

—特集 [内科学の新たな展開：救急・総合診療領域 (4)]—

気候変動・気象因子と疾患の疫学

—疾患特性から統計解析まで—



須崎 真

日本医科大学大学院総合医療・健康科学分野

日本医科大学付属病院救急・総合診療センター

はじめに

気候・気象変動は、地球規模の温暖化に伴う平均気温の上昇など、各地における異常気象をもたらすだけでなく、われわれの日常生活に大きな影響を与えている¹。気象庁のデータによると、2024年の東京における真夏日（日中最高気温が30℃を超える日数）は83日、猛暑日（日中最高気温が35℃を超える日数）は20日にも及んでいる²。総務省の報告では熱中症による救急搬送者数（2024年5月～9月）は全国97,578件で2008年調査開始以降、過去最多であり³、気候・気象変動が疾患・健康に与える影響は、救急・総合診療において重要な課題の一つである。

一方で、気候変動は地域ごとの気象や環境因子と複雑に相互作用し、健康に及ぼす影響も多岐にわたる⁴。さらに、統計学的な煩雑性やデータの不確実性も疾患との因果関係を見出す妨げとなっていた^{5,6}。しかし、近年、統計ソフトをはじめ、統計学的手法の目覚ましい技術の進歩により^{7,8}、気候・気象因子と疾患に関する調査報告が数多くなされ⁸⁻¹¹、医学分野においても注目されてきている。本稿では気候変動・気象因子と疾患について述べたい。

1. 気候変動・気象因子と疾患

気候変動は長期的に影響を及ぼし¹²、温暖化に伴う気温上昇や異常気象が疾患のリスクとなる¹³。一方、気象変動は短期的に急激な気温変化や湿度、気圧の変動が健康に直接的な影響を及ぼすこともある¹⁴⁻¹⁶。特に、低温に伴う脳・心臓血管疾患の増加^{17,18}や低気圧による頭痛¹⁹は救急・総合診療センターでも診察する機会が少なくない。

(1) 気候変動と疾患

気候変動は地球温暖化や異常気象、季節変動などにより長期的に人体に影響を及ぼすことがよく知られている。過去の研究では、気候変動は気温上昇や季節変動と疾患に関する研究報告がなされており^{5,9}、特に熱

中症と感染症は代表的な疾患の一つである。

1) 熱中症との関連

気温上昇に伴う疾患・健康被害は世界各国で報告されている²⁰⁻²²。熱中症は地球温暖化による猛暑の健康被害として注目されており²³、世界の気温は約+0.74℃上昇（1991～2020年の30年平均値）すること²⁴を考慮すると、今後も増加が予想される²⁵。Stella M Hartingerらの報告によると、ラテンアメリカでは熱中症による死亡率について、2013年～2022年の暑さ関連の死亡者数の推定年間平均数は2000年～2009年と比較して140%増加したという²⁶。さらに、若年層と高齢者の両方で、猛暑の日は救急部の受診、熱中症、腎疾患、精神障害のリスクが高いことが報告されている²²。日本においても、気温上昇による猛暑日は、熱中症による救急搬送リスクが30℃未満の日と比較し5.55倍以上上昇したという²⁷。最近では、暑さ指数WBGT（湿球黒球温度）：Wet Bulb Globe Temperatureを用いた熱中症に関する調査研究がなされ、熱中症との関連性が報告されている²⁸⁻³⁰。WBGTは気温、湿度、日射・輻射などの周辺熱環境をもとに算出する指数であるとして³¹熱中症予防の指標であるが、熱中症以外の疾患との関連性についても報告されている^{32,33}。最近では熱中症の予測モデルの研究も行われており³⁴⁻³⁶、今後の予防対策に期待が高まっている。

