

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H04093

研究課題名（和文）民主的データ流通社会を実現するCDMSの基盤技術と応用に関する研究

研究課題名（英文）Research on basic technology and application of CDMS to realize a democratic data distribution society

研究代表者

吉川 正俊（Yoshikawa, Masatoshi）

京都大学・情報学研究科・教授

研究者番号：30182736

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 29,500,000円

研究成果の概要（和文）：自律分散環境の実現に不可欠な表現力の高い双方向変換言語の設計のために、計算可能な対合関数を過不足なく実装できる計算モデルとして時間対称チューリング機械の定義に成功した。双方向変換を利用し分散データを共有、制御するアーキテクチャを提案した。双方向変換を複数のピア間では無くピア内部で利用する点に新規性を有する。CDMSの応用としては、ライドシェアリングサービスアライアンスに属するプロバイダのデータを統合するモデルを提案し、実装デモとしてWebアプリケーションを作成した。分散機械学習において、信頼できないブローカーからプライバシーを保護する局所的プライベートモデル市場機構を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

双方向変換が満たすべき性質である対合性と冪等性について、それぞれを満たす関数を過不足なく表現できる計算モデルを発見した。これにより、双方向変換を過不足なく表現できる計算モデルの実現が期待できる。本成果のレプリカ管理（生成・セグメント分解）方法は、座席予約などの在庫を管理する応用において、ピア間の調停を行うことなく分散データの一貫性を保証できる機会を増大できるため、条件によっては1桁以上の高速化が期待できる。構築したデータ統合モデルと、ライドシェアリングを想定したデモシステムによる性能検証の成果は、今後の社会でさらに重要性を増すと考えられるサービスアライアンス発展のための基礎技術となり得る。

研究成果の概要（英文）：In order to design a highly expressive bi-directional transformation language, which is indispensable for realizing an autonomous distributed environment, we have successfully defined a time-symmetric Turing machine as a computational model that can implement computable pairing functions without excess or deficiency. We proposed an architecture for sharing and controlling distributed data using bidirectional transformations. The novelty lies in the fact that the bi-directional transformation is used within peers rather than between peers. As an application of CDMS, we proposed a model for integrating data from providers belonging to the Ridesharing Service Alliance, and created a web application as an implementation demonstration. In distributed machine learning, we proposed a local private model market mechanism to protect privacy from untrusted brokers.

研究分野：データベース

キーワード：自律分散環境 サービスアライアンス 双方向変換 トランザクション高並列化 協調分散システム
プライバシー保護 連合学習

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

巨大プラットフォーム企業によりデータが独占される傾向にあり、データの作成者や所有者の権利が十分に保護されず民主的なデータ流通社会が実現されていない。プライベートデータについては、2018年に施行予定のEU一般データ保護規則では、データ主体が管理者に提供したデータを受け取り他の管理者に移行するデータポータビリティの権利(right to data portability)を含む広範な権利を規定している。一方、科学データについては、公的研究資金を用いた研究成果の利用を可能にするオープンサイエンスの重要性が認識されているが、科学データを自由な粒度で正しく引用しデータ作成者の貢献を評価する民主的なデータ流通の仕組みが整備されていない状況であった。

2. 研究の目的

民主的なデータ流通を実現するためには、各データ主体が自身のデータを管理し、契約に基づいて相互にデータを授受し、しかも授受後のデータに対する変更も自由に行える分散型の機構が必要である。本研究ではこのような機構を、双方向変換技術、来歴(provenance)管理技術、データの並列処理技術を用いて実現するシステムをCDMS (Collaborative Data Management System) と名付け、その基盤技術と応用の研究を行う。

- (1) 従来の研究では、スキーマ写像の記述能力が低く、データのミラリングにより同じデータ集合を共有することしかできない。例えば、ピア間で相互利用するデータを、与えられた選択条件に合致したデータのみで制限することができないなど、実用上の制約が大きい。本研究では、プログラミング言語の分野における双方向変換技術を適用し、スキーマ写像の記述能力を実応用に見える程度に向上させる。
- (2) 自律性を持つ各ピアをボトムアップ的に連携させるCDSSなどの分散システムの従来研究では、トランザクションの概念を持つものは無いが、CDMSにおける一貫性制約として保持できるクラスを明らかにすることにより、緩和されたトランザクションの概念を明確化し、それを実装する方法を開発する。
- (3) CDMSは従来のP2Pシステムとは異なり、連邦を形成するピアの集合が、連邦の緊密度の程度を決定できる。連邦と各ピアの取り決めにより連邦の参加、離脱が生じた場合にそれまでの統合データを継承する方法についても研究を行う。CDMSの基盤技術は、幅広い応用分野に適用可能であると考えられるため、プライベートデータ市場の開拓により、プライバシー保護に配慮したビッグデータ利活用などにも貢献することを目的とする。

