

歩行量に着目した都市環境・交通施策が
高齢者の医療費に及ぼす影響に関する研究

2022 年

鎌田 佑太郎

目次

第1章 序論	1
1.1 研究の背景と目的	1
1.2 研究の構成	2
第2章 既往研究の整理と本研究の特徴.....	5
2.1 概要.....	5
2.2 都市・交通環境および外出行動と身体活動の関係に関する研究.....	5
2.2.1 都市・交通環境と身体活動量に関する研究の概説.....	5
2.2.2 高齢者を対象とした都市・交通環境と外出行動および身体活動量との関係に関する研究	6
2.2.3 外出行動と身体活動量の関係について検証した研究	9
2.2.4 都市・交通環境と外出行動および身体活動量との関係に関する研究の課題.....	10
2.3 都市・交通環境および交通行動と健康に関する研究.....	11
2.3.1 都市・交通環境および交通行動と健康指標との関係を分析した研究	11
2.3.2 都市・交通政策分野における健康便益の評価方法.....	13
2.3.3 都市・交通環境および交通行動と健康に関する研究の課題.....	14
2.4 本研究の特徴および方針.....	15
第3章 高齢者の外出行動および歩行量の把握.....	21
3.1 概説.....	21
3.2 対象都市および都市環境データの整備	21
3.2.1 対象都市の概説	21
3.2.2 都市環境データの整備.....	22
3.3 調査によるデータ収集	22
3.3.1 本研究において実施した調査.....	22
3.3.2 各調査対象者.....	22
3.3.3 高齢者行動調査の概要および収集したデータ	23
3.3.4 おでかけ定期券所有者および利用状況のデータ	24
3.3.5 医療費データ	29
3.4 端末データの加工	29
3.4.1 歩数の算出.....	29
3.4.2 有効日・分析対象者の抽出.....	30
3.4.3 ユニットの指標の算出.....	31
3.4.4 外出/在宅の判別	31
3.4.5 移動/滞在の判別	31
3.4.6 交通手段の判別	33
3.4.7 中心市街地来訪判別	35
3.5 結語.....	35
第4章 高齢者の外出先および利用交通手段と歩行量の関係	37
4.1 概説.....	37

4.2 外出先と歩行量の関連性分析	37
4.2.1 メッシュ集計による外出先別歩行量の違いの網羅的な把握.....	37
4.2.2 1日ごとの外出行動の特性の把握	38
4.2.3 外出先と1日ごとの歩行量の関係.....	39
4.3 中心市街地来訪日における外出行動と歩行量の関係.....	43
4.3.1 本節の目的.....	43
4.3.2 中心市街地における回遊範囲の分析	43
4.3.3 中心市街地来訪日の行動と歩行量の分析	43
4.4 結語.....	48
第5章 加齢に伴う外出行動の変化と1日平均歩数の関係.....	51
5.1 概説.....	51
5.2 本章で用いるデータおよび分析対象者	51
5.2.1 外出先別訪問頻度の算出	51
5.2.2 本章における分析対象者およびデータの欠測への対処方法.....	52
5.3 1日平均歩数および外出行動の加齢に伴う変化の把握.....	57
5.3.1 1日平均歩数および外出行動の経年変化.....	57
5.3.2 居住地属性別の1日平均歩数および外出行動の経年変化.....	59
5.4 外出行動の変化と1日平均歩数の関連性分析	63
5.4.1 外出行動と1日平均歩数の相関分析	64
5.4.2 パネルデータを用いた外出行動の変化と1日平均歩数の関連性分析.....	64
5.5 結語.....	66
第6章 公共交通運賃割引施策と高齢者の外出行動および歩行量との関係の検証	69
6.1 概説.....	69
6.2 公共交通運賃割引施策の利用状況の把握.....	69
6.2.1 おでかけ定期券の所有状況の把握.....	69
6.2.2 おでかけ定期券利用頻度の把握	72
6.3 公共交通運賃割引施策の利用状況と外出行動の関連性分析	73
6.3.1 おでかけ定期券の利用状況による外出頻度の違い	73
6.3.2 おでかけ定期券の利用状況による外出先の違い	74
6.3.3 おでかけ定期券の利用状況による利用交通手段の違い.....	77
6.4 公共交通運賃割引施策の利用状況と1日平均歩数の関連性分析.....	78
6.5 結語.....	79
第7章 歩行量を考慮した外出行動の変化および都市環境が医療費に及ぼす影響	83
7.1 概説.....	83
7.2 加齢に伴う高齢者の医療費の経年変化の把握	83
7.2.1 医療費の分布.....	83
7.2.2 医療費の経年変化の把握	85
7.2.3 1日平均歩数による分類別の医療費の経年変化の把握	86
7.3 歩行量と医療費の因果関係の検証	88
7.3.1 分析に用いるデータおよび手法	88
7.3.2 1日平均歩数と医療費の因果関係の検証.....	88

7.4 居住地周辺の都市環境および外出行動が医療費に及ぼす影響の分析.....	90
7.4.1 モデルの構築方法.....	90
7.4.2 推定結果.....	91
7.4.3 身体活動の促進に伴う医療費抑制効果の算出.....	93
7.5 結語.....	96
第8章 結論.....	99
8.1 本研究のまとめ.....	99
8.2 政策的知見.....	101
8.3 今後の課題.....	101

第1章 序論

1.1 研究の背景と目的

近年、我が国では高齢化が急速に進行しており、2000年に17.4%であった高齢化率（65歳以上の人口割合）が、2020年に28.8%に達し、さらに2035年には32.8%と全人口の3分の1以上が高齢者になることが予測されている¹⁾。高齢化に伴い医療費は増加の一途をたどっており、2000年度に24万円であった一人当たりの国民医療費は2019年度に35万円に達している²⁾。そこで、医療・介護制度を持続可能なものにするためにも、高齢者の健康を増進し医療費を抑制することが重要な課題の1つとなっている。

高齢者の健康増進のための方策として、外出機会の創出および徒歩移動の推進による運動不足の解消が挙げられる。外出機会の創出は、生きがいの創出や社会参加を促す。また、高齢者の徒歩移動の促進は、自立度低下や虚弱の危険因子を抑制させることが期待される。身体活動の促進が健康に寄与することは既存の報告で指摘されており、例えば健常高齢者の身体活動量は1日あたりの歩数により評価できること^{3,4)}、および歩数と体力が関連していること⁵⁾、高齢期の健康指導に歩数を用いることが有用であること⁶⁾などが示唆されている。また、Aoyagi and Shephard⁷⁾は、1日あたりの歩数および中強度の活動時間が「4,000歩・5分以上」のとき、精神的に健康であること、さらに「8,000歩・20分以上」のとき、身体的に健康であることを明らかにしている。以上の知見をふまえ、健康日本21⁸⁾では高齢者の「外出について積極的な態度をもつ者の増加」および「日常生活における歩数の増加」を目標として掲げており、2013年に告示された第2次健康日本21では、70歳以上の1日あたりの歩数の目標値として、男性は7,000歩、女性は6,000歩が定められている⁹⁾。

健康増進のために十分な外出や身体活動の達成には、個人の自助努力だけでは限界がある。そこで、都市・交通政策の面からは、公共交通や徒歩といった多くの身体活動を伴う外出を促す施策の実施や環境の整備が求められており、具体的な取り組みとして国土交通省により「健康・医療・福祉のまちづくりの推進ガイドライン」¹⁰⁾が策定されている。このガイドラインでは、まちづくりの基本的な5つの取り組みとして、「1.住民の健康意識を高め、運動習慣を身につける。2.コミュニティ活動への参加を高め、地域を支えるコミュニティ活動の活性化を図る。3.日常生活圏域・徒歩圏に都市機能を計画的に確保する。4.街歩きを促す歩行空間を形成する。5.公共交通の利用環境を高める。」ことが挙げられ、居住地や都市機能の集約を図る立地適正化計画を活用しながら都市環境を整備することを求めている。さらに、取り組んだ施策の効果をチェックするために、「まちづくりにおける健康増進効果を把握するための歩行量（歩数）調査のガイドライン」¹¹⁾（以下、歩行量調査ガイドライン）では施策によって生じる1日あたり歩数の差を1歩あたりの医療費で乗じることにより、医療費削減効果を算出することが示されている。

以上のように都市・交通施策において健康促進を目指すような指針が示されているが、実際に高齢者の身体活動の促進および健康増進に有効な都市・交通施策を設計し実施するためには、高齢者の身体活動を促すような外出行動の特性の把握という観点では、利用交通手段および地区や施設といった外出先の特性と身体活動の関係を定量的に把握することは必要不可欠である。また、施策の効果の検証という観点では、公共交通の運賃を割り引く施策をはじめとする高齢者を対象とした交通施策の効果を、外出行動や身体活動量などを通して定量的に分析することも重要である。さらに、身体活動の促進により抑制されることが期待される医療費についても、都市環境や外出行動との関係についてより実証的な知見の蓄積が必要になると考えられる。

上記の問題意識のもと、本研究は、高齢者の利用交通手段および外出先の地区・施設の特性といった

外出行動の特性と歩行量の関係の把握、公共交通の運賃を割り引く施策が身体活動量に及ぼす影響の検証、都市環境および外出行動の変化による医療費の抑制効果の検証を目的とする。

具体的には、富山市の高齢者を対象に、携帯端末を配布し最短 10 秒間隔の位置情報および歩行量を取得する調査を 2016 年と 2018 年に実施し、取得したデータを加工することで高齢者の外出行動と歩行量を把握する。そして、調査で取得したデータより外出先を地区レベルのミクロな空間単位で複数日にわたり把握し、外出先の特性と歩行量の関係や、中心市街地に来訪した日における行動の特性と歩行量の関係を分析する。次に、高齢者の 2 年間の外出行動や歩行量の経年変化を把握し、外出行動の変化と歩行量の関係を明らかにする。さらに、富山市で実施されている公共交通の運賃を割引する「おでかけ定期券事業」に着目し、制度の利用状況による外出行動や歩行量の違いを分析することを通して、高齢者を対象とした公共交通の運賃を割り引く施策の効果について検証する。そして、国民健康保険の医療費データを用いて、歩行量と医療費の因果関係を検証したうえで、居住地の都市環境や特性別の外出行動の頻度が変化することによる医療費の変化を明らかにする。

1.2 研究の構成

図 1-1 に本研究の構成を示す。まず、本章では本研究の背景と目的を述べた。第 2 章では、都市・交通環境と身体活動量および健康に関する研究をレビューし本研究の特徴を示す。

第 3 章では、本研究で実施した調査および調査で取得したデータの加工方法について述べる。そして、第 4 章および第 5 章では、高齢者の利用交通手段と外出先の地区および施設といった外出行動の特性と歩行量の関係を把握する。まず、第 4 章では地区レベルのミクロな単位での分析を行う。具体的には 1 日ごとの位置情報と歩数データから高齢者の歩行が多く伴う外出先の特性をマルチレベルモデルにより明らかにし、さらに中心市街地への来訪日について、利用交通手段および中心市街地における活動の特性と歩行量の関係を明らかにする。続いて第 5 章では、高齢者の加齢に伴う外出行動および歩行量の経年変化に着目し、活動の頻度が変化することにより歩行量に影響を及ぼす外出先や外出手段の特性をハイブリッドモデルで明らかにする。

続いて、第 6 章および第 7 章では、施策の効果を検証する。第 6 章では富山市のおでかけ定期券事業を対象に、公共交通の運賃割引施策の利用状況による外出行動や歩行量の違いを分析する。第 7 章では、交差遅延効果モデルによって歩行量と医療費の因果関係を検証し、共分散構造分析によって居住地周辺の都市環境および外出行動の変化が、身体活動の変化を通じて医療費に及ぼす影響を分析する。

最後に、第 8 章では本研究で得られた知見をまとめ、得られた知見から政策的含意を示し、そして残された研究課題について述べる。

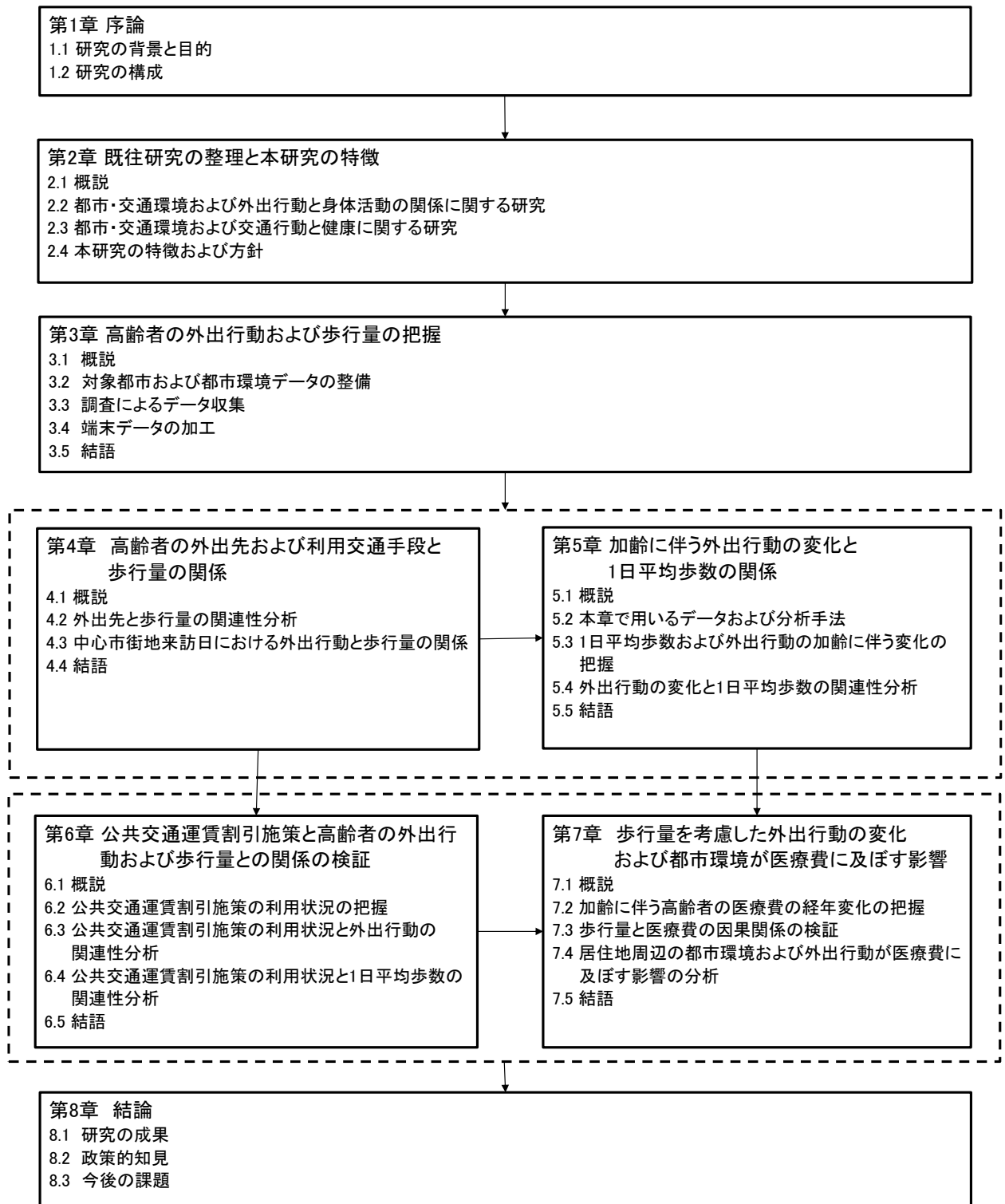


図 1-1 本研究の章節構成

第1章 参考文献

- 1) 内閣府：令和3年版高齢社会白書. 2021.
- 2) 厚生労働省：令和元（2019）年度 国民医療費の概況. 2019.
- 3) 陶山和晃, 朝井政治, 田中貴子, 田中健一郎, 宮本直美, 髯谷満, 千住秀明：健常高齢者の歩数と身体活動関連エ

エネルギー消費量に影響を与える因子の検討:一身体活動量の評価指標は歩数のみで評価が可能か?—. 理学療法科学. vol. 30, no. 4, pp. 513-518. 2015.

- 4) 大須賀洋祐, 藪下典子, 清野諭, 大久保善郎, 鄭松伊, 根本みゆき, フィゲロアラファエル, 田中喜代次 : 高齢者の身体活動基準に相当する1日あたりの歩数. 体力科学. vol. 64, no. 2, pp. 243-250. 2015.
- 5) 永山寛, 木村靖夫, 島田美恵子, 中川直樹, 西牟田守, 大橋正春, 宮崎秀夫, 浜岡隆文, 吉武裕 : 地方都市在住高齢者における日常生活での歩数と体力との関係. 体力科学. vol. 57, no. 1, pp. 151-162. 2008.
- 6) 渋谷孝裕 : 地域高齢者の健康づくりにおける1日平均歩数の有用性について. 日老医誌. vol. 44, no. 6, pp. 726-733. 2007.
- 7) Aoyagi, Y., Shephard, R. J. : Steps per day: The road to senior health? Sports Medicine. vol. 39, no. 6, pp. 423-438. 2009.
- 8) 健康・体力づくり財団 : 健康日本21企画検討会・健康日本21計画策定検討会報告書. 2000.
- 9) 次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会 : 健康日本21 (第2次) の推進に関する参考資料. 2012.
- 10) 国土交通省都市局 : 健康・医療・福祉のまちづくり推進ガイドライン (技術的助言) . 2014.
- 11) 国土交通省都市局 : まちづくりにおける健康増進効果を把握するための歩行量(歩数)調査のガイドライン. 2017.

第2章 既往研究の整理と本研究の特徴

2.1 概要

都市・交通環境が、徒歩による身体活動を促し、住民の健康増進につながるという仮説のもと、数多くの研究がなされてきた。本節ではこの仮説を実証的に検証した研究を整理しレビューする。研究を大別すると、都市・交通環境と身体活動量の関係を検証した研究、そして都市・交通環境と BMI や医療費などの健康指標との関係を検証した研究に分けられる。

2.2 都市・交通環境および外出行動と身体活動の関係に関する研究

2.2.1 都市・交通環境と身体活動量に関する研究の概説

本項では、都市・交通環境と身体活動との関係を検証した研究について概説する。居住地周辺の都市環境と身体活動量の関係について分析した研究は都市・交通計画分野や公衆衛生分野において国内外問わず数多くみられる。これまでの研究で身体活動との関係がみられた居住地の都市環境として、都市規模や都心までの距離といった居住地の立地特性^{1,2)}、人口密度や用途指定状況や土地利用といった居住地周辺の環境¹⁻⁶⁾、商業施設や生活環境施設、学校・職場といった居住者の目的地となるような施設の立地特性^{2,3,5-8)}、街路の接続状況や歩道の整備状況などの街路の歩きやすさ^{3,6,7,9)}、鉄軌道駅およびバス停からの距離といった公共交通の利便性^{1,2,6,7,9)}が挙げられる。様々な手法や観点でこれらの関係は検証されており、以下に具体的に各研究について概説する。

まず、PT 調査を用いることで全国の都市の住民の身体活動量を推定し、各都市および地域間の都市環境による違いを分析した研究として谷口ら¹⁾や松中ら²⁾の研究が挙げられる。谷口ら¹⁾は、万歩計とアンケートを用いた調査により交通手段別および滞在中の時間当たりの歩行量を計測し、さらにこれを全国の PT 調査に適用することにより、歩行量の都市規模や人口密度、用途地域の指定状況による違いを明らかにした。また、松中ら²⁾は PT 調査のデータを用いて、交通行動に伴う身体活動量を算出し、個人属性と小地域特性の両側面を考慮したうえで、都市規模別に DID、人口密度などの都市環境、さらに鉄道駅からの距離、最寄り駅の運行本数などの交通環境が移動時の身体活動量に及ぼす影響を分析した。

また、土地利用や街路の接続状況といった街区レベルの都市環境を把握し、同一都市内の地区間の比較を通して身体活動量との関係を検討した研究として、Feuillet et al.⁷⁾Lu et al.⁴⁾がある。Feuillet et al.⁷⁾は、地区間の異質性を考慮したうえで土地利用の混合度合い、人口密度、街路の接続性が歩行量に及ぼす影響を分析した。また、Lu et al.⁴⁾は香港を対象に人口密度が高い都市における人口密度と未成年者の歩行時間の関係を用量反応モデルによって分析し、人口密度と歩行時間の関係は人口密度 3 万~6 万人/km² をピークとする逆 U 字型であることを示した。

GPS を使って歩行場所とその周辺の都市環境を把握し、居住地周辺の都市環境と身体活動量との関係を検証した研究として例えば、Huang et al.⁵⁾や Rundle et al.⁶⁾がある。Huang et al.⁵⁾は GPS で観測した歩行の頻度・期間・場所のデータを用いることにより、居住地周辺の都市環境と居住地周辺の歩行との関係を分析し、居住地周辺の人口密度と従業員密度が高い地域において、多くの歩行が観測されることを示した。また、Rundle et al.⁶⁾は居住地周辺の活動範囲内と活動範囲外の Walkability 指標を計測し、居住地から 883m 内の範囲、GPS により把握した活動範囲いずれについても Walkability 指標は中強度以上の身体活動時間と関連性があることを示した。

都市環境に加え、各交通手段への嗜好性、公共交通の運賃割引の利用可能性、情報提供や行動変容について分析した研究も見られる。例えば、Langlois et al.⁹⁾は北アメリカの TOD 居住者を対象とした交通調査データより、交通行動に伴う身体活動量は、歩くことを好む人や公共交通の割引を利用できる人において多く、さらに建造環境に着目すると居住地および目的地における徒歩によるアクセスのしやすさが身体活動量へ正の影響を及ぼしていることを明らかにした。また、施策による行動変容について分析した研究として、Keall et al.¹⁰⁾がある。Keall et al.¹⁰⁾は、ニュージーランドにおける歩行環境の改善、自転車レーンの整備といったインフラの整備や情報提供、教育を通じた徒歩移動および自転車による移動を促す施策である Model Communities Programme の効果について、どのようなグループにおいて大きくなるのかに着目して分析し、便益を最大化させることが期待される施策前から活発でない人への影響よりも、施策前から活発な活動をしている人において、増加する確率が高いことを示し、この施策の課題を明らかにした。また、孔ら¹¹⁾は生活施設までの許容できる最大の徒歩移動距離について、歩行環境整備や情報提供施策による変化をアンケートで把握し、これらの施策が身体活動量に及ぼす影響を評価した。さらに、崔ら¹²⁾は変容後の行動を維持することが困難なために生じる生活習慣の逆戻り現象に着目し、健康増進に関する生活習慣の中断に及ぼす要因を分析し、徒歩習慣や運動習慣といった身体活動に関する習慣の中断は、主観的な生活環境への阻害感に影響を及ぼされやすいということを示した。

さらに、パネルデータを用いることで居住地周辺の都市環境と身体活動量の関係を経年的に検証した研究もなされており、例えば Curl et al.³⁾や Wasfi et al.⁸⁾が挙げられる。Curl et al.³⁾は居住地周辺の都市環境と歩行量の関係について、居住地周辺の都市環境の改善と、転居による都市環境の変化に着目して分析し、転居は歩行頻度の増加に寄与すること、居住地周辺の環境の改善は、歩行頻度の減少の抑制に寄与すること、過去の歩行習慣はその後の歩行頻度の変化へも強い影響を及ぼすことを明らかにした。Wasfi et al.⁸⁾は 1994 年から 2006 年に調査を行いそれぞれ 3 か月の間の歩行目的別の歩行時間を尋ね、徒歩による都市施設へのアクセス性を表す指標である Walk Score®の高い地域に住み続けている人の歩行時間は長く、また Walk Score®の高い地域に移住した人の歩行時間は増える傾向にあることを明らかにした。

以上よりこれまでの研究で、居住地周辺の都市環境が充実していると身体活動が多い傾向があり、また交通手段への嗜好性や情報提供についても身体活動に影響を及ぼすことが示されていることが分かる。次項では高齢者を対象に都市環境および交通環境が外出行動および身体活動量に及ぼす影響を分析した研究をみる。

2.2.2 高齢者を対象とした都市・交通環境と外出行動および身体活動量との関係に関する研究

本項では、高齢者の外出行動、とくに外出や徒歩による移動について分析した研究についてまず整理し、次に高齢者を対象に都市環境および交通環境が身体活動量に及ぼす影響を分析した研究をレビューする。さらに、高齢者の徒歩圏外への外出を促すことが期待される公共交通の運賃を割り引く施策の効果を検証した研究についてレビューする。

1) 都市・交通環境と高齢者の外出行動の関係

高齢者には、居住地周辺の都市環境に加えて、若年層とは異なり自動車の運転や歩行能力、活動能力が外出行動に影響を及ぼすことが考えられる。そこで、高齢者を対象に都市・交通環境と外出行動の関係を分析した研究をレビューする。外出頻度や徒歩トリップなど高齢者の外出行動に都市環境や交通環境が及ぼす影響を分析した研究はこれまでも数多くある。

高齢者の外出頻度や外出確率を分析した研究として、例えば柳原らの一連の研究^{13, 14)}や駒沢ら¹⁵⁾、西堀ら¹⁶⁾、Kizony et al.¹⁷⁾がある。柳原¹³⁾は、地方部（米原市）を対象に高齢者の外出頻度に及ぼす要因

を決定木分析手法により分析し、外出頻度には移動手段が自分で運転する自動車であることが最も影響を及ぼしており、自動車を自分で運転しない高齢者については年齢および手段的自立が影響を及ぼしていることを示した。さらに柳原ら¹⁴⁾は都市部（大阪市生野区）についても調査および分析を行い、都市部でも地方部と同様に移動手段が自分で運転する自動車であることが最も影響を及ぼしているものの、自動車を自分で運転しない高齢者については地方部と異なり、近所との付き合い等を含む社会的な自立度が影響を及ぼしており、さらに社会的な自立度が低い人については移動手段が公共交通であることが影響を及ぼしていることを示した。駒沢ら¹⁵⁾はパーソントリップ調査のデータを用いて、高齢者の目的別の活動の発生確率に自動車の利用可能性が及ぼす影響を分析し、買物目的の場合、専用自動車を利用できる状態にある人で、加齢の進行に伴う外出活動の発生確率低下を抑制する効果がみられること、食事・社交・娯楽の場合、専用自動車の利用による抑制効果が女性のみにおいてみられることを明らかにした。ただし、ここでの加齢に関する変化はパネルデータによるものでなく、単年度の年齢や歩行可能距離のクロスセクションデータによって計測した加齢の進行度合いから分析している。また、西堀ら¹⁶⁾はPT調査を用いた高齢者の目的別の活動状況の分析により、標高差といった地形が高齢者の活動しやすさに及ぼす要因になると指摘し、標高差のある地域においてバスなどの地域交通が高齢者の活動の促進に果たす役割をアンケート調査により分析した。Kizony et al.¹⁷⁾は、社会経済学的な属性や年齢・性別・教育状況といった個人属性が、各交通手段の利用頻度や、各交通手段への選好性を介して、高齢者の外出を伴う活動レベルに及ぼす影響を、共分散構造分析により分析した。

高齢者の外出の特性として生活空間を検証した研究として、Baker et al.¹⁸⁾がある。Baker et al.¹⁸⁾は高齢者の身体活動の実態を、生活空間を通じて把握する調査方法として life space assessment (LSA) を開発した。LSA は住居内・住居周辺・住居近隣・町内・町外の5つの地区における活動の有無・各生活空間における活動の頻度や補助具の使用や介助の有無から得点化する指標であり、Baker et al.の検証では身体能力や主観的な健康と相関関係がみられることを確認している。さらに、島田ら¹⁹⁾は、構造方程式モデリングを用いて LSA に及ぼす要因について分析し、服役・通院・入院歴といった個人属性が生活空間を縮小させる影響を及ぼすこと、駅勢圏をはじめとした物的・人的環境が生活空間を拡大させる影響を及ぼすことを明らかにした。

また越智ら²⁰⁾は高齢者においてトリップに占める割合の高い私事活動に着目し、GPS と紙によるアンケートを組み合わせた調査を行い、目的別の活動回数や活動場所（自宅からの距離 1km 圏内外）と活動種類の関係、活動場所と利用交通手段の関係、さらに代表的な高齢者の活動パターンを把握し、高齢者を対象とした施策やその効果の評価方法の提案を行った。

高齢者の徒歩によるトリップの特性を把握した研究として例えば Sugiyama et al.²¹⁾や佐藤ら²²⁾、Winters et al.²³⁾、Hatamzadeh and Hosseinzadeh²⁴⁾、Liu et al.²⁵⁾がある。Sugiyama et al.²¹⁾はオーストラリアの交通行動調査のデータを用いることで、年齢層別に各目的地別の居住地からの歩行距離を計測し、65歳～84歳の高齢者の徒歩によるトリップ距離の中央値は店や公共交通の停留所からは670mであること、公園など自然施設からは970mであることなどを把握した。また、佐藤ら²²⁾は高齢者の徒歩移動能力に着目することで、地形条件と身体能力から代謝エネルギーを勘案した換算距離を開発し、直線距離や経路距離と比べて、高齢者の施設の利用回数の予測精度が高いことを示した。Winters et al.²³⁾は、バンクーバー中心部の歩行利便性の高い地域に居住している高齢者を対象に調査を実施することで、外出先別に分担率を把握し、徒歩の分担率がバンクーバーのほかの地域に対して多いことを明らかにした。Hatamzadeh and Hosseinzadeh²⁴⁾は、イランにおける高齢者の徒歩移動の選択確率を男女別に分析し、男女ともに徒歩が選択される確率の高いトリップ特性は、トリップ発生点の土地利用の多様性とトリップ距離が短いことであることを明らかにした。さらに、Liu et al.²⁵⁾は、高齢者の余暇活動に伴う歩行トリップ時間と近隣環境への満足度との関係を、ランダム効果順序ロジットモデルで個人間の異質性を考慮したうえで分析し、居住地周辺的美観への満足度や歩道の状態への満足度や、交通安全、

防犯への満足度が歩行時間と関連していることを示した。

この他にも谷本²⁶⁾は、高齢者の活動能力に応じて、公共交通サービスの利用しづらさとして取り上げる要因が異なることを指摘した。

以上で示したように、居住地周辺の都市環境に加えて、自動車の運転ができないこと、身体能力の制約といった要因が高齢者の外出頻度や徒歩トリップ、活動範囲に影響を及ぼしていることがこれまでの研究で明らかにされている。

2) 高齢者を対象とした都市・交通環境と身体活動の関係に関する研究

高齢者を対象に、都市環境と身体活動量との関係を分析した研究も数多くなされている。居住地周辺の都市環境への評価と身体活動量との関係を分析した研究として生方ら²⁷⁾や齋藤ら²⁸⁾が挙げられる。生方ら²⁷⁾は、長野県小布施町 60 歳以上の高齢者を対象に、調査で聞き取った身体活動量とバリアフリーや、ごみ収集所といった地域環境への評価との関係を分析した。齋藤ら²⁸⁾は、移動による歩行と余暇による歩行時間をそれぞれについて聞き取り、近所の環境との関係を分析し、男女ともに有意な関係がみられたものとして、移動による歩行時間には近所にスーパー・商店があること、歩道があること、自転車・オートバイがないことが歩行時間を長くする影響を及ぼし、余暇活動による歩行時間には近所で運動実施者を見かけること、景観が良いことが歩行時間が長くなる影響を及ぼしていることなどを明らかにした。また Koohsari et al.²⁹⁾は徒歩による都市施設へのアクセス性を表す指標である Walk Score®を計測し、欧米と同じく日本においても Walk Score®の高い地域では歩行時間が長いこと、車の運転時間が短くなる傾向にあることを明らかにした。

また、高齢者の加齢に伴う身体活動量の経年変化と都市環境との関係を分析した研究もなされており、例えば Marquet et al.³⁰⁾や Hirsch et al.³¹⁾、Liao et al.³²⁾が挙げられる。Marquet et al.³⁰⁾はパネル調査ではないものの、65 歳～74 歳の高齢者の 10 年間にわたる変化を分析し、外出しない人の割合は Walkability の低い地域において高く、平均歩行時間は Walkability の低い地域において短くなることを示した。また、Hirsch et al.³¹⁾は 45 歳～84 歳の中高齢層から高齢者を対象に 10 年間の歩行時間を 4 時点にわたり取得し、年齢が高くなるほど歩行時間は減少すること、調査開始時点の居住地の都市環境は歩行時間の変化に影響を及ぼすこと、調査開始時点の都市環境の方がその後の都市環境の変化よりもやや影響は大きいこと、交通に伴う歩行の方が余暇活動による歩行よりも都市環境に影響を及ぼされることを明らかにした。このほかにも Liao et al.³²⁾は練馬市および鹿沼市の 40～69 歳の中高齢層および前期高齢者を対象に目的別の歩行量を聞き取り、GIS により算出した都市環境指標とアンケートにより把握した居住者が感じる都市環境指標との関係を分析し、GIS で計測した人口密度および道路の接続性の高い地域において通勤および運動目的の歩行時間が長くなる傾向にあることを示した。

3) 高齢者を対象とした交通施策に関する研究

高齢者を対象とした交通施策として、シルバーパスをはじめとする公共交通の運賃を割引する施策がある。ここでは公共交通の運賃を割り引く施策の効果について検証した研究についてレビューする。

田邊³³⁾は、交通市場の効率性や所得再配分など経済学的な観点から、高齢者を対象とした公共交通運賃割引施策の持つ機能および問題点を網羅的に挙げ、その中で医療費削減などの外部効果が運賃の割引率に見合うものであるかの検証の必要性を指摘している。

高齢者を対象とした運賃割引制度と外出行動の関係を分析した研究として、秋田市の郊外部を対象にバス運賃低廉化政策による行動変化および生活の質の変化をアンケートで調査した安藤ら³⁴⁾の研究、大都市郊外部を対象に鉄道パス購入者と非購入者の外出頻度や外出先をアンケート調査により比較した南ら³⁵⁾の研究が挙げられる。また、鈴木ら³⁶⁾はバスを利用できない人のタクシー運賃を割り引く施策の効

果を検討することを目的に、アンケート調査でタクシー運賃が割引された場合の外出行動および外出意識の変化を分析した。

中川ら³⁷⁾は IC カードデータを用いて、シルバーパス利用者と非利用の IC カード所有者の公共交通利用状況を比較し、年齢層別の IC カード利用回数や時空間集中度が異なること、シルバーパスは高齢者のカード利用継続の中止に抑止効果をもつことを明らかにした。しかし、シルバーパス所有者の比較対象が IC カードの所有者という公共交通利用者であること、居住地の特性が把握されていないことから、その効果の評価は不十分であると考えられる。

また国外についてみると、イギリスでは 60 歳以上の高齢者に無料でバスなどの公共交通を使用できるバスを発行する制度が全国の自治体で実施されており、この効果の検証もなされている。Baker and White³⁸⁾は、2006 年に運賃半額から無料で利用できるようになったイングランドの地方都市であるソールズベリーで調査を実施し、2006 年前後の 1 週間の交通行動を尋ねることで、価格弾力性を算出し、制度により事業者に支払われる補助金が適切であるか検討した。また、Webb et al.³⁹⁾は、イングランドの高齢者を対象に行ったパネル調査により、制度により公共交通の利用回数が増えており、公共交通の利用促進により中心性肥満のリスクが減る可能性があることを示唆した。

これらの研究では、アンケート調査で外出頻度や外出先、公共交通利用頻度などを尋ねることで施策の効果を評価しているが、徒歩移動・歩数との関連性についてまで分析した研究はみられない。また、アンケート調査の特性から、具体的なヶ月にわたる外出先の分布の違いなど詳細な行動は把握されていない。

2.2.3 外出行動と身体活動量の関係について検証した研究

2.2.1 では都市・交通環境と身体活動量の関係について分析した研究を概説し、2.2.2 では高齢者の外出行動の特性や、都市環境および個人属性と高齢者の外出行動や身体活動量について分析した研究について概説した。2.2.2 でみたように高齢者の外出行動および身体活動量は、自動車の運転の可否や、身体能力の制約といった加齢に伴って変化することに影響を受けており、高齢者を対象とした施策を検討するには変化する外出行動と身体活動量の関係について検証する必要があると考えられる。そこで、本項は都市・交通環境と身体活動量との関係を分析した研究の中でも、外出行動と身体活動量との関係について検証した詳しく分析した研究についてレビューする。以下、外出行動と身体活動量との関係を分析した研究について、利用する交通手段に着目した研究、外出先に着目した研究それぞれについてレビューする。

交通行動と交通行動に伴う身体活動量との関係を分析した研究として孔ら⁴⁰⁾や大庭ら⁴¹⁾、Voss et al.⁴²⁾が挙げられる。孔ら⁴⁰⁾はパーソントリップ調査のデータを用いて徳島広域都市圏における交通行動に伴う身体活動量を分析し、交通行動による身体活動量が推奨身体活動量に占める割合が 2000 年では 17%であることなどを把握した。大庭ら⁴¹⁾は、全国のパーソントリップ調査のデータを用いて、代表交通手段別の身体活動量を把握し、公共交通を利用したトリップ中の身体活動量は他の手段よりも大きいことを明らかにした。また、Voss et al.⁴²⁾は、バンクーバー中心部に住む高齢者に GPS および加速度計を配布し、公共交通を利用した移動のほうが利用しない移動よりも、身体活動量が大きいことを示した。

以上は交通行動中の身体活動量を分析した研究であるが、Brondeel et al.⁴³⁾は GPS を用いた高齢者を対象とする調査の結果、交通行動に伴う身体活動量と、その日の交通行動以外の活動に伴う身体活動量および翌日の全ての身体活動量との間には負の相関があること、これらを考慮して交通行動と身体活動との関係を分析する際には、交通行動以外の活動に伴う身体活動量についても計測すべきだということを指摘している。そこで、交通行動と全ての身体活動量の関係を分析した研究についてみると、Carlson et al.⁴⁴⁾の、10 代を対象とした調査では、歩行時間、自転車移動時間、自動車利用時間と全体の身体活動量の関係を分析し、歩行時間が 1 分増えると、中強度以上の活動時間も 1 分増加する傾向を

明らかにしている。高齢者を対象とした研究についてみると、柳原・服部⁴⁵⁾は、生活活動の中での交通行動と身体活動量の関係を分析し、外出の有無および交通手段別に歩数を比較したが、対象者は7名と限られている。高齢者を対象に交通行動と全ての身体活動量との関係を分析した研究は限られており、また Brondeel et al.⁴³⁾の指摘を踏まえると、複数日の身体活動量と交通手段別の外出頻度の関係を分析する必要があるが、以上の分析を十分なサンプルサイズで行った研究はみられない。

次に外出先の特性と身体活動量の関係を検証した研究についてレビューする。これまでも多くの研究で外出先の特性に着目して、外出行動と身体活動量の関係が明らかにされている。

居住地からの距離に着目した研究として Hurvitz et al.⁴⁶⁾が挙げられる。Hurvitz et al.⁴⁶⁾は750人にGPSと加速度計を配布し、居住地からの距離別に、身体活動レベルを比較した。その結果、居住地周辺でより多くの中強度以上の身体活動が行われていることを明らかにした。

また、居住地以外の外出先の環境に着目した研究として Howell et al.⁴⁷⁾は、大学生を対象に Walkability と交通行動に伴う身体活動量の関係の強さを分析し、日常生活空間すべての周辺環境を考慮した方が、居住地のみの周辺環境や職場および学校周辺の環境のみを考慮した場合よりも強く身体活動量と関連していることを示した。一方、居住地および職場圏内における建造環境と中強度程度の身体活動時間との関係を明らかにすることを目的にGPSデータおよび加速度データを用いた調査を行った Troped et al.⁴⁸⁾の研究では居住地および職場1km圏内における身体活動時間では関連性が認められたものの全身体活動時間の関連性が認められなかった。また Zenk et al.⁴⁹⁾は、GPSログデータを用いて個人の活動範囲内のスーパーマーケットの有無、ファーストフード店数や公園土地利用の割合といった特性を把握し、これら活動範囲の特性と身体活動量および肥満との関係を分析したが、活動範囲のスーパーマーケットの有無、ファーストフード店数は、食生活と関連性があるものの、活動範囲内の公園土地利用の割合と身体活動量との関係については、統計的に有意となるような関連性はみられなかった。

さらに外出先として中心市街地への来訪による身体活動量を計測した研究として、井上ら⁵⁰⁾、松中ら⁵¹⁾が挙げられる。井上ら⁵⁰⁾は自動車による来訪について中心市街地と郊外店の歩行行動および消費エネルギーを比較し、中心市街地のほうが、消費エネルギーが大きいことを明らかにした。また、松中ら⁵¹⁾は、富山市中心部でGPSおよび歩数を取得する端末を配布する調査を実施し、公共交通で来訪した人や食事・社交・娯楽目的で来訪した人の中心市街地内の歩数が多く滞在時間が長いことを示した。

都市施設に着目した研究として、大橋ら⁵²⁾、大森ら⁵³⁾、生方ら²⁷⁾が挙げられる。大橋ら⁵²⁾は居住地から都市公園までの距離と利用回数との関係に着目し、都市公園の整備による利用回数の変化がもたらす身体活動量の変化をアンケート調査から評価した。また、大森ら⁵³⁾は徒歩のみの外出のトリップチェーンについて分析し、居住地を出発してから1つ目の目的地となる地点500m圏内の施設密度と、外出中の徒歩トリップ数が居住地との往復の2トリップに1トリップ以上加えて3トリップ以上になる確率に、関連性があることを示した。また生方ら²⁷⁾の各目的の頻度および歩行時間をアンケートにより高齢者から聞き取った調査では、中心部・農村部ともに買い物頻度と歩行活動量の間に相関がみられた。

以上の研究の中で、同一対象者について複数日の全ての身体活動について分析した研究はZenk et al.⁴⁹⁾、Troped et al.⁴⁸⁾のみであり、施設や地区への訪問頻度と身体活動量との関係を分析した研究はみられない。また外出先への来訪に利用する交通手段についても、考慮されていないか、徒歩のみおよび自転車に限定されている研究が多い。

2.2.4 都市・交通環境と外出行動および身体活動量との関係に関する研究の課題

以上、2.2.1で都市・交通環境と身体活動量の関係を分析した研究、2.2.2で高齢者を対象に外出行動や身体活動量を分析した研究、2.2.3で外出行動と身体活動量の関係を分析した研究についてみたが、本項では高齢者を対象とした身体活動量の促進の観点から、これらの研究の課題を示す。

まず、2.2.3で指摘したように、高齢者を対象に外出行動と交通行動中、外出中以外の身体活動も含め

た1日中全ての身体活動量との関係を分析した研究は限られており、高齢者の外出行動と身体活動量との関係について、地区や施設といったミクロなスケールでの外出先の特性と身体活動量との関係を分析した研究はみられない。また徒歩移動のみではなく滞在中の身体活動も含めた、中心市街地への来訪行動に伴う身体活動についての研究は、到着後50分間の消費エネルギーを計測した井上ら⁵⁰⁾、中心市街地内の歩行量を計測した松中ら⁵¹⁾のみであり、来訪前後も含めた中心市街地に来訪した日の歩行量を分析した研究はみられない。

次に、Brondeel et al.⁴⁹⁾の指摘を踏まえると、外出行動による歩行量の変化をより正確に把握するためには、複数日にわたる身体活動量と交通手段別の外出頻度の関係を分析する必要があるが、施設や地区への訪問頻度と身体活動量との関係を分析した研究はみられない。さらに、外出先への来訪に利用する交通手段についても、身体活動量との関係を分析する際に考慮されていないか、徒歩や自転車に限定されている研究が多い。また、外出行動や身体活動量の経年変化をアンケートにより把握し居住地周辺の都市環境との関係を明らかにした研究はみられるが、各交通手段の利用頻度や商業地区や中心市街地など外出先の特性別に訪問頻度の変化を把握し、どのような特性の外出が行われる頻度がどれくらい経年変化するのかということ定量的に明らかにされていない。

加えて、徒歩圏外への活動や自動車を運転できない高齢者の外出を促すことが期待される、高齢者を対象とした公共交通運賃割施策の効果に関する研究についてみると、2.2.2の3)で述べたように、公共交通利用頻度や外出先などをアンケートで尋ねることで施策の効果を評価しているが、身体活動との関連性について分析した研究はみられない。また、アンケート調査の特性から、具体的な一ヶ月にわたる外出先の分布の違いなど詳細な行動は把握されていない。施策の健康増進への効果を定量的に把握するためにも、身体活動量についての分析が必要であると考えられる。

2.3 都市・交通環境および交通行動と健康に関する研究

2.3.1 都市・交通環境および交通行動と健康指標との関係を分析した研究

これまでにも都市・交通環境が健康に及ぼす影響や交通行動が健康に及ぼす影響について様々な観点から検証されている。健康指標として、主観的な健康度合い、QOLなど精神的な健康を表す指標、BMIなど体形に関する指標、採血や血圧などメタボリックシンドロームに関する指標、寿命や健康寿命に関する指標、生活習慣病などの受診率・疾病率・死亡率、医療費が挙げられる。本項では、都市・交通環境と各健康に関する指標との関係を分析した研究と、交通行動と健康指標の関係を分析した研究についてレビューする。

