

熱中症搬送者数の中期予測手法の中規模地方自治体への適用

中井 哲也[†] 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: [†]manda@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ^{††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp, ^{†††}saiki.sachio@kochi-tech.ac.jp

あらまし 我々は神戸市消防局との共同研究において、週間天気予報から先 1 週間の熱中症搬送者数を予測する中期予測手法を提案した。本稿では、中規模地方自治体において、本手法が活用可能であるかを、兵庫県三田市のデータを用いて評価する。三田市における 1 日の熱中症搬送者数と、気象庁が持つ過去の気象データを用いて、三田市における熱中症搬送者数予測モデルを構築した。実気象データを用いて三田市における熱中症搬送者の有無の予測を行ったところ、71.3% という結果が得られた。これより、中規模地方自治体における予測手法の有効性が示された。加えて、予測結果を自動表示する Web アプリケーション HSP (HeatStroke-Prediction) を開発した。誰でも予測結果を確認でき、数値的根拠に基づいた熱中症対策の広報に活用できるなどのフィードバックを頂き、本アプリケーションの有効性が示された。

キーワード 熱中症, 救急医療, スマートシティ, 需要予測, 機械学習

Applying a medium-term prediction method for the number of heat stroke victims to medium-sized local governments

Tetsuya NAKAI[†], 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

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

E-mail: [†]manda@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ^{††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp, ^{†††}saiki.sachio@kochi-tech.ac.jp

Abstract In our previous research, we proposed a prediction method of the number of heat stroke victims for the next week based on the weekly weather forecast. In this paper, we evaluate the possibility of using this method in Sanda City, Hyogo Prefecture, a medium-sized local government. We developed a prediction model for Sanda City using the daily number of heat stroke victims in Sanda City and historical weather data. Using the prediction model, we were able to predict the occurrence of heat stroke in 71.3% of the cases. In addition, we developed a web application, HSP (HeatStroke-Prediction), which automatically displays the prediction results. As a result of using HSP at the Kobe City Fire Department, they gave us feedback that HSP can be used to publicize heat stroke prevention measures based on numerical evidence.

Key words heat stroke, ambulance, smartcity, demand prediction, machine learning

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様なデータを取得・蓄積し、施策や街づくりに役立てる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。神戸市消防局では、スマートシテの取り組みの一環として、救急出動に関するデータ（以降、救急ビッグデータと呼ぶ）を ICT システムにより収集・記録している。救急ビッグデータを分析・活用することで、これまで定量的な評価が困難であった、救急需要を満たす救急リソースの再配置、救急需要を見越した出動戦略の策定、などの救急事業の改善が実現可能である。

本研究では、一時的な救急医療をひっ迫する要因として、近

年その発生増加が大きな問題となっている熱中症に着目する。これまでの研究において、熱中症が救急医療のひっ迫に影響を与えることを明らかにした。加えて、過去の気象データと救急出動データから、熱中症搬送者数を予測するモデルを構築した。週間天気予報を組合わせることにより、1週間の熱中症搬送者数を予測することが可能になった。

予測モデルの構築には神戸市のデータを用いている。大規模地方自治体では予測可能と考えられるが、神戸市以外の地域、特に区を持たない中規模地方自治体において、モデル構築に必要なデータが収集可能か、開発したモデルの精度が救急事業に利用可能か分かっていない。加えて、現在の予測モデルを活用するためには、予測に必要な天気データを収集し、プログラム上でモデルに適用させる必要がある。現状では、救急需要対策を策定する消防局員が簡単に利用することができない。

そこで本稿では、中規模地方自治体において、本手法が活用可能であることを確かめる。本稿では、中規模地方自治体の例として、神戸市よりも人口規模が小さい、兵庫県三田市を挙げる。

必要なデータの内、三田市の1日の熱中症搬送者数は、三田市消防局より救急ビッグデータを頂くことで取得する。三田市の過去の気象データの内、最高気温及び最低気温は、気象庁より取得する。過去の気象データの内、天気データは三田市に存在しないため、近隣で蓄積されている神戸市のものを利用する。以上のデータを用いて、三田市における熱中症搬送者数の予測モデルを構築する。

