

令和 6 年 10 月 17 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14314

研究課題名（和文）都市内モビリティ向上のための次世代交通サービスの整備・運用方策に関する数理的な研究

研究課題名（英文）Mathematical research on the development and operation of next-generation transportation services to improve mobility in urban areas

研究代表者

長谷川 大輔（Hasegawa, Daisuke）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・特任助教

研究者番号：00893794

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：1.時刻表データ，平均移動速度と移動時間割合から市区町村の相対的な評価を行い，東京周辺の自治体においても速達性の低い地域，ダイヤ接続の悪い地域が存在すること，コロナ禍の減便の実態および住民の利便性への影響を分析し，人流の集中とのミスマッチがあることを示した．
2：シェアサイクルやキックボードといった短距離交通の利用ポテンシャルが高くなる地域であることが考えられる範囲として，人流データを活用した駅周辺の徒歩軌跡ラインを作成し，駅徒歩圏の実測を行なった．
3：乗降場所へのアクセス移動の有無，路線・運行ダイヤの有無といった運行形式の異なる複数の交通サービスを数理モデルによって分析した．

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的・社会的意義としては，第一にダイヤ情報を活用した大規模時空間ネットワークの構築方法とそれを用いた時空間分析手法を確立したことにある．これは現在発生している社会課題である公共交通の減便の実態を正確に評価することが可能である．第二に人流データを用いた駅・方向別徒歩圏の実測方法を提案したことにある．多くの人流が集まる鉄道駅の徒歩圏の絶対量・分布の広がりやマイクロモビリティの活用分析だけでなく，不動産価格や犯罪抑制への影響などの様々な発展が考えられる．第三に交通手段優位性評価のための数理モデルを提案し，人口密度・移動距離からみる，マイクロモビリティの優位性が現れる基礎的条件を示した．

研究成果の概要（英文）：1. We evaluated municipalities based on timetable data, average travel speeds and travel time ratios. As a result, we found that even in municipalities around Tokyo, there are areas with low speed and poor connections, and we analyzed the actual situation of reduced service of the Corona disaster and its impact on the convenience of residents, showing that there is a mismatch with the concentration of human flow.
2: We created a walking trajectory line around the station using the human flow data and measured the walking area around the station. This is an area that is considered to have high potential for short-distance transportation such as shared bicycles and kickboards.
3: We analyzed several transportation services with different operation formats, such as access to boarding and alighting points, routes, and operation schedules, using mathematical models.

研究分野：空間情報科学

キーワード：都市内公共交通 アクセシビリティ 運行ダイヤ 時空間ネットワーク 巡回型輸送サービス

1. 研究開始当初の背景

国土交通省より 2019 年に発表された、我が国の交通の動向より、自動車業界で進む CASE (Connected, Autonomous, Shared & Services, Electric) の技術革新による、交通サービスの自動化・電動化、そして同じく進められている MaaS (Mobility as a Service) の概念は、タクシー配車や自転車・小型車両のシェアリング交通といった交通サービスの多様化と、それらを効率的に組み合わせる移動プラットフォームの整備を加速させている。その一方で、市街地の拡大と加速する少子高齢化に伴う人口密度の希薄化により、インフラ整備・維持コストの増大や公共交通の衰退、ドライバー不足による供給力の限界が問題視されている。こうした状況下において、近年我が国が目指す都市空間像となっている「コンパクト・プラス・ネットワーク」の考え方は、二次元的に広がった都市の領域を一次的に戻す「都市の集約」と、集約された拠点同士の結節、および拠点周辺をカバーする「効率的なネットワーク形成」を行うことで、利便性やコスト、環境負荷や住民の健康問題など、様々な問題の改善が期待されている。

今後ますます深刻化する人口減少・少子高齢化・財政健全化という社会課題が存在する中、人流・物流のさらなる効率化が求められる。そのためにも 1) 実際の施設の分布、施設への住民・訪問者の移動パターンに対して、現状の公共交通ネットワークの利便性 (速達性・運行頻度)・整備量 (路線延長・車両走行距離) からの優劣を評価すること、2) 新しい交通サービスが、移動の長さ・密度・分散などの移動需要特性、地形・天候といった地理特性に対して、利用者・事業者双方から見た優位性がどのように現れるのか議論が必要であること、3) バスや LRT といった既存の路線型交通手段に対して、非路線型の交通サービスの車両サイズ、デポの配置・容量を決定する、既存の公共交通と新しい交通サービスの効率的な組合せ方法・配置方法を検討するといった観点は、物流・人流の輸送を考える際、効率性のさらなる検討が考えられる。

