

消防署最適配置のための将来人口と 搬送回数の推計に関する研究

喜多 峻介¹・北村 幸定²・白柳 博章³

¹学生会員 大阪府立大学工業高等専門総合工学システム専攻(〒572-8572 大阪府寝屋川市幸町 26-12)
E-mail:fl7005@osaka-pct.ac.jp

²正会員 大阪府立大学工業高等専門総合工学システム専攻(〒572-8572 大阪府寝屋川市幸町 26-12)
E-mail:kitamura@osaka-pct.ac.jp

³正会員 摂南大学理工学部(〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8)
E-mail:shirayanagi-hiroaki@office.pref.nara.lg.jp

現在, 高度成長期以降に建てられた公共施設における維持, 再編の判断が迫られている. また, 地方自治体では人口減少と高齢化率の増加に伴い, 都市の低炭素化, コンパクトシティ, 公共施設の集約と適正化が大きな課題となってくる.

しかし, 消防署・出張所においては, 人口減少下の状況においても高齢化率の増加に伴って緊急搬送回数が増える可能性があるが, それについて定量的な検証は行われておらず, 搬送回数の推移を評価しながら消防施設の集約や適正化を考えていくことが極めて重要である.

消防署・出張所の立地は, 最適配置のために住宅地が多く, DID地区がほとんどを占めている. 本稿では, 寝屋川市の区域分け, 高齢人口の推計, 搬送回数の予測に焦点を絞り, 公共施設の最適配置のための研究とした. そして, 将来的な人口および, 公共施設の需要に関わる複合的な推計を行った. また, これらの結果から消防所の最適配置のために考えられる要因について整理した.

Key Words : reorganization of public facilities, fire departments, aging rate, estimate future population and emergency transportation

1. 序論

(1) 研究の背景と目的

平成24年「都市の低炭素化の促進に関する法律」が施行され, 平成26年には「国土強靱化基本計画」, 「国土のグランドデザイン2050 ~流促進型国土の形成~」, 「都市再生特別措置法」の一部改正, そして平成27年には「まち・ひと・しごと創成法」が施行された.

高度成長期に建てられたコンクリート造の公共施設の多くが寿命を迎えようとしている. またそれ以降の公共施設においても用途やニーズなどの見直す必要があるため, 建て替えか改修による延命かまたそれ以外の方法とするのか, 判断が迫られている.

市町村単位でもマスタープランに沿って「立地適正化計画」や「公共施設等総合管理計画」の作成の取り組みが進んでいる. ここでの立地適正化計画とは, 市町村マスタープランに位置付けられることの多くなったコンパクトシティへの目標を定める具体的な施策となり, さらなる推進を図るために平成26年8月に制度化されたものである. 公共施設等整備・再編計画においては, 自治体が保有する施設, 建造物の統廃合, 移転, 売却についての方向性とそれらの財政に関わる状況について示したものである.

また, 地方自治体は人口減少と高齢化率の増加に伴う超少子高齢社会に向け, 都市の低炭素化, コンパクトシティ, 公共施設の集約と適正化が大きな課題となってくる. しかし, 消防署・出張所 (以下, 合わせて「消防所」と呼

ぶ)においては、高齢化率の増加に伴って緊急搬送の高齢者が占める割合が増えるので、これらの関係性を評価する必要がある。

(2) 既往研究

最適配置問題の社会情報学的考察¹⁾によれば、公共施設の利用者における最適とは「近い」ことと同義であり、距離や時間で単純化される。結果、公共施設等の最適配置に関する研究としてはポロノイ図や経路探索など様々な手法が用いられ、所要時間や距離を定式化した最適立地の評価が多くを占めている。

