

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01455

研究課題名(和文)「コロナ後の交通社会」のための幹線旅客需要調査の新様式

研究課題名(英文) A "new normal" survey style of inter-regional passenger trip under COVID-19 society

研究代表者

塚井 誠人 (Makoto, Tsukai)

広島大学・先進理工系科学研究科(工)・准教授

研究者番号：70304409

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：空港施設では都市内・都市間利用者が混在しており，両者を統合した調査手法が必要である．実施したWeb調査から対象都市圏の都市間交通需要は約30%減少しており，タイムリーな需要調査が可能となった．本研究で試行した，地点別時刻別滞在人数が得られるモバイル空間統計に過去PT調査やGPS調査から得られるトリップチェーン拡大係数の再推定問題の実証分析より，有効な拡大係数が推計できることが明らかとなった．また特にGPS調査から得られる域外居住者が，都市内交通需要に貢献していることを示した．空港アクセス鉄道を想定した公共交通ネットワーク計画問題についても，効率的解法開発に向けて課題を明確化できた．

研究成果の学術的意義や社会的意義

空港施設のように都市内旅客と都市間旅客が混在する施設やアクセス交通の計画に必要な，両方の利用者を統合した調査・需要推計手法を確立できた．本手法は旅客のトリップチェーン情報を実調査から得て拡大する手法である．この方法は，高頻度かつ高解像度で得られる滞在人数情報に対応するトリップチェーンを適切に逆推計できる．今後は新規開業する商業施設の入れ込み情報からトリップチェーンを生成する手法を開発することにより，都市圏内の開発行為が公共交通需要に及ぼす影響を定量的に推計できるようになる．この課題に取り組むことで，都市交通調査・需要予測手法を，最新データの利用を前提とするように更新できる．

研究成果の概要(英文)：Airport facilities have a mixture of intra- and inter-city passengers, and a survey method that integrates both passengers is needed. The web-based survey showed that the demand for intercity transportation in the target metropolitan area has decreased by approximately 30%, indicating that a timely demand survey is feasible. An empirical analysis of the problem to regress the trip chain expansion coefficients obtained from past PT surveys and GPS surveys onto mobile spatial statistics, which provide the number of people staying at each location at each time of day, revealed that effective expansion coefficients can be estimated. In particular, it is shown that the visitor's trip-chain to the target area obtained from the GPS survey contribute to the demand for intra-city passenger demand. The problem of public transportation network planning for airport access railroads was also clarified for the development of an efficient solution method.

研究分野：土木計画学

キーワード：都市内旅客と都市間旅客 トリップチェーン Web調査 ビッグデータ活用

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

都市圏交通調査・計画手法は、従来はパーソントリップ調査 (PT 調査) を中心に構成されていた。しかし PT 調査は調査費用が膨大で高頻度化が困難なことや、各戸訪問の非効率性や回収率の低下、ならびに思い出しによる内容の欠落が指摘されている。また調査間隔が長いうえに、時間帯別の交通需要の把握には限界がある。これらのうち公共交通ネットワーク計画や道路計画で必要とされる、時間的に、または空間的に細分化された需要に関しては、携帯電話の位置情報や GPS 調査など、最新のデータソースから取得できる。ただし地点別滞在人数データである携帯電話位置情報には、抽出率は高いがトリップチェーン情報がない。他方で GPS データには、トリップチェーン情報はあるが抽出率が低いという特性がある。これらの点を踏まえて、COVID-19 (C19) のような需要急変期に対応した都市圏交通調査・計画手法を確立する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、熊本空港の需要調査を念頭に、以下の3点に関して、それぞれ研究を行う。  
 A C19 下の ICT 業務化の進展により、交通需要の発生量とその時間分布パターンは、C19 以前と比較してどのように変化したか？ / 今後その変化は持続するか？  
 B 居住者 / 来街者のトリップチェーンのそれぞれについて、既存調査と新様式調査でどのような異同があるか？  
 C 提案する新様式調査から得た将来の旅客需要の下で、熊本空港アクセス鉄道は投資に見合う十分な需要を集められるか？

