

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：84404

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K17914

研究課題名（和文）人工知能を用いた気象観測データを基にした心原性院外心停止の新規予測モデルの開発

研究課題名（英文）A novel machine learning model for predicting the incidence of out-of-hospital cardiac arrest using weather data

研究代表者

中島 啓裕（Nakashima, Takahiro）

国立研究開発法人国立循環器病研究センター・研究所・客員研究員

研究者番号：50796141

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、日本の院外心停止レジストリと気象情報の突合データセットをもとに機械学習を用いて解析し、院外心停止発生と気象条件の関係性を調べた。日内平均気温、日内気温差および前日との気温差が院外心1日の停止数と関連があることを解明した。過去の研究では、低い日内平均気温のみが心停止のリスクと関連性があることが報告されていたが、日内平均気温と院外心停止発症件数の関係性はU字曲線であることが新たに示された。これらの解析を元に機械学習による院外心停止予測モデルを作成し、暦データも考慮することで都道府県単位で90%の高精度で院外心停止数を予測することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により複雑な気象条件と心停止発生との関連性を明確にできた。予測モデルの精度をさらに高めることで、将来的に市民に対しては日々の気象条件に応じた注意喚起を行い、また医療従事者に対しては限られた医療資源を日々の気象条件をもとに再配置するのに役立つことが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this population-based study, we combined an out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) nationwide registry and high-resolution meteorological and chronological datasets from Japan. We developed a model to predict daily OHCA incidence with a training dataset from 2005 to 2013 using the eXtreme Gradient Boosting algorithm. A dataset from 2014 to 2015 was used to test the predictive model.

Among the 1,299,784 OHCA cases, 661,052 OHCA cases of cardiac origin (525,374 cases in the training dataset) were included in the analysis. Compared with the ML models using meteorological or chronological variables alone, the ML model with combined meteorological and chronological variables had the highest predictive accuracy in the training and testing datasets. Sunday, Monday, holiday, winter, low ambient temperature and large interday or intraday temperature difference were more strongly associated with OHCA incidence than other the meteorological and chronological variables.

研究分野：蘇生科学

キーワード：機械学習 予測モデル 院外心停止 気象情報

### 1. 研究開始当初の背景

院外心停止は、日常生活において突然の心停止に至る病態であり、本邦では、年間に約 11 万件の院外心停止が発症している。院外心停止の約 6 割は心血管疾患が原因と考えられており、生存退院率はわずか 2%に過ぎない。ゆえに、心血管疾患および心原性院外心停止の発生を予測し、有効な予防対策を確立することは喫緊の課題である。しかしながら、心血管疾患の発症を事前に予測しうる方法は確立されていない。過去の観察研究において、気象条件が急性心筋梗塞の発症に關与する可能性が示唆されており (Am J Cardiol 2017;119:872-880)、高解像度の気象条件を用いて院外心停止の発生率の予測モデルを作成できれば社会的貢献が大きいと考えた。

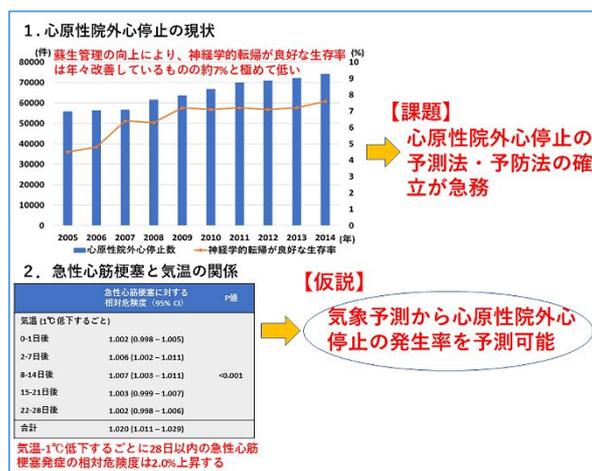


図 1. 心原性院外心停止の現状と仮説

近年、機械学習の発達が目覚ましく、この技術により大規模なデータの解析や複雑に關与したデータの解析が可能となった。従って、我々は機械学習を用いることで気象条件をもとにした院外心停止発生率を予測できるのではないかと考えた (図 1)。

### 2. 研究の目的

本研究は、気温・降雨量・風量・大気汚染を含む気象観測データを基にした心原性院外心停止の発症予測モデルの確立を目指すことを目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究は、総務省消防庁によるウツタイン様式救急蘇生統計データと Weather Company 社の高解像度気象データを用いた。2005 年 1 月～2013 年 12 月を training データセットとして、一日あたりの心停止発症数を予測する機械学習モデルを作成し、2014 年 1 月～2015 年 12 月のデータを testing dataset として本予測モデルの精度を試験した。

気象データは 4km グリッドの解像度でデータを収集されており下記気象変数を解析に含めた：気温 (°C)、湿度 (%)、一時間降水量 (mm)、積雪量 (mm)、雲量 (%)、風速 (kph)、および大気圧 (hPa)。暦データは下記を含めた：年度 (2005 を参照)、季節 (春、3-5 月；夏、6 月-8 月；秋、9 月-11 月；冬、12 月-2 月 [冬を参照])、曜日 (日曜を参照)、祝日、および年末年始 (12 月 29 日から 1 月 6 日)。

