

パーソナルデータを用いた交通行動と歩数ならびに生活習慣が健康指標に与える影響に関する構造分析

Structural analysis of the influence of transportation behavior, number of steps, and lifestyle on health indicators using personal data

平出 ハル*・松中 亮治**・大庭 哲治**・田中 皓介**
Haru Hiraide*, Ryoji Matsunaka**, Tetsuharu Oba**, Kosuke Tanaka**

In this study, in order to clarify how the promotion of compact city planning and public transportation-centered city planning affects health promotion, we collected the data of the "Transportation and Health Monitoring Survey" in Toyama, analyzed the relationships between transportation use, number of steps, and health, and revealed the structure of their influence on health indices. The results of the relationship analysis showed that there were significant correlations, but they suggested that lifestyle factors also affect health indices. Furthermore, the analysis of the structure of the influence of transportation behavior, number of steps, and lifestyle on health indices showed that, although there were some differences between male and female, the structure that walking time and time spent using public transportation influenced number of steps and that the increased number of steps significantly influenced basic health indices was confirmed in common for both male and female.

Keyword: Transportation behavior, health, number of steps, structural analysis, personal data

キーワード：交通行動，健康，歩数，構造分析，パーソナルデータ

1. はじめに

近年，少子高齢化の進行や，特に地方都市における郊外の大型商業施設の建設により，中心市街地が衰退し，都市の活力が失われていることが問題となっている．さらに，移動時の自動車利用の割合も高くなり，渋滞問題や郊外への拡散による行政費用負担増大も生じている．少子高齢化の進行による社会保障費用の増加は都市の財政を圧迫し，一人当たりの行政費用の増大の原因ともなりうるため，医療費を中心に財政負担を減少させるための取り組みがされている．

一方まちづくり政策の分野においては，中心市街地の活性化や健康増進の実現を目標とする，公共交通を活用したコンパクト＋ネットワークのまちづくりに注目が集まっている．

健康的な生活を送れる環境を整え，健康的な生活に向けてサポートすることは，全国で生活する人々にとって，また社会にとっても重要なことであり，健康指標に与える影響について定量的に分析することは有用である．また，コンパクトなまちづくり政策の一環として公共交通利用を増加させることが人々にどのような好影響を与えるかを明らかにする点においても，利用交通が健康状態にどのように影響を与えているかを分析することは有用である．

そこで本研究では，日々の交通行動，歩数，健康指標間での相関関係を明らかにするとともに，定量的なデータを用いて，交通行動，生活習慣，歩数が健康指標に与える影響についての因果構造を明らかにすることを目的とする．

2. 先行研究および本研究の特徴

交通行動と歩数や健康指標の関係性についての研究について，各2指標間においては多く存在する．

村田・室町¹⁾，麓・谷口²⁾，Liao ら³⁾，Berglund ら⁴⁾は，交通行動と健康指標との間に有意な関係性が存在していることを示した．一方で Barr ら⁵⁾は，公共交通機関の利便性は健康指標との間に関連がないことを明らかにした．またこれらの研究では，交通行動，運動量，健康指標に関連性があることを示唆している．Patterson ら⁶⁾，Widener ら⁷⁾は，複数研究のメタ分析によって交通行動と健康が関連していることを明らかにした．

また歩行量と交通行動，回遊行動との関係性について，鎌田ら⁸⁾は，高齢者を対象に，中心市街地に来訪した交通手段・回遊範囲・中心市街地内での活動時間と歩行量との関係を明らかにした．

運動量と健康指標の2指標に着目した研究も多数存在し，縄田ら⁹⁾，Scott ら¹⁰⁾は，歩数や歩行環境がBMIなどの健康指標に影響していることを示した．

GPS データを用いて人々の交通行動特性を把握する研究も存在し，Huang ら¹¹⁾，松中ら¹²⁾は，移動と交通手段に焦点を当てて分析した．

以上のように，交通行動と健康指標，交通行動と歩数，歩数と健康指標，それぞれの関係性については多くの研究がされており，これらの密接な関連が示唆されているものの，交通行動，歩数，健康指標を一つの構造として定量的なデータを用いて分析している研究は少ない．交通行動と健康との関連を考える上で，歩数を介した分析を行うことは実際の生活を考えても重要である．また，スマホアプリを利用して歩数やICカード利用状況，GPS

*：正会員，京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻・中央復建コンサルタンツ株式会社鉄道系部門東京鉄道グループ（Kyoto Univ., CHUO FUKKEN CONSULTANTS CO.,LTD.）

**：正会員，京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻（Kyoto Univ.）

データと健康状態を一元的に収集している研究は存在しない。そこで本研究では、人々の交通行動、健康指標、生活習慣についてアンケートを実施するとともに、日々の歩数、公共交通利用状況をスマホによる計測で入手する。そして、公共交通利用によって車利用とどれほどの歩数差が生じ、またその歩数差がどの程度健康状態に影響を与えるのか分析する。

この研究の特徴は以下の点である。

- 全世代を対象に日々の行動と歩数、生活習慣、健康指標との関連を定量的なデータを用いて分析している点。
- 1 か月間という比較的長期間の日々のパーソナルな交通行動データを用いて歩数や健康との関連を分析している点。
- 交通行動、歩数、生活習慣、基礎的な健康指標という、密接な関連が示唆されているもののこれまであまり分析されてこなかった関係性について、因果構造として分析している点。

