

# 木曾町の夜空のスペクトル 夜間大気光と光害

木曾観測所サポーターズクラブ  
神前卓爾

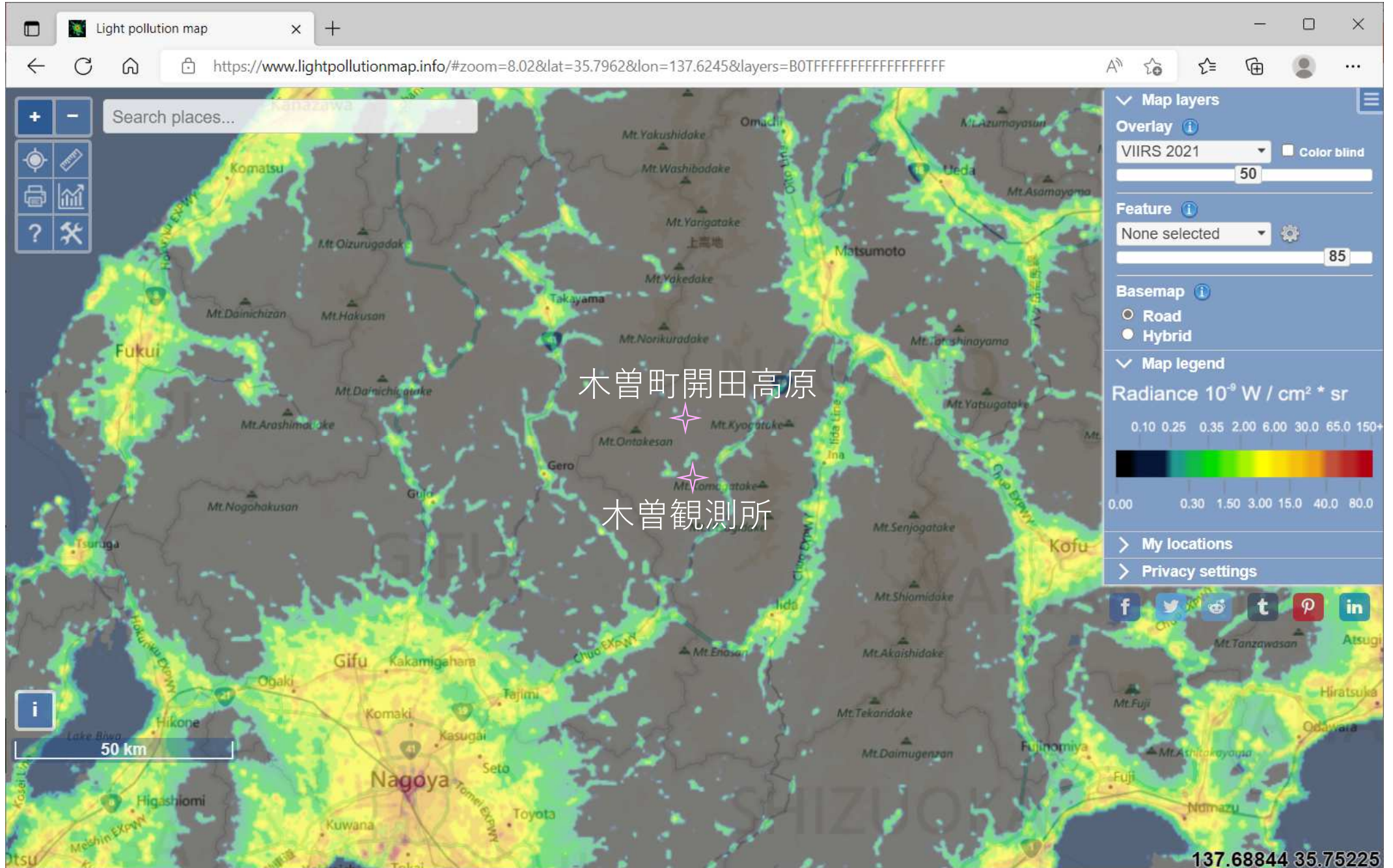
木曾シュミットシンポジウム2022  
(2022年7月5日)

# 目的

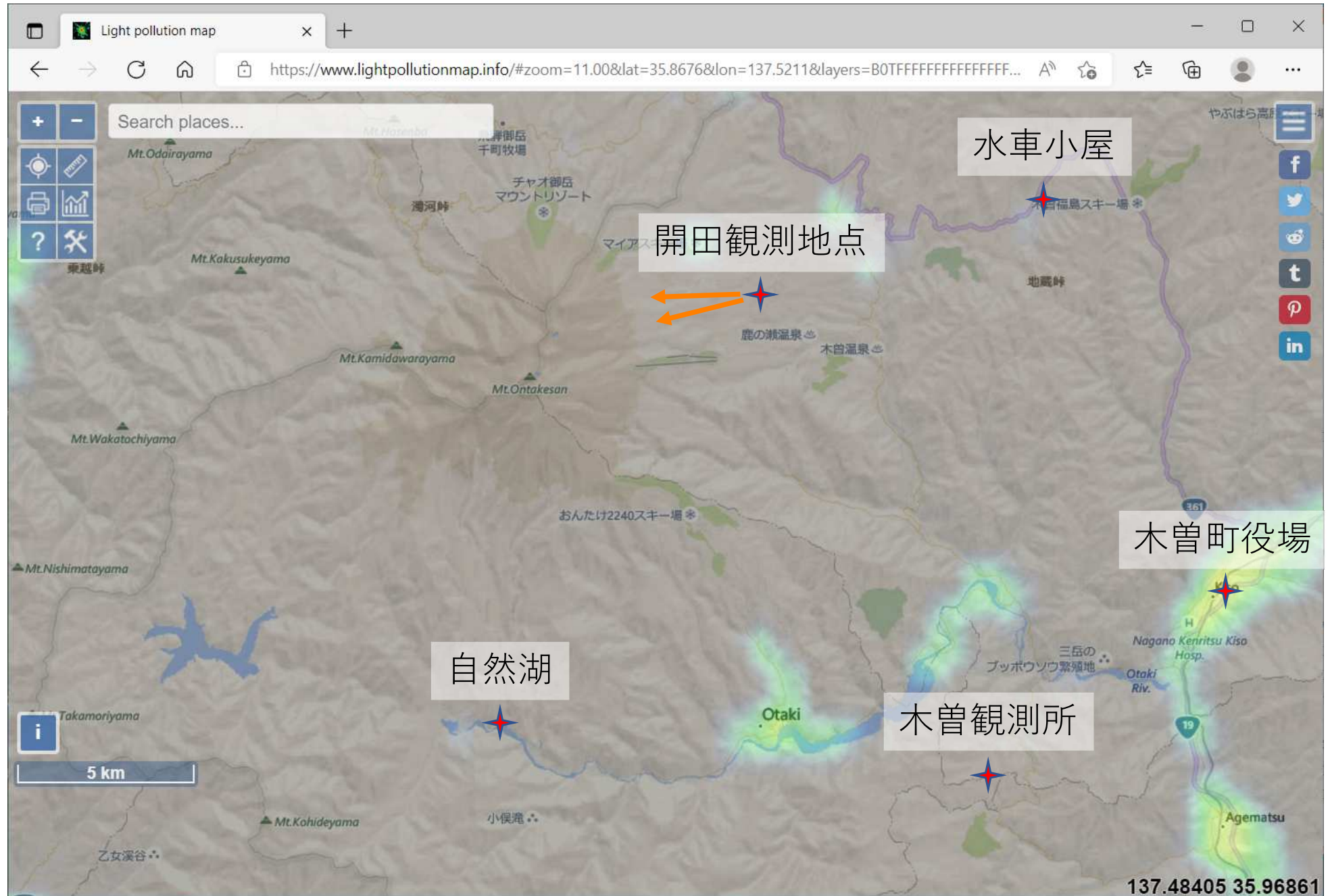
1. 市販品の組み合わせで、アマチュアでも可能な夜空のスペクトル測定手順を確立する。
2. 夜空の色が屋外照明器具の光源の種類に依存している事をスペクトルを測定することで確認する。
3. ある地域の屋外照明の影響が及ぶ範囲を測定したスペクトルに基づいて確かめる。

