

地域性と季節性を考慮した熱中症救急搬送者数予測手法の開発

DEVELOPMENT OF PREDICTION METHOD OF NUMBER OF HEAT STROKE PATIENTS CONSIDERING REGIONALITY AND SEASONALITY

○非会員 佐藤 亮吾^{*1}, 佐藤 拓人^{*1}, アカデミック会員 日下 博幸^{*2},
非会員 清水 麻未^{*1}, 荒木 貴光^{*2}

Ryogo SATO^{*1}, Takuto SATO^{*1}, Hiroyuki KUSAKA^{*2}, Asami SHIMIZU^{*1} and Takamitsu ARAKI^{*2}

^{*1} 筑波大学生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8577 Japan

^{*2} 筑波大学計算科学研究センター Center for Computational Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8577 Japan

Corresponding author: Hiroyuki KUSAKA, E-mail: kusaka@ccs.tsukuba.ac.jp

In this research, a prediction model of heat stroke emergency carrier was proposed. This model could consider the regionality and seasonality of heat stroke risk. The prediction accuracy was improved by dividing summer season into three periods and using a prediction formula that dedicated to each period. In particular, in the late summer period, this model reduced RMSE by over 60 % in areas where the prediction accuracy is most improved. When the explanatory variable with the best prediction accuracy (daily high temperature, daily high temperature-humidity index or daily high WBGT) is selected, it is confirmed that the best explanatory variable was different depending on the region. In some regions, RMSE using the least accurate explanatory variable is about 1.5 times as compared with using the best explanatory variable. These results suggest that the importance of considering the regionality and seasonality of heat stroke risk in improving the prediction accuracy of the model.

1. はじめに

近年、日本では熱中症による死亡者数や救急搬送者数が増加傾向にあり、深刻な社会問題となりつつある。特に、2018 年は全国的に記録的な猛暑となったことに伴い、6~9 月の全国の熱中症救急搬送者数は延べ 92,710 人に上った⁽¹⁾。これは 2017 年までの同時期の延べ搬送者数の約 1.8 倍に匹敵する多さである。将来、温暖化がさらに進行すれば、さらなる暑熱環境の悪化や熱中症患者数の増加が懸念される。そのリスクを評価するため、温暖化適応策に資する将来の熱中症リスクを予測するモデルの開発が望まれている。

熱中症救急搬送者数 (以下、単に搬送者数と呼称する) を予測する手法としては、気象要素と搬送者数の統計的關係に基づいた統計モデルを用いる方法が挙げられる。この方法は、予測結果として具体的な搬送者数予測値を提示できるため、既存の高温注意情報や熱中症予防情報よりも社会的インパクトの強い情報を提供することができる。将来気候下における熱中症リスクの評価という面においても、熱中症リスク評価の指標として搬送者数そのものの値を用いることができるため、有益な情報となることが期待される。例えば、布施ほか⁽²⁾は、日平均気温を用いた指数関数型の予測式を作成し、気象要素から搬送者数を予測する手法の有効性を示した。

Fujibe et al.⁽³⁾は、1999 年から 2014 年の人口動態統計を用いて、地域によって熱中症死亡率が異なることや、月平均気温が同じ場合でも 7 月の死亡率が 8 月よりも 40~50% 高くなることを明らかにした。これは、地域や季節によって熱中症リスクの程度が異なることを示している。したがって、搬送者数を予測するモデルを開発する場合には、これらの地域性や季節性の影響を何らかの形で考慮すべきであろう。

本研究では、温暖化が進行した将来気候下における熱中症リスク評価に利用可能な、実用的な熱中症救急搬送者数予測モデルの開発を試みる。なお、熱中症リスクには地域性や季節性があることを考慮し、予測モデルにはそれらの影響を評価できるような工夫を施す。さらに、地域毎に予測誤差が最小となる説明変数を選択し、その地域性の有無について議論する。

