



やさしい解説  
-気象学動静-

109 : 303 : 304 : 403 (都市気候 ; 電力消費量 ; 人間活動 ;  
行動変容 ; 新型コロナウイルス感染症 ; COVID-19)

## 新型コロナ外出自粛で都市が「冷めた」？

高根雄也\*

### 1. 新型コロナパンデミックと環境の変化

2020年以降、新型コロナウイルス感染拡大（パンデミック）により世界各国でロックダウン、日本国内では外出自粛が行われました。このようなグローバルな人間活動の大幅な変化は、環境にさまざまな影響を与えています。例えば、世界各国の都市における大気質は大幅に改善し（例えば、Forster *et al.* 2020）、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量も減少しました（例えば、Le Quéré *et al.* 2020 ; Friedlingstein *et al.* 2022）。Friedlingstein *et al.* (2022) によると、化石燃料由来のグローバルなCO<sub>2</sub>排出量は2020年のパンデミックによるロックダウンにより5.4%減少しました。しかし、このCO<sub>2</sub>排出量変化のグローバルな気温への影響は小さいと推定されており、同時にパンデミックのローカル（地域気候）への影響を探索することが課題になっています（Forster *et al.* 2020）。

そこでグローバルからローカルへ視点を移すと、私たちが住む都市部でもCO<sub>2</sub>排出量の変化は直接的に観測されています。例えば、東京代々木の住宅街では、第1回緊急事態宣言中を含む2020年4、5月のCO<sub>2</sub>排出量が通常の年の排出量に比べて20%程度減少しました（Sugawara *et al.* 2021）。それでは人間活動の影響を強く受ける都市のローカルな気温（ヒートアイランド）への影響はどうなっていたのでしょうか？ 一般的に、気温は年々変動・季節変動・日々の変動が大き

く、パンデミックによる人間活動の変化の影響を抽出するのは容易ではありません。そのためか、パンデミックの気温への影響に関する報告例は一部の研究（例えば、Fujibe 2020 ; Liu *et al.* 2022）に限られていました。しかし、パンデミックで都市の気温やエネルギー消費がどのように変化したのかを定量的に把握することは、私たちの日々の行動が、ますます暑くなる都市を「冷ます」対策（気候変動適応策）となり得るかどうかのヒントを与えてくれるはずです。この定量化には、都市部の建物の形状や人間活動を陽に表現できる多層都市キャノピーモデル（近藤・劉 1998 ; Kondo *et al.* 2005）と建物エネルギーモデルの連成モデル（Kikegawa *et al.* 2003）などの都市気候モデルを用いた感度実験が有効です。

### 2. 新型コロナ外出自粛で都市が「冷めた」？

Nakajima *et al.* (2021) は、人間活動の変化が気温や電力消費量の変化へ及ぼす影響を大阪市を対象に独自の手法「都市気候モデル+人口データ」により見積もりました。計算を行った期間はG20大阪サミット開催期間を含む2019年6月11日から30日までです（G20大阪サミットを対象とした理由は著者紹介の項目参照）。そして、パンデミックに対する外出自粛もこの期間に行われたと仮定して計算し、G20に伴う交通・出勤規制の影響と比較しながら、外出自粛の気温等への影響を調査しました。

ドコモ・インサイトマーケティングのモバイル空間統計（人口データ）（<https://mobaku.jp/> 2022.5.3閲覧）によると、パンデミックに対する外出自粛中のオフィス街の日中人口は、感染拡大前に比べ7割程度減少していました。この人口減少量はG20に伴う交通・出勤規制による人口減少量の約7倍でした。外出自粛

