

課題番号：1RF-2002

研究課題名：

**リアルタイムAI技術に基づく
省エネルギー化に資する
高度自動運転支援技術に関する研究開発**

研究代表者：

松原 靖子（国立大学法人 大阪大学 産業科学研究所）

体系的番号：JPMEERF20201R02

重点課題：

主：【重点課題②】ビジョン・理念の実現に向けた研究・技術開発

副：【重点課題④】環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用

行政要請研究テーマ（行政ニーズ）：

(1-4) 地域循環共生圏・Society5.0を踏まえた新たな長期シナリオによる脱炭素社会への道筋の研究

研究実施期間：令和2年度～令和4年度

目次

1. はじめに（研究開発背景等）
2. 研究開発目的
3. 研究目標
4. 研究開発内容
5. 研究成果
 - (1) 成果の概要
 - (2) 環境政策等への貢献
 - (3) 研究目標の達成状況
6. 研究成果の発表状況

1. はじめに（研究開発背景等）

- 次世代型自動車における高度自動運転技術開発が急務
- 2050年頃のカーボンニュートラル社会の実現
- 自動車産業における自動車走行時の省エネルギー化とCO₂排出量削減のための取り組みが重要
- 現状の自動運転支援技術は低炭素化の取り組みが限定的
 - 深層学習(AI)による画像やセンサを用いた障害物の発見
 - 可視情報にたよるAI技術では省エネ最適化は実現不可能
 - 解析結果の要因や判断基準がブラックボックス
(利用者・解析者に理解しづらい)
 - 刻々と状況が変化する複雑な運転支援が困難



2. 研究開発目的

【上記背景を踏まえた研究開発目的】

「リアルタイムAI技術に基づく省エネルギー化に資する
高度自動運転支援技術に関する研究開発」

- 車両IoTビッグデータ（車両走行・周辺・位置情報、燃費・電力消費情報）を収集・解析
- ビッグデータに基づく車両走行パターンの自動学習
- 車両走行情報とエネルギー消費量の因果関係を自動抽出
- 省エネ走行可能な最適な運転パターンをリアルタイムに予測・推定する、高度自動運転支援技術を開発



2. 研究目標

【全体目標】 以下の3つの目標を設定

目標（1）	車両IoTビッグデータのモデル学習と燃費予測技術の開発 <ul style="list-style-type: none">エネルギー消費量（燃費情報）予測精度80%目標設定
目標（2）	動的モデリング手法に基づく車両IoTビッグデータの要因分析・予測技術とリアルタイムAI最適化技術の開発 <ul style="list-style-type: none">リアルタイム処理の高速アルゴリズムの開発と従来手法と比較し100倍の計算速度実現
目標（3）	リアルタイムAI最適化に基づく省エネ志向型自動運転支援システムの開発 <ul style="list-style-type: none">開発システムに関する実証実験およびフィードバックの実施と本格実装に向けたシステム改良

