

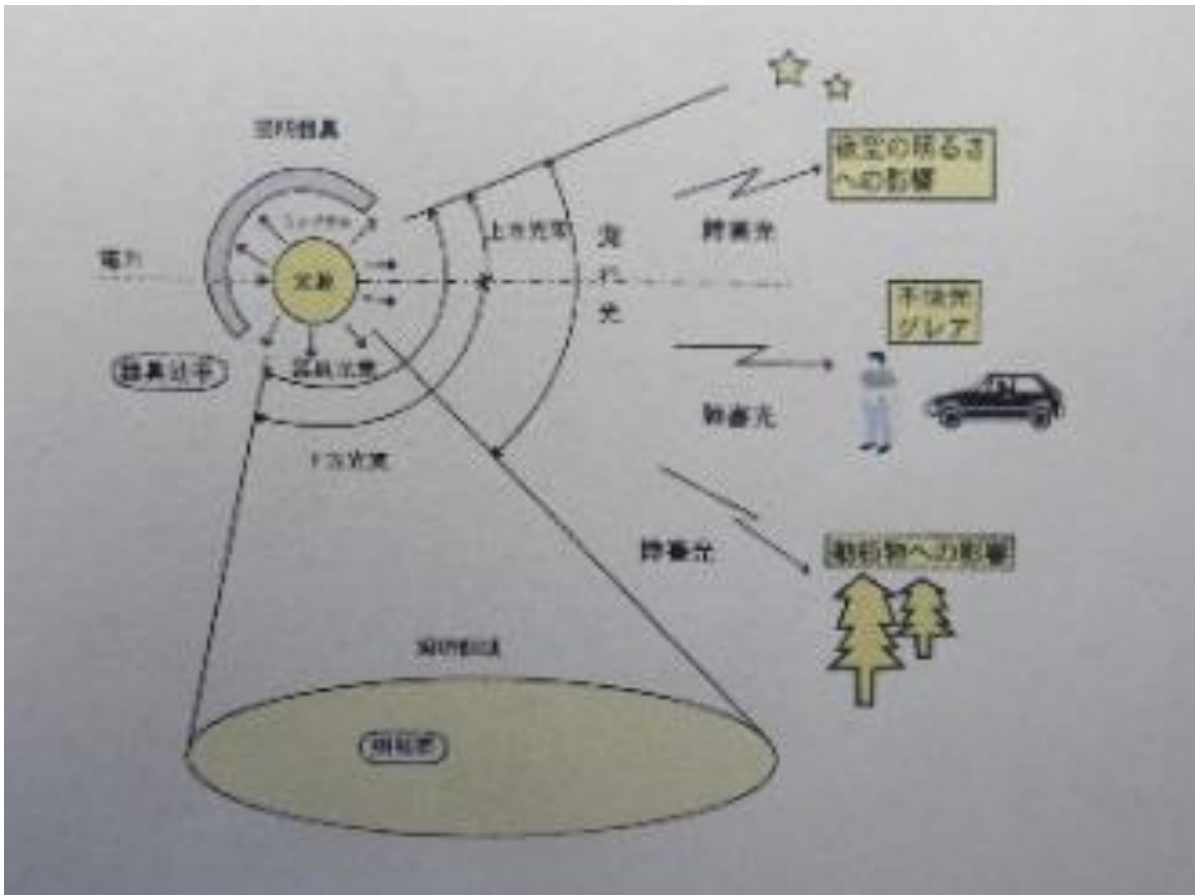
都会に星空を

－ 光害の分析と天体観測 －

実施担当者 兵庫県立舞子高等学校
教諭 穂積 正人

1 はじめに

環境汚染のひとつである、光害（ひかりがい）を調べるため、天体観測により、夜空の明るさの測定を行った。人間は、照明により経済活動が活発になり、夜間でも生活することが可能になった。その反面、活動に伴う照明光が上空に漏れ出し、大気中のチリや水蒸気により散乱されて夜空が明るくなる。夜間に照明器具から発せられる光のなかで、明るく照らす目的の範囲以外に漏れた光が及ぼす悪影響のことを光害（ひかりがい）という。光害の影響として最も代表的なのは、夜空が明るくなり、星が見えにくくなってしまうことである。自然のままの状態の夜空であれば、月明かりがない時には、肉眼で数千の星や、天の川が見える。しかし、光害が進んだ地域では、天の川が全く見えないのはもちろん、肉眼で見ることのできる星も極めて限られてしまう。現在の日本では、都市部で天の川を見ることはほとんど不可能と言ってよい。



