

健康増進に向けた住宅環境整備のための研究
死亡率が上昇する室温閾値の推計（既存データとコホートデータリンケージ分析）

研究分担者 佐伯 圭吾 奈良県立医科大学 疫学・予防医学教室 教授

研究要旨

外気温が低下する冬に死亡率が上昇する現象は、1900年代前半から世界各国の統計から認識されていた。近年、統計分析法の進歩により、低い外気温に曝露に関連する総死亡の相対危険や過剰死亡数を、曝露からイベント発生までの潜時を考慮して正確に推定する時系列分析法が開発された。外気温低下による死亡率上昇の対策として、WHOは住環境に関するガイドライン（2018年）を公表しており、冬の室温を18℃以上に維持するように勧奨している。室温コントロールの目標値の設定にはコホート研究によって、対象者が曝露する室温と死亡率の上昇する室温の閾値を明らかにすることが望ましいが、そのためには数十万人単位の大規模コホートの設定が必要と考えられ、現実的ではない。

本研究では既存の死亡率および外気温データと、奈良県在住高齢者を対象とするコホート研究参加者の室温データを用いた生態学的研究によって死亡率上昇の室温閾値を推定したところ、死亡率が上昇する24時間平均外気温の閾値は25.9℃、日中平均室温の閾値は27.3℃と推定された。

A. 研究目的

わが国の1985年から2012年の死亡データと外気温データを用いた研究から、死亡率が最も低い外気温を基準とした場合の、外気温低下に関連する過剰死亡は全死亡の約9.8%と推定され¹⁾、粗死亡率に基づいて年間過剰死亡数を計算すると約9.4万人に相当する。

寒冷曝露による過剰死亡対策として、WHOは住環境ガイドラインにおいて、冬の住居内温度を18℃以上に保つように勧奨しているが、その目標値を裏付けるエビデンスは明らかではない。

本研究の目的は、既存情報である都道府県別日別死亡数と当該日の外気温、奈良県在住高齢者が参加する地域コホート研究で測定した室温データを用いた生態学的研究によって、総死亡率が上昇する室温閾値を、推定することである。

B. 研究方法

2010年から2019年の人口動態統計情報のうち、死亡日、届出都道府県に関する情報の利用申請を行い、当該期間の都道府県別日別総死亡数を算出した。さらに都道府県県庁所在地の气象台から、日別24時間平均外気温を入手した。都道府県別の温度と外気温の関連をDLNM (Distributed Lag Non-linear Model)²⁾を用いて回帰したのち、各都道府県別の外気温と総死亡の回帰結果を統合した多変量メタ回帰モデルに基づいて奈良県の外気温と総死亡関連を推定した¹⁾。奈良県在住の平城京スタディ対象者では、2010年から2019年の室温測定を行った。温度ロガーは対象者宅の居間、床上60cmに設置し、10分間隔で計測した。対象者には入床・離床時刻および外出・帰宅時刻を自記式生活記録用紙への記入を求めた。就床時間および外出時間を除く室温の平均値を日中室温とした。対象者の住所地に最も近い地方气象台から、室温測定日の外気温データを入手し、24時間平均外気

温を算出した。日中室温を従属変数、24時間平均外気温を独立変数とする一般加法モデルで回帰し、総死亡が最も低くなる外気温に対応する室温を推定した。

C. 研究結果

C1. 死亡率が上昇する室温閾値の推計

平城京スタディ対象者において、2010年から2019年に、2189名×7日間および1306名×2日間からなる、のべ17935人・日の室温測定を行った結果を分析に用いた。