つまり、公共施設の最適配置に関して多くは時間と距離の最小化に関するモデリング等であるが、今後は、時間、距離以外の指標も考慮する必要があると考えられる。

(3) 研究の構成

本研究では、消防所の最適配置の指標として将来人口の推計から、緊急搬送回数の予測を行うことを目的に以下の順に研究を進めた。

2章では現状の公共施設に関する法整備等から寝屋川市の都市計画や消防所の概要について述べた。

3章では、最短経路探索を用いて各町から消防所までの所要時間を算出し、所要時間が最短となる消防所ごとにまとめ寝屋川市の区域分けを行った。

4章では、コーホート変化率法を用いた人口推計を行い、2020年から2035年までの人口変化と高齢化率の推移を示した。

5章ではこれらの結果のまとめを述べ、今後の課題について示した。

2. 公共施設の現状

(1) 寝屋川市の現状

面積およそ24.7km²の広さ²⁾に人口約23.7万人(2017/1/1現在)³⁾と人口密度が高く、DID地区においても平成17年調査時で寝屋川市面積の78.1%⁴⁾と高い値を示している。また、寝屋川市の人口は平成7年をピークに減少傾向となっている。

(2) 寝屋川市の都市計画とマスタープラン

寝屋川市は2020までの将来人口推計を公表しており、マスタープラン⁵⁾によると2020年に寝屋川市全体で高齢化率が30%を超え、人口は22万人を下回ることが記されている。

都市構造としては、集約連携型のまちづくり、都市活力を育む土地利用の形成、既存のストックの有効活用と効

率の三種の視点から人口減少に備えた計画的なまちづくりが計画されている。

(3) 消防所の概要と緊急搬送について

寝屋川市には現在、枚方寝屋川消防組合の管理する寝屋川消防署、三井出張所、秦出張所、西出張所、神田出張所、南出張所、明和出張所の計7か所の消防所が存在する。

本研究では、寝屋川市で緊急搬送要請が発生した際にこれら7か所の消防所のみから出動するものとする。

緊急搬送の種別として急病、加害、一般障害、自損行為、労働災害、運動競技、火災、水難、交通、転院搬送、その他となっている。

枚方寝屋川消防組合から提供された緊急搬送データ⁶⁾は町番号、町名、日にち、種別、搬送時間、出動救急隊、収容医療機関であり、搬送時間に関しては現場到着時刻、搬送開始時刻、最終病院到着時刻、到着までの時間、搬送開始までの時間、搬送時間に分類されている。

3. 最短経路探索による区域分け

(1) 最短経路探索

グラフ理論における最短経路問題 (shortest path problem)⁷⁾とは、重み付きグラフの与えられた2つのノード間を結ぶ経路の中で、重みが最小の経路を求める最適化問題である⁷⁾。いわゆる重み付の経路探索手法である。手法としては辺の重みを単一(なし)とする幅優先探索、辺の重みが非負数のときのみ用いることができるダイクストラ法、辺の重みが任意の実数で用いることができるベルマンフォード法やワーシャルフロイド法などがある。本研究では消防所の最短経路の重み付けとして各リンクの搬送時間を用いたため辺の重みを非負数のみで用いることができるダイクストラ法を採用した。

ダイクストラ法は2頂点間の最短経路を求めるアルゴリズムで、カーナビゲーションシステムや鉄道の経路案内等に広く応用されている。

(2) データの入力

最短搬送時間の算出には対象範囲と周辺を含むノードデータとそれらデータの隣り合うノード間の移動時間を記したリンクデータの2種類が必要である。

本研究では一般財団法人日本デジタル道路地図協会⁸⁾が提供する、道路の個々の要素をコンピュータが認識できるデジタル道路地図データ(以下DRMデータ)を用いた。

(3) 寝屋川市の区域分け

各リンクの距離と法定速度から算出されるノード間の移動時間を重み付けとし、隣接したリンクの移動時間を加算していくことでスタート地点から目的地までの所要時間が最も小さい値を算出した。ダイクストラ法では、スタートのノードと隣接するノードのうち重みである移動時間の小さい経路をノードごとに選択していくことで最終的に目的地までの所要時間が最小になるという理論である。参考にノード数319,906、リンク数357,572、探索した数は1,239回である。

各町から7消防所までの所要時間を算出し、時間が最小になるような消防所ごとに消防区域としてまとめ、図3-1に示した。

現状の寝屋川市内の消防所は図3-1に示すように配置されている。消防区域ごとに、区域内に占める町の数、搬送件数、町別の最短所要時間の区域ごとの平均時間、人口、65歳以上の高齢人口、65歳未満の若年人口、高齢化率、寝屋川市における区域の占める人口の割合、区域内の面積を表3-1に示した。



