

# 「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさ2011-2020

— 函館は夜景も星も美しい? —

## 遺愛女子中学校・高等学校地学部

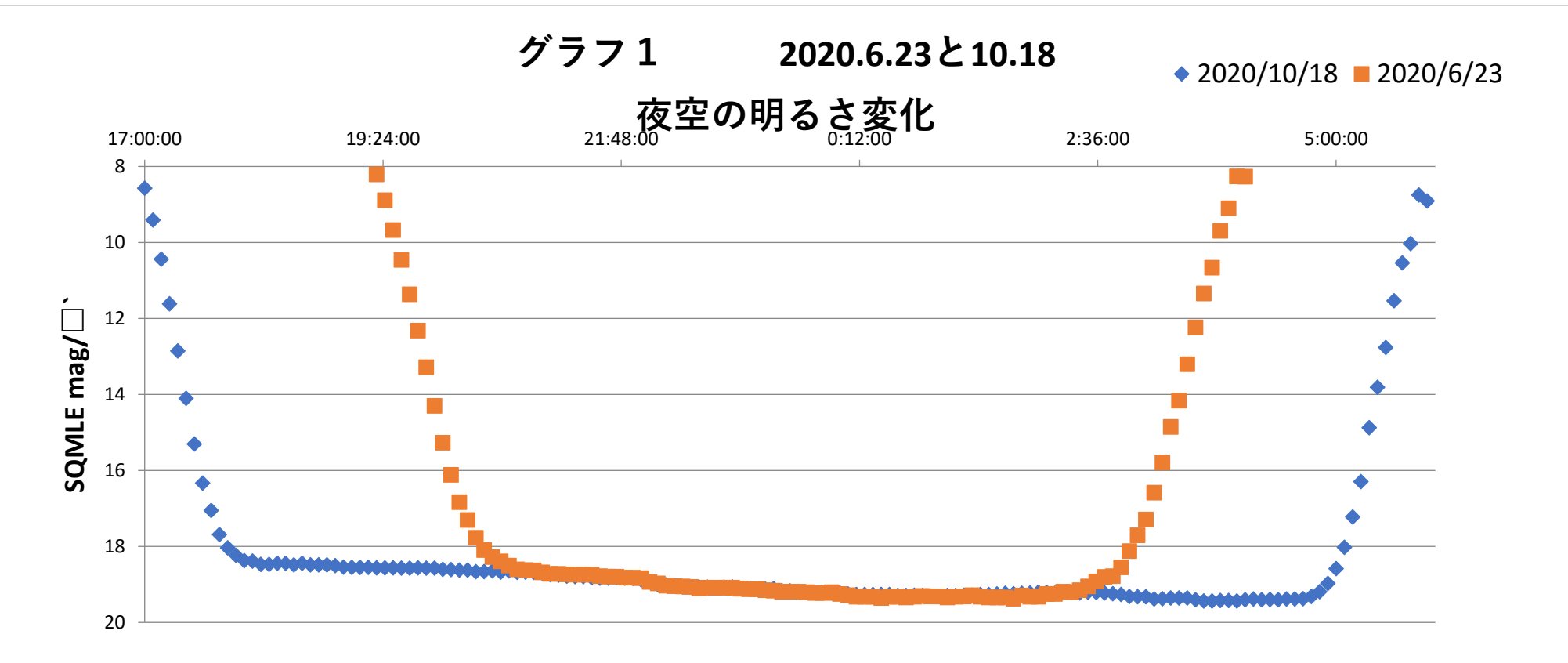
米澤 奈々珈、阿部 千晶 (高1)、石川 凜、奥山 摩耶、森田 結菜 (中3) 佐藤 コリ (中1)

### はじめに

私たちのクラブは 2011年から愛知県立一宮高校の「全国一斉夜空の明るさ観測」に参加して、SQML/SQMLEによる夜空の明るさ観測を継続してきた。2015年にはそれまでの定点観測、移動観測、2012年の同時多点観測の結果と、目でたしかめた星の見え方をもとに、函館周辺星空マップを作製した。2016年からは中学生部員が先輩たちから引き継いで3年間観測をし、2019年4月からは私たちがさらに引き継いで観測を続けたが、昨年の結果では18年までの定点観測よりも夜空が明るい結果が得られた。しかし、今年度は逆に暗くなった結果が得られている。「ひかりのまち・函館」はどう変化したのか、写真測光も行って検討する。

### 夜空の明るさとは

大気中に漂うちりや水蒸気などエアロゾルに地上から灯火が反射して生じる明るさ。星の等級と同じ単位であらわす。LEが記録した値は薄明終了後次第に暗くなり、周囲の光源が消灯すると階段状に暗くなって夜明け前が最も暗い。この結果は夜空の明るさが人間の生活によるものだと示す。



