

人工衛星画像を用いた天空率の推定方法の検討

1220043 小原夏実

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:220043f@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おり、その要因には都市の高密度化が挙げられる。都市構造を考える上で必要な広域の天空率の把握には DSM データを用いた天空率の算出方法が有効的である。そこで詳細な天空率算出方法を推定するため、JAXA が公開している解像度 30m の DSM データから作成した天空率と、解像度 1m の DSM データから作成した天空率を比較した。結果として、解像度 30m の DSM データからは詳細な天空率を推定することは困難であり、ヒートアイランド現象検討への利用可能性は低いということが分かった。さらに、DSM データから天空率を算出する過程では、DSM データの精度と解像度共に影響していることが明らかになった。

Key Words: ヒートアイランド現象, DSM, 魚眼レンズカメラ, 都市構造

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郊外に比べ都市部ほど気温が高くなる現象のことで、生態系の変化や熱中症リスクの上昇などの私たちの生活に悪影響を及ぼすことで知られている。

気象庁のヒートアイランド監視報告¹⁾によると、東京、大阪、名古屋の主要 3 都市の年平均気温の 100 年当たりの上昇率はそれぞれ 3.2°C、2.6°C、2.8°C にも及ぶ。一方、日本において都市化の影響が比較的小さい 15 地点の平均気温上昇率は 1.5°C であることから、都市部における気温の上昇は著しいと言える。ヒートアイランド現象の要因の一つとして、都市形態の高密度化が挙げられる。中高層の建物が増加し密集すると、熱の拡散や換気力を低下させてしまう。また、夜間の放射冷却が阻害されるために熱が逃げにくくなる。本研究ではヒートアイランド現象を考える上で重要な、都市構造を表す指標である天空率の算出方法に着目した。天空率とは、ある測定点において建物や樹木などの物体に遮られていない空の見える割合のことで、中高層の建物が密集するほど天空率

の値が小さくなる。この関係から広域の天空率を把握することは、ヒートアイランド現象を検討する上で重要であると言える。

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。

魚眼レンズカメラを用いた手法は、測定点に魚眼レンズカメラを上向きに設置し撮影した魚眼画像から作成する天空図から求める方法である。この方法では地点の天空率を正確に求める点では有効であるが、広域スケールの天空率の把握には不向きである。

DSM を用いた手法では、面的に天空率を算出できる。先ほどの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²⁾ ため、本研究では DSM を用いた天空率算出方法について検討する。

1.2 使用データ

現在、日本で整備・公開されている DSM データとして JAXA が公開する ALOS 全球数値地表モデル³⁾ (以下、JAXA_DSM) と、兵庫県_全域 DSM⁴⁾ (以下、Hyogo_DSM) に着目する。

表-1 解析に用いる DSM データの概要

データ名	兵庫県_全域 DSM	ALOS 全球数値地表モデル
作成者	兵庫県国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所	宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
範囲	兵庫県	全世界
収集方法	航空レーザ測量	光学センサによる観測
解像度	1m	30m相当
作成日	2020 年	2017

両者を比較すると ALOS 全球数値地表モデルは解像度では劣るが、全世界のデータを無料で入手することができる。対して兵庫県_全域 DSM は高解像度であるが、入手可能な地域は兵庫県に限定されている。(表-1)

1.3 目的

本研究では、解像度の異なる二つの DSM データを用いて求めた天空率の関係性を考察し、広域スケールでの詳細な天空率の推定可能性を検討することを目的とする。

2. 研究の概要

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し解析を行った。

写真-1 は神戸市対象地域の Landsat8⁵⁾ から作成した RGB 合成画像である。神戸市は対象地域内で最も都市化の進んだ地域で、写真からも多くの建物が密集していることが分かる。



写真-1 神戸市対象地域における RGB 合成画像 (Landsat8 2014年3月17日)

2.2 天空率の計算方法

天空率の算出には QGIS を使用した。プラグインの Urban Multi-scale Environmental Predictor(UMEP)⁶⁾ 内の preprocessor、Sky View Factor より、DSM から天空率を算出した。

2.3 天空率の比較

JAXA_DSM、Hyogo_DSM を使用し、天空率を算出した。(以下、JAXA_SVF、Hyogo_SVF) 解像度 1m である Hyogo_SVF を真値とし両者の関係を考察した。比較の際には解像度 1m の天空率の画素の平均値をとり、解像度 30m 相当の天空率に合わせたものを Hyogo_SVF として使用した。(図-1: 神戸市の例) また、同様に画素の標準偏差の値で解像度を 30m 相当に合わせたものや土地利用データを用いて、両者のデータのばらつきを考察した。

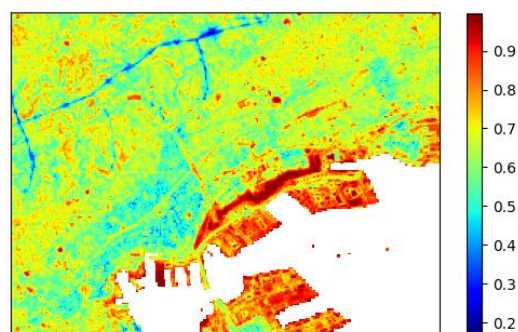


図-1 画素の平均値から解像度を合わせた Hyogo_SVF

2.4 DSM データの比較

2.3 で行った天空率のばらつきの原因を追究すべく、元データである JAXA_DSM と Hyogo_DSM とを比較した。比較には天空率の比較時同様、30m 相当に解像度を合わせたものを使用した。

