

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

日本－イスラエル共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「災害時交通の観測・予測・制御による都市マネジメントシステムの開発」
2. 研究期間：2015年12月～2019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	羽藤 英二	教授	東京大学大学院 工学系研究科	研究チームの 総括
研究参加者	柳沼 秀樹	講師	東京理科大学 理工学部	行動モデル、シ ミュレーション、交通状態推 定手法の研究
研究参加者	浦田 淳司	研究員 (参加 時)	東京大学大学院 工学系研究科	行動モデル、シ ミュレーション、交通制御手 法の研究
研究参加者	福山 祥代	特任研 究員	東京大学大学院 工学系研究科	行動モデル、シ ミュレーション、交通制御手 法の研究
研究参加者	大山 雄己	博士過 程(参加 時)	東京大学大学院 工学系研究科(参加 時)	行動モデル、シ ミュレーション、交通状態推 定手法の研究
研究期間中の全参加研究者数			10名	

イスラエル側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Shlomo Bekhor	Professor	Transportation Research Institute, Israel Institute of Technology	行動モデル、シ ミュレーション、交通制御手 法の研究
研究参加者	Tomer Toledo	Associate Professor	Transportation Research Institute, Israel Institute of Technology	行動モデル、シ ミュレーション、交通制御手 法の研究
研究期間中の全参加研究者数			13名	

4. 国際共同研究の概要

本国際共同研究は、災害時にダメージを受ける時空間ネットワーク上の行動の計測とモデル化という観点から、定常状態記述の枠組みを非定常へと拡張した行動モデルの一般化と、移動-活動の統合的マネジメント手法の提案を試みている点に大きな特徴がある。a)非定常時の交通データの取得手法の構築、b)行動モデルの開発、c)ネットワークモデリングの開発、d)最適化問題としてのマネジメント手法の構築の4点を研究課題とし、時間割引率を

導入した動学的意思決定モデル、位置データの系統的誤差を考慮した状態行動推定技術、災害時の交通制御手法、道路ネットワーク・公共交通網の最適化手法等の開発を行い、ICTに基づく災害時の行動再現・マネジメントの枠組みを提示した。

共同研究においては、東北被災地のスタディツアーを含む滞在型研究ワークショップを通じて、“災害”という各国に固有で特異な状況下での交通現象に対して、行動モデルとネットワークモデルの一般化を図る上で必要となる基礎理論の課題を共有し、理論的アプローチの方向性と新たな研究課題の掘り起こしを行うことに成功した。

開発手法は、災害を想定した道路ネットワークや避難施設配置の最適化、ICTに基づく災害時の交通制御に適用・応用でき、レジリエントで安全性の高い都市・居住の実現に寄与することができるものである。開発手法の実用化に向けて、日本側研究代表者が携わる避難・事前復興計画策定の実務とフレームワーク構築の場において、データに基づく避難計画評価等に開発手法を適用・応用していく予定である。

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

本研究の成果は、特に、災害時の時空間ネットワークを対象として、従来の定常状態記述から非定常へと拡張した行動モデルの一般化と、移動-活動の統合的マネジメントの枠組みの提案を行った点にある。時間割引率の導入や将来予測認知の異質性の考慮によって動学的意思決定モデルを拡張し、災害時の将来状況の不確実性に起因する意思決定機構の変化の記述を可能にした。さらに、位置データの系統的な誤差に着目し推定バイアスを低減する新たな状態行動推定技術を開発するとともに、災害時の動的な交通管制に有効な制御変数や、道路ネットワーク・公共交通網の最適化手法等を提案した。

5-2 国際共同研究による相乗効果

“災害”という各国に固有で特異な状況下での交通現象に対して、行動モデルとネットワークモデルの一般化を図る上で、必要となる基礎理論の課題を共有することを目的として、東北の被災地のスタディツアーを含む滞在型研究ワークショップを実施した。現地踏査を踏まえて実施された両国の災害時行動の調査・解析結果に関する議論を通じて、理論的アプローチの方向性と新たな研究課題の掘り起こしに成功した。また、研究交流は、共同研究に関わった博士・修士研究者の論文投稿や研究の深度化にも大きく寄与した。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

