

都市健康寿命推計モデルを用いた健康政策インパクトに関する考察

秋山 孝正¹・井ノ口 弘昭²

¹正会員 関西大学教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)
E-mail: akiyama@kansai-u.ac.jp (Corresponding Author)

²正会員 関西大学准教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)
E-mail: hiroaki@inokuchi.jp

厚生労働省の健康日本 21 では「平均寿命・健康寿命の延伸」「平均寿命・健康寿命の差の減少」が目標（2条件）とされる。また健康寿命延伸には、歩行量の増加が必要とされ、関連する健康政策の推進が提案されている。本研究では、このような背景を踏まえて、関連研究で提案された平均寿命・健康寿命の推計モデルを改良する。ここでは、変数選択型の回帰分析とニューラルネットワークを用いて推計モデルを作成する。特に大阪府市町村の観測データに基づいて定量的モデルを構築する。最終的に、都市の交通行動変化による健康寿命延伸効果から、平均寿命・健康寿命に関する2条件を満足する健康政策を導入した場合のインパクトを検証できる。

Key Words: average life span, health expectancy, transport behaviour, regression analysis, neural network, health policy

1. はじめに

厚生労働省の健康日本 21 においては、健康寿命（健康上の問題で日常生活が制限されることなく生活できる期間）の延伸と、健康格差（地域や社会経済状況の違いによる集団間の健康状態の差）の縮小を目指している。また健康寿命の延伸の基本的な健康政策として歩行量の増加が期待されている。たとえば、厚生労働省の健康づくりのための運動指針 2006 では、生活習慣病予防のため1日 8,000 歩～10,000 歩（週 23 メッツ・時）程度の身体活動を推奨している。このため本研究では、都市の交通行動に基づく平均寿命・健康寿命の推計モデルを構築する。具体的には大阪府の市町村を対象として、都市の健康政策のインパクトとして、健康寿命の延伸効果を検証することを目的とする。

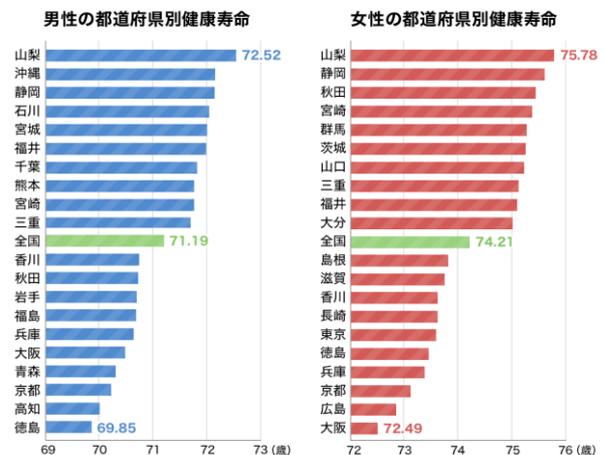
2. 都市健康寿命についての基本的分析

本研究では大阪府市町村の都市健康政策に関して検討する。このため大阪府の都市健康寿命に関する現状分析を行う。厚生労働省の健康日本 21 では、平均寿命と健康寿命を用いた健康増進の基本的な目標設定として、①

平均寿命・健康寿命の延伸と②不健康な期間（平均寿命と健康寿命の差）の短縮を設定している。すなわち、平均寿命と健康寿命では、平均寿命は健康寿命に比例的に増加する一方で「平均寿命と健康寿命の差」は不健康な期間であり、この期間は短いほどよいと判断される。

大阪府は都道府県別の健康寿命の分布からは、男性・女性とも全国平均より小さい値となっており、一層の都市健康政策が期待される。

健康寿命は平均寿命と同様に地域によって異なる。図-1



<https://hoken.kakaku.com/gla/article/1910a.html>

図-1 都道府県別健康寿命

に、都道府県別の健康寿命が長い県と短い県を男女別に 10 県示す (2015 年)。健康寿命が男女とも最も長い県は山梨県であり、大阪府は男女とも健康寿命は、相対的に短い県となっている。

