

「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさ2019

—ひかりのまちの夜空は明るくなったのか?—

遺愛女子中学校地学部

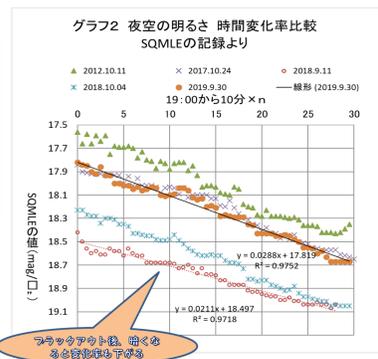
米澤 奈々珈 (中3)、奥山 摩耶、石川 凜、森田 結菜 (中2)

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。その後、中学生部員が先輩たちから引き継いで3年間観測をし、昨年は2018年9月の胆振東部地震時の停電とその後の節電期間で夜空は暗くなったことについて報告した。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、昨年までの定点観測よりも夜空が明るくなった結果が得られた。「ひかりのまち・函館」は本当に明るくなったのか、この1年間の観測をふりかえり検討した。

夜空の明るさとは

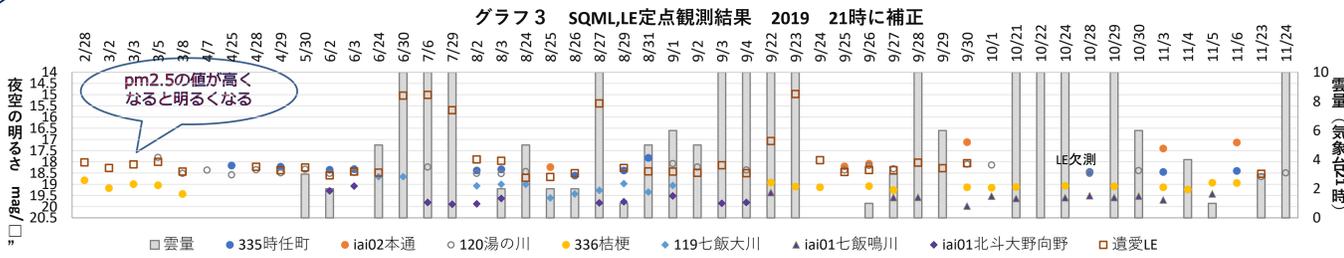
大気中に漂うちりや水蒸気などエアロゾルに地上から灯火が反射して生じる明るさ。星の等級と同じ単位であらわす。LEが記録した値は薄明終了後次第に暗くなり、周囲の光源が消灯すると階段状に暗くなって夜明け前が最も暗い。この結果は夜空の明るさが人間の生活によるものだけを示す。



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。また、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2)。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。2018年胆振東部地震のブラックアウトとその後の節電期間でも灯火が減り夜空が暗くなると変化率も小さくなった(グラフ2)。

観測結果. ひかりのまち・函館 SQML/SQMLE定点観測結果



各定点の観測値を雲量と比較すると、雲量0~3、4の時の観測値がそれぞれ一定に近いことから(グラフ5)雲量0~3・4の時の結果を上グラフに示した。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、市内では曇っていても、北斗市や七飯町では晴れていることもあった。

また、全員がそろって観測した日も少なく、観測時間が大きくずれていたために雲量が変わってしまうこともあった。観測結果には地域差や、観測時刻のずれによる差が含まれている。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、弱い相関がある(グラフ4)。

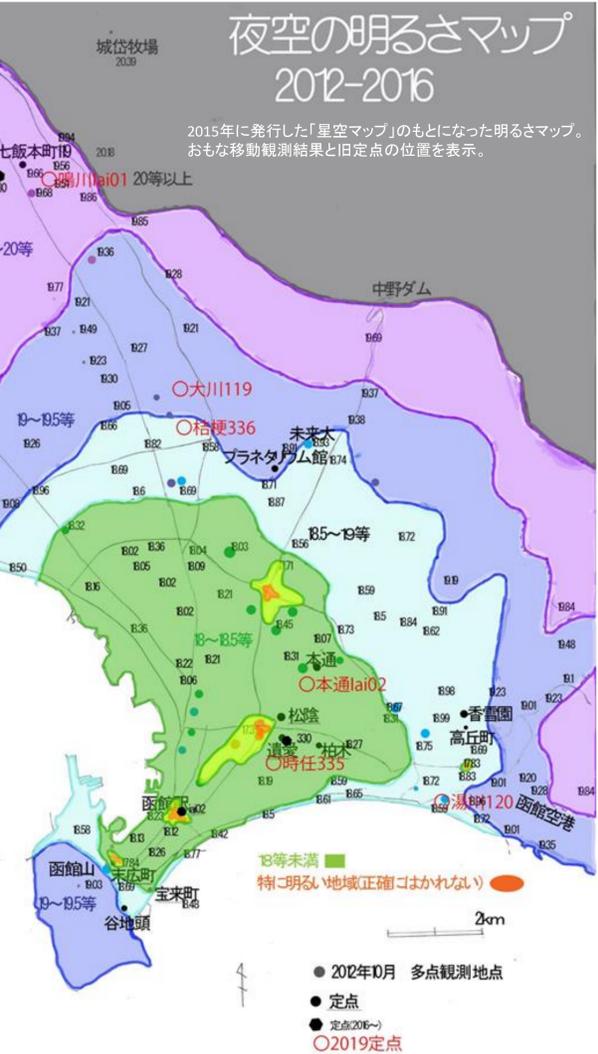
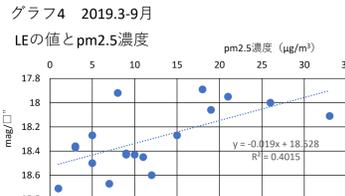


