

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）
総括研究報告書

脳卒中・循環器病のEvidence-based policy makingの推進に関する研究

研究代表者 飯原 弘二 国立循環器病研究センター 病院長

研究要旨

循環器病(CVD)による死亡は日本の死因の24.8%を占め、今後高齢化の影響でさらに増加すると言われている。循環器病死亡数の高精度な将来予測は、健康寿命延伸・医療費抑制の医療政策立案のため重要である。アメリカとイギリスでは循環器病死亡数の推移に影響する年齢・時代・世代の効果及びそれらの時間変化を取り込んだBayesian age-period-cohort (BPAC)モデルで高精度な将来死亡予測が実証されているが、本邦においては実施されていない。加え、循環器病死亡数は47都道府県間で差があることが報告されており、この地域差を考慮してBAPCモデルを作成する必要がある、地域差の考慮はアメリカやイギリスでは実施されていない。

我々は1995～2019年に渡るCVD死亡数のデータを用い、都道府県の地域差を考慮して冠動脈疾患(CHD)と脳卒中の将来死亡数予測モデルを複数構築した (The Lancet Regional Health - Western Pacific 2022)。当モデル構築時は、2015～2019年のデータで予測精度を比較し、Bayesian age-period-cohort (BAPC)モデルに基づく予測モデルが最も予測精度が高いことを示した。本研究では日本全国の2020～2023年のCVD死亡数の観測値と比較することにより、我々が以前に構築したCHDと脳卒中死亡数予測モデルの予測精度を前向きに評価する。加えて、最も予測精度が良いモデル構築アルゴリズムを明らかにする。

2020～2023年において、BAPCモデルは従来法よりも高精度なCHD死亡予測を示し、小さい程予測精度が高いとされるmean absolute percentage error (MAPE)もCHDで男性6.2%、女性4.0%、脳卒中は男性4.4%、女性4.7%と予測精度が高いことが確認された。BAPCモデルでのCHD将来死亡予測は、今後の医療政策立案において有用であると考えられる。

研究分担者氏名・所属研究機関名及
び所属研究機関における職名

西村邦宏

国立研究開発法人国立循環器病研究センター・予防医学・疫学情報部・部長

尾形宗士郎

国立研究開発法人国立循環器病研究センター・予防医学・疫学情報部・室長

清重映里

国立研究開発法人国立循環器病研究センター・予防医学・疫学情報部・上級研究員

堀江信貴

国立大学法人広島大学・大学院医科学部研究科脳神経外科・教授

松丸祐司

国立大学法人筑波大学・医学医療系脳神経外科脳卒中予防治療 寄附講座・教授

野口暉夫

国立研究開発法人国立循環器病研究センター・病院・心臓血管内科・副院長・部長

田宮菜奈子

国立大学法人筑波大学・医学医療系/ヘルスサービス開発研究センター・教授/センター長

猪原匡史

国立研究開発法人国立循環器病研究センター・脳神経内科・部長

平松治彦

国立研究開発法人国立循環器病研究センター・情報統括部・部長

A. 研究目的

循環器病(CVD)による死亡は日本の死因の24.8%を占め、今後高齢化の影響でさらに増加すると言われている。CVD死亡数の高精度な将来予測は、健康寿命延伸・医療費抑制の医療政策立案のため重要である。アメリカとイギリスではCVD死亡数の推移に影響する年齢・時代・世代の効果及びそれらの時間変化を取り込んだBayesian age-period-cohort (BPAC)モデルで高精度な将来死亡予測が実証されているが、本邦においては実施されていない。加え、CVD死亡数は47都道府県間で差があることが報告されており、この地域差を考慮してBAPCモデルを作成する必要がある、地域差の考慮はアメ