3. 研究の方法

- (1) 双方向変換言語は、双方向変換がもつべき性質(ラウンドトリップ性)が自動的に充足されるように記述できる反面、その制約により表現力が明らかではなかったため、双方向変換が満たすべきラウンドトリップ性を定義するレンズ則に関し、既に提案されているレンズ則に関する相互関係を網羅的に調査し特徴付けを行った。また、表現力を計算論的手法によって明らかにするため、ラウンドトリップ性の必要条件である対合や冪等といった性質の関数に対する表現力の限界について一つ一つ解明を進めた。
- (2) 複数のピアが自発的に連携を行い、結果的に複数のピアが連携のネットワークを構築するようなピアシステムにおいて、各ピアの制御の下でデータ共有のみでは無く、データの更新を許すシステムの開発を進めた。各ピアの制御のために双方向変換技術を用い、Datalogを拡張した言語を用いることにより制御条件の指定を宣言的に行うことができる。
- (3) CDMSの有用性を検証する上では、アプリケーションのプロトタイプ構築が重要となる。しかし、そのために開発中の共有型実体化ビューを用いてどのようにステークホルダーの分散データの統合を行い、どのようなシナリオでサービスを実現するかは明らかになっていなかった。この点について深く議論し、サービスアライアンス(同種サービスのプロバイダが連携して顧客とのマッチングを向上させるもので、例としては、楽天、GO等)の分散データについて、実現性のあるデータ統合モデルとシナリオを構築した。さらに、プライベートデータ市場の開拓により、プライバシー保護に配慮したビッグデータ利活用などにも貢献することを示すために、ライドシェアリングにも適用可能な位置情報プライバシー保護技術を開発するとともに、プライバシー保護をしながらパーソナルデータの市場化を実現するための連合学習技術の研究開発を進めた。