図3-1 寝屋川市内消防所及び消防区域

(3) 考察

最短所要時間で判断した場合、消防区域ごとに占める町数に差があり、区域分けの図3-1、表3-1で面積において判断しても消防区域ごとに明らかに差がある。これらの

結果より、消防所ごとの負担の度合いが違うため、現時点においても出動範囲、出動数において平準化できていない可能性がある。また、現状では到着時間に大きな差は無くとも区域ごとの人口変化率が将来的にも同じでなければ、各消防所の負担の差によってこれから区域ごとの搬送時間に大きな差が生じる可能性がある。

つまり、区域ごとの将来人口の変化に違いがあるかどうかを知る必要があり、それらが搬送回数の要因となっているかどうかを調べる必要がある。

4. 人口推計ツールによる将来人口予測

(1) コーホート変化率法

「コーホート変化率法」とは、各コーホートについて、過去における実績人口の動勢から「変化率」を求め、それに基づき将来人口を推計する方法である。

今回のように推計するものが比較的近い将来の人口であり、変化率の算出基礎となる近い過去に特殊な人口変動がなく、また推計対象となる近い将来にも特殊な人口変動が予想されない場合は、比較的簡便なこの方法を用いることができる(引用:人口推計-厚生労働省⁹⁾)。と記されるように将来人口の予測を行うもので町別・年齢別(5歳階級)・男女別の人口のデータ¹⁰⁾を用いて推計した。本研究においては撤退の農村計画¹¹⁾で配布されている人口推計ツールを用いた。また、このツール内での推計手順を以下に示した。

今回は、2010年から2015年までの2時点のデータを用い、2015年から20年後の2035年まで推計を行った。

(2) 将来人口の推計

消防所ごとの人口と高齢化率をグラフ(図4-1、図4-2、図4-3、図4-4、図4-5、図4-6)に示した。縦軸の左軸を人口(人)、右軸を高齢化率(%)とし、横軸に年を記した。ただし、2015年を2015年4月の寝屋川市人口、2020年から2035年を予測人口とした。

表 3-1 区域別緊急搬送と人口に関する現状

消防区域	町数	町別搬送件数	平均最短所要時間(s)	人口	人口割合(%)	高齢人口	若年人口	高齢化率(%)	面積(km ²)
寝屋川消防署消防区域	32	2595	124.94	52108	21.9	13569	38539	26.0	4.77
三井出張所消防区域	15	984	135.86	25245	10.6	7225	18020	28.6	2.08
秦出張所消防区域	44	3125	137.49	56459	23.7	15740	40719	27.9	7.34
西出張所消防区域	35	2086	114.53	42790	18.0	12684	30106	29.6	3.75
神田出張所消防区域	15	1216	125.29	26885	11.3	7495	19390	27.9	1.80
南出張所消防区域	23	1158	145.80	21786	9.2	6452	15334	29.6	2.82
明和出張所消防区域	13	597	124.62	12651	5.3	3567	9084	28.2	1.90
寝屋川市全域	177	11761	129.64	237924	100	66732	171192	28.0	24.46