まず、一般化線形モデルを用いて気象および暦データの各変数と心原性院外心停止発生の關連性を求めた。続いて、eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) アルゴリズムを用いて気象データのみ使用した予測モデル、暦データのみを使用した予測モデルおよび気象と暦データを組み合わせた予測モデルを作成しアウトカムを比較した。アウトカムは予測精度とし、予報システムに広く使用されている平均絶対誤差 (MAE) と平均絶対パーセント誤差 (MAPE) を用いた。MAE、MAPE とともに低いほど予測精度が高いことを示し、一般的に MAPE は 10% 以下で高精度であるとされている。

また予測モデルにおける相対的に強力な予測因子を同定するために Shapley Additive Explanations (SHAP) アルゴリズムを用いた。

### 4. 研究成果

研究期間中に登録された心原性院外心停止 661,052 件を解析対象とし、うち training dataset は 525,374 件および testing dataset は 135,678 件であった。2005 年から 2015 年にかけて、院外心停止発生数は中央値 133 件/日 (四分位 109, 167) から 173 件/日 (四分位, 146, 216) と上昇を認めた。また、年間発生件数も 44.5 件/100,000 人年から 59.7 件/100,000 人年と上昇していた。気象および暦データの各変数は全て心原性院外心停止の発生に有意な關連を認めた。

気象データのみ使用した予測モデル、暦データのみを使用した予測モデルおよび気象と暦データを組み合わせた予測モデルを作成した (図 2)。院外心停止発生率の実測値は 7 月-8 月を最低値とした U 字型を示した。気象変数のみによる予測モデルでは院外心停止発生数の日間変動を予測した。さらに暦変数を加えることで年末年始の心停止の上昇をより高精度に予測することに成功した。

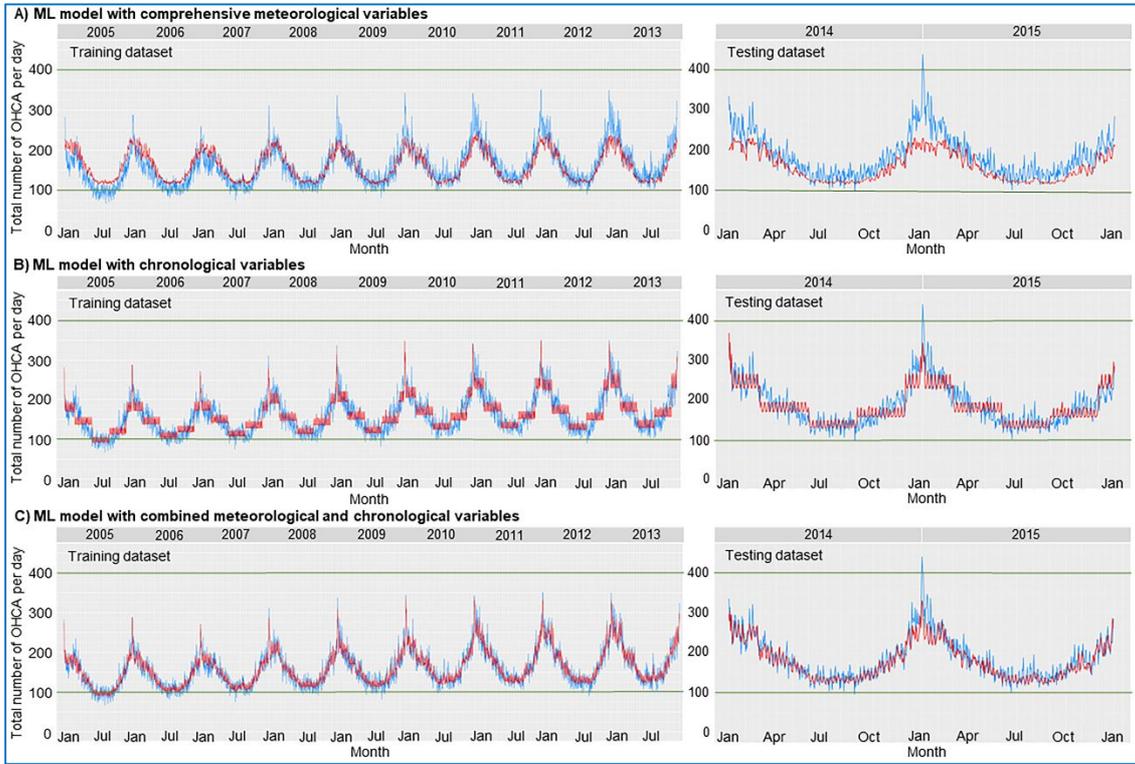


図2. A) 気象データ単独、B) 暦データ単独、およびC) 気象+暦データ混合予測モデル

続いて予測精度に関して、気象と暦データを組み合わせたモデルは訓練データセットにおいて MAE 1.314、MAPE 7.007%と他モデルと比較して最も精度が高く、試験データセットにおいても MAE1.547、MAPE 7.788%と非常に高い予測精度を示した(表1)

