

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H03900

研究課題名(和文) 地球温暖化による過剰死亡推定 多国間共同環境疫学研究

研究課題名(英文) Estimating Excess Mortality Due to Climate Change: A Multi-Country Collaborative Study in Environmental Epidemiology

研究代表者

橋爪 真弘 (Hashizume, Masahiro)

東京大学・大学院医学系研究科(医学部)・教授

研究者番号：30448500

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：気候変動に伴う気温上昇に人間集団がどの程度適応でき得るのか、過去の気温、死亡データを用いて探索した。結果、気温変化に対応して生体が馴化する生理的適応の指標として年平均気温、家庭のエアコン普及率が、暑さによる死亡リスクの低減と関連あることを示した。また、都市化に伴うヒートアイランド現象による気温上昇が追加的に死亡リスクをどの程度高めるか、首都圏のデータを用いて明らかにした。さらに、大気汚染物質濃度と気温の死亡に対する影響の交互作用を定量化するためのモデルを考案した。また今世紀末までの腸管感染症による超過死亡がサハラ以南のアフリカと南アジアで多くを占めることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、気候変動により将来発生する過剰死亡数の推定をより現実的なものにするために必須となる、1) 気温上昇に対する人間集団の適応予測モデル開発、2) 気温上昇による暑熱影響と光化学オキシダント濃度上昇の交互作用予測モデル開発、3) 都市におけるヒートアイランド現象の影響予測モデル開発、4) 将来の感染症流行予測モデル開発を行った。推定される超過死亡をもとに政策担当者が適切な適応策を検討するためのエビデンスの提供につながる事が期待される。

研究成果の概要(英文)：We investigated the extent to which human populations can adapt to temperature rise due to climate change using historical temperature and mortality data. The results indicated that annual average temperature and household air conditioning prevalence reduced mortality risk due to heat. Furthermore, using data from the Tokyo metropolitan area, we elucidated the extent to which temperature rise, induced by the urban heat island effect, amplifies the risk of heat-related mortality. Additionally, we developed a model to quantify the interaction between air pollutant concentrations and temperature in relation to mortality. Furthermore, it was revealed that excess mortality due to gastrointestinal infections until the end of this century will predominantly affect sub-Saharan Africa and South Asia.

研究分野：疫学

キーワード：気候変動 環境疫学 過剰死亡 下痢症 温暖化 時系列解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 5 次評価報告書では、世界の平均地上気温は過去約 130 年の間に 0.85 上昇し、温室効果ガスの排出抑制に取り組まなかった場合、今世紀末には気温が平均 3.7 上昇するとされている。気温の上昇は、熱ストレスの生理学的影響により、循環器系・呼吸器系疾患を有する人や高齢者の死亡リスクを高め、また熱中症を増加させることが知られている。日本では至適気温 (死亡リスクが最低となる気温) と 99 パーセントイル気温の死亡リスク比は 1.098 と推定され、すなわち暑熱により人間集団の死亡リスクが約 10% 上昇することが知られている。世界では温暖化に伴い、2030 年代には暑熱により 3 万 7 千人余りの過剰死亡が発生すると予測されている (WHO, 2014)。しかし、これら推計値は以下の 4 点を考慮することにより、より現実に即した予測が可能となる。

- (1) 人間集団は気温の上昇に伴って徐々に温暖化に対して適応すると考えられるが、疫学データをもとに将来の適応を推定し、過剰死亡者数を予測した研究はこれまでない。適応の事例として、温暖化とともに単位気温上昇あたりの死亡リスクは徐々に低下するとともに至適気温は徐々に上昇していることが過去の気温と死亡データの解析により確かめられている (Chung et al, 2018)。適応のメカニズムとしては、徐々に上昇する気温に対応して生体が馴化する生理的適応の他、家庭や職場、公共施設等におけるエアコンの導入や医療体制の整備などの社会的適応が挙げられる。これらの各適応メカニズムがどの程度死亡リスクの低減に寄与し得るか定量化することにより、将来の温暖化に対する有効な適応 (介入) 策の特定につながることを期待できる。
- (2) 気温の上昇が大気中の光化学オキシダント濃度を上昇させることが知られており、温暖化に伴う気温上昇により、将来光化学オキシダント濃度が上昇する可能性がある。また、暑熱下では、光化学オキシダントの心疾患・呼吸器疾患に対する影響が増強する交互作用の存在が知られているが、温暖化が進行した将来における交互作用を考慮した影響予測は未だ知見が非常に乏しい。これら温暖化に伴う光化学オキシダント濃度上昇、光化学オキシダントの影響増強の 2 点を考慮した将来予測モデルの開発が必須である。
- (3) 世界では先進国、新興国を問わず今後都市への人口集中と都市の拡大が進むと考えられている。都市化の進展に伴いヒートアイランド現象が顕著になり、熱中症の増加や、感染症媒介蚊の越冬といった生態系の変化が懸念されるが、温暖化による健康影響の将来予測において、これまで都市化の影響は考慮されていない。また、ヒートアイランド現象を緩和させる都市緑化等の対策が暑熱の影響をどの程度低減させるか明らかにすることで、有効な適応策の提言が期待できる。
- (4) これまで温暖化に伴う将来の感染症流行予測に関する知見は極めて限られており、腸管感染症、呼吸器感染症の他、ヒトの移動のグローバル化が進み我が国においても今後訪日外国人の急増が見込まれる中、マラリアやデング熱等の熱帯感染症についても感染症流行に対する影響予測は決して無視できない喫緊の課題である。本研究では、未だ世界的に疾病負荷が高く、温暖化の影響を受けやすいと考えられる下痢症に焦点を絞り、今世紀末における温暖化による下痢症過剰死亡の推定を行う。