4. 研究成果

- (1) 自律分散環境の実現に不可欠な表現力の高い双方向変換言語の設計には、その表現力を確認するための計算モデルが必要である。一般的な双方向変換言語がもつべき表現力について計算論的アプローチによって考察し、その部分的な解として対合とよばれる関数に対する計算モデルを構築した。また、自律分散環境における更新伝播の不整合関係の検出アルゴリズムについても実装を進めた。従来の双方向変換言語は、双方向変換がもつべき性質(ラウンドトリップ性)が自動的に充足されるように記述できる反面、その制約により表現力が明らかではなかった。本研究では、双方向変換言語が満たすべきラウンドトリップ性が関数の対合性によって表現できるという事実に基づき、計算可能な対合関数を過不足なく実装できる計算モデルとして時間対称チューリング機械を定義することに成功した。
- (2) 双方向変換を利用し分散データを共有、制御するアーキテクチャを提案した。これまで双方向変換技術は主にピア間のデータ交換のために用いられてきたが、ここで提案したアーキテクチャでは、双方向変換を複数のピア間では無くピア内部で利用する点に新規性を有する。各ピアはどのデータを共有しどのように利用するかを双方向変換技術の枠組みで指定することができる。この指定には宣言的言語を用いる。次に、ピア間の調停を行うことなく分散データの一貫性保証する課題に関して、1)管理対象のオブジェクトに対する2つの操作(レプリカ生成、レプリカマージ)において、レプリカ生成がレプリカマージの右逆関数であれば良いという規則を導入することによって、分散トランザクション並列化の技術であるCRDTを汎用化した(特許出願)。2)シリアライズビリティに依らない高並列なトランザクション処理技術であるCoordination Avoidanceのフレームワークにおいて、従来困難であったオブジェクトの自動セグメント分解の技術を考案し、高スループットを達成した(情報処理学会論文誌2022)。3)更新データをピア間で共有する場合、先方のDBへ更新が伝搬した際に(主キー制約など)DBの内部状態によって更新操作が失敗する問題を解決するため、ピア間でのインターフェースを動的に調整する柔軟な更新伝搬を実現する機構を提案した(SFDI2020)。また、時間変化するクエリワークロードの特性を捉えることで、スキーママイグレーションコストとクエリワークロードの実行コストを最小化するスキーマ最適化の研究に取り組んだ。特に、1)ワークロードを階層的に要約することで候補解を大幅に絞りこむ手法を考案し(arXiv論文)、2)解を局所探索することにより大量クエリに対して最適解を約10倍高速に探索する手法を考案した。
- (3) CDMSの応用としては、複数サイトで作成される科学データベースのデータクリーニングを考え、専門家によるクリーニングを支援するために、同一のデータを表現するにも関わらず表記が異なるなどの不整合が存在するデータの範囲をビューにより限定する手法を提案した。
また、多くのプロバイダ(会社)によるデータの協調的管理が必須となるサービスアライアンス、特に近年多数の会社が参入してアライアンスを構築しているライドシェアリングサービスについて研究した。まず、ライドシェアリングサービスの概念を拡張し、中継可能な協調型輸送の提案とアルゴリズムの効率化に関する研究を行った(日本データベース学会和文論文誌2020)。さらに、ライドシェアリングサービスアライアンスの分散データ統合について研究し、3種類のモデル(集中型の調停者モデル、非集中型のプロバイダモデル及びユーザーモデル)を提案した。上記提案モデルの実装デモとしてライドシェアリング3社の車両データベースを統合して配車をシミュレーションするデモシステム(Webアプリケーション)を作成した。このデモシステムを用いて、協調型交通に欠かせない、車両の検索・配車要求等のサービスに加えて、送迎と賃走における車両の位置情報更新に相当するデータ更新トランザクションが、複数のプロバイダのデータに対して想定通りに稼働することを確かめた(SFDI2019, SFDI2020, SFDI2021)。
プライバシー保護に配慮したビッグデータ利活用のための基盤技術として道路ネットワーク上の位置情報に対する差分プライバシーを新たに定義しそのためのプライバシー保護機構を指数メカニズムを拡張する形で考案し、実際の道路地図を用いた実験により効用とプライバシー保護の両面でその有効性を確認した(DBSec2019, 電子情報通信学会英文誌2023)。また、柔軟なプライバシーポリシーのもとで位置情報に対するプライバシー保護を行うアルゴリズムを開発した(PVLDB2019)。利用者がどの位置同士は敵対者から区別ができないようにしたいかを示すポリシーを遵守しながら差分プライバシーを満足する手法を考案しプロトタイプを開発した(PVLDB2020)。差分プライバシーを利用した分散環境における連合学習では、局所差分プライバシーとシャッフルモデルを用いた手法を開発し、従来手法に比べ効用が大幅に改善することを示した(AAAI2021)。また、機械学習タスクのための信頼できるデータ取得を促進するために、信頼できないプロカーからプライバシーを保護する局所的プライベートモデル市場機構を提案した(IEEE BigData2022)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yuta Takahashi, Kazuyuki Asada, and Keisuke Nakano	4. 巻 -
2. 論文標題 Streaming Ranked-Tree-to-String Transducers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science (published online first)	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 Cao Yang, Xiao Yonghui, Xiong Li, Bai Liqun, Yoshikawa Masatoshi	4. 巻 Dec. 2019
2. 論文標題 Protecting Spatiotemporal Event Privacy in Continuous Location-Based Services	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering	6. 最初と最後の頁 1-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TKDE.2019.2963312	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 Cao Yang, Xiong Li, Yoshikawa Masatoshi, Xiao Yonghui, Zhang Si	4. 巻 11
2. 論文標題 ConTPL: controlling temporal privacy leakage in differentially private continuous data release	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the VLDB Endowment	6. 最初と最後の頁 2090 ~ 2093
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14778/3229863.3236267	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 葛木優太, 中園翔, 鬼塚真	4. 巻 15
2. 論文標題 Coordination Avoidance のためのセグメント分解作成手法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌データベース	6. 最初と最後の頁 75-86
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 -

〔学会発表〕 計29件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 23件）

1. 発表者名 涌田悠佑, Michael Mior, 善明晃由, 佐々木勇和, 鬼塚真
2. 発表標題 時刻変化するワークロードのための NoSQL スキーマの最適化
3. 学会等名 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 2021年