2) 感染症の増加

温暖化は感染症の増加により、病原体を媒介する蚊やダニなどの生息域拡大による感染症流行域の拡大などが懸念されている^{37,38}。救急・総合診療でも輸入感染症であるデング熱やマラリアをはじめ、国内で発生しつつあるリケッチアといった感染症を扱う機会もある。デング熱を例にとると、気候との関連性は、地域の気候状況に大きく依存しているという³⁹⁻⁴¹。その発生率は、降水量、気温、相対湿度、エルニーニョなどの気候要因の組み合わせによって影響を受ける⁴²。デング熱の発生率は、月平均気温が1℃上昇すると、3カ月のタイムラグを経て43%増加したという報告もある⁴³。

表1 疾患と気象因子

疾患・症候群	著者	年	調査期間	気象因子
ST 上昇型心筋梗塞	Satomi Kobayashi et al. ⁵⁵	2023	2015 年～2021 年	気温
ACS (サブ解析あり)	Cai De Jin et al. ⁵⁶	2024	2005 年～2014 年	気温
大動脈解離	Kenji Sadamatsu et al. ⁵⁷	2020	2013 年～2017 年	気温
大動脈解離	Rena Usui et al. ⁵⁸	2021	2008 年～2018 年	気温, 気圧
大動脈解離	Ayami Ishikawa et al. ⁵⁹	2024	2012 年～2021 年	気温
脳卒中	Ichiro Takumi et al. ⁶⁰	2015	2000 年～2005 年	気温
脳卒中	Tomoya Mukai et al. ⁶¹	2017	2012 年～2013 年	気圧, 温湿度指数
脳卒中	Sheng-Jen Chen et al. ⁶²	2024	2011 年～2020 年	気温, 気圧
良性発作性頭位めまい症	Jonathan R. Korpon et al. ⁶³	2019	2011 年～2016 年	気圧
メニエール病	Wiebke Schmidt et al. ⁶⁴	2017	2014 年～2015 年	気圧, 湿度
メニエール病	Yi-Jia Chen et al. ¹⁶	2023	2015 年～2017 年	気温, 気圧
頭痛	Hirohisa Okuma et al. ⁶⁹	2015	2014 年	気圧
頭痛	Masahito Katsuki et al. ¹⁹	2023	2020 年～2021 年	気圧, 湿度, 降水量

ほかの媒介疾患では、気候変動とマラリアの関連についての指摘もある⁴⁴。マラリアの流行地域は拡大してきており⁴⁵、月平均気温が20℃から29℃の間で上昇すると増加し、平均気温が25℃の場合、そのリスクは3.45倍高いという報告もある⁴⁶。マラリアの流行と気温、降水量との関連性の調査もされており^{47,48}、気候変数、地域、季節によって異なる⁴⁸。日本国内では、ダニが媒介する日本紅斑熱の発生地域が拡大し、全国で報告されている^{49,50}。大塚らの調査では、日本紅斑熱の年間発生率は2001年と比較し、2020年には約10倍（10万人あたり0.33人）に増加しており、流行地域は西日本から東日本に移行している⁵¹。日照時間が長い地域で高い感染リスクが報告され⁵²、今後のさらなる調査研究が期待される。

(2) 気象因子と疾患

気象変動には、気温、降水量、湿度、風速、気圧、日照時間などの気象因子が関与しているが、疾患との関連性について、以前から調査研究がなされている^{53,54}。最近では統計学の発展によって、心臓血管疾患⁵⁵⁻⁵⁹、脳卒中⁶⁰⁻⁶²、耳鼻科疾患^{16,63,64}など様々な疾患について報告されている（表1）。

心臓血管疾患では、心筋梗塞は平均気温10℃以下の日で雨や雪を伴う低気圧の日に多発すること¹⁸や各季節の8～10℃の温度差の間に発生しやすく、平均気温が下がるほど、1日平均気温差が大きくなると増加すると報告されている⁵⁶。また、小林らの調査によると、ST上昇型心筋梗塞は日中の気温が低く、高齢者または男性患者が多い⁵⁵。さらに寒い季節に入院した心筋梗塞の患者は、重症度と長期予後が悪いことが報告されている⁶⁵。また、急性大動脈解離においても、冬に多い