リカやイギリスでは実施されていない。我々は1995～2019年に渡るCVD死亡数のデータを用い、都道府県の地域差を考慮して冠動脈疾患(CHD)と脳卒中の将来死亡数予測モデルを複数構築した (The Lancet Regional Health - Western Pacific 2022)¹。当モデル構築時は、2015～2019年のデータで予測精度を比較し、Bayesian age-period-cohort (BAPC)モデルに基づく予測モデルが最も予測精度が高いことを示した。

本研究では日本全国の2020～2023年のCVD死亡数の観測値と比較することにより、我々が以前に構築したCHDと脳卒中死亡数予測モデルの予測精度を前向きに評価する。加えて、最も予測精度が良いモデル構築アルゴリズムを明らかにする。

B. 研究方法

データリソース

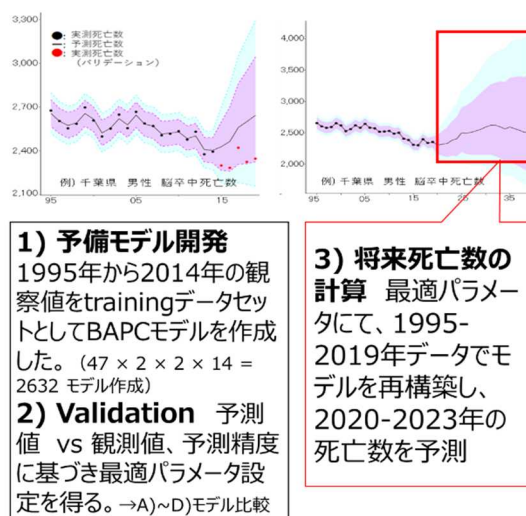
日本在住の30歳以上の男女を対象として、政府統計、国立社会保障・人口問題研究所の公開人口データ、および統計モデルを用い、脳卒中およびCHDの将来死亡数を2040年まで推定する予測モデルを構築した。対象は、性別・47都道府県別・5歳刻みの年齢階層(80歳以上は1区分に集約)とし、分析にはCHD (I20, 21, 22, 24, I25[急性心筋梗塞]と[その他の虚血性心疾患])と脳卒中 (I60-69) の1995年～2019年の死亡数、同期間および2040年までの観測人口(人口動態調査・国勢調査)と将来推定人口(国立社会保障・人口問題研究所)を用いた。なお、本研究は脳卒中とCHDに将来死亡数予測に焦点をあてており、これらの疫学的背景の理由や数理モデル構築の理由から、厚労省HPやe-Statで報告されている集計方法と一部異なる。なお、全国値はこれら算出された47都道府県の集計値を用いて算出した。

開発した数理モデルの前向きの予測精度検証

予測アルゴリズムは、観察期間の平均変化率を用いるモデル、時系列死亡数予測のLee-Carterモデル、そして死亡率トレンドにおける年齢・時代・世代の効果及びそれらの時間変化を考慮可能なBAPCモデルを用い、47都道府県ごと・男女別に2020～2023年のCHDと脳卒中の将来死亡数を予測した。

従来法	● 死亡将来予測は、性別・47都道府県別・30歳以上5歳刻みの年齢別に、下記4つのアプローチで実施した。
	- 死亡率が一定に減少すると仮定し予測したモデル - Lee-Carterモデル: 国際的に広く使用されている死亡数の時系列予測モデル - Bayesian Age-Period-Cohort (BAPC) モデル - 年齢・時代・世代 (APC) の効果を考慮可能。APCの死亡率への効果を、i) 一定 or 線形の時間変化、ii) heterogeneity (過剰分散) を組み込む or 組み込まない を設定できる

BAPCモデルの実施方法は、下記図の通りとなる。すべての全国値は47都道府県ごとに算出した値を集計して得た。



各モデルを用いて予測した2020～2023年の死亡数と、2020～2023年の人口動態統計のCHDと脳卒中の観測死亡数との比較により、Mean Absolute Percentage Error (MAPE)およびRoot Mean Squared Error (RMSE)を指標として予測精度を評価した。全国値は47都道府県別の予測結果を集計して算出した。MAPE・RMSEは小さい程予測精度が良く、一般的にMAPEは<10%で高い予測精度、<5%で非常に高い予測精度であることを示す。

