

高知県の夜空の観測を通して、科学的な思考力や表現力を育成する。



実施担当者 土佐塾中学・高等学校
教諭 岡崎 嘉孝

1 はじめに

土佐塾中学・高等学校は、口径 40cm の望遠鏡を備えた天体観測室があり、天文部として 30 年以上活動を続けている。

学校で観測しているなかで、夜空が明るくなって暗い星が見にくくなってきてと感じて、12 年から高知市の夜空の明るさの継続観測を行ってきた。また、高知県内各地の夜空の明るさを観測して「高知県の夜空の明るさマップ」作成した(図 1)。今回は、高知市の夜空を明るくしている原因を調べるために分光観測やラジオゾンデを使って大気観測を行い、夜空の明るさの原因を探った。また、超高感度カメラによる流星の観測の結果から流星数の傾向を調べた。



図 1 高知県の夜空の明るさマップ

現在新型コロナウイルスの影響で、たくさんの人を集めての公開観測会などを開催することが困難な状況である。そこで、学校の口径 40cm の望遠鏡の新たな活用方法として、インターネットの会議システムや YouTube Live などを使った電子観望を行い、新しい手法で本校生徒に限らずより多くの人に星空の素晴らしさを手軽に感じてもらう取り組みを行った。

2 高知の夜空の観測

2-1 高知市の夜空の明るさの原因を探る

(1) 高知市の夜景のスペクトル観測による光源の種類と数の調査

屋外照明の種類を調べるために屋外照明で使用している代表的なもの、白熱灯、蛍光灯、LED ライトのスペクトルを回折格子で調べた(図 2)。

◎白熱灯のスペクトル

白熱灯は、連続スペクトルになる。特に赤色の波長が強く表れる(図 3)。

◎蛍光灯のスペクトル

蛍光灯は所々明るいところがある。水銀の輝線スペクトルの波長で輝度が大きくなる(図 4)。

◎LED ライトのスペクトル

LED ライトは、連続スペクトルで、青色のところに輝度の少し大きいところがある(図 5)。



図 2 スペクトル観測のカメラと回折格子

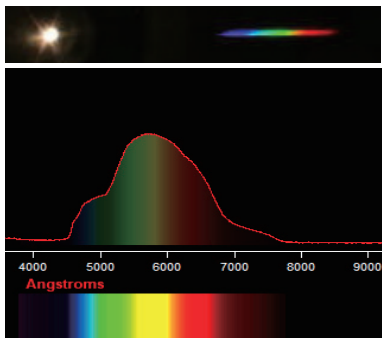


図3 白熱灯のスペクトル

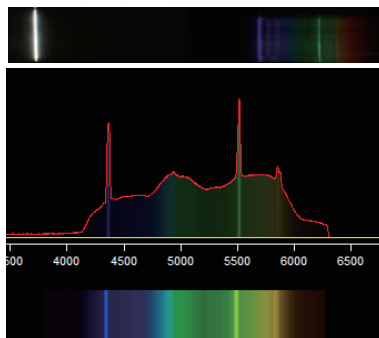


図4 蛍光灯のスペクトル

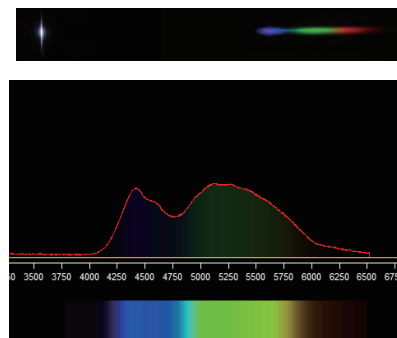


図5 LEDライトのスペクトル

2022年8月23日0時ごろ高知市の夜景のスペクトル写真を24枚撮影した(図6)。撮影した写真をPCで拡大し、スペクトルの形状から、3種類に分類して数を数えた(図7)。結果は、蛍光灯が1802個、LEDライトが1231個、白熱灯が633個になった。蛍光灯の数が一番多く、全体の約半数を占めていた(図8)。高知市の屋外照明のLEDライト化が、まだ進んでいないと考えられる。