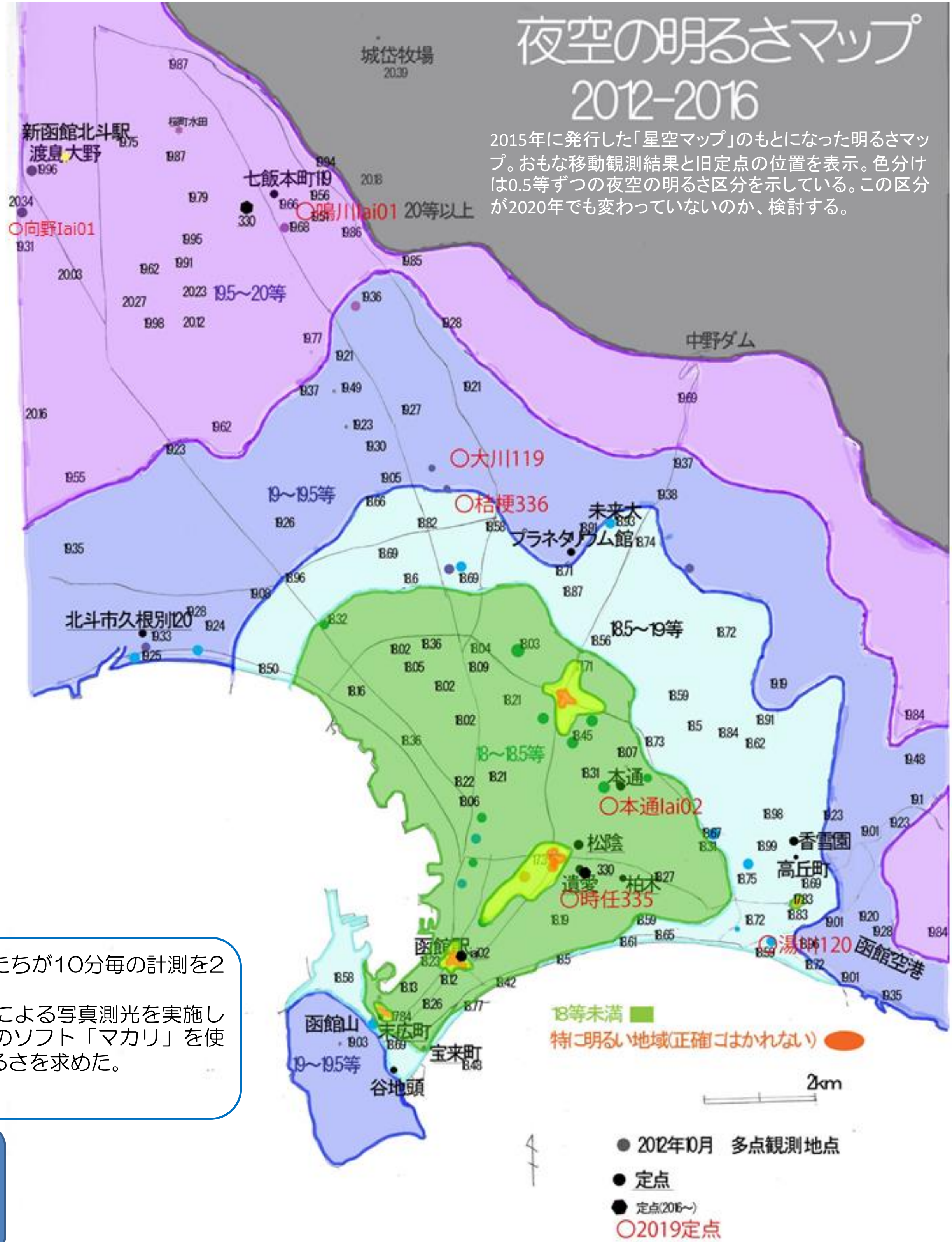
#### SQML/SQMLEの測定原理

カナダのユニードロン社製の測定器で、単素子のフォトダイオード(TAOS TSL237)を使用して1平方秒角あたりの光子を測定し、星の明るさと同じ「等級」(1平方秒角あたりの等級)で表示する。  
測光範囲が20°で広いので、周囲の灯火の影響を受けやすい。

