

ニューラルネットワークを用いた札幌市の救急搬送の将来予測

Prediction of Number of Emergency Transport in Sapporo Using Artificial Neural Network

高橋 尚人[†] 原 正浩[‡] 阿波 俊也[‡]
Naoto Takahashi Masahiro Hara Toshiya Awa

1. はじめに

救急業務は、国民の生命・身体を守る不可欠な業務である。札幌市では、昭和 33 年の救急業務開始以来、救急出動件数・搬送人員ともに年々増加している。札幌市では人口減少、少子化・高齢化の進展が予測されているが、人口構造の変化等により救急需要も変化すると考えられる。救急業務に関するリソースの適正配分などを検討する上で、救急需要の将来予測は有用な検討材料になると考えられる。本研究では、札幌市の救急搬送実績、気象等のデータを用い、札幌市の救急搬送の将来予測に取り組む。

2. 札幌市の救急出動の状況

平成 22 (2010) 年から令和 3 (2021) 年までの札幌市の救急出動件数および搬送人員を図 1 に示す。令和 3 年中の救急出動件数は 97,852 件で、前年より 7,069 件増加した。また、令和 3 年中の搬送人員は 81,973 人で、前年より 4,689 人増加した。

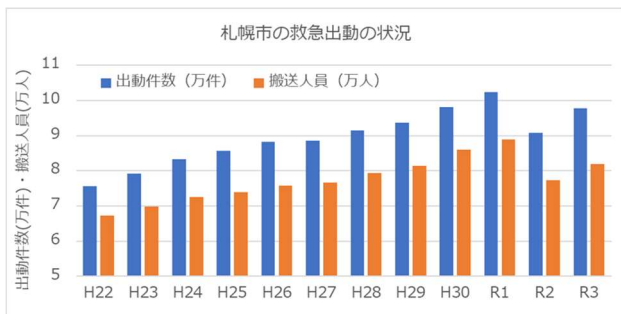


図 1 札幌市の救急出動の状況 (新型コロナウイルス感染症患者の移送に係る出動・搬送を含まない) [1]

けがや急病等で救急患者が発生した場合、手当等を行うまでの時間が救急患者の生存率や予後を左右する要因となる。病院で手当を受ける場合、救急患者の搬送時間も重要な要素となるが、札幌市の救急出動の現場到着時間等は延伸傾向にある (図 2)。

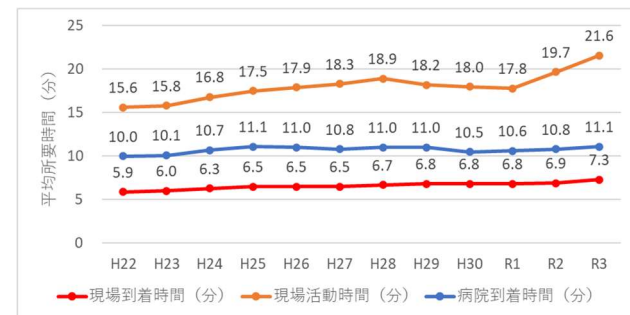


図 2 札幌市の救急出動に要する時間の推移 [1]

3. 研究の手法

3.1 救急需要予測に関する研究レビュー

救急需要の予測では、短期 (数日先) 予測の研究 (例えば[2])、長期 (数年~数十年先) 予測の研究に大別される。後者では、総務省消防庁が、国民 1 人が 1 年間に救急搬送を利用する割合に将来の予測人口を乗じて救急需要を推計した[3]。横浜市消防局と横浜市立大学は、救急出場件数の予測に共同で取り組んだ[4]。当該研究では、人口、気象、暦、#7119 利用率等の救急関連情報を説明変数とする重回帰モデルを構築し、将来救急需要を予測している。