2. 予測手法の概要

2.1 予測モデルの概要

本研究では、気温や湿熱指標といった暑熱に関わる気象要素を説明変数とし、搬送者数の日別値を目的変数とする一変数の一般化線形モデルを開発した。

$$\log(y) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (1)$$

ここで、 x が説明変数、 y が目的変数、 β_0 と β_1 はそれぞれモデルパラメーターである。 β_0 と β_1 については、学習データに対してポアソン分布を用いたフィッティングを行い、最尤推定値を求めた。地域性を考慮するため、沖縄県を除く 46 都道府県毎にフィッティングを行い、それぞれの地域に即した予測式を作成した。また、季節性を考慮するため、夏期を期間 1 (初夏)、期間 2 (盛夏)、期間 3 (晩夏) の 3 期間に分割し、暑熱順化に起因する予測値の過小評価または過大評価の恐れがある期間 1 と期間 3 について、それぞれの期間のデータのみでフィッティングを行い、別途それぞれの期間専用の予測式を作成した。期間 1 は 6 月 1 日から梅雨明け後 7 日目までとし、期間 3 は 8 月 15 日以降に日最高気温が 3 日連続で低下し、かつその低下量が計 2℃ 以上になった日から 9 月 30 日までとした。

2.2 予測精度の評価方法

2010~2018 年のうち任意の 8 年間を学習データとし、残りの 1 年間をテストデータとする交差検証を実施した。搬送者数を予測する場合、そのピークを正確に予測できるかどうかのカギとなる。そこで、予測誤差の見積もりには二乗平均平方根誤差 (root mean square error, RMSE) を使い、RMSE が小さいものを予測精度の良いモデルであると判断した。

2.3 使用データ

本研究では、熱中症救急搬送者数として、総務省消防庁が一般に公開している熱中症の救急搬送人員に関するデータのうち、都道府県別日別の搬送人員のデータを使用した。期間は 2010~2018 年の 6~9 月である。

説明変数として用いる気象要素は、日最高気温、日最高不快指数、日最高 WBGT の 3 種類である。気温は、各都道府県内の

AMeDAS で観測された時別値を空間平均した値を使用した。ある一点の気温データではなく、空間平均された気温を用いることで、値の空間代表性がより高まることが期待される。不快指数を計算するために必要な相対湿度は、気象官署の時別値を用いた。日最高 WBGT を計算するには、乾球温度、湿球温度、黒球温度が必要である。乾球温度は、気象官署の気温の時別値を用いた。湿球温度は、Tetens の式と Sprung の式を用いて逐次計算した。黒球温度は、Okada and Kusaka⁽⁴⁾の式を用いて推定した。

3. 結果

3.1 基準モデルと期間分割モデルの精度評価

期間分割を行わずに全期間の搬送者数を 1 つの予測式で予測する基準モデルと、夏期を 3 期間に分割してそれぞれの期間に即した予測式を用いて予測する期間分割モデルの予測精度を比較し、予測誤差の低減に対する期間分割モデルの有効性を検討した。図 1 は、各地域の全期間の RMSE を、説明変数やモデルの種類別に箱ひげ図で表したものである。期間分割モデルを用いたことによる RMSE の増減量は、日最高気温を用いた場合では-11.1%~+0.4%、日最高不快指数モデルでは-12.7%~-1.0%、日最高 WBGT モデルでは-10.2%~-0.3%であった。日最高気温を用いた場合のほぼ全ての地域と、日最高不快指数や日最高 WBGT を用いた場合の全ての地域で RMSE が減少した。

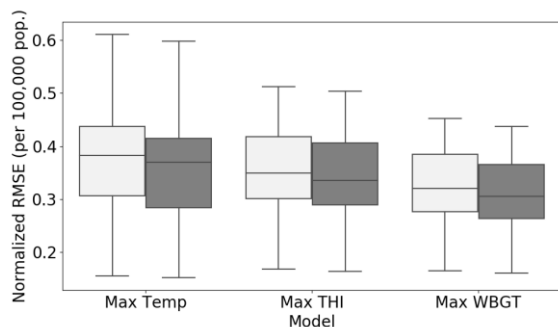


Figure 1 Box plot of RMSE (all period) of standard model and period division model. RMSE is normalized to per 100,000 people. White box: standard model. Gray box: period division model.

