

人流や地表面被覆がヒートアイランド強度に及ぼす影響に関する研究

CQ21078 松永 佳大 指導教員 内藤 望 教授

キーワード:ヒートアイランド強度, 人流データ, コロナ禍, NDVI, 相関係数

1. 背景と目的

都市部の気温が郊外に比べて高温となるヒートアイランド現象の要因は、以下の3つに大別される。すなわち、人工排熱の増大、地表面被覆の人工化、都市建造物の密集である。また、ヒートアイランド現象の強さの指標は、以下の式(1)で定義される「ヒートアイランド強度」で表現され、本研究もこの定義に従う。

$$\text{ヒートアイランド強度} \equiv \text{都市部の気温} - \text{郊外部の気温} \quad (1)$$

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の流行により、日本でも2020年3月より外出や移動の制限などの都市活動、社会経済活動の大幅な低下、縮小がみられた。このコロナ禍に伴うヒートアイランド強度の変化を坂本[1]が調べたところ、全国的に昼はヒートアイランド強度が低下するが夜は逆に強まるという傾向を検出した。昼は都市活動の低下に伴う人工排熱の減少、そして夜は生活リズムの夜型化がそれぞれ影響したのではないかと考察した。ただし都市活動を定量的に示すデータがない点が難点であった。その後、都市活動を示す定量データとして、国土交通省から人流データが公開されたため、人流とヒートアイランド強度の相関を定量的に調べることを本研究の1つ目の目的とした。さらに2つ目の目的として、地表面被覆を表す指標として正規化差植生指数(NDVI)、正規化差水指数(NDWI)を利用し、ヒートアイランド強度の地域分布との相関も調べることにした。

2. 使用データと解析方法

まずヒートアイランド強度の算出のため、気象庁のアメダス観測データ、地上気象観測データの2019~2021年の日平均気温、日最高気温、日最低気温を使用した。全47都道府県に対し、都市部の解析対象地点は各県庁所在地とし、郊外部の解析対象地点は、坂本[1]がGoogle Earthの人工衛星画像を参照しつつ地理的に都市の影響が十分小さくなると推測し選定した気象観測地点を本研究でも使用した。次に、国土交通省がG空間情報センターにて公開している全国の人流オープンデータを使用した。これはスマホのアプリから位置情報を集積して、1km×1kmのメッシュ内の滞在人口に換算し、2019~2021年の各月の全日/昼(11~15時)/夜(1~5時)の日平均値としてまとめたデータである。本研究では各都市部の気象観測地点を含む1km×1kmメッシュのデータを使用した。さらに、Landsat9の衛星データから、各都市部の気象観測地点を中心とする半径1, 3, 5, 10kmの範囲でNDVI, NDWIを算出して、ヒートアイランド強度との相関を比較検討した。Landsat9の空間分解能は30mで、2024年7月5日~9月6日の期間中で雲量が少ないシーンを選定した。なおNDVI, NDWIの算出式は式(2), (3)の通りであり、NIRは近赤外、Rは可視赤、Gは可視緑の各波長帯における反射率を示す。

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \quad (2) \quad \text{NDWI} = (\text{G} - \text{NIR}) / (\text{G} + \text{NIR}) \quad (3)$$

3. 結果と考察

3.1 人流とヒートアイランド強度

図1は、福岡県(福岡-添田)における、コロナ前後での昼の人流とヒートアイランド強度との相関を示している。コロナ前には弱い正の相関がみられていたが、コロナ禍で人流が減ることで無相関となっている。ただしヒートアイランド強度は、コロナ後にも大きく変動している。コロナ後の無相関は、人工排熱の影響度が減少し、ヒートアイランド強度は人工排熱以外の要因で変動したと思われる。

次に全国傾向として、図2にコロナ前の2019年における昼の人流と昼のヒートアイランド強度の相関係数の全国分布を示し、図3にコロナ前後での昼の相関係数の差を示す。図からの判読はやや難しいが、全国47都

道府県に対し、図 2 で正の相関係数を示すのが 31 都道府県、図 3 で負の相関係数変化を示すのが 30 都道府県であり、福岡県と同様の変化が起きている地域が多い。

一方、夜の人流とヒートアイランド強度との相関については、コロナ前後ともに無相関となる都道府県が大半であった。もともと人工排熱の影響は昼に強いためであろう。

3. 2 NDVI, NDWI とヒートアイランド強度

全 47 都道府県を対象として、コロナ前の 2019 年各季節におけるヒートアイランド強度平均値と NDVI, NDWI について、地域比較としての相関を調べた。まず昼のヒートアイランド強度と NDVI との相関については、季節を問わず有意な相関は見いだせなかった。植生による蒸発散がヒートアイランドを抑制する影響が検出できるかと期待していたが、人工排熱や都市建造物密集など他の要因の影響の方が相対的に大きくて有意な結果が検出できなかったと思われる。