気象の実測データを用いて三田市の熱中症搬送者数の予測を行ったところ、望ましい精度を得ることができなかった。これは、三田市における1日の熱中症搬送者数が殆どおらず、1人の誤差が相対的に大きく見えるためである。そこで、三田市で熱中症搬送者数が発生するかどうか、同様のモデルで計算したところ、71.3%で発生の有無を当てることができた。これより、中規模地方自治体において、提案手法を用いることで、熱中症搬送者の発生の有無を予測することが可能であると分かった。

加えて、より明瞭かつ迅速に熱中症搬送者数の予測値を提示することを目的とする。そのために、熱中症搬送者数の予測値を表示するWebアプリケーション *HSP (HeatStroke-Prediction)* のプロトタイプ開発を行う。熱中症の予測に必要な週間天気予報の収集、予測モデルへの適用をシステムで行い、予測結果をグラフ及び表形式で表示する。実際に開発したHSPを、神戸市消防局の消防局員に使って頂き、フィードバックを頂いた。その中で、数値的根拠に基づいた熱中症対策の広報といった、救急施策の具体案の提案に利用できるといった意見を頂き、本アプリケーションの有効性が示された。

2. 準備

2.1 中期熱中症搬送者数の予測手法

今までの研究において、過去の気象データにおける神戸の「天気(天気概要)・最高気温・最低気温」と、神戸市に1日の熱中症搬送者数から、予測モデルを構築する予測手法を提案した[2]。過去の気象データのうち、最高気温と最低気温は、その地域における気温と熱中症の発生状況の関係から、新たな特徴量

を定義している。これにより、地域特性を反映した特徴量が生まれ、それぞれの地域に適切な予測モデルが構築できる。

1週間後の熱中症搬送者数の予測を行うために、気象庁が公開する週間天気予報[3]を利用している。これには、予報日から1週間先までの天気、最高気温、最低気温が含まれており、構築したモデルに適用可能である。

2.2 中規模地方自治体における救急事業

中規模地方自治体とは、人口規模が概ね10万人程度までの規模の地方自治体を指す[4]。例として、兵庫県神戸市に隣接している兵庫県三田市に着目する。2020年現在の三田市の人口は11.1万人、2020年の救急出動回数は3802件である[5][6]。一方、2020年現在の神戸市の人口は152.6万人[7]、2020年の救急出動回数は神戸市救急ビッグデータより、77568件である。

これらのデータから、三田市の救急事業は、神戸市の救急事業の規模を小さくしたものとみなすことができる。そのため、中期の熱中症搬送者数の予測を、三田市など中規模地方自治体でも行うことができると考えられる。

2.3 熱中症予測の応用

熱中症予測を応用する先として、実際の救急事業に従事する消防局のほか、人が集中し集団熱中症が発生するリスクの高いイベントや、熱中症発リスクの高い屋外施設が考えられる。例えば、熱中症予測を消防局で利用する場合、事前に熱中症搬送者数の予測をすることで、日ごとの適切な人員配備が可能になり、限りある救急リソースを効率的に利用できる。また、イベントや屋外施設においても、事前に熱中症対策用品を準備することや、イベント参加者及び施設利用者への説得力のある呼びかけに活用出来る。

以上のように、熱中症の予測は、救急に関する場面だけでなく、市民の普段の生活にも利用できると考えられる。

2.4 中規模地方自治体における提案手法の適用

中期の熱中症搬送者数の予測手法を中規模地方自治体に適用するためには、いくつかの課題が挙げられる。ここでは、兵庫県三田市を例に挙げる。

三田市は、1日ごとの熱中症搬送者数を公開していない。また、三田市にはアメダスが設置されており、過去の最高気温、最低気温を取得することが可能であるが、天気概況は取得することができない。そのため、1日にどれくらい熱中症搬送者数があるのか、予測モデルが構築可能か分からない。これに加えて、気象庁発表の週間天気予報は存在しないため、モデルの活用も難しい。

以上より、中規模地方自治体における中期の熱中症搬送者数が、どれくらいの精度で予測可能か分析することができない。

2.5 提案手法による熱中症搬送者数の予測方法

現在、熱中症搬送者数を予測するためには、週間天気予報から得られた気象データを加工し、構築済みの予測モデルに与える必要がある。週間天気予報は、気象庁ホームページより毎日発表されており、誰でも入手可能な情報である。気象データの加工及びモデルへの投入は、Jupyter Notebookを用いて、プログラミング言語であるpythonで行っている。プログラミングを行い数値を入力することで、特定の気象における熱中症搬