日別の外気温データと総死亡数の関連から、奈良県では24時間平均外気温が25.9°Cの場合に、総死亡の相対危険の推定値は、最低値を示した(図1)。

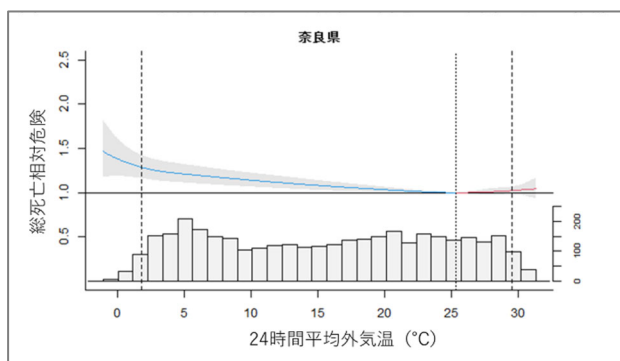


図1 2010-2019年奈良県の総死亡・外気温の関連:メタ回帰に基づく推計

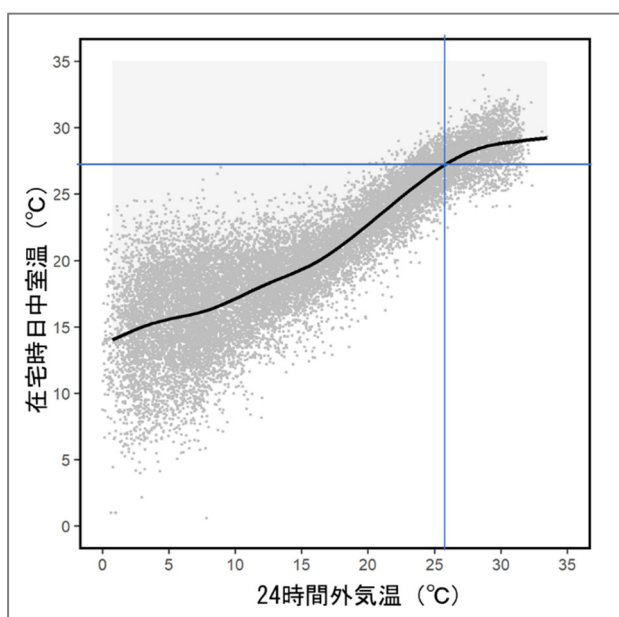


図2 室温-外気温の関連(一般化加法モデル)

コホートデータの日中室温と24時間平均外気温の関連から、外気温25.9°Cに対応する日中室温平均値は27.3°C(95% Credible interval: 27.18 - 27.39)と推定された(図2)。

C2. 室温と血圧におけるうつ症状による交互作用

平城京スタディの参加者(60歳以上)のうち、うつ症状と血圧と室温のデータが利用可能な1076名を対象に解析を行った。うつ症状は老年期うつ病評価尺度(GDS-15)を用いて、5点以上をうつ症状ありと判断した。連続する48時間にわたり30分間隔で自由行動下血圧測定を行い、同時に室温の測定をした。統計解析には日中収縮期血圧を従属変数としたマルチレベル線形回帰モデルを用いた。

うつ症状あり群では、低い日中室温は高い日中収縮期血圧と有意な関連を認めたが($n=216, \beta=-0.804, p<0.001$)、うつ症状なし群では日中の室温と日中収縮期血圧に有意な関連を認めなかった($n=860, \beta=-0.173, p=0.120$)。また日中平均収縮期血圧に対して、気温とうつ症状は有意な交互作用を認めた($p=0.014$)。これらの関連は、年齢、性別、BMI、治療薬、身体活動量を含む潜在的交絡因子とは独立していた。本研究はうつ症状がない集団に比べてうつ症状を呈する集団で寒冷曝露による血圧上昇が起こりやすい可能性を示唆した。うつ症状の評価により、寒冷曝露のリスクが高い集団をスクリーニングできる可能性が考えられる。(J Hypertens.2022;40: 2013-2021)

C3. 室温と血圧の関連における皮膚温による媒介作用と、皮膚温と血圧の負の関連

平城京スタディの参加者のうち、冬の2日間に皮膚温(手関節、足関節部、体幹)、室温、および自由行動下血圧測定を完了した584名が分析対象である。混合線形モデルを用いて分析したところ、日中収縮期血圧は交絡因子とは独立して皮膚と有意に負の関連を示し、末梢皮膚温の回帰係数は、 -4.58mmHg (95%信頼区間: -4.58 to -3.98)で、体幹部皮膚温の回帰係数は -2.74mmHg (95%信頼区間: -3.14 to -2.56)であった。さらに共分

散構造分析を用いて曝露する環境環境温度と血圧の関連における皮膚温の媒介を検討したところ、末梢皮膚温の媒介効果は中枢皮膚温の 7.1 倍であった。血圧上昇を防ぐための温度環境制御において、末梢皮膚温を指標とできる可能性を示唆するものである。(Hypertension. 2022; 79:1845-1855).

