名古屋市敬老パスの路線拡大による高齢者の外出促進効果の把握

土屋　皓平[1]・鈴木　雄[2]・西堀　泰英[3]寺部　慎太郎[4]
柳沼　秀樹[5]・海野　遥香[6]

[1]学生非会員　東京理科大学大学院　創域理工学研究科　社会基盤工学専攻
（〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641）E-mail: 7623528@ed.tus.ac.jp

[2]正会員　東京理科大学助教（〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641）
E-mail: yusuzuki@rs.tus.ac.jp（Corresponding author）

[2]正会員　大阪工業大学准教授（〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1）
E-mail:yasuhide.nishihori@oit.ac.jpß

[3]正会員　東京理科大学教授（〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641）
E-mail: terabe@rs.tus.ac.jp

[4]正会員　東京理科大学准教授（〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641）
E-mail: yaginuma@rs.tus.ac.jp

[5]正会員　茨城大学大学院助教（〒 316-0033 茨城県日立市中成沢町 4-12-1）
E-mail: haruka.uno.uj38@vc.ibaraki.ac.jp

高齢化の進展により全国で高齢者のための公共交通施策が実施されている．名古屋市では 65 歳以上の高齢者を対象に市バス・市営地下鉄が乗り放題となる名古屋市敬老パスを実施しているが，令和 4 年 2 月 1 日より利用可能な路線が名鉄，JR 東海，近鉄，名鉄バス，三重交通のバスまで拡大された．これまで施策の適応対象外だった地域まで範囲が拡大し，高齢者の外出促進や活動範囲の拡大が期待される．MaaS の一部としても期待される公共交通の乗り放題だが，その効果や価値について定量的に把握する必要がある．本研究では，携帯電話の位置情報集計データを用い，本施策前後での高齢者の人流比較を行った．鉄道駅・バス停について，元々の施策対象地域・新規対象地域別に地域特性を考慮した人流の時系列分析を行った．その結果，同じく施策として追加された駅やバス停であっても，地域の特性により人流の増減に差が見られることを明らかとした．

Key Words: *Unlimited public transportation, Senior citizens, Location-based data, Mobility as a service (MaaS)*

1. はじめに

(1) 背景と目的

我が国では，急速な高齢化が進展している．内閣府の調査[注1)]によると，令和3年時点で，65歳以上の人口は，3621 万人となり，総人口に占める割合（高齢化率）も 28.9%となっている．近年ではこの高齢化率の成長も著しく，近年では毎年約 1~3%ずつ上昇していき，令和 22 年時点では高齢化率が 35%にまで到達するとされている．

このような急速な高齢化に伴い，自動車免許を返納して移動が制限されてしまう高齢者や，健康不良により外出を自ら控える高齢者が以前よりも多く存在し，移動に対して懸念を抱き，移動総量が極端に少ない高齢者が急激に増加している．また，高齢者にとっての移動は，健康促進・コミュニティ形成・福祉の増進などの観点から日々の生活において大きな意味を持つが，移動が満足にできないことにより，外出という行動がもたらす様々な恩恵を高齢者が享受しきれていないのが現状だ．

そこで，高齢者の移動や福祉の増進を図ることを目的に，全国で高齢者向けの公共交通施策が実施されている．一つの事例として，名古屋市での取り組みが挙げられる．以前から 65 歳以上の高齢者を対象に市バスや市営地下鉄が乗り放題となる名古屋市「敬老パス」の制度を実施している．さらに，令和 4 年 2 月 1 日には，利用可能な路線が名鉄・JR 東海・近鉄・名鉄バス・三重交通のバスといった私鉄まで路線が大幅に拡大された．これにより，以前まで施策の適応対象外だった地域まで範囲や路

線が拡大し，高齢者の外出促進や活動範囲の拡大が予想される．また，それに伴う街の賑わいの増加・経済効果・高齢者の健康促進も期待される．さらに近年では MaaS(Mobility as a Service)の施策の一部としても注目を集めているが，これら施策後における高齢者の外出意向の増進や都市全体への効果は定量的な評価が十分にされていない．

本研究では，公共交通乗り放題の施策前と施策後における高齢者の人流変化に着目し，元から施策対象だった地域と新たに施策対象となった地域で比較を行う．また，公的統計データを用いた駅付近の地域特性や対象の高齢者の社会的属性を考慮した人流の時系列分析を行う．そして，その結果から対象都市内の各地域における，施策の導入効果を高齢者の外出促進/経済効果への影響/街の賑わいの増加という観点から定量的に評価していくことを目的とする．

