

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K12753

研究課題名（和文）ラフ集合に基づくk-means型クラスタリングに関する研究

研究課題名（英文）Study on k-means type clustering based on rough set theory

研究代表者

生方 誠希 (Ubukata, Seiki)

大阪府立大学・工学（系）研究科（研究院）・准教授

研究者番号：10755698

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、データ自動分類技術であるクラスタリングの性能向上を目標とし、ファジィ理論やラフ集合理論等のソフトコンピューティングアプローチを取り入れることで、データに内在する曖昧性・不確実性に対処し、柔軟かつ信頼性の高いクラスタリング手法を開発した。ラフクラスタリングの理論的基礎を補強した上で、データの粒状性を考慮した新しい手法を提案し、さらにそれらを改良した手法を発展させた。また、ファジィクラスタリングや共クラスタリングの改良も種々行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高度情報化社会において、データ自動分類技術であるクラスタリングの需要が高まっている。データに内在する不確実性を取り扱うために、ラフ集合理論の観点を導入したラフクラスタリングが有効である。本研究では、主にラフクラスタリングの理論的基礎を補強し、理論的体系を確立することで、今後のさらなる発展のための基礎を築いた。また、データの粒状性を考慮した新しい手法を開発することで、柔軟かつ信頼性の高いクラスタリングが可能となった。提案手法によりデータからより有益な情報・知識を抽出し、社会で有効活用されることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to improve the performance of clustering, which is a technique for automatic data classification. We developed flexible and reliable clustering methods by introducing soft computing approaches such as fuzzy theory and rough set theory to cope with ambiguity and uncertainty inherent in data. We reinforced the theoretical basis of rough clustering, proposed novel methods that consider the granularity of data, and developed refined methods. Furthermore, we refined various methods related to fuzzy clustering and co-clustering.

研究分野：ソフトコンピューティング

キーワード：ソフトコンピューティング ファジィ理論 ラフ集合理論 クラスタリング ファジィクラスタリング
ラフクラスタリング 共クラスタリング

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) ラフクラスタリングの理論的体系の構築

高度情報化社会において、膨大なデータが収集・蓄積されるようになり、データを自動的に分類・要約する技術であるクラスタリングの需要が高まっている。代表的なクラスタリング手法として Hard C-Means (HCM; k-Means)法があり、様々な分野で広く活用されている。HCM 法では、対象のクラスターへの帰属度を $\{0, 1\}$ の 2 値で表現し、各対象を唯一のクラスターへ割り当てるため、ある対象が同時に複数のクラスターに帰属するといった状況を表現できない。一般に、実世界のデータには曖昧性・不確実性が内在するため、それらをうまく取り扱うには、ファジィ理論やラフ集合理論等のソフトコンピューティングのアプローチが有効である。ファジィ理論を応用したファジィクラスタリングは、Fuzzy C-Means (FCM)法を始めとして、数多くの研究が推進されてきた。データを粗く見る・細かく見るといった粒状性を考慮し、不確実性を取り扱うことのできるラフ集合理論を応用したラフクラスタリングでは、代表的な手法として、Lingras and West の RCM (LRM)法、Peters の RCM (PRCM)法が挙げられる。しかしながら、その後のラフクラスタリングの研究では RCM 法や PRCM 法が別々に用いられ、見通しが悪くなっており、研究の発展が限定的であったことから、ラフクラスタリングの理論的基礎の補強と理論的体系の構築が必要であると考えた。

(2) 粒状性を考慮したラフクラスタリング手法

ラフ集合理論において、粒状性は最も重要な概念の一つであり、データを大雑把に粒状化した上で、粒毎に処理を行うことで、確実性を示す領域である下近似、可能性を示す領域である上近似、不確実性を示す領域である境界領域を検出し、不確実性を取り扱うことができる。しかしながら、従来のラフクラスタリングである RCM 型クラスタリングでは、実際には粒状性が考慮されておらず、上下近似や境界領域が厳密な意味で導入されていないという問題があった。そこで、データの粒状性を考慮し、クラスターの上下近似や境界領域をラフ集合理論の定義通りに用いる手法を開発する必要があると考えた。

