

ベルモント・フォーラム
CRA「災害リスク低減とレジリエンス」
終了報告書 概要

1. 研究課題名：「大都市での時間・季節・場所の変化や違いに応じたデータ駆動型災害対応システムの設計と評価」
2. 研究期間：令和2年4月～令和5年3月
3. 主な参加研究者名：
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	神武 直彦	教授	慶應義塾大学	PI、全体統括
主たる共同研究者	加藤 孝明	教授	東京大学	データ駆動型災害対応システムの各国での実運用に向けた適応性検討
主たる共同研究者	坪内 孝太	上席研究員	Yahoo! JAPAN 研究所	都大都市での時間・季節・場所の変化や違いに応じた人の行動に関するデータの収集・分析・シミュレーション
研究参加者	小高 暁	特任准教授	慶應義塾大学	データ駆動型災害対応システムの要求抽出
研究参加者	西野 瑛彦	特任講師	慶應義塾大学	都市動態分析のためのデータ分析と活用
研究参加者	管野 天	研究員	慶應義塾大学	都市動態分析のためのデータ分析
研究期間中の全参加研究者数			12名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Upmanu Lall	Professor / Director	Columbia University	Co-PI、米国チーム研究活動統括
主たる共同研究者	Liao Kuei-Hsien	Professor	National Taipei University	Co-PI、台湾チーム研究活動統括
主たる共同研究者	Chiang Yen-Sheng	Deputy Director	Academia Sinica	社会集団の災害脆弱性分析
研究参加者	Allaire Maura	Associate Professor	University of California Irvine	データ駆動型の災害対応の課題分析
研究参加者	Mengling Qiao	Research assistant	Columbia University	都市動態分析のためのデータ分析と活用
研究参加者	Tsung Ho Sun	Research assistant	National Taipei University	都市動態に基づく災害対応課題の分析
研究期間中の全参加研究者数			9名	

4. 国際共同研究の概要

本研究課題は、日本・米国・台湾での主要駅周辺地域（東京駅・ニューヨークペンシルベニア駅・台北中央駅）を対象に、時間・季節・場所の変化や違いに応じた人の行動を中

心とする都市動態データの収集・分析を行い、その特徴や課題を明らかにした。その上で、データ駆動型の災害対応システムに対する利害関係者のニーズを把握し、必要な機能の抽出とその有効性を検証した。日本チームは携帯電話などから得られる緯度・経度・時刻などのデータを含む対象地域滞在者の位置情報、及びウェブサイトなどで検索する文字列のクエリ分析を行った。また、滞在者の観察やワークショップなどを通じて人の動きをパターン分析し、その上で、システムに必要な機能の設計と評価を行った。データ駆動型の災害対応システムの設計や評価、適用性検討に対して米国チームでは、公共交通機関やシェアリングサイクルなどの移動データを元にしたニューヨーク市の都市動態分析の有効性を確認し、台湾側チームは社会調査等を通じた地域利用者の災害対応ニーズと社会脆弱性の分析によって連携した。本国際共同研究を通じて多様な専門性を持つ研究者が複数の大都市主要駅を対象に連携することで分野を超えた知見を集結させた。本研究課題成果により、データ駆動型社会における動的な災害対応の実装に向けた将来の国際連携・標準化に貢献した。

5. 国際共同研究の成果

5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

緯度・経度・時刻情報などを含む携帯電話利用者の位置データ、公共施設や商業施設など特定の場所への訪問者数などを記録した施設利用データ、バスや自転車などの公共交通や移動サービスの利用状況データなど、都市に滞在する人口の移動に関する様々なデータを活用した都市動態分析手法を日本・米国・台湾チームによる国際共同研究により構築した。また、携帯電話などを介して情報を得るために検索するクエリや、情報発信のためのマイクロブログなどのテキストデータを分析するための自然言語処理技術と感情分析手法を構築した。これにより、「いつ」「どこに」「どのような」人が都市に滞在し、何を検索あるいは発信しているかを動的に把握できるようになった。また、母語や文化の違いや移動の不自由等、災害脆弱性の高い社会集団の特定及びその集団が持つ災害対応ニーズを把握した。これらの災害対応における利害関係者との一連の協働を通し、都市動態分析モデルを活用したデータ駆動型の災害対応システムが備えるべき機能やその実装可能性を明らかにした。

5-2 国際共同研究による相乗効果

携帯電話などから得られる人に紐づく位置データや、施設利用者数やその特性など場所に紐づくデータなど、都市動態分析に利用するデータは国や地域によってその特徴やデータ取得可能性が異なる。本国際共同研究では、1日の中で人が滞在した場所を連続的に繋げて表現する移動系列ツリーの考え方を適用することで、そのような異なるデータに対しても、本研究で実施した都市動態分析が適用できる可能性を示した。さらに、バスや鉄道などの公共交通の世界共通オープンデータを活用し、各国で想定される災害特性・データ取得・活用環境の相違を共通のフォーマットで構造的に分析した。これら一連の研究活動と3カ国研究者による先行研究調査とを合わせ、都市動態分析を活用したデータ駆動型の災害対応実現に向けた研究課題を明らかにした。3カ国全ての研究者が共著となって、その相乗効果による研究成果は国際論文誌に掲載された。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

