

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K17104

研究課題名（和文）Global Perspectives of Spatial and Temporal Variations in Seasonality of Suicide and Temperature-Suicide Association

研究課題名（英文）Global Perspectives of Spatial and Temporal Variations in Seasonality of Suicide and Temperature-Suicide Association

研究代表者

金 允姫（Kim, Yoonhee）

東京大学・大学院医学系研究科（医学部）・准教授

研究者番号：40746020

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）：自殺は季節により危険の程度が変化し、高い水準の気温が自殺の危険度を増加させる気温-自殺短期的な関連性に関する研究報告が増加している。だが、その関連性は変化できるかについての理解はまだ不十分である。本研究では、世界26カ国408カ所の地域における4-44年間の自殺死亡と気象データを収集し、同一な統計分析手法を使用し、自殺の季節性と気温-自殺の短期的非線形関係を分析した。その結果、気温-自殺の関係があり、自殺の季節性と気温-自殺の関係は地域特性により違いがあることが確認された。しかし、自殺の季節性と気温-自殺の関係が時間によって変化するという明確な根拠は発見されなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は自殺の季節性と気温-自殺の短期的関連性を明らかにした大規模な観察疫学研究であり、自殺率が高い人口集団で気候変動と健康影響評価に対する重要な保健学的視点を提供する。特に、気候変動による精神健康影響評価の必要性と気候変化による爆炎及び熱帯夜から生じうる精神疾患負荷推定において、より正確なモデル構築と計算方法が必要であることを示唆する。研究結果を通して、科学的根拠は持続的な方法論の発展を図り、未来の気候変動による精神疾患影響緩和及び適応政策にも役に立つと期待される。最終的に自殺予防による予測モデル構築に寄与すると期待される。

研究成果の概要（英文）：Literature suggests that suicide risk varies seasonally, and there is a growing body of evidence reporting a short-term temperature-suicide association. High levels of temperature increase suicide risk. However, there is a lack of understanding of which local characteristics may modify the suicide seasonality and the temperature-suicide relationship, or whether the association may change over time.

We collected and analyzed daily time-series data across 408 locations in 26 countries using a unified statistical modeling approach. We found that a temperature-suicide relationship exists, and that the seasonality of suicides and the temperature-suicide relationship varied by local characteristics. However, there was no clear evidence that the suicide seasonality and the temperature-suicide relationship varied over time. This study has important implications for assessing the health impacts of climate change in populations with high suicide rates.

研究分野：Environmental Epidemiology

キーワード：Suicide Temperature Season Multi-country

## 1. 研究開始当初の背景

自殺は、公衆衛生上の重要な課題である。世界保健機関(WHO)の推定によると、2019年に世界では703,000人が自殺で死亡し、15歳から29歳における第四位の死因が自殺である。自殺の危険要因として、様々な個人的特性と社会的要素が挙げられているが、近年、大気環境の要素も自殺危険の増加と関連するという報告が相次いでいる。

自殺は、季節によって発生頻度が異なると知られているが、こうした興味深い現象は、19世紀のヨーロッパから始まって一世紀以上にかけて報告されてきた。特に、自殺は、季節変化がよくみられる温帯地方では、春と初夏において主に最高点を記録し、冬には最低点を見せることで様々な国で観察されている。気温は自殺との関連が最も高い気象因子であると考えられ、気温が上昇するほど自殺危険が増加するというエビデンスが世界の様々な国で観察されてきた。

だが、自殺は国別の様々な地域特性によって異なる様子を見せる可能性があり、一部の地域特性は自殺の季節性と気温 - 自殺関係に介入する可能性もある。特に、特定の人口集団が他の人口集団より気温露出により敏感である場合や気温露出に対して脆弱性が大きい場合は、地域特性の水準の差は自殺の季節性と気温 - 自殺の関係における地域差を部分的に説明できる。

また、従来からの先行研究によると、都市化による自殺の季節性が時間により弱化するという報告もあったが、自殺の季節性は時間により維持され、または、より明確なパターンを示すという報告もある。自殺の季節性及び気温 - 自殺の関係が時間によって変化するかに対する科学的根拠はまだ十分ではない状況である。したがって、自殺の季節性及び気温 - 自殺の関係に関する研究は気候変動による気温上昇の脅威に直面した我々の社会がこれから注目すべき研究課題である。

