

令和 6 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 22701
 研究開発課題名 持続性の高い行動支援のための次世代 IoT データ利活用技術の研究開発
 副 題 次世代マルチモーダル IoT データによる行動ナビゲーションを想定した、
 事象変化に即応可能な時空間行動リスク予測・最適化技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発では、頻発化、激甚化する風水害などに対する社会不安を解消するために、平時から突発的な異常発生時に亘って対応可能な行動ナビゲーションサービスを実現するために必要な要素技術の確立と社会実装に向けた有効性確認および課題を明確にする。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 6 年度 (3 年間)

(3) 受託者

株式会社 KDDI 総合研究所<代表研究者>

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 4 年度から令和 6 年度までの総額 120 百万円 (令和 6 年度 40 百万円)
 ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 : 次世代マルチモーダル IoT データによる行動ナビゲーションを想定した、
 事象変化に即応可能な時空間行動リスク予測・最適化技術 (株式会社 KDDI 総合研究所)
 1-1. 次世代マルチモーダル IoT データストリームによる時空間行動リスク予測技術
 1-2. 時空間行動リスク予測結果の相互連動によるリスク対応行動最適化技術

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	4	3
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	10	4
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	1	1
	展示会	2	1
	受賞・表彰	1	1

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目 1 : 次世代マルチモーダル IoT データによる行動ナビゲーションを想定した、
 事象変化に即応可能な時空間行動リスク予測・最適化技術 (株式会社 KDDI 総合研究所)

1-1. 次世代マルチモーダル IoT データストリームによる時空間行動リスク予測技術

■目標

(A)時空間行動リスク予測アルゴリズムの拡張・改良(学習時間低減、事象変化予測に基づく予測
 サイクル切り替えなど)、並びに令和 5 年度までに開発したモジュールへの組み込み完了、
 xData プラットフォーム/DCCS (Data Centric Cloud Service) への実装完了

(B) 令和 5 年度までに体系的に類型化した異常事象に対して、(A)の手法により、道路上の混雑度予測精度が従来手法と比較して 30 件以上改善することを目標とする。また類型化した異常事象に対する(A)の手法の有効範囲を明らかにする。

■実施内容と成果

(A) 時空間行動リスク予測アルゴリズムとして、令和 5 年度までに考案した Fusion-Mu2ReST¹、拡張 Mu2ResT の拡張・改良を実施した。具体的には、軽量モデルで高い予測精度が期待できる MoE (Mixture of Expert) を活用した時空間行動リスク予測手法 MoPE (Mixture of Projection Expert)²を新たに考案した。比較検証の結果、令和 5 年度までに考案した拡張 Mu2ResT や従来手法 LSTM (Long Short Term Memory) に対して、考案手法 MoPE は高い予測精度と短い学習時間を両立できることを確認した。また、予測サイクル切り替え機構を考案した。この機構では、事象変化を予測した際に異常時用の予測モデルの学習を先行的に開始することで、その後に事象変化を検知した際に予め学習していた異常時用の予測モデルへ早期に切り替えることが可能となる。

これらの時空間行動リスク予測アルゴリズムの考案手法について、モジュールへの組み込み、並びに xData プラットフォーム/DCCS への実装を完了した。

(B) 考案手法 MoPE を用いて異常事象時の道路上の混雑度予測精度を検証した。東京都新宿区の 2022 年 7 月～2023 年 2 月の期間において実際に発生した、大雨・雪・台風・ゲリラ豪雨・地震といった自然現象、交通渋滞・電車事故といった交通事象、祭りやスポーツイベントなどのイベントを非日常の異常事象発生とみなして評価した。比較対象として、従来の再帰型深層学習手法 (LSTM、GRU (Gated Recurrent Unit)) を使用した。30 件の異常事象の事例において、従来手法と比較して 10%以上の予測精度の向上を確認した。

今回検証した異常事象に対して、考案手法 MoPE の有効性を確認できたが、考案手法 MoPE は予測に利用するデータが完全データであることを前提としている。そのため、大規模災害による通信障害などに伴いデータ欠損が多くなる場合には考案手法 MoPE のみでは適用が困難になることが想定され、時系列データ補間手法によるデータ補完の活用が必要と考えられる。

