

資 料

愛媛県内における夜空の明るさ調査 2024

鈴木 裕司 *

Report on night sky brightness measured in Ehime Prefecture in 2024

SUZUKI Yuji

Abstract : In 2024, night sky brightness was measured at 39 locations in Ehime Prefecture. The measurements confirmed that the night sky brightness varied from 16.74 mag/arcsec² to 21.62 mag/arcsec². Based on these measurements, a map of the brightness of the night sky was created. It showed how night sky brightness distributed in Ehime Prefecture. Regarding the relationship between night sky brightness and color, the previously known trend was observed, the brighter the night sky, the bluer the color of the night sky.

キーワード : 夜空の明るさ, 愛媛県

Key words : Night Sky Brightness, Ehime Prefecture

はじめに

満天の星を見たいと思ったときに大事なものは、どこに行けば星がよく見えるのか、という情報である。これを測定によって明らかにするのが、夜空の明るさ調査である。夜空の明るさ調査として広く行われているものに、環境省が星空公団と共同で夏と冬の年2回実施している「デジタルカメラによる夜空の明るさ調査」（以下、環境省調査）がある。この調査は、定期的に行われているため、経年データを蓄積するのに便利である。しかし、発表される調査結果（環境省、2024, 2025）を見ると、愛媛県内における報告は筆者によるもののほかは、久万高原天体観測館と今治市大島しかなく、夜空の明るさの分布を見るには不十分である。愛媛県内の夜空の明るさ分布を把握するために行った調査は、鈴木（2022）があるが、このときの測定は、東予地域が中心となっている。過去の環境省調査において一位になったことがある場所が、それをもとに美しい星空が見えるとアピールしている（白澤、2017；井田、2018）ことから、夜空が暗い場所は、その土地の観光資源ととらえることが可能である。そのため、東予地域以外についても状況を把握することは有益である。そこで、愛媛県内の東予地域外も含めた広い範囲での状況を把握することを目的に、デジタルカメラを用いて夜空の明るさ測定を行った。ここでは、その測定の結果について報告する。

測定方法・場所

夜空の明るさ測定は、月の影響がないように、下弦の月～三日月の期間で月が出ていない時間に実施した。環境省調査では、調査時刻は「日没1時間半後～3時間半後の2時間」とされているため、調査の開始時刻は日没1時間半以降とした。一方、調査地点を増やすため調査終了の時刻は設けなかった。

測定は図1に示した①～⑳の39か所で、計48回の測定を行った。1つの場所で複数回の測定を行った場所もあり、同一地点での測定はa, b, c, dをつけて区別している。今回の調査は、県内の広範囲で測定することを目指し、平成の大合併前の旧市町村区分でそれぞれ1か所測定することを目安とした。愛媛県南部についても測定する計画であったが、天候に恵まれなかったため、西予市以南では測定することができなかった。

測定場所の選定にあたっては、これまでに夜空の明るさと夜空の色の関係を調べた調査では、夜空の明るさが19等前後の場所の調査が不足している（鈴木、2022）ことから、市街地の中心部から山間部まで、さまざまな夜空の明るさの場所が含まれるようにした。また、阿南市科学センター（2023）による阿南市での調査では、市街地の外では数kmにわたり同程度の夜空の明るさとなっている。そのため、調査地点間は数kmの距離をとるよ

* 愛媛県総合科学博物館 学芸課 自然研究グループ
Curatorial Division, Ehime Prefectural Science Museum

うにした。これらの条件を考慮した上で、夜間に安全に駐車と撮影ができる場所を探し、調査地点とした。

測定時のカメラの設定は表1の通りである。環境省調査に準拠しているが、「長秒時ノイズ低減」の機能の挙動がわからないことから、「長秒時ノイズ低減」はOFFとした。F値は2024年9月3～5日に撮影したものはF8、それ以外はF5.6となっており、F値に応じたフラットを取得して処理した。