(3) 種々のクラスタリング手法の改良

昨今のデータ分析タスクにおいては、データ量の規模化のみならず、データの種類も多様化しており、従来の多変量ベクトル解析とは異なる観点での解析手法の発展が求められている。購買履歴データや文書-キーワード頻度データ等の、共起関係データのクラスタリングには、共クラスタリングが有効である。多様化するデータ分析タスクに対応するため、ファジィ共クラスタリング手法および、その他の種々のクラスタリング手法の改良が必要であると考えた。

2. 研究の目的

(1) ラフクラスタリングの理論的体系の構築

ラフクラスタリングの理論的基礎の補強と理論的体系を構築することを目的とした。

(2) 粒状性を考慮したラフクラスタリング手法

データの粒状性を考慮し、クラスターの上下近似や境界領域をラフ集合理論の定義通りに用いる手法を開発することを目的とした。

(3) 種々のクラスタリング手法の改良

多様化するデータ分析タスクに対応するため、ファジィ共クラスタリング手法および、その他の種々のクラスタリング手法を改良することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) ラフクラスタリングの理論的体系の構築

Generalized RCM (GRCM)法

HCM 法は、対象のクラスターへの帰属の判定を、最近隣クラスターへの距離を基準とした閾値処理によって行っているとみなせる。LRM 法は閾値に 0 以上の実数 β を加算、PRCM 法は閾値に 1 以上の実数 α を乗算することで、クラスターへの帰属の条件を緩和し、複数のクラスターへの帰属を実現する。RCM 型クラスタリングでは、ラフ集合理論における下近似・上近似・境界領域を模した概念として、下エリア・上エリア・境界エリアを導入し、クラスターの代表点であるクラスター中心については、LRM 法では下エリアと境界エリア、PRCM 法では下エリアと上エリアの重心の凸結合によって算出する。そこで、LRM 法と PRCM 法を統合し、GRCM 法を提案した。GRCM 法では、 α の乗算と β の加算を同時に用いた一次関数閾値によってクラスターへの帰属の条件を緩和する。また、クラスター中心は下エリアと上エリア、境界エリアの 3 つの領域の重心の凸結合によって算出する。

Linear Function Threshold-Based C-Means (LiFTCM)法

GRCM 法の一次関数閾値において、 α の制約を 0 以上の実数へと緩和し、LiFTCM 法として、さらに一般化を行った。

RCM 法の改良

- i) クラスタリングは一般に教師なし学習であるが、データの一部に教師ラベルが与えられている場合、教師ラベルの情報を活用することでクラスタリング性能を高めることが期待される。このように、一部の教師ラベルを活用する枠組みを半教師あり学習という。RCM 法において、半教師あり学習を行う手法を提案した。RCM 法において、下エリアと境界エリアは上エリアから自動的に算出されるため、上エリアへの教師情報の埋め込みを行う。その際、確定的ラベル、可能的ラベル、非帰属的ラベルの概念を導入し、教師ラベルが不確実である場合も想定した半教師あり学習を実現した。
- ii) HCM 型の手法は、二乗誤差を最小化する点をクラスター中心として算出するため、外れ値の影響を強く受けるという問題がある。そこで、いずれのクラスター中心からも遠い対象はノイズ対象とみなして、ノイズクラスターに吸収させることでノイズの影響を低減するノイズクラスタリングが提案されている。ノイズクラスタリングのノイズ除去機構を RCM 法に導入し、Noise RCM (NRCM)法を提案した。
- iii) 外れ値への対処法として、二乗誤差ではなく、通常の誤差を最小化する対象(メドイド)をクラスターの代表点として採用する、k-Medoids 法がある。ラフクラスタリングにおいて、メドイドをクラスターの代表点として採用する、Rough C-Medoids (RCMdd)法を提案した。