今回の内容は1および2の一部となります。

# 木曾町と周辺地域の光害



# 観測・撮影場所





# 夜空の色って？

小惑星ミタカの移動確認の写真を撮影しようと連続撮影したら  
1時間後の空の色が違っていた！

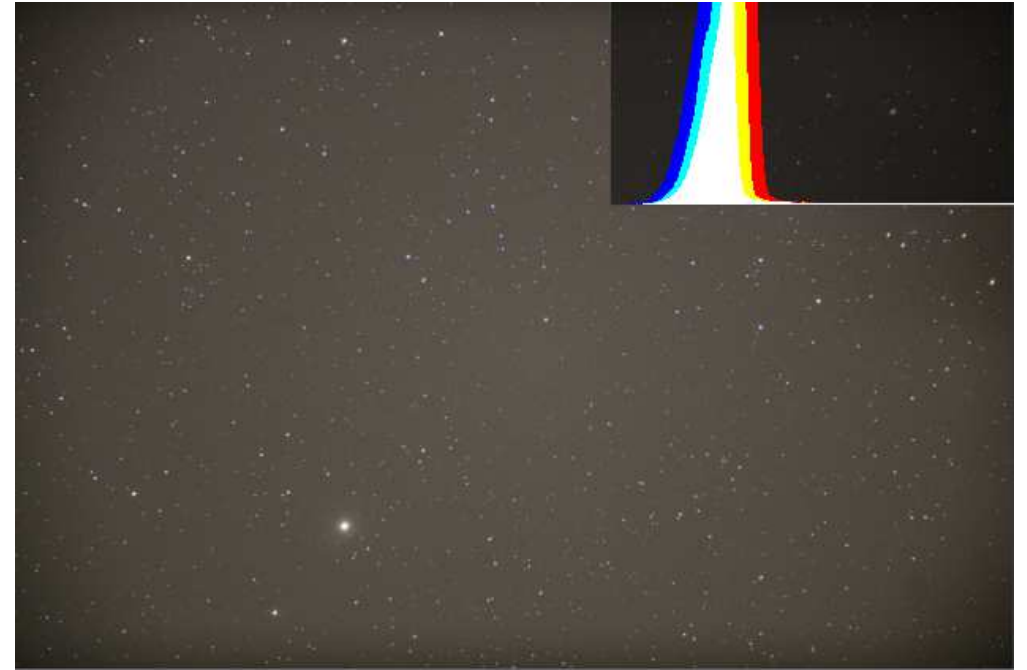


方位 256° 高度 64°

撮影地：木曾町開田高原西野

撮影日時：2020年2月20日 25時32分、26時32分

ホワイトバランスはどちらも同じ。晴天（5200K）

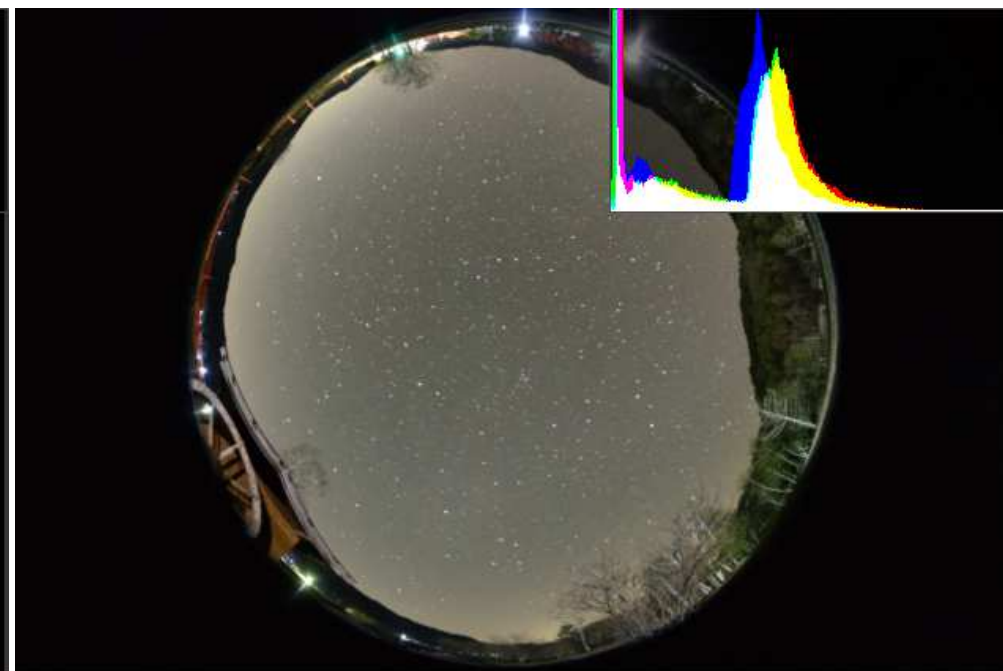
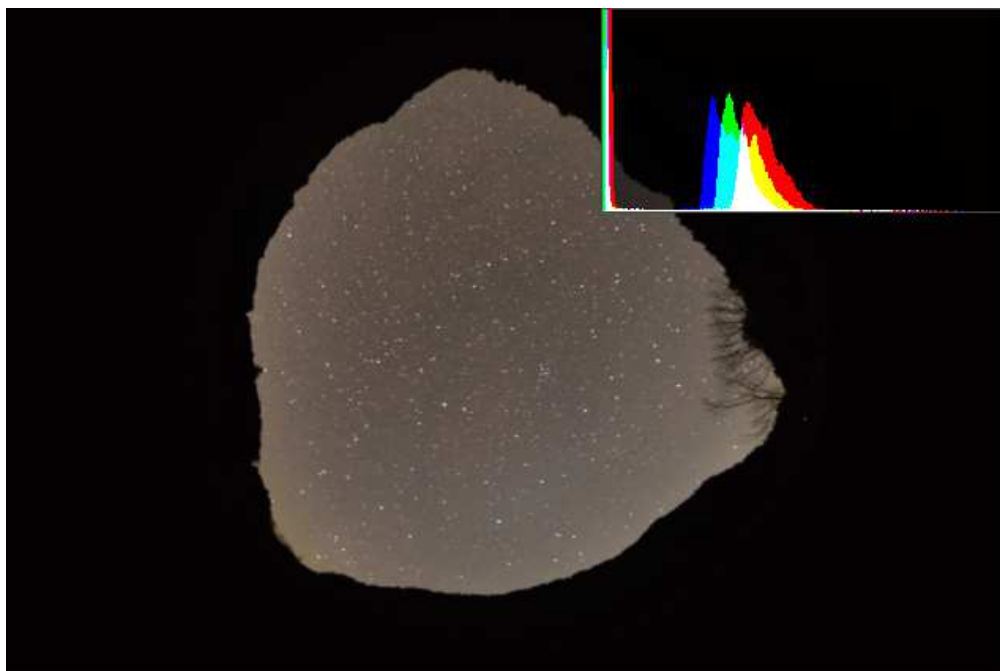