送者数の予測値を得ることができる。

実際に熱中症搬送者数の予測値を活用するのは、救急事業を行う消防局の職員や、施設やイベントを管理する管理者が想定される。そのため、活用する人自身が各々予測を行うことが求められる。しかし、手動での数値入力による予測では、入力ミスによる不正確な予測の可能性がある。加えて、プログラミングに対する専門知識を有していないことや、予測以外の業務に時間を割く必要があるといった問題があり、人力による予測は現実的ではない。

2.6 本研究のアプローチ

本稿の前半では、中規模地方自治体の例として三田市を挙げ、三田市での中期の熱中症搬送者数の予測を行う。三田市における1日の熱中症搬送者数は、三田市消防局に協力して頂き、三田市消防局が持つ救急ビッグデータを分析することで取得する。三田市の過去の天気概要について、近隣の大規模地方自治体である神戸市のものを活用する。三田市の週間天気予報について、気象庁以外が発表する週間天気予報を活用することが考えられる。本研究では、データ入手に関わる作業や、データを公開及び利活用する関係で、神戸市の週間天気予報を三田市のものとし、神戸市の週間天気予報の内、最低気温の値を調整してから評価に用いる。これは、三田市は盆地状の地形となっており、似た気候である神戸市と比較すると、最低気温が低くなるという特徴があるためである [8]。以上のデータを用いて、三田市の熱中症搬送者数の予測モデルを構築し、その精度を分析する。これにより、中規模地方自治体における中期の熱中症搬送者数の予測が可能かどうかを評価する。

本稿の後半では、より明瞭かつ迅速に熱中症搬送者数の予測値を提示することを目的とした、熱中症搬送者数の予測値を表示する Web アプリケーション *HSP (HeatStroke-Prediction)* のプロトタイプ開発を行う。HSP には、以下の4つの機能を持たせる。

- A1: 熱中症搬送者数の予測値推移の表示
- A2: 天気と予測値の表示
- A3: 自由入力による予測
- A4: 特定日時における予測の表示

これらの機能によってユーザは、専門知識や特別な操作無しに、今後1週間の熱中症搬送者数の予測値を得ることができる。

以降では、3章に三田市における熱中症搬送者数の予測モデルの評価について説明をする。4章では、HSPのプロトタイプ開発について説明する。5章では、HSPの実装とフィードバックについて説明する。

3. 三田市における中期熱中症搬送者数の予測

3.1 活用するデータ

三田市の熱中症搬送者数を予測する予測モデルを構築するために、2.1節で説明したデータが必要である。モデル構築に利用するデータの期間は、2013年2013年から2019年の各年6月から9月における各日(全854日)とする。

三田市の1日の熱中症搬送者数は、三田市の救急ビッグデー

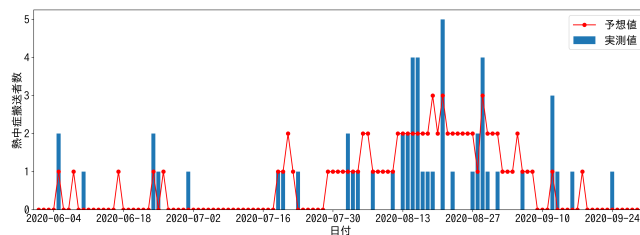


図1 三田市における、気象の実測値を用いた熱中症搬送者数の予測値と実測値のプロット

タより、熱中症に関する搬送を抽出することで取得する。三田市の過去の気象データの内、最高気温及び最低気温データは、地域気象観測システム(アメダス)により保存されているため、気象庁ホームページから取得する。三田市の過去の気象データの内、天気概況は、神戸市と同一とみなし、気象庁ホームページから取得する。

また、モデルを評価するためのデータの期間は、2020年の各年6月から9月における各日(全122日)とする。この期間のデータを上記と同様の手法で取得する。加えて、週間天気予報について、各日17時に発表された神戸市の週間天気予報を活用する。以上のデータを用いて、提案手法通りに予測モデルの構築を行った。

