

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

EIG CONCERT-Japan 共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「ディープラーニングを用いた都市モビリティのピーク予測」
2. 研究期間：令和 3 年 4 月～令和 6 年 5 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	シュマッカー・ヤンディヤク	准教授	京都大学大学院	全トピックの統括
主たる共同研究者	孫 文哲	研究員 ポスドク	京都大学大学院	データ分析の実施
主たる共同研究者	中尾 聡史	助教	京都大学大学院	データ収集、京都のケーススタディの実施
研究参加者	山田 忠史	教授	京都大学大学院	レジリエンスモデリングの検討
研究参加者	福田 幸二	研究員	日立製作所	機械学習モデルの検討
研究参加者	中村 俊之	准教授	岐阜大学	データの検討
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	アントニオ・カンスタンチノス	教授	ミュンヘン工科大学	フレームワークの検討
主たる共同研究者	ガルシア パロマレス・フアンカルロス	教授	マドリード・コンプルテンセ大学	ケーススタディの実施・調整
主たる共同研究者	デタマンテ・タマス	准教授	ブダペスト工科経済大学	コーススタディの実施、交通量の分析
研究参加者	ロマニリョスアローヨ・グスタボ	特別講師	マドリード・コンプルテンセ大学	ケーススタディの実施、データの統合
研究参加者	チンロン・ルー	研究員	ミュンヘン工科大学	SUMOシミュレーションの実施
研究期間中の全参加研究者数			15名	

#### 4. 国際共同研究の概要

本プロジェクトでは、COVID-19 などのパンデミックが都市に与える影響について、人々の移動に着目して分析を行った。パンデミックの影響やそれへの行動の適応は、ある場合は突然に、ある場合は長期間にわたって生じるが、本プロジェクトは、こうした傾向の発生と移動パターンの変化の関係を把握するものである。具体的には、マドリード、京都、ブダペストの3都市を対象に、移動に関連するオポチュニスティックなデータやSNSデータ、携帯電話基地局の位置データを用いて、回帰分析や機械学習を試みた。また、これらのデータを交通シミュレーションに入力し、都市における渋滞の影響やモビリティパターンの変化を示した。本プロジェクトで用いたデータは、主にコロナ禍におけるものであるが、様々な混乱にも適用可能な一般的なフレームワークについても提示した。さらに、レジリエンスカーブを定量化し、危機発生時における活動の縮小や変容のための備えがレジリエンスの指標になりうることを示した。

#### 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

本プロジェクトの主な成果は、交通需要予測におけるオポチュニスティックデータの可能性と限界について理解を深めたことである。本プロジェクトは、Google Popular Timesなどの公共空間の賑わいを示すWebクローリングデータを、携帯電話基地局の位置データや交通量データとともに分析した。また、コロナ禍におけるレジリエンスは、従来のレジリエンスの定義とは全く異なる解釈が必要であることを示した。さらに、活動の低下と回復の可能性をレジリエンスの指標として定量化し、COVID 期間中の乗降客数と鉄道駅での活動の動態を示すデータによって、日本の都市のレジリエンスについても検証した。シミュレーションモデルとMFDによって、交通ネットワークのレジリエンスをより明確に定義したことも本研究の成果の一つである。

##### 5-2 国際共同研究による相乗効果

本プロジェクトは、国際共同研究によって多数の研究成果を生み出すことができた。ソフトウェア、プログラミング、データ解析の技術が研究者間で共有されることで、多様な知見を得ることができただけでなく、博士後期課程の学生の育成にも役立った。また、都市間のデータの比較分析によって、本プロジェクトならではの結果をもたらしたと言える。さらに、参加者が多数となったワークショップを3回開催し、交通業界からの幅広い関心を集めることができた。

##### 5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

本プロジェクトは、多くの論文を生み出しただけでなく、他の研究グループからの関心も集めた。さらに、本プロジェクトの成果は、交通需要予測のためのオポチュニスティックデータの価値について、研究コミュニティに広く認識される道を開いたと考えている。本プロジェクトをきっかけに、プロジェクトのパートナー間で新たな研究活動資金の申請にもつながっている。また、京都チームは、本プロジェクトの知見をシーズとしたスタートアップの支援を受けるための議論を進めている。他にも、本プロジェクトで得られた様々なデータは、京都における「デジタル・ツイン」の作成に向けたプロジェクトの基盤となっている。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)  
EIG CONCERT-Japan Joint Research Program  
Executive Summary of Final Report

1. Project title : Deep learning Anticipated Urban Mobility peaks
2. Research period : April 2021 ~ May 2024
3. Main participants :  
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Jan-Dirk Schmöcker	Assoc. Professor	Kyoto University	Co-ordination of all activities
Co-PI	Wenzhe Sun	Research Fellow	Kyoto University	Implementation and overseeing data analysis
Co-PI	Satoshi Nakao	Assist. Professor	Kyoto University	Data acquisition, Kyoto case study
Collaborator	Tadashi Yamada	Professor	Kyoto University	Advice on Resilience modelling
Collaborator	Kouji Fukuda	Senior Research Fellow	Hitachi	Machine learning model advice
Collaborator	Toshiyuki Nakamura	Assoc. Professor	Gifu University	Data overview, linking to other research in Japan
Total number of participants throughout the research period:				12