光害の原因⁽¹⁾

岡山県美星町で、平成2年11月に、「光害防止条例」が制定されたのをはじめ、全国各地の自治体でも、パチンコ店などから発せられる無駄なサーチライトを禁止する条例が制定されている。平成6年より環境白書にも示され、平成10年3月には、環境庁（現環境省）により、「光害対策ガイドライン」が策定された。環境省は、平成29年10月に、「星空観察の推進について」の呼び

かけを行い、その中で、[1]星空観察を通じて光害（ひかりがい）や大気汚染に気づき、環境保全（大気環境保全、生態系影響を考慮した取組、省エネルギー、低炭素化に資する取組等）の重要性について関心を深めてもらう。[2]良好な大気環境や美しい星空を地域資源（観光や教育）としても活用していただくこと。と意義を述べている。

このように、光害は、星空だけでなく、動物、昆虫の行動、植物への影響も報告され、環境面にも大きな問題となっている。そこで、星空観察を通じて、光害の現状を調べ、どの程度、夜空が明るくなっているのかを調査しました。

2 実施方法

2-1 デジタル一眼レフカメラで撮影

夜空の明るさは、デジタル一眼レフカメラで撮影された画像から求める。撮影された画像は、カメラやレンズの状態によって変化する感度を補正する必要がある。これら感度の補正のため、夜空のバックグラウンドと同時にあらかじめ明るさの分かっている標準星を撮影し、この標準星の明るさを基準としてバックグラウンドの明るさを測定する比測定方法を用いる。

2-2 比測定

測定を行う場合において、「絶対値測定」と「比測定」がある。「絶対値測定」は、測定器を用いて測定対象の物理量を直接測定する方法であり、すぐに測定値が出力されるが、測定環境や経年変化による測定器の「ずれ」は減らせないため、あらかじめ値が分かっているものを定期的に測定し、較正を行う必要がある。「比測定」は、測定器を用いて、測定対象と、あらかじめ値が分かっているものの比率を同時に測定する方法で、測定ごとに測定器の「ずれ」を測定することで、このずれ影響を減らせることができ、較正の必要がないという特徴がある。

2-3 夜空の明るさ測定

撮影された画像を、国立天文台画像処理ソフト（Makaliⁱ）を用いて、バックグラウンド強度と標準星のカウント値を求める。バックグラウンド強度 I と標準星のカウント値 C との比、および標準星の等級 M_{std} より、素子によらないバックグラウンドの明るさ M_{bk} を次式（ポグソンの式）を用いて求める。ここでは明るさの単位として、恒星の明るさと同じ等級を用いるため、強度の比を対数を用いて示している。単位は、等級/ \square^2 [magnitude/arcsec²] で、夜空の単位面積当たりの明るさを等級で表した数値で、数字が大きいほど暗い。基準となる面積は、1度を3600で割った1秒角（arcsec）の二乗したものをを用いる。

また、夜空の明るさが明るいほど M_{bk} の値が小さくなるよう（1等星の方が6等星より明るい）、係数をマイナスとしている。

$$M_{bk} = M_{std} - 2.5 \log_{10} (I/C)$$

2-4 撮影

① 定点撮影 同じ場所で一晩中撮影して、時間変化を測定する。これも、曜日を変えて測定するだけでなく、お盆や正月のように工場や会社の休みの日々も含めて調べる。

② 同時撮影 同時刻に数か所で撮影して、地域比較を行い、照明の影響がどの程度の範囲に影響しているかを調べることができる。

① ②を組み合わせることにより、多角的な測定が可能となる。

②

3 観望会

光害防止のPRと地域貢献活動を兼ねて、校内だけでなく、小学校・公園・商業施設などで観望会を実施しています。主な内容は①Mitakaの上映、②プラネタリムの上映、③月・惑星・恒星の観察、④小型望遠鏡の製作、⑤昼間：太陽の観測（黒点やプロミネンスの観測）、⑥昼間の星の観測などを場所・お客様の年齢・天候等を配慮しながら行っています。