2. 研究の目的

本研究課題では、課題 1 : 利便性・整備量のバランスからみた現状の都市内公共交通ネットワークの性能評価、課題 2 : 新しい交通サービスが優位となる都市の空間的な特徴の把握、課題 3 : 既存の公共交通と新しい交通サービスの組合せ方法、課題 4 : 既存・新規公共交通サービスの電動化・自動運転化の優先箇所の決定という観点に着目し、多様な交通サービスの輸送効率性を把握し、都市内公共交通システム的设计指針を得るための定量的な評価手法の開発を目的とする。そのために、以下の 3 つの方向性

- (1). 都市構造の定量化と都市内ネットワーク網の性能評価手法の開発
- (2). 都市内の短距離移動をカバーする多様な交通サービスのポテンシャル評価
- (3). 路線型・非路線型交通の有利不利に関する分析と電動化・自動運転化地点決定方法の開発を追求することで、理論・手法の開発と実践的な分析の両面での研究を進め、CASE, MaaS 時代における多様化・電動化・自動運転化を考慮した都市内公共交通の設計指針を得る。

3. 研究の方法

本研究課題は 3 つのサブテーマによって進める。

(1). 都市構造の定量化と都市内ネットワーク網の性能評価手法の開発

(1-a) 静的な空間情報である人口、施設、交通施設の年間利用者数と、動的な空間情報である人流データを融合し、都市機能が集積する地点における、大規模人流データを用いた実質的な重要度を定量的に示す。そして、(1-b) 公共交通のデータをグラフ構造化し、重要度から推定した地域間移動の直達性、運行頻度などの利便性、路線による地域のカバー率から都市内の交通需要に対する公共交通ネットワーク網の性能を評価する。

(2). 都市内の短距離移動をカバーする多様な交通サービスのポテンシャル評価

(2-a) 大規模人流データを用いて都市内の短距離移動量を計測し、マイクロモビリティの利用ポテンシャルを計測し、また、(2-b) デマンド型交通やシェアサイクル等の様々な交通サービスを乗車場所・路線といった空間的制約、運行ダイヤの有無による時間的制約、サービスレベル実現のための路線・車両・拠点コストによって単純な形にモデル化し、都市における需要密度と利用者の移動距離からみた需要特性より、各交通サービスが優位となりうる条件を導出する。

(3). 路線型・非路線型交通の有利不利に関する分析と電動化・自動運転化地点決定方法の開発

(3-a) 輸送能力の高い路線型車両のネットワーク網と、路線型車両が対応するほどの需要密度が得られない地域を面的にカバーする直達型および巡回型車両による交通体系を設計するための、数理モデルを構築する。また、(3-b) 路線型・非路線型交通に対して、ランニングコストの低い電動車両の走行に必要なインフラである充電スタンド、もしくは充電時間の早い架線給電の整備の配置、高頻度運行が可能な自動運転車両の走行環境を整備する路線を選択する手法を構築する。

4. 研究成果

本研究課題の代表成果を以下に示す。

(1) 都市構造の定量化と都市内ネットワーク網の性能評価手法の開発

近年我が国が目指す都市空間像となっている「コンパクト・プラス・ネットワーク」の考え方における「効率的なネットワーク形成」の実施に対応して、2020年6月より、公共交通のマスタープランとして位置づけられる地域公共交通計画が、原則として全ての自治体で策定が求められるようになった。そのような、現状の公共交通ネットワーク計画の多くが、費用を抑えつつ交通空白地帯を効率的に無くすために、最小限の路線長で構成されるハブ・アンド・スポーク形状を目指している。そこで本研究では、時刻表データを基にした公共交通の時空間ネットワーク（図1）を構築することで、地域内の日常移動需要に対して地域公共交通網の路線形状と運行ダイヤが、どれだけ利便性の高いネットワークになっているかを評価し、改善のための方向性を示唆することを目的とし、市区町村別に購買行動、通院行動の移動需要を推定し移動需要に対する直達性、運行頻度などの利便性、路線による地域のカバー率によって評価した（図2）。平均移動速度と移動時間割合から市区町村の相対的な評価を行い、都心から近い地域においても速達性の低い地域、ダイヤ接続の悪い地域が存在することを示した。