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Constantinos Antoniou	Professor	TU Munich, Germany	Framework implementation
Co-PI	Juan Carlos García-Palomares	Professor	Complutense University of Madrid, Spain	Case study co-ordination
Co-PI	Tamás Tettamanti	Assoc. Professor	Budapest Uni. of Tech. & Economics, Hungary	Budapest case study, traffic flow analysis
Collaborator	Gustavo Romanillos Arroyo	Research Fellow	Complutense University of Madrid, Spain	Madrid case study, data harmonization
Collaborator	Quinlong Lu	Research Assistant	TU Munich	SUMO modelling, disruption scenarios
Total number of participants throughout the research period:				15

#### 4. Summary of the international joint research

This project investigated the profound impact of disruptions such as COVID-19 waves and related events on urban life with a focus on travel patterns. The impact and behavioral adjustments have been in some cases sudden and in some cases have been occurring over an adjustment period of time. The goal of this research has been to relate the onset of such trends with changes in mobility patterns. We utilize opportunistic mobility data, social media data and mobile phone data as input for regression and machine learning methods. The data are further input for simulation of urban traffic patterns to show congestion effects and changes in mobility patterns. Even though we focus on data observed during the still ongoing Covid-19 crisis we discuss and propose frameworks with general applicability to various disruptions. Case studies have been conducted in Madrid, Kyoto and Budapest. In the Madrid and Kyoto case, the focus has been on the usage of mobile phone data, Twitter data and “Google Popular Times” data, whereas in Budapest traffic flow observations and the relation to activities at points of interest were the focus. We quantified resilience triangles and showed that the preparedness to reduce or replace activities during a crisis is an indicator of resilience. The project has led to several publications, continuous collaborations and new funding applications.

#### 5. Outcomes of the international joint research

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

A key achievement of the project is that it has led to a deeper understanding on the potential and limitations of opportunistic data for predicting travel demand. The project has analyzed web-crawled data on busyness of public places, together with mobile phone data and traffic flow data. We have further shown that resilience in the context of COVID has to be interpreted very different to conventional resilience definitions. We have quantified the potential to reduce and recover activities as a resilience indicator and further looked at resilience of cities in Japan by data showing the dynamics of ridership and activities at stations over the COVID period. Another achievement has been a better definition of transport network resilience through simulation models and Macroscopic Fundamental Diagrams.

##### 5-2 Synergistic effects of the joint research

The project has led to research outputs that would not have been achievable without the collaboration. Software, programming and data analysis skills were exchanged and in particular PhD students profited from this. Also, the comparative data analysis led to noticeable results that are only feasible due to this project. Further, we conducted three well attended workshops and attracted wider interest from the transport community.

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

The project has led to numerous publications and interest from other research groups. More broadly, we believe the achievements have paved the avenue for a broader appreciation in the research community on the value of opportunistic data for travel demand forecasting. The project has also led to new funding applications between partners of the project that are currently under the submission. The Kyoto team is further in discussion for using the DARUMA project as seed for a start-up. The data obtained from the project are furthermore the foundation for ongoing projects that work towards the creation of a “digital twin” of Kyoto.

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 6 件

・ 査読有り：発表件数：計 6 件

1. Santiago-Iglesias, E., Romanillos, G., Carpio-Pinedo, J., Sun, W. and García-Palomares, J.C. "Recovering Urban Nightlife: COVID-19 Insights from Google Places Activity Trends in Madrid." *Journal of Maps*, **In press**.
2. Santiago-Iglesias, E., Romanillos, G., Sun, W., Schmöcker, J. D., Moya-Gómez, B. and García-Palomares, J.C. "Light in the Darkness: Urban Nightlife, Analyzing the Impact and Recovery of COVID-19 using Mobile Phone Data." *Cities*. **In press**.
3. Lu, Q.L., Dai, J., Sun, W.Z., Schmöcker, J. D. and Antoniou, C. "Framework for Evaluating Urban Resilience to Pandemics: Analysis of Transport-Related Containment Policies". *Research Handbook on Transport and COVID-19*. **In press**.
4. Lu, Q. L., Sun, W., Dai, J., Schmöcker, J. D., & Antoniou, C. „Traffic resilience quantification based on macroscopic fundamental diagrams and analysis using topological attributes." *Reliability Engineering & System Safety*, **2024**, 247, 110095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110095>.
5. Santiago-Iglesias, E., Schmöcker, J. D., Carpio-Pinedo, J., García-Palomares, J.C. and Sun, W.Z. "Activity Reduction as Resilience Indicator: Evidence with Filomena Data." *Findings. Section: Resilience Findings*, **2023**, DOI: <https://doi.org/10.32866/001c.88980>.
6. Santiago-Iglesias, E., Carpio-Pinedo, J., Sun, W., & García-Palomares, J. C. "Frozen city: Analysing the disruption and resilience of urban activities during a heavy snowfall event using Google Popular Times". *Urban Climate*, **2023**, 51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101644>.