方位 268° 高度 52°

理由は不明。

可能性としては光害と夜間大気光が考えられる。

# 夜空の色 王滝と開田



王滝村 自然湖

撮影日時：2021年4月7日23時49分

ホワイトバランス（王滝、開田）：晴天（5200K）

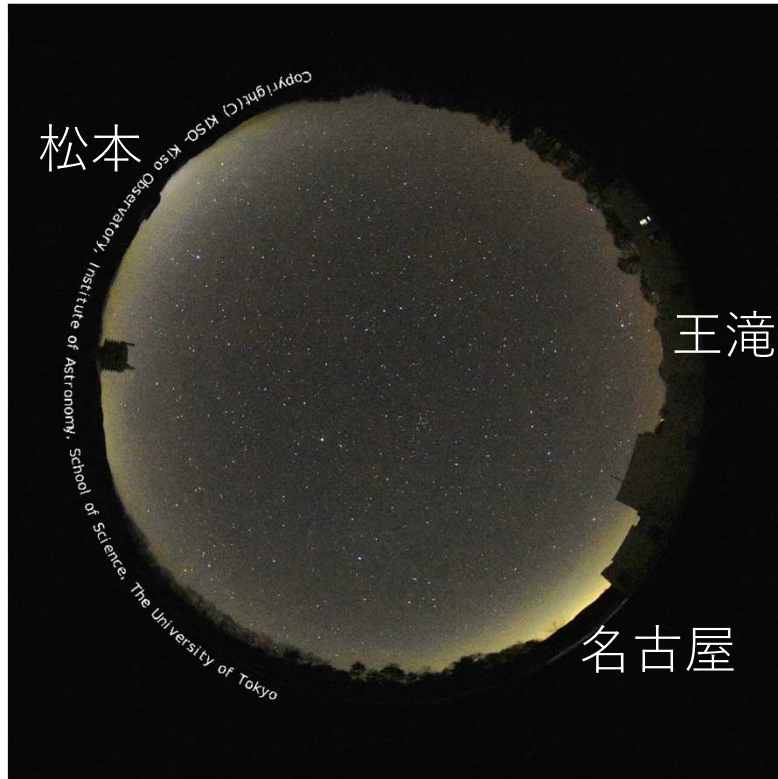
木曾町開田高原 水車小屋

撮影日時：2021年4月5日23時37分

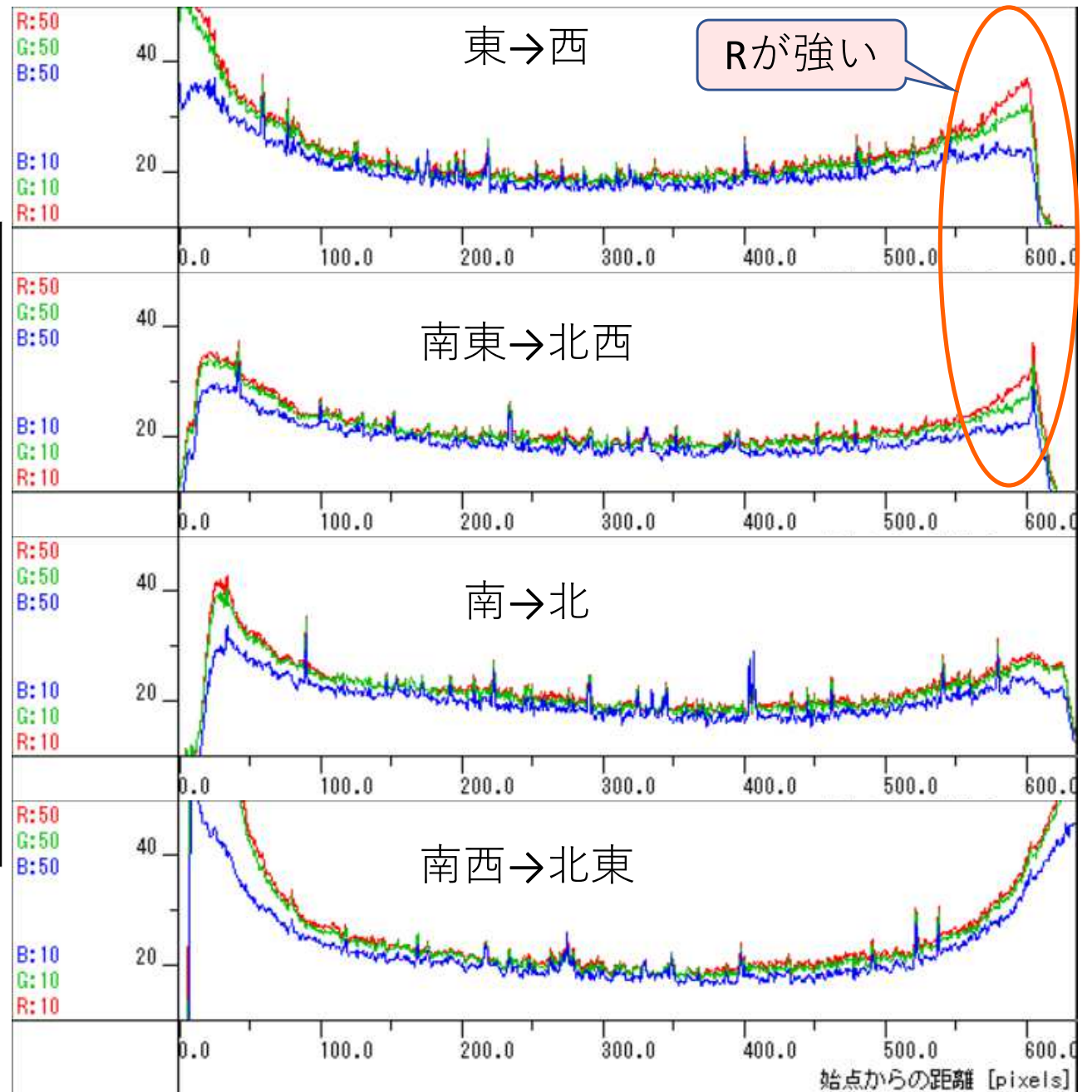
王滝の空はRが強く赤っぽくなっている。  
街路灯の高圧ナトリウムランプが原因？

# 木曾観測所全天画像のRGB強度

王滝方向の西、北西ではRが強い。



KISO20210407\_145001.jpg



# スペクトル撮影のきっかけ

福井市自然史博物館研究報告 第67号：11-20（2020）

Bulletin of the Fukui City Museum of Natural History, No.67, 11-20（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

加藤 英行\*・金剛 晴彦\*

Research of visibility of stars and street lamp, night sky brightness, color, spectrum in Fukui City, Fukui Prefecture