## 2. 研究の目的

本研究は、多様な気候と自殺率の特性を持つ様々な国のデータを収集し、同一な統計分析を用いて、自殺の季節性と気温 - 自殺の関係の非線形パターンを定量的に推定する。また、自殺の季節性と気温 - 自殺の関係における空間的異質性と時間的変化を探索し、こうした空間的かつ時間的変化の潜在的効果調節要因を把握することを研究目的とする。

具体的な研究の目的は、次のとおりである。

- 1) 様々な国のデータを使用した自殺の季節性と気温 - 自殺の関係を検討
- 2) 自殺の季節性と気温 - 自殺の関係における空間的異質性の探索及び潜在的効果調節要因分析
- 3) 自殺の季節性と気温 - 自殺の関係における時間的変化の検討

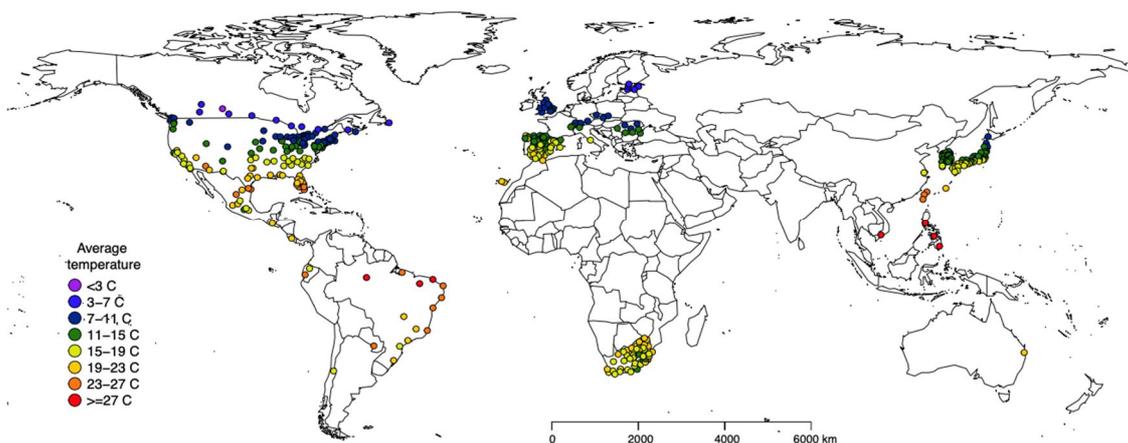


図1. 研究対象地域の地理的分布 (26カ国: オーストラリア、ブラジル、カナダ、チリ、中国、チェコ、エストニア、エクアドル、コスタリカ、グアテマラ、パラグアイ、フィンランド、ドイツ、イタリア、日本、韓国、メキシコ、フィリピン、ルーマニア、南アフリカ、スペイン、スイス、台湾、イギリス、アメリカ、ベトナム)

## 3. 研究の方法

## (1) データ収集

地域別の日毎自殺死亡数と気象データを収集し、データの質を確認した後、統計分析のためのデータ統合を行った。最終的に構築された時系列データは、合計 26 カ国の 408 カ所の地域が含まれ(図 1) 期間は国によって 4 年から 44 年までと異なる。また、地域水準指標データには、総人口、人口密度(人口/km<sup>2</sup>)、65 歳以上人口割合、期待寿命、国内総生産(GDP)、失業率、教育水準、大気汚染指標として年平均粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)と二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)濃度、年平均気温が含まれている。

## (2) 統計分析

自殺の季節性と気温 - 自殺の非線形関係を調査するため、2 段階のメタ分析を行った(two-stage meta-analysis)。最初の段階では、地域別時間階層交差分析(time-stratified case-crossover analysis)を使用し、気温 - 自殺の関係に関しては遅延効果(delayed effect)を 2 日から 4 日までを考慮し、累積相対危険度(cumulative relative risk)を計算した。第二段階では、多変量メタ回帰分析(multivariate meta-regression analysis)を用いて、第一段階で計算した地域別の推定値を国別に統合した。さらに、空間的異質性の効果を検証するため、地域水準指標を共変量としてモデルに適合させ、地域水準による自殺の季節性における相対危険度及び気温 - 自殺の関係における相対危険度の関連性を推定した。

自殺の季節性及び気温 - 自殺の関係における時間的変化の検証は、時系列データの期間が十分な国を選択し、下位期間別層化分析を行った。自殺の季節性は、2000 年前後に分け、気温 - 自殺の関係は、日本を対象にして、データを五つの下位期間に分けて分析を行った。時間的変化の検証のための下位期間別層化分析は、第一段階で地域別分析を行い、第二段階では地域別推定値を国別に統合した。

