

大規模救急データと年代別人口推計データに基づく 長期的救急需要予測手法の提案

金田 真輝[†] 陳 思楠[†] 中村 匡秀^{†,††} 佐伯 幸郎^{†††}

[†] 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

^{††} 理化学研究所・革新知能統合研究センター 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-4-1

^{†††} 高知工科大学 〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

E-mail: [†]1904360t@gsuite.kobe-u.ac.jp, ^{††}chensinan@gold.kobe-u.ac.jp, ^{†††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp,

^{††††}saiki.sachio@kochi-tech.ac.jp

あらまし 近年、日本は超高齢社会に直面しており、救急医療の逼迫、救急搬送件数の増加の問題はかなり深刻である。この現状を受け我々研究グループは神戸市消防局と共同研究を行っており、本研究では中長期的な救急搬送件数の予測に着目してその手法を提案し、確立させることで救急隊の戦略的な配備や医療現場における規模の拡大縮小の指標の提供をすることを目的とする。この中長期的な搬送件数予測は機械学習を用いずに、各地における救急ビッグデータと人口実績、将来人口推計を分析することにより実現している。この提案手法を評価するために神戸市で評価検証を行った結果、この提案手法による搬送件数予測は過去の搬送件数実績から見ても妥当な結果と言えた。

キーワード 救急需要, 高齢化, 医療逼迫

Proposal of emergency demand forecasting method based on population projection data by age using large-scale emergency data

Maseki KANEDA[†], Sinan CHEN[†], Masahide NAKAMURA^{†,††}, and Sachio SAIKI^{†††}

[†] Kobe University Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo 657-8501 Japan

^{††} Riken AIP 1-4-1 Nihon-bashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027 Japan

^{†††} Kochi University of Technology, 185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782-8502, JAPAN

E-mail: [†]1904360t@gsuite.kobe-u.ac.jp, ^{††}chensinan@gold.kobe-u.ac.jp, ^{†††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp,

^{††††}saiki.sachio@kochi-tech.ac.jp

Abstract In recent years, Japan is facing a super-aging society, and the problem of tight emergency medical care and an increase in the number of ambulance transports is quite serious. In response to this situation, our research group is conducting joint research with the Kobe City Fire Department. The purpose of this study is to provide an index for the scale of deployment and scaling in the medical field. This medium- to long-term prediction of the number of transported cases is realized by analyzing emergency big data, population records, and future population projections in each region without using machine learning. In order to evaluate this proposed method, we conducted an evaluation and verification in Kobe City, and found that the prediction of the number of transports by this proposed method is a reasonable result even from the past results of the number of transports.

Key words Lifelogging, Continuous, Motivation, Motivation subscales, Gamification, Work record

1. はじめに

ICT システムや IoT 技術の急速な発展により、企業のみならず政府や自治体が多種多様なデータを取得・蓄積し、施策や街づくりに役立つ動きが活発になっている。こうした様々

なデータを利活用することで、より効率的で持続的な都市、スマートシティ [1] を目指すことは、今や世界的な潮流となっている。また、近年の日本各地における慢性的な少子高齢化の影響は多岐にわたっており、その中でも救急医療の逼迫、救急搬送数の増加はかなり深刻な問題となっている。これに対し、総

務省は日本全国に向けて早急な対応を呼びかけている [2].

我々研究グループは救急出動に関するデータを ICT システムにより収集・記録している神戸市消防局と共同研究をしている。その中でも本研究では、**中長期的な救急搬送件数の予測に着目し、その手法を提案し確立させることを目的とする**。この提案手法は現在、過去、未来のいつの時代においても年代毎の人口に対する搬送率は不変であるため、年代別の人口変化率に救急搬送数を掛け合わせるにより、将来の救急搬送数の予測ができるという考えに基づいている。具体的には救急ビッグデータからは年代別搬送件数を抽出し、人口実績、予測データからは人口変化率を抽出したのちにそれぞれを掛け合わせるにより未来の年間救急搬送件数を予測するというものである。またこの予測プロセスを細分化した地域ごとに行うことで、地域性を加味した救急搬送件数予測が実現可能であると考えられている。

この予測手法を提案するにあたり、以下の3つのPhaseに段階的に分け、提案手法における予測結果の妥当性、正確性を分析したのちに救急搬送件数を予測する。またこの提案手法の評価検証を神戸市で行う。

Phase1: 提案モデルの妥当性検証

提案する予測モデルが妥当なものであるのかを搬送件数予測誤差率の分析と人口-搬送件数の相関分析の2種類の分析を用いて検証を行う。

Phase2: 人口推計データの調整

人口予測データは推計時点での予測が現在の実態に合っていない場合が多くあるため、与えられた人口予測データに対し、最新の人口実績とのずれを勘案し、予測データをより信頼できる値へ調整する。