2. 研究の目的

温暖化による将来の過剰死亡数をより現実的に推定するために必須となる上記 4 項目の疫学的予測モデルの開発をおこない、今世紀末までの温暖化による過剰死亡数を推定することを最終

目的とする。

3. 研究の方法

(1) 47 都道府県データ収集

本研究では最新の情報を用いるため厚生労働省に死亡小票の目的外利用申請を行い1972年～2019年の全死亡者データを手に入れた。また同じ期間の日別気温・光化学オキシダント濃度データをそれぞれ気象庁、国立環境研究所より入手した。47都道府県別にデータを編集し、死亡者数、平均気温、光化学オキシダント濃度の日別時系列データベースを作成した。あわせて各都道府県のエアコン普及率、地表温度等ヒートアイランド指標、消費者物価指数等の社会経済指標、医師数・ベッド数等の医療状況指標、等の年次別データを収集した。

(2) 予測モデル開発

作成した47都道府県データを用い、過去の各都道府県における日別気温と日毎死亡者数の短期的関連を定量化するための統計モデルを開発した。気温と死亡の時系列的関連を定量化する目的でDistributed lag non-linear model (DLNM)を用いて過去のheat effectの経年変化を調べ、さらに各都道府県のエアコン普及率、ヒートアイランド指標、社会経済指標、医療状況指標とheat effectの経年変化との関連を調べた。また、気温と死亡者数の関連に対する光化学オキシダント濃度の交互作用について、同様にDLNMを用いてデータ解析を行い定量化した。

(3) 過剰死亡推定

過去の県別データ解析で明らかとなった適応レベルと光化学オキシダントの交互作用、ヒートアイランド現象の影響を考慮した予測モデルを開発し、今世紀末までの気温上昇による過剰死亡推定をおこなった。また多国間共同研究ネットワークのデータを用いて世界の主要都市における今世紀末の過剰死亡を推定した。世界の主要都市における過去のheat effectの経年変化、光化学オキシダント濃度の交互作用についてDLNMを用いて定量化した。また世界疾病負担研究データを用いて、腸管感染症の全球レベルの将来超過死亡を推定した。