3-1 観望会

① 小学校

4年生以上で、星座や太陽系の分野を学習します。望遠鏡を覗いてもらうと、子どもだけでなく、保護者からも「すごい」「こんなに見えるんですね」など感嘆と驚きの声があがります。

② 商業施設

都会に星空を(光害を星空観察から考える)

兵庫県立舞子高等学校 天文気象部 来田 磨保・米原 夏葵

背景

天文気象部では、部活動の一環で観望会を行っています。その際に感じるのは街灯や町明かり(光害)によって夜空の星が見えにくくなることです。そこで光害について調査し、どうしたら防ぐことが出来るか考えました。

星空観察には、肉眼や双眼鏡を用いて星空の見え方の違いを比較する方法や夜空の写真から背景の明るさを測定する方法があります。測定された夜空の明るさは、上空に漏れ出した地上の照明光が、大気中の水蒸気や塵、黄砂などによって散乱された結果であり大気環境の保全のみならず、夜間照明の効率的な利用を考えるうえでも重要なデータとなっています。こうして、本来の夜空を取り戻し、多くの星が見られる環境作りを目的としています。



調査内容

- ✓ 光害により、星がみえにくくなっている。
- ✓ 光害はどのような場所が起こり得るのか
- ✓ 光害は場所によってどう異なるのか
- ✓ 光害があると星空観察でどのような影響があるのか

機材

- デジタル一眼カメラ(キヤノン60Da, その他使用)
- 標準レンズ(F4.5/レンズ24mm)
- 三脚

設定

- 撮影モード:M(マニュアル)・感度設定:ISO6400
- ホワイトバランス:オート・保存形式:RAW
- シャッタースピード:1~30秒・絞り:F4.5

調査方法

	デジタル一眼カメラ	観察・目視
天候の事後検証	写真としてデータが残るため雲の有無などを視認可能。	報告シートとして残るため可能
コスト	5万円以上	無料
一般への普及	星空以外の写真撮影も可能であり、広く普及していると考えられる。	普及しやすい。



報告シート



舞子高校屋上より

観測結果(抜粋) [単位:等級/□°, magnitude/arcsec²]

夜空の単位面積当たりの明るさを等級で表した数値で、数字が大きいほど暗い。基準となる面積は、1度を3600で割った1秒角(arcsec)の二乗したものをを用いる。

1. 舞子高校屋上からの夜空の時間変化(2018年12月19日)観察では㊷

時刻	0:32	2:32	4:32	5:32
明るさ	17.68	18.15	18.20	17.72

時間経過とともに、町あかりの影響が考えられる。夜中には、商業施設の看板の照明も消えました。

2. 宮古島(修学旅行先)の夜空の時間変化(2018年11月8-9日)観察では㊸

時刻	23:51	1:51	3:51	5:51
明るさ	20.37	20.65	19.95	19.31

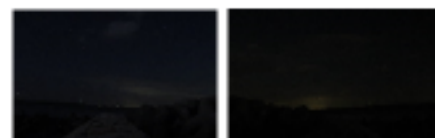
神戸と違って、暗い。時間経過とともに、町あかり(リゾートホテル)の影響が考えられる。

3. 兵庫県佐用町(西はりま天文台)と岡山県美星町 観察では、佐用㊹、美星㊺

場所 日時	兵庫県佐用町 12月15日3:29	岡山県美星町 12月17日5:44
明るさ	19.47	21.31

さすが、大型望遠鏡を設置している天文台がある町だけあって、夜空は暗い。そのため、星の観測に適している。また、光害防止条例により、街路灯など規制。

4. 淡路島東浦より大阪湾を望む



左:12月17日22:17, 右:12月18日0:49

淡路島の東岸に位置する東浦から見た東の夜空で、大阪湾を超えて大阪市内や泉州の街の明かりで見えにくくなっています。また、工業地帯があり、一晩中明るい様子もわかります。