等級の求め方

夜空の明るさの求め方は、鈴木（2022）と同じ手法で行った。具体的には、次の通りである。

- raw2fits（星空公団，2019）を使用し、RAW画像をRGBの3色に分解しFITS形式へ変換する。
- 観測画像へのフラットとダーク処理を行う。
- 恒星・Skyの測光はマカリイ（Horaguchi et al., 2006）を使用し、開口測光で行う。
- ステラナビゲータ11を使用し、恒星のHIP番号と高度を参照する。
- 測光で得られた恒星のカウント値 n_B , n_G , n_R を次の式に従い、機器等級 b , g , r に変換する。

$$b = -2.5 \times \log_{10}(n_B)$$

$$g = -2.5 \times \log_{10}(n_G)$$

$$r = -2.5 \times \log_{10}(n_R)$$

- 機器等級 b , g , r を、次の式に従い Johnson-Cousins 標準測光系の B , V , R_c 等級に変換する。

$$B = b + k_{bg} \times (b - g) + \kappa_B \times \sec(z) + C_B$$

$$V = g + k_{gr} \times (g - r) + \kappa_V \times \sec(z) + C_V$$

$$R_c = r + k'_{gr} \times (g - r) + \kappa_R \times \sec(z) + C_R$$

ここで k_{bg} , k_{gr} , k'_{gr} はカメラの観測波長と星表の観測波長の相違を補正するための係数（カラー補正係数）、 κ_B , κ_V , κ_R は地球大気による光の減光を補正する係数（大気補正係数）、 z は天頂から恒星までの角度、 C_B , C_V , C_R は等級のゼロ点である。 B , V は Tycho-2 カタログ（Hog et al., 2000）を参照した。 R_c は、Natali et al.（1994）にある関係を用いて B , V から求めた。

各測定につき、それぞれ40個の恒星を測光し、各パラメータの値を求めた。測光結果の一例として、図2に測定地点⑦aにおける機器等級 g と Tycho-2 カタログの V 等級の関係を示す。デジタルカメラでの機器等級 g は Johnson-Cousins 標準測光系の V 等級と同様の分光特性を持つ（小野間ほか，2009）ことから、ほぼ直線状の関係になることがわかっている。図2から、測光により機器等級 g と V 等級の間でほぼ比例関係が得られていることがわかる。

- 恒星と同時に Sky の測光も行われるため、全 Sky

の測光値を平均して pixel 当たりの Sky の測光値を求める。これを上記で求めたパラメータを用いて B , V , R_c 等級へと変換する。更に、レンズの画角と pixel 数から、1pixel 当たりの立体角を計算し、1平方秒角当たりの等級を求める。

結 果

夜空の明るさ

測定によって得られた等級と、その差をとった色指数を表2にまとめている。また、今回の調査の結果に鈴木（2022）の結果を加えた、愛媛県内の夜空の明るさマップを図3に示す。ただし、鈴木（2022）の結果を加えたのは、今回の調査で測定を行っていない地点のみである。また、今回の調査で複数の測定を行った地点については、平均値を採用している。

西条市と新居浜市においては、工場地域に近い海沿いで明るく、松山自動車道の付近で天の川がうっすら見える19等台となり、山間部へ進むと21等前後の暗い空が広がっていることが確認できた。

しまなみ海道の中ほどにある上島町は、四国のいずれの市街地からも距離があることから、21等前後の暗い空となっている。

今回の調査で一番明るかったのが、測定地点⑤の松山市の中心部であり、17等よりも明るい空となっている。環境省（2024）によると、この値は都市部の明るさとされており、環境省調査で報告のあった中では、東京都小金井市、神奈川県川崎市、愛知県名古屋市などと同等の明るさとなっている。調査では、松山市の中心部から離れるにしたがい、夜空が暗くなっている様子が観測された。

内子町以南においては、街の中心に近い場所でも19等台の暗さであった。また、久万高原町においては、薄明終了直後から21等台の暗い空が観測された。

夜空の明るさと色

伊藤ほか（2018）、加藤・金剛（2018, 2020）、鈴木（2022）などの研究により、夜空が明るくなると、夜空の色が青くなる傾向があることが報告されている。これらの研究の結果に今回の結果を追加したものを図4に示す。今回は愛媛県内の広い範囲において測定をしたため、 V 等級で16～21等台の測定データが得られた。分散が大きいですが、これまでと同様の傾向が見られた。