4. 研究成果

気候変動に伴う気温上昇に人間集団がどの程度適応でき得るのか、過去の気温、死亡データを用いて探索した。結果、気温変化に対応して生体が馴化する生理的適応の指標として年平均気温、家庭のエアコン普及率が、暑さによる死亡リスクの低減と関連あることを示した。また、都市化に伴うヒートアイランド現象による気温上昇が追加的に死亡リスクをどの程度高めるか、首都圏のデータを用いて明らかにした。さらに、大気汚染物質濃度と気温の死亡に対する影響の交互作用を定量化するためのモデルを考案した。また今世紀末までの腸管感染症による超過死亡がサハラ以南のアフリカと南アジアで多くを占めることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Chua Paul L C, Huber Veronika, Ng Chris Fook Sheng, Seposo Xerxes T, Madaniyazi Lina, Hales Simon, Woodward Alistair, Hashizume Masahiro	4. 巻 5
2. 論文標題 Global projections of temperature-attributable mortality due to enteric infections: a modelling study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Lancet Planetary Health	6. 最初と最後の頁 e436 ~ e445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/S2542-5196(21)00152-2	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 橋爪真弘	4. 巻 69
2. 論文標題 【気候変動による日常生活や健康への影響を考える】公衆衛生分野における気候変動の影響と適応策	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 保健医療科学	6. 最初と最後の頁 403-411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 橋爪真弘	4. 巻 63
2. 論文標題 【プラネタリー・ヘルス(地球の健康)という新たな視座】環境問題とヒトの健康	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 保健の科学	6. 最初と最後の頁 464-468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -
1. 著者名 Onozuka Daisuke, Gasparrini Antonio, Sera Francesco, Hashizume Masahiro, Honda Yasushi	4. 巻 127
2. 論文標題 Modeling Future Projections of Temperature-Related Excess Morbidity due to Infectious Gastroenteritis under Climate Change Conditions in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Health Perspectives	6. 最初と最後の頁 077006 ~ 077006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1289/EHP4731	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 Onozuka Daisuke, Gasparrini Antonio, Sera Francesco, Hashizume Masahiro, Honda Yasushi	4. 巻 682
2. 論文標題 Future projections of temperature-related excess out-of-hospital cardiac arrest under climate change scenarios in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 333 ~ 339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2019.05.196	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 Lee JY, Kim H, Gasparrini A, Armstrong B, Bell ML, ...Hashizume M, et al.	4. 巻 131
2. 論文標題 Predicted temperature-increase-induced global health burden and its regional variability.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environ Int.	6. 最初と最後の頁 105027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envint.2019.105027	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 Sera Francesco, Armstrong Ben, Tobias Aurelio, ...Hashizume Masahiro et al.	4. 巻 48
2. 論文標題 How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi-country analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Epidemiology	6. 最初と最後の頁 1101 ~ 1112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ije/dyz008	査読の有無 無
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 Tobias A, Hashizume M, Honda Y, Sera F, Ng CFS, Kim Y, Roye D, Chung Y, Dang TN, Kim H, Lee W, et al.	4. 巻 24
2. 論文標題 Geographical Variations of the Minimum Mortality Temperature at a Global Scale: A Multicountry Study.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environ Epidemiol.	6. 最初と最後の頁 e169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/EE9.000000000000169.	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 Chua PLC, Ng CFS, Tobias A, Seposo XT, Hashizume M.	4. 巻 6(3)
2. 論文標題 Associations between ambient temperature and enteric infections by pathogen: a systematic review and meta-analysis.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lancet Planet Health.	6. 最初と最後の頁 e202-e218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/S2542-5196(22)00003-1.	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 Nishikawa H, Seposo XT, Madaniyazi L, Kim Y, Tobias A, Yamagami M, Kim SE, Takami A, Sugata S, Honda Y, Ueda K, Hashizume M, Ng CFS.	4. 巻 219
2. 論文標題 Long-term trends in mortality risk associated with short-term exposure to air pollution in 10 Japanese cities between 1977 and 2015.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environ Res.	6. 最初と最後の頁 115108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envres.2022.115108.	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 Lin SY, Ng CFS, Kim Y, Htay ZW, Cao AQ, Pan R, Hashizume M.	4. 巻 867
2. 論文標題 Ambient temperature and nervous system diseases-related mortality in Japan from 2010 to 2019: A time-stratified case-crossover analysis.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sci Total Environ.	6. 最初と最後の頁 161464
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2023.161464.	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10件(うち招待講演 5件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 橋爪真弘
2. 発表標題 Covid-19パンデミックと気候変動
3. 学会等名 第80回日本公衆衛生学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Hashizume
2. 発表標題 Climate Change and health impact
3. 学会等名 MySEE 2022 Asia Pacific Regional Conference on Climate Change & Public Health (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Paul Lester Chua, Chris Fook Sheng Ng, Adovich Rivera, Masahiro Hashizume
2. 発表標題 Applicability of hospital admissions as proxy for climate change diarrheal mortality projections
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 Masahiro Hashizume
2. 発表標題 Impacts of Climate Change on Diarrhoea.
3. 学会等名 Environmental Research 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daewon Yang, Masahiro Hashizume, Aurelio Tobias, Yasushi Honda, Tran Ngoc Dang, Francesco Sera, Ben Armstrong, Antonio Gasparrini, Yeonseung Chung, The MCC Collaborative Research Network.
2. 発表標題 Temporal change in minimum mortality temperature under climate change: a multi-country multi-community observational 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, Ben Armstrong, Yeonseung Chung, Chris Fook Sheng Ng, Xerxes Seposo, Yoonhee Kim, Aurelio Tobias, Francesco Sera, Antonio Gasparri, Masahiro Hashizume, MCC collaborative research network
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	Masahiro Hashizume
2. 発表標題	Climate change and human health.
3. 学会等名	ISEE-AWPC & ISES-AC Joint Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Yamasaki L, Kamada T, Ng C, Kim Y, Takane Y, Nakajima K, Honda Y, Yamaguchi K, Oka K, Hashizume M.
2. 発表標題	Heat-related deaths and ambulance transports after typhoon-triggered power outages: a quasi-experimental study in the metropolitan areas of Japan.
3. 学会等名	34th Annual Conference of The International Society for Environmental Epidemiology. (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Masahiro Hashizume
2. 発表標題	Future projection of infectious diarrhoea due to climate change.
3. 学会等名	World Health Forum 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 橋爪真弘
2. 発表標題 気候変動とグローバルヘルス
3. 学会等名 第50回日本救急医学会総会・学術集会（招待講演）
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
研究分担者	金 允姫 (Kim Yoonhee) (40746020)	東京大学・大学院医学系研究科(医学部)・准教授 (12601)	
研究分担者	小野塚 大介 (Onozuka Daisuke) (50446829)	京都府立医科大学・医学(系)研究科(研究院)・講師 (24303)	
研究分担者	ウン クリス・フック・シェン (Ng Chris Fook Sheng) (70620409)	東京大学・大学院医学系研究科(医学部)・准教授 (12601)	

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