できないので、マイニングには大きな困難を伴う。そのような複雑な構造を持つデータを扱う手法の一つとして、近年、位相的データ解析(TDA)が開発されつつある。これは、データを位相幾何学という数学の一手法を用いて解析する手法で、確率分布などのモデルを想定した情報幾何学に基づくデータマイニングとは異なり、データの詳細な構造を少ない計算量で柔軟に読み解くことができると期待されている。TDA においては、位相幾何学の枠組みで創出された持続性ホモロジーという新たな概念が重要な役割を果たしている。すなわち、TDA は背後にある数学理論の明快さにより、解析プロセスの透明性が担保されていると言える。一方、近年研究が盛んな深層学習は、「何をしているか分からないがとりあえず上手くいく」と見做されている故に、医療診断のような人命を司るシリアスな状況には使いにくいと考えられており、TDA は深層学習の次を担う新たなデータマイニング・人工知能手法、すなわちポスト深層学習として、現在、研究が急速に進んでいる。この持続性ホモロジーという新概念をこれまで研究代表者が取り組んできた言語ベースクラスタリングに適用し、アルゴリズムを再構成すれば、既存のモデルベースクラスタリングではなし得ず、言語ベースクラスタリングでも困難であった、ビッグデータを処理できる柔軟な解析を可能とすることができよう。簡潔に言うと本研究課題の枢要は、「持続性ホモロジーを適用した複雑なデータ構造をも把握できる位相的言語ベースクラスタリングの開発」である。

2. 研究の目的

そこで本研究課題では、ソーシャルデータ・医療データなどのビッグデータのマイニングをターゲットとして、これまで開発してきた言語ルールによるクラスタリング技法(言語ベースクラスタリング)を位相幾何学の枠組みの中で展開し、持続性ホモロジーを組み込むことにより、位相的言語ベースクラスタリング技法の確立を目的とする。

まず、現在の位相的クラスタリングの基となっている数理モデルの抽出を行い、抽出した数理モデルにおける持続性ホモロジーの構造を明らかにする。次に、クラスタリングにおいて適切な持続性ホモロジーの言語ルールの構造について考察する。その後、検討した持続性ホモロジーの言語ルールを言語ベースクラスタリングに組み込むことにより、新たな位相的言語ベースクラ

スタリングアルゴリズムを構築する。ベンチマークデータを通じて、構築したアルゴリズムと既存の言語ベースクラスタリング手法との比較検討を行った後、言語ルールによる持続性ホモロジーの数理的発展の可能性と、適用可能なビッグデータの規模についての検討を行う。

3. 研究の方法

本研究課題では、位相的データ解析において中心的役割を果たす持続性ホモロジーという概念を言語ルール化して言語ベースクラスタリングに組み込むことにより、データの構造を柔軟に把握することのできる位相的言語ベースクラスタリング技法の開発を目的としている。本研究計画の骨子は以下からなる。

1. 研究全体の検討
2. 現在の位相的クラスタリングの基となっている数理モデルの抽出および類型分類
3. 抽出した数理モデルにおける持続性ホモロジーの構造の解明
4. クラスタリングにおいて適切な持続性ホモロジーの言語ルールの構造の考察
5. クラスタリングと親和性の高い言語ベース（言語的記述の推論則）の構造の検討
6. 持続性ホモロジーの言語ルール化に関する検討
7. ベンチマークデータによる開発手法の検証・既存手法との比較検討