D. 考察

既存データとコホート研究データを用いた生態学的から推定した結果から、室温が約 27°C のときに総死亡リスクが最も低いことと推測された。WHO は冬の室温の最低値を 18°C 以上に維持するように推奨しているが、死亡リスクはそれより高い温度から上昇し始めている可能性が考えられる。今後は、室温の低下や上昇に関連する死亡リスクの上昇や、わが国の住環境の実態を考慮し、室温制御の目標値を定める必要があると考えられる。

E. 結論

人口動態統計、気象データ、コホート研究データを用いて、死亡率が上昇する室温閾値を推定した。室温と血圧の関連におけるうつ症状の交互作用、皮膚温と血圧の関連を報告した。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Tai Y, Obayashi K, Yamagami Y, Saeki K. Inverse Association of Skin Temperature With Ambulatory Blood Pressure and the Mediation of Skin Temperature in Blood Pressure Responses to Ambient Temperature. Hypertension. 2022;79(8):1845-55.
- 2) Tai Y, Obayashi K, Yamagami Y, Kurumatani N, Saeki K. Association Between Passive Body Heating by Hot Water Bathing Before Bedtime and Depressive Symptoms Among Community-Dwelling Older Adults. Am J Geriatr Psychiatry. 2022;30(2):161-70.
- 3) Tai Y, Obayashi K, Okumura K, Yamagami Y, Negoro H, Kurumatani N, et al. Association between before-bedtime passive body heating

and nocturia during the cold season among older adults. J Epidemiol. 2022. (in press).DOI:10.2188/jea.JE20210471

- 4) Okumura K, Obayashi K, Tai Y, Yamagami Y, Kurumatani N, Saeki K. Influence of depression on the association between colder indoor temperature and higher blood pressure. J Hypertens. 2022;40(10):2013-21.
- 5) Tai Y, Obayashi K, Yamagami Y, Yoshimoto K, Kurumatani N, Nishio K, et al. Hot-water bathing before bedtime and shorter sleep onset latency are accompanied by a higher distal-proximal skin temperature gradient in older adults. J Clin Sleep Med 2021;17(6):1257-66.

2. 学会発表

- 1) 生活環境における温度曝露とその影響の測定、佐伯圭吾
日本疫学会学術総会（シンポジウム）2023 年 2 月
- 2) 総死亡の相対危険が最低となる室温の推計:既存データとコホートデータを用いた分析
佐伯圭吾, 田井義彬, 山上優紀, 大林賢史
日本公衆衛生学会総会 2022 2022 年 10 月
- 3) 実生活環境下における寒冷曝露時の血圧上昇における皮膚温の媒介効果:平城京スタディ
田井義彬, 大林賢史, 山上優紀, 佐伯圭吾
日本公衆衛生学会総会 2022 2022 年 10 月
- 4) 冬の室内寒冷曝露と筋力・歩行速度低値の横断関連:平城京スタディ
諏訪内宏益, 大林賢史, 田井義彬, 山上優紀, 佐伯圭吾
日本公衆衛生学会総会 2022 2022 年 10 月
- 5) 睡眠休養感に影響しうる生活環境要因(シンポジウム) 佐伯圭吾, 大林賢史
日本睡眠学会定期学術集会 2022 2022 年 6 月
- 6) うつ症状の有無が寒冷曝露と血圧高値の関連に及ぼす影響:平城京スタディ

奥村和生, 大林賢史, 田井義彬, 山上優紀, 佐伯圭吾、日本精神神経学会学術総会 2022年6月

- 7) 住環境因子と健康との関連－平城京スタディからわかったこと－ 佐伯圭吾
第79回日本公衆衛生学会総会(シンポジウム)
2020年10月

G. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*. 2015;386(9991):369-75.
- 2) Gasparrini A. Modeling exposure-lag-response associations with distributed lag non-linear models. *Stat Med*. 2014;33(5):881-99.