図-2 に大阪府市町村の男女別健康寿命分布 (2015 年) を示す。

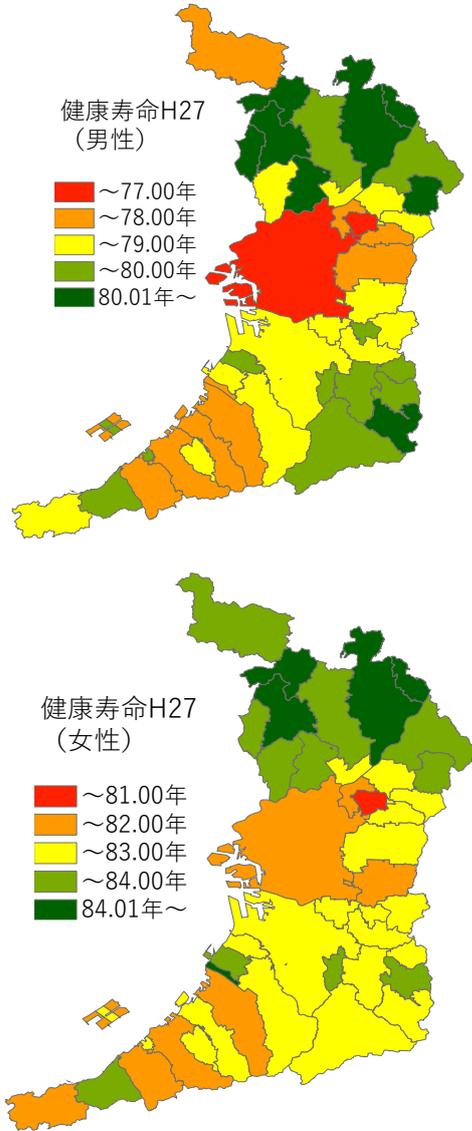


図-2 市町村別健康寿命分布

男女ともに北部の豊能地域・三島地域の健康寿命は比較的長く、大阪市と泉南地域の健康寿命は相対的に短いことがわかる。本研究では、市町村の健康寿命の相違を市町村単位の交通行動様式に基づいて推計することを考える。

3. 平均寿命・健康寿命の推計に関する要因分析

(1) 都市単位の平均寿命・健康寿命

本研究では、健康日本 21 で目標とされる平均寿命・

健康寿命に関して、①平均寿命・健康寿命の増加と②平均寿命と健康寿命の差の減少を考える。これは単なる寿命の延伸ではなく、生活質(QOL)を重視した日常生活に介護を必要としない、心身ともに自立した活動的な状態で生存できる期間 (健康寿命) を考えたものである²⁾。

健康寿命を延ばすこと、社会生活に必要な機能向上を図ること、生活習慣病予防を徹底することなど、国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的方針を示した健康日本 21 では、平成 25 年度から平成 34 年度までの歩数の目標値として 20~64 歳までは男性 9,000 歩、女性 8,500 歩、65 歳以上では男性 7,000 歩、女性 6,000 歩が掲げられている³⁾。

このように健康寿命の延伸を意図した健康増進では、市民の活動量・歩行量の増加を基本的な目的としている。そこで本研究では、都市単位の平均寿命・健康寿命を市民の日常的活動量に基づいて推計を行う。具体的な都市単位の市民の活動様式については、交通行動調査であるパーソントリップ調査 (近畿圏) に基づいて、いくつかの指標を構成する⁴⁾。

表-1 に本研究で作成した説明要因 (①~⑯) を整理した。

表-1 説明変数一覧

①	若年層トリップ数 (2010 年)
②	中年層トリップ数 (2010 年)
③	前期高齢層トリップ数 (2010 年)
④	後期高齢層トリップ数 (2010 年)
⑤	若年層歩数 (千歩) (2010 年)
⑥	中年層歩数 (千歩) (2010 年)
⑦	前期高齢層歩数 (千歩) (2010 年)
⑧	後期高齢層歩数 (千歩) (2010 年)
⑨	高齢者割合 (%) (2015 年)
⑩	老人福祉施設数 (箇所/千人) (2015 年)
⑪	長時間外出者割合 (%) (2010 年)
⑫	移動制約者/人口 (2021 年)
⑬	一般病床数 (箇所/10 万人) (2018 年)
⑭	面積当たりバス停数 (2015 年)
⑮	1 人当たり保有車両 (2018 年)
⑯	都市公園数/面積 (ha) (2018 年)