寝屋川消防署消防区域

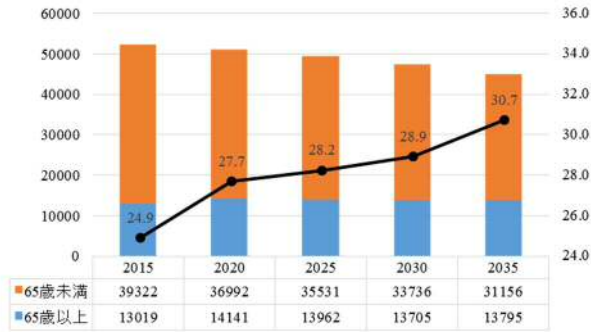


図4-1 寝屋川消防署消防区域の人口推移と高齢化率推移

神田出張所消防区域

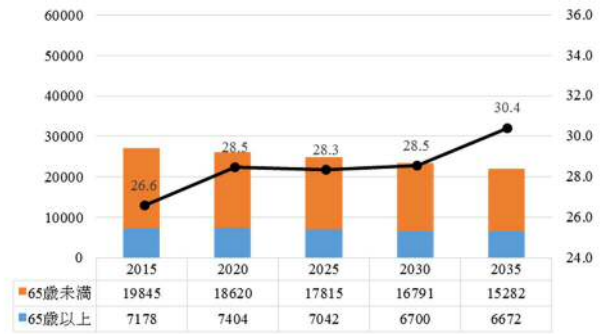


図4-5 神田出張所消防区域の人口推移と高齢化率推移

三井出張所消防区域

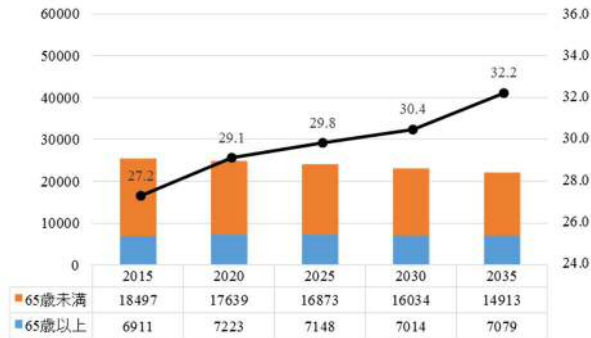


図4-2 三井出張所消防区域の人口推移と高齢化率推移

南出張所消防区域

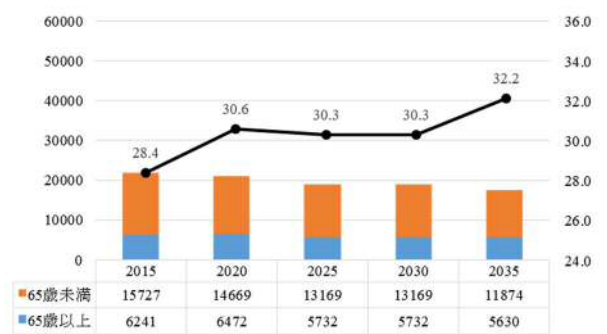


図4-6 南出張所消防区域の人口推移と高齢化率推移

秦出張所消防区域

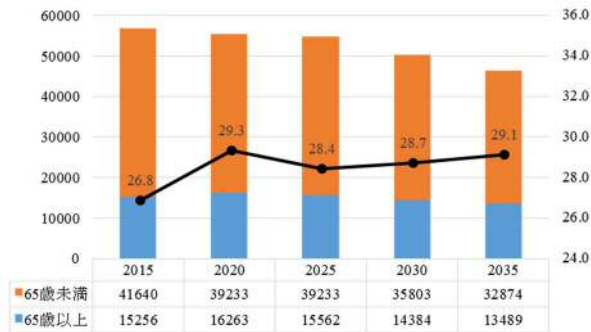


図4-3 秦出張所消防区域の人口推移と高齢化率推移

明和出張所消防区域

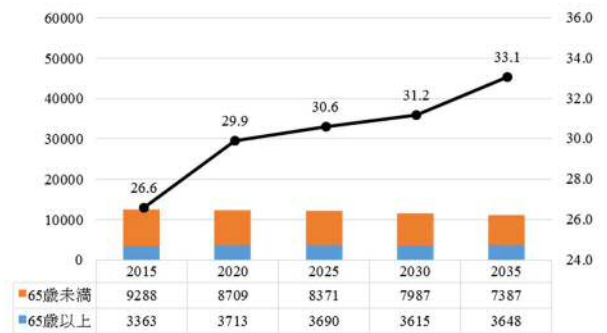


図4-7 明和出張所消防区域の人口推移と高齢化率推移

西出張所最短区域

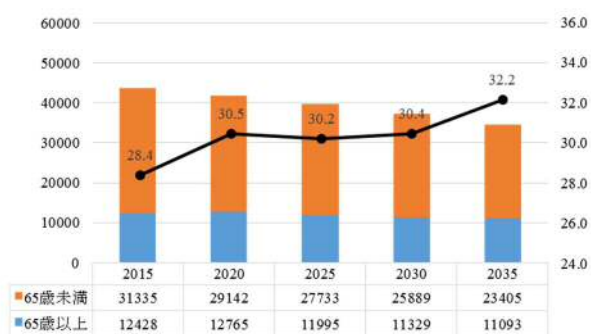


図4-4 西出張所消防区域の人口推移と高齢化率推移

(3) 考察

これまで、マスタープラン⁵⁾にも寝屋川市全体の人口予測から高齢化の評価が行われてきたが、本研究によって寝屋川市全域よりもさらに細かな区域単位で人口予測を行うことができた。これによって、寝屋川市の高齢化率を区域ごとに特徴付けることが出来るので、以降の搬送回数⁶⁾の予測にも反映する事が可能となった。

5. 搬送回数予測

(1) 搬送回数予測

第3章の消防区域ごとの2015年時の高齢人口、若年人口を説明変数、2015年度の搬送回数を非説明変数として重回帰分析を行った。変数を表5-1に、分析結果を表5-2に示した。

表5-2 搬送回数と高齢、若年人口

	町別搬送件数	高齢人口	若年人口
寝屋川消防署最短区域	2595	13569	38539
三井出張所最短区域	984	7225	18020
秦出張所最短区域	3125	15740	40719
西出張所最短区域	2086	12684	30106
神田出張所最短区域	1216	7495	19390
南出張所最短区域	1158	6452	15334
明和出張所最短区域	597	3567	9084

(2) 予測式の算出

これらの結果から寝屋川市における搬送回数の予測式を以下の(5-1)式に示した。

$$\text{搬送回数} = \alpha \times \text{高齢人口} + \beta \times \text{若年人口} + \gamma \quad (5-1)$$

ただし、 α :高齢人口係数=0.0819

β :若年人口係数=0.0461