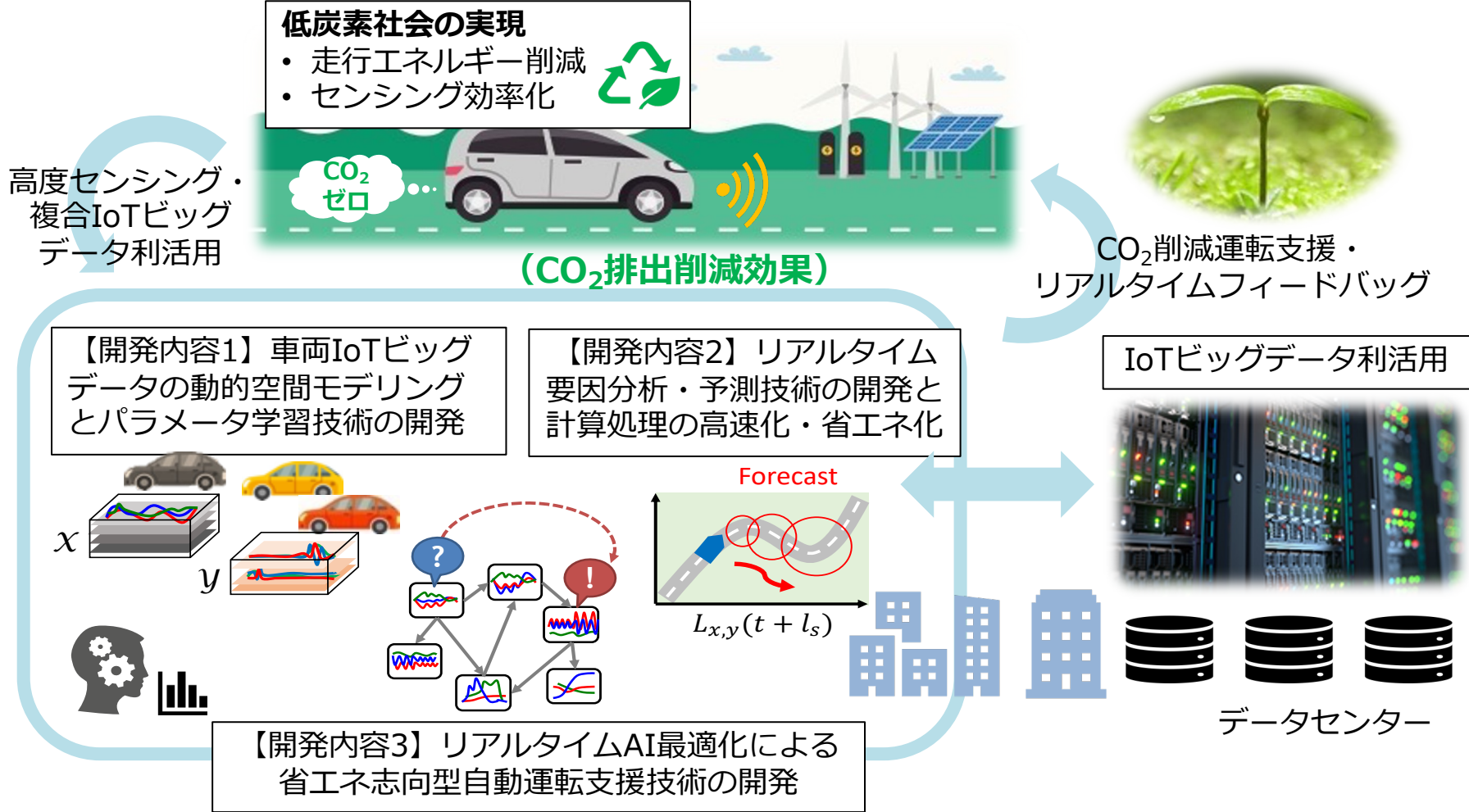
【サブテーマ1】

「リアルタイムAI技術に基づく省エネルギー化に資する
高度自動運転支援技術に関する研究開発」

（サブテーマが一つであるので、全体目標と同一）

4. 研究開発内容

【本研究開発の概要図】 3つの研究開発内容で構成



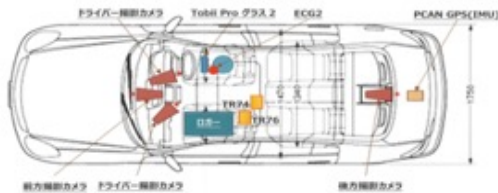
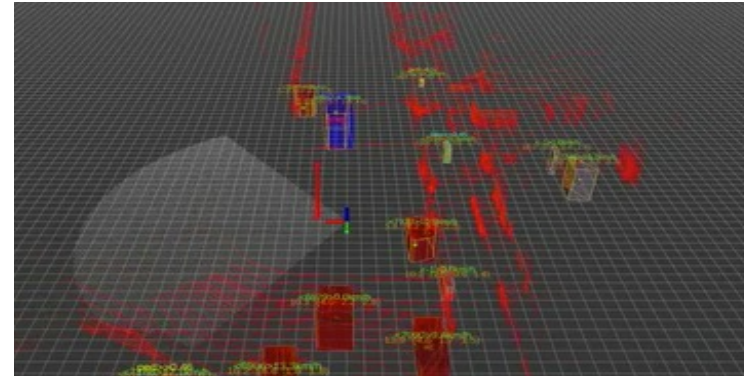
車両走行ビッグデータとエネルギー消費量の因果関係を自動解析、省エネルギーで走行可能な最適な自動運転パターンをリアルタイムに推定