3. 調査概要および交通手段判定方法

3.1. 「交通と健康モニタリング調査」実施概要

本研究の分析では、富山市による「交通と健康モニタリング調査」で収集したデータを用いる。全体の参加者数は 779 人であった。「交通と健康モニタリング調査」は、主に富山市民を対象に iOS・Android 用スマートフォンアプリとしてリリースされている「とほ活」アプリ内で行われた調査のことであり、募集期間は 2021 年 9 月 1 日～10 月 14 日、調査期間は 10 月 1 日～11 月 14 日である。「交通と健康モニタリング調査」の参加者にはアプリをインストールしてもらい、基礎情報・生活習慣・交通行動の各種アンケートに回答してもらうほか、スマートフォンを用いた歩数計測が可能なヘルスケア (iOS)・Google Fit (Android) アプリを「とほ活」アプリと連携させることにより、歩数データを送信してもらう。歩数データは期間中 (10 月 1 日～11 月 14 日) データだけでなく、2020 年 10 月からの過去 1 年間にわたって記録されていたデータも収集する。また、GPS データの情報提供に同意した方に、期間中の GPS データを随時送ってもらい、交通手段判定等に用いることで 1 か月間の移動・滞在などの交通行動を推定するほか、富山市内で利用できる IC カード (Passca, ecomyca, おでかけ定期券) データの提供に同意した方にも、IC カードの IDm を提供してもらい、富山地方鉄道にその IDm を照会することで公共交通利用状況の指標として用いる。

3.2. GPS データを用いた交通手段判定方法

779 人中同意が得られた 463 人について GPS データ取得を試み、期間中に得られた 159 人について GPS データを分析した。その 159 人中、期間中 10 日以上データのエラーなく交通行動データが算出できた有効サンプル数

は 50 人であった。この GPS データを用いて、各交通手段の利用時間や外出時間などで行動を定量化し、分析の一指標とする。

GPS データから交通手段を判定する手法としては、まず初歩的なものとして手動でサンプルを一つ一つ確認しながら推定する方法がある。しかし、1 か月間のデータを用いること、データによって精度や取得間隔が異なることが考えられることから不適である。よって、松島ら¹³⁾を参考に、交通手段判定のしやすい部分データについて交通手段判定を行う一次判別を行ったうえで、隠れマルコフモデル (Hidden Markov Model: HMM) によって精度を高めるという手法を採用した。即ち、一度確実な部分について交通手段判定 (一次判別) したうえで、残りの部分について確定した交通手段や速度帯を「出力」とし HMM を適用した。

具体的な手法としては以下のとおりである。緯度経度精度が半径 50m 以上となっている、精度の低いデータを取り除いたうえで各時点の速度平均を算出し、速度平均が 0.5m/s 以上となってから次に 0.5m/s 未満となるまでを 1 つの Section として分割する。その Section ごとに鉄道・バスルートとの近接情報などから一次判別を実施し、その結果をもとに HMM を適用することですべての Section について判定を実施する。IC カードデータがある時間帯に関しては、一次判別の際に適用する。

また、上記で同時に滞在判定を実施しており、そのデータに、Ester ら¹⁴⁾によって提案されたデータクラスタリング手法の DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) という手法を適用することで自宅 (行動の中心) を推定した。

4. 交通行動と歩数および健康指標に関する各指標の基礎分析

本章では、4.1 で各指標に関する基礎分析を実施し、4.2 で利用交通手段が歩数に与える影響を分析し、4.3 で歩数が健康指標に与える影響について分析する。

4.1. 各指標についての基礎分析

通勤状況についての質問で、過去に通勤した経験があるか、またその通勤経験のうちどの交通手段で何年通勤していたかについて収集した。また、期間中の交通行動に関する質問として、PT 調査等と同様に、訪問場所、訪問交通手段、訪問頻度を平日と休日 (土曜・日曜・祝日) の代表的な 1 日の行動について回答を収集した。図 1 及び図 2 に結果を示す。

健康状態に関する情報の質問では、BMI、およびメタボ判定に利用する指標について回答を得た。図 3 に結果を示す。

歩数における有効なサンプルは 357 人である。期間中全日の平均歩数分布、平日平均歩数の分布、休日平均歩数の分布を図 4-1～図 4-3 に示す。分布より、一日平均

24,000 歩が日常生活における上限であると考えられるため、クロス集計ではそれ以下のサンプルを対象とする、もしくは中央値等を用いた検定を用いることとする。

なお、生活習慣についての質問は 45 問あり、分量が膨大となるため、全ての基礎集計結果は割愛させていただくが、代表的な 2 つの生活習慣についての集計結果を表 1 に示す。

