

特集1

日本の光害データの可視化とその公開手法

～「日本光害マップ」の作成～

米澤樹（みさと天文台／和歌山大学観光学研究科）、澤田幸輝（沖縄女子短期大学）、
鳴沢真也（兵庫県立大学自然・環境科学研究所）、尾久土正己（奈良県立大学）

1. はじめに

近年、光害について関心が高まり、様々な地域で計測が行われている。光害とは、「良好な光環境」の形成が、人工光の不適切あるいは配慮に欠けた使用や運用、漏れ光によって阻害されている状況、又はそれらによる悪影響のことをいう[1]。

光害が社会に与える影響については、居住地の光害の少なさと「天文学への行動的関心」「宇宙への驚き」に正の相関があることを指摘する研究や[2]、光害の理解度が高いことが星空の商品価値に対してポジティブな影響を与えることを示唆する研究がある[3]。これらの研究はいずれも光害の現状を理解することが天文教育やアストロツーリズムにおいて重要であることを示している。

そのため、教育の観点からも光害への関心の向上や状況の把握が重視されており、様々な地域で光害が計測されている[4][5]。

光害を可視化するツールは複数知られており、Light pollution map は人工衛星の夜間光計測データなどが閲覧できる。しかし、海外の Web サイトであるため、日本の光害に関する調査結果は閲覧できない[6]。また、国立環境研究所の GIS+ は日本の光害関連データを閲覧できるものの、人工衛星由来の夜間光計測データは閲覧できない[7]。そこで、複数の異なるデータソースからなる日本の光害に関するデータを一元的に可視化できるツールである「日本光害マップ」を作成した[8]。

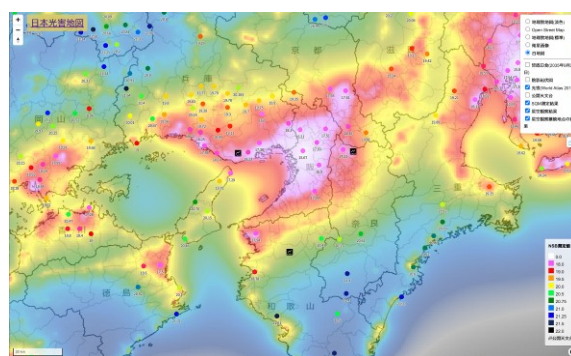


図1 「日本光害マップ」の画面

2. 光害に関するデータ

「日本光害マップ」では、諸種のデータを一元的に可視化している。本章では「日本光害マップ」で使用したデータ内容について概観する。

2.1 World Atlas 2015

World Atlas 2015 は世界中の夜空の明るさ（Night Sky Brightness／以下、NSB）を統一的に推定したデータである。Sky Quality Meter（以下、SQM）やカメラなどの地上計測データと Suomi NPP 衛星に搭載された VIIR DNB センサの観測データに基づき、自然要因の除去、人工光の上方放射関数によるシミュレーションにより、任意の地点の NSB を求めている[9][10]。

Suomi NPP 衛星の観測は午前 1 時半に行われるため[8]、その時点での NSB が算出されていることに留意する必要がある。しかし、世界中の光害状況を同一手法で推定しており、地点ごとの比較がしやすいデータである。

2.2 デジタルカメラによる星空観察データ

デジタルカメラによる星空観察は、環境省が毎年、夏と冬の年に2回実施している調査である。観察者は日没後1時間半～3時間半の間に天頂付近の星空を撮影し、その画像データから基準星とその背景の明るさの比率からNSBを算出する[11][12]。2018年から2024年までの結果は、環境省の特設ページからCSVの形式で各地点のNSB（単位平方秒角あたりの等級(magnitude/arcsec²(以下、mag/arcsec²))のデータがダウンロード可能である[13]。これは実際に地上から計測したデータであるため、推定値よりも精度が高いと考えられる。