詳細は以下の通りである。

- (1) 研究全体の検討：本研究課題全体の詳細計画を確認する。また、協力を仰ぐ専門家、研究協力者への連絡を行い、本年度全体の計画が速やかに行われるための体制を確立する。
- (2) 現在の位相的クラスタリング技法の実装と検討：現在提案されている代表的な位相的クラスタリングアルゴリズムを実装し、計算時間や有効性の検討を行う。また、それぞれのアルゴリズムにおける問題点を抽出する。
- (3) 数理モデルの抽出・類型分類：実装した位相的クラスタリングの基となっている数理モデルの抽出を行い、類型に分類する。また、抽出した数理モデルと照らし合わせながら、各アルゴリズムの問題点の源を探る。
- (4) 数理モデルにおける持続性ホモロジーの構造の解明：位相的クラスタリングから抽出した数理モデルに基づいて、持続性ホモロジーの持つ数理メカニズムの解明を行う。
- (5) 持続性ホモロジーの言語ルール化に関する検討：言語ベースクラスタリングと親和性の高い言語ルール（言語的記述の推論則）の構造の検討を踏まえ、言語ベースクラスタリングに組み込み可能な持続性ホモロジーの言語ルール化を行う。
- (6) 位相的言語ベースクラスタリング技法の開発：言語ルール化した持続性ホモロジーをこれまで研究代表者が開発してきた言語ベースクラスタリングに組み込むことにより、位相的言語ベースクラスタリング技法の開発を行う。
- (7) 開発手法の検証・既存手法との比較検討：ベンチマークデータによる開発手法の検証と、既存手法との比較検討を行う。
- (8) 最終的な総括・自己評価：本研究課題の最終的な包括を行う。

4. 研究成果

本研究課題における成果は以下の通りである。

- [1] 言語ベース（言語的記述の推論則）と持続性ホモロジーに基づく、以下のような新たなクラスタリングアルゴリズムを開発した。
力学モデルに基づく非階層的言語ベースクラスタリング
クラスタ分割が重み付きアルファ複体とホモトピー同値になるような目的関数最適化に基づくクラスタリング
- [2] 言語ベースクラスタリングの開発に関連し、以下の成果を挙げた。
クラスタリングに関連して、各クラスタのサイズが予め与えられた範囲に収まるようなクラスタリングアルゴリズムの構築を行った。
クラスタリングに関連して、ノイズを含むデータに対するクラスタリングアルゴリズムの構築を行った。
クラスタリングに関連して、クラスタ形状が線形多様体になるようなデータに対するクラスタリングアルゴリズムの構築を行った。
クラスタリングに関連して、ノイズ項を導入したエントロピー正則化ファジィ c -多様体法の構築を行い、仮設道路の経路計画へ応用した。
クラスタリングに関連して、粒子群最適化を用いた目的関数最適化に基づくファジィクラスタリングの構築を行った。
言語的記述の推論側に関連し、これまで進めてきた鉄道車両のブレーキのファジィ制御において、車輪・レール間に働く接線力をファジィ推論によって推定する方法を開発した。

機械学習に関連して、RNN によって微分方程式の解のふるまいのモデルフリー予測を行った。

最終的に本研究課題で開発した主要な手法は、言語的記述の推論則および持続性ホモロジーに基づく言語ベースクラスタリングであり、具体的には、上述の、力学モデルに基づく非階層的言語ベースクラスタリングとクラスタ分割が重み付きアルファ複体とホモトピー同値になるような目的関数最適化に基づくクラスタリングの 2 種のアルゴリズムである。これらのアルゴリズムは、クラスタリングに、これまでなかった言語ベースおよび持続性ホモロジーという概念を取り入れたものであり、その有効性のみならず、数学的興味から、これまでのクラスタリングのあり方を大きく変えるものとして期待されるであろう。

言語ベースクラスタリングの開発という大枠としてはその目的を達成したが、本研究の目的の 1 つである、持続性ホモロジーを言語的記述によって表現した言語ベースクラスタリングの開発という点については十分であったとはいえない。これは、持続性ホモロジーが高度な数学理論を背景としているため、この理解に多くの時間が割かれたことにあり、この点は今後の課題といえる。また、推論側におけるファジィ集合の決め方・演算則の選び方・パラメータチューニング等の推論側に関する詳細に関しても十分に議論を深める必要がある。