まず、都市・交通環境と健康指標との関係を分析した研究をレビューする。生活習慣病の受診率・疾病率との関係を分析した研究をみると、長谷川ら⁵⁴⁾は町丁目別に各疾病の受診率を分析し、鉄道駅500m圏内など公共交通の利便性が高い地域において、高血圧症、糖尿病、脳卒中、脂質異常といった各疾病の受診率が低い傾向にあることを示した。Pereira et al.⁵⁵⁾はリスボン首都圏内の211の小教区を対象に、Walkabilityや公共交通の利便性が、徒歩、自転車、公共交通の利用に伴う身体活動の増加や大気汚染の低減を通してII型糖尿病の罹患率に間接的に影響を及ぼすことを共分散構造分析により示した。また、Song et al.⁵⁶⁾は、シンガポールの高齢者を対象に調査を実施し、各サービス施設やレクリエーション施設へのアクセス性とWalkabilityが交通行動に伴う身体活動、余暇活動に伴う身体活動量を介して健康状態に及ぼす影響を、健康状態が各身体活動量に及ぼす影響を考慮した同時方程式により解析したうえで、公園へのアクセス性が余暇活動中の身体活動量を通じて疾患中の生活習慣病の数に影響を及ぼしていることを示した。さらに、Song et al.⁵⁶⁾は高齢者の自立生活の能力に関する指標(IADL)についても同様の方法で分析し、交通行動に伴う身体活動量とIADLは双方に影響を及ぼしあっていることを明らか

にした。

また、都市・交通環境が BMI に及ぼす影響を検討した研究として、難波・室町⁵⁷⁾、佐々木ら⁵⁸⁾、崔ら⁵⁹⁾が挙げられる。難波・室町⁵⁷⁾の、歩道整備率の異なる 4 地区の住民を対象とした調査では地域間には BMI に有意な差は認められなかった。一方で、佐々木ら⁵⁸⁾は BMI についても聞き取った 2015 年の全国 PT 調査をもとに三大都市圏と地方都市圏の BMI を年齢層別・性別ごとに比較した結果、一部の年代を除き三大都市圏の方が BMI は低い傾向にあることを示した。また、崔ら⁵⁹⁾は共分散構造分析により BMI にバス停および公園の有無が、個人の活動および意識を介して間接的に及ぼす影響がみられることを明らかにした。

さらに、前述の崔ら⁵⁹⁾は心の健康を表す指標である QOL に及ぼす影響についても分析しており、BMI と同じく、バス停および公園の有無が間接的に影響を及ぼすことを示している。

都市・交通環境が主観的健康感に及ぼす影響を分析した研究として、佐々木⁶⁰⁾、Sharp et al.⁶¹⁾が挙げられる。佐々木⁶⁰⁾は居住地における施設へのアクセシビリティと主観的健康評価との関係を分析した。また、Sharp et al.⁶¹⁾は居住地以外の活動場所を把握し、主観的健康感へ及ぼす影響について、居住地周辺および活動場所周辺環境の主効果と、居住周辺環境と活動場所周辺環境との交互作用効果を推定し、公的扶助を受けている世帯や母子家庭など社会的不利益層の多いような不利の集積がなされている地域の居住者の主観的健康感が悪いものの、不利の集積がなされていないような地区に外出すれば、主観的健康感改善される可能性があることを示した。

次に、交通行動と健康指標との関係を分析した研究をレビューする。長谷川ら⁵⁴⁾は市町村別の通勤通学時の交通手段と各疾患による死亡率の関係を分析し、急性心筋梗塞・心不全・脳梗塞と、自動車分担率との間には正の相関、公共交通の分担率および自転車・徒歩による分担率との間には負の相関がみられることを明らかにした。さらに赤木ら⁶²⁾は、都道府県別の公共交通分担率と医療費および各病気の受診率との関係を、年齢および男女の違いによる影響を考慮したうえで分析し、公共交通の分担率は医療費および受診率に影響を及ぼすことを示した。また Raza et al.⁶³⁾は、59 の前向き研究のデータを用いたメタ分析を通して、通勤中の身体活動が基準(11.25 METs·hours week)以上のときの、心筋梗塞リスク・II 型糖尿病のリスクの減少量、余暇中の身体活動が基準以上のときの、心筋梗塞リスク・II 型糖尿病の大腸がん、乳がん、心不全、脳卒中のリスクの減少量を明らかにした。

さらに交通行動と BMI やメタボとの関係の分析は、数多くの研究で行われている。通勤・通学時の交通手段に着目すると、自動車通勤通学している人と比べて、公共交通や徒歩・自転車で通勤通学している人の方が、BMI が低いことやメタボ・肥満である人の割合が低いことが、難波・室町⁵⁷⁾、Sha et al.⁶⁴⁾で示されている。また、通勤時以外の交通手段についても分析は行われている。例えば、佐々木ら⁵⁸⁾の 2015 年 PT を用いた代表交通手段と BMI との関係の分析でも、自動車やバイクが代表交通手段の人は公共交通や徒歩・自転車が代表交通手段の人よりも BMI が高い傾向にあることを示した。また、谷口ら⁶⁵⁾は通勤目的・業務目的の自動車の利用時間と BMI の間に正の相関がみられることを明らかにしている。交通手段と BMI の関係の分析は海外の研究においてもみられ、Passi-Solar et al.⁶⁶⁾はチリで最も頻繁に利用する交通手段を聞き取り、最も頻繁に自動車を利用する人に比べて、公共交通や自転車・徒歩による移動を最も頻繁に行う人の BMI は低い傾向にあることを示した。

さらに BMI に加え、谷口ら⁶⁵⁾と Passi-Solar et al.⁶⁶⁾は、健康診断データなどを用いることで肥満になるリスクの分析もしている。谷口ら⁶⁵⁾は健康診断の血圧・血糖・脂質のデータを用いてその人がメタボリックシンドロームであるか判定し、通勤・業務・買い物目的において自動車やバイクを利用している人は、そうでない人と比べてメタボやメタボ予備軍の割合が高いことを明らかにしている。また Passi-Solar et al.⁶⁶⁾は、公共交通や自転車・徒歩で外出している人は自動車を使う人と比べて、血中のビタミン D 濃度が高く、コレステロール値が低く、血液検査の肝機能に関する数値が悪く、よって肥満のリスクが低い傾向にあることを示した。

高齢者の健康状態として高齢者の自立生活能力の度合いと交通行動との関係を分析した研究として谷本⁶⁷⁾がある。谷本⁶⁷⁾は地方都市の高齢者を対象にアンケート調査を実施し、外出手段が生活機能の1年の推移に及ぼす影響を分析し、家族による送迎を除く自家用車や公共交通を外出手段とすることは生活能力の維持に貢献していることが示唆されることを示した。

以上で挙げた研究により、Walkability や公共交通の利便性の高い地域における居住すること、公共交通や徒歩・自転車による移動を行うことで、より健康な状態になることが示唆されている。次項では、都市・交通施策による健康便益の評価方法や医療費について分析した研究をレビューする。

2.3.2 都市・交通政策分野における健康便益の評価方法

都市・交通施策が健康に及ぼす影響を便益として金銭的に評価し、施策の便益として計測する方法はこれまでも様々な検討がされている。健康分野以外の政策が健康に及ぼす効果の金銭的な評価、すなわち Health impact assessment(HIA)を行うための方法がこれまでも検討されている。

徒歩や自転車による移動を伴う交通手段への転換を促す施策について HIA を行った研究についてシステマティックレビューを行った Mueller et al.⁶⁸⁾によると、これらの研究では、交通行動が身体活動や大気汚染、交通事故を通して健康に及ぼす影響を金銭的に評価するために、死亡率、生活習慣病の罹患率、平均寿命、障害調整生存年数 (DALYs)、活動の制限のかかる日数、医療費の変化を推計し、これらを金銭価値に変換することによって健康便益を算出している。

また、実務面についてみると、WHO のヨーロッパ地域事務局は、専門的な知識が無い人でも徒歩移動や自転車利用の促進による健康便益の算出を可能とするツールとして、Health Economic Assessment Tool (HEAT)⁶⁹⁾を提供している。HEAT は、施策による交通行動の変化から、死亡率が減少することによる効果を算出するツールである。死亡率が減少することの金銭価値は、死亡率の減少に対する支払意思額 Value of a statistical life (VSL)によって算出されている。

さらに、英国では HEAT をベースに Tainio et al.⁷⁰⁾が提案した健康便益の評価方法に基づき、WebTAG⁷¹⁾でガイダンスおよびスプレッドシートを提供している。方法としては施策による歩行者や自転車の利用時間の変化を身体活動量 METs 時に変換し、身体活動量の増加が死亡率を低下させることによる余命の増加を金銭化して、便益を推計している。WebTAG を利用した研究として、例えば Aldred and Croft⁷²⁾は、地区単位の都市環境整備施策の評価を低コストで実施するために、街頭調査のデータと、歩行者数および自転車数の断面のカウントデータを組み合わせることにより、歩行量の増分を推定し WebTAG を用いることによって、健康便益を測定することを提案している。

また、ニュージーランドでも、交通施策の便益評価マニュアル⁷³⁾の中で、徒歩や自転車の便益として、徒歩および自転車の 1km あたりの健康便益が記されている。健康便益の算出根拠として、ニュージーランドのマニュアルでは、まず運動不足の解消による便益を算出している⁷⁴⁾。この際に、運動不足を起因とする疾病により死亡や障害を有することで失われた年数の減少に加え、運動不足を起因とする疾病にかかる医療費の減少についても考慮している。運動不足を起因とする疾病にかかる医療費の推定には、国の医療費総額と、全死亡者のうち運動不足を起因とする疾病で死亡した人の割合を乗じることにより、運動不足に起因する国の医療費の合計を推定し、この合計値を運動不足の人数で割ることで、一人が運動不足になることによる医療費の増分を算出している。この運動不足の解消による便益を、現時点での国民の身体活動状況と、身体活動状況別の運動量を増やすことによる便益によって重みづけすることにより、徒歩および自転車による移動が 1km 増えることによる便益を推定している。さらに、Bassett et al.⁷⁵⁾はマニュアルと同じ方法で、年齢層別・民族別に徒歩および自転車による移動が 1km 増えることによる便益を推定している。

一方で、日本では歩行量を観測し、歩行による健康増進効果として1日1歩あたりの医療費抑制効

果（0.065 円～0.072 円）を用いて施策の便益を計測することが国土交通省の歩行量調査ガイドライン⁷⁶⁾で提案されている。身体活動の促進による医療費の抑制効果を分析した研究は数多くあり、このガイドラインではこれらの研究をもとに1日1歩あたりの医療費抑制効果の数値を算出している。

身体活動と医療費の関係を分析した研究として、身体活動の促進が疾病リスクの低下を通して医療費を抑制する効果を推測したものと、調査により特定の集団の身体活動量と医療費を把握したうえで、医療費の抑制効果を計測したものがある。前者の疾病リスクに着目した研究として、例えば Kato et al.⁷⁷⁾は糖尿病の発病およびその症状の進行に着目して隠れマルコフモデルを作成し、歩行による医療費抑制効果を評価している。歩行量調査ガイドライン⁷⁶⁾では、特定の疾病のみならず身体活動の促進が及ぼす様々な影響を考慮し、後者の特定の集団の身体活動量と医療費の関係を分析した Tsuji et al.の一連の研究^{78, 79)}や福田ら⁸⁰⁾の研究結果をもとに1日1歩あたりの医療費抑制効果を算出している。

続いて具体的に、調査により特定の集団のデータを取得したうえで、歩数と医療費の関係を分析した研究についてみる。これらの研究は、国民健康保険などの実際の医療費を取得した研究と、アンケートにより調査対象者から医療費を聞き取った研究に分けられる。

国民健康保険のデータを用いた研究として、歩行時間と医療費の関係を経年的に分析した Tsuji et al.の一連の研究^{78, 79)}、運動教室をはじめとした各自治体が行っている高齢者への運動介入施策による医療費の抑制効果を、国民健康保険データを用いて計測にした福田ら⁸⁰⁾や神山ら⁸¹⁾の研究、運動教室に参加している期間中の医療費の削減効果を明らかにするために、固定効果モデルや変量効果モデルにより医療費のパネル分析を行った松田ら⁸²⁾の研究が挙げられる。とくに Tsuji et al.は大崎市の国民健康保険に加入している40歳から79歳の中老年層を対象に、歩行時間による国民健康保険の医療費の経年変化の違いを分析し、歩行時間の長いグループほど医療費⁷⁸⁾および生涯医療費⁷⁹⁾が低い傾向にあることを示した。

また、アンケートで聞き取った医療費を用いた研究として岩藤⁸³⁾、石澤ら⁸⁴⁾が挙げられる。岩藤⁸³⁾は中高年者19人を対象に日常生活における身体活動量および運動強度が、生活習慣病のリスクファクターおよび医療費にどのように影響を及ぼすのか調査したが、サンプルサイズが小さいこともあり、統計的に有意な結果は得られなかった。石澤ら⁸⁴⁾は地区に居住する高齢者にアンケートで運動・スポーツの実施状況、月あたりの医療費の支払い額を尋ね、運動を実施している活動群の医療費の平均値は非活動群と比べて小さいことを明らかにした。

岡田ら⁸⁵⁾は100人と限られたサンプルサイズであるものの、高齢者の習慣的な身体活動状況と国民健康保険との関係を分析し、全医療費では活動群と非活動群の間に差がみられないものの、通院による医療費の場合は、活動群の方が安いことを示した。

続いて、都市環境や外出行動と医療費の関係を分析した研究についてみると、都道府県別の公共交通分担率と医療費の関係を分析した赤木ら⁶²⁾があるが、都道府県の集計値による分析であり個人レベルで分析はなされていない。また村田・室町⁸⁶⁾は、通勤交通手段の変化による歩数の増加に伴う医療費抑制効果を推定しているが、BMIの予測される減少による罹病率の変化から推定したものであり、医療費を計測したうえでの分析はなされていない。また海外の研究についてみると Sener et al.⁸⁷⁾は、公共交通と医療費の関係を分析した研究をレビューし、公共交通利用と医療費の関係を分析した研究は限られており、限られた研究でも客観的な指標での身体活動量の測定が不十分であることや、公共交通利用者と非利用者の比較に留まり頻度ベースの分析がなされていないことを指摘している。

2.3.3 都市・交通環境および交通行動と健康に関する研究の課題

都市・交通環境および交通行動と健康に関する研究について、2.3.1では都市・交通環境および交通行動と各健康指標に関する研究を、2.3.2では都市・交通施策の健康便益の評価方法に関する研究および国内外の事例を概説し、さらに我が国において便益評価で用いることが提案されている医療費と、身体活動および外出行動との関係を分析した研究をレビューした。医療費に関する研究についてみると、個人

レベルで都市・交通環境および外出行動と医療費の関係を分析した研究はみられず、都市・交通環境や外出行動の変化によりどの程度、医療費に影響を及ぼすのか、実証的な検証が必要であると考えられる。

2.4 本研究の特徴および方針

これまでの節で、都市・交通環境および外出行動と身体活動量との関係、健康との関係について分析した研究を概説し、高齢者の身体活動や健康増進の観点から都市・交通施策を検討する際に必要な課題について述べた。本節では本研究の各章の方針と特徴を述べる。

第3章では、富山市の高齢者を対象に2016年と2018年の2時点にわたって、実施した調査について概説する。これらの調査では、それぞれの時点の外出行動および歩行量を被験者に配布した携帯端末機のGPSおよび歩数計によって計測しており、高齢者の詳細な外出先を含めた外出行動と歩数を複数日および複数時点にわたり把握する。

第4章では、第3章で取得したデータをもとに、1日ごとに外出行動と歩行量との関係を分析する。この際に、中心市街地や商業地区といった外出先の特性と歩行量との関係を定量的に示す点が本研究の特徴の一つである。また、位置情報と紐づいた歩数データにより、中心市街地来訪時の行動と来訪日の歩行量との関係を定量的に分析する点はこれまでの研究にはみられない観点である。

第5章では、パネルデータを用いることにより高齢者の1日平均歩数および外出先別の訪問頻度の経年的な変化を定量的に把握し、交通手段別および施設や地区の複数の特性別に訪問頻度と、交通行動以外の身体活動も含めた全ての身体活動量との関係を分析する。以上の分析により、これまでの研究では検討されていなかった、活動の頻度による個人内の歩数の変化および個人間歩数の違いを訪問先や交通手段によって比較し、外出行動と歩行量との関係をより正確に把握する。

第6章では、富山市で実施されている中心市街地への公共交通の運賃を割り引く施策おでかけ定期券事業について、制度の利用状況によって外出行動および歩行量を比較することで、既往の研究では検証されていなかった公共交通の運賃割引施策と歩行量との関係を明らかにする。

第7章では、我が国で健康便益として計測することが提案されている医療費を取り上げ、歩行量と身体活動量との関係性を、経年データを用いた交差遅延効果モデルにより検証し、さらに既往の研究ではなされていなかった都市環境および外出行動が歩行量を通して医療費に及ぼす影響について、定量的かつ個人ごとのデータによる分析を行う。

第2章 参考文献

- 1) 谷口守, 松中亮治, 中井祥太 : 健康まちづくりのための地区別歩行喚起特性:— 実測調査と住宅地タイプ別居住者歩行量の推定 —. 地域学研究. vol. 36, no. 3, pp. 589-601. 2006.
- 2) 松中亮治, 大庭哲治, 中川大, 井上和晃 : 都市内の小地域特性を考慮した交通身体活動量の経年変化とその要因分析. 土木学会論文集D3 (土木計画学) . vol. 69, no. 3, pp. 216-226. 2013.
- 3) Curl, A., Kearns, A., Macdonald, L., Mason, P., Ellaway, A. : Can walking habits be encouraged through area-based regeneration and relocation? A longitudinal study of deprived communities in Glasgow, UK. *Journal of Transport & Health*. vol. 10, pp. 44-55. 2018.
- 4) Lu, Y., Sun, G., Gou, Z., Liu, Y., Zhang, X. : A dose-response effect between built environment characteristics and transport walking for youths. *Journal of Transport & Health*. vol. 14, 100616. 2019.
- 5) Huang, R., Moudon, A. V., Zhou, C., Saelens, B. E. : Higher residential and employment densities are associated with more

- objectively measured walking in the home neighborhood. *Journal of transport & health*. vol. 12, pp. 142–151. 2019.
- 6) Rundle, A. G., Sheehan, D. M., Quinn, J. W., Bartley, K., Eisenhower, D., Bader, M. M. D., Lovasi, G. S., Neckerman, K. M. : Using GPS Data to Study Neighborhood Walkability and Physical Activity. *American Journal of Preventive Medicine*. vol. 50, no. 3, pp. e65–e72. 2016.
 - 7) Feuillet, T., Salze, P., Charreire, H., Menai, M., Enaux, C., Perchoux, C., Hess, F., Kesse-Guyot, E., Hercberg, S., Simon, C., Weber, C., Oppert, J.-M. : Built environment in local relation with walking: Why here and not there? *Journal of Transport & Health*. vol. 3, no. 4, pp. 500–512. 2016.
 - 8) Wasfi, R. A., Dasgupta, K., Eluru, N., Ross, N. A. : Exposure to walkable neighbourhoods in urban areas increases utilitarian walking: Longitudinal study of Canadians. *Journal of Transport & Health*. vol. 3, no. 4, pp. 440–447. 2016.
 - 9) Langlois, M., Wasfi, R. A., Ross, N. A., El-Geneidy, A. M. : Can transit-oriented developments help achieve the recommended weekly level of physical activity? *Journal of Transport & Health*. vol. 3, no. 2, pp. 181–190. 2016.
 - 10) Keall, M., Chapman, R., Shaw, C., Abrahamse, W., Howden-Chapman, P. : Are people who already cycle and walk more responsive to an active travel intervention? *Journal of Transport & Health*. vol. 10, pp. 84–91. 2018.
 - 11) 孔慶月, 近藤光男, 奥嶋政嗣, 渡辺公次郎, 近藤明子 : 生活環境施設の利用を目的とした交通行動による身体活動量増進策の提案と効果に関する研究. *都市計画論文集*. vol. 47, no. 3, pp. 781–786. 2012.
 - 12) 崔文竹, 御手洗陽, 谷口綾子, 谷口守 : 健康増進のための生活習慣継続に対する阻害要因 - 「中断」を含めた行動変容ステージに着目して. *土木学会論文集D3 (土木計画学)*. vol. 75, no. 5, pp. I_285-I_294. 2019.
 - 13) 柳原崇男 : 高齢者の外出頻度から見た日常生活活動能力と移動手段に関する考察. *土木学会論文集D3 (土木計画学)*. vol. 71, no. 5, pp. I_459-I_465. 2015.
 - 14) 柳原崇男, 嶋田真尚, 大藤武彦 : 高齢者の外出頻度と交通行動の地域間特性に関する一考察. *土木学会論文集D3 (土木計画学)*. vol. 73, no. 5, pp. I_761-I_769. 2017.
 - 15) 駒沢行賓, 原田昇, 高見淳史, Giancarlo, T. P. : 自動車利用可能性が高齢者の加齢に伴う外出活動低下に与える影響に関する分析 一年齢, 健康状態, 歩行可能距離に基づく加齢指標を考慮して一. *土木学会論文集D3 (土木計画学)*. vol. 75, no. 4, pp. 221–232. 2019.
 - 16) 西堀泰英, 土井勉, 安東直紀 : 利用実態と住民意識からみた住民主体の地域公共交通が果たす役割: 高齢者の活動しやすさに制約のある地域に着目して. *都市計画論文集*. vol. 52, no. 3, pp. 818–824. 2017.
 - 17) Kizony, R., Schreuer, N., Rotenberg, S., Shach-pinsky, D., Sinoff, G., Plaut, P. : Participation in out-of-home activities among older adults : The role of mobility , attitudes and travel behaviors. *Journal of Transport & Health*. vol. 17, 100846. 2020.
 - 18) Baker, P. S., Bodner, E. V., Allman, R. M. : Measuring Life-Space Mobility in Community-Dwelling Older Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*. vol. 51, no. 11, pp. 1610–1614. 2003.
 - 19) 島田裕之, 牧迫飛雄馬, 鈴川芽久美, 古名丈人, 鈴木隆雄 : 地域在住高齢者の生活空間の拡大に影響を与える要因 : 構造方程式モデリングによる検討. *理学療法学*. vol. 36, no. 7, pp. 370–376. 2009.
 - 20) 越智健吾, 関信郎, 大塚賢太, 石井良治, 加藤桃子, 原田知可子, 石神孝裕 : 高齢者私事活動のパターン分析を踏まえた高齢者活動支援施策の実務的評価手法の開発. *土木学会論文集D3 (土木計画学)*. vol. 75, no. 6, pp. I_43-I_55. 2020.
 - 21) Sugiyama, T., Kubota, A., Sugiyama, M., Cole, R., Owen, N. : Distances walked to and from local destinations: Age-related variations and implications for determining buffer sizes. *Journal of Transport & Health*. vol. 15, 100621. 2019.
 - 22) 佐藤栄治, 吉川徹, 山田あすか : 地形による負荷と年齢による身体能力の変化を勘案した歩行換算距離の検討 : 地形条件と高齢化を勘案した地域施設配置モデル その1. *日本建築学会計画系論文集*. vol. 71, no. 610, pp. 133–139. 2006.

- 23) Winters, M., Voss, C., Ashe, M. C., Gutteridge, K., McKay, H., Sims-Gould, J. : Where do they go and how do they get there? Older adults' travel behaviour in a highly walkable environment. *Social Science & Medicine*. vol. 133, pp. 304–312. 2015.
- 24) Hatamzadeh, Y., Hosseinzadeh, A. : Toward a deeper understanding of elderly walking for transport : An analysis across genders in a case study of Iran. *Journal of Transport & Health*. vol. 19, 100949. 2020.
- 25) Liu, Z., Kemperman, A., Timmermans, H. : Correlates of older adults' walking trip duration. *Journal of Transport & Health*. vol. 18, 100889. 2020.
- 26) 谷本圭志 : 高齢者の活動能力を踏まえた公共交通サービスの阻害要因に関する考察. *土木学会論文集D 3 (土木計画学)* . vol. 69, no. 4, pp. 276–285. 2013.
- 27) 生方萌佳, 伊香賀俊治, 安藤真太郎, 近江聡子 : 地域環境が高齢者の外出行動と身体活動量に及ぼす影響. *空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集*. vol. 2015.8, pp. 41–44. 2015.
- 28) 齋藤義信, 小熊祐子, 井上茂 : 移動および余暇の歩行行動に関連する環境要因 : 藤沢市在住の60–69歳を対象とした横断研究. *運動疫学研究*. vol. 13, no. 2, pp. 125–136. 2011.
- 29) Koohsari, M. J., Sugiyama, T., Shibata, A., Ishii, K., Hanibuchi, T., Liao, Y., Owen, N., Oka, K. : Walk Score® and Japanese adults' physically-active and sedentary behaviors. *Cities*. vol. 74, pp. 151–155. 2018.
- 30) Marquet, O., Hipp, J. A., Miralles-Guasch, C. : Neighborhood walkability and active ageing: A difference in differences assessment of active transportation over ten years. *Journal of Transport & Health*. vol. 7, PartB, pp. 190–201. 2017.
- 31) Hirsch, J. A., Moore, K. A., Clarke, P. J., Rodriguez, D. A., Evenson, K. R., Brines, S. J., Zagorski, M. A., Diez Roux, A. V. : Changes in the built environment and changes in the amount of walking over time: longitudinal results from the multi-ethnic study of atherosclerosis. *American Journal of Epidemiology*. vol. 180, no. 8, pp. 799–809. 2014.
- 32) Liao, Y., Shibata, A., Ishii, K., Koohsari, M. J., Inoue, S., Oka, K. : Can neighborhood design support walking? Cross-sectional and prospective findings from Japan. *Journal of Transport & Health*. vol. 11, pp. 73–79. 2018.
- 33) 田邊勝巳 : 公共交通における運賃割引制度と所得再分配 (特集 運賃制度の現状と今後の展望). *運輸と経済*. vol. 70, no. 11, pp. 33–41. 2010.
- 34) 安藤晃太, 木村一裕, 鈴木雄, 日野智 : バス運賃の低廉化による高齢者の行動の多様化とQOLへの効果. *土木学会論文集D 3 (土木計画学)* . vol. 70, no. 5, pp. I_579–I_587. 2014.
- 35) 南愛, 松村暢彦, 天野圭子 : 鉄道シニアパスが郊外住宅地の高齢者の外出行動に与える影響. *土木学会論文集D 3 (土木計画学)* . vol. 69, no. 5, pp. I_839–I_846. 2013.
- 36) 鈴木雄, 日野智, 前田悠抄 : タクシー運賃の割引率が高齢者の外出行動へ与える影響に関する研究:秋田交通圏のタクシー利用者を対象として. *都市計画論文集*. vol. 52, no. 3, pp. 795–801. 2017.
- 37) 中川航志郎, 中村俊之, 宇野伸宏, Jan-Dirk, S., 岩本武範 : シルバーパスに着目した高齢者の移動実態把握に関する基礎的研究. 第55回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM. 2017.
- 38) Baker, S., White, P. : Impacts of free concessionary travel: Case study of an English rural region. *Transport Policy*. vol. 17, no. 1, pp. 20–26. 2010.
- 39) Webb, E., Netuveli, G., Millett, C. : Free bus passes, use of public transport and obesity among older people in England. *Journal of epidemiology and community health*. vol. 66, no. 2, pp. 176–180. 2012.
- 40) 孔慶月, 近藤光男, 奥嶋政嗣 : PT調査データを用いた交通行動による身体活動量に関する研究. *都市計画論文集*. vol. 45.3, pp. 151–156. 2010.
- 41) 大庭哲治, 松中亮治, 中川大, 井上和晃 : 交通行動データを用いた都市特性と交通身体活動量の関連分析. *都市計画論文集*. vol. 48, no. 1, pp. 73–81. 2013.
- 42) Voss, C., Sims-Gould, J., Ashe, M. C., McKay, H. A., Pugh, C., Winters, M. : Public transit use and physical activity in

- community-dwelling older adults: Combining GPS and accelerometry to assess transportation-related physical activity. *Journal of Transport & Health*. vol. 3, no. 2, pp. 191–199. 2016.
- 43) Brondeel, R., Wasfi, R., Perchoux, C., Chaix, B., Gerber, P., Gauvin, L., Richard, L., Gaudreau, P., Thierry, B., Chevrier, M., Hoj, S., Kestens, Y. : Is older adults' physical activity during transport compensated during other activities? Comparing 4 study cohorts using GPS and accelerometer data. *Journal of the American Geriatrics Society*. vol. 12, pp. 229–236. 2019.
- 44) Carlson, J. A., Saelens, B. E., Kerr, J., Schipperijn, J., Conway, T. L., Frank, L. D., Chapman, J. E., Glanz, K., Cain, K. L., Sallis, J. F. : Association between neighborhood walkability and GPS-measured walking, bicycling and vehicle time in adolescents. *Health and Place*. vol. 32, pp. 1–7. 2015.
- 45) 柳原崇男, 服部託夢 : 郊外住宅地における高齢者の交通行動と歩行量に関する研究. 土木学会論文集D3 (土木計画学) . vol. 70, no. 5, pp. I_1003-I_1011. 2014.
- 46) Hurvitz, P. M., Moudon, A. V., Kang, B., Fesinmeyer, M. D., Saelens, B. E. : How far from home? The locations of physical activity in an urban U.S. setting. *Preventive Medicine*. vol. 69, pp. 181–186. 2014.
- 47) Howell, N. A., Farber, S., Widener, M. J., Booth, G. L. : Residential or activity space walkability: What drives transportation physical activity? *Journal of Transport & Health*. vol. 7, PartB, pp. 160–171. 2017.
- 48) Troped, P. J., Wilson, J. S., Matthews, C. E., Cromley, E. K., Melly, S. J. : The Built Environment and Location-Based Physical Activity. *American Journal of Preventive Medicine*. vol. 38, no. 4, pp. 429–438. 2010.
- 49) Zenk, S. N., Schulz, A. J., Matthews, S. A., Odoms-Young, A., Wilbur, J., Wegrzyn, L., Gibbs, K., Braunschweig, C., Stokes, C. : Activity space environment and dietary and physical activity behaviors: A pilot study. *Health and Place*. vol. 17, no. 5, pp. 1150–1161. 2011.
- 50) 井上直, 森本章倫, 古池弘隆, 中村文彦 : 中心市街地と郊外大型店における歩行行動の差異に関する研究. 土木計画学研究・論文集. vol. 20, no. 3, pp. 471-476. 2003.
- 51) 松中亮治, 大庭哲治, 鎌田佑太郎, 土生健太郎 : 歩数・滞在時間に着目した中心市街地回遊行動の基礎的分析. 土木学会論文集D3 (土木計画学) . vol. 75, no. 6, pp. I_259-I_266. 2020.
- 52) 大橋俊介, 近藤光男, 奥嶋政嗣, 渡辺公次郎, 近藤明子 : 住民意識・行動調査に基づく身体活動量の増加に寄与する都市公園整備に関する研究. 都市計画論文集. vol. 48, no. 3, pp. 591-596. 2013.
- 53) 大森匠, 大沢昌玄, 中村英夫 : 高齢者の私事を目的とした徒歩移動の連鎖・活動量と都市機能の配置に関する研究. 土木学会論文集D3 (土木計画学) . vol. 75, no. 5, pp. I_527-I_533. 2019.
- 54) 長谷川正憲, 宮川愛由, 藤井聡 : 交通行動・交通環境が健康に及ぼす影響に関する実証的研究. 交通工学論文集. vol. 5, no. 2, pp. A_152-A_160. 2019.
- 55) Pereira, M. F., Almendra, R., Vale, D. S., Santana, P. : The relationship between built environment and health in the Lisbon Metropolitan area – can walkability explain diabetes' hospital admissions? *Journal of Transport & Health*. vol. 18, 100893. 2020.
- 56) Song, S., Yap, W., Hou, Y., Yuen, B. : Neighbourhood built Environment , physical activity , and physical health among older adults in Singapore : A simultaneous equations approach. *Journal of Transport & Health*. vol. 18, 100881. 2020.
- 57) 難波孝太, 室町泰徳 : 都市環境が徒歩行動と健康に与える影響に関する研究. 都市計画論文集. vol. 42, no. 3, pp. 925-930. 2007.
- 58) 佐々木彩葉, 佐々木洋典, 谷口綾子 : BMIと交通行動・都市環境の関連分析 : 2015年度全国PT調査データを用いて. 第57回土木計画学研究発表会・講演集, CDROM. 2018.
- 59) 崔文竹, 森英高, 谷口綾子, 谷口守 : 地域環境と心身の健康状態に関する因果分析—BMIと健康関連QOL指標に基づく検討—. 土木学会論文集D3 (土木計画学) . vol. 73, no. 5, pp. I_355-I_366. 2017.
- 60) 佐々木邦明 : 居住地区のアクセシビリティと個人の運動頻度・健康・生活満足度の関係性に関する基礎分析. 都

市計画論文集. vol. 52, no. 3, pp. 849-855. 2017.

- 61) Sharp, G., Denney, J. T., Kimbro, R. T. : Multiple contexts of exposure: Activity spaces, residential neighborhoods, and self-rated health. *Social Science & Medicine*. vol. 146, pp. 204-213. 2015.
- 62) 赤木大介, 神田佑亮, 重光裕介 : モビリティ環境の相違と健康との関連性に関する地域間比較分析～男女差を考慮して～. *土木学会論文集D3 (土木計画学)* . vol. 75, no. 5, pp. I_1131-I_1139. 2019.
- 63) Raza, W., Krachler, B., Forsberg, B., Sommar, J. N. : Health benefits of leisure time and commuting physical activity: A meta-analysis of effects on morbidity. *Journal of Transport and Health*. vol. 18, pp. 100873. 2020.
- 64) Sha, F., Li, B., Law, Y. W., Yip, P. S. F. : Associations between commuting and well-being in the context of a compact city with a well-developed public transport system. *Journal of Transport & Health*. vol. 13, pp. 103-114. 2019.
- 65) 谷口綾子, 佐々木洋典, 藤本宣, 中原慎二 : 交通行動と健康診断データ・心的傾向の関連分析－神奈川県大和市職員を対象として－. *土木学会論文集D3 (土木計画学)* . vol. 73, no. 5, pp. I_1173-I_1182. 2017.
- 66) Passi-Solar, Á., Margozzini, P., Cortinez-O’Ryan, A., Muñoz, J. C., Mindell, J. S. : Nutritional and metabolic benefits associated with active and public transport: Results from the Chilean National Health Survey, ENS 2016-2017. *Journal of Transport and Health*. vol. 17, pp. 100819. 2020.
- 67) 谷本 圭志 : 地方における高齢者の外出手段と 機能的健康の維持に関する実証分析. *土木学会論文集D 3 (土木計画学)* . vol. 70, no. 5, pp. I_395-I_403. 2014.
- 68) Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Cole-Hunter, T., de Nazelle, A., Dons, E., Gerike, R., Götschi, T., Int Panis, L., Kahlmeier, S., Nieuwenhuijsen, M. : Health impact assessment of active transportation: A systematic review. *Preventive Medicine*. vol. 76, pp. 103-114. 2015.
- 69) Kahlmeier, S., Castro, A., Brand, C. : Health economic assessment tool (HEAT) for walking and for cycling *Methods and user guide on physical activity* , air. 2017.
- 70) Tainio, M., Woodcock, J., Brage, S., Götschi, T., Goodman, A., Kelly, P., De Nazelle, A. : Research into valuing health impacts in *Transport Appraisal*. 2017.
- 71) Department for Transport : Transport analysis guidance. <https://www.gov.uk/guidance/transport-analysis-guidance-tag>, 最終閲覧日2022年4月2日.
- 72) Aldred, R., Croft, J. : Evaluating active travel and health economic impacts of small streetscape schemes: An exploratory study in London. *Journal of Transport and Health*. vol. 12, pp. 86-96. 2019.
- 73) New Zealand Transport Agency : *Economic Evaluation Manual*. 2013, 492p.
- 74) Genter, J. A., Donovan, S., Petrenas, B., Badland, H. : Valuing the health benefits of active transport modes. *NZ Transport Agency Research Report 359*. 2008, 69p.
- 75) Bassett, D., Hosking, J., Ameratunga, S., Woodward, A. : Variations in the health benefit valuations of active transport modes by age and ethnicity: A case study from New Zealand. *Journal of Transport & Health*. vol. 19,100953. 2020.
- 76) 国土交通省都市局 : まちづくりにおける健康増進効果を把握するための歩行量(歩数)調査のガイドライン. 2017.
- 77) Kato, M., Goto, A., Tanaka, T., Sasaki, S., Igata, A., Noda, M. : Effects of walking on medical cost: A quantitative evaluation by simulation focusing on diabetes. *Journal of Diabetes Investigation*. vol. 4, no. 6, pp. 667-672. 2013.
- 78) Tsuji, I., Takahashi, K., Nishino, Y., Ohkubo, T., Kuriyama, S., Watanabe, Y., Anzai, Y., Tsubono, Y., Hisamichi, S. : Impact of walking upon medical care expenditure in Japan: the Ohsaki Cohort Study. *International journal of epidemiology*. vol. 32, no. 5, pp. 809-814. 2003.
- 79) Nagai, M., Kuriyama, S., Kakizaki, M., Ohmori-Matsuda, K., Sone, T., Hozawa, A., Kawado, M., Hashimoto, S., Tsuji, I. : Impact of walking on life expectancy and lifetime medical expenditure: the Ohsaki Cohort Study. *BMJ Open*. vol. 1, no. 2. 2011.

- 80) 福田佳奈子, 坂戸洋子, 難波秀行, 久野譜也 : 502. 自治体における民間サポート型健康づくり教室の有効性に関する研究1: 参加継続者の医療費抑制、体力の向上効果を中心として(生活・健康, 一般口演, 第63回日本体力医学会大会). 体力科学. vol. 57, no. 6, pp. 883. 2008.
- 81) 神山吉輝, 白澤貴子, 永井直規, 宇佐美千恵子, 鈴木章記, 福田祐典, 川口毅, 久野譜也, 福永哲夫 : 運動介入の医療経済効果の評価方法の検討. 昭和医学会雑誌. vol. 65, no. 4, pp. 374-383. 2005.
- 82) 松田忠之, 本山貢, 藤本貴大, 大曾彰子 : 高齢者のための体力向上トレーニングプログラムによる医療費の削減効果: パネルデータ分析結果. 経済理論. vol. 349, pp. 19-38. 2009.
- 83) 岩藤のり子 : 日常生活における身体活動の量および運動強度が生活習慣病のリスクファクターおよび医療費に及ぼす影響 (自然科学編 第36号). 四国大学紀要. no. 39, pp. 1-10. 2013.
- 84) 石澤伸弘, 上田知行, 本多理紗 : 高齢者の運動実践が日常生活に及ぼす影響の分析-訓子府町末広地区調査の結果から. 北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター年報. vol. 1, pp. 9-16. 2010.
- 85) 岡田真平, 上岡洋晴, 武藤芳照, 半田秀一 : 在宅高齢者における身体活動状況と医療費との関連について. 身体教育医学研究. vol. 5, no. 1, pp. 11-23. 2004.
- 86) 村田香織, 室町泰徳 : 個人の通勤交通行動が健康状態に与える影響に関する研究. 土木計画学研究・論文集. vol. 23, no. 2, pp. 497-504. 2006.
- 87) Sener, I. N., Lee, R. J., Elgart, Z. : Potential health implications and health cost reductions of transit-induced physical activity. Journal of Transport & Health. vol. 3, no. 2, pp. 133-140. 2016.