5. (1) 研究成果の概要

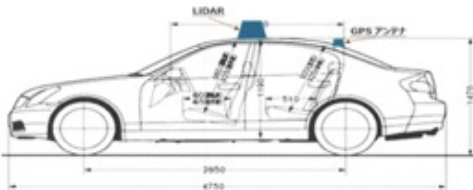
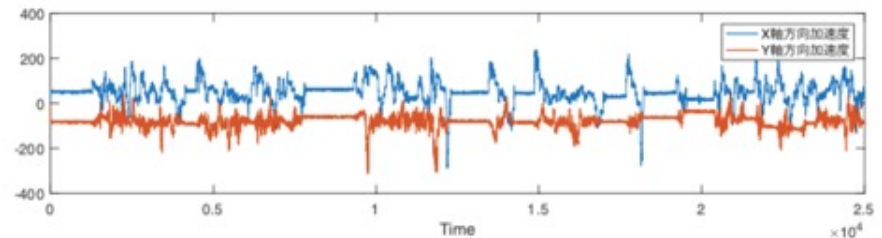
研究開発内容① 車両IoTビッグデータの動的空間モデリングとパラメータ学習技術の開発

自車走行データ

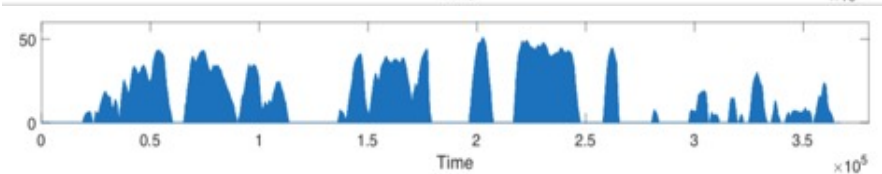
周辺環境データ



加速度X,Y



車速

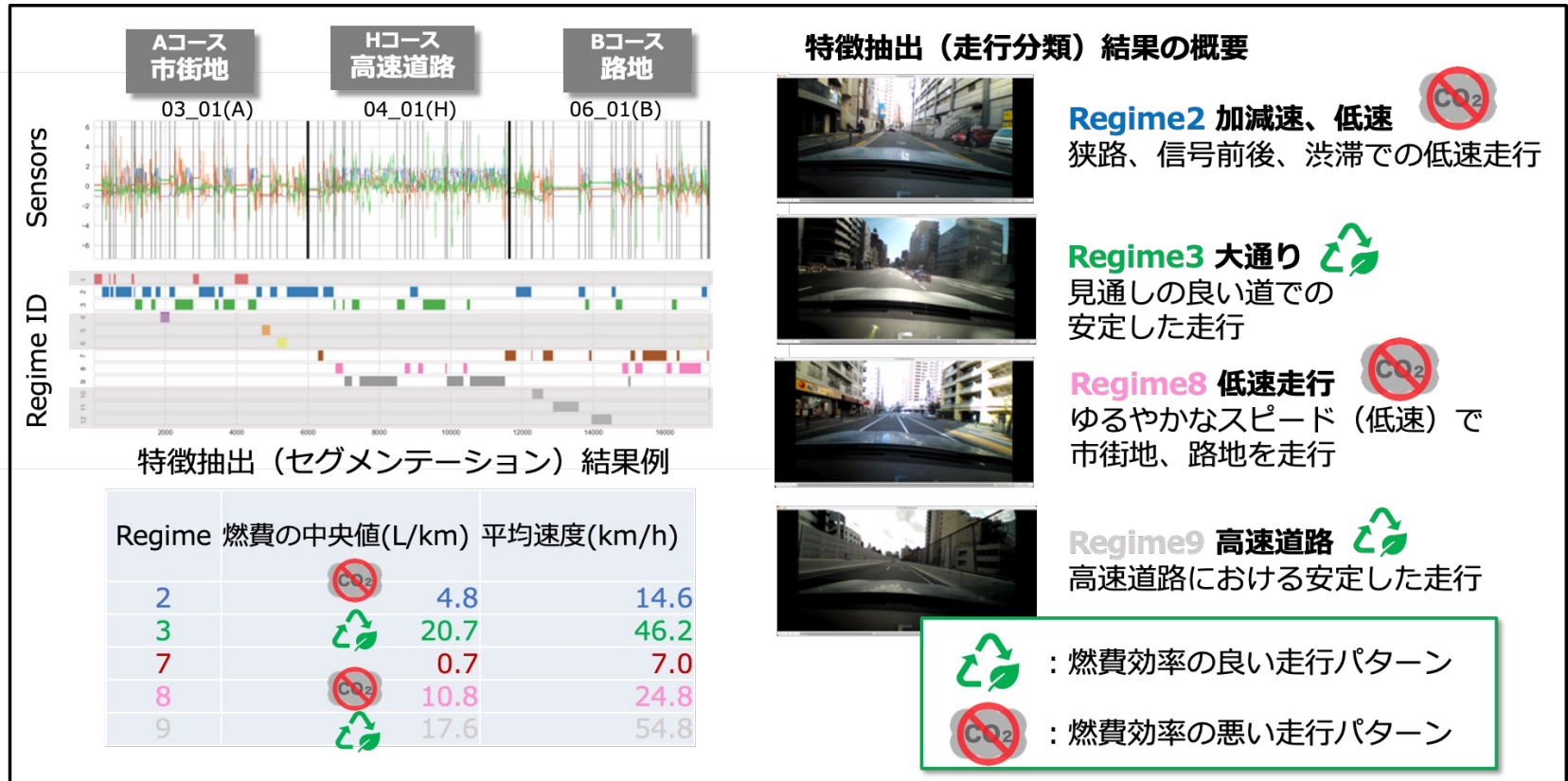


車両IoTビッグデータ（車両走行情報、位置情報等、燃費情報）

被験者：12名、データサイズ：14TB）に対し解析を実施

5. (1) 研究成果の概要

研究開発内容① 車両IoTビッグデータの動的空間モデリングとパラメータ学習技術の開発



提案手法による特徴的走行パターンと燃費効率の関係性の自動抽出例

5. (1) 研究成果の概要