4.2. 利用交通手段と歩数間の関係性分析

交通手段利用状況、歩数について、男女で差があると予想されるため、まず男女での集計を行った。男女それ

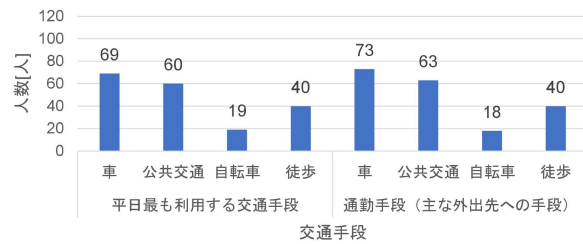


図 1 平日の交通手段別利用人数

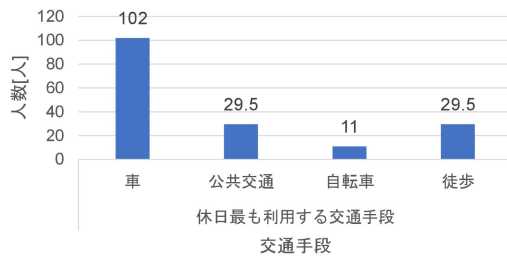


図 2 休日の交通手段別利用人数

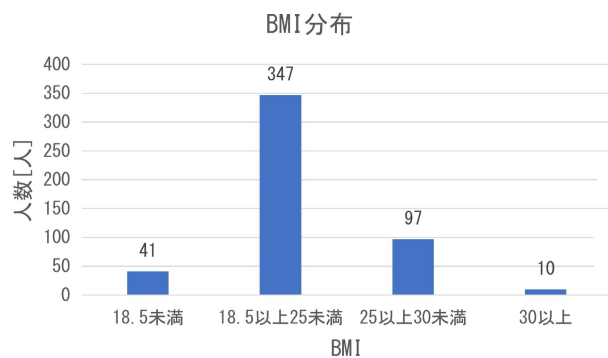


図 3 BMI の分布

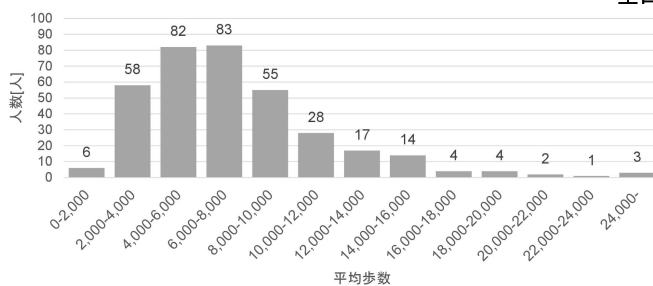


図 4-1 全日平均歩数分布 (n=357)

ぞれの人数に占める各交通手段利用の割合について通勤手段、現在平日・休日に利用している交通手段の比率について検定を行うと、通勤手段については車通勤が有意に女性の方が多く、公共交通通勤については有意に男性の方が多くなった。また、現在の平日の交通手段、休日の交通手段については、どの分類でも有意差は見られなかったものの車利用で女性の方が多い傾向がみられる。

男女で歩数を比較した結果が図 5 である。男女で歩数差があるかマン・ホイットニーの U 検定を行ったところ、1%有意で男性の方が多いことが分かった。

交通手段の利用状況、歩数それぞれについて男女で差

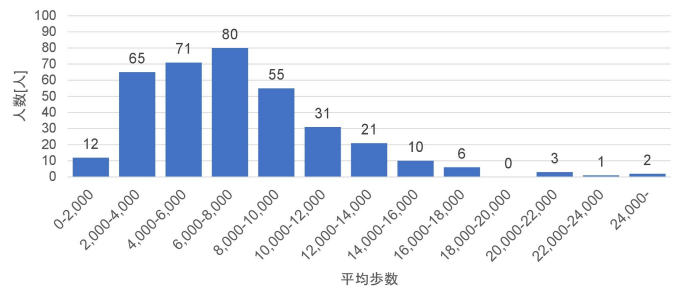


図 4-2 平日平均歩数分布 (n=357)

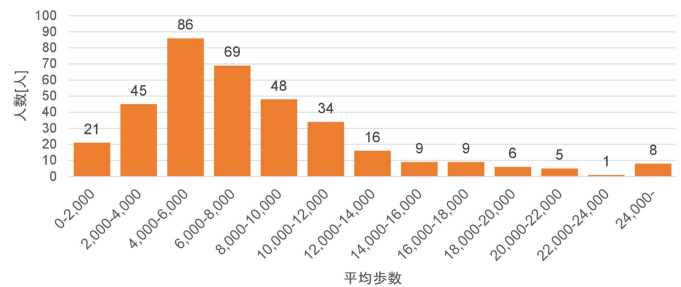


図 4-3 休日平均歩数分布 (n=357)

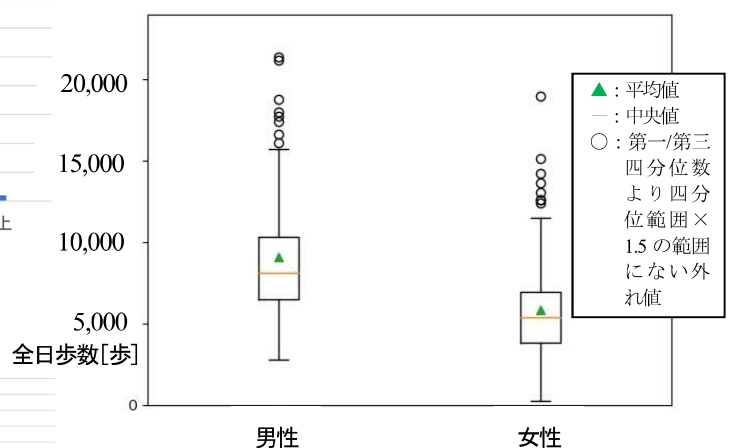


図 5 男女での歩数比較 (箱ひげ図)