本研究で構築した都市動態分析手法の有用性やデータ駆動型の災害対応へ適用課題に関するまとめや成果は、上記以外の国際学会や機関誌、国際ジャーナルなどにも発表・公表している。今後の展望として、データ駆動型災害対応の実用化に向けた既存研究の知見の構造化、脆弱性の高い社会集団（災害時要配慮者層）のニーズ把握手法の運用、米国・台湾へのシステム運用に向けた理論的枠組みの適用、研究成果の実用化に向けた協働枠組みの検討を行う。本研究課題は、持続可能な開発目標（SDGs）の目標11、目標13、目標17へ貢献している。

Belmont Forum

Disaster Risk, Reduction and Resilience (DR3) Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「Data-driven Disaster Response Systems Dependent on Time of Day, Season and Location for Megacities」
2. Research period : April 2020 ~ March 2023
3. Main participants :
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Naohiko Kohtake	Professor	Keio University	PI、Overall supervision
Co-PI	Takaaki Kato	Professor	The University of Tokyo	Adaptability study of data-driven disaster response system for actual operation in different countries
Co-PI	Kota Tsubouchi	Senior Chief Researcher	LY Research	Collection, analysis, and simulation of data on human behavior according to time, season, location, and differences
Collaborator	Akira Kodaka	Project Associate Professor	Keio University	Identification of requirements for data-driven disaster response systems
Collaborator	Akihiko Nishino	Project Assistant Professor	Keio University	Data analysis and utilization for urban dynamics analysis
Collaborator	Takashi Kanno	Researcher	Keio University	Data analysis for urban dynamics analysis
Total number of participants throughout the research period: Number 12				

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Upmanu Lall	Professor / Director	Columbia University	Co-PI, U.S. Team Supervisor of Research Activities
Co-PI	Liao Kuei-Hsien	Professor	National Taipei University	Co-PI, Taiwan Team Research Activity Supervisor
Co-PI	Chiang Yen-Sheng	Deputy Director	Academia Sinica	Disaster vulnerability analysis of social groups
Collaborator	Allaire Maura	Associate Professor	University of California Irvine	Data-driven disaster response issue analysis
Collaborator	Mengling Qiao	Research assistant	Columbia University	Data analysis and utilization for urban dynamics analysis
Collaborator	Tsung Ho Sun	Research assistant	National Taipei University	Analysis of disaster response issues based

				on urban dynamics
Total number of participants throughout the research period:				Number 9

4. Summary of the international joint research

This research project collects and analyzes urban dynamic data focusing on human behavior in response to changes and differences in time, season, and location for major station areas (Tokyo Station, New York Pennsylvania Station, and Taipei Central Station) in Japan, the U.S., and Taiwan, and identify their characteristics and issues. The team then identifies stakeholders' needs for a data-driven disaster response system, identify necessary functions, and verify its effectiveness. The team conducts human mobility and query analysis with the location information of people staying in the target area. For the design, evaluation, and applicability study of the data-driven disaster response system, the team confirms the effectiveness of the dynamic analysis based on mobility data. Besides, the team collaborates by analyzing the disaster response needs and social vulnerability of local users through social surveys. Through this international joint research, researchers with diverse expertise collaborate on several major stations in major cities, which is expected to bring together knowledge across disciplines and enable dynamic disaster response in a data-driven society.

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

The team jointly developed the urban dynamic analysis method. The method utilizes various data on the movement of the population staying in cities, including location data of cell phone users; facility use data recording the number of visitors to specific locations; and data on the use of public transportation and mobility services. Besides, natural language processing technology and sentiment analysis methods were constructed to analyze text data such as search queries and microblogs. In addition, the team identified social groups that are highly vulnerable to disasters, such as those with different mother tongues, cultures, and mobility impairments, as well as the disaster response needs of these groups. Through collaborations with stakeholders in disaster response, the team identified functions that a data-driven disaster response system should have and the feasibility of its implementation.

5-2 Synergistic effects of the joint research

The characteristics and data acquisition possibilities of data used for urban dynamic analysis vary by country and region. To overcome the issue the team applied the concept of a movement series tree, which expresses the places where people stay in a day by continuously connecting them to demonstrate the possibility of applying the urban dynamic analysis conducted in this study. Furthermore, by utilizing global open data on public transportation, the differences in disaster characteristics, data acquisition, and utilization environments expected in each region and country were structurally analyzed in a common format. The results of these research activities have clarified research issues for the realization of data-driven disaster response utilizing urban dynamic analysis.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

The summaries and results of the usefulness of the urban dynamics analysis method constructed in this study and the challenges of applying it to data-driven disaster response have been presented and published in international conferences, and journals. Prospects include structuring the findings of existing research for practical application of data-driven disaster response, operationalizing the method for understanding the needs of highly vulnerable social groups (people in need during disasters), applying the theoretical framework for system operation in the U.S. and Taiwan, and examining a collaborative framework for practical application of research results. This research project contributes to Goals 11, 13, and 17 of the Sustainable Development Goals (SDGs).