Hideyuki KATO\* and Haruhiko KONGOU\*

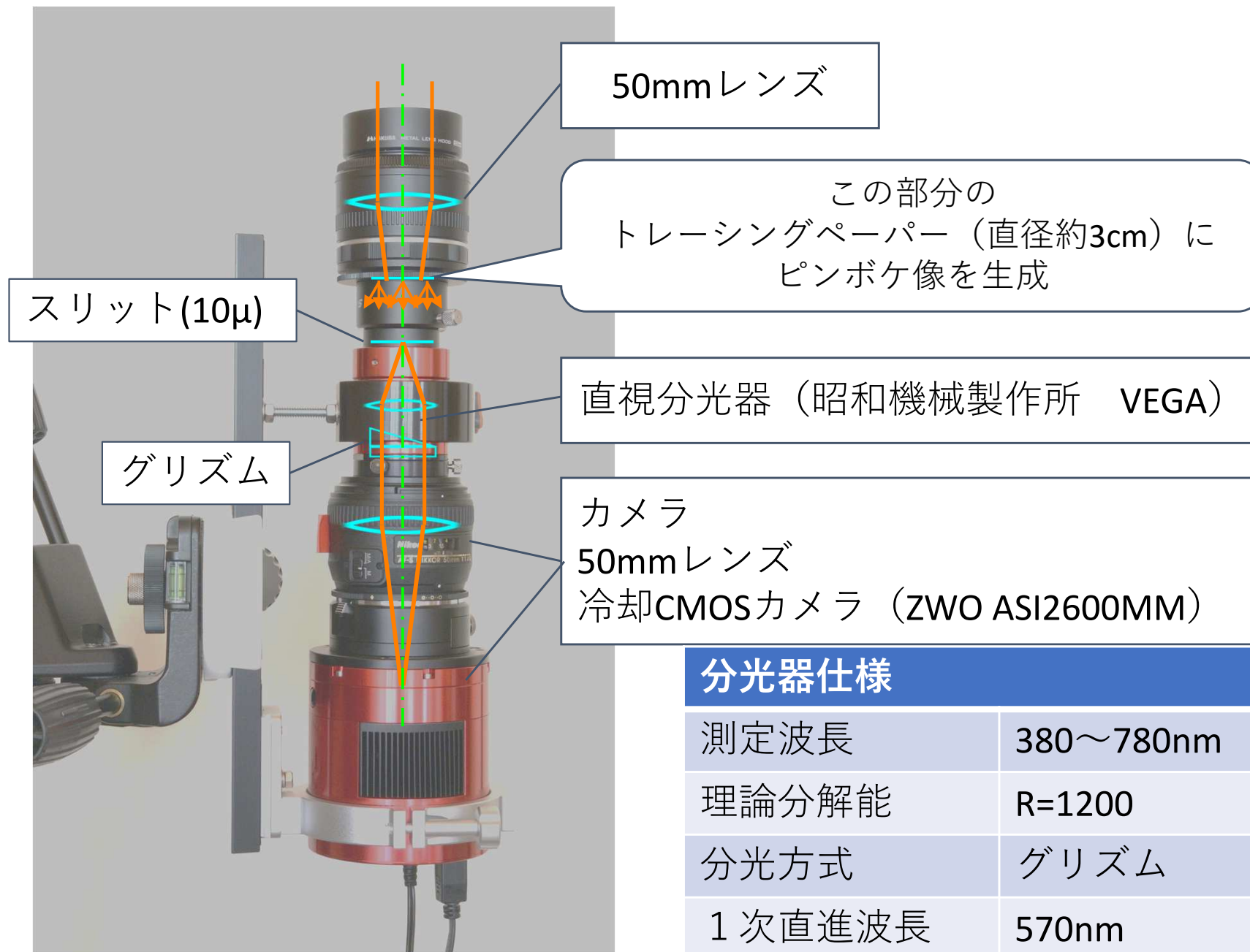
(要旨) 2019年7月と2020年4月，8月において，市民参加型の星の見え方調査を実施した．調査の協力者から寄せられた報告から，福井市を中心とした星の見え方の分布を示し，福井市の中心市街地から遠ざかるほど星が見えやすくなる傾向を確認した．また，星の見え方に関する基礎知見として，簡易分光器を用いた街灯調査を行い報告地点における街灯の種類と数，デジタルカメラを用いた夜空の明るさと色の調査から夜空が明るくなるほど青くなる傾向と福井市近隣でもV等級で21[mag/arcsec<sup>2</sup>]よりも暗く星空を観察しやすい環境があること，分光器を用いた夜空のスペクトル調査から測定地点において水銀の輝線を同定できたことを示した．

福井市自然史博物館研究報告で使用されていた分光器を所持していたのでスリット等を追加購入して撮影を実施。

手持ちのカラーCMOSカメラで始めたがモノクロCMOSカメラを追加購入。



# 機器構成



分光器仕様	
測定波長	380～780nm
理論分解能	R=1200
分光方式	グリズム
1次直進波長	570nm

2次光カットフィルター無し。約400-700nmに2次光が乗っていないことは確認済み。

# 撮影およびデータ処理条件

撮影方向、撮影範囲	天頂、約55度
撮像ソフトウェア	SharpCap Pro 4.0
出力形式	FITS
ビニング	3×3
露出時間、ゲイン	300秒、350
冷却温度	-10° C、-15° C、-20° C
ダーク処理	ステライメージ
ホットクールピクセル処理	ステライメージ
加算平均	マカリ
波長付け	マカリ

※ 撮影時の温度によって冷却温度はバラバラです。

# 木曾町開田高原での観測例



測定場所の状況

近くに街灯等の光源は無い

# Sky Quality Meter – L(SQM-L)



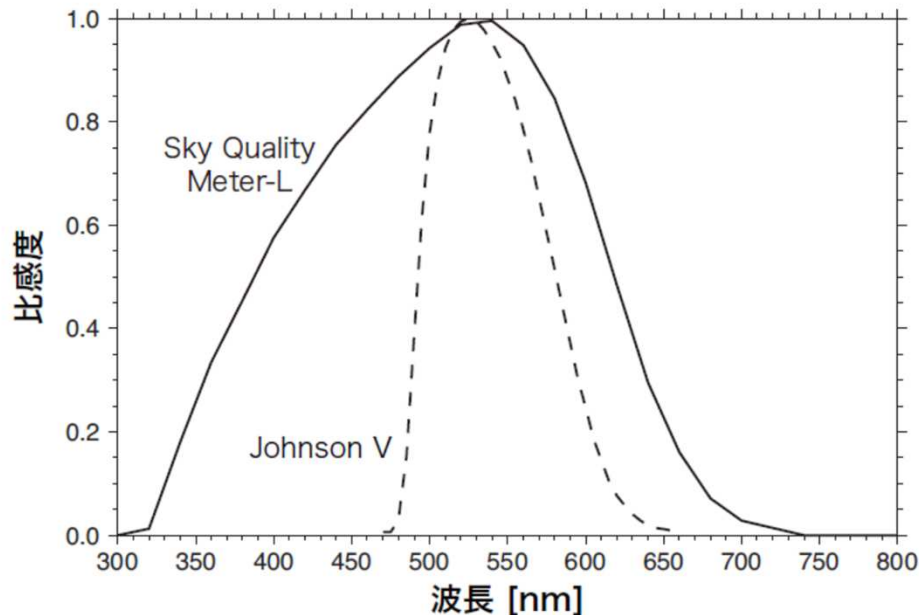
Unihedron社webより

## 長所

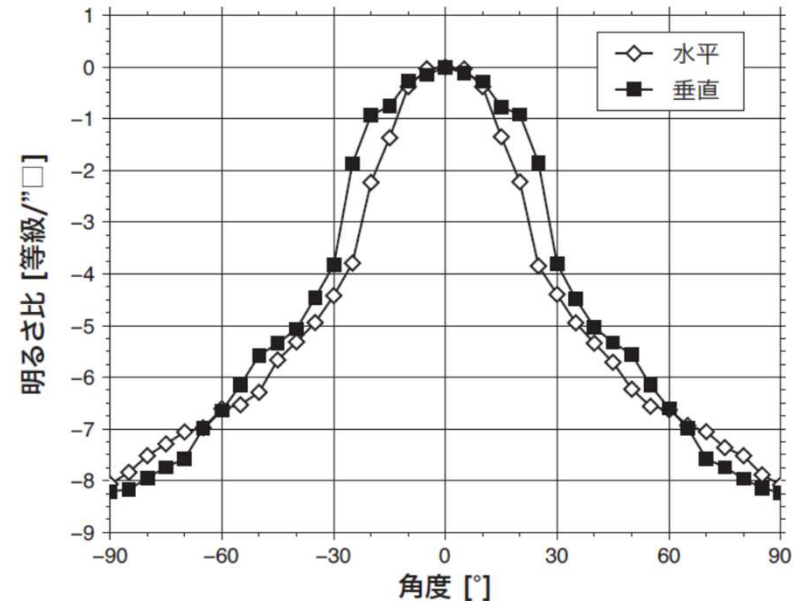
ボタンを押すだけで簡単に夜空の明るさ（magnitude/arcsec<sup>2</sup>）を測定できる。