### 観測方法

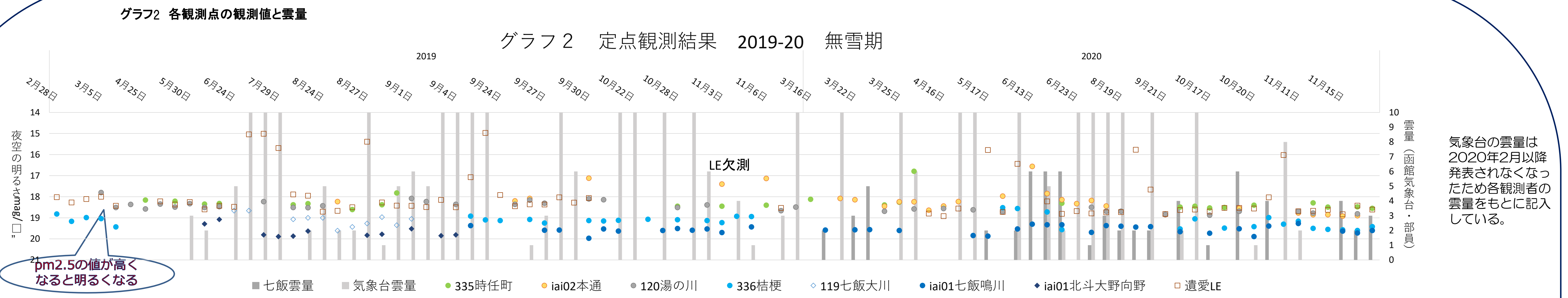
観測は各定点で、下弦から上弦までの月がない期間の21時前後(薄明終了後1時間後以降)に行い、天頂にSQMLを向け5回スイッチを押してその中央値をもとめ、個体差を補正した。  
学校の体育館テラスで5分毎の自動観測を継続しているSQMLEの測定結果をもとに10分ごとの変化率を得て、21時の値に時間補正した。(グラフ1・6)。変化率は学校周辺など18等以上の地域では10分で約0.03、19等以上の地域では

0.02として計算した。19等以上の地域では、過去に先輩たちが10分毎の計測を2時間近く行った結果をもとにした。  
このほか、各定点とその周辺でデジタル一眼レフカメラによる写真測光を実施した。天頂を撮影したRAW画像をfitsに変換し、国立天文台のソフト「マカリ」を使用して標準星とバックグラウンドを比較測光し、夜空の明るさを求めた。



