

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K00002

研究課題名(和文) 計算幾何を用いた知識発見とデータ解析手法に関する研究

研究課題名(英文) Research on knowledge discovery and data analysis methods using computational geometry

研究代表者

全 眞嬉 (CHUN, JINHEE)

東北大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：80431550

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は医療データマイニングにおける現在の精度限界を打破するための可視化知識抽出モデルの提案である。提案手法は計算幾何学手法を用いた医療画像データから自動的画像切り出しであり、切り出された画像を知識として提示することにより、医療画像データ解析の際に、知識として提案すると言った、医療画像データ知識抽出理論構築の成果を得た。

また、本研究では機械学習における解釈性向上の為に、学習モデル依存性のない説明手法を理論的な解析とシステムの実装実験により提案手法の妥当性と高い品質を示す結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の主な結果として、画像データ認識の為に、画像切り出し問題を、最大重み領域問題としてアルゴリズムを与えた。基本領域の分割可能な和集合で表される領域族に対する最大重み領域問題について効率的なアルゴリズムを提案した。本論文における結果と交差を許した和集合領域の最適切り出し問題におけるNP困難性を比較すると、計算量と幾何学的性質の関連の解明として興味深い成果と考えられ、学術的に興味深い結果を示した。

さらに機械学習における解釈性向上の為に、学習モデル依存性のない説明手法を理論的な解析とシステムの実装実験により提案手法の妥当性と高い品質を示し、機械学習解析性の理論解析と言う学術的意義がある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to propose a visualization knowledge extraction model to overcome the current accuracy limitations in medical data mining. The proposed method automatically cuts out images from medical image data using a computational geometry method. We obtained the result of data knowledge extraction theory construction.

Furthermore, in order to improve the interpretability in machine learning, we have obtained results that show the validity and high quality of the proposed method through theoretical analysis and system implementation experiments on an explanation method that does not depend on the learning model.

研究分野：計算理論

キーワード：計算理論 アルゴリズム 計算幾何 データマイニング

## 1 . 研究開始当初の背景

近年は社会分野のみならず医療分野でもデータマイニング技術が普及されている . 医療分野では , 医師の経験だけではなく実験や膨大なデータ解析を通じて客観的な根拠に基づいて診断し , 治療を行う医療が重視されるようになった . このような背景により医療分野では統計に基づくデータ分析手法が広く利用されている . ところが現行のデータマイニングシステムを医療に使うことは困難である . なぜなら現行のデータマイニングシステムは抽出・発見したルールやパターンを提示するが , その知識発見過程を明示的に示し , 説明することは困難である . 統計手法では一般に , 仮説を立ててその仮説を検証するが , 仮説や事前知識をあらかじめ固定せずに , データから頻出パターンやルール , 知識を抽出し , データを説明する仮説を構築するのがデータマイニングである . すなわち統計が仮説検証のための手法であるのに対し , データマイニングは仮説構築の手法である .

現行のデータマイニングシステムでは知識発見過程が医師に理解できる形で提示されておらず , 医師の診断過程に利用できる客観的な意思決定をサポートしているとはいえない . 更に , 医療データマイニングで必須である数値データの取り扱いを考えると , 属性間の相関関係を求めて可視化する際に , 現在のグラフや相関表などの離散データ解析手法をそのまま適用することはできない . また , 二値化を行うと数値データの二値化誤差から生じる情報損失のため , 正確性と学習汎用性のトレードオフに関する精度限界に直面する . 従って , 医療データマイニングを考えると医療データに含まれる巨大数値データベースを効率的に処理する最適化アルゴリズムが必要である .

また , 医療データには膨大な画像データがある . 医療データにおける画像データは CT , MRI , レントゲン , 超音波検査などの画像データがある . 画像データの解析に関しても様々な研究が行われている . 近年 , fMRI (functional magnetic resonance imaging) が開発されており脳機能を計測・画像化する手法が開発されている . ところが , 現在の手法では画像データにはノイズが多く , また膨大なデータ容量であるため , 解明が困難であり , データマイニング適用に期待が寄せられている . これらの問題を解決するために , 2 次記憶上の巨大数値データベースを効率的に処理する最適化アルゴリズム研究と診断過程を明示的に示す可視化システム研究が強く必要とされる . 数値・画像データから知識検出の高速化と精度を上げると共にルールの可視化を行う事を目標とする .

