

令和 5 年 6 月 11 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03242

研究課題名（和文）スケーラブルな高性能多次元データ基盤の実現

研究課題名（英文）An Implementation of Scalable and High Performance Multidimensional Data Store

研究代表者

宮崎 純（Miyazaki, Jun）

東京工業大学・情報理工学院・教授

研究者番号：40293394

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）： WebやIoT技術の発展により、オンラインで生成されるデータは膨大な量となっている。これらの多種多様なデータを解析したり、機械学習を利用して新たな応用に結びつけることで、現在の社会状況の把握や社会福祉、エネルギー問題への応用が期待されている。

本研究では、これらの多種多様なデータを維持管理するための新しいデータ基盤システムの構成方式と、そのデータを利活用した新しい応用分野への適用について研究を行い、その有用性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、多種多様なデータを一括して取り扱うための新しいデータ基盤システムを、既存の様々なデータ管理システムの利点を組み合わせて構成する手法を明らかにし、このシステムが既存のデータ管理システムと比較して、最大で40倍近い性能を示すことを明らかにした。また、これらのデータと知識ベースを統合した情報ネットワークを構成し、新しい応用への展開を試みた結果、データ間の関連性や意味づけが容易となり、有用なアプリケーションを構成できることを示した。

研究成果の概要（英文）： With the development of Web and IoT technologies, the amount of online data is getting larger. By analyzing these diverse data and using machine learning techniques to connect them to new applications, it is expected that they can be applied to observing current social conditions, social welfare, energy issues, etc.

In this research, we studied a methodology to configure new data infrastructure systems for maintaining and managing these diverse data and their application to new fields, and demonstrated the usefulness of the systems.

研究分野： データベース

キーワード： 多次元データ グラフデータ NoSQL 知識グラフ

1. 研究開始当初の背景

Web や IoT 技術の発展により、オンラインで生成されるデータは膨大な量となっている。これらのデータを解析したり、機械学習を利用して新たな応用に結びつけることは、現在の社会状況の把握や将来予測の高精度化、さらには新たな産業の創出にも繋がり、商用だけでなく、社会福祉やエネルギー問題への応用が期待されている。これらの生成されるデータは一元的でなく、Web 情報であれば文書内容やその文書統計量、時間、ユーザ等の属性があり、センサー情報であれば時間、位置情報、センサー値などの属性からなる多次元データとなる。即ち、多種多様な属性からなる大規模データを多次元データとして維持管理し、それらのデータを迅速に取得可能でかつ、アプリケーションから容易に活用可能でなければならない。さらに、多種多様かつ複合的に結びついたデータから新たな知識を獲得したり、データと既存の知識ベースを組み合わせて、高度なアプリケーションに適用可能なことも期待されている。

従来、このようなデータを維持管理し、複雑で正確な問い合わせ処理を行うには、関係データベース(RDB)が利用されてきたが、RDB が内包する本質的に複雑かつ重い処理のため、データ量に応じてスケールアウトすることが困難であり、その限界が既に来ている。この問題解決の一助として、コモディティハードウェアを多数用い、データ量に対してスケールアウトする新しいデータストアの NoSQL が出現してきた。NoSQL は、RDB で利用可能な二次索引やトランザクションなどの有用だが高負荷の原因となる機能を排除し、単純なデータの新規作成、読み出し、更新、削除 (CRUD) 操作に限定し軽量化することで、スケールアウト性能を確保している。このため、NoSQL はデータ量に対してスケールアウトするものの、RDB では容易であった多次元データ処理等の複雑な問い合わせ処理には適さない。つまり、スケールアウト可能かつ複雑な問い合わせが容易な多次元データ基盤は、単一のデータストアでは困難である。例えば、次のような実際に要求される簡単なシナリオであっても、RDB あるいは NoSQL のいずれかのみで実現するのは容易でない。

- 都市部での多数の自動車の時系列位置データに対して、ユーザによって指定された地区 (範囲) 内の自動車の平均速度の推移をリアルタイムで出力する
- あるユーザが楽曲を聞いている時に、ユーザが利用する SNS のグラフの関係と、楽曲や作者、アルバムの関係を表すグラフ関係を統合して、次の楽曲をリアルタイムで推薦する