夜空の明るさと色の関係について、伊藤ほか（2018）、加藤・金剛（2018, 2020）では光源の色について指摘している。一方、鈴木（2023）の調査では、街明かりの増分に対する夜空の明るさの増分が色によって異なることから、波長による散乱の度合いの違いも原因として考え

られる。今回の調査では、夜空の明るさ分布を調べることを主目的としているため、夜空の明るさと色の関係が生じる原因については引き続きの課題としたい。

まとめ

2024 年度に、愛媛県内の 39 か所で夜空の明るさを計 48 回測定した。広く測定を行ったことで、愛媛県内の夜空の明るさマップを作成することができた。今回の調査では、松山市の中心部で都市部の明るさとなっていること、西条市と新居浜市では海に近い工場地帯から山間部に向かうにつれ、夜空が暗くなっていること、久万高原町などの山間部で 21 等台の暗い空となっていることが確認できた。夜空の明るさと色の関係については、分散が大きいものの、夜空が明るいとき夜空の色が青くなるというこれまでと同様の傾向が見られた。

参考文献

- 阿南市科学センター, 2023: あなん夜空の明るさ調査. <https://sites.google.com/view/an-an-yozora> (2025.05.05 参照)。
- HOG, E., FABRICIUS, C., MAKAROV, V., URBAN, S., CORBIN, T., WYCOFF, G., BASTIAN, U., SCHWEKENDIEK, P. and WICENEC, A., 2000: The Tycho-2 Catalogue of the 2.5 million brightest stars. *Astronomy and Astrophysics*, 355, p.27-30.
- HORAGUCHI, T., FURUSHO, R., AGATA, H. and Paofits WG, 2006: FITS Image Analysis Software for Education: Makali'i. *ASP Conference Series*, 351, p.544-547.
- 星空公団, 2020: 開発製品 (ソフトウェア) raw2fits. <http://www.kodan.jp/?p=products> (2025.04.14 参照)。
- 井田広之, 2018: 鳥取県は星取県になりました ～美しい星空を活用した地域活性化の取り組み～. 天文教育, Vol.30, No.1, p.27-31
- 伊藤信成, 越村真帆, 萩原拓也, 加藤明音, 2018: 熊野市の夜空の明るさ計測-夜空の明るさと色の関係-. 三重大学教育学部研究紀要, 69, p.31-37.
- 加藤英行, 金剛晴彦, 2018: 足羽山の夜空の明るさと色の測定. 福井市自然史博物館研究報告, 65, p.1-6.
- 加藤英行, 金剛晴彦, 2020: 福井市における星の見え方と街灯, 夜空の明るさ・色・スペクトルの調査. 福井市自然史博物館研究報告, 67, p.11-20.
- 環境省, 2024: 令和 6 年度 夏の星空観察 デジタルカメラによる夜空の明るさ調査の結果について. https://www.env.go.jp/press/press_03979.html (2025.04.14 参照)。
- 環境省, 2025: 令和 6 年度 冬の星空観察 デジタルカメラによる夜空の明るさ調査の結果について. https://www.env.go.jp/press/press_04514.html (2025.04.14 参照)。
- NATALI, F., NATALI, G., POMPEI, E. and PEDICHINI, F., 1994: The use of the (B-I) color index and applications of the (B-I) versus (B-V) relationship. *Astronomy and Astrophysics*, 289, p.756-762.
- 野村詩穂, 小野間史樹, 跡部浩一, 高橋真理子, 2010: 甲府盆地における市街光と夜空の明るさの同時観測. 日本天文学会 2010 年春季年会, Y20b.
- 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方法の提案. 国立天文台報, 12, p.93-102.
- 白澤裕次, 2017: 「日本一の星空」阿智村, なぜ観光客が押し寄せる. <https://xtech.nikkei.com/dm/atcl/feature/15/010600046/011100004/> (2025.05.05 参照)。
- 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, 第 27 号, p.95-102.
- 鈴木裕司, 2023: 四国中央市の翠波高原における夜空の明るさと街明かりの直接比較. 愛媛県総合科学博物館研究報告, 第 28 号, p.65-75.

