

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：17301
研究種目：若手研究
研究期間：2019～2022
課題番号：19K19461
研究課題名(和文) A systematic assessment on the seasonality of mortality: a multicountry time series study
研究課題名(英文) A systematic assessment on the seasonality of mortality: a multicountry time series study
研究代表者
マダニヤズ リナ (MADANIYAZI, Lina)
長崎大学・熱帯医学・グローバルヘルス研究科・助教
研究者番号：30835195
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：このプロジェクトは、700以上の都市で季節ごとの死亡率の変動を評価し、気温の役割を調査した。また、4つの論文を発表し、国内外の学会で発表され、国際的な研究者との協力が強化した。この研究の結果は、温暖な気候と気温が季節変動の主要な要素であることを示し、将来の変化の可能性も示唆した。さらに、この研究の手法はチュートリアル論文として公開された。

研究成果の学術的意義や社会的意義
この研究は、季節ごとの死亡率と気温の役割を包括的かつ体系的に調査する、科学的にも初めての国際的な研究です。この研究は、温暖化する気候下での異なる季節における保健資源の配分に関する重要な公衆衛生上の示唆を提供している。

研究成果の概要(英文)：The project's objective was to systematically assess seasonal variations in mortality and investigate the impact of temperature across more than 700 cities worldwide. This endeavor resulted in the publication of four research papers in reputable international peer-reviewed journals. Additionally, the project findings were presented at various domestic and international seminars and conferences, fostering collaborations with researchers in the field of planetary health on a global scale.

In brief, the project's outcomes revealed two key insights: firstly, locations with temperate and continental climates exhibit the most pronounced seasonal variation in mortality. Secondly, temperature emerges as a significant factor driving this seasonal variation in mortality. Moreover, the findings imply that ongoing climate warming has the potential to alter seasonal patterns in mortality in the future.

研究分野：Environmental epidemiology

キーワード：Seasonality Mortality Temperature Climate change Multi countries Time series study

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

死亡率は明確な季節パターンを示している。選ばれた国での研究により、死亡率の季節性が評価され、一般的には寒い季節にピークが観察された。ただし、これまでにグローバルな規模での体系的な評価はほとんど行われておらず、その結果、季節性の空間的な変動を研究することが制限されている。さらに、過去の1世紀にわたり季節性は変化してきたが、最近の数十年におけるこのような時系列の変化については調査されていない。また、季節性の影響の1つである気温に関しては、直接的な証拠が少なく議論の余地がある。死亡率への気温の影響はよく研究されており、気候変動の健康への影響を予測するのに役立っている。気温の季節性への影響を研究することは、気候変動下での季節性の変化に関する重要な示唆を提供し、気候変動の効果に対する理解を深めることにつながる。これらの知識の不足は、現在の研究における別の制限を意味しており、時間的な解像度の粗い集計データを使用した洗練されていないモデルが使用された方法論と関連している。この研究では、29の国にわたって死亡率の季節性を体系的に評価し、知識の不足点を補完し、変化する気候下での将来の死亡率の季節性を探求するために洗練されたモデルを使用した。

2. 研究の目的

この研究の目的は、季節性を体系的に評価し、重要な科学的な問いに取り組むこと。

具体的な目標は以下の通り：

死亡率の季節パターンを記述する

季節性を体系的に評価するための洗練されたモデルを開発する

空間的な変動と時間的な変化、およびそれらの原因を調査する

気温の影響を探求し、気候変動下での季節性の将来的な傾向を予測する

3. 研究の方法

この研究は国際機関との共同で行われ、29カ国にまたがる期間で4年間(2019年度から2022年度)実施された。

(1) データ収集：

平均気温と死亡率に関する日次時系列データが、34カ国(図3)の719都市にわたって、

Multi-Country Multi-City (MCC) Collaborative Research Network

(<http://mccstudy.lshmt.ac.uk/>)を通じて収集されました。利用可能な場合、全体または非外部的な死亡と原因別の死亡についてもデータが収集されました。各都市について、他の気象要因、人口統計学的要因、経済社会的要因のデータも収集されました。日次平均気温に関するモデル化されたデータは、結合モデル相互比較プロジェクトの第6フェーズでの共有社会経済パスウェイ(SSP)の下で、1971年から2100年まで収集されました。異なる社会経済的な発展と大気中の温室効果ガス濃度の増加に対応する4つの排出シナリオ(SSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP3-7.0、SSP5-8.5)が考慮されました。これらの4つのシナリオは、SSP1-2.6(穏やかな変化)からSSP5-8.5(極端な変化)まで、気候の変化の範囲を表しています。