NoSQL のみを利用した多次元データ処理の既存研究がいくつかあるが、特定の NoSQL に直接組み込むことを想定しており、ソフトウェアの持続性の面で問題がある。しかも範囲検索などの比較的簡単な処理のみであり、後者の例のような表データだけでなくグラフも利用すること想定しておらず、高度なアプリケーションへの活用についての知見がないことも課題であった。

2. 研究の目的

本研究では、RDB と NoSQL の個々の実装に依存せず、各々の利点どうしを相補的に活用するために、個々の RDB や NoSQL を抽象化してミドルウェアで協調動作させることで、スケラブルな多次元データ基盤システムを構築し、さらにその上での効率の良い演算や応用分野への活用等において新たな知見を得ることを目指す。これにより、大規模かつ多種多様なデータを利用して複雑な計算を容易にする。さらに、プロトタイプを作成することにより、その有効性を明らかにし、新たな応用分野への活用を目指す。

RDB には永年に渡り培われてきた B-tree や R-tree などの洗練された索引が利用可能であり、データの任意の属性に対して索引付けでき、SQL 言語と問い合わせ最適化機能を用いて効率的な処理が可能である。さらに、データベース複製 (レプリケーション) 機能を備えるものも多数あり、多次元インデクスに代表される読み出し主体のメタデータの管理ならば複製が効果的である。しかし、データの書込みが増えればトランザクション処理等の重い負荷により、データ量の増加に対してスケールアウトしないことが指摘されている。

一方で、NoSQL は構成するコモディティ計算機の台数を増やすことでデータ量の増加に対して容易にスケールアウトさせることが可能である。その反面、スケールアウトを実現するために、データの作成、読み出し、更新、削除 (CRUD) の単純操作のみを基本とし、各データのキー属性にのみに限定される索引しか使えないものが多い。そのため、応用に合わせたキーの設計を事前に注意深く設計しない限り単純な問い合わせであってもデータを全スキャンすることになり、非効率となる。そこで、個々のデータストアの利点、例えば、多次元インデクスの管理等の複雑な処理が要求されるものは SQL で抽象化可能な RDB を使用し、大量の実データに対しては CRUD 操作で抽象化可能な NoSQL を使用することで、特定の RDB や NoSQL に依存しないスケールアウト可能な多次元データ基盤の実現を目指す。しかしながらデータ量

が極めて多ければ、問い合わせ時の I/O オーバヘッドが大きくなり、効率の良い問い合わせ処理が可能とは限らない。また、多くの応用では、例えば売上合計額などは完全に正しい結果でもなくとも良い場合も多い。データ要約技術を利用すれば、少量のデータへのアクセスで済む。本研究ではこのようなデータ要約も活用することで、提案する多次元データ基盤での問い合わせをさらに高性能化する試みも行う。

以上に加えて、多次元データ基盤システムを利用する新しい有用なアプリケーションについて検討を行なう。例えばグラフ構造の知識ベースである知識グラフと多次元データを組み合わせ、データとデータとの類似性、関係性、意味づけを行なうことで、新しい応用の事例や当該多次元データ基盤システムの有効性を示すだけでなく、これらの応用で得られた知見から、多次元データ基盤システムの機能改善に結びつけることを狙いとする。

3. 研究の方法

本研究では、RDB や NoSQL の実装に依存しないスケーラブルな多次元データ基盤システムの構成方法を明らかにし、プロトタイプを作成することで、その諸性質を明らかにする。また、多次元データ基盤の新しい応用分野を開拓するため、表データ、グラフデータ等を統合した多次元データ基盤システムを前提に、有用な応用への展開や、その応用での多次元データの活用、さらにこれらの事例からの新たな知見を得る。

具体的には、以下の各項目に分割し研究を行なう。

- RDB 上での多次元インデックスやメタデータの設計方法とその管理、効率の良い問い合わせ処理方法を明らかにする
- RDB と NoSQL との統合による多次元データ基盤システムのプロトタイプを構築し、評価を行なう
- 多次元データ基盤システム上の演算を効率化するための、データ要約を利用した演算処理手法を明らかにする
- 多種多様な多次元データを利用した新しい応用事例を挙げ、多次元データ基盤システムの有用性を明らかにする

