

人工衛星画像を用いた天空率と地表面温度 の関係についての解析

1230108 中釜結

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

E-mail:1230108@ugs.kochi-tech.ac.jp

近年、都市部の熱環境問題の一つとしてヒートアイランド現象が問題視されている。ヒートアイランド現象とは、都市の中心部の気温が郊外に比べて島状に高くなる現象であり、近年都市特有の環境問題として注目を集めている¹⁾。その要因には地表面被覆の人工化や都市の高密度化などが挙げられる。そこで本研究では、都市構造を考える上で重要な天空率と地表面温度の関係について衛星画像を用いて解析した。結果として、天空率と地表面温度の間には明確な関係は見られなかった。ヒートアイランド現象の検討にはより解像度の高い天空率と地表面温度のデータが必要であり、さらには NDVI などの影響を取り除いて解析する必要があることが分かった。

Key Words: ヒートアイランド現象, 人工衛星画像, 天空率, 地表面温度

1. 序論

1.1 背景

近年、都市の熱環境問題の一つとしてヒートアイランド現象が問題視されている。ヒートアイランド現象とは人間活動が原因で都市の気温が周囲より高くなることをいい、生活上の不快や熱中症等の健康被害の拡大、生態系の変化等が懸念されている²⁾。

ヒートアイランド現象の要因の一つとして、都市の高密度化が挙げられる。環境省の報告書³⁾によれば、中高層の建物が増加して高密度化すると、風向きによっては地上近くの風が弱まり、熱の拡散や換気力を低下させる可能性がある。また、高密度化した都市内では、天空率が小さく、夜間の放射冷却が阻害されるために、建物表面の熱が溜まりやすくなる。そこで本研究では、都市構造を表す指標である天空率と地表面温度の関係に着目した。

天空率⁴⁾とは、ある測定点において建物や樹木など物体によって遮られていない空の広さの割合のことを指し、天空率が大きければ大きいほど空が多く見える。天空率の算出方法には魚眼レンズカメラを用いた方法と、数値表層モデル(Digital Surface

Model、以下 DSM)から算出する方法がある。DSMを用いた手法では、面的に天空率を算出することができ、魚眼レンズカメラを用いた方法と比較して、ヒートアイランド現象の検討に必要な広域スケールの天空率の算出に効果的である⁵⁾。

このことから本研究では、今後の都市計画における工夫やさらなる改善を施すなど、ヒートアイランド現象の緩和を検討する上で重要であると考えられる天空率と地表面温度の関係を、面データを用いて解析し考察することとした。

1.2 目的

一般的に、天空率が小さいと放射が阻害され熱がこもると言われている。そこで、「天空率が小さいと、夜間の温度は下がりにくい。」という仮説を立てた。

本研究ではより広域を解析することができるような面的な天空率データと地表面温度データを用いて、この仮説を検討する。

2. 研究の手法

2.1 対象地域

本研究では対象地域を市街地、住宅地、山間部の地域等を基準に、兵庫県明石市、神戸市、三木市、西宮市の一部に選定⁵⁾し、解析を行った。

2.2 使用データ

天空率については、兵庫県_全域 DSM⁶⁾を用いて算出された解像度 10m の天空率⁵⁾を使用した。

地表面温度については、LANDSAT8 号と ASTER の level2 の地表面温度プロダクトである LC08_L2SP⁷⁾と AST_08⁸⁾をそれぞれ使用した。なお、LC08_L2SP と AST_08 の解像度はそれぞれ 30m と 90m である。またこれらの観測時刻は、昼は午前 10 時半頃、夜は午後 10 時頃である。使用するデータの日付を含め前 3 日間に降水の見られた日はなかった。

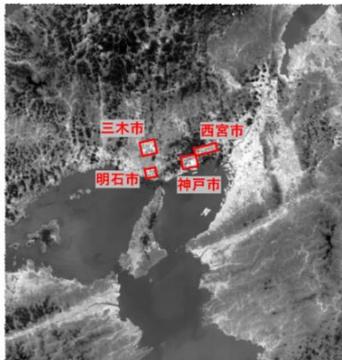


写真-1 兵庫県対象地域における人工衛星画像 (Landsat8 2016 年 6 月 10 日)