(倫理面への配慮)

個人に関する情報に該当しない既存の情報を利用したため、人を対象とした倫理指針の対象外であるため、倫理面の問題はない。

C. 研究結果

既報予測死亡数¹と人口動態調査で実際に報告されている実測値を、モデル構築後に2020-2023年の4年間で前向きに比較した結果、BAPCモデルは従来法よりも高精度な予測であることが確認された。具体的には、2020～2023年のCHD死亡数総和は男性で168,142名、女性で206,560名であった。それに対して、4年間の男性・女性のMAPE

はそれぞれ、平均変化率モデルで7.1%, 4.2%, Lee-Carterモデルで9.1%, 5.9%, BAPCモデルで6.2%, 4.0%であった。4年間の脳卒中死亡数総和は男性111,381名、女性212,564名であった。それに対して、4年間の男性・女性のMAPEはそれぞれ、平均変化率モデルは9.9%, 8.2%, Lee-Carterモデルは6.8%, 5.8%, BAPCモデルは4.4%, 4.7%であった（図1, 図2）。

2020-2023年の4年間の前向き評価を、47都道府県ごとで、RMSEで評価した。その結果、CHD、脳卒中の男女いずれもBAPCモデルが予測精度最良と選ばれた回数が最多であった（表1）。なお、2021と22年の循環器系疾患の実測死亡数は、COVID-19のパンデミックの影響で、増加したと推定されている。²

D. 考察

2020～2023年の前向き評価において、我々の既報論文の予測値であるBAPCモデルは、従来法よりも高精度なCHDと脳卒中死亡予測を示した。本取り組みの留意点として、全国レベルではBAPCモデルの予測精度が最良であるが、都道府県によっては他のモデルが最良の場合もある。そのため、ケースバイケースで採用モデルを決めたり、複数モデルの結果を提示したりすることが望ましいと考えられる。また、モデル構築に使用した死亡数は「人口動態統計」に基づく。「人口動態統計」の死亡診断書は、臨床現場のものと異なる可能性がある。データは1995-2019を使用しており、この過去の死亡トレンドが継続すると仮定して2020年から2040年の予測値を算出している。つまりCOVID-19パンデミック前に基づいており、その影響は考慮していない。2020年の日本の全死亡率は過去と比較して減少したと報告されているが、2021年と2022年には超過死亡が報告されている。²同様の傾向は高血圧性疾患、CHD、心不全、脳血管疾患、その他の循環器系疾患でもほぼすべての都道府県で観察されている。COVID-19パンデミックといったCHD・脳卒中死亡に影響を与える事象が発生し予測が困難な状況であったが、それでもBAPCモデルは従来法より高精度に予測可能であり、予測精度が非常に高いとされるMAPE5%未満の基準をほぼ達成できていた（一般的にMAPEは<10%で高い予測精度、<5%で非常に高い予測精度であることを示す）。

また、令和6年8月には青森県庁健康医療福祉部に本研究班の取り組みを報告し、日本版CVD death projections model（本報告書のBAPC予測モデルに該当する予測ツール）を

中心に、各都道府県の循環器病対策推進計画の実態調査結果、日本版IMPACT NCD（介入方法事前検証ツール）の開発結果について説明を行い、自治体職員と本研究結果の意義や地域での活用可能性について協議を行った。