4. 研究成果

本研究では、多種多様なデータを多次元データ基盤システムに格納し、このシステムを利用した新しい応用への展開を試みた。提案するシステムの設計方法と活用方法を明らかにするため、(1)多次元データ基盤アーキテクチャ、(2)多様な情報を格納するデータ基盤と知識ベースを組み合わせた高度応用、に分けて研究を行った。前者はシステム設計のための方法論ならびに性能向上のための各手法を中心に研究を進め、後者はこのシステム上の多種多様なデータを統合し、この統合データを利用する新しい有用な応用事例への展開について研究を行なった。以下にそれぞれの詳細を述べる。

(1) 多次元データ基盤アーキテクチャ

大規模多次元データの容易な維持管理ならびに利用が可能なシステムの実現を目指し、関係データベース(RDB)とクラウドストレージ(NoSQL)の個々の実装に依存せずに各々の利点どうしを相補的に活用するためのシステムについて研究を行なった。

まず、RDB と分散キーバリューストアである HBase を組み合わせた多次元データストアのプロトタイプを提案した。多次元データを管理する KD-tree に相当する索引処理は複雑な処理が可能で RDB で管理し、大量の実データはスケールアウト可能な分散キーバリューストアで管理することで両者の利点を相補的に活用した構成となっている。13 台の PC クラスタを用い、1 億件のデータベースを利用した評価実験から、任意の次元での範囲クエリならびに集約演算が、RDB のみよりも最大で 12 倍、分散キーバリューストアのみよりも最大で 39 倍のスループットで実行できることを明らかにした。特にデータの読み書きが混在する場合において、高い性能を示すことが判明した。

次に、この多次元データストアに対してデータ要約手法を組み込み、集約演算のさらなる高効率化のための近似集約演算を提案した。提案した近似問い合わせ法は、KD-tree で分割された多次元データについて、各部分空間のデータを多次元ヒストグラムで近似化する手法、カーネル密度推定を利用して近似化する手法、ならびにこれら二つの手法を組み合わせる手法を提案した。多次元ヒストグラムは、データを近似化するとその要約データサイズを小さくできるものの、近似演算の精度は劣る。一方、カーネル密度推定による要約化は、データサイズは大きい近似集約演算の精度は高い。多次元ヒストグラムとカーネル密度推定を組み合わせることにより、要約データを小さくしつつ集約演算結果の精度を高めることができる。範囲クエリと格納データの各パーティションとの重複部分の計算精度を調査し、重複部分の体積が小さいときに軽量の多次元ヒストグラムの精度が高いことが判明した。この性質を利用して、大規模センサーデータを利用した実験により提案手法を評価した結果、多次元ヒストグラムとカーネル

密度推定を組み合わせた手法は、多次元ヒストグラムに由来する要約データの小ささから応答時間が短く、同時にカーネル密度推定に由来して演算結果の精度が高く、時間と精度の両立が可能であることを示した。さらなる多次元データの近似集約演算の高精度化を目指し、対象データをビットスライス化することで、要求精度水準に達するまでの1/0回数を減らす試みを行なった。具体的には、多峰性の属性値分布を持つデータに対して、データのビットスライス化に加えて、特定領域での分散の大小に応じて圧縮率を変えたパッチベースエンコーディングを適用する方法を提案し、混合分布のデータであっても正確な計算結果に向けて早い収束を示すことを明らかにした。

一方、グラフデータの効率的な処理手法についても提案を行なった。グラフアルゴリズムは、大別して大域的なグラフ処理とグラフの経路問合せの二種類ある。これまでそれぞれに特化したデータベースしか無かったが、本研究では双方を効率よく処理可能な新しいデータベースアーキテクチャを提案しその予備評価を行なった。その結果、大域アルゴリズムについては既存の提案方式よりも4倍程度、経路問合せについては既存の方式よりも20倍以上の高速化が達成できることが確かめられた。

(2) 多様な情報を格納するデータ基盤と知識ベースを組み合わせた高度応用

多次元データ基盤システムの応用範囲拡大に向けた試みも行なった。多次元データを含む多様なデータから新たな応用に結びつけるために、多次元データのTop-k検索や、知識ベースを組み合わせた多次元データに関する研究を行なった。

多次元データのTop-k検索では、検索のためのスコア関数が機械学習で得られたブラックボックスの未知関数であるという状況で、全てのデータのスコア値を評価せずにTop-kのエントリを近似的に求める手法を提案した。未知のスコア関数を推定するために計算コストの低い計量学習手法を利用し、高次元データの近傍検索に局所鋭敏型ハッシュを用いることで、計算効率を高めた。その結果、既存手法と比べて、300次元の高次元データであっても多くの場合で近似によるエラー率を低減でき、計算速度も最大で2倍以上の結果となった。

