

光害の数値化について

東筑紫学園高等学校 理科部

(高3) 川口 史恵 坂本 直樹 畠山 貴紗子
 (高2) 伊藤 渚
 (高1) 本田 陸人 藤井 悠野 湖平 元彌

1. はじめに

市街地では夜になっても星を綺麗に見ることができない。この光害に関心を持ち、2007年まではLEDを使った自作の観測機器で、現在は市販されているスカイクォリティーメーター (SQM) で夜空の明るさを観測している。さらに2012年には、福岡県北九州1/5万等光度曲線地図を製作し、光害を可視化した。



図1. 山間部(左)と市街地(右)の夜空

今回は、明るい暗いという抽象的な光害の表現を数値化することに取り組んだ。その結果、人工の光が夜空に与える影響を客観的に評価することができると思う。

2. 光害について

光害とは、道路灯や施設の街灯などの照明による、全ての環境への悪影響のことである(図2)。車のライトが人の顔に直接当たり眩しいのも、この光害に含まれる。私達は、この中でも地表の光が空気中の浮遊物質によって乱反射され、夜空が明るくなる現象(図3)について研究をしている。これにより星空観測が困難になったり、生態系に悪影響が及ぶ。



図2. 光源が及ぼす環境への影響



図3. 地表の光の夜空への影響

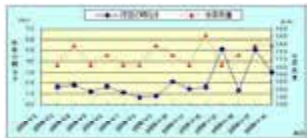


図4. 夜空の明るさと水蒸気量

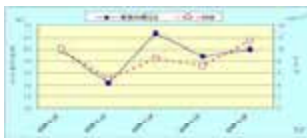


図5. 夜空の明るさとSPM

図4は夜空の明るさと水蒸気量を比較したものである。水蒸気量が増加すると夜空が明るくなっている。これは空気中の水蒸気が、地表の光を乱反射したためと考えられる。図5は夜空の明るさとSPMのデータをグラフ化したものである。SPMとは、大気中に存在する直径 $10\mu\text{m}$ 未満の浮遊粒子状物質のことで、黄砂の一部やPM2.5もこれに含まれる。SPMの値が高くなると夜空も明るくなっており、これはSPMが多いと光の散乱・反射量が増加し、夜空が明るくなるためである。

3. 等光度曲線地図と経時変化率

図6は、北九州の夜空の明るさを可視化した「北九州1/5万等光度曲線地図」で、1,021カ所にもお

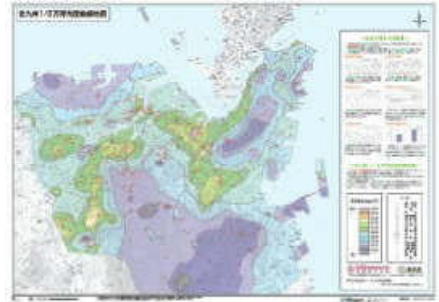


図6. 北九州1/5万等光度曲線地図

よぶ観測の末に完成させたものである。地図の製作のため、1日に150ヶ所以上もの観測をした日もあった。しかし、これだけ多くの観測をしていると、時間によって夜空の明るさが変化するのか、経時変化率を求め、観測値を21時を基準にして補正した。

図7は時間による自動車の交通量の変化、図8はマンションの明かりの変化を示している。共に、時間が経つにつれて交通量および点灯率が徐々に減少している。このように経時変化は人間の活動に起因している。

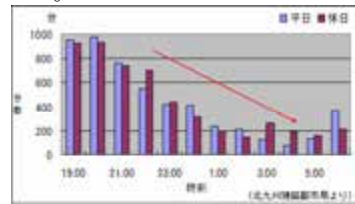


図7. 自動車の交通量の変化

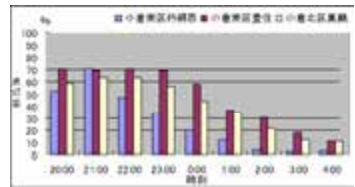


図8. マンションの明かりの変化

また、市内の明るさの違う7ヶ所で定点連続観測を行ったところ、経時変化率は図9のようになった。これは図10の観測結果から、最小二乗法を用いて算出したものである。図9の表を見ると、夜空の明るさが明るい場所ほど経時変化率が大きく、夜空が暗い場所ほど経時変化率は小さくなっている。すなわち観測する地点によって、経時変化率は異なるということが分かった。

観測地	21時の値 (mag.□)	経時変化率 (mag.□) / 10min
平尾台	18.78	0.02
石原町	18.55	0.05
嘉瀬	18.55	0.03
志井公園	18.49	0.03
重住	18.09	0.03
西小倉駅	17.37	0.04
熊本	16.01	0.09