本共同研究で開発した災害時の行動モデルと移動-活動の統合的マネジメント手法の実用化に向けて、日本側研究代表者が携わる自治体等との協働による避難・事前復興計画策定の実務とフレームワーク構築の場において、データに基づく避難計画評価等に開発手法を適用・応用していく予定である。開発手法は、災害を想定した道路ネットワークや避難施設配置の最適化、ICTに基づく災害時の交通制御に適用・応用でき、実用化によって、SDGsの掲げるレジリエントで安全性の高い都市・居住の実現に寄与することができる。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
 Japan – Israel Joint Research Program
 Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「Integration of Behavioral Transportation Models in a Disaster Management System」
2. Research period : December 2015 ~ March 2019
3. Main participants :
 Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Eiji Hato	Professor	Department of Civil Engineering, The University of Tokyo	Director
Collaborator	Hideki Yaginuma	Lecturer	Department of Civil Engineering, Tokyo University of Science	Behavior modeling, simulation, network state estimation
Collaborator	Junji Urata	Researcher (at the time)	Department of Civil Engineering, The University of Tokyo	Behavior modeling, simulation, optimization
Collaborator	Sachiyo Fukuyama	Researcher	Department of Civil Engineering, The University of Tokyo	Behavior modeling, simulation, optimization
Collaborator	Yuki Oyama	Doctoral student (at the time)	Department of Urban Engineering, The University of Tokyo	Behavior modeling, simulation, network state estimation
Total number of participants throughout the research period:				10

Israel-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Shlomo Bekhor	Professor	Transportation Research Institute, Israel Institute of Technology	Behavior modeling, simulation, optimization
Collaborator	Tomer Toledo	Associate Professor	Transportation Research Institute, Israel Institute of Technology	Behavior modeling, simulation, optimization
Total number of participants throughout the research period:				13

4. Summary of the international joint research

The contributions of this joint research are the extension of the framework of behavior models from the traditional framework, based on steady networks, to generalized models that describe behavior in unsteady networks, and the development of an approach for

integrated activity management during disasters. From the viewpoint of measuring and modeling behavior in networks, we focused on four issues: data observation in an unsteady network state, behavior modeling, network modeling, and management methods as a problem of optimization. We generalized the recursive logit model by introducing a time discount rate, and also developed a novel framework to estimate parameters with less bias. In addition to these models for simulation, a traffic control algorithm for over-saturated networks and algorithms for network optimization were proposed, which can be utilized for a dynamic activity management system for disaster situations.

In our joint research, through workshops including a study tour in the damaged area of Tohoku, we succeeded in sharing the main issues and identifying the theoretical approaches for generalizing behavior models and network models.

The proposed methods can be applied to the optimization of a road networks and refuge facility allocation assuming evacuation as well as to traffic control using ICT at the time of disasters, promoting the resilient and safe cities and communities. For practical application, the proposed methods will be introduced in the evaluation of evacuation effectiveness and of reconstruction plans.

5. Outcomes of the international joint research

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

The contributions of this joint research are the extension of the framework of behavior models from the traditional framework, based on steady networks, to generalized models that describe behavior in unsteady networks, and the development of a new approach for integrated activity management during disasters. To describe decision-making with uncertainty during disasters, we generalized the recursive logit model by introducing a time discount rate. We also developed a novel framework to estimate route choice parameters with less bias by estimating the link-specific variance of the measurement error of the location data. In addition to these models for simulation, a traffic control algorithm for over-saturated networks and algorithms for network optimization were proposed, which can be utilized for a dynamic activity management system for disaster situations.

5-2 Synergistic effects of the joint research

Through workshops including a study tour in the damaged area of Tohoku, we succeeded in sharing the main issues and identifying the theoretical approaches for generalizing behavior models and network models, beyond the differences between each country-specific traffic phenomenon under disaster conditions. Incentive discussions through international research exchanges contributed to intensifying the researches of doctoral and postgraduate students.

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

The proposed methods can be applied to the optimization of a road networks and refuge facility allocation assuming evacuation as well as to traffic control using ICT at the time of disasters, promoting the resilient and safe cities and communities that are the aim of SDGs. For practical application, the proposed methods will be introduced in the evaluation of evacuation effectiveness and of reconstruction plans that are studied and prepared by the unit of local governments, planners, and researchers where the PI of this joint research participates.