## 2 . 研究の目的

本研究の目的は医療データマイニングにおける現在の精度限界を打破するための可視化知識抽出モデルの提案である . 医療データには膨大な属性の数値データと膨大な画像データがある . ところが , 現在の手法では画像データにはノイズが多く , また膨大なデータ容量であるため , 解明が困難であり , データマイニング適用に期待が寄せられている . 本研究では医療データの数値データと画像データを数値データ集合として幾何学的に扱い , 計算幾何学を用いて巨大数値データベースを効率的に処理する新しい最適化アルゴリズムを与え , 上記の精度限界を超える精密な手法の提案を行う .

既存の領域ルールの構築アルゴリズムを用いると , 非常に特殊な形状の領域の内部と外部への分類という柔軟性に欠けたデータ変換を行うため , 数値情報の損失 (数値データの二値化誤差) が大きく , また , データに入っている離れ値の性質に大きく依存する . そのため , 結合ルールを組み立てた理解しやすいシステム , たとえば決定木を機械学習によって構築する場合に , 木のサイズが大きく , 過学習がおきやすいという問題点がある . さらに属性が 3 つ以上関係する領域ルールの生成は , 計算理論的に計算困難になる . すなわち , 属性次元の制限の問題がある . 一方 , 本来は数値分布は多次元正規分布のような特徴をもったデータ分布であり , 領域として切り取るより , 性質の良い関数として捉える事が望ましい . データマイニング等によるデータ解析においては , 入力データをシンプルな階層的関数に近似して利用することが重要である .

医療画像データ処理は , 画像データを数値データ集合として幾何学的に扱い , 計算幾何学を用いて巨大数値データベースを効率的に処理する新しい最適化アルゴリズムを与え , 上記の精度限界を超える精密な手法の提案を行う . さらに相関関係を幾何学的に可視化することにより , ユーザにとって知識発見過程が明示的であり判り易い知識抽出理論確立とシステムの設計が必要である . 本研究では画像データを計算幾何学手法を利用して , 構造的な圧縮データに変換し , 計算時間の高速化を行う .

本研究では、応募者が持つ離散アルゴリズムを用いた計算幾何学的な関数の最適近似の独自技法を利用し、データ分布を、ユーザに説明しやすい関数を用いて近似することで数値データベースからルールを抽出し、更にそれを組み立てて知識発見過程が医師にとって明確に理解できるシステムの構築を行う。これは、過去のデータマイニング技法に計算幾何学技法と幾何学的可視化を取り入れた画期的なシステム構築となる。

本研究で提案する知識発見システムは数値データと画像データに対して、階層的セグメンテーションによるやわらかいデータ分割を用いて、確率的な非決定性決定木構造を用いてシステムをより柔軟に構築するという独創性をもっている。世界的にも最初の独創的なシステムである。従来の方法と比べて診断木が小さくシンプルに構成されるため、ユーザにとって診断過程がわかりやすいという特色がある。更に、生成された階層構造を持った結合ルールを可視化することで、意思決定の過程がユーザにとって理解しやすい、すなわち説明性、透明性を保ちながら二値化誤差からくる限界を克服するシステムの設計と理論解析である。さらに学習時のサンプルデータからの過学習問題を本研究で提案する方法により過学習を回避する。本研究で提案する非決定性知識抽出システムを用いて医療データに特化した高精度・高信頼性の知識発見を行うことにより、精度限界の打破と医療現場での戦略的意思決定支援処理能力の大きな向上が期待される。

また、本研究では機械学習の解析性に計算幾何手法の応用を行なう。機械学習の解釈性は、近年機械学習技術は様々な分野に応用され優れた成果をあげている反面、その計算過程が複雑であるため人間が理解することが困難になり、説明責任が求められる医療診断や司法分野などへの機械学習の全面的な活用において問題となっている。機械学習の応用が進むにつれ、説明可能な機械学習の実現は機械学習システムの信頼性を向上させ、社会的な問題の解決の為に必須な研究課題となっており、機械学習の説明手法に関する研究が活発に行われている。本研究ではこれらの問題を解決するために、機械学習の解釈性の向上を目的とし、一貫性のある事後的な機械学習の説明手法の提案を行う。

### 3. 研究の方法

本研究の最終目的は、提案する数値データに対する階層的セグメンテーションルール理論のアルゴリズムの高速化と改良、画像データを数値データ集合として幾何学的に扱い、計算幾何学手法を用いた数値データと画像データから診断の高速化とその診断精度の向上と改良、学習において階層的セグメンテーションルールのエキスパートを用いたオンライン学習理論の研究を行い、過学習回避と現在の予測精度限界を打破すると共に診断過程を明示的に示す可視化システムの構築である。