## 1 観測結果. ひかりのまち・函館 SQML/SQMLE定点観測結果

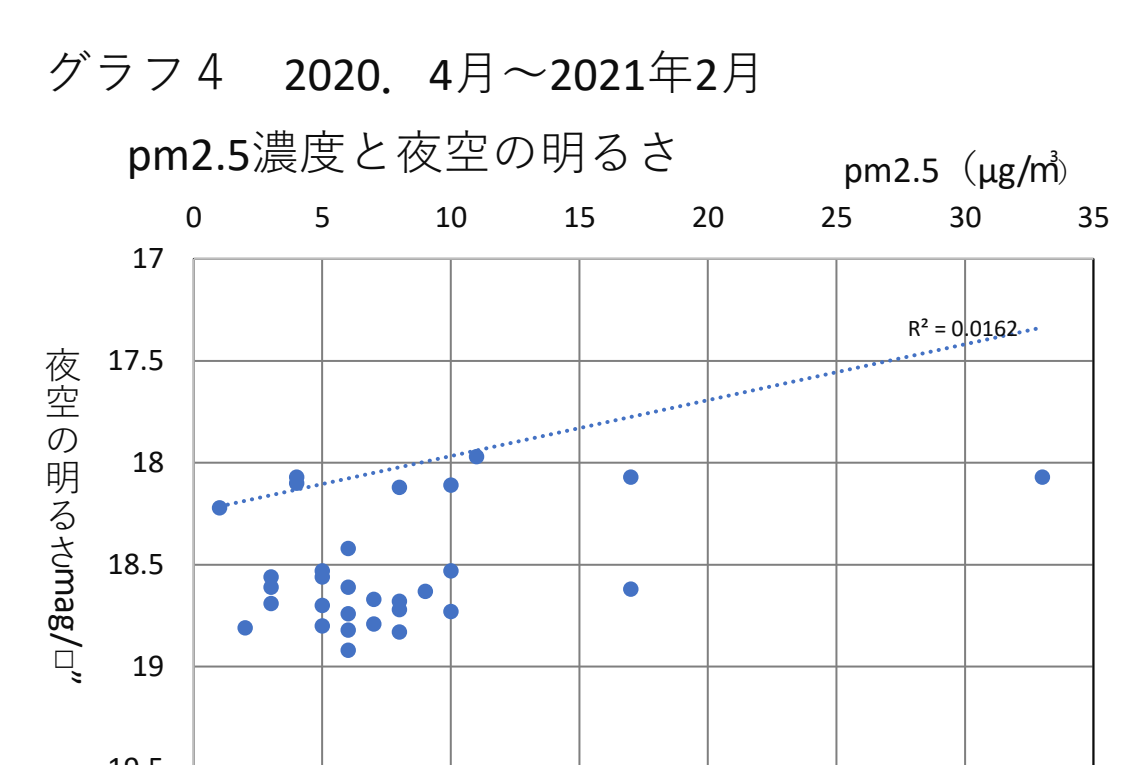
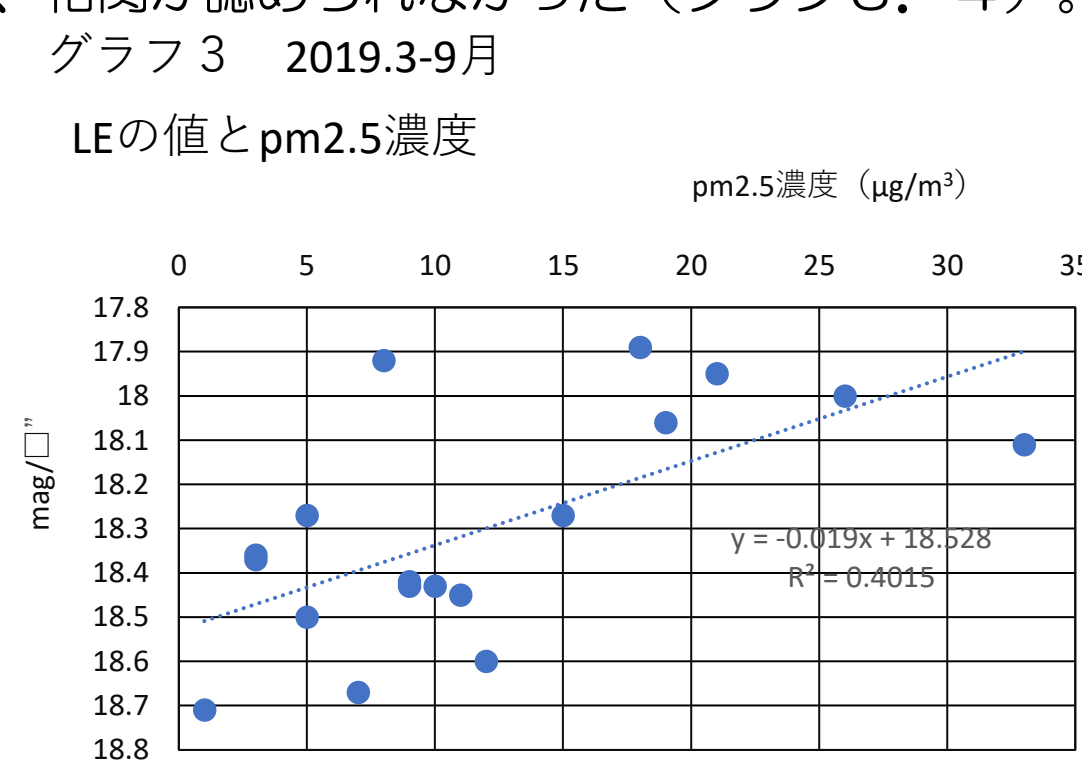
### 2019年度~20年度 夜空の明るさ定点観測結果 無雪期 21時の値に補正



気象台の雲量は2020年2月以降発表されなくなったため各観測者の雲量をもとに記入している。

昨年度の検討結果から各定点の観測値は、雲量4以下の観測値がそれぞれ一定に近いことから、雲量4以下の結果を上記のグラフに示した。七飯町、北斗市の定点と函館市内の定点では20km近く離れており、全域が快晴になるような日が少ないため雲量が一致しないことが多く、市内では曇っているも、北斗市や七飯町では晴れていることもあった。同じ市内でも、各定点の雲量が同じにならないことも多かった。  
観測結果には観測時刻のずれによる差が含まれているが今年度はできる限りその点を小さくした。また灯火の影響を受けやすい観測点が多いことが昨年度の結果からわかったため、その点でも観測場

所をできるだけ灯火の影響を直接受けにくい場所へ多少の変更を行った。  
学校に設置したSQMLEの値(雲量4以下)と市内で観測された大気汚染物質pm2.5の濃度を比較すると、昨年度は弱い相関があったが、今年度の結果では、黄砂が飛来した時期と観測期間がかさならなかったこともあり、相関が認められなかった(グラフ3、4)。



### 2020年 3月以降の観測結果 経済活動自粛によって 夜空は暗くなった?

表1 星空マップ(夜空の明るさマップ)の区域と定点観測値(2016-20)