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）

・査読有り：発表件数：計 0 件
該当なし

・査読無し：発表件数：計 0 件
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論文）：発表件数：計 20 件

・査読有り：発表件数：計 20 件

1. Troncoso Parady, G. and Hato, E., "Accounting for spatial correlation in tsunami evacuation destination choice: A case study of The Great East Japan Earthquake", *Proceedings of the 95th TRB Annual Meeting*, **2016**.
2. Troncoso Parady, G. and Hato, E., "Accounting for spatial correlation in tsunami evacuation destination choice: A case study of The Great East Japan Earthquake", *Natural Hazards*, **2016**, 82(2), 797-807, DOI:10.1007/s11069-016-2457-z.
3. Shafique, M.A. and Hato, E., "Travel Mode Detection with Varying Smartphone Data Collection Frequencies", *Sensors*, **2016**, 16(5), 716, DOI: 10.3390/s16050716.
4. Oyama, Y., Chikamatsu, K., Shoji, Y., Hato, E. and Koga, M., "Trajectory-oriented traffic management using sequential discount rate: a case study of the Great East Japan Earthquake", *Proceedings of the 11th ITS European Congress*, **2016**.
5. Oyama, Y. and Hato, E., "Pedestrian activity model based on implicit path enumeration", *Proceedings of the 21st International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies*, **2016**, 331-338.
6. 浦田淳司, 羽藤英二, 柳沼秀樹, "将来効用の動学的異質性を考慮した避難開始選択モデルの構築", *土木学会論文集 D3(土木計画学)*, **2016**, 72, 261-277, DOI: 10.2208/jscejpm.72.261.
7. Oyama, Y. and Hato, E., "A discounted recursive logit model for dynamic gridlock network analysis", **2017**, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 85, 509-527, DOI: 10.1016/j.trc.2017.10.001.
8. 大山 雄己, 羽藤 英二, "時間構造化ネットワーク上の確率的交通配分", *土木学会論文集 D3 (土木計画学)*, **2017**, 73(4), 186-200, DOI: 10.2208/jscejpm.73.186.
9. 早川敬一郎, 羽藤英二, "閉ループ構造を有する過飽和ネットワークの交通制御", *土木学会論文集 D3 (土木計画学)*, **2017**, 73(5), I_1159-I_1172, DOI: 10.2208/jscejpm.73.I_1159.
10. 大山雄己, 羽藤英二, "一般化 RL モデルを用いた災害時の経路選択行動分析", *交通工学論文集*, **2017**, 3(5), 1-10, DOI: 10.14954/jste.3.5_1.
11. 浦田淳司, 羽藤英二, "津波リスク最小化のための送迎避難交通の最適動的制御とその求解方法", *交通工学論文集*, **2017**, 3(3), 1-10, DOI: 10.14954/jste.3.3_1.
12. Dharmarathna, W.R.S.S. and Hato, E., "Route choice behavior under extreme weather events in densified networks: a case study in Tokyo under torrential downpour", *Proceedings of the 15th ITS symposium*, **2017**.
13. Fukuyama, S., Ito, A. and Hato, E., "Modeling of lane changing behavior with microscopic interactions using driving simulator", *Proceedings of the 22nd HKSTS International Conference*, **2017**, 241-249.
14. Hayakawa, K. and Hato, E., "Evaluation of dynamic traffic control in unsteady networks with closed-loop structures", *Proceedings of the 97th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, **2018**.
15. Dharmarathna W.R.S.S. and Hato, E., "Comparison of sequential time discount rate in

differential disastrous networks”, *Proceedings of the 97th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, **2018**.

16. Oyama, Y. and Hato, E., “Link-based measurement model to estimate route choice parameters in urban pedestrian networks”, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, **2018**, 93, 62-78, DOI: 10.1016/j.trc.2018.05.013.
17. Hara, Y. and Hato, E., “A car sharing auction with temporal-spatial OD connection conditions”, *Transportation Research Part B: Methodological*, **2018**, 117, 723-739, DOI: 10.1016/j.trb.2017.08.025.
18. Fukuyama, S., “Optimizing lane-changing behavior based on stable matching using a time-structured decision diagram”, *Proceedings of the 23rd HKSTS International Conference*, **2018**, 237-243.
19. Hara, Y. and Hato, E., “Analysis of dynamic decision-making in a bicycle-sharing auction using a dynamic discrete choice model”, *Transportation*, **2019**, 46(1), 147-173, DOI: 10.1007/s11116-017-9795-x.
20. Oyama, Y. and Hato, E., “Prism-based path set restriction for solving Markovian traffic assignment problem”, *Transportation Research Part B: Methodological*, **2019**, 122, 528-546, DOI: 10.1016/j.trb.2019.02.002.