自動的に抽出し表示された知識形態は、ユーザにより意志決定等の補助として用いられる。重要な条件は、抽出した知識形態がシンプルであり(単純性)、正確にデータの特徴を記述すること、知識としてサンプルに依存しない汎用性を持つ事さらにユーザにとって説得力があり、検証が容易であること(透明性)である。単純性と透明性の観点から、結合ルール及びそれを用いた決定木は有力な手法である。

本研究で提案する確率的な非決定性決定木構造を用いた階層構造は、現行の判定システムにおいて主流になっている決定論的な決定ルールと比較して、強いルールの影響を縮小する方法を適用する。本研究で提案する医療画像データを数値データとして扱い階層化ルールを用いることで拘束力の弱いルールで判定を行う、即ち非決定性を持たせた柔軟な決定システムの構築を行う。

本研究で扱う医療データは、初年度は無償のベンチマークデータと研究交流実績のある東北大学情報科学研究科及び医工学研究科の研究室のデータを一部利用する。2年目には更に東北大学医工学研究科と協力し、実際の医療データを用いた実験を行い提案手法の妥当性と有効性と精度を調べる計画である。

### 4. 研究成果

本研究の最終目的はデータにおける現行の知識発見システムにおける現在の精度限界を打破するための可視化知識抽出モデルの提案、理論研究、システムの構築である。本研究で達成するシステムは、視覚的に判りやすく、かつ精度及び効率性の高いものであり、医療分野における意思決定支援という現代社会の必須技術として大きな実用インパクトを持ち現代社会に寄与できる。

本研究では数値データと画像データを、離散アルゴリズムを用いた計算幾何学的な関数の最適近似の独自技法を利用し、データ分布を、ユーザに説明しやすい関数を用いて近

似することで数値データベースからルールを抽出し、更にそれを組み立てて知識発見過程が医師にとって明確に理解できるシステムの構築を行うための理論確率を行った。これは、過去のデータマイニング技法に計算幾何学技法と幾何学的可視化を取り入れた画期的なシステムである。提案手法は計算幾何学手法を用いた医療画像データから自動的画像切り出しであり、切り出された画像を知識として提示することにより、医療画像データ解析の際に、知識として提案すると言った、医療画像データ知識抽出理論構築の成果を得た。

本研究で提案した医療知識発見システムの総合的実装と性能評価実験を行った。提案した計算アルゴリズム理論・学習アルゴリズム理論の確かさを明らかにする比較実験を行った。本研究の目的を達成するために下記の研究を実施した。データから知識獲得の概念を数理モデル化し、複数の数値属性に関し行い、最適なデータ近似手法の計算理論を確率するために画像データ診断システムの構築実験を行なった。提案した理論の実装を行い、計算機実験より画像データから画像診断を行う実験を実施し、提案システムの精度を調べた。実験データを使いシステムの性能評価を行い、提案手法の妥当性、有効性、精度を調べた。実装実験より既存手法と比較し、過学習の回避と予測制度の向上を実験より示した。

データから知識獲得の概念を数理モデル化し、複数の数値属性に関しての次元高速アルゴリズム設計と解析を行い、最適なデータ近似手法の計算理論を確立するために数値データに対する階層化ルール理論に関する研究として、階層化ルールを医療診断に用いるためのアルゴリズムの最適化を行い、階層化ルールの整備を行った。計算幾何学手法を用いて画像データから知識抽出理論研究として画像データを数値データの手法として幾何学的に扱い、計算幾何学を用いて巨大数値データベースを効率的に処理する新しいアルゴリズム設計を行った。画像データを構造的な圧縮データに変換し、計算時間の高速化とマイニング精度を上げるアルゴリズム理論の設計を行い、システム構築・改良を行った。

本研究の主な結果として、画像データ認識の為に、画像切り出し問題を、最大重み領域問題としてアルゴリズムを与えた。基本領域の分割可能な和集合で表される領域族に対する最大重み領域問題について効率的なアルゴリズムを提案した。本論文における結果と交差を許した和集合領域の最適切り出し問題における NP 困難性を比較すると、計算量と幾何学的性質の関連の解明として興味深い成果と考えられ、学術的に興味深い結果を示した。