γ :切片=-229

(3) 考察

分析の結果、相関係数0.961と高い相関を示し、係数では高齢人口の0.08と若年人口の0.04から、若年者よりも高齢者の方が2倍緊急搬送されていることがわかり、搬送回

数には高齢人口の影響があることが言えた。しかし、p-値が高齢人口で50.6%、若年人口で32.6%あることと、t-値が値の大きい高齢人口で1.119となっているためにこの分析結果が信頼性を持つとは言えないので、今後は、非線形の回帰分析も行う必要があるといえる。

6. 結論

(1) 研究のまとめ

本研究では最短経路探索によって各町から最短時間で到着可能な消防所ごとで区域分けを行うことで寝屋川市全域よりもよりも細かな区域で人口予測や搬送回数予測が行うことができた。

これまで考慮されなかった高齢人口と搬送回数との関係性を示唆する結果となった。また、本研究で定めた搬送回数予測式に消防区域ごとの将来人口を代入することで20年後までの搬送回数を予測することも可能となった。

以上の結果から将来の消防所の最適配置におけるひとつの指標が提示できたと考える。

(2) 今後の課題

人口推計の際に用いたツールとは別に、2017年1月27日に国土交通省が公表した、将来人口・世帯予測ツール[試行版]¹²⁾を用いて信頼性を上げた人口予測を進める。また、コーホート変化率法ではなく社会移動も考慮したコーホート要因法を用いての推計を行う。

本研究では高齢人口と搬送回数の関係が図6-1、図6-2のように示されるために線形での回帰分析を行ったが、第5章の考察の際に記したように指数、累乗、多項式を用いて、より精度の高い関係式を示すことが必要である。ま

表 5-1 分析結果

回帰統計	
重相関 R	0.987
重決定 R ²	0.974
補正 R ²	0.961
標準誤差	184
観測数	7

分散分析表					
	自由度	変動	分散	分散比	有意 F
回帰	2	5099305	2549652	75.1	0.000674
残差	4	135866	33966		
合計	6	5235171			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%
切片	-229	182	-1.260	0.276	-733.4	275.5
高齢人口	0.0819	0.112	0.730	0.506	-0.229	0.393
若年人口	0.0461	0.041	1.119	0.326	-0.068	0.161

た、本研究では採用しなかった搬送時間、人口密度等も説明変数の考慮として回帰分析を行うことが有効である。以上の関係式の精度向上に加えて、今後の展望として、白柳らの研究¹³⁾を参考に搬送回数の変動から需要の低い消防所を統合または廃止にした場合の搬送時間と他の消防所への負担に関する影響を調べ、また、消防所の数を増やした場合も評価することができる。