(2) 粒状性を考慮したラフクラスタリング手法

Rough Set C-Means (RSCM)法

RCM 型のラフクラスタリングでは、ラフ集合理論の主要な概念である粒状性が考慮されないという問題があった。そこで、粒状性を考慮した手法として、RSCM 法を提案した。RSCM 法では、最初に対象間の二項関係を設定することで粒状化を行い、最近隣クラスター割り当てによって得られる暫定クラスターに対し、ラフ集合理論における定義に基づいた下近似・上近似・境界領域を検出することで、クラスターへの帰属の確実性・可能性・不確実性を取り扱う。

Rough Membership C-Means (RMCM)法

ラフ集合理論における下近似・上近似・境界領域は、対象の近傍内のクラスター割合であるラフメンバシップを閾値処理することで算出される。RSCM 法においては、これらの近似領域を活用するが、ラフメンバシップの閾値処理によって情報損失が発生するという問題がある。そこで、ラフメンバシップを直接クラスターメンバシップとする RMCM 法を提案した。ラフメンバシップは対象の近傍の下でのクラスター帰属の条件付き確率とみなすことができ、確率的なメンバシップとしての利用に適している。

(3) 種々のクラスタリング手法の改良

混合多項分布型ファジィ共クラスタリング(Fuzzy Co-Clustering induced by Multinomial Mixture models (FCCMM)法)に対し、可能性的クラスタリングやオンライン学習、ノイズ除去機構、クラスター数自動決定法等を導入した手法を提案した。その他、種々のクラスタリング手法に対して改良を行った。

4. 研究成果

(1) ラフクラスタリングの理論的体系の構築

GRCM 法

LRCM 法と PRCM 法を統合し、GRCM 法を提案した[1, 2]。GRCM 法では、パラメータ調節により LRCM 法と PRCM 法、およびそれらの混合状態を表現できるようになり、ラフクラスタリングを統一的に解釈することが可能となった(図 1)。きめ細やかなパラメータ調節によって、より精度の高いクラスター境界検出が可能となった。

LiFTCM 法

GRCM 法の一次関数閾値において、 α の制約

を 0 以上の実数へと緩和することで、LiFTCM 法を提案した[3]。一次関数閾値によって、ラフクラスタリングだけでなく、いずれの対象からも遠いノイズ対象を除去するノイズクラスタリングや、クラスター毎にノイズ除去を行う可能性的クラスタリングの挙動を再現できることを示し、別々に議論されていたクラスタリング手法間の関係性を明らかにした。

RCM 法の改良

- i) RCM 法において、半教師あり学習を行う手法として Semi-Supervised RCM (SSRCM)法を提案した[4]。確定的ラベル、可能的ラベル、非帰属的ラベルの概念を導入し、教師ラベルが不確実である場合も想定した半教師あり学習を実現した。
- ii) ノイズ除去機構を RCM 型クラスタリングに導入し、NRCM 法を提案した[5]。ラフクラスタリングとノイズクラスタリングを融合させることにより、対象がノイズであることの確実性・可

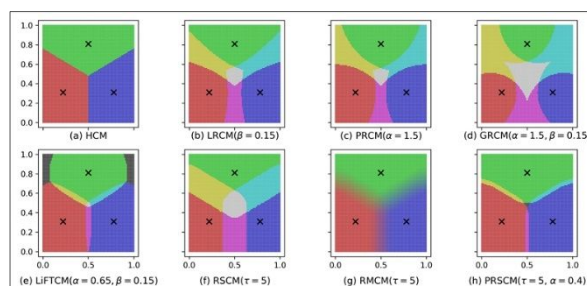


図 1：種々のラフクラスタリングによるクラスター境界

能性・不確実性を取り扱うことができるようになり、より信頼性の高いクラスタリングを実現することができた。

iii) ラフクラスタリングにおいて、メドイドをクラスターの代表点として採用する、RCMdd 法を提案した[6]。提案法によって、クラスタリング基準を柔軟に変更することが可能となり、外れ値にロバストなラフクラスタリングを実現することができた。