持続性ホモロジーの構造は、以前より研究代表者が取り組んでいる許容範囲付きデータの構造と類似点がある。許容範囲付きデータは不確実性を伴うデータに対する解析において有効であると考えられており、持続性ホモロジーと許容範囲付きデータとの関連性の議論と、それらに基づいた新たなクラスタリングアルゴリズムの開発は今後取り組むべき課題と言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Kei Kitajima, Yasunori Endo, Yukihiro Hamasuna | 4. 巻 Vol.22, No.4 |
| 2. 論文標題 Fuzzified Even-sized Clustering Based on Optimization | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics | 6. 最初と最後の頁 537-543 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jaciii.2018.p0537 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Yusuke Oi, Yasunori Endo | 4. 巻 Vol.23, No.3 |
| 2. 論文標題 Kernel Fuzzy c-Regression Based on Least Absolute Deviation with Modified Huber Function | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics | 6. 最初と最後の頁 571-576 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jaciii.2019.p0571 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Yukihiro Hamasuna, Ryo Ozaki, Yasunori Endo | 4. 巻 Vol.22, No.1 |
| 2. 論文標題 Two-Stage Clustering Based on Cluster Validity Measures | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics | 6. 最初と最後の頁 54-61 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jaciii.2018.p0054 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Yasunori Endo, Yukihiro Hamasuna, Tsubasa Hirano, Naohiko Kinoshita | 4. 巻 Vol.22, No.1 |
| 2. 論文標題 Even-Sized Clustering Based on Optimization and its Variants | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics | 6. 最初と最後の頁 62-69 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jaciii.2018.p0062 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Yukihiro Hamasuna, Shusuke Nakano, Ryo Ozaki, Yasunori Endo | 4. 巻 Vol.23, No.3 |
| 2. 論文標題 Cluster Validity Measures Based Agglomerative Hierarchical Clustering for Network Data | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics | 6. 最初と最後の頁 577-583 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2019.p0577 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Yukihiro Hamasuna, Daiki Kobayashi, Ryo Ozaki, Yasunori Endo | 4. 巻 Vol.22, No.4 |
| 2. 論文標題 , Cluster Validity Measures for Network Data | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics | 6. 最初と最後の頁 544-550 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2018.p0544 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