Phase3: 提案モデルによる長期的搬送件数の予測

これまでに行った検証、データ調整を加味して提案モデルに準拠した予測を行う。

以上の3つのPhaseによる結果を受け、提案手法に基づき中長期的な救急搬送件数を予測する。

神戸市における提案手法の評価検証結果としては、行った救急搬送件数予測は過去の神戸市搬送件数実績から見ても妥当な結果といえ、本研究で提案した救急搬送件数予測モデルは約95%以上の予測精度で救急需要を中長期的に予測することが可能であると判明した。また目的でもある救急医療に対する根拠のある指標の提供をするために神戸市における具体的な結果を算出すると、コロナ以前の救急需要増加傾向はおおよそ2035年まで続き、また現在から救急搬送件数は増え続け、最大でおおよそ年間90000件(11%増)まで膨れ上がり、その後は一貫して減少傾向であるという結果が得られた。

本論文の以降の構成は次のとおりである。2章では本論の準備として高齢化などによる研究背景、技術的課題について述べる。3章では課題を受けての提案手法、アプローチを説明し、4章で神戸市での提案モデルの評価検証を行う。5章では評価から考察を述べ、最後に6章でまとめとともに今後の課題を述べる。

2. 準備

2.1 高齢化による救急需要の増加

近年、日本全国において慢性的に高齢化率は上昇が続いている [3]。高齢化率とは、総人口に占める65歳以上の者の割合のことを示しており、令和元(2019)年時点で高齢化率は28.4%、その後も上昇を続け2065年には、約2.6人に1人が65歳以上、約3.9人に1人が75歳以上の超高齢社会が到来すると考えられている [4]。2021年消防白書 [5]によると「令和3年に行った将来推計によると、高齢化の進展等により救急需要は今後増大する可能性が高いことが示されており、救急活動時間の延伸を防ぐとともに、これに伴う救命率の低下を防ぐための対策が必要である。(2021年消防白書より)」と記述されている。急速な高齢化の進展に従い、救急需要の増大および多様化が予測される一方で、これらの問題に対する具体的な対策を講じることができず、日本全土での救急リソースの逼迫が懸念されている。我々が共同研究を行っている神戸市消防局も例外ではなく、他の都市同様に神戸市でも高齢化がみられ、それに伴う救急需要の増大、救急リソースの逼迫が問題視されている。

2.2 神戸消防局との共同研究

我々が共同研究を行っている神戸市消防局では、スマートシティを目指す取り組みの一環として、救急出動に関するデータを ICT システムにより収集・記録している。救急出動に関するデータには、各救急出動に対して、出動隊や車両のデータ、通報日時や現場駆け付け日時などの時刻データ、傷病者の年齢や性別などの搬送者属性に関するデータ、発生場所区分や屋内外といった空間に関するデータなどが記録されている。記録されているデータの一例を表1に示す。なお、例示しているデータは仮のものであるため、一部のデータを省略・削除している。この救急出動に関する膨大なデータ(以降、**救急ビッグデータ**と呼ぶ)を分析・活用することで、これまで定量的な評価が困難であった、救急リソースの逼迫度の定量化、救急需要を満たすための救急リソース配置の最適化など、救急事業の改善が実現可能であると考えられている。また過去に救急ビッグデータを用いた熱中症の分析事例 [6] なども挙げられ、実際に救急事業の改善を行うことができている前例が存在する。

表1 救急ビッグデータの内容例

	発生時間	傷病名	...	年齢	出動場所	傷病程度
1	2015-01-01 00:02:21	腎不全	...	57	兵庫区中道通	軽症
2	2016-01-01 00:02:51	肺炎	...	58	中央区相生町	軽症
3	2017-01-01 00:00:42	脳梗塞	...	74	垂水区高丸	中等症

2.3 将来人口推計データ

将来人口推計データとは一般に全国各地の自治体などにより算出、発表される地域における総人口予測のことであり、出生、死亡、ならびに地域間人口移動について仮定を設け、これらに

基づいて地域の将来の人口規模ならびに男女・年齢構成の推移について推計を行ったものものを指す [7]。また地方自治体による将来人口推計は毎年更新する必要性があまりないため将来人口推計は推計時点での予測が現在の実態に合っていないものが多く存在する。

2.4 取り組む課題

2.1 で述べたように、日本では近年急速に高齢化が進んでおり、救急需要は増大、多様化を極めてきている。この現状を受け医療現場では救急業務を取り巻く諸課題への早急な対策が必要になってきている。しかしながら、現状で具体的な将来の需要変化をとらえることができず、救急需要の増加や救急リソースの逼迫が深刻化していくにもかかわらず規模の大きな救急隊や病床の編成が確固たる根拠なしには実行しにくい状態にある。そこで本研究では、救急需要の中でも救急車や救急隊の編成に関わる年間救急搬送者数に着目し、これの中長期的予測手法を提案することにより、救急隊の戦略的な配備や医療現場における規模の拡大縮小の指標の提供を行う。

2.5 技術的なチャレンジ

需要予測するにあたり機械学習を用いる方法は代表的であるが、本研究のような年間の救急搬送件数を予測する場合は、学習元となるサンプルが年間搬送件数のデータであるので、過去10数件あまりしかないことが多く、予測の精度が不十分である。また単に搬送件数を機械学習するだけでは全体としての搬送件数の特性しか読み取ることができないので、指数関数的に増加しつつある高齢者や地域における搬送率や年齢分布の特徴など、救急搬送件数に影響を及ぼす様々な要因を考慮することができない問題もある。