今後の課題

1. 撮影可能な日は、月明かりの影響が少なく、新月前後の1週間程度の雲の少ない晴れた日に限られます。
2. 正月(企業が休みのため)に測定し、平常時と比較します。
3. 1月末の観測結果は、環境省が行う「夜空の明るさ調査」に報告します。

観望会では、望遠鏡での観察だけでなく、何か、ワークショップを組み合わせています。「小型望遠鏡（コルキット）製作」「万華鏡製作」「星座版製作」などを行い、暗くなったら室外に移り、望遠鏡で天体の観察を行います。小型望遠鏡製作風景と自分達で作った望遠鏡を使っての観察をしています。

③ 公園

望遠鏡を出して、夜間であれば、月・惑星・恒星などを見ていただきます。昼間であれば、太陽観察を行います。

3-2 Mitaka による 3D「宇宙旅行」の上映

国立天文台の Mitaka を持ち運び可能にして、3Dのカラー映像を見ることにより、目の前に迫ってくるような迫力のある立体映像をご覧いただけます。地球から宇宙へ宇宙空間を自由に移動して、時には、惑星や恒星に立ち寄りながら、宇宙の様々な構造や天体の位置を見ることができます。解説や操作は、主に「星空案内人」の資格を持った生徒を中心に行います。Mitaka の立体上映は、一部の科学館でしか見ることができず、開催場所に移動して上映できるのは、めずらしいと思います。

3-3 プラネタリウム上映と星空案内・天文宇宙ニュース

プラネタリウム専用ソフトを用いて、当日の夜空の上映を行います。また、雨天・曇天のため、星が見えないときにも使います。その後、近日中に起こる天文現象や宇宙関連ニュースを紹介します。また、時には、生徒の作製したエアードームを持ち込み、その中で上映します。子ども達に大人気です。

3-4 太陽観測

天気の良い昼間には、太陽の観測を行っています。可視光線では、主に黒点の観測を行い、H α 望遠鏡を通して、プロミネンスの活動を観測し、写真撮影を行っています。

4 まとめ

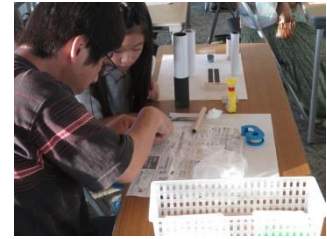
人々が日常的に屋外照明を使う中で気が付かないうちに発生し、1970年代に天文家の指摘により、「夜空の明るさ」が問題となった。平成6年より環境白書にも示され、平成10年の「光害対策ガイドライン」策定の契機となっている。この問題は、人工照明の設置が多い都市部の空の明るさがより顕著であるが、同時に都市部の光の影響が数十キロも、更に百キロ以上も遠く離れた場所へも影響している。人々が天の川や星座や流星のある夜空を楽しみ、小学生が授業で行う星座の観察なども都市部ではほとんど不可能になっている。空の明るさが増大することで天文学への影響にとどまらず、都市部の小中高校における理科教育への影響、市民の宇宙、自然への関心への影響など多くの影響が起こっている。本研究が、こうした事の解決に役立つことができればと考えます。

環境省が行った、昭和63年から平成18年までの「全国星空継続観察」調査と比較しながら、推し進めていくことにより、天の川が都会でも見られるようになる日も近いでしょう。

今後、地域や自治体等とともに、光害を減らす方法を考えていくきっかけとなり、小学校・商業施設・コミュニティセンターなどで行っている星空観望会の際にも光害を減らす啓発活動として呼びかけを行っていく。

謝辞 本研究は、公益財団法人 中谷医工計測技術振興財団の助成により、実施できました。この場を借りて御礼申し上げます。

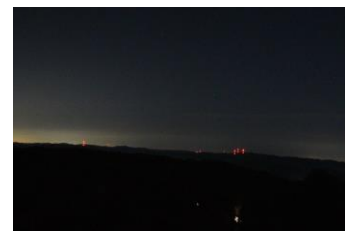
参考文献 (1)デジカメ星空診断ハンドブック (星空公団)
(2)環境省「夜空の明るさをはかってみよう」HP



小型望遠鏡製作



3D 宇宙旅行上映



西はりま天文台から南を望む
午後7時頃



午前0時頃