3.2 テストデータの回帰予測精度

まず、実際の三田市の気象データを用いて、予測の評価を行う。2020年6月から9月までの全122日の三田市の気象データを準備し、説明変数を作成する。この説明変数をモデルに適用させ、その予測値と実際の熱中症搬送者数と比較する。今後の評価の際、出力された予測値に対して、「小数点以下を四捨五入する」「負の値が出力された場合、予測値を0とする」の2つの処理を行う。

図1は、気象データの実測値を用いた、2020年6月から9月までの三田市における熱中症搬送者数の予測値と実測値を表している。横軸は2020年の各日を、縦軸は熱中症搬送者数である。また、各予測モデルから得られた予測値を折れ線グラフで、実際に出勤した実測値を棒グラフで表している。このグラフから、部分的には一致しているものの、予測値と実測値に差異が見られる。これは、1日の搬送者数が少なく、1人の予測誤差が大きく見えるためと考えられる。

また、モデルの精度を評価する指標は以下の通りである。

- MAE: 0.549
- RMSE: 0.811
- 決定係数: 0.045

3.3 テストデータの分類精度

1日の搬送者数が少ないことから、「熱中症搬送者数が発生するか」という分類問題として解いた場合を検討する。

以下では、熱中症搬送者数の予測値と実測値が一致した場合、その日を「数値的中」とみなす。また、熱中症の発生の有無が一致した場合(予測値と実測値が共に0、もしくは共に1以上)、その日を「発生的中」とみなす。前節で求めた予測値と実測値

を分析すると、以下の結果が得られた。

- ・ 数値的中率: 71 日/122 日 (58.2%)
- ・ 発生的中率: 87 日/122 日 (71.3%)

表 1 三田市の熱中症搬送者数

		実測値	
		0	1 以上
予測値	0	62(50.8%)	7(5.7%)
	1 以上	28(23.0%)	25(20.5%)

また、予測値と実測値の分類は表 1 の通りである。表の数値は、予測値と実測値の関係となる日数及び、対象期間に占める割合を表している。ここから、第一種過誤（擬陽性、熱中症が発生すると予測していたが実際は発生しなかった）の日の方が、第二種過誤（偽陰性、熱中症が発生しないと予測していたが、実際は発生した）の日よりも多いことが分かる。

3.4 週間天気予報を活用した予測精度

次に、週間天気予報を用いた、三田市の中期熱中症搬送者数の予測精度を分析する。本分析では、三田市における 4 日後から 7 日後の予測精度を分析する。評価に利用するデータは、神戸市における 2020 年 6 月 1 日から 9 月 30 日に対する 122 日分の天気予報データとする。各日後に関して、回帰の精度を評価する指標である RMSE と MAE、分類の精度を評価する指標である数値的中率と発生的中率、第一種過誤率と第二種過誤率を分析する。

表 2 三田市における、週間天気予報を用いた予測精度

予測日	MAE	RMSE	数値的中率 (%)	発生的中率 (%)	第一種過誤率 (%)	第二種過誤率 (%)
(実測値)	0.549	0.811	58.2	71.3	23.0	5.7
4 日後	0.533	0.730	55.7	67.2	25.4	7.4
5 日後	0.533	0.795	58.2	67.2	24.6	8.2
6 日後	0.508	0.705	58.2	68.0	23.8	8.2
7 日後	0.508	0.754	59.8	68.9	23.8	7.4

表 2 は、特定日後の予測及び分類の誤差を評価する指標を表している。これより、実測値を用いた予測と、週間天気予報を用いた予測について、精度に大きな差異がないことが分かる。また、より未来の日の予測を行っても、精度に大きな差が見られなかった。

3.5 考察

三田市における熱中症搬送者数の予測モデルに関して、平均絶対誤差が 1 を下回っており、精度の良いモデルにも見える。しかし、予測結果のグラフを見ると、神戸市における予測と比較して誤差が大きく見える。加えて、決定係数がほぼ 0 に近く、精度の悪いモデルではないかと考えられる。

これらの要因として、三田市の 1 日の熱中症搬送者数が少ないことが挙げられる。2020 年では、熱中症搬送者数が多い夏の時期においても、対象期間の 73.8% の日では熱中症が発生していない。さらに、最も発生している日でも 5 人であり、神戸市の 2020 年最高搬送人数の 35 人に到底及ばない。そのため、絶

