

都道府県別にみる がん年齢調整死亡率の推移予測ツールの開発

フクイ ケイスケ イトウ カタノ ダ コウタ
福井 敬祐*1 伊藤 ゆり*2 片野田 耕太*3

目的 がん死亡の経時変化のモニタリングはがん対策の計画の策定・評価の各場面において、重要な役割を担う。一方で、経時変化のモニタリングには複雑な数理モデリングやデータ解析が必要となるため、各自治体でがん対策の策定・評価を行う実務者が実行するのは容易ではない。本研究では、公的統計を用いて、各自治体の担当者が利用可能なツールの作成とその概要について紹介することを目的とした。

方法 都道府県別の人口動態統計および国勢調査から取得した、1995～2018年のがん死亡データおよび人口データと国立社会保障・人口問題研究所提供の予測人口データから作成した2019～2030年の各都道府県予測人口を用いた。これらのデータを基に、Nordpred解析を実行するツールをR言語により作成しWeb上に提供した。

結果 本研究で作成したツールでは様々な設定に基づいて、2030年までの各都道府県のがん死亡率の推移と予測値を算出することが可能である。作成したツールを用いることで専門性の高い解析作業なしに、柔軟ながん死亡率の分析が可能となり、迅速ながん対策の策定・評価への活用が期待される。作成したツールはNordpredによるがん死亡率経時変動予測 (<https://fukui-ke-0507.shinyapps.io/JCanMorTrend/>) より利用可能である。

結論 医療・保健政策現場におけるEvidence Based Policy Making, Evidence Based Medicineを促進するには、データの利活用を避けることができないが、データ解析技術等の習得には多大な労力を要する。本研究で作成したWeb applicationツールの利用を通じて、様々な保健医療政策において、データに基づく意思決定の支援を促進していくことが求められる。

キーワード がん対策, Nordpredモデル, Web application, がん死亡率経時変動予測

I 緒 言

がん死亡の経時変化のモニタリングはがん対策の計画の策定・評価の各場面において、重要な役割を担う。がん死亡推移の把握はこれまでのがん対策の効果を測る簡便な方法であり、また、がん死亡数推移の予測はがん対策を立案する上での指針の一つとなる。実際に、わが国におけるがん対策の基本計画であるがん対策推進

基本計画の策定においても、これまでの、蓄積に基づく、がん死亡数や率の推移の把握や予測が重要な資料として活用されてきた実績がある¹⁾。

がんの経時変動分析やその予測はNordpred²⁾などの数理モデルを用いることで可能となる。最も代表的なNordpredはがん罹患・死亡の長期予測のために開発され、世界各国におけるがんの分析に用いられてきた³⁾⁻⁷⁾。特に、世界保健機関 (World Health Organization, WHO) の一

* 1 広島大学大学院先進理工系科学研究科数学プログラム准教授

* 2 大阪医科薬科大学医学研究支援センター医療統計室長・准教授

* 3 国立研究開発法人国立がん研究センターがん対策研究所予防検診政策研究部長

機関である国際がん研究機関（International Agency for Research on Cancer, IARC）においてもがん死亡における標準的な長期予測手法として採用されるなど⁸⁾、がん経時変動予測手法としては既に確立した手法である。長期に蓄積のあるわが国の人口動態統計情報にNordpredを用いることで、精度の高い分析結果の取得が期待できる。

一方でこれらの分析は国を単位として実行されることが一般的である³⁾⁻⁶⁾⁻⁸⁾。しかし、わが国においては、国とともに各都道府県もがん対策の実施主体として大きな役割を期待されている。国により、がん対策推進基本計画が策定された翌年には各都道府県においても独自のがん対策推進計画を立案・策定されることが求められる⁹⁾⁻¹⁰⁾。そのため、国レベルのみならず、都道府県を一つの単位としたがん死亡数の経時変動の把握は重要であり、人口動態調査に基づく都道府県別の死亡統計も公表されている。しかし、Nordpredなどの数理モデルを用いた経時変動の把握や予測を各都道府県の担当者が独自に算出することは、負担が大きすぎる。また、各都道府県の結果の積み上げによる国全体の指標の算出において、それぞれの都道府県で異なる手法を用いることは予測値の一貫性や比較可能性を損なう可能性がある。