2.3 天空率と地表面温度の関係の解析方法

本研究で用いる人工衛星画像は、それぞれの対象地域において天空率と同じ範囲で切り抜きを行った。また天空率の解像度が 10m であることから、LANDSAT の画像は 30m から 10m に、ASTER の画像は 90m から 10m にそれぞれ解像度を合わせた。

ここで、本研究ではヒートアイランドに注目していることから森林と海域は取り除くこととした。海域は DEM データ⁹⁾を用い、森林の範囲は植物の量や活力を表す NDVI の値を算出し、そのデータを用いることでそれぞれ取り除いた。

天空率と地表面温度の相関を解析するにあたり、天空率と地表面温度の昼と夜の差の関係の解析を行い、さらに各地域の天空率と地表面温度の関係に影響する要因や各地域の特徴について考察した。

3. 結果と考察

3.1 天空率と地表面温度の昼と夜の差の相関関係

ヒートアイランド現象の要因の一つである「都市の高密度化」から各地域の天空率と地表面温度の関係について解析した。

図-1 は、天空率と地表面温度の昼と夜の差の関係を表す散布図である。散布図の色分けについては、データ数が多く集まる箇所を赤く、少ない箇所を青く表示している。

図-1 において、明石市と三木市、西宮市の一部では、「地表面温度の昼と夜の差」を計算した後、海と森林の範囲の除去を行ったことにより、十分なデータ数を確保することが出来なかった。

対象地域のうち神戸市、三木市ではやや相関関係があり(神戸市:0.370、三木市:-0.411)、明石市、西宮市ではほとんど相関関係はなかった(明石市:0.151、西宮市:0.060)。これは、神戸市では天空率が小さくなればなるほど地表面温度の差は小さくなることを意味し、つまり夜になっても地表面温度はあまり下がらないというヒートアイランドの傾向がやや見られた。三木市では天空率が小さくなればなるほど地表面温度の差は大きくなる、つまり夜になると地表面温度は下がるという傾向がやや見られ、ヒートアイランドの傾向は見られなかった。一方、明石市と西宮市では天空率と地表面温度の間に関連性はほとんどなかった。

仮説が正しければ、どの地域でも正の相関関係が見られるはずだが、本解析では神戸市のみヒートアイランドの傾向が見られ、その他の地域ではほとんど見られなかった。よってこの結果からでは、「天空率が小さいと、夜間の温度は下がりにくい。」という仮説は正しいとは言えなかった。

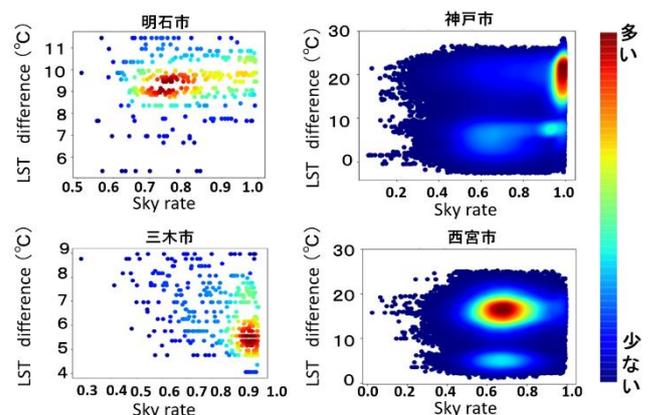


図-1 天空率と地表面温度の昼と夜の差の散布図 (明石市・三木市:2013 年 1 月 1 日-2017 年 1 月 17 日 神戸市・西宮市:2013 年 7 月 20 日-2012 年 8 月 24 日)

3.2 都市部における天空率と地表面温度の昼と夜の差の相関関係

3.1 では天空率と地表面温度の間に明瞭な関係は見られなかった。そこでJAXAが公開する解像度10mのALOS高解像度土地利用土地被覆図¹⁰⁾において、「都市域」と分類された部分のみで解析を行った。

対象地域のうち、三木市を除くどの地域でもほとんど相関関係はなかった(明石市:-0.090、神戸市:0.188、西宮市:0.043)。つまり、天空率と地表面温度の昼と夜の差の間に関連性はなかった。三木市については雲の影響が強く、解析に用いることが出来なかった。