対誤差及び相対誤差が 1 を下回り、決定係数の値も低くなったと考えられる。これより、神戸市など大規模地方自治体向けに提案した熱中症搬送者数の中期予測は、三田市など中規模自治体に適用することは可能であったが、正確に値を予測する事は困難であると考えられる。

値を予測する「回帰問題」を解くことは困難だが、ここで、熱中症が発生するかどうかという「分類問題」を解くことを検討する。同様の予測モデルの予測結果を用いた時、発生の有無を当てられた日は全体の 71.3%、熱中症搬送者が出た日に「1 人以上」と予測したのは 78.1% であった。また、表 1 より、分類の誤差の偏りが少ないことが分かる。これより、中規模地方自治体において、熱中症搬送者の発生を予測することが可能だと考えられる。

週間天気予報を用いた熱中症搬送者数の予測及び発生有無の分類について、どちらも精度に大きな差異がないことが挙げられた。これは、週間天気予報が大きく外れた場合でも、熱中症搬送者数の予測値に強く影響しないためであると考えられる。

以上より、中規模地方自治体において熱中症搬送者数を予測することは困難であるが、熱中症搬送者数の中期予測手法を用いることで、熱中症搬送者の有無を分類することが可能であることが分かった。

4. HSP (HeatStroke-Prediction)

4.1 全体アーキテクチャ

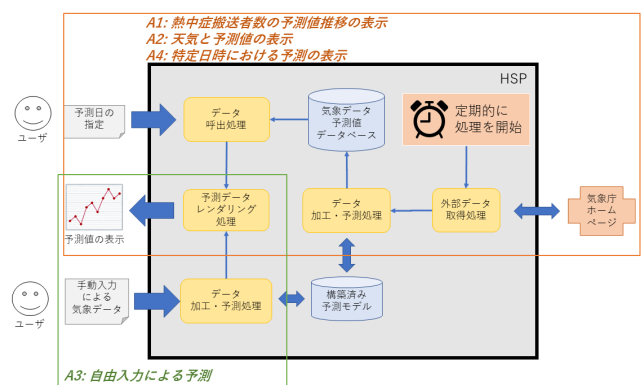


図 2 全体アーキテクチャ

HSP の全体アーキテクチャを図 2 に示す。図の中央部、実線で囲った部分が HSP のシステム境界である。左側に HSP のユーザ、右側に HSP で用いるデータソースの 1 つである気象庁ホームページが存在している。図 2 内、上部の赤色の点線で囲った部分で、A1, A2, A4 の機能を実現する。また、下部の緑色の点線で囲った部分で、A3 の機能を実現する。

以降の節では、A1-A4 のそれぞれの詳細を述べる。

4.2 A1: 熱中症搬送者数の予測値推移の表示

熱中症搬送者数を予測するために、あらかじめ対象地域の週間天気予報を取得する必要がある。HSP では、気象庁が発表する週間天気予報を 1 日 3 回（5 時、11 時、17 時）サーバの処理によって取得し、事前にデータの加工及び値域を含む予測値の計算を行う。その後、予測結果と週間天気予報をデータベースに



図 3 HSP における予測値の可視化画面

気象情報から熱中症を予想する

最低気温(℃)：
28

最高気温(℃)：
35

1日前の最高気温(℃)：
34

2日前の最高気温(℃)：
33

天気(午前)：●晴れ○曇り○雨

天気(午後)：●晴れ○曇り○雨

雨フラグ：□

● 雨フラグ:少しでも雨が降った、降りそうな場合にチェックを入れる

予想 結果: 19.0人

特定日時の天気予報を呼び出す

2021/08/01 □ 更新

図 4 HSP における自由入力による予測及び過去の予測取得画面

保存する。ユーザが HSP にアクセスした際、データベースより予測値及び予測結果を取得し、直近 1 週間の予測値及びその値域を線グラフでユーザに提示する。

これにより、予測にかかる待ち時間は、データベースより情報を取得するのにかかる時間のみになるため、迅速な予測結果の提示に繋がる。

4.3 A2: 天気と予測値の表示

A1 では、予測値を線グラフで提示するのに対し、A2 では表

形式で予測値とその日の天気を提示する。グラフでは直近 1 週間の傾向や概数が分かる反面、具体的な数値情報がわかりにくいという欠点もある。表形式でのデータ提示では、天気情報も同時に提示するため、予測の根拠となったデータを同時に確認することができる。