表 1 生活習慣に関する基礎集計

	はい	いいえ	無回答	計
宴会・飲み会が多い	93 人	352 人	5 人	450 人
甘いものに目が合わない	18 人	429 人	3 人	450 人

が生じていることを考慮するために、男女別に交通手段と歩数の関係性について集計した（表 2）。平日主に利用している交通手段、休日に利用している交通手段別に、それぞれ歩数の統計指標を確認したところ、どの区分においても有意差は確認されなかったが、男性と女性いずれの場合でも全体的に車利用よりも公共交通利用の方の歩数が多くなる傾向がみられた。その一方で、中央値に着目すると男性平日の通勤利用、女性休日に利用において公共交通利用よりも車利用の方の歩数が多くなっている。サンプル数が分類ごとに 10～40、全体でも 40 人～50 人程度であるため、個人の歩行に関する生活習慣が全体の歩数分布に影響しやすく、利用交通手段別の抽出サンプルによっては歩数の偏りが出てしまうことが影響していると考えられる。

表 2 交通手段と歩数の関係（男女別）

			平均値	SD	中央値	人数
男性	平日主に利用	車	8,055.9	3,055.1	8,564.9	14
		公共交通	9,227.2	5,946.1	8,746.8	29
		自転車	10,152.8	3,550.1	10,471.5	7
		徒歩	9,233.2	3,769.7	8,813.5	15
	休日に利用	車	8,771.6	4,580.3	7,990.3	29
		公共交通	8,024.2	2,976.9	8,400.3	13
		自転車	12,307.5	9,254.2	9,885.5	7
		徒歩	10,150.6	4,884.9	8,976.1	11
女性	平日主に利用	車	5,271.9	2,491.4	5,067.1	32
		公共交通	6,371.8	2,818.5	6,174.6	23
		自転車	5,785.7	2,755.0	4,860.7	5
		徒歩	6,827.7	3,241.0	6,046.3	12
	休日に利用	車	6,005.7	3,253.2	5,895.8	39
		公共交通	6,373.3	3,816.1	5,395.9	14
		自転車	4,860.7	0.0	4,860.7	1
		徒歩	7,368.5	3,842.9	6,869.1	10

4.3. 歩数と健康指標間の関係性分析

まず、男女で健康指標（BMI・メタボ）について比較する。男女で BMI 差があるかマン・ホイットニーの U 検定を行ったところ、1%水準で有意に男性の方が高いことが分かった。またメタボ判定についても、1%水準で有意に男性の方が予備群該当・基準該当が多いことが分かった。つまり、女性よりも男性の方が肥満の傾向が強いことが分かる。

BMI25 未満と 25 以上で分類した時の歩数の平均値に有意差は確認できなかった。

先ほどと同様に、男女によって歩数、BMI の分布が異なるため、男女別に分析する。まず基準値 2,000 歩刻みで変化させ、BMI の該当率に有意差が確認できるか探索したところ、男性の 6,000 歩未満/以上で BMI25 未満/以上の比率に Fisher の正確確率検定によって 1%有意差があると確認され、有意に一日平均 6,000 歩以上の方が BMI25 未満の割合が低いことが分かった。また、女性の方でも同様に平均歩数と BMI で比率に差があるか 2,000 歩刻みで探索、検定を行ったところ、4,000 歩以上/未満

で BMI25 以上/未満の比率に Fisher の正確確率検定によって 5%有意差があると確認され、有意に一日平均 4,000 歩以上の方が BMI25 未満の割合が高いことが分かった。

同様に、歩数とメタボ判定の関係についても男女別に集計したが、サンプル数も少なく、歩数と BMI のように有意な関係性は確認できなかった。しかし、歩数が増えるにつれてメタボ非該当となる割合が高くなり、歩数とメタボ判定間にも弱い関係性が確認できた。特に男性ではその傾向が顕著であった。

ただ、今回の分析において、歩数が少ないにも関わらず BMI がやせ（18.5 未満）であったり、歩数が多いにも関わらず BMI が肥満（25 以上）であったりする人が何人か確認できた。それぞれの回答状況を生活習慣に関する質問に着目して確認したところ、生活習慣もある程度のファクターとして BMI の値に影響しているのではないかということが推察されたため、次章ではこれらを複合的に分析する。

5. 生活習慣を考慮した、交通行動および歩数が健康指標に与える影響の構造分析

5.1 では、生活習慣が健康指標に与える影響を集計・分析する。5.2 では、生活習慣も考慮したうえで、歩数が健康指標に与える影響についてさらなる分析を実施する。5.3 では、健康指標に各指標が与える影響の因果構造を明らかにする。

5.1. 生活習慣が健康指標に与える影響についての基礎分析

4 章の分析・考察において、生活習慣が健康指標に与える影響について無視できない可能性が見出された。そこで、健康指標に影響を及ぼす生活習慣について男女別に分析する。

男女別に、生活習慣に関する質問の回答内容ごとに健康指標の比率を集計したところ、いくつかの項目で 5% 有意で回答項目によって健康指標の比率に差があることが確認された。それらの生活習慣項目を確認すると、男女で共通している項目として「20 歳の時の体重から 10kg 以上増加している」「宴会、飲み会が多い」「甘いものに目がない」が挙げられる。すなわち、宴会、飲み会が多く、甘いものが好きな人は男女問わず太りやすいとわかる。その結果を表 3 及び表 4 に示す。一方で「20 歳の時の体重から 10kg 以上増加している」という回答項目は、生活習慣そのものではなく 20 歳の時からの生活習慣による結果であり、この項目は BMI やメタボ指標に影響を及ぼすものではなく、それら同様に肥満度を示す指標と考えることができる。

一方で、健康指標に有意な影響を与える生活習慣には、男女で差がみられた。男性では食べる速度や朝食を抜くこと、麺類が好きなことなど食生活を中心に健康指標に影響していると分析結果からいえる、女性では睡眠や飲み