(2) 統計モデリング

・ステージ1: 季節性の体系的評価と気温の役割

各都市における死亡率の季節性を評価するために、時系列分析が適用された。季節性の指標として、1から366までの年中の日(day-of-year)が考慮された。季節性の振幅はピークから谷までの比率(PTR、最大死亡率推定値と最小死亡率推定値の比率)を用いて推定された。その

後、多変量メタ分析が使用され、主要な気候帯（熱帯、乾燥帯、温帯、大陸帯）および国ごとに都市固有の結果をまとめた。

全体の評価は、気温の影響を調整する前と後に行われた。PTR の差は、気温が死亡率の季節性に与える影響を示すものと考えられた。

・ **ステージII: 死亡率の季節性の空間的変動と時間的变化**

メタ回帰モデルを用いて、都市間の異質性を探求し、ステージIで得られた都市固有の特性と都市固有のPTRとの関連を評価した。死亡率の季節性の時間的变化を理解するために、日本の1972年から2015年までのデータを使用し、各年における季節性評価を行った。年次PTRの時間的傾向は、線形混合効果モデルを用いて調査され、気候、人口統計学的要因、社会経済的要因の時間的变化との関連も探求された。

・ **ステージIII: 温暖化する気候下での死亡率の季節性の将来予測**

ステージIで開発された時系列回帰モデルを用いて、2000年から2099年までの4つの気候変動シナリオにおける死亡率の季節性を予測した。死亡率の季節性は、形状の変化、タイミング（ピークと谷）、振幅の変化を考慮して、10年ごとに比較された。予測は各都市で行われ、それから4つの気候帯でまとめられた。

4. 研究成果

グローバルな分析には、34カ国の719都市で行われた全てまたは非外的な原因による138,868,448件の死亡データが含まれている。また、22カ国の519都市で行われた心血管疾患による39,777,149件の死亡データと呼吸器疾患による12,805,050件の死亡データも含まれている。これらの都市は、コッペン-ガイガー気候区分の4つの地域で特徴付けられており、そのうち熱帯気候区分には94都市、乾燥気候区分には57地域、温帯気候区分には440地域、大陸気候区分には128地域が存在する。

(1) 季節性評価と気温の役割

図1は、各気候区分における気温調整前と気温調整後の季節性評価を示している。一般的に、死亡率は明確な季節パターンを示し、寒い季節には高い死亡率が、暖かい季節には低い死亡率が観察される。気温の調整により、季節性の振幅が低下した。特に熱帯気候区分では、調整後の全死因の季節性はほぼ平坦で信頼区間が大きくなった。気温調整前と気温調整後のPTR推定値は、表1に示されている。気温調整前のPTRは気候区分によって異なり、最も低い推定値は熱帯気候区分で観察された。気温の調整により、PTRは異なる程度で減少した。熱帯気候区分ではわずかな減少が観察され、温帯気候区分では大きな減少が観察された。全死因の調整前のPTRは、熱帯気候区分で1.02（95% CI: 0.95-1.09）に、温帯気候区分で1.10（95% CI: 1.07-1.12）に減少した。

(2) 空間的な変動と時間的な変化

季節性評価からの推定結果は、都市間での著しい異質性を示した。さらに、この空間的な異質性は年平均気温と年平均相対湿度と関連していた。日本における死亡率の季節性の時間的な変化に関する分析では、年平均気温の上昇に伴い季節性の振幅が減少していることが示された。具体的には、年平均気温が1℃上昇するごとに、全死因、循環器疾患、呼吸器疾患の季節性のピークと谷の比率（調整前）はそれぞれ0.98%（95%信頼区間：0.54～1.42）、1.39%（95%信頼区間：0.82～1.97）、0.13%（95%信頼区間：-1.24～1.48）減少した。