これによりユーザは、自身が必要とする情報に合わせて、情報を得ることができるようになる。

4.4 A3: 自由入力による予測

A1 および A2 では、気象庁が公開する週間天気予報を元に、予測を行っている。しかしながら週間天気予報は正確とは言えないため、予報以外の気象での予測も必要となる。A3 では、ユーザが自由に気温、天気などを入力し、熱中症搬送者数の予測を行う。予測に必要なデータの加工やモデルへの適用はサーバ上で行うため、ユーザは気象データの入力のみ行う。

これによりユーザは、予報以上の暑さを想定した試行錯誤的予測など、自由度のある予測モデルの活用が可能になる。

4.5 A4: 特定日時における予測の表示

A4 では、ユーザが入力した日付に発表された週間天気予報を用いた予測結果を、A1 および A2 を用いて提示する。この機能では、ユーザは過去の予測結果を見ることを想定している。

これにより、ユーザ自身が過去の予測の精度を確認したり、日付による予測の差といった評価を行うことができる。

5. 実装

提案した HSP のプロトタイプを、Web アプリケーションとして実装した。本稿で実装する HSP では、神戸市のみを対象とした予測であることに注意されたい。

5.1 利用した技術

プロトタイプ実装に利用した技術は以下のとおりである。

表 3 実装に用いた技術

クライアント	HTML5, JavaScript
サーバ	Java, Spring boot, Python
データベース	MongoDB
Web サーバ	Apache 2.4.37
ライブラリ	Chart.js

5.2 予測値の可視化画面

図 3 に、アプリケーションの画面の上部を示す。この画面は、A1 及び A2 によって実装された部分である。

図 3 の上部は、2021 年 9 月 1 日 11 時に得られた週間天気予報から計算した、2021 年 9 月 1 日から 8 日までの熱中症搬送者数の予測値を線グラフで表している。線グラフの内、赤の実線は週間天気予報の最高気温、最低気温の値を用いた予測値を表している。点線及び赤の背景色は、週間天気予報の気温の値域を用いた予測値の値域を表している。

図 3 の下部は、同期間の予測値、天気、最高気温、最低気温を表形式で表している。この表では、グラフでは点線及び背景色で表していた予測の値域を、具体値で表記している。

5.3 予測値取得画面

図 4 に、アプリケーションの画面の下部を示す。この画面は、

A3 及び A4 によって実装された部分である。

図 4 の上部は、ユーザが気象データ等を入力できるフォームを表している。本フォームでは、予測したい日の最低気温、最高気温、予測日 1 日前の最高気温、予測日 2 日前の最高気温、午前の天気、午後の天気を入力することで、熱中症搬送者数を予測できる。また、雨フラグにチェックを入れることで、にわか雨などの天気予報には載らないデータを想定し、予測結果に反映させることができる。

5.4 過去の予測取得画面

図 4 の下部は、ユーザが自由な日付を入力出来るフォームを表している。フォームに任意の日付を入力し更新することで、任意の日の熱中症搬送者数の予測を確認することができる。

5.5 フィードバック

本アプリケーションの有効性を確認するため、神戸市の消防署に勤務し、救急搬送業務に携わる救急隊員に毎日確認して頂いた。加えて、神戸市消防局にてデータ分析や広報に携わる局員にも、同様に毎日確認して頂いた。期間は、2021 年 7 月 20 日から 7 月 31 日までの 12 日間とした。その後、アプリケーションの使用感や予測値に対する、意見聴取を行い、フィードバックを頂いた。

救急搬送業務に携わる救急隊員からのフィードバック

- ・ 予測結果の表示が見やすく、特に問題はない。
- ・ 現場における準備は、熱中症搬送者が増加することも想定しているため、予測データにあわせて変更や増強を行うまでは至らなかった。
- ・ 夏場は気温が低くても、熱中症搬送数が少なくても、救急車に熱中症対策の資材を常時車載している。

