



暑すぎても寒すぎても 心筋梗塞や脳梗塞は増える

大 橋 唯 太*

1. 気温に感度をもつ疾患

現在、悪性新生物(癌)・心疾患・老衰・脳血管疾患・肺炎が、日本人の5大死因です。このうち、循環器および呼吸器系疾患に相当する心疾患・脳血管疾患・肺炎は、2021年の最新統計によると全死亡の27.3%を占めています(厚生労働省 2022)。これら疾患の発症には、気象変化という外的な環境因子も影響することが、古くから認識されています(例えば、靱山・片山 1980; Biller *et al.* 1988)。一年間といった短期の病院外来または入院患者数と気象条件の関係性を調べた研究や、数十年の長期におよぶ死亡数を対象とした研究など、様々なケースが報告されています。気象要素には気温を用いることが多いですが、気圧や降水量を対象とした解析もみられます。国内では山中・中村(1995, 1997)が、夏季の脳血管疾患死亡を1972~1991年の20年間、肺炎・気管支炎死亡を1977~1991年の15年間に対して、それぞれ気温との関係性を調べて以降、まとまった分析は行われていません。

現在、戦後生まれの団塊世代を中核とする65歳以上の高齢者が、日本人の3人に1人近くになり、気象や気候に脆弱な超高齢社会へと変化しました。この事実からも、先述の既往研究の知見を新しい疫学データでアップデートする必要があります。そこで、本著者を中心とする研究グループは、毎日の外来患者と死亡の最新情報を独自に入手し、既往研究よりも踏み込んだ解析を進めています。

2. 複数年スケールの解析でわかる疾患リスク

コロナ禍前の2010年から2019年までの10年間に對し、各月の疾患別死亡が平均気温とどのような関係にあったかを分析してみました(Ohashi *et al.* 2021)。第1図に例として、脳梗塞の夏8月と冬12月における札幌市・東京23区・大阪市の死亡率(年齢調整済み^[注1]人口10万人あたり死亡数)を示します。夏は(第1図a)、3都市とも8月平均気温が高い年ほど死亡率は上昇していました。ここで興味深い特徴は、札幌市は一見すると「暑くない」気温の範囲であっても死亡率の増減がみられる点です。これは、それぞれの地域に固有の「至適温度(Optimum temperature)」と呼ばれる、1年のなかで死亡率が最低になる温度が存在することと関係しています(例えば、Bull and Morton 1978; Honda *et al.* 1995)。至適温度は、年間に観測される毎日の日最高気温に対する80~85パーセンタイル値で定義した指標で(例えば、Honda *et al.* 2007)、解析期間2010~2019年の札幌市の至適温度を計算してみると、24.4~25.7°Cでした。第1図では8月平均気温を用いたため、2010~2019年の8月の日最高気温の月平均値を改めて計算してみると25.0~29.1°Cの範囲にあり、上述の至適温度よりも高くなりました。一方の東京や大阪でも、至適温度よりも8月の気温は高くなっており、死亡リスクが高くなる気温条件のなかで死亡率の変化が生じたと考えられます。

冬の脳梗塞の死亡率は(第1図b)、東京と大阪で12月平均気温が低い年ほど死亡率は上昇していました。ところが札幌市は至適温度から外れた気温(10年間の日最高気温は7.1~13.0°C)であつたにもかかわらず、年による気温の違いが死亡率にほとんど影響していません。心筋梗塞など心疾患(虚血性心疾患)でも同様の傾向が現れていました。これは、住環境の違いによる影響が要因の一つとして考えられています(例えば、