協議においては、自治体側から特に予測モデルの使用方法に関する留意点について質問があり、これに対応した。主な質問内容として、実際の自治体においてはCHDを急性心筋梗塞のみと誤解していた。そのため、本モデルの構築には急性心筋梗塞以外の虚血性心疾患も含まれている点を説明した。一般的にはAMIの死亡数・率が報告されることが多いことが、認識違いが生じた理由と考える。また、モデル構築に使用した死亡数の出典である「人口動態統計」の死亡診断書と臨床現場の死因判断が異なる可能性についても補足した。さらに、予測死亡数は死亡割合に国立社会保障・人口問題研究所の将来推計人口を掛けて算出しており、論文報告時の2018年版から2023年版への更新が必要であること、都道府県ごとの将来推計人口は5年ごとの報告であり、非報告年については内挿によって推定値を使用していることを説明した。

E. 結論

2020～2023年の前向き評価において、BAPCモデルは従来法よりも高精度なCHDと脳卒中死亡予測を示した。MAPEは、CHD死亡数において男性で6.2%、女性で4.0%、脳卒中死亡数において男性4.4%で、女性4.7%であった。一般にMAPEが10%未満であれば予測精度は高く、5%未満であれば非常に高いとされることがから、日本全国値で予測精度が高いことが確認された。BAPCモデルでのCHDと脳卒中将来死亡予測は、今後の医療政策立案において有用であると考えられる。

【参考文献】

1. Kiyoshige, E., Ogata, S., Iihara, K., Nishimura, K. Projections of future coronary heart disease and stroke mortality in Japan until 2040: A Bayesian age-period-cohort analysis. The Lancet Regional Health - Western Pacific. 2022;31:100637.
2. Nomura S, Eguchi A, Ghaznavi C, et al. Excess deaths from non-COVID-19-related causes in Japan and 47 prefectures from January 2020 through May 2021 by place of death. SSM - Popul Health. 2022;19.

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

1. 尾形宗士郎. 日本における循環器病リスク要因が循環器病動向に与える全国的影響の分析 (2001-2019年): microsimulation study (日本疫学会学術総会. 高知. 2025年2月)
2. 清重映里. 日本の冠動脈疾患将来死亡数予測における従来モデルとBAPCモデルの比較: 2020-2022年の実測値と予測値に基づく検討(日本疫学会学術総会. 高知. 2025年2月)
3. 尾形宗士郎. 2001-2019年の日本の脳卒中動向に対する循環器病リスク要因の全国的影響の分析: A Microsimulation Study (STROKE. 大阪. 2025年3月)
4. 清重映里. 日本の脳卒中将来死亡数予測の従来法とBAPCモデルの比較: 2020-2022年の実測値と予測値に基づく検討 (STROKE. 大阪. 2025年3月)
5. Soshiro Ogata. Quantifying the National-level Impact of Cardiovascular Risk Factors on Coronary Heart Disease Trends in Japan (2001-2019): a Microsimulation Study. (日本循環器学会学術集会. 横浜. 2025年3月)