気温 - 自殺の非線形関係の推定時 BLUP(best linear unbiased prediction)を利用して、自殺危険が最大値/最小値に到達する気温を確認し、それぞれを MaxST(Maximum Suicide Temperature) / MinST(Minimum Suicide Temperature)とした。MaxST は臨界温度範囲を確認する指標として使用し、MaxST と MinST 間の自殺危険は累積相対危険(relative risk, RR)を計算する指標として使用した。最後に、感度分析を行い、結果の安定性を確認した。

## 4. 研究成果

### (1) 記述的結果

本研究では、26 カ国の 408 の地域の 4-44 年の自殺死亡者数と天候の時系列データを構築した。統計分析の対象となった自殺者数は合計 1,567,441 であった。研究地域は、北半球と南半球を含み、国ごとに異なる気候の特性が観察されたが、年平均気温が最も低い国は、エストニア(6.2°C)、最も高い国は、ベトナム(28.5°C)で比較的広く分布した。

一方、自殺の季節性は比較的一貫して観察された(図 2)。全体的に、月別の自殺者数は、春や夏のように暖かい季節

(北半球 3-8 月)に比較的高く、寒い季節(北半球 11-2 月;南半球 4-7 月)には、相対的に低いことを確認した。しかし、熱帯地方に位置するグアテマラ、フィリピン、ベトナム、コスタリカ、エクアドルでは自殺の明確な季節性を確認することはできなかった。

### (2) 統計分析結果

気温 - 自殺の短期的非線形関係推定

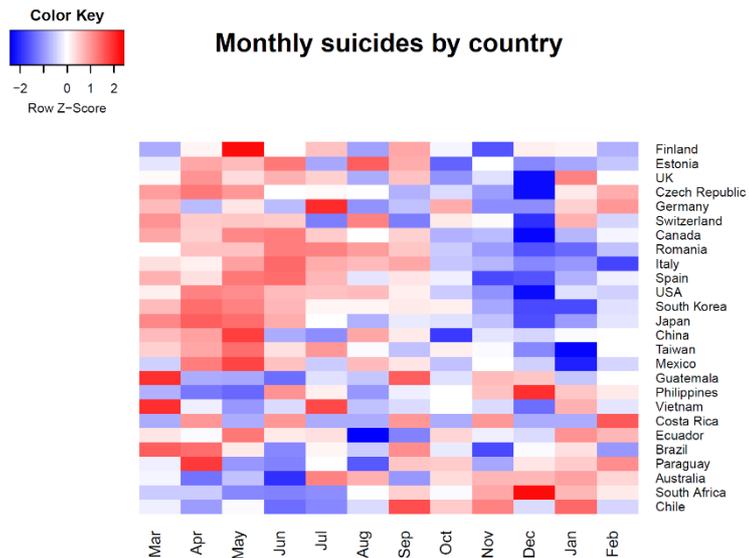
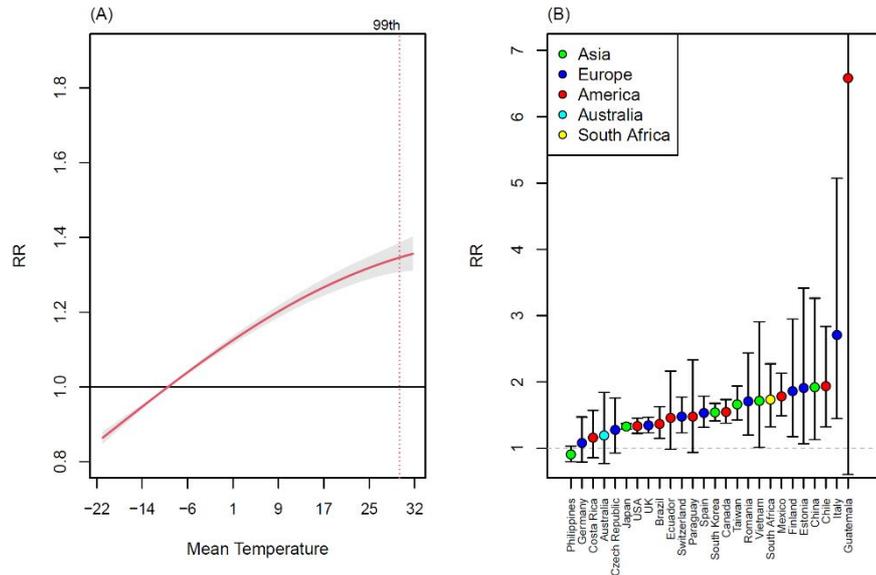