データ分析や広報に携わる局員からのフィードバック

- ・ 気温と予測値の関係は経験則通りであった。
- ・ 予測が具体的な数値で出ていることから、根拠に基づく市民向けの注意喚起に活用できる可能性がある。
- ・ 未来の明らかなリスクが見えていれば、リスクヘッジのため早期に行動することもできる。

5.6 考 察

得られたフィードバックより、線グラフによる予測値とその値域の表示の有効性が示された。また、予測モデルに対する精度にも、肯定的な評価を得ることができた。

しかしながら、救急搬送業務の現場においては、本アプリケーションによる有益な効果を与えることはできなかった。これに対して局員から「ここ数年の夏場の急激な気温上昇や熱中症搬送者の急増を受け、救急隊員も含め、万全の準備をしている。そのため、現場救急隊員への予測データの提示は、あまり効果は得られないかもしれない。」という追加の意見を頂いた。これより、現場の隊員に対しては、熱中症搬送者数の予測は参考程度の情報であると考えられる。

一方で、データ分析や広報に携わる局員のフィードバックより、本アプリケーションの活用先を見出すことができた。活用例として、「熱中症が多く出ると予想される日に野外イベント

を行う場合、数値的根拠を示して熱中症対策を厳重にしてもらう」や、「計画されている行事などにおいて、事前に熱中症対策の広報を行うことや、行事のやり方の変更を推奨する」などが挙げられた。

このように、ユーザに分かりやすく予測結果を提示することが、ピンポイントの熱中症予防施策を検討することに繋がることから、本アプリケーションの有効性が示されたと考えられる。

6. お わ り に

本稿では、熱中症搬送者数の予測手法が中規模地方自治体で適用可能か、三田市のデータを活用し評価を行った。予測結果において、中規模地方自治体では数値を予測する事は困難であることが分かった。一方で、熱中症搬送者の有無を 71.3% で予測することができた。また、週間天気予報を用いた 1 週間先の熱中症搬送者の有無を、平均 67.8% で予測することができた。

熱中症搬送者数の予測を誰でも行えるよう、直近 1 週間の熱中症搬送者数の予測を提示する web アプリケーション「HSP」を開発した。熱中症搬送者数の予測モデルと週間天気予報データを組み合わせ、自動で予測値の計算を行うことで、容易に予測結果を得ることができた。フィードバックより、値的根拠を元にしたピンポイントの熱中症予防施策を検討するといった、救急施策への補助が可能になった。

今後の展望として、熱中症搬送者数の予測モデル構築の自動化を行う。これにより、専門知識無しに、提案手法を活用することが可能になると考えられる。

謝 辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP19H01138, JP18H03242, JP18H03342, JP19H04154, JP19K02973, JP20K11059, JP20H04014, JP20H05706, 立石科学技術振興財団の研究助成 及び、救急振興財団の救急に関する調査研究事業助成を受けて行われている。

本研究は神戸市消防局との共同研究の一環で行われている。本研究は三田市消防局との共同研究の一環で行われている。

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] 中井哲也, 佐伯幸郎, 中村匡秀, “気象予報を活用した熱中症救急需要の中期予測手法の検討,” *電子情報通信学会技術報告書*, vol.121, no.157, pp.24–31, 2021.
- [3] “気象庁 週間天気予報,” <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kurashi/shukan.html>. (Accessed on 07/23/2021).
- [4] 西向良平, 大西克実, 中野秀男, “中小規模地方自治体における情報システムの改善に関する研究,” *Journal of Informatics*, vol.8, no.2, pp.10–22, 2011.
- [5] “三田市 人口及び世帯数 (令和 2 年度),” https://www.city.sanda.lg.jp/shimin/r2_jinkou.html. (Accessed on 01/19/2022).
- [6] “三田市 火災・救急・救助概要 令和 2 年,” <https://www.city.sanda.lg.jp/shoubou/documents/r2gaiyou.pdf>. (Accessed on 01/19/2022).
- [7] “神戸市 人口統計,” <https://www.city.kobe.lg.jp/a47946/shise/toke/toukei/jinkou/index.html>. (Accessed on 01/19/2022).
- [8] “三田市 市の概要,” <https://www.city.sanda.lg.jp/toshi/tokei/planning/outline.html>. (Accessed on 01/19/2022).