(2) 粒状性を考慮したラフクラスタリング手法

RSCM 法

i) 粒状性を考慮したラフクラスタリング手法として、RSCM 法を提案した[7, 8]。RSCM 法では対象空間をどのように粒状化するか、すなわち、二項関係をどのように決定するかが、クラスタリング結果に影響する重要なファクターである。様々な二項関係を適用し、クラスタリングに及ぼす影響を調査し、その特徴について議論した。

ii) HCM 法ベースの手法は、各クラスの混合比率が均等な均衡データの分析に向いているが、実世界のデータでは、不均衡なデータが多く、分析には注意が必要である。実問題への応用に向けて、ラフクラスタリングが不均衡データでどのような特性を示すかを調査した[9, 10]。

iii) RSCM 法における半教師あり学習として Semi-Supervised RSCM (SSRSCM)法を提案し、その有効性を検証した[11, 12]。一部得られている教師情報を上近似に埋め込むことで、クラスタリング性能を高められることを示した。

iv) ラフ集合理論における下近似と上近似は、それぞれ、ラフメンバシップの弱 1-カットと強 0-カットによって得られる。確率的ラフ集合では、 $[0, 1]$ 間のパラメータ α を用いた α -カットを使用することで、下近似と上近似の中間的な近似を行うことができる。Probabilistic RSCM (PRSCM)法を提案し、確実性と可能性のどちらを重視するかを滑らかに変更することのできる手法を開発した[13]。

v) ノイズ除去機構を RSCM 法に導入し、Noise RSCM (NRSCM)法を提案し、ノイズロバストなラフクラスタリングを実現した[14]。

RMCM 法

i) ラフメンバシップ値を直接クラスターメンバシップ値として活用する RMCM 法を提案した[15]。RMCM 法ではラフメンバシップに閾値処理を施して $\{0, 1\}$ の 2 値に変換することなく、 $[0, 1]$ 間の実数値を直接クラスターメンバシップとして使用するため、保有する情報が多く、よりデータに適合したクラスタリングを実行できる。また、RCM 法や RSCM 法においては、3 つの領域を抽出するため、クラスター中心決定の際に各領域の重みを考慮した集約プロセスが必要であり、パラメータ調節が困難であったが、RMCM 法ではラフメンバシップのみでクラスター中心を計算できるため、重みパラメータが不要であるという利点がある。

ii) HCM 法ベースの手法では、初期値としてクラスター中心あるいはメンバシップ値をランダムに設定するため、実行毎に結果が異なる初期値依存性が存在する。より良い初期値を設定するための手法である k-Means++法における初期値設定法を RMCM 法に導入することで、RMCM++法を提案した[16, 17]。RMCM++法によって安定したクラスタリング性能が得られることを示した。

iii) RMCM 法で使用する二項関係は、対象間の距離を閾値処理して 2 値化することで情報損失が発生するという問題があった。そこで、距離に応じて減衰する関数に基づくファジィ二項関係を使用する手法を提案した[18]。ファジィ二項関係を活用することで、より詳細な近傍情報を用いて、よりデータに適合したクラスタリングを実現した。

iv) RMCM 法において半教師あり学習の枠組みを導入し、Semi-Supervised RMCM (SSRMCM)法を提案した[19]。ラフメンバシップ行列に教師情報を埋め込むことで、クラスタリング性能を高めることに成功した。

v) NRCM 法や NRSCM 法と同様に、RMCM 法に対してノイズ除去機構を導入し、NRMCM 法を提案し、ノイズロバストなラフクラスタリングを実現した[20]。

vi) RCM 法や RSCM 法、RMCM 法は、アルゴリズムのヒューリスティックな改良によって構築されており、目的関数の最適化の観点からの定式化がされていなかった。そこで、RMCM 法と同様のクラスター中心計算を導く目的関数を定式化し、目的関数に基づくラフクラスタリングとして、RMCM2 法を提案した[21]。目的関数の交互最適化の観点から、アルゴリズムの収束性を証明した。目的関数の導入によって、クラスタリングの妥当性の評価や、目的関数の改良による理論的発展のための基礎を築いた。

vii) 本研究課題によって得られた種々のラフクラスタリングに関する研究の成果を解説記事[22]と用語解説[23]にまとめた。

(3) 種々のクラスタリング手法の改良

共クラスタリング手法である FCCMM 法に対し、可能性的クラスタリングやオンライン学習、ノイズ除去機構、クラスター数自動決定法等を導入することで、実用性を高めた[24-37]。その他、種々のクラスタリング手法に対して改良を行い、実用性を高めた[38-42]。

