

令和 5 年 4 月 15 日現在

機関番号：16201  
研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）  
研究期間：2017～2022  
課題番号：16KK0013  
研究課題名（和文）世界都市モデルへのマイクロシミュレーション技術の導入と欧州・アジアへの適用可能性（国際共同研究強化）  
研究課題名（英文）Implementation of Microsimulation Technique in World Urban Model and its Applicability to Europe and Asia(Fostering Joint International Research)  
研究代表者  
紀伊 雅敦 (Kii, Masanobu)  
香川大学・創造工学部・教授  
研究者番号：20426266  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 9,300,000円  
渡航期間： 6ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究では、香川県を対象とした日本版マイクロシミュレーションモデルを開発した。モデルコードの改良などは開発元のミュンヘン工科大学と共同で実施し、併せて、途上国への適用可能性をチェンマイ大学と共同で検討した。香川県のモデル分析においては、その結果をミュンヘンの分析結果と比較し、我が国の人口減少都市においても、その推計結果を合理的に説明しうることを確認した。さらに、全世界を対象とした将来都市人口分布の推計についても並行して実施した。それらの研究成果は国際共著論文として掲載されている。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、SATRTEPS事業において、バンコクの都市交通分析に活用されており、加えて、香川県の公共交通政策実務においても活用されている。また、全世界を対象とした将来都市人口分布の推計についても並行して実施し、その成果についても国際学術誌に掲載された。これらの成果は本研究の最終目的である世界都市モデルの高度化の基礎となるものであり、都市計画と気候変動の融合分野の研究を推進する上で意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a Japanese microsimulation model for Kagawa Prefecture. The model code was improved in collaboration with Technical University of Munich, the developer of the model, and its applicability to developing countries was examined in collaboration with Chiang Mai University. The results of the model analysis for Kagawa Prefecture were compared with those of Munich, and it was confirmed that the model could reasonably explain the estimation results for a city with a declining population in Japan. In parallel, we also estimated the future urban population distribution for the entire world. The results of these studies have been published as an international co-authored paper.

研究分野：都市・交通計画

キーワード：土地利用交通モデル マイクロシミュレーション 持続可能都市

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者が取り組んでいる世界都市モデルを用いた将来シナリオの研究成果は、国内外の学術誌に投稿されている。いくつかの論文は高い評価を得て掲載されている一方、掲載拒否と判定された論文もある。開発する都市モデルは、リモートセンシングデータ等の空間データや、国際機関による社会経済データなど、全世界で整備されている情報にのみ基づくものであり、従来手法と比べて新たな調査データが圧倒的に少なく、全世界の都市に適用可能な革新的方法である。

ただし、必要データ量を削減することは、モデルの単純化を伴い、査読プロセスを通じて様々な意見がつけられている。本課題が IPCC 等で貢献するには、こうした学術的な意見に対応すべく研究を進展させる必要があった。特に対応すべき課題の一つとして、メガシティにおける複数都心の表現が指摘されていた。現在、世界都市モデルは単一中心の単純な都市構造を仮定した均衡型アプローチを採用しており、都市面積等の現況再現に成功しているが、より実態を反映するために複数都心の表現が必要である。複数都心を仮定する場合、一般に住宅立地均衡の解析解を得ることは困難であり数値計算に頼る必要があるが、マイクロシミュレーション技術は均衡型アプローチよりも柔軟なモデル表現を許容するため、世界都市モデルの分析性能を格段に向上させられると期待された。

## 2. 研究の目的

本研究では、土地利用交通統合分析におけるマイクロシミュレーション技術の、世界都市モデル分析への活用可能性の検証を目的としている。ミュンヘン工科大学の Rolf Moeckel が開発する土地利用モデルである SILO はオープンソースで開発されており、交通シミュレーションモデル MATSim と統合的に運用することで、実用レベルの土地利用交通マイクロシミュレーション分析が可能となる。特に、複数都心を有するメガシティでは、その都心の形成や OD パターンは複雑であり、マイクロシミュレーションによる検証に意義がある。

## 3. 研究の方法

本研究では、香川県を対象とした日本版マイクロシミュレーションモデルを開発した。モデルコードの改良などは開発元のミュンヘン工科大学と共同で実施し、併せて、途上国への適用可能性をチェンマイ大学と共同で検討した。香川県のモデル分析においては、その結果をミュンヘンの分析結果と比較し、我が国の人口減少都市においても、その推計結果を合理的に説明しうることを確認した。並行して、全世界を対象とした将来都市人口分布の推計も実施した。