物、ゆっくり食事をする暇がない、など食生活以外の生活習慣による影響があることがわかった。

表3 男性の生活習慣と健康指標

男性	BMI25以上割合	人数	判定	メタボ予備群・ 基準該当割合	人数	判定
宴会、飲み会が多い						
はい	40.7%	59	***	33.3%	24	**
いいえ	18.9%	132		24.6%	57	
甘いものに目がない						
はい	66.7%	6	**	66.7%	3	0.174
いいえ	24.1%	187		25.3%	79	

表4 女性の生活習慣と健康指標

女性	BMI25以上割合	人数	判定	メタボ予備群・ 基準該当割合	人数	判定
宴会、飲み会が多い						
はい	26.1%	92	***	7.9%	38	0.664
いいえ	9.3%	97		4.8%	42	
甘いものに目がない						
はい	50.0%	8	**	0.0%	3	1
いいえ	16.1%	180		6.5%	77	

***: 5%有意でBMI25以上の比率／メタボ予備群・基準該当の比率に差がある

***: 1%有意でBMI25以上の比率／メタボ予備群・基準該当の比率に差がある

5.2. 生活習慣を考慮した歩数と健康指標との関係性分析

生活習慣を考慮したうえで、歩数と健康指標に有意な関係性が存在するかどうかについて、平均歩数が基準値

表5 生活習慣を考慮した男性の歩数と健康指標とのクロス集計

男性		BMI25以上	BMI25未満	計	メタボ予備群・基準該当	メタボ非該当	計
宴会・飲み会が多い「はい」	6,000歩以上	10人 (45.5%)	12人 (54.5%)	22人	5人 (38.5%)	8人 (61.5%)	13人
	6,000歩未満	6人 (60.0%)	4人 (40.0%)	10人	2人 (66.7%)	1人 (33.3%)	3人
計		16人 (50.0%)	16人 (50.0%)	32人	7人 (43.8%)	9人 (56.2%)	16人
宴会・飲み会が多い「いいえ」	6,000歩以上	11人 (16.2%)	57人 (83.8%)	68人	6人 (16.2%)	31人 (83.8%)	37人
	6,000歩未満	6人 (30.0%)	14人 (70.0%)	20人	5人 (71.4%)	2人 (28.6%)	7人
計		17人 (19.3%)	71人 (81.7%)	88人	11人 (25.0%)	33人 (75.0%)	44人
甘いものに目がない「はい」	6,000歩以上	3人 (100.0%)	0人 (0.0%)	3人	2人 (100.0%)	0人 (0.0%)	2人
	6,000歩未満	0人	0人	0人	0人	0人	0人
計		3人 (100.0%)	0人 (0.0%)	3人	2人 (100.0%)	0人 (0.0%)	2人
甘いものに目がない「いいえ」	6,000歩以上	18人 (20.2%)	71人 (79.8%)	89人	9人 (18.4%)	40人 (81.6%)	49人
	6,000歩未満	12人 (40.0%)	18人 (60.0%)	30人	7人 (70.0%)	3人 (30.0%)	10人
計		30人 (25.2%)	89人 (74.8%)	119人	16人 (27.1%)	43人 (72.9%)	59人

※■の色を付けた箇所：有意に平均歩数が基準値以上であるか否かでBMI25以上の比率ならびにメタボ予備群・基準該当の比率に差あり

以上であるか否かで健康指標の代表としてBMI25以上の比率に差があるか、比率の差の検定を実施した。その結果を表5及び表6に示す。「宴会、飲み会が多い」および「甘いものに目がない」といった生活習慣によってBMI25以上、メタボ予備群・基準該当になる比率も高くなるが、生活習慣回答別にみても歩数が少ない人ほどBMI25以上、メタボ予備群・基準該当になる割合は高くなる。男性に限定されるものの、「男性、甘いものに目がない『いいえ』」の歩数とBMI・メタボ判定で5%有意、「男性、宴会・飲み会が多い『いいえ』」の歩数とメタボ判定で5%有意となり、歩数が多いと健康指標は良いという結果が得られた。

また、BMI25以上・メタボ予備群・基準該当となっている人の割合を確認すると、生活習慣が良いという回答（宴会・飲み会が多い「いいえ」、甘いものに目がない「いいえ」）かつ歩数が少ない（基準値未満）である分類よりも、悪い生活習慣でかつ歩数が多い（基準値以上）であるという回答の方が割合は高くなっている。このことから、悪い生活習慣であると歩数が多くても（基準値以上であっても）、BMI25未満になる割合は良い生活習慣である人と比べて低くなってしまい、歩数の影響も多少は健康指標にあるものの生活習慣の影響も大きいということが示唆される。

5.3. 交通行動と歩数ならびに生活習慣が健康指標に与える影響の共分散構造分析

第4章の分析から、交通手段と歩数間、歩数と健康指標間

にそれぞれ有意な関係性があることが確認されている。また、利用交通手段と健康指標間との関係については、歩数を介した影響であると解釈が可能である。さらに、生活習慣が健康指標に影響を与えていることが分かっている。よって、アンケートから得られた、交通手段、歩数、生活習慣、健康指標を代表する指標を用いて、共分散構造を考える。なお、GPSデータ、ICカードデータは、共分散構造分析に変数として入れることを検討したものの、有効サンプル数が他と比較して小さく有意な結果が得られないと考えられ、また仮に変数として入れたとしても全てのデータが揃っていない有効サンプルが少なくなり、欠損値補完をしても正しい推定ができないため、変数としては入れないこととする。