表1 撮影の設定

カメラ	EOS Kiss X6i (Canon)
レンズ	EF40mm F2.8 STM (Canon)
ISO 感度	800
F 値	5.6 または 8.0
露出時間	30 秒
保存形式	RAW
長秒時ノイズ低減	OFF
高感度ノイズ低減	OFF

表2 測定地点と測定結果

測定 地点 No	撮影日	撮影 時刻	撮影場所 (市町村)	夜空の明るさ (mag/arcsec ²)			色指数 (mag/arcsec ²)	
				B 等級	V 等級	R 等級	B-V	V-R
①	2024/09/04	23:34	四国中央市寒川町	20.28	20.03	20.07	0.24	-0.04
② a	2024/01/11	19:47	四国中央市中之庄町	20.61	20.27	20.01	0.33	0.26
② b	2024/09/04	22:00		20.81	20.39	20.19	0.41	0.20
② c	2024/09/04	23:06		20.75	20.57	20.47	0.18	0.10
② d	2025/01/23	19:33		20.42	20.00	19.91	0.42	0.08
③	2024/11/20	19:34	新居浜市船木	19.50	19.08	18.74	0.42	0.34
④	2024/11/20	20:15	新居浜市滝の宮町	18.69	18.27	17.98	0.42	0.30
⑤	2024/11/20	20:51	新居浜市坂井町	18.58	18.19	17.79	0.40	0.40
⑥ a	2024/01/08	20:38	新居浜市立川町	19.75	19.29	19.11	0.46	0.19
⑥ b	2024/01/08	20:47		20.09	19.74	19.55	0.35	0.19
⑥ c	2024/09/04	20:34		19.97	19.38	19.00	0.60	0.37
⑦ a	2025/01/23	19:19	新居浜市大生院	19.68	19.43	19.28	0.25	0.15
⑦ b	2024/01/08	20:21		19.74	19.43	19.31	0.31	0.13
⑦ c	2024/09/04	20:59		19.49	19.13	19.05	0.36	0.08
⑧	2025/01/23	20:23	西条市福武甲	19.57	19.34	19.28	0.22	0.07
⑨	2025/01/30	22:34	西条市ひうち	18.59	18.19	17.98	0.40	0.21
⑩	2024/11/03	20:54	西条市藤之石	21.44	20.94	20.66	0.50	0.28
⑪	2024/11/03	21:53	西条市黒瀬	20.87	20.21	20.06	0.66	0.15
⑫	2024/11/03	22:41	西条市西之川	21.95	21.24	20.93	0.72	0.30
⑬	2024/09/03	22:10	西条市小松町新屋敷	19.14	18.70	18.70	0.45	0.00

⑭	2024/09/05	20:51	西条市丹原町来見	20.53	20.13	19.97	0.40	0.16
⑮	2025/01/30	21:52	西条市河原津新田	19.87	19.44	19.27	0.44	0.17
⑯	2025/01/25	19:42	今治市砂場町	19.84	19.54	19.45	0.31	0.09
⑰ a	2024/09/05	22:34	今治市吉海町南浦	20.64	20.20	20.10	0.44	0.10
⑰ b	2024/09/05	01:10		21.81	21.14	20.79	0.67	0.35
⑱	2025/01/25	22:46	上島町生名	21.17	20.70	20.55	0.47	0.14
⑲	2025/01/25	22:11	上島町弓削大谷	21.44	20.82	20.59	0.63	0.23
⑳	2025/01/25	22:34	上島町弓削佐島	21.38	20.73	20.58	0.64	0.15
㉑	2025/01/25	21:19	上島町岩城	21.11	20.71	20.52	0.40	0.19
㉒	2025/01/25	21:35	上島町岩城	20.96	20.49	20.31	0.46	0.18
㉓	2025/02/26	01:05	東温市横河原	19.53	19.02	18.89	0.51	0.13
㉔	2024/09/03	21:25	松山市南梅本町	17.97	17.71	17.72	0.26	-0.01
㉕	2024/09/03	20:22	松山市堀之内	16.96	16.74	16.79	0.22	-0.05
㉖	2024/09/03	20:52	松山市祝谷東町	17.38	17.11	16.98	0.27	0.12
㉗	2024/11/04	20:55	砥部町岩谷口	19.98	19.55	19.35	0.43	0.20
㉘ a	2024/11/04	20:07	砥部町総津	21.30	20.74	20.49	0.56	0.25
㉘ b	2024/11/04	23:50		21.84	21.25	20.74	0.59	0.51
㉙	2024/11/24	19:07	久万高原町下畑野川	21.75	21.04	20.53	0.72	0.51
㉚	2024/11/24	20:54	久万高原町相の木	22.00	21.44	20.72	0.56	0.71
㉛	2024/11/24	20:30	久万高原町若山	22.28	21.55	20.68	0.73	0.87
㉜	2024/11/24	21:56	久万高原町西谷	22.23	21.62	20.75	0.61	0.87
㉝	2025/02/26	23:57	伊予市双海町高	20.21	19.62	19.57	0.59	0.05
㉞	2025/02/26	19:42	内子町内子	19.84	19.48	19.41	0.36	0.07
㉟	2024/11/24	23:22	内子町寺村	21.66	21.03	20.59	0.63	0.44
㊱	2025/02/26	20:18	大洲市肱川町宇和川	20.97	20.16	19.91	0.81	0.25
㊲	2025/02/26	21:21	大洲市大洲	19.82	19.17	18.87	0.65	0.30
㊳	2025/02/26	22:08	八幡浜市沖新田	19.37	18.86	18.64	0.51	0.22
㊴	2025/02/26	22:24	八幡浜市保内町宮内	19.95	19.58	19.50	0.37	0.08