研究開発内容① 車両IoTビッグデータの
動的空間モデリングとパラメータ学習技術の開発

5. (1) 研究成果の概要

研究開発内容②：リアルタイム要因分析・予測技術の開発と計算処理の高速化・省エネ化

車両IoTビッグデータの要因分析技術、および、リアルタイム学習に基づく省エネルギー化に資する走行最適化技術を開発

5. (1) 研究成果の概要

研究開発内容②：リアルタイム要因分析・予測技術の開発と計算処理の高速化・省エネ化

実際の走行で測定された実測値と比較し
提案手法の使用により燃費効率が約60%向上

5. (1) 研究成果の概要

研究開発内容②：リアルタイム要因分析・予測技術の開発と計算処理の高速化・省エネ化



5. (1) 研究成果の概要

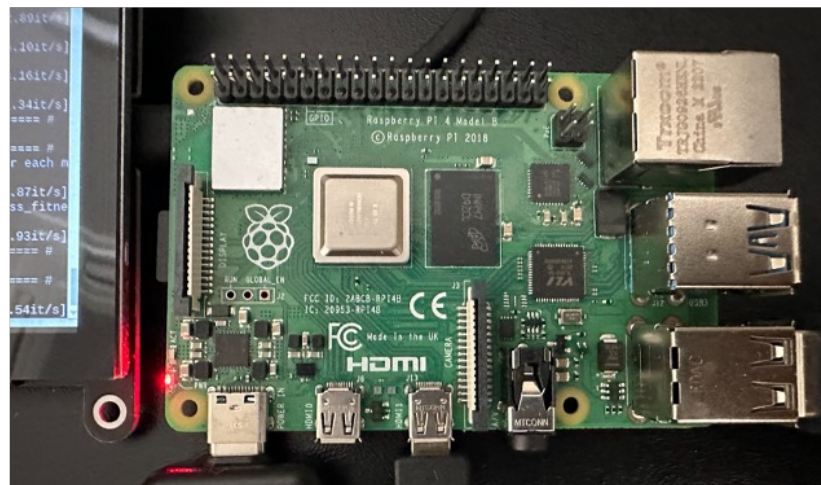
研究開発内容③：リアルタイムAI最適化による
省エネルギー志向型自動運転支援技術の開発