分析では、BMIの値を直接入力もしくは身長体重を入力し、交通行動

に関する質問に回答し、さらに歩数記録 10 日以上の有効サンプルかつ平均歩数が 24,000 歩未満となった計 130 人（男性 61 人、女性 69 人）を対象とした。使用ソフトは Python3.9 および Python パッケージの semopy であり、データ整形・表示のために Python パッケージの pandas, numpy, scikit-learn, graphviz を使用した。生活習慣に関する質問を中心に、無回答等の欠損値が確認されたため、欠損値は各指標の平均値を用いることとした。また、男女で主となる構造は変化しないと仮定し、交通行動から歩数、歩数から健康指標、生活習慣から健康指標へのパスは同様の構造となるように推定した。

減少法を中心とした処理（表 7）を行い、生活習慣指

標を選択し全年齢でモデル探索を行った共分散構造分析の結果（歩数の基準値男性 6,000 歩、女性 4,000 歩）を図 6-1 及び図 6-2 に示す。

各交通手段の利用時間は平日利用時間と休日利用時間を算出したのち、頻度をかけたうえで期間中の平日と休日の割合で重みづけ平均して概算した結果である。

男女ともに車利用時間と公共交通利用時間、徒歩利用時間との間に相関関係があり、さらにその係数は負、p 値が 10%有意となっており車の利用は公共交通利用、徒歩利用と有意に負の相関があるとわかる。また、その公共交通利用、徒歩利用は歩数に正の影響をもたらしているが、p 値を確認すると徒歩利用時間が 5%有意で歩数の

多寡に影響を及ぼしているのに対し、公共交通利用時間のパス p 値は有意ではなく必ずしも正の影響があるとは言えないことが分かる。この公共交通利用時間はアンケートの回答から算出しているものであり、先に示した通り休日は公共交通利用が歩数に及ぼす影響が有意に見られなかったこと、公共交通利用が歩数に及ぼす影響としては移動時間ではなく最寄り駅・バス停に歩くまでの時間による部分が大きいことが影響し、このように正の影響がありながらも有意にならなかったと考えられる。

歩数を男女別の基準で区切り、その基準歩数以上/未満で肥満度合いに及ぼす影響を確認すると、有意に歩数が肥満度合いに負の影響、つまり基準歩数以上であれば痩せやすく、基準歩数未満であれば太りやすいという結果となっている。その肥満度合いは複数の生活習慣に影響を受けており、肥満度合いは BMI25 以上、

メタボ予備群・基準該当、腹囲 85cm 以上をそれぞれ説明している。モデルの適合度を確認しても、 χ^2 検定 p 値、CFI、RMSEA は良好であり、GFI や AGFI も良好とまではいえないが、モデル構造自体を棄却するものではない。

生活習慣から肥満度合いに伸びるパスは概ね 5%有意となっており肥満度合いを十分に説明できる生活習慣指標が選択できたと考えることができる。肥満度合いへの影響は、20%有意で符号によって確認しながら手動で選択しているため、変数の意味から肥満度合いに伸びるパスは正負含め問題はない。また、歩数ダミーから肥満度合いへのパスは男性で 5%有意、女性で 10%有意となっている。

歩数ダミーから肥満度合いへのパス係数の絶対値と生活習慣項目から肥満度合いへのパス係数の絶対値を比較すると、歩数ダミーから肥満度合いへのパス係数の絶

表 6 生活習慣を考慮した女性の歩数と健康指標とのクロス集計

女性		BMI25 以上	BMI25 未満	計	メタボ予備群・ 基準該当	メタボ 非該当	計
宴会・ 飲み会が 多い 「はい」	4,000 歩 以上	6 人 (28.6%)	15 人 (71.4%)	21 人	1 人 (9.1%)	10 人 (90.9%)	11 人
	4,000 歩 未満	7 人 (24.1%)	22 人 (75.9%)	29 人	2 人 (15.4%)	11 人 (84.6%)	13 人
計		13 人 (26.0%)	37 人 (74.0%)	50 人	3 人 (12.5%)	21 人 (87.5%)	24 人
宴会・ 飲み会が 多い 「いいえ」	4,000 歩 以上	2 人 (8.3%)	22 人 (91.7%)	24 人	0 人 (0.0%)	15 人 (100.0%)	15 人
	4,000 歩 未満	5 人 (15.2%)	28 人 (84.8%)	33 人	1 人 (7.7%)	12 人 (92.3%)	13 人
計		7 人 (12.3%)	50 人 (87.7%)	57 人	1 人 (3.6%)	27 人 (96.4%)	28 人
甘い ものに 目がない 「はい」	4,000 歩 以上	1 人 (33.3%)	2 人 (66.7%)	3 人	0 人 (0.0%)	1 人 (100.0%)	1 人
	4,000 歩 未満	1 人 (33.3%)	2 人 (66.7%)	3 人	0 人 (0.0%)	1 人 (100.0%)	1 人
計		2 人 (33.3%)	4 人 (66.7%)	6 人	0 人 (0.0%)	2 人 (100.0%)	2 人
甘い ものに 目がない 「いいえ」	4,000 歩 以上	11 人 (14.9%)	63 人 (85.1%)	74 人	1 人 (2.6%)	38 人 (97.4%)	39 人
	4,000 歩 未満	7 人 (26.9%)	19 人 (73.1%)	26 人	3 人 (27.3%)	8 人 (72.7%)	11 人
計		18 人 (18.0%)	82 人 (82.0%)	100 人	4 人 (8.0%)	46 人 (92.0%)	50 人