< 引用文献 >

[1] S. Ubukata, A. Notsu, K. Honda, General Formulation of Rough C-Means Clustering, International Journal of Computer Science and Network Security, 17-9, 2017, 29-38.

- [2] 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, ハイブリッド型 Rough C-Means 法に関する一考察, 第 60 回自動制御連合講演会, 2017.
- [3] S. Ubukata, A unified approach for cluster-wise and general noise rejection approaches for k-means clustering, PeerJ Computer Science, 5:e238, 2019, 1-20.
- [4] 清水 威暉, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, ラフ集合に基づくクラスタリングにおける半教師あり学習の効果, 平成 29 年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会, 2017.
- [5] 関谷 翔, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, ノイズ除去機構を導入した Rough C-Means 法に関する一検討, 平成 30 年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会, 2018.
- [6] 杉本 篤史, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, ラフ集合理論に基づく C-Medoids クラスタリング, 第 64 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2020.
- [7] S. Ubukata, K. Umado, A. Notsu, K. Honda, Characteristics of Rough Set C-Means Clustering, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 22-4, 2018, 551-564.
- [8] S. Ubukata, K. Umado, H. Kato, A. Notsu, and K. Honda, A comparative study on rough set-based k-means clustering, Conference of the International Federation of Classification Societies 2017, 2017.
- [9] S. Ubukata, K. Umado, A. Notsu, K. Honda, Boundary Detection with Imbalanced Data by the Rough Set k-Means Clustering, 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 2017.
- [10] 馬戸 啓輔, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, 不均衡データにおけるラフ集合 k-means 法の境界検出性能に関する一考察, 第 61 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2017.
- [11] S. Ubukata, T. Shimizu, A. Notsu, K. Honda, Effects of Semi-supervised Learning on Rough Set-Based C-Means Clustering, 2018 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications, 2018.
- [12] 清水 威暉, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, Rough Set C-Means クラスタリングにおける半教師あり学習の効果, 第 34 回ファジィシステムシンポジウム, 2018.
- [13] 馬戸 啓輔, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, 確率的ラフ集合に基づく Rough Set C-Means クラスタリングに関する一考察, 第 28 回インテリジェント・システム・シンポジウム, 2018.
- [14] S. Ubukata, S. Sekiya, A. Notsu, K. Honda, Noise Rejection Scheme for Rough Set-Based C-Means Clustering, 16th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence, 2019.
- [15] S. Ubukata, H. Kato, A. Notsu, K. Honda, Rough Set-Based Clustering Utilizing Probabilistic Memberships, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 22-6, 2018, 956-964.
- [16] S. Ubukata, H. Kato, A. Notsu, K. Honda, Dependence on Initial Values of the Rough Membership k-Means Clustering, 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 2017.
- [17] 加藤 弘規, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, ラフメンバシップ k-means 法の初期値依存性に関する一考察, 第 61 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2017.
- [18] 加藤 弘規, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, ファジィ二項関係に基づく Rough Membership C-Means 法に関する一考察, 第 28 回インテリジェント・システム・シンポジウム, 2018.
- [19] T. Shimizu, S. Ubukata, A. Notsu, K. Honda, Effects of Semi-Supervised Learning on Rough Membership C-Means Clustering, 2019 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications, 2019.
- [20] S. Ubukata, S. Sekiya, A. Notsu, K. Honda, Noise Rejection Approaches for Various Rough Set-Based C-Means Clustering, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 24, 2020, 738-749.
- [21] S. Ubukata, A. Notsu, K. Honda, Objective function-based rough membership C-means clustering, Information Sciences, 548, 2021, 479-496.
- [22] 生方 誠希, ラフ集合に基づく C-Means 型クラスタリングの展開, 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌), 32, 2020, 121-127.
- [23] 生方 誠希, ラフクラスタリング, 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌), 32, 2020, 145.