ここで、基本的な都市単位の活動量として、年齢層別のトリップ数 (①~④) を算定した。また、市民の空間移動に関して、歩行量の指標として、年齢層別歩数 (⑤~⑧) を算定している。これらの都市単位の市民活動指標に加えて、都市単位の地域属性 (⑨~⑯) を設定している^{5), 6)}。特徴的な要因として、たとえば「長時間外出者割合」とは PT 調査結果から得られた「外出時間」(外出時間~帰宅時間) が長時間 (12 時間以上) の割合を示している。また「移動制約者数」は、福祉有償運送に関する必要性を検討する際に算定される指標値である。

(2) 平均寿命・健康寿命の代表的推計要因の抽出

前項で整理した都市単位の観測指標に関して、平均寿命・健康寿命の推計に必要な性の高い説明変数を抽出する。このとき、平均寿命・健康寿命はそれぞれ性別により相違することを考慮して、①平均寿命（男性）②平均寿命（女性）③健康寿命（男性）④健康寿命（女性）の4種類のケースに対応した線形回帰分析モデル（定数項を除く多重回帰モデル）を作成した。特に、モデルごとに有意な説明変数を把握するため、変数増減法（ステップワイズ法）を用いて、説明変数を選定した。平均寿命（男性・女性）に関しては、変数選択結果は性別の相違はなく、同一の共通する 10 変数が選択された。一方で、健康寿命に関する変数選択結果では、男性：7 変数、女性：10 変数が選定された。また、男性・女性に共通する変数は5 変数であった。すなわち、平均寿命の推計に関して、性別による差異は少なく、共通変数での推計可能性が大きい。一方で、健康寿命の推計に関しては、複雑性が高く、性別ごとに有意性の相違する説明変数が存在することがわかった。

これらの分析結果を踏まえて、平均寿命・健康寿命に関する基本的推計モデルとして、平均寿命に関して、男性・女性に共通する 10 変数による線形回帰モデルを作成した。一方で健康寿命の推計では、複雑性が高いことから、説明変数には男性・女性のいずれかに有意性を持つ計 12 変数を用いる。表-2 に、このような平均寿命・健康寿命の推計に利用される説明変数リストを示す。

表-2 平均寿命・健康寿命推計に関する説明変数リスト

平均寿命推計	健康寿命推計
若年層トリップ数	若年層トリップ数
中年層トリップ数	中年層トリップ数
前期高齢層トリップ数	前期高齢層トリップ数
若年層歩数	若年層歩数
高齢者割合	中年層歩数
老人福祉施設数	高齢者割合
長時間外出者割合	老人福祉施設数
移動制約者	長時間外出者割合
面積当たりバス停数	移動制約者
都市公園数	面積当たりバス停数
	1人当たり保有車両
	都市公園数

つぎに、線形回帰モデルの推計精度について検討する。表-3 に平均寿命（線形回帰モデル）の推計結果を示す。

つぎに、表-4 に健康寿命（線形回帰モデル）の推計結果を示す。線形回帰モデルによる分析より、平均寿命・健康寿命に関する代表的要因が抽出できた。

このとき線形回帰モデルを用いた推計値の分布について検討する。図-3 に平均寿命（男性）、図-4 に健康寿命（男性）の推計結果を図示する。

表-3 平均寿命（線形回帰モデル）推計結果

説明変数	男性		女性	
	係数	t 値	係数	t 値
定数	66.36	14.90	79.59	29.67
若年層トリップ数	2.653	2.80	0.7351	1.29
中年層トリップ数	-1.914	-1.18	0.6485	0.66
前期高齢トリップ数	2.995	3.57	0.8813	1.74
若年層歩数	1.502	5.06	0.7659	4.28
高齢者割合	7.258	1.24	-2.875	-0.82
老人福祉施設数	0.289	2.98	0.2217	3.79
長時間外出者割合	-2.580	-2.39	-1.854	-2.85
移動制約者	8.096	1.98	6.179	2.51
面積当たりバス停数	0.1351	2.04	0.09906	2.48
都市公園数	0.1721	1.21	0.06633	0.77