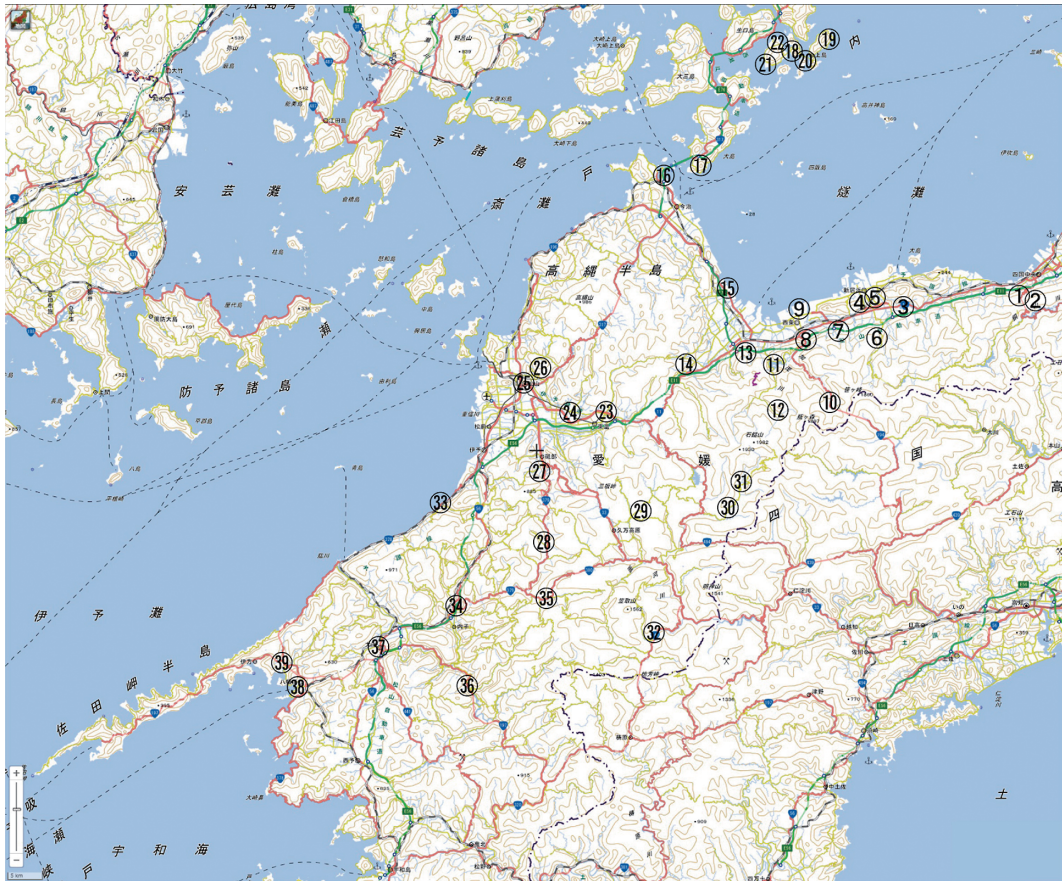


図1 測定地点（国土地理院ウェブサイトで取得した地図データに測定地点 No を追加）

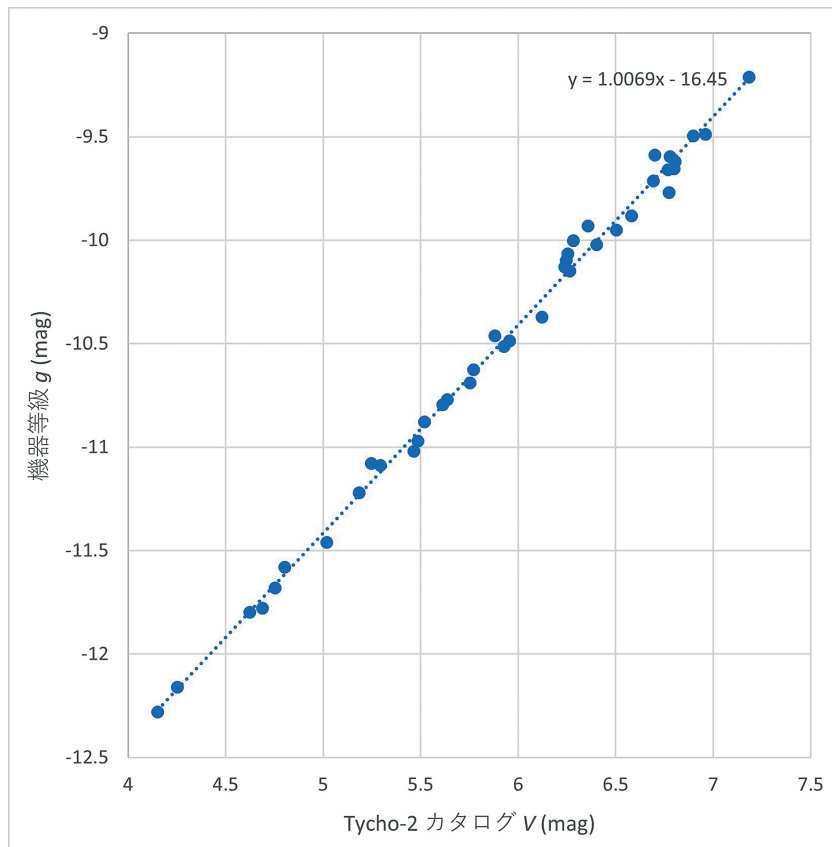