第3章 高齢者の外出行動および歩行量の把握

3.1 概説

本章は、本研究で用いる高齢者の外出行動データ、歩行量データ、医療費データの取得方法について述べる。3.2 では本研究の対象都市である富山市について概説し、公共施設などの都市環境データの整備方法を述べ、さらに3.3 では2016年と2018年に実施した「高齢社会における交通と健康モニタリング調査事業」の各調査について説明する。そして、3.4 では高齢者の外出行動および歩行量を把握するために、調査において携帯端末機により取得したデータを加工する方法を述べる。

3.2 対象都市および都市環境データの整備

3.2.1 対象都市の概説

本研究は富山県の県庁所在地である富山市を対象とする。富山市は中核市で、人口は調査初年の2016年6月末時点で418,489人、65歳以上の高齢者人口は118,476人、高齢化率は28.3%である¹⁾。市域は東西60km、南北43kmに及び面積は1,241.85km²である²⁾。

富山市は、2008年に策定された都市マスタープラン²⁾により人口や日常生活に必要な施設を集積した地域生活拠点と複合的な都市機能を中心市街地に集積し、それらを結ぶ公共交通を活性化することにより、公共交通を軸とした拠点集中型のコンパクトなまちづくりの実現を目指している。さらに、2017年に前述の都市マスタープランをもととして立地適正化計画³⁾を策定している。

図3-1に富山市の全体図を示す。鉄道路路線は富山地方鉄道全路線・富山ライトレール・あいの風とやま鉄道・JR西日本高山本線が乗り入れている。また、バス路線は富山地方鉄道が中心市街地より市

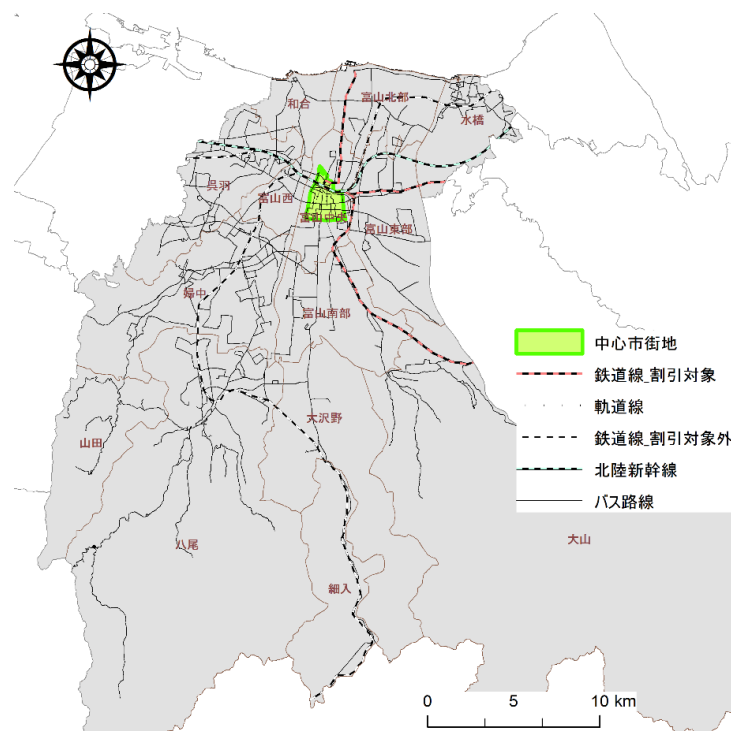


図 3-1 富山市の全体図

内各地を結ぶ路線を運行している。他のバス路線としては、富山ライトレールの蓮町駅・四方間および岩瀬浜駅・水橋間のフィーダーバスがある。

富山市では高齢者を対象とした公共交通の運賃の割引施策である「おでかけ定期券事業」⁴⁾を実施している。おでかけ定期券事業は、富山市が中心市街地活性化事業の一環で実施している、65歳以上の市民が市内各地から中心市街地へ出かける際に、公共交通を割引運賃で利用できる制度である。9時から17時の間に下車する場合、市内の各停留所から中心市街地までの区間を1乗車あたり100円で利用できる。時間外は、富山地方鉄道が発行するICカードであるecomycaと同様に通常運賃の10%割引で対象の公共交通機関を利用できる。また、利用者負担金は1,000円、有効期限は年度末までである。おでかけ定期券はICカード型の乗車券であり、利用履歴が記録されている。

3.2.2 都市環境データの整備

本項は対象者の居住地の属性や訪問先の特性を把握するために、富山市内の都市環境に関するデータを整備する方法を示す。以下の1)~3)でデータを整備した富山市内の各地区および施設の分布を図3-2に示す。

1) 商業地区・小売り地区

2014年商業統計の500mメッシュ⁵⁾について、以下の条件を満たすメッシュを小売り地区とした。

- ・百貨店、総合スーパー、専門スーパーが含まれる
- ・食料品小売業が含まれる

さらに小売り地区のうち、従業員数が100人以上のメッシュを商業地区とした。商業地区には郊外のショッピングセンターや中心市街地の商店街などが含まれている。

2) 運動施設・都市公園

国土数値情報の「文化施設」⁶⁾より文化施設分類コードの上3桁が「031」より運動・アウトドア施設の位置情報を抽出した。また、国土数値情報の「都市公園」⁷⁾より、街区公園および特殊公園以外かつ面積が1ha以上の都市公園のポリゴンを富山市都市マスタープラン²⁾を参考にしながら作成した。

3) 公共施設

国土数値情報の「市区町村役場」⁸⁾より市役所・行政センター・公民館の位置情報を「郵便局」⁹⁾より郵便局の位置情報を「文化施設」⁶⁾より図書館の位置情報を抽出した。

3.3 調査によるデータ収集

3.3.1 本研究において実施した調査

本研究は富山市と共同で実施した「高齢社会における交通と健康モニタリング調査事業」で収集したデータを用いる。「高齢社会における交通と健康モニタリング調査事業」では2016年10月1日~31日と2018年9月28日~10月12日に高齢者の歩行量および外出行動を把握する「高齢者行動調査」を行い、2018年には「医療費データ調査」を行った。

3.3.2 各調査対象者

まず2016年に実施した「高齢者行動調査」では、富山市に居住する65歳以上の高齢者から、地区や性別、おでかけ定期券の所有者・非所有者のバランスを考慮して無作為に抽出した14,182人に調査方法・調査期間・取得するデータ・データの取り扱いについて説明し、合意が取れた高齢者に後述する端末機を配布した。そして、調査期間中、端末機を就寝時に充電し、起床後就寝までできるだけ身につける

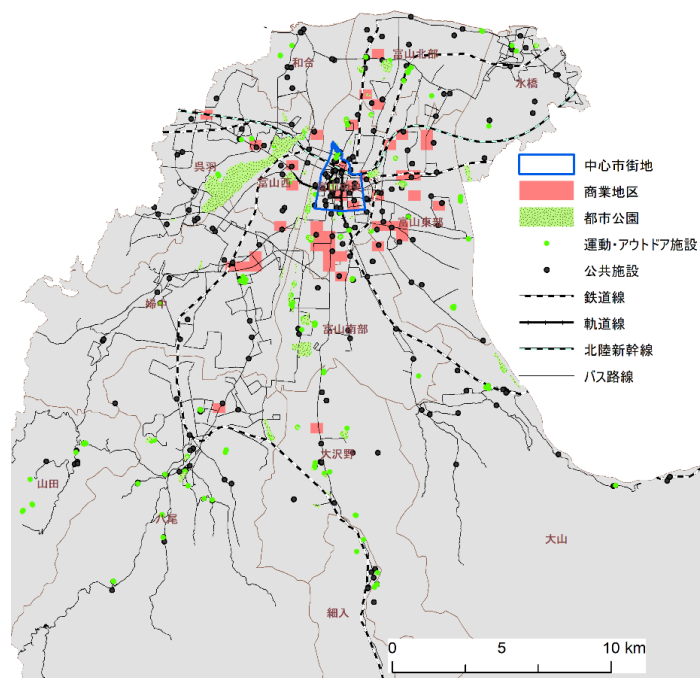


図 3-2 富山市の施設分布

ように依頼し、調査期間後に回収した。端末機を返却した調査対象者は 1,268 人であり、内訳はおでかけ定期券所有者が 724 人、非所有者が 544 人であった。

さらに、2016 年の調査参加者のうち死亡または市外に転居していない高齢者 1,183 人に 2018 年 6 月に 2018 年の「高齢者行動調査」と「医療費データ調査」への参加を依頼した。「高齢者行動調査」では 2018 年 9 月 28 日から 10 月 12 日まで再び携帯端末機を携帯することを依頼し、「医療費データ調査」では富山市国民健康保険および富山県後期高齢者医療制度による医療費データの提供の許可を依頼した。1,183 人の依頼者のうち、2018 年の「高齢者行動調査」の参加に同意した人は 691 人、さらにそのうち調査期間に端末配布し回収した人は 644 人（2016 年調査参加者の 50.8%）であった。また「医療費データ調査」は 662 人から取得・使用についての同意を得た。このうち、2018 年の「高齢者行動調査」の参加者は 618 人、辞退者は 44 人であった。

3.3.3 高齢者行動調査の概要および収集したデータ

「高齢者行動調査」においては、調査対象者に SW 端末を配布し、就寝中以外は持ち運ぶことを依頼した。SW の機種は Sony 製 SmartWatch 3 SWR50、OS は Android5.0 である。SW は、図 3-3 に示すように首から下げられるように専用のケースに格納している。また 2016 年は調査後に、2018 年は調査依頼時と調査後にアンケート調査を実施した。以下に収集したデータを示す。

(a) GPS ログデータ

端末機より歩行中は 10 秒おき歩行中でないときは 5 分おきに緯度経度を取得した。また、緯度経度とともに精度を示す Accuracy を取得した。Accuracy とは 68% の信頼区間の半径の大きさである。本研究では Accuracy が 50m 以内のデータのみを用いた。

(b) 歩数データ

端末機より 1 日の累積歩数を以下の 2 通りの時点において記録した。

- ・ 毎時 00 分 00 秒
- ・ GPS ログデータと同時点

(c) 健康状態の回答データ

毎朝、端末機を用いて、被験者に体調について「良好」「まあまあ」「不調」の3段階で尋ねた。

(d) アンケート調査による収集データ

図 3-4 に 2016 年調査のアンケートを、図 3-5 に 2018 年調査依頼時のアンケートを、図 3-6 および図 3-7 に 2018 年の調査後のアンケートを示す。2016 年調査のアンケートでは、同居家族・運転免許および自由に使える車の有無・要支援介護認定や歩行補助について尋ねた。また調査の補助的な目的で外出頻度・通院頻度・外出時の主な交通手段を訪ねた。さらに、調査前後の行動の変化についても尋ねた。

2018 年調査依頼時のアンケートでは、2016 年の調査後の変化や要支援介護認定や歩行補助といった健康状態について尋ねた。2018 年の調査後アンケートでは、2016 年に質問したことに加えて、現在に至るまでの自動車運転免許の保有状況や、おでかけ定期券の所有状況、さらに医療費の自己負担額について尋ねた。

(e) 調査対象者に関する市からの提供データ

調査対象者の年齢・性別・居住地の緯度経度・おでかけ定期券の所有情報の提供を市から受けた。

3.3.4 おでかけ定期券所有者および利用状況のデータ

2016 年 6 月時点のおでかけ定期券の所有者全 22,261 人の、2016 年 10 月におけるおでかけ定期券の所有者情報と IC カードの利用履歴データを取得した。おでかけ定期券の所有者の情報として、年齢・性別・居住地を取得した。また、おでかけ定期券は前述したように IC カードであり、カード ID で利用者情報と紐付けが可能な状態で、各機関の利用について利用路線・乗降停留所・乗降車日時・正規運賃・割引適用後運賃が記録されている。ただし、富山ライトレール線、フィーダーバス、富山地方鉄道軌道線、まいどはやバスは降車時のみ IC カードを機械にタッチするので、降車停留所のみ記録である。

このおでかけ定期券の利用履歴により、各個人のおでかけ定期券制度による割引の利用日数を算出した。おでかけ定期券を利用したとき割引利用適用後の運賃は、チャージ残金の不足分を現金で支払ったケースを除き 100 円が記録される。またチャージ残金の不足分を現金で支払ったときは 100 円以下の料金が記録される。さらに、割引対象となる利用は、富山地方鉄道バスについては割引対象のバス停で乗車または降車したとき、富山地方鉄道の鉄道線については富山駅または南富山駅で乗車または降車したときに限られる。よって、以下に示す 3 条件を全て満たすとき、割引を利用したとして判別し、おでかけ定期券の利用日数の算出に用いた。

- ・割引適用後の運賃が 100 円以下である。
- ・降車時間が割引適用時間帯である 9 時から 17 時までである。
- ・富山地方鉄道バスおよび鉄道線の利用のとき、乗車または降車に割引対象となる停留所または駅を利用する。



図 3-3 配布した携帯端末

高齢者の交通行動調査に関するアンケート

問1 あなたご自身を含めた同居家族の人数を教えてください。(〇は一つ)		
1. 1人暮らし(同居家族はいない)	2. 2人	3. 3人
4. 4人	5. 5人	6. 6人以上
問2 同居のご家族を教えてください。(該当全てに〇)		
1. 同居家族はいない	2. 配偶者	3. 父親(配偶者の父親を含む)
4. 母親(配偶者の母親を含む)	5. お子様	6. お子様の配偶者
7. 孫	8. 兄弟姉妹	9. その他 []
問3 自動車の運転免許、自由に使える自動車は持っていますか。(それぞれ〇は一つ)		
【自動車の運転免許】	1. 持っている	2. 持っていない
【自由に使える自動車】	1. 持っている	2. 持っていない
問4 要介護認定(介護保険)は受けていますか?(〇は一つ)		
認定は受けていない	要支援 1	要支援 2
要介護 1	要介護 2	要介護 3
	要介護 4	要介護 5
問5 歩く時に補助は必要ありますか?(〇は一つ)		
1. 補助がなく歩ける	2. 杖を利用している	
3. 手押し車(シルバーカー)を利用している	4. 車いすを利用している	
4. 介護者の補助が必要である	6. その他 []	
問6 どの程度、外出されますか?(〇は一つ)		
1. ほぼ毎日	2. 週に4~5日	3. 週に2~3日
4. 週に1日	5. 月に1~2日	6. ほとんど外出しない
問7 病院・診療所など医療機関へは、どの程度、通院されますか?(〇は一つ)		
1. ほぼ毎日	2. 週に4~5日	3. 週に2~3日
4. 週に1日	5. 月に1~2日	6. ほとんど通院しない
問8 外出の際の主な交通手段は何ですか?(〇は一つ)		
1. ほぼ毎回、「バスや電車」	2. 「バスや電車」と「家族の送迎」	
3. ほぼ毎回、「家族の送迎」	4. 「バスや電車」と「自動車を運転」	
5. ほぼ毎回、「自動車を運転」	6. その他 []	
問9 調査端末機「おでかけっち」を携帯して外出されて、何か変化はありましたか?(該当全てに〇)		
1. 人と会話をする機会が増えた	2. 楽しくお出かけするようになった	
3. たくさん歩くようになった	4. 健康に関心を持つようになった	
5. バスや鉄道に乗る機会が増えた	6. 特に変わらない	
7. その他 []		

ご協力ありがとうございました。

このアンケートは「おでかけっち」と一緒にご提出ください。

図 3-4 2016年調査のアンケート

アンケート

該当する項目に○をつけてください。

○前回の調査からの変化について

問1 前回の調査(平成28年10月)の後、何か変化はありましたか？(該当全てに○)

- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1. 外出することが増えた | 2. 人と会話をする機会が増えた |
| 3. 楽しくお出かけするようになった | 4. たくさん歩くようになった |
| 5. 健康に関心を持つようになった | 6. バスや鉄道に乗る機会が増えた |
| 7. 特に変わらない | 8. その他 [] |

問2 前回の調査後2年間のけが・入院等についてお答えください。(該当全てに○)

- | | |
|----------------------|--------------|
| 1. けがにより歩行が困難な時期があった | 2. 病気のため入院した |
| 3. けが・入院はしていない | 4. その他 [] |

○健康状態について

問3 **要支援及び要介護の認定(介護保険)**は受けていますか？(○は一つ)

- | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|
| 認定は受けていない | 要支援1 | 要支援2 | | |
| 要介護1 | 要介護2 | 要介護3 | 要介護4 | 要介護5 |

問4 歩く時に**補助**は必要ありますか？(○は一つ)

- | | |
|------------------------|---------------|
| 1. 補助がなく歩ける | 2. 杖を利用している |
| 3. 手押し車(シルバーカー)を利用している | 4. 車いすを利用している |
| 5. 介護者の補助が必要である | 6. その他 [] |

問5 最近1ヶ月に、病院・診療所などの医療機関へは、どの程度、**通院**されましたか？(○は一つ)

- | | | |
|---------|-------------|----------------|
| 1. ほぼ毎日 | 2. 週に4～5日 | 3. 週に2～3日 |
| 4. 週に1日 | 5. 1ヶ月に1～2日 | 6. ほとんど通院しなかった |

問6 最近1ヶ月の通院で、**支払った医療費**はいくらですか？(病院の処方箋による薬代も含む)(○は一つ)

- | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1. 30,001円以上 () 円 | 2. 20,001円～30,000円 | 3. 10,001円～20,000円 |
| 4. 5,001円～10,000円 | 5. 2,501円～5,000円 | 6. 2,500円以下 |
| 7. ほとんど通院しなかった | | |

○調査にご協力いただけない方のみご回答ください。

問7 今回調査に参加できない理由をお聞かせ下さい。(該当全てに○)

1. 病気やけがなどで、調査参加が困難なため
2. 前回調査(平成28年10月)の負担が大きかったため
具体的にお聞かせください
 - ・充電などおでかけっちの管理
 - ・おでかけっちの持ち運び
 - ・おでかけっちの操作
 - ・おでかけっちの返却および受け取り
 - ・書類のやりとり
 - ・調査期間の長さ
 - ・その他 []
3. その他 []

——— 質問は以上です。ご協力ありがとうございました。 ———

図 3-5 2018年調査依頼時アンケート

高齢者行動調査に関するアンケート

該当する項目に○をつけてください。

○世帯状態について

問1 **あなたご自身を含めた同居家族の人数**を教えてください。(○は一つ)

- | | | |
|---------------------|-------|---------|
| 1. 1人暮らし (同居家族はいない) | 2. 2人 | 3. 3人 |
| 4. 4人 | 5. 5人 | 6. 6人以上 |

問2 **同居のご家族**を教えてください。(該当全てに○)

- | | | |
|-------------------|---------|---------------------------------|
| 1. 同居家族はいない | 2. 配偶者 | 3. 父親 (配偶者の父親を含む) |
| 4. 母親 (配偶者の母親を含む) | 5. お子様 | 6. お子様の配偶者 |
| 7. 孫 | 8. 兄弟姉妹 | 9. その他 [] |

○就業経験について

問3 **就業経験**についてお答えください。

【就業経験の有無】 1. ある 2. ない

1. ある場合、以下についてお答えください。

- 【現在も就業されていますか】 1. 以前と変わらず続けている
2. 以前よりも回数が減ったが、続けている 3. 退職した
- 【勤務地の場所】 1. 富山市内 2. 富山県内(富山市外) 3. 富山県外
- 【主な通勤手段】 1. バス 2. 鉄道 3. 自動車を運転 4. 自転車 5. 徒歩

○外出について

問4 普段どの程度、**外出**されますか？(○は一つ)

- | | | |
|---------|-----------|--------------|
| 1. ほぼ毎日 | 2. 週に4～5日 | 3. 週に2～3日 |
| 4. 週に1日 | 5. 月に1～2日 | 6. ほとんど外出しない |

問5 外出の際の**主な交通手段**は何ですか？(○は一つ)

- | | |
|---------------------|---------------------------------|
| 1. ほぼ毎回、バスや電車 | 2. ほぼ毎回、家族の送迎 |
| 3. ほぼ毎回、自動車を運転 | 4. 「バスや電車」と「家族の送迎」 |
| 5. 「バスや電車」と「自動車を運転」 | 6. ほぼ毎回、自転車 |
| 7. ほぼ毎回、徒歩 | 8. その他 [] |

問6 **「おでかけっち」を携帯**されて、何か**変化**はありましたか？(該当全てに○)

- | | |
|--------------------|---------------------------------|
| 1. 外出することが増えた | 2. 人と会話をする機会が増えた |
| 3. 楽しくお出かけするようになった | 4. たくさん歩くようになった |
| 5. 健康に関心を持つようになった | 6. バスや鉄道に乗る機会が増えた |
| 7. 特に変わらない | 8. その他 [] |

○自動車運転免許について

問7 自動車の**運転免許**、**自由に使える自動車**は持っていますか。(それぞれ○は一つ)

【自動車の運転免許】 1. 持っている 2. 持ったことはない 3. 返納した

【自由に使える自動車】 1. 持っている 2. 持っていない

3. **運転免許を返納した方、以下についてお答えください** ←

【返納した時期】 ()年

【返納した理由】 1. 運転が困難になったため、 2. 運転する必要がなくなったため、
3. その他()

図 3-6 2018年調査後アンケート (表面)

3.3.5 医療費データ

参加の同意が得られた調査対象者について富山市国民健康保険、富山県後期高齢者医療制度のデータベースから取得した自己負担分を含む各年度の医療費総額を富山市役所より提供をうけた。参加の同意が得られた高齢者 662 人のうち、2016 年から 2018 年の全ての年度において富山市国民健康保険または富山県後期高齢者医療制度の対象であり医療費データを取得した人は 565 人であった。

3.4 端末データの加工

本節では、SW 端末より取得したデータから高齢者の歩行量および外出行動を把握するために加工する方法を述べる。全体の流れを図 3-8 に示す。また、データを取得した時間帯における高齢者の行動について、最終的に判別する状態を図 3-9 に示す。本研究においては、GPS ログデータが観測された点を測位点とし、連続する二つの測位点間をユニットと称す。また、時間的に連続する同一状態のユニットの集合をセグメントと称す。

3.4.1 歩数の算出

1 日ごとの歩数は 1 時間に 1 回計測される歩数データをもとに算出した。ただし、累積歩数が前時点よりも減少するなどの異常値が含まれる場合があるため、ある時点で記録された歩数が前時点に記録された歩数以下であれば、その時間帯の歩数は GPS ログデータと同時に記録した歩数データを用いた。

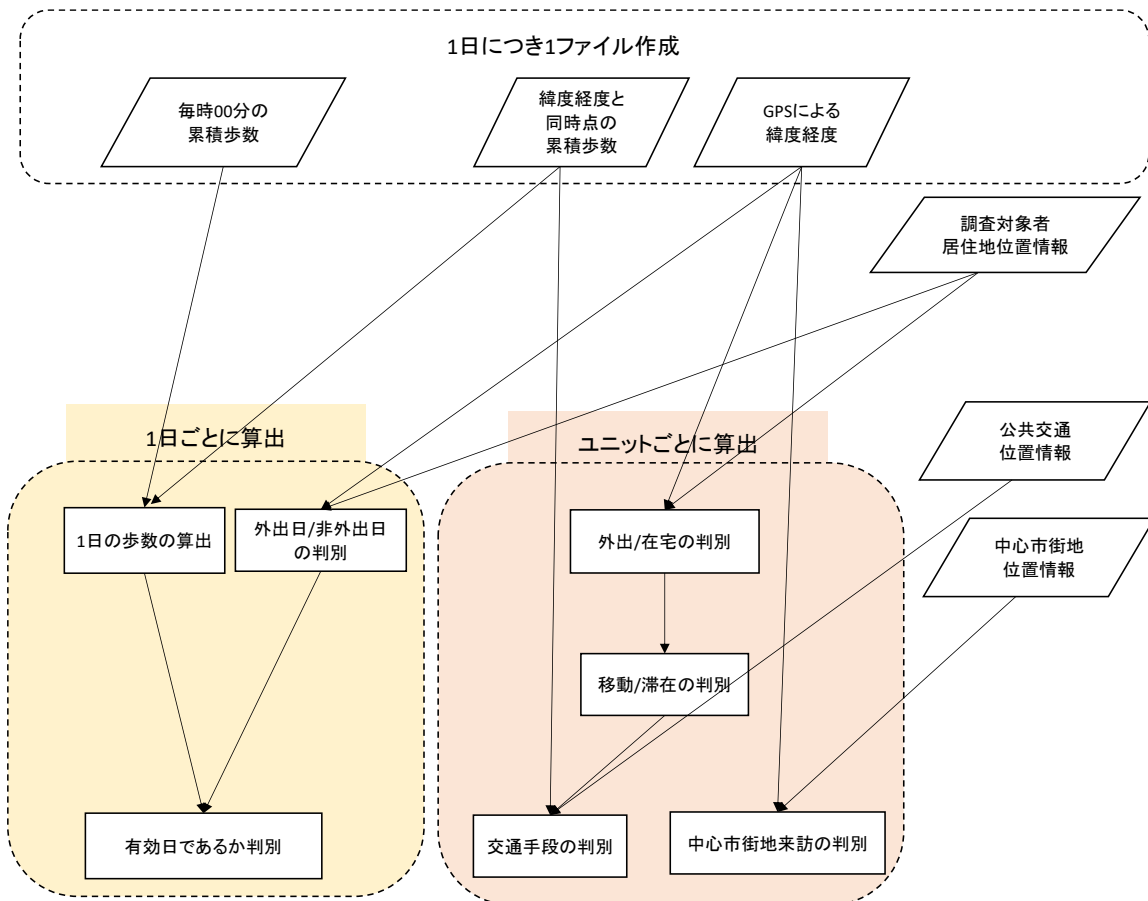


図 3-8 データ加工の全体フロー



図 3-9 判別するユニットの状態の一覧

3.4.2 有効日・分析対象者の抽出

端末の不具合や、被験者の電源の入れ忘れ、電池切れなどにより、十分にデータが取得されていない場合がある。そのため、以下に示すように歩数のデータ数・GPS ログのデータ数が十分にある日、さらに歩数データの異常値の無い日を有効日として抽出した。

1) 歩数のデータ数による抽出

歩数データは端末が正常に作動していれば、毎時 00 分に 1 回記録される。そこで、6 時から 21 時までの 16 時点のうち 14 時点以上取得されている日を抽出した。

2) GPS ログのデータ数による抽出

歩数のデータ数により抽出した日から、さらに GPS ログのデータ数によって絞り込み、有効日を抽出した。ただし、外出しない日の場合、データ数は端末の作動状況のみでなく、家屋内の GPS 受信状況に依存することになるため、外出日と非外出日それぞれについて、抽出方法を定めた。なお、GPS の誤差や家屋の大きさを考慮して居住地より 125m 以上離れた状態が 15 分以上継続して観測された日を外出日とした。

(ア) 外出日の場合

外出時に 5 分に 1 回以上データが記録されている日を有効日とした。

(イ) 外出日でない場合

屋内の GPS 受信状況によっては、データが全く取得されないことが起こりえる。よって、1 日の歩数が 1,000 歩以上かつ GPS ログのデータ数が 100 未満と、外出していることが予測されるにも関わらず、GPS ログデータが取得されないため外出日とならない日を除いて有効日とした。

3) 歩数データの異常値の有無による抽出

毎時 00 分に記録される歩数データについて、一時間あたりの歩数が 10,000 歩を超える異常値のある日を有効日より除いた。また、6-21 時の歩数が 1,000 歩以下であり、かつ歩数が連続して 7 時間以上カウントされていない日も、端末を携帯していないとして、有効日より除いた。

2016 年調査については 7 日以上、調査期間が 2016 年のおよそ半分である 2018 年調査については 3 日以上有効日数の調査対象者を端末データ取得者とした。2016 年の端末データ取得者は調査に参加した 1,268 人のうち 767 人、2018 年の端末データ取得者は 2018 年調査に参加した 644 人中 434 人であった。

3.4.3 ユニットの指標の算出

ユニットの指標として、時間と距離を算出した。時間については前後の記録されている時間の差を算出した。また、経緯度が (λ_i, ϕ_i) , $(\lambda_{i+1}, \phi_{i+1})$ である測位点間の距離 L_i を以下の式(3-1)および式(3-2)により算出した。

$$L_i = R\delta_i \quad (3-1)$$

ただし、

L_i : 測位点 i と測位点 $i+1$ の距離[m]

R : 日本付近での地球の半径 6,370,000[m]

δ_i : 地球の中心からみた測位点 i , $i+1$ の角度[rad]

$$\delta_i = \cos^{-1}(\sin \phi_i * \sin \phi_{i+1} + \cos \phi_i * \cos \phi_{i+1} * \cos(\lambda_i - \lambda_{i+1})) \quad (3-2)$$

ただし、

λ_i : 測位点 i の緯度[rad]

ϕ_i : 測位点 i の経度[rad]

3.4.4 外出/在宅の判別

はじめに外出/在宅を判別する。前述したとおり、15分以上継続して自宅から125m以上離れた地点で測位点が観測されてから、「在宅」状態になるまでの時間帯を「外出」とする。また、以下の条件をみたま時間帯は「在宅」とする。

- ・ 1日において、初めて外出状態になるまでの時間帯。
- ・ 外出状態ののち、15分以上継続して居住地から125m未満の地点で測位点が観測されてから、その後再び外出状態になるまでの時間帯。
- ・ 1日の最後の測位点が居住地から125m未満の地点で観測されたとき、居住地から125m未満の地点に到達した時点以降の時間帯。

3.4.5 移動/滞在の判別

次に外出状態のとき、「移動/滞在」を判別した。本研究における「滞在」は外出中において10分以上250m未満の地点に留まる状態、「移動」は外出時において「滞在」にあてはまらない状態と定義する。判別の流れを図3-10および図3-11に示す。

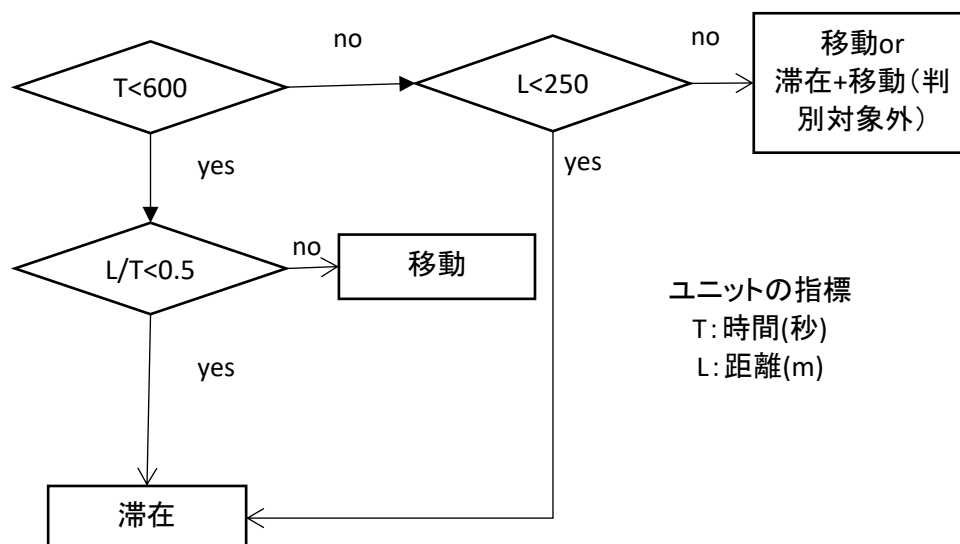


図 3-10 ユニットの指標による振り分け

まず、図 3-10 に示すように、速度および距離を用いてユニットごとに滞在/移動/移動 or 滞在+移動(判別対象外) に振り分ける。速度の閾値は 0.5m/s と対象が高齢者であることを考慮して非常に小さくしている。次に、図 3-11 に示すように、連続する滞在状態のユニットを結合し、各滞在ユニットの集合の緯度経度の平均値を算出する。そして、時間的に連続する滞在ユニット集合同士について、図 3-11 に示すように緯度経度の平均値の距離または、前時点の滞在ユニット集合の開始時刻における地点から後時点の終了時刻における地点が 250m 以上になるまで、また前時点の滞在ユニットの緯度経度の平均点からの距離について、前時点の滞在開始時刻から後時点の滞在終了までのいずれかの測位点が 250m 以上になるまで、逐次結合する。最後に結合した滞在ユニット集合の継続時間が 10 分以上の場合、滞在、それ以外のとき移動とする。

3.4.6 交通手段の判別

「移動」および「移動 or 滞在+移動 (判別対象外)」のとき、利用している交通手段を判別する。GPS ログデータを用いて交通手段を判別した研究はいくつかみられるが、本調査の GPS ログデータの取得間隔は、秒単位で取得されている既往の研究とは異なり徒歩以外のとき 5 分以上になるため、松中ら¹⁰⁾を参考に独自の方法で判別した。

交通手段判別の全体の流れを図 3-12 に示す。まず、ユニットの指標およびその連続性を用いて、「移動」および「移動 or 滞在+移動 (判別対象外)」を「徒歩移動」「徒歩以外」「移動 (判別対象外)」に判別する。次に、「徒歩以外移動」のとき公共交通路線の位置情報データを用いることにより、「鉄軌道利用移動」「バス」「その他移動」に判別する。さらに、「その他移動」のときセグメントの時間および速度を用いて「自動車」「自転車」に判別する。

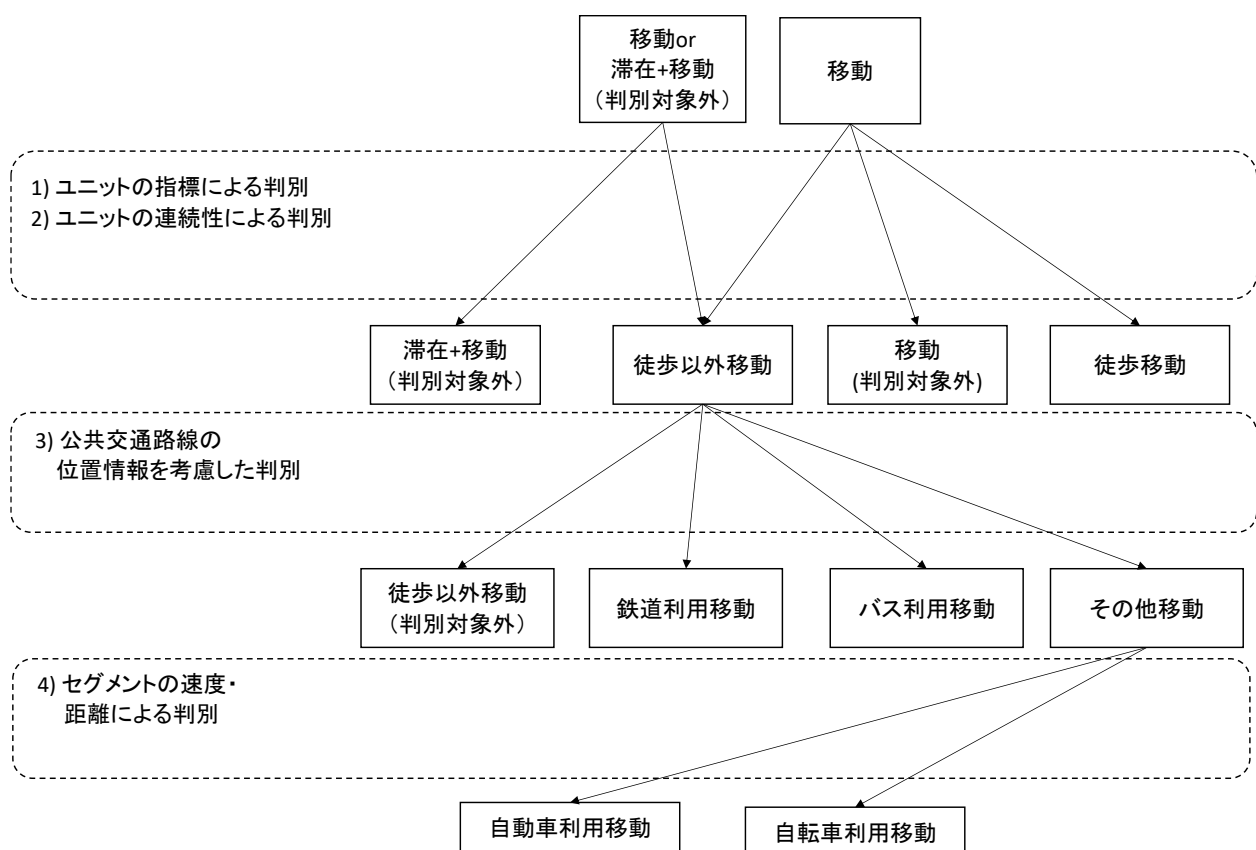


図 3-12 交通手段判別の流れ

1) ユニットの指標による判別

まずユニットの指標を用いて、「徒歩移動」と「徒歩以外移動」を判別する方法を述べる。

「移動」のとき、速度および1秒あたりの歩数を用いて判別する。松中ら¹⁰⁾を参考に速度が10km/h以上のときを「徒歩以外移動」とする。さらに、速度が10km/h未満のときは1秒あたりの歩数が1歩以上のとき「徒歩移動」、1歩未満のときを「徒歩以外移動」と判別する。なお、このとき歩数が負の異常値が含まれる場合、そのユニットは「移動(判別対象外)」とする。

「移動 or 滞在+移動(判別対象外)」のときは、ユニットの時間が10分を上回りかつ移動距離が250mを上回っているため、ユニット内の時間帯で移動・滞在ともに行われる「移動(判別対象外)」状態が含まれている可能性がある。よって、「移動(保留)」と「移動(判別対象外)」に判別する。まず、ユニットの指標を用いて以下の条件のいずれかを満たすユニットを、ユニット内に移動のみでなく滞在も含まれるため「移動(判別対象外)」として判別する。

- ・ 10分ある場所に留まったのち移動したと仮定したときの移動速度が、該当するユニットを含む外出の平均移動速度未満である。
- ・ 速度が10km/h未満である。
- ・ 時間が20分を上回る。

2) ユニットの連続性による判別

次に、上記の判別で「徒歩以外移動」および「移動(保留)」と判別されたユニットについて、連続する状態を結合して作成したセグメントを用いて、交通手段を再判別する。これは上記のユニットの指標のみを用いた判別では、実際には徒歩移動中にも関わらず、信号待ちなどで歩数がカウントされずに、「徒歩以外移動」と判別される場合があるためである。手順を以下に示す。

1. 「徒歩以外移動」において、セグメントの正確な開始時刻および終了時刻を求めることが困難である場合、「徒歩以外移動(判別対象外)」とする。具体的には以下の場合である。
 - ア) 「徒歩以外移動」が1日で最初または最後のGPSログ測位点より開始しており、それらの地点が居住地より1km以上離れている場合。
 - イ) 時間的に前または後に「滞在+移動(判別対象外)」のセグメントがある場合。
2. 「移動(保留)」のセグメントが「徒歩以外移動」に時間的に前後をはさまれている場合、「徒歩以外移動」として再判別し、セグメントを更新する。それ以外の場合は正確な移動の開始点および終了点を推定することが困難なため「移動(判別対象外)」とする。
3. 2.により更新された「徒歩以外移動」セグメントについて、継続時間が1分を上回りかつ総移動距離が400mを上回る場合「徒歩以外移動」、そうではない場合は「徒歩移動」として再判別する。

3) 公共交通路線の位置情報を考慮した判別

上記の手順を経て、「徒歩以外移動」として判別されたセグメントを、公共交通路線データを用いて、「鉄軌道利用移動」「バス利用移動」「その他移動」に判別する。鉄軌道の路線および駅・停留所の位置情報データは「国土数値情報 鉄道時系列」¹¹⁾を用いた。また、バスの路線およびバス停の位置情報データは、「国土数値情報 バスルート」¹²⁾および「国土数値情報 バス停留所」¹³⁾を用いた。ただし、バスのデータについては2010年前後のデータのみ整備されているため、富山市おでかけのりものマップ¹⁴⁾を参考に、富山市内のバス停を経由する富山県内の路線バスについて、バス路線およびバス停の位置情報を2016年時点に更新した。以下に手段判別の手順を示す。

1. 開始点・終了点ともに富山市外である場合、バス路線データが最新の状況を反映していないことから、「徒歩以外移動(判別対象外)」とする。
2. セグメントの開始点から終了点までの距離が400m未満のとき、公共交通の利用である可能性は低

いため、「その他移動」と判別する。それ以外の場合は3.に進む。

3. セグメントの開始点または終了点ではない測位点すべてについて、最寄りのバス路線および鉄軌道路線からの距離をそれぞれ算出し、その距離が50m以内である測位点の割合が8割を超える場合4.に進む。8割以下である場合は「その他移動」として判別する。なお、セグメントが開始点および終了点のみである場合は、4.に進む。
4. セグメントの開始点および終了点から、3.の路線からの距離の条件を鉄軌道路線がみたす場合は、鉄軌道路線および鉄軌道駅までの距離を、バス路線が満たす場合は、バス路線およびバス停までの距離を算出する。判定の際は1歩あたりの移動距離を0.7mとして乗降車する前後の歩行を考慮する。セグメントの開始点および終了点ともに、路線までの距離が開始および終了ユニットの歩数に1歩あたりの移動距離0.7mをかけた距離に50m（富山駅周辺の鉄軌道駅場合150m）を足した距離以下でありかつ、鉄軌道駅およびバス停までの距離が開始および終了ユニットの歩数に1歩あたりの移動距離0.7mをかけた距離に150mを足した距離以下であるとき「鉄軌道利用移動」「バス利用移動」として判別する。鉄軌道・バスともに上記の条件を満たす場合は、セグメントに含まれる測位点から路線までの距離の平均値が小さいほうの機関として判別する。閾値とする鉄軌道駅およびバス停までの距離が路線までの距離より長い理由は、セグメントの開始点・終了点が観測された時刻が、鉄軌道およびバスによる移動中である場合、路線沿いであるものの駅やバス停から離れた地点で測位点が観測されるケースがあるためである。

4) セグメントの速度・距離による判別

さらに、「その他移動」をセグメントの速度および総移動距離を用いて、「自動車利用移動」と「自転車利用移動」に判別する。既往研究¹⁵⁾では、高齢者・幼児の自転車速度の平均値は11km/hであること、自転車は5km以内の利用が主であることが示されている。また全国道路・街路交通情勢調査¹⁶⁾によると、富山市内の自動車平均速度は、「昼間非混雑時」では、最も遅いDID区域内(商業地域)の一般都道府県道でも16.5km/hである。よって、移動速度が15km/h未満かつ総移動距離が5km未満のとき「自転車利用移動」、それ以外の場合「自動車利用移動」と判別する。

3.4.7 中心市街地来訪判別

図3-2に示す第1期富山市中心市街地活性化基本計画¹⁷⁾で定められた区域を中心市街地とし、中心市街地内に15分以上継続して測位点が観測されたとき、「中心市街地来訪」とする。「中心市街地来訪」状態は中心市街地より400m以上離れた地点で位置情報が計測されるまで継続する。なお、中心市街地より400m以上離れた地域に居住する分析対象者のみを対象に判別した。

3.5 結語

本章は、本研究で用いる高齢者の外出行動データ、歩行量データ、医療費データを取得する方法を示した。2016年と2018年に実施した「高齢社会における交通と健康モニタリング調査事業」における各調査について説明し、2016年および2018年の調査で高齢者に携帯端末機を配布し、位置情報および歩行量を取得したこと、2018年の調査で同意がとれた高齢者について、富山市国民健康保険、富山県後期高齢者医療制度による自己負担分を含む各年度の医療費総額を取得したことを示した。そして、高齢者の外出行動および歩行量を把握するために、携帯端末機により取得したデータから分析対象とする日を抽出して、高齢者の歩数および、在宅/外出/滞在/移動といった各時間帯の状態を把握する方法について述べた。

第3章 参考文献

- 1) 富山市：人口と世帯 平成28年6月 年齢別・性別人口。
<http://www.city.toyama.toyama.jp/kikakukanribu/johotokeika/tokei/jinkosetai/jinkosetai.html>, 最終閲覧日2018年1月12日.
- 2) 富山市：富山市都市マスタープラン. 2008.
- 3) 富山市：富山市立地適正化計画. 2017.
- 4) 富山市中心市街地活性化推進課：平成28年度おでかけ定期券パンフレット. 2016.
- 5) 経済産業省：平成26年商業統計メッシュデータ. <https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/syougyo/mesh/download.html>, 最終閲覧日2020年7月1日.
- 6) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス 文化施設データ。
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P27.html>, 最終閲覧日2020年7月1日.
- 7) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス 都市公園データ。
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P13.html>, 最終閲覧日2020年7月1日.
- 8) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス 市区町村役場データ。
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P34.html>, 最終閲覧日2020年7月1日.
- 9) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス 郵便局データ。
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P30.html>, 最終閲覧日2020年7月1日.
- 10) 松中亮治, 大庭哲治, 中川大, 玉城幹介, 鈴木義康, 本田大貴：公共交通の特性を考慮したGPSデータからの利用
交通手段判定手法の開発. 第54 回土木計画学研究発表会・講演集. CDROM. 2016.
- 11) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス 鉄道時系列データ。
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N05.html>, 最終閲覧日2020年7月1日.
- 12) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス バスルートデータ。
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N07.html>, 最終閲覧日2020年7月1日.
- 13) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス バス停留所データ。
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P11.html>, 最終閲覧日2020年7月1日.
- 14) 富山市交通政策課：富山市おでかけのりものマップ. 2016.
- 15) 諸田恵士, 大脇鉄也, 上坂克巳：我が国の自転車利用の実態把握--自転車ネットワーク計画策定を見据えて (特
集 安全・快適な自転車走行空間の整備に向けて). 土木技術資料. vol. 51, no. 4. 2009.
- 16) 国土交通省：平成27年度 全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査 集計表。
<http://www.mlit.go.jp/road/census/h27/>, 最終閲覧日2018年1月5日.
- 17) 富山市：第1期富山市中心市街地活性化基本計画. 2006.