グラフデータも加えた多次元データの応用展開に関して、グラフで構成されたオントロジーや知識グラフ等の知識ベースに着目し、既存のアイテム推薦システムをさらに高機能化するために、グラフ経路探索に基づく推薦理由の生成を試みた。具体的には知識グラフとユーザデータ、アイテムデータを組み合わせ、グラフ上の重要な経路を学習あるいは解析することで、ユーザとアイテムとの類似性ならびに推薦理由を計算する手法を提案した。その一つとして、KANNと呼ぶ手法により、アイテムとユーザ間の関係を注意機構ネットワークの重みとして捉えて類似性の計算に利用するだけでなく、アイテムとユーザの関係をヒートマップとして視覚化することも可能とした。推薦理由を生成する研究としては、知識グラフ利用して、知識ベース上の重要な経路を自動的に抽出する手法や各エンティティ周辺の情報を利用する手法により、推薦理由の生成を行う手法を提案した。グラフ型知識ベースの新鮮さを維持するために、新しく獲得された知識が知識ベース上で追加されるべき適切な位置を推定する手法について提案を行ない、その評価実験を行なった。その結果、既存のデータ追加位置を推定する手法よりも、提案手法の方が高精度であることを明らかにした。

また、社会的課題を一例とした応用への展開も行なった。具体的には、IoT技術を利用して独居高齢者間のコミュニケーションを増進させるためのシステムの試作を行なった。このシステムでは、各ユーザの興味や日常のイベントなどをユーザインタフェースから獲得し、これらをエンティティとして知識グラフに組み込むことで、ユーザ間の新しい話題の提供や会話の促進を行なうものである。これは、ユーザの単なるプロフィールだけでなく、知識グラフ上の経路を利用してユーザ間の関係の推定を行なうことにより実現した。

これらの応用分野の成果は、多種多様なデータを格納する多次元データ基盤のシステムとしての有用性だけでなく、それに格納されるデータの活用や応用分野を拡大する上で重要な役割を果たすこと示している。

