

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）
分担研究報告書

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

本邦における循環器病の将来死亡数に対する数理モデルの開発
—全国レベルの報告—

研究分担者 清重映里 国立循環器病研究センター予防医学・疫学情報部リサーチフェロー
研究分担者 尾形宗士郎 国立循環器病研究センター予防医学・疫学情報部 室長
研究分担者 西村邦宏 国立循環器病研究センター予防医学・疫学情報部 部長

研究要旨

循環器病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。高精度な将来死亡予測には、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 (BAPC)モデルが必要と、アメリカとイギリスで実証されているが、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が、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。本研究では、将来の循環器病死亡数を都道府県の地域差を考慮して高精度に予測することを目的として、CVD death projections models(予測ツール)を開発する。

本邦初の47都道府県の地域差が考慮されたBAPCモデルによる精緻な循環器病死亡将来予測により、日本全国レベルで冠動脈疾患と脳卒中の死亡数は2020年から2040年で減少する結果を得た。この結果は、医療政策立案者がより良い医療政策を提案することに役立ち、加えて地域差の是正に有用であると考えられる。

A. 研究目的

循環器病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。また、循環器病の治療・ケアは莫大な医療費を要するため、循環器病死亡の将来動向を精緻に予測することは、健康寿命延伸・医療費抑制の医療政策立案に重要だと考える。

高精度な将来死亡予測には、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モデルが必要と、アメリカとイギリスの将来死亡数予測において実証されている。疾患死亡数の推移に対する年齢・時代・世代の効果とその時間変化を推定可能な手法として、Bayesian age-period-cohort (BAPC)モデルがあるが、本邦においてBAPCモデルを用いた循環器死亡の高精度な将来予測は実施されていない。

また、本邦の循環器病死亡数は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。地域差を考慮することは、アメリカやイギリスでのBAPCモデルの先行実証においても実施されていない。

本研究では、将来の循環器病死亡数を都道府県の地域差を考慮して高精度に予測することを目的として、CVD death projections models(予測ツール)を開発する。

B. 研究方法

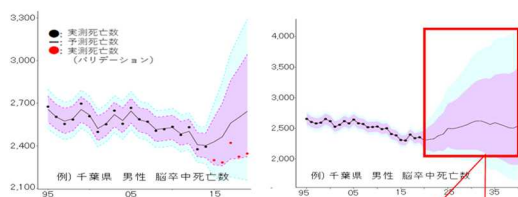
日本在住の30歳以上の男女を対象に、政府統計と国立社会保障・人口問題研究所の公開データを使用した。

47都道府県ごと・男女別に2040年までの冠動脈疾患と脳卒中の将来死亡を予測するモデルを、下記4つのアプローチで求めた。

● 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。

- 従
来
法
- A) 2019年の死亡率を固定して予測したモデル
 - B) 死亡率が一定に減少すると仮定し予測したモデル
 - C) 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
 - D) 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、下記となる。



1) 予備モデル開発

1995年から2014年の観察値をtrainingデータセットとしてBAPCモデルを作成した。(47 × 2 × 2 × 14 = 2632 モデル作成)

2) Validation 予測値 vs 観測値、予測精度に基づき最適パラメータ設定を得る。→A)~D)モデル比較

3) 将来死亡数の計算 最適パラメータにて、1995-

2019年データでモデルを再構築し、2020-2040年間の死亡数を予測

また、冠動脈疾患死亡数・脳卒中死亡数の観察値と予測値の変化は高齢化の影響、人口増減の影響、死亡率変化の影響の3要素に分解可能と報告がある。¹本BAPCモデルで得られた予測値を含めた冠動脈疾患死亡と脳卒中死亡の1995年からの変化を、この3要素の絶対寄与度を男女別に計算した。(Decomposition method)

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。

(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用いたため、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

政府統計で報告されている1995-2019年の人口と循環器病の死亡率は、30歳から64歳の人口は減少している一方、65歳以上の人口は増加していた。冠動脈疾患・脳卒中の死亡率はともに減少していた。(表1)