2015星空マップでの区域分け	2016-18 (無雪期平均・最高値)	2019 3月-11月 (無雪期平均・最高値)	2020 3月-11月 (無雪期平均・最高値)
18等未満	松風(17.35)max 18.03		
18.0-18.5	人見(18.40・max18.64) 遺愛LE(18.37・max18.9)	時任335(18.32・18.61) 遺愛LE(17.84・18.71) 本通102(17.69・18.23)	時任335(18.30・18.55) 遺愛LE(18.32・18.92) 本通102(18.35・18.92)
18.5-19	湯川120(18.63)max19.04	湯川120(18.36・18.66) 桔梗336(19.10・19.43)	湯川120(18.69・18.88) 桔梗336(19.26・19.60)
19-19.5		大川119(8月まで) (19.10・19.61)	
19.5-20	七飯本町2017まで(19.52) max 20.1 北斗市向野 (19.80)max20.2	七飯鳴川 101 9月~ (19.59・19.97) 北斗市向野 101~9月 (19.67・19.89)	七飯鳴川101 (19.56・19.89)

表2 2020年の定点観測最高値

	2020年3-8月			2020年9-11月		
	最高値	日付	4-5月平均	最高値	日付	10-11月平均
遺愛LE	18.8	4/16	18.62	18.82	9/21	18.39
335時任町	18.46	4/16	18.46	18.55	11/17	18.47
102本通	18.64	4/15	18.32	18.92	11/15	18.81
120湯の川	18.71	5/23	18.63	18.88	10/17	18.77
336桔梗	19.56	6/17	18.54	19.6	11/16	19.38
101七飯鳴川	19.87	5/17	19.75	19.89	10/20	19.60

昨年度末から今年度始めは新型コロナウイルス感染症対策のため臨時休校が続き、社会の経済活動も一時的に自粛となった。  
その期間にも部員は測定を続けて集計したが、全体に昨年度より、暗い値が多くなった。とくに、本通、桔梗の定点が暗くなり、時任町、鳴川は昨年と大きな変化はなかった。