以上の(1)、(2)の成果だけでなく、問題点も明らかになっている。例えば、前者では表型データとグラフ型データをシームレスに扱うためのデータモデルや問い合わせ言語を明らかにする必要がある。後者においては、応用分野での計算結果の精度を高めるだけでなく、知識データの自動獲得や知識の誤り修正方法を明らかにすることも、今後解決すべき課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計34件（うち査読付論文 34件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Yusuke Kimura, Kazuma Kusu, Kenji Hatano, Tokiya Baba	4. 巻 -
2. 論文標題 Automatic Terminology Extraction using A Dependency-Graph in NLP	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of the 9th World Congress on Information and Communication Technologies	6. 最初と最後の頁 -
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 Tokuda Yuki, Nakatani Shota, Saiki Sachio, Nakamura Masahide, Yasuda Kiyoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Extracting and Evaluating Personal Interests with Dialogue Agent	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. Posture, Motion and Health	6. 最初と最後の頁 592 ~ 608
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-49904-4_44	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 Nakai Tetsuya, Saiki Sachio, Nakamura Masahide	4. 巻 -
2. 論文標題 Fine-Grained Map Coloring Web Service for JavaScript	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. Human Communication, Organization and Work	6. 最初と最後の頁 159 ~ 174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-49907-5_11	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 Yuki Kosuke, Keyaki Atsushi, Miyazaki Jun, Nakamura Masahide	4. 巻 -
2. 論文標題 Accurate Aggregation Query-Result Estimation and Its Efficient Processing on Distributed Key-Value Store	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of Big Data Analytics and Knowledge Discovery. DaWaK 2019	6. 最初と最後の頁 310 ~ 320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-27520-4_22	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 Chen Yuhao, Miyazaki Jun	4. 巻 -
2. 論文標題 A Model-Agnostic Recommendation Explanation System Based on Knowledge Graph	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of Database and Expert Systems Applications. DEXA 2020	6. 最初と最後の頁 149 ~ 163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-59051-2_10	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 Kusu Kazuma, Hatano Kenji	4. 巻 -
2. 論文標題 Recurrent Path Index for Efficient Graph Traversal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)	6. 最初と最後の頁 6107 ~ 6109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BigData47090.2019.9006295	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 Kagawa Takuhiro, Saiki Sachio, Nakamura Masahide	4. 巻 15
2. 論文標題 Analyzing street crimes in Kobe city using PRISM	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Web Information Systems	6. 最初と最後の頁 183 ~ 200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1108/IJWIS-04-2018-0032	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 Nakatani Shota, Saiki Sachio, Nakamura Masahide, Yasuda Kiyoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Implementation and Evaluation of Personal Ontology Building System with Virtual Agent	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. Healthcare Applications	6. 最初と最後の頁 391 ~ 403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-22219-2_30	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 Watari Yuya, Keyaki Atsushi, Miyazaki Jun, Nakamura Masahide	4. 巻 -
2. 論文標題 Efficient Aggregation Query Processing for Large-Scale Multidimensional Data by Combining RDB and KVS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Database and Expert Systems Applications. DEXA 2018	6. 最初と最後の頁 134 ~ 149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-98809-2_9	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 柳本晟熙, 櫻 惇志, 宮崎 純	4. 巻 11
2. 論文標題 GPU上のMapReduceを利用した大規模データ処理の最適化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌データベース (TOD)	6. 最初と最後の頁 23 ~ 34
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 Ueda Seiji, Keyaki Atsushi, Miyazaki Jun	4. 巻 -
2. 論文標題 A Contextual Random Walk Model for Automated Playlist Generation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence	6. 最初と最後の頁 367 ~ 374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WI.2018.00-66	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 Kusu Kazuma, Hatano Kenji	4. 巻 -
2. 論文標題 Combining Two Types of Database System for Managing Property Graph Data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Big Data	6. 最初と最後の頁 5349 ~ 5351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BigData.2018.8622050	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 Niu Long, Saiki Sachio, Nakamura Masahide	4. 巻 6
2. 論文標題 Using Non-Intrusive Environmental Sensing for ADLS Recognition in One-Person Household	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Software Innovation	6. 最初と最後の頁 16 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4018/IJSI.2018100102	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 Haruhisa Maeda, Sachio Saiki, Masahide Nakamura, Kiyoshi Yasuda	4. 巻 -
2. 論文標題 Log4Care: Unified Event Logging Service for Personalized Care	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Digital Human Modeling 2018 (DHM 2018)	6. 最初と最後の頁 466 ~ 477
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 Saiki Sachio, Fukuyasu Naoki, Ichikawa Kohei, Kanda Tetsuya, Nakamura Masahide, Matsumoto Shinsuke, Yoshida Shinichi, Kusumoto Shinji	4. 巻 -
2. 論文標題 A Study of Practical Education Program on AI, Big Data, and Cloud Computing through Development of Automatic Ordering System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 IEEE/ACIS 3rd International Conference on Big Data, Cloud Computing, Data Science & Engineering	6. 最初と最後の頁 31 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BCD2018.2018.00013	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 Kusu Kazuma, Komamizu Takahiro, Hatano Kenji	4. 巻 -
2. 論文標題 Towards Efficient Data Access Through Multiple Relationship in Graph-Structured Digital Archives	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 From Born-Physical to Born-Virtual: Augmenting Intelligence in Digital Libraries	6. 最初と最後の頁 377 ~ 391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-21756-2_29	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 Liu Yun、Miyazaki Jun、Chang Qiong	4. 巻 -
2. 論文標題 Knowledge graph enhanced multi-task learning between reviews and ratings for movie recommendation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of 37th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing	6. 最初と最後の頁 1882 ~ 1889
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3477314.3507072	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 Chen Yuhao、Luo Shi-Jun、Han Hyoil、Miyazaki Jun、Saldanha Alfrin Letus	4. 巻 12
2. 論文標題 Generating Personalized Explanations for Recommender Systems Using a Knowledge Base	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Multimedia Data Engineering and Management	6. 最初と最後の頁 20 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4018/IJMDEM.2021100102	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 該当する