表-4 健康寿命（線形回帰モデル）推計結果

説明変数	男性		女性	
	係数	t 値	係数	t 値
若年層トリップ数	56.82	11.82	76.78	16.15
中年層トリップ数	4.893	4.89	2.348	2.37
前期高齢トリップ数	-5.212	-3.01	-3.755	-2.19
若年層歩数	4.974	5.58	1.861	2.11
中年層歩数	0.9926	2.44	0.9596	2.39
高齢者割合	2.517	3.24	1.655	2.16
老人福祉施設数	18.58	2.80	-6.190	-0.94
長時間外出者割合	0.2656	2.48	0.3765	3.55
移動制約者	-2.908	-2.44	-3.696	-3.13
面積当たりバス停数	8.145	1.79	12.09	2.69
1人当たり保有車両	0.03711	0.48	-0.00658	-0.09
都市公園数	4.256	2.25	2.777	1.48
若年層トリップ数	0.4778	3.09	0.1052	0.69

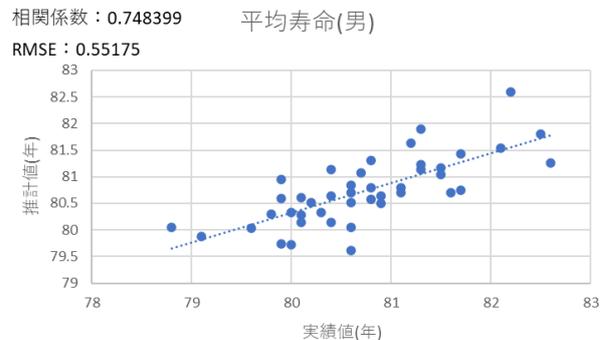


図-3 平均寿命（男性）推計結果

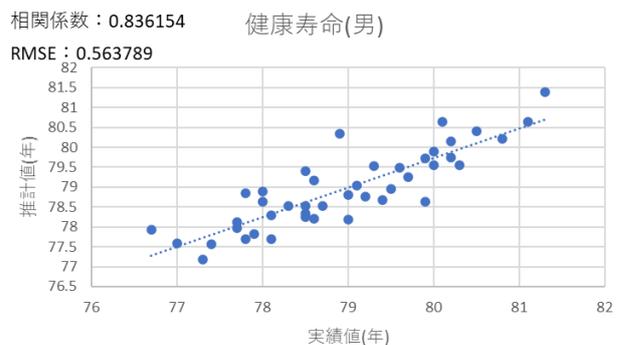


図-4 健康寿命（男性）推計結果

本図より、平均寿命（男性）・健康寿命（男性）について、一定の妥当性を有する推計値が得られていることがわかる。また、推計精度に関して、平均寿命（男性）では、（相関係数, RMSE）=（0.748, 0.552）、健康寿命（男性）では（0.836, 0.564）となっており、平均寿命・健康寿命について、同程度の推計精度となっている。同様に、平均寿命（女性）・健康寿命（女性）に関しては、（0.721, 0.332）・（0.791, 0.558）の指標値が得られており、平均寿命・健康寿命について、同程度の推計精度となっている。

(3) ニューラルネットワークを用いた健康寿命推計モデル

平均寿命・健康寿命に関する基本的な推計モデルとして線形回帰モデルを作成した。この結果、平均寿命・健康寿命の推計に関する代表的説明変数の選定が実行され、線形回帰モデルによる一定の推計精度が確認された。しかしながら、平均寿命・健康寿命の説明要因は複雑な関係性を持っており、非線形関係を明示的にした「機械学習」型のモデル構造が期待される。このため本研究では、線形回帰モデルで有意性が示された説明変数を用いて、複雑な関係性に関して非線形関係を基本として表現できる方法としてニューラルネットワーク（NN）を適用する⁷⁾。すなわち、説明要因の線形和とするモデルに対して、神経回路網に模した情報処理メカニズムを想定する。