(2) 本研究対象地の概要

①名古屋市敬老パスの概要

名古屋市敬老パスの施策は，高齢者の移動と福祉の増進を目的に昭和 48 年 9 月に導入され，名古屋市内全域の市営地下鉄とバスが無料で乗り放題になるシステムだった．自治体の負担の増大や地域格差の問題から，有料化や価格調整など様々な検討がされてきた過去もある．近年の制度に変更になるまでは，１年間で最大 5000 円支払い，市営地下・あおなみ線・市営バスに乗り放題という制度だった．

そして，令和 4 年 2 月 1 日より回数の制限が設けられ，利用可能路線が拡大された．自治体の負担金額の懸念点から，従来の乗り放題という制度から，730 回という回数制限が設けられた．しかし，ほとんどの高齢者は従来より制限回数以下の利用回数であり，実質的に乗り放題という観点から大きな影響はないと考える．また，従来の路線に加えて，JR・名鉄・近鉄が運営する鉄道やバスでも制度が適応され，敬老パスの利用可能範囲が制度変更前と比べて大きく拡大した．この制度変更により，郊外部に住む高齢者の公共交通機関利用への障壁の低下が期待される．

②名古屋市の現況

本研究では，愛知県名古屋市を対象地とする．名古屋市の高齢化率は令和 4 年時点で 25%と，日本の平均と大きく変わらない高齢化率の推移である[注2)]．また，高齢者は毎年数千人ほど増え続けている．このことから，高齢化率が比較的低いとされる都心であっても高齢化が進んでいる街と言える．

次に，名古屋市の交通について述べる．市の近辺に愛知県豊田市が存在することもあり，車の利用率が比較的高い．自動車の交通手段選択割合を見ると，東京や大阪が約 10%であるのに対し，本市は 40%を超え，車での移動が大変多いとされていて，公共交通機関の利用にやや抵抗があるのではないかと考える．

また，運転免許返納数に着目すると，新型コロナウイルスが流行する以前までは，返納数は増加している．近年では減少傾向にあるものの，コロナ流行前よりも多い返納数となっている．これらより，車での移動が欠かせない中，免許返納する高齢者が増加したことは，移動困難になっている高齢者が増加したと考えられる．

そして，名古屋市での公共交通網は，鉄道および路線バスが主な公共交通手段として挙げられる．鉄道網は市内全域に存在しているが，路線別に見ると偏りが発生する．名古屋駅などの中心市街地には，市営地下鉄をはじめとして多くの駅が存在するが，市内の郊外部においては私鉄の駅がメインで存在し，市営地下鉄の駅数は中心市街地と比べて格段に少ない．このことから，過去の敬老パスの利用可能範囲では，市内の区域ごとに利便性の差が生まれていた．一方で，バス路線は区域関係なく市内全域に満遍なく交通網が張り巡らされている．そのため，市営地下鉄が通っていない区域の高齢者はバスの利用を中心に敬老パスを利用していたという状況である．

③名古屋市敬老パスの影響調査報告書

令和 4 年 2 月 1 日より新しく敬老パスの制度が変更になり利用可能地域が拡大され，この制度変更の影響についての報告書について述べた報告書について述べる．ここでは，高齢者が実際に敬老パスを使用し集計されたデータや敬老パス交付率についてのデータをまとめている．

IC データの取得による敬老パス使用履歴から，いつ・どの駅で・何人が利用しているかを把握しまとめている．さらに，制度変更以降の敬老パス利用数がやや増加している点や，都心部に近い地域ほど交付率も利用回数も高い傾向にある点，利用回数の上限の設定に対する心理的影響について示している．

しかし，この IC データでは名古屋市内全域での時系列を考慮した人流調査は行われていない．また，IC データの利用の集計は，駅を通過する際に行うカウントであり，駅の通過を中心に集計してしまう．これは，本研究の目的である街のにぎわいや外出促進を評価するデータの特性としては不十分であると考えられる．以上を踏まえて，①名古屋市内全域で②街の賑わいに関連するする滞在人口データを取得できていない点が本報告書を通して見つかった現状の課題である．

2. 本研究の位置付け

(1) 既往の研究のレビュー

過去に MaaS(Mobility as a Service)および公共交通乗り放題の施策の需要や効果に関する分析や研究は行われている．中でも，赤木らは，条件不利環境に対応した条件不利環境に対応した MaaS の設計と 社会実装に関する実証研究を行っている．この研究では，高齢者が多く居住する過疎地において，その土地に適したモデルを構築・実装を行い，アンケートを通じて公共交通利用者の意見を収集し施策評価を行った．この対象地域での MaaS および公共交通乗り放題の施策がは，利用者から高い評価を得ることを示し，地域活性化のための新たな手法を示した．