という指摘もあり^{57,66}、寒冷曝露による血圧変動が影響している可能性が指摘された⁶⁷。碓氷らによる急性大動脈解離と気象因子の調査では、最低気温が4℃未満、10年平均気温との温度差が0.44℃で発生しやすい⁵⁸。低温の日が持続、特に日平均気温が1週間低いままの場合、喫煙と高血圧の既往歴のある男性、高血圧をもつ65～74歳の高齢者で発症リスクが高まるという報告もある⁵⁹。

脳卒中では、日平均気圧の上昇や24時間における気温の大幅な低下は脳内出血のリスクが増加すること⁶²や、最低気温の低下が脳内出血またはくも膜下出血による入院患者数を増加させることが報告されている⁶⁰。さらに、相対湿度で補正した気温 THI (thermo-hydrological index) を用いた研究では、虚血性脳卒中の頻度は前日より低温または高かった場合に有意に増加したという⁶¹。一方、虚血性脳卒中の季節変動は均等に分布しているという報告⁶⁸もあり、今後の動向には注意が必要である。

救急・総合診療センターでは頭痛やめまいで来院する救急患者が多い。頭痛については、これまで片頭痛と低気圧の影響が指摘され⁶⁹、最近ではスマートフォンアプリのビッグデータを用いて、低気圧、気圧の変化、湿度の上昇、降水量が頭痛発生数の増加に関連があると報告されている¹⁹。めまいについては、これまでの調査でメニエール病について、気圧や湿度に関する報告⁶⁴や良性発作性めまい症と気圧⁶³や日照量⁷⁰との関連についても報告がなされている。当院総合診療科でもめまいと季節変動や気象因子に関する調査研究を行い、その成果を投稿中である。

2. 気候変動・気象因子と統計解析

気候変動・気象因子の統計解析には、多変量解析として重回帰分析、ロジスティック回帰分析、正準相関分析、多変量分散分析などがあるが、詳細は統計学の専門書を参照していただき、ここでは医療統計でよく用いる重回帰分析、ロジスティック回帰分析について述べる。重回帰分析の適応については、正規分布に従うこと、独立変数が多変量正規分布を仮定しなくてはならないのに対して、ロジスティック回帰分析は独立変数にはあらゆるデータが適応でき、オッズ比を求めることができるため解釈が容易である⁷¹。特に気候・気象因子については、様々な因子が複雑に関連している可能性もあり、調査対象となる疾患の目的変数とその影響因子である説明変数との関連性を明らかにするうえで有用な統計手法である。これまで報告された論文でも比較的用いられることが多い統計解析である^{57, 58, 68}。例えば、気象因子が疾患の発生に与える影響を調査する際、単一の因子だけでなく、複数の気象因子が、特定の疾患リスクにどのように関与しているのリスクとして示すことができる⁵⁷。多変量解析を行う上で重要なことは、明確な仮説を立てて検証することであり、疾患の発生に気候因子ないし気象因子がどのように寄与しているのか、関連因子の相対的な度合いは異なるものとして検証するのであれば、有効な統計手法の一つである。仮に疾患が発生した気象条件をもとに考えるのであれば、①発生した日と②発生しなかった日の気象条件を検討することになるが^{58, 59}、毎日発生する疾患や季節変動など、疾患が発生しなかった気象データがない場合、寄与する気象因子の解析は不十分となる可能性がある。また、気象因子と臨床因子を多数組み合わせる場合、目的変数が増えることによる統計モデルが不安定となる恐れがある。さらに、地域の異なる多施設研究などでは、膨大な気象パラメータと用いたデータセットの作成や解析を行わなくてはならず、多大な時間とコストがかかるデメリットも考えられる。

3. 今後の課題と展望

気候変動・気象因子は様々な疾患との関連性があるとされるが、調査地域や個々の研究によるバイアスが生じる可能性があり⁷²、十分明らかにされていない点も多い。そのため、気温や降水量などの気象因子と疾患について、長期的なデータ集積と相互関係の分析⁷³、さらにはエビデンスの構築⁷⁴が望まれる。また、単施設では選択バイアスが生じる可能性があるため⁷⁵、多施設⁷⁶や複数の地域⁷⁷で再現性があるかを検討するだけ