図-5 に具体的な平均寿命推計用 NN モデルの概要を示す。

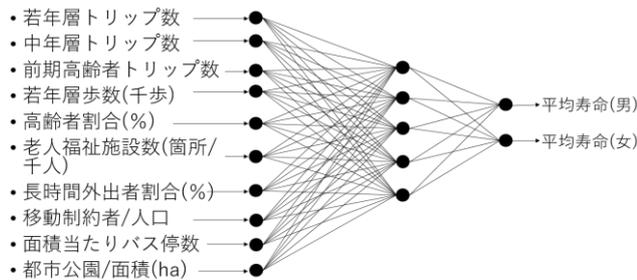


図-5 平均寿命推計 NN モデル

本図に示すように 3 層構造の NN モデルを作成する。平均寿命に関しては、線形回帰分析に際して設定された男性・女性共通する説明変数として 10 変数を利用する。

したがって、階層型 NN の構造として、（入力層：10、中間層：5、出力層：2）を利用した。ニューラルネットワークにおいては出力層のニューロンを設定することで、平均寿命と健康寿命を同時に推計するモデルが作成される。

このとき、通常の BP（誤差伝搬法）の手順にしたがって、結合加重を算定する。

同様に、健康寿命に対する階層型 NN モデルを作成する。健康寿命の場合には、複雑性を含む説明変数の選定結果として、12 変数を用いる。したがって、健康寿命に対して、図-6 に示すような階層型 NN モデル（入力層：12、中間層：5、出力層：2）が構成できる。

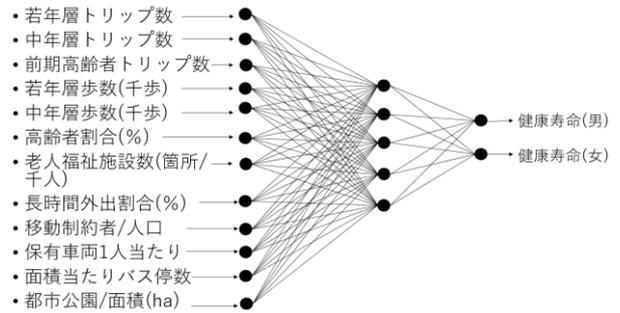


図-6 健康寿命推計 NN モデル

健康寿命推計に関して、同様の手順で結合加重を算定することができる。この場合も健康寿命（男性）と健康寿命（女性）の同時推計が可能となる。

平均寿命・健康寿命の推計にニューラルネットワークを導入して、①線形回帰分析モデルと同一の説明変数群を用いて非線形関係の推計を可能とするとともに、②性別ごとの平均寿命・健康寿命推計モデルを統合することができた。すなわち、基礎的な要因分析として設定した 4 種類の線形回帰モデルを 2 種類の NN モデルで表現することが可能となった。

つぎに平均寿命・健康寿命の NN モデルによる推計精度を検討する。図-7 に平均寿命（男性）、図-8 に健康

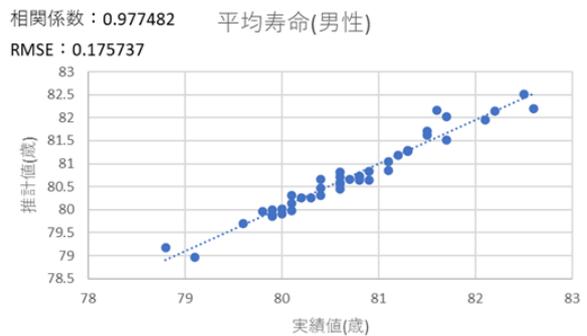


図-7 平均寿命推計結果（男性）

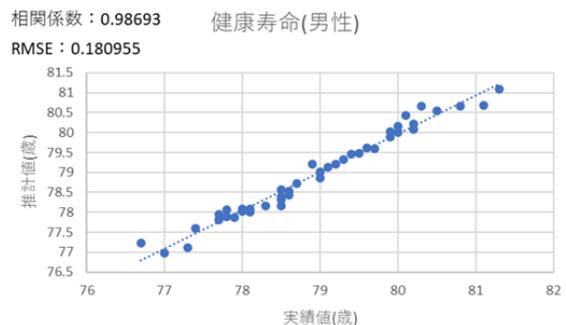


図-8 健康寿命推計結果（男性）

寿命（男性）の推計結果を図示する。本図より、平均寿命（男性）・健康寿命（男性）について、いずれも線形回帰モデル（図-3・図-4）に対して、かなりの精度の向上が観測される。これは、NNモデルによる高度な再現性を示すものと考えられる。