3. 提案手法：救急搬送件数予測モデル

3.1 研究の目的

本研究の目的は、増大し多様化しつつある日本の救急需要に備え、救急隊の戦略的な配備や医療現場における規模の拡大縮小の指標の提供をすることである。そのために、救急搬送者数の中長期的予測手法の確立を目指す。

3.2 提案手法の概要

この提案手法は現在、過去、未来のいつの時代においても年代毎の人口に対する搬送率は不変であるため、年代別の人口変化率に救急搬送数を掛け合わせれば将来の救急搬送数の予測ができるという考えに基づいている。

本研究において提案する予測モデルを図1に示す。まず最初に予測の基準となる基準年 b と予測の対象となる予測年 f を設定する。次に、それぞれ救急ビッグデータから基準年 b における年代別搬送件数の実績を抽出、人口実績データと人口予測データからは基準年 b 、予測年 f に対応する年代別人口総数を各データから抽出する。その後人口データから抽出したそれぞれのデータから基準年 b に対する予測年 f の年代別人口変化比を算出する。最後に別々に算出した基準年の救急搬送件数実績

と基準年に対する予測年の年代別人口変化率を掛け合わせることで予測年の年代別救急搬送件数を算出できる。またこれらができる限り細分化した地域別に行うことで、地域毎に異なる年代別の搬送率を加味した救急搬送件数予測を行うことができる。またこの提案手法を以下の Phase1,2,3 と段階的に実施することにより実現させる。

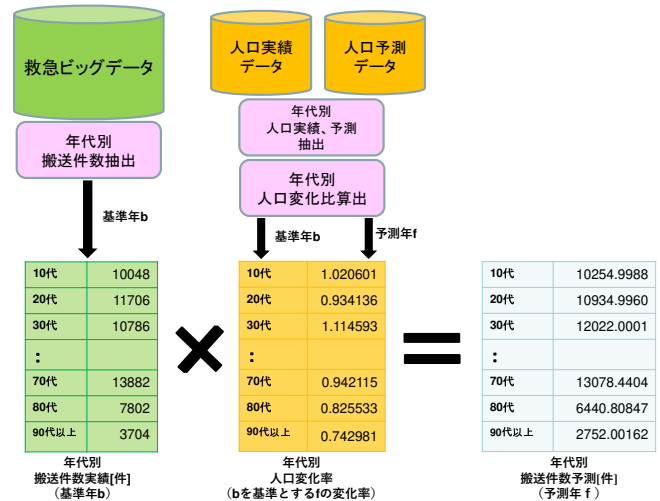


図1 救急搬送件数予測モデル

3.3 Phase1: 提案モデルの妥当性検証

救急搬送件数の予測を実施する前に、今回提案する予測モデルが妥当なものであるのか検証を行う。検証の過程は図2に示す。

まず最初に提案するモデルと同様に救急ビッグデータから基準となる基準年 b の救急搬送件数実績を算出する。次に人口実績の存在する任意の年を検証年 r と設定し、人口実績データから基準年 b に対する検証年 r の年代別人口変化率を算出する。次にそれぞれ算出した基準年 b の年代別搬送件数実績と基準年 b に対する検証年 r の年代別人口変化率を掛け合わせ、検証年 r における年代別搬送件数予測を算出する。その後、救急ビッグデータから抽出した検証年 r における年代別搬送件数実績と提案モデルにより算出した年代別搬送件数予測を検証することにより提案モデルの妥当性を測る。またその検証の評価基準は搬送件数予測誤差率、人口-搬送件数の相関の二つを設け実施する。搬送件数予測誤差率とは、提案モデルにより算出した搬送件数予測値と救急ビッグデータに基づく搬送件数実績値の差を搬送件数予測値で割ったものである。詳細な評価の手法と目的は以下に示す。

3.3.1 搬送件数予測誤差率

搬送件数予測誤差率 [8] とは予測値の正確性を評価する指標であり、予測値と真値とのずれの大きさを表す。また年代毎の搬送件数が異なることを考慮し、予測値の実測値に対する相対的な比率を導出するため百分率で表すものとする。計算の式は以下に示す。

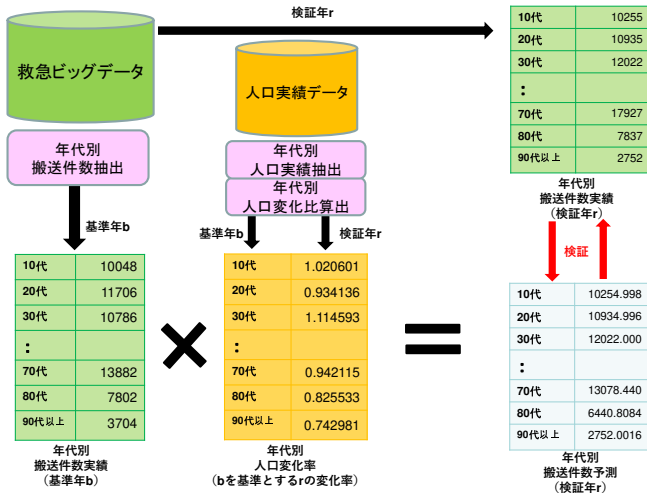


図 2 妥当性検証の詳細

$$\frac{(\text{予測値} - \text{実測値})}{\text{実測値}}$$

これにより予測値の精度をある程度測ることができ、また年間救急搬送件数が特異な基準年度をこの搬送件数予測誤差率の分析により発見し、それらを考慮することにより全体としての予測精度を向上させる目的がある。