2.3 兵庫県におけるNSBの広域調査

兵庫県におけるNSBの広域調査は、筆者ら及び協力者がSQM-Lを用いてNSBを計測した調査だ。SQM-Lは計測地の視野20°についてのNSB（単位：mag/arcsec²）を計測する機器である。兵庫県全域を対象に、天頂が快晴、計測時間帯に月の出がない日かつ21時±15分（一部調査は、日没後1時間半後から翌0時までの時間帯）で実施した[14]。事前に系統誤差を補正し、同様の条件下で広域に測定したことに特徴がある。測定結果は観測者がGoogle Formへ入力すると、自動的に日本光害マップへ反映される仕組みとなっている。これはGoogle Formの回答がGoogleスプレッドシートに自動で反映される仕組みを応用したもので、Googleスプレッドシートの回答をGoogle App Scriptを用い、GeoJSONとして出力するAPIを作成し、連携させた（図2）。これにより結果がすぐに可視化され、計測者のモチベーション維持に寄与することが期待されている。



図2 地図へ自動反映する仕組み

2.4 SQM-LEの計測データ

筆者らは光害の経年変化を調査することを目的として、国内9か所にSQM-LEを設置している。SQM-LEはSQM-Lにネットワーク接続機能を付加したもので、これにより24時間365日自動でNSBを計測が可能である。計測データは筆者らの管理するサーバーに保存されている[15]。

3. システムまとめ

前章の通り、光害に関するデータが複数存在する。「日本光害マップ」ではこれらを統合して可視化するために、地理情報システム（以下、GIS）を使用することとした。GISとは、地理情報をコンピュータで処理するソフトウェア群である[16]。最も有名なGISの一つであるGoogle Mapsは店舗情報や道路情報などの静的な情報から、混雑情報、鉄道の遅延情報などの動的な地理情報までを地図の上で可視化するサービスである[17]。

今回は大量のデータでも軽量の動作が期待できるJavaScriptライブラリ「MapLibre GL JS」を用いて、システム構築した（図3/[18]）。各データの表示においては、NSBに応じて同じ色調を使用し、比較しやすくなるように工夫した。

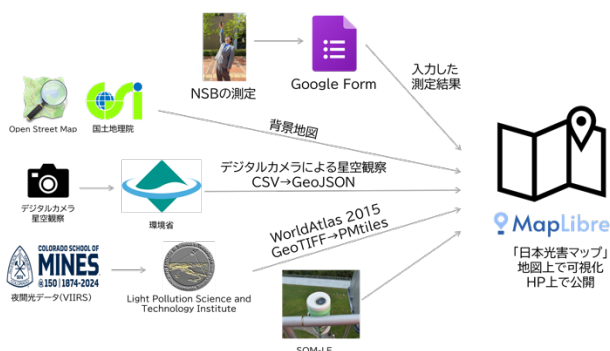


図3 システム全体像

ただし、World Atlas 2015 とデジタルカメラを使用した星空観察では、計測時間の違いによる差が生じることが考えられる。比較する際はこの点を考慮する必要がある。そこで、NSB にどの程度の差があるのか調査した。

4. World Atlas 2015 とデジタルカメラを使用した星空観察の比較

4.1 分析の目的

本分析は人工衛星 Suomi NPP 衛星の VIIRS センサの計測データから NSB を推定した World Atlas 2015 と環境省が実施するデジタルカメラを使用した星空観察の結果を比較し、NSB の差を明らかにすることを目的とする。

4.2 使用データ

デジタルカメラによる星空観察の計測結果として、ダウンロード可能な 2018 年から 2023 年の計測結果を使用した（以下、観測値）。観測地における World Atlas 2015 のデータは、QGIS の Point Sampling Tool プラグインを用い、各地点の値を抽出し、比較可能となるように文献[6]を参考に mcd/m^2 から $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ へ変換し、使用した（以下、計算値）。

