

(73) 静止気象衛星による 都市部の熱環境について

内田 裕貴¹・朝香 智仁¹・野中 崇志²・杉村 俊郎¹

¹正会員 日本大学 生産工学部土木工学科 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1)

E-mail: uchida.yuuki@nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学 生産工学部環境安全工学科 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1)

2015年7月7日に静止気象衛星ひまわり8号の定常運用が開始された。従来機と比較し、観測波長帯数の増加と時間分解能が向上され、特に日本周辺の特定領域では2.5分間隔で観測可能となっている。ヒートアイランド現象の解析事例の多くは夏季に観測されたデータであり、秋冬季での解析事例があまり見られないことから、本研究ではひまわり8号の時間分解能に着目し、11月のデータを対象に1時間毎の温度変化と土地被覆毎に10分間隔の輝度温度変化を調査し、秋冬季におけるヒートアイランド現象について考察を行った。

Key Words: Himawari-8/AHI, thermal information, land surface temperature

1. はじめに

都市部で発生しているヒートアイランド現象は、地球温暖化に次ぐ大きな社会問題となっている。21世紀以降には、東京都をはじめとした地方自治体が、「ヒートアイランド現象」＝「都市の温暖化」であり、環境問題の一つとして認識が高まったことから、各地方都市での対策も講じられている¹⁾。ヒートアイランド現象は、都市部での人工排熱やアスファルト・コンクリート被覆の増加により蓄熱効果を増大させ、都市の高温化を引き起こしている²⁾。Landsat/TMなど衛星リモートセンシング技術を利用した都市の熱環境に関する研究はなされているが、極軌道衛星のため限られた観測頻度によるものであり、詳細な時間変化についての情報は得ることが困難である。2015年7月7日に正式運用された静止気象衛星ひまわり8号は、従来機に比べ観測性能が向上し、観測波長帯数の増加と時間分解能の向上が図られている。特に、日本付近の特定領域観測では2.5分毎の連続観測が実現している。

ヒートアイランド現象に関する既往研究では、広域圏を対象に、都市ヒートアイランド現象が発生していることを示し、夏季の気温と、海陸風や土地被覆との関連などが指摘されている³⁾。夏季に生じることが多く報告されている一方で、冬季を対象とした既往研究では、夏季

と比較するとヒートアイランド強度が冬季の方が1℃高いことが示されている⁴⁾。しかしながら、秋冬季における熱環境を詳細に示した研究報告はあまり見られない。そこで本研究では、ひまわり8号が観測した地表面温度情報を利用し、11月の観測データから1時間ごとの日変化および気温上昇時の10分間隔の輝度温度変化を調査した。

2. 研究対象地域

本研究では、秋冬季の熱環境を調査するため2017年～2020年の11月における以下の日時を解析対象とした。また、対象地域は東京の皇居を中心とした約80km×80kmの領域である。

- ・2017年11月9日(0時00分～23時00分 JST)
- ・2018年11月10日(0時00分～23時00分 JST)
- ・2019年11月1日(0時00分～23時00分 JST)
- ・2020年11月15日(0時00分～23時00分 JST)

解析対象画像の選定条件として、なるべく雲の少ない日時を選定した。

3. 1時間ごとの地表面輝度温度変化の解析

はじめに、皇居を中心とした地表面温度の日変化を

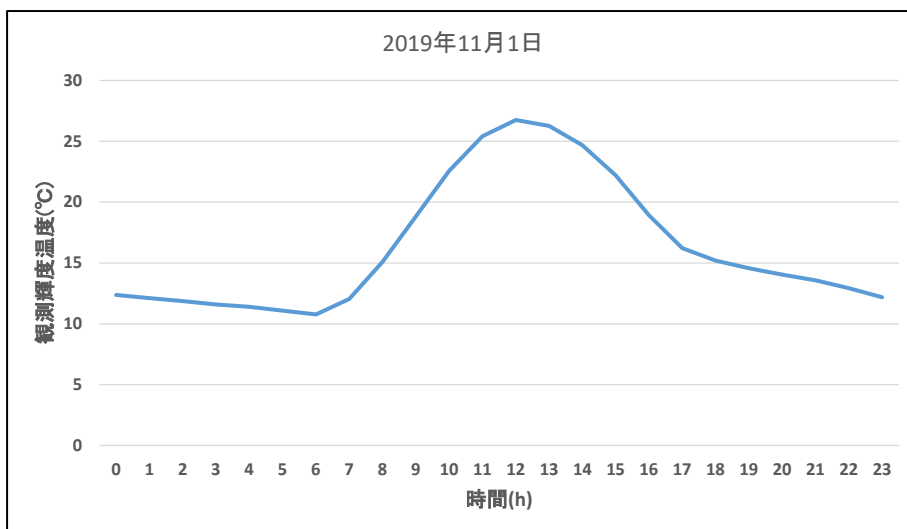


図-1 輝度温度の日変化
(2019年11月1日)