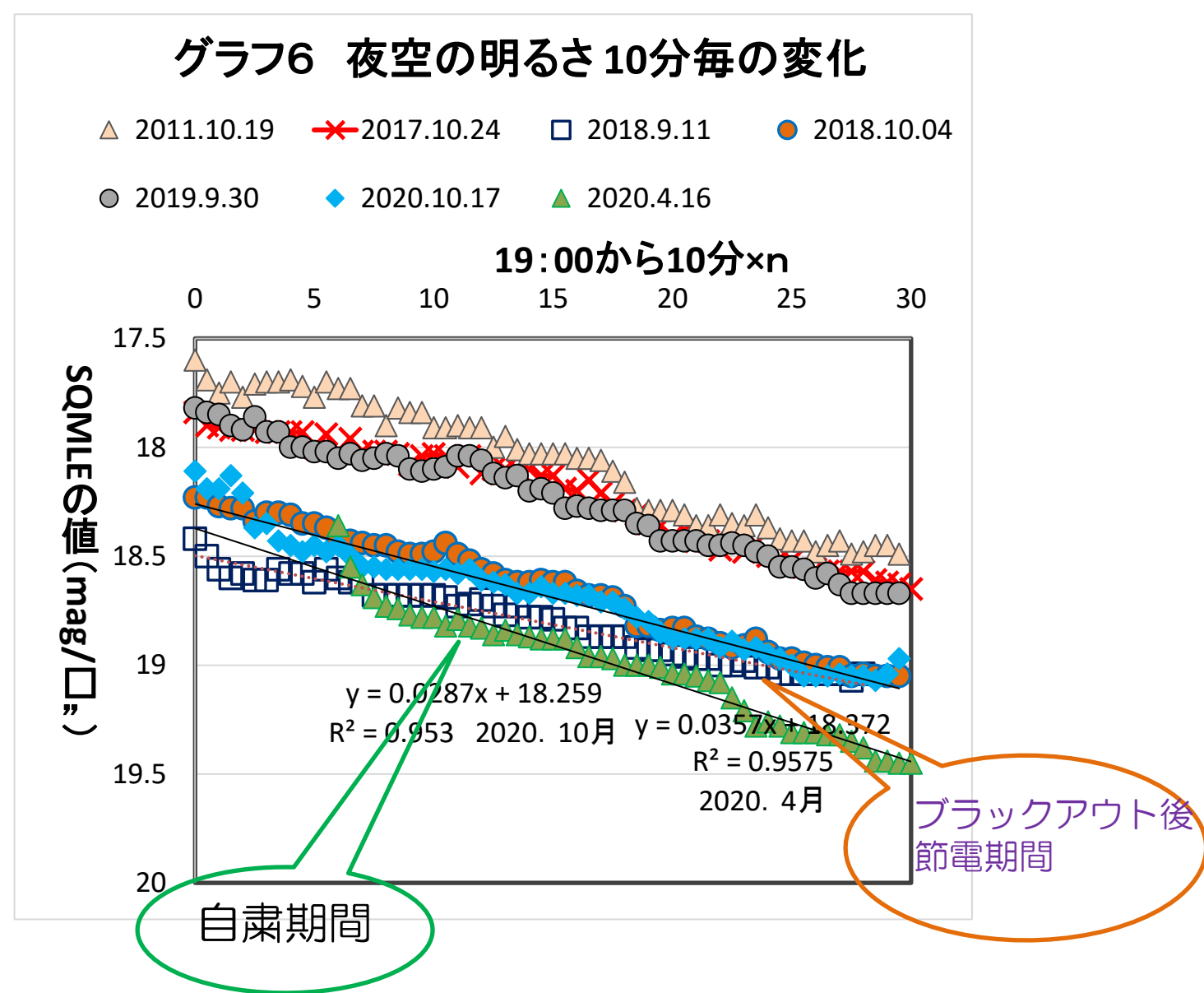
各定点での8月までの最高値はすべて4-5月、6月の明るい商業施設が閉店

もしくは営業短縮期間中に記録された。しかし、9月以降の観測値は「経済活動自粛期間」よりもさらに暗い結果になった。結果としては、10-11月の晴天時平均値が4-5月より暗く、とくに、桔梗など「星空マップ」の夜空の明るさ区分では18.5等以上の地域の一部で、19等以上になり、学校周辺の本通では18等前後の地域の一部で18.5等以上になった。



## SQMLE 時間変化率の変化

SQMLEが自動で記録した夜空の明るさの変化(グラフ6)を見ると、観測開始当時から周囲の光環境の変化が推測できる。2011年には明るかったが、その後節電が始まってやや暗くなり、2018年胆振東部地震によるブラックアウト後は、最高に暗くなり、時間ごとの変化率も小さくなった。2020年は4月の休校期間以降、18年10月なみに暗くなったが、2020年の休校中に工事のため壁に囲まれてしまい、その影響が大きいとみられる。