そこで、著者らは各都道府県のデータを一括に分析し、その分析結果を情報として提供するため、各都道府県のがん対策に関わる人が各地域のニーズに応じて使用できるがん死亡率経時変動予測分析ツールを作成した。本報告は、作成したツールについての詳細と、使用事例を紹介することを目的とした論文である。

Ⅱ 方 法

（１） Web applicationツール

本報告では、各都道府県のデータを基に後述のNordpred手法を用いて、分析結果を実行するツールを作成しWeb上に提供する。Web applicationツールとして、提供を行うことで、実際に都道府県のがん対策に従事する担当者が各地

域のニーズに合わせて各自の都道府県のがん経時変動要因の分析と予測を行うことが可能となる。

Web applicationツールはR言語¹¹⁾とその外部packageであるshiny package¹²⁾を利用して作成する。shiny packageを利用することで本来は複雑なプログラミングが必要なR言語の計算結果をGUI（Graphical User Interface）操作のみで取得することが可能となる。

（２） データソース

がん死亡率の算出に用いる1995～2018年の性・年齢階級・都道府県別がん死亡数データは、人口動態統計¹³⁾から取得した。また、同じくがん死亡率の算出に用いる性・年齢階級・都道府県別総人口は国勢調査人口（国勢調査年）および総務省推計人口¹⁴⁾より算出した。2019～2030年の各都道府県予測人口は、国立社会保障・人口問題研究所提供の予測人口データ（2015年、2020年、2025年、2030年）を線形補間して算出した¹⁵⁾。死亡数および人口のデータは18の5歳階級年齢グループ（0-4歳、5-9、10-14、15-19、20-24、25-29、30-34、35-39、40-44、45-49、50-54、55-59、60-64、65-69、70-74、75-79、80-84、85歳以上）で集計し利用した。年齢調整死亡率の算出には、日本人1985年人口を標準人口として用いた。

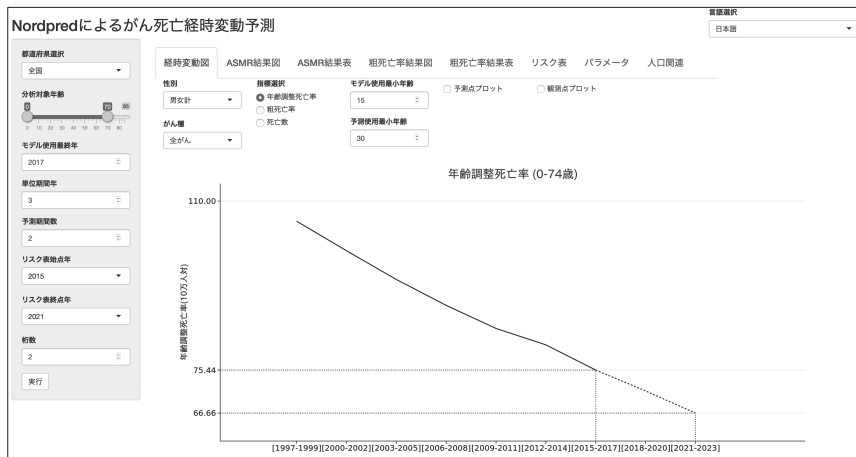
（３） Nordpredモデル

本研究では、がん罹患・死亡の長期予測のために開発されたNordpredを使用する。Nordpredは、がんの経時変動を年齢、時代、生まれ年効果の3つに分解するAge-Period-Cohort（APC）モデル¹⁶⁾を基に作成されている。時代区分 p 年の年齢区分 a 歳における死亡リスクを R_{ap} とする。このときNordpredモデルは、5次のべきリンク関数をもつAPCモデルとして以下のよう

$$R_{ap} = (A_a + P_p + C_c + Dp)^5$$

ここで、 c は出生年を表す変数であり、 $c = p - a$ によって算出される。 A_a 、 P_p 、 C_c はそれぞれ年齢・時代・出生年の効果を表す。 D は

図1 Web applicationツール「経時変動図」タブのインターフェイス



注 タブ内で、性別やがん種、推定と予測に用いる年齢階級（モデル使用最小年齢、予測使用最小年齢）、指標を設定することで対応するがん指標の推移と予測結果を表示することができる。予測点プロットや観測点プロットチェックボックスにチェックを入力することで、観測値とモデルによる予測値の比較が可能である。

