

排熱フィードバックに対する都市気候応答感度の定量化

19T7-031 竹中 雅二

指導教官：亀卦川 幸浩

1. はじめに

地球の気候変動と極端気象災害のリスクは、ヒートアイランド効果も相乗し、人類の過半が居住する都市への集中を呈しつつある。また、都市域では夏季の気温上昇に伴う空調エネルギー需要増が人工排熱増を誘発するポジティブフィードバック (Positive Feed Back、以下 PFB) も生ずるが、これまでの気候予測では PFB が未考慮である。

2. 先行研究¹⁾における研究手法

以上の問題点に着目した先行研究¹⁾では、都市の気温に対して人工排熱がもたらす PFB (図 1) をフィードバックゲイン (以降 g_A) にもとづき定量化する研究が行われた。PFB 効果を表現できる独自開発の都市気候モデルである WRF-CM-BEM によるシミュレーションに各種の観測データを組み合わせ g_A が推計された。その結果、夏季大阪の、休日に対する平日のエネルギー消費と排熱の増加に伴う気温上昇が追加的に何%の冷房電力消費増を平日に誘発するかを表す E に対する g_A (以降 $E-g_A$) が約 10%に達する事が推計された。更に、 T に対する g_A (以降 $T-g_A$) の解析もなされ、夏季大阪の地上気温の昇温に対し 1 割~2 割程度の自己強化作用が推計された。しかし、その結果は一つの気候モデルによる推計に過ぎず、モデルバイアスの影響が懸念された。

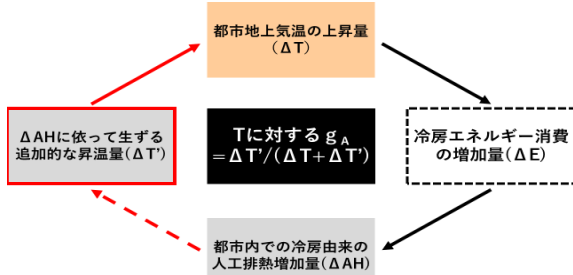


図 1. PFB 効果の概念図

3. 目的

本研究では PFB 効果を考慮できる代表的な都市気候モデルとして、指導教員らが開発した都市

キャノピー気象モデルと建物エネルギーモデルの結合モデルである CM-BEM に加え、類似モデルとして BEP-BEM、TEB-BEM を用いる。以上の三つのモデルは、世界標準の研究用地域気象モデル WRF への組み込みがなされおり都市スケール解析が可能である。以上のモデルを、指導教員らが先行研究²⁾にて高精度モデル入力データセットを構築した東京へ適用し、マルチモデルアンサンブル気候数値実験を通じ、 $E-g_A$ と $T-g_A$ を定量化する事を最終目標としている。なお、上述目標は大学院修士過程を通じ取り組む研究について述べたものである。本卒業研究では、その一環として、WRF-CM-BEM による東京での g_A の定量化の可能性を明確化する事を目的とする。

4. 研究手法

先行研究¹⁾と同様、 g_A の定量化に向け、排熱変動によって生じる気温上昇量 ($\Delta T'$) についての観測可能量として ΔT_{AH} に着目した。 ΔT_{AH} は休日と比べた平日のエネルギー消費増・排熱増に依る都市域での気温上昇量を指す。先行研究¹⁾では大阪の市街地で日中 0.7°C に達する ΔT_{AH} が観測データから検出され、その ΔT_{AH} が WRF-CM-BEM により再現可能であった。本研究が対象とする東京でも ΔT_{AH} が観測データから検出でき、かつモデルにより再現可能であれば、先行研究¹⁾と同様の手法で g_A が定量化可能となる。以上の考え方で、観測とシミュレーションのデータを解析した。

5. 解析の手順と結果

(1) 観測にもとづく ΔT_{AH} の推計

都市域での気温変動 (ΔT) からエネルギー消費と排熱の増減に由来する変動成分である ΔT_{AH} を分離推定すべく、排熱変化の影響が反映された観測資料として平日と休日の都市内気温差 (ΔT_{WD} 、

HD)に着目した。くわえて当該気温差には気象条件による自然由来の気温バイアスの影響も及ぶため、そのバイアスを除去すべく、都市内の平日・休日気温差から郊外の平日・休日気温差 (ΔT_{WD-HD}) を差し引き、これを ΔT_{AH} とした。