従来の3つのモデルと比較して、BAPCモデルの予測誤差が最も小さく、従来法と比較して最良モデルであった。(表2)

2020年から2040年の全国レベルの予測死亡数は冠動脈疾患において男性で 39,600 (95%信用区間: 32,200-47,900)から36,200 (21,500-58,900)と微減、女性で27,400 (22,000-34,000)から 23,600 (12,700-43,800)と減少、脳卒中において男性で 50,400 (95%信用区間:41,900-60,200)から40,800 (25,200-67,800)と減少、女性で52,200 (43,100-62,800)から47,400 (26,800-87,

200)と微減であった。(図1)

Decompositionにより、将来循環器死亡数は高齢化・人口変化によって増加するが、死亡率低下がその増加を打ち消し、合計すると全体の死亡数は緩やかに減少すると分析された。(図2)

D. 考察

循環器病将来死亡数の減少が推定された理由に、リスクファクターの改善(血圧値[SBP]、喫煙率、食塩摂取量の減少)やエビデンスに基づく医療実施の普及、手術技術向上が貢献したと考えられる。²しかし、今後は肥満率と糖尿病有病率の増加の影響で減少ペースが遅くなるかもしれない。実際、米国・英国やほかのOECD諸国で循環器病死亡は減少していたが、近年そのペースが遅くなっていると報告されている。³

E. 結論

本邦初の47都道府県の地域差が考慮されたBAPCモデルによる精緻な循環器病死亡将来予測により、日本全国レベルで冠動脈疾患と脳卒中中の死亡数は2020年から2040年で減少する結果を得た。この結果は、医療政策立案者がより良い医療政策を提案することに役立ち、加えて地域差の是正に有用であると考えられる。

【参考文献】

1. Cheng X, Yang Y, Schwebel DC, et al. Population ageing and mortality during 1990-2017: a global decomposition analysis. PLoS Med. 2020;17.
2. Ogata S, Nishimura K, Guzman-Castillo M, et al. Explaining the decline in coronary heart disease mortality rates in Japan: contributions of changes in risk factors and evidence-based treatments between 1980 and 2012. Int J Cardiol. 2019;291:183-188.
3. Goff DC, Khan SS, Lloyd-Jones D, et al. Bending the curve in cardiovascular disease mortality: Bethesda + 40 and beyond. Circulation. 2021;143:837-851.

F. 健康基本情報

(総括研究報告書にまとめて記載)

G. 研究発表

1. 論文発表

Kiyoshige, E., Ogata, S., Iihara, K., Nishimura, K. Projections of future coronary heart disease and stroke mo

rtality in Japan until 2040: A Bayesian age-period-cohort analysis. The Lancet Regional Health - Western Pacific. 2022;31:100637.

2. 実用新案登録
該当なし
3. その他
該当なし

2. 学会発表

1. 清重映里, 尾形宗士郎, 飯原弘二, 西村邦宏. 各都道府県及び全国レベルでの脳卒中死亡数の将来動向予測モデルの構築. 第33回日本疫学会学術総会. 静岡. 2023年2月.
2. 尾形宗士郎, 清重映里, 飯原弘二, 西村邦宏. 冠動脈疾患死亡数の将来動向予測モデルの構築 -各都道府県及び全国レベルでの検討- 第33回日本疫学会学術総会. 静岡. 2023年2月.
3. 尾形 宗士郎、清重映里、西村邦宏、飯原弘二. 都道府県の循環器病対策推進計画のエビデンスを創出する数理モデル開発と現状計画のエビデンスレベル調査. 3学会合同シンポジウム7 日本の脳卒中医療の課題：現在進行中の関連各厚労科研の進捗報告. STROKE2023