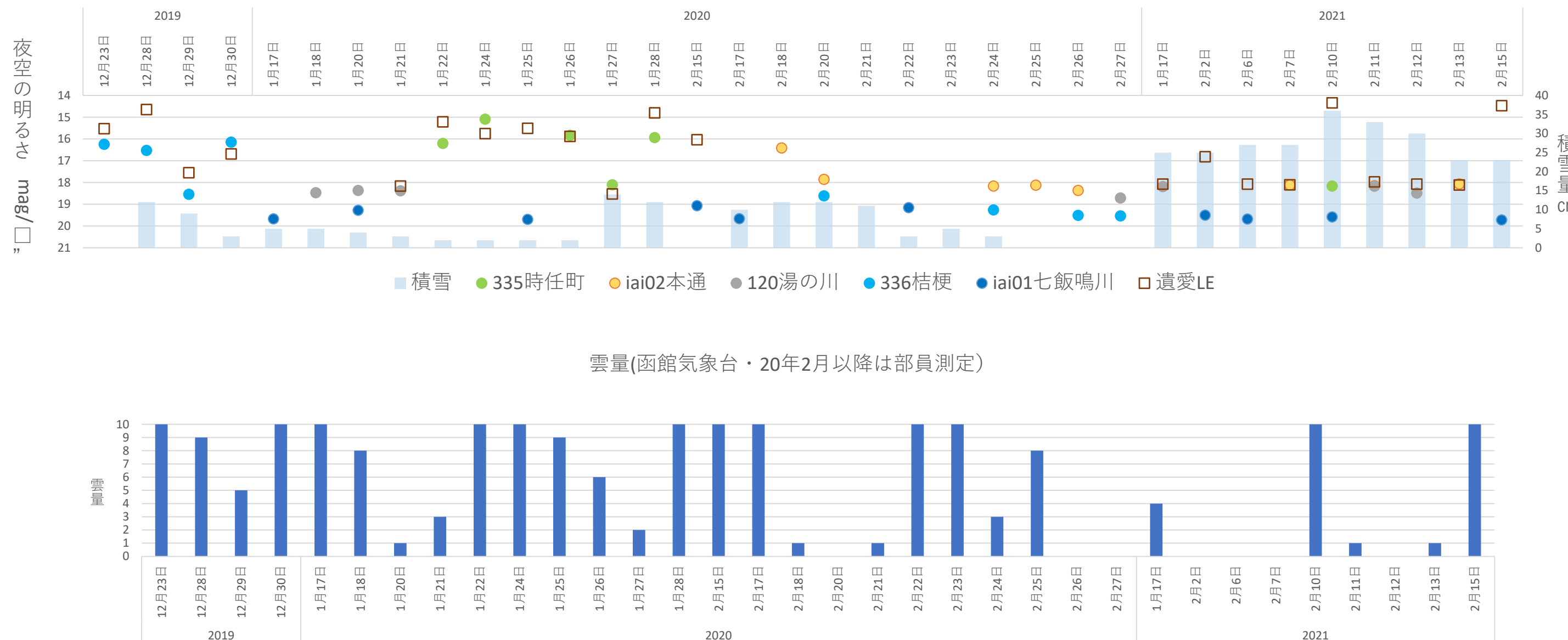
## SQMLE周辺の環境変化

本校の「本館」(国の重要文化財・明治時代の木造校舎)改修に伴い、体育館テラスに設置したLEが、COVID19感染拡大防止のための臨時休校期間中に、本館の周りを覆う外壁の陰になってしまっていた。5月にテラス北側に移転させ、さらに、足場ができた10月に、足場の上へ移転した。10月以降は、東西方向がおよそ40°の視野に限られ、周りがオープンな状態だった時期と比べると、0.5等近く暗くなった。



## 積雪期の観測結果 厳冬 少しだけ明るい? 21時の値に補正

グラフ7 冬期間の夜空の明るさ 2019-21



例年、積雪の多い時期の夜空の明るさは0.5等以上明るくなり、上空の水晶雲や、地表の積雪による反射の影響と考えると、昨年は暖冬で、2月下旬には春の空になってしまい、無雪期の値に戻った。今年の冬は厳冬で積雪も多く、天候が悪くて観測できない日が多かったが、2月に晴れたときにはやや、明るくなる傾向が見られた。2月中旬には移動性高気圧による晴天があったが、無雪期よりは明るい値だった。

## 写真測光結果 無雪期 21時の値に補正

写真測光: 使用カメラ=EOS kiss X50 50mm F=5.6 ASA=800 30秒露出 顧問が撮影。RAW画像をFitsに変換し、「マカリ」で測光した。標準星のデータはステラナビゲーターで調べた。1カ所につき2枚程度の画像を使い、二人以上で測光し、ばらつき(最大)最小を調べた。求めた値は時間変化率を考慮して21時の値に補正した。2015年の先輩たちが残した記録があったので、比較してみると、季節は異なるが、北斗市大野(新幹線駅)以外は2020年の測光結果のほうが暗かった。

観測日時	観測地点	遺愛	本通公園	松倉川	湯の浜	七飯	北斗市大野	桜町
2015年8月	SQML(LE)測光							19.44
	測光							20.34
2015年11月	SQML(LE)測光	18.07(18.12)	17.72	18.21	18.89	19.73	20.27	19.92
	測光	18.7	18.21	19.48	19.61	19.79	20.9	20.12
2020年5月	SQML(LE)測光							20.11
	測光							20.48
2020年8月	SQML(LE)測光					18.69		
	測光					19.28234		
2020年9月	SQML(LE)測光	18.61				18.95		
	測光	19.11078				19.58149		
2020年10月	SQML(LE)測光	18.51	18.55	19.42		19.77	20.03	20.46
	測光	19.07189	19.073	19.68755		20.14779	20.666226	20.77899
	max-min	0.290768	0.13477	0.080843		0.14764	0.2351266	0.249875