## 欠点

天の川が確認できるような場所では天の川の影響がある。  
街灯等が近くにある場所では影響を受ける。



TSL237 と CM-500 とを組み合わせて求めた SQM-L の波長特性  
「デジカメ星空診断ハンドブック」 P.16より

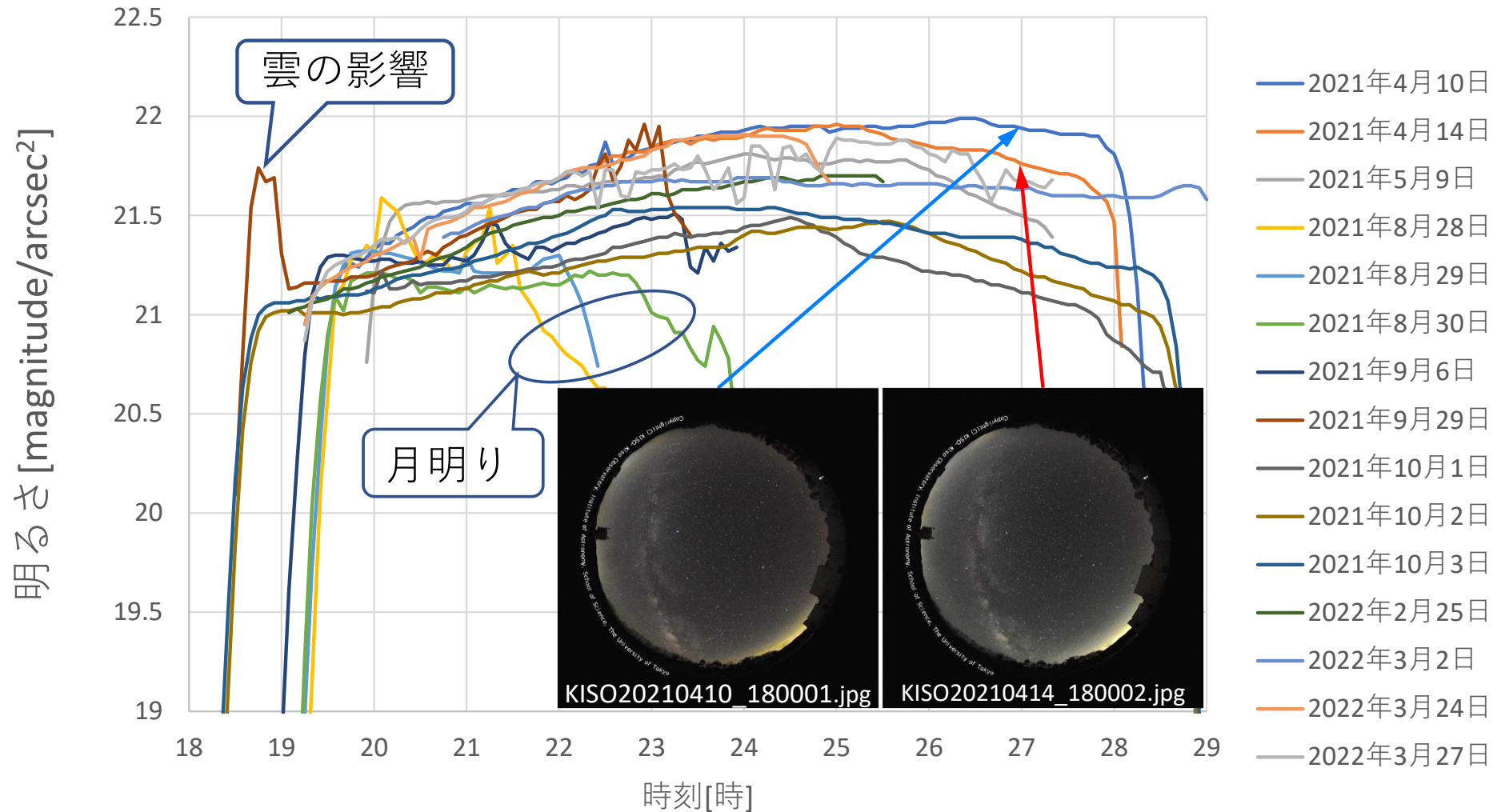


SQM-Lの感度の視野角依存性の評価結果  
「デジカメ星空診断ハンドブック」 P.13より

グラフ作成は指定した間隔で測定可能なSQM-LU-DLで取得したデータを使用。



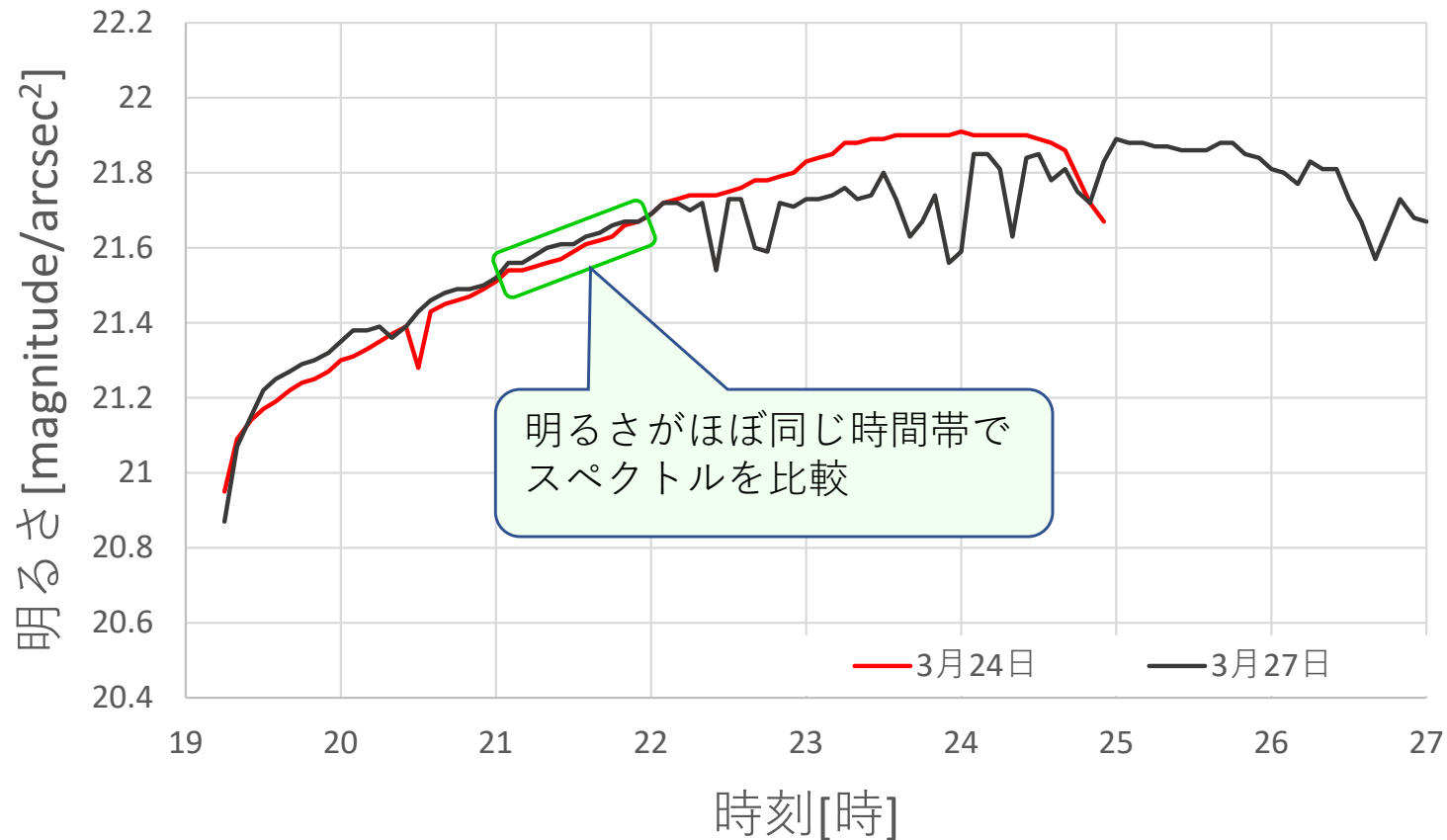
# 夜空の明るさ (SQM-LU-DLで測定)