表1 Web applicationツールのサイドバー項目と説明

サイドバー入力 タブ名（日本語）	サイドバー入力 タブ名（英語）	選択可能パラメータ
都道府県選択	Pref Name	分析対象の都道府県
分析対象年齢	Age range	分析対象の年齢階級
モデル使用最終年	End Year	Nordpredモデル作成に使用する最終年
単位期間年	By Year	使用する暦年の区切り幅
予測期間数	Number of Prediction point	予測年のポイント数
リスク表始点年	RiskTable start year	Risk Table開始年
リスク表終点年	RiskTable end year	Risk Table終了年
桁数	Digits	表中数字の桁数

時代と出生年の共通のDrift効果として定義される変数である。なお、本Web applicationツールの推計の下限年齢の初期設定は、全期間の死亡数が10人を超える年齢層の中で最も若い年齢層とした。この年齢以下では、過去10年間の平均的な死亡率を用いて予測を行った。予測モデル作成に必要な期間数は、適合度検定を用いて期間4、5、6から選択を行った。実際のWeb applicationツールに実装するNordpredの計算に関しては、Cancer Registry of Norway¹⁷⁾よりダウンロードしたR言語関数を利用した。

Ⅲ 結 果

図1は本研究で作成したWeb applicationツールの実行結果画面である。本ツールはNordpredによるがん死亡率経時変動予測（<https://>

表2 Web applicationツールの出力画面におけるタブ項目と説明

メイン出力タブ 画面名（日本語）	メイン出力タブ 画面名（英語）	用途
経時変動図	trend plot	特定のがん種による実測値と予測値の比較を表示
ASMR結果図	summary plot	Nordpredによる年齢調整死亡率をプロット
ASMR結果表	summary table	Nordpredによる各種数値結果を表示する
粗死亡率結果図	crude plot	Nordpredによる年齢階級別死亡率をプロット
粗死亡率結果表	crude table	Nordpredによる年齢階級別死亡率結果を表示する
リスク表	risk table	Risk Table start yearからRisk Table end yearまでのリスクや実測死亡数の推移を表示
パラメータ	parameter	Nordpredに用いた年齢区分のパラメータを表示
人口関連	population	Nordpredに用いた人口分布を表示する

fukui-ke-0507.shinyapps.io/JCanMorTrend/)

より利用可能である。表1には本ツールで選択・指定が可能項目と、その説明を記載した。本ツールでは選択された項目に応じてバックグラウンドでR言語による計算処理がその都度行われる。そのため、ツールの使用者は、これらの選択項目を組み替えることで自分の知りたい情報を柔軟に取得することができる。表2では、本ツールで出力される結果を出力画面のタブ項目別に説明した。本ツールでは、“経時変動図”タブにおいて、具体的のがん対策の計画を立案・

評価する実務者向けに、年齢調整死亡率の推移と、予測値の比較を行うことが可能である。様々な設定に基づいて、年齢調整に用いる年齢区分を変化させることや予測に用いる経年データを変化させながら、各部位や性別の年齢調整死亡率を出力することで、データ分析の手間を省き、対策の立案・評価につなげることが可能となる。

なお、これらの図表作成に利用した分析結果データや図はすべてツール内からダウンロード可能である。そのため、本ツールの結果を使用して、研究論文や報告書の作成を行うことが可能である。実際の使用結果として、抽出したいいくつかの結果例を図2、3に記載した。

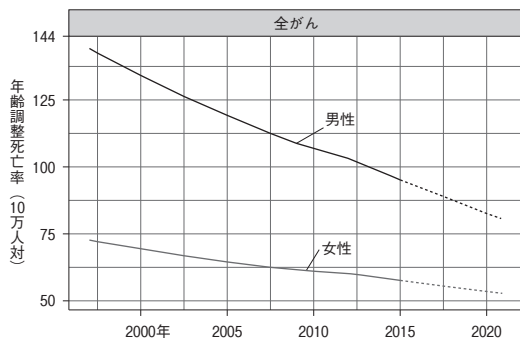
Ⅳ 考 察

本研究では、がん死亡率の将来推計に用いられるNordpred解析を中心として作成したがん死亡率経時変動予測分析ツールの概要について紹介した。がん死亡数の予測にはNordpredなどの複雑な数理モデリングが必要となるが、本研究では、これらの煩雑な分析手法をツールに実装することで、実際のがん対策立案に関わる人が、専門性の高い分析を容易に行うことを可能とする環境を提供している。