・査読無し：発表件数：計 0 件
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
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 0 件
該当なし

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 0 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 24 件（うち招待講演：0 件）

1. Urata, J. and Hato, E., “An optimization approach for dynamic strategy of evacuation and picking-up behavior to respond to tsunami risk”, 9th Triennial Symposium on Transportation Analysis, Oranjestad, June 13-17, 2016.
2. Troncoso Parady, G. and Hato, E., “A cross-nested dynamic logit model of evacuation behavior using conditional choice probabilities: A case study of the Great East Japan Earthquake”, 14th World Conference on Transportation Research (WCTR) Conference, Shanghai, July 10-15, 2016.
3. Oyama, Y. and Hato, E., “A link-based map matching algorithm with structural estimation method”, hEART 2016: 5th symposium arranged by European Association for Research in Transportation, Delft, September 14-16, 2016.
4. 吉野大介, 羽藤英二, “位置情報と ZDD を組み合わせたバス走行ルートの動的管理法”, 第 53 回土木計画学研究発表会, 札幌, 2016/5/28-29.
5. 庄司惟, 北澤俊彦, 柳沼秀樹, “ドライバー間の相互作用を考慮した車両挙動モデルの構築”, 第 53 回土木計画学研究発表会, 札幌, 2016/5/28-29.
6. 大山雄己, 羽藤英二, “移動軌跡情報に基づく時間構造化ネットワーク上の交通配分”, 第 53 回土木計画学研究発表会, 札幌, 2016/5/28-29.

7. 早川敬一郎, 羽藤英二, "都心部における交通需要急増時の動的交通制御に関する基礎的研究", 第 53 回土木計画学研究発表会, 札幌, 2016/5/28-29.
8. 後藤祥孝, 羽藤英二, "Wi-Fi 位置情報データを用いた 3 次元ネットワークにおける移動経路の推計", 第 54 回土木計画学研究発表会, 長崎, 2016/11/4-6.
9. 大山雄己, 羽藤英二, "観測不確実性下における経路選択モデルの不動点問題, 第 54 回土木計画学研究発表会", 長崎, 2016/11/4-6.
10. 早川敬一郎, 羽藤英二, "交差点の方向別交通流率に着目した交通需要急増時の動的交通制御手法の提案", 第 54 回土木計画学研究発表会, 長崎, 2016/11/4-6.
11. 井澤佳那子, 羽藤英二, 菊池雅彦, 石神孝裕, 川名義輝, 杉本保男, "観測精度の異なるデータを用いた 3 次元経路選択モデルの推定法", 第 55 回土木計画学研究発表会, 松山, 2017/6/10-11.
12. Dharmarathna, W.R.S.S. and Hato, E., "Unsteady travel behavior under uncertainty in densified networks", 5th Conference on Sri Lanka – Japan Collaborative Research, University of Peradeniya, Sri Lanka, September 23-24, 2017.
13. Oyama, Y., Hato, E., Scarinci, R. and Bierlaire, M., "Markov assignment for a pedestrian activity-based network design problem", hEART2017: 6th symposium of the European Association for Research in Transportation, Haifa, September 12-14, 2017.
14. Dharmarathna, W.R.S.S. and Hato, E., "Unsteady Travel Behavior in Major and Minor Scale Disasters", 56th Conference on Infrastructure Planning and Management, Iwate, November 3-5, 2017.
15. 早川敬一郎, 羽藤英二, "利用者の時間価値異質性に着目したネットワーク課金の制度設計", 第 56 回土木計画学研究発表会, 盛岡, 2017/11/3-5.
16. 柳沼秀樹, 穂満直樹, "市区町村スケールを対象とした防災機能評価の適用可能性", 第 32 回日本道路会議, 東京, 2017/10/31-11/1.
17. Urata, J. and Hato, E., "Incorporating a Dynamical Heterogeneity into Expected Utility of Dynamic Discrete Choice Model - With a Case Study of Tsunami Evacuation", 15th International Conference on Travel Behavior Research, Santa Barbara, July 15-20, 2018.
18. Urata, J. and Hato, E., "Identification of Local Interaction and Asymmetric Impact: Application to Evacuation Departure Behavior", 15th International Conference on Travel Behavior Research, Santa Barbara, July 15-20, 2018.
19. Fukuyama, S., "Data-oriented sequential modeling of pedestrian behavior in urban spaces based on dynamic-activity domains", 15th International Conference on Travel Behavior Research, Santa Barbara, July 15-20, 2018.
20. Hayakawa, K. and Hato, E., "Auction-based Implementation of Traffic Services to Maximize Activity-based Social Welfare", hEART2018: 7th Symposium of the European Association for Research in Transportation, Athens, September 5-7, 2018.
21. Ueda, M., and Hato, E., "Dynamic Discrete-Continuous Model Incorporating Heterogeneity of Time Constraint for Analysis of Evacuation Networks under Disaster", hEART2018: 7th Symposium of the European Association for Research in Transportation, Athens, September 5-7, 2018.
22. Watanabe, H., Sato, Y., Chikaraishi, M., Hato, E., and Maruyama, T., "Exploring the impacts of workday time use behavior on holiday time use behavior based on a MDCEV model: A comparison between urban and rural cities in Japan", hEART2018: 7th Symposium of the European Association for Research in Transportation, Athens, September 5-7, 2018.
23. 植田瑞貴, 羽藤英二, "避難時の異質性を考慮した離散連続選択の逐次最適化問題への拡張", 土木学会全国大会第 73 回年次学術講演会, 札幌, 2018/8/29-31.
24. 広瀬啓人, 羽藤英二, "VCG メカニズムを援用した高速道合流部における経路予約型交通制御の計算手法", 土木学会全国大会第 73 回年次学術講演会, 札幌, 2018/8/29-31.