* 岡山理科大学生物地球学部生物地球学科。

〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学 C2号館。

ohashi@ous.ac.jp

© 2023 日本気象学会

羽山ほか 2011). したがって外気温だけでなく、人が滞在する時間が長い室内の温熱環境も考慮した解析が、今後は必要だといえます。

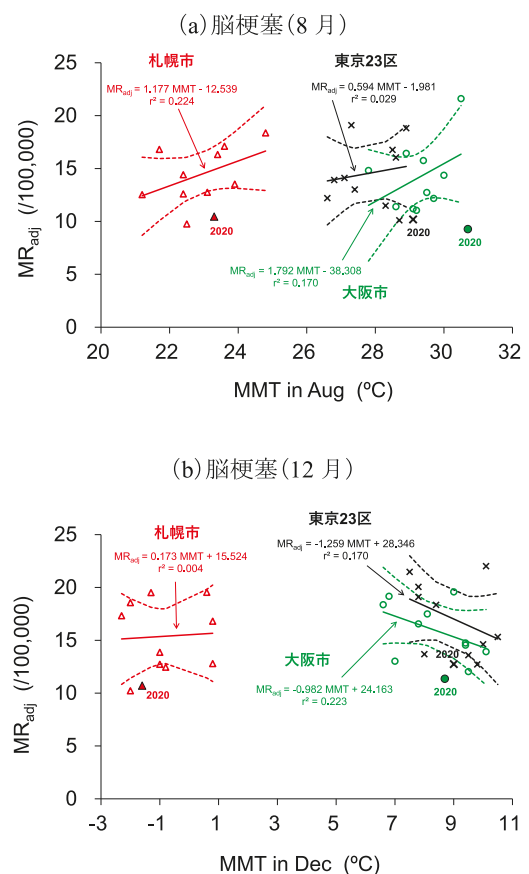
解析期間(～2019年)の後に訪れた新型コロナウイルスの大流行は、社会全体に大規模な行動変容を引き起こしました。この、人々の日常活動の激変は、前述のコロナ禍前にみられた死亡率の気温感度とは特徴が明らかに異なることが、新たにわかりました。コロナ禍2020年の8月と12月の月平均気温から推測される脳梗塞の死亡率は、理想的には過去10年から得られる死亡率の気温感度の範囲内(第1図の95%信頼区間内)に収まるはずですが、信頼区間の下限值よりも大きく外れた低い値になっています(第1図の塗りつぶし及び太いマーカー)。これは、虚血性心疾患など他の循環器系疾患や、肺炎など呼吸器疾患でも同じ結果になりました。つまり、2020年の気候からは説明できない要因によって、死亡率が大きく低下したことを意味しています。日々の人口メッシュデータの分析で得られた流動人口の特徴からは、コロナ禍の2020年は室内の滞在時間が大幅に増えたことで、日常活動のなかで大きな温度変化に曝露される時間が大幅に減少し、人体の循環器系への負荷が小さかった可能性が示唆されました(Ohashi *et al.* 2022)。

3. 単年スケールの解析でわかる疾患リスク

循環器系疾患の発症が気温に依存する特性は、前述の年々の気候という視点からだけでなく、日々の気象という視点からも窺い知ることができます。ただし、当日の気温とは限らず、数日前に経験した気温の遷延性(ラグ効果)として現れることがあり、暑熱や寒冷環境について多くの研究結果が示されています(例えば, Gasparrini *et al.* 2015; Lian *et al.* 2020)。このラグ効果を考慮した非線形モデルには、Distributed Lag Nonlinear Model (DLNM) (Armstrong 2006) がよく用いられます。ここでは毎日の死因別の死亡数と疾患種別の病院外来数というデータを独自に入手し、コロナ禍前直近の社会疫学構造を反映する2017～2019年3年間を対象とした気温との関係を分析してみました。

2019年を例に、虚血性心疾患による死亡と気温の関係を示しますが(第2図)、1年のなかで死亡リスク^[注2]は、日最低気温が20℃前後(第2図a上)、日最高気温が15～25℃で極小になる変化を表しました。全死亡や超過死亡、あるいは循環器・呼吸器系疾患による死亡のリスクが気温に対してU字型のほか、V字型

やJ字型(hockey-stick)に非線形変化する特徴は、国内外で多く報告されています(例えば, Honda *et al.* 2007)。これに倣えば、本解析で日最低気温の場合にはV字型、日最高気温の場合にはU字型に近い変化だといえます。2019年の東京の8月は平年に比べて暑かった年のため、高温側の死亡リスク上昇が顕著でした。事実、平年よりも8月の気温が低かった2017年の解析結果では、高温側の死亡リスクの上昇が明瞭ではありませんでした。また、同じ循環器系疾患であっても、虚血性心疾患、不整脈、心不全、脳血管疾患など疾患の種類によって気温に対する死亡リスクの応答特性が



第1図 2010年以降の(a)8月と(b)12月の月平均気温(MMT)と脳梗塞による死亡率(MR_{adj} ; 年齢調整された人口10万人あたり死亡数)の関係。札幌市、東京23区、大阪市における結果。2010～2019年の10年間のプロットに対する回帰直線と、その95%信頼区間(破線)を示す。コロナ流行年である2020年の結果も、塗りつぶし及び太いマーカーとして示してある。

異なることもわかりました（大橋・井原 2022）。

ラグ効果については、DLNM による分析^[注3]から、日最低気温と日最高気温で違いがみられました。2019年に観測された日最低気温の5パーセンタイルに相当する0.5°Cの場合（第2図a下）、1ヶ月近くは虚血性心疾患の死亡リスクが持続する（累積死亡リスクが増加する）様子が読みとれます。このことは、日最低気温が夜間から早朝にかけて記録されるとすれば、冬季、極端に低温な夜や朝を経験すると数週間は虚血性心疾患の発症に注意が必要だといえます（また図からは、冬に最高気温が低いことよりも最低気温が低いことのほうが死亡リスクにとって深刻な問題だともわかります）。一方で、日最高気温の95パーセンタイルに相当する34.5°Cの場合にも（第2図b下）、20日程度まで虚血性心疾患の死亡リスクが持続する様子がみられました。当日あるいは2〜3日程度の短期的なラグ効果を示すことが多く報告されている、熱中症など暑熱