本ツールは分析者のニーズに応じて分析結果

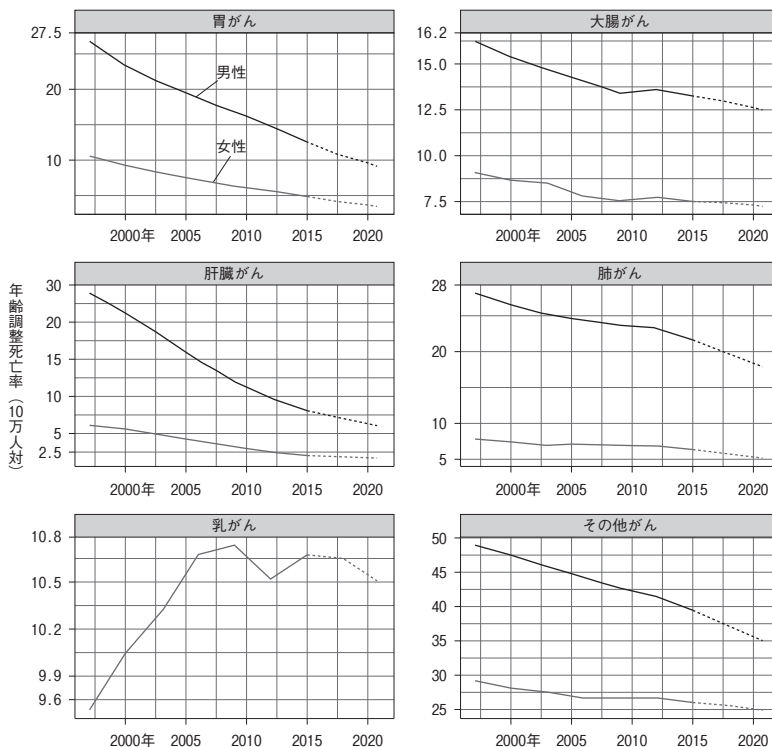
を出力できるという特徴を持っており、例えば、年齢調整死亡率の算出に用いる対象の年齢の下限値と上限値を設定することが可能である。このことにより、分析者は例えば0-74歳における年齢調整死亡率と40-84歳における年齢調整死亡率の推移など、異なる様々な状況に応じた指標の比較が可能となり、ライフステージを考慮するなど、より柔軟ながん対策への活用が期待される。また、本ツールを利用することで、本来であれば煩雑なプログラミング作業や時間のかかる探索的分析に関しても低コストで実行可能である。そのため、がん対策における課題抽

図2 全がんの性別年齢調整死亡率の推移と予測



注 [ASMR結果図] タブよりダウンロードした日本全国における全がんの性別年齢調整死亡率の推移と予測

図3 がん種・性別年齢調整死亡率の推移と予測



注 [ASMR結果図] タブよりダウンロードした日本全国のがん種・性別年齢調整死亡率の推移と予測

出やリスク要因候補の抽出が容易となる。

一方で、本ツールの限界点として、本ツールで使用したNordpredモデルが前述のように5次のべきリンク関数をもつAPCモデルの一種であり、がんの経時変動が年齢や時代、出生年によって説明できるということを仮定している点が挙げられる。対象とするがん種や都道府県・性別、使用する年齢階級、年数などの設定においてはこの仮定が成立しない場合も考えられ、その場合には予測の正確性が低下してしまうことが予想される。そのため本ツールを使用する場合には機械的に結果を取捨選択するのみならず、結果に対する慎重な考察が必要である。なお、ツールの機能を用いることで、予測の正確性をある一定程度評価することが可能である。具体的には予測モデル作成に使用する年の最終年〔モデル使用最終年〕として現状のデータを観測した2018年より前の年を設定する。例えば、〔モデル使用最終年〕として2015年と設定することで予測モデルは2015年までのデータを使用して作成される。このモデルによる予測は、2016年以降の実際の観測値とは独立に行われるため、出力された2016年以降の予測値と観測値を比較することで予測の正確性評価が可能である。主には“経時変動図”タブの〔予測点プロット〕や〔観測点プロット〕チェックボックスを利用し視覚的に評価するか、“ASMR結果表”、“粗死亡率結果表”タブで出力される数値表を比較する。