3. 結果と考察

3.1 天空率の比較

図-2 は JAXA_SVF から Hyogo_SVF の値を引いた画像から森林を除く地域の相関を観るため、NDVI による閾値を 0.2 に設定し閾値以下の点のみで作成した画像である。全体的に正の値を取っていることから、Hyogo_SVF よりも JAXA_SVF の値の方が大きいことが分かる。

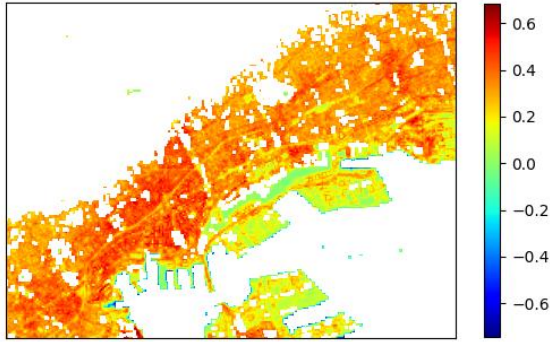


図-2 NDVIで閾値を設けた JAXA_SVF と Hyogo_SVF の差

神戸市における JAXA_SVF と Hyogo_SVF の散布図を図-3 に示す。相関係数 R の値は 0.01 で相関はなく、NDVI による閾値を設けた場合においても R の値は 0.21 で相関は低かった。同様に、神戸市以外の対象地域でも JAXA_SVF と Hyogo_SVF に相関は見られなかった。

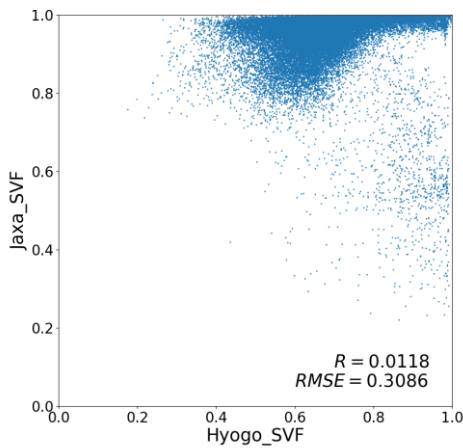


図-3 JAXA_SVF と Hyogo_SVF の関係

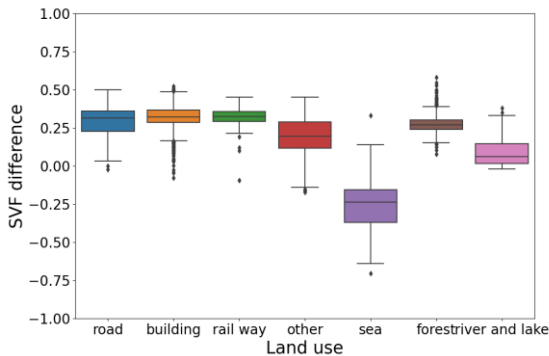


図-4 土地利用ごとの天空率の差

土地利用ごとの天空率の関係を見るため国土数値情報の土地利用細分メッシュを用いて、土地利用ごとの JAXA_SVF から Hyogo_SVF の値を引いた天空率の差の箱ひげ図を作成した。神戸市における例を図-4 に示す。

都市化の進んだ神戸市では特に道路や建物用地において JAXA_SVF と Hyogo_SVF の値の差が大きく、ばらつきが見受けられた。このことから、JAXA_SVF はヒートアイランド現象検討への利用可能性は低いと言える。

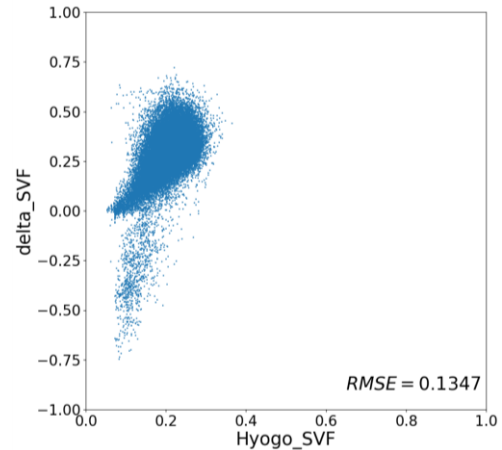


図-5 JAXA_SVF と Hyogo_SVF の差と画素の標準偏差の値から解像度を合わせた Hyogo_SVF の関係

図-5 は解像度 1mの天空率の画素の標準偏差の値をとり、解像度 30m相当に作成した画像(図-6)を横軸に、JAXA_SVF と Hyogo_SVF の差の値を縦軸にして作成した散布図である。この散布図から、画素のばらつきが大きいほど天空率の差も大きくなる傾向にあると言える。よって、解像度 30mよりも細かい地表面の凹凸が多いエリアでは、30mの解像度から精度よく天空率を算出することは困難である。

