

SQM-L を用いた四日市市における夜空の明るさの時間変化に関する調査

A STUDY OF TEMPORAL VARIATIONS IN NIGHT SKY BRIGHTNESS IN YOKKAICHI CITY USING SQM-L

四日市市立博物館・平野佑弥
Yuya Hirano (Yokkaichi Municipal Museum)

要旨

本研究では、四日市市中心部、郊外、さらに市外の地点を含む複数の観測地点において、Sky Quality Meter (SQM) を用いた夜空の明るさの定点観測を実施し、光害の影響と夜間の時間変化について調査した。市街地から離れるほど SQM 値は高く、夜空が暗いことが確認された。また、郊外および市外の地点では、夜間の時間経過とともに SQM 値が上昇する傾向が見られた。さらに、熊野市井内浦農村公園においては、22 時以降に SQM 値の傾きが変化する現象が観測され、周辺の大規模商業施設の閉店による照明の消灯時刻と一致していたことから、局所的な光害の減少が夜空の暗化に強く寄与している可能性が示唆された。

Abstract

This study conducted fixed-point observations of night sky brightness using a Sky Quality Meter (SQM) at multiple sites, including the central area of Yokkaichi City, suburban areas, and locations outside the city, to investigate the effects of light pollution and temporal variations during the night. It was confirmed that SQM values increased with distance from the city center, indicating darker skies. In both suburban and out-of-city locations, SQM values tended to rise as the night progressed. Notably, at the Iuchiura Rural Park in Kumano City, a change in the slope of SQM values was observed after 22:00, coinciding with the shutdown of exterior lighting due to the closing of a nearby large commercial facility. This suggests that the reduction of local artificial lighting significantly contributed to the darkening of the night sky.

1. INTRODUCTION

四日市市は高度経済成長に伴う大気汚染により、四日市公害と呼ばれる深刻な公害問題が発生した。現在では市民、企業、行政が一体となって環境改善に取り組み、かつてのような大気汚染は大幅に改善された。しかし、都市の発展とともに新たに注目されるようになったのが光害（ひかりがい）である。見上げる夜空は街の明かりによって年々明るくなり、天体観測の妨げや生態系への影響といった新たな課題をもたらしている。かつては肉眼でも容易に確認できた天の川も、現在では市街地からはほとんど見えなくなっている。光害によって、こうした星空の風景が失われつつあることは、文化的・教育的観点からも重要な問題である。光害対策をめぐっては、環境庁が 1998 年に光害対策ガイドライン [1] を策定し、屋外照明の適正化を通じて良好な光環境の形成と省エネによる地球温暖化防止の両立を目指してきた。2006 年には初の改訂が行われ、その後、LED 照明の急速な普及など社会環境の変化を受けて、2021 年に再び改訂が実施された。また、四日市市では、大気汚染に対する関心と同様に、近年では光害への関心も高まりつつあり、環境学習の一環として市民向けの講座や啓発活動が継続的に実施されている。市民による自主的な活動もみられ、夜空の明るさに関する公開データを活用し、三重県内各地での天の川の視認調査や撮影に取り組む例も報告されている。一方、学術的な取り組みとしては、黒田 (2021) [2] が Sky Quality Meter with Lens (SQM-L) を、黒田 (2022) [3] ではデジタルカメラを用い、四日市市内の複数地点における夜空の明るさを定量的に測定し、光

害の実態を調査した。これらの調査の結果、四日市市近郊においては天の川を肉眼で観測できるような暗い空は確認されなかった。黒田 (2021, 2022) [2] [3] の調査では観測時間が限定されていたため、本研究ではより継続的な観測を通じて、夜空の明るさの時間変化を明らかにすることを目指す。とくに、時間帯・月齢・大気の透明度 (PM2.5、工場の排ガスなど) といった環境要因が夜空の明るさに与える影響を多角的に捉えることを試みる。さらに、同一地点における時系列観測を通じて、四日市市の光環境に関する基礎的な資料を構築することを目的としている。

2. METHOD

2.1 使用機器と測定方法

本研究では、SQM-L を用いて四日市市内の夜空の明るさを計測し、その評価を行った。

SQM-L は、夜空の明るさを定量的に測定可能な携帯型の測定機器である。センサー部を測定対象の空の方向に向けて本体のボタンを押すことで測定が開始され、数秒後に測定値が表示される。表示される Sky Quality Meter (SQM) 値の単位は mag/arcsec^2 (平方秒角あたりの等級) であり、値が大きいほど空が暗いことを示す。都市部など光害の影響が大きい場所では $16\text{--}18 \text{ mag/arcsec}^2$ 程度、郊外では $19\text{--}21 \text{ mag/arcsec}^2$ 程度、光害の極めて少ない地域では $21\text{--}22 \text{ mag/arcsec}^2$ 程度の値が記録される。一般に、天の川を肉眼で観察するためには、 20 mag/arcsec^2 以上の暗さが必要とされている。SQM-L は光害の調査に広く用いられており、たとえば徳島県阿南市では、市民ボランティアと協力して星空の明るさ