表1 星空マップ(夜空の明るさマップ)の区域と定点観測値

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)
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) 遺愛LE(18.31) 本通iai02(17.69)
18.5-19	湯川120(18.63)max19.04	湯川120(18.36) 桔梗336(19.10)
19-19.5		大川119(8月まで)(19.10)
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 iai01 9月~(19.59) 北斗市向野 iai01~9月 (19.67)

2015年に公表した「星空マップ」の区域ごとの夜空の明るさは、その後2018年まで地震による停電をのぞき大きくは変化しなかった。2019年春から私たちが観測を引き継いだら、平均値を見ると今までよりやや明るい結果になった。特に、本通と湯川が、1段階明るい値になっている。

グラフ5 各観測点の観測値と雲量

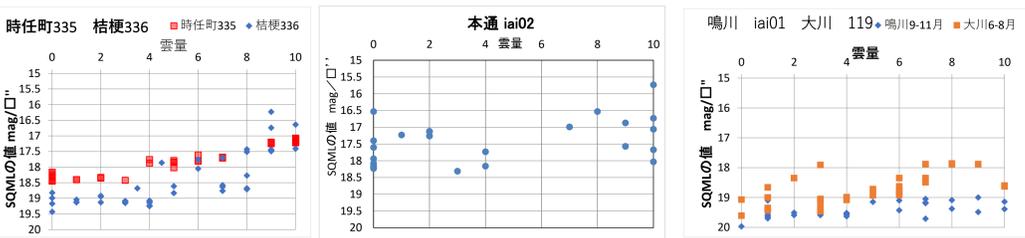


表2: 2019年新定点の観測最高値とLEの値(無雪期)

観測点	学校(LE)	時任	本通	桔梗	大川	鳴川
最高値の日付と観測値	3/8 18.48			3/8 19.43		
	8/25 18.67		8/25 18.23		8/25 19.61	
	8/26 18.5	8/26 18.61				
	9/30 18.06					9/30 19.97

考察1 「ひかりのまち」は明るくなったのか? 新定点のひかり環境と測定値

新定点の観測環境 昨年までの測定値より明るい結果が得られたのは、本当に函館の空が明るくなったためなのか、新定点の周囲の環境を検討した。昨年までの地域の値より明るくなった地点では、それぞれ周囲の灯火の影響が大きいことがわかった。

写真はGoogle Earthによる



時任町 学校から400m弱、旧定点から200mだが、旧定点が2階テラスで観測し灯火の影響が少なかったのに対し、新定点では周りの住宅と街灯の灯火の影響がある。

湯川 顧問が測定している川の土手だが、高齢者福祉施設ができ、階段、居室の電気が消えない。約0.2等明るくなった原因は、この灯火の影響ではないかと考えられる。



本通 小公園内で観測しているが、街灯が複数ある。雲量が同程度でも、測定値のばらつきが大きい(グラフ5)ことから、観測位置が少しずれただけでも、街灯の影響が大きくなる可能性があるのではないか、と推定した。今後現地で実験して詳細を調べたい。



桔梗 裏の畑の角に明るい街灯が一つあるが、他の観測点と比べると灯火の影響が少なく、値は安定している。大川の観測点から南東へ約1kmで、近いが、大川より暗い。



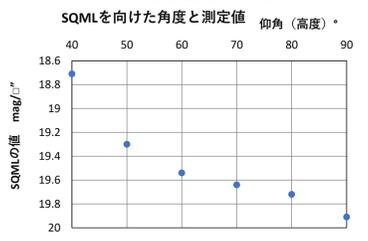
大川 8月まで観測。畑や樹林が多い地域だが、住宅街は道路が網の目状にひろがり、街灯が多い。桔梗より市街地から1km離れているが明るい結果になったのは街灯の影響ではないか。