[学会発表] 計31件(うち招待講演 0件/うち国際学会 16件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Naoya Kimoto, Yasunori Endo |
| 2. 発表標題 On Linear Clustering with Constraints on Cluster Size |
| 3. 学会等名 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems in conjunction with Intelligent Systems Workshop 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kei Kitajima, Yasunori Endo |
| 2. 発表標題 Even-sized Clustering with Noise Clustering method |
| 3. 学会等名 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems in conjunction with Intelligent Systems Workshop 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yasunori Endo, Kanata Hoshino, Yukihiro Hamasuna |
| 2. 発表標題 An Objective-Based Clustering Algorithm whose Cluster Partition is Homotopy Equivalent to Weighted α -Complex |
| 3. 学会等名 The 15th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 星野 翔大, 遠藤 靖典 |
| 2. 発表標題 クラスタ分割が重み付きアルファ複体とホモトピー同値になるような目的関数最適化に基づくクラスタリングについて |
| 3. 学会等名 第34回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 北島 慧, 遠藤 靖典 |
| 2. 発表標題 ノイズクラスタリング手法を導入したサイズ均等クラスタリングアルゴリズムについて |
| 3. 学会等名 第34回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 木本 直也, 遠藤 靖典 |
| 2. 発表標題 クラスタサイズに制約を与えたc-回帰法について |
| 3. 学会等名 第34回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名 宮本 定明, 遠藤 靖典 |
| 2. 発表標題 ラフ集合論の逆問題について |
| 3. 学会等名 第34回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yukihiro Hamasuna, Yasunori Endo |
| 2. 発表標題 On Edge Penalty Based Hard and Fuzzy c-Medoids for Uncertain Networks |
| 3. 学会等名 The 14th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kei Kitajima, Yasunori Endo, Yukihiro Hamasuna |
| 2. 発表標題 On Fuzzified Even-sized Clustering Based on Optimization |
| 3. 学会等名 The 14th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yusuke Oi, Yasunori Endo |
| 2. 発表標題 On Kernel Switching Fuzzy c-Regression |
| 3. 学会等名 The 14th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Ryo Ozaki, Yukihiro Hamasuna, Yasunori Endo |
| 2 . 発表標題 Agglomerative Hierarchical Clustering Based on Local Optimization for Cluster Validity Measures |
| 3 . 学会等名 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (国際学会) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Kei Kitajima, Yasunori Endo |
| 2 . 発表標題 A note on fuzzified even-sized clustering based on optimization |
| 3 . 学会等名 2017 Conference of the International Federation of Classification Societies (国際学会) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Yukihiro Hamasuna, Ryo Ozaki, Yasunori Endo |
| 2 . 発表標題 Two roles of cluster validity measures for clustering network data |
| 3 . 学会等名 2017 Conference of the International Federation of Classification Societies (国際学会) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Yasunori Endo, Sachiko Ishida, Naohiko Kinoshita, Yukihiro Hamasuna |
| 2 . 発表標題 On Various Types of Controlled-sized Clustering Based on Optimization |
| 3 . 学会等名 2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (国際学会) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yasunori Endo, Sachiko Ishida, Naohiko Kinoshita |
| 2. 発表標題 Controlled-sized Clustering Based on Optimization |
| 3. 学会等名 Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ryosuke Abe, Sadaaki Miyamoto, Yasunori Endo, Yukihiro Hamasuna |
| 2. 発表標題 Hierarchical clustering algorithms with automatic estimation of the number of clusters |
| 3. 学会等名 Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yukihiro Hamasuna, Ryo Ozaki, Yasunori Endo |
| 2. 発表標題 A Study on Cluster Validity Measures for Clustering Network Data |
| 3. 学会等名 Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 伊藤 成彦, 遠藤 靖典 |
| 2. 発表標題 ファジィ推論を用いた新たな言語ベースクラスタリング |
| 3. 学会等名 第33回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuya Kanazawa, Yasunori Endo, Shin-Ichi Nakazawa, Daisuke Hijikata |
| 2. 発表標題 A Note on Brake System of Train Set with Wheel Slide Protection System |
| 3. 学会等名 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems in conjunction with Intelligent Systems Workshop 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shusuke Nakano, Yukihiro Hamasuna, Yasunori Endo |
| 2. 発表標題 A Study on Controlled Node Sized Network Clustering for Unweighted Network Data |
| 3. 学会等名 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems in conjunction with Intelligent Systems Workshop 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Satoru Ota, Yasunori Endo, Tsutomu Suzuki |
| 2. 発表標題 On Application of Entropy Regularized Fuzzy c-Varieties Method with Noise Terms to Distribution Route Setting Problem |
| 3. 学会等名 The 16th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Li Jie, 遠藤 靖典 |
| 2. 発表標題 粒子群最適化を用いた目的関数最適化に基づくファジィクラスタリングに関する一考察 |
| 3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 太田 諭, 遠藤 靖典, 木本 直也 |
| 2. 発表標題 ノイズ項を導入したエントロピー正則化ファジィc-多様体法と仮設道路の経路計画への応用 |
| 3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野澤 健三, 高安 亮紀, 遠藤 靖典 |
| 2. 発表標題 RNNによるDuffing方程式の解のふるまいのモデルフリー予測 |
| 3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 木南 優希, 遠藤 靖典, 高安 亮紀 |
| 2. 発表標題 RNNによる現象を記述した微分方程式の解のふるまいのモデルフリー予測 |
| 3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 木本 直也, 遠藤 靖典 |
| 2. 発表標題 クラスサイズに制約を与えたc-回帰法とそのカーネル化について |
| 3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 星野 翔大, 遠藤 靖典, 濱砂 幸裕 |
| 2. 発表標題 クラスタ分割が重み付きアルファ複体とホモトピー同値になるようなクラスタリングについて |
| 3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮本 定明, 遠藤 靖典 |
| 2. 発表標題 一般化されたFuzzy c-Meansとノイズクラスタリングについて |
| 3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 金澤 佑哉, 遠藤 靖典, 中澤 伸一, 土方 大輔 |
| 2. 発表標題 粘着力を考慮したシミュレーションによる鉄道車両の滑走制御に関する一考察 |
| 3. 学会等名 第34回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中野 秀亮, 濱砂 幸裕, 遠藤 靖典 |
| 2. 発表標題 ノード数の制約に基づくネットワーククラスタリングの検討 |
| 3. 学会等名 第34回ファジィシステムシンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 太田 諭, 遠藤 靖典, 鈴木 勉 |
| 2. 発表標題 ノイズ項を導入したエントロピー正則化ファジィc-多様体法の配給路設定問題への応用について |
| 3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会 |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|-------------------------------------|----|
| 研究協力者 | 濱砂 幸裕 (Hamasuna Yukihiro) (70610559) | 近畿大学・理工学部・講師 (34419) | |