## 考察: 函館は夜景も星も美しい?

昨年度と比べて、定点観測の結果が暗くなった原因には、次のような点が考えられる。

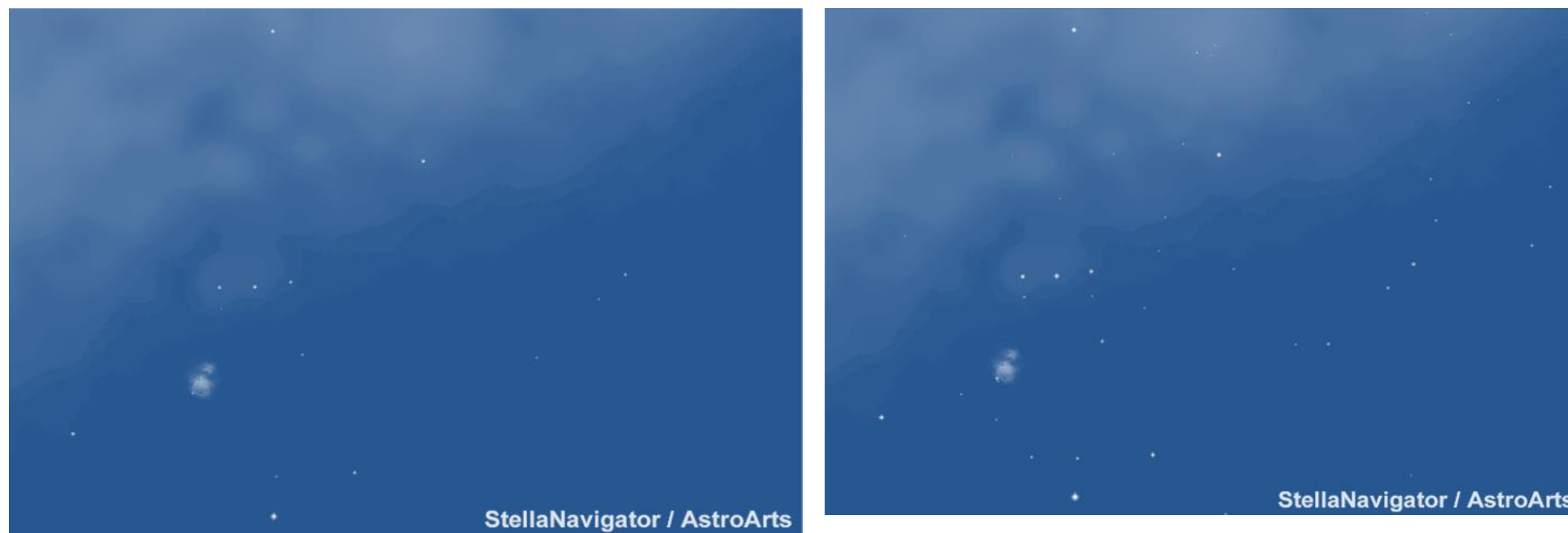
- ★ 街灯の影響を受けやすいSQMLの扱いに部員が慣れて、適格な測定ができるようになった。
- ★ 4-5月の「自粛期間」には多くの商業施設が休業して実際に街明かりが暗くなっていた。しかし9-10月には人の動きがやや活発になり、その後11月中旬から道南でCOVID19 感染者が増加して、他地域からの観光客などが減少し始めた。
- ★ 「自粛期間」以降も大型商業施設の閉店時間がCOVID19 感染拡大の影響で早くなり、周囲に明るい灯火がある場所では実際に夜空が暗くなっているのではないかと。本通では近くの大型スーパーが20時には閉店、表通りの商店も、閉店しているものが増えた。桔梗でも大型ホームセンターが早く閉店している。七飯では近くのグラウンドのナイター照明が消灯しているようになった。湯の川温泉のホテルは半分以上が閉館していた。
- ★ 一方、時任町、七飯鳴川などの住宅街で、明るい施設が特に近くにない場合はあまり変化していないのではないかと。
- ★ 4-5月の「自粛期間」の平均値は、10月-11月の平均値より少し明るいですが、これは天候の違いによる可能性がある。10-11月のほうが、晴れた日が続く、汚染物質も少なかった。
- ★ SQMLEが、周りを壁に囲まれて暗くなったことを考えると、現在も20° の範囲は確保されているが今まではそれ以上に周囲の広い部分の光を受けていたことになる。
- ★ 写真測光の結果からも、函館の夜空は2015年以降、大きく変わっていないのではないかと。夜景は少し暗くなったが、函館市内の星空は、相変わらず美しいように思う。COVID19 のために暗くなくても、あまりうれしくないが、感染終結後も美しい星空がまもられていくことを願いたい。



STVの函館山ライブカメラ画像 左は2015年。右は2020年でLED街灯が増えて明るく見えるが、大きな通りの間の小さな灯りが少ない。五稜郭のネオン街が暗くなっている。

遺愛など函館市内住宅街で18等以上の地域では灯火を避ければオリオンは4等星まで見える。

七飯町など19等後半の地域では灯火を避ければオリオンは5等星まで見える。



### 参考文献

「星空マップ」(2015)・「ひかりのまち・函館」で星空マップをつくる(2016)・「ひかりのまち・函館」の夜空は北海道新幹線開業で明るくなったのか?(2017・2018)、「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさ2016-2018(2019)、同2019(2020) 遺愛女子中学校高等学校地学部 日本天文学会ジュニアセッション講演要旨、環境省・夜空の明るさを測ってみよう 環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめくん」 <http://soramame.taiki.go.jp/> 北海道の大気環境 <http://hokkaidotaiki25.jp/> 気象庁web過去の気象データ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> 日本気象協会 tenki.jp、ステラナビゲーターVer11 アストロアーツ、星空公園 デジカメ星空診断 <https://dcdock.kodan.jp/>、夜空の明るさ学習会資料、国立天文台「マカリ」、STV函館山ライブカメラ <https://www.stv.jp/webcam/hakodate/index.html>

謝辞: 愛知県立一宮高校 地学部のみなさま、高村先生、ほか、夜空の明るさ全国一斉調査のみなさま、長いことありがとうございました。

日本天文学会ジュニアセッション世話のみなさま、2000年から20年間、お世話になりました。本校地学部はこの3月をもって、歴史を閉じることになりました。今までのご助言、ご支援 に深く感謝申し上げます。