でなく、ほかの環境要因や社会的要因、個々の健康状態を考慮した統合的な解析⁷⁸も必要となる。当施設では救急・総合診療領域において、めまいと気象因子との関連についての調査結果より、気象因子がめまいの発生に影響を及ぼすことが判明した。したがって今後は他施設共同研究を通じて再現性の検証を行う予定である。

最近ではAI (Artificial Intelligence) の活用により、気候や気象変動が健康に与える影響を予測できるだけでなく⁷、機械学習ツールの使用により膨大な気象データや健康データを解析し、疾患発生リスクを予測することも可能になってきた⁷⁹。これは特定の地域で異常気象が発生する前に警告を発信するだけでなく、関連機関に事前対応を促すことが可能である⁸⁰。気象情報と健康データを統合した医療提供体制の強化⁸¹や改善⁸²が期待されている。

まとめ

気候変動、気象因子は疾患のリスクを高めるだけでなく、環境因子が相互作用するが、地域の地形や気候特性なども疾患との一貫性へ影響する。多変量解析はこうした影響因子を排除するうえで重要な統計解析手法であり、気候変動・気象変動と様々な疾患との関連性を評価する上で有用な解析法の一つである。当施設においては、めまいと季節変動、気象因子に関する調査研究を行っており、今後は単施設研究により得られた知見をもとに多施設研究を進め、医療政策や予防策への貢献を目指している。

Conflict of Interest : 開示すべき利益相反はなし。

文献

1. 気象庁：気象業務はいま 2024 特集1 地球沸騰の時代が到来!?!～気象庁の気候変動に関する取り組み～。2024; pp 8-9.
2. 気象庁：過去の気象データ検索：<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> Accessed Nov 19 2024.
3. 総務省消防庁：令和6年(5月～9月)の熱中症による救急搬送状況 報道発表 https://www.soumu.go.jp/main_content/000974432.pdf Accessed Dec 6 2024
4. Patz JA, Campbell-Lendrum D, Holloway T, Foley JA. Impact of regional climate change on human health. *Nature* 2005; 438: 310-317.
5. Madaniyazi L, Armstrong B, Chung Y, et al.: Seasonal variation in mortality and the role of temperature: a multi-country multi-city study. *Int J Epidemiol* 2022; 51: 122-133.
6. Shaman J, Karspeck A: Forecasting seasonal outbreaks of influenza. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2012; 109: 20425-20430.