また，石井らは主な交通手段が車である愛知県豊田市を調査対象とし，地方都市における MaaS の意識調査を実施した．この研究では，MaaS 実装前の地域にアンケート調査を行い，施策が導入された際の住民の利用意向を調査・集計した．その結果，市内の公共交通の乗り放題に加えて，小型モビリティやシェアリングサービスなどその他のモビリティを組み合わせた施策に利用意向があった．また，高齢者や公共交通の利用頻度が低い人々に利用意向があることも分かった．この結果から，高齢者をはじめとする公共交通の利用頻度が低い人々への利用増加に繋がり，その人々の移動支援として MaaS が有効であると期待されることを示した．

(2) 本研究の位置付け

上記の既往の研究では，MaaS および公共交通乗り放題の施策が，その地域の住民の移動や外出を増進させることを利用意向の調査を通じて，施策効果を定性的に評価してきた．しかし，この MaaS の施策の導入効果や高齢者の移動の増進への先駆けとなることについて，定量的に評価している分析はまだない．

そこで本研究では，携帯電話の位置情報集計データを用い，本施策前後での高齢者の人流比較を行い，公共交通乗り放題施策が持つ外出促進への効果や施策導入価値について定量的に把握する．既往の研究で示された定性的な試施策導入効果の評価に加えて，観測データを用いた定量的な評価を行うことで，導入効果を多面的に分析することを目的とする．

また，先述の名古屋市の報告書を踏まえて，名古屋市全域での調査を実施する点や，IC データからは評価しづらい滞在人口をデータとして用いることで，街のにぎわいを評価する点も目的である．

上記を踏まえて，本分析の流れは以下の通りである．まず 3 章で，分析に使用する説明変数や目的変数である各データの取得方法と，対象地域の現状（施策概要・交通状況）を示す．次に 4 章で，地域や路線ごとにおける人流の増加率の比較を示す．傾向スコアマッチングにより人流以外の変数が似通った対象駅同士で比較を行う．さらに，マッチングによって確立された傾向スコアで DID 分析を行い，施策効果以外の要因を排除した評価をし結果を示す．最後に 5 章では結論と今後の研究の課題を述べる．

3. 使用するデータの概要

(1) 使用データの概要

① 高齢者の人流データ

本研究では，KDDI 株式会社が提供する KDDI Location Analyzer（携帯電話の位置情報集計サービス）により高齢者の人流データを取得する．対象の各駅でバッファを取り，その区域内に来街し，滞在した高齢者の人数を集計する．

今回のデータ取得においては，単なる駅の通過者のカウントが目的ではなく，駅に来訪して滞在する人数のカウントを目的とする．よって，15 分以上バッファ内にいた場合に滞在者とカウントする．また，バッファは半径 300ｍの円でとる．高齢者の歩行速度や隣の駅との間隔などを加味して 300ｍに設定した．

集計対象となる駅は，名古屋市に存在する鉄道駅の 142 駅分であり，全ての駅で来街者数を集計した．施策の対象地として新たに加わった駅は名古屋鉄道，JR 線をはじめとした 64 駅分であり，元から施策が施されていた駅は名古屋市営地下鉄の各駅 78 駅分である．

本研究に用いる人流データの集計期間の基準として，路線が拡大された令和４年２月１日を設定する．令和４年２月１日から１年間分（令和５年１月３１日まで）の滞在者のデータを取得する．また，施策の導入効果の把握を目的とするため，路線拡大前後のデータが必要であり，令和１年２月１日から１年間ずつデータを取得し，計４年間分のデータを取得した．これにより，1 年単位で滞在人口の推移が把握でき，時系列を考慮した施策導入効果を評価する際の細かな人流変化も把握することが可能になる．

KDDI Location Analyzer におけるデータ収集条件の詳細は，以下の表の通りである．

項目	条件
収集期間	1 年間分（各年2月1日～1月31日）
バッファ	300ｍの円形
年齢	70歳以上に限定
日時	平日・休日・祝日/24時間
滞在時間判定	15分間円内に留まっていた場合
属性	来街者に限定