1. 著者名 大原翼、宮崎純	4. 巻 20-J
2. 論文標題 並列プリミティブを活用したGPU上でのSQL/Row Pattern Recognitionの処理手法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本データベース学会和文論文誌	6. 最初と最後の頁 -
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 Santosa Natasha C.、Miyazaki Jun、Han Hyoil	4. 巻 9
2. 論文標題 Automating Computer Science Ontology Extension With Classification Techniques	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 161815 ~ 161833
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3131627	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 Ohara Tsubasa, Chang Qiong, Miyazaki Jun	4. 巻 -
2. 論文標題 Fast SQL/Row Pattern Recognition Query Processing Using Parallel Primitives on GPUs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of Database and Expert Systems Applications. DEXA 2021	6. 最初と最後の頁 22 ~ 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-86472-9_3	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 Liu Yun, Miyazaki Jun, Chang Qiong	4. 巻 -
2. 論文標題 Jointly Learning Propagating Features on the Knowledge Graph for Movie Recommendation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of Database and Expert Systems Applications. DEXA 2022	6. 最初と最後の頁 3 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-12423-5_1	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 Liu Yun, Miyazaki Jun	4. 巻 35
2. 論文標題 Knowledge-aware attentional neural network for review-based movie recommendation with explanations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neural Computing and Applications	6. 最初と最後の頁 2717 ~ 2735
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00521-022-07689-1	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 Shi-Jun Luo, Hyoil Han, Qiong Chang, Jun Miyazaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Automatic Extraction of Effective Relations in Knowledge Graph for a Recommendation Explanation System	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. of ACM/SIGAPP Symposium On Applied Computing 2023	6. 最初と最後の頁 1754 ~ 1761
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3555776.3577732	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 Matsuba Kento, Saiki Sachio, Nakamura Masahide	4. 巻 -
2. 論文標題 Analyzing heatstroke patients in 2020 using Emergency Big Data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE/ACIS 22nd International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)	6. 最初と最後の頁 56 ~ 61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SNPD51163.2021.9705007	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 Nakata Takuya, Saiki Sachio, Nakamura Masahide	4. 巻 -
2. 論文標題 Characterizing Smart Systems with Interactive Personalization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE/ACIS 22nd International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)	6. 最初と最後の頁 8 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SNPD51163.2021.9704998	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 Nakata Takuya, Chen Sinan, Nakamura Masahide	4. 巻 -
2. 論文標題 Developing Event Routing Service to Support Context-Aware Service Integration	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE/ACIS 22nd International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)	6. 最初と最後の頁 267 ~ 272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SNPD51163.2021.9704961	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 Nakata Takuya, Chen Sinan, Nakamura Masahide	4. 巻 15
2. 論文標題 Uni-Messe: Unified Rule-Based Message Delivery Service for Efficient Context-Aware Service Integration	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 1729 ~ 1729
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en15051729	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 Nakata Takuya, Watanabe Tasuku, Chen Sinan, Nakamura Masahide	4. 巻 -
2. 論文標題 Integrating Uni-messe and FIWARE for Low-Code Development of Complex Context-Aware Applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of Distributed, Ambient and Pervasive Interactions. Smart Environments, Ecosystems, and Cities	6. 最初と最後の頁 193 ~ 207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-05463-1_14	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 Miura Chisaki, Chen Sinan, Saiki Sachio, Nakamura Masahide, Yasuda Kiyoshi	4. 巻 22