図2 測定地点⑦ a における機器等級 g と Tycho-2 カタログの V 等級の関係

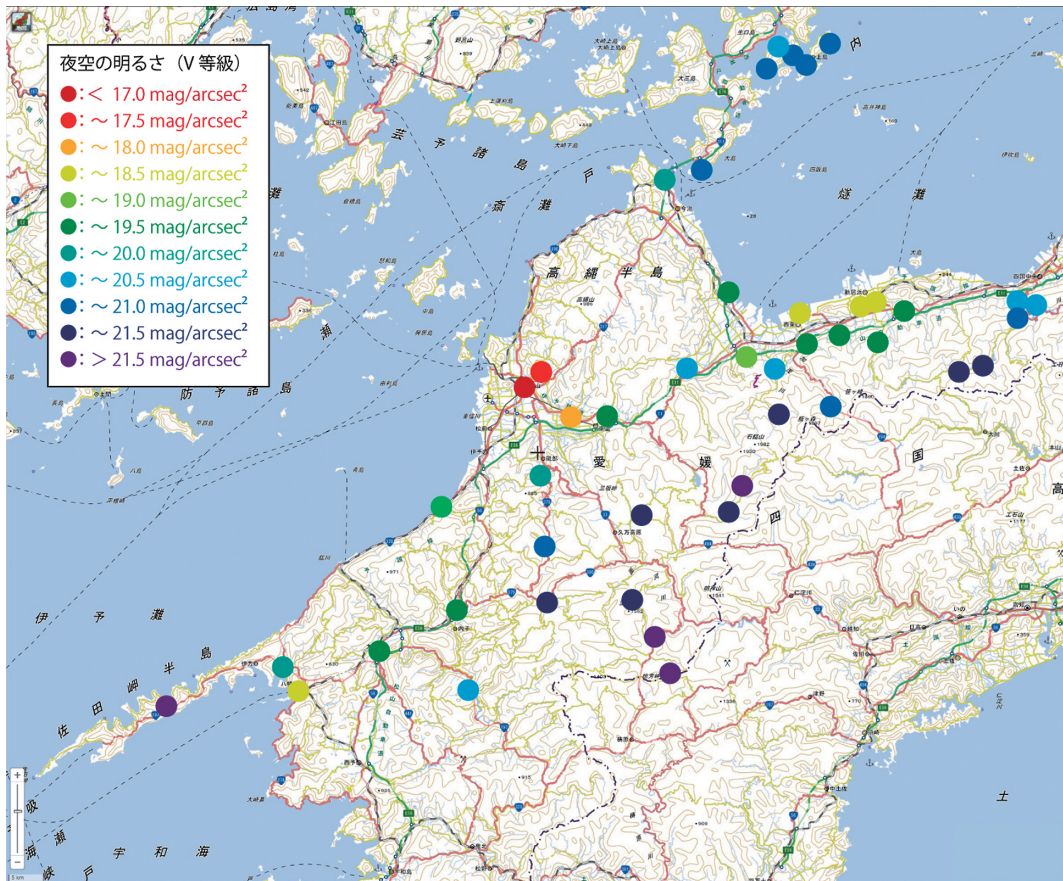