3.3.2 人口-搬送件数の相関

人口-搬送件数の相関とは人口と搬送件数の相互関係のことを指し、人口と搬送件数が相互関係を持っているという提案手法の前提が正しいといえるのかを検証する。また今回は相関の回帰直線 [9] を求め、その 90% 信頼区間 [10] に存在しているか否かで評価を行う。

回帰直線とは 2 組のデータの中心的な分布傾向を表す直線のこと、回帰直線 90% 信頼区間とは、90% の確率でその区間に回帰直線が収まる範囲のことを示している。

3.4 Phase2: 人口推計データの調整

2.3 で述べたように、人口予測データは推計時点での予測が現在の実態に合っていない場合がある。例えば 2015 年に発表された神戸市の推計データ [11] では 2020 年時点で具体的に以下の表 2 のように各年代、各地域の予測値と実測値のずれがままになっていることになる。このような推計データのずれは提案手法において精度を著しく低下させる要因となる。

そこで図 3 のように人口実績データと人口予測データに共通する最新年 b を設定しそれぞれの年代別人口を抽出する。その時点での人口予測誤差率を各年代、地域別に算出し、その後人口予測データ全体にその最新年の人口予測誤差率を適用させることにより人口予測の大幅なずれを緩和する

本研究では図 3 のように兵庫県将来人口推計における 2020 年時点での人口予測誤差率を以降のデータにも適用させて修正を行っている。ここでいう人口予測誤差率とは 2020 年年代別人口実績と同年代別人口予測の差を人口実績で割ったものである。

表 2 2020 年神戸市人口予測の誤差率

誤差率 (地域ごと)	東灘区	灘区	中央区	兵庫区	北区	長田区	須磨区	垂水区	西区
0~4歳	1.072193	1.039866	1.157859	1.121229	1.001636	1.075067	0.514579	1.046141	0.94016
5~9歳	1.090801	1.124775	1.117334	1.181679	1.096349	1.074145	0.557861	1.086582	1.060296
10~14歳	1.067940	1.051403	1.109168	1.082169	1.067318	1.074102	0.503754	1.033480	1.033865
15~19歳	1.005508	0.971992	1.009762	1.102143	1.083764	1.059384	0.471170	1.029002	1.024837
20~24歳	0.956054	1.057617	0.956290	1.261977	1.234482	1.113227	0.461876	1.085165	1.145217
25~29歳	1.066994	1.058706	1.033187	1.180656	1.143511	1.146498	0.489322	1.064481	1.169922
...
80~84歳	0.948111	0.932888	0.856719	0.955241	1.075067	0.982531	0.406562	0.981418	0.938588
85~89歳	0.808160	0.818937	0.818937	0.890889	0.883879	0.902918	0.418917	0.924688	0.862390
90歳以上	0.852089	0.881794	0.808160	0.985013	0.866626	1.057119	0.438045	0.899291	0.790232

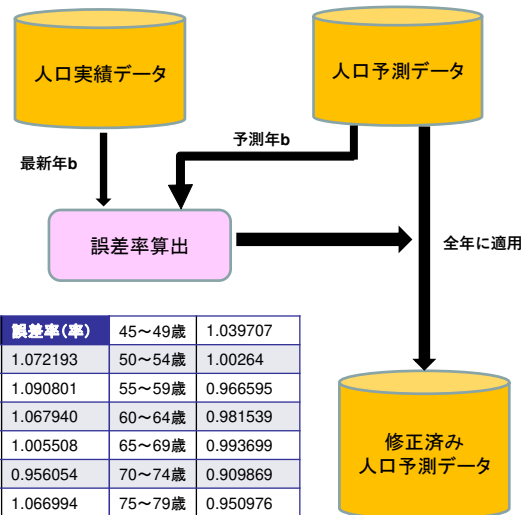


図 3 人口予測調整方法

年代	誤差率(率)	45~49歳	1.039707
0~4歳	1.072193	50~54歳	1.00264
5~9歳	1.090801	55~59歳	0.966595
10~14歳	1.067940	60~64歳	0.981539
15~19歳	1.005508	65~69歳	0.993699
20~24歳	0.956054	70~74歳	0.909869
25~29歳	1.066994	75~79歳	0.950976
30~34歳	1.069194	80~84歳	0.948111
35~39歳	1.061333	85~89歳	0.864790
40~44歳	1.083289	90歳以上	0.852089

3.5 Phase3: 提案モデルによる長期的搬送件数の予測

Phase1 の検証を受けて、3.2 で述べたように、救急ビッグデータから基準年 b に対応する救急搬送件数実績を算出し、人口実績、人口予測データからは基準年 b に対する予測年 f の人口変化率を年代別、細分化した地域別に算出する。これらを掛け合わせるにより予測年 f の年代別搬送件数予測を導き出す。また、必要に応じて細分化した地域ごとの予測値を足し合わせるにより、県や市単位の救急搬送件数予測とすることができる。