\* 国立研究開発法人産業技術総合研究所環境創生研究部門。

〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1 産総研つくばセンター西事業所。

takane.yuya@aist.go.jp

© 2023 日本気象学会

期間と G20開催期間のそれぞれの人口変化量を、都市気候モデル内の人間活動に関するパラメータに反映させました。

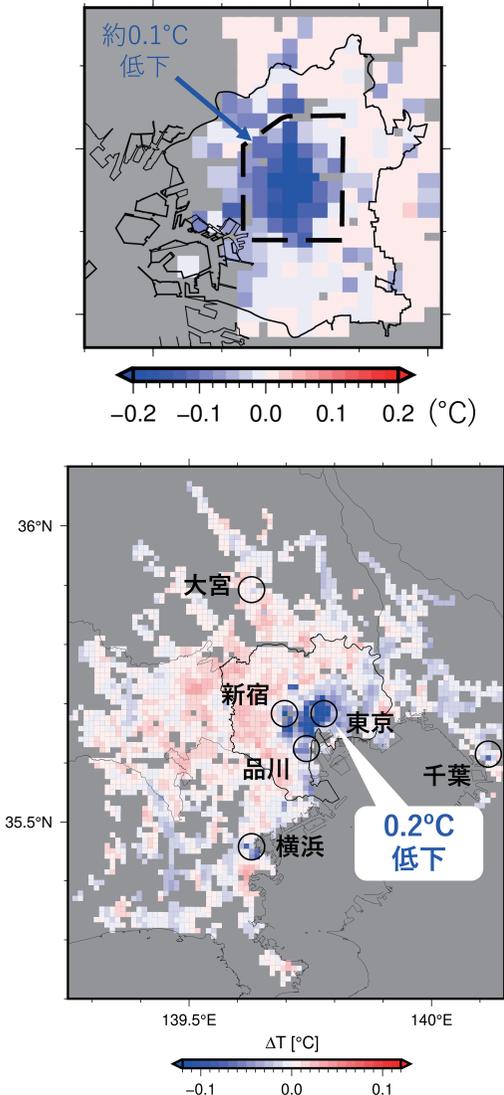
上記の外出自粛を反映させた計算によると、大阪市のオフィス街の外出自粛による人口減少により、電力消費量が最大で床面積  $1\text{ m}^2$  当り  $12.0\text{ W}$  (外出自粛前から  $40\%$ ) 低下しました。この低下量は G20による低下

量の約10倍であり、東日本大震災に伴う2011年夏の節電対策効果に匹敵します。また、電力消費量の低下に伴い、オフィス街の人工排熱が土地面積  $1\text{ m}^2$  当り  $76.3\text{ W}$  ( $42\%$ ) 低下し、その結果気温が  $0.1^\circ\text{C}$  程度低下したと推定されました(第1図上)。この気温低下量は G20による低下量の約3倍の大きさでした。なお、この約  $0.1^\circ\text{C}$  の気温低下量は、日本の各都市の気温の観測値から統計的に推定された気温低下量 (Fujibe 2020) と矛盾しない結果です。一方、外出自粛により人口が微増した住宅街の電力消費量は床面積  $1\text{ m}^2$  当り  $1.4\text{ W}$  ( $18\%$ ) 上昇したものの気温への影響は小さいと見積もられました。

これらの推定結果は、都心部での人間活動を(テレワークなどの普及により)変化させ、「新たな働き方・日常」を推進することで、局所的に省エネとヒートアイランドの緩和が実現できる可能性を示しています。また上述のように、パンデミックに伴う  $\text{CO}_2$  排出量変化のグローバルな気温への影響は小さい (Forster *et al.* 2020) と推定されていましたが、都市部のローカルな気温への影響は無視できないことが示唆されたのは興味深い結果と言えます。