基準モデルと期間分割モデルで予測値が異なるのは期間 1 と期間 3 のみである。したがって、期間分割モデルによる誤差低減効果を検討するのであれば、期間 1 や期間 3 のみの RMSE にも注目すべきであろう。そこで、期間 1 と期間 3 のそれぞれの期間における RMSE を算出した。期間分割モデルを用いたことによる期間 1 の RMSE の増減量は、日最高気温を用いた場合では-31.6%~+3.3%、日最高不快指数を用いた場合では-13.0%~+0.92%、日最高 WBGT を用いた場合では-15.0%~+2.1%であった (図省略)。RMSE が減少している地域が多いものの、かえって誤差が大きくなっている地域もみられた。この原因については、期間 1 と基準モデルの予測値が過小評価している期間が一致していないことが考えられる。図 2 は、各地域の期間 3 のみの RMSE を、説明変数やモデルの種類別に箱ひげ図で表したものである。期間分割モデルを用いたことによる RMSE の増減量は、日最高気温を用いた場合では-65.4%~-4.9%、日最高不快指数を用いた場合では-66.8%~-8.0%、日最高 WBGT を用いた場合では-66.0%~-5.1%であった。多くの地域で 10%以上の RMSE の低減に成功し、いくつかの地域では RMSE の減少量が 60%に達した。これは、搬送者数予測モデルの精度向上を目指す場合に、熱中症リスクの季節性を考慮することの重要性を示唆するものである。

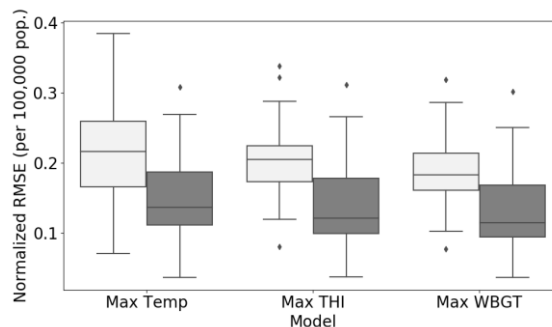


Figure 2 Box plot of RMSE (only 3rd period) of standard model and period division model. RMSE is normalized to per 100,000 people.

White box: standard model. Gray box: period division model. Points: outlier.

3.2 最も誤差が小さくなる説明変数の選択

期間分割モデルを用いて予測した予測値について、地域毎に最も RMSE が小さくなる説明変数を選択した。その結果、46 地域中 33 地域で日最高 WBGT が、8 地域で日最高気温が、5 地域で日最高不快指数が選択された (図省略)。また、一部の地域では、最も予測精度の低い予測式を用いた場合の RMSE が、最も予測精度の高い予測式を用いた場合と比較して 1.5 倍に達した。この結果は、地域によって適切な説明変数が異なることを示すものであり、各地域に即した予測モデルを開発すべきであることを示唆している。

4. 結論

本研究では、温暖化が進行した将来気候下における熱中症リスク評価に利用可能な、熱中症リスクの地域性や季節性を考慮した熱中症救急搬送者数予測モデルを開発した。まず、夏期を 3 期間に分割してそれぞれの期間に即した予測式を使用することで、多くの地域で誤差を減少させることに成功した。また、地域毎に最も誤差が小さくなる説明変数の選択を行い、その変数が地域によって異なることを明らかにした。これらの結果は、熱中症救急搬送者数予測モデルの精度向上を目指す場合に、熱中症リスクの地域性や季節性を考慮することの重要性を示唆するものである。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省「気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT: Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology)」の支援により実施された。

参考文献

- (1) “熱中症情報”. 総務省消防庁.
<https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post3.html>, (参照 2019-08-01)
- (2) Fujibe, F., Matsumoto, J. and Suzuki, H., Spatial and temporal features of heat stroke mortality in Japan and their relation to temperature variations, 1999-2014. *Geographical Review of Japan Series B*, 91-1(2018), pp.17-27.
- (3) 布施明, 坂慎弥, 布施理実, 荒木尚, 金史英, 宮内雅人, 横田裕行. 2014. 気象データから熱中症救急搬送者数を予測する. *日本救急医学会雑誌*, 25(2014), pp.757-765.
- (4) Okada, M., M. Okada, and H. Kusaka, A polyethylene chamber for use in physical modelling of the heat exchange on surfaces exposed to a radiation regime. *Boundary-Layer Meteorology*, 153-2(2014), pp.305-325.