4. 評価検証

4.1 評価概要

本研究では、日本全国における救急需要の増大と同様の問題を抱える神戸市にて実際に検証を行う。また、変化しつつある救急需要に備え、救急隊の戦略的な配備や医療現場における規模の拡大縮小の指標の提供をする目的のために以下のように RQ (リサーチ・クエスチョン) を設定し、具体的に結論を出す。

- RQ1: コロナ以前までの救急需要の変化傾向は今後の

ように変化していくのか？

- RQ2: 長期的に見て救急需要（救急搬送件数）は今後どのように変化するのか？

4.1.1 利用した技術、データ

提案モデルの評価検証には以下の技術を用いた。

- 開発言語：Python3
- 使用したライブラリやツール：pandas, seaborn, matplotlib, numpy, jupyter Notebook
- 利用したデータ：神戸市救急ビッグデータ、兵庫県将来推計人口 [11], 神戸市人口推計 [12]

4.1.2 検証設定

- 年齢は5歳区切りに年代別とし、90歳以上は一つの年代区分として扱う。
- 今回の神戸市での検証の場合、9つの区別（東灘区、灘区、中央区、兵庫区、北区、長田区、須磨区、垂水区、西区）に細分化して地域性を考慮する。
- 実測データは人口推計、救急ビッグデータともに2013年～2021年までのものを使用し、将来人口推計は2015年～2065年までを5年刻みに算出しているものを使用する。

表3には今回の検証で使用した基準年に対する予測年の年代別人口変化率の一例を示す。これは具体的に東灘区における2013年を基準年として、予測年を2020年～2065年まで5年刻みとしてまとめた年代別人口変化率の一例である。

表3 2013年を基準とした東灘区の年代別人口変化比

変化比 年齢	2020年 / 2013年	2025年 / 2013年	2030年 / 2013年	2035年 / 2013年	2040年 / 2013年	2045年 / 2013年	2050年 / 2013年	2055年 / 2013年	2060年 / 2013年	2065年 / 2013年
0～4歳	0.860887	0.762689	0.726703	0.699644	0.667252	0.630111	0.587459	0.546273	0.513333	0.485962
5～9歳	0.889605	0.826902	0.733867	0.700679	0.675959	0.644739	0.608851	0.567639	0.527842	0.496013
10～14歳	0.864112	0.818664	0.763137	0.678349	0.648312	0.62598	0.597068	0.563834	0.525668	0.488814
15～19歳	1.071062	0.996457	0.943571	0.8801	0.782872	0.747158	0.721446	0.688124	0.649821	0.605835
20～24歳	1.14084	1.057617	0.987119	0.933448	0.871246	0.77534	0.739978	0.714535	0.681531	0.643594
25～29歳	0.830597	0.844301	0.780884	0.737059	0.698771	0.655414	0.583282	0.556698	0.537602	0.512788
...
80～84歳	1.194146	1.414636	1.782815	1.461472	1.442823	1.655685	1.876839	2.037079	1.610827	1.373394
85～89歳	1.675496	1.797741	2.138821	2.700081	2.213804	2.177773	2.497816	2.831303	3.076964	2.431808
90歳以上	1.949337	2.773844	3.304958	3.910321	4.811403	4.660892	4.546864	4.79064	5.234786	5.7068

4.2 Phase1の結果

3.2に従い、本検証では基準年を2013年～2021年に、検証年を2014年～2021年に設定し、それぞれの基準年から検証年の救急搬送件数予測を提案モデルに基づき行った。その結果を評価基準ごとに以下に示す。

4.2.1 搬送件数予測誤差率

図4のような結果になった、縦軸は搬送件数予測誤差率を百分率で表したものであり、横軸は神戸市区別に基準年を変えたものになっている。

グラフからは特に中央区、灘区における搬送件数予測誤差率が平均して大きく出ていることが確認でき、また逆に北区や長田区のような地域は小さく出ていることが確認できる。これは中央区などは年単位で人口が大きく変化しており、北区のよう

な地域は変動が小さく年単位で差があまりないため、予測精度としてそれらが現れている証拠ということができる。

また基準年に着目してみると、神戸市のほとんどの区において、2018年、2019年、2020年を基準とした際の搬送件数予測誤差率の値が他の基準年度の搬送件数予測誤差率より比較的大きく出ていることが確認することができる。ここからこれらの年の救急搬送件数が2018年の異常気象や2019年、2020年の新型コロナウイルスの影響により特異なことを読み取ることができる。またこの3基準年以外の搬送件数予測誤差率は主に0.05以下となっており、全体の予測精度として約95%の精度があるといえ、提案モデルによる予測は本評価検証では妥当であるといえる。