- [24] S. Ubukata, K. Koike, A. Notsu, K. Honda, Possibilistic Co-clustering Based on Extension of Noise Rejection Scheme in FCCMM, Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, 2017.
- [25] K. Honda, S. Ubukata, A. Notsu, A Comparative Study on Applicability of Co-clustering Models to Collaborative Filtering, 3rd International Conference on Ambient Intelligence and Ergonomics in Asia, 2017.
- [26] 小池 克弥, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, FCCMM 法の発展による可能性の共クラスタリングに基づく文書解析に関する一検討, 第 61 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2017.
- [27] 山本 南美, 本多 克宏, 生方 誠希, 野津 亮, FCM 型ファジィ共クラスタリングでの種々のファジィ化モデルにおけるノイズ除去について, 第 33 回ファジィシステムシンポジウム, 2017.
- [28] 木田 景子, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, オンライン型ファジィ共クラスタリングに関する一検討, 第 27 回インテリジェント・システム・シンポジウム, 2017.
- [29] 柳澤 和輝, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, ファジィ共クラスタリングにおけるクラスター数の自動決定に関する一考察, 平成 29 年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会, 2017.
- [30] S. Ubukata, K. Koike, A. Notsu, K. Honda, MMMS-Induced Possibilistic Fuzzy Co-Clustering and its Characteristics, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 22-5, 2018, 747-758.
- [31] S. Ubukata, K. Kida, A. Notsu, K. Honda, Basic Consideration of Online and Mini-Batch Algorithms for MMMS-induced Fuzzy Co-clustering, 2018 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications, 2018.
- [32] S. Ubukata, K. Yanagisawa, A. Notsu, K. Honda, Automatic Estimation of Cluster Number in Fuzzy Co-clustering Based on Competition and Elimination of Clusters, Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 2018.
- [33] 木田 景子, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, オンライン型ファジィ共クラスタリングの有効性に関する一検討, 第 62 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2018.
- [34] 小池 克弥, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏, 混合多項分布型ファジィ共クラスタリングにおける段階的可能性アプローチに関する一検討, 第 34 回ファジィシステムシンポジウム, 2018.
- [35] K. Kida, S. Ubukata, A. Notsu, K. Honda, Comparison of Gradient Descent Methods in Online Fuzzy Co-clustering, 2019 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications, 2019.
- [36] 柳澤 和輝, 生方 誠希, ノイズ除去機構を導入した混合多項分布型ファジィ共クラスタリングにおけるクラスター数の自動設定法, 第 29 回インテリジェント・システム・シンポジウム, 2019.
- [37] 生方 誠希, 柳澤 和輝, 野津 亮, 本多 克宏, 混合多項分布型ファジィ共クラスタリングにおけるクラスター数の自動設定法, 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌), 32, 2020, 678-685.
- [38] K. Honda, S. Ubukata, A. Notsu, A Novel Approach to Noise Clustering in Multivariate Fuzzy c-Means, Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, 2017.
- [39] H. Sakamoto, K. Honda, S. Ubukata, A. Notsu, Effect of Tuning Fuzziness Degree in k-member Co-clustering for k-anonymized Data Analysis, 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 2017.
- [40] 小池 克弥, 本多 克宏, 生方 誠希, 野津 亮, ファジィクラスタリングにおける欠測値処理と情報選別における効果, 第 40 回多値論理フォーラム, 2017.
- [41] 伯井 良基, 本多 克宏, 生方 誠希, 野津 亮, ファジィ k 匿名化クラスタリングにおける個体選択順序の影響について, 平成 29 年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会, 2017.
- [42] メツ ケラン, 本多 克宏, 生方 誠希, 野津 亮, A Comparative Study on Clustering-based Collaborative Filtering, 平成 29 年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会, 2017.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 生方 誠希, 柳澤 和輝, 野津 亮, 本多 克宏	4. 巻 32
2. 論文標題 混合多項分布型ファジィ共クラスタリングにおけるクラスター数の自動設定法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌)	6. 最初と最後の頁 678 ~ 685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3156/jsoft.32.2_678	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 S. Ubukata, S. Sekiya, A. Notsu, K. Honda	4. 巻 24
2. 論文標題 Noise Rejection Approaches for Various Rough Set-Based C-Means Clustering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 738 ~ 749
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2020.p0738	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 生方 誠希	4. 巻 32
2. 論文標題 ラフ集合に基づくC-Means型クラスタリングの展開	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌)	6. 最初と最後の頁 121 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 生方 誠希	4. 巻 32