1-2. 時空間行動リスク予測結果の相互連動によるリスク対応行動最適化技術

■目標

(A) ミリ秒オーダーの疑似データストリーム生成アルゴリズムの拡張・改良、並びに令和 5 年度までに開発したモジュールへの組み込み完了、xData プラットフォーム/DCCS への実装完了

(B) 街全体の総旅行時間に関する行動リスク指標低減と個別の行動リスク回避のリスク対応行動最適化アルゴリズムの拡張・改良(交通手段切り替え、ユーザ移動嗜好考慮(早期到着、移動時間最短など))、および令和 5 年度までに開発したモジュールへの組み込み完了、xData プラットフォーム/DCCS への実装完了

(A) (B)の手法により、行動最適化しない場合に比べて総旅行時間に関する行動リスク指標が 30 件以上低減することを目標とする。

■実施内容と成果

(A) 疑似データストリーム生成アルゴリズムの拡張・改良を実施した。画像分野の超解像モデルを応用し細粒度の人口分布を生成する超解像人流生成手法³を令和 5 年度までに考案しており、

¹ H. Q. Ung et al., "Towards Multimodal Spatio-Temporal Transformer-based Models for Traffic Congestion Prediction," The 4th workshop on Intelligent Cross-Data Analysis and Retrieval (ICDAR 2023).

² H. Niu, H. Q. Ung et al., "Mixture of Projection Experts for Multivariate Long-term Time Series Forecasting," The 23rd International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA 2024).

³ N. Takeda et al., "Fine-Grained Urban Population Distribution Estimation Using Image Super-Resolution Model with Rich Auxiliary Information," 2023 IEEE International Conference on Big Data (IEEE BigData 2023).

この手法で生成した人口分布に類似するように、ユーザ個々の疑似データストリームを生成できるように拡張した。拡張手法のモジュールへの組み込み、並びに xData プラットフォーム／DCCS への実装を完了した。

(B) リスク対応行動最適化アルゴリズムの拡張・改良を実施した。ユーザ移動嗜好として、令和 5 年度までに実装している「早期到着」に加えて、「移動時間最短」を追加した。また、最適化対象として、令和 5 年度までに実装している移動経路・出発時間などのユーザの移動に加えて、新たに信号制御を拡張した。最適化アルゴリズムを拡張し、混雑度の過去履歴と将来予測結果から、ユーザの移動と信号制御の両方を最適化するようにした。拡張アルゴリズムのモジュールへの組み込み、並びに xData プラットフォーム／DCCS への実装を完了した。

時空間行動リスク予測の考案手法 MoPE、疑似データストリーム生成の拡張手法、リスク対応行動最適化アルゴリズムの拡張手法を組み合わせたシミュレーションを通して、最適化による総旅行時間の低減効果を検証した。東京都新宿区の 2022 年 7 月～2023 年 2 月の大雨・雪・台風・ゲリラ豪雨・地震、交通渋滞・電車事故、祭りやスポーツイベントなどのイベントを対象として評価した。最適化しない場合と比較して総旅行時間が 30 件の事例で 10%以上低減することを確認した。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

本研究開発を通じて作成したソフトウェアモジュールを情報通信研究機構 統合ビッグデータ研究センターが提供する xData プラットフォーム／DCCS へ実装、格納し、公開した。これにより当該研究コミュニティの研究開発をオープンイノベーション的手法で推進する。さらに、実装公開したソフトウェアモジュールを活用・拡張し、防災・減災関連の社会実証を実施する。具体的には、自治体や行政機関、企業と連携し、スマートフォン位置情報を活用した実証実験や社会実装を行い、商用化および普及を目指す。また、特定ドメインに特化したサービスから、複数ドメインを横断する行動ナビゲーションサービスへと拡張し、様々な社会課題（防災・減災、ヘルスケア、モビリティなど）の解決に向けた社会実装を目指す。国内外の AI・データマイニング関連学会や防災・スマートシティなどの特定ドメインの学会での外部発表、展示会への出展を通じて情報発信を行い、国内外の技術コミュニティへの展開を促進する。