4.3 基本統計量

観測値、計算値、および計算値から観測値

を引いた差分（以下、差分）の基本統計量を求めた。結果は表 1 のとおりである。

表 1 観測値、計算値、差分の基本統計量

統計量	観測値	計算値	差分
データ数	2138	2138	2138
平均値	19.86	21.01	1.15
標準偏差	1.24	0.91	0.61
最小値	14.11	17.53	-0.97
最大値	21.99	21.99	7.67

データ数以外は、 $\text{mag}/\text{arcsec}^2$

計算値の平均値は高く、差分をみても計算値が観測値よりも 1.15 高いことがわかる。

4.4 観測値と計算値の相関

観測値と計算値の関係を明らかにするために、ピアソンの積率相関係数を用いて相関分析を行ったところ、非常に強い正の相関関係 ($r=0.88$, $p<.001$) が見られた（図 4）。

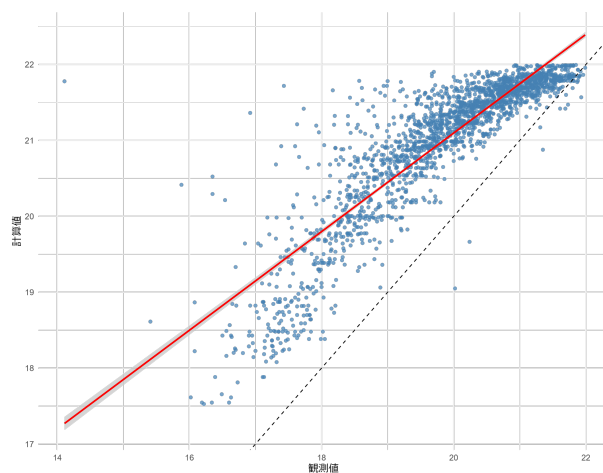


図4 観測値と計算値の散布図 (n=2138)

これは兵庫県における NSB の広域調査と World Atlas 2015 の関係を調べた研究と同様の結果である[14]。

4.5 計算値から観測値を予測

計算値から観測値を予測するために、線形回帰モデルを作成したところ、補正式は下記の通りとなった。

$$\text{予測される観測値} = \text{計算値} - 1.15$$

$$\text{決定係数 } R^2 = 0.78$$

計算値が観測値よりも 1.15 高い理由として 2 点考えられる。1 点目は観測時間の違いである。観測値は日没後 1 時間半から 3 時間半の 2 時間に実施しているのに対し、計算値は午前 1 時半に計測していることから、計算値の方が人工光の影響が少ないことが考えられる。

実際にみさと天文台に設置している SQM-LE のある日の計測データでは、日没後 1 時間半後と午前 1 時半では、NSB に 0.64 の差があることがわかっている（図 5）。



図 5 2022 年 5 月 3 日のみさと天文台における SQM-LE 観測値 (mag/arcsec²) の変化

2 点目は気象条件の違いが考えられる。観測値は天頂付近が晴れていれば計測が可能であり、天頂付近以外の雲が光害を反射した光が入り込む可能性がある。一方、計算値は雲がないエリアを抽出して計算しているため、雲の反射が考慮されていない。

以上、2 点より計算値は観測値よりも NSB が高くなっていると考えられる。NSB が時間によってどの程度変化があるのか、天頂以外の雲の影響がどの程度あるのかは、追加の調査・研究が必要である。

5. まとめ

本報では、光害に関する計測データを一元的に見られるサービスを構築・公開する手法について紹介した。各データの特性については考慮が必要であるが、非常に有用なサービスになったと考えている。

現在、1 日約 200 ページビューの利用があり、様々な方に利用して頂いている。また、スクリーンショット等の使用許諾について明記しているため、ニュース等でも利用されており、2025 年 5 月 27 日放送の NHK 金沢放送局「かがのと」にて、光害の程度を視聴者へ説明する際にスクリーンショットが引用された。