3. 研究の方法

A に関しては、都市圏居住者を対象とするオンライン調査によって把握を行う。このオンライン調査では、直近の都市間旅行履歴と半年前の都市間旅行履歴が把握できるように、調査項目を工夫する。この調査では、C19 下で都市間交通需要がビデオ会議に代替される可能性に着目して調査を行う。B に関しては、地点別時刻別 (500m メッシュ / 1 時間単位) 滞人口が把握できる携帯電話位置情報周辺分布として、PT から把握できるトリップチェーンと、GPS から把握できるトリップチェーンを位置・時刻の同時分布とみなして、前者に後者を回帰することによってトリップチェーンの拡大係数を推計する方法をとる。C に関しては、須ヶ間・奥村の運賃・頻度・運行系統が内生的に決定する公共交通ネットワークモデルの大規模化の検討を行った。二次衝突計画問題として定式化される同モデルは、ノード数やリンク数が多い大規模問題では、計算資源の問題に直面することが明らかとなった。本問題を熊本空港アクセス交通計画に適用するため、この問題の効率的な解法を検討した。

4. 研究成果

A に関しては、広島都市圏と熊本都市圏を対象とするオンライン調査を複数回実施した。サンプル数は 1700 ~ 1800 であり、性年別サンプル数は、各都市の実態に合うように統制した。2019 年の COVID-19 発生以前と 2022 年を比較したところ、都市圏内外で行う会議頻度に関して、職種別 (回答者の業務分類)・業種別 (所属する事業所分類) に検討したところ、職種間よりも業種間の会議頻度の差が大きかった。オンライン会議と対面会議の頻度は、前者が約 20% 増加したのに対して、後者は 20 ~ 30% の減少となった。全体として、会議頻度は減少する傾向がみられた。なお業種間の対面頻度は、経年的に拡大していた。図 1 は対象とする全サンプルの会議頻度カテゴリの差に関する集計結果である。

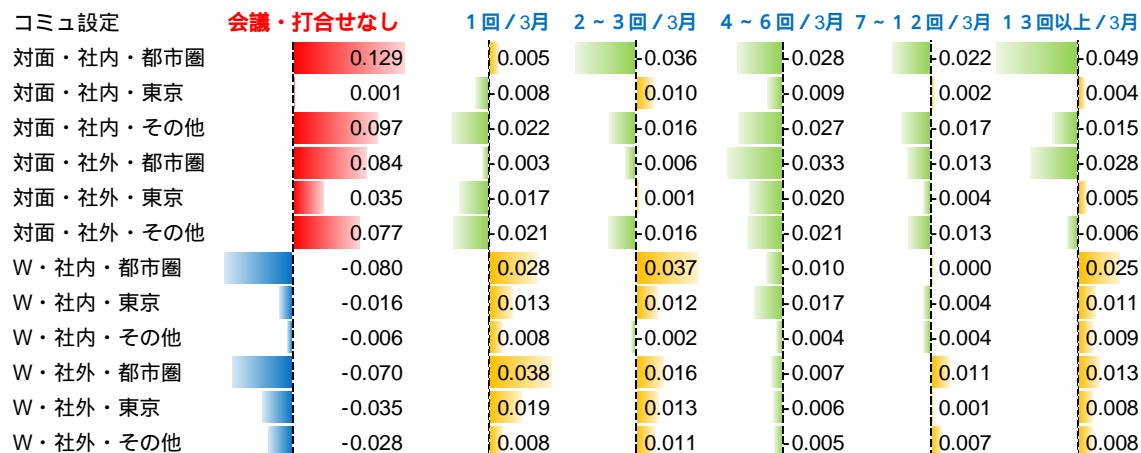


図 1 会議頻度カテゴリの集計結果

拡大係数の階級: ■  $0=\alpha$  ■  $0<\alpha \leq 30$  ■  $30<\alpha \leq 60$  ■  $60<\alpha \leq 90$  ■  $90<\alpha \leq 120$  ■  $120<\alpha$