## 4. 研究成果

### (1) 日本版マイクロシミュレーションモデルの開発と土地利用交通統合政策の評価分析

香川県を対象とした日本版マイクロシミュレーションモデルを開発し、土地利用交通統合政策の SDGs 達成への評価を分析した。この研究では、エージェントベースの交通モデルである MATSim と土地利用モデルである SILO を組み合わせ、各種政策に対する都市居住者の交通行動と立地行動をシミュレートするものである。共同研究機関はミュンヘンを対象として、両者を統合したモデル分析を実施してきたが、本研究を通じて、香川県のデータを適用し、その活動状況に合うよう、モデルを改良した。

このモデルを香川とミュンヘンに適用し、6つの土地利用・交通政策シナリオが SDGs に関連

する指標に及ぼす影響を分析した。例えば図1はこれらのシナリオの下での自家用車の分担率の推移を表している。両都市とも、唯一極端な土地利用政策以外は自家用車の分担率が上昇する傾向にあることが推計されている。これらの分析の結果から、各種土地利用交通政策の効果は一樣ではなく、SDGsの達成には強力な空間コントロールが必要なことが示唆された。この結果は文献[1]に国際共著論文として掲載されている。

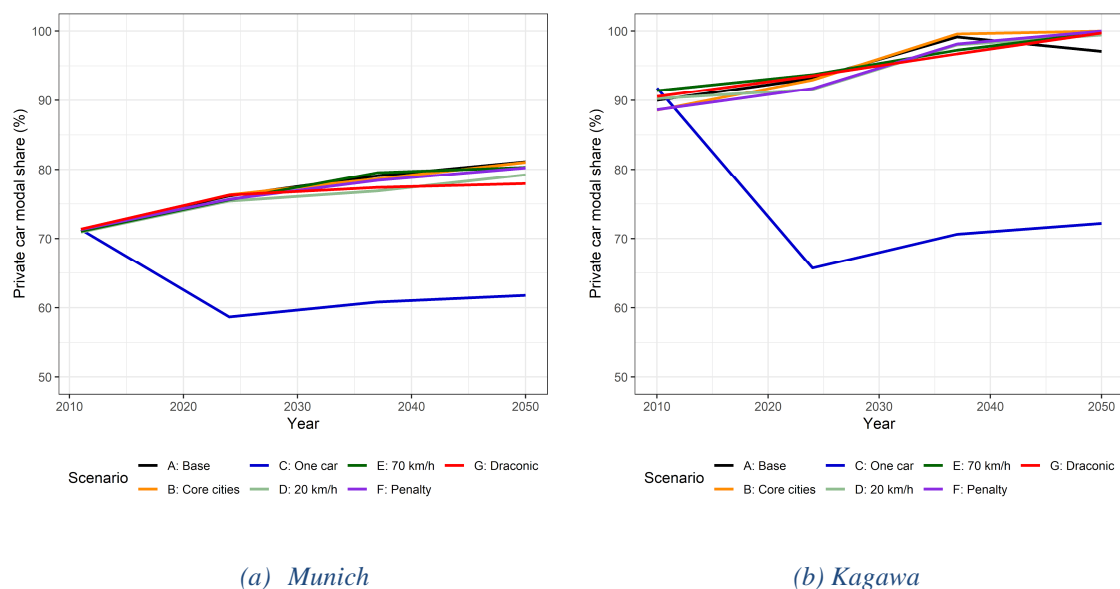


図1. Private car modal share by year (出典：文献[1])

(2) チェンマイ都市圏を対象とした衛星画像を用いた交通需要推計

途上国では、しばしば交通分析に十分なデータの入手が困難である。本研究では、チェンマイ都市圏を対象に、小サンプル調査から推計される交通需要と人工衛星から観測される夜間光の相関を統計的に推計し、空間的に精細な発生交通量の推計を試みた。現地の状況と照応し、一部には無視しえない誤差が生じているものの、都市圏全体としてみると、交通発生状況の空間的傾向を捉えられていることを把握できた(図2)。マイクロシミュレーションモデルの途上国での実用には、さらに多くのデータが必要とされるが、既存の各種観測データと、小サンプル調査データを組み合わせることで、適用しうることが示唆された。