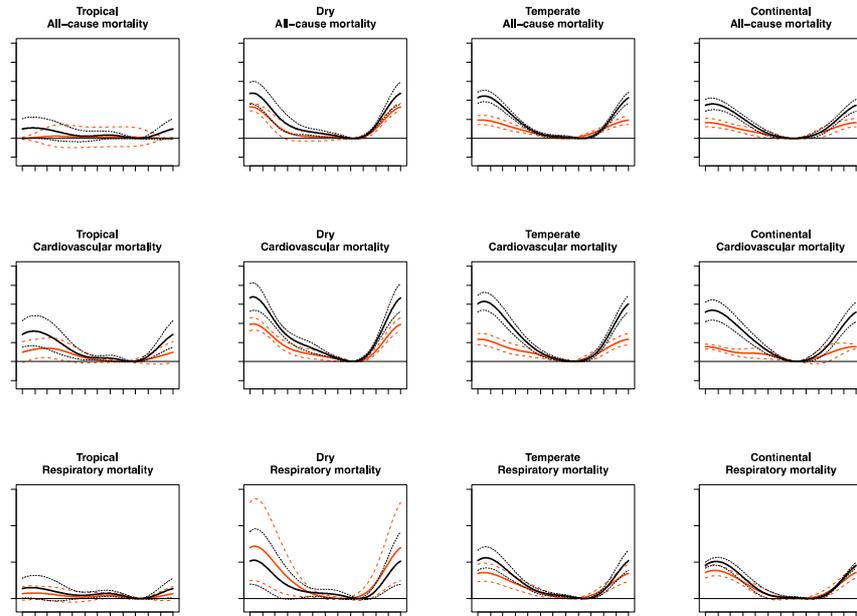


図 1. 気温調整なし（黒）および気温調整あり（赤）の四つのコッペン-ガイガー気候区分（A: 熱帯、B: 乾燥、C: 温帯、D: 大陸）における死亡率の季節性
 季節性は、各日ごとの死亡率推定値を谷の最小死亡率推定値に対する相対リスク（RR）として算出され、95%信頼区間（95% CI）が表示される。

表 1.各気候区分のピークと谷の比率（95%信頼区間）

気温		熱帯	乾燥地帯	温帯	大陸性気候
全因死亡	未調整	1.05 (1.00, 1.11)	1.23 (1.18, 1.30)	1.23 (1.20, 1.25)	1.20 (1.17, 1.23)
	調整済み	1.02 (0.95, 1.09)	1.16 (1.14, 1.19)	1.10 (1.07, 1.12)	1.08 (1.06, 1.10)
心血管疾患による死亡	未調整	1.16 (1.08, 1.24)	1.34 (1.27, 1.41)	1.32 (1.27, 1.36)	1.27 (1.22, 1.32)
	調整済み	1.07 (1.01, 1.13)	1.20 (1.16, 1.23)	1.11 (1.10, 1.13)	1.08 (1.07, 1.10)
呼吸器疾患による死亡	未調整	1.19 (1.07, 1.33)	1.53 (1.19, 1.95)	1.61 (1.42, 1.73)	1.55 (1.46, 1.66)
	調整済み	1.08 (0.99, 1.17)	1.72 (1.25, 2.37)	1.36 (1.24, 1.49)	1.39 (1.31, 1.46)

(3) 温暖化する気候下での死亡率の季節性の将来予測

将来の温暖化した気候下での死亡率の季節性の予測に関する図 2 について。予測された死亡率の結果は、すべてのシナリオで温暖な季節の増加と寒冷な季節の減少を示している。この変化のパターンの大きさは、高いシナリオではより顕著であり、死亡率の季節変動の形状を変え、ピークを寒冷な季節から温暖な季節に移し、世紀末までに季節性の振幅（つまり、ピークと谷の比率）を増加させている。最も高い排出シナリオでは、2090年代と2010年代を比較した場合のPTR（相対スケール）の変化は、0.96 から 1.11 の範囲である（図 3 参照）。