4.2.2 人口-搬送件数の相関

図5のような結果になり、縦軸が年間搬送件数、横軸が人口の散布図で表現している。グラフ内の点はそれぞれの基準年を表しており、これらからは基準年ごとの人口と予測搬送件数の関係を読み取ることができる。また、グラフ内の範囲は人口と年間搬送件数の回帰直線における90%信頼区間を表しており、この範囲を外れている3つの基準年度は2015年、2018年、2020年である。この3つは人口-搬送件数の相関関係が他の基準年と比べ特異であるといえ、提案モデル内で前提としている人口と搬送件数の影響を与え合う関係性が他の基準年とは異なることが言える。逆にこの3基準年以外は人口-搬送件数の関係性は90%信頼区間に入っているため、90%以上同じ人口-搬送件数の関係性を持っていることを読み取れ、一律に本研究における予測のプロセスが適用できることがわかる。

4.3 Phase2の結果

この将来人口推計データに関しては3.2で述べたように2020年時点での人口予測誤差率を以降のデータにも適用させて修正を行っている。ここでいう人口予測誤差率とは2020年年代別人口実績と同年代別人口予測の差を人口実績で割ったものである。表2で表している人口予測誤差率を使用する。

以下図6に一例として東灘区の調整前と調整後の人口予測を示す。調整後の人口予測の値は赤字で表している。

2020年時点での人口予測誤差率を使用しているため、調整後の2020年人口予測データは実数になっている。全体の結果として少子高齢化の影響が過大に評価されていたのを少し緩和することができている。

4.4 Phase3の結果

3.2に従い、基準年を2013年～2021年に、予測年を2020年～2065年間を5年刻みにした年に設定し、細分化した地域ごとにそれぞれの基準年から予測年の救急搬送件数予測を提案モデルに基づき行った結果を図7に東灘区の一例を示す。縦軸は年間搬送件数、横軸は予測対象年、グラフの凡例は予測基準年を表している。