障害の発症や死亡の既往研究（例えば、Anderson and Bell 2009; Sun *et al.* 2014）と少し異なる結果になったのは、興味深いです。しかし、夏の熱帯夜に相当する日最低気温の95パーセンタイルであった26°Cの場合には（第2図a下）、ラグ効果に伴った死亡リスクの累積増加はあまり目立っていませんでした。したがって虚血性心疾患は、猛暑日のような日中の最高気温が極端に高くなる日に対して特に注意する必要があるといえます。

4. 今後の展望

将来、地球温暖化や都市ヒートアイランドの進行に伴って気温が上昇することは、夏に循環器系疾患の発症が増える一方で冬に発症が減るトレードオフの関係にあります。本解析でも明らかとなった極端な低温・高温イベントの疾患に対するラグ効果の影響も考慮したうえで評価する必要があります。また、冬の気温が上昇しても寒冷に起因する死亡リスクは減らないと指摘した既往研究もあります（例えば、Honda and Ono 2009）。

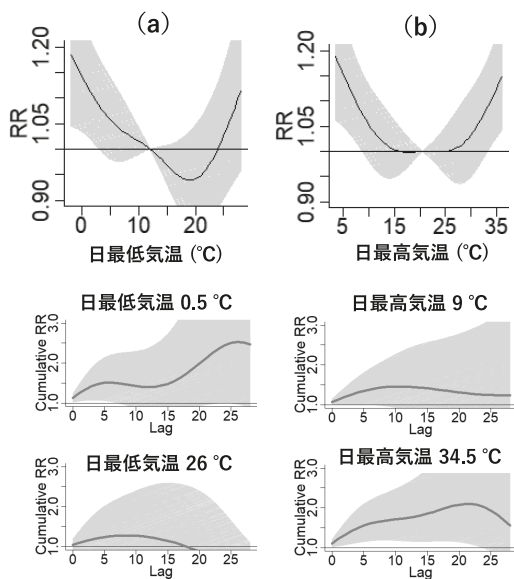
現在、本著者を中心とする研究グループは、各種疾患の病院外来データを含めた解析も行い、発症と死亡の特徴の相違点を探っています。人の行動は気象や気候による制約も受けているため、毎日の流動人口の状況も交絡因子にした分析が今後必要だと考えています。さらに、近年さまざまな学術分野で応用される技術となった機械学習によって、蓄積された過去の疫学情報データをもとに、将来気候における循環器・呼吸器系疾患リスクの予測モデルを構築することが狙いです。近い将来に必ず訪れる、過去に日本が経験したことのない超高齢化の社会では、おそらく個人によるヘルスケアだけでは限界があり、大規模集団あるいは社会全体として健康影響への大規模な対策に乗り出す時代になります。本稿で紹介したような研究が、個人はもとより社会全体がヘルスケアを考えるうえで有益な情報の一つとして役立つと信じています。

謝 辞

本研究は、JSPS 科研費・基盤研究 (B)「高温な気候暴露の循環器系疾患リスク評価と AI を利用した予測手法の構築」(20H03949; 研究代表者 大橋唯太) の助成を受けたものです。

後 注

[注1] 年齢階級別人口の経年変化による死亡率への影響を取り除くため、解析期間の中間年に位置する2015年の年



第2図 虚血性心疾患の死亡リスクと (a) 日最低気温、(b) 日最高気温の関係性（上2つの図）。2019年の東京23区での結果。死亡リスクは、日最低または日最高気温の年平均値のときの死亡率を1とした場合、DLNMによるラグ分析の結果（下4つの図）。1年間に記録された日最低気温と日最高気温の5パーセンタイル（0.5°Cと9°C）・95パーセンタイル（26°Cと34.5°C）を基準とした累積死亡リスクのラグ効果を表す。塗りつぶしは、スプライン回帰の95%信頼区間を示す。