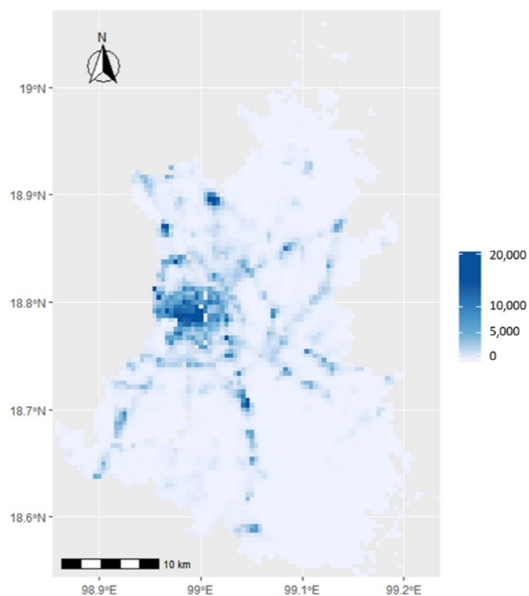


図2. Estimated trip generation (出典：文献[2])

(3) 世界都市人口の推計

IPCC-SSPシナリオ別の将来都市人口を推計した(図3)。この結果は、今世紀の都市成長により、人口が都市にますます集中し、一部は巨大な規模に成長することを示唆している。また、詳

細な都市化の将来経路は SSP シナリオによって異なるものの、すべてのケースで、将来予測される最大の都市は、現在の最大の都市よりも人口が多いことが示されている。本研究で用いた人口推計方法は、経験的に観測された都市規模分布に従うことが保証されており、全世界の将来都市人口シナリオのリファレンスとして参照しうるものである。この手法は単純化のため、都市化の様々な側面を捨象しているが、長期的な SSP 固有の都市化傾向について洞察をもたらし、持続可能な都市政策の議論に役立てられると考える。