国際共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

＊原著論文（相手側研究チームとの共著論文）発表件数：計 3 件

・査読有り：発表件数：計 3 件

1. Haraguchi M, Nishino A, Kodaka A, et al. Human mobility data and analysis for urban resilience: A systematic review. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. (2022) 49(5):1507-1535.
2. Haraguchi, M., Funahashi, T., & Biljecki, F. Assessing governance implications of city digital twin technology: A maturity model approach. *Technological Forecasting and Social Change* (2024) 204, 123409.
3. Liao, Kuei-Hsien, Yen-Sheng Chiang, and Jeffrey Kok Hui Chan. "The levee dilemma game: A game experiment on flood management decision-making." *International journal of disaster risk reduction* 90 (2023): 103662.

・査読無し：発表件数：計 0 件

例) 該当なし

＊原著論文（相手側研究チームを含まない日本側研究チームのけ論文）：発表件数：計 3 件

・査読有り：発表件数：計 3 件

1. Nishino, A.; Kodaka, A.; Nakajima, M.; Kohtake, N. A Model for Calculating the Spatial Coverage of Audible Disaster Warnings Using GTFS Realtime Data. *Sustainability* (2021) 13, 13471 DOI: 10.3390/su132313471
2. Nishino, A., Kodaka, A., Nakajima, M., & Kohtake, N. Calculating the Coverage Rate of a Transportation-Based Flood Warning Dissemination System in Brisbane. *Journal of Disaster Research* (2022) 17(3), 487-496 DOI: 10.20965/jdr.2022.p0487
3. 西野瑛彦・小高暁・中島円・神武直彦, 測位衛星と公共交通車両を連携した災害情報音声配信システムのエリア網羅性評価手法の提案, *災害情報*(2021) No.20, 1, pp99-110

・査読無し：発表件数：計 0 件

例) 該当なし

＊その他の著作物（相手側研究チームとの共著総説、書籍など）：発表件数：計 0 件

例) 該当なし

＊その他の著作物（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など）：発表件数：計 1 件

1. 小高暁, 防災まちづくりに向けたデータ駆動型の災害対応 (2022) 特集 水災害に対する防災まちづくり, 新都市, 令和 4 年 7 月号, pp. 20-23.

2. 学会発表

＊口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 4 件（うち招待講演：0 件）

1. Naohiko Kohtake, et al, "Data-driven Disaster Response Systems Dependent on Time of Day, Season and Location for Megacities", Belmont Forum DR3 Kick-off Engagement, Online, June 24th.
2. Masahiko Haraguchi, Akira Kodaka, Liao Kuei-Hsien, Akihiko Nishino, Ayaka Yamagishi, Tsung-Ho Sun, Kota Tsubouchi, Chiang Yen-Sheng, Upmanu Lall, Naohiko Kohtake, "Pursuing Data-Driven Urban Adaptability, The Current Status and Data Gaps of Tokyo, Taipei, and New York", Workshop on contributions of smart city projects to

climate resilience, online, December 16-18 2020

3. Naohiko Kohtake, et al, "Data-driven Disaster Response Systems Dependent on Time of Day, Season and Location for Megacities", Workshop for Belmont Forum CRA: Disaster Risk Reduction and Resilience (DR3), Online, June 14th.
4. Naohiko Kohtake, et al, "Data-driven Disaster Response Systems Dependent on Time of Day, Season and Location for Megacities", Disaster Risk and Reduction Midterm Workshop, Online, June 21st.

＊口頭発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

1. B. J. Detera, A. Kodaka, N. Kohtake, A. Nishino and K. Onda, "An English-Japanese Twitter-Based Analysis of Disaster Sentiment during Typhoons and Earthquakes," 2021 IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE), Vienna, Austria, 2021, pp. 1-8, doi: 10.1109/ISSE51541.2021.9582473.
2. Detera, B.J.M., Kanno, T., Onda, K., Tsubouchi, K., Kodaka, A., Nishino, A. and Kohtake, N., 2023, April. Spatio-temporal analysis of mobile phone and social media data across multiple disaster scenarios: an input to population exposure assessment. In Proceedings of the 2023 6th International Conference on Geoinformatics and Data Analysis (2023) pp. 1-8.

＊ポスター発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 0 件

＊ポスター発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 0 件

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

例) 該当なし

4. 研究交流の実績（主要な実績）

【合同ミーティング】

・ 2020年5月から2023年3月にかけて、日本チームが中心となり、米国・台湾チームや、日本の研究参画機関とともに、オンラインとオフラインを合わせて約40 回実施した。

【研究者の交流】

・ 2023年5月：PIが米国チームのCo-PIや研究者が所属するコロンビア大学を訪問し、研究成果の実装や今後の成果展開に向けた議論を行った。

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0 件

6. 受賞・新聞報道等

例) 該当なし

7. その他

【共同研究セミナー】

・ 2021 年 2 月 16 日：ヤフー株式会社（現 LINE ヤフー株式会社）の方々を対象に本研究事業やそこで活用する学問領域や技術に関する紹介セミナーを開催した。