Lasso回帰：拡大係数の出現回数割合（男性）

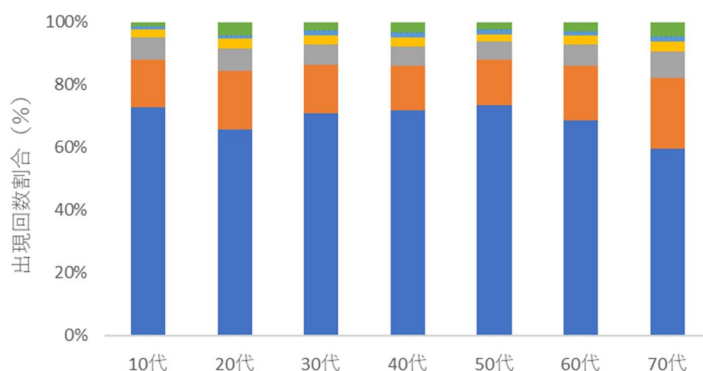


図2 拡大係数の分布（男性，過去のPTを説明変数とする場合）

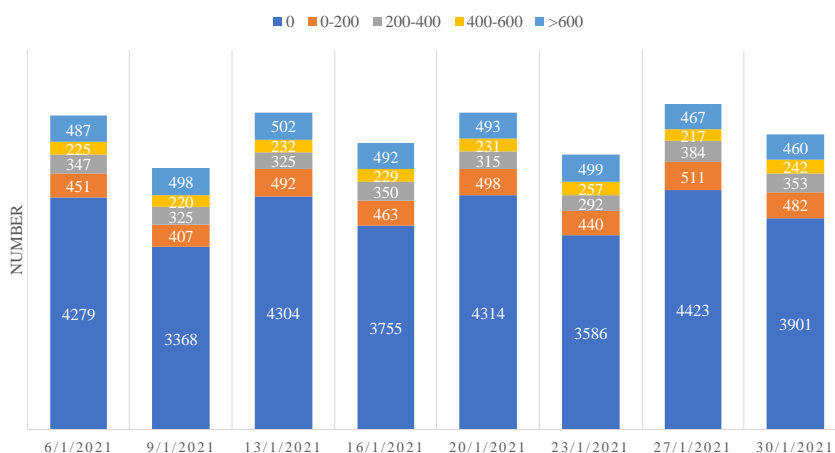


図3 拡大係数の分布（GPSデータを説明変数とする場合）

Bについては、過去のPT調査から抽出したトリップチェーンを説明変数、近年のモバイル空統計の地点別時刻別滞在者数とする場合と、GPSデータを説明変数とする場合のそれぞれについて、検討を行った。分析に先立って、滞在者をカウントする基本単位をCゾーンとして、モバイル空間データとトリップチェーンデータを編成した。この問題では、説明変数とするトリップチェーンについて時間的・空間的な類似性が高いため、多重共線性の問題が生じる。そこでこの問題を回避するため、Lasso回帰を用いた。その結果、滞在人数に対する決定係数は、0.91~0.95となり、十分なモデル精度が得られた。さらにモデルの決定係数を時間帯別に比較したところ、在宅時間帯である夜間のほうが昼間よりも決定係数が高いことが明らかとなった。世代間の決定件数については、1日のトリップ数が多く活動的な若年世代のほうが、決定係数が低いことが分かった。決定件数の空間分布を検討したところ、都市中心部のほうが多く、郊外のほうが低いことが分かった。これはPT調査のサンプリング特性を反映していると思われる。

図2と図3に、説明変数を過去のPT調査とした場合と、GPS調査とした場合のそれぞれについてモデルパラメータとして推計されるトリップチェーンごとの拡大係数の分布を示す。ところ、20~30%のサンプルについて正の拡大係数が算出された。またGPS調査から推計した拡大係数において、域内居住者と域外居住者の拡大係数を参照して滞在人数への貢献を算出したところ、一定数は域外居住者の貢献がみられることが明らかとなった。今後は、多くのサンプル(トリップチェーン)について拡大係数がゼロとなった理由を検討したうえで、トリップチェーンのバリエーションを確保するようなモデル推計方法を検討する必要がある。また現存するトリップチェーンを発着地・経由地の土地利用特性と関連付けることによって、新たなトリップチェーンを生成して拡大係数を推計する回帰元として利用する手法も考えられる。

Cについては、須ヶ間・奥村モデルの効率的解法を検討した。混合整数計画問題として定式化されるこの問題は、所与の需要関数の下での需要・運賃・運行頻度・運行路線形状(経由ノードとリンク)が内生的に求まる。そこで本研究では、運行路線形状を所与とした場合に需要・運賃と運行頻度を求める手順を検討した。その結果、需要が最低運行頻度に満たない場合は解析的にモデルが解けること、需要が最低運行頻度と最大運行頻度の中間の場合は、解析解は導けないものの近似解が得られることがわかった。ただし需要が集中するリンクの混雑を回避する迂回路線が必要となる場合は、運行路線形状の探索範囲を拡張する必要があることがわかった。以上を

総合すると須ヶ間・奥村モデルの効率的解法として、1)制約条件を満たす運行路線の全数列挙ベースの方法と、2)制約条件を満たさない運行路線を含む範囲で、候補となる運行路線の解集合を得て、これらの特徴を機械学習によって明らかにするアプローチが考えられた。