第4章 高齢者の外出先および利用交通手段と歩行量の関係

4.1 概説

第4章では、高齢者の外出先を地区レベルのミクロな空間単位で把握し、高齢者の外出行動と歩行量の関係を分析する。立地適正化計画の策定などで、都市機能の集約や都市施設の再配置を検討するとき、高齢者の歩行を促すための都市環境を整備するために、高齢者の外出行動と歩行量の関係を把握する必要があると考えられる。しかし、これまでの調査や研究では中心市街地といったエリア別や商業施設など施設別に外出先を詳細に把握されておらず、詳細な外出先や利用交通手段による歩行量の違いについての検証は十分に行われていない。さらに、中心市街地活性化基本計画などで進められている中心市街地活性化に関する施策についても、高齢者の活発な外出の促進に繋がるようにするためには、中心市街地への来訪手段や中心市街地における回遊範囲・活動時間といった高齢者の行動を把握し、さらに行動と歩行量の関係を明らかにする必要がある。しかし、中心市街地への来訪に関する行動と歩行量を共に把握した研究はみられず、これらの関係は明らかにされていない。

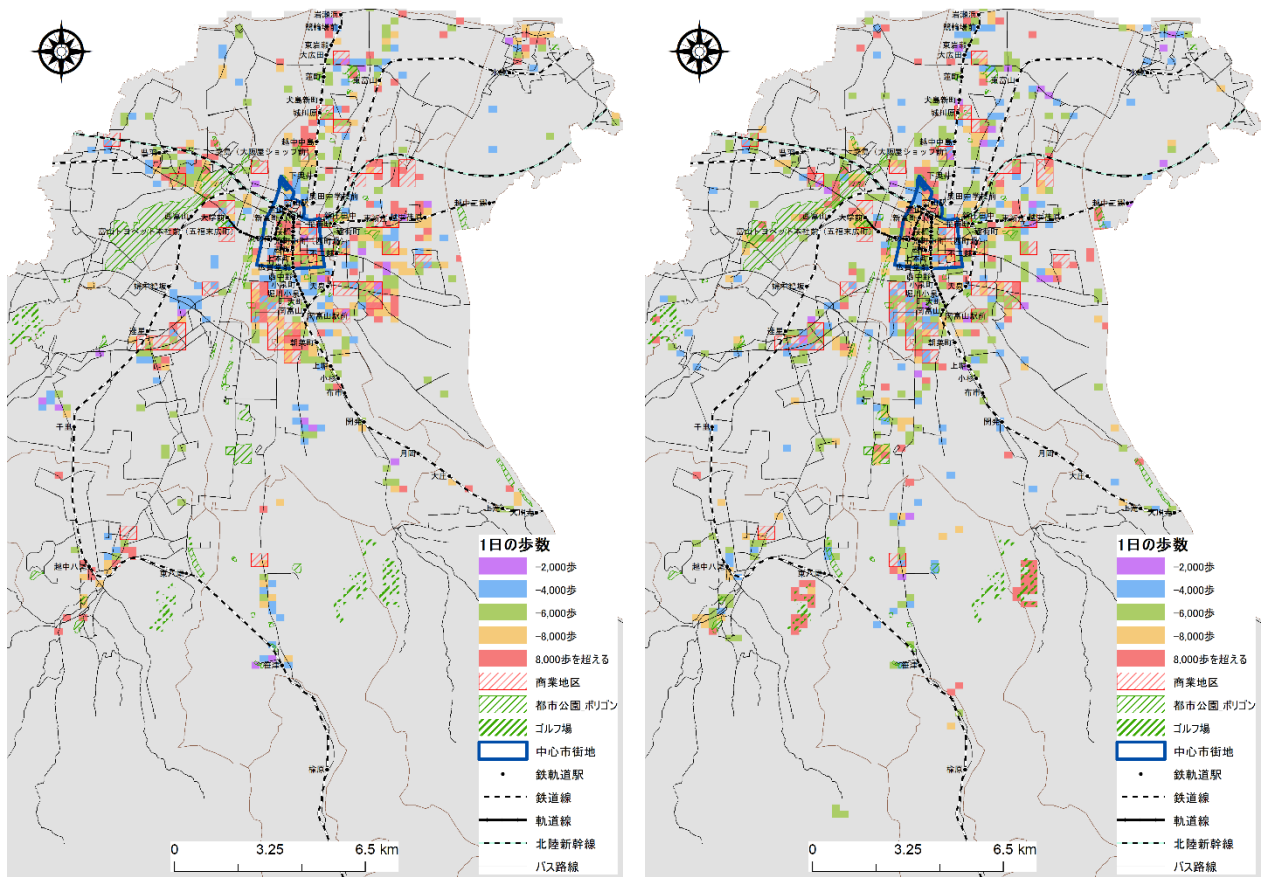
そこで、本章は高齢者の歩行量が多い外出先や外出手段といった外出の特性を1日ごとの位置情報・歩行量データを用いることにより明らかにする。さらに、中心市街地への来訪に関する高齢者の行動を把握し、中心市街地来訪日の行動と歩行量の関係を明らかにすることを目的とする¹⁾。具体的な方法として、スマートウォッチ端末により取得した1ヶ月間の位置情報データおよび歩数データを用いることで、訪問先と歩行量の関係を明らかにする。さらに、中心市街地に来訪した日における詳細な行動として中心市街地内の活動時間・交通手段・回遊範囲を把握し、これらの外出行動に関する指標と歩行量との関係を明らかにする。

4.2 外出先と歩行量の関連性分析

4.2.1 メッシュ集計による外出先別歩行量の違いの網羅的な把握

本項では高齢者の外出先による1日の歩数の違いを、GPSで把握した外出先をもとに把握する。具体的には、特定のエリアに限らず網羅的に高齢者がよく歩く外出先を把握するために250mメッシュ単位で地点別に訪問した日の1日の歩数を把握する。10分以上連続する滞在状態に含まれる測位点の緯度経度の平均値をとった地点を滞在の代表点とし、対象者ごとに滞在代表地点がメッシュに含まれた日の歩数の平均値を算出する。そして、調査期間中に2人以上の滞在代表地点があったメッシュについて、歩数の平均値をメッシュごとに算出する。また、居住地からの距離を考慮し、居住地から1km未満の地点での滞在、1km以上離れた地点での滞在についてそれぞれ別に集計した。結果を図4-1に示す。

まず、居住地から1km未満の地点での滞在をみると約500m四方の従業員数が100人以上の商業地区内で1日あたりの歩数が8,000歩を超えるメッシュがみられる。また、このほかにも中心市街地の北および南の住宅地周辺においても8,000歩を超えるメッシュがある。次に、居住地から1km以上離れた地点における滞在に着目する。中心市街地内において、6,000歩を上回る1日の歩数が多いメッシュが多くみられる。また、中心市街地以外においても、都市公園やゴルフ場付近で1日の歩数が多いメッシュが散見される。



居住地 1km 圏内

居住地 1km 圏外

図 4-1 外出先別の 1 日の歩数の平均値

4.2.2 1 日ごとの外出行動の特性の把握

本項では外出行動による歩行量の違いを定量的に検証するため、外出先の施設やエリア別に 1 日ごとに歩数を集計する。

まず、「外出」が観測された日を外出日とし、市外への外出がない外出日について高齢者の訪問先の特性を把握する。本研究では滞在地点と徒歩移動代表点を訪問先とする。滞在地点に加えて徒歩移動の代表点も訪問先とした理由は、特定の場所で 10 分以上の滞在を伴わない散歩や、店舗内で長時間の滞在を伴わない買い物を含めて、訪問先として把握するためである。

まず滞在地点については、屋内における GPS の受信状況や徒歩の有無によって、GPS ログデータの取得状況が異なるため、測位点および測位点数そのものを用いるのではなく、時間的に連続する滞在状態に含まれる測位点の緯度経度の平均値を用いた。

また徒歩移動代表点については、以下のいずれかの条件を満たす 10 分以上の「徒歩移動」セグメントについて、徒歩移動の開始点および終了点から最も離れた点を用いた。

- ・開始点および終了点を「在宅」で区切られている「徒歩移動」セグメント
- ・開始点および終了点を「徒歩以外移動」で区切られており開始点から終了点までの距離が 125m 以内の「徒歩移動」セグメント

訪問先の特性として、表 4-1 に示す方法で訪問先周辺の都市環境を把握した。各外出について、外出を開始してから終了するまでの間に「徒歩以外移動」が含まれているとき「徒歩以外外出」、移動手段が「徒歩のみ」しか含まれないとき「徒歩のみ外出」とした。なお、「徒歩のみ」と「移動(判別対象外)」

しか含まれていない場合、徒歩のみの外出であるか判断ができないため、「判別対象外外出」とした。

対象日は非外出日または測位点が在宅から始まり在宅で終わる外出日であり、かつ「判別対象外外出」がなく、さらに市外で測位点が観測されていない日とした。その結果、対象日は726人の6,290日であった。

4.2.3 外出先と1日ごとの歩行量の関係

まず、外出日および各施設および地区への訪問のあった日の歩数を集計することで、外出の有無および訪問先別により歩行量を比較する。表4-2に各観測日数を、図4-2に各対象日の歩数の箱ひげ図を示す。なお箱ひげ図のひげの長さは10パーセントイルの値から90パーセントイルの値までの範囲である。

表 4-1 訪問先の把握方法

指標	訪問判定基準
中心市街地訪問日	中心市街地内に滞在地点・徒歩移動代表点が観測された外出日
運動施設・都市公園訪問日	3章で定義した運動施設125m内、都市公園ポリゴン内および2014年「土地利用細分メッシュ」 ²⁾ の「ゴルフ場」のメッシュ内に滞在地点・徒歩移動代表点が観測された外出日
商業地区訪問日	商業地区内に滞在地点・徒歩移動代表点が観測された外出日
公共施設訪問日	滞在地点・徒歩移動代表点125m内に3章で整備した公共施設が観測された外出日

表 4-2 各対象日の観測日数

		観測者数	観測日数
外出の有無別	外出日	622	3,292
	非外出日	558	2,998
手段別	徒歩のみ	366	1,082
	徒歩以外	577	2,622
徒歩のみ施設別	商業地区	89	170
	公共施設	77	144
	運動施設・都市公園	63	143
徒歩以外施設別	商業地区	304	850
	公共施設	208	390
	運動施設・都市公園	164	356
徒歩以外商業地区別	中心市街地内商業地区	127	260
	中心市街地外商業地区	254	651

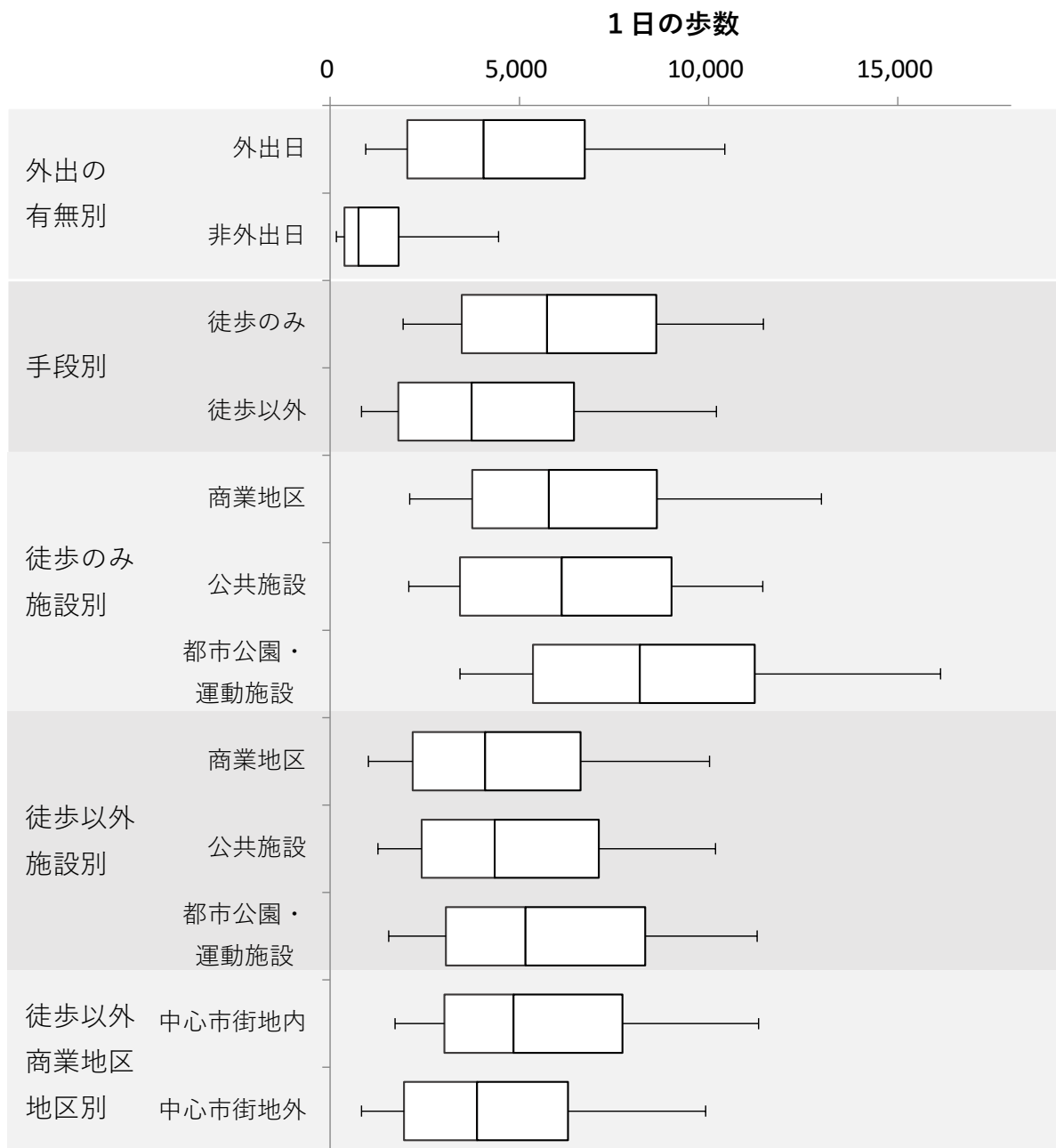


図 4-2 外出の有無別および外出先別の歩行量の分布

まず、外出の有無別に比較すると、外出日の中央値は 4,053 歩と非外出日の中央値 748 歩と比べて大きい。次に手段別にみると徒歩のみの外出を行った日と徒歩以外の外出を行った日の歩数の分布を比較すると、徒歩のみの外出を行った日の中央値は 5,734 歩、徒歩以外の外出を行った日の中央値は 3,740 歩と、徒歩のみの外出を行った日の方が歩数は多くなっている。さらに、徒歩のみおよび徒歩以外の外出日それぞれについて、訪問施設別に歩数の分布を比較すると、運動施設・都市公園に訪問した外出日における歩数は、他の施設への訪問日に比べて多い。最後に、徒歩以外で商業地区に訪問した外出日について、その商業地区の中心市内外別にみると、中心市街地内の商業施設への訪問のあった日の歩数はすべての四分位点で中心市街地外への訪問のあった日よりも大きい傾向がみられた。

各外出日の歩行量の分布を把握したが、以上の分析は、対象日を個人間の異質性を考慮せずに分析している点で問題がある。例えば、中心市街地区内商業地区へ訪問した日の歩数が中心市街地外の商業地

区へ訪問した日の歩数よりも多い傾向がみられたが、歩行量の少ない人は中心市街地に全く訪問せず、歩行量の多い人が中心市街地に訪問することで中心市街地への来訪の有無による歩行量の差が生じた可能性もあり、同じ人の中心市街地へ来訪した日の歩数が来訪しなかった日の歩数よりも多いことを厳密に示すものではない。

そこで、個人間の異質性を考慮したうえで、外出先への訪問の有無による歩行量の違いを検証するために、式(4-1)と式(4-2)に示すマルチレベルモデルを構築する。まずレベル1の有効日の観測値レベルのモデルでは、各外出および来訪の有無ダミーを投入する。また、レベル2の個人レベルの変数では年齢および性別を投入する。さらに以上の変数とは別の個人間の異質性を表す変量効果 $u_{0,j}$ を含めた。

レベル1 各有効日の観測値レベル

$$y_{i,j} = \beta_{0,j} + \sum_k \beta_{k,j} Behavior_{k,j} + \varepsilon_{i,j} \quad (4-1)$$

レベル2 個人間レベル

$$\beta_{0,j} = \gamma_{0,0} + \gamma_{0,1} Age_j + \gamma_{0,2} Gender_j + u_{0,j} \quad (4-2)$$

$y_{i,j}$:	i 日の個人 j の歩数
$Behavior_{k,j}$:	外出行動指標
$\varepsilon_{i,j}$:	個人内誤差
Age_j :	年齢
$Gender_j$:	性別(男性=1)
$u_{0,j}$:	変量効果項(個人間の分散)

モデルの推定結果を表 4-3 に示す。ランダム効果項のみのヌルモデルと比較した尤度比検定では、尤度は本モデルの方が高く、有意であった。年齢および性別の偏回帰係数の非標準解は年齢では-116.7、男性ダミーが 597.7 であり、ともに有意水準 5%で有意であった。各外出に関する全ての係数は有意であり、非外出日に対し、訪問先を問わず外出を行った日においては歩数が多く伴うことを確認した。外出行動の偏回帰係数の非標準解および標準誤差を図 4-3 に図示する。交通手段別にみると徒歩のみの外出を行った日の係数(1,054~2,401)が徒歩以外の外出日の係数(569~1,755)よりも大きい。さらに、訪問先別にみると徒歩のみ外出、徒歩以外外出ともに運動施設・都市公園へ訪問した日において歩数が大きいことがわかる。加えて、徒歩以外外出日の商業地区への訪問があった日について、中心市街地への外出と中心市街地外への訪問を比較すると、中心市街地へ訪問した日のほうが 1,135 大きいことがわかる。

以上より個人間の異質性を考慮した上でも、徒歩のみの外出をした日の歩数が徒歩以外で外出した日よりも大きく、訪問先別にみると運動施設・都市公園へ訪問した日の歩数が多く、また徒歩以外の商業地区への訪問についてみると、中心市街地へ訪問した日において中心市街地以外の商業地区へ訪問した日の高齢者の歩数が大きいことを定量的に把握した。

表 4-3 マルチレベルモデルの推定結果

変数	偏回帰係数	標準誤差	p値	
固定効果				
切片	11293.52	1430.34	0.000 ***	
年齢	-116.71	18.94	0.000 ***	
性別	597.7	244.65	0.015 **	
徒歩のみ外出				
商業地区	1837.5	175.39	0.000 ***	
公共施設	1031.15	187.19	0.000 ***	
運動施設・都市公園	2313.08	208.95	0.000 ***	
その他	1552.55	91.91	0.000 ***	
徒歩以外外出				
中心市街地内商業地区	1485.26	145.96	0.000 ***	
中心市街地外商業地区	536.2	94.89	0.000 ***	
公共施設	699.92	113.75	0.000 ***	
運動施設・都市公園	1663.15	125.47	0.000 ***	
その他	804.47	70.7	0.000 ***	
変量効果		標準偏差		
レベル1 個人		2942		
残差		1861		
尤度比検定	対数尤度	χ^2	自由度	p値
ヌルモデル	-57712			
本モデル	-57312	800.89	11	0.000 ***

***:p<0.01 **:p<0.05 *:p<0.1

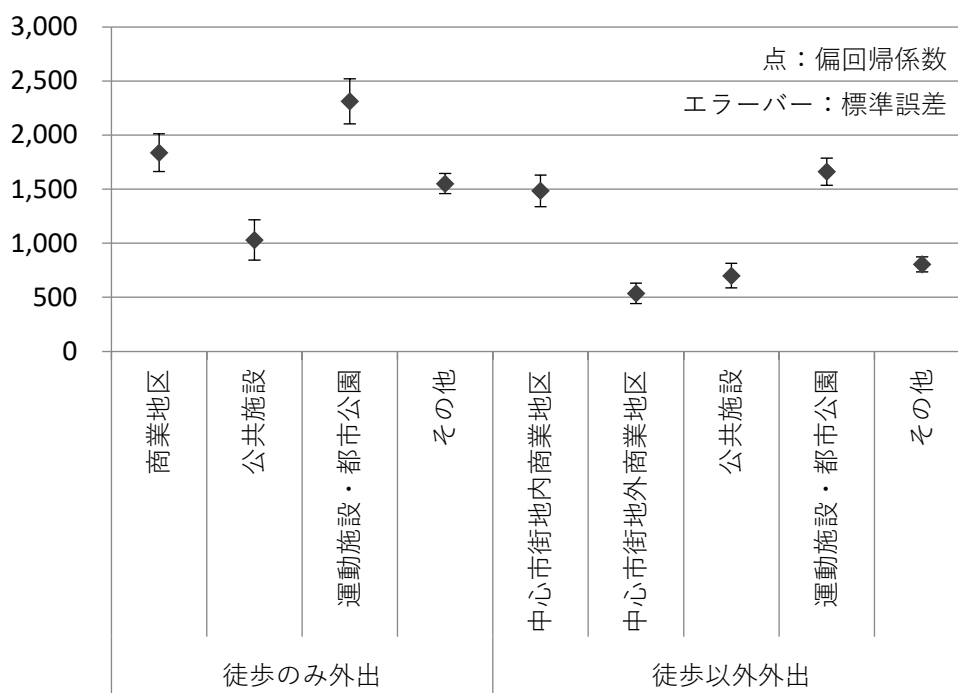


図 4-3 マルチレベルモデルの外出行動と歩行量の関係の偏回帰係数

4.3 中心市街地来訪日における外出行動と歩行量の関係

4.3.1 本節の目的

前節では、徒歩以外による中心市街地内の商業地区への訪問が、中心市街地外の商業地区への訪問よりも多くの歩数が伴うことが示唆された。これは様々な都市機能が徒歩範囲内で広く集約した中心市街地内の都市環境が歩行を促進しているためであると考えられる。本節は、中心市街地来訪に関する詳細な行動と歩行量との関係を分析する。具体的には徒歩以外の交通手段をさらに分類して自転車・自動車・公共交通による歩数の違いや、中心市街地内での活動時間や活動範囲と歩数の関係を明らかにする。

4.3.2 中心市街地における回遊範囲の分析

1) 高齢者の滞在地点の把握

高齢者が多く滞在する地点を詳細に把握するために、移動/滞在の判別結果を用いて 50 m メッシュごとに滞在数を算出した。具体的には全分析対象者について、50m メッシュごとに有効日 1 日あたりの滞在数を合計した。この際に、分析対象者によって有効日数が異なるため、それぞれのメッシュに含まれる 4.2.2 で算出した滞在地点数を各対象者の有効日数の逆数で重みづけして集計した。さらに、メッシュ内の滞在数を整数値で比較可能にするために 400 人・31 日あたりに換算した。

中心市街地における高齢者の滞在地点を図 4-4 に示す。中心市街地では、富山駅周辺および富山駅北周辺の駅周辺地区、グランドプラザ前・総曲輪通り・西町の中心商業地区における滞在数が多い。

2) 高齢者の徒歩移動範囲の把握

高齢者の中心市街地内における徒歩移動範囲を把握する。中心市街地来訪中に徒歩移動と判別された測位点を 50 m メッシュごとに各分析対象者の有効日数の逆数で重みづけして合計した。調査期間中、中心市街地において徒歩移動が観測された 247 人の合計 682 日を集計した。結果を図 4-5 に示す。中心商業地区および富山駅周辺地区において徒歩移動の観測数が多い。また、滞在数の多い中心商業地区と富山駅周辺地区をつなぐ大通りや市内電車沿線においても徒歩移動の観測数が多いことから、中心市街地内を広範囲に回遊していることが推察される。

4.3.3 中心市街地来訪日の行動と歩行量の分析

前項では、高齢者が中心市街地内において広範囲にわたり回遊していることが示唆された。本項では、来訪交通手段および中心市街地来訪時の回遊範囲・活動時間と歩行量との関係を明らかにする。

1) 指標の算出方法および分析対象

a) 中心市街地来訪に関する指標の算出方法

まず、中心市街地来訪後に初めて観測される「徒歩移動」または「滞在」測位点を「活動開始点」、最後に観測される「徒歩移動」または「滞在」測位点を「活動終了点」とする。

中心市街地における活動開始前・活動中・活動終了後それぞれについて代表交通手段を「鉄道」「バス」「自動車」「自転車」「徒歩」の順番で特定する。なお、「移動(判別対象外)」「徒歩以外移動(判別対象外)」が含まれる場合は分析対象より除く。活動開始前の代表交通手段と活動開始点直前の交通手段が一致するとき、活動終了後の代表交通手段と活動終了点直後の交通手段が一致するとき、代表交通手段を来訪交通手段とする。

回遊範囲の広さを表す指標として、活動開始点から終了点までの距離を算出する。また、活動開始・終了点から最も離れた「徒歩移動」「滞在」測位点までの距離の最大値を算出する。さらに、中心市街地内における活動時間として中心市街地内の活動開始点から終了点までの時間についても算出する。これ

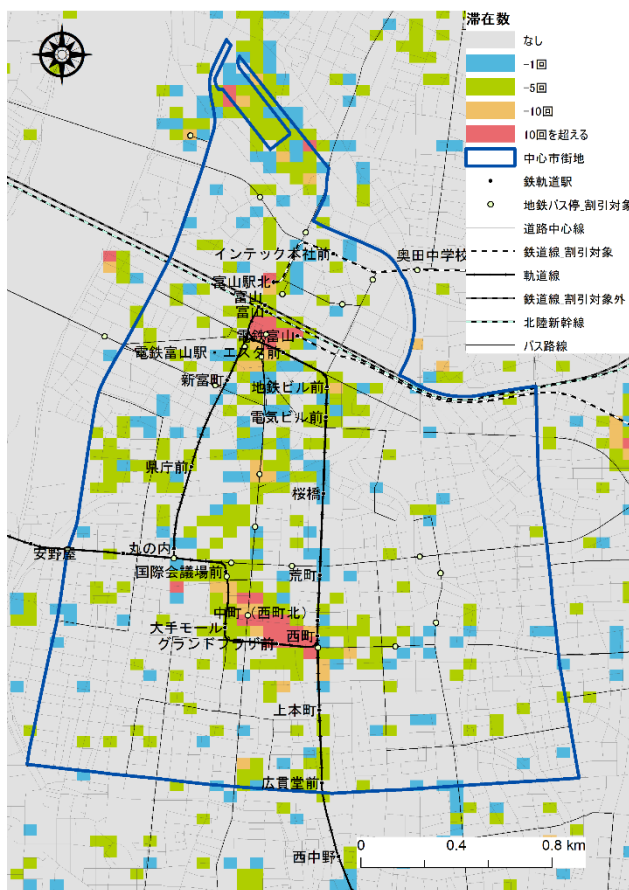


図 4-4 全調査対象者の滞在地点(50m メッシュ, 400 人・31 日あたり)

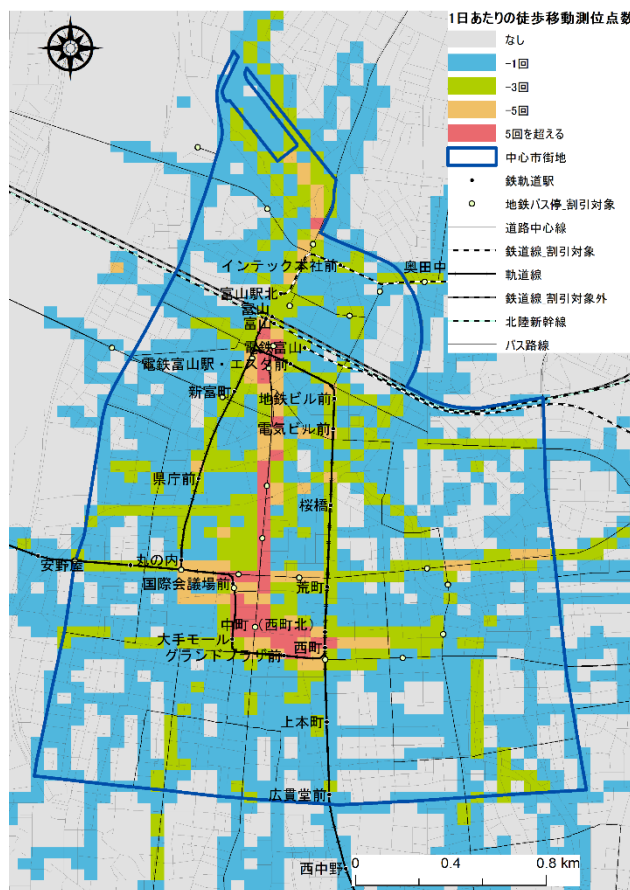


図 4-5 中心市街地における 1 日あたりの徒歩移動測位点数(50m メッシュ)

らに加え、中心市街地内の歩数についても、活動開始点から終了点まで算出する。

b) 本項における分析対象

本項においては a) の各指標を正確に算出するため、以下の条件を満たす中心市街地への来訪日を対象とし、その来訪日が調査期間中に少なくとも 1 日以上ある調査対象者について分析する。対象とする日は 221 日、分析対象者数は 93 人である。

- ・ 中心市街地に 1 回のみ来訪した日
- ・ 中心市街地内で少なくとも 1 回「徒歩移動」または「滞在」が観測された日
- ・ 中心市街地来訪中に判別対象外の状態が含まれない日
- ・ 中心市街地来訪前または後の来訪交通手段の特定が可能な日

この条件で分析対象を定めたとき来訪交通手段の判別精度を、IC カードによって降車時刻が取得できるおでかけ定期券所有者のデータをもとに算出すると、公共交通利用の見逃し率は 15.1% であり、その内訳は、自動車が 5.7%、自転車が 9.4% であった。

2) 来訪交通手段と中心市街地内の行動との関係

各交通手段の来訪時の利用の有無別に、中心市街地内移動時の代表交通手段と滞在のみの割合を調査対象者ごとに算出した。それぞれの平均値を図 4-6 に示す。

公共交通を利用した来訪においては、中心市街地内の行動は、滞在のみの割合が少なく、移動を伴う割合が高い。移動手段をみると、公共交通を利用した移動、徒歩のみの移動の割合が高い。また、自動

車を利用した来訪においては、ある地点で滞在し移動を伴わない来訪が多くみられることが分かる。

次に、来訪交通手段別に活動開始点から終了点までの距離、活動開始・終了点から最も離れた徒歩移動・滞在測位点までの距離の平均値を調査対象者ごとに算出した。それぞれの平均値および中央値を表4-4に示す。

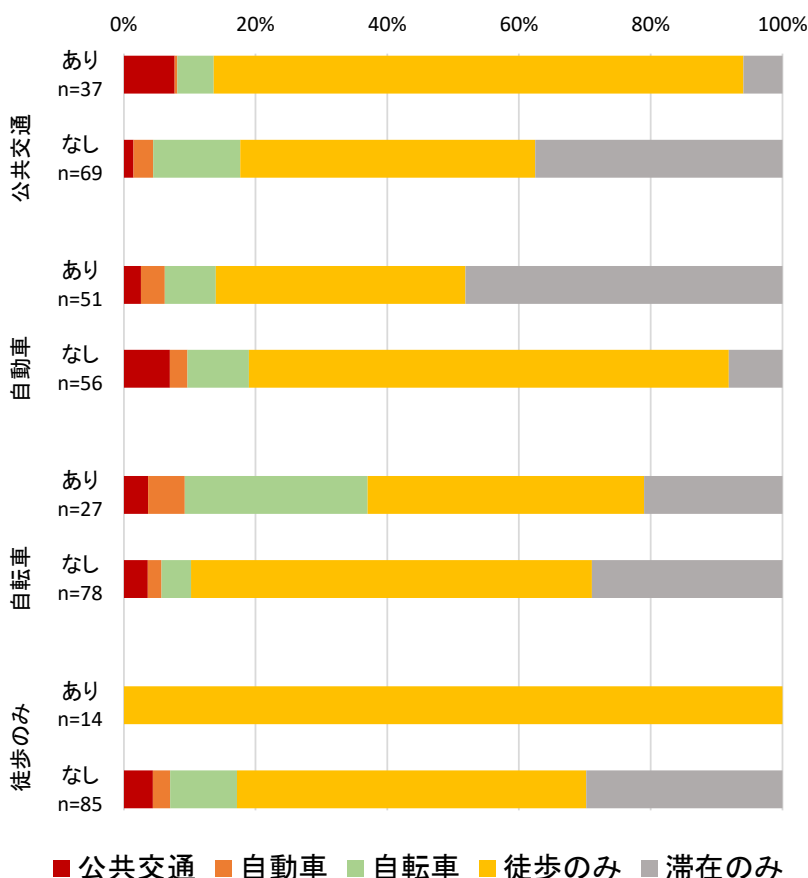


図 4-6 来訪交通手段別の中心市街地内の利用交通手段および滞在の割合

表 4-4 来訪交通手段別の中心市街地内の回遊範囲

対象者数	開始点から終了点までの距離(m)		最も離れた徒歩移動・滞在測位点までの距離(m)		
	平均値	中央値	平均値	中央値	
公共交通利用あり	37	405	193	629	427
公共交通利用なし	69	230	108	405	249
自動車利用あり	51	136	48	296	166
自動車利用なし	56	413	224	667	536
自転車利用あり	27	349	268	488	310
自転車利用なし	78	275	105	497	380
徒歩のみ	14	536	336	853	699
徒歩以外	85	257	106	425	310

まず、活動開始点から終了点までの距離に着目する。公共交通を利用した来訪は、公共交通を利用しない来訪と比べて、活動開始点から終了点までの距離が長く、中心市街地来訪時には、複数の停留所や手段を利用する来訪が多いことが示唆される。また、自動車を利用したときの活動開始点から終了点までの距離は、来訪交通手段の中で唯一、利用しなかった場合と比べて小さい。これは、自動車で来訪したときは、駐車場に戻らないといけないこと、また複数の駐車場を利用して中心市街地内を回遊する行動が少ないことが原因として考えられる。

さらに、活動開始・終了点から最も離れた徒歩移動・滞在測位点までの距離に着目する。公共交通を利用した来訪、徒歩のみによる来訪において、それぞれ公共交通を利用しない来訪、徒歩以外の手段を利用した来訪よりも、平均値・中央値ともに大きく、中心市街地内の広い範囲を回遊していることが示唆される。

3) 来訪交通手段を考慮した回遊範囲と歩行量の関係

来訪時の交通手段別に、中心市街内の歩数および中心市街地来訪日の歩数をそれぞれ比較する。来訪交通手段の利用の有無別に中心市街地内の歩数の平均値および中心市街地に来訪した日の歩数の平均値を調査対象者ごとに算出した。交通手段ごとの平均値および中央値を表 4-5 に示す。

まず中心市街地内の歩数をみると、公共交通の利用のある日、徒歩のみによる来訪のある日において、中心市街地内での歩数が多く、自動車利用のある日においては中心市街地内の歩数が少ない傾向にあることが分かる。

次に、中心市街地来訪日 1 日あたりの歩数に着目する。公共交通利用ありの平均値は利用なしの平均値に比べて小さいが、中央値は公共交通利用ありの方が大きい。これは公共交通利用なしには、徒歩のみや自転車といった多くの歩数を伴う日が含まれるためであると考えられる。また、自動車ありは自動車なしよりも平均値・中央値ともに 2,000 歩前後小さい。

さらに、公共交通の自動車に対する利用度合いによる中心市街地内の歩数および中心市街地来訪日の歩数の違いを分析する。なお、この後の分析は、公共交通利用と自動車利用に着目し、公共交通または自動車による来訪が少なくとも 1 日ある人の、公共交通または自動車により来訪した日を対象とする。対象者数は 76 人である。また、公共交通または自動車を来訪交通手段として利用した回数のうち公共交通を利用した回数の割合を公共交通利用割合として算出した。

目的変数を中心市街地内の歩数の平均値および中心市街地来訪日の歩数の平均値とし、説明変数を年齢・男性ダミー・公共交通利用割合とした重回帰モデルを推定した。推定結果を表 4-6 に示す。中心市街地内の歩数、中心市街地来訪日の歩数ともに、公共交通利用割合の係数は正で、中心市街地内歩数は有意水準 1%未満で中心市街地来訪日は有意水準 5%未満で有意であり、公共交通利用割合が高い人ほど、

表 4-5 来訪交通手段別の歩数の比較

	中心市街地内の歩数		中心市街地来訪日の歩数		
	対象者数	平均値	中央値	平均値	中央値
公共交通利用あり	37	2,505	1,967	5,957	5,423
公共交通利用なし	69	1,541	843	6,270	4,376
自動車利用あり	51	1,220	816	4,859	4,052
自動車利用なし	56	2,397	1,940	7,275	5,998
自転車利用あり	27	1,885	1,211	6,581	4,643
自転車利用なし	78	1,880	1,209	6,485	4,456
徒歩のみ	14	2,974	2,341	11,591	10,405
徒歩以外	85	1,603	1,017	5,667	4,271

表 4-6 歩数と来訪交通手段の関係

	偏回帰係数	
	中心市街地内の歩数	中心市街地来訪日の歩数
年齢	-69.80 **	-136.52 **
男性ダミー	752.00 *	1,124.33
公共交通利用割合	1,956.79 ***	2,105.51 **
定数項	5,481.89 **	13,706.72 ***
修正R2乗	0.172	0.061
回帰式の有意性(P値)	0.001 ***	0.057 *

***p<0.01**p<0.05*p<0.1

N = 76

歩数が多いことが分かる。公共交通による来訪は、自動車による来訪よりも中心市街地内の歩数、さらには中心市街地来訪日の歩数が多く伴うことが示唆される。

次に、中心市街地内の回遊範囲と歩行量との関係を検証する。公共交通利用ありの来訪・自動車利用ありの来訪についてそれぞれ、回遊範囲を表す指標として、活動開始点から終了点までの距離の平均値を考慮したモデル、最も離れた徒歩移動・滞在地点までの距離の平均値を考慮したモデルを構築した。また、中心市街地内の活動時間の平均値についても説明変数として投入した。なお、活動開始点から終了点までの距離の平均値と最も離れた徒歩移動・滞在地点までの距離の平均値は強い相関がみられたため、同時に投入するモデルは構築していない。推定結果を公共交通利用ありについて表 4-7 に、自動車利用による来訪ありについて表 4-8 に示す。

中心市街地内の歩数についてみると公共交通利用あり、自動車利用ありともに、中心市街地における活動時間および回遊範囲を表す 2 指標が有意水準 1%で有意である。一方、中心市街地来訪日の歩数についてみると、中心市街地における回遊範囲を表す 2 指標が有意水準 1%で有意であるが、中心市街地における活動時間は公共交通利用ありにおいてのみ有意水準 10%で有意傾向である。中心市街地における活動時間が長くなると、中心市街地外の歩数が少なくなるため、1 日の歩数で見ると中心市街地における活動時間は回遊範囲と比べて有意にはならなかったと考えられる。また、中心市街地内の活動時間が公共交通のみ有意になった要因として、公共交通による来訪時の中心市街地内での活動の方が、より多くの歩数を伴うものであることが示唆される。

以上より公共交通による来訪の中でも、行きと帰りで異なる停留所や手段を利用し活動開始点から終了点までの距離が長くなるような来訪や、停留所または駐車場から遠く離れた地点まで回遊する来訪において、中心市街地内のみならず、来訪した日における歩行量が多くなることが示唆される。

表 4-7 公共交通利用来訪における歩数と中心市街地内の回遊範囲の関係

	偏回帰係数			
	中心市街地内の歩数		中心市街地来訪日の歩数	
	活動開始点 ～終了点	最も離れた 徒歩移動・ 滞在地点	活動開始点 ～終了点	最も離れた 徒歩移動・ 滞在地点
年齢	-32.10	-42.36	-102.95	-124.89 *
男性ダミー	275.54	250.26	-297.66	-271.04
中心市街地における 活動時間(分)	12.44 ***	11.97 ***	6.43 *	5.78 *
活動開始点から 終了点までの距離の 平均値(m)	2.44 ***		4.12 ***	
最も離れた徒歩移動・滞在地点 までの距離の平均値(m)		2.31 ***		3.39 ***
定数項	1,848.21	2,250.46	11,284.20 **	12,568.48 **
修正R2乗	0.791	0.819	0.448	0.390
回帰式の有意性(P値)	0.000 ***	0.000 ***	0.000 ***	0.000 ***

***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1

N = 37

4.4 結語

本章では1ヶ月間の位置情報データおよび歩数データを用いることにより、高齢者の外出先を地区レベルのミクロな空間単位で把握し、外出先や利用交通手段による歩行量の違いを分析した。

まず外出先別に訪問した日の歩数の平均値を算出し、訪問することで歩数が多く伴うような地域の特性を把握した。次に、各外出先別・徒歩のみ/徒歩以外別に歩数の分布を確認し、さらに外出先と歩行量の間をマルチレベルモデルで個人間の異質性を考慮して分析し、運動施設・都市公園へ訪問した日は徒歩のみ/徒歩以外の外出ともに歩数が多く、また運動施設・都市公園へ訪問した日に加えて、徒歩のみで商業地区へ訪問した日や、徒歩以外での外出でみると中心市街地内の商業地区へ訪問した日の、高齢者の歩数が多いことを定量的に明らかにした。

さらに、歩行量が多いことが明らかとなった中心市街地来訪日について、歩行量と中心市街地への来訪手段や中心市街地における回遊範囲・活動時間といった高齢者の行動との関係を分析した。公共交通による来訪時には回遊範囲が広い傾向にあることを把握し、自動車に対して公共交通による来訪の多い人は、中心市街地内の歩数さらには中心市街地に来訪した日における歩数が多いことを重回帰分析により明らかにした。また、同一の交通手段による来訪においても、活動開始点から終了点までの距離が長くなるような来訪など、広い範囲を回遊する人において、中心市街地を来訪した日の歩数が統計的に有意に多いことを示した。さらに、中心市街地内の活動時間が中心市街地への来訪日の歩数に及ぼす影響

表 4-8 自動車利用来訪における歩数と中心市街地内の回遊範囲の関係

	偏回帰係数			
	中心市街地内の歩数		中心市街地来訪日の歩数	
	活動開始点 ～終了点	最も離れた 徒歩移動・ 滞在地点	活動開始点 ～終了点	最も離れた 徒歩移動・ 滞在地点
年齢	-26.67	-36.54 *	-99.19	-106.16
男性ダミー	-56.59	117.41	1,199.37	1,466.21
中心市街地における 活動時間(分)	5.95 ***	4.66 ***	1.88	1.68
活動開始点から 終了点までの距離の 平均値(m)	1.88 *		6.49 **	
最も離れた徒歩移動・滞在地点 までの距離の平均値(m)		2.93 ***		4.25 ***
定数項	2,273.99	2,389.59	10,037.24 *	9,982.66 *
修正R2乗	0.360	0.651	0.134	0.150
回帰式の有意性(P値)	0.000 ***	0.000 ***	0.030 **	0.021 **
***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1 N=51				

については、公共交通による来訪日では有意水準 10%で有意傾向である一方、自動車による来訪日では有意な傾向はみとめられなかった。以上の分析結果より、高齢者に公共交通による中心市街地への来訪を促すこと、さらには公共交通による来訪においても、停留所の周辺で広い回遊を促す施策を実施することが歩行促進へ有用であることが示唆された。

また近年、スマートプランニングを始めとした、GPS などを用いたミクロなスケールの詳細な行動の把握や行動の再現のためのモデル構築を試みた調査が実施されている。これによって身体活動量や回遊行動についても本研究と同様に詳細な地区単位での把握も可能になる。しかし、本研究での自動車による来訪日の活動時間と歩数の関係でみられたように、あるエリアに限った歩数については関係がみられていた指標が、1日単位だと関係がみられなくなるケースがある。以上により、Brondeel et al.³⁾が指摘したように身体活動の評価という観点では1日ごとの活動についても併せて把握する必要があると考えられる。

なお、中心市街地内の回遊範囲や歩数は中心市街地内の施設の分布などにも依存することが考えられる。そこで本研究で得られた結果の一般性については、他都市での調査の実施など、今後のさらなる調査・研究が必要である。

第4章 参考文献

- 1) 鎌田佑太郎, 松中亮治, 大庭哲治, 後藤正明, 辻堂史子, 鈴木義康, 中川大 : GPSデータを用いた高齢者の歩行量と中心市街地来訪行動に関する研究. 土木学会論文集D3 (土木計画学) . vol. 75, no. 5, pp. I_545-I_554. 2019.

- 2) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス 土地利用細分メッシュデータ。
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html>, 最終閲覧日2020年7月1日。
- 3) Brondeel, R., Wasfi, R., Perchoux, C., Chaix, B., Gerber, P., Gauvin, L., Richard, L., Gaudreau, P., Thierry, B., Chevrier, M., Hoj, S., Kestens, Y. : Is older adults' physical activity during transport compensated during other activities? Comparing 4 study cohorts using GPS and accelerometer data. *Journal of the American Geriatrics Society*. vol. 12, pp. 229–236. 2019.