医療・保健政策現場におけるEvidence Based Policy Making, Evidence Based Medicineを促進するには、データの利活用を避けることができないが、データ解析技術等の習得には多大な労力を要する。本ツールは現在2018年までの人口動態統計を用いているが、今後人口動態統計が更新される度に継続的な更新を行う予定である。さらに、各種ユーザーの要望に応える形での更新作業も行う予定である。今後本研究で作成したツールの利用と発展を通じて、様々な保健医療政策において、データに基づく意思決定の支援を促進していくことが求められる。

謝辞

本研究を丁寧に査読いただき有益なコメントをいただいた査読者の方に感謝申し上げたい。本研究は、以下の研究費の助成を受けている。

- 文部科学省科学研究費基金・若手研究「Microsimulation modelによる都道府県のがん対策支援ツール開発」（代表：福井敬祐，2021-2024年度）
- 厚生労働省科学研究費補助金・がん対策推進総合研究事業「がん対策の年齢調整死亡率・罹患率に及ぼす影響に関する研究」（代表：片野田耕太，2020-2022年度）
- 国立がん研究センター研究開発費「シミュレーションモデルに基づく個別化がん予防アプローチの効果検証研究（31-A-20）」（代表：齋藤英子，2019-2021年度）
- 厚生労働省科学研究費補助金・がん対策推進総合研究事業「パートナーシップでつくるがん統計情報の国民への還元方法に関する研究」（代表：伊藤ゆり，2019-2021年度）

文 献

- 1) 厚生労働省. 「がん対策推進基本計画（第3期）」（<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000183313.html>）2021.5.21.
- 2) Møller B, Fekjær H, Hakulinen T, et al. Prediction of cancer incidence in the Nordic countries : empirical comparison of different approaches. *Statistics in medicine*, 2003 ; 22(17) : 2751-66.
- 3) Demers A, Qiu Z, Dewar R, et al. Validation of Canproj for projecting Canadian cancer incidence data. *Health promotion and chronic disease prevention in Canada : research, policy and practice*, 2020 ; 40(9) : 267-80.
- 4) Soares S, Dos Santos K, de Moraes Fernandes F, et al. Testicular Cancer mortality in Brazil : trends and predictions until 2030. *BMC urology*, 2019 ; 19(1) : 59.
- 5) Torres-Roman J. S, Valcarcel B, Guerra-Canchari P, et al. Leukemia mortality in children from Latin America : trends and predictions to 2030. *BMC pediatrics*, 2020 ; 20(1) : 511.

- 6) Znaor A, Skakkebaek N. E, Rajpert-De Meyts E, et al. Testicular cancer incidence predictions in Europe 2010-2035 : A rising burden despite population ageing. *International journal of cancer*, 2020 ; 147(3) : 820-8.
- 7) Fukui K, Ito Y, Nakayama T. Trends and projections of cancer mortality in Osaka, Japan from 1977 to 2032. *Japanese journal of clinical oncology*, 2019 ; 49(4) : 383-8.
- 8) International Agency for Research on Cancer. "PREDICTIONS" (<https://www.dep.iarc.fr/WHODb/WHODb.html>) 2021.10.11.
- 9) 大阪府. 「大阪府第3期がん対策推進基本計画」. (<http://www.pref.osaka.lg.jp/kenkozukuri/keikaku/>) 2021.5.21.
- 10) 東京都福祉保健局. 「東京都がん対策推進計画」 (https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/iryo/iryo_hoken/gan_portal/research/taisaku/suisin_keikaku/index.html) 2021.5.21.
- 11) R Core Team. R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. (<https://www.R-project.org/>) 2021.10.31.
- 12) Winston C, Joe C, JJ A, et al. shiny : Web Application Framework for R. R package version 1.6.0. 2021. (<https://CRAN.R-project.org/package=shiny>) 2021.10.31.
- 13) 厚生労働省. 「人口動態調査」 (<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/81-1.html>) 2021.5.21.
- 14) 総務省統計局. 「人口推計」 (<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/new.html>) 2021.5.21.
- 15) 国立社会保障・人口問題研究所. 「日本の地域別将来推計人口（平成30年推計）」 (<http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson18/t-page.asp>) 2021.5.21.
- 16) Mason K. O, Mason W. M, Winsborough H. H, et al. Some methodological issues in cohort analysis of archival data. *American sociological review*, 1973 ; 242-58.
- 17) Cancer Registry of Norway. "Nordpred software package". (<https://www.kreftregisteret.no/en/Research/Projects/Nordpred/Nordpred-software/#Acknowledgments>) 2021.5.21.