(a) 三脚に取り付けた SQM-L(高さ約 1.8 m)。



(b) SQM-L 本体の拡大写真。

Figure 1: 高さ約 1.8 m の三脚に設置した SQM-L と本体の拡大写真。

の調査が継続的に行われており、SQM-L がその主要な観測機器として活用されている。

なお、測定にあたってはいくつかの実用上の留意点がある。初回～数回目の測定では測定値が安定しにくく、外気温との温度差によって出力される測定値に偏りが生じる可能性もある。そのため測定開始前に 10 回程度ボタンを押してから記録を開始した。また、手持ちでの測定では測定角度に個人差が生じ、測定値にばらつきが生じやすい。さらに、周囲の迷光や観測者の影が影響する場合もあるため、これらの要因を考慮する必要がある。

そこで本研究では、測定方向を一定に保ち、安定したデータの取得を可能とするため、SQM-L を固定するための三脚を作成した。三脚には市販のカメラ三脚を使

用し、その先端にスマートフォン用ホルダーを取り付けることで、SQM-L を垂直上向き (天頂方向) に保持できるよう工夫した。設置の際には、水平面に対してできる限り垂直となるよう調整を行い、観測ごとに同一の測定角度を再現できるようにした。加えて、本三脚は最大で 1.8 m まで伸長可能であり、本研究では常に最大の高さに固定して使用した。これは横方向からの迷光や影による測定誤差を低減するためである。この三脚を用いることで、測定者による角度差に起因する測定値のばらつきを回避し、より信頼性の高い測定が可能となった (Figure 1)。

2.2 観測地点の選定

本研究では、四日市市における夜空の明るさを地域ごとに比較することを目的とし、都市中心部、郊外、さらに市外の地点を含む複数の観測地点を選定した。観測地点の選定にあたっては、周囲 15 m 以内に照明がなく、空が開けていることを基準とした。都市中心部の観測地点としては、四日市市立博物館横の市民公園、四日市市役所横の広場、鶉の森公園を選定した。これらはいずれも市街地に位置し、周囲に多数の照明が存在するため、光害の影響が大きいと考えられる。郊外の観測地点には、四日市市水沢地区の宮妻峡 第二中間展望台を選定した。この地点は鈴鹿山脈の麓に位置し、周囲に人工光源が少ないため、夜空の明るさへの影響が比較的少ないと考えられる。さらに、四日市市街地から南に 100 km 以上離れた三重県尾鷲市の三木浦マリナパークと三重県熊野市の井内浦農村公園も観測地点に加えた。この 2 つの地点は地理的に山地に囲まれており、四日市市からの人工光が届きにくいと想定される (Figure 2)。あわせて、各観測地点の夜空の明るさの傾向を事前に把握するため、オンラインで公開されている Light Pollution Map (<https://www.lightpollutionmap.info/>) を参照し、人工光による輝度分布から推定される SQM 値を確認した。このマップは、NOAA の VIIRS 衛星データをもとに Falchi et al. (2016) [4] が作成した The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness に基づいており、各地点における光害レベルの予測に活用できる。本研究で観測を行った各地点における推定 SQM 値は以下の通りである。鶉の森公園は 18.86 mag/arcsec²、市民公園は 18.93 mag/arcsec²、市役所は 18.95 mag/arcsec²、宮妻峡は 20.82 mag/arcsec²、三木浦マリナパークは 21.87 mag/arcsec²、井内浦農村公園は 21.82 mag/arcsec² と算出された。これらの値は、観測地点ごとの人工光の影響の差を反映しており、特に三木浦マリナパークおよび井内浦農村公園は、市街地と比較して光害が少ない環境にあることがわかる。

2.3 観測日の選定と観測条件

本研究では、月の有無による夜空の明るさへの影響を比較するため、月が出ていない夜と月が出ている夜の両方で観測を行った。月の有無や出没時刻、高度については、国立天文台が公開する天文情報を参照し、月が出ている場合にはその高度も併せて記録した。観測はすべて薄明の時間帯 (夕暮れや明け方の薄明) を避け、主に 20 時から 27 時頃までの時間帯に実施した。また、雲の有無が測定値に大きく影響を与えるため、観測は基本的に雲



(a) 四日市市周辺の地図。①は四日市市水沢地区の宮妻峽 第二中間展望台、②は四日市市街地の四日市市立博物館横の市民公園、四日市市役所横の広場、鵜の森公園を示す。



(b) 三重県周辺の地図。③は三重県尾鷲市の三木浦マリンパーク、④は三重県熊野市の井内浦農村公園を示す。

Figure 2: 本研究における観測地点の分布。

のない快晴時に限定した。特に、雲の通過によって測定値がばらつくことを避ける目的がある。さらに、観測時の大気環境の変動要因を把握するため、四日市市が公開する四日市市大気環境監視システムを参照し、各観測日における $PM_{2.5}$ を含む複数の大気汚染物質 (SO_2 、 NO_2 、光化学オキシダントなど) や風速、風向などの気象データを取得した。気温については、気象庁のデータを参照した。観測は 2025 年 4 月 21 日から 6 月 17 日にかけて実施し、計 10 夜分のデータを取得した。

以上のような手法および条件のもとで観測を行い、四日市市における夜空の明るさの実態を時系列的に記録・分析するための基礎データを取得した。

3. RESULT

各観測地点において取得された SQM 値の観測結果を以下に示す。市街地では、四日市市立博物館横市民公園 (市民公園)、四日市市役所横広場 (四日市市役所)、鵜の森公園の 3 地点で観測を行い、各地点における夜空の明るさの時系列変化を記録した。郊外地点としては、宮妻峽 第二中間展望台において、月の有無を含む複数の条件下で観測を実施した。また、市外地点として三木浦マリンパークおよび井内浦農村公園における観測結果も得られた。Table 1 に 2025 年 4 月 25 日の宮妻峽第二展望台における観測結果を示す。他の観測日、他の観測地点を含む全データは付録に掲載している。