第5章 加齢に伴う外出行動の変化と 1 日平均歩数の関係

5.1 概説

前章の分析では、高齢者の外出先を中心市街地・商業地区といった地区別および施設別に把握し、1 日ごとの外出行動と歩数のデータを用い、高齢者の歩行が多く伴うような日における外出行動の特性を明らかにした。本章は、高齢者の加齢に伴う外出行動および歩行量の経年変化に着目し、活動の頻度が増加することにより歩行量に影響を及ぼす訪問先や外出手段の特性を明らかにする。

加齢に伴う活動能力の低下により、高齢者の活動場所は変化することが予想される。若者を対象とした研究ではあるものの、居住地周辺のみならず居住地周辺以外の外出先の都市環境についても身体活動量に影響を及ぼすことが指摘されており¹⁾、高齢者においてどのような外出行動の経年的な変化が身体活動量に影響を及ぼすか明らかにすることは重要であると考えられる。また、多く歩いた日の翌日の歩数が少なくなるといった傾向も指摘されており²⁾、高齢者の身体活動の促進に繋がるような外出行動の特性を明らかにするには、前章のような 1 日単位の分析に加えて一定期間の外出行動の頻度および歩数を把握する必要があると考えられる。

そこで、本章は 2016 年および 2018 年の 2 時点にわたり携帯端末を配布する調査で取得したデータを用いて都市公園や商業地区といった外出先別に訪問頻度および 1 日平均歩数の変化を把握し、これらの関係を分析する。以上により加齢に伴う訪問頻度の変化を外出先別に定量的に把握し、さらに外出先別訪問頻度の変化と 1 日平均歩数の関係を明らかにすることを目的とする³⁾。

5.2 本章で用いるデータおよび分析対象者

5.2.1 外出先別訪問頻度の算出

本項では、本章の分析で用いる外出先別の訪問頻度を、GPS ログの状態判別結果および 4 章の訪問先の情報から算出する方法を述べる。

a) 外出先別訪問頻度の算出

「外出」が観測された日を外出日とし、市外への外出がない外出日について高齢者の訪問先の特性を把握した。4 章で把握した商業地区、運動・都市公園、公共施設への各訪問について、それぞれ訪問のあった日の頻度を算出した。また、居住地から 1km 圏内・圏外それぞれについて訪問のあった日の頻度を算出した。

b) 徒歩のみ/徒歩以外別頻度の算出

次に外出手段が徒歩のみか、それ以外の手段も利用しているのかについて判別し、訪問先別にこれらの外出が行われる日の頻度をそれぞれ算出した。

4 章と同様に各外出について、外出を開始してから終了するまでの間に「徒歩以外移動」が含まれているとき「徒歩以外外出」、移動手段が「徒歩のみ」しか含まれないとき「徒歩のみ外出」とした。なお、「徒歩のみ」と「移動(判別対象外)」しか含まれていない場合、徒歩のみの外出であるか判断ができないため、「判別対象外外出」とした。

対象日は測位点が在宅から始まり在宅で終わる外出日であり、かつ「判別対象外外出」のない日とした。徒歩のみ/徒歩以外による訪問日数が対象日の訪問日数に占める割合に a) で算出した外出先別訪問頻

度を乗じることで、徒歩のみ/徒歩以外別の訪問頻度を外出先別に算出した。なお、調査期間中に訪問が観測されているにもかかわらず、徒歩のみ/徒歩以外別の対象日において訪問が観測されていない場合は、欠測値として処理した。

c) 徒歩以外外出における交通手段別頻度の算出

さらに、「徒歩以外移動外出」について、「1.公共交通利用、2.自動車利用、3.自転車利用、4. 徒歩以外移動（判別対象外）」の順番で代表交通手段を特定し、「公共交通利用外出」「自動車利用外出」「自転車利用外出」「判別対象外（徒歩以外）外出」に判別した。「判別対象外（徒歩以外）外出」のある日を除き、外出先別に交通手段別の訪問日数および対象日数をカウントした。対象日数に占める交通手段別の訪問日数の割合に徒歩以外の訪問頻度を乗じることで、交通手段別の訪問頻度を外出先別に算出した。調査期間中に徒歩以外による外出先別訪問が観測されているにもかかわらず、交通手段の判別できる訪問がない場合は、欠測値として処理した。なお、徒歩以外移動を公共交通、自動車、自転車に分割すると頻度が低くなることから、運動施設・都市公園訪問および公共施設訪問は徒歩以外移動の頻度のみを算出した。また商業地区訪問についても、公共交通を利用した訪問のおよそ半数が中心市街地内の商業地区への訪問であり、公共交通を利用した商業地区への訪問頻度と公共交通を利用した中心市街地への訪問頻度との間に強い相関がみられることが予想されたため、徒歩以外移動の頻度としてまとめて算出した。以上により、居住地 1km 圏内外別の訪問と中心市街地への訪問のみについて、公共交通、自動車、自転車別の頻度をそれぞれ算出した。

おでかけ定期券所有者の IC カードより公共の利用履歴データを用いて、外出時間中に降車があった外出について、公共交通利用外出の見逃し率を算出した結果、21.2%であった。内訳は自動車と判定されたケースが 11.5%、自転車と判定されたケースが 9.6%であった。なお、徒歩以外移動（判別対象外）が一つでも含まれる外出日を対象外としたとき、見逃し率は 12.5%へ改善した。徒歩以外移動（判別対象外）は、GPS データが観測されていないために、徒歩以外移動の開始地点および終了地点が特定できないことにより生じており、公共交通利用外出の見逃しは主に GPS ログデータが十分に取得できていない外出があることにより生じていると考えられる。しかし、徒歩以外移動（判別対象外）が一つでも含まれる外出日を対象外としたとき、徒歩以外移動外出日のうち交通手段別外出の分析対象となる 2016 年と 2018 年調査期間中の日数は、2,673 日から 1,308 日へ減少することから、サンプルを確保することを優先し、徒歩以外移動（判別対象外）のある外出日についても対象日に含める今回の方法を用いた。

d) 居住地からの距離帯別の外出時間割合の算出

居住地からの距離帯別の外出時間について全外出時間に占める割合を算出した。「外出」状態の測位点間について距離が 250m 未満であるときに、2 点の緯度経度の平均点から居住地までの距離を算出し、距離帯別に測位点間の時間を集計した。そして、外出時間の合計に占める割合を距離帯別の外出時間割合として算出した。本研究においては居住地から 1km 圏外の外出時間割合を指標として用いた。

5.2.2 本章における分析対象者およびデータの欠測への対処方法

まず、表 5-1 に示すように 2018 年調査の依頼者 1,183 人のうち継続参加者 644 人と辞退者 539 人の 2016 年における属性を比較する。辞退者の方が、年齢の平均値は高く（継続参加者：73.3 歳，辞退者：75.0 歳）、男性の割合が低く（継続参加者：73.6%，辞退者：57.3%）、自動車免許を保有している人の割合が低い（継続参加者：85.8%，辞退者：70.7%）傾向がみられた。加えて、辞退者の方が要支援・要介護の認定がある人の割合は高く（継続参加者：2.8%，辞退者：6.7%）、歩行補助が必要な人は高い（継続参加者：3.0%，辞退者：8.5%）傾向がみられた。さらに、2016 年の外出頻度および 1 日平均歩

数についてみると、外出頻度の平均値は継続参加者が 24.2 日/月、辞退者が 22.7 日/月と継続参加者の方が高く、1 日平均歩数の平均値についても、継続参加者が 4,709 歩/日、辞退者が 4,174 歩/日と継続参加者の方が高かった。

次に 2018 年調査依頼時に聞き取った 2016 年調査後から 2018 年調査依頼までの各指標を継続者と辞退者間で比較する（表 5-2）。2016 年調査後から 2018 年調査依頼時にかけて「歩行が増えた」と回答した人の割合は、継続参加者が 21.0%、辞退者が 14.9%と継続参加者の方が大きい傾向がみられた。

以上より 2016 年時点で活発な高齢者および 2018 年にかけて歩行が増えたような高齢者が 2 年後の調査に継続して参加する傾向がみられた。2016 年調査に対して 2018 年調査はサンプルに偏りがみられ

表 5-1 パネル調査の継続参加者と辞退者との 2016 年の各指標の比較

2016年の指標	継続参加者	辞退者	p値	2016年の指標	継続参加者	辞退者	p値
個人属性				居住地属性			
年齢(歳)	73.3	75.0	0.000 ***	都心までの距離(ln(km))	7.59	7.51	0.644
男性	73.6% (474/644)	57.3% (309/539)	0.000 ***	公共交通 高利便性圏内	44.9% (289/644)	47.5% (256/539)	0.368
1人暮らし	8.0% (43/540)	11.2% (47/420)	0.089 *	公共交通 低利便性圏内	31.8% (205/644)	29.1% (157/539)	0.315
公共交通割引制度の利用				運動施設			
おでかけ定期券所有者	59.0% (380/644)	54.7% (295/539)	0.139	・都市公園1km圏内	72.0% (464/644)	74.6% (402/539)	0.327
自動車利用環境				商業地区内			
自動車運転免許保有者	85.8% (537/626)	70.7% (290/410)	0.000 ***	・都市公園1km圏内	6.7% (43/644)	11.7% (63/539)	0.003 ***
自由に使える車あり	85.5% (420/491)	75.8% (263/347)	0.000 ***	公共施設充足距離	43.6% (281/644)	45.3% (244/539)	0.573
健康状態				1976年開発ダミー			
要支援・介護認定あり	2.8% (15/535)	6.7% (27/401)	0.004 ***	新規開発ダミー	24.2% (156/644)	25.0% (135/539)	0.743
歩行補助あり	3.0% (16/535)	8.5% (35/412)	0.000 ***	2016年行動特性			
				1日平均歩数	4,709	4,174	0.0070 **
				外出頻度(日/月)	24.2	22.7	0.0176 **
				中心市街地来訪頻度(日/月)	3.3	3.3	0.4175

***: p<0.01 **: p<0.05 *: p<0.1

表 5-2 パネル調査の継続参加者と辞退者との 2016 年から 2018 年にかけての変化の比較

2016年調査後～2018年調査依頼時 の変化について	継続参加者	辞退者	p値
けがで歩行困難な時期があった	5.9% (36/610)	8.0% (20/251)	0.264
病気のため入院した	15.6% (95/610)	19.9% (50/251)	0.121
外出が増えた	16.5% (104/630)	15.3% (40/262)	0.646
歩行が増えた	21.0% (132/630)	14.9% (39/262)	0.036 **
公共交通利用が増えた	11.7% (74/630)	12.2% (32/262)	0.844

***: p<0.01 **: p<0.05 *: p<0.1

たため、両時点ともにデータを取得した人のみではなく、以下の条件に合致する 1,043 人を分析対象者とした。

- (ア) 2016 年の端末データ取得者、または 2016 年調査アンケートで取得したデータのうち分析および後述する多重代入に用いる項目（1 人暮らしダミー・運転免許保有ダミー・自由に使える車ダミー・要支援介護認定ダミー・歩行補助ダミー）に欠測がない人
- (イ) 2016 年から 2018 年にかけて市内の転居をしていない人

表 5-3 に分析対象者 1,043 人について、各指標のデータを取得した人数を示す。なお、「パネル」とは各指標について両時点ともにデータを取得した人数である。分析対象とする条件（ア）について、分析対象者のうち 2016 年の端末データを取得した人は 730 人、端末データの取得がないもののアンケートデータの欠測がないために分析対象となった人は 313 人であった。さらに、端末データとアンケートデータの両方を取得した人は 570 人であった。分析対象者 1,043 人の欠測値は多重代入法⁴⁾を用いて補完した。

多重代入法とは、欠測パターンに MAR（ランダムな欠測・Missing at Random）を仮定することで、観測データから欠測データの分布を推定し、推定した欠測データの分布から独立かつ無作為に複数のシミュレーション値を抽出し、欠測値を置き換える方法である。この方法により欠測値の真の値の不確実性を考慮したうえで欠測データを補完することが可能になる。また多重代入法は、シミュレーション値により複数のデータセットを生成する代入ステージ、それぞれのデータセットについて統計的検定や回帰分析といった統計分析を行う分析ステージ、解析結果を Rubin のルール⁴⁾および、決定係数は Harel による方法⁵⁾で統合する統合ステージの 3 つのステージからなる。

本研究では代入済データセットの生成に R の Amelia⁶⁾を用い 100 個の代入済データセットを作成した。Amelia ではデータの代入に EMB アルゴリズムを用い、また本研究のようなパネルデータに対して時系列のトレンドを組み入れることができる⁷⁾。そこで、時系列変数についてはラグ変数（1 時点前の変数）、リード変数（1 時点後の変数）、1 次の時点変数を代入モデルに投入した。また、分析に用いる指標ではなくても、表 5-4 に示す指標は補助変数としてすべて代入モデルに投入した。

表 5-3 各指標のデータ取得者数

指標	データ取得者数		
	2016	2018	パネル
端末データ取得者(1日平均歩数・訪問全頻度)	730	409	305
中心市街地訪問頻度(徒歩のみ/徒歩以外)	603	341	210
運動施設・都市公園訪問頻度(徒歩のみ/徒歩以外)	577	331	195
商業地区訪問頻度(徒歩のみ/徒歩以外)	548	315	187
公共施設訪問頻度(徒歩のみ/徒歩以外)	558	338	181
1km圏内外出頻度(徒歩のみ/徒歩以外)	568	279	161
1km圏内外出頻度(徒歩のみ/徒歩以外)	534	228	134
中心市街地訪問頻度(徒歩以外交通手段)	584	329	192
1km圏内外出頻度(徒歩以外交通手段)	522	254	136
1km圏外外出頻度(徒歩以外交通手段)	478	196	102
1km圏外外出時間割合	720	396	293
要支援・介護認定ダミー	883	792	685
歩行補助ダミー	892	818	704

表 5-4 補助変数として投入する変数

指標	単位・説明	データの作成方法
個人属性		
年齢	(歳)	富山市より提供
性別	男性=1	富山市より提供
1人暮らしダミー	同居家族数1人=1	2016・2018調査後アンケート
公共交通運賃割引制度の利用		
定期所有ダミー	定期券所有者=1	富山市より提供
割引利用頻度	(日/月)	ICカードデータ
自動車運転免許		
免許ダミー	免許あり=1	2016・2018調査後アンケート
自由に使える車ダミー	自由に使える車あり=1	2016・2018調査後アンケート
健康状態		
要支援介護認定ダミー	要支援介護認定あり=1	2016・2018調査前アンケート
歩行補助ダミー	歩行補助あり=1	2016・2018調査前アンケート
居住地属性		
中心市街地までの距離	(log(m))	富山市都市マスタープラン ⁸⁾ の都心地区からの距離を算出
地域生活拠点1km圏内居住ダミー	1km圏内居住=1	富山市都市マスタープラン ⁸⁾ に示されている地域生活拠点のエリアとエリアの中心点・中心施設から1km圏の和集合を地域生活拠点1km圏として算出
近郊居住ダミー	近郊居住=1	富山市都市マスタープラン ⁸⁾ の生活圏について中心市街地のある「富山中央」生活圏に隣接していて、2006年の合併以前に富山市であった生活圏内を近郊として算出
1976年時点開発ダミー	1976年時点で開発=1	居住地1km圏内について国土数値情報の「土地利用細分メッシュ」 ⁹⁾ より、建物用地および交通用地を「都市的土地利用」、森林・水域を除いた用地を「可住地」として、可住地のうち都市的土地利用の割合を開発率として計算し、開発率が50%を上回るとき、開発として算出
新規開発ダミー	1976年時点で開発されていないが2014年では開発=1	
高利便性公共交通圏内ダミー	高利便性公共交通圏内=1	鉄道駅500m圏または富山市都市マスタープラン ⁸⁾ で定められた「利便性の高いバス路線」バス停300m圏を高利便性公共交通圏として算出
低利便性公共交通圏内ダミー	低利便性公共交通圏内=1	上記以外のバス停300m圏を低利便性公共交通圏として算出
運動施設・都市公園からの距離	最寄りの都市公園または運動施設からの距離が1km未満=1	3章で整備した運動施設および都市公園からの距離を算出
商業地区からの距離	メッシュ内=1	3章で整備した商業地区からの距離を算出
小売り地区からの距離	メッシュ内=1	3章で整備した小売り地区からの距離を算出
公共施設充足距離	右記の公共施設が全て含まれる距離が1km未満=1	3章で整備した「市役所・行政センター・公民館」、「郵便局」、「図書館」の距離をそれぞれ算出
行動		
外出頻度	ほぼ毎日=3 週に4~5日=2 週に2~3日=1 参照ケース ほとんど外出しない	2016・2018年調査後アンケートより算出
調査間の変化		
入院ありダミー	入院あり=1	2018年調査前アンケート
外出増加ダミー	外出することが増えた=1	2018年調査前アンケート
歩行増加ダミー	たくさん歩くようになった=1	2018年調査前アンケート
公共交通利用増加ダミー	バスや鉄道に 乗る機会が増えた=1	2018年調査前アンケート

さらに、代入モデルの診断として、観測値を一つずつ一時的に欠測させ、代入モデルから生成した数百個の代入値によって上書きし、90%信頼区間と元の観測値とを図示する上書き代入法を行うことで、各変数の代入モデルの当てはまりを確認した。加えて、余剰散布初期値を設定しそれらの初期値が同一の値に収束しており、EM アルゴリズムが大局的に収束したことを確認した。なお、EM アルゴリズムの安定性を図るために、リッジ事前分布をデータ全体の4%追加した。

表 5-5 から表 5-7 にかけて各指標の欠測率、代入前後の平均値を示す。ペアワイズ(パネル)は各指標

表 5-5 補完後の平均値 (1日平均歩数・外出頻度・市外外出頻度)

	1日平均歩数		外出頻度		市外外出頻度	
	2016	2018	2016	2018	2016	2018
ペアワイズ(パネル)	4,905	4,437	24.2	23.6	4.0	3.9
ペアワイズ	4,460	4,448	23.5	23.5	3.8	3.8
代入後	4,492	4,140	23.6	22.6	3.8	3.5
欠測率	30%	61%	30%	61%	30%	61%

表 5-6 補完後の平均値 (各施設および地区別の訪問頻度)

		全頻度		徒歩のみ		徒歩以外	
		2016	2018	2016	2018	2016	2018
中心市街地	ペアワイズ(パネル)	2.5	2.2	0.3	0.2	1.4	0.8
	ペアワイズ	2.6	2.3	0.5	0.3	1.9	0.8
	代入後	2.6	2.2	0.6	0.6	2.1	1.5
	欠測率	30%	61%	42%	67%	42%	67%
運動施設 都市公園	ペアワイズ(パネル)	3.0	2.6	0.7	0.6	1.5	1.0
	ペアワイズ	2.7	2.6	0.7	0.5	1.6	1.0
	代入後	2.7	2.4	0.8	0.7	1.9	1.6
	欠測率	30%	61%	45%	68%	45%	68%
商業地区	ペアワイズ(パネル)	4.3	4.2	0.7	0.9	3.5	2.4
	ペアワイズ	4.7	4.2	1.0	0.9	3.8	2.1
	代入後	4.7	4.1	1.1	1.3	3.8	2.8
	欠測率	30%	61%	47%	70%	47%	70%
公共施設	ペアワイズ(パネル)	2.4	2.2	0.5	0.5	1.4	0.8
	ペアワイズ	2.5	2.1	0.6	0.4	1.7	0.9
	代入後	2.5	2.0	0.7	0.6	1.9	1.4
	欠測率	30%	61%	47%	68%	47%	68%
1km圏内	ペアワイズ(パネル)	9.8	9.2	5.8	6.0	5.8	4.6
	ペアワイズ	9.7	9.3	5.4	5.0	5.7	4.0
	代入後	9.7	8.9	5.0	5.0	5.5	4.2
	欠測率	30%	61%	46%	73%	46%	73%
1km圏外	ペアワイズ(パネル)	13.3	12.0	1.0	1.0	12.5	10.9
	ペアワイズ	13.0	11.8	1.2	1.0	12.9	9.7
	代入後	13.1	11.2	1.2	1.0	12.3	10.3
	欠測率	30%	61%	49%	78%	49%	78%

表 5-7 各変数の欠測状況および代入前後の比較(徒歩以外移動の交通手段別)

		自転車		自動車		公共交通	
		2016	2018	2016	2018	2016	2018
中心市街地	ペアワイズ(パネル)	0.3	0.4	0.5	0.1	0.5	0.1
	ペアワイズ	0.5	0.3	0.6	0.1	0.7	0.3
	代入後	0.6	0.6	0.7	0.3	0.9	0.6
	欠測率	44%	68%	44%	68%	44%	68%
1km圏内	ペアワイズ(パネル)	2.8	3.0	2.2	1.6	0.7	0.3
	ペアワイズ	2.5	2.1	2.7	1.2	0.6	0.5
	代入後	2.4	2.3	2.7	1.5	0.5	0.5
	欠測率	50%	76%	50%	76%	50%	76%
1km圏外	ペアワイズ(パネル)	3.4	3.0	7.3	6.7	2.2	1.3
	ペアワイズ	2.9	2.4	8.4	5.9	2.2	1.1
	代入後	2.7	2.7	8.1	6.6	1.9	1.2
	欠測率	54%	81%	54%	81%	54%	81%

について 2 時点ともに観測されたサンプルの平均値、ペアワイズは時点ごとにデータを取得したサンプルの平均値、代入後は多重代入後の平均値を示す。まず 2016 年の各指標についてみると、代入後の平均値は、ペアワイズ(パネル)よりもペアワイズに近い値となっている。また、2018 年の全頻度の代入後の値はペアワイズの値よりも小さい指標が多い。2018 年の調査に、2016 年時点で歩数や外出頻度が少ない人が辞退したことを代入後の値は反映していると考えられる。

一方、徒歩のみ/徒歩以外別、交通手段別の外出先別訪問頻度は、調査期間中に訪問があったとしても、それぞれの対象日において訪問が観測されていない場合は、欠測値として処理したことから、全頻度が小さい指標を中心にペアワイズの平均値よりも代入後の平均値のほうが大きくなるケースがみられた。とはいえ、代入後の平均値について徒歩のみによる外出中の訪問と徒歩以外による外出中の訪問の頻度の合計が、全頻度に対して大きく上回るまたは下回る指標がないことから、概ね妥当な代入がなされたと考えられる。

5.3.1 日平均歩数および外出行動の加齢に伴う変化の把握

5.3.1.1 日平均歩数および外出行動の経年変化

まず、高齢者の 2 年間の歩行量および外出行動の変化を把握する。1 日平均歩数、外出頻度、外出先別の訪問頻度の 2016 年から 2018 年にかけての平均値・標準偏差の変化および対応のある t 検定の結果を表 5-8 に示す。まず 1 日平均歩数をみると 2016 年から 2018 年にかけて 4,492 歩/日から 4,140 歩/日へ 352 歩/日減少している。また、標準偏差は 3,546 歩/日から 3,621 歩/日へとやや増加している。外出頻度の平均値についても減少しているが市外への外出頻度は 2016 年と 2018 年の間に有意な差はみられない。

次に居住地からの距離帯別に外出状況の変化をみる。外出のうち居住地 1km 圏外にいる時間割合は平均して 57%から 54%まで減少している。また、居住地 1km 圏内外別の訪問について全頻度の変化をみるといずれも減少しており、2016 年と 2018 年の差は有意である。1km 圏内の減少は 0.9 日/月、1km 圏外の減少は 1.9 日/月と 1km 圏外における訪問頻度の減少のほうが大きいことがわかる。また、交通手段別にみると、居住地から 1km 圏内では徒歩以外さらには自動車による外出中の訪問が減少しており、1km 圏外ではこれに加えて公共交通による外出中の訪問が減少している。

表 5-8 1日平均歩数および外出行動の経年変化

指標		2016	2018	p値	指標		2016	2018	p値
1日平均歩数(歩/日)	平均値	4,492	4,140	0.03 **	中心市街地訪問頻度(日/月)				
	標準偏差	3,546	3,621		全頻度	平均値	2.6	2.2	0.07 *
外出頻度(日/月)						標準偏差	4.7	5.2	
	全頻度	平均値	23.6	22.6	0.02 **	徒歩のみ	平均値	0.6	0.6
市外外出頻度						標準偏差	2.3	2.4	
	全頻度	平均値	3.8	3.5	0.24	徒歩以外	平均値	2.1	1.5
1km圏外外出時間割合(%)						標準偏差	4.0	4.0	
	全頻度	平均値	57%	54%	0.02 **	自転車	平均値	0.6	0.6
1km圏内訪問頻度(日/月)						標準偏差	2.0	2.1	
	全頻度	平均値	9.7	8.9	0.05 *	自動車	平均値	0.7	0.3
徒歩のみ						標準偏差	1.9	1.5	
	全頻度	平均値	5.0	5.0	0.93	公共交通	平均値	0.9	0.6
徒歩以外						標準偏差	2.5	2.3	
	全頻度	平均値	5.5	4.2	0.00 ***	運動施設・都市公園訪問頻度(日/月)			
自転車					全頻度	平均値	2.7	2.4	0.17
	全頻度	平均値	2.4	2.3	0.74		標準偏差	4.8	5.0
自動車					徒歩のみ	平均値	0.8	0.7	0.81
	全頻度	平均値	2.7	1.5	0.00 ***		標準偏差	2.6	2.7
公共交通					徒歩以外	平均値	1.9	1.6	0.08 *
	全頻度	平均値	0.5	0.5	0.96		標準偏差	3.9	4.0
1km圏外訪問頻度(日/月)					商業地区訪問頻度(日/月)				
	全頻度	平均値	13.1	11.2	0.00 ***	全頻度	平均値	4.7	4.1
徒歩のみ						標準偏差	5.4	5.9	
	全頻度	平均値	1.2	1.0	0.40	徒歩のみ	平均値	1.1	1.3
徒歩以外						標準偏差	3.1	3.4	
	全頻度	平均値	12.3	10.3	0.00 ***	徒歩以外	平均値	3.8	2.8
自転車						標準偏差	4.7	4.7	
	全頻度	平均値	2.7	2.7	0.97	公共施設訪問頻度(日/月)			
自動車					全頻度	平均値	2.5	2.0	0.01 **
	全頻度	平均値	8.1	6.6	0.01 ***		標準偏差	3.5	3.7
公共交通					徒歩のみ	平均値	0.7	0.6	0.74
	全頻度	平均値	1.9	1.2	0.00 ***		標準偏差	2.0	2.1
					徒歩以外	平均値	1.9	1.4	0.00 ***
						標準偏差	3.0	2.9	

***:p<0.01 **:p<0.05 *:p<0.1

さらに、中心市街地への訪問頻度の経年変化をみると、2.6 日/月から 2.2 日/月へと減少しており、2016 年と 2018 年の平均値に有意な差があった。交通手段別にみると居住地 1km 圏外と同様に、徒歩以外、自動車、公共交通による外出中の訪問が 2016 年と 2018 年の間に有意な差がみられた。

最後に施設別に訪問頻度の経年変化を分析する。運動施設・都市公園への訪問頻度は、全手段は 2016 年と 2018 年の間に有意な差は認められないものの、徒歩以外の外出中の訪問で 1.9 日/月から 1.6 日/月へと減少しており、その差は 10%有意水準で有意傾向であった。また、商業地区訪問頻度および公共施設訪問頻度は、全頻度と徒歩以外による訪問頻度において 2016 年から 2018 年にかけて減少しており、その差が有意であった。

以上の分析により、高齢者の1日平均歩数は2016年から2018年にかけての2年間で352歩/日減少していること、各訪問頻度についてみると、徒歩以外さらには自動車および公共交通による中心市街地および商業地区、運動施設・都市公園、公共施設、居住地から1km圏外への訪問が減少していることをパネルデータによる分析を通して明らかにした。

5.3.2 居住地属性別の1日平均歩数および外出行動の経年変化

本項では居住地周辺の都市環境による2016年および2018年の1日平均歩数および外出行動の違いを分析する。居住地周辺の都市環境に関する属性の把握には、3章で作成したデータを用いた。

(a) 1日平均歩数

図5-1に居住地属性別の1日平均歩数の平均値の経年変化の比較を示す。まず、都市マスタープラン⁸⁾の生活圏の分類および地域生活拠点内外による分類についてみると、近郊生活圏、郊外生活圏ともに2016年2018年のどちらの時点においても地域生活拠点内の方が、拠点外よりも1日平均歩数は大きく、とくに近郊生活圏の拠点内では2016年から2018年にかけて1日平均歩数は増加しており、2018年の1日平均歩数は4,689歩/日と他の分類よりも500歩/日以上大きい。次に、商業地区内外、運動施設・都市公園からの距離、公共施設充足距離に着目すると、2016年2018年ともに商業地区内および運動施設・都市公園1km圏内の方が、商業地区外および運動施設・都市公園1km圏外よりも1日平均歩数は多く、また商業地区内においては、2016年から2018年にかけて歩数は増加している。

1km圏内の開発状況に着目すると、2016年では新規開発、1976年開発、未開発の順で高い一方で、1976年時点で既に開発されていた地域において2018年にかけて歩数が増加しており、2018年では1976年時点で開発されていた地域における1日平均歩数が最も多い。さらに、公共交通の利便性に着目すると、鉄軌道路線500m圏内または運行本数が一定以上あるバス停300m圏内の高利便性の公共交通圏内において、他の地域よりも2016年、2018年ともに1日平均歩数の平均値は大きい。

以上の分析をまとめると、商業地区内や運動施設・都市公園といった都市機能が充実した地域や、公共交通の利便性の高い地域において1日平均歩数が多い傾向がみられる。

(b) 外出頻度

図5-2に居住地属性別の外出頻度の平均値の経年変化を示す。まず、生活圏および地域生活拠点の内別外別に見ると、近郊の生活圏では拠点内外の違いは見られなかったが、郊外においては拠点内の方が拠点外よりも、2016年2018年ともに外出頻度が高い傾向にある。さらに、商業地区内外、運動施設・都市公園からの距離、公共施設充足距離についてみると、商業地区内や施設が1km圏内にある地域の方が、そうでない地域よりも外出頻度は多い傾向がみられる。また、1km圏内の開発状況についてみると、2018年の外出頻度は、すでに開発されている地域の方が、未開発の地域よりも高い。最後に、公共交通の利便性についてみると、高利便性の公共交通圏内の地域において、他の地域よりも2016年および2018年における外出頻度が高い傾向がみられる。

(c) 居住地からの距離別の外出状況

居住地からの距離別の外出状況の、居住地属性による違いについて分析する。居住地属性による各指標の違いについて、図5-3に外出時間に占める居住地1km圏外の時間の割合、図5-4に居住地1km圏内の訪問頻度、図5-5に居住地1km圏外の訪問頻度を示す。

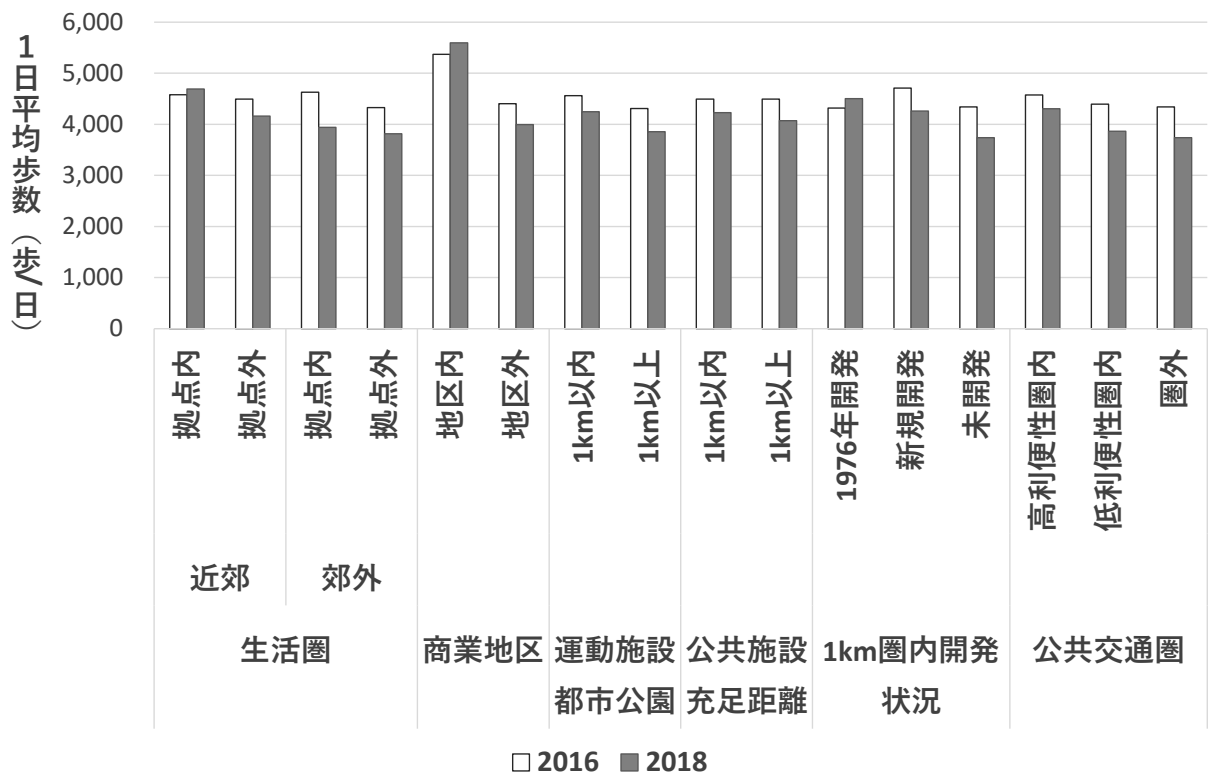


図 5-1 居住地による 1 日平均歩数の経年変化の違い

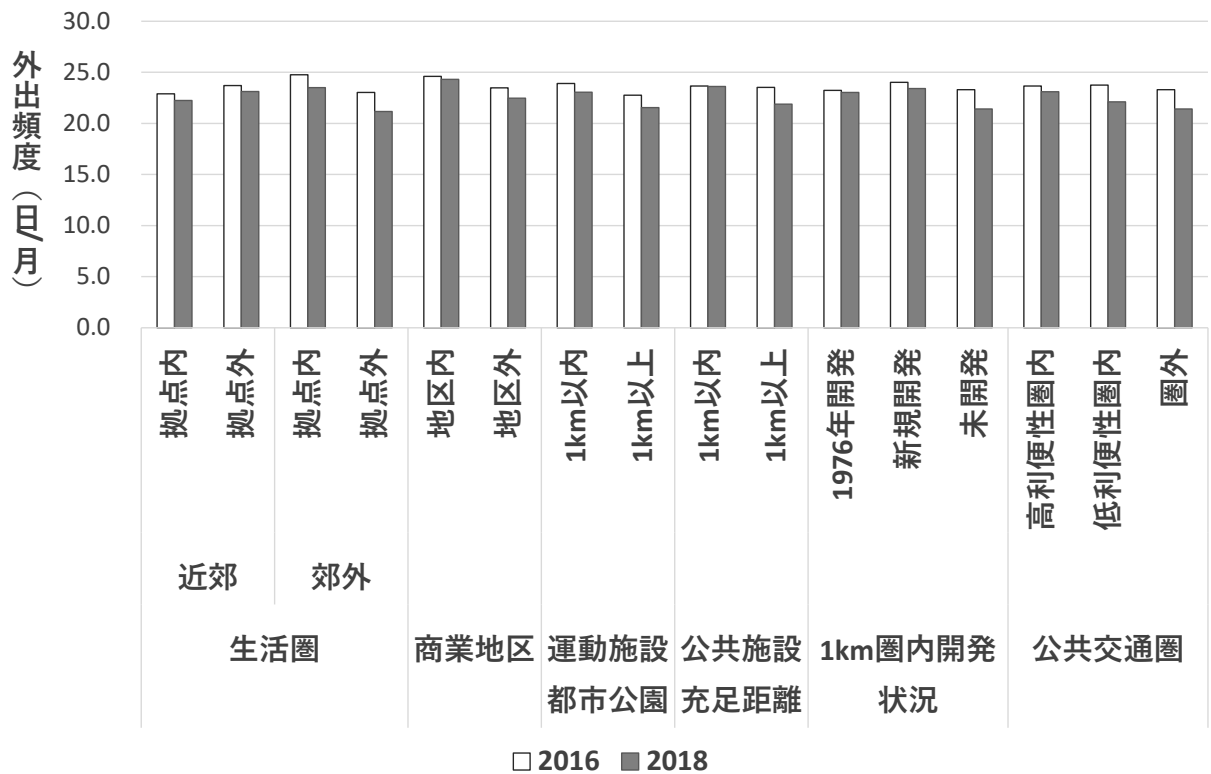


図 5-2 居住地による外出頻度の経年変化の違い

まず、生活圏および地域生活拠点内外に着目すると、近郊よりも郊外の方が、地域生活拠点内よりも拠点外の方が図 5-3 に示す 1km 圏外の外出時間割合は大きい。また図 5-4 に示すように、近郊の生活圏および地域生活拠点内においては、居住地 1km 圏内への訪問頻度は高い。さらに、図 5-5 の居住地 1km 圏外への訪問頻度は、近郊の生活圏についてみると 1km 圏外の外出時間割合と同様に地域生活拠点内よりも拠点外の方が高い傾向がみられた。一方で郊外の地域生活拠点外の 1km 圏外への訪問頻度は外出時間割合と異なり、郊外の生活拠点内や近郊の生活拠点外よりも低い。1km 圏外の外出時間割合と訪問頻度で異なる傾向がみられた要因として、郊外の地域生活拠点外における外出頻度が他の地域と比べて小さいことが考えられる。

次に、商業地区内外、運動施設・都市公園からの距離、公共施設充足距離についてみると、図 5-3 の居住地 1km 圏外外出時間割合は、2016 年 2018 年ともに商業地区外や施設 1km 圏外において高く、図 5-4 の居住地 1km 圏内への訪問頻度は、商業地区内や施設 1km 圏内において高い。また、1km 圏外への訪問頻度は、商業地区外の方が商業地区内と比べて高い一方で、運動施設・都市公園 1km 圏内外では差がみられず、公共施設充足距離が 1km 圏内の地域の方が 1km 圏外の地域よりも、1km 圏外への訪問頻度は高い。商業地区内や施設等が 1km 圏内にある居住環境では居住地周辺を目的地とする外出が行われていることが示唆される。

さらに、居住地 1km 圏内の開発状況についてみると、未開発の地域の 1km 圏外外出時間割合は他地域に比べて高く、さらに 2014 年にかけて開発された地域に居住地している人の方が 1976 年時点で開発されていた地域に居住している人に比べて、居住地 1km 圏外における外出時間割合は高い傾向にある。図 5-4 および図 5-5 の居住地 1km 圏内および 1km 圏外への訪問頻度をみると、居住地 1km 圏内への訪問頻度は 1976 年開発、新規開発、未開発の順に高いものの、居住地 1km 圏外への訪問頻度の居住地

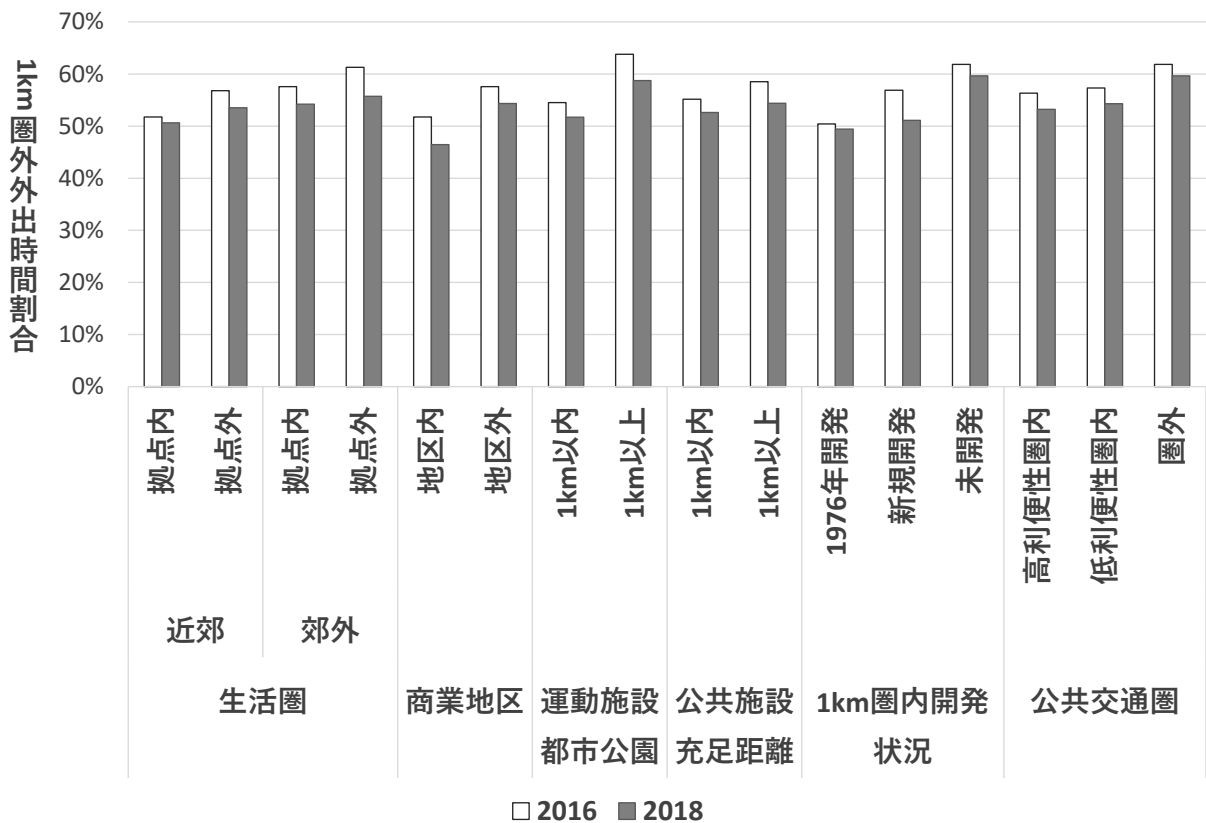


図 5-3 居住地属性による 1km 圏外外出時間割合の違い

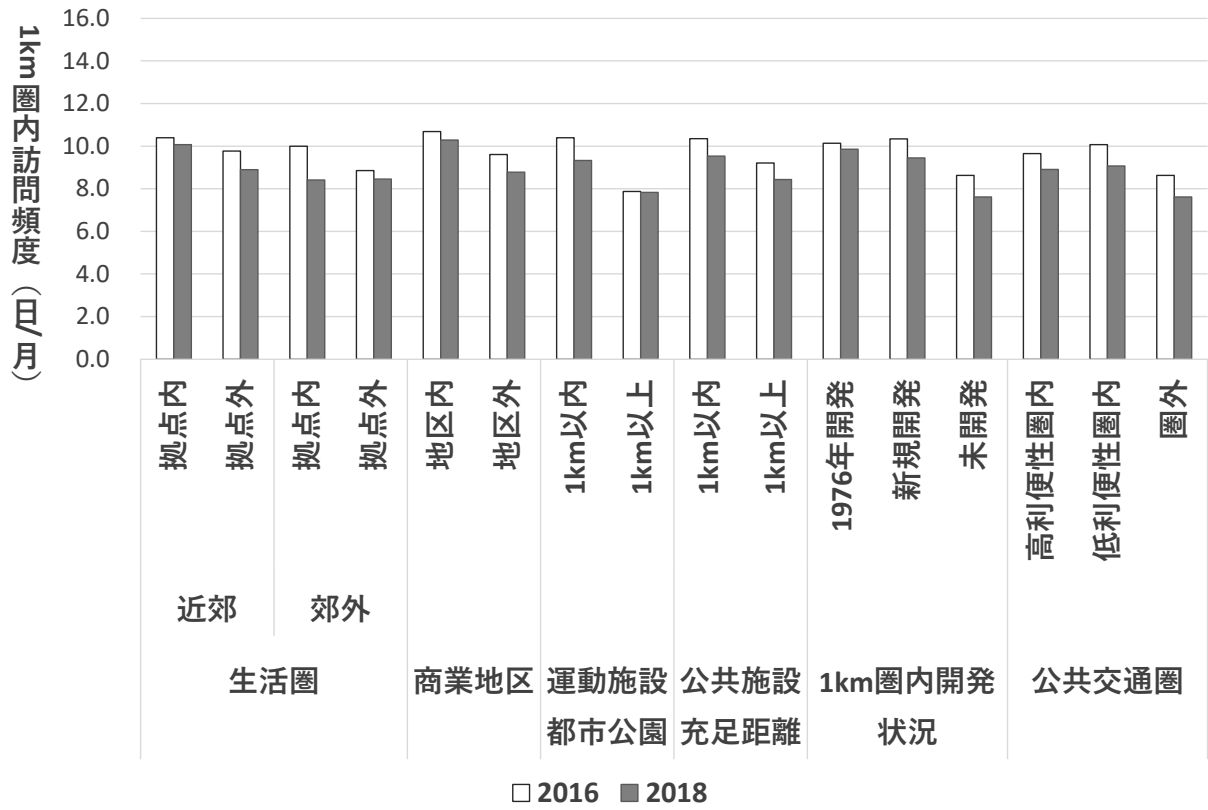


図 5-4 居住地属性による 1km 圏内訪問頻度の違い

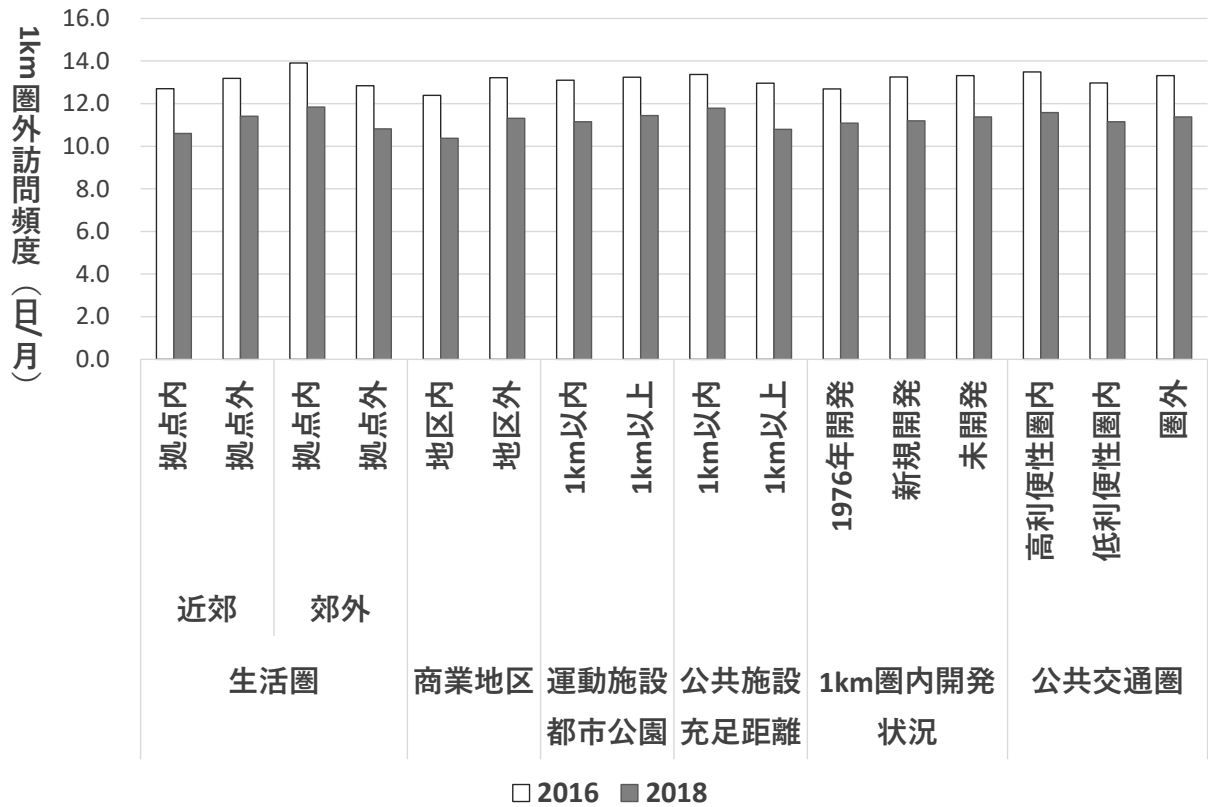


図 5-5 居住地属性による 1km 圏外訪問頻度の違い

表 5-9 居住地周辺の都市環境による各地区・施設別の訪問頻度の比較

各地区・施設別訪問	各施設からの 居住地の位置関係	全頻度		徒歩のみ頻度		徒歩以外頻度	
		2016	2018	2016	2018	2016	2018
商業地区訪問	地区内	8.4	8.1	3.8	4.2	5.2	4.5
	地区外	4.4	3.8	0.8	1.0	3.6	2.6
運動施設・都市公園訪問	1km以内	3.1	2.8	1.0	0.9	2.1	1.8
	1km以上	1.6	1.3	0.2	0.2	1.4	1.0
公共施設訪問	1km以内	2.8	2.4	0.9	0.8	2.0	1.5
	1km以上	2.3	1.7	0.5	0.4	1.8	1.2

1km 圏内の開発状況による大きな違いはみられない。以上を踏まえると、開発されており、またその開発時期が 1976 年時点よりも古い地域に居住地する高齢者の方が、居住地周辺を目的地とした外出が多く、その結果として、居住地 1km 圏外への外出が外出時間に占める割合が低いと考えられる。

最後に、公共交通の利便性に着目すると、公共交通圏内に居住している高齢者よりも圏外に居住している高齢者の方が居住地 1km 圏外への外出が外出時間に占める割合は高い。図 5-4 および図 5-5 の居住地 1km 圏内および 1km 圏外への訪問頻度をみると、居住地 1km 圏内への訪問は公共交通圏内の方が圏外よりも 2016 年 2018 年ともに 1 日/月ほど多い一方で、居住地 1km 圏外への訪問は 1 日/月を超えるような差はみられない。以上より公共交通圏内の地域は高齢者が目的地とする施設などがあり、1km 圏内への訪問が圏外よりも多く生じていることが示唆される。

