

はじめに

東京の郊外に位置する本校の屋上は、約30km先の都心ビル群や約70km先の富士山まで見通しがきくが、街明かりに囲まれて明るく、見える星が少ない。天の川銀河もほとんど認識できない。夏の合宿先である入笠山（長野県富士見町）と比べると大変明るく、街明かりが夜空の明るさに大きく影響することを実感している。そこで天文気象部では、2021年から本校屋上の夜空の自動撮影を開始し、雲による街明かりの反射が夜空の明るさに大きく影響を与えることを明らかにしてきた。本研究は、その結果が、街明かりで夜空の明るさが増し天体観測を妨げる「光害(ひかりがい)」に結びつくと考え、光害を可視化し天文学における街明かりの問題点を明らかにすることを目的として分析を行った。

夜空の明るさは、標準星を撮影して背景の明るさを測定する方法[4]が一般的であるが、本研究では都心方面の水平方向（高度13度まで）を撮影したjpeg画像をグレースケール化し、ピクセル値を明るさの値(光度=0.299R+0.587G+0.114B)とする独自の方法で比較を行った。

また、Raspberry Pi用のHQカメラによる天頂の定時撮影と、SQM-Lによる全天の明るさの比較も実施した。

※光害とは
照明の設置方法や配光が不適切で、景観や周辺環境への配慮が不十分なおこる周囲の住民や動植物への悪影響、星がみえにくくなるなどの影響(環境省)



先行研究

本部では、独自の視程観測装置での夜一時間ごとの都心・郊外方面の定時撮影を用いて夜空の明るさの程度をグラフ化し（図1）、グレースケール化した郊外方面の撮影画像を時刻ごとに1年分並べ青から黄で明るさが表せるようなグラフ化（図2）、image1を用いた明るさの可視化（図3）を行った。

結果として、まず第一に雲の増加に伴い夜空の明るさは増大することが分かった。このことから雲の量が少ない冬季のほうが夜空が暗いと推測できる。また、より光量の大きい都心方面・地表付近や、メタルハイドランプ下での夜空の明るさは明るくなることが分かった。

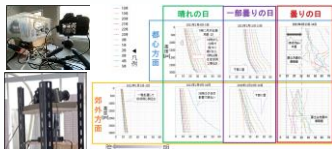


図1：観測機器と1時間ごとの夜空の明るさ[1]

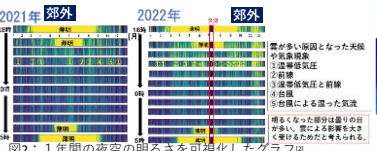


図2：1年間の夜空の明るさを可視化したグラフ[2]

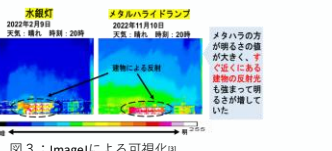


図3：Image1による可視化[3]

研究方法

I. デジタル一眼レフを用いた水平画像の分析

Raspberry Piで制御した一眼レフカメラ2台を富士山・都心方面に向けて設置し（図4）、毎日18時～5時の1時間おきに自動撮影した。



図4：一眼レフの撮影方向

表1 撮影設定

焦点距離	55mm
絞り	f5.6
感度	iso800
露光時間	1s

図5：SQM-L

II. HQカメラを用いた分析

一眼レフカメラより安価に購入できるRaspberry Pi専用のカメラであるHQカメラ（High Quality Camera）を用いて、天頂方向の自動撮影を行った。また、新しいHQカメラケースを作成した（図6,7）。

III. SQM-Lを用いた分析

SQM-L(Sky Quality Meter)とは夜空の暗度を平方秒角あたりの等級で測定する機械である。20時から朝4時まで仰角0～90度の10度ずつ、8方位を測定することで全天の明るさを調査した。先行研究の本校屋上からの2夜に加え、同地点から2夜、山岳部である長野県入笠山で1夜計測した。（図5）



図6:HQカメラ HQカメラケース

I. 水平画像の分析

①地上部分と夜空の明るさの分析

都心方面の2024年10月20日～21日(晴れの日)の20時～3時の画像データを先行研究の手法を用いてグラフ化した（図8）。3000px切り取ってもなお建物が入っていたため夜空の部分と地上付近に分けて分析するため、切り取った3000pxの画像を更に2000pxと1000pxの部分に分けグラフ化した(図9)。

このことから光源のある地上に近いほど夜空の明るさが明るくなることが確かめられた。また早い時刻ほど街明かりが強くなっていることもわかった。

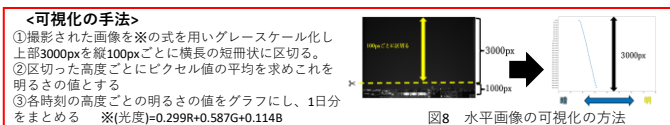


図8 水平画像の可視化の方法

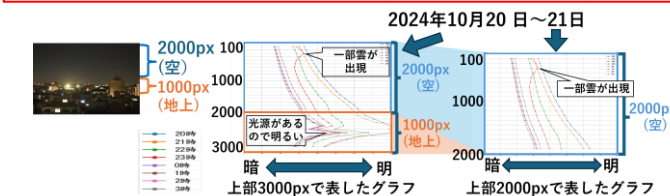
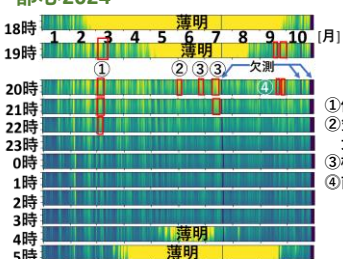