表 7 モデル探索処理方法

減少法を中心とした処理	
Step1	生活習慣項目の内容に基づいて、歩数・肥満度合いのうち適切な方へのみパスを伸ばす。
Step2	構造分析を実施し、生活習慣から肥満度合いに伸びているパスのうち p 値が 0.20 以上となっている変数を削除し、生活習慣から肥満度合いに伸びるパス全ての p 値が 0.20 未満となるまで構造分析を実施する。
Step3	回答内容から推定される肥満度合いへの影響の向きが不適であった場合、そのパスを消去して再度構造計算を行う。Step2 を繰り返す。
Step4	生活習慣から肥満度合いに伸びる全てのパスの係数の符号が肥満度合いを説明するのに適切となり、p 値が 0.20 未満となれば、モデル探索を終了する。

対値よりも大きい絶対値を持つ生活習慣項目からのパスが男女どちらの構造でも確認できる。つまり、肥満度合いに対する影響度合いは歩数が基準値以上を超えることと生活習慣で同程度であり、健康指標の改善を目的とする場合歩数の増加とともに生活習慣の改善も同時に実施する必要があり、歩数から健康指標に与える影響について定量化する際にも生活習慣の影響を考慮しなければならない、ということがいえる。

さらに、徒歩時間から歩数へのパス及び歩数基準値以上/未満ダミーから肥満度合いへのパスのパス係数の絶対値を男女共に比較すると、男性が0.279及び0.308、女性が0.253と0.189であり、2つのパスは同程度であることがわかる。歩行時間が歩数に与える影響と同程度に、歩数が基準値を超えることが肥満度合いに与える影響があるということから、歩数が基準値以上になるということも健康にとって重要なことであるということが分かる。

男女での違いを確認すると、処理によって選択された生活習慣指標が全く異なっていることが確認できる。男性は噛み方、普段飲む飲み物、甘いもの及び歩行30分

以上かどうかが選択された一方で、女性はお酒、炭水化物2種類以上、間食に食べるもの、宴会の多さ及び汗をかく運動が選択されている。すなわち、男性は普段食事で食べるようなものよりも、むしろそれ以外に食べるものの飲むものが肥満度合いに、通勤や日常生活での歩行が歩数に関連しているのに対し、女性はカロリーの高い食生活が肥満度合いに、ウォーキングやランニングなど意識的な運動が歩数に関連していると言え、健康に対して男女で異なる生活習慣が重要であるとわかる。また基準となる歩数も男性6,000歩に対し女性4,000歩と2,000歩も異なっており、これもまた男女の生活や体質の違いが作用していると考えられる。

6. 結論

本研究では、「交通と健康モニタリング調査」で得られた、個人属性、通勤状況、健康状態、交通行動、歩数等のデータを用いて、基礎的な分析や各指標間の関係性分析を実施することで、各指標がどのように影響しているかを確認したうえで、定量的なデータを用いて構造分析を実施しそれらを一体として影響度合いの大小関係を分析した。まず各調査項目の基礎的な分析を実施したのち、各指標間の関係性を確認するために利用交通手段と歩数、歩数と健康指標間について分析し、その結果利用交通手段と歩数の間については関係性が示唆され、歩数と健康指標との間には5%有意で関係性があることが示された。

さらなる分析として、生活習慣のどの指標が健康指標に影響を与えているのかを確認するために、生活習慣回答ごとで健康指標の比率を比較し、有意に健康指標に影響を与えている生活習慣指標を複数挙げた。加えて、生活習慣回答内容別に歩数と健康指標との関係性を分析し、歩数と生活習慣の関係性は良い生活習慣であるほどより傾向が強くなることが示唆された。最後に、これまでの分析から構造を仮定し分析することで、そのモデルの妥当性について検定するとともに、それぞれのパスの有意性、パス係数の絶対値や符号を確認した。その結果、男女でそれぞれ健康指標に影響を与える生活習慣項目が異なっていたり、歩数に影響を与える生活習慣項目も異なっていたりするものの、交通行動から歩数、歩数ダミーから健康指標（肥満度合い）に有意な関係性が存在することが示された。そのモデルより、