表1. 各予測モデルにおける予測精度の比較

予測精度	気象データ単独 モデル		暦データ単独 モデル		気象+暦データ 混合モデル	
	Training dataset	Testing dataset	Training dataset	Testing dataset	Training dataset	Testing dataset
MAE by prefecture and day	1.413	1.628	1.415	1.577	1.314	1.547
MAPE by day (%)*	12.158	14.023	11.307	10.833	7.007	7.788

さらに SHAP アルゴリズム解析を用いて心停止発症数予測において強く関連する因子を同定した。気象データでは低い平均気温、日内・日間の大きな気温差であり、暦データでは日曜日、月曜日、祝日、冬季(12月~2月)が院外心停止発症数に強く関連することが明らかとなった。

本研究において、気象観測データと暦データを用いた院外心停止発症予測モデルは高精度で院外心停止の日発生件数を予測することに成功した。過去に気温と心血管疾患

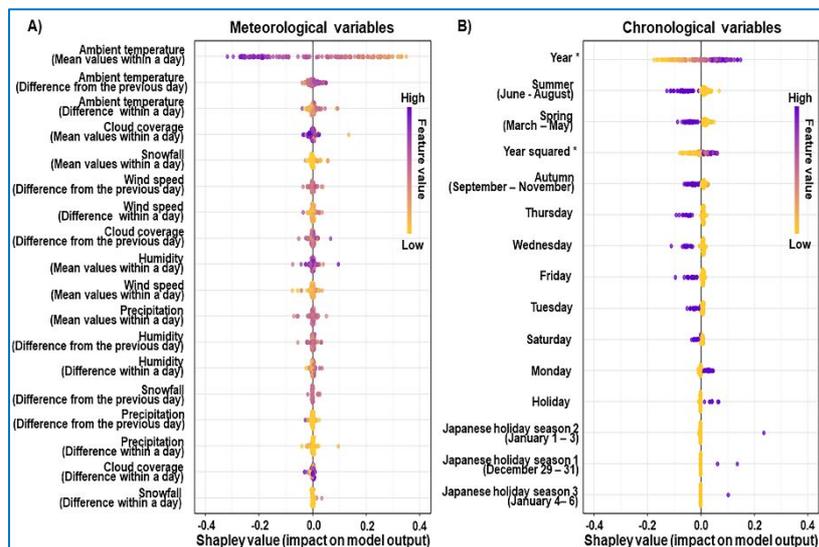


図3. 予測モデルにおける重要予測因子の同定

の関係性の報告(Danet S, et al.Circulation 1999;100(1):E1-7)は存在したが、これまでに複数の気象因子を用いた研究はなく、本研究では機械学習を用いることで複数の因子を使用し、さらにはリスクの日間変動についても予測可能であった。気象情報を心停止予測モデルに使用する利点として、気象予報は2週間先の未来まで予測可能なことが考えられる。将来的に個人に

対して心停止ハイリスク日の情報を提供することで、心停止発症リスクの軽減につながることを期待される。ただし、本研究で使った院外心停止データは都道府県レベルの粒度であり、さらに心停止発症場所（屋外、屋内）に関する情報がないためさらなる研究が必要である。

現在、米国の院外心停止データおよび気象データを用いてモデルを作成し、Invariant Causal Prediction の手法を用いて同等の精度を保ちつつ変数を削減することに取り組んでいる（査読付き論文に投稿中）。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nakashima Takahiro, Ogata Soshiro, Noguchi Teruo, Tahara Yoshio, Onozuka Daisuke, Kato Satoshi, Yamagata Yoshiki, Kojima Sunao, Iwami Taku, Sakamoto Tetsuya, Nagao Ken, Nonogi Hiroshi, Yasuda Satoshi, Iihara Koji, Neumar Robert, Nishimura Kunihiro	4. 巻 107
2. 論文標題 Machine learning model for predicting out-of-hospital cardiac arrests using meteorological and chronological data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Heart	6. 最初と最後の頁 1084 ~ 1091
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1136/heartjnl-2020-318726	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakashima Takahiro, Ogata Soshiro, Kiyoshige Eri, Al-Hamdan Mohammad Z, Wang Yifan, Noguchi Teruo, Shields Theresa A, Al-Araji Rabab, McNally Bryan, Nishimura Kunihiro, Neumar Robert W	4. 巻 none
2. 論文標題 A machine learning model for predicting out-of-hospital cardiac arrest incidence using meteorological, chronological, and geographical data from the United States	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 medRxiv	6. 最初と最後の頁 none
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/2023.05.08.23289698	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Takahiro Nakashima
2. 発表標題 Machine learning model for predicting out-of-hospital cardiac arrests using meteorological and chronological data
3. 学会等名 American Heart Association Resuscitation Science Symposium 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

機械学習を用いて気象データと暦情報から院外心停止発症リスクを高精度に予測  
[https://www.ncvc.go.jp/pr/release/20210518\\_press/](https://www.ncvc.go.jp/pr/release/20210518_press/)

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
米国	ミシガン大学	エモリー大学	ミシシッピ大学