表-1　KDDI Location Analyzer におけるデータ収集条件

② 使用する変数

次に，説明変数として使用する各変数を取得する．駅周辺の経済指標などの公的な統計データの取得は，人流データと同様に携帯電話の位置情報集計サービスから取得する．取得の手順も同様であり，対象の各駅でバッファを取りその区域内でのデータを収集する．また，国土数値情報[注3)]や各地域の HP からその他のデータを取得している．各データの項目・取得方法などの詳細については 4 章に記載する．

4. 分析手法・分析結果

(1) 分析の概要

本研究では，公共交通乗り放題施策の導入効果を定量的に評価することを目的としているため，駅周辺の人流総数および人流総数の増減率に着目する．そして，その人流変化と施策有無がどのように相関・因果関係を持つかを，①地域・路線別に見た滞在人口減少率②傾向スコアマッチングを用いた人流増減率の比較③DID 分析を用いた時系列変化を考慮した人流比較の 3 つの側面から分析する．

(2) 地域・路線毎の滞在人口増減率

ここでは，各地域や路線ごとの人流に着目して分析を行う．以下の画像は，①新規施策対象の路線と既存の施策対象路線を色で区別し，②各駅の人流増減率を連続値として色の濃淡で分類した点をプロットしたものである．緑の線で表示されているものが，新規施策対象の路線であり，青い線で表示されているものが，既存の施策対象路線の路線である．また，各駅の人流増減率のプロットは，色が濃いほど増減率が高くなっている．図を以下に示す．

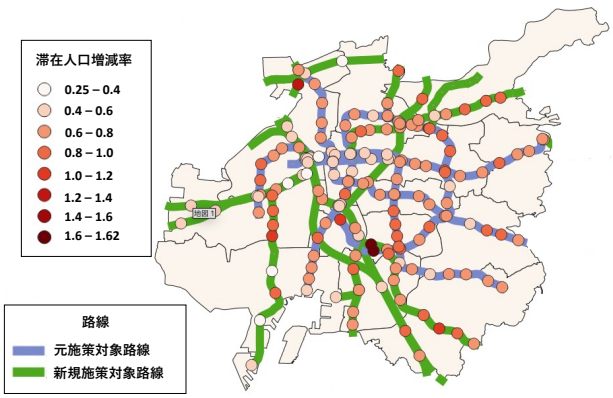


図-1　各地域・各路線における滞在人口の増減率

まず，名古屋市内の地域別の増減率に着目すると，市内の最主要駅である名古屋駅近郊の駅では，増減率が 0.4 – 0.6 や 0.6 – 0.8 の駅が多く見られる．それに対し，名古屋市の南東部や北東部の各駅（名古屋駅から比較的遠方位置する郊外部の各駅）では，0.8 – 1.0 や 0.8 – 1.0 の駅が多く見られ，高い増減率が見られる．

次に，新規施策対象の路線と既存の施策対象路線の増減率の違いに着目すると，既存の施策対象路線にある各駅の増減率よりも新規の施策対象路線の増減率の方がプロットの色が濃く増減率が高い傾向にある．新規の施策対象路線の中でも地域特性が見られた．先述した様に，郊外部での増減率が高い傾向にあることに加えて，新規施策対象の路線と既存の施策対象路線が交わる駅での増減率が高い傾向が見られた．

以上の様に，郊外部と都心部での増減率の変化や，路線別の増減率の傾向が大まかに見られた．地域特性や路線の特性が人流増減に影響していることがわかった．

(3) 傾向スコアマッチング

上記の様に，地域や路線毎に人流の増減に変化がみられた．しかし，この変化は施策の有無にのみより現れた変化であるとは言い切れない．2020 年以降に新型コロナウイルスが流行し人類全体の移動が減少したことや，各対象駅が持つ駅の特性（都心部・郊外などの違い）によっても値が変動したことなども，人流変化の要因の一つとなる可能性も考えられる．先行研究から，交通施策の導入効果を分析する上で，統計的因果推論を用いることが有効性や，施策の導入が地域のさまざまな人流変化に影響することなどが明らかになっている．そこで今回は，因果推論の手法の一つである傾向スコアマッチングと DID 分析を用いて，人流変化における施策の有無以外の要因をできる限り排除した分析を試みる．

① 分析に用いる変数

KDDI Location Analyzer により取得した，交通施策前後での各駅周辺の滞在人口増減率を今回の結果変数とした．2019年2月1日～2020年1月31日分の集計が施策前の滞在人口とし，2022年2月1日～2023年1月31日分の集計を施策後の滞在人口と設定した後，後者の値を前者の値で除して算出された値を結果変数として定める．