7. Haque S, Mengersen K, Barr I, et al.: Towards development of functional climate-driven early warning systems for climate-sensitive infectious diseases: Statistical models and recommendations. *Environ Res* 2024; 249: 118568. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118568>
8. Rahman AR, Munir T, Fazal M, Cheema SA, Bhayo MH. Climatic determinants of monkeypox transmission: A multi-national analysis using generalized count mixed models. *J Virol Methods* 2025; 332: 115076. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2024.115076>
9. Madaniyazi L, Armstrong B, Tobias A, et al.: Seasonality of mortality under climate change: a multicountry projection study. *Lancet Planet Health* 2024; 8: e86-e94. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(23\)00269-3](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(23)00269-3)
10. Gupta P, Brinza E, Khazanie P, Peterson PN, Ho PM, Kao DP: Forecasting heart failure: Seasonal alignment of heart failure outcomes in New York. *ESC Heart Fail* 2024. <https://doi.org/10.1002/ehf2.14964>
11. Feurer D, Riffe T, Kniffka MS, et al.: Meteorological factors, population immunity, and COVID-19 incidence: A global multi-city analysis. *Environ Epidemiol* 2024; 8: e338. <https://doi.org/10.1097/ee9.0000000000000338>
12. 国際連合広報センター：気候変動とは何か？ https://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/climate_change_un/what_is_climate_change/Accessed Dec 6, 2024.
13. Münzel T, Khraishah H, Schneider A, Lelieveld J, Daiber A, Rajagopalan S: Challenges posed by climate hazards to cardiovascular health and cardiac intensive care: implications for mitigation and adaptation. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2024; 13: 731-744.
14. Mo Z, Xu M, Xu Y, et al.: The effects of temperature variability on ischemic heart disease mortality in Hangzhou, China. *Sci Rep* 2024; 14: 30168. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-78902-5>
15. Li W, Bertisch SM, Mostofsky E, Buettner C, Mittleman MA: Weather, ambient air pollution, and risk of migraine headache onset among patients with migraine. *Environ Int* 2019; 132: 105100. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105100>
16. Chen YJ, Wang YH, Young YH: Correlating atmospheric pressure and temperature with Meniere attack. *Auris Nasus Larynx* 2023; 50: 235-240.
17. Magalhães R, Silva MC, Correia M, Bailey T: Are stroke occurrence and outcome related to weather parameters? Results from a population-based study in northern Portugal. *Cerebrovasc Dis* 2011; 32: 542-551.
18. 汪 宏, 梯 正, 松村 誠, 烏帽子田彰：急性心筋梗塞の発症と気象条件の関連性について. *Journal of Cardiology* 2007; 49: 31-40.
19. Katsuki M, Tatsumoto M, Kimoto K, et al.: Investigating the effects of weather on headache occurrence using a smartphone application and artificial intelligence: A retrospective observational cross-sectional study. *Headache* 2023; 63: 585-600.
20. Xi Y, Wettstein ZS, Kshirsagar AV, et al.: Elevated Ambient Temperature Associated With Increased Cardiovascular Disease-Risk Among Patients on Hemodialysis. *Kidney Int Rep* 2024; 9: 2946-2955.
21. Visaria A, Kang E, Parthasarathi A, et al.: Ambient heat exposure patterns and emergency department visits and hospitalizations among medicare beneficiaries 2008-2019. *Am J Emerg Med* 2024; 81: 1-9.
22. Sun S, Weinberger KR, Nori-Sarma A, et al.: Ambient heat and risks of emergency department visits among adults in the United States: time stratified case crossover study. *BMJ* 2021; 375: e065653. <https://doi.org/10.1136/bmj-2021-065653>
23. 中村雅子, 吉川昌範：福井県から見る地球温暖化現象に関する調査研究 熱中症患者数に及ぼす影響. 福井県衛生環境研究センター年報 2011; 9: 74-77.
24. 気象庁：世界の年平均気温（陸上のみ）：https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/land/land_an_wld.html Accessed Dec 9, 2024.
25. 環境省：令和6年版 環境・循環型社会・生物多様性白書（PDF版）. 第1部 総合的な施策等に関する報告：第3章 持続可能な地域と暮らしの実現. 第3節 人の命と環境を守る. https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r06/pdf/1_3.pdf
26. Hartinger SM, Palmeiro-Silva YK, Llerena-Cayo C, et al.: The 2023 Latin America report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for health-centred climate-resilient development. *Lancet Reg Health Am* 2024; 33: 100746. <https://doi.org/10.1016/j.lana.2024.100746>
27. Fujitani Y, Otani S, Majbaudiddin A, Amano H, Masumoto T, Kurozawa Y: Impact of Maximum Air Temperature on Ambulance Transports Owing to Heat Stroke During Spring and Summer in Tottori Prefecture, Japan: A Time-stratified Case-crossover Analysis. *Yonago Acta Med* 2019; 62: 47-52.
28. 上野 哲, 早野大輔, 野口英一, 有賀 徹：政令指定都市の救急搬送データを用いた仕事場を中心とした熱中症の発生場所別分析. *労働安全衛生研究* 2021; 14: 119-128.
29. 熊谷貴美代：2022年夏季の群馬県における暑さ指数と熱中症救急搬送者数の状況. *群馬県衛生環境研究所年報* 2023; 55: 34-38.
30. 松本 太, 横山 仁：東京都における高齢者の熱中症発生と気候との関係 2010年夏季を事例として. *日本福祉大学健康科学論集* 2021; 24: 11-19.
31. 環境省：熱中症予防情報サイト：暑さ指数とは？ <https://www.wbgt.env.go.jp/wbgt.php> Accessed Nov 30, 2024.
32. Zhou L, Chen R, He C, et al.: Ambient heat stress and urolithiasis attacks in China: Implication for climate change. *Environ Res* 2023; 217: 114850. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114850>
33. Chen YK, Wu PH, Wu PY, et al.: Sex differences in the association of long-term exposure to heat stress on kidney function in a large Taiwanese population study. *Sci Rep* 2024; 14: 14599. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65741-7>
34. 布施 明, 坂 慎弥, 布施理美, 萩原 純, 宮内雅人, 横田裕行：ツイッターデータと気象データから熱中症救急搬送者数を予測する. *日本臨床救急医学会雑誌* 2019; 22: 573-579.
35. Ogata S, Takegami M, Ozaki T, et al.: Heatstroke predictions by machine learning, weather information, and an all-population registry for