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

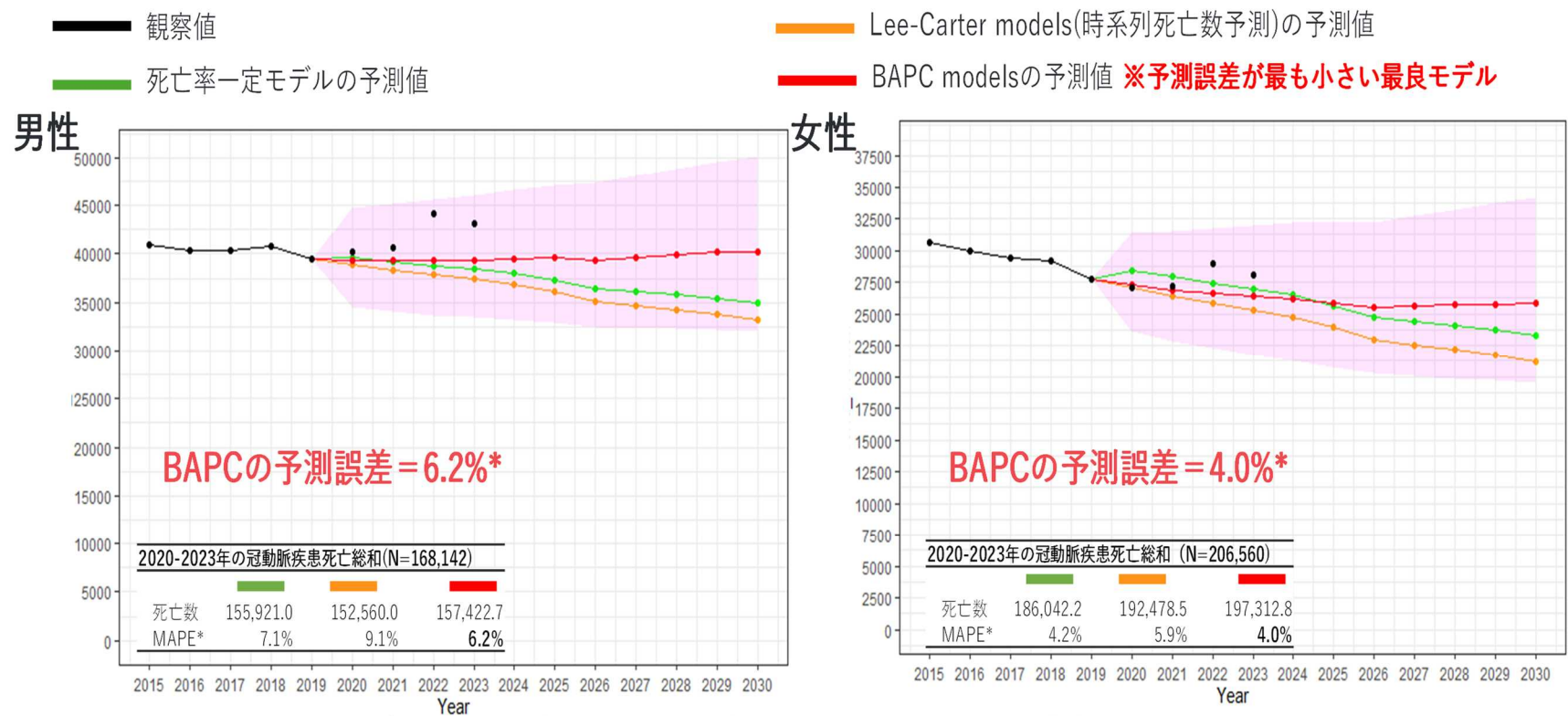


図1：2020～2023年のCHD死亡数の観察値と予測値の比較
(モデル構築後に前向き評価を実施)