ここで、実績値と推計値の関係から平均寿命（男性）では、（相関係数, RMSE）=（0.977, 0.176）、健康寿命（男性）では（0.987, 0.181）となっており、平均寿命・健康寿命について、同様の推計精度の向上が観測される。

同様に、平均寿命（女性）・健康寿命（女性）に関しては、NN型推計モデルから、（相関係数, RMSE）=（0.958, 0.283）、（0.983, 0.167）の指標値が得られており、平均寿命・健康寿命（女性）に関しても、線形回帰モデルに対して相対的に推計精度の向上が観測される。

このように、健康寿命の推計に関する多様性と複雑性に関して、ニューラルネットワークモデルを導入することで対応できる可能性が示された。

4. 健康政策インパクトの評価

本研究では、都市単位の交通行動データに基づいて、高度な非線形性を前提とした平均寿命・健康寿命の推計モデルを構成した。この結果を踏まえて、都市単位の現実的な健康政策評価を行う。すなわち、本研究では健康政策は、基本的に都市単位で構成されるものと考えて、個別の健康政策が市民の交通行動変化に反映するものとする。すなわち、平均寿命・健康寿命に関するNNモデルを用いて、交通行動変化から「平均寿命・健康寿命の延伸」「平均寿命・健康寿命の差の減少」が達成可能かどうかを検討するものである。

具体的には大阪府吹田市・摂津市（北摂・三島地域の隣接市）を対象とする。また、市町村単位の健康政策は、平均寿命・健康寿命（男性・女性）の説明変数として設定した指標値の変化を与えると考える。ここでは、各指標の一律の変化として、10%の増加を考える。たとえば、「若年層トリップ数」が10%増加した場合を想定する。ここで各指標のうち「長時間外出者割合」「移動制約者割合」について、健康寿命延伸を意図した政策的変化は、他指標と相違すると考えられることから指標値の減少（10%減少）とした。この結果として推計される「平均寿命・健康寿命」に基づく都市健康度変化を「健康政策インパクト」と考える。

図-9 に吹田市の健康政策インパクト（男性）を示す。本図より、吹田市における健康政策実行時の平均寿命・健康寿命（男性）の推計値と両者の差異が表現できる。ここで、「平均寿命・健康寿命の延伸」「平均寿命・健

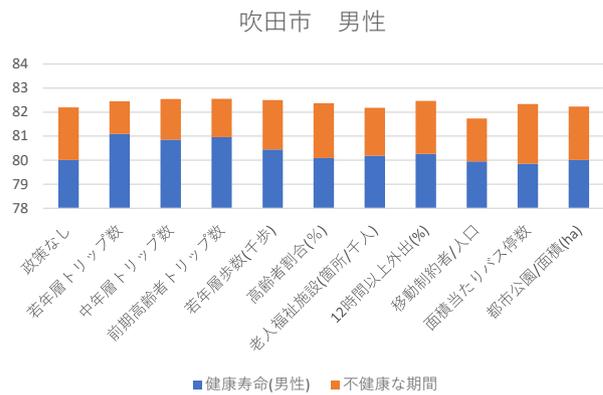


図-9 健康政策インパクトの算定結果（吹田市・男性）

康寿命の差の減少」が同時に達成されている指標値変化は、「若年層トリップ数」「中年層トリップ数」「前期高齢者トリップ数」「若年層歩数」の4指標となっている。これより、吹田市においては、特に交通行動変化を促進させる健康政策（トリップ数増加・歩行量増加）を中心とすることが期待できる。

一方で、図-10 に摂津市の健康政策インパクト（男性）を示す。

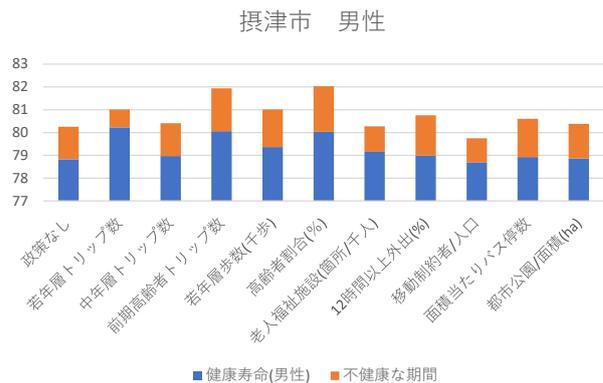


図-10 健康政策インパクトの算定結果（摂津市・男性）

本図より、摂津市における健康政策インパクトを考える。吹田市の場合と同様に、平均寿命・健康寿命に関する2条件の達成を基本とすると、「若年層トリップ数」、「中年層トリップ数」「老人福祉施設」の3指標が有効な健康政策要素と考えられる。この場合は、都市活動の程度に対応するトリップ数（若年層・中年層）が挙げられている点が特徴的である。