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
該当なし

表1. 男女別の1995年から2019年の人口と、冠動脈疾患・脳卒中の死亡率

	Age group		1995	2005	2015	2019
人口 (千人対)	30-64 歳	男性	29,860	31,030	29,453	28,516
		女性	30,071	31,099	29,152	28,095
	65歳以上	男性	7,505	10,922	14,654	15,602
		女性	10,756	14,835	19,212	20,291
	総数	男性	37,365	41,952	44,107	44,118
		女性	40,827	45,934	48,364	48,386
冠動脈疾患 死亡率 (10万人対)	30-64 歳	男性	31.2	30.9	24.8	22.5
		女性	9.2	7.1	5	4.5
	65歳以上	男性	406.5	294.3	229.7	212
		女性	304	217.6	151.6	130.4
	総数	男性	106.6	99.4	92.9	89.5
		女性	86.9	75.1	63.2	57.3
脳卒中 死亡率 (10万人対)	30-64 歳	男性	43.9	34.1	23.7	22.2
		女性	22.9	15.8	10.1	9.6
	65歳以上	男性	747.7	483.3	317	290.6
		女性	650.2	432.5	288.3	251.4
	総数	男性	185.3	151	121.1	117.1
		女性	188.2	150.4	120.6	111

表2. RMSE (0th, 25th, 75th, 100th percentile)による2015年から2019年の冠動脈疾患死亡・脳卒中死亡の将来予測精度

		A) 2019年の死亡率を固定して予測したモデル	B) 死亡率が一定に減少すると仮定し予測したモデル	C) Lee-Carterモデル	D) BAPCモデル
CHD 死亡	男性	64.4 (11.6, 43, 135.3, 502.1)	43.5 (9.4, 21.3, 73.6, 382)	38.0 (7.8, 21.0, 60.6, 330.9)	31.0 (9.8, 19.7, 59.6, 423.0)
	女性	74.5 (17.3, 51.8, 134.3, 511.1)	31.8 (4.3, 21.1, 31.8, 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	男性	110.3 (23.6, 72.9, 206.3, 640.2)	46.0 (12.2, 33.5, 72.5, 234.5)	50.1 (12.8, 32.5, 78.7, 192.2)	41.9 (9.5, 25.2, 80.1, 228.5)
	女性	114.4 (13.7, 73.8, 192.1, 1155.2)	59.5 (15.4, 39.2, 93.6, 330.1)	58.1 (16.9, 37.8, 84.9, 334.7)	48.5 (11.8, 32.8, 71.9, 284.0)