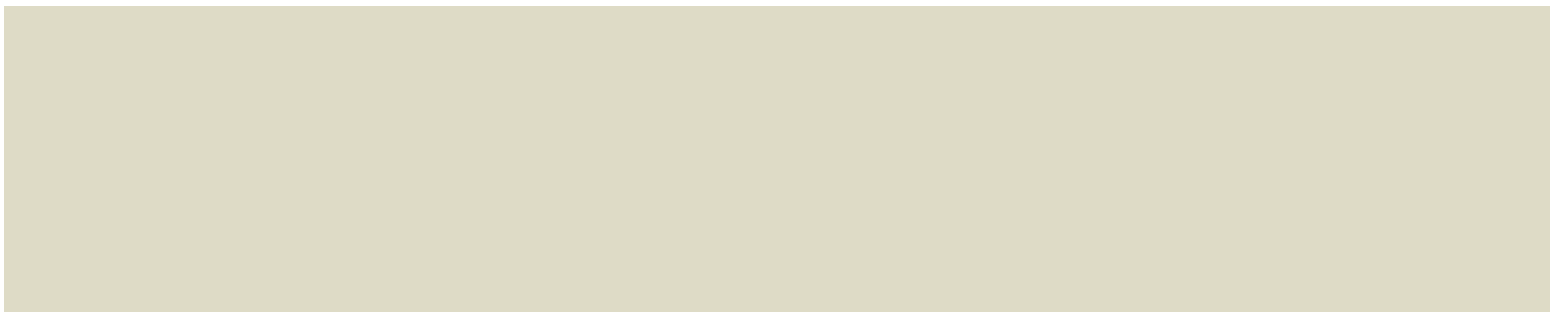
5. (1) 研究成果の概要

研究開発内容③：リアルタイムAI最適化による
省エネ志向型自動運転支援技術の開発

将来的な車載IoTへのAI導入に向けたシステムの改良（軽量／小型化）を実施



エッジデバイス(Raspberry Pi)へのシステムの実装とデモ動作の検証



5. (2) 環境政策等への貢献

【2050年頃のカーボンニュートラル社会実現に向けた貢献】

- 省エネルギー化に資するリアルタイム走行最適化に関し、提案手法により燃費効率が約60%向上
- 小型エッジデバイスへのシステム実装の実現により大型計算機を使用した深層学習モデルの計算と比較し約99.5%のエネルギー削減
- リアルタイム走行最適化技術の開発と車載IoT端末（エッジデバイス）におけるシステム軽量化により、走行時のエネルギー資源使用の削減、および、消費電力の低減化が見込まれる
- 行政ニーズ（1-4）「地域循環共生圏・Society5.0を踏まえた新たな長期シナリオによる脱炭素社会への道筋の研究」への貢献

【新たに派生した共同研究及び期待される社会への波及効果】

5. (2) 環境政策等への貢献

従来型の自動運転支援技術

現状のAI関連技術に基づく自動運転支援システムは要素技術各技術 (a-b) に関し独立に研究開発が行われており、**低炭素化の取り組みが限定的**

a. 画像処理／センシング等に基づく自動運転最適化

(障害物の発見、運転者の負担軽減と安全走行の自動推定)

b. 走行燃費の推定と最適化

c. 小型IoT端末での計算コスト、電力消費の改善等

本研究の成果に基づく新たな自動運転支援技術

各要素技術 (a, b, c) を統合的に実現する設計と

リアルタイムAI最適化に基づく新たな高度自動運転支援技術の開発

- 通常の自動運転に加え、**省エネルギーで走行するための最適な運転走行パターンを自動学習**する機能の実現 (燃費効率60%向上)
- 小型端末において**リアルタイムに高速モデル学習**を実現
- **消費電力の大幅な低減化**を実現：大型計算機を用いた深層学習に基づく従来手法による計算処理 (328W) ➔ 小型端末内での提案手法による計算処理 (1.44W)



5. (3) 研究目標の達成状況

研究計画（研究開発内容①②③）に基づきすべて達成済

目標（1）

エネルギー消費量
（燃費情報）予測
精度80%目標設

車両IoTビッグデータのモデル学習と燃費予測技術の開発

目標を大きく上回る成果をあげた

- 研究開発内容①の実施／エネルギー消費量・燃費予測を定量的に評価し目標値を大幅にこえる予測精度98%を実現（根拠：p9図、査読付き論文4件）

目標（2）

リアルタイム処理
の高速アルゴリズム
の開発と従来手法
と比較し100倍
の計算速度実現

動的空間モデリング手法に基づく車両IoTビッグデータの要因分析・予測技術とリアルタイムAI最適化技術の開発

目標を大きく上回る成果をあげた

- 研究開発内容②の実施／アルゴリズムの高速化を実現し最新の深層学習に基づくモデルと比較し目標値を大幅に超える約50万倍の速度向上を実現／要素技術に関し有用性・独自性を高く評価され複数件の受賞につながった（根拠：p12図、査読付き論文2件、情報処理学会 マイクロソフト情報学研究賞、文部科学大臣表彰「若手科学者賞」における受賞等）

目標（3）

開発システムに関
する実証実験およ
びフィードバック
の実施と本格実装
に向けたシステム
改良

リアルタイムAI最適化に基づく省エネ志向型自動運転支援システムの開発

目標どおりの成果をあげた

- 研究開発内容③の実施／大規模走行データを用いたシステム評価を実施／走行最適化アルゴリズムにより燃費効率が約60%向上することが示した／システムの改良と軽量化、エッジデバイスへの実装により、従来の深層学習と比較し単位時間あたりの消費電力量が約1/200倍削減（エネルギー量の99.5%を削減）を示した（根拠：p14図、査読付き論文2件）