鳴川 住宅街でも天の川が見える暗い空のはずだが、自宅前には強力な街灯が2種類ある。傾けると影響がさらに大きくなる。大川から9月に移転したが、大川でも鳴川でもSQMLを天頂に向けず、傾けて計測していた。同じ日に、200m離れた灯火の少ない地点で天頂を測った値と、傾角によって値がどの程度変わるのかを実験した結果(グラフ6)から、測定値を補正した。



グラフ6 七飯町鳴川観測点での実験

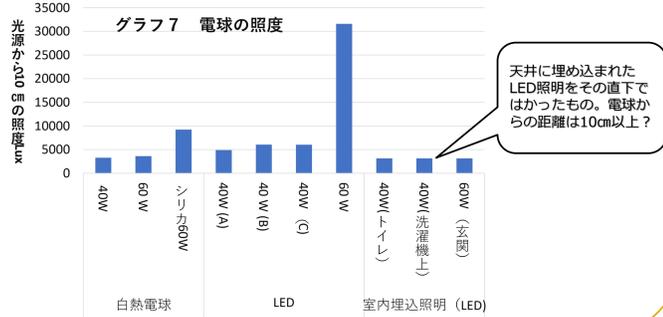


考察2 LEDの街灯は明るい！

暗室でLED電球の照度を測定

12月から1月の夕方、写真部の暗室で、光源から10cmの距離にデジタル照度計をおき、照度を測定した。その結果、白熱電球と比較してLEDのほうが、同じw数でも照度が大きいことがわかった。LED照明が増えてきているが、消費電力が小さくても、明るさは強烈であることがわかった。校外の電灯の明るさや、実験室内を暗くして距離を離していきながら照度がどの程度減少するかも調べる予定だったが、残念ながら、休校になってしまい、実験できなかった。

空全体が明るくなっていないとしても、近くの強烈なLED街灯の光を拾ってしまうと明るい結果になるのではないかと？街灯の数も、白熱電球の時代より増えているようだ。

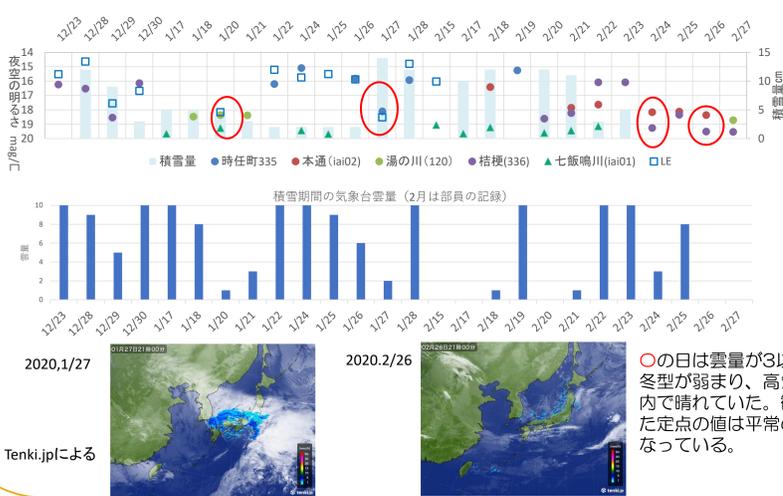


考察4 積雪期なのに夜空が明るくならない？

冬の夜空が明るくならない・・・暖冬の結果

例年、積雪期には夜空の値が1等近く明るくなり、先輩たちは暗室実験などをもとに、積雪による散乱反射が原因では、としていたが、この冬記録的に積雪が少なく、2月下旬には春の空になり、通常の明るさに戻った。冬の夜空が明るくなる原因は積雪の影響と、上空大気の状態に原因があると考えられる。

グラフ10 冬期間各定点の観測値と積雪



考察3 SQML個体差の変化、SQMLEの変化

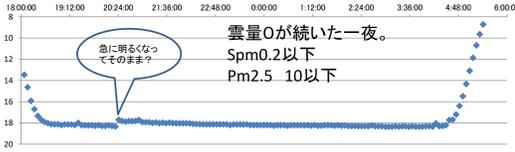
暗室でSQMLを比較測定（グラフ8）

2011年に一宮高校から貸し出されたSQMLは、個体差がもたれており、個体差補正ができるようになっていた。その後貸していただいたものや、遺愛で購入したものについては、個体差のわかっていないSQMLと同時に測定して、個体差をもとめてきた。暗室で12月～1月に再度、個体差がわかっている120と比較測定してみたところ、昨年と比べて測定値が変わっているのでは？（値が120より暗くなっている？最も古い120が明るくなった？）と思われる結果になった。昨年までは屋外でも実験していたが、今回は室内のみであったので、今後同じ条件で測定を続けてみたい。