図9 2024年10月20日20時都心方面と分割の方法

②都心方面10か月分の夜空の明るさの可視化

都心2024



- ①低気圧
- ②気圧の谷・寒気・大気状態の不安定
- ③梅雨前線
- ④前線

都心方面の10か月分の夜空の明るさを可視化し、気象条件との比較を行った(比較には[5][6][7]を用いた)。

その結果、雲の発生しやすい気象条件の時に明るくなっている事が分かった。ここから雲が夜空の明るさに影響を及ぼしている可能性があると考えられる(図10)。

撮影画像を縦100pxごとに水平方向に区切り、ピクセル値を平均して高度ごとの明るさを求め、毎時の明るさを短冊にする。これを10か月(300日)分、横に合成して1年の変化を可視化した。

図10 都心方面の10か月分の夜空の明るさの可視化

II. 天頂画像の分析

雲や月の天頂への間接的な影響を調べるため、HQカメラで5分ごとに撮影した画像(2023年10月～2024年11月)のうち、20～22時の画像を「校庭のナイター照明・周囲の雲・月(天頂は入らない)の有無」によって条件分けし分析した。その結果ナイター照明のある時はないときに比べてすべての条件で明るくなることからナイター照明による夜空の明るさへの影響が考えられる。(図11、図12)。



雲や月が写っていない

図11 使用画像の基準

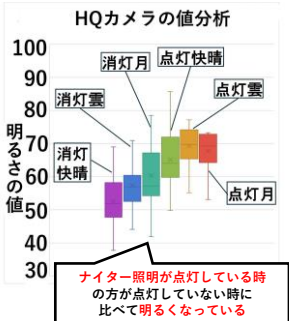


図12 条件ごとの天頂方向の夜空の明るさの値の分布を表した箱ひげ図(905個のデータより作成)

III. SQM-Lを用いた分析

SQM-L（図5）を用いて合宿先である長野県入笠山と本校屋上(立川)の夜空の明るさを計測した。2024年8月に入笠山で計測したデータと2022年8月に計測した本校屋上のデータをグラフ化した。

その結果入笠山は本校屋上に比べ夜空の明るさは暗いことが分かった。また入笠山の19時ごろは全方位で雲が確認されたが、入笠山は本校屋上よりも夜空の明るさが暗いことが分かった(図13、図14)。

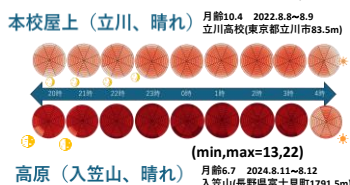


図13：

SQMグラフ

表2 薄明の開始時間と終了時間

地点	薄明終了	薄明開始
立川	20:15	3:19
入笠山	20:20	3:26

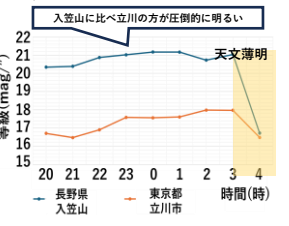


図14：天頂部のSQMの値のグラフ

まとめと今後の展望

<まとめ>

- ・雲や雪の影響で明るさが増すことが分かった。
- ・天頂付近の明るさにも近くのナイター照明が影響することが分かった。
- ・水平に撮影した画像を地上部分と夜空の部分で分けて分析すると地上付近は街明かりの影響をより強く受けることが分かった。
- ・SQMを用いた観測では曇りの日でも入笠山の方が立川よりも夜空の明るさが暗いことが分かった。

<今後の展望>

- ・HQカメラを用いた本校屋上天頂方向の夜空の明るさの可視化
- ・一眼レフカメラの観測で定期的に見られるナイター照明の有無による夜空の明るさへの影響の変化の確認
- ・一眼レフカメラの撮影設定ミスにより都心と郊外方面の比較ができなかった。また、風雨によりHQカメラが壊れ、新たに製作する事態になり欠測も発生した。今後は装置やデータの点検を定期的に行い、観測を継続し更に分析を進める

参考文献：[1]大磯佳苗他(2021)「デジタル一眼レフカメラを用いて夜空の明るさの変化を探る」第23回天文学会ジュニアセッション135 [2]吉原達紀他(2023)「光害の可視化～街明かりが夜空に与える影響～」第25回天文学会ジュニアセッションO3T [3]川端大平他(2023)「光害の可視化～街明かりが夜空に与える影響～」高校専攻気象観測機器コンテスト [4]星空公園 小野間史樹(2017)「デジカメ星空診断ハンドブック」 [5]過去の気象データ、気象庁、[6]過去の天気、日本気象協会、[7]立川高校天文気象部、気象観測データ 他

謝辞：本研究を行うにあたり、本校天文気象部の可長清美先生にご指導をいただきました。また、本校天文気象部OBの樋口陽光氏と浜島悠哉氏(大学3年)にはプログラムの製作や観測機器の製作でご指導いただき、先行研究に携わった本校卒業生の大磯佳苗氏、鈴木遙夏氏(大学2年)には、観測機器の操作などについてご協力いただきました。御礼申し上げます。