求めるためにひまわり 8 号の観測値を輝度温度に変換した。観測値から放射輝度、放射輝度から輝度温度に変換する方法は気象庁より提供されている⁶⁾。皇居(E139.75°, N35.68°)を中心として80km×80km四方を対象に対象日時における輝度温度の1時間間隔の輝度温度変化を図-2～4(左)に示す。図-1は、2019年11月1日の都心部の輝度温度変化例である。

24 時間を通して雲の発生もなく、日中と夜間の輝度温度差が明瞭に確認することができる日変化の曲線を得ることができた。2019年11月1日の日変化を対象に、地域傾向面分析による輝度温度分布の解析を行った。地域傾向面分析は、数値表現された地表事象(分布数値)を、体系的・全域的・規則的差異に関連した部分と、そうでない部分とに分ける手法である⁷⁾。本研究で利用した地域傾向面分析の多項式は、(1)式に示す通りである。

$$Z = \sum a_{i,j} x^i y^j \quad (i+j \leq 3 \sim 6) \quad \dots (1)$$

x=pixel

y=line

a=係数

Z=輝度温度

図-2に3次多項式、図-3、4に6次多項式による2019年11月1日10時00分の地域傾向面分析の結果を示す。3次多項式の解析結果からは、東京湾の輝度温度が周辺に比べ高くなっており、都市の熱環境が明確には表されていない。6次多項式の結果では、土地被覆における輝度温度分布が明瞭に判読できている。このことから6次以上の多項式による地域傾向面分析は有効であると考えられる。

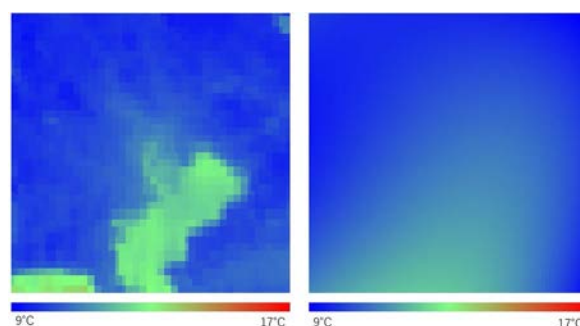


図-2 3次多項式による地域傾向面分析の結果
(2019年11月1日10時00分)

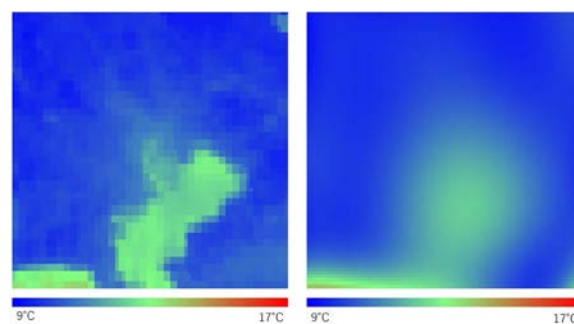


図-3 6次多項式による地域傾向面分析の結果
(2019年11月1日10時00分)

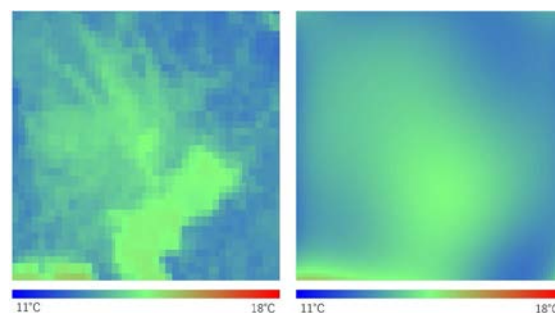


図-4 6次多項式による地域傾向面分析の結果
(2019年11月1日18時00分)