(d) 各施設・地区別訪問頻度

居住地周辺の都市環境の属性別にそれぞれの地区や施設への訪問頻度を分析する。表 5-9 に交通手段別の各地区・施設別の訪問頻度の居住地周辺の都市環境による違いを示す。全地区・施設において、地区・施設から近い地域に居住している高齢者の方が、遠い地域に居住している高齢者よりもより 2016 年・2018 年ともに、また交通手段を問わず多くそれぞれの地区や施設に訪問していることが分かる。また、2016 年から 2018 年にかけての経年変化をみると、商業地区への徒歩による訪問頻度が商業地区内商業地区外ともに増加していることを除き、2016 年から 2018 年にかけて訪問頻度は減少している。居住地による経年変化の違いに着目すると、商業地区内外別の商業地区への訪問頻度は商業地区内は-0.3 日/月、地区外は-0.6 日/月と商業地区内の方が減少は小さい。また交通手段別にみても商業地区内の方が減少は小さく増加は大きいことが分かる。次に、運動施設・都市公園への訪問頻度をみると、1km 以内・1km 以上ともに頻度の変化は全頻度は-0.3 日/月、徒歩のみは-0.1~0.0 日/月、徒歩以外は-0.4~-0.3 日/月と施設からの距離による大きな違いはみられない。最後に、公共施設への訪問頻度の変化をみると、全頻度は 1km 以内で-0.4 日/月、1km 以上で-0.6 日/月と公共施設から近い地域に居住している高齢者の方が減少はやや小さい。

5.4 外出行動の変化と 1 日平均歩数の関連性分析

本節は中心市街地および施設別の訪問頻度と 1 日平均歩数の関係を明らかにする。まず、交通手段別および外出先別の訪問頻度と 1 日平均歩数の関係を 2016 年と 2018 年の各時点の単相関分析により把握する。さらに、Allison¹⁰⁾のハイブリッドモデルを用いることにより、各訪問頻度と 1 日平均歩数の関係を訪問頻度の個人内の変動による効果と個人間の違いによる効果をそれぞれ分けたうえで明らかにする。

5.4.1 外出行動と 1 日平均歩数の相関分析

2016 年と 2018 年それぞれについて、各訪問頻度と 1 日平均歩数の相関係数および無相関の検定の結果を表 5-10 に示す。

まず、無相関の検定の結果をみると、自動車による外出中の中心市街地への訪問頻度を除いて無相関であるという帰無仮説は棄却された。また、それぞれの相関係数をみると、徒歩のみ外出における中心市街地訪問頻度および運動施設・都市公園訪問頻度、商業地区訪問頻度は 2016 年 2018 年ともに、徒歩のみによる公共施設訪問頻度は 2018 年のみにおいて相関係数が 0.2 を上回り、弱い相関が認められた。一方、その他の訪問頻度は、無相関ではないもののほとんど相関はみられなかった。

5.4.2 パネルデータを用いた外出行動の変化と 1 日平均歩数の関連性分析

外出行動の変化と 1 日平均歩数の関係を式(5-1)に示すようなハイブリッドモデル¹⁰⁾により分析する。式(5-1)の α_1 は Within 効果であり時点により変化する説明変数の個体内変動が被説明変数に及ぼす影響、 α_2 は Between 効果であり個体間変動が被説明変数に及ぼす影響をそれぞれ評価している。とくに Within 効果は時点間にわたり不変である個人間の非観測異質性を除いたうえで、説明変数の変動による影響を評価している。なお、 α_1 は固定効果モデルによる推定結果と一致する。モデルの推定には R の plm パッケージ¹¹⁾を用いた。

$$Step_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1(x_{i,t} - \bar{x}_i) + \alpha_2\bar{x}_i + \alpha_3Gender_i + u_i + r_{i,t} \quad (5-1)$$

ただし、

$Step_{i,t}$: 個人 i 時点 t における 1 日平均歩数

$x_{i,t}$: 時点により変化する変数：年齢・要支援介護認定ダミー・歩行補助ダミー・各訪問頻度

$Gender_i$: 性別（男性=1）

u_i : 切片の個人間の違いを示すランダム効果

$r_{i,t}$: 誤差項

推定した結果を表 5-11 に示す。訪問先別にみると、まず中心市街地への訪問頻度は、Within 効果についてみると、全ての交通手段の係数が正で、自転車による訪問頻度が有意水準 1%で有意、徒歩のみと公共交通による訪問頻度が有意水準 10%で有意傾向、自動車については有意な効果は認められなかった。Between 効果についてみると、徒歩のみによる訪問の係数は正で有意水準 1%で有意、自動車については、係数は負で有意水準 10%で有意傾向であった。Within 効果の推定結果より、居住地など 2 時点間にわたり不変の要因を除いたうえで、自動車よりも徒歩や自転車および公共交通の方が、その訪問の頻度が増加することによって、1 日平均歩数も増加することが分かった。また、Between 効果より自動車を利用して中心市街地へ訪問する頻度が高い人の 1 日平均歩数が少ない傾向にあることが示唆された。

次に、運動施設・都市公園、商業地区への訪問頻度についてみると、Between 効果は、全ての係数が正で、運動施設・都市公園の徒歩のみ/徒歩以外による訪問、および商業地区への徒歩のみによる訪問頻度は、有意水準 1%で有意、商業地区への徒歩以外による訪問頻度は有意水準 10%で有意傾向であった。さらに、Within 効果についてみると、徒歩のみによる、運動施設・都市公園への訪問頻度が有意水準 5%で有意、商業地区への訪問頻度が有意水準 1%で有意であった。また、公共施設への訪問頻度は手段によらず Within 効果 Between 効果ともに有意でなかった。Within 効果が有意であった徒歩による運動施設・都市公園への訪問頻度、商業地区への訪問頻度が増加/減少することにより、1 日平均歩数も増加/減少することが明らかとなった。Between 効果のみ係数が正で有意であった徒歩以外の交通手段による運動施設・都市公園および商業地区への訪問は、訪問頻度が高い人は 1 日平均歩数が大きい傾向にあるものの、訪問頻度の個人内の変動により 1 日平均歩数が変化するということは認められなかった。

表 5-10 外出先別交通手段別の訪問頻度と1日平均歩数の相関分析

	2016年			2018年		
	相関係数	標準誤差	p値	相関係数	標準誤差	p値
中心市街地訪問頻度						
徒歩のみ	0.21	0.04	0.00 ***	0.25	0.05	0.00 ***
徒歩以外	0.12	0.04	0.00 ***	0.17	0.05	0.00 ***
自転車	0.15	0.04	0.00 ***	0.14	0.05	0.01 ***
自動車	0.01	0.04	0.83	0.03	0.05	0.54
公共交通	0.07	0.04	0.05 **	0.15	0.04	0.00 ***
運動施設・都市公園訪問頻度						
徒歩のみ	0.25	0.04	0.00 ***	0.27	0.04	0.00 ***
徒歩以外	0.15	0.04	0.00 ***	0.12	0.04	0.00 ***
商業地区訪問頻度						
徒歩のみ	0.23	0.04	0.00 ***	0.27	0.05	0.00 ***
徒歩以外	0.13	0.04	0.00 ***	0.15	0.04	0.00 ***
公共施設訪問頻度						
徒歩のみ	0.16	0.04	0.00 ***	0.21	0.04	0.00 ***
徒歩以外	0.10	0.04	0.01 **	0.11	0.05	0.02 **

*** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1

表 5-11 ハイブリッドモデルの推定結果

	Within効果			Between効果		
	回帰係数	標準誤差	p値	回帰係数	標準誤差	p値
切片				12,250	1,380	0.00 ***
個人属性						
年齢	-152	76	0.04 **	-125	18	0.00 ***
男性ダミー				669	216	0.00 ***
健康状態						
要支援介護認定ダミー	208	576	0.72	-983	591	0.10 *
歩行補助ダミー	-275	500	0.58	-1,009	516	0.05 *
中心市街地訪問頻度						
徒歩のみ	130	78	0.09 *	171	80	0.03 **
自転車	192	66	0.00 ***	70	98	0.48
自動車	33	80	0.68	-152	91	0.10 *
公共交通	116	64	0.07 *	-31	69	0.65
運動施設・都市公園訪問頻度						
徒歩のみ	142	59	0.02 **	338	58	0.00 ***
徒歩以外	45	36	0.22	108	33	0.00 ***
商業地区訪問頻度						
徒歩のみ	125	43	0.00 ***	165	61	0.01 ***
徒歩以外	19	35	0.58	65	36	0.07 *
公共施設訪問頻度						
徒歩のみ	92	68	0.18	132	83	0.11
徒歩以外	-19	44	0.66	83	64	0.20

自由度調整済 R²=0.206 N = 2,086(1,043人 2時点) *** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1

徒歩以外の交通手段による運動施設・都市公園および商業地区への訪問頻度は変化しても、他の活動や訪問1回あたりの歩行量の変化によって、期間中の歩行量への影響が小さくなると推察される。

以上の傾向は表 5-10 の単相関分析の相関係数の大小関係のみでは判断できなかったことであり、パネルデータを用いることで、その頻度が変化することにより1日平均歩数の変化に及ぼす訪問先の特性を明らかにした。

5.5 結語

本章は加齢に伴う外出先への訪問頻度の変化を定量的に把握し、さらにこれらの変化が1日平均歩数に及ぼす影響を明らかにすることを目的に分析した。中心市街地や都市公園、商業地区といった外出先別に訪問頻度の変化を把握し、これらの訪問頻度の個人内の変動および個人間の違いが1日平均歩数に及ぼす影響を、ハイブリッドモデルを用いることにより明らかにした。

その結果、2年間で1日平均歩数は4,492歩/日から4,140歩/日へ352歩/日減少すること、各訪問頻度についてみると、自動車および公共交通を中心に徒歩以外の交通手段で訪問が減少することを明らかにした。また、居住地の属性別に歩数や外出行動の経年変化の平均値を算出し、都市機能が充実している地域、とくに商業地区内に居住している高齢者において歩数が多い傾向にあることを把握した。

さらに、中心市街地および各施設への交通手段別の訪問頻度と1日平均歩数の関係をハイブリッドモデルにより個人内の変動による効果と個人間の違いによる効果を分けて分析した結果、居住地など2年間にわたって不変である個人間の異質性を除いた **Within** 効果、すなわち訪問頻度が増加または減少することによる平均歩数の増加または減少は、商業地区、運動施設・都市公園への訪問については、徒歩以外よりも徒歩による訪問でより大きくみられること、中心市街地への訪問については、自動車よりも徒歩、自転車、公共交通による訪問で大きくみられることを明らかにした。

以上より、都市・交通施策の観点から高齢者の身体活動の減少を抑制するには運動施設、都市公園、商業地区といった都市施設周辺への立地適正計画などを通じた居住促進、それらの地域に居住する高齢者の徒歩による施設への来訪の減少の抑制が重要であると考えられる。さらに、中心市街地のように都市機能を集積した地区への公共交通による来訪の減少の抑制が重要であり、これらを実現するために充実した中心市街地の整備施策やシルバーパスなど運賃負担補助をはじめとする公共交通の利用支援施策の実施が高齢者の歩行量の減少の抑制のためには有効であると考えられる。

以下に本分析の考慮すべき点と今後の課題を示す。

- 1) 本研究では歩数データとGPSログデータをもとに、利用している交通手段を判別したが、公共交通による外出の見逃し率が21.2%と精度にやや課題を残した。この要因としてGPSログデータが取得できていない時間帯があることが挙げられ、今後はより高い精度でのGPSログデータの取得が必要であると考えられる。
- 2) 本研究のサンプルの代表性について考慮すべきことが2点ある。まず1点目は2時点目である2018年の調査において、2016年時点で活動的ではない高齢者が辞退する傾向がみられたこと、2点目は2018年時点で死亡している方、または市外に転居した方については対象としていないことである。1点目については多重代入法による欠測データの補完により対処したが、2点目については対処できておらず、2016年時点の歩数等は通常の高齢者よりも多く活発である可能性があることを考慮する必要がある。
- 3) 活動的高齢者/非活動的高齢者や年齢層別など、属性別の歩数や行動の変化を分析することも今後の研究では重要であると考えられる。

第5章 参考文献

- 1) Howell, N. A., Farber, S., Widener, M. J., Booth, G. L. : Residential or activity space walkability: What drives transportation physical activity? *Journal of Transport & Health*. vol. 7, PartB, pp. 160–171. 2017.
- 2) Brondeel, R., Wasfi, R., Perchoux, C., Chaix, B., Gerber, P., Gauvin, L., Richard, L., Gaudreau, P., Thierry, B., Chevrier, M., Hoj, S., Kestens, Y. : Is older adults' physical activity during transport compensated during other activities? Comparing 4 study cohorts using GPS and accelerometer data. *Journal of the American Geriatrics Society*. vol. 12, pp. 229–236. 2019.
- 3) 鎌田佑太郎, 松中亮治, 大庭哲治 : パネルデータを用いた高齢者の外出行動の変化と1日平均歩数の関連性分析. *都市計画論文集*. vol. 56, no. 1, pp. 43–53. 2021.
- 4) Rubin, D. B. : *Multiple imputation for nonresponse in surveys*. John Wiley & Sons, 1987.
- 5) Harel, O. : The estimation of R^2 and adjusted R^2 in incomplete data sets using multiple imputation. *Journal of Applied Statistics*. vol. 36, no. 10, pp. 1109–1118. 2009.
- 6) Honaker, J., King, G., Blackwell, M. : Amelia II: A Program for Missing Data. *Journal of Statistical Software*. vol. 45, no. 7, pp. 1–47. 2011.
- 7) 高橋将宜, 渡辺美智子 : 欠測データ処理: Rによる単一代入法と多重代入法. 共立出版, 2017.
- 8) 富山市 : 富山市都市マスタープラン. 2008.
- 9) 国土交通省国土政策局国土情報課 : 国土数値情報ダウンロードサービス 土地利用細分メッシュデータ. <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html>, 最終閲覧日2020年7月1日.
- 10) Allison, P. : *Fixed Effects Regression Models*. Thousand Oaks, California, 2009.
- 11) Croissant, Y., Millo, G. : Panel Data Econometrics in R: The plm Package. *Journal of Statistical Software*. vol. 27, no. 2, pp. 1–43. 2008.

第6章 公共交通運賃割引施策と高齢者の外出行動および歩行量との関係の検証

6.1 概説

高齢者を対象とした交通施策の中でも公共交通の運賃を割引する施策は、その効果として高齢者の外出を促し徒歩移動の増加にも寄与すること、さらには公共交通やその沿線の活性化など公共交通を中心とした都市形成に寄与することが期待される。本研究で対象としている富山市と同規模の3大都市圏以外の都市についてみると、例えば1乗車あたりの運賃を100～200円程度の低廉な価格とする、おでかけ定期券事業（富山市）¹⁾、長寿応援バス事業（大分市）²⁾、敬老バスカ（宮崎市）³⁾、おでかけパスポート（長野市）⁴⁾、高齢者ワンコインバス事業（秋田市）⁵⁾や、運賃を一定の割合で割り引く、高齢者公共交通運賃半額制度（高松市）⁶⁾、敬老パス（鹿児島市）⁷⁾、定期券や回数券の購入を助成する、金沢市シルバー定期券購入助成制度（金沢市）⁸⁾、おでかけ乗車券（福山市）⁹⁾、高齢者バス料金助成事業（旭川市）¹⁰⁾など、高齢者の公共交通の運賃を割り引く施策は様々な形態で実施されている。

一方でこれらの施策は、例えば2019年に1乗車あたりの利用料金を値上げし、対象年齢を引き上げた大分市¹¹⁾など、事業費の問題や事業者への負担の問題から割引対象とする年齢層や利用者の負担額など見直しの議論もなされている。ところが、施策の効果について身体活動や外出行動への影響という観点からは実証的な検証が十分になされていないまま、制度の見直しについての議論が進められる懸念がある。そこで、本章は高齢者の公共交通の運賃割引施策として富山市のおでかけ定期券事業を対象に、その利用状況による外出行動や歩行量の違いを明らかにすることを目的とする^{12,13)}。おでかけ定期券事業は3章で述べた通り、65歳以上の市民が市内各地から中心市街地へ出かける際に、公共交通を割引運賃で利用できる制度である。9時から17時の間に下車する場合、市内の各停留所から中心市街地までの区間を1乗車あたり100円で利用できる。利用者負担金は1,000円、有効期限は年度末までである。

6.2 公共交通運賃割引施策の利用状況の把握

6.2.1 おでかけ定期券の所有状況の把握

本節ではおでかけ定期券の所有状況を把握する。おでかけ定期券所有者数は22,261人であり、富山市の65歳以上高齢者のおおよそ5人に1人がおでかけ定期券を所有している。図6-1に男女別および年齢別のおでかけ定期券の所有率を示す。データは2016年時6月時点の全おでかけ定期券の所有者に関する情報と富山市の2016年6月時点の住民基本台帳による年齢層別人口¹⁴⁾を用いている。おでかけ定期券の所有率は、女性の割合が23.6%と男性よりも11.6ポイント高い傾向にある。また、所有率のピークは、男性は80～84歳に、女性は75～79歳にある。高齢になるほど自動車の運転が困難になり、運転免許を返納するようになることから、それに伴い80歳ごろまでは高齢になるほどおでかけ定期券を所有するようになると推察される。また80歳を上回る年齢になると活動能力の衰えから公共交通による外出も困難になる人が増えるため、おでかけ定期券の所有率が低下すると考えられる。

次に、250mメッシュごとにおでかけ定期券の所有者数と高齢者人口を集計し、図6-2に居住地によるおでかけ定期券所有率の分布を示す。所有率が25%を上回るメッシュに着目すると、中心市街地内や中心市街地から南側の大沢野エリアにかけてのバス路線沿線、南東側の大山にかけての鉄道沿線など、割引対象となるバス路線および鉄道路線沿線の郊外において、所有率が高い傾向にあることが分かる。一方で、中心市街地から南西側の婦中エリアや八尾エリアといった割引対象とならない鉄道路線沿線においてはおでかけ定期券の所有率が25%未満のエリアが多くみられる。

最後におでかけ定期券の所有動向について、所有者の所有開始時期、所有のきっかけ、非所有者の所有しない理由、所有意向をアンケートで尋ねた結果を示す。なお、これらのデータは 2018 年の調査後アンケートにより取得しており、対象となるのは 2016 年から 2018 年にかけて継続して調査に参加した人のみであるという点に留意が必要である。

図 6-3 におでかけ定期券の所有開始時期の分布を示す。おでかけ定期券事業の開始年度が 2004 年度である¹⁵⁾ことから、2016 年時点の年齢が 77 歳以下の高齢者を対象とし、さらに 70 歳未満以上で分類しておでかけ定期券の所有開始時の年齢の分布を示している。サンプルサイズは 65～69 歳が 77 人、70～77 歳が 119 人である。65 歳から所有を開始した人の割合が 65～69 歳で 61.0%、70～77 歳で 37.0% と最も高い。またおでかけ定期券の所有を始めたきっかけに関する項目（複数回答可）は回答者 354 人で「65 歳になり制度を利用できるようになった」：56.8%、「免許を返納した」：5.1%、「定期券の制度を知った」：42.9%、「施設割引を利用する」：11.0%、「中心市街地によく外出するようになった」：15.8%、「公共交通を利用して外出することが増えた」：14.4%と 65 歳になり制度を利用できるようになったことがきっかけとして最も選ばれており、このことから制度を利用できる 65 歳になった時点で定期券の所有を始めた人が多いことが分かる。

一方で、おでかけ定期券非所有者のおでかけ定期券を所有しない理由（複数回答可）は回答者 199 人で、「知らなかった」：12.6%、「公共交通を利用しない」：67.3%、「中心市街地への用事が少ない」：34.2%、「負担額が高い」：2.5%と、公共交通を利用しないために所有しない人の割合が高いことが分かる。また、所有意向については回答者 203 人の 56.7%が今後所有する予定があると回答しており、所有する予定としては、「自動車の運転が困難になったら」を選択した人の割合が 86.4%、「中心市街地への用事ができたら」を選択した人の割合が 15.5%と、自動車の運転が困難になったら所有を考える人が一定数いることが分かる。ただし、所有のきっかけをみると、免許の返納や公共交通を利用した外出の増加がきっかけの人の割合は、中心市街地への外出や制度の認知に比べて低く、運転免許の返納や公共交通の利用の増加が定期券の所有をもたらすかはさらに検証が必要である。

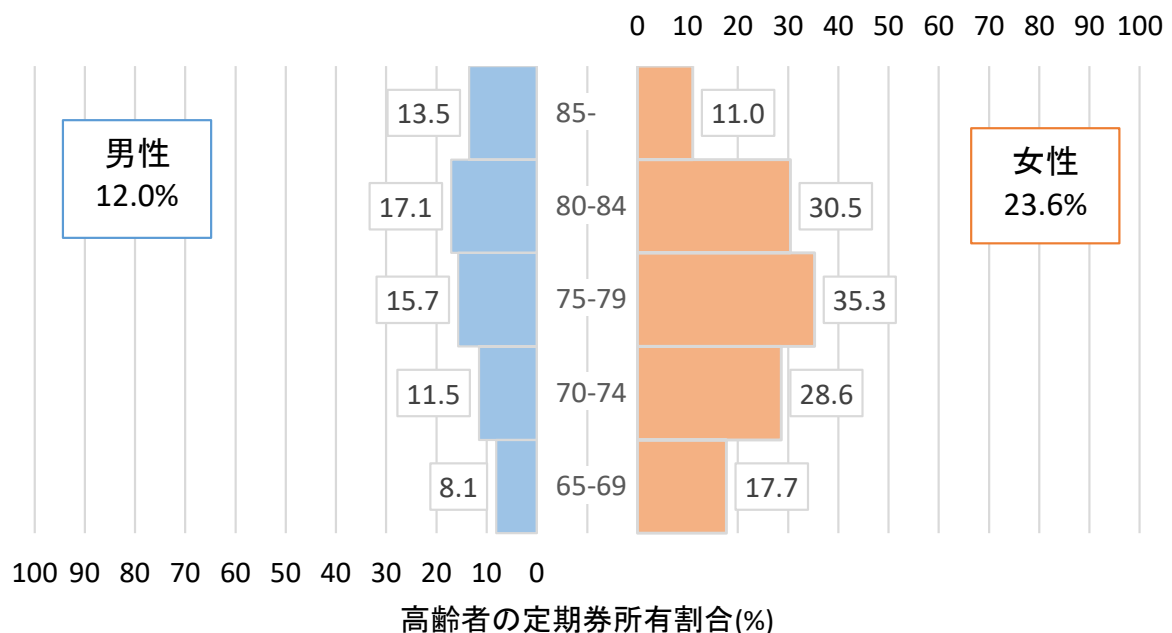


図 6-1 年齢別・性別の定期券所有率

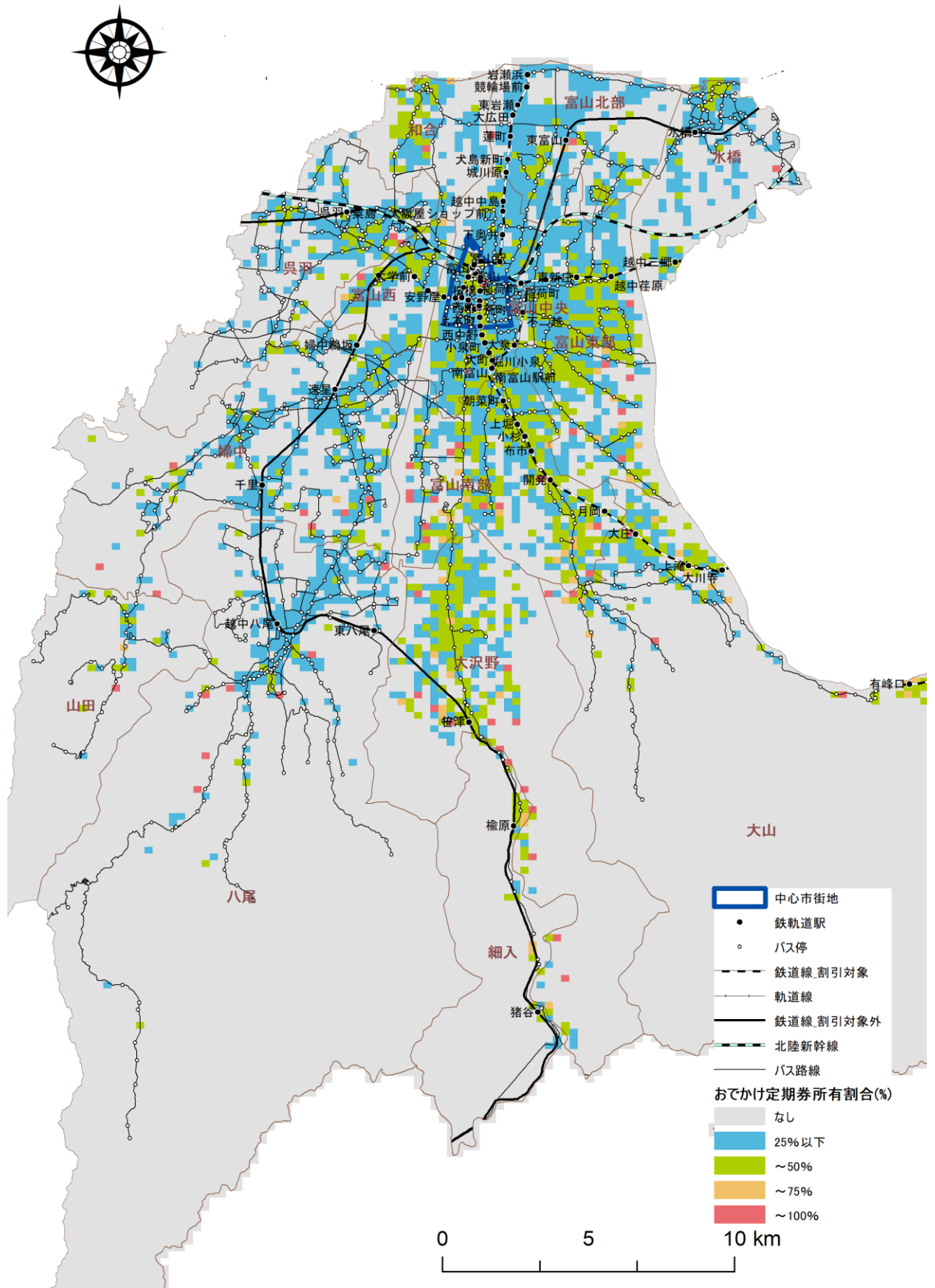


図 6-2 居住地別の定期券所有率

6.2.2 おでかけ定期券利用頻度の把握

次におでかけ定期券の利用状況を把握する。図 6-4 に 2016 年のおでかけ定期券所有者 22,261 人の 2016 年 10 月におけるおでかけ定期券の利用日数の分布を示す。期間中におでかけ定期券を利用していない人の割合が 49.1%と最も高い。また、利用日数が少ない人の割合が多く、おでかけ定期券を所有していても利用頻度が少ない人が多いことが伺える。

さらに、個人属性や居住地属性別のおでかけ定期券の利用頻度を把握する。表 6-1 に結果を示す。全所有者の平均値は 1.9 日/月であった。また年齢層別および性別ごとにみると、所有状況と同様に 70～84 歳の分類において、他の年齢層よりも利用頻度が高く、男性よりも女性の方が利用頻度は高い傾向がみられた。さらに、居住地による違いについてみると、中心市街地からの距離別による分類では、中心市街地に近いほど利用頻度が高く、割引対象路線の鉄軌道駅から 500m 圏、バス停から 300m 圏の公共交通圏に着目すると、圏内の利用頻度が 2.1 日/月、圏外の利用頻度が 1.4 日/月と圏内の方が高い傾向にあることが分かる。

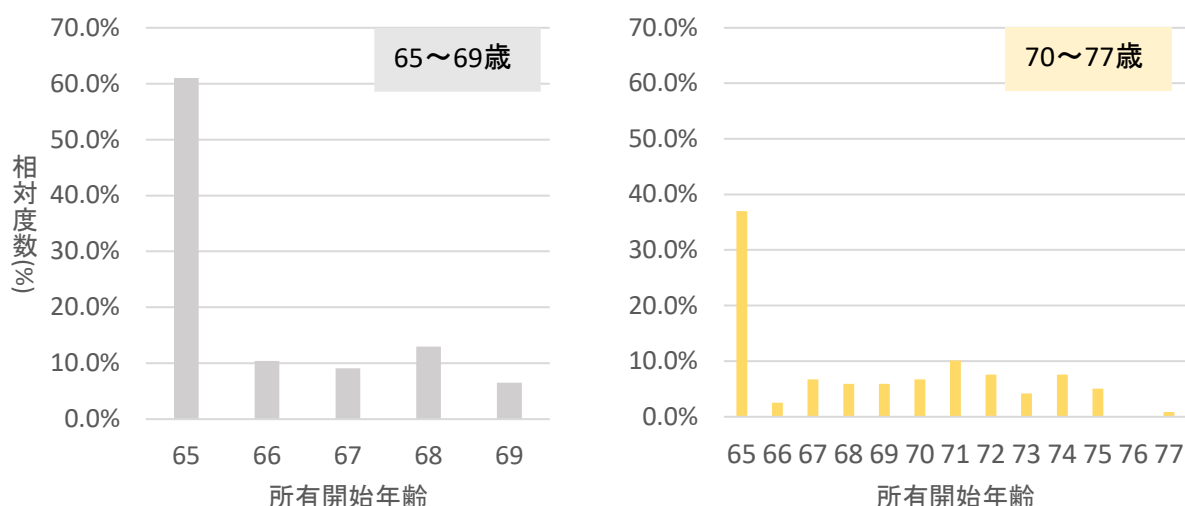


図 6-3 おでかけ定期券所有開始年齢の分布

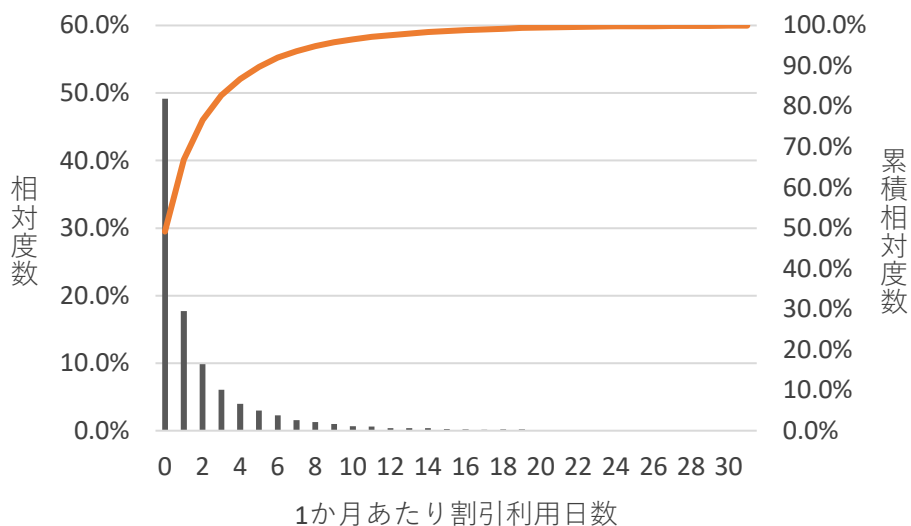


図 6-4 おでかけ定期券利用頻度の分布

6.3 公共交通運賃割引施策の利用状況と外出行動の関連性分析

6.3.1 おでかけ定期券の利用状況による外出頻度の違い

本節では、おでかけ定期券の所有の有無・利用の有無による外出行動の違いを明らかにする。2016年調査のデータを用い、2016年10月においておでかけ定期券の利用履歴がある場合は「利用有」、利用がないまたは定期券を所有していない場合は「利用無」とした。まず、外出頻度の違いについて分析する。表6-2に前期高齢者・後期高齢者それぞれについて、おでかけ定期券の所有の有無別および利用の有無別に外出頻度を比較した結果を示す。また、Welchのt検定による平均値の差の検定のp値についても示す。

前期高齢者の外出頻度は31.6回/月～32.0回/月、25.0日/月～25.0日/月であり、後期高齢者の外出頻度は26.9回/月～27.9回/月、21.1日/月～22.3日/月と、前期高齢者の方が後期高齢者に対して外出頻度

表 6-1 おでかけ定期券の利用頻度の把握

	所有者数	定期券 利用頻度		所有者数	定期券 利用頻度
全所有者	22,261人	1.9 日/月	中心市街地から自宅までの距離		
年齢層別			中心市街地内	1,461人	3.0 日/月
65歳～69歳	4,676人	1.7 日/月	～400m	918人	2.8 日/月
70歳～74歳	5,320人	1.9 日/月	～1km	1,326人	2.6 日/月
75歳～79歳	5,603人	2.0 日/月	～5km	11,529人	2.0 日/月
80歳～84歳	4,501人	2.0 日/月	～10km	4,586人	1.5 日/月
85歳～	2,161人	1.9 日/月	10km～	2,441人	0.9 日/月
性別			割引対象路線公共交通圏		
男性	6,077人	1.3 日/月	圏内	16,356人	2.1 日/月
女性	16,184人	2.1 日/月	圏外	5,905人	1.4 日/月

表 6-2 おでかけ定期券の所有および利用の有無による外出頻度の比較

			対象者数		外出回数(回/月)		外出日数(日/月)	
			平均値	p値	平均値	p値		
前期高齢者	おでかけ	有	211	31.6		25.3		
	定期券所有	無	210	32.0	0.804	25.0	0.909	
後期高齢者	おでかけ	有	251	27.6		21.8		
	定期券所有	無	95	27.9	0.698	21.1	0.733	
前期高齢者	おでかけ	有	102	31.6		25.5		
	定期券利用	無	319	31.9	0.950	25.1	0.540	
後期高齢者	おでかけ	有	158	28.5		22.3		
	定期券利用	無	188	26.9	0.334	21.1	0.172	

***:p<0.01 **:p<0.05 *:p<0.1

が高い傾向にある。また、前期高齢者、後期高齢者ともに、おでかけ定期券の所有の有無および利用の有無による統計的に有意な差は認められなかった。本研究の結果からは公共交通の運賃割引施策により外出が促進されるということは認められなかった。

6.3.2 おでかけ定期券の利用状況による外出先の違い

続いて、外出先のおでかけ定期券の所有の有無・利用の有無による違いについて分析する。まず、図 6-5 および図 6-6 に示すように 250m メッシュ単位で GPS ログデータの判別の際に「滞在」と判定された測位点から 4.3.2 と同様の方法で外出先数を集計した。集計の際には、分析対象者によって有効日数が異なるため、それぞれのメッシュに含まれる外出先数について、分析対象者の有効日数の逆数で重みづけして合計し、定期券所有者の有無別および利用の有無別に 250m メッシュで有効日 1 日あたりの外出先数を算出した。外出日 1 日あたりの定期券所有者の外出先の総数は 1.41、非所有者の外出先の総数は 1.46 であった。図 6-5 おでかけ定期券の所有の有無による比較を図 6-6 おでかけ定期券の利用の有無による比較を示す。なお、分析対象者数の異なる 2 つの外出先数を比較可能にするために、また整数値で比較するために 100 人 31 日あたりに換算している。

図 6-5 のおでかけ定期券の所有の有無による比較をみると、定期券所有者の方が定期券非所有者よりも中心市街地内において外出先数が 5 を上回るメッシュが多くみられる。また、A で示す中心市街地から北に延びる富山ライトレール沿線地域において定期券所有者の方が定期券非所有者よりも多くの訪問メッシュがみられる。一方で、幹線道路である国道 41 号線や国道 359 号線の沿線である B で示す中心市街地から南東から南西の地域においては定期券の非所有者の方が 1 を上回るメッシュや、5 を上回る

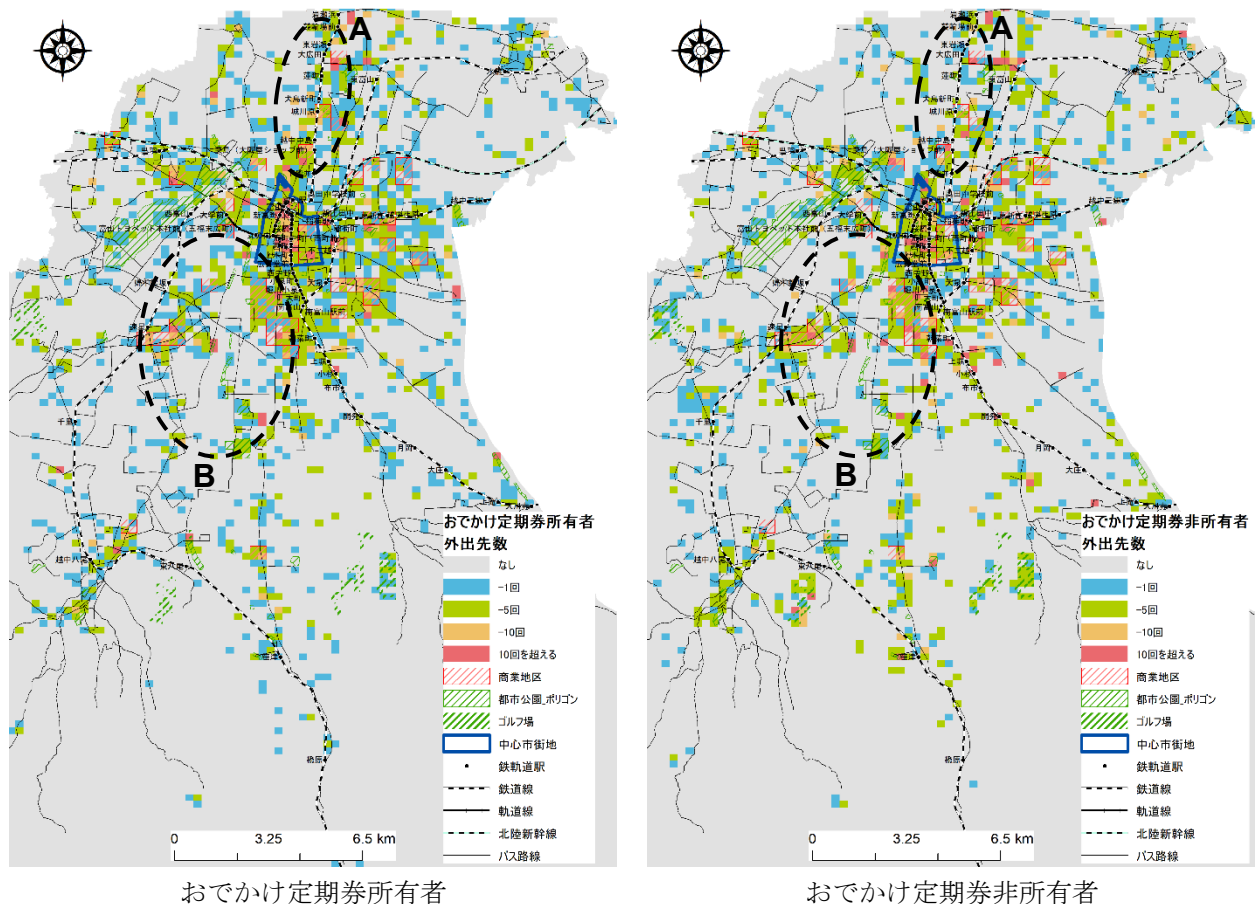


図 6-5 おでかけ定期券の所有の有無による外出先の比較 (100 人・31 日あたり)

メッシュが非所有者において多くみられる。さらに、図 6-6 のおでかけ定期券の利用の有無による比較をみると、おでかけ定期券利用者の中心市街地内で 10 を上回るメッシュが定期券の所有者よりも多い。以上をまとめると、定期券所有者および利用者は非所有者および非利用者に対し、幹線道路沿いよりも、中心市街地の軌道線沿線全域や富山ライトレール沿線に外出していることが分かる。

次に、おでかけ定期券で割引対象となる中心市街地への来訪頻度や滞在時間を定量的に把握する。なお、中心市街地来訪頻度は中心市街地の外縁より 400m(徒歩 5 分)以上離れた地点に居住する被験者のみを対象に算出する。また、全時間帯の来訪とおでかけ定期券の割引対象時間である 9 時以降に来訪して 17 時より前に中心市街地外に退出する来訪についてそれぞれ頻度を算出する。表 6-3 に中心市街地来訪頻度の平均値の比較した結果と、所有の有無および利用の有無による違いをランク化したうえで Welch の t 検定を行った結果の p 値を示す。全てのおでかけ定期券の所有の有無および利用の有無による比較で有意水準 5%以下で統計的に有意な差がみられた。前期高齢者のおでかけ定期券の所有の有無による比較を除き、おでかけ定期券の所有者および利用者の方が非所有者および非利用者よりも来訪頻度が高い傾向がみられた。一方で前期高齢者の所有の有無による比較では、全時間帯はおでかけ定期券非所有者の方が 0.2 回/月、0.04 日/月高く、また 9~17 時はおでかけ定期券所有者の方が中心市街地来訪頻度は高いものの、その差は 0.2 回/月、0.2 日/月と他の比較よりも小さな差となった。このように他の比較と異なる傾向がみられた要因として、6.2.2 でみたように前期高齢者においておでかけ定期券の利用頻度が少ないこと、非所有者においても自動車での来訪があることが考えられる。

さらに、中心市街地への来訪 1 回あたりの滞在時間をおでかけ定期券の所有の有無および利用の有無により比較する。表 6-4 に平均値の比較とランク化したうえで Welch の t 検定を行った結果の p 値を

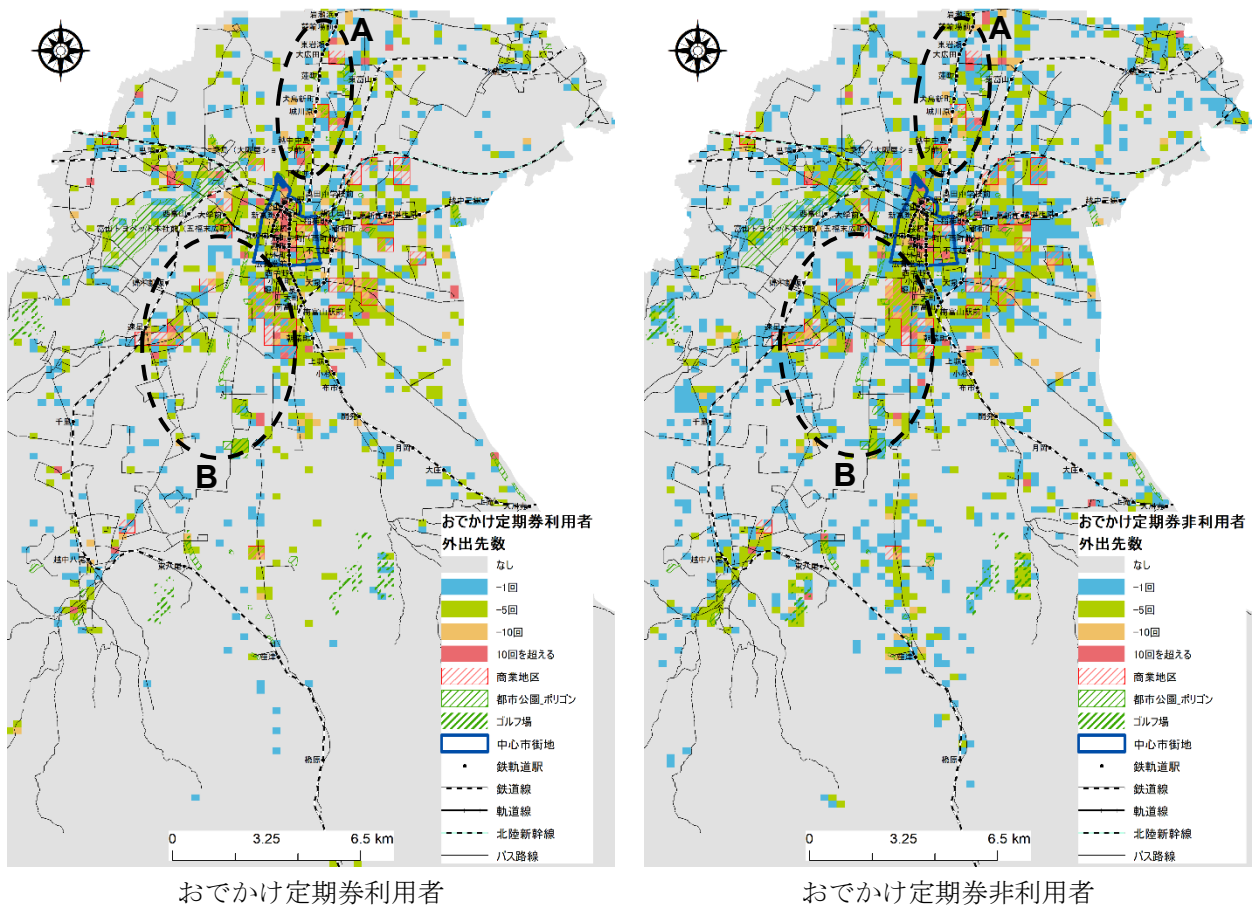


図 6-6 おでかけ定期券の利用の有無による外出先の比較 (100 人・31 日あたり)