これらの分析によって、健康政策インパクトは、①有効な健康政策は、都市ごとに相違すること、②市民の都市活動に関連するトリップ数が重要な項目であることがわかった。また同様に、吹田市・摂津市以外の市町村についても具体的な検討が可能である。

5. おわりに

健康まちづくりの基本的政策目標として平均寿命・健康寿命の延伸と不健康期間の減少を目指した健康政策のインパクト評価を行った。具体的には非線形関係の定量化モデルとして NN モデルを適用した。本研究の主要な成果は以下のように整理できる。

- 1) 健康政策の目標として、平均寿命・健康寿命の延伸と不健康期間の減少を設定して、都市単位の健康政策インパクトを推計する方法を検討した。特に健康寿命が歩行量・活動量などの交通行動指標との関係性が大きいという点が健康政策の基本理念となっていることから、大阪府市町村を対象とした基礎的分析を行った。
- 2) 平均寿命・健康寿命の推計に関して、線形要因分析として増減法を用いた要因抽出を行った。平均寿命の推計では代表的要因が限定され、性別間の相違も少ないことがわかった。一方で、健康寿命に関しては平均寿命に対して、関連要因が多様であり、複雑な関係性を前提とした分析が必要であることがわかった。
- 3) 平均寿命・健康寿命の推計に関する複雑性と非線形性を前提とした推計モデルとして、ニューラルネットワークによる推計モデルを構築した。線形回帰分析による推計結果に対して、高精度の推計が可能となった。最終的に健康政策の実行に基づく、平均寿命・健康寿命（男性・女性）の同時推計結果の変化分から、健康政策インパクトを評価する手順を明確化した。

本研究では、都市単位の健康度評価として平均寿命・健康寿命を基本とした健康政策インパクトの評価に着目したモデル分析を行った。実用的な健康政策インパクト

評価に関する今後の課題として、①現実的な健康政策の導入から得られる市民の交通行動変化の特定に関する分析、②個別健康政策の相互関係を考慮した健康政策の組み合わせの有効性に関する分析などが期待される。

なお本研究のデータ解析に関して関西大学学生片桐達貴さんの御協力を得た。ここに記し感謝の意を表する次第である。また、本研究は関西大学先端科学技術推進機構「健康まちづくりオープンイノベーションにおける合意形成と意思決定研究グループ」（代表：尹 禮分）の研究成果の一部であることを付記する。

参考文献

- 1) 大阪府健康医療部健康推進健康まちづくり課：第 3 次大阪府増進計画について、https://www.pref.osaka.lg.jp/kenkozukuri/jyunkannki/r01_kaisai.html
- 2) 島井哲志, 長田久雄, 小玉正弘：健康心理学・入門 健康なこころ・身体・社会づくり, 有斐閣アルマ, 2009.
- 3) 健康長寿ネット：健康長寿に効果的なウォーキング, <https://www.tyoju.or.jp/net/kenkou-tyoju/rouka-yobou/haya-aruki.html>
- 4) 京阪神都市圏交通計画協議会：第 5 回(平成 22 年)近畿圏パーソントリップ調査, <https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/pt/index.html>
- 5) 大阪府：大阪府統計年鑑, <https://www.pref.osaka.lg.jp/toukei/nenkan/tn2019index.html>
- 6) 総務省統計局：地域別統計データベース, <https://www.e-stat.go.jp/regional-statistics/ssdsview>
- 7) 秋山孝正, 井ノ口弘昭：交通行動変化に基づく健康まちづくりの有効性評価に関する分析, 土木学会論文集 G(環境), Vol.73(6), pp.131-137,2017.

(Received October 1, 2021)