また、地域ごとに予測したものを合算して神戸市全体としての救急搬送件数予測をしたものを図8に示す。

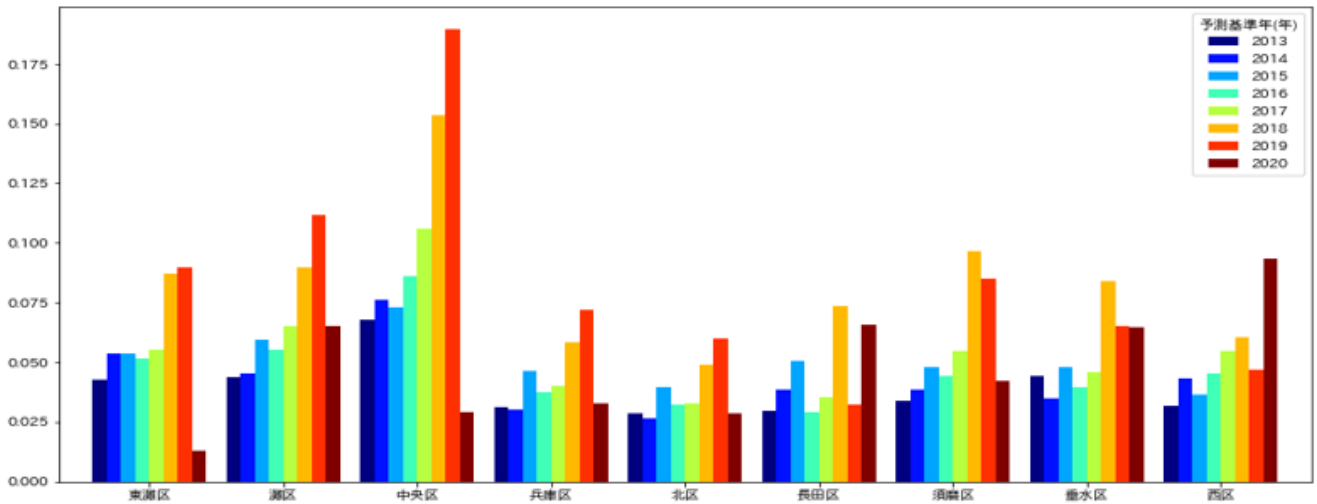


図 4 神戸市での検証における地域別の搬送件数予測誤差率

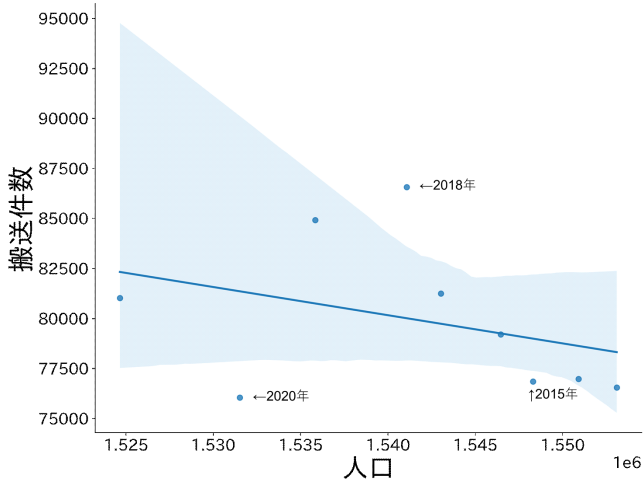


図 5 神戸市における人口-搬送件数の相関と 90% 信頼区間

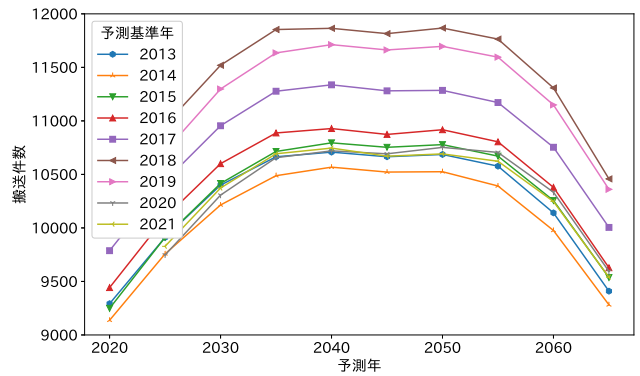


図 7 神戸市区別搬送件数予測（東灘区）

男女計	2020年 調整前	2020年 調整後	2025年 調整前	2025年 調整後	...	2055年 調整前	2055年 調整後	2060年 調整前	2060年 調整後	2065年 調整前	2065年 調整後
0~4歳	8255.04	8861.0	7313.42	7841.39	...	6238.20	6616.30	4822.34	5277.70	4659.89	4996.30
5~9歳	8883.38	9690.0	8266.53	9017.14	...	5674.68	6189.94	5276.83	5755.97	4958.64	5408.89
10~14歳	9515.13	9948.0	8825.19	9424.77	...	6078.12	6491.07	5666.70	6051.69	5269.41	5627.41
15~19歳	10534.96	10953.0	9801.15	10355.14	...	6768.39	7205.67	6391.64	6426.84	5598.59	5991.82
20~24歳	12175.04	11640.0	11286.88	10790.8	...	7826.51	7290.40	7273.29	6553.66	6888.44	6566.59
...
75~79歳	10775.24	10247.0	13556.78	12891.22	...	12200.80	11602.67	10405.92	9895.78	9139.66	8691.60
80~84歳	8166.76	7743.0	9674.69	9172.68	...	13931.58	13208.68	11016.44	10444.81	9392.64	8905.26
85~89歳	6400.39	6335.0	6867.36	6938.83	...	10815.57	9353.20	11754.00	10164.74	9289.50	8033.47
90歳以上	4019.53	3425.0	5719.66	4873.66	...	9878.29	8417.19	10794.12	9197.56	11767.42	10026.89

図 6 東灘区の人口予測調整前後の比較

地域に細分化（本研究では神戸市区別に分類）にした予測結果図 7 からは、地域の年代分布や年代における搬送率の特徴を考慮することができており、地域ごとに異なる特性で予測ができています。しかし 4.3 でも挙げた通り、2018 年や 2020 年を基準とした際の救急搬送件数の予測値が他の予測値と比べ離れた値になってしまっていることがわかる。結果的には基準年ごとの予測値の差は基準年の搬送件数が特異なものを除けばも最大でも 1500 件ほどで、おおそ一定の予測値を算出することができています。

次に、細分化した予測値をすべて足し合わせた神戸市全体のとしての結果図 8 から、2035 年までは救急搬送件数は増加を続け、その後は一貫して減少傾向が続くことが読み取れる。また将来的に年間搬送件数のピークは 2035 年の約 91000 件であり、2021 年搬送件数実績が 81025 件であることを考慮に入れると全体として 12.3%、月間でおおよそ 830 件増加する予測である。

最後に神戸市全体として RQ に対する回答を行う。RQ1：コロナ以前までの救急需要の変化傾向は今後どのように変化していくのか？ A1：コロナ以前の救急需要増加傾向はおおよそ 2035 年まで続き、その後は一貫して減少傾向、2055 年以降はさらに減少傾向が強まる。RQ2：長期的に見て救急需要（救急搬送件数）は今後どのように変化するのか？ A2：現在から救急搬送件数は増え続け、最大でおおよそ年間 90000 件（11% 増）まで膨れ上がる。その後は一貫して減少し続け、2021 年現在の搬送件数（約 81000 件）に戻るのおおよそ 2055 年、その後は急激な人口減少によりさらに救急搬送件数はさらに減少する予測である。

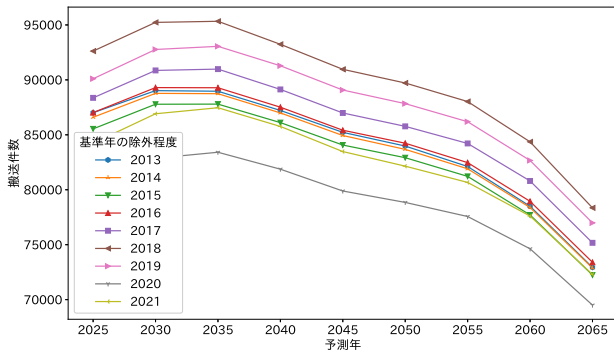


図 8 神戸市全体として搬送件数予測

5. 評価考察

5.1 全体の結果について

4.での検証は過去の神戸市搬送件数実績から見ても妥当な結果といえ、また確固たる根拠に基づいているといえる。ここから本研究にて提案している救急搬送件数予測モデルはある程度具体的に妥当な救急需要を中長期的に予測することができていることがわかる。また目的である救急隊の戦略的な配備や医療現場における規模の拡大縮小の指標の提供に対しても、具体的にRQをもって回答することができている。