以下に、観測日ごとの SQM 値の時間変化の傾向を示す。

- **2025 年 4 月 25 日・26 日・28 日：**宮妻峽 第二中間展望台にて観測を実施した。観測中はいずれの日も月の出はなかった。26 日は曇天から快晴へ、28 日は快晴から曇天へと天候が変化した。25 日および 26 日は、観測開始から 25 時 30 分頃まで SQM 値が徐々に増加し、その後はほぼ横ばいとなった。28 日も同様の傾向を示したが、全体的に SQM 値はやや高く、24 時の時点で $20.147 \text{ mag/arcsec}^2$ を記録した (Figure 3)。

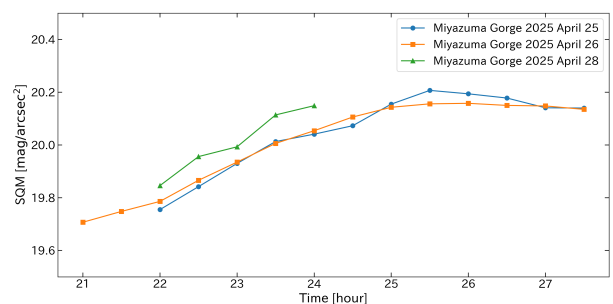


Figure 3: 宮妻峽 第二中間展望台における SQM 値の時間変化。2025 年 4 月 25 日、26 日、28 日の観測結果を示す。

- **4 月 29 日・30 日：**市民公園、四日市市役所、鵜の森公園にて観測を実施した。これらの地点では 20 分間隔で観測と移動を繰り返しながら SQM 値を取得した。30 日は 22 時以降に快晴となり、観測を行った。SQM 値は観測開始以降、宮妻峽の観測と同様に徐々に増加し、25 時以降はその増加傾向が弱まった (Figure 4, 5, 6)。
- **5 月 7 日：**宮妻峽 第二中間展望台にて観測を実施した。観測開始時点で月はほぼ南中しており、26 時 40 分頃に沈んだ。SQM 値は時間の経過とともに増加し、月沈に伴って増加傾向がより顕著となった。月没後は SQM 値はほぼ横ばいで推移した (Figure 7)。
- **5 月 14 日：**三木浦マリンパークにて観測を実施した。観測地点付近には公衆トイレがあり、街灯により手元が確認できる程度の明るさであったが、SQM 値は約 $20.7 \text{ mag/arcsec}^2$ であった。観測開始後に

Table 1: 四日市市および周辺地域での SQM 値と環境条件

日付	観測地点	時刻	平均 SQM 値	月の高度 [°]	気温 [°C]
2025/4/25	宮妻峡 第二中間展望台	22:00	19.755	-	10
		22:30	19.842	-	9
		23:00	19.930	-	9
		23:30	20.013	-	8
		24:00	20.041	-	8
		24:30	20.073	-	8
		25:00	20.155	-	7
		25:30	20.207	-	7
		26:00	20.194	-	7
		26:30	20.178	-	7
		27:00	20.141	-	7
		27:30	20.140	-	7
2025/4/26	宮妻峡 第二中間展望台	21:00	19.707	-	11
2025/4/28	宮妻峡 第二中間展望台	22:00	19.846	-	10
2025/4/29	市民公園	20:00	16.538	6.1	12
2025/4/29	四日市市役所	20:20	16.994	2.8	12
2025/4/29	鶴の森公園	20:40	16.909	-	12
2025/4/30	市民公園	22:00	17.074	-	16
2025/4/30	四日市市役所	22:20	17.567	-	15
2025/4/30	鶴の森公園	22:40	17.334	-	15
2025/5/7	宮妻峡 第二中間展望台	20:00	18.027	59.1	14
2025/5/14	三木浦マリパーク	20:15	20.696	-	18
2025/5/22	井内浦農村公園	20:20	21.027	-	21
2025/6/4	井内浦農村公園	21:00	19.257	44.3	21
2025/6/17	井内浦農村公園	21:15	21.225	-	29