天文薄明終了後は天の川があっても21等程度まで暗くなる。  
良く晴れている場合は24時～25時頃が最も暗い。  
厚い雲があると暗くなり、薄い雲があると明るくなる。  
名古屋、松本方面の光害の影響もある？

# スペクトル測定時の空の明るさ

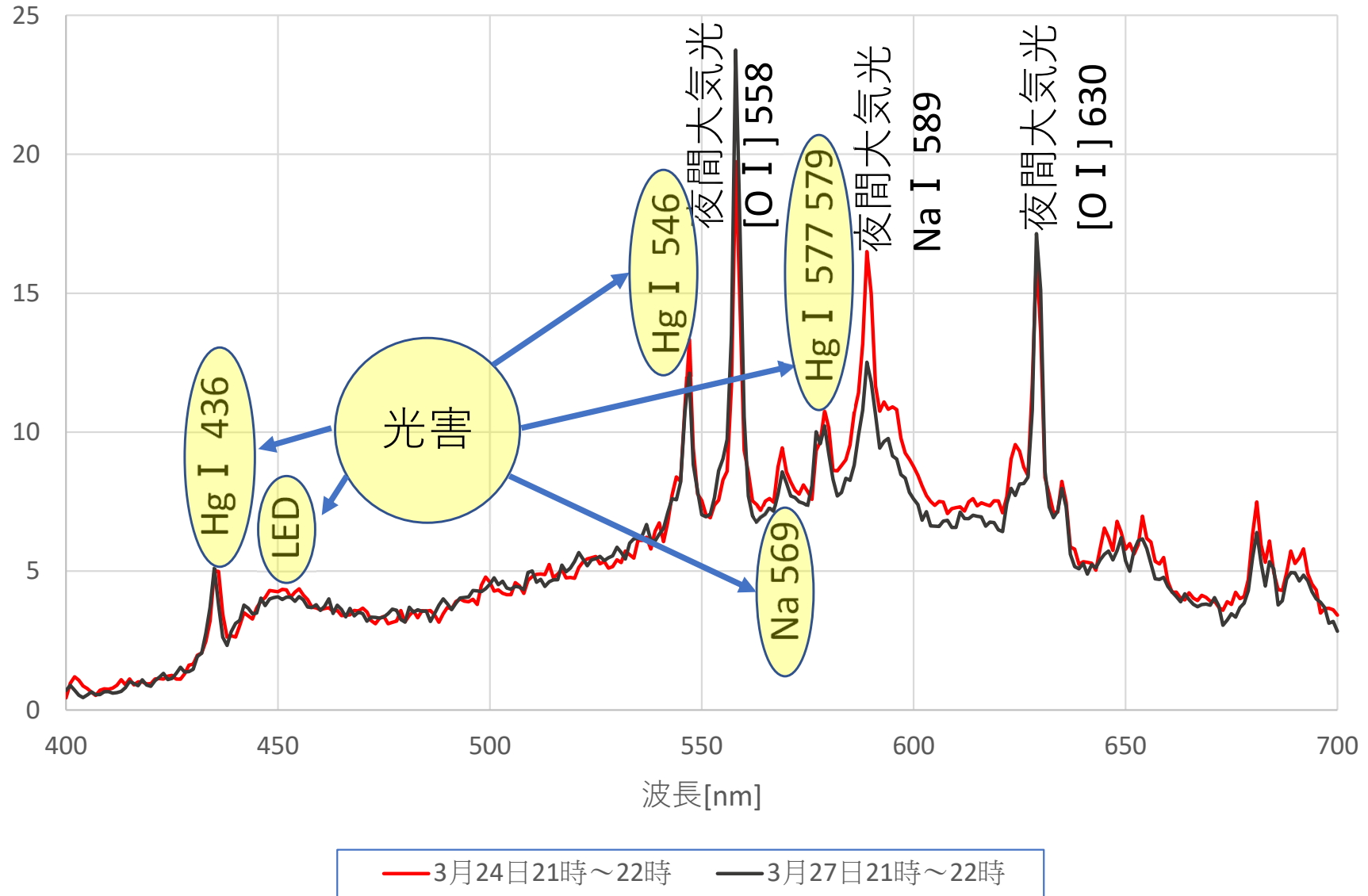
夜空の明るさ (SQM-LU-DLによる測定値)