- 12-hour heatstroke alerts. *Nat Commun* 2021; 12: 4575. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24823-0>
36. Takada A, Kodera S, Suzuki K, et al.: Estimation of the number of heat illness patients in eight metropolitan prefectures of Japan: Correlation with ambient temperature and computed thermophysiological responses. *Front Public Health* 2023; 11: 1061135. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1061135>
37. 倉根一郎：感染症への地球温暖化影響. *地球環境* 2009; 14: 279-283.
38. 岩崎博道：我が国におけるダニ媒介感染症の現況. *日本環境感染学会誌* 2023; 38: 86-89.
39. Morin CW, Comrie AC, Ernst K: Climate and dengue transmission: evidence and implications. *Environ Health Perspect* 2013; 121: 1264-1272.
40. Liu-Helmersson J, Quam M, Wilder-Smith A, et al.: Climate Change and Aedes Vectors: 21st Century Projections for Dengue Transmission in Europe. *EBioMedicine* 2016; 7: 267-277.
41. Butterworth MK, Morin CW, Comrie AC: An Analysis of the Potential Impact of Climate Change on Dengue Transmission in the Southeastern United States. *Environ Health Perspect* 2017; 125: 579-585.
42. Xu C, Xu J, Wang L: Long-term effects of climate factors on dengue fever over a 40-year period. *BMC Public Health* 2024; 24: 1451. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-18869-0>
43. Soukavong M, Thinkhamrop K, Pratumchart K, et al.: Bayesian spatio-temporal analysis of dengue transmission in Lao PDR. *Sci Rep* 2024; 14: 21327. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71807-3>
44. Ivanescu L, Bodale I, Florescu SA, Roman C, Acatrinei D, Miron L: Climate Change Is Increasing the Risk of the Reemergence of Malaria in Romania. *Biomed Res Int* 2016; 2016: 8560519. <https://doi.org/10.1155/2016/8560519>
45. Fischer L, Gültekin N, Kaelin MB, Fehr J, Schlagenhauf P: Rising temperature and its impact on receptivity to malaria transmission in Europe: A systematic review. *Travel Med Infect Dis* 2020; 36: 101815. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101815>
46. Armando CJ, Rocklöv J, Sidat M, et al.: Climate variability, socio-economic conditions and vulnerability to malaria infections in Mozambique 2016-2018: a spatial temporal analysis. *Front Public Health* 2023; 11: 1162535. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1162535>
47. Yang D, Xu C, Wang J, Zhao Y. Spatiotemporal epidemic characteristics and risk factor analysis of malaria in Yunnan Province, China. *BMC Public Health* 2017; 17: 66. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3994-9>
48. Woyessa A, Siebert A, Owusu A, Cousin R, Dinku T, Thomson MC: El Niño and other climatic drivers of epidemic malaria in Ethiopia: new tools for national health adaptation plans. *Malar J* 2023; 22: 195. <https://doi.org/10.1186/s12936-023-04621-3>
49. 国立感染症研究所：IDWR 2021 年第 36 号<注目すべき感染症>ダニ媒介感染症：つつが虫病・日本紅斑熱 <https://www.niid.go.jp/niid/ja/tsutsugamushi-m/tsutsugamushi-idwrc/10682-idwrc-2136t.html> Accessed Nov 29, 2024.