なお、この研究は文献[3]として学術誌に掲載されており、また、当該論文は IPCC AR6 WG3 Ch.8 に引用されている。

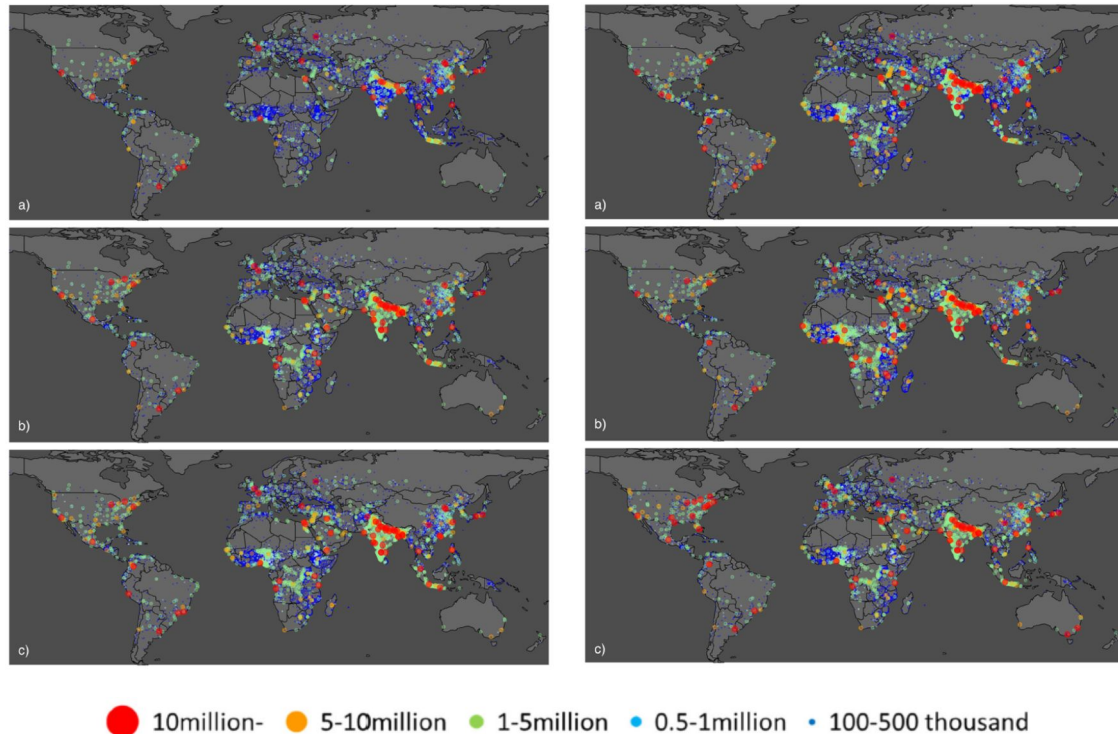


図 3. Spatial distribution of urban agglomerations by the population scale. Projections for 2100 under scenarios (left 2100, SSP1, 2, right: SSP3, 4, 5, for a-c respectively) ( 出典：文献[3] )

#### ( 4 ) 今後の課題

本研究事業を通じて、土地利用交通モデリングに関する国際共同研究ネットワークを構築し、当該共同研究を通じて、都市活動の将来推計におけるマイクロシミュレーション技術の活用可能性を検討した。その結果、マイクロシミュレーションの活用に関するいくつかの成果を得られたが、当初の目的である世界都市モデルに適用する上では、多くのリサーチギャップの存在が明らかとなった。

当初想定していたように、エージェントベースのマイクロシミュレーションモデルは、柔軟性が高いが、それゆえ、データニーズも高く、そのままでは当然のことながら全世界の都市活動推計には適さない。また、今回調査した土地利用モデルは住宅立地が主な対象であり、業務地については別モデルを用いたシナリオで与えている。このことから、複数都心の推計には別途モデリングが必要である。

一方、本研究を通じて、気候変動問題に対応するための都市研究は、全世界を対象とするものから、都市、地域、地区を対象とするものまで、複数の空間レベルで取り組むことの必要性が示

唆された。将来的には、これらの複数の空間レベルを統合する分析手法が望ましいが、現時点では、世界でのデータの整備状況や計算量の観点から、困難である。しかしながら、各空間レベルでの研究において、別の空間レベルでの研究との接続を念頭に置くことは必要であろう。例えば、本研究で扱った、全世界の都市人口は、都市圏レベルのコントロールトータルとなり、一方、都市圏レベルでの交通量やCO2排出量の分析の蓄積は、世界モデルでCO2排出量を推計する際のエビデンスとなる。今後は、都市計画と気候変動の融合分野の展開に、本研究成果を活用する予定である。

#### 参考文献

1. Carlos Llorca, Catherine Silva, Nico Kuehnel, Ana Moreno, Qin Zhang, Masanobu Kii, Rolf Moeckel: Integration of land use and transport to reach Sustainable Development Goals: Will radical scenarios actually get us there?, Sustainability, 12(23), 9795, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12239795>
2. Masanobu Kii, Nopadon Kronprasert, Boonsong Satayopas: Estimation of transport demand using satellite image: case study of Chiang Mai, Thailand, International Journal of GEOMATE, Vol. 18, Issue 69, pp. 111-117, 2020. <https://doi.org/10.21660/2020.69.9304>
3. Masanobu Kii: Projecting future populations of urban agglomerations around the world and through the 21st century, Urban Sustainability, 1, 10, 2021. <https://doi.org/10.1038/s42949-020-00007-5>