図 2 月別自殺者数(国別の標準化)

合計 1,567,441 件の自殺死亡が分析に含まれた。全般的に自殺危険度は気温が高いほど、増加する傾向を示し、これは 26 カ国のうち、19 か国で統計的有意であった。しかし、気温 - 自殺の関係における相対危険度 (RR) の大きさはアメリカ、ヨーロッパ、アジア等、広い地域範囲内では国別の違いがあった。例えば、東アジアでは、日本 1.33 (95% CI= 1.29, 1.37)、韓国 1.54 (1.41, 1.68) であり、アメリカ大陸では、アメリカ 1.33 (1.22, 1.46)、カナダ 1.55 (1.38, 1.73)、メキシコ 1.78 (1.49, 2.13)、チリ 1.94 (1.32, 2.84) である。ヨーロッパでは、イギリス 1.35 (1.23, 1.47)、スペイン 1.53 (1.31, 1.79)、フィンランド 1.86 (1.18, 2.95) である。

図 3A 気温 - 自殺の関係の推定曲線 (26 カ国統合); 図 3B 国別の気温 - 自殺の関係における相対危険度 (relative risk, RR)



#### 自殺の季節性と気温 - 自殺の関係における空間的異質性の効果修飾

地域水準指標が自殺の季節性に及ぼす影響を把握するため、12 か国を対象にメタ回帰分析で段階的変数選択方法を採用し、分析を行った。この分析手法は、国家指標のみ含まれた最小メタ回帰モデルから始め、地域水準指標を追加することで最適な指標集合を持つモデルを識別する方法であり、最終モデルでは国家指標、平均気温、失業率、65 歳以上人口割合が含まれている。地域水準指標による自殺の季節性は、気温が低く、失業率が低く、65 歳以上人口割合が高い地域でより大きく見られ、これは最終モデルで他の地域水準指標が補正された結果である。

図 4 は、日本の都道府県指標水準による自殺 - 気温の関係における相対危険度の変化を示している。自殺 - 気温の関係における相対危険度は、総人口 (TotPop)、経済力指数 (Economic Power Index, EPI)、エアコンの普及率 (ACprev)、高学歴者の割合 (%CollUniv) が低い地域であるほど、高齢者 (%65+) と女性 (%Female) の割合、全体自殺率 (%Suicide)、高齢者の自殺率 (%65+Suicide) が高い地域であるほど、高く推定されるけいこを示している。また、寒い地域 (Tmean) であるほど、高い相対危険度が推定された。

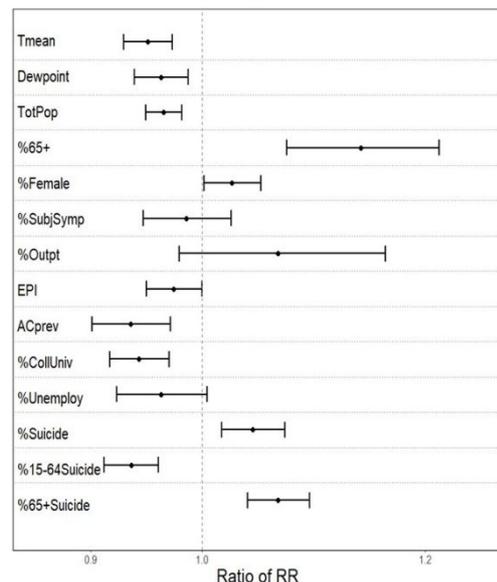


図 4 日本の都道府県水準 1 標準偏差増加対比相対危険度の変化 (点推定値と 95% 信頼区間)

#### 自殺の季節性と気温 - 自殺の関係における時間的変化

自殺の季節性における時間的変化を把握するための分析は、8 か国を対象に分析を行った (図 5)。一部の国では統計的有意である時間的変化が観察された。カナダでは 2000 年以降春のピークが低くなり、日本では 2000 年以降春のピークが遅延されたパターンが観察された。その一方で、スペイン、台湾、イギリスでは 2000 年以降春のピークがより高くなるパターンを示している。

自殺 - 気温の関係における時間的変化は日本のデータを使用し、五つの下位期間 (1972-

1980、1981-1990、1991-2000、2001-2010、2011-2015) による自殺 - 気温の非線形関係から推定された相対危険度がいかに変化するかを観察した。予想とは異なり、およその下位期間では類似した程度の相対危険度が推定されたが、2001 - 2010 年には相対危険度が一時的に低く推定された。性別、年齢別追加分析を行った結果、こうしたパターンは特に、男性と 65 歳未満の若い人口集団で一貫して観察され、女性と 65 歳以上の人口集団ではすべての下位期間において類似した程度の相対危険度が観察された。