令和4年2月1日の名古屋市の交通施策で新しく敬老パス使用可能対象になった駅を 1，元々施策対象だった駅を 0 とし，この度の施策の有無を処置変数として設定した．

共変量には，結果変数として用いている，駅周辺の滞在人口に影響があると考えられるデータを選択した．各変数の詳細は以下に示す．各変数の出典元は次のとおりである．名古屋駅からの距離（m）の変数は，国土数値情報から各駅の緯度経度を取得し，名古屋駅との距離を算出した．その他の変数は，KDDI Location Analyzer の公的統計データから取得した．

共変量	変数の定義
名古屋駅からの距離(m)	名古屋駅から各駅までの直線距離(m)
昼夜間人口差	(昼間人口)-(夜間人口)
一般診療所数	商圏内の診療所の総数
チェーン店数	商圏内のチェーン店の総数
事業所数（医療・福祉施設）	商圏内の医療・福祉施設の総数
事業所数（生活関連サービス業）	商圏内の生活関連サービス業の総数

表-2　取得した共変量の詳細

②　傾向スコアの算出

傾向スコアを推定するにあたり，処置変数（新規施策導入有無）を目的変数とし，上記の共変量を説明変数としたロジスティック回帰分析を行った．その分析結果を以下に示す．

共変量	推定値	標準誤差
切片	1.2475	0.6157
名古屋駅からの距離(m)	-0.0189	0.0567
昼夜間人口差	0.0004	0.0002
一般診療所数	0.1999	0.1155
チェーン店数	0.0091	0.0177
事業所数（医療・福祉施設）	-0.1095	0.0687
事業所数（生活関連サービス業）	-0.0389	0.0417

表-3　傾向スコアの算出

③　共変量のバランスチェック

次に，傾向スコアの算出によって，処置群（新たに施策が導入された駅郡）と対照群（元から施策が導入されていた駅郡）の間のバランスが改善したかどうかを確かめる．各共変量のグループ間での各共変量の標準化平均差の絶対値が 0.25 程度以下であれば，ある程度のバランスが担保できるとされている．以下に各共変量の標準化平均差を記載する．

共変量	マッチング前	マッチング後
昼夜間人口差	0.130	-0.168
一般診療所数	0.194	-0.248
事業所数（生活関連サービス業）	0.391	-0.113
事業所数（医療・福祉施設）	0.441	-0.551
チェーン店数	0.060	0.040
名古屋駅からの距離(m)	-0.138	-0.005

表-4　共変量のバランスチェック

④　傾向スコアマッチングによる因果効果の推定

算出された傾向スコアを元に，新しく施策が施された駅と元から施策が施されている駅の間で 1 対 1 の最近傍マッチングを行う．この手法を使用するにあたり，スコアがやや離れたデータ同士でのマッチングを防ぐために，キャリパー係数を設定することが望ましい．先行研究の多くは，傾向スコアの推定値をロ ジット変換した値の標準偏差に 0.2 を乗じた値をキャリパー係数とすることを推奨している．以上を考慮した結果としてマッチングを行い， 51 個の両駅群間でのペアが作成された．以下にマッチングの結果後の基本統計量を示す．

	共変量	平均	標準偏差
マッチング前	名古屋駅からの距離(m)	6455.40	3489.50
	昼夜間人口差	1806.84	5430.55
	一般診療所数	2.92	4.77
	チェーン店数	9.35	25.19
	事業所数（医療・福祉施設）	14.23	11.41
	事業所数（生活関連サービス業）	14.23	11.41
マッチング後	名古屋駅からの距離(m)	6795.02	3429.22
	昼夜間人口差	1269.34	4920.90
	一般診療所数	2.42	2.61
	チェーン店数	6.58	15.21
	事業所数（医療・福祉施設）	13.25	8.36
	事業所数（生活関連サービス業）	15.05	14.72

表-5　マッチング後の基本統計量

また，今回のマッチングでは，施策前後での滞在人口の増減率を結果変数としたため，マッチング前後でその平均値に差が生じたかを分析した．マッチング前の結果は，施策前後で 0.04%の減少となり，大きな値の変動は見られない．マッチング後の値は，施策前後で 0.6%の増加となり，増減率の変動がマッチング前と比べてやや大きくなったが，こちらも同様に大幅な増減率の変化は見られなかった．その結果を以下に示す．