*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

1. 集中理論セミナー，主催者：羽藤英二（東京大学教授），東京大学，東京，日本，2016年3月26日，参加人数12名
2. Research Workshop "Route choice modeling using day-to-day data"，主催者：Shlomo Bekhor（イスラエル工科大学教授），イスラエル工科大学，ハイファ，イスラエル，2016年9月12日，参加人数3名
3. 2016年行動モデル夏の学校，主催者：羽藤英二（東京大学教授），東京大学，東京，日本，2016年9月23日～25日，参加人数110名
4. 2017年行動モデル夏の学校，主催者：羽藤英二（東京大学教授），東京大学，東京，日本，2017年10月13日～15日，参加人数107名
5. East Japan Earthquake Study Tour，主催者：羽藤英二（東京大学教授），Shlomo Bekhor（イスラエル工科大学教授），気仙沼・陸前高田，日本，2018年2月27日，参加人数9名
6. 1st International Research Workshop "Unsteady behavior modelling in damaged networks"，主催者：羽藤英二（東京大学教授），Shlomo Bekhor（イスラエル工科大学教授），東京大学，東京，日本，2018年2月28日，3月2日，参加人数9名
7. 9th International BinN Research Seminar "Autonomous Vehicles Modelling and It's Network Evaluations"，主催者：羽藤英二（東京大学教授），Shlomo Bekhor（イスラエル工科大学教授），東京大学，東京，日本，2018年3月1日，参加人数30名
8. 2018年行動モデル夏の学校，主催者：羽藤英二（東京大学教授），東京大学，東京，日本，2018年9月14日～16日，参加人数105名

4. 研究交流の実績（主要な実績）

【合同ミーティング】

- ・ 2016年上半期に，両国のチームメンバーを交えた Skype ミーティングを3回，両国の研究代表者が参加するイスラエルでの小規模ワークショップを1回実施し，研究の方向性について議論した。
- ・ 2018年2月27日～3月2日に開催したスタディツアー及びワークショップに両国のチームメンバーが参加し，課題の共有を図った。

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

該当なし

7. その他

該当なし