図9. 北九州各地の経時変化率

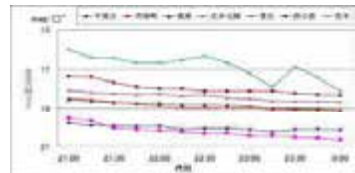


図10. 経時変化の観測結果

5. 光害の数値化

2008年の天文学会で、先輩が「夜空の明るさ全国ネットワーク」を発足させた。そして2013年の第1回光害シンポジウムの際、本校理科部が全国ネットワークのデータを取りまとめることになった。また2014年の夜空の明るさ研究会の折、その提供されたデータの経時変化率を算出し(図11)、観測地付近の夜空の明るさによって分類・比較した。この時、同程度の夜空の明るさでも全国各地で経時変化率が異なっていることに気がついた。天文台があるような所では変化率が小さく、都市部では変化率が大きいのである。経時変化率を使って光害の数値化ができるかもしれないと考えた。



図11. 夜空の明るさ全国ネットワークの連携団体と経時変化率

図12～14は縦軸を夜空の明るさ、横軸を時間として作成した経時変化率のグラフである。

図12の岩手県ひろのまきば天文台は周囲を山に囲まれた夜空の暗いところ、つまり光害の小さいところにある。ここでの経時変化率は0.002 mag/□"/10minと、極端に小さい値が得られたことから、夜空が暗く、光害が小さいことが分かる。さすが天文台だと思う。

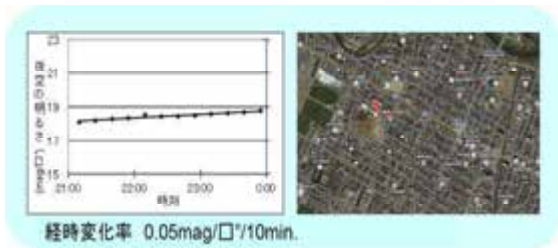


図12. ひろのまきば天文台の経時変化率と位置

三重県立津高校(図13)は、地図をみると市街地、すなわち光害の大きい場所に位置している。経時変化率は、0.05 mag/□"/10minで、21時の夜空の明るさは約18 mag/□"/である。21時の夜空の明るさが同程度の東筑紫学園(北九州市)の

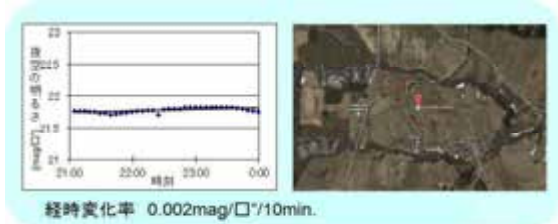


図13. 三重県立津高校の経時変化率と位置

経時変化率0.03と比較すると、大きな値となっている。このように光害が大きいと経時変化率も大きくなるのが分かる。

ただし、経時変化率を算出できない場合もある。図14の北海道札幌開成高校のデータはばらついている。これは、雲量などの影響を受けたと考えられる。このように夜空の明るさは様々な気象条件や環境指標の影響を受け、グラフがばらつくことがある。このような場合には、正しく経時変化率を算出することはできない。

以上のことから、夜空の明るさ及び光害の大きさと、経時変化率には相関が見られる。つまり、経時変化率を用いて、光害の数値化ができるかもしれない。

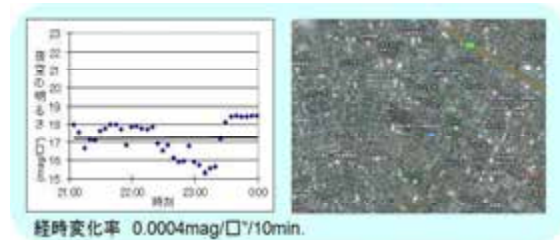


図14. 札幌開成高校の経時変化率と位置

現在、全国の夜空の明るさのデータから経時変化率を算出し、光害の数値化をしたいと考えている。しかし、経時変化率の地域性がどのようにデータに表れるのかを詳細に調査するためには、より多くのデータが必要である。もしデータを提供していただけるならば、以下の東筑紫学園理科部宛にご連絡いただきたい。

東筑紫学園理科部
rikabu_1215@yahoo.co.jp

6. 今後の課題

光害の数値化には、経時変化率をベースにするのが適当と考えている。夜空の明るさは多くの要因から影響を受け、それが光害として夜空を明るくする。たとえば、多くの人的要因(人口、交通量、昼夜間人口比率など)や環境要因(月光や雲量、エアロゾルの飛来量、臨海部か内陸部か、市街地か山間部かといった立地条件、降雪量など)が影響する。光害はこれら多くの要因が複雑に絡み合っているため、数値化のためには、これらからどのように定量化するかを吟味しなければならない。また、その影響が、観測地ごとの地域性を生み出している。この地域性をどのように定量化するかが今後の最大の課題である。

謝辞

夜空の明るさ全国ネットワークに参加している学校および団体には多くのデータを提供していただきました。また、光害シンポジウムの開催など、本研究にご進言いただいた星空公園の小野間氏に感謝します。

参考文献(一部)

- 北九州市建築都市局都市交通政策課 (2007) 未発表資料 (自動車交通量)