Nakajima *et al.* (2021) による研究は、通常は公開・測定されていない都市街区(数百 m~数 km) 規模での電力消費量および気温を推定できる点や人間活動が変化した際の電力消費量や気温へ及ぼす影響を定量的に評価できる点に意義があります。また、気象のフォーシングを、全球気候モデルによる将来予測実験の結果あるいはその結果をダウンスケーリングした結果へ置き換えることで、都市の電力消費量や気温等の将来予測も可能です (e.g., Takane *et al.* 2019, 2020)。今回の推定に使用された手法は、大阪市以外の都市にも適用されています。実際に、首都圏を含む日本全国の都市部を対象として同様の計算を行い、第1回緊急事態宣言中の東京都心部で最大  $0.2^\circ\text{C}$  (夏季を想定した推定だと  $0.3^\circ\text{C}$ ) の気温低下が見積もられています(第1図下) (Takane *et al.* 2022)。

上記の手法を世界中の都市に適用し、人間活動と都市の気候の関係の体系化を行うことが今後の課題の一つです。また、都市気候モデルと人口データやスマートメーター<sup>[注1]</sup>データのような社会ビッグデータとの融合を進め、より正確な都市の気象気候・エネルギー・人間健康リスク等の予測や気候変動に適應できる街づくりおよび政策提言等に活かすことが期待されています。



第1図 外出自粛に伴う日中における地上気温の変化。大阪市(上, Nakajima *et al.* 2021)と首都圏(下, Takane *et al.* 2022)の結果。外出自粛ケース(計算結果)と外出自粛がなかったと仮定したケースの気温差。

## 後 注

[注1] 毎月の検針業務の自動化や住宅用エネルギー管理システム等を通じた電気使用状況の見える化を可能にする電力量計（東京電力エナジーパートナー HP <https://www.tepco.co.jp/ep/private/smartlife/smartmeter.html> 2020.5.3閲覧）。30分毎に電力の使用状況（内訳も含む）を把握することができるため、例えば人工排熱量を左右する空調使用の実態把握や建物エネルギーモデルの空調使用パラメータの更新およびモデルによる計算値の検証等が可能になる。