図3 愛媛県内の夜空の明るさマップ。今回調査を行わなかった地点について、鈴木（2022）の結果を追加して作成。

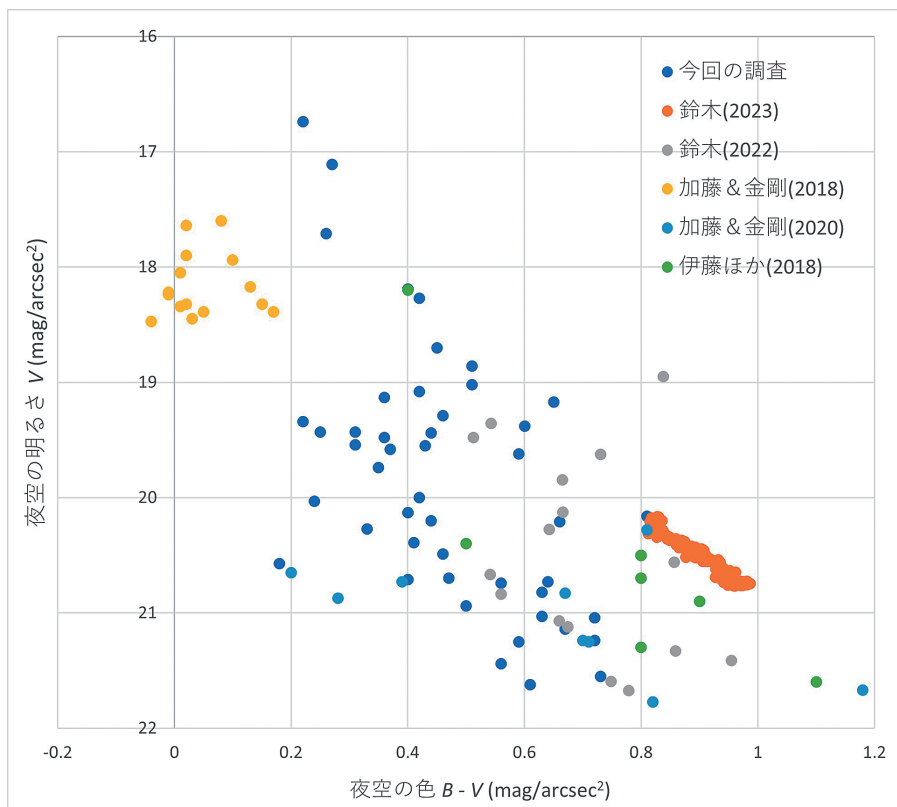


図4 夜空の明るさと夜空の色の関係