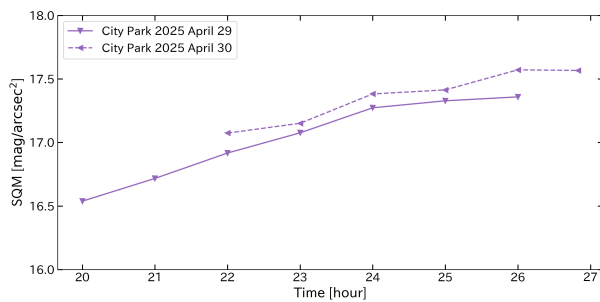


Figure 4: 四日市市街地における SQM 値の時間変化。2025 年 4 月 29 日、30 日の市民公園における観測結果を示す。

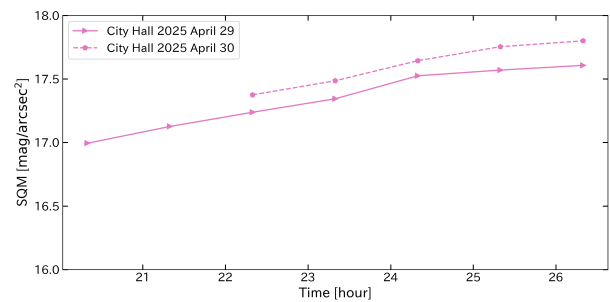


Figure 5: 四日市市街地における SQM 値の時間変化。2025 年 4 月 29 日、30 日の四日市市役所における観測結果を示す。

雲が出現し、21 時頃にはほぼ全天が薄い雲に覆われた。

- 5 月 22 日**：井内浦農村公園にて観測を実施した。観測地点周辺には街灯が一切なく、街明かりも山越しにわずかに見える程度であった。23 時 30 分から 24 時 45 分までは曇天のためデータの取得ができなかった。22 時 30 分に SQM 値は最大値となる 21.34 mag/arcsec² を示した。以降は横ばい、も

しくはわずかに低下する傾向が見られた。25 時 38 分に月が昇り始め、それ以降は SQM 値が減少した (Figure 8)。

- 6 月 4 日**：井内浦農村公園にて観測を実施した。観測開始時の 21 時には月が出ており、月が沈むにつれて SQM 値は増加した。月は 24 時 59 分に沈み、一晩を通して快晴だった。25 時 30 分以降、薄明にかけて SQM 値はゆるやかに低下した (Figure 7)。

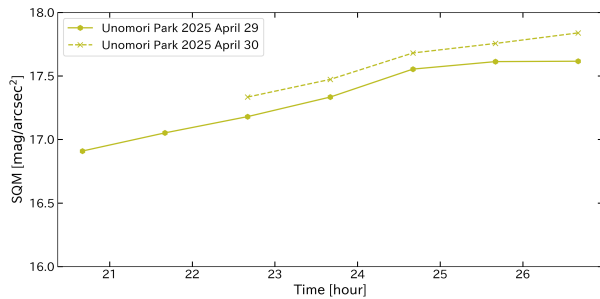


Figure 6: 四日市市街地における SQM 値の時間変化。2025 年 4 月 29 日、30 日の鶴の森公園における観測結果を示す。

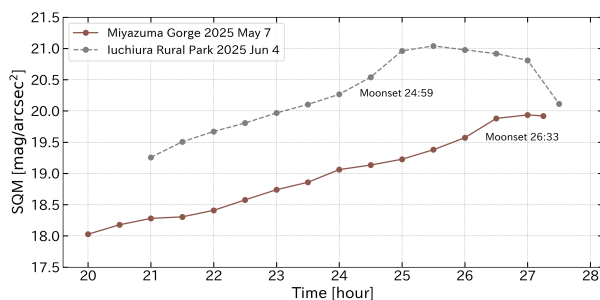


Figure 7: 月が出ていた夜の SQM 値の時間変化。2025 年 5 月 7 日の宮妻峽 第二中間展望台および 6 月 4 日の井内浦農村公園での観測結果を示す。

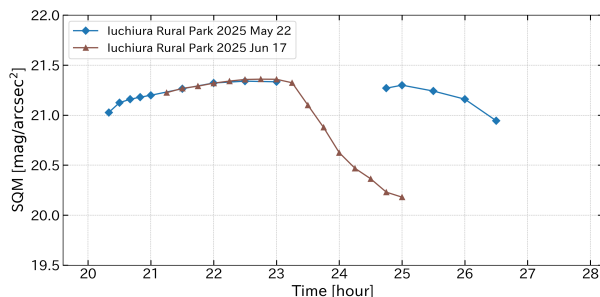


Figure 8: 井内浦農村公園における SQM 値の時間変化。2025 年 5 月 22 日、6 月 17 日の観測結果を示す。

- ・ 6 月 17 日：井内浦農村公園にて観測を実施した。22 時 45 分に SQM 値は最大値となる 21.36 mag/arcsec² を示した。22 時 30 分以降はほぼ横ばいで推移しており、23 時 27 分に月が昇ると SQM 値は低下した (Figure 8)。

4. DISCUSSION

本研究では、四日市市内外における複数地点での定点観測を通じて、夜空の明るさ (SQM 値) の時間変化およびその要因を調査した。各観測地点の時間変化、月の出没、気温や PM_{2.5} 濃度などの環境条件に応じた SQM 値の変動量とその傾向について検討する。

4.1 観測地点ごとの比較

観測地点ごとの最大 SQM 値を比較すると、市街地の市民公園では 17.57 mag/arcsec²、市役所では 17.80 mag/arcsec²、鶴の森公園では 17.84 mag/arcsec² であり、郊外の宮妻峽 第二中間展望台では 20.19 mag/arcsec²、市外の三木浦では 20.70 mag/arcsec²、井内浦農村公園では 21.36 mag/arcsec² を記録した (Figure 9)。市街地の市民公園と市外の井内浦農村公園では SQM 値が約 3.8 mag/arcsec² 異なって観測された。

これらは、各地点における最も暗い時間帯の夜空の明るさを示しており、周囲の照明や人工光源の有無に起因する光害の強さの違いを表していると考えられる。いずれの地点も最大値は快晴かつ月光のない条件下で記録されており、比較は同等の観測条件のもとで行われている。一般に、肉眼で天の川を確認するには 20.0 mag/arcsec² 以上の暗さが必要とされており、市街地ではその基準に達していないことがわかる。