スペクトルデータ取得と合わせてSQMで夜空の明るさを測り、比較する日時の参考とした。

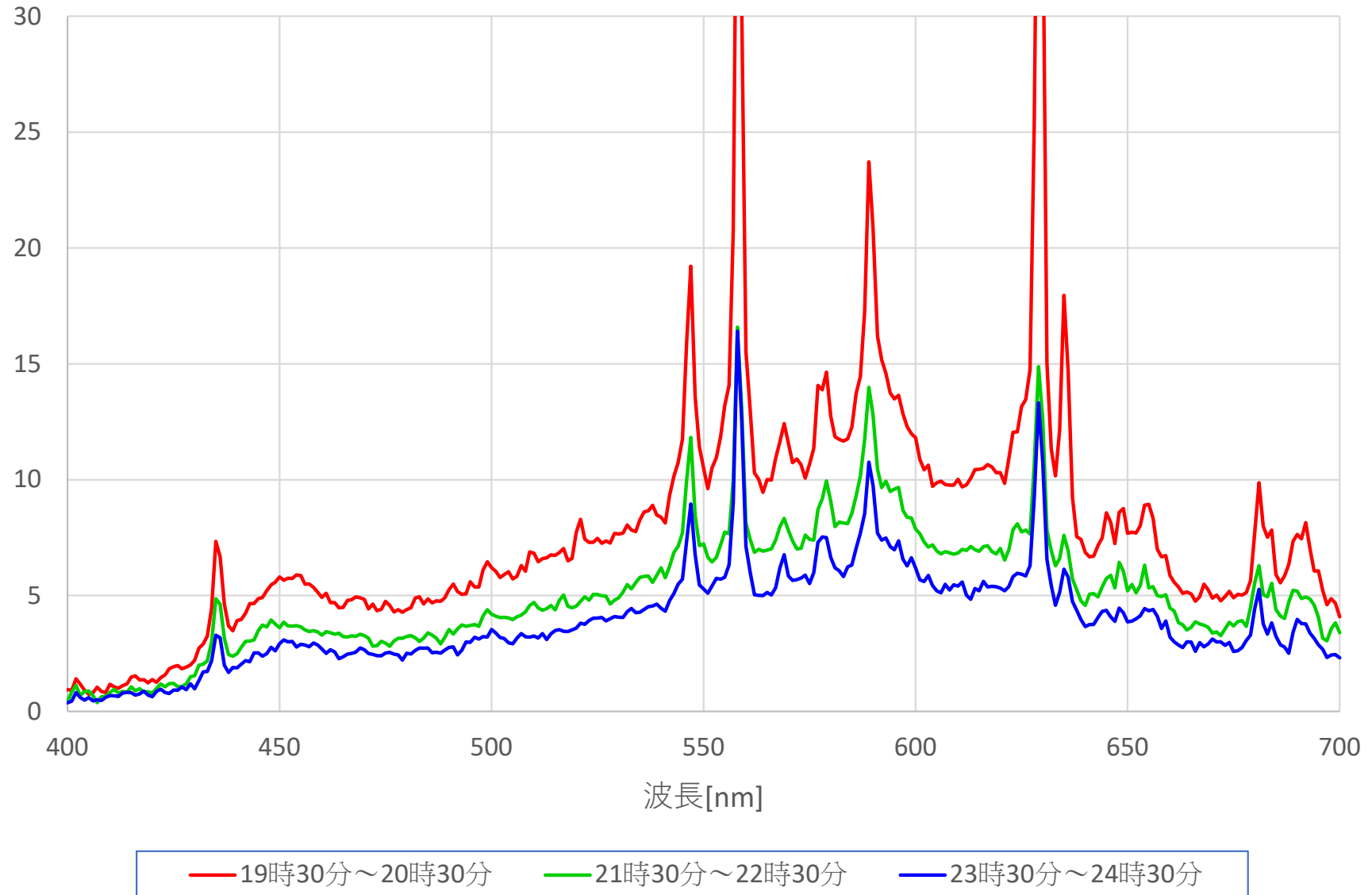
3月27日の22時以降で明るさに変化があるのは薄雲の影響と思われる。

# 明るさがほぼ同じ場合の例



夜間大気光、照明器具のHgおよびNaの輝線LEDの青色側のピークが見られる。

# 時間による変化の例（3月24日）

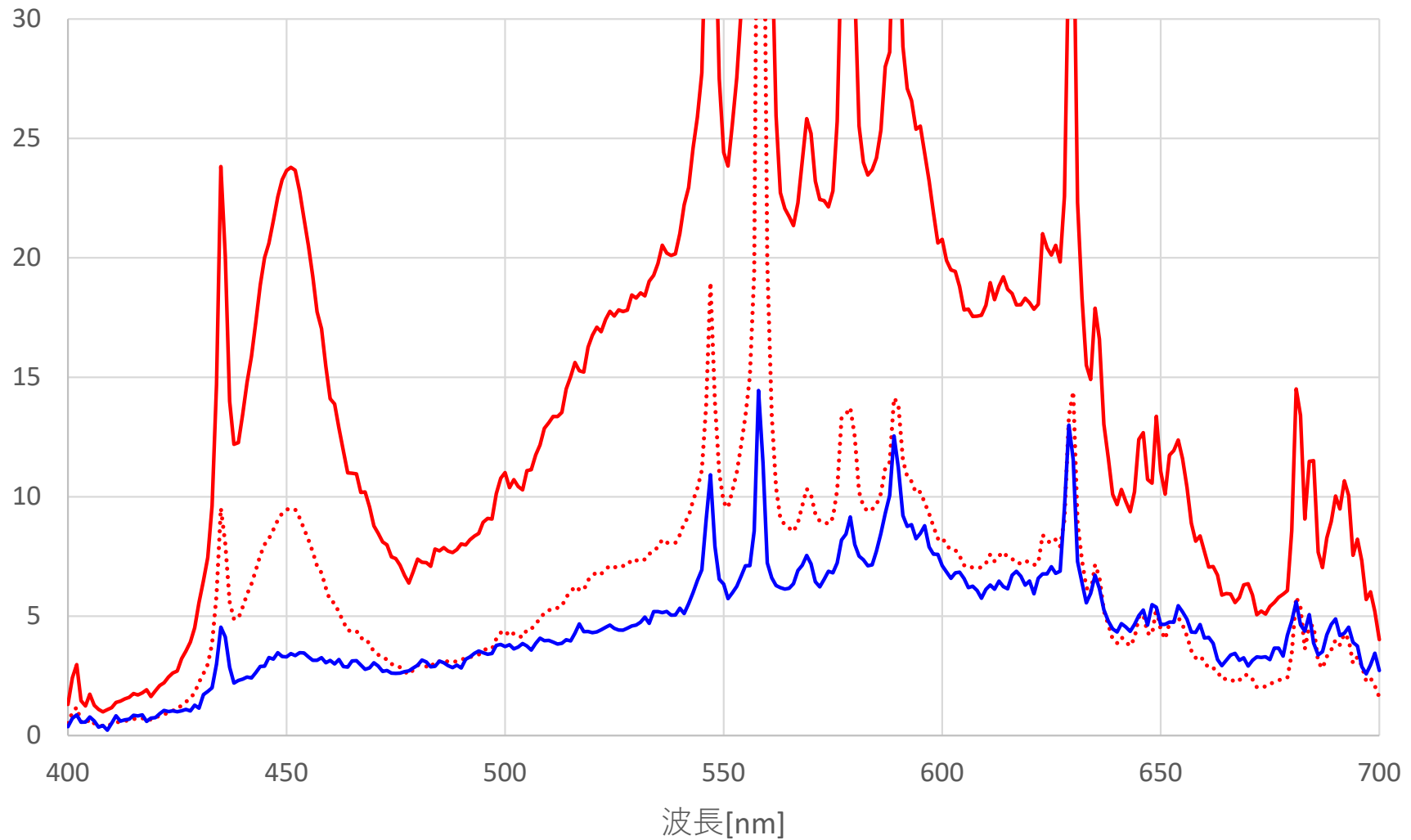


夜遅くなると暗くなるのがわかる。（SQM測定値21.3→21.9）



# 木曾町福島での観測例

# 木曾町役場駐車場と開田高原の比較



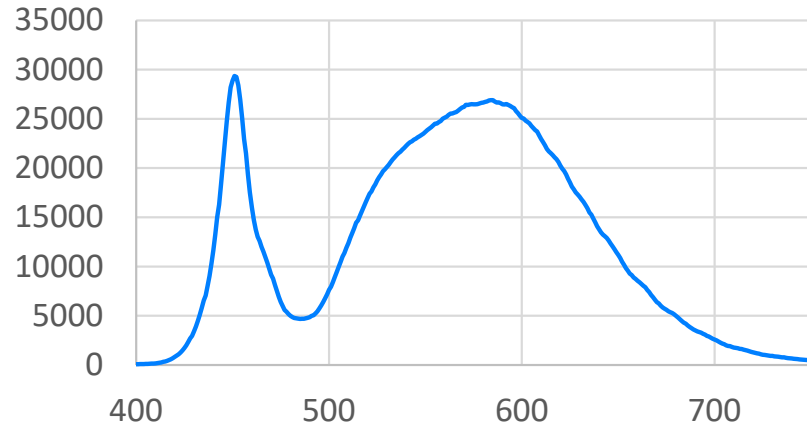
— 木曾町福島    ..... 福島 ÷ 2.5    — 木曾町開田高原

木曾町役場のSQM-Lでの測定値は約1等級明るい20.8。(測定は22時～23時。)  
約1等級の差なので福島を2.5で割ったものと比較してみた。  
開田高原との比較では白色LED(約450nmのピーク)と水銀は福島が強い。