2. 論文標題 Assisting Personalized Healthcare of Elderly People: Developing a Rule-Based Virtual Caregiver System Using Mobile Chatbot	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3829 ~ 3829
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s22103829	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 Hirayama Kosuke, Chen Sinan, Saiki Sachio, Nakamura Masahide	4. 巻 21
2. 論文標題 Toward Capturing Scientific Evidence in Elderly Care: Efficient Extraction of Changing Facial Feature Points	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 6726 ~ 6726
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s21206726	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 Chen Sinan, Nakamura Masahide, Sekiguchi Kenji	4. 巻 12
2. 論文標題 Consecutive and Effective Facial Masking Using Image-Based Bone Sensing for Remote Medicine Education	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 10507 ~ 10507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app122010507	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 中村 匡秀	4. 巻 36
2. 論文標題 IoT とエージェントで見守る在宅高齢者の「暮らし」と「こころ」	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BIO Clinica	6. 最初と最後の頁 39～43
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 Nagatani Aoi, Chen Sinan, Nakamura Masahide, Saiki Sachio	4. 巻 10
2. 論文標題 Exploiting Motivation Subscales for Gamification of Lifelogging Application	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Software Innovation	6. 最初と最後の頁 1～27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4018/IJSI.313445	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42件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Natasha Christabelle Santosa, Jun Miyazaki, Hyoil Han
2. 発表標題 Flat vs. Hierarchical: Classification Approach for Automatic Ontology Extension
3. 学会等名 第13回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yun Liu, Jun Miyazaki
2. 発表標題 Mutual Learning between Reviews and Ratings for Recommendation with Knowledge-based Neural Network
3. 学会等名 第13回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tarek Aoukar, Jun Miyazaki
2. 発表標題 Evaluation and Analysis of Graph Navigation query in Edge Streaming Database
3. 学会等名 第13回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口航, 宮崎純
2. 発表標題 同期的な分散グラフ処理におけるサブグラフ単位での負荷分散手法
3. 学会等名 第13回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大原翼, 宮崎純
2. 発表標題 並列プリミティブを活用したGPU上でのSQL/Row Pattern Recognitionの処理手法
3. 学会等名 第13回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楠 和馬, 波多野 賢治
2. 発表標題 複雑ネットワークにおける効率的な反復走査のための経路索引構築法
3. 学会等名 情報処理学会データベースシステム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jun Miyazaki
2. 発表標題 High Performance Data Processing for Big Data
3. 学会等名 Korea-Japan (Japan-Korea) Database Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸嘉丸, 宮崎純
2. 発表標題 知識グラフを利用した協調フィルタリングにおけるユーザ間の類似度について
3. 学会等名 第12回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 CHEN YUHAO, 宮崎純
2. 発表標題 知識グラフに基づくモデル独立型推薦解釈システム
3. 学会等名 電子情報通信学会データ工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田達樹, 宮崎純
2. 発表標題 未知スコア関数に対するTop-k検索アルゴリズムの提案
3. 学会等名 第11回ソーシャルコンピューティングシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 楠 和馬, 波多野 賢治
2. 発表標題 部分グラフ検索高速化のためのハブ節点を考慮した関係辺の再帰走査法
3. 学会等名 第12回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平方 俊行, 楠 和馬, 波多野 賢治
2. 発表標題 クエリログの部分的利用を考慮したグラフの集約演算高速化
3. 学会等名 第12回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 楠 和馬, 波多野 賢治
2. 発表標題 ネイティブグラフデータベースにおける再帰的走査の効率化に向けた経路管理方法の提案
3. 学会等名 情報処理学会データベースシステム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 航, 宮崎 純, 櫻 惇志
2. 発表標題 グラフモデルを用いた音楽推薦におけるグラフデータベースと関係データベースを併用した計算手法について
3. 学会等名 DEIM Forum 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西 高史, 櫻 惇志, 宮崎 純
2. 発表標題 環境センサから推定される時系列行動尤度ベクトルによる行動シーケンスの推定
3. 学会等名 DEIM Forum 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 張 涵, 櫻 惇志, 宮崎 純, 中村 匡秀
2. 発表標題 NoSQLによる集約演算のデータ要約手法を用いた結果推定の高精度化
3. 学会等名 情報処理学会データベースシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 楠 和馬, 波多野 賢治
2. 発表標題 属性を用いた問合せの効率化に向けたグラフデータベースシステムの併用