三木浦や井内浦は四日市市から直線距離で 100 km 以上離れており、加えて周囲を山で囲われた地形であることから、都市光の直接的な散乱光が届きにくいと考えられる。

4.2 時間変化の傾向

各観測地点における夜空の明るさ (SQM 値) の時間的変動も記録された。特に郊外の宮妻峽では、夜間を通じて 30 分間隔の測定を複数日にわたって実施しており、時間帯による明るさの変化を詳細に比較することができた。4 月 25 日から 4 月 28 日の観測では、観測開始から 25 時 30 分頃まで SQM 値が徐々に上昇し、その後 25 日と 26 日の観測では横ばいとなる傾向が見られた (Figure 3)。

この時間変化の要因としてまず気温に着目すると、26 日から 28 日にかけての宮妻峽における気温は、おおむね 10 °C 前後であった (Figure 10, Figure 11, Figure 12)。例えば、4 月 26 日には、21 時時点で 11 °C、25 時には 8 °C まで低下しており、1 時間あたり 1 °C 程度の緩やかな下降傾向が見られたが、SQM 値の変化と対応するような急激な気温変動は確認されなかった。

次に、四日市市の大気環境監視システムが公表する PM_{2.5} (微小粒子状物質) の夜間濃度に注目した。Figure 13 は 4 月 25 日・4 月 26 日・4 月 28 日の各観測日における、20 時から 26 時にかけての PM_{2.5} 濃度の変化を示している。4 月 25 日および 26 日は、PM_{2.5} 濃度がおおむね 25 mg/m³ で推移し、夜間を通じて大きな変動は見られなかった。一方、4 月 28 日は 6~12 mg/m³ 程度と他の 2 日と比べて低い濃度で推移した。これらの結果と対応する夜空の明るさを比較すると、4 月 28 日の SQM 値は他の 2 日よりも常に高く、21 時から 24 時にかけて一貫して増加する傾向を示した (Figure 3)。この時間帯における増加傾向は 25 日・26 日と同様であるが、28 日は特に SQM 値が高く、24 時の時点で 20.147 mag/arcsec² を記録している。なお 28 日のデータは 24 時までであり、25 日・26 日のような 24 時以降の SQM 値の変動は確認できないが、観測された範囲内においては、夜空の暗さが顕著であった。また、4 月 25 日および 26 日でも時間の経過に伴って SQM 値が増加する傾向を示し

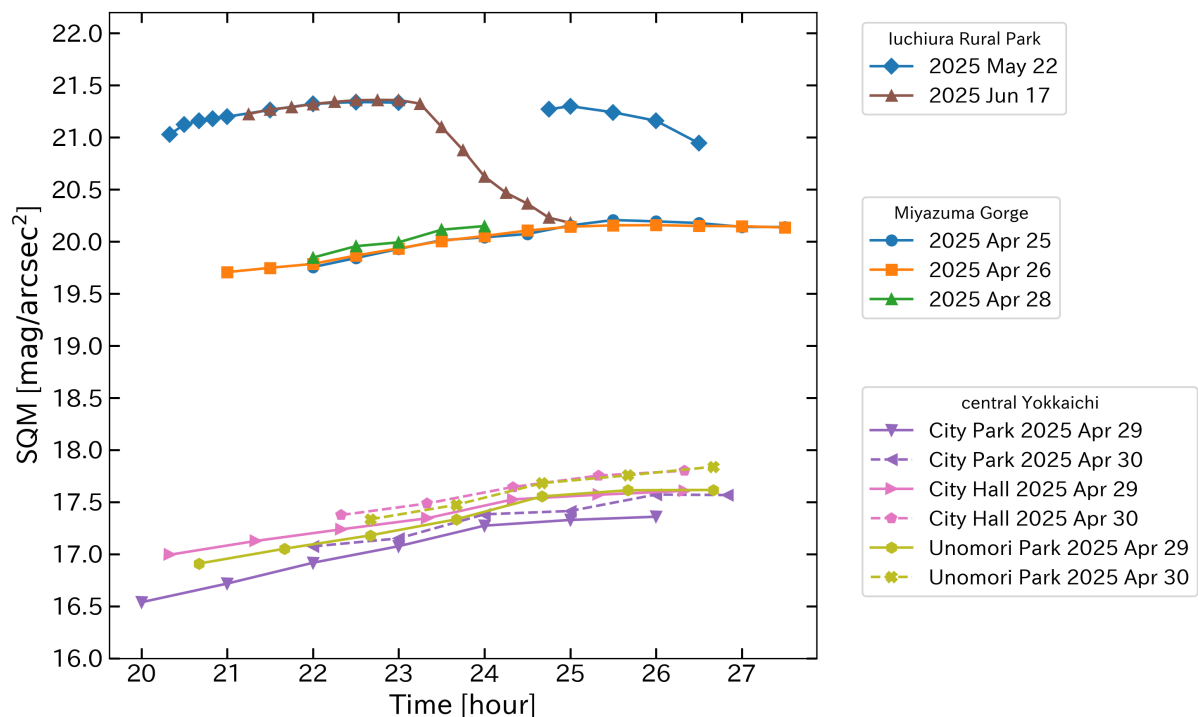


Figure 9: 各観測地点の SQM 値の時間変化。2025 年 4 月～6 月にかけて、宮妻峽 第二中間展望台、井内浦農村公園、四日市市街地の複数地点で取得したデータを示す。