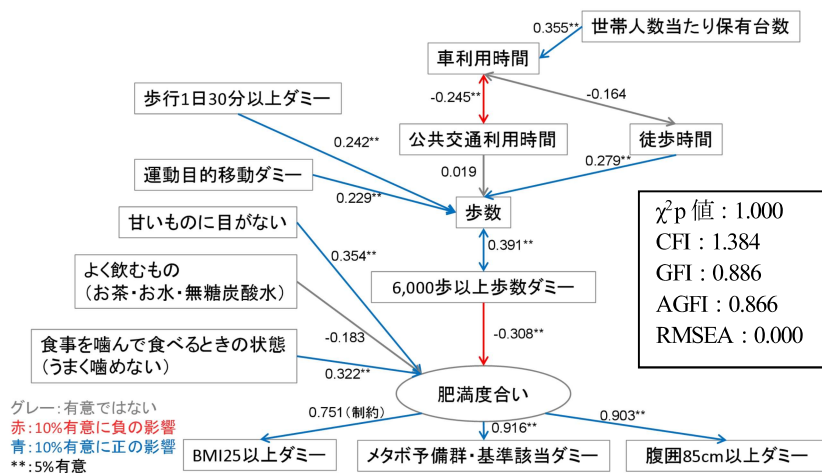


図 6-1 共分散構造分析結果（男性，n=61）

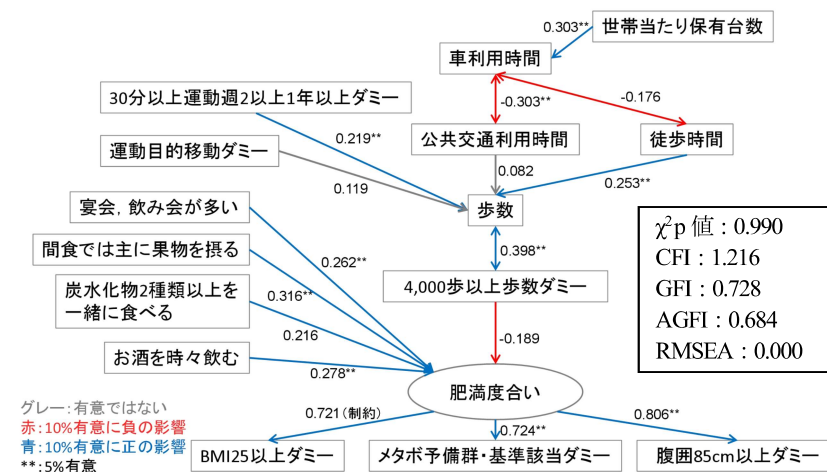


図 6-2 共分散構造分析結果（女性，n=69）

歩数ダミーの他に複数の生活習慣指標が肥満度合いに影響を与えていることが確認できた。歩数ダミーの基準値も男性 6,000 歩、女性 4,000 歩と男女で異なった値の設定となったため、男女の生活や体質の違いが影響してこのような分析結果となったと考えられる。

これらを踏まえて、本研究の新たな知見を以下に示す。

- 男性と女性で利用交通手段、歩数、健康指標に差があるが、男女別に分析しても利用交通手段と歩数、歩数と健康指標の間に有意な関係性が存在し、車ではなく公共交通を利用すれば歩数は多くなり、歩数が一定以上になれば健康指標の値も良好な傾向がある。
- 男性 6,000 歩、女性 4,000 歩と男女で異なる基準値を用いたダミー変数を介して健康指標は有意に歩数から影響を受けている。
- 生活習慣が肥満度合いに及ぼす影響と同程度、あるいはそれ以上に、歩数が基準値以上であることが肥満度合いに及ぼす影響は大きい。

<謝辞>

富山市活力都市創造部中心市街地活性化推進課の皆様には、調査実施のご協力、ならびに貴重なデータをご提供いただきました。感謝申し上げます。

- 1) 村田香織, 室町泰徳(2006), 「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, 23(2), pp.497-504
- 2) 麓国広, 谷口綾子(2020), 「交通環境への満足度とクルマ連動機能が交通行動と BMI に与える影響—全国 PT 調査を用いて—」, 実践政策学, 6(1), pp.87-94
- 3) Liao, Y., Tsai, H., Wang, H., Lin, C., Wu, M. and Chen, J. (2006), “Travel mode, transportation-related physical activity, and risk of overweight in Taiwanese adults”, *Journal of Transport & Health*, 3, pp.220-225
- 4) Berglund, E., Lytsy, P. and Westerling, R. (2016), “Active Traveling and Its Associations with Self Rated Health, BMI and Physical Activity: A Comparative Study in the Adult Swedish Population”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(5), pp.455
- 5) Barr, A., Bentley, R., Simpson, J. A., Scheurer, J., Owen, N., Dunstan, D., Thornton, L., Knjacki, L. and Kavanagh, A. (2016), “Associations of public transport accessibility with walking, obesity, metabolic syndrome and diabetes”, *Journal of Transport & Health*, 3, pp.141-153
- 6) Patterson, R., Webb, E., Hone, T., Millett, C. and Laverty, A. A. (2019), “Associations of Public Transportation Use With Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis”, *American Journal of Epidemiology*, 188(4), pp.785-795
- 7) Widener, M. J. and Hatzopoulou, M. (2016), “Contextualizing research on transportation and health: A systems perspective”, *Journal of Transport & Health*, 3, pp.232-239
- 8) 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(2019), 「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), 75(5) (土木計画学研究・論文集第 36 巻), I_545-I_554

- 9) 縄田敬子, 石田裕美, 山下直子, 上西一弘(2006), 「首都圏在住の男性勤労者における歩数と Body Mass Index の関係」, 産業衛生学雑誌, 48, pp.176-182
- 10) Scott, D., Alexia, K. and Marc, S. (2006), “Active Community Environments and Health: The Relationship of Walkable and Safe Communities to Individual Health”, *Journal of American Planning Association*, 72(1), pp.19-31
- 11) Huang, Y., Gao, L., Ni, A. and Liu, X.: Analysis of travel mode choice and trip chain pattern relationships based on multi-day GPS data: A case study in Shanghai, China, *Journal of Transport Geography*, Vol.93, pp.103070, 2021.
- 12) 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可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 (土木計画学研究・論文集第 37 巻), I_259-I_266, 2020.
- 13) 松島敏和, 橋本浩良, 高宮進(2015), 「スマートフォンによるブローブパーソン調査の高度化に向けた移動手段判別手法の開発」, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 71(5), pp.I_547-I_558
- 14) Ester, M., Krieger, H. P., Sander, J. and Xu, X. (1996), “A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise”, *Proceeding of the second ACM International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD)*, pp.226-231