3. 学会等名 DEIM Forum 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳本 晟熙, 櫻 惇志, 宮崎 純
2. 発表標題 GPU上のMapReduceによる大規模データ処理の最適化
3. 学会等名 WebDB Forum 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 香川拓大,佐伯幸郎,中村匡秀
2. 発表標題 オープンデータを活用した街頭犯罪に寄与する要因の分析～気象データを例として～
3. 学会等名 電子情報通信学会データ工学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 香川拓大,佐伯幸郎,中村匡秀
2. 発表標題 ミクロナな人口統計データの活用を容易化するWeb-APIの開発
3. 学会等名 電子情報通信学会サービスコンピューティング研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuhiro Kagawa,Naoya Yabuki,Sachio Saiki,Masahide Nakamura
2. 発表標題 Ambulance Simulator
3. 学会等名 World Data Viz Challenge 2018 (WDVC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Haruhisa Maeda,Daiki Takatsuki,Sachio Saiki,Masahide Nakamura
2. 発表標題 KOBE LOVES SPORTS
3. 学会等名 World Data Viz Challenge 2018 (WDVC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田拓人, 常穹, 宮崎純
2. 発表標題 時間依存グラフに対するマテリアライズドビューの効率的な差分更新手法の提案
3. 学会等名 第12回ソーシャルコンピューティングシンポジウム(SoC2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田達樹, 常穹, 宮崎純
2. 発表標題 未知スコア関数で評価される多次元データを対象とするLSHを用いたTop-k検索アルゴリズム
3. 学会等名 第14回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤翔, 前田涼吾, 常穹, 宮崎純
2. 発表標題 大規模データに対する信頼区間を保証した近似集約演算の高速化手法の提案
3. 学会等名 第14回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦真矢, 常穹, 宮崎純
2. 発表標題 GPUメモリサイズより大きなデータを対象としたデータ並列プリミティブの開発
3. 学会等名 第14回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuma Kusu, Takahiro Komamizu, Kenji Hatano
2. 発表標題 Towards Constructing Destination Node Index for Repetition Paths
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 2022-DBS-175(15)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中 隼澄, 寺本 優香, 波多野 賢治
2. 発表標題 不定詞構文の種類に基づく RDF トリプル抽出手法
3. 学会等名 第 20 回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野沢充彦, 常穹, 宮崎純
2. 発表標題 未知スコア関数で評価される多次元データを対象とする計量学習を用いたTop-k検索アルゴリズム
3. 学会等名 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中野雅史, 三浦真矢, 常穹, 宮崎純
2. 発表標題 GPU用データ並列プリミティブの大規模データへの拡張
3. 学会等名 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺倉慶, 常穹, 宮崎純
2. 発表標題 エッジデバイス上でのメタデータ生成に向けた組み込みGPUを用いたニューラルネットワークの推論の高速化
3. 学会等名 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 徐銘蔓, 常穹, 宮崎純
2. 発表標題 タグプロファイルに対するユーザーフィードバックを用いた推薦システム
3. 学会等名 第15回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 陳 思楠, 大園 隼人, 中村 匡秀
2. 発表標題 在宅高齢者のこころ外化のための異種データの統合分析
3. 学会等名 電子情報通信学会ヘルスケア・医療情報通信技術研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 陳 思楠, 中村 匡秀
2. 発表標題 対話ログ要約に基づく個人適応対話の生成
3. 学会等名 日本機械学会第31回設計工学・システム部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大園隼人, 陳思楠, 中村匡秀
2. 発表標題 対話エージェントを活用した音声対話によるマイクロサービス実行フレームワークの考察
3. 学会等名 日本機械学会 第 31 回設計工学・システム部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大園隼人, 陳思楠, 佐賀雅樹, 中村匡秀
2. 発表標題 音声対話エージェントとウェアラブルデバイスの連携による高齢者のセルフケア促進
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告MICT
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 陳思楠, 大園隼人, 中村匡秀
2. 発表標題 在宅高齢者のこころ外化のための異種データの統合分析
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告MICT
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中田 匠哉, 渡邊 輔, 陳 思楠, 中村 匡秀
2. 発表標題 Uni-messeとFIWAREの連携によるコンテキストウェアアプリケーションの効率開発
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告SS
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊 輔, 中田 匠哉, 陳 思楠, 中村 匡秀
2. 発表標題 異種データ連携・可視化のためのFIWAREを活用したローコード開発手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告SS
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中橋 友郎, 陳 思楠, 中村 匡秀
2. 発表標題 異種IoTとプラットフォームの連携を容易化するサービスの研究開発
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告SC
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 明石拓弥, 中村匡秀, 佐伯幸郎, 安田清, 陳思楠
2. 発表標題 在宅高齢者の生活ログに基づいたALPS支援ルール推薦手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告SC
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田坂風月, 陳思楠, 佐伯幸郎, 中村匡秀
2. 発表標題 宅内環境センシングデータに基づく在宅高齢者の生活習慣の分析と可視化
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告LOIS
4. 発表年 2023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 分担者	波多野 賢治 (Hatano Kenji) (80314532)	同志社大学・文化情報学部・教授 (34310)	
研究 分担者	中村 匡秀 (Nakamura Masahide) (30324859)	神戸大学・数理データ・サイエンスセンター・教授 (14501)	

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