2. 論文標題 ラフクラスタリング	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌)	6. 最初と最後の頁 145 ~ 145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Ubukata, A. Notsu, K. Honda	4. 巻 548
2. 論文標題 Objective function-based rough membership C-means clustering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Information Sciences	6. 最初と最後の頁 479 ~ 496
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ins.2020.10.037	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 S. Ubukata	4. 巻 5:e238
2. 論文標題 A unified approach for cluster-wise and general noise rejection approaches for k-means clustering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PeerJ Computer Science	6. 最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7717/peerj-cs.238	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 S. Ubukata, K. Umado, A. Notsu, K. Honda	4. 巻 22-4
2. 論文標題 Characteristics of Rough Set C-Means Clustering	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 551-564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2018.p0551	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 S. Ubukata, K. Koike, A. Notsu, K. Honda	4. 巻 22-5
2. 論文標題 MMMs-Induced Possibilistic Fuzzy Co-Clustering and its Characteristics	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 747-758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2018.p0747	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 S. Ubukata, H. Kato, A. Notsu, K. Honda	4. 巻 22-6
2. 論文標題 Rough Set-Based Clustering Utilizing Probabilistic Memberships	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 956-964
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2018.p0956	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 S. Ubukata, A. Notsu, K. Honda	4. 巻 17-9
2. 論文標題 General Formulation of Rough C-Means Clustering	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Science and Network Security	6. 最初と最後の頁 29-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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32件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 杉本 篤史, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 ラフ集合理論に基づくC-Medoidsクラスタリング
3. 学会等名 第64回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Ubukata, S. Sekiya, A. Notsu, K. Honda
2. 発表標題 Noise Rejection Scheme for Rough Set-Based C-Means Clustering
3. 学会等名 16th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kida, S. Ubukata, A. Notsu, K. Honda
2. 発表標題 Comparison of Gradient Descent Methods in Online Fuzzy Co-clustering
3. 学会等名 2019 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Shimizu, S. Ubukata, A. Notsu, K. Honda
2. 発表標題 Effects of Semi-Supervised Learning on Rough Membership C-Means Clustering
3. 学会等名 2019 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤 和輝, 生方 誠希
2. 発表標題 ノイズ除去機構を導入した混合多項分布型ファジィ共クラスタリングにおけるクラスター数の自動設定法
3. 学会等名 第29回インテリジェント・システム・シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ubukata, T. Shimizu, A. Notsu, K. Honda
2. 発表標題 Effects of Semi-supervised Learning on Rough Set-Based C-Means Clustering
3. 学会等名 2018 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Ubukata, K. Kida, A. Notsu, K. Honda
2. 発表標題 Basic Consideration of Online and Mini-Batch Algorithms for MMs-induced Fuzzy Co-clustering
3. 学会等名 2018 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Ubukata, K. Yanagisawa, A. Notsu, K. Honda
2. 発表標題 Automatic Estimation of Cluster Number in Fuzzy Co-clustering Based on Competition and Elimination of Clusters
3. 学会等名 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木田 景子, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 オンライン型ファジィ共クラスタリングの有効性に関する一検討
3. 学会等名 第62回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水 威暉, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 Rough Set C-Meansクラスタリングにおける半教師あり学習の効果