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Kii Masanobu, Vichiensan Varameth, Llorca Carlos, Moreno Ana, Moeckel Rolf, Hayashi Yoshitsugu	4. 巻 13
2. 論文標題 Impact of Decentralization and Rail Network Extension on Future Traffic in the Bangkok Metropolitan Region	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 13196 ~ 13196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su132313196	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Kii Masanobu, Goda Yuki, Tamaki Tetsuya, Suzuki Tatsuya	4. 巻 1
2. 論文標題 Evaluating Public Transit Reforms for Shrinking and Aging Populations: The Case of Takamatsu, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Future Transportation	6. 最初と最後の頁 486 ~ 504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/futuretransp1030026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kii Masanobu, Goda Yuki, Vichiensan Varameth, Miyazaki Hiroyuki, Moeckel Rolf	4. 巻 13
2. 論文標題 Assessment of Spatiotemporal Peak Shift of Intra-Urban Transportation Taking a Case in Bangkok, Thailand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 6777 ~ 6777
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su13126777	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Kii Masanobu	4. 巻 1
2. 論文標題 Projecting future populations of urban agglomerations around the world and through the 21st century	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 npj Urban Sustainability	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42949-020-00007-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kii Masanobu	4. 巻 12
2. 論文標題 Reductions in CO2 Emissions from Passenger Cars under Demography and Technology Scenarios in Japan by 2050	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 6919 ~ 6919
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su12176919	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Llorca Carlos, Silva Cat, Kuehnel Nico, Moreno Ana, Zhang Qin, Kii Masanobu, Moeckel Rolf	4. 巻 12
2. 論文標題 Integration of Land Use and Transport to Reach Sustainable Development Goals: Will Radical Scenarios Actually Get Us There?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 9795 ~ 9795
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su12239795	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kii Masanobu	4. 巻 1
2. 論文標題 Projecting future populations of urban agglomerations around the world and through the 21st century	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 npj Urban Sustainability	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42949-020-00007-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Masanobu Kii, Nopadon Kronprasert, Boonsong Satayopas	4. 巻 Vol. 18, Issue 69
2. 論文標題 Estimation of transport demand using satellite image: case study of Chiang Mai, Thailand	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 111-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21660/2020.69.9304	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Masanobu Kii	4. 巻 13
2. 論文標題 Estimation of CO2 Emission from Passenger Cars and Its Factor Decomposition: Case Study for Tokyo Metropolitan Area and Kagawa Prefecture	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Eastern Asia Society for Transport Studies	6. 最初と最後の頁 1261-1272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11175/easts.13.1261	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Masanobu Kii, Rolf Moeckel, Jean-Claude Thill	4. 巻 77
2. 論文標題 Land use, transport, and environment interactions: WCTR 2016 contributions and future research directions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Computers, Environment and Urban Systems	6. 最初と最後の頁 101335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compenvurbsys.2019.04.002.	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kii Masanobu, Doi Kenji	4. 巻 in press
2. 論文標題 Earthquake risk and inter-temporal fairness: An economic assessment of the national land-use structure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Transport Policy	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tranpol.2018.08.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 NAGAE Daisuke, NAKAMURA Taichi, Kii Masanobu	4. 巻 74
2. 論文標題 STUDY ON EXTRACTION OF URBAN CENTRAL AREA USING NIGHT TIME LIGHT REMOTE SENSING DATA	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_505 ~ I_512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.74.I_505	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 HAYASHI Ayami, Kii Masanobu	4. 巻 74
2. 論文標題 AN ANALYSIS ON CHANGES IN RISKS OF HIGH TEMPERATURE AND PRECIPITATION DAYS DUE TO CLIMATE CHANGE IN GLOBAL MAJOR URBAN AREAS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_379 ~ I_387
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.74.I_379	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gao Zhenyu, Kii Masanobu, Nonomura Atsuko, Nakamura Kazuki	4. 巻 in press
2. 論文標題 Urban expansion using remote-sensing data and a monocentric urban model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Computers, Environment and Urban Systems	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compenvurbsys.2017.05.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Masanobu Kii, Apantri Peungnumesai, Varameth Vichiensan, Hiroyuki Miyazaki
2. 発表標題 Effect of Public Transport Network on Urban Core and the Future Perspective in Bangkok, Thailand
3. 学会等名 International Conference on Smart Technology & Urban Development (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanobu Kii, Taichi Nakamura
2. 発表標題 Capturing urban centers using night time lights
3. 学会等名 Applied Urban Modeling 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Supplementary Material  
[http://stwww.eng.kagawa-u.ac.jp/~kii/Research/UPP\\_2020/UPP\\_2020.html](http://stwww.eng.kagawa-u.ac.jp/~kii/Research/UPP_2020/UPP_2020.html)

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	Moeckel Rolf  (Moeckel Rolf)	ミュンヘン工科大学・Department of Civil, Geo and Environmental Engineering・Assistant Professor	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	Kronprasert Nopadon  (Kronprasert Nopadon)	チェンマイ大学・Excellence Center in Infrastructure Technology and Transportation Engineering・Lecturer	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計2件

国際研究集会 LUTI modeling in the assessment of SDGs and QoL	開催年 2019年～2019年
---	--------------------

国際研究集会 Urban modeling seminar: microsimulation for SDGs assessment	開催年 2018年～2018年
---	--------------------

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	ミュンヘン工科大学			
タイ	チェンマイ大学			