一方、夜のヒートアイランド強度と NDVI との間には弱いながらも負の相関がみられ、季節としては冬季、そして NDVI 算出範囲としては半径 10km の場合(図 3)に最も決定係数 R^2 が高かった。夜間は蒸発散が不活発であるので、植生による直接的なヒートアイランド抑制効果を示すというより、夜間の放射冷却の都市内外における差が反映していると思われる。つまり、都市建造物の密集度が高い地域は植生が少なく低 NDVI に相当する。都市建造物が密集すると建造物壁面が長波放射を吸収、再放射することにより都市部の放射冷却を妨げ、夜のヒートアイランドを強める効果があることが反映しているのであろう。

NDWI に関しては、NDVI と同じく冬季の夜、半径 10km で算出した場合に決定係数 R^2 が最大となったが、NDVI とは逆に弱い正相関を示唆する結果であった。しかし、水域が広い都市ほどヒートアイランド強度が強いという不自然な結果であり、有意な結果とは言い難い。

4. まとめ

ヒートアイランド強度に対する人流の影響は、コロナ前の昼には正相関が確認できた都道府県が多かったが、コロナ後には相関が下がって無相関となる傾向であった。ただし、今回使用した人流データは「滞在人口」を意味するものなので、都市活動や人工排熱の指標としての適性を再検討する必要もありそうである。また、NDVI との相関では、植生からの蒸発散による影響よりも、夜間の放射冷却が都市建造物で阻害される影響を反映する結果となった。なお、ヒートアイランド強度への影響を検出するための NDVI 算出適性範囲は半径 10km 程度と思われる。

引用文献

[1] 坂本菜摘: コロナ禍に伴うヒートアイランド強度への影響に関する研究. 地球環境学科卒論, 26pp. (2023)

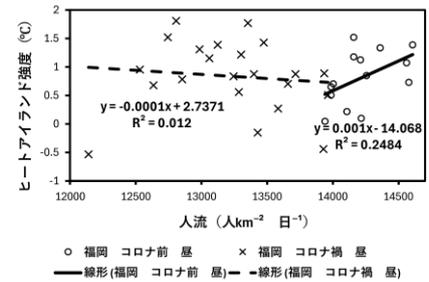


図 1. コロナ前後の昼の人流と最高気温のヒートアイランド強度との相関比較の例(福岡県).

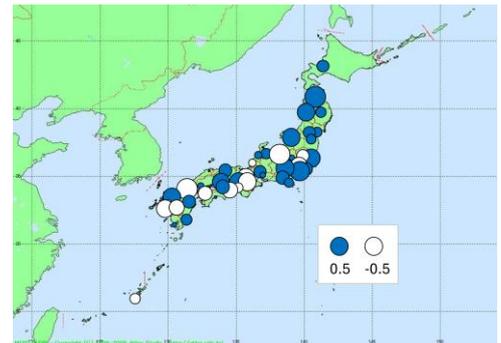


図 2. コロナ前の昼における人流とヒートアイランド強度の相関係数の全国分布.

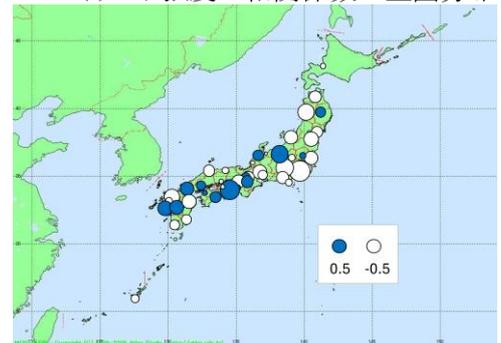


図 3. 昼の人流とヒートアイランド強度との相関係数のコロナ前後での変化.

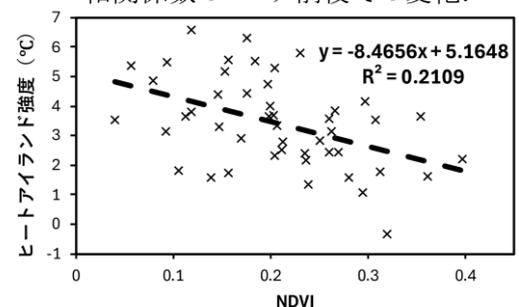


図 4. 冬季の夜におけるヒートアイランド強度と都市部半径 10km 内の NDVI との相関.