図-2から、各地域とも都市部では温度の下がり方が小さいことが読み取れた。さらに神戸市と西宮市に注目すると、地表面温度の差が比較的大きい箇所と小さい箇所の大きく2つに分かれていることが読み取れる。そのうち西宮市では、温度差が大きい箇所も小さい箇所も天空率はほとんど同じである。一方、神戸市では温度差が大きい箇所の天空率は比較的大きく、温度差が小さい箇所の天空率は小さくなっている。これは天空率が小さいと、昼に比べて夜の温度はあまり下がらないことを意味する。よって神戸市の都市部では地表面温度の昼と夜の差が天空率に依存しており、「天空率が小さいと、夜間の温度は下がりにくい。」という仮説は一見正しいと言えそうである。しかし、神戸市で見られる傾向が西宮市では見られなかったため、この結果だけでは仮説が正しいとは断言することが出来なかった。

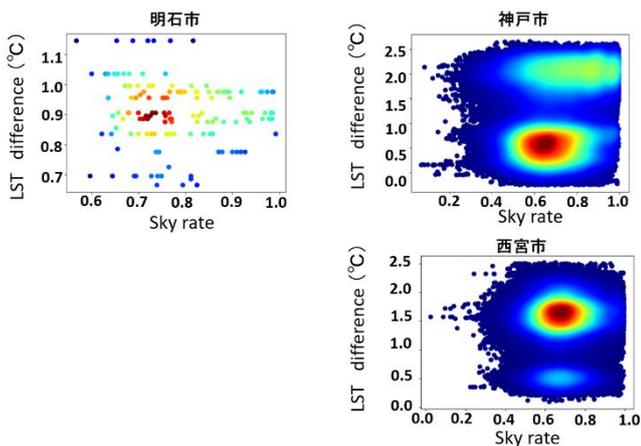


図-2 都市部の天空率と地表面温度の昼と夜の差の散布図
(明石市:2013年1月1日-2017年1月17日
神戸市・西宮市:2013年7月20日-2012年8月24日)

4. 明瞭な相関関係が見られなかった原因の考察

これまでの3.1と3.2の結果からは、天空率と地表面温度の間には明瞭な相関関係は見られなかった。

ここからは、3.2で神戸市に見られた地表面温度の昼と夜の差が天空率に依存するという傾向が、西宮市では見られなかった原因を検討、考察していく。

4.1 土地利用別の天空率

図-3は各地域の土地利用別の天空率の平均値と、それぞれの標準偏差の値をひげで表している。

どの地域も比較的都市部の天空率は大きく、神戸市と西宮市に注目しても神戸市0.701、西宮市0.703と、地域間で大きな差はなかった。

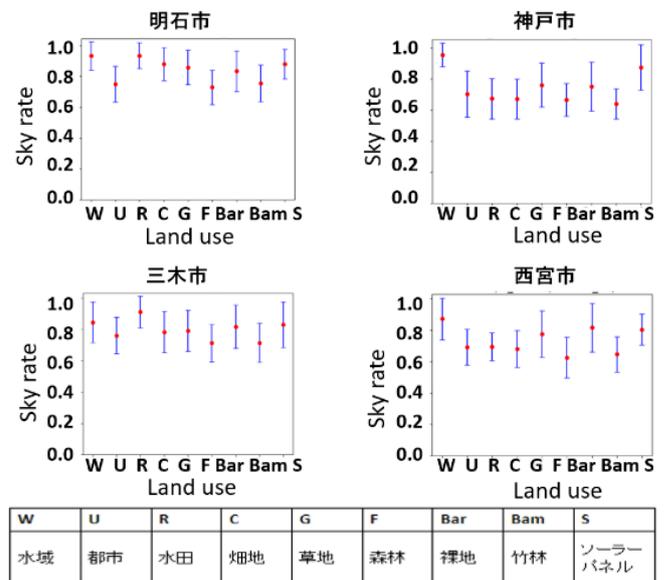


図-3 各地域の土地利用別の天空率

(明石市・三木市:2013年1月1日-2017年1月17日
神戸市・西宮市:2013年7月20日-2012年8月24日)