	元施策対象駅群	新規施策対照駅群
マッチング前	0.6934	0.6930
マッチング後	0.7065	0.7129

表-6　マッチング前後における各群の増減率

(4) DID 分析

本稿では，時系列要因などの固定効果を考慮した分析を目的とした，DID 分析結果について述べる．前稿では，傾向スコアを算出し似通った駅同士をマッチングさせることで，施策の有無以外の要因の差をできる限り無くした分析を行った．先述した傾向スコアマッチングにおいてマッチング対象となった 102 個（各群 51 個）の各駅で，滞在者の総数を 4 年間分集計した．そして，各群において 1 年ごとに平均値を算出し，新規施策対照群と元施策対照群で滞在人口の変化を分析した．

2019-2020 年の人流総数から 2022-2023 年の人流総数の減少数に着目すると，どちらの群も総人数は減少しており，2020 年から流行した新型コロナウイルスの影響を大きく受けていると考えられる．しかし，増減率に着目すると新規施策対照群が 10%だけ増減率が低く算出され，元施策対象群よりも多少多く人流が減少していることとなるが，本稿でも群比較による人流変化の大きな差異は見られなかった．また，本稿では時系列の要因を考慮した分析を行い比較したが，各群間で明確な違いはなかったと言える．分析結果を以下に示す．

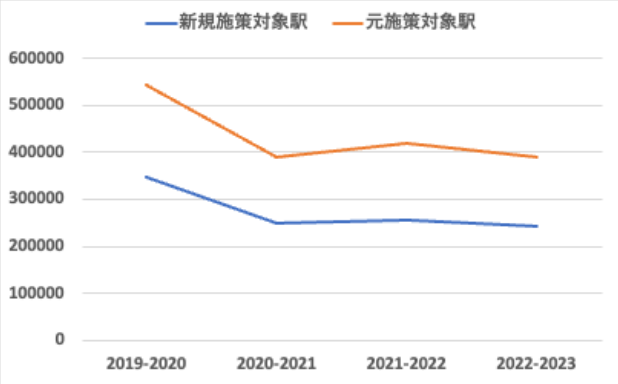


図-2　各群の時系列分析の結果

5. まとめ

(1) 本研究の成果と考察

各駅における滞在人口のデータ（携帯電話の位置情報データ）を収集し，施策導入前後で比較を行い，増減率の連続地を路線図とともに地図上にプロットした．その結果，都市部か郊外部かで数値に差が現れ，路線別に見ても新規施策対象駅の近郊や，新規・元施策対象が交わる駅の付近を中心に増減率が高くなった．

傾向スコアマッチングを用いて，施策の有無以外の要因を取り除いた上で，各群における滞在人口増減率を比較した．マッチング前後の結果に大きな変化は見られなかった．

マッチング結果を用いて，DID 分析を行い，時系列要因を考慮した分析を行った．各群の滞在人口の平均値の比較を行ったが，こちらも大きな変化は見られなかった．

(2) 今後の課題

本研究では，各駅の滞在人口の増減をもとに，交通施策が高齢者の外出促進にもたらす効果を定量的に評価しようと試みたが，定量的に評価できた点は少なく，課題の残る分析となった．より滞在人口の増減に影響をもたらす最適な共変量を模索することにより，分析の精度を上昇させ，施策の効果を正しく定量評価していく必要がある．

また，今回は滞在人口の量のみに着目したが，それに加えてその人流がどこから発生しているのか（例えば，対象の駅に来訪した人々の居住地の把握など），すなわち人流の方向に着目した分析を行う必要がある．

NOTES

注1) 内閣府，高齢化の推移と将来推計　より
注2) 名古屋市，NAGOYA ライフ（データで見る名古屋のくらし）より
注3) 国土数値情報ダウンロードサイト，鉄道データ　より

REFERENCES

1) 赤木大介，神田佑亮，諸星賢治：条件不利環境に対応した MaaS の設計と社会実装に関する実証研究，土木学会論文集 Vol.76，No.5，2017.
2) 石井真，西堀泰英：地方都市における定額制 MaaS の需要調査，交通工学論文集，第 7 巻，第 2 号，2021.
3) 中村知誠：「ストック効果」の定量的分析：復興道路整備を対象として，交通工学研究，第 65 号，2021.
4) 近藤紀章，田中勝也：生活道路の空間再編が交通静穏化と身体活動の促進に与える影響，都市計画論文集，vol.57，No.3，2022

Understanding the effect of the expansion of the Nagoya City Keiro Pass routes on promoting outings for the elderly

Kohei Tsuchiya, Yu Suzuki, Yasuhide Nishihori, Shintaro Terabe
Hideki Yaginuma, and Haruka Uno