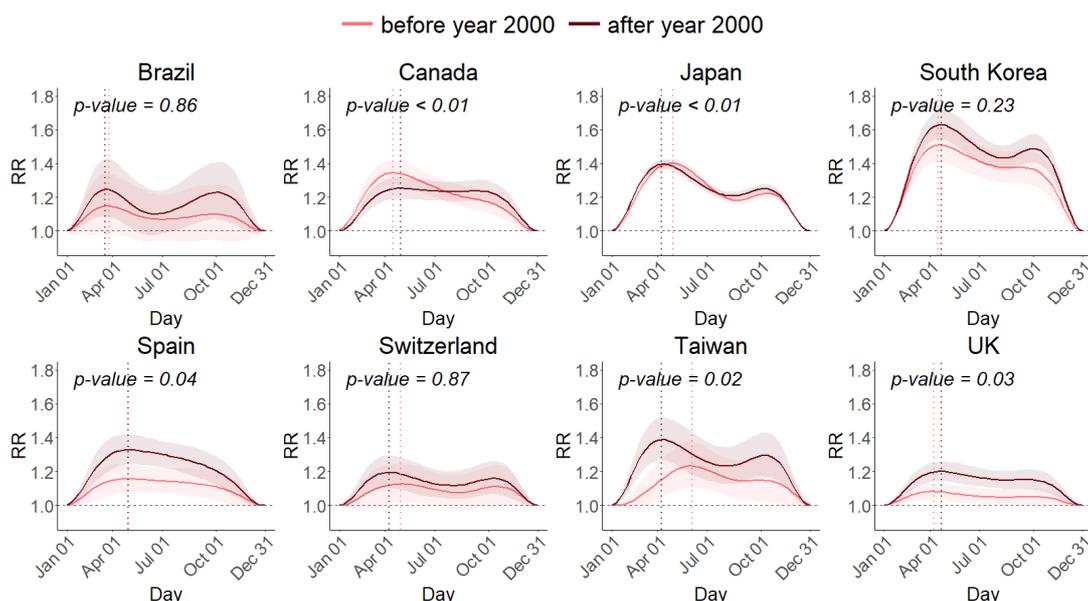


図 5 自殺の季節性における 2000 年前後のパターン比較 (RR=自殺危険度の最低点对比最高点の相対危険比；陰領域は 95%信頼区間)

#### 成果の国内外位相とインパクト、そして今後の展望

本研究は世界の様々な国の日毎時系列データを使用し、自殺の季節性と気温 - 自殺の短期的非線形関係を定量的に分析した観察疫学研究である。特に、気温 - 自殺の短期的な関連性検証はこれまで報告された先行研究のなか、最も巨大な規模のデータを使用した研究として評価されている。本研究の結果は、自殺死亡と精神健康負荷の高い若い人口集団において重要な保健学的視点を提供し、気候変動による精神健康影響評価の必要性を強調する。2022 年世界保健機構 (WHO) は「精神健康と気候変動：政策概要」を発刊し、気候変動が人間の精神健康に及ぼす影響を強調し、本研究結果を引用しながら気温 - 自殺の関係の重要性を言及した。

自殺の危険度が、どの時点で、どの地域で増加するかを正確に予測することはかなり難しい作業であり、自殺の危険度を増加させる多様な要因もともに考慮すべきである。本研究では、全般的に寒い地域、高齢者の割合が高い地域、都市よりは地方の特性を持つ地域において自殺の季節性と気温 - 自殺の関係における相対危険度がより強いことが観察された。こうしたパターンは都市地域で公共保険のインフラが比較的によく構築されていることから自殺予防のための介入がより効果的に運営される等の環境条件が関連している可能性が高い。一方で、本研究では、自殺の季節性と気温 - 自殺の関係は、時間が経つにつれて変化するという明確な根拠を発見することはできなかった。結果的に、本研究は世界の様々な地域の人口集団を含めた大規模のデータを通して、マクロ的な観点から自殺の季節性と気温 - 自殺の関係に対する理解を深める契機になり、これは重要な個人/ミクロ的要素とともに自殺予防のための予測モデルを構築することに役に立つと予想される。