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 小池 克弥, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 混合多項分布型ファジィ共クラスタリングにおける段階的可能性アプローチに関する一検討
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 馬戸 啓輔, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 確率的ラフ集合に基づくRough Set C-Meansクラスタリングに関する一考察
3. 学会等名 第28回インテリジェント・システム・シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤 弘規, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 ファジィ二項関係に基づくRough Membership C-Means法に関する一考察
3. 学会等名 第28回インテリジェント・システム・シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 関谷 翔, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 ノイズ除去機構を導入した Rough C-Means 法に関する一検討
3. 学会等名 平成30年度 計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Ubukata, K. Koike, A. Notsu, K. Honda
2 . 発表標題 Possibilistic Co-clustering Based on Extension of Noise Rejection Scheme in FCCMM
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 K. Honda, S. Ubukata, A. Notsu
2 . 発表標題 A Novel Approach to Noise Clustering in Multivariate Fuzzy c-Means
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 S. Ubukata, K. Umado, H. Kato, A. Notsu, and K. Honda
2 . 発表標題 A comparative study on rough set-based k-means clustering
3 . 学会等名 Conference of the International Federation of Classification Societies 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 K. Honda, S. Ubukata, A. Notsu
2 . 発表標題 A Comparative Study on Applicability of Co-clustering Models to Collaborative Filtering
3 . 学会等名 3rd International Conference on Ambient Intelligence and Ergonomics in Asia (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Ubukata, K. Umado, A. Notsu, K. Honda
2 . 発表標題 Boundary Detection with Imbalanced Data by the Rough Set k-Means Clustering
3 . 学会等名 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Ubukata, H. Kato, A. Notsu, K. Honda
2 . 発表標題 Dependence on Initial Values of the Rough Membership k-Means Clustering
3 . 学会等名 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 H. Sakamoto, K. Honda, S. Ubukata, A. Notsu
2 . 発表標題 Effect of Tuning Fuzziness Degree in k-member Co-clustering for k-anonymized Data Analysis
3 . 学会等名 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 小池 克弥 , 生方 誠希 , 野津 亮 , 本多 克宏
2 . 発表標題 FCCMM法の発展による可能性的共クラスタリングに基づく文書解析に関する一検討
3 . 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 馬戸 啓輔, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 不均衡データにおけるラフ集合k-means 法の境界検出性能に関する一考察
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤 弘規, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 ラフメンバシップk-means 法の初期値依存性に関する一考察
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本 南美, 本多 克宏, 生方 誠希, 野津 亮
2. 発表標題 FCM型ファジィ共クラスタリングでの種々のファジィ化モデルにおけるノイズ除去について
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 小池 克弥, 本多 克宏, 生方 誠希, 野津 亮
2. 発表標題 ファジィクラスタリングにおける欠測値処理と情報選別における効果
3. 学会等名 第40回多値論理フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木田 景子, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 オンライン型ファジィ共クラスタリングに関する一検討
3. 学会等名 第27回インテリジェント・システム・シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 ハイブリッド型Rough C-Means法に関する一考察
3. 学会等名 第60回自動制御連合講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柳澤 和輝, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 ファジィ共クラスタリングにおけるクラスター数の自動決定に関する一考察
3. 学会等名 平成29年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 清水 威暉, 生方 誠希, 野津 亮, 本多 克宏
2. 発表標題 ラフ集合に基づくクラスタリングにおける半教師あり学習の効果
3. 学会等名 平成29年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伯井 良基, 本多 克宏, 生方 誠希, 野津 亮
2. 発表標題 ファジィk匿名化クラスタリングにおける個体選択順序の影響について
3. 学会等名 平成29年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 メツ ケラン, 本多 克宏, 生方 誠希, 野津 亮
2. 発表標題 A Comparative Study on Clustering-based Collaborative Filtering
3. 学会等名 平成29年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

人間情報システム研究グループホームページ http://www.cs.osakafu-u.ac.jp/hi/

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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------