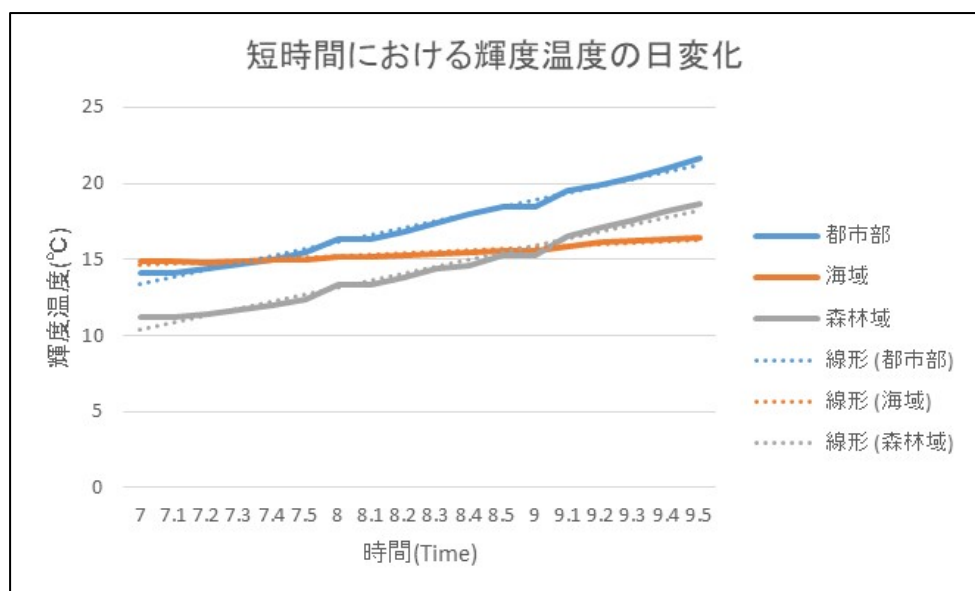


図-5 短時間における輝度温度の日変化
(2019年11月1日)

表-1 各土地被覆における輝度温度変化

温度変化(°C)			
時間	都市部	海域	森林
7時00分	13.76	14.82	11.09
7時10分	14.13	14.87	11.21
7時20分	14.42	14.82	11.44
7時30分	14.67	14.87	11.74
7時40分	15.01	14.96	11.97
7時50分	15.38	14.99	12.41
8時00分	15.86	15.10	12.87
8時10分	16.37	15.16	13.36
8時20分	16.87	15.30	13.85
8時30分	17.37	15.38	14.36
8時40分	17.84	15.50	14.62
8時50分	18.50	15.58	15.27
9時00分	18.50	15.58	15.27
9時10分	19.22	15.89	16.53
9時20分	19.84	16.14	17.12
9時30分	20.17	16.23	17.62
9時40分	20.84	16.31	18.14
9時50分	21.25	16.45	18.69
10時00分	21.81	16.62	19.13

4. 短時間ごとの温度変化の解析

次に、2019年11月1日の日変化の結果をもとに10分間隔における調査を行った。図-1にひまわり8号が観測したデータより6次多項式による地域傾向面分析の結果から求めた日変化グラフである。結果から、温度上昇の割合が高い時間帯である午前7時から午前10時において、10分間隔の観測データにて調査を行った。また、今回研究対象領域としている約80km×80km内において、土地被覆ごとの輝度温度変化を詳細に把握するために、都市部、海域、森林域の3か所を対象にそれぞれの輝度温度変化を調査した（図-5）。この結果から、都市部で $y=0.46x+12.964$ 、森林域で $y=0.46x+9.9736$ 、海域では $y=0.09x+14.501$ の回帰式を得られた。調査地点は、対象領域内において都市部、海域、森林域に該当する地点を選定した（図-6）。

午前7時から午前10時の各地点における温度を表-1に示す。都市部と森林域では、毎時約2.7°C上昇しており、海域では、約0.6°Cで直線的に上昇していることが確認できた。特に今回の対象データは11月であるため、周辺部に比べ輝度温度が高いことから都市部に温暖化が確認できたと考えられる。既往研究でも解明されていた都市部温度が高く、海域、森林域が温度を低減していることが、短時間での輝度温度変化を見ることで改めて確認することが出来たと言える。