A～Cのサブテーマを踏まえると、本テーマ全体の成果は以下のとおりである。需要調査手法としてオンライン調査を用いた行動原理の解明が可能なこと、小規模なPT調査から得られるトリップチェーンを拡大推計することによって、都市圏・都市間旅客需要を統合した需要調査が可能なこと、および須ヶ間・奥村モデルの効率的解法開発上の課題を明確にできたことである。今後は、特に課題BとCに関するモデル推計、データ処理方法を確立することによって、最新データを用いた都市圏需要調査手法と、公共交通ネットワーク計画手法を提案できる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 田中優大, 塚井誠人	4. 巻 IV-9
2. 論文標題 COVID-19 下のオンライン会議の利用と業務トリップ代替の解明	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 令和4年度土木学会中国支部研究発表会 (Online)	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) 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 塚井誠人, 田中優大	4. 巻 No.36
2. 論文標題 COVID-19下における業務目的のオンライン / 対面会 議に関する調査	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第36回応用地域学会研究発表大会 (山梨大学) 発表論文	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) 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 須ヶ間淳, 奥村誠	4. 巻 57-3
2. 論文標題 階層的な拠点の最適空間配置の研究 - 交通ネットワークとの同時最適化モデルによる検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 都市計画論文集	6. 最初と最後の頁 1202-1209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11361/journalcpj.57.1202	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 吉田智貴・奥村誠	4. 巻 78(5)
2. 論文標題 季節変動を受ける都市間鉄道のネットワーク構造・運賃・運賃の同時最適化	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 土木学会論文集 D3	6. 最初と最後の頁 I_605-I_612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejpm.78.5_I_605	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 古屋拓人・奥村誠	4. 巻 78(5)
2. 論文標題 到着時刻を考慮した都市間小口物流ネットワークモデル	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 土木学会論文集 D3	6. 最初と最後の頁 I_597-I_604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.78.5_I_597	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 Goto Taku, Katano Yuki, Tamura Shota, Tanaka Takahiro, Tsukai Makoto	4. 巻 56
2. 論文標題 A study on the relationship between life service functions and staying population in the rural area	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 1305 ~ 1312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11361/journalcpj.56.1305	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 田村将太, 後藤拓, 田中貴宏, 塚井誠人	4. 巻 45
2. 論文標題 新型コロナウイルス感染症拡大に伴う人々の滞在エリアの変化 - モバイル空間統計データを用いた 2019年と 2020 年の比較分析 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会中国支部研究報告集	6. 最初と最後の頁 667-670
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 HARADA Kaisei, YAMAGUCHI Hiromichi, SAGAE Masahiko	4. 巻 77
2. 論文標題 THE BEHAVIOR CHANGE IN INTER-PREFECTURE TRAVEL UNDER THE COVID-19 PANDEMIC: DETECTION BY SPARSE NON-NEGATIVE MATRIX FACTORIZATION	5. 発行年 2021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 160 ~ 173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.77.2_160	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7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 沼田祥太郎・奥村誠
2. 発表標題 満足度の不確実性に着目した旅行者の行動シミュレータの開発
3. 学会等名 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 赤塚昌哉・奥村誠
2. 発表標題 モバイル空間統計による近年の都市間移動パターンの変動分析 - 新型コロナウイルス感染症が出張移動に与えた影響に着目して -
3. 学会等名 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shota Tamura, Taku Goto, Jumpei Nishimura, Takahiro Tanaka, Makoto Tsukai
2. 発表標題 The Impact of Covid-19 on Daytime Staying Population and Pedestrian Volume in the Street, HICPS 2022 Book of Abstracts
3. 学会等名 Hiroshima International Conference on Peace and Sustainability 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 一万田凌, 塚井誠人
2. 発表標題 エシェロン解析に基づく都心地区への都市間旅客来訪地点の分析
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会 (秋大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 向井明都, 円山琢也
2. 発表標題 GPSデータを用いた熊本空港利用者の滞在時間推定
3. 学会等名 第65回土木計画学研究発表会(春大会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塚井誠人, 円山琢也, 田中優大, 奥村誠
2. 発表標題 COVID-19以降の対面またはWebによる 業務目的会議に関する調査
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会(秋大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口裕通
2. 発表標題 長距離旅行量分布の規則性とその時空間的な特徴
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会(秋大会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	奥村 誠  (Okumura Makoto)  (00194514)	東北大学・災害科学国際研究所・教授   (11301)	



6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	山口 裕通 (Yamaguchi Hironichi)  (10786031)	金沢大学・地球社会基盤学系・准教授  (13301)	
研究分担者	圓山 琢也 (Maruyama Takuya)  (20361529)	熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授  (17401)	
研究分担者	田中 貴宏 (Tanaka Takahiro)  (30379490)	広島大学・先進理工系科学研究科(工)・教授  (15401)	
研究分担者	原 祐輔 (Hara Yusuke)  (50647683)	東北大学・情報科学研究科・准教授  (11301)	

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