* Mean Absolute Percentage Error (MAPE)による評価。

MAPE<10%: 高い予測精度

MAPE<5%: 非常に高い予測精度

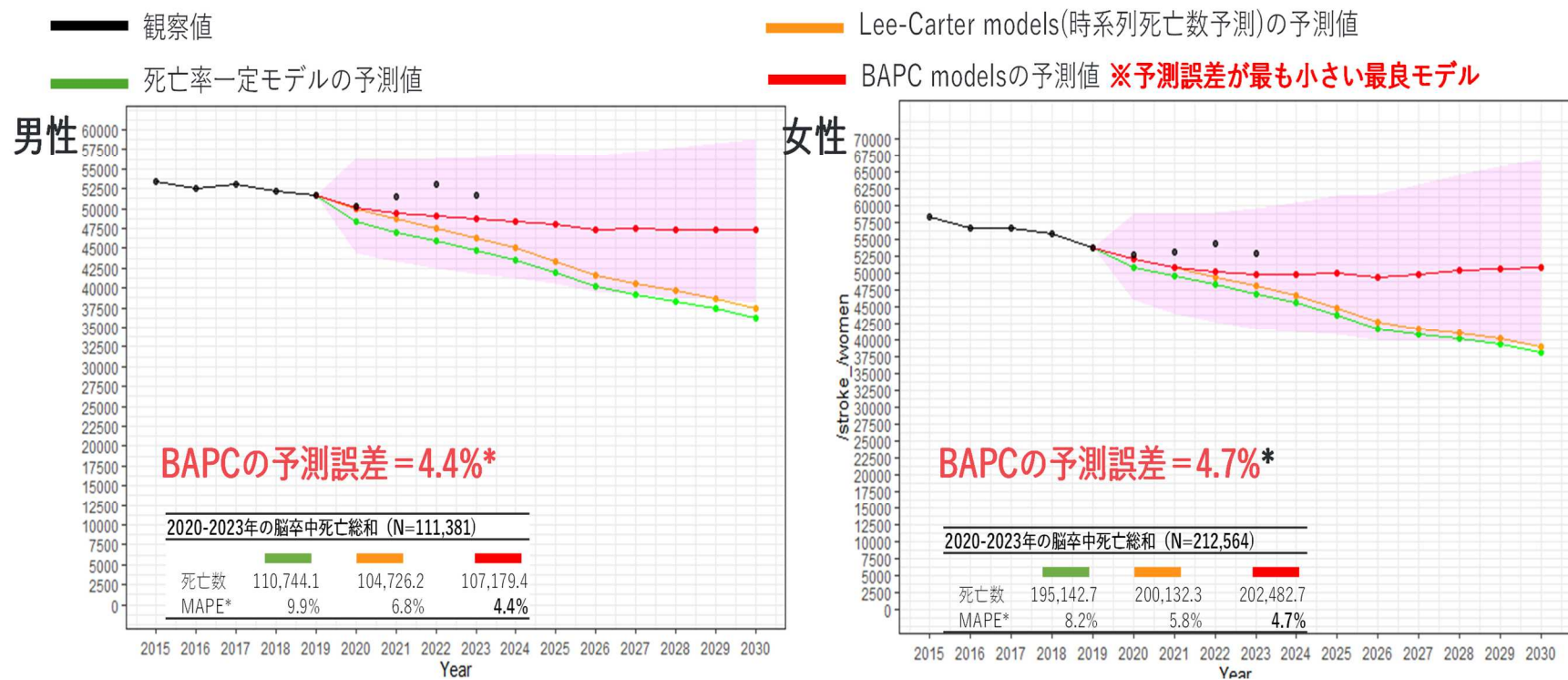


図2：2020～2023年の脳卒中死亡数の観察値と予測値の比較
(モデル構築後に前向き評価を実施)

* Mean Absolute Percentage Error (MAPE)による評価。

MAPE<10%: 高い予測精度

MAPE<5%: 非常に高い予測精度

表1 モデル予測精度比較—47都道府県ごとの結果（モデル構築後に前向き評価を実施）

	Sex	死亡率が一定に減少すると仮定 したモデル	Lee-Carterモデル	BAPC モデル
<i>RMSE 50th (0th, 25th, 75th, 100th percentile)</i>				
CHD死亡	Male	43.5 (9.4, 21.3, 73.6, 382)	38 (7.8, 21.0, 60.6, 330.9)	31 (9.8, 19.7, 59.6, 423.0)
	Female	31.8 (4.3, 21.1, 64.1, 364.5)	37.9 (12.1, 21.4, 52.2, 328.8)	36.3 (12.1, 20.2, 66.1, 410.3)
脳卒中死亡	Male	126.33 (23.71, 49.83, 76.25, 162.87, 587.70)	101.46 (10.99, 40.74, 68.26, 120.32, 412.00)	83.38 (18.06, 30.57, 53.60, 94.97, 405.18)
	Female	109.53 (9.43, 46.44, 71.42, 137.80, 697.60)	97.44 (12.03, 36.15, 57.35, 97.81, 1291.83)	89.59 (19.91, 36.22, 55.81, 89.81, 1220.62)