近年、機械学習の発展により機械学習技術の様々な分野へ実応用がなされており、日々の生活の中にも普及している。既存の機械学習モデルは高性能である反面、それらのモデルは複雑化し挙動がブラックボックス化している問題がある。すなわち、機械学習が出した結論に対し、「なぜその結論に至ったのか」を人間が理解することが困難になっている。これは、機械学習を医療や司法分野などの説明責任が問われる分野に応用する際に解決しなければならない重要な問題である。日本、アメリカ、EU 等では、機械学習を実応用する際の規制やガイドラインが設けられており、機械学習における説明性が社会的に求められている。説明可能な機械学習の実現は機械学習システムの信頼性を向上させ、様々な社会問題を解決するために必須な研究課題である。近年、機械学習の説明手法に関する研究が活発に行われており、本研究に関連する 3 つの研究アプローチがあり説明手法の主なアプローチの一つに、予測の際にモデルがデータのどの特徴を重要視したかを調べる手法がある。代表的な手法として、Ribeiro らが提案した Local Interpretable Model-agnostic Explanations (LIME)がある。この手法はモデル依存性がなく任意のモデルに適用できる為、幅広い問題に対して応用可能である。また、重要な特徴ルールを提示する説明アプローチも存在する。一般に複雑な機械学習モデルでは特徴の組み合わせが予測結果に影響している為、個々の特徴の重要度だけでなく、重要な特徴の組み合わせを求めることで、より詳細にモデルの挙動を説明できる。Ribeiro らは予測結果を高確率で再現させる特徴集合を提示する手法を提案した。また、Guidotti らは説明対象のデータの周辺を決定木で近似する手法を提案した。前述のアプローチは個々の予測結果に対する説明手法であるため、モデルの大域的な挙動を説明することはできない。そこで、モデルの大域的な挙動を説明するアプローチがある。モデルの大域的な説明を求めることは、そのモデルそのものの信頼性を評価につながる。Breiman はブラックボックスなモデルの予測結果を用いて決定木を学習し、ブラックボックスなモデルを近似する可読な決定木を導出する手法を提案した。また、近年ではアンサンブル決定木を近似するルールモデルを導

出する研究も活発に行われている。

本研究では、LIME フレームワークを用いた新たな説明手法である Minimal-Pattern LIME (MP-LIME) を提案した。本提案手法では、分類における重要な特徴の組み合わせを極小パターンとして定義し、それらの集合を用いて説明を行う。極小パターンは説明対象のインスタンスの分類結果を再現できる、必要最小限な特徴からなる集合である。したがって極小パターンを見ることで、分類に用いられた特徴を過不足なく知ることができる。また、極小パターンを効率よく求めるためのアルゴリズムを提案した。極小パターンの探索アルゴリズムでは、極小パターンとなりうる特徴パターンを貪欲に探索する。極小パターンを発見すると、極小パターンとなりえない特徴パターンを探索空間から削除することで効率的に複数の極小パターンを探索できる。計算機実験では、レビューデータを用いた定量評価と、画像データ、年収予測データを用いた定性評価を行った。定量評価では、従来の Linear-LIME に比べ、同等の Recall を維持しつつ、大幅に Precision が向上することを実験より確認した。また、画像データを用いた実験では Linear-LIME に比べ、より正確で詳細な説明が提示できることを確認した。年収予測データの実験では、ブラックボックスな分類器の内部ルールを抽出できることを確認した。実験より提案手法 MP-LIME は信頼性が高く、様々なデータに適用可能なモデル依存性のない局所的な説明手法であることを示した。

模倣ルールを用いた局所的な説明手法である Mimic Rule Explanation (MRE) を提案した。模倣ルールは、ブラックボックスなモデルの内部の決定ルールを示すものとして定義する。模倣ルールを効果的に計算するために、特徴の離散化やサンプリングなどの近似を導入したアルゴリズムを提案した。数値データを用いた実験では、提案手法は従来のルールベースの説明手法である Anchor や LORE よりも高い Precision を示した。また、Precision と Coverage の間のトレードオフを実験的に示した。さらに、多次元のデータセットにおいても、適切にパラメータを選択することで、現実的な計算時間で実行可能であることを実験より示した。提案手法 MRE は数値データのみにも適用可能であるため、さらに適用可能なデータを増やすためには、数値データとカテゴリカルデータの混合データ入力に拡張する必要があると考えられる。また、MRE は高い Precision を示しているが、Coverage は他の手法と比較すると低いので、Precision を維持したまま模倣ルールがカバーする領域を増やすことが今後の課題となる。