1. 発表者名 乗松奨真, 涌田湧佑, 佐々木勇和, 鬼塚真
2. 発表標題 局所探索法を用いた実体化ビュー選択によるクエリ処理高速化
3. 学会等名 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 2021年

1. 発表者名 Yaoshu Wang, Chuan Xiao, Jianbin Qin, Rui Mao, Makoto Onizuka, Wei Wang, Rui Zhang, and Yoshiharu Ishikawa
2. 発表標題 Consistent and Flexible Selectivity Estimation for High-Dimensional Data
3. 学会等名 2021 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (SIGMOD) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ruixuan Liu, Yang Cao, Hong Chen, Ruoyang Guo, Masatoshi Yoshikawa
2. 発表標題 FLAME: Differentially Private Federated Learning in the Shuffle Model
3. 学会等名 The Thirty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Shuyuan Zheng, Yang Cao, Masatoshi Yoshikawa
2 . 発表標題 Money Cannot Buy Everything: Trading Mobile Data with Controllable Privacy Loss
3 . 学会等名 The 21st IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Fumiyuki Kato, Yang Cao, Masatoshi Yoshikawa
2 . 発表標題 Secure and Efficient Trajectory-Based Contact Tracing using Trusted Hardware
3 . 学会等名 The 7th International Workshop on Privacy and Security of Big Data @IEEE BigData (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yang Cao, Shun Takagi, Yonghui Xiao, Li Xiong, Masatoshi Yoshikawa
2 . 発表標題 PANDA: Policy-aware Location Privacy for Epidemic Surveillance
3 . 学会等名 VLDB 2020. Demonstration. (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yang Cao, Yonghui Xiao, Shun Takagi, Li Xiong, Masatoshi Yoshikawa, Yilin Shen, Jinfei Liu, Hongxia Jin, Xiaofeng Xu
2 . 発表標題 PGLP: Customizable and Rigorous Location Privacy through Policy Graph
3 . 学会等名 The 25th European Symposium on Research in Computer Security (ESORICS) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Makoto Onizuka, Yasunori Ishihara and Masato Takeichi
2 . 発表標題 Towards Smart Data Sharing by Updatable Views
3 . 学会等名 Fourth Workshop on Software Foundations for Data Interoperability (SFDI2020), Online, Communications in Computer and Information Science 1281 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yasuhito Asano, Zhenjiang Hu, Yasunori Ishihara, Makoto Onizuka, Masato Takeichi and Masatoshi Yoshikawa
2 . 発表標題 Data Integration Models and Architectures for Service Alliances
3 . 学会等名 Fourth Workshop on Software Foundations for Data Interoperability (SFDI2020), Online, Communications in Computer and Information Science 1281 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Keisuke Nakano
2 . 発表標題 Involutory Turing Machines
3 . 学会等名 12th International Conference on Reversible Computation (RC 2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yaoshu Wang, Chuan Xiao, Jianbin Qin, Xin Cao, Yifang Sun, Wei Wang, Makoto Onizuka
2 . 発表標題 Monotonic Cardinality Estimation of Similarity Selection: A Deep Learning Approach
3 . 学会等名 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (SIGMOD) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 Shun Takagi, Yang Cao, Yasuhito Asano and Masatoshi Yoshikawa
2. 発表標題 Geo-Graph-Indistinguishability: Protecting Location Privacy for LBS over Road Networks
3. 学会等名 33rd Annual IFIP WG 11.3 Conference on Data and Applications Security and Privacy (DBSec'19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maho Asada, Masatoshi Yoshikawa and Yang Cao
2. 発表標題 "When and where do you want to hide?" -- Recommendation of location privacy preferences with local differential privacy
3. 学会等名 33rd Annual IFIP WG 11.3 Conference on Data and Applications Security and Privacy (DBSec'19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keisuke Nakano
2. 発表標題 Towards a Complete Picture of Lens Laws
3. 学会等名 Third Workshop on Software Foundations for Data Interoperability (SFDI 2019+) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuta Takahashi, Kazuyuki Asada, Keisuke Nakano.
2. 発表標題 Streaming Ranked-Tree-to-String Transducers
3. 学会等名 International Conference on Implementation and Application of Automata (CIAA 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Onizuka, Yusuke Wakuta, Yuya Sasaki, Chuan Xiao