4.2 土地利用別のNDVIと地表面温度の昼と夜の差の関係

図-4は、各地域の土地利用別のNDVIの平均値と地表面温度の平均値の関係を表し、さらにそれぞれの標準偏差の値をひげで表している。

神戸市と西宮市の都市部に注目すると、神戸市に比べて西宮市では、NDVIの値が比較的小さく、そのばらつきも小さいことが分かる。一方、神戸市ではNDVIの値が比較的大きく、そのばらつきも大きいことが分かる。このように、両地域の都市部でNDVIの傾向に大きな差が出た。一般的に、NDVIの値が大きければ植生域が多く含まれていると考えられる。これにより神戸市の都市部においては蓄熱が少なく、

夜の地表面温度が下がりやすいと考えられ、結果として昼と夜の地表面温度の変化は大きくなると予想される。このことから図-2 で見られた、神戸市の都市部における地表面温度の変化が大きい部分は NDVI の影響、つまりは公園・緑地等の影響が要因と考えられる。

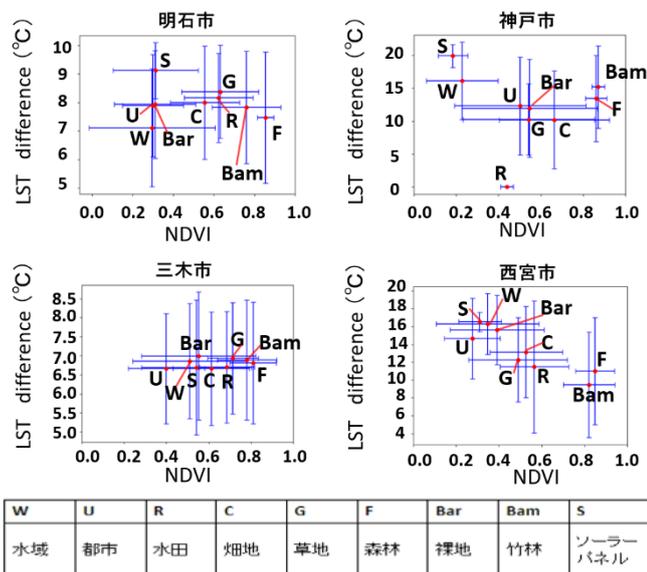


図-4 NDVI と地表面温度の昼と夜の差の関係図
(明石市・三木市:2013年1月1日-2017年1月17日
神戸市・西宮市:2013年7月20日-2012年8月24日)

5. まとめ

ここまで、天空率と地表面温度の相関関係を解析し、両者の相関関係が見られない原因についても解析してきた。結果としては、本研究で用いた解像度 10m の天空率と解像度 30m と 90m の人工衛星画像から分かる地表面温度では、両者の間に明瞭な相関関係は見られなかった。さらに 4.2 の結果から、天空率と地表面温度の関係を解析するにあたり、NDVI の影響も大きく関わる場合があることが分かった。

以上のことを踏まえて、ヒートアイランド現象を検討する上で天空率と地表面温度の関係を解析するには、より解像度の高い天空率と地表面温度のデータを必要とすることに加え、NDVI の影響を十分に考慮することが必要と言える。

6. 参考文献

1) 国土交通省：ヒートアイランド現象の緩和、2013年
<https://www.mlit.go.jp/crd/park/joho/dl/toshimidori/data/02.pdf>

2) 国土交通省：ヒートアイランド対策、2017年
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_mn_000016.html

3) 環境省：ヒートアイランド現象の要因について、2017年
https://www.env.go.jp/air/life/heat_island/manual_01/02_chpt1-2.pdf

4) ソコファン・本條毅：全地球カメラ、Google Street View、Digital Surface Model による天空率測定、環境情報科学 学術研究論文集 32、2018年

5) 小原夏実：人工衛星画像を用いた天空率の推定方法の検討、2021年度高知工科大学システム工学群卒業研究概要書、2022年

6) G 空間情報センター兵庫県__全 DSM データセット：
<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/2010-2018-hyogo-geo-dsm>

7) USGS Earth Explorer：
<https://earthexplorer.usgs.gov/>

8) NASA Earthdata：
[Earthdata Search | Earthdata Search \(nasa.gov\)](https://earthdata.nasa.gov/)

9) DEM 国土地理院 基盤地図情報：
<https://fgd.gsi.go.jp/download/mapGis.php?tab=dem>

10) JAXA 高解像度土地利用土地被覆図：
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/lulc_j.htm