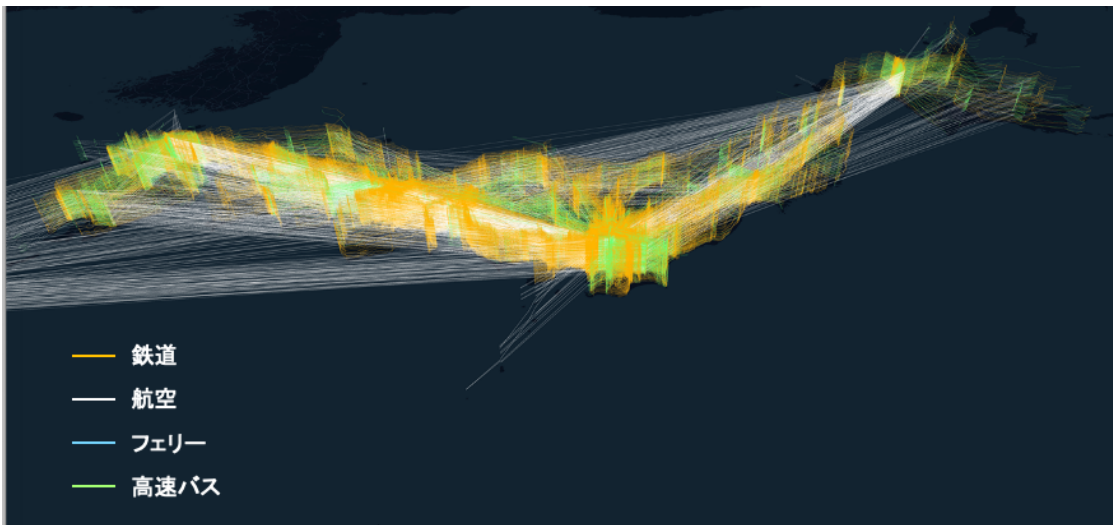


図1 時空間ネットワーク

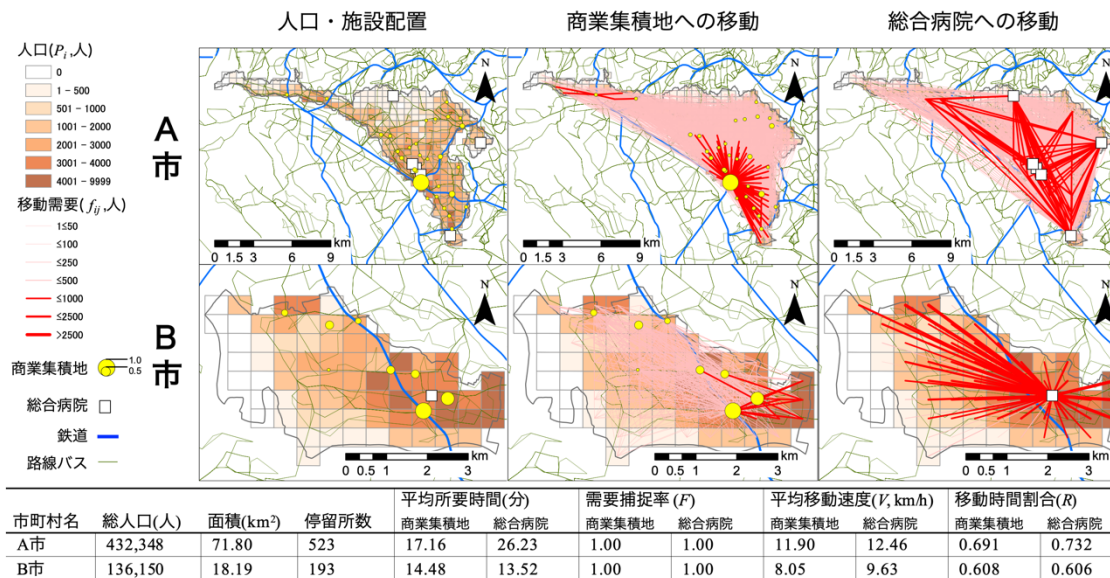


図2 人口・路線網・商業集積地・総合病院と移動需要・評価指標

さらに、この時空間ネットワークを複数年構築することで、ダイヤの増便・減便の影響を評価する手法を提案し、コロナ禍における人流抑制施策にともなう公共交通の減便の実態の把握、および政令指定都市の商業集積地において計測し、人の流れと公共交通の運行頻度との関係性を分析した。図3は政令指定都市の商業集積地における、人流の時系列変化パターン別の減便の実態を示している。三大都市では人流の減少が見られる(Decreased) 都心部では到着本数の変化率が少なく、アクセシビリティの悪化が小さい反面、人流の増加が見られる(Increased) 周辺部の商業集積メッシュにおいて到着本数が大きく減少し、アクセシビリティの悪化が見られる。地