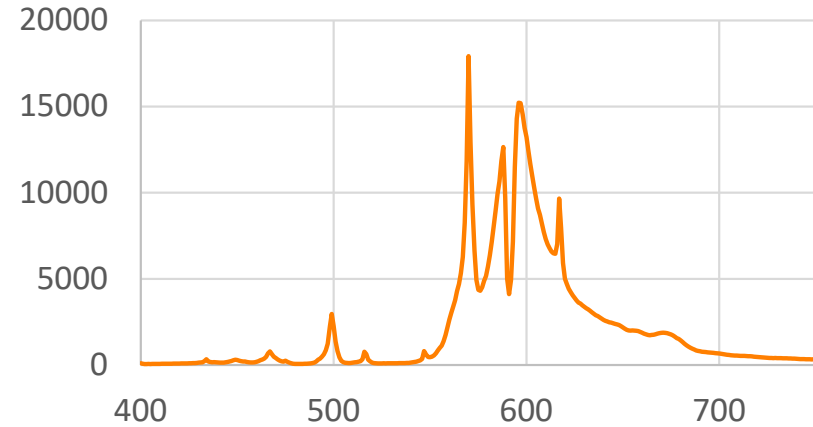
# 各種光源による 夜空のスペクトルの再現

# 開田、王滝の屋外照明の例

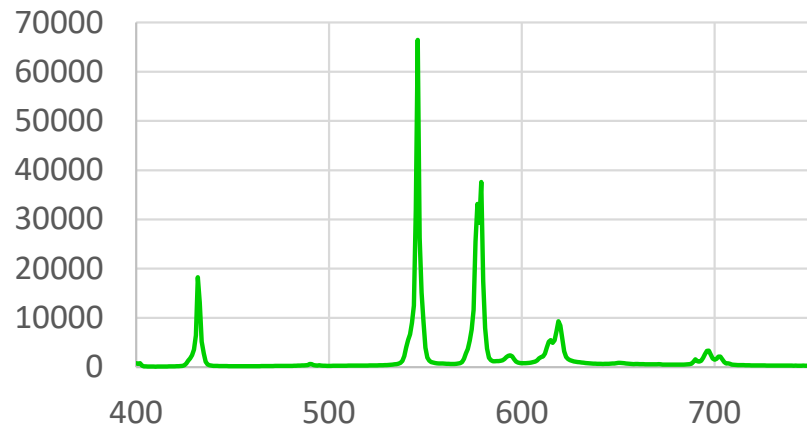
白色LED



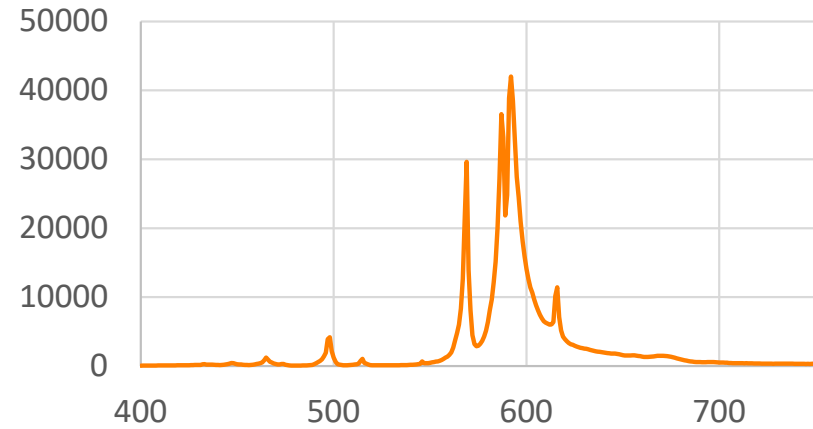
高圧ナトリウム（高演色）



水銀灯



高圧ナトリウム



白色LEDは機種によってはピークの位置が異なるものもある。

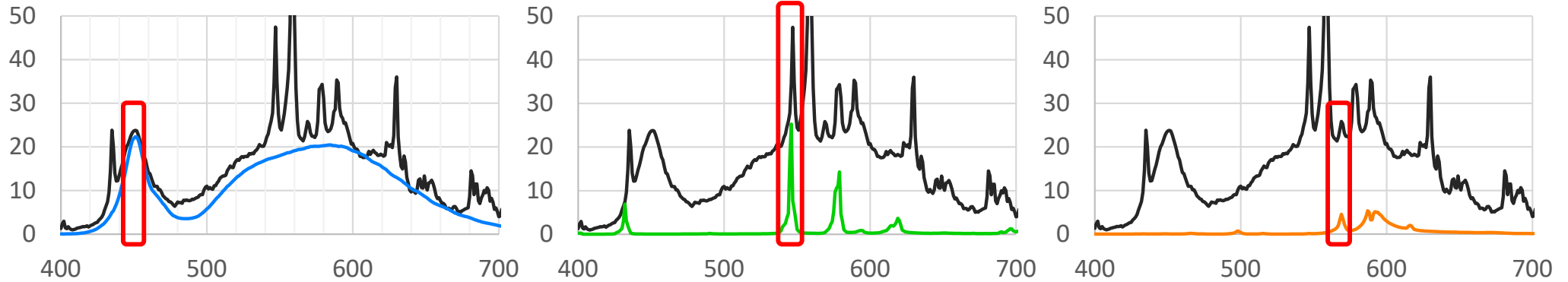


# 木曾町福島の実測と合成

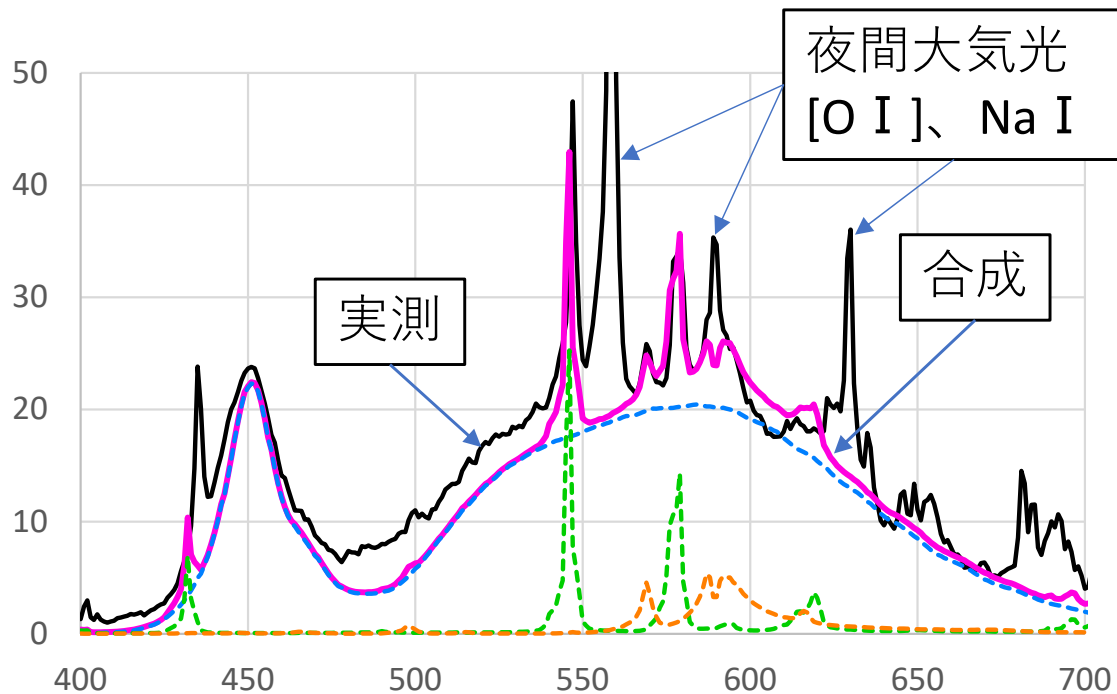
白色LED

水銀

高圧ナトリウム



□で囲った部分の実測値に合うように光源の強度を調整。



木曾町福島の場合、夜空を明るくしている原因の大部分は白色LEDと思われる。LEDは相関色温度・機種によって分光分布が異なる。木曾町福島で多く使用されている器具のデータを用いればもう少し一致すると考えられる。

# 今後の予定

## 測定場所の追加

- 木曾観測所
- 王滝

## 測定方法の検討

- 望遠鏡等を用いたより狭い範囲を対象とした測定
- 撮影条件（露出時間、ビニング、ゲイン）

## 光源のデータ追加

# 参考資料

## 書籍

夜間大気光のふしぎ 著者：塩川和夫 鈴木臣

あなたもできるデジカメ天文学 “マカリ”パーフェクト・マニュアル  
鈴木文二・洞口俊博編

## インターネット上のドキュメント

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  
<http://www.nature.museum.city.fukui.fukui.jp/shuppan/kenpou/67/67-11-20.pdf>

岡山天体物理観測所の夜光スペクトル  
<https://www.subarutelescope.org/staff/miye/papers/wabun/199111%20NightSpectrum.pdf>

美星天文台 101cm 望遠鏡 IRAF による分光データ整約のすすめ  
<https://www.bao.city.ibara.okayama.jp/wp-content/uploads/2020/01/irafspbao0505.pdf>

Observation of the airglow from the ISS by the IMAP mission  
<http://step0ku.kugi.kyoto-u.ac.jp/~akiya/prefiles/20130313.pdf>

デジカメ星空診断ハンドブック  
[http://www.env.go.jp/air/life/light\\_poll/star\\_h29\\_2/04\\_ref3-1\\_handbook.pdf](http://www.env.go.jp/air/life/light_poll/star_h29_2/04_ref3-1_handbook.pdf)