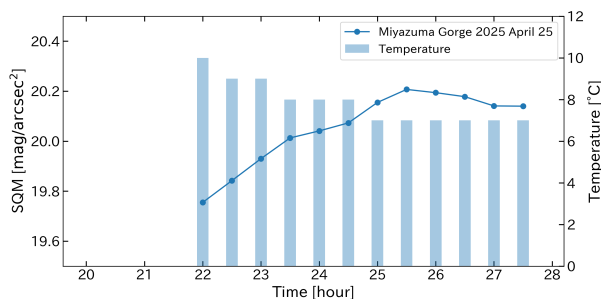


Figure 10: 宮妻峽 第二中間展望台で観測された SQM 値および気温の時間変化 (2025 年 4 月 25 日)。

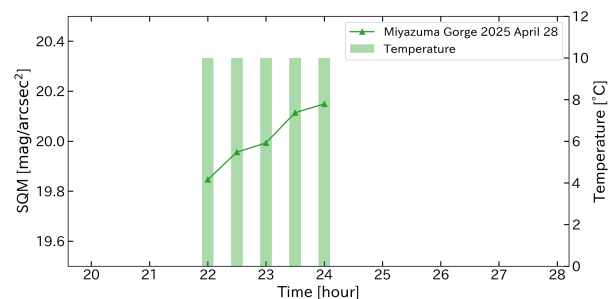


Figure 12: 宮妻峽 第二中間展望台で観測された SQM 値および気温の時間変化 (2025 年 4 月 28 日)。

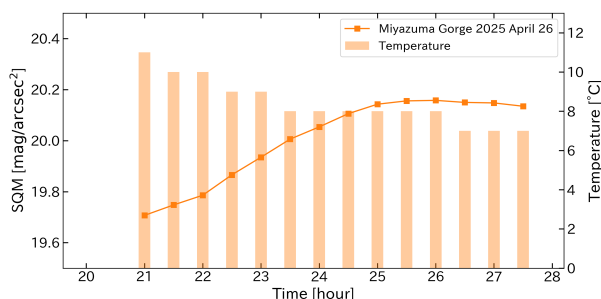


Figure 11: 宮妻峽 第二中間展望台で観測された SQM 値および気温の時間変化 (2025 年 4 月 26 日)。

ているが、PM_{2.5} 濃度との間に明確な相関は確認されなかった。

以上より、今回観測された夜間の SQM 値の増加傾向

は、気温や PM_{2.5} 濃度の変化によって直接的に引き起こされているとは考えにくい。ただし、PM_{2.5} 濃度が特に低かった 4 月 28 日に最も高い SQM 値が得られたことから、大気中の粒子状物質が少ないことが夜空の暗さに寄与している可能性がある。

夜間に SQM 値が増加する要因としては、主に人為的光源の減少および大気光 (airglow) の変動が考えられる。人為的光源は、住宅や商業施設の照明、車両のヘッドライト、工場の照明などが時間の経過とともに減少することにより、空に散乱される光の総量が減少し、SQM 値の上昇につながると考えられる。一方、airglow は高層大気中の原子・分子による自然発光であり、その強度は夜間を通じて一定ではない。Patat (2003) [5] によれば、airglow は日没直後に強く、深夜にかけて弱まり、明け方に再び強くなる傾向を示すことがあるとされている。

夜間における SQM 値の増加が光害の減少によるもの

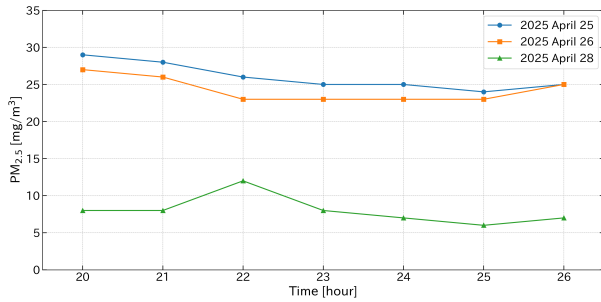


Figure 13: 四日市商業高校における $PM_{2.5}$ 濃度の時間変化。2025 年 4 月 25 日、26 日、28 日に測定された値を示す。

か、それとも *airglow* の時間変動によるものかを検討するには、観測地点ごとの時間変化を比較することが有効である。*airglow* は広範囲で一様に発生するため、観測地点間で大きな差は生じにくいとされる。したがって異なる地点で類似した時間変化が観測されれば、*airglow* の影響が示唆される。一方で、観測地点ごとに傾きや変化傾向が異なる場合には、局所的な光害の影響が強く関与している可能性が高い。この観点から、本研究では各観測地点における SQM 値の時間変化を比較した。Figure 14 には、四日市市中心部の四日市市役所、郊外の宮妻峡第二中間展望台、さらに熊野市の井内浦農村公園における複数日の観測結果を示している。四日市市役所と井内浦農村公園は 21 時ごろの SQM 値を基準にオフセット調整している。

宮妻峡および四日市市中心部のいずれの地点においても、SQM 値は夜間を通じて緩やかに上昇しており、傾きに大きな差は見られなかった。この結果は、観測時刻が進むにつれて夜空の明るさが低下し、空が暗くなっていく共通傾向を示しており、25 時 30 分頃からは横ばい、あるいはわずかに低下する変化に転じる傾向も確認された。