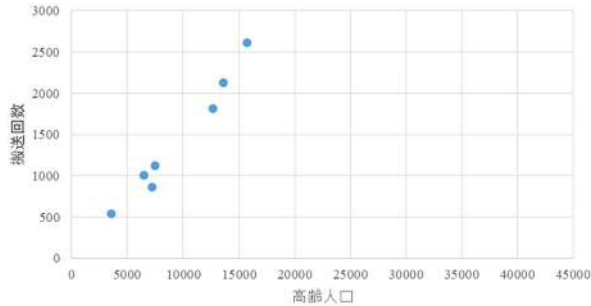


図6-1 搬送回数と高齢人口の関係

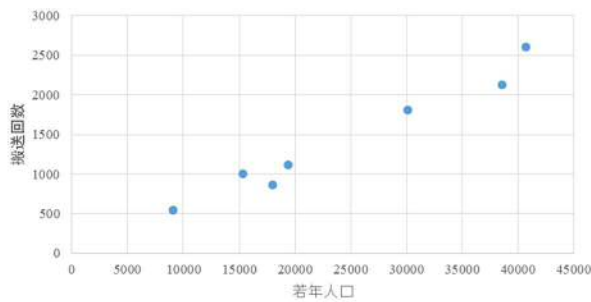


図6-2 搬送回数と若年人口の関係

謝辞：緊急搬送記録を快く提供して頂いた枚方寝屋川消防組合の上東様、ならびに本研究に関して多くの助言を下された摂南大学の白柳博章先生に対してこの場をお借

りして深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 若林 信夫：最適配置問題の社会情報学的考察。
- 2) 寝屋川市：寝屋川市の地勢,
<http://www.city.neyagawa.osaka.jp/introduction/1376535857799.html>.
- 3) 寝屋川市：寝屋川市の統計人口,
<http://www.city.neyagawa.osaka.jp/introduction/1376547599373.html>.
- 4) 寝屋川市：寝屋川市の人口集中地区（DIDs）の人口,
http://www.city.neyagawa.osaka.jp/organization_list/somu/soumuka/tokei/chosa/kokusei/H17_kokuchou/1376960703975.html.
- 5) 寝屋川市：寝屋川市都市計画マスタープラン，2012年。
- 6) 枚方寝屋川消防組合：大阪工専依頼緊急データ。
- 7) 最短経路問題,
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%9C%80%E7%9F%AD%E7%B5%8C%E8%B7%AF%E5%95%8F%E9%A1%8C>.
- 8) 一般社団法人日本デジタル道路地図協会：デジタル道路地図とは，<http://www.drm.jp/map/index.html>.
- 9) 引用：人口推計-厚生労働省
- 10) 寝屋川市：寝屋川市人口(町別・年齢別(5歳階級)・男女別),
<http://www.city.neyagawa.osaka.jp/introduction/1376547599373.html>.
- 11) 撤退の農村計画：人口推計Excelツール,
<http://tettai.jp/info/info-06.php>.
- 12) G空間情報センター：将来人口・世帯予測ツール[試行版], https://www.geospatial.jp/gp_front/content/7f7619bf-ab13-444d-b88e-9f2dcd3d269a.
- 13) 白柳 博章，北村 幸定：救急搬送時間から見た大都市近郊地域における複数病院施設の立地適正化に関する定量的検証。

(?)

STUDY ON ESTIMATE FUTURE POPULATION AND EMERGENCY TRANSPORTATION FOR APPROPRIATE LOCATION OF FIRE DEPARTMENTS

Ryosuke KITA,

It is necessary to review the management and reorganization of facilities by reducing the demand for public facilities due to the declining birthrate and the increasing elderly population and population declining. However, in the case of a fire department, as the number of elderly people increases, the number of emergency transportation may increase, so it must quantitatively evaluate the emergency transportation considered the increasing aging rate at reorganizing of public facilities.

In this research, we estimate future population and emergency transportation as the necessary elements for appropriate location of fire department.