年齢階級別人口を基準にした各年の死亡率を補正している。

[注2] 本解析では、日最低気温または日最高気温の年平均値のときに取り得る死亡率を基準(1)として死亡リスク(第2図中のRR)を算出している。

[注3] 気温・ラグ効果とも自由度4の自然スプラインを用いた。ラグ効果の最大値は28日(4週間)とし、季節変化の補正も行っている。

参考文献

- Anderson, B. G. and M. L. Bell, 2009: Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology*, **20**, 205-213.
- Armstrong, B, 2006: Models for the relationship between ambient temperature and daily mortality. *Epidemiology*, **17**, 624-631.
- Biller, J., M. P. Jones, A. Bruno, H. P. Adams Jr. and K. Banwart, 1988: Seasonal variation of stroke-Does it exist? *Neuroepidemiology*, **7**, 89-98.
- Bull, G. and J. Morton, 1978: Environment, temperature and death rates. *Age Ageing*, **7**, 210-224.
- Gasparrini, A., Y. Guo, M. Hashizume, E. Lavigne, A. Zanobetti, *et al.*, 2015: Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study. *Lancet*, **386**, 369-375.
- 羽山広文, 釜澤由紀, 松村亮典, 菊田弘輝, 2011: 気象条件・死亡場所が死亡原因に与える影響。厚生指標, **58**, 1-6.
- Honda, Y. and M. Ono, 2009: Issues in health risk assessment of current and future heat extremes. *Global Health Action* 2009, 22-27.
- Honda, Y., A. Sasaki, M. Ono and I. Uchiyama, 1995: Relationship between daily high temperature and mortality in Kyushu, Japan. *J. J. Public Health*, **42**, 260-268.
- Honda, Y., M. Kabuto, M. Ono and I. Uchiyama, 2007: Determination of optimum daily maximum temperature using climate data. *Environ. Health Prev. Med.*, **12**, 209-216.
- 厚生労働省, 2022: 令和3年(2021)人口動態統計月報年計(概数)の概況, 人口動態調査。
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai21/index.html> (2022.10.4閲覧)。
- Lian, T., Y. Fu, M. Sun, M. Yin, Y. Zhang, *et al.*, 2020: Effect of temperature on accidental human mortality: A time-series analysis in Shenzhen, Guangdong Province in China. *Sci. Rep.*, **10**, 8410.
- 三浦 悠, 大橋唯太, 名越利幸, 那須川徳博, 寺尾 徹, 2020: 長期観測でみられた局地風「肱川あらし」の発達と gap 地形(地峡部)の水平気圧傾度との関係。天気, **67**, 225-237.
- 榊山政子, 片山功仁慧, 1980: 脳卒中と気温。日本臨床, **38**, 3176-3184.
- 大橋唯太, 井原智彦, 2022: 一般化加法モデル(GAM)を用いた循環器・呼吸器系疾患の死亡率と気象・気候の関係分析。日本生気象学会雑誌, 改訂中。
- Ohashi, Y. and M. Suido, 2021: Numerical simulations of upslope fog observed at Beppu Bay in Oita Prefecture. *Japan. Meteorol. Appl.*, **28**, e2003.
- Ohashi, Y., A. Miyata and T. Ihara, 2021: Mortality sensitivity of cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory diseases to warm season climate in Japanese cities. *Atmosphere*, Special Issue: Impact of hot and cold spells for non-communicable diseases, **12**, 1546.
- Ohashi, Y., Y. Takane and K. Nakajima, 2022: Impact of COVID-19 pandemic on changes in temperature-sensitive cardiovascular and respiratory disease mortality in Japan. *PloS ONE*, **17**, e0275935.
- Sun, X., Q. Sun, M. Yang, X. Zhou, X. Li, *et al.*, 2014: Effects of temperature and heat waves on emergency department visits and emergency ambulance dispatches in Pudong New Area, China: A time series analysis. *Environ. Health*, **13**, 76.
- 山中伸一, 中村泰人, 1995: 夏季における脳血管疾患死亡率と気温との関係—日本の4地域における比較—。日本生気象学会雑誌, **32** (1), 63-70.
- 山中伸一, 中村泰人, 1997: 肺炎・気管支炎死亡率と気温の関係—我が国5地域における比較—。日本生気象学会雑誌, **34** (1), 45-52.

大橋唯太

岡山理科大学 生物地球学部生物地球学科 教授
京都大学大学院理学研究科修了 博士(理学)

大学院時代に局地気象の数値モデリングから研究を始め、卒業後には産業技術総合研究所でその経験を活かし、都市の気象と建物エネルギーモデルの開発研究チームに参加しました。大学に移ってからは、学部学科の教育ポリシーでもあるフィールドワークを通して、生物と地球の関わりを探究する生気象学の分野で学生達と一緒に研究テーマを開拓してきました。本稿で紹介した健康影響とは別に、大学院時代から(細々と)長く局地気象の研究も継続中で、三次盆地の放射霧や別府の滑昇霧、肱川あらしなどの局地風の観測と数値シミュレーションも行っています(例えば、三浦ほか 2020; Ohashi and Suido 2021)。これらは一見、共通性のない研究テーマにみえますが、人の暮らしと気象・気候の結びつきを考える身近な問題と捉えることができます。

参考:「みんな輝く気象学会」のページ:
<https://www.metsoc.jp/jinzai/pohashi.html>