6. 研究成果の発表状況

【査読付き論文】 12件

【知的財産権】 7件

【口頭発表（学会等）】 17件

【本研究費の研究成果による受賞】 17件

＜主な査読付き論文＞（10件のみ抜粋）

- 1) Koki Kawabata, Yasuko Matsubara, Takato Honda, Yasushi Sakurai, Non-Linear Mining of Social Activities in Tensor Streams, ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD2020), pp. 2093-2102, Virtual Event, California, August 23-27, 2020. Acceptance Rate: 216/1279, 16.8%
- 2) 川畑光希, 松原靖子, 本田崇人, 櫻井保志, オンライン活動データストリームのための非線形モデル解析, 情報処理学会論文誌：データベース, Vol. 14, No. 3, pp. 31-40, 2021年7月13日.
- 3) 中村航大, 松原靖子, 川畑光希, 梅田裕平, 和田裕一郎, 櫻井保志, 複合イベントストリームの特徴自動抽出, 情報処理学会論文誌：データベース, Vol.14, No. 4, pp. 24-35, 2021年10月14日.
- 4) 藤原廉, 松原靖子, 木村輔, 櫻井保志, 制御応答時系列データストリームにおける予測アルゴリズム, 情報処理学会論文誌：データベース, Vol.15 No.3 pp.87-98, 2022年10月13日.
- 5) Taichi Murayama, Yasuko Matsubara, Yasushi Sakurai, Mining Reaction and Diffusion Dynamics in Social Activities, ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM2022), pp.1521-1531, Hybrid Conference, Hosted in Atlanta, Georgia, October 17-21, 2022.
- 6) Kohei Obata, Yasuko Matsubara, Koki Kawabata, Yasushi Sakurai, Automatic Time-Series Clustering via Network Inference, 48th International Conference on Very Large Data Bases (VLDB) PhD workshop, Sydney, Australia, September 5-9, 2022.
- 7) Ren Fujiwara, Yasuko Matsubara, Tasuku Kimura, Yasushi Sakurai, C-Cast: A Real-Time Forecasting Model for a Controlled Sequence, ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM2022), pp.5112-5115, Hybrid Conference, Hosted in Atlanta, Georgia, October 17-21, 2022.
- 8) 小幡紘平, 松原靖子, 川畑光希, 中村航大, 櫻井保志, 時系列データの自動ネットワーク構造検出アルゴリズム, 情報処理学会論文誌：データベース, Vol.16 No.1 pp.1-13, 2023年1月13日.
- 9) Kota Nakamura, Yasuko Matsubara, Koki Kawabata, Yuhei Umeda, Yuichiro Wada and Yasushi Sakurai, Fast and Multi-aspect Mining of Complex Time-stamped Event Streams, The 2023 ACM Web Conference (WWW2023), Austin, Texas, April 30-May 4, 2023. Acceptance Rate: 365/1900, 19.2%
- 10) Koki Kawabata, Yasuko Matsubara, Yasushi Sakurai, Modeling Dynamic Interactions over Tensor Streams, The 2023 ACM Web Conference (WWW2023), Austin, Texas, April 30-May 4, 2023. Acceptance Rate: 365/1900, 19.2%

＜本研究費の研究成果による受賞＞（5件のみ抜粋）

- 1) Yasuko Matsubara, ACM Recognition of Service Award, IPSJ/ACM Award for Early Career Contributions to Global Research, 2020年12月21日.
- 2) 松原靖子, 2020年度 情報処理学会 マイクロソフト情報学研究賞, 大規模時系列データのリアルタイム解析と将来予測に関する研究, 2021年3月18日.
- 3) 松原靖子, 令和3年度大阪大学賞・若手教員部門, ビッグデータのためのリアルタイム解析技術に関する研究, 2021年11月25日.
- 4) 松原靖子, 第4回 キャタピラー-STEM賞（一般部門最優秀賞）, 時系列ビッグデータのリアルタイム解析技術に関する研究, 2022年2月28日.
- 5) 松原靖子, 令和4年度科学技術分野の文部科学大臣表彰「若手科学者賞」, 大規模時系列データのモデル学習と将来予測に関する研究, 2022年4月20日.