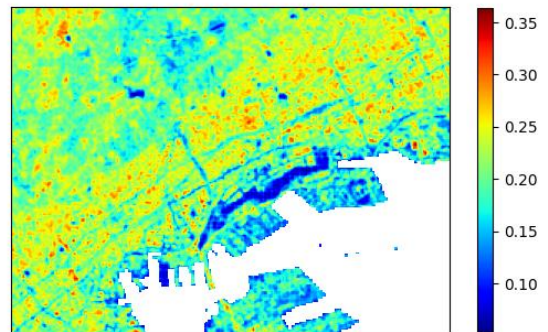


図-6 Hyogo_SVF の画素の標準偏差の値から解像度を合わせた画像

3.2 DSM データの比較

表-2に JAXA_DSM と Hyogo_DSM の RMSE を示す。対象地域の中でも比較的都市化の進んだ神戸市や西宮市では RMSE の値が大きくなっており、市街地では DSM の値にもばらつきが大きいことが分かる。

表-2 JAXA_SVF と Hyogo_SVF の RMSE

対象地域	RMSE [m]
Kobe	7.675
Nishinomiya	5.733
Akashi	3.467
Akashi2	3.564
Miki	4.372

図-7 は神戸市における JAXA_DSM から Hyogo_DSM の値を引いた図である。市街地に値の差が大きいポイントが点在していることが分かる。DSM の値の差が大きい箇所を見てみると郊外では公園や池などの広い場所が、市街地ではビルや商業施設などの建物であった。こうした DSM データの値の違いとして、データの作成日の違いにより建物が異なる場合があることが要因の一つとして考えられる。

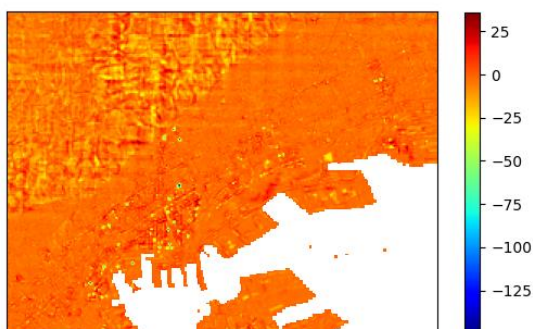


図-7 神戸市における JAXA_DSM と Hyogo_DSM の差

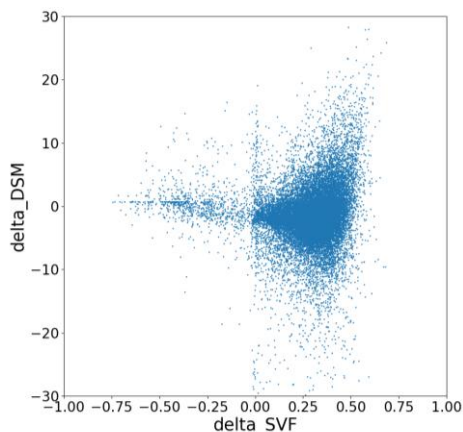


図-8 神戸市における JAXA_DSM と Hyogo_DSM の差、JAXA_SVF と Hyogo_SVF の差の関係

図-8 は神戸市における DSM の差と SVF の差の散布図である。縦軸に JAXA_DSM から Hyogo_DSM を引いた値、横軸に JAXA_SVF から Hyogo_SVF を引いた値をとり、NDVI による閾値を 0.2 に設定した。散布図から、天空率の差が大きい点において DSM の差も大きくなる傾向にあることが分かる。さらに DSM の差が小さい場所においても天空率の値に差が見られることから、天空率の精度には DSM の精度と解像度が影響していると考えられる。よって都市の詳細な天空率算出には JAXA_DSM の精度を上げる必要性の他、30m よりも高解像度の DSM データが必要であると言える。

4. まとめ

JAXA_SVF と Hyogo_SVF の比較を行ったが両者に相関はなく、JAXA_SVF はヒートアイランド現象検討への利用可能性は低いことが分かった。互いの DSM を比較したところ市街地においてばらつきが見られ、要因の一つとしてデータの作成年の違いにより建物が異なることが考えられる。DSM の値の差が小さい場所においても天空率の値に差が見られることから、都市の詳細な天空率算出には JAXA_DSM よりも高解像度の DSM データが必要である。

5. 参考文献

- 1) 気象庁ヒートアイランド監視報告：
<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himr/h30/index.html>
- 2) ソ ユファン 本條 毅、全天球カメラ,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
- 3) JAXA ALOS 全球数値地表モデル データセット：
https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/aw3d30/aw3d30_j.htm
- 4) 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>
- 5) Landsat8 画像ダウンロードページ：
<https://earthexplorer.usgs.gov>
- 6) QGIS UMEP:
<https://umepdocs.readthedocs.io/en/latest/Introduction.htm>
- 7) 国土数値情報の土地利用細分メッシュデータ：
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.htm>