2. 発表標題 Distributed transaction management for P2P-based update propagation
3. 学会等名 Third Workshop on Software Foundations for Data Interoperability (SFDI 2019+) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masatoshi Yoshikawa
2. 発表標題 Personal Data as New Oil
3. 学会等名 The 10th International Symposium on Information and Communication Technology (SoICT 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shuyuan Zheng, Yang Cao, Masatoshi Yoshikawa
2. 発表標題 Trading Location Data with Bounded Personalized Privacy Loss
3. 学会等名 Third Workshop on Software Foundations for Data Interoperability (SFDI 2019+) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiyuki Shimizu, Hiroki Omori, Masatoshi Yoshikawa
2. 発表標題 Toward a view-based data cleaning architecture
3. 学会等名 Third Workshop on Software Foundations for Data Interoperability (SFDI 2019+) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yang Cao, Yonghui Xiao, Li Xiong, Liqun Bai, Masatoshi Yoshikawa
2 . 発表標題 PriSTE: Protecting Spatiotemporal Event Privacy in Continuous Location-Based Services
3 . 学会等名 Proceedings of the VLDB Endowment 12.12 (2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yasuhito Asano, Zhenjiang Hu, Yasunori Ishihara, Hiroyuki Kato, Makoto Onizuka, Masatoshi Yoshikawa
2 . 発表標題 Controlling and Sharing Distributed Data for Implementing Service Alliance
3 . 学会等名 IEEE Second Workshop on Software Foundations for Data Interoperability(SFDI 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Chunmiao Li, Yang Cao, Zhenjiang Hu, Masatoshi Yoshikawa
2 . 発表標題 Blockchain-Based Bidirectional Updates on Fine-Grained Medical Data
3 . 学会等名 IEEE ICDE International Workshop on Blockchain and Data Management (BlockDM) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yasunori Ishihara, Hiroyuki Kato, Keisuke Nakano, Makoto Onizuka, Yuya Sasaki
2 . 発表標題 Toward BX-based Architecture for Controlling and Sharing Distributed Data
3 . 学会等名 IEEE Second Workshop on Software Foundations for Data Interoperability(SFDI 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhito Asano, Dennis-Florian Herr, Yasunori Ishihara, Hiroyuki Kato, Keisuke Nakano, Makoto Onizuka, Yuya Sasaki
2. 発表標題 Flexible framework for data integration and update propagation: system aspect
3. 学会等名 IEEE Second Workshop on Software Foundations for Data Interoperability(SFDI 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木 駿, 曹 洋, 浅野 泰仁, 吉川 正俊
2. 発表標題 道路ネットワークにおける位置情報プライバシー
3. 学会等名 第11回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, DEIM2019, I6-3
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井 貴彬, 浅野 泰仁
2. 発表標題 中継可能な協調型輸送の提案とアルゴリズムの効率化
3. 学会等名 第11回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, DEIM2019, H6-4
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大森 弘樹, 清水 敏之, 吉川 正俊
2. 発表標題 ビューに基づくデータクリーニング方式の提案
3. 学会等名 第11回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, DEIM2019, C1-1
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 涌田 悠佑, 善明 晃由, 松本 拓海, 佐々木 勇和, 鬼塚 真
2. 発表標題 Secondary index を活用する NoSQL スキーマ推薦による Query 処理高速化
3. 学会等名 第11回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, DEIM2019, H2-4
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 処理装置、処理方法及び処理プログラム	発明者 内山 寛之, 鬼塚 真	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特開2023-14841	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>arxiv 論文 著者: Yusuke Wakuta, Michael Mior, Teruyoshi Zenmyo, Yuya Sasaki, Makoto Onizuka タイトル: NoSQL Schema Design for Time-Dependent Workloads. 出典: arXiv:2303.16577 (2023.3月) DOIなし, オープンアクセス</p>

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	浅野 泰仁 (Asano Yasuhito) (20361157)	東洋大学・情報連携学部・教授 (32663)	
研究分担者	中野 圭介 (Nakano Keisuke) (30505839)	東北大学・電気通信研究所・教授 (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	鬼塚 真 (Onizuka Makoto) (60726165)	大阪大学・情報科学研究科・教授 (14401)	

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			
米国	Emory University	Google Inc.		
カナダ	University of Calgary			