一方、井内浦農村公園では、22 時頃までは他の地点と同様に SQM 値が上昇する傾向を示していたが、それ以降は上昇が停止し、横ばいあるいは低下に転じた。このような挙動の違いは、*airglow* の空間的一様性を踏まえると、大気光の時間変動のみでは説明が難しい。井内浦農村公園の周辺に位置する熊野市では、22 時に大型商業施設の閉店に伴い、外部照明が一斉に消灯されることが確認されている。SQM 値の傾きが変化した時刻とこの照明の消灯時刻が一致していることから、井内浦農村公園における夜空の暗化は、局所的な光害源の消灯による影響が支配的であった可能性が高い。

これらの結果は、夜空の明るさの時間変化を通じて、観測地点ごとの光害の程度やその変動要因を把握する手がかりとなり得ることを示している。

5. CONCLUSION

本研究では、四日市市内および周辺地域において Sky Quality Meter(SQM) を用いた定点観測を行い、夜空の明るさの時間変化とその要因について検討した。観測の結果、市街地・郊外・山間部といった立地条件に応じて、SQM 値には最大で約 3.8 mag/arcsec² の差が認められ、

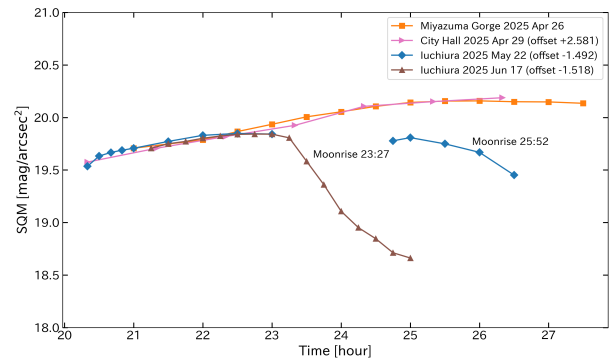


Figure 14: 各観測地点の SQM 値の時間変化 (21 時ごろの値を基準にオフセット調整)。

周囲の光環境の違いが明確に反映された。

また、多くの観測地点において、夜間の時間経過とともに SQM 値が上昇する傾向が見られた。この傾向は、 $PM_{2.5}$ 濃度や気温などの大気環境の変化とは明確な相関を示さず、人為的光源の減少が主な要因であると考えられる。とくに、熊野市・井内浦農村公園における観測では、22 時以降に SQM 値の増加が停止し、他の地点と異なる挙動を示した。この時間帯に周辺の大型商業施設が閉店し、照明が消灯されることが確認されており、光害源の変化が直接的に夜空の明るさに影響を与えている可能性が高い。

本研究の結果は、夜空の明るさに対する局所的な人工光の影響を定量的に示したものであり、光害対策や夜間環境の保全に資する基礎的な知見を提供するものである。今後は、季節や天候条件の変化も含めた長期的観測の蓄積、および地上光源の活動状況と連動した詳細な解析が求められる。

1. APPENDIX A: 全観測データ表

本付録には、2025 年 4 月 21 日から 6 月 17 日までに実施した夜空の明るさの観測結果を表形式で示す (Table 2, 3, 4, 5, 6)。観測は、主に四日市市郊外の宮妻峡第二中間展望台を中心に行い、一部の日については市街地や市外の地点でも測定を実施した。各表には、観測日、観測地点、観測時間、SQM-L による測定値 (平均)、月の高度、気温、および観測条件に関する備考を記載している。本文中の図に示したグラフは、これらのデータに基づいて作成した。

参考文献

- [1] 環境庁 (1998) 「光害対策ガイドライン」
- [2] 黒田淳哉 (2021) 「SQM-L による四日市市近郊の光害調査」, 四日市大学論集, 34(1), 101 – 107.
- [3] 黒田淳哉 (2022) 「デジタルカメラによる四日市市近郊の光害調査」, 四日市大学論集, 34(2), 331 – 339.
- [4] Falchi, Fabio, et al. (2016) "The new world atlas of artificial night sky brightness", *Science Advances*, 2(6), e1600377.
- [5] Patat, Ferdinando. (2003) "UBVRI night sky brightness during sunspot maximum at ESO-Paranal", *Astronomy & Astrophysics*, 400(3), 1183 – 1198.

Table 2: 2025 年 4 月下旬における宮妻峽 第二中間展望台での SQM 値と環境条件

日付	観測地点	時刻	平均 SQM 値	月の高度 [°]	気温 [°C]	備考
2025/4/25	宮妻峽 第二中間展望台	22:00	19.755	-	10	21:30 までは曇天、以降は快晴
		22:30	19.842	-	9	
		23:00	19.930	-	9	
		23:30	20.013	-	8	
		24:00	20.041	-	8	
		24:30	20.073	-	8	
		25:00	20.155	-	7	
		25:30	20.207	-	7	
		26:00	20.194	-	7	
		26:30	20.178	-	7	
		27:00	20.141	-	7	
		27:30	20.140	-	7	月出時刻 27:54
2025/4/26	宮妻峽 第二中間展望台	21:00	19.707	-	11	
		21:30	19.748	-	10	
		22:00	19.786	-	10	
		22:30	19.866	-	9	
		23:00	19.935	-	9	
		23:30	20.006	-	8	
		24:00	20.054	-	8	
		24:30	20.106	-	8	
		25:00	20.143	-	8	
		25:30	20.156	-	8	
		26:00	20.158	-	8	
		26:30	20.150	-	7	
		27:00	20.148	-	7	
		27:30	20.135	-	7	月出時刻 28:25
2025/4/28	宮妻峽 第二中間展望台	22:00	19.846	-	10	
		22:00	19.846	-	10	
		22:30	19.956	-	10	
		23:00	19.993	-	10	
		23:30	20.114	-	10	
		24:00	20.149	-	10	24:00 以降は曇天