二種類の超球集合を用いた大域的な説明手法を提案した。本手法では、ブラックボックスな分類器の挙動を明らかにする説明モデルとして High-Recall モデルと High-Precision モデルを定義した。High-Recall, High-Precision モデルはそれぞれ目的領域の上位集合と部分集合を近似するように定式化を行った。各説明モデルを効率的に計算するために、サンプルを用いた定式化を行い、幾何的なアプローチによるアルゴリズムを提案した。定性的な実験では、超球集合がそれぞれ必要な特性を満たしていることを図示して提案手法の有効性を示した。さらに、ベンチマークデータセットを用いた定量評価では、提案手法は従来手法に比べより高い評価指標を実現した。本提案手法は数値データのみについて定式化しているため、カテゴリカル特徴を含んだ混合データに対しても適用できるようにすることで応用範囲を広げることが今後の課題となる。また、本提案手法は、不均衡データによって学習した分類器に対して、適切に動作しないことが確認されているため、より効率的なサンプルデータの生成法が求められる。本提案手法の応用として、分類器の挙動を明らかにすることで、ドメイン知識に基づいたモデル選択が可能になると考えられる。

本研究では機械学習における解釈性向上の為に、学習モデル依存性のない説明手法を理論的な解析とシステムの実装実験により提案手法の妥当性と高い品質を示し、結果を得た。

研究結果は以下の論文で発表した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Asano Kohei, Chun Jinhee	4. 巻 2
2. 論文標題 Post-hoc Global Explanation using Hypersphere Sets	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 14th International Conference on Agents and Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 236-243
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5220/0010819100003116	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 Kohei Asano and Jinhee Chun	4. 巻 2
2. 論文標題 Post-hoc Explanation using a Mimic Rule for Numerical Data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 13th International Conference on Agents and Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 768-774
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5220/0010238907680774	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 Nguyen Van Quang, Jinhee Chun, Takeshi Tokuyama	4. 巻 2019
2. 論文標題 Capsule Net for Micro-Expression Recognition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The 14th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition(FG 2019)	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/FG.2019.8756544	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 Jinhee Chun, Kenya Kikuchi, Takeshi Tokuyama	4. 巻 144
2. 論文標題 Consistent Digital Curved Rays and Pseudoline Arrangements	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The 27th Annual European Symposium on Algorithms (ESA 2019)	6. 最初と最後の頁 32:1-32:16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4230/LIPIcs.ESA.2019.32	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 Kohei Asano, Jinhee Chun, Atsushi Koike, Takeshi Tokuyama	4. 巻 LNCS11727
2. 論文標題 Model-Agnostic Explanations for Decisions Using Minimal Patterns	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The 28th International Conference on Artificial Neural Networks	6. 最初と最後の頁 241-252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-30487-4_19	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 Bae Sang Won, Baffier Jean-Francois, Chun Jinhee, Eades Peter, Eickmeyer Kord, Grilli Luca, Hong Seok-Hee, Korman Matias, Montecchiani Fabrizio, Rutter Ignaz, T?th Csaba D.	4. 巻 745
2. 論文標題 Gap-planar graphs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 36 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2018.05.029	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 該当する

1. 著者名 Quentin Labernia, Yashio Kabashima, Michimasa Irie, Toshiyuki Oike, Kohei Asano, Jinhee Chun, Takeshi Tokuyama	4. 巻 2319
2. 論文標題 Large-Scale Taxonomy Problem: a Mixed Machine Learning Approach	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 41st International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval Workshop On eCommerce	6. 最初と最後の頁 4-1 ~ 6
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 -

1. 著者名 Jinhee Chun, Kenya Kikuchi and Takeshi Tokuyama	4. 巻 2019
2. 論文標題 Consistent Digital Curved Rays	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 35th European Workshop on Computational Geometry (EuroCG 2019)	6. 最初と最後の頁 20-1 ~ 6
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 Natsuda Kaothanhong, Thanaruk Theeramunkong, Jinhee Chun	4. 巻 ICDAR2017
2. 論文標題 Improving Thai Optical Character Recognition Using Circular-Scan Histogram	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition	6. 最初と最後の頁 567-572
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICDAR.2017.98	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 該当する