本研究では、横浜市消防局らの事例を参考に、ニューラルネットワークを用いて札幌市の救急出動の将来予測モデルの構築に取り組む。

3.2 ニューラルネットワークモデルの構築

3.2.1 目的変数、説明変数の選定

本研究では、日単位での予測モデルを構築し、そこから年間の救急需要を求めることとし、目的変数は日当たりの救急搬送人員とした。なお、平成 18 (2006) 年から令和 3 (2021) 年までの救急搬送データを使用した。2020 年は新型コロナウイルス感染症 (以下、「コロナ」と略す) の流行が救急搬送に影響したと考えられるため、モデル構築には 2019 年 12 月 31 日までのデータを使用した。

説明変数は、横浜市消防局らの事例を参考に、人口、気象、暦に関するデータから、将来予測値の入手可能性も考慮して候補を抽出し、モデルを構築して精度検証を行い、説明変数を選定した (表 1)。なお、月、曜日などの尺度を持たない変数は one-hot エンコーディングを用いて説明変数化した。

表 1 モデル構築に用いた説明変数

種類	項目	変数の数
人口	総人口	1
	老年1(65~74歳)人口	1
	老年2(75~84歳)人口	1
	老年3(85歳~)人口	1
気象	日平均気温	1
	日最高気温	1
	日最低気温	1
	最深積雪	1
暦	月	12
	曜日	7
	連休後の平日	1

3.2.2 ニューラルネットワークモデルの構築

モデルの構築には Python(ver. 3.7.0) を使用し、ニューラルネットワークの実装には TensorFlow (ver.2.0.0) および Keras (ver.2.3.1) を使用した。データのうち 80%を学習データ、20%を検証データとし、過学習を防ぐため、検証デ

[†] 札幌市立大学 Sapporo City University
[‡] 札幌市消防局 Sapporo Fire Bureau

一タの損失関数の推移から学習を早期に終了する Early-stopping を実装した。モデルの構造は、推定誤差が小さくなるようにチューニングを行い、中間層は 8 層、各層のニューロン数を 128 とした。

4. ニューラルネットワークモデルの構築結果

4.1 2006～2019 年の救急搬送人員の再現性

構築したニューラルネットワークモデルを用い、2006 年から 2019 年までの日別の搬送人員を推定し、年単位で集計した結果を表 1 に示す。搬送人員の減少が見られた 2008 年の誤差率が大きく 5.6%だったが、それ以外の年は誤差率が 4%以内となった。

表 1 2006～2019 年の搬送人員の推定結果

年	実測値	予測値	絶対誤差	誤差率 (%)
2006	68,923	69,979	1,056	1.5%
2007	68,108	67,462	646	0.9%
2008	62,789	66,293	3,504	5.6%
2009	64,041	65,840	1,799	2.8%
2010	67,240	68,255	1,015	1.5%
2011	69,843	71,020	1,177	1.7%
2012	72,500	73,961	1,461	2.0%
2013	73,850	76,236	2,386	3.2%
2014	75,831	78,094	2,263	3.0%
2015	76,634	77,889	1,255	1.6%
2016	79,383	81,975	2,592	3.3%
2017	81,411	84,689	3,278	4.0%
2018	85,999	88,331	2,332	2.7%
2019	88,898	92,334	3,436	3.9%

4.2 構築モデルを用いた救急需要予測

4.2.1 コロナ時期 (2020 年 - 2021 年) の救急需要の予測

構築したニューラルネットワークモデルは、コロナの流行が救急出動に影響を与えた可能性を考慮し、2006 年から 2019 年までの救急出動データを用いて構築した。実際、2020 (令和 2) 年および 2021 (令和 3) 年の出動件数および搬送人員は減少しており、コロナの流行が影響した可能性がある。そこで、本節では、構築モデルを使って 2020 年および 2021 年の搬送人員を予測した (図 3)。