表 6-3 おでかけ定期券の所有および利用の有無による中心市街地来訪頻度の比較

				対象者数		来訪回数(回/月)		来訪日数(日/月)	
						平均値	p値	平均値	p値
全時間帯	前期高齢者	おでかけ	有	188	2.9			2.8	
		定期券所有	無	191	3.1	0.037	**	2.8	0.038 **
	後期高齢者	おでかけ	有	222	2.6			2.4	
		定期券所有	無	87	1.4	0.005	***	1.4	0.005 ***
	前期高齢者	おでかけ	有	90	4.0			3.8	
		定期券利用	無	289	2.7	0.049	**	2.5	0.000 ***
	後期高齢者	おでかけ	有	139	3.6			3.2	
		定期券利用	無	170	1.3	0.000	***	1.2	0.000 ***
9~17時	前期高齢者	おでかけ	有	188	1.8			1.7	
		定期券所有	無	191	1.6	0.046	**	1.5	0.049 **
	後期高齢者	おでかけ	有	222	1.8			1.7	
		定期券所有	無	87	0.7	0.000	***	0.7	0.000 ***
	前期高齢者	おでかけ	有	90	2.4			2.3	
		定期券利用	無	289	1.5	0.000	***	1.4	0.000 ***
	後期高齢者	おでかけ	有	139	2.5			2.4	
		定期券利用	無	170	0.7	0.000	***	0.7	0.000 ***

***:p<0.01 **:p<0.05 *:p<0.1

表 6-4 おでかけ定期券の所有および利用の有無による滞在時間の比較

				対象者数		滞在時間(分)	
						平均値	p値
全時間帯	前期高齢者	おでかけ	有	85	105		
		定期券所有	無	71	121	0.851	
	後期高齢者	おでかけ	有	100	117		
		定期券所有	無	26	89	0.054	*
	前期高齢者	おでかけ	有	53	121		
		定期券利用	無	103	108	0.025	**
	後期高齢者	おでかけ	有	82	116		
		定期券利用	無	44	102	0.133	
9~17時	前期高齢者	おでかけ	有	76	92		
		定期券所有	無	59	82	0.347	
	後期高齢者	おでかけ	有	91	109		
		定期券所有	無	20	67	0.004	***
	前期高齢者	おでかけ	有	47	111		
		定期券利用	無	88	75	0.000	***
	後期高齢者	おでかけ	有	75	112		
		定期券利用	無	36	78	0.008	***

***:p<0.01 **:p<0.05 *:p<0.1

示す。全時間帯についてみると、おでかけ定期券の利用の有無による比較において、後期高齢者では 10% 有意水準で有意傾向な差がみられ、おでかけ定期券の利用の有無による比較において、前期高齢者では有意水準 5%で有意な差がみられた。なお、前期高齢者のおでかけ定期券の所有の有無による比較では統計的に有意でないものの非所有者の方が所有者よりも 16 分長い結果となった。9~17 時の来訪の滞在時間の比較では、前期高齢者のおでかけ定期券の所有の有無による比較を除いて、おでかけ定期券の所有者・利用者の方がおでかけ定期券の非所有者・非利用者よりも滞在時間が長く、有意水準 1%で有意な差がみられた。また、全ての比較において全時間帯での比較よりも 9~17 時の比較の方が、おでかけ定期券所有者・利用者の方が非所有者・非利用者よりも滞在時間が長い傾向が顕著になっている。要因として、おでかけ定期券の有効時間帯である 9~17 時ではおでかけ定期券を使った来訪が多いこと、さらにこれまでの研究で示唆されているように公共交通の方が自動車による来訪よりも滞在時間が長いことが考えられる。

6.3.3 おでかけ定期券の利用状況による利用交通手段の違い

最後におでかけ定期券の所有の有無、利用の有無による利用交通手段の違いを明らかにする。ここでは、おでかけ定期券の割引対象となる自宅から中心市街地までの移動に着目する。集計対象は中心市街地から 400m 以上離れた場所に居住している人の、GPS による位置データによって自宅と中心市街地との間の交通手段が「移動 (判別対象外)」および「徒歩外移動 (判別対象外)」がなく、特定できる移動とした。対象となる移動が少なくとも一つ以上ある対象者数は、定期券所有者が 127 人、非所有者が 66 人、定期券利用者数 93 人、非利用者数は 100 人であった。各移動について 1.公共交通 2.自動車 3.自転車 4.徒歩移動の順番で代表交通手段を特定し、対象者それぞれについて来訪時の交通手段の利用率を算出した。そして分類ごとに平均値を算出し、おでかけ定期券の所有の有無・利用の有無、平均値の差をランク化したうえで Welch の t 検定により検定した。

表 6-5 に結果を示す。まず、公共交通利用率については、前期高齢者・後期高齢者ともに所有の有無により有意水準 10%で有意傾向、利用の有無により、公共交通利用率で有意水準 5%未満の有意な差がある。所有の有無でみるとおでかけ定期券所有者の公共交通の利用率は前期高齢者で 26.1%、後期高齢者で 45.5%と、非所有者の 2 倍ほどであり、利用の有無でみると、おでかけ定期券の利用者は非利用者の 2 倍を上回る公共交通の利用率であることが分かり、おでかけ定期券を所有および利用することにより公共交通の利用が促されることが示唆される。また自動車の利用率は前期高齢者のおでかけ定期券の所有の有無による比較を除き、有意水準 10%の差がみられた。前期高齢者の定期券所有者の自動車利用率は 49.6%と後期高齢者の定期券所有者や前期・後期の定期券利用者と比べると最も高く、前期高齢者においてはおでかけ定期券を所有していても自動車を利用する人が一定いると考えられる。

表 6-5 おでかけ定期券の所有および利用の有無による中心市街地への利用交通手段の違い

			対象者数 来訪時の交通手段利用率							
			公共交通 p値		自動車 p値		自転車 p値		徒歩のみ p値	
前期高齢者	おでかけ	有	57	26.1%		49.6%		13.6%		10.7%
		定期券所有 無	51	13.2%	0.056 *	57.7%	0.341	19.6%	0.188	9.5%
後期高齢者	おでかけ	有	70	45.5%		30.9%		16.3%		7.3%
		定期券所有 無	15	23.3%	0.067 *	62.2%	0.052 *	14.4%	0.547	0.0%
前期高齢者	おでかけ	有	36	36.2%		41.9%		11.3%		10.6%
		定期券利用 無	72	11.9%	0.007 ***	59.2%	0.064 *	19.0%	0.120	9.9%
後期高齢者	おでかけ	有	57	51.2%		23.9%		18.3%		6.6%
		定期券利用 無	28	22.2%	0.002 ***	61.8%	0.000 ***	11.1%	0.490	4.9%

***:p<0.01 **:p<0.05 *:p<0.1

6.4 公共交通運賃割引施策の利用状況と1日平均歩数の関連性分析

本節ではおでかけ定期券の所有の有無および利用の有無により1日平均歩数の比較をする。まず、おでかけ定期券の所有の有無および利用の有無による1日平均歩数の分布の違いを図6-7および図6-8に示す。前期高齢者、後期高齢者ともにおでかけ定期券所有者および利用者の方が、非所有者および非利用者よりも2,000歩未満の方の割合が小さく、8,000歩以上の方の割合が多く、より多く歩いていることが示唆される。

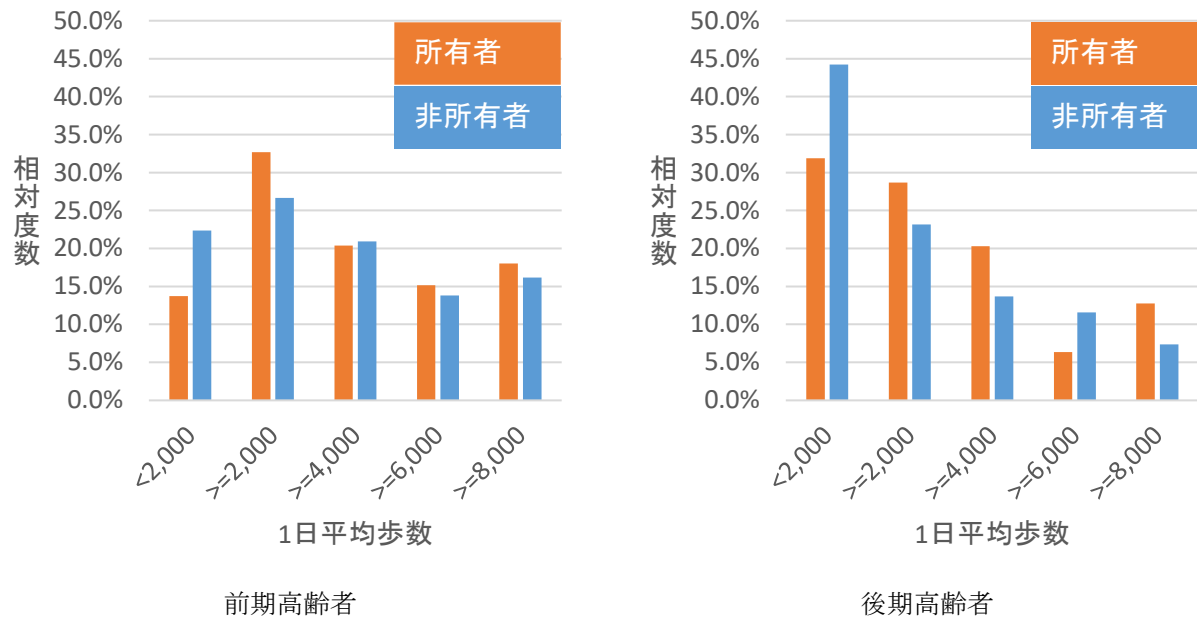


図 6-7 おでかけ定期券の所有の有無による歩数の分布の違い

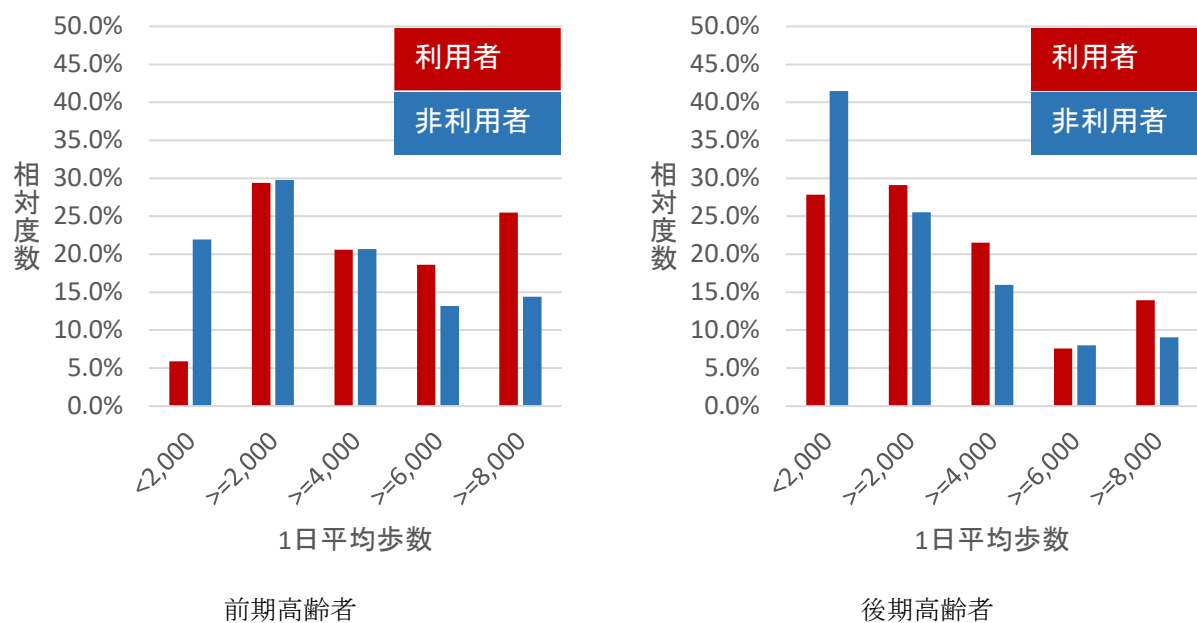


図 6-8 おでかけ定期券の利用の有無による歩数の分布の違い

次に、定期券の所有の有無および利用の有無による平均値の比較と Aoyagi et al.¹⁶⁾により高齢者の身体的な健康に寄与することが示されている 8,000 歩/日を上回る人の割合の比較を行う。表 6-6 に平均値および比率と Welch の t 検定による母平均の検定および母比率の検定の結果を示す。

まず、おでかけ定期券の所有の有無による比較についてみると、前期高齢者では母平均の検定、母比率の検定ともに有意な差はみられなかった。一方、後期高齢者では、平均値は定期券所有者が 4,016 歩/日、非所有者が 3,328 歩/日と定期券所有者の方が 688 歩/日多く、平均の検定では有意水準 10%でその差は有意傾向であった。

次に、おでかけ定期券の利用の有無による比較についてみると、前期高齢者では、平均値は定期券利用者が 5,848 歩/日、非利用者が 4,787 歩/日と定期券所有者の方が 1,061 歩/日多く、平均の検定では有意水準 1%で有意な差がみられた。また、8,000 歩以上人の割合は、利用者が 25.5%、非利用者が 14.4%と、利用者の方が 11.1 ポイント高く、母比率の検定では有意水準 1%で有意な差がみられた。さらに、後期高齢者では、平均値は定期券利用者が 4,202 歩/日、非利用者が 3,512 歩/日と定期券所有者の方が 490 歩/日多く、平均の検定では有意水準 1%で有意な差がみられた。

後期高齢者では所有の有無によって 1 日平均歩数の違いがみられた一方で、前期高齢者では所有者の方がおでかけ定期券の所有者の方が 1 日平均歩数が多いとはいえなかった。前期高齢者では、6.3 の分析でみたように所有の有無による中心市街地来訪頻度や自動車の利用率といった外出行動の違いがみられず、このことからおでかけ定期券の所有の有無による 1 日平均歩数の差がみられない結果となったと考えられる。一方で、いずれの年齢層でも所有者よりも利用者の平均値および 8,000 歩/日以上の人割合が高く、おでかけ定期券を所有するのみならず利用することにより、より身体活動が促されると推察される。

6.5 結語

本章は高齢者を対象とした公共交通の運賃を割引する施策に着目し、富山市のおでかけ定期券事業を対象にその利用状況による外出行動や歩行量の違いを明らかにした。

分析に先立ち、おでかけ定期券事業の利用状況を把握し、おでかけ定期券の所有率は、70～84 歳で最も高くなっていること、割引対象路線沿線居住者で所有率が高いことを把握した。また、利用頻度をみ

表 6-6 おでかけ定期券の所有および利用の有無による 1 日平均歩数の比較

	対象者数	1日平均歩数(歩/日)		8,000歩/日を上回る人	
		平均値	母平均の検定 p値	割合	母比率の検定 p値
前期高齢者	おでかけ 有	211	5,108		
	定期券所有 無	210	4,980	0.296	0.620
後期高齢者	おでかけ 有	251	4,016		
	定期券所有 無	95	3,328	0.076 *	0.158
前期高齢者	おでかけ 有	102	5,848		
	定期券利用 無	319	4,787	0.000 ***	0.010 ***
後期高齢者	おでかけ 有	158	4,202		
	定期券利用 無	188	3,512	0.007 ***	0.153

***:p<0.01 **:p<0.05 *:p<0.1

ると、所有率と同様に 70～84 歳の分類、居住地が中心市街地に近い地域、割引対象路線の公共交通圏内の分類で高い傾向がみられた。

次に、おでかけ定期券の所有の有無および利用の有無により外出行動を比較した。所有の有無および利用の有無により外出頻度に統計的な有意な差はみられなかったが、その外出先や利用交通手段に違いがみられた。まず外出先について 250 m メッシュで集計した結果、おでかけ定期券所有者および利用者の外出先は割引対象の公共交通沿線や中心市街地でより多く観測されていることを示した。また、おでかけ定期券の所有の有無で中心市街地への来訪頻度と中心市街地内の滞在時間を比較すると、後期高齢者ではおでかけ定期券の所有者の方が来訪頻度は高く滞在時間は長いことを明らかにした。さらに、来訪頻度および滞在頻度の差は所有の有無より利用の有無の比較の方が、全時間帯での来訪よりも 9～17 時での来訪の頻度や滞在時間の比較の方が、より顕著な違いがみられた。また、中心市街地への公共交通の利用率はおでかけ定期券の所有者・利用者の方が非所有者・非利用者よりも高いことを明らかにした。

さらに、1 日平均歩数をおでかけ定期券の所有の有無および利用の有無により比較し、前期高齢者では、おでかけ定期券の所有の有無による 1 日平均歩数の差がみられない一方で、後期高齢者では所有の有無によって 1 日平均歩数の違いがみられ、1 日平均歩数の平均値が多い傾向がみられた。また、おでかけ定期券の利用の有無による比較では、前期高齢者・後期高齢者ともに利用者の方が 1 日平均歩数の平均値は多く、前期高齢者については 8,000 歩/日以上の人割合が利用者の方が高い傾向がみられることを明らかにした。

以上の分析によりおでかけ定期券の所有および利用は、高齢者の活発な生活の一助となっていることが示唆された。また、おでかけ定期券を所有することによる歩行促進の効果は、前期高齢者よりも後期高齢者で効果が顕著にみられた。歩行を促進するためには、自動車の利用率の高い前期高齢者についてはおでかけ定期券の所有のみならず、利用を促すことも重要であると考えられる。

第6章 参考文献

- 1) 富山市中心市街地活性化推進課：平成28年度おでかけ定期券パンフレット. 2016.
- 2) 大分市：長寿応援バス事業. <http://www.city.oita.oita.jp/o081/kenko/fukushi/1113469976484.html>, 最終閲覧日2022年3月27日.
- 3) 宮崎市：高齢者のバス料金を助成しています（敬老バスカ・悠々バス）.
https://www.city.miyazaki.miyazaki.jp/health/elderly_welfare/vivid/705.html, 最終閲覧日2022年3月27日.
- 4) 長野市：おでかけパスポート. <https://www.city.nagano.nagano.jp/soshiki/kourei/4357.html>, 最終閲覧日2022年3月27日.
- 5) 秋田市：高齢者ワンコインバス事業. <https://www.city.akita.lg.jp/kurashi/koreishafukushi/1005997/1004840.html>, 最終閲覧日2022年3月27日.
- 6) 高松市：高齢者公共交通運賃半額制度（ゴールドIruCa）.
<http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/kurashi/kurashi/koutsu/kokyokotsukikan/goldiruca.html>, 最終閲覧日2022年3月27日.
- 7) 鹿児島市：敬老・友愛パス.
<http://www.city.kagoshima.lg.jp/kenkofukushi/chouju/ikigaishien/kenko/fukushi/choju/kero/pass.html>, 最終閲覧日2022年3月27日.
- 8) 金沢市：金沢市高齢者公共交通乗車券購入助成制度・シルバー定期券購入助成制度について.
<https://www4.city.kanazawa.lg.jp/soshikikarasagasu/kotsuseisakuka/gyomuunnai/1/3/7995.html>, 最終閲覧日2022年3月27日.

- 9) 福山市：おでかけ乗車券の交付. <http://www.city.fukuyama.hiroshima.jp/soshiki/koreisha/153.html>, 最終閲覧日2022年3月27日.
- 10) 旭川市：高齢者バス料金助成事業（寿バスカード）.
<https://www.city.asahikawa.hokkaido.jp/kurashi/135/160/170/d053717.html>, 最終閲覧日2022年3月27日.
- 11) 大分市：「高齢者ワンコインバス事業」が「長寿応援バス事業」に変わりました.
https://www.city.oita.oita.jp/o081/korei_bus.html, 最終閲覧日2022年3月27日.
- 12) 鎌田佑太郎, 松中亮治, 大庭哲治, 中川大：公共交通運賃割引施策と高齢者の歩数ならびに外出先との関連性分析. 都市計画論文集. vol. 52, no. 3, pp. 841-848. 2017.
- 13) 松中亮治, 大庭哲治, 後藤正明, 鈴木義康, 辻堂史子, 鎌田佑太郎, 土生健太郎：公共交通が人とまちを元気にする 数字で読みとく！富山市のコンパクトシティ戦略. 学芸出版社, 2021, pp.76-110.
- 14) 富山市：人口と世帯 平成28年6月 年齢別・性別人口.
<http://www.city.toyama.toyama.jp/kikakukanribu/johotokeika/tokei/jinkosetai/jinkosetai.html>, 最終閲覧日2018年1月12日.
- 15) 富山市中心市街地活性化推進課：富山市の「おでかけ定期券」事業の取組について. 日本不動産学会誌. vol. 33, no. 3, pp. 64-68. 2019.
- 16) Aoyagi, Y., Shephard, R. J. : Steps per day: The road to senior health? Sports Medicine. vol. 39, no. 6, pp. 423-438. 2009.

第7章 歩行量を考慮した外出行動の変化および都市環境が医療費に及ぼす影響

7.1 概説

国土交通省より公表された「健康・医療・福祉のまちづくり推進ガイドライン」¹⁾では、多くの歩行量を伴う外出が促されるような都市の形成が目指されている。また、身体活動の促進による医療費の抑制効果に関する知見の蓄積から1歩あたりの医療費を用いた評価方法も提案されている²⁾。

しかし、複数時点にわたる高齢者の外出行動・1日平均歩数および医療費を実測し、これらの関係を分析した研究はみられない。そこで、健康保険の給付情報に基づく医療費データと2016年と2018年に取得したGPSログデータおよび歩数データを用いて、これらの関係を明らかにすることを目的とする。具体的には、歩行量と医療費について、交差遅延効果モデルを用いることにより因果関係を検証する。次に、居住地周辺の都市環境および外出行動の変化が歩行量の変化を通してもたらす医療費抑制効果を、共分散構造分析を用いることにより明らかにする。

7.2 加齢に伴う高齢者の医療費の経年変化の把握

7.2.1 医療費の分布

本項では2016年から2018年にかけての富山市国民健康保険、富山県後期高齢者医療制度のデータベースから取得した565人の医療費の分布および平均値を把握する。まず、2016年から2018年にかけて各年度の医療費の分布を300万円まで25万円ごとに区切ったヒストグラムにより図7-1に示す。全ての年度で25万円未満の割合が最も高く、医療費は右に裾の長い分布となっている。また医療費の平均値は2016年が46万円、2017年が47万円、2018年が50万円と、2018年が最も高くなっている。

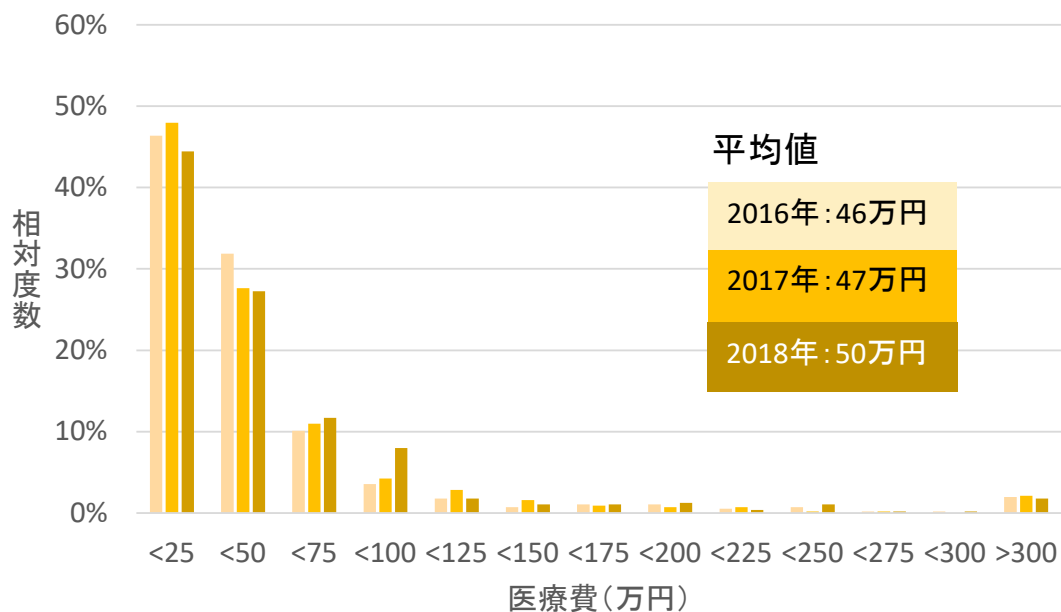


図 7-1 医療費の分布

さらに、2018年調査のアンケートで被験者に尋ねた最近1ヶ月の医療費の自己負担額と、富山市国民健康保険、富山県後期高齢者医療制度のデータベースから取得した実際の医療費を1ヶ月あたりの自己負担額に換算した値を比較する。なお、換算の際には70歳未満の自己負担率を3割、70歳以上の自己負担率を1.5割とした。図7-2にアンケートによる区分ごとの医療費の箱ひげ図を示す。箱の上辺は上位25%の値、真ん中の線は中央値、下辺は下位25%の値を示す。また、ひげの上辺は上位10%の値、下辺は下位10%の値である。図7-2に示すように、月に5,000～10,000円と回答した人の実際の医療費は、そのほぼ50%が5,000～10,000円の間に乗っているものの、他の回答区分では、実際の医療費とアンケートにおける回答額の間乖離が生じている。特に、ほとんど通院しない、あるいは、月に10,000円以上の乖離が大きい。以上のようにアンケートによる聞き取った医療費ごとにみると実際の医療費のばらつきや差があり、正確に医療費を分析するためにも今回のデータベースを利用することは有効であると考えられる。

次に属性による医療費の分布の違いを把握する。図7-3に年齢層別、性別、要支援・介護認定および歩行補助の必要の有無別の医療費の平均値と各医療費の区分別の高齢者の割合を示す。医療費は対数正規分布に近い分布になることが指摘されていることから³⁾、本研究では、医療費が対数正規分布すると仮定し、母集団の医療費平均値を最尤推定法により推定する。また、既往の研究でも指摘されている通り⁴⁾、医療費が0円の人に対応して医療費に1を足して対数変換した場合でも、左が打ち切りの分布となる。よって、まず医療費が0円より大きい対象者の医療費の平均値を最尤推定法により推定し、さらに推定した平均値に医療費が0円よりも大きい対象者の割合をかけることで、各属性における医療費の平均値を推定する。

まず、年齢についてみると後期高齢者（75歳以上）の医療費の平均値は57万円であり、前期高齢者（65歳～74歳）の平均値40万円と比べて高く、高額な医療費を支払う人の割合が多い。性別に着目すると、男性の方がやや高い傾向にある。

要支援認定・介護認定の有無および歩行補助の有無に着目すると、2016年・2018年のいずれかの時期に要支援・介護認定または歩行補助のある人の医療費の平均値は69万円と、要支援・介護認定および歩行補助のない人に比べると24万円高く、半数以上の人が50万円以上の医療費を費やしていることが分かる。

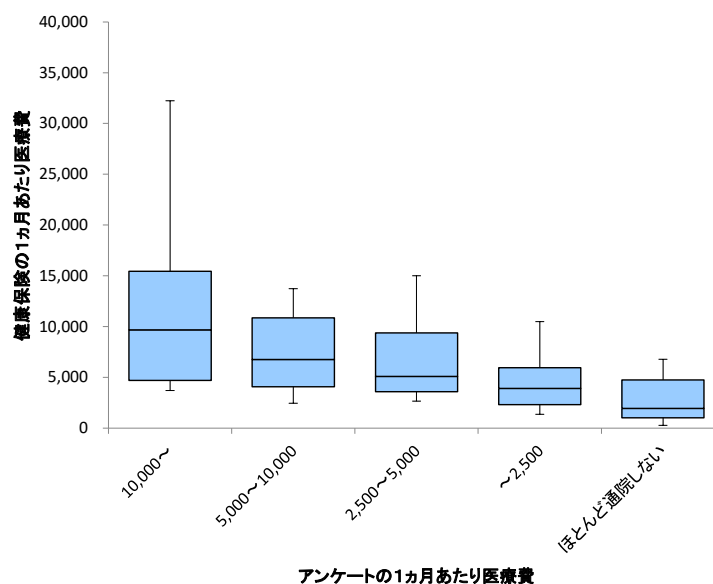


図 7-2 アンケートによる医療費と取得した医療費の関係

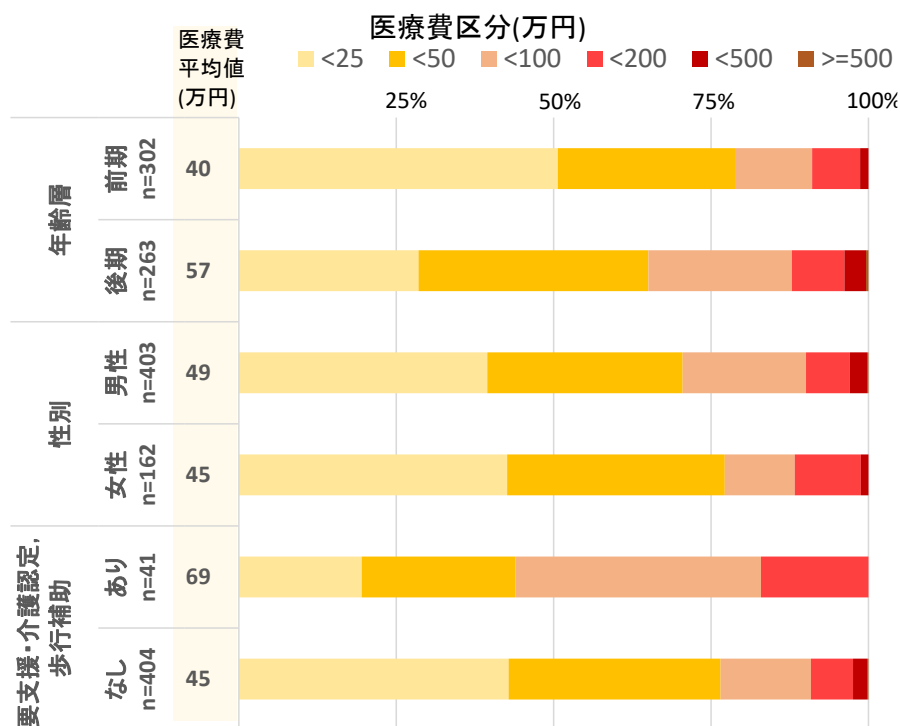


図 7-3 各属性別の医療費の分布

7.2.2 医療費の経年変化の把握

つづいて、医療費の経年変化について把握する。まず各年度間の医療費の相関をみると、2016年と2017年の間の相関係数は0.66、2017年と2018年の間の相関係数は0.35と正の相関がみられた。

次に各属性別に2016年から2018年にかけての医療費の平均の経年変化を分析する。前項の分析で要支援・介護認定および歩行補助のある人が無い人に比べて医療費が高い傾向がみられたことから、以下の分析では2016年と2018年のアンケートにおいて、要支援・介護認定がなくかつ歩行補助が必要ないと回答した404人を対象とする。図7-4に年齢層別・性別ごと・お出かけ定期券の所有状況別の医療費の期待値の経年変化を示す。

まず、前期高齢者と後期高齢者の医療費を比較するといずれの年度においても後期高齢者の方が前期高齢者よりも高い傾向にあった。それぞれ経年変化をみると前期高齢者では2016年から2017年にかけて3万円減少したあとに、2018年にかけて12万円増加した一方、後期高齢者では2016年から2018年にかけて48万円～58万円の範囲で推移していた。次に性別ごとにみると、いずれの年度においても男性の方が女性よりも医療費は高く、いずれの性別においても医療費は増加する傾向がみられたものの、女性の方がより増加し、その差は2018年においては小さくなっていた。最後にお出かけ定期券を2016年から2018年にかけて継続して所有している人と所有していない人を比較すると、継続して所有していない人の方が2016年から2018年のすべての時点で高く、また継続所有者および非継続所有者ともに医療費は増加する傾向にあるが、非継続所有者のほうが大幅に増加しており、2018年にかけて両者の差は大きくなる傾向がみられた。

7.2.3 1日平均歩数による分類別の医療費の経年変化の把握

本項では1日平均歩数の分類ごとに医療費の期待値を算出し、群間の比較をすることで医療費と歩数の関係を把握する。図7-5に2016年の1日平均歩数の分類別の医療費の期待値の経年変化を示す。また図7-6に2016年と2018年の両時点の1日平均歩数を取得した対象者について、2016年と2018年の1日平均歩数の平均値による分類別の医療費の期待値の経年変化を示す。加えて、各1日平均歩数による区分別の箱ひげ図を図7-7および図7-8に示す。さらに表7-1に1日平均歩数の分類別の医療費の違いについてSteel-Dwassの方法による多重比較検定を行った結果を示す。なお、1日平均歩数の分類の閾値として、精神的な健康に寄与するとされる4,000歩/日と身体的な健康に寄与するとされる8,000歩/日⁵⁾を用いた。

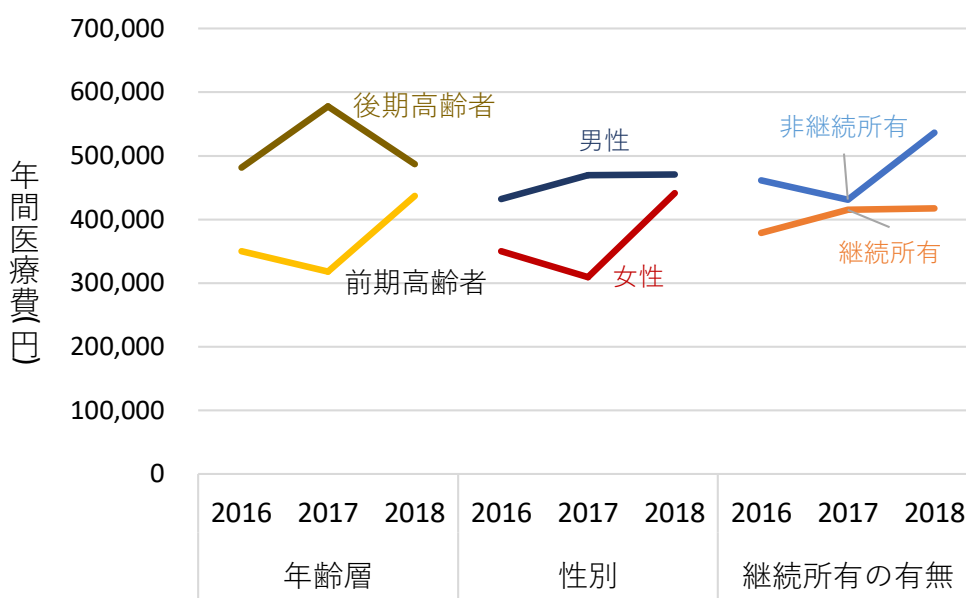


図7-4 各属性別の医療費の経年変化

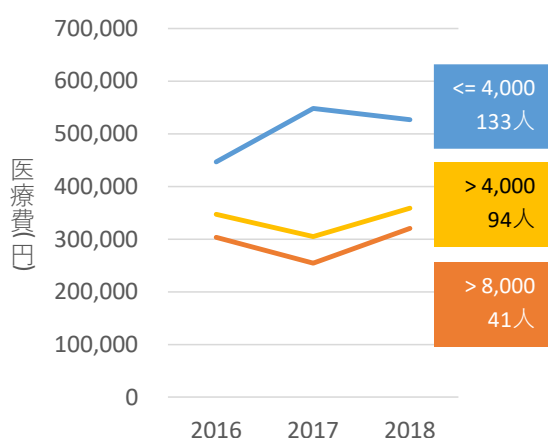


図7-5 2016年の1日平均歩数と医療費の関係

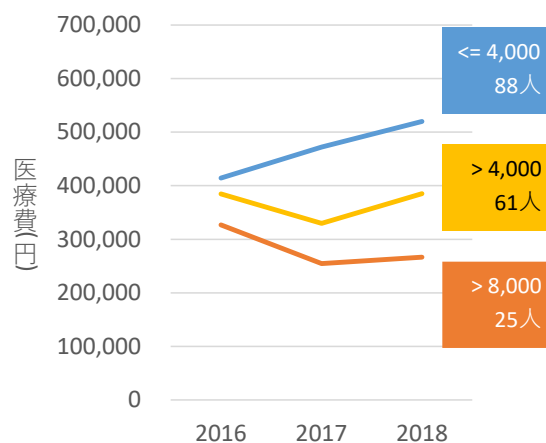


図7-6 2016年2018年の1日平均歩数の平均値と医療費の関係

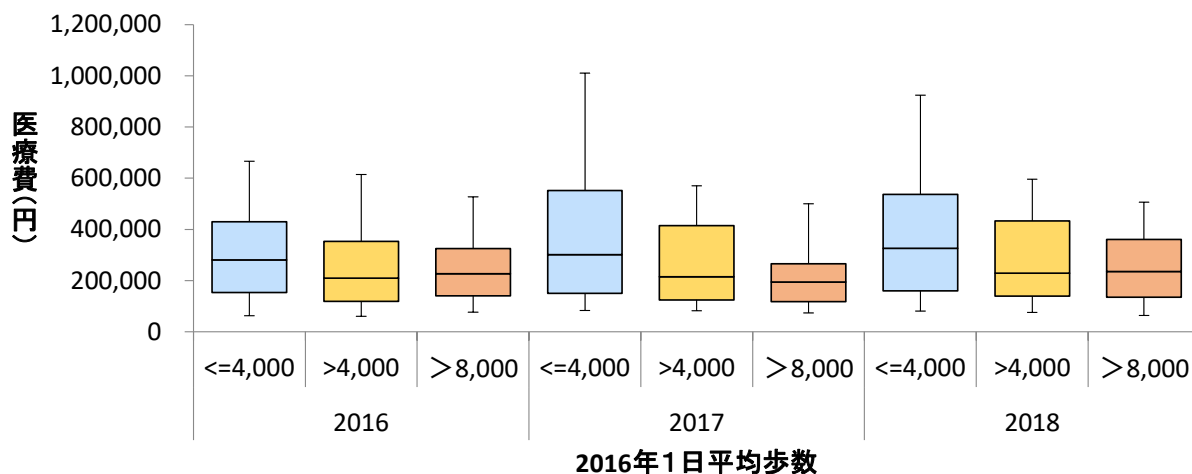


図 7-7 2016年1日平均歩数の分類による医療費の分布の違い

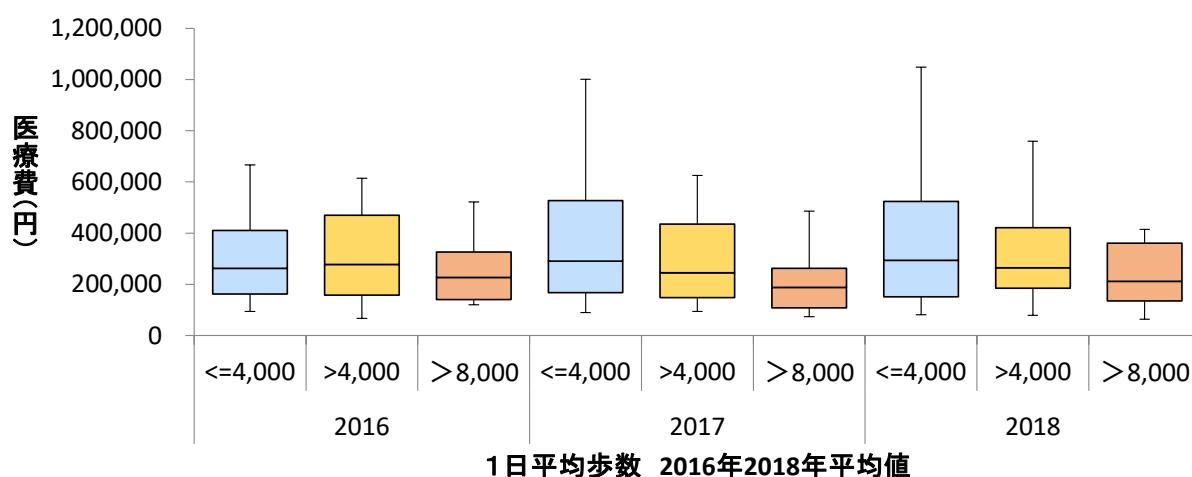


図 7-8 2016年および2018年1日平均歩数の平均値の分類による医療費の分布の違い

まず、図 7-5 の 2016 年の 1 日平均歩数別の医療費の経年変化をみると、1 日平均歩数の多い分類ほど医療費は低い傾向にあり、とくに 4,000 歩/日以下の分類と 4,000 歩/日を上回る 2 分類の間の差が大きい傾向がみられた。また、図 7-7 の箱ひげ図をみると、2016 年と比べて、2017 年および 2018 年における中央値は 1 日平均歩数が 4,000 歩/日未満の分類に対して 4,000 歩/日以上分類は小さい。また、医療費の第 3 四分位は 1 日平均歩数が高くなるほど、小さくなる傾向がみられた。表 7-1 の多重比較検定の結果をみると 2016 年においては、いずれの分類間でも有意な差は認められなかったが、2017 年においては 4,000 歩/日以下と 4,000 歩/日および 8,000 歩/日を上回る分類の間で有意水準 5% の有意な差がみられ、2018 年においては 4,000 歩/日以下と 8,000 歩/日を上回る分類の間で有意水準 10% でその差は有意傾向だった。2016 年における歩行量が 1~2 年後においてタイムラグを介して医療費に影響を及ぼしていることが示唆される。

次に、図 7-6 の 2016 年と 2018 年の 1 日平均歩数の平均値による分類ごとの医療費の経年変化をみる。1 日平均歩数の多い分類ほど医療費は低い傾向にあり 2016 年から 2018 年にかけて 1 日平均歩数による医療費の期待値の差は大きくなる傾向がみられるものの、図 7-8 の箱ひげ図をみると 2018 年の医療費分布の 1 日平均歩数の分類による違いは小さく、多重比較検定では 2017 年において 4,000 歩/日以

表 7-1 1日平均歩数の分類による医療費の多重比較検定の結果（各 p 値）

	2016年1日平均歩数		2016年・2018年1日平均歩数	
	>4,000	<=4,000	>4,000	<=4,000
2016年医療費				
>8,000	0.996	0.277	0.786	0.676
>4,000		0.170		0.995
2017年医療費				
>8,000	0.695	0.031	0.229	0.070
>4,000		0.043		0.592
2018年医療費				
>8,000	0.747	0.067	0.402	0.239
>4,000		0.127		0.802
			p< 0.05	p<0.1

下と 8,000 歩/日を上回る分類の間以外においては有意な差は認められなかった。2016 年および 2018 年ともに 1 日平均歩数のパネルデータを取得した人のみを対象としているため、対象者数が少なくなることを留意する必要があるものの、過去の 1 日平均歩数とその後の医療費に及ぼす影響の方が、その後の歩数の変化を考慮した場合の影響度合いよりも大きいことが示唆される。

7.3 歩行量と医療費の因果関係の検証

7.3.1 分析に用いるデータおよび手法

前節では、医療費の分布を把握し、さらに 1 日平均歩数の分類により、医療費に差がみられることを明らかにした。本節では 1 日平均歩数と医療費の関係についてさらに踏み込んで、1 日平均歩数が医療費に影響を及ぼすのか、それとも医療費が 1 日平均歩数に影響を及ぼすのか、SEM（共分散構造分析）によるモデルの 1 種である交差遅延効果モデルを用いることにより検証する。

第 5 章で述べた通り、2016 年と 2018 年ともに 1 日平均歩数のデータを取得したサンプルに偏りが見られたため、欠測情報に対して FIML（完全情報最尤推定法）を用いて対応する。欠測値への対処法として他にも多重代入法が挙げられるが、歩数が医療費の及ぼす影響の時間ずれを、共分散構造分析を通して考慮することが容易な FIML を用いた。なお、補助変数として医療費や歩数と関連すると考えられる表 7-2 の指標を投入した。また、分析に際しては R の lavaan パッケージ⁶⁾を用いた。

本分析においては 5 章で分析対象者としたと 1,043 人のうち、以下の条件に該当する人を除いた 1,027 人を対象とする。

- ・ 2016 年から 2018 年にかけて医療費が 0 円の年度があった 15 人
- ・ 補助変数および歩数・医療費が一つも取得されてなかった 1 人

7.3.2 1日平均歩数と医療費の因果関係の検証

交差遅延効果モデルの結果をパス図で図 7-9 に、各係数を表 7-3 に示す。2016 年の 1 日平均歩数から 2018 年の医療費へのパスの標準化係数は-0.10 と 5%有意水準で有意であったが、2016 年の医療費から 2018 年の 1 日平均歩数へのパスの標準化係数は-0.02 で有意な影響は認められなかった。以上より、医療費が低い人はよく歩くようになるというよりは、よく歩くと医療費が低くなるということが伺える。

表 7-2 補助変数として投入する指標

行動指標：	5章で算出した2016年と2018年の運動施設・都市公園訪問頻度，商業地区訪問頻度，中心市街地訪問頻度
主観的健康指標：	2016年と2018年の調査期間中，1日のはじめに端末を用いて尋ねた被験者の体調で，「良い」「まあまあ」「悪い」のうち，「良い」と答えた日の割合および「悪い」と答えた日の割合
外出頻度：	表5-4に示した2016年と2018年の調査後に実施したアンケートによる外出頻度
2016年～2018年の変化に関する指標：	表5-4に示した入院ありダミー，外出増加ダミー，歩行増加ダミー，公共交通利用増加ダミー