## 参 考 文 献

- Forster, P. M., H. I. Forster, M. J. Evans, M. J. Gidden, C. D. Jones, C. A. Keller, R. D. Lamboll, C. Le Quéré, J. Rogelj, D. Rosen, C.-F. Schleussner, T. B. Richardson and C. Smith, 2020: Current and future global climate impacts resulting from COVID-19. *Nat. Clim. Change*, **10**, 913–919, doi:10.1038/s41558-020-0883-0.
- Friedlingstein, P., *et al.*, 2021: Global Carbon Budget 2022. *Earth Syst. Sci. Data*, **14**, 1917–2005, doi:10.5194/essd-14-1917-2022.
- Fujibe, F., 2020: Temperature anomaly in the Tokyo Metropolitan area during the COVID-19 (coronavirus) self-restraint period. *SOLA*, **16**, 175–179 doi:10.2151/sola.2020-030.
- Kikegawa Y., Y. Genchi, Y. Yoshikado and H. Kondo, 2003: Development of a numerical simulation system for comprehensive assessments of urban warming countermeasures including their impacts upon the urban buildings' energy-demands. *Appl. Energy*, **76**, 449–466, doi:10.1016/S0306-2619(03)00009-6.
- 近藤裕昭, 劉 發華, 1998: 1次元都市キャノピーモデルによる都市の熱環境に関する研究. *大気環境学会誌*, **33**, 179–192, doi:10.11298/taiki1995.33.3\_179.
- Kondo H., Y. Genchi, Y. Kikegawa, Y. Ohashi, H. Yoshikado and H. Komiyama, 2005: Development of a multi-layer urban canopy model for the analysis of energy consumption in a big city: structure of the urban canopy model and its basic performance. *Bound.-Layer Meteorol.*, **116**, 395–421, doi:10.1007/s10546-005-0905-5.
- Le Quéré, C., R. B. Jackson, M. W. Jones, A. J. P. Smith, S. Abernethy, R. M. Andrew, A. J. De-Gol, D. R. Willis, Y. Shan, J. G. Canadell, P. Friedlingstein, F. Creutzig and G. P. Peters, 2020: Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nat. Clim. Change*, **10**, 647–653, doi:10.1038/s41558-020-0797-x.
- Liu, Z., J. Lai, W. Zhan, B. Bechtel, J. Voogt, J. Quan, L. Hu, P. Fu, F. Huang, L. Li, Z. Guo and J. Li, 2022: Urban heat islands significantly reduced by COVID-19 lockdown. *Geophys. Res. Lett.*, **49**, e2021GL096842, doi:10.1029/2021GL096842.
- Nakajima, K. Y., Takane, Y., Kikegawa, Y., Furuta and H. Takamatsu, 2021: Human behaviour change and its impact on urban climate: Restrictions with the G20 Osaka Summit and COVID-19 outbreak. *Urban Clim.*, **35**, 100728, doi:10.1016/j.uclim.2020.100728.
- Sugawara, H., S. Ishidoya, Y. Terao, Y. Takane, Y. Kikegawa and K. Nakajima, 2021: Anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions changes in an urban area of Tokyo, Japan due to the COVID-19 pandemic: A case study during the state of emergency in April–May 2020. *Geophys. Res. Lett.*, **48**, e2021GL092600, doi:10.1029/2021GL092600.
- 高根雄也, 伊藤享洋, 2021: なぜ浜松で歴代最高気温 41.1°Cが観測されたか?—実況と過去の高温事例との比較による考察—。 *天気*, **68**, 149–163, doi:10.24761/tenki.68.3\_149.
- Takane, Y., Y. Kikegawa, M. Hara and C. S. B. Grimmond, 2019: Urban warming and future air-conditioning use in an Asian megacity: Importance of positive feedback. *NPJ Clim. Atmos. Sci.*, **2**, 39, doi:10.1038/s41612-019-0096-2.
- Takane, Y., Y. Ohashi, C. S. B. Grimmond, M. Hara and Y. Kikegawa, 2020: Asian megacity heat stress under future climate scenarios: Impact of air-conditioning feedback. *Environ. Res. Commun.*, **2**, 015004, doi:10.1088/2515-7620/ab6933.
- Takane, Y., K. Nakajima and Y. Kikegawa, 2022: Urban climate changes during the COVID-19 pandemic: Integration of urban-building-energy-model with social big data. *NPJ Clim. Atmos. Sci.*, **5**, 44, doi:10.1038/s41612-022-00268-0.

## 高根雄也

(国研) 産業技術総合研究所環境創生研究部門 (兼: ゼロエミッション国際共同研究センター) 主任研究員

筑波大学大学院生命環境科学研究科修了 博士 (理学)

産業技術総合研究所 (産総研) において、人間活動と都市の気象・気候との関係に興味を持ち、都市気候のモデリングおよびモデルを用いた気候・エネルギー・人間健康リスク等の長期予測研究 (例えば, Takane *et al.* 2019, 2020) や都市域の極端高温 (猛暑) のメカニズムに関する研究 (例えば, 高根・伊藤 2021) を進めています。

そのような中、2019年6月にG20大阪サミットが開催されました。G20開催期間中は大阪市中心部において交通・出勤規制が行われました。この事例を人間活動と都市の気象・気候との関係を定量的に明らかにするチャンス (社会

実験)と捉え、人間活動の変化が都市の気象・気候へ及ぼす影響に関する研究をスタートさせました。G20大阪サミットを対象に研究を始めたこともあり、上記のコロナ禍の人間活動変化に伴う影響の定量化研究(Nakajima *et al.* 2021; Takane *et al.* 2022)を世界に先駆けて速やかに始めることができました。

人間に焦点を当てた社会に寄り添う(できれば役立つ)気象学研究の推進と発展を目指しています。

参考: 気象学会 人材育成・男女共同参画委員会「みんな輝く気象学会」のページ: <https://www.metsoc.jp/jinzai/ptakane.html>

---