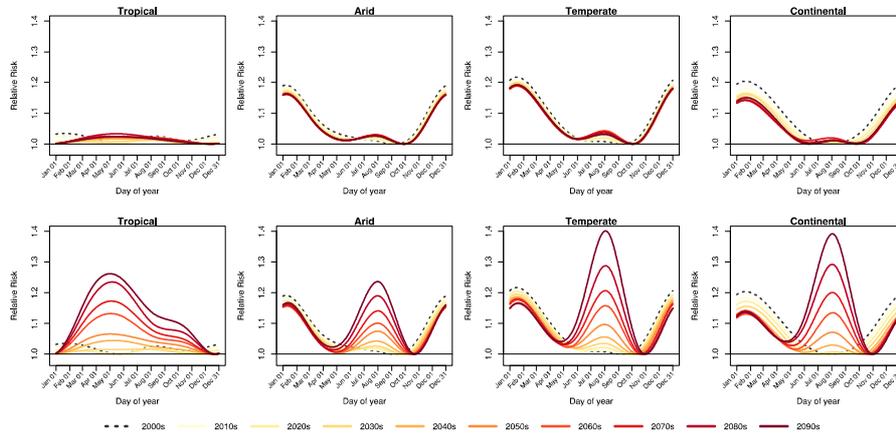


図 2. 2000 年代から 2090 年代までの四つの気候帯における死亡率の季節性
 四つの気候帯における季節性は、各日における死亡率の推定値を谷の日の最小死亡率の推定値で割った相対リスクとして計算される。図 2 では、黒色と点線の線は 2000 年代の季節性を表し、黄色から赤色に変化する連続した色は 2010 年代から 2090 年代の季節性を表している。

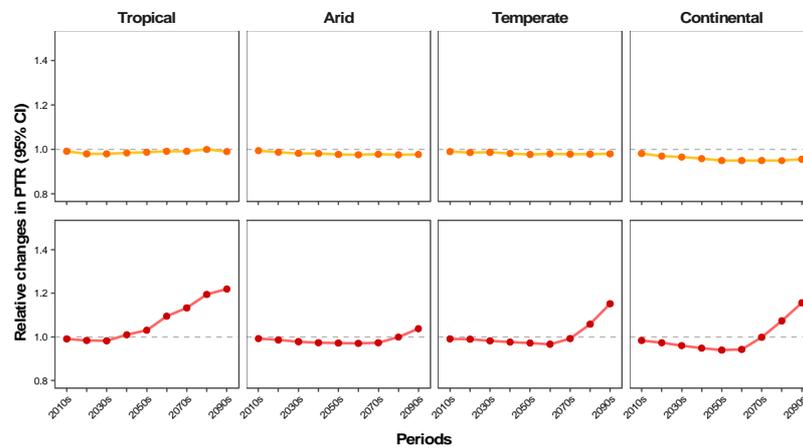


図 3. 気候帯ごとの季節性振幅（つまり、ピークと谷の比率）の時間的な変化。グラフは、気候帯ごとのピークと谷の比率（PTR）の 10 年ごとの変化を、2000 年代と比較して SSP126（上）と SSP585（下）の二つのシナリオで示している。陰影付きの領域は、PTR の変化の 95% 信頼区間を表している。

研究の意義と示唆について

この研究は、季節的な死亡率と気温の役割を世界的に評価し、重要な公衆衛生上の示唆を提供している。異なる気候地帯での季節パターンの検証と気温の影響を考慮することで、季節的な死亡率の変動要因に関する貴重な知見が得られた。気温が死亡率の季節性に与える影響が強調され、気温の調整が季節的振幅の低下に寄与することも明らかになった。さらに、将来の気候変動に伴う季節パターンの変化も予測された。

この研究は、気温と死亡率の複雑な関係性を理解し、公衆衛生政策や介入策の策定に役立つとともに、健康リソースの配分と計画における季節性の考慮の重要性を強調している。また、温暖化した気候下での季節パターンの変化による健康リスクへの対策が必要であり、医療提供や疾病監視などの準備が重要であることも示された。