(2) ΔT_{AH} の解析に用いたデータ

都心の気温データは、市街地に設置され排熱の影響下にあると想定できる大気汚染常時監視一般局 (以降、常監局; 計 13 局) と都内大規模緑地に設置されている AMeDAS 東京局での 2010~2019 年の 6/1~9/31 までの特別観測気温を利用した。郊外は東京都の小河内 AMeDAS 局での観測気温を利用した。シミュレーションは、先行研究²⁾の 2018 年 7/1~8/31 における WRF-CM-BEM 計算結果を用い、同期間の観測データと比較した。

(3) 解析結果

ΔT_{AH} を解析した結果を図 2 に示す。

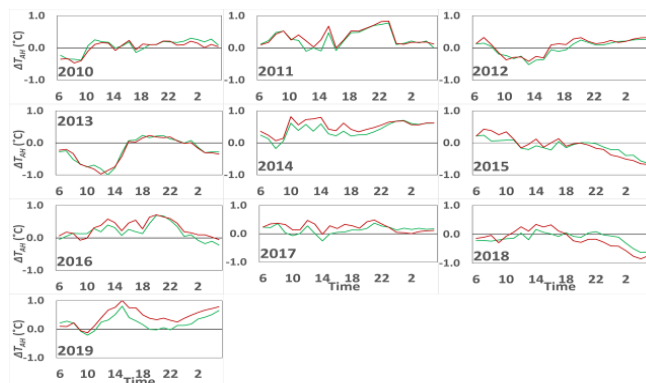


図 2. 2010~2019 年 6/1~9/31 の ΔT_{AH} (赤線が千代田区神田司町一般局、緑線が AMeDAS 東京の解析結果を示す)

ΔT_{AH} は、先行研究¹⁾と同様、解析対象とした 10 年間の内、2012・2013・2015 年を除く 7 年間の夏季において昼間に正の傾向を示した。その絶対値は、AMeDAS 東京の露場気温を用いた場合と比べ、排熱影響の顕在化が予想された常監局での街区 (都市キャノピー) 気温を用いた場合に増加する合理的傾向が確認された。図 3 と図 4 は ΔT_{AH} のシミュレーションと観測との比較で、同年 2018 年では傾向が異なるが、 ΔT_{AH} が

正の傾向を示した他の年では、シミュレーションと観測データにもとづく ΔT_{AH} は昼間に正值となり概ね同じ日変化の傾向を示した。

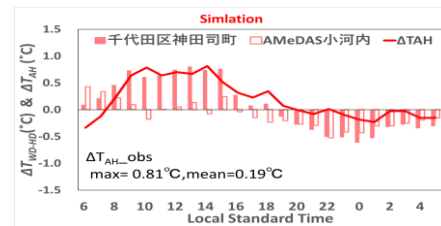


図 3. WRF-CM-BEM シミュレーション²⁾による ΔT_{AH}

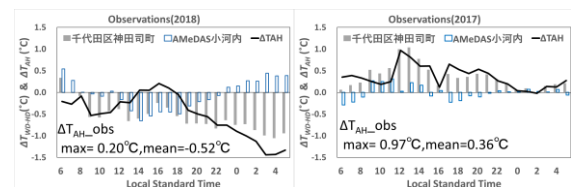


図 4. 2018・2017 年 7~8 月観測データによる ΔT_{AH}

6. まとめと今後の課題

過去 10 年の解析から、多くの年で ΔT_{AH} に正の傾向があることが確認できた。しかし先行研究³⁾での ΔT_{AH} の推計値 (日平均 0.3°C 程度) に対して、同程度の気温差の年もあれば、そうでない年もあり、各年の気象条件の影響を解明する必要がある。

2018 年夏季のシミュレーションについて、先行研究²⁾では気温の再現性は良好だったが、同時期に観測された ΔT_{AH} を WRF-CM-BEM は再現不能であった。しかし、夏季日中の ΔT_{AH} に正偏差が見られる典型的な他の年の観測にもとづく ΔT_{AH} の日変化の傾向は WRF-CM-BEM の計算値と類似しており、WRF-CM-BEM が ΔT_{AH} の夏季の平均的な日変化を模擬できる可能性を示唆した。2018 年夏季の ΔT_{AH} の再現精度の低下の要因については更に解析を要するものの、以上の結果は東京を対象とした g_A の定量化可能性を示唆した。

7. 参考文献

- 1) Kikegawa, Y., et al., Applied Energy, Vol. 307, 118227, 2022
- 2) 環境研究総合推進費 (1-1909) 終了研究成果報告書、JPMEERF20191001.
- 3) Fujibe, F., et al., Theor Appl Climatol, (2010)102:393-401