本研究の課題として、各データソースにおける NSB の時間変化や天頂以外の雲の影響に関する追加調査ができていないことが挙げられる。

今後もより一層、多くの人へ光害に関心をもってもらえるよう、これからも改善・改良を続けたい。

皆様の利用とご意見・ご助言を頂けると幸いです。

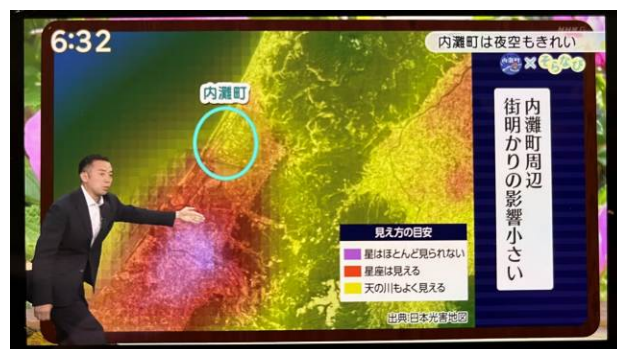


図 6 NHK 金沢放送局「かがのと」2025 年 5 月 27 日放映

参考文献

- [1] 環境省 (2021) 「光害対策ガイドライン」,
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1572824501107473920>

- [2] R. C. Barragan, A. N. Meltzoff (2024) 「Opportunity to view the starry night sky is linked to human emotion and behavioral interest in astronomy」, 『Sci. Rep』, 14(1).
- [3] 澤田幸輝, 玉澤春史, 米澤樹, 尾久土正己 (2025) 「個人属性による夜空の商品価値の差異をめぐる予備的考察 ―一般市民への web 調査からの分析」, 『観光学術学会第 14 回大会発表要旨集』, p. 96-97.
- [4] 今村和義 (2023) 「市民と行う阿南市の夜空の明るさ調査」, 『第 37 回天文教育研究会集録』, p.91-94.
- [5] 鈴木裕司 (2022) 「愛媛県内における夜空の明るさ調査 2021」, 『愛媛県総合科学博物館研究報告』, 27, pp.95-102
- [6] 「Light pollution map」 (n.d.), <https://www.lightpollutionmap.info/help.html>
- [7] 国立研究開発法人 国立環境研究所 (n.d.) 「環境 GIS+」, <https://tenbou.nies.go.jp/gisplus/>
- [8] 日本光害マップの URL https://astrotourism.jp/map/japan_light_pollution_map.html
- [9] F. Falchi ほか (2016) 「The new world atlas of artificial night sky brightness」, 『Sci. Adv.』, (2)6, p. e1600377
- [10] F. Falchi ほか (2016) 「Supplement to: The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness」, GFZ Data Services,
- [11] 環境省 (n.d.) 「夜空の明るさについて」, <https://www.env.go.jp/content/000268020.pdf>
- [12] 小野間史樹, 伊藤絢子, 原田泰典, 福島英雄, 香西洋樹 (2009) 「デジタル一眼レフカメラを用いた夜空の明るさ調査手法の提案」, 『国立天文台報』, 12(3), p. 93-102.
- [13] 環境省 (n.d.) 「環境省『星空を見よう』観察結果」
https://www.env.go.jp/air/life/hoshizora_kansatsu/observe-4.html
- [14] 澤田幸輝, 鳴沢真也, 米澤樹, 野津直樹, 尾久土正己 (2024) 「兵庫県における夜空の明るさの広域調査とその観光活用に向けての一考察」, 『観光学術学会第 14 回大会発表要旨集』, p.9-12.
- [15] 米澤樹, 澤田幸輝, 尾久土正己 (2022) 「夜空の暗さの定量的計測とツーリストの星空評価の比較分析 ～みさと天文台における予備調査と今後の展望～」, 『観光情報学会第 18 回大会講演予稿集』, p.1-2.
- [16] 浅見泰司ほか (2015) 『地理情報科学: GIS スタンダード』. 古今書院.
- [17] Google Inc. (n.d.) 「Google Maps」, <https://www.google.com/maps>
- [18] MapLibre(n.d.) 「MapLibre GL JS」, <https://www.maplibre.org/maplibre-gl-js/docs/>



澤田幸輝 米澤 樹



鳴沢真也 尾久土正己