

# 夜空の明るさに対する光害対策効果の推定

兵庫県立龍野高等学校自然科学部天文班 麦踏松秀(3年) 中村篤志(2年) 谷口沙彩(2年)

## はじめに

光害とは、過剰な照明の光が大気中の浮遊物質によって乱反射・散乱されることによって引き起こされる様々な悪影響の事を指す。その悪影響の一つに、夜空が明るくなることが挙げられる。私たちはこれについて研究している。

近年、夜空が明るくなることによって肉眼で見える星の数が減少している。私たちは、多くの星が都市部においても年に一回でいいので見えるようになることを望んでいる。実際にそのような取り組みが行われており、「伝統的セタライトダウン」というものがある。これは毎年旧暦セタの日に、「明かりをけして星をみよう」をスローガンに、全国的な消灯・分灯の一斉実施をめざすとともに、趣旨に賛同して開催される各地のイベントへの参加を呼びかけていく、というものであり、天文関係者の間では毎年の恒例行事となっている。しかし私たちは、天文関係者以外の人にこの取り組みに参加を呼びかける際に、何か指標があったほうが協力してくれる人が増えるのではないかと考え、「何個の街灯に光害対策を施すと、どれくらい夜空は暗くなるのか」という指標の作成を目指すことにした。なお、今回の発表は中間報告である。

## 方法・結果

上記の指標作成に向けて、我々は街灯に着目した。これは、夜空が明るくなる原因の多くが街灯の上方光束だと考えたからである。上方光束とは、本来下方を照らすはずの街灯照明の光のうち、上方に漏れている光のことをいう。単位はルーメン(1m)で表される(大都市であれば街灯の上方光束よりも、オフィスビルから漏れる光の方が多いと思われるが、本研究では周りにビルのない龍野高校周辺地域について考えるので、オフィスビルから漏れる光については想定しない)。よって、私たちは、街灯の上方光束から、夜空の明るさの等級値を求め、夜空の明るさモデルを作成することにした。

このモデルの検証は、モデルによる夜空の明るさと、SQM(スカイクオリティメーター)という、夜空の明るさを測定器上部についたセンサーによって一平方秒角あたりの範囲で表す測定器による夜空の明るさを比較することで行うことにした。

まず、街灯を形状ごとに三種類に分類した。そして、街灯ごとの上方光束を先行研究(1)と街灯の仕様書(参考文献2)を参考にして理論的に求めた。次に、作成したモデルはSQMによる測定と比較するので、SQMが測定する夜空の範囲(以下、夜空単位面積と記載)を求めた。SQMの視野角は80度であるのと、光害の影響が及ぶ夜空の高さが数百mであるとした参考文献(3)から、高さは900mと設定した。

三角比によって、夜空単位面積は半径756mの円(1794623.04 m<sup>2</sup>)だと分かった。円の中心を龍野高校近くの地点とし、円内に存在する街灯数を種類別に計測した。種類別に求めた上方光束と、街灯の数から、夜空単位面積に到来する街灯からの全上方光束を求めた。街灯からの全上方光束を夜空単位面積で割り、夜空単位面積における夜空の照度(1x)を算出した。これを、先行研究(4)より引用した照度を等級に変換する式に代入して、夜空の明るさを等級値で求めたところ、-11.17等級であり、明らかに現実とは異なった。たつの市の夜空の明るさはSQMによる測定で約18.5等級であり、29.67等級の差がある(等

級が1小さくなると明るさは約2.5倍になる)。よって、この夜空の明るさモデルには不備がある。

夜空の明るさモデルは現時点では完成していないので、「何個の街灯に光害対策を施すと、どれくらい夜空は暗くなるのか」を求めることはできない。そこで、「夜空単位面積内のすべての街灯に光害対策を施した場合、どれくらい夜空は暗くなるのか」を求めることにした。

そのために、室内において、水槽と白熱電球によって街灯を模擬した装置(以下、模擬街灯と記載)を用いて、光害対策を行った場合の夜空の明るさは、光害対策を行わなかった場合の何%になるかを求めた。結果、24.8%≒1/4であった。

ここで、ポグソンの式を次のように変形した式を考えた。

$$\Delta m = -2.5 \log(L_{\text{後}}/L_{\text{前}})$$

$\Delta m$ :等級の変化量、log:常用対数、 $L_{\text{前}}$ :光害対策前の夜空の明るさ、 $L_{\text{後}}$ :対策後の夜空の明るさ

先ほどの実験結果より、 $L_{\text{前}}$ をxとすると、 $L_{\text{後}}$ は(1/4)xとなる。これをそれぞれ代入すると、xの値に関わらず、 $\Delta m = 1.51$ となる。これは、夜空単位面積内のすべての街灯に光害対策を施した際に、夜空の等級が1.51増えることを示している。

ここで、SQMによる計測では、夜空の明るさは赤穂市で約19.5等級、西はりま天文台で約21.0等級であった。つまり、赤穂市の全ての街灯に光害対策を施すと、西はりま天文台と同等の星空を見ることができると示唆された。

## 考察

夜空の明るさを、街灯の上方光束に着目して求めることでモデル化を試みたが、まだモデルは不十分である。改善点としては、大気中の光の散乱・減衰を考慮していなかったこと、街灯の照度測定の回数が不十分であったこと、夜空の高さについての考察が不十分なままモデルに組み込んだこと、が挙げられる。これらについては、大気中のエアロゾル・浮遊物質についてのデータを測定や研究所の公開資料から集めて、改善していきたい。

次に、室内における模擬実験であるが、実験時、部屋のカーテンをすべて閉めたものの、床や壁に対してはなんら工夫を行っていなかったために、光が反射していたと考えられる。この問題点についても改善する必要がある。

## おわりに

本研究により、十分な光害対策を施せば街でも天文台と同等の星空が望めることが示唆された。今後は、夜空の明るさモデルの完成を目指して、上記した問題点を改善するために、研究を続けていく。さらに、天体観望会を開いた際に説明をして、光害を世間に知らせていきたい。

## 謝辞

SQMの多くを、愛知県立一宮高等学校地学部顧問の高村祐三郎先生にお借りしました。ありがとうございます。

## 先行研究・参考文献

- 1 日本学生科学賞静岡県審査委員会・県科学教育振興委員会賞「道路照明灯からみる光害」静岡県立浜松北高等学校
- 2 [http://www.esl.jp/ecola\\_m/spec/](http://www.esl.jp/ecola_m/spec/)
- 3 夜空の明るさ2013 東筑紫学園高等学校・照曜館中学校理科部
- 4 第15回衛星設計コンテスト 設計大賞「宇宙ホテル」名古屋大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