5.2 提案手法の利点

本研究にて提案している救急搬送件数予測モデルは機械学習を用いることなく、また各地域における人口予測と救急データのみで、容易に将来の救急需要の変化を予測することができる。また、どのような地域にも適用が可能であり、地方のあまり救急医療に対し対策がされていないような地域においても予測精度を落とすことなく予測が可能である。

そしてこの救急搬送件数予測モデルを確立させることにより、救急隊の戦略的な配備などにおける根拠を手軽に作成することができ、より効率的な救急現場の実現が各々の力のみで行うことができる。

5.3 提案手法の限界

本研究にて提案している救急搬送件数予測モデルは3.4でも述べたように、最終的な予測の結果がその地区における将来人口予測に大きく依存してしまっているのにもかかわらず、地方自治体における将来人口予測は古い場合が多く、推計時点での予測が現在の実態に合っていないという問題がある。手法内の人口調整ではこの問題をある程度解消できるが、あくまで調整の域を超えず、全体としての正確性は少し下がってしまう。これによりこの救急搬送件数予測モデルは最大限の効力を発する条件が厳しくなってしまっている。また近年における救急ビッグデータは新型コロナウイルス COVID-19 感染拡大における影響を強く受けており、年単位の搬送件数が特異となってしまう場合が多いことも挙げられ、それによりこれらの年間搬送件数を予測基準年にすることが予測精度を落としてしま

う問題がある。

今後はこれらの問題に対し今後の展望として、より正確な将来人口予測を行うプロセスの発見、コロナの影響下にあるものとそうでないものを分けてそれぞれで救急搬送件数予測ができるようにしていくことが挙げられる。

6. まとめ

本研究では、少子高齢化が進む世の中において救急需要が拡大しつつある問題を受け、救急医療現場における戦略的配備などの指標の提供のため、救急搬送者数の中長期的予測手法の提案を行った。さらにこの提案手法が具体的にどのように実行され、また正確に指標の提供となるような結果が得られるのか確認した。これらを活用した救急医療の現状把握や効率化、さらには新型コロナウイルス COVID-19 に対する適切な対策が期待される。このような状況を鑑み、さらなる救急需要予測プロセスの厳密化、正確化に加え専門知識を持たない人でも実施できるような環境にしていくことが望まれる。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP19H01138, JP20H05706, JP20H04014, JP20K11059, JP22H03699, JP19K02973, 特別研究員奨励費 22J13217, および、立石科学技術振興財団の研究助成を受けて行われている。

文 献

- [1] M. Deakin and H. Al Waer, "From intelligent to smart cities," Intelligent Buildings International, vol.3, no.3, pp.140–152, 2011.
- [2] “総務省 | 報道資料 | 「令和 4 年度 救急業務のあり方に関する検討会」の発足及び開催,” https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01shoubo01_02000591.html, July 2022. (Accessed on 01/24/2023).
- [3] 堀江寛, 陳思楠, 中村匡秀, 安田清, “動画を活用した在宅高齢者のためのストレス解消サービスの研究,” 電子情報通信学会技術研究報告; 信学技報, pp.●-●●●, 2022.
- [4] “第 1 節 高齢化の状況 | 令和 2 年版高齢社会白書 (概要版) - 内閣府,” https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/html/gaiyou/s1_1_1.html. (Accessed on 01/24/2023).
- [5] 総務省消防庁 (編), 消防白書 令和 3 年版, 日経印刷, 2022.
- [6] 松場建都, 佐伯幸郎, 中村匡秀, “救急ビッグデータに基づく 2020 年の熱中症搬送者分析,” 電子情報通信学会技術研究報告; 信学技報, vol.120, no.434, pp.43–48, 2021.
- [7] “日本の将来推計人口 (平成 29 年推計) | 国立社会保障・人口問題研究所,” https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2013/zenbun/s1_1_1_02.html. (Accessed on 01/24/2023).
- [8] “予測精度を測定する 3 つの簡単な方法,” <https://zipforecasting.com/ja/demand-planning/forecast-accuracy.html>. (Accessed on 02/03/2023).
- [9] 尾崎雄一郎, “Chebyshev 基準による回帰直線の幾何学的導出方法,” 名城論叢, vol.3, no.3, pp.1–8, 2002.
- [10] “おっと危ない: 信頼区間と予測区間を混同しちゃダメ - take a risk: 林岳彦の研究メモ,” <https://takehiko-i-hayashi.hatenablog.com/entry/20110204/1296773267>. (Accessed on 01/24/2023).
- [11] “兵庫県 / 将来推計人口・世帯数,” <https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk07/suikai2019.html>. (Accessed on 01/24/2023).
- [12] “神戸市: 人口・人口動態データ集,” <https://www.city.kobe.lg.jp/a47946/shise/toke/toukei/jinkoudata/jinkoudata.html>. (Accessed on 01/24/2023).