Table 3: 2025 年 4 月下旬における四日市市街地での SQM 値と環境条件

日付	観測地点	時刻	平均 SQM 値	月の高度 [°]	気温 [°C]	備考
2025/4/29	市民公園	20:00	16.538	6.1	12	月入時刻 20:38
		21:00	16.717	-	12	
		22:00	16.917	-	11	
		23:00	17.076	-	11	
		24:00	17.273	-	10	
		25:00	17.328	-	10	
		26:00	17.359	-	9	
2025/4/29	四日市市役所	20:20	16.994	2.8	12	
		21:20	17.126	-	12	
		22:20	17.238	-	11	
		23:20	17.344	-	11	
		24:20	17.525	-	10	
		25:20	17.570	-	10	
		26:20	17.607	-	9	
2025/4/29	鵜の森公園	20:40	16.909	-	12	
		21:40	17.052	-	12	
		22:40	17.180	-	11	
		23:40	17.334	-	11	
		24:40	17.554	-	10	
		25:40	17.613	-	10	
		26:40	17.616	-	9	
2025/4/30	市民公園	22:00	17.074	-	16	月入時刻 21:53
		23:00	17.151	-	15	
		24:00	17.382	-	14	
		25:00	17.414	-	13	
		26:00	17.572	-	12	
		26:50	17.567	-	12	
2025/4/30	四日市市役所	22:20	17.375	-	15	
		23:20	17.486	-	15	
		24:20	17.644	-	14	
		25:20	17.754	-	13	
		26:20	17.800	-	12	
2025/4/30	鵜の森公園	22:40	17.334	-	15	
		23:20	17.473	-	14	
		24:20	17.681	-	13	
		25:20	17.756	-	13	
		26:20	17.839	-	12	

Table 4: 月光下における宮妻峽 第二中間展望台での SQM 値と環境条件

日付	観測地点	時刻	平均 SQM 値	月の高度 [°]	気温 [°C]	備考
2025/5/7	宮妻峽 第二中間展望台	20:00	18.027	59.1	14	
		20:30	18.178	59.0	14	
		21:00	18.280	57.5	13	
		21:30	18.305	54.7	12	
		22:00	18.409	50.8	11	
		22:30	18.576	46.3	11	
		23:00	18.739	41.2	11	
		23:30	18.858	35.7	10	
		24:00	19.061	30.1	10	
		24:30	19.134	24.2	9	
		25:00	19.227	18.2	9	
		25:30	19.379	12.2	9	
		26:00	19.571	6.2	9	
		26:30	19.880	0.5	8	月入時刻 26:33
		27:00	19.936	-	8	
		27:15	19.920	-	8	

Table 5: 2025 年 5 月における四日市市外での SQM 値と環境条件

日付	観測地点	時刻	平均 SQM 値	月の高度 [°]	気温 [°C]	備考
2025/5/14	三木浦マリンパーク	20:15	20.696	-	18	徐々に曇天となった
		20:30	20.569	-	17	月出時刻 20:36
		20:45	20.162	1.3	17	
		21:00	19.688	3.5	17	
2025/5/22	井内浦農村公園	20:20	21.027	-	21	
		20:30	21.125	-	21	
		20:40	21.159	-	21	
		20:50	21.180	-	20	
		21:00	21.199	-	20	
		21:30	21.264	-	20	
		22:00	21.322	-	20	
		22:30	21.340	-	20	
		23:00	21.334	-	19	
		24:45	21.270	-	19	
		25:00	21.300	-	19	
		25:30	21.241	-	18	
		26:00	21.160	1.3	18	月出時刻 25:38
		26:30	20.944	7.1	18	

Table 6: 2025 年 6 月における四日市市外での SQM 値と環境条件

日付	観測地点	時刻	平均 SQM 値	月の高度 [°]	気温 [°C]	備考
2025/6/4	井内浦農村公園	21:00	19.257	44.3	21	
		21:30	19.506	39.6	21	
		22:00	19.671	34.4	20	
		22:30	19.806	28.9	19	
		23:00	19.697	23.2	19	
		23:30	20.104	17.4	19	
		24:00	20.266	11.4	19	
		24:30	20.540	5.5	18	
		25:00	20.961	-	18	月入時刻 24:59
		25:30	21.040	-	19	
		26:00	20.977	-	18	
		26:30	20.917	-	18	
		27:00	20.810	-	18	
		27:30	20.114	-	18	
2025/6/17	井内浦農村公園	21:15	21.225	-	29	
		21:30	21.268	-	29	
		21:45	21.290	-	29	
		22:00	21.320	-	29	
		22:15	21.341	-	28	
		22:30	21.357	-	28	
		22:45	21.360	-	28	
		23:00	21.359	-	28	
		23:15	21.324	-	28	
		23:30	21.101	0.5	28	月出時刻 23:27
		23:45	20.878	3.2	28	
		24:00	20.625	6.1	28	
		24:15	20.469	8.9	28	
		24:30	20.364	11.8	28	
		24:45	20.230	14.6	27	
		25:00	20.180	17.4	27	