・ 査読無し：発表件数：計 0 件

\* 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論文）：発表件数：計 9 件

・ 査読有り：発表件数：計 7 件

1. Nozawa, K., Sun, W., Schmöcker, J. D., & Nakao, S. „The Impact of COVID-19 Policies on Nightlife in Kyoto". *Findings*, **2024**, DOI: <https://doi.org/10.32866/001c.118552>
2. Nishigaki, T., Schmöcker, J. D., Yamada, T., & Nakao, S. "Using entropy maximisation for establishing city-wide touristic tour patterns." *Applied Soft Computing*, **2024**, 154, 111316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.111316>.
3. Dai, J., Schmöcker, J. D. and Sun, W.Z. "Analyzing demand reduction and recovery of major rail stations in Japan during COVID-19 using mobile spatial statistics." *Asian Transport Studies*, **2024**, 10, 100120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2023.100120>.
4. Sun, W.Z., Kobayashi, H., Nakao, S. and Schmöcker, J. D. "On the relationship between crowdsourced sentiments and mobility trends during COVID-19: A case study of Kyoto." *Data Science for Transportation*, **2023**, 5:17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42421-023-00080-z>.
5. Vongvanich, T. Sun, W. and Schmöcker, J.-D. "Explaining and predicting station demand patterns using Google Popular Times data. *Data Science for Transportation*, **2023**, 5(10). DOI: <https://doi.org/10.1007/s42421-023-00072-z>
6. Nishigaki, T., Schmöcker, J. D., Yamada, T., & Nakao, S. "Estimating the Number of Tourists in Kyoto Based on GPS Traces and Aggregate Mobile Statistics.", **2023**, In

Proceedings of the 12th International Scientific Conference on Mobility and Transport: Mobility Innovations for Growing Megacities (pp. 221-243). Singapore: Springer Nature Singapore. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-19-8361-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-19-8361-0_14).

7. Sun, W., Schmöcker, J. D., & Nakao, S. "Restrictive and stimulative impacts of COVID-19 policies on activity trends: A case study of Kyoto." Transportation research interdisciplinary perspectives, **2022**, 13, 100551. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100551>.

・査読無し：発表件数：計 2 件

1. Schmöcker, J. D. Urban public transport fare design dimensions Post Covid and in a Sharing Society with a focus on Japan, **2023**. In: New Developments in Regional Public Transport Policy. Chukyo University Institute of Economic Research Series 28. Chapter 6, 155-178. (地域公共交通政策の新展開 中京大学経済研究所研究叢書第 28 輯).
2. Sun, W., & Schmöcker, J. D. "Demand estimation for public transport network planning", **2021**, In: The Routledge Handbook of Public Transport (pp. 289-305). Routledge. ISBN 9780367418724.

\*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

\*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 0 件

## 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 6 件（うち招待講演：0 件）

\*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）

発表件数：計 12 件（うち招待講演：1 件）

\*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 2 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

1. JST SICORP 1<sup>st</sup> DARUMA Project Meeting and Workshop. Discussion on The Usage of Opportunistic Data for Travel Demand Forecasting. Budapest, 2022, October 10 and 11. Attended by 15 participants
2. JST SICORP 2<sup>nd</sup> DARUMA Project Meeting and Workshop. Evaluating Urban Resilience based on Large Datasets. Kyoto, 2023, May 16 and 17. Attended by 35 participants
3. JST SICORP 3<sup>rd</sup> DARUMA Project Meeting and Workshop. Presentation of DARUMA results. Munich, 2024, March 19 and 20. Attended by 30 participants.

#### 4. 研究交流の実績（主要な実績）

Project Kick-off meeting: 2021 April 20, Zoom, All team members participated. We held thereafter in total 11 zoom meetings with all teams as well as several zoom meetings with one of the partners.

2022.08.27-2022.10.15 Wenzhe Sun of Kyoto University visited Madrid and Budapest. His visit provided the foundation for joined data analysis between the team members.

2022.10.09-2023.10.29 Jiannan Dai of Kyoto University visited Munich. His main focus was the finalization of the resilience framework paper in collaboration work with the TU Munich group.

2023.05.01-2023.06.30 Quinlong Lu of TU Munich visited Kyoto University. The main focus on achievement of his visit was the establishment of the macroscopic SUMO model for Munich and Kyoto.

2023.05.12-2023.07.06 Enrique Santiago Iglesias of UC Madrid visited Kyoto University. The visit provided the foundation for the Kyoto-Madrid comparative case study on nightlife activity recovery during COVID.

#### 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

Best PhD Poster Award at EWGT2023 (European Working group of Transportation). Santandar, Spain, September 6-8. Awarded to Jiannan Dai of Kyoto University.

Best Student Poster presentation award. The 15th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS) in Kuala Lumpur, Malaysia, September 4-7, 2023. Awarded to Mingyu Bi of Kyoto University

#### 7. その他

Project updates are published on: <https://concert-japan-daruma.github.io/>