この研究は、公衆衛生の分野において重要な証拠を提供し、温暖化した気候下での季節パターンの変化による健康リスクへの対策を推進している。人口の健康を保護し改善するために、予防的な対策を講じる必要があるという意義を持っている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Lina Madaniyazi, Ben Armstrong, Yeonseung Chung, Chris Fook Sheng Ng, Xerxes Seposo, Yoonhee Kim, Aurelio Tobias, Yuming Guo, Francesco Sera, Yasushi Honda, Antonio Gasparrini, Masahiro Hashizume, Multi-country Multi-city (MCC) Collaborative Research Network	4. 巻 51
2. 論文標題 Seasonal variation in mortality and the role of temperature: a multi-country multi-city study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Epidemiology	6. 最初と最後の頁 122 ~ 133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ije/dyab143	査読の有無 有
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
1. 著者名 Madaniyazi Lina, Ng Chris Fook Sheng, Seposo Xerxes, Toizumi Michiko, Yoshida Lay-Myint, Honda Yasushi, Armstrong Ben, Hashizume Masahiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Role of temperature, influenza and other local characteristics in seasonality of mortality: a population-based time-series study in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BMJ Open	6. 最初と最後の頁 e044876 ~ e044876
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1136/bmjopen-2020-044876	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 該当する
1. 著者名 Madaniyazi Lina, Chung Yeonseung, Kim Yoonhee, Tobias Aurelio, Ng Chris Fook Sheng, Seposo Xerxes, Guo Yuming, Honda Yasushi, Gasparrini Antonio, Armstrong Ben, Hashizume Masahiro	4. 巻 26
2. 論文標題 Seasonality of mortality under a changing climate: a time-series analysis of mortality in Japan between 1972 and 2015	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Health and Preventive Medicine	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12199-021-00992-8	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 該当する
1. 著者名 Madaniyazi Lina, Tobias Aurelio, Kim Yoonhee, Chung Yeonseung, Armstrong Ben, Hashizume Masahiro	4. 巻 51
2. 論文標題 Assessing seasonality and the role of its potential drivers in environmental epidemiology: a tutorial	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Epidemiology	6. 最初と最後の頁 1677 ~ 1686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ije/dyac115	査読の有無 有
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8件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Lina Madaniyazi
2. 発表標題 Seasonal variation in mortality and the role of temperature: a multi-country multi-city study
3. 学会等名 Virtual Kick off meeting: e-Asia Project
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Lina Madaniyazi, Yeonseung Chung, Yoonhee Kim, Chris Fook Sheng Ng, Yasuhi Honda, Masahiro Hashizume
2. 発表標題 Seasonal variation in mortality and the role of temperature: a multi-country multi-city study
3. 学会等名 the 33rd Annual Conference of the International Society for Environmental Epidemiology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Lina Madaniyazi
2. 発表標題 Multi-city Multi-country Collaborative Study-Seasonal variation in mortality and the role of temperature
3. 学会等名 オンラインで結ぶ 日英公開シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Lina Madaniyazi, Yeonseung Chung, Yoonhee Kim, Chris Fook Sheng Ng, Yasuhi Honda, Masahiro Hashizume
2. 発表標題 Seasonality of mortality with temperature adjustment in Japan over 44 year
3. 学会等名 31st Conference of the International Society for Environmental Epidemiology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Lina Madaniyazi, Yeonseung Chung, Yoonhee Kim, Chris Fook Sheng Ng, Yasuhi Honda, Masahiro Hashizume
2 . 発表標題 Seasonality of mortality in Japan under a changing climate
3 . 学会等名 Climate change, Air pollution, Interaction, Health, Projection, Adaptation (招待講演)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Lina Madaniyazi, Ben Armstrong, Aurelio Tobias, Masahiro Hashizume
2 . 発表標題 Projecting seasonality of mortality under a changing climate
3 . 学会等名 Climate change and human health in Asia: current impacts, future risks, and health cobenefits
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Lina Madaniyazi, Ben Armstrong, Yeonseung Chung, Chris Fook Sheng Ng, Xerxes Seposo, Yoonhee Kim, Aurelio Tobias, Yuming Guo, Francesco Sera, Yasushi Honda, Antonio Gasparrini, Masahiro Hashizume, On behalf of the MCC collaborative research network
2 . 発表標題 Seasonality of mortality under a changing climate
3 . 学会等名 第93回日本衛生学会学術総会 (招待講演)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Lina Madaniyazi, Ben Armstrong, Yeonseung Chung, Chris Fook Sheng Ng, Xerxes Seposo, Yoonhee Kim, Aurelio Tobias, Yuming Guo, Francesco Sera, Yasushi Honda, Antonio Gasparrini, Masahiro Hashizume, On behalf of the MCC collaborative research network
2 . 発表標題 Role of climate change and viral infection on seasonality of mortality
3 . 学会等名 26th Congress of the Asian Pacific Society of Respirology (国際学会)
4 . 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究協力者	橋爪 真弘 (Hashizume Masahiro)	東京大学・大学院医学系研究科 国際保健学専攻 国際保健政策学・Professor	
研究協力者	本田 靖 (Honda Yasushi)	国立環境研究所・Professor	
研究協力者	グオ ユーミン (Guo Yuming)		
研究協力者	金 允姫 (Kim Yoonhee)		
研究協力者	チョン ヨンスン (Chung Yeonseung)		
研究協力者	アントニオ ガスパリーニ (Antonio Gasparrini)		
研究協力者	アームストロング ベン (Armstrong Ben)		

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
---------	---------