5. まとめ

本研究では、ひまわり8号が観測した2017年～2020年

の秋冬季観測データから1時間毎の日変化と、10分間における短時間の調査を行った。1時間毎の日変化から地域傾向面分析を行い、3次と6次多項式による解析を行った。3次多項式による地域傾向面分析では、11月のデータのため周辺に比べ東京湾の輝度温度が高すぎたため、輝度温度分布を的確に推定することが出来なかった。6次多項式を用いることで土地被覆毎の輝度温度分布状況が明瞭に確認することができた。

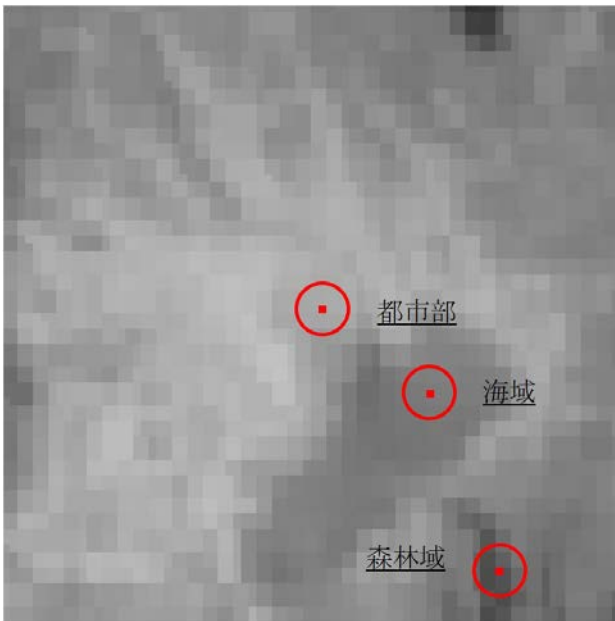


図-6 土地被覆の調査地点
(2019年11月1日 9時00分観測)

このことから、秋冬季観測データにおいては、東京湾の影響を縮小し、都市部の輝度温度を明瞭に判別するため、6次多項式による地域傾向面分析が有効と考えられる。次に、1時間毎の輝度温度の日変化から温度上昇が高い時間帯において、都市部、海域、森林域を対象に10分間毎における調査を行った。その結果、都市部と森林域において、毎時約2.7℃近く直線的に上昇していることが確認出来た。既往研究では、夏季において都市部の高温化が指摘されていたが、秋冬季においても高温化が確認でき、特に、短時間における解析結果から毎分毎の温度上昇を確認することができた。ひまわり8号の高頻度観測により、短時間での温度変化を確認することが可能になり、土地被覆による短時間の地表面温度の変化について確認することができた。また、夏季に比べ秋冬季の方が温度が低いため、都市部の高温化が顕著に確認できた。今後は、他の地域においても解析を行い、各地方自治体で実施されるヒートアイランド対策に寄与したいと考えている。

謝辞：「本研究のデータ処理の一部は情報通信機構 NICT サイエンスクラウドを通じて行われました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山口孝子：ヒートアイランド対策，日本生気象学会雑誌，pp.71-75，2013.
- 2) 中村祐輔，重田祥範，渡来靖：埼玉県熊谷市におけるヒートアイランドの季節変化とその要因，2016年度日本地理学会春季学術大会，日本地理学会発表要旨集，2016.
- 3) 松尾薫，田中貴宏，佐土原悟：盆地都市における気温分布形成要因の夏季・冬季比較-神奈川県秦野市における気温の長期多点同時観測に基づく分析-，都市計画論文集，Vol.50，No.1，2015.
- 4) 松尾薫，田中貴宏：海風影響かの沿岸都市における夏季日中の紺分布に関する研究-広島市における気温の長期多点同時観測に基づく分析，都市計画論文集，pp.819-824，Vol.48，No.3，2013.
- 5) 重田祥範，大橋唯太：岡山市を対象とした細密な気象観測によるヒートアイランド強度の解析，日本気象学会，pp.443-454，Vol.56，No.6，2009.
- 6) 内田裕貴，青山定敬，朝香智仁，野中崇志，杉村俊郎：静止気象衛星による首都圏の熱環境について，土木学会論文集 G(環境)特集号，I-319～324，Vol.71，No.5，2015.
- 7) 石水 照雄，大友 篤，磯部 邦昭：地域傾向面分析の意義・適用事例および問題点，地理学評論，pp.455-469，Vol.49，1976.