また、本研究で観察された 26 カ国における気温 - 自殺の関係の違いは、気候変動によって増加すると予想される爆炎と熱帯夜から生じうる精神疾患の負荷推定において、より正確かつ精密なモデル構築と計算方法が必要であることを示唆する。このような方法論的発展と蓄積された科学的根拠は、究極的に気候変動による未来の自殺死亡推定と気候変動による精神健康影響緩和及び適応政策に役に立つと期待される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Lee W, Ebi KL, Kim Y, Hashizume M, Honda Y, Hashimoto H, Choi HM, Choi M, Kim H.	4. 巻 50(2)
2. 論文標題 Heat-mortality risk and the population concentration of metropolitan areas in Japan: a nationwide time-series study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Epidemiology	6. 最初と最後の頁 602-612
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/ije/dyaa245	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 -
1. 著者名 Yu J, Park J, Choi T, Hashizume M, Kim Y, Honda Y, Chung Y	4. 巻 26
2. 論文標題 Nonparametric Bayesian Functional Meta-Regression: Applications in Environmental Epidemiology	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics	6. 最初と最後の頁 45-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s13253-020-00409-z	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 Yu J, Yang D, Kim Y, Hashizume M, Gasparrini A, Armstrong B, Honda Y, Tobias A, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Kim H, Iniguez C, Lavigne E, Ragettli MS, Scovronick N, Acquotta F, Chen B, Guo YL, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Zanobetti A, Schwartz J, Bell ML, Diaz M, Valencia CDC, Holobac I, Fratianni S, Chung Y	4. 巻 29
2. 論文標題 Seasonality of suicide: a multi-country multi-community observational study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Epidemiology and Psychiatric Sciences	6. 最初と最後の頁 e163
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1017/S2045796020000748	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 Sim K, Kim Y, Hashizume M, Gasparrini A, Armstrong B, Sera F, Ng CFS, Honda Y, Chung Y	4. 巻 142
2. 論文標題 Nonlinear temperature-suicide association in Japan from 1972 to 2015: Its heterogeneity and the role of climate, demographic, and socioeconomic factors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environment International	6. 最初と最後の頁 105829
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.envint.2020.105829	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 Kim Y, Kim H, Gasparrini A, Armstrong B, Honda Y, Chung Y, Ng CFS, Tobias A, Iniguez C, Lavigne E, Sera F, Vicedo-Cabrera AM., Raettli MS., Scovronick N, Acquaotta F, Chen BY, Guo YLL, Seposo X, Dang TN, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Kosheleva A, Zanobetti A, Schwartz J, Bell ML., Hashizume M	4. 巻 127
2. 論文標題 Suicide and Ambient Temperature: A Multi-Country Multi-City Study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Health Perspectives	6. 最初と最後の頁 117007 ~ 117007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1289/EHP4898	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 Pan R, Honda Y, Minakuchi E, Kim SE, Hashizume M, Kim Y	4. 巻 130
2. 論文標題 Ambient Temperature and External Causes of Death in Japan from 1979 to 2015: A Time-stratified Case-crossover Analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Health Perspectives	6. 最初と最後の頁 47004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1289/EHP9943	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 Roy A, Alam MA, Kim Y, Hashizume M.	4. 巻 27
2. 論文標題 Association between Daily Ambient Temperature and Drug Overdose in Tokyo: A Time-Series Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Health and Preventive Medicine	6. 最初と最後の頁 27-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1265/ehpm.21-00044	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 5件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Kim Y
2. 発表標題 High temperature and suicide: current evidence and challenges
3. 学会等名 Environmental Research 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kim Yoonhee
2. 発表標題 Risk of suicide associated with ambient temperature: evidence across multiple countries
3. 学会等名 The 3rd International Forum on Climate Change and Health Response (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kim Yoonhee
2. 発表標題 Suicide and Ambient Temperature: A Multi-City Multi-Country Study
3. 学会等名 2019 GRL (Global Research Laboratory) international symposium: Health impact assessment of air pollution and climate change in Asia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kim Y
2. 発表標題 High temperature and suicide: current evidence and challenges
3. 学会等名 RFCUNY, NYC, US. Climate Change, Human Health, and Resiliency Forum (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Thawonmas R, Hashizume M, Kim Y
2. 発表標題 Projections of temperature-attributable suicide under climate change scenarios in Japan
3. 学会等名 ISEE 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

GEH Publications  
<https://sites.google.com/m.u-tokyo.ac.jp/envhealth/publications>

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)		
研究協力者	本田 靖  (Honda Yasushi)		

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