50. 東川正宗：グローバル化・温暖化と感染症対策 節足動物媒介感染症 日本紅斑熱. *小児科臨床* 2017; 70 (増刊) : 2226-2234.
51. Otsuka Y, Hagiya H, Fukushima S, Harada K, Koyama T, Otsuka F: Trends in the Incidence of Japanese Spotted Fever in Japan: A Nationwide, Two-Decade Observational Study from 2001-2020. *Am J Trop Med Hyg* 2023; 108: 701-704.
52. Ogawa T, Tsuzuki S, Ohbe H, et al.: Analysis of Differences in Characteristics of High-Risk Endemic Areas for Contracting Japanese Spotted Fever, Tsutsugamushi Disease, and Severe Fever With Thrombocytopenia Syndrome. *Open Forum Infect Dis* 2024; 11: ofae025. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofae025>
53. 関本 博, 中野利美：日本人脳血管障害死亡率の季節変動. *脳卒中* 1987; 9: 207-217.
54. 平沢邦彦, 神山昭男, 山村晃太郎：旭川圏の急性心筋梗塞発症に対する気候の影響の多変量解析. *日本生気象学会雑誌* 1989; 26: 155-160.
55. Kobayashi S, Sakakura K, Jinnouchi H, et al.: ST 上昇型心筋梗塞の発症に日々の気温が与える影響 (Influence of daily temperature on the occurrence of ST-elevation myocardial infarction). *J Cardiol* 2023; 81: 544-552.
56. Jin C, Kim MH, Lee KM, Yun SC: Effect of Temperature Variation on the Incidence of Acute Myocardial Infarction. *J Korean Med Sci* 2024; 39: e101. <https://doi.org/10.3346/jkms.2024.39.e10159.59>
57. Sadamatsu K, Sagara S, Oe K, Tashiro H, Yasunaga H: Meteorological and chronobiological factors and the occurrence of acute aortic dissection. *Heart Vessels* 2020; 35: 1003-1011.
58. Usui R, Mutsuga M, Yoshizumi T, Oshima H, Eda T, Usui A: Do meteorological factors influence the occurrence of acute aortic dissection? A 10-year retrospective institutional study. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 2021; 69: 654-661.
59. Ishikawa A, Sato Y, Terai Y, Usui T. Epidemiological study of the relationship between meteorological factors and onset of acute aortic dissection in Japan. *PLoS One* 2024; 19: e0311489. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311489>
60. Takumi I, Mishina M, Kominami S, et al.: Ambient Temperature Change Increases in Stroke Onset: Analyses Based on the Japanese Regional Metrological Measurements. *J Nippon Med Sch* 2015; 82: 281-286.
61. Mukai T, Hosomi N, Tsunematsu M, et al.: Various meteorological conditions exhibit both immediate and delayed influences on the risk of stroke events: The HEWS-stroke study. *PLoS One* 2017; 12: e0178223. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178223>
62. Chen SJ, Lee M, Wu BC, Muo CH, Sung FC, Chen PC: Meteorological factors and risk of ischemic stroke, intracranial hemorrhage, and subarachnoid hemorrhage: A time-stratified case-crossover study. *Int J Stroke* 2024; 19: 1172-1181.
63. Korpon JR, Sabo RT, Coelho DH: Barometric pressure and the incidence of benign paroxysmal positional vertigo. *Am J Otolaryngol* 2019; 40: 641-644.
64. Schmidt W, Sarran C, Ronan N, et al. The Weather and Ménière's Disease: A Longitudinal Analysis in the UK. *Otol Neurotol* 2017; 38: 225-233.
65. Okuno T, Aoki J, Tanabe K, et al.: Association of