(3). 路線型・非路線型交通の有利不利に関する分析と電動化・自動運転化地点決定方法の開発

上記の巡回距離推定モデルの精緻化の成果を踏まえ、乗降場所へのアクセス移動の有無、路線・運行ダイヤの有無といった運行形式の異なる複数の交通サービスを長谷川・鈴木(2017)をベースにモデルの修正を行い、需要密度および利用者の移動距離の違いが、各交通手段が一定のサービスレベルを実現するために必要な費用に対し、どのように影響するか分析した。結果、路線型 (Route-type) は移動距離に対してコストが通増的である一方、他の交通手段は通減的である。利用者の移動距離が短い場合デマンド型 (DRT-type) が有利だが、目的地までの距離が長くなるにつれてカーシェア型 (Car-sharing type) が有利となり、の増加分による待ち時間への影響の少ないデマンド型が再び有利となっていくことを示した (図7)。また、都市内ネットワーク網の性能評価手法で構築したダイヤ情報を元にした時空間ネットワーク (図1) を活用し、バスの運行本数が集中する道路の可視化によって地域の路線バスの電動化・自動運転化を優先すべき地点を示した。

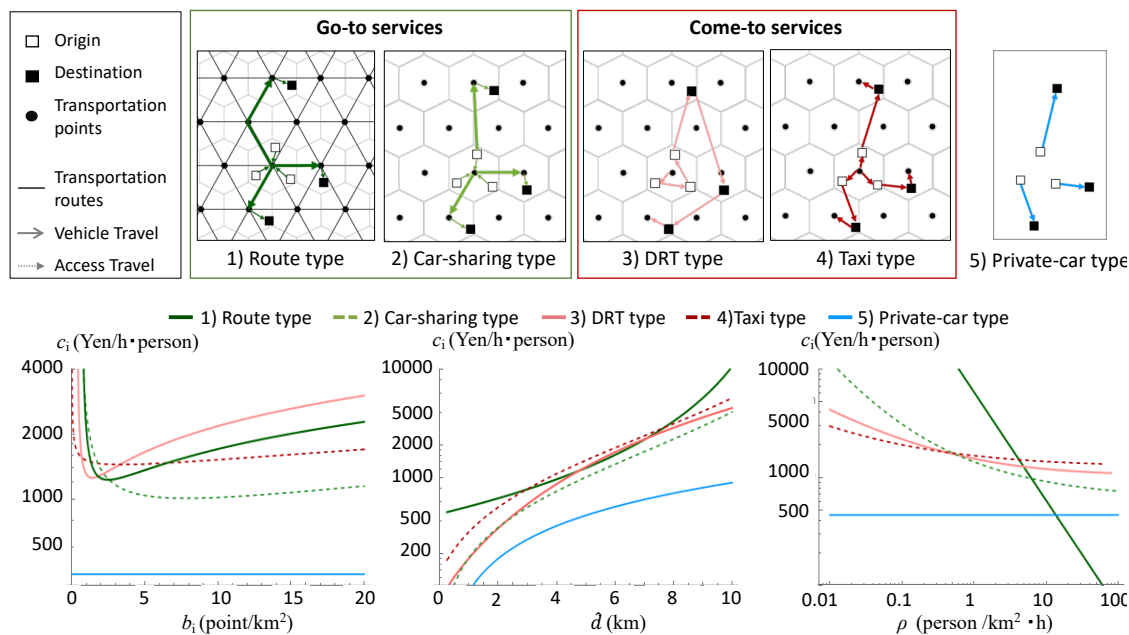


図7 都市内交通の代表手段のモデル化と拠点・施設までの距離、需要密度と一人当たりコストの変化との関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Eom Sunyong, Kim Hongjik, Hasegawa Daisuke, Yamada Ikuho	4. 巻 102
2. 論文標題 Pedestrian movement with large-scale GPS records and transit-oriented development attributes	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Sustainable Cities and Society	6. 最初と最後の頁 105223 ~ 105223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scs.2024.105223	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 Hasegawa Daisuke, Shiono Naoshi	4. 巻 1
2. 論文標題 Average TSP Tour Length Approximations for Territory Design	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proceedings of Industrial Engineering and Management	6. 最初と最後の頁 35 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-97-0194-0_5	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 Eom Sunyong, Hasegawa Daisuke	4. 巻 58
2. 論文標題 An Urban Core Allocation Model Considering Dynamic Population Changes for Developing a Strategic Urban Core Planning Approach	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the City Planning Institute of Japan	6. 最初と最後の頁 585 ~ 591
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11361/journalcpj.58.585	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 Hasegawa Daisuke, Eom Sunyong, Nishihori Yasuhide	4. 巻 57
2. 論文標題 Change in Public Transportation Accessibility and Relationship with Floating Population Change Pattern	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the City Planning Institute of Japan	6. 最初と最後の頁 1281 ~ 1287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11361/journalcpj.57.1281	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 Hasegawa Daisuke、Honma Yudai、Shiono Naoshi、Toki Souma	4. 巻 5
2. 論文標題 Improving the Accuracy of Vehicle Routing Problem Approximation Using the Formula for the Average Distance Between a Point and a Rectangular Area	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optimization and Learning	6. 最初と最後の頁 145 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-22039-5_12	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 長谷川大輔	4. 巻 67
2. 論文標題 縮小時代の公共交通ネットワーク分析 時空間ネットワークを用いたダイヤの評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	6. 最初と最後の頁 366 ~ 371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Hasegawa Daisuke、Eom Sunyong	4. 巻 56
2. 論文標題 Evaluation Method of Public Transportation Network Performance Considering Connectivity of Timetables	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the City Planning Institute of Japan	6. 最初と最後の頁 532 ~ 538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11361/journalcpj.56.532	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 長谷川大輔、渡部大輔	4. 巻 66(12)