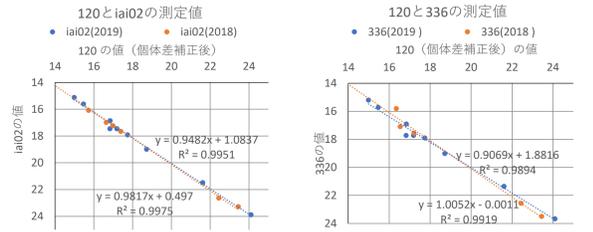
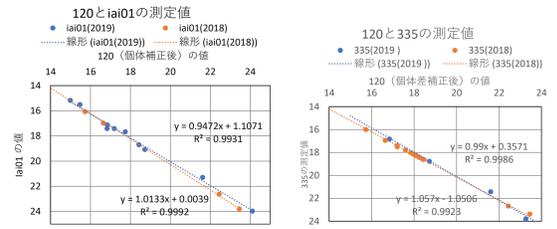
SQMLEの状態も変化？

体育館テラスに設置して24時間自動観測を行っているLEも、8年が経過し、欠測が目立つようになった（電源喪失、PCの不調が主な原因）が、測定値自体も、時々突然明るくなる、などの変化がみられる（グラフ9）。ほぼ同じ空を測っているSQML335の値とのずれも大きくなり始めた。同時比較測定を実施する予定だったが、これもできていない。今後の課題である。

グラフ9 LEの記録 2019/09/24



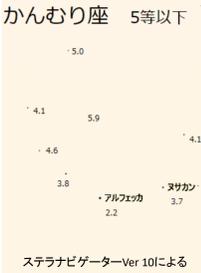
グラフ8 SQMLの測定値比較（値はすべてmag/〇、近似曲線の式は上=2019年、下=2018年の結果）



SQML以外の方法での夜空の明るさ調べ

2019年6月の晴れた夜、部員の自宅周辺で「かんむり座」の星がいくつ見えるかを調べて、2012年頃の先輩たちが作った星図をもとに、何等まで見えているかを調べて、SQMLの値を比べると、その場所の夜空が、どの程度の明るさなのかを知ることができるようだ。このときは、大川のはずれまでいくと、かんむりの星6個以上を見ることができた。先輩たちが行っていた写真観測も含め、SQML以外の観測も行って、「ひかりのまち」の夜空の明るさを検討していきたい。

日付/星空マップの区域	観測時間	かんむり座の星の数	最微小星等級	SQMLの値
2019.6.3	21:10	東山墓苑	雲量0 4個(4.1等)	
	21:30	湯の浜	雲量2 3個(3.8等) 18.63	本通小公園 雲量0 3個(3.8等) 18.21
	21:50			
2019.6.25	21:00	大川はずれ畑の中	雲量2 6個+天の川(4.8等以上) 19.50	本通プリン公園 雲量3霧、3個(3.8等) 18.82
	21:40			
	22:00	湯の川松倉川	雲量3 霧 3個(3.8等) 18.50	



謝辞 途中まで観測を助けて下さった旧地学部員の先輩、昨年の天文学会でいろいろなお意見、アドバイスをくださったみなさま、愛知県立一宮高校地学部のみなさま、高村先生、ご援助、ご協力に感謝いたします。

まとめ

- 函館市周辺の夜空の明るさは2015年と比べて、大きくは変化していないが、灯火の影響を受けやすい地点では正確な観測がむずかしくなっている。
 - また、住宅の増加や減少など、街が変化している場所では変化していく可能性がある。
 - 函館の夜空は雲が多く、天候の影響が大きい。全域で同時に晴れることが少ない。
 - 8年が経過し、SQML自体が変化している可能性がある。
- 今後の課題**
- 今回の結果をもとに、定期的に、正確な測定をこころがける。
 - LED光源の影響の詳細を調べたい。
 - SQML, LEの比較測定を継続する。
 - SQML以外の、周囲の灯火に影響されにくい方法（写真観測など）を同時に行いたい。

参考文献

「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）遺愛女子中・高地学部・日本天文学会春季年会ジュニアセッション講演要旨、環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめくん」、環境省・夜空の明るさを測ってみよう <https://www.env.go.jp/air/life/hoshizorakansatsu/observe-2.html>、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 Google Earth、ステラナビゲーターVer10 アストローツ、

2015年に作成、配布した星空マップ。「ひかりのまち・函館」は「夜景も星も美しい」、星がよく見えるまちであることを広く伝えたいという趣旨で、市内のイラストレーター、三上いすずさんの協力により完成した。地形図ではないので、概要を伝えるマップになっている。その後、「おススメポイント」だった場所に、建物が立ち眺望できなくなるなど、少しずつ、環境が変化してきている。2018年には胆振東部地震時のブラックアウトとその後の節電により、一時的に夜景は暗くなったが、2019年には再び夜景は明るくなった。