- onset-season with characteristics and long-term outcomes in acute myocardial infarction patients: results from the Japanese registry of acute myocardial infarction diagnosed by universal definition (J-MINUET) substudy. *Heart Vessels* 2019; 34: 1899-1908.
66. Lasica RM, Perunicic J, Mrdovic I, et al: Temporal Variations at the Onset of Spontaneous Acute Aortic Dissection. *Int Heart J* 2006; 47: 585-595.
 67. Edwards DG, Gauthier AL, Hayman MA, Lang JT, Kenefick RW: Acute effects of cold exposure on central aortic wave reflection. *J Appl Physiol* (1985) 2006; 100: 1210-1214.
 68. Toyoda K, Koga M, Yamagami H, et al: Seasonal Variations in Neurological Severity and Outcomes of Ischemic Stroke - 5-Year Single-Center Observational Study. *Circ J* 2018; 82: 1443-1450.
 69. Okuma H, Okuma Y, Kitagawa Y: Examination of fluctuations in atmospheric pressure related to migraine. *Springerplus* 2015; 4: 790. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1592-4>
 70. Zuma E Maia FC, de Fraga RB, Ramos BF, Cal RV, Mangabeira Albernaz PL: Seasonality and solar radiation variation level in benign paroxysmal positional vertigo. *Acta Otolaryngol* 2019; 139: 497-499.
 71. 対馬栄輝: SPSSで学ぶ医療系多変量データ解析. 2008; pp 215-218, 237-239, 東京図書 東京.
 72. Rocque RJ, Beaudoin C, Ndjaboue R, et al: Health effects of climate change: an overview of systematic reviews. *BMJ Open* 2021; 11: e046333. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046333>
 73. Lo Iacono G, Cook AJC, Derks G, et al: A mathematical, classical stratification modeling approach to disentangling the impact of weather on infectious diseases: A case study using spatio-temporally disaggregated *Campylobacter* surveillance data for England and Wales. *PLoS Comput Biol* 2024; 20: e1011714. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011714>
 74. Kulkarni MA, Duguay C, Ost K: Charting the evidence for climate change impacts on the global spread of malaria and dengue and adaptive responses: a scoping review of reviews. *Global Health* 2022; 18: 1. <https://doi.org/10.1186/s12992-021-00793-2>
 75. Minamoto-Higashioka M, Kawamura R, Umakoshi H, et al: Seasonal Variation in Severe Glucose-lowering Drug-induced Hypoglycemia in Patients with Type 2 Diabetes. *Intern Med* 2019; 58: 1067-1072.
 76. 添野竜也, 山際浩史, 北原 洋, 岡田洋和, 瀬川博之, 渡邊 聡: 冬の降雪・気象条件と骨折発生との関連について—新潟市の多施設共同調査から—. *整形・災害外科* 2020; 63: 1707-1711.
 77. 豊田章宏: 全国労災病院46,000例からみた脳卒中発症の季節性(2002-2008年). *脳卒中* 2011; 33: 226-235.
 78. Amnuaylojaroen T, Parasin N: Human Health Adaptation Strategies to Climate-Induced Extreme Weather Events: A Systematic Review. *Earth* 2024; 5: 724-742.
 79. Ssebyala SN, Kintu TM, Muganzi DJ, et al: Use of machine learning tools to predict health risks from climate-sensitive extreme weather events: A scoping review. *PLOS Clim* 2024; 3: e0000338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000338>
 80. Brimicombe C, Runkle JD, Tuholske C, et al: Preventing heat-related deaths: The urgent need for a global early warning system for heat. *PLOS Clim* 2024; 3: e0000437. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000437>
 81. Ansah EW, Amoada M, Obeng P, Sarfo JO: Health systems response to climate change adaptation: a scoping review of global evidence. *BMC Public Health* 2024; 24: 2015. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-19459-w>
 82. Vilhelmsson A: Navigating the climate-health nexus: linking health data with climate data to advance public health interventions. *BMC Glob Public Health* 2024; 2: 73. <https://doi.org/10.1186/s44263-024-00109-7>

(受付: 2024年12月16日)

(受理: 2024年12月24日)

日本医科大学医学会雑誌は、本論文に対して、クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 (CC BY NC ND) ライセンス (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) を採用した。ライセンス採用後も、すべての論文の著作権については、日本医科大学医学会が保持するものとする。ライセンスが付与された論文については、非営利目的で、元の論文のクレジットを表示することを条件に、すべての者が、ダウンロード、二次使用、複製、再印刷、頒布を行うことができる。