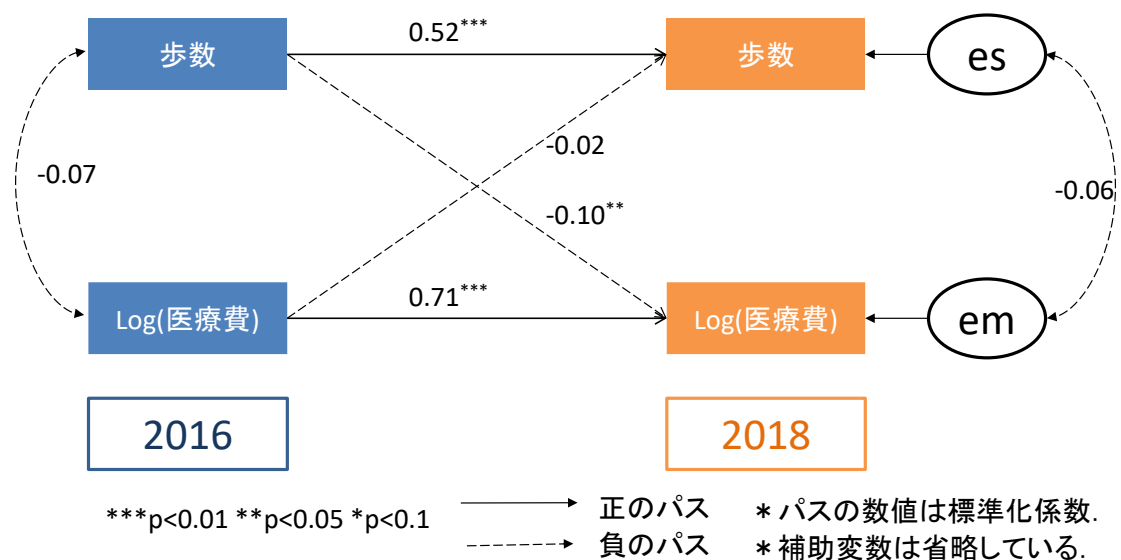


図 7-9 交差遅延効果モデルによる歩数と医療費の関係

表 7-3 交差遅延効果モデルの各係数

被説明変数	説明変数	非標準化係数	標準化係数	標準誤差	p値
医療費2018	歩数2016	-0.03	-0.10	0.01	0.02 **
	医療費2016	0.53	0.52	0.04	0.00 ***
	切片	6.16	6.17	0.49	0.00 ***
歩数2018	歩数2016	0.71	0.71	0.04	0.00 ***
	医療費2016	-0.07	-0.02	0.17	0.67
	切片	1.83	0.51	2.10	0.38
$\chi^2 = 0.000$ df = 0 p = NA		N=1,027			
CFI = 1.000 RMSEA = NA		GFI = 1.0000 AGFI = NA		SRMR = 0.000	

***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1

7.4 居住地周辺の都市環境および外出行動が医療費に及ぼす影響の分析

7.4.1 モデルの構築方法

これまでの本研究の分析によって、外出行動の変化が歩行量に及ぼす影響や、さらに歩行量が医療費に及ぼす影響が明らかとなった。そこで本節では居住地周辺の都市環境の違いや外出行動の変化が歩行量の変化を通じることで医療費に及ぼす影響を共分散構造分析により定量的に明らかにする。

本研究で分析するモデルを図 7-10 に示す。モデルの構造について図 7-10 に基づいて説明する。モデルは、1.外出行動予測モデル、2.歩数予測モデル、3.医療費予測モデルで構成され、居住地周辺の都市環境が各外出行動の頻度に影響を及ぼし、各外出行動の頻度が歩行量に影響を及ぼし、さらに歩行量が医療費に影響を及ぼすという構造になっている。

まず、1.外出行動予測モデルは、居住地の属性が外出行動に及ぼす影響を再現している。外出行動をあらわす指標については、5.4.2 項の外出行動が 1 日平均歩数に及ぼす影響を検証したハイブリッドモデルにおいて Within 効果の p 値が 10%未満であった訪問頻度を用いた。商業地区内居住地から商業地区に徒歩のみで訪問する頻度へのパスなどの、各訪問先から居住地までの距離に関する指標に加えて、5.3.2 項で分析した居住地周辺の土地利用に関する指標、公共交通利便性の指標について、各訪問頻度へのパスの追加を検討し、2016 年、2018 年ともにパス係数が有意水準 10%で有意傾向であった居住地周辺の土地利用から徒歩による商業地区訪問頻度へのパスを追加した。

次に、2.歩数予測モデルでは、5.4.2 項の外出行動が 1 日平均歩数に及ぼす影響を検証したハイブリッドモデルにおいて Within 効果が有意水準 10%で係数が有意傾向であった訪問頻度と、年齢、性別、要支援・介護認定の有無、歩行補助の必要性の有無が 1 日平均歩数に及ぼす影響をハイブリッドモデルにより再現している。なお、徒歩による中心市街地への訪問頻度については、パス係数が有意にならず、

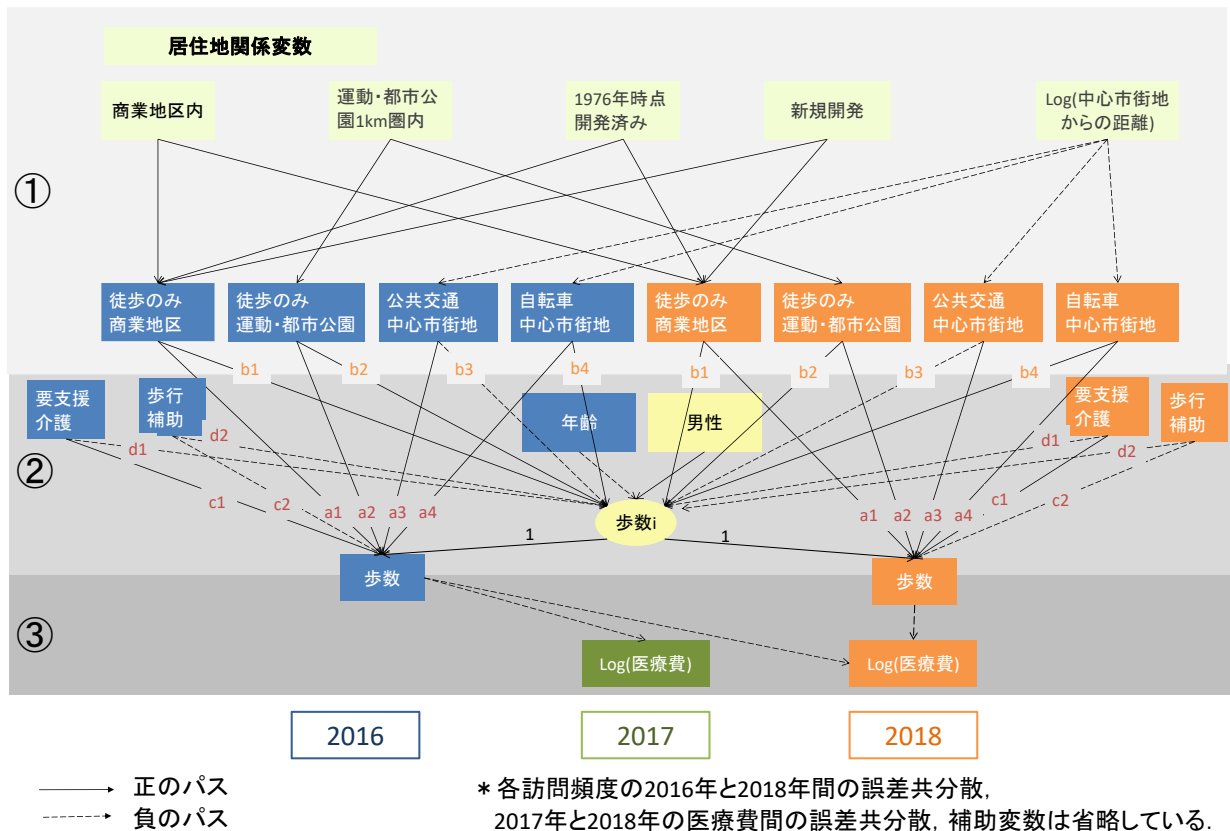


図 7-10 本研究における共分散構造分析によるモデル

またモデル全体の適合度が悪化したため、本モデルから除外した。このような結果となった要因として、中心市街地への徒歩による訪問のあったサンプルが少ないことが考えられる。

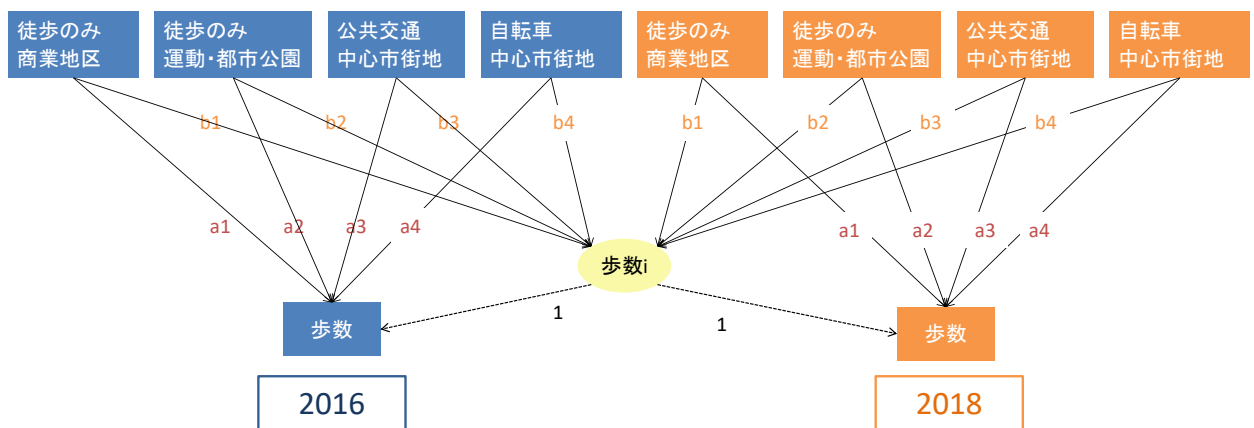
ハイブリッドモデルの共分散構造分析による再現については、固定効果モデルおよびランダム効果モデルを共分散構造モデルで表した Bollen and Brand⁷⁾を参考にモデルを構築し、5章で用いた plm パッケージ⁸⁾によるハイブリッドモデルと推定結果が一致することを確認した。説明のために図 7-11 に 1 日平均歩数予測モデルの一部を抜粋したものを示す。歩数_iは 2 時点にわたり不変であり 1 日平均歩数に影響を及ぼす因子を示す潜在変数(ランダム効果)であり、2016 年・2018 年への 1 日平均歩数へのパス係数はともに 1 である。図 7-11 のパス係数により、ハイブリッドモデルにおける Within 効果は **a** で、Between 効果は **a+2b** で表すことができる。

最後に、3.医療費予測モデルでは、7.2 および 7.3 で示された 1 日平均歩数と医療費との関係に基づき、2016 年の 1 日平均歩数がタイムラグを置いて 2017 年および 2018 年の医療費に及ぼす影響と 2018 年の医療費について同時点の 1 日平均歩数が及ぼす影響を再現している。

またモデルを構築する際に設定した制約について述べる。まず前述したハイブリッドモデルを再現するために、歩数予測モデルについては切片を除く係数および誤差分散に時点間の等値制約を設けた。また 2018 年の 1 日平均歩数は切片を 0 に固定することにより、2016 年から 2018 年にかけての説明変数による影響を除く各変数の平均値の変化を再現した。外出行動予測モデルのうち、徒歩のみによる商業地区訪問頻度、徒歩のみによる運動施設・都市公園訪問頻度、自転車および公共交通による中心市街地訪問頻度の予測モデルについては、5章で居住地属性が各外出行動に及ぼす影響が時点により異なる傾向がみられたことから時点間では等値制約は設けず、2016 年と 2018 年の誤差間に共分散パスを追加した。さらに、2017 年と 2018 年の医療費の誤差間に共分散パスを設定した。なお、推定上の問題から 1 日平均歩数の単位は千歩/日とした。前節の分析と同様に変数の欠測については FIML を用いて対処し、補助変数は前節と同じ変数を用いた。分析対象者は、前節と同様に、5章で分析対象者とした 1,043 人のうち、2016 年から 2018 年にかけて医療費が 0 円の年度がある 15 人を除いた 1,028 人を対象とした。モデルの作成および推定には R の lavaan パッケージ⁹⁾を使用した。

7.4.2 推定結果

表 7-4 に各行動の予測モデル、歩数予測モデルおよび医療費予測モデルの回帰係数の推定結果を示す。また、表 7-5 に各変数の切片を示す。モデル全体の適合度はサンプルサイズが大きく χ^2 乗検定は棄却



* 各訪問頻度→歩数のパスのみ表示

図 7-11 共分散構造分析によるハイブリッドモデルの再現

されたものの、残差の大きさを示す SRMR は 0.043(<0.05), 分散に対するモデルの説明率を示す GFI は 0.988(>0.95), AGFI は 0.940(>0.90), 非心度に基づく指標である RMSEA は 0.034(<0.05), 独立モデルとの比較による CFI は 0.942(>0.90)といずれの指標も概ね良好であった。

はじめに、表 7-4 の外出行動予測モデルの係数についてみる。まず、居住地属性による徒歩のみの外出中の商業地区訪問頻度の予測モデルについてみると、商業地区内居住に加えて 1976 時点で開発済の地区内居住、1976 年から 2014 年にかけて開発がされた新規開発地区内居住が有意でさらに 2016 年から 2018 年にかけて係数が大きくなる傾向がみられた。一方で、徒歩による運動施設・都市公園への訪問頻度は、2018 年においては運動施設・都市公園 1km 圏内居住についても有意な影響がみられなくなった。

次に歩数予測モデルについては、徒歩のみによる商業地区訪問頻度、運動施設・都市公園訪問頻度・自転車および公共交通による中心市街地訪問頻度の Within 効果が有意であることを確認した。また、医療費予測モデルでは、本章のこれまでの分析結果と同様に 2016 年 1 日平均歩数の 1 時点後である 2017 年および 2 時点後の 2018 年の医療費に、さらに 2018 年の 1 日平均歩数が同時点の医療費に負の影響を及ぼしていることが示された。

表 7-4 共分散構造分析の結果(その 1・パス係数・適合度)

被説明変数	説明変数	非標準化係数	標準誤差	p値		
徒歩のみ商業地区訪問2016	商業地区内居住	2.65	0.45	0.00	***	
	新規開発	0.91	0.27	0.00	***	
	1976年時点開発	1.57	0.33	0.00	***	
徒歩のみ商業地区訪問2018	商業地区内居住	2.76	0.75	0.00	***	
	新規開発	1.12	0.43	0.01	***	
	1976年時点開発	2.34	0.53	0.00	***	
徒歩のみ運動施設・都市公園訪問2016	運動・都市公園1km圏内居住	0.77	0.23	0.00	***	
徒歩のみ運動施設・都市公園訪問2018	運動・都市公園1km圏内居住	0.47	0.30	0.11		
公共交通中心市街地訪問2016	中心市街地からの距離	-0.27	0.05	0.00	***	
公共交通中心市街地訪問2018	中心市街地からの距離	-0.26	0.05	0.00	***	
自転車中心市街地訪問2016	中心市街地からの距離	-0.31	0.04	0.00	***	
自転車中心市街地訪問2018	中心市街地からの距離	-0.35	0.06	0.00	***	
歩数 _i	年齢	-0.13	0.02	0.00	***	
	性別	0.53	0.23	0.02	**	
	徒歩のみ商業地区訪問	0.00	0.03	0.96		
	徒歩のみ運動・都市公園訪問	0.11	0.04	0.01	***	
	公共交通中心市街地訪問	-0.10	0.05	0.07	*	
	自転車中心市街地訪問	0.00	0.05	0.93		
	要支援・介護認定ダミー	-1.09	0.62	0.08	*	
	歩行補助ダミー	-0.36	0.39	0.35		
	歩数2016・歩数2018	徒歩のみ商業地区訪問	0.23	0.05	0.00	***
		徒歩のみ運動・都市公園訪問	0.15	0.06	0.02	**
		公共交通中心市街地訪問	0.20	0.08	0.01	***
		自転車中心市街地訪問	0.21	0.05	0.00	***
		要支援・介護認定ダミー	0.57	1.13	0.61	
log(医療費2017)	歩行補助ダミー	-0.55	0.61	0.36		
	歩数2016	-0.12	0.03	0.00	***	
log(医療費2018)	歩数2016	-0.12	0.03	0.00	***	
	歩数2018	-0.04	0.02	0.07	*	
$\chi^2 = 361.755$ df = 162 p = 0.000		$\chi^2/df = 2.23$		N = 1,028		
CFI = 0.942 RMSEA = 0.034		SRMR = 0.043	GFI = 0.988	AGFI = 0.940		

***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1

表 7-5 共分散構造分析の結果(その2・各変数の切片)

変数名	非標準化係数	標準誤差	p値
徒歩のみ商業地区訪問2016	0.08	0.20	0.70
徒歩のみ商業地区訪問2018	0.28	0.32	0.38
徒歩のみ運動施設・都市公園訪問2016	0.04	0.21	0.86
徒歩のみ運動施設・都市公園訪問2018	0.28	0.28	0.33
公共交通中心市街地訪問2016	2.92	0.41	0.00 ***
公共交通中心市街地訪問2018	2.55	0.39	0.00 ***
自転車中心市街地訪問2016	2.98	0.31	0.00 ***
自転車中心市街地訪問2018	3.51	0.51	0.00 ***
歩数i	12.87	1.40	0.00 ***
歩数2016	0.48	0.14	0.00 ***
歩数2018	0.00	0.00	
log(医療費2017)	13.05	0.13	0.00 ***
log(医療費2018)	13.30	0.15	0.00 ***

***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1

この医療費予測モデルにおける歩数と医療費の関係について、国土交通省のガイドライン²⁾で用いられている1日1歩あたりの医療費抑制効果へ換算し、国土交通省のガイドラインの値(0.065~0.072)と比較する。モデルの非標準化係数が、1日平均歩数が1,000歩増加することによる医療費の減少率となることから、ベースとなる年間医療費ごとに、年間医療費の抑制額を算出し、これを1,000歩、365日で割ることによって、1日1歩あたりの原単位に換算した。また、本調査の2016年から2018年までの医療費の平均値の、第1四分位数が17万円、第3四分位数が54万円であったことから、ベースとなる年間医療費は、15万円から55万円まで10万円ごとに設定した。以上を本モデルの各1日平均歩数と医療費のパスについて算出した結果を表7-6に示す。

Tsuji et al.⁹⁾、福田ら¹⁰⁾など、国土交通省のガイドラインの根拠となっている調査と同じく、歩数が時間差において医療費に及ぼす影響、すなわち2016年の1日平均歩数から2017年および2018年の医療費への影響についてみると、ベースとなる年間医療費が図7-3で示した要支援・介護認定がなく歩行補助の必要のない人の平均値45万円の場合は、2017年度が0.143、2018年度が0.144と、国土交通省のガイドラインによる値(0.065~0.072)よりも、大きい結果となっている。なお、ベースとなる年間医療費が25万円以下となるとガイドラインによる数値に近い結果となっている。

以上のように、健康状態に大きな問題のない高齢者の医療費の平均値をベースとした場合において、1日1歩あたりの医療費抑制効果が、国土交通省のガイドラインによる値と比べると大きくなった要因として、既往の調査では、40歳以上の中年層が含まれているが、本研究では高齢者のみが対象であるということが考えられる。本研究においては、既往の調査に対して医療費の水準が高いサンプルを対象としているため、医療費の抑制効果が大きく計測されたことが考えられる。また、歩数と健康の関係について、年齢層により、1歩あたりの健康へ及ぼす効果が異なり、高齢者においてより大きな効果がみられた可能性も推察される。

7.4.3 身体活動の促進に伴う医療費抑制効果の算出

本項では前項で構築した共分散構造モデルをもとに総合効果を算出し、行動の変化による医療費効果および居住地による医療費の違いを明らかにする。

表 7-6 歩数の増加による医療費抑制効果の 1 日 1 歩あたりへの換算

ベースとなる 年間医療費	1,000歩/日増加することによる 年間医療費抑制額	1日1歩あたり換算値
2016歩数→2017医療費		
550,000	63,578	0.174
450,000	52,018	0.143
350,000	40,459	0.111
250,000	28,899	0.079
150,000	17,339	0.048
2016歩数→2018医療費		
550,000	64,206	0.176
450,000	52,532	0.144
350,000	40,858	0.112
250,000	29,184	0.080
150,000	17,511	0.048
2018歩数→2018医療費		
550,000	22,565	0.062
450,000	18,462	0.051
350,000	14,359	0.039
250,000	10,257	0.028
150,000	6,154	0.017

備考

- ・本調査の要支援・介護認定なしかつ歩行補助の必要のない人の医療費の平均値:45万円
- ・本調査の第1四分位数:17万円 第3四分位数:54万円

まず、居住地周辺の都市環境による 1 日平均歩数および医療費の違いを検証する。表 7-7 に 1 日平均歩数への総合効果を示す。係数は非標準化係数を示している。商業地区内居住による個人間の違いの効果すなわち *Between* 効果は、2016 年は 0.604、2018 年は 0.630 であった。居住地 1km 圏の開発状況に着目すると、1976 年時点開発済居住地区、新規開発地区ともに 2016 年から 2018 年にかけて有意な正の効果があった。都市開発されているような地区では、歩行環境も整備されており、商業地区へ徒歩によって訪問する頻度が高いことが考えられる。1976 年時点開発済地区と新規開発地区を比較すると、1976 年時点開発済地区居住の方が、とくに 2018 年において非標準化係数は大きい傾向がみられた。最後に運動施設・都市公園 1km 圏内居住についてみると、他の居住地属性と比べると、非標準化係数は小さい傾向がみられた。

表 7-8 に居住地による違いに伴う 2016 年および 2018 年の 1 日平均歩数の違いが 2017 年度、2018 年度の医療費に及ぼす影響を示す。居住地による違いについてみると、商業地区内居住による効果が最も大きく、2017 年度は-0.070、2018 年の 1 日平均歩数による影響が加わる 2018 年度は-0.096 であった。対数回帰におけるダミー変数の係数 β の限界効果は $(\exp(\beta)-1) \times 100$ である¹¹⁾ので、商業地区内に居住することによる限界効果は 2017 年度は-6.7%、2018 年度は-9.2%であった。本調査における要支援・介護認定の無い高齢者の医療費の平均値 45 万円を参考にすると、商業地区に居住を誘導することで 1 人あたり年間 3.0~4.1 万円ほどの医療費を減少させることが期待される。

次に表 7-9 に 2016 年の外出行動の頻度の変化に伴う 1 日平均歩数の変化 (*Within* 効果) が 2016 年調査の半年~1 年半後の 2017 年度および 1 年半~2 年半後 2018 年度の医療費に及ぼす効果、さらに外出行動の頻度の変化が 2018 年まで継続した場合に 2018 年度の医療費に及ぼす効果を示す。まず、徒歩のみによる商業地区への訪問頻度が 1 日/月変化による効果は、2017 年度は-2.7%、2018 年度は-3.6%、運動施設・都市公園への訪問頻度の変化による効果は、2017 年度は-1.7%、2018 年は-2.4%であった。

さらに、中心市街地への訪問頻度の変化による効果は、2017年度は自転車・公共交通ともに-2.4%、2018年度は自転車が-3.3%公共交通が-3.2%であった。要支援・介護認定がなく歩行補助の必要が無い高齢者の医療費の平均値は約45万円であることを考慮すると、商業地区徒歩圏に居住している人などの徒歩による商業地区への訪問頻度が1日増加することで、1年後の医療費を1人あたり年間1.2万円ほど抑制し、さらに2年後まで継続すると1.6万円抑制すること、中心市街地といった商業施設を集約した地域に自転車や公共交通による訪問を1か月あたり1日増加させることで、1年後の医療費を1人あたり年間1.1万円ほど抑制し、さらに2年後まで継続すると1.4万円抑制することが期待される。

表 7-7 1日平均歩数への総合効果（歩数の単位：千歩/日）

歩数に及ぼす要因	パス経路	年度	非標準化係数	標準誤差	p値
商業地区内居住	⇒2016年2018年商業地区徒歩のみ	2016	0.604	0.155	0.000 ***
	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Between)	2018	0.630	0.209	0.003 ***
1976年時点開発済地区居住	⇒2016年2018年商業地区徒歩のみ	2016	0.356	0.116	0.002 ***
	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Between)	2018	0.535	0.143	0.000 ***
新規開発地区	⇒2016年2018年商業地区徒歩のみ	2016	0.207	0.076	0.007 ***
	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Between)	2018	0.256	0.107	0.017 **
運動施設・都市公園1km圏内居住	⇒2016年2018年運動施設・都市公園徒歩のみ	2016	0.254	0.083	0.002 ***
	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Between)	2018	0.210	0.094	0.025 **

***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1

表 7-8 居住地の都市環境の医療費への総合効果

医療費に及ぼす要因	パス経路	年度	非標準化係数	標準誤差	p値
商業地区内居住	⇒2016年2018年商業地区徒歩のみ	2017	-0.070	0.023	0.003 ***
	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Between)	2018	-0.096	0.028	0.001 ***
	⇒医療費				
1976年時点開発済地区居住	⇒2016年2018年商業地区徒歩のみ	2017	-0.041	0.016	0.010 **
	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Between)	2018	-0.063	0.020	0.002 ***
	⇒医療費				
新規開発地区居住	⇒2016年2018年商業地区徒歩のみ	2017	-0.024	0.010	0.020 **
	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Between)	2018	-0.035	0.013	0.006 ***
	⇒医療費				
運動施設・都市公園1km圏内居住	⇒2016年2018年運動施設・都市公園徒歩のみ	2017	-0.029	0.012	0.011 **
	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Between)	2018	-0.038	0.015	0.009 ***
	⇒医療費				

***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1

表 7-9 外出行動の変化の医療費への総合効果

医療費に及ぼす要因	パス経路	年度	非標準化係数	標準誤差	p値
徒歩のみ	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Within)	2017	-0.027	0.009	0.002 ***
商業地区訪問	⇒医療費	2018	-0.036	0.011	0.001 ***
徒歩のみ	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Within)	2017	-0.017	0.008	0.042 **
運動施設・都市公園訪問	⇒医療費	2018	-0.024	0.011	0.036 **
公共交通	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Within)	2017	-0.024	0.011	0.027 **
中心市街地訪問	⇒医療費	2018	-0.032	0.014	0.022 **
自転車	⇒2016年2018年1日平均歩数 (Within)	2017	-0.024	0.008	0.004 ***
中心市街地訪問	⇒医療費	2018	-0.033	0.011	0.002 ***

***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1

7.5 結語

本章は、健康保険の給付情報に基づく医療費データと2016年と2018年に取得したGPSログデータおよび歩数データを用いて、1日平均歩数と医療費の関係を明らかにした。さらに、居住地の違いおよび外出行動の変化が1日平均歩数の変化を通して、医療費に及ぼす影響を共分散構造分析を用いることにより明らかにした。

まず、7.2では医療費の分布や経年変化を把握した。既往の研究⁹⁾のとおり、医療費は右に裾の長い分布をしていることや年齢層別や性別ごとの医療費の分布を確認した。さらに、1日平均歩数別に医療費の経年変化を分析し、1日平均歩数が4,000歩/日未満のグループよりも4,000歩/日以上グループの方が、医療費は低いことを多重比較検定により統計的に明らかにした。また、1日平均歩数が医療費に及ぼす影響は、既往の研究⁹⁾と同じように、1年後以降のタイムラグをおいた影響が大きいことが示唆された。

次に、7.3では歩行量と医療費の関係について、交差遅延効果モデルを用いることにより、歩行量が医療費に影響を及ぼしているのか、それとも医療費が歩行量に影響を及ぼしているのか検討した。その結果、2016年の医療費から2018年の1日平均歩数へのパスの標準化係数は-0.02で有意な影響は認められなかった一方で2016年の1日平均歩数から2018年の医療費へのパスの標準化係数は-0.10と5%有意水準で有意であり、医療費が低い人はよく歩くようになるというよりは、よく歩くと医療費が低くなるということを示した。

最後に7.4では、居住地周辺の都市環境の違いおよび外出行動の変化が歩行量の変化を通して、医療費に及ぼす影響を、共分散構造分析を用いることにより定量的に明らかにした。その結果、公共交通で中心市街地に訪問する頻度が2016年と2018年に1か月あたり1日増加することによる効果をみると2016年の行動調査から半年～1年半後の2017年度は-2.4%、1年半～2年半後であり2018年の歩数の影響が加わる2018年度は-3.2%であった。さらに、居住地による違いについてみると、商業地区内居住による効果が最も大きく、2016年の行動調査から半年～1年半後の2017年度は-6.7%、2018年の1日平均歩数による影響が加わる2018年度は-9.2%であることなどを明らかにした。以上の分析により徒歩や公共交通による外出を促進する施策、買い物施設が周囲に充足している地域への居住の促進といった施策には、医療費を抑制する効果が見込まれることが示された。

以下、本章における限界や課題について述べる。まずは医療費のデータの取得方法である。医療費調査への参加確認は2018年に行っており、2016年と2017年の医療費はその時点から過去に遡って取得されている。よって、2018年時点において調査に合意できるレベルの健康状態の方のみを対象としている可能性があり、バイアスがあることは否めない。また、今回取得した医療費には歯科による医療費などすべての医療費が含まれている。より正確に身体活動の促進による医療費の抑制効果を評価するためには生活習慣病など病気の項目別に医療費を取得する必要があると考えられる。次に取得時点数である。本研究では2時点のデータで交差遅延効果モデルにより歩数と医療費の関係を分析しているが、精度の観点からすると、今後時点を増やすことにより、より正確な歩行促進による医療費抑制効果を計測することが重要であると考えられる。さらに、身体活動量と健康の関係は、例えば低～中強度の身体活動時間および歩行時間と死亡率との関係をメタ分析により示したWoodcock et al.¹²⁾など既往の研究では、ベースとなる身体活動が多くなるほど、身体活動の増分による健康リスクの低減量が小さくなることが指摘されている。本研究では対数変換した医療費と歩数の間に線形関係があるとして分析しているが、前述の非線形性を検討することで、より正確な健康便益の計測に繋がると期待される。

第7章 参考文献

- 1) 国土交通省都市局：健康・医療・福祉のまちづくり推進ガイドライン（技術的助言）.2014.

- 2) 国土交通省都市局：まちづくりにおける健康増進効果を把握するための歩行量(歩数)調査のガイドライン. 2017.
- 3) 岡本悦司：指標としての医療費分析の効用と留意点. 保健師ジャーナル. vol. 62, no. 8, pp. 624-627. 2006.
- 4) 宏明増原, 幹彦小西, 雅美丁井, 行成林：保険者医療費データによる生涯医療費シミュレーションのための統計理論. 日本医療経営学会誌. vol. 9, no. 1, pp. 47-56. 2015.
- 5) Aoyagi, Y., Shephard, R. J. : Steps per day: The road to senior health? Sports Medicine. vol. 39, no. 6, pp. 423-438. 2009.
- 6) Rosseel, Y. : lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. Journal of Statistical Software. vol. 48, no. 2, pp. 1-36. 2012.
- 7) Bollen, K. A., Brand, J. E. : A General Panel Model with Random and Fixed Effects: A Structural Equations Approach. Social Forces. vol. 89, no. 1, pp. 1-34. 2010.
- 8) Croissant, Y., Millo, G. : Panel Data Econometrics in R: The plm Package. Journal of Statistical Software. vol. 27, no. 2, pp. 1-43. 2008.
- 9) Tsuji, I., Takahashi, K., Nishino, Y., Ohkubo, T., Kuriyama, S., Watanabe, Y., Anzai, Y., Tsubono, Y., Hisamichi, S. : Impact of walking upon medical care expenditure in Japan: the Ohsaki Cohort Study. International journal of epidemiology. vol. 32, no. 5, pp. 809-814. 2003.
- 10) 福田佳奈子, 坂戸洋子, 難波秀行, 久野譜也：502. 自治体における民間サポート型健康づくり教室の有効性に関する研究1：参加継続者の医療費抑制、体力の向上効果を中心として(生活・健康,一般口演,第63回日本体力医学会大会). 体力科学. vol. 57, no. 6, pp. 883. 2008.
- 11) Halvorsen, R., Palmquist, R. : The Interpretation of Dummy Variables in Semilogarithmic Equations. The American Economic Review. vol. 70, no. 3, pp. 474-475. 1980.
- 12) Woodcock, J., Franco, O. H., Orsini, N., Roberts, I. : Non-vigorous physical activity and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis of cohort studies. International journal of epidemiology. vol. 40, no. 1, pp. 121-138. 2011.

第8章 結論

8.1 本研究のまとめ

近年、我が国では高齢化およびこれに伴う医療費の増加が急速に進行しており、高齢者の身体活動の促進さらには医療費の抑制に有効な都市・交通施策の実施が求められている。そこで、本研究は利用交通手段および外出先の地区や施設といった外出行動の特性と身体活動の関係の把握、高齢者を対象とした公共交通の利用促進施策と身体活動との関係の検証、都市環境および外出行動の変化が歩行量を通して医療費を抑制する効果の検証を通し、都市環境、交通施策と歩行量ならびに医療費との関係を明らかにした。以下に各章で得た知見を示す。

第2章では、都市・交通環境と身体活動量および健康との関係を検証した既往研究についてレビューして課題を指摘し、本研究の特徴を示した。まず、都市・交通環境と身体活動量との関係を検証した研究についてみると、高齢者の外出行動と身体活動量との関係について、交通行動中以外および外出中以外の身体活動も含めた1日中全ての身体活動量との関係を分析した研究は限られていること、地区や施設といったミクロなスケールでの外出先の特性と身体活動量との関係を分析した研究はみられないことを指摘した。さらに、来訪に利用する交通手段別に施設や地区への訪問頻度と身体活動量との関係を分析した研究はみられないことを示し、高齢者の身体活動を多く伴うような行動の特性の把握には不十分であることを指摘した。また、中心市街地への来訪行動について、来訪前後も含めた中心市街地に来訪した日の歩行量を分析した研究はみられないことを示した。続いて、高齢者を対象とした公共交通運賃割引施策の効果に関する研究についてみると、身体活動との関連性について分析した研究はみられないことを示した。さらに、我が国において便益評価で用いることが提案されている医療費と、身体活動および外出行動との関係を分析した研究についてみると、個人レベルで都市・交通環境および外出行動と医療費の関係を分析した研究はみられないことを示した。以上により本研究の特徴として、中心市街地や商業地区といった外出先の特性と歩行量との関係を定量的に示す点、中心市街地来訪時の行動と来訪日の歩行量との関係を定量的に分析する点、訪問先や交通手段といった外出行動の特性別に外出行動の頻度の変化による歩数の変化を比較する点、公共交通の運賃割引施策と歩行量との関係を分析する点、都市環境および外出行動が歩行量を通して医療費に及ぼす影響について、定量的かつ個人ごとのデータによる分析を行う点であることを示した。

第3章では、本研究で用いる高齢者の外出行動データ、歩行量データ、医療費データの取得方法について述べた。2016年と2018年に実施した「高齢社会における交通と健康モニタリング調査事業」の各調査について説明し、2016年および2018年の調査で高齢者に携帯端末機を配布し、位置情報および歩行量を取得したこと、2018年の調査で同意がとれた高齢者について、富山市国民健康保険、富山県後期高齢者医療制度による自己負担分を含む各年度の医療費総額を取得したことを示した。そして、高齢者の外出行動および歩行量を把握するために、携帯端末機により取得したデータから分析対象とする日を抽出して、高齢者の歩数および、在宅/外出/滞在/移動/交通手段といった各時間帯の状態を把握する方法について述べた。

第4章では、利用交通手段および外出先の特性による歩行量の違いを1日単位で分析した。まず、外出先別に訪問日の歩数の平均値の空間分布を把握し、訪問することで歩数が多くなるような地域の特性を把握した。次に、マルチレベルモデルにより個人間の異質性を考慮した上で運動施設・都市公園へ訪問した日は徒歩のみ/徒歩以外の外出ともに歩数が多く、また運動施設・都市公園へ訪問した日に加えて、徒歩のみで商業地区へ訪問した日や、徒歩以外での外出でみると中心市街地内の商業地区へ訪問した日の、高齢者の歩数が多いことを定量的に明らかにした。さらに、歩行量の多い傾向がみられた中心市街

地への来訪日について、歩行量と来訪時の交通手段および回遊範囲との関係を分析し、自動車に対して公共交通で来訪する割合が高い人の中心市街地内の歩数さらには中心市街地に来訪した日における歩数が多いこと、同一の交通手段による来訪においても、活動開始点から終了点までの距離が長くなるような来訪など、広い範囲を回遊する人の中心市街地に来訪した日の歩数が多いことを重回帰分析により統計的に示した。

第5章では、パネルデータを用いて2016年から2018年にかけての外出先別・利用交通手段別の訪問頻度および歩行量の変化と、これらの関係について分析した。2016年から2018年にかけての2年間で、1日平均歩数は4,492歩/日から4,140歩/日へ352歩/日減少していること、各訪問頻度についてみると、自動車および公共交通を中心に徒歩以外の交通手段による訪問が減少していることを把握した。また、居住地の属性別に歩数や外出行動の経年変化の平均値を比較し、都市機能が充実している地域、とくに商業地区内に居住している高齢者において歩数が多い傾向にあることを把握した。さらに、中心市街地および各施設への交通手段別の訪問頻度と1日平均歩数の関係をハイブリッドモデルにより個人内の変動による効果と個人間の違いによる効果を分けて分析した結果、居住地など2年間にわたって不変である個人間の異質性を除いたWithin効果、すなわち訪問頻度が増加または減少することによる平均歩数の増加または減少は、商業地区、運動施設・都市公園への訪問については、徒歩以外よりも徒歩による訪問でより大きくみられること、中心市街地への訪問については、自動車よりも徒歩、自転車、公共交通による訪問で大きくみられることを明らかにした。

第6章では、公共交通の運賃を割引く施策であるおでかけ定期券事業の利用状況による外出行動および歩行量の違いを分析した。具体的には、おでかけ定期券の所有の有無別と2016年の調査期間中における利用の有無別のそれぞれについて、外出行動および歩行量を比較した。その結果、おでかけ定期券所有者および利用者の外出先は割引対象の公共交通沿線や中心市街地でより多く観測されていることを示した。また、中心市街地への来訪頻度と中心市街地内の滞在時間を比較および統計的検定すると、後期高齢者ではおでかけ定期券所有者の方が来訪頻度は高く、滞在時間は長い傾向にあること、おでかけ定期券利用者の方が来訪頻度は前期高齢者・後期高齢者ともに高く、滞在時間は前期高齢者で長い傾向にあることを明らかにした。さらに、中心市街地への公共交通の利用率はおでかけ定期券の所有者・利用者の方が非所有者・非利用者よりも高いことを明らかにした。1日平均歩数については、前期高齢者ではおでかけ定期券の所有の有無による統計的に有意な差がみられない一方で、後期高齢者では所有の有無によって違いがみられ、1日平均歩数の平均値は所有者の方が高い傾向がみられた。また、おでかけ定期券の利用の有無による比較では、前期高齢者・後期高齢者ともに利用者の方が1日平均歩数の平均値は多く、前期高齢者については1日8,000歩を上回る人の割合が高いことを明らかにした。

最後に、第7章では国民健康保険の医療費データを用いて、歩数と医療費の因果関係を検証し、さらに、居住地周辺の都市環境および外出行動の特性が歩行量の変化を通して医療費に及ぼす影響を分析した。歩行量と医療費の関係について、2016年と2018年の歩行量および医療費を交差遅延効果モデルで分析することにより、歩行量が医療費に影響を及ぼしているのか、それとも医療費が歩行量に影響を及ぼしているのか検討した結果、2016年の医療費から2018年の1日平均歩数へは有意な影響は認められなかった一方で2016年の1日平均歩数から2018年の医療費へのパスは5%有意水準で有意であり、医療費が低い人はよく歩くようになるというよりは、よく歩くと医療費が低くなることがみられた。さらに、居住地周辺の都市環境の違いおよび外出行動の変化が歩行量を通して、医療費に及ぼす影響を、分散構造分析を用いることにより分析し、例えば公共交通で中心市街地に訪問する頻度が2016年と2018年に1か月あたり1日増加することによる効果をみると2016年の行動調査から半年～1年半後の2017年度は-2.4%、2016年の行動調査から1年半～2年半後であり2018年の歩数の影響が加わる2018年度は-3.2%であった。さらに、居住地による違いについてみると、商業地区内居住による効果が最も大きく、2016年の行動調査から半年～1年半後の2017年度は-6.7%、2018年の1日平均歩数による影

響が加わる 2018 年度は-9.2%であることを明らかにした。

8.2 政策的知見

高齢者を対象とした外出行動の特性や経年変化を考慮した分析の結果により、高齢者の身体活動の促進、歩行量の減少の抑制のためには、運動施設、都市公園、商業地区といった都市施設周辺への立地適正化計画などを通じた居住促進が重要であること、そしてこれらの都市施設周辺の地域に居住する高齢者の徒歩による施設への訪問頻度の減少を抑制すること、さらに公共交通の利用支援施策の実施によって中心市街地のような都市機能が集約した地域への訪問頻度の減少を抑制することが有効であることが分かった。また、中心市街地内の行動と歩行量の分析により、公共交通による来訪を促し、停留所の周辺で広い回遊を促す施策を実施することがさらなる歩行促進へ有用であることが示唆された。

また、公共交通の運賃を割り引く施策について、その制度によって公共交通を利用している人の歩数が多く、歩数が多く伴うような活発な生活の一助になっていることが示された。さらに、徒歩や公共交通による外出を促進する施策、商業施設が周囲に充足している地域への居住の促進といった施策は、医療費を抑制する効果が見込まれた。そこで、医療費抑制効果も便益として捉えたうえで、これらの施策を積極的に進めていくことが求められると考える。

8.3 今後の課題

本研究は富山市を対象とした調査に基づいており、市内の施設の分布や中心市街地の特性によって、高齢者の外出行動や歩行量が変わる可能性がある。本研究で得られた結果の一般性については、他都市での調査の実施など、今後のさらなる調査・研究が必要である。

また、本研究ではサンプルサイズの都合上叶わなかったが、活動的高齢者/非活動的高齢者、より詳細な年齢層といった属性や、高齢者の加齢に伴う習慣の変化による歩数や行動の変化を分析することも今後の研究では重要であると考えられる。

さらに、本研究で分析した医療費には歯科による医療費などすべての医療費が含まれている。より正確に身体活動の促進による医療費の抑制効果を評価するためには生活習慣病など病気の項目別に医療費を取得する必要があると考えられる。また、本研究では 2 時点のデータで交差遅延効果モデルにより歩数と医療費の関係を分析しているが、精度の観点からすると、今後時点を増やすことにより、より正確な歩行促進による医療費抑制効果を計測することが重要であると考えられる。

謝 辞

本研究を遂行する上で数多くの方々大変お世話になりました。本論文を結ぶにあたり、お世話になった皆様に深く感謝申し上げます。

京都大学大学院 松中亮治 准教授には、研究室に配属してから7年間、研究への姿勢から本研究の構想、論文の執筆に至るまで、終始暖かいご指導ご鞭撻いただきました。心より深く感謝申し上げます。

同 大庭哲治 准教授には、学生生活を送る中で、様々なご指導ご助言をいただき、また研究指導認定退学後も学位申請に向けて背中を押していただきました。深く感謝申し上げます。

同 宇野伸宏 教授、同 藤井聡 教授には、本論文の審査をご担当いただき、本研究に対する貴重なご意見をいただきました。ここに、深く感謝の意を表します。

筆者が学部4回生から修士1回生までの2年間、研究室の教授としてご指導を賜り、富山大学に就任後も、筆者が富山を訪れた際にも含蓄に富むお話をいただきました富山大学 中川大 特別研究教授に深く感謝申し上げます。

京都大学大学院 田中皓介 助教には、学位申請にあたりましてご助言いただきました。感謝申し上げます。また、学位申請の諸手続きにあたり大変お世話になりました速水裕子秘書、度重なる出張手続きなどご協力いただきました奥村康世元秘書、吉岡智子元秘書に厚くお礼申し上げます。

富山市活力都市創造部中心市街地活性化推進課の皆さまには、調査実施の協力、ならびに、貴重なデータを提供頂きました。ここに記して謝意を表します。また、本研究の遂行・調査の実施にあたり、ご助力いただきましたシティプランニング 辻堂史子氏、後藤正明氏、日建設計総合研究所 鈴木義康氏にお礼申しあげます。

学位申請にあたり、筆者の勤務先である株式会社電力計算センター 高山山光雄氏、永岡忠彦氏にはご理解を賜りご協力をいただきました。感謝申し上げます。

研究室で苦楽をともにした学生諸氏、卒業修了された方々には、研究室での生活から研究に関わることまで大変お世話になりました。とくに、富山で一緒に調査を実施した土生健太郎氏、学位申請にあたりご助力いただいた嶋崎諒子氏に感謝いたします。また、諸先輩・同期の皆様には修了後も、様々な場面で励ましの言葉を頂きました。感謝申し上げます。

最後に、博士後期課程への進学を後押しし、いかなるときも様々な面で支えてくれた家族に深く感謝の意を表すとともに、ここに記しきれない多くの方々にご支援いただいたことを銘記し、謝辞とさせていただきます。

令和4年7月
鎌田佑太郎