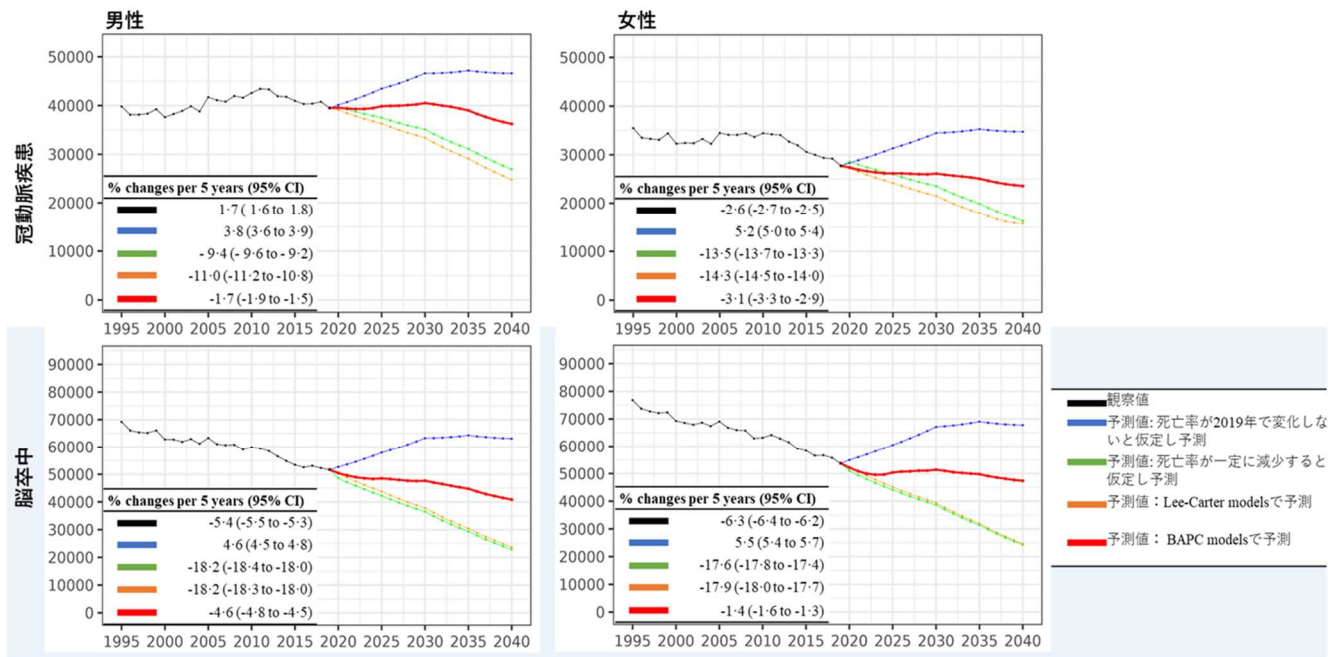


図1. 冠動脈疾患と脳卒中の将来死亡数予測

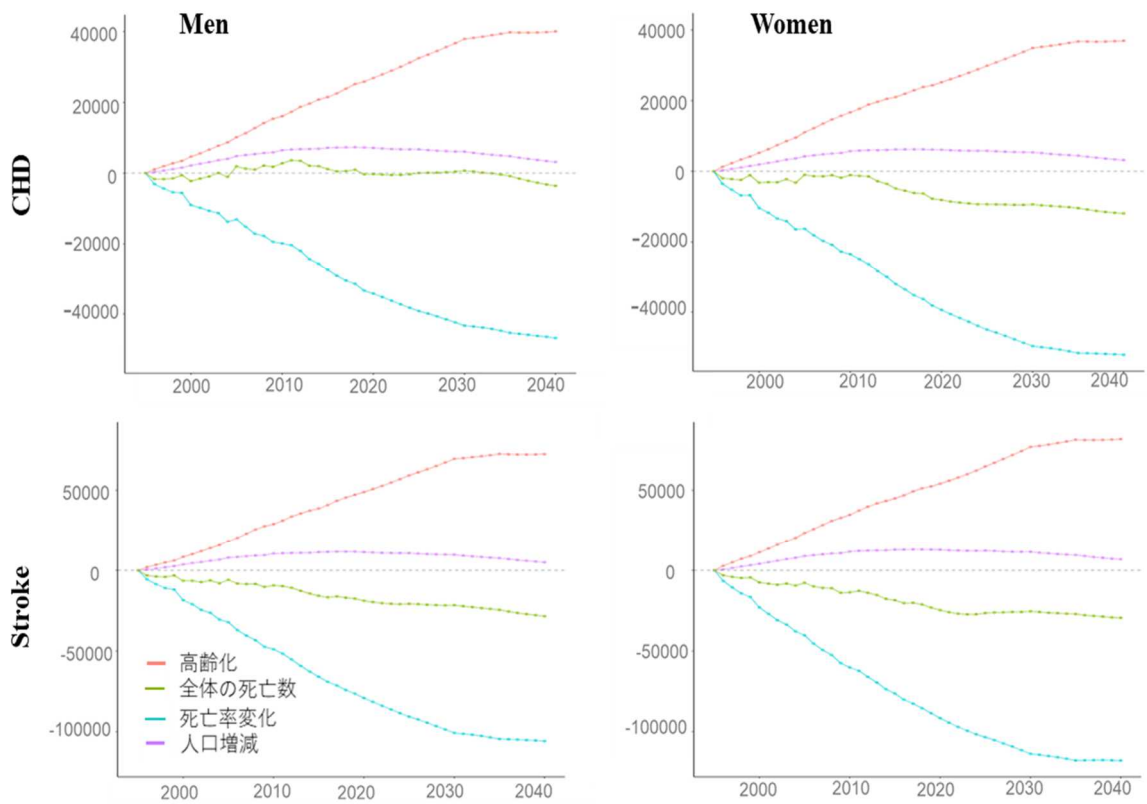


図2. Decomposition Methodを用いた30歳以上の将来予測死亡数の高齢化、人口増減、死亡率変化の影響の内訳