1. 著者名 Sang Won Bae, Jean-Francois Baffier, Jinhee Chun, Peter Eades, Kord Eickmeyer, Luca Grilli, Seok-Hee Hong, Matias Korman, Fabrizio Montecchiani, Ignaz Rutter, Csaba D. Toth	4. 巻 LNCS10692
2. 論文標題 Gap-Planar Graphs	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 25th International Symposium on Graph Drawing and Network Visualization	6. 最初と最後の頁 531-545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-73915-1_41	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 該当する

1. 著者名 Kevin Buchin, Jinhee Chun, Maarten Löffler, Aleksandar Markovic, Wouter Meulemans, Yoshio Okamoto, Taichi Shiitada	4. 巻 77
2. 論文標題 Folding Free-Space Diagrams: Computing the Frechet Distance between 1-Dimensional Curves	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 33rd International Symposium on Computational Geometry	6. 最初と最後の頁 64:1-64:5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4230/LIPIcs.SocG.2017.64	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 該当する

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Asano Kohei, Chun Jinhee
2. 発表標題 Post-hoc Global Explanation using Hypersphere Sets
3. 学会等名 the 14th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Asano Kohei, Chun Jinhee
2. 発表標題 Post-hoc Explanation using a Mimic Rule for Numerical Data
3. 学会等名 the 13th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nguyen Van Quang, Jinhee Chun, Takeshi Tokuyama
2. 発表標題 Capsule Net for Micro-Expression Recognition
3. 学会等名 The 14th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition(FG 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jinhee Chun, Kenya Kikuchi, Takeshi Tokuyama
2. 発表標題 Consistent Digital Curved Rays and Pseudoline Arrangements
3. 学会等名 The 27th Annual European Symposium on Algorithms (ESA 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohei Asano, Jinhee Chun, Atsushi Koike, Takeshi Tokuyama
2. 発表標題 Model-Agnostic Explanations for Decisions Using Minimal Patterns
3. 学会等名 The 28th International Conference on Artificial Neural Networks (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野孝平、全真嬉、徳山豪
2. 発表標題 特徴パターンを用いた機械学習の説明手法
3. 学会等名 第33回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野孝平、全真嬉
2. 発表標題 並列計算による機械学習の説明手法の高速化の検討
3. 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム (FIT2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野孝平、全真嬉
2. 発表標題 局所領域におけるモデルの模倣による機械学習の説明法
3. 学会等名 第22回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Quentin Labernia, Yashio Kabashima, Michimasa Irie, Toshiyuki Oike, Kohei Asano, Jinhee Chun, Takeshi Tokuyama
2. 発表標題 Large-Scale Taxonomy Problem: a Mixed Machine Learning Approach
3. 学会等名 The 41st International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval Workshop On eCommerce Data Challenge (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榊島八入, 菊地賢也, 全真嬉, 徳山豪
2. 発表標題 Gilbert Algorithmを用いた分散サポートベクトルマシン
3. 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム(FIT2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅野孝平, 全真嬉, 徳山豪
2. 発表標題 2分決定図を用いた機械学習予測の説明手法
3. 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム(FIT2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jinhee Chun, Kenya Kikuchi and Takeshi Tokuyama
2. 発表標題 Consistent Digital Curved Rays
3. 学会等名 The 35th European Workshop on Computational Geometry (EuroCG 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川周, 全真嬉, 徳山豪
2. 発表標題 制約付き最適化を用いた非負PNU半教師学習による過学習の抑制
3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊地賢也, 全真嬉, 徳山豪
2. 発表標題 統合的なデジタル曲線族の構築法
3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Natsuda Kaothanthong, Thanaruk Theeramunkong, Jinhee Chun
2. 発表標題 Improving Thai Optical Character Recognition Using Circular-Scan Histogram
3. 学会等名 The 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sang Won Bae, Jean-Francois Baffier, Jinhee Chun, Peter Eades, Kord Eickmeyer, Luca Grilli, Seok-Hee Hong, Matias Korman, Fabrizio Montecchiani, Ignaz Rutter, Csaba D. Tóth
2. 発表標題 Gap-Planar Graphs
3. 学会等名 The 25th International Symposium on Graph Drawing and Network Visualization (GD2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kevin Buchin, Jinhee Chun, Maarten Löffler, Aleksandar Markovic, Wouter Meulemans, Yoshio Okamoto, and Taichi Shiitada
2. 発表標題 Folding Free-Space Diagrams: Computing the Frechet Distance between 1-Dimensional Curves
3. 学会等名 The 33rd International Symposium on Computational Geometry (SoCG 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------