2. 論文標題 使ってみようGIS QGISによる人口分布の可視化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	6. 最初と最後の頁 800-806
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 Eom Sunyong, Kim Hongjik, Hasegawa Daisuke, Yamada Ikuho	4. 巻 102
2. 論文標題 Pedestrian movement with large-scale GPS records and transit-oriented development attributes	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Sustainable Cities and Society	6. 最初と最後の頁 105223 ~ 105223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scs.2024.105223	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 Hasegawa Daisuke, Shiono Naoshi	4. 巻 1
2. 論文標題 Average TSP Tour Length Approximations for Territory Design	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 2023 Asian Conference of Management Science & Applications (ACMSA2023)	6. 最初と最後の頁 35 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-97-0194-0_5	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 Eom Sunyong, Hasegawa Daisuke	4. 巻 58
2. 論文標題 An Urban Core Allocation Model Considering Dynamic Population Changes for Developing a Strategic Urban Core Planning Approach	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the City Planning Institute of Japan	6. 最初と最後の頁 585 ~ 591
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11361/journalcpj.58.585	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 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Hasegawa Daisuke, Shiono Naoshi, Honma Yudai, and Toki Souma
2. 発表標題 The continuous approximation model for vehicle routing problem focusing on linehaul distance
3. 学会等名 9th International Conference on Transportation and Logistics (T-LOG 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sunyong Eom, Hongjik Kim, and Daisuke Hasegawa
2. 発表標題 How Node-place Index Affects Pedestrian Movements
3. 学会等名 Asian-Pacific Planning Societies 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川大輔・巖先鏞
2. 発表標題 時空間ネットワークを用いた地域公共交通網の運行ダイヤを考慮した性能評価に関する研究
3. 学会等名 地理情報システム学会講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川大輔・本間裕大
2. 発表標題 道の駅への生活機能の整備による生活利便性向上効果に関する研究
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会・講演集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川大輔・本間裕大・塩野直志・土岐爽真
2. 発表標題 デポと配送領域の平均距離に着目した連続近似モデルによる配送距離推定
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川大輔
2. 発表標題 全国規模の時空間ネットワークを用いた公共交通網の性能評価
3. 学会等名 「流動の数理」2021年度第4回研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daisuke Hasegawa, Sunyong Eom, Tsutomu Suzuki
2. 発表標題 Determining the Transit Catchment Area and Distance Distribution
3. 学会等名 The 18th International Conference on Computational Urban Planning and Urban Management (CUPUM2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 EOM Sunyong, 長谷川大輔, 西堀泰英
2. 発表標題 人の流れから見た都市間の関係の可視化
3. 学会等名 地理情報システム学会講演論文集
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Yasushi Asami, Yukio Sadahiro, Ikuho Yamada, Kimihiro Hino (担当:分担執筆, 範囲:14. Theoretical Approach for Selection of Public Transport System Considering Urban Density and Travel Distance)	4. 発行年 2024年
2. 出版社 Springer Nature Singapore	5. 総ページ数 287
3. 書名 Studies in Housing and Urban Analysis in Japan	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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0件

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
---------	---------