構築モデルによる予測値は実測値を大きく上回り、2021 年の搬送人員は 9 万 8 千人台と予測した。コロナの流行による救急需要の減は大きかったと考えられる。

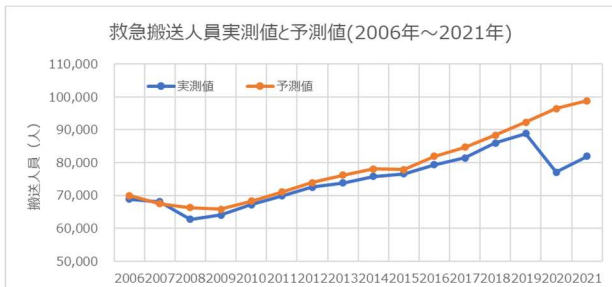


図 3 救急搬送人員の実測値と予測値 (2006 年～2021 年)

4.2.2 札幌市の救急需要の予測結果

構築したモデルに将来の人口、気象、暦に関するデータを投入することで搬送人員の将来予測値が得られる。人口

は札幌市の将来推計人口データ[5]を使用した。気象の予測値は、「日本の気候変動 2020」[6]に基づく各地域の将来予測から設定した。暦の情報のうち祝日については、「国民の祝日に関する法律」に定める祝日が将来も変更なく続くと仮定して設定した。

説明変数の予測値を構築モデルに投入して得られた搬送人員の予測値を図 4 に示す。予測の期間は 2045 年までとした。2022 年以降、救急搬送人員は増加を続け、2030 年には 14 万 2 千人台に達する。その後、搬送人員が減少傾向に転じ、2040 年には 13 万 4 千人台になるが、2045 年には再び増加傾向になり、13 万 5 千人台になるとの予測結果を得た。

札幌市の総人口は減少するが、高齢者人口は増加すると見込まれている。高齢者は、人口当たりの救急搬送率が高いため、総人口の減と高齢者人口の増のバランスで搬送人員が増減すると推察される。

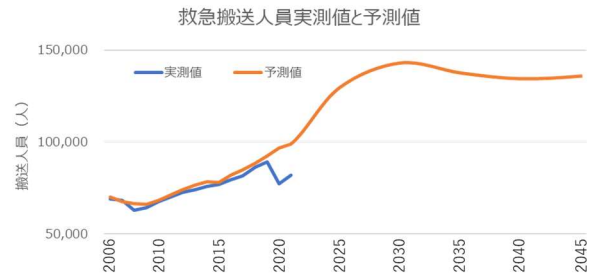


図 4 救急搬送人員の予測値 (2006 年～2045 年)

5. 今後の展望

本研究では、札幌市全体の救急需要の将来予測に取り組んだ。気象の変化については一定の仮説をおいた予測値を用いるなど説明変数にも不確定要素があるため、搬送人員の推移を見ながら結果の確認およびモデルの見直しを適宜行う必要があるが、救急搬送人員は今後も増え続け、最大で 2030 年に 14 万人台に達すると予測結果を得た。

今後、救急業務に関するリソースの適切な配分を検討するため、札幌市の地域単位での救急需要予測に取り組む予定である。

参考文献

- [1] 札幌市消防局警防部救急課、救急出動状況、<https://www.city.sapporo.jp/shobo/kyukyu/shutudou/shutudou.html>
- [2] 川崎市消防局、AI を活用した救急隊の現場到着時間短縮に向けた実証実験に関する協定を締結しました！、川崎市報道発表資料、令和 4 年 6 月 14 日、<https://www.city.kawasaki.jp/templates/press/cmsfiles/contents/0000141/141111/houdouhappyou.pdf>
- [3] 総務省消防庁、平成 22 年度 救急業務高度化推進検討会報告書、https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/kento019.html
- [4] 横浜市、救急需要予測 (横浜市立大学との共同研究)、<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/bousai-kyukyu-bohan/kyukyu/prediction/20171206.html>
- [5] 札幌市まちづくり政策局政策企画部企画課、推計人口、<https://www.city.sapporo.jp/toukei/jinko/suikai-jinko/suikai-jinko.html>
- [6] 文部科学省・気象庁、日本の気候変動 2020 - 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書-、2020 年 12 月、https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_honpen.pdf