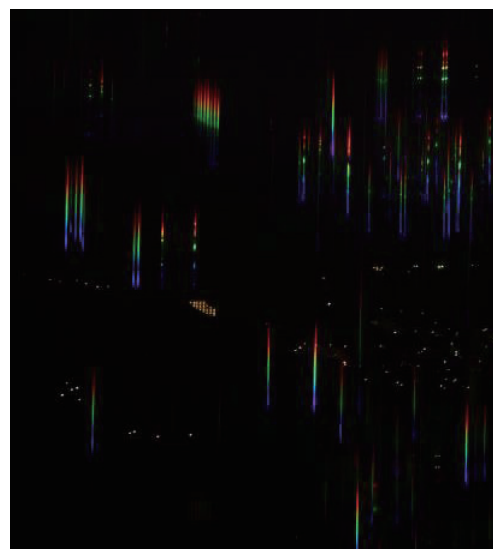


図6 知市の夜景のスペクトル写真

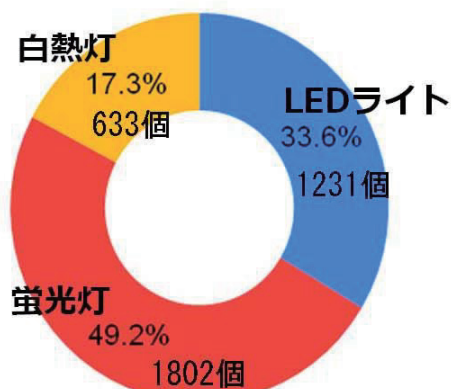


図8 高知市の夜景スペクトルの観測結果



図7 夜景写真の分析の様子

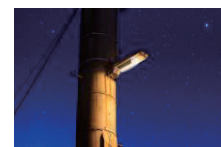


図9 光害に配慮したLEDライト

LEDライトは下方のみを照らし、上空に光がほとんど漏れない特性がある(図9)。また、新しい照明ほど光害に配慮してカバーを掛けている。このことが、撮影した夜景のスペクトル写真に、LEDライトのスペクトルが写らなかったことに関係していると考えた。

(2) ラジオゾンデの観測を利用した地上からの光を散乱する層の高度

雲や水蒸気は赤外線を多く出していると考えられるので、放射温度計を用いることによって地上からの光を散乱する層(散乱層)の高度を求めることができるのではないかと考えた。今回は、放射温度計の測定結果とラジオゾンデ(図10)の観測結果を用いた高知市上空の高層大気的气象観測の結果から散乱層の高度を求めた。

2022年6月22日14:37に、ラジオゾンデを高知大学工学部の屋上から放球し、南東に向かい、14:54ごろに土佐塾高等学校近くを通過した。その後南に移動し、土佐湾沖の高度約19Kmで気球が破裂した(図11, 12)。



図10 ラジオゾンデ

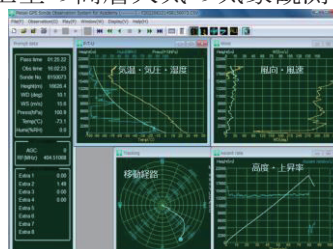


図11 ラジオゾンデの結果

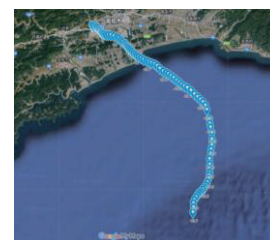


図12 気球の移動経路

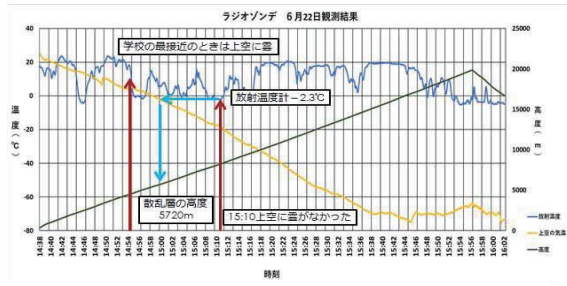


図 13 ラジオゾンデの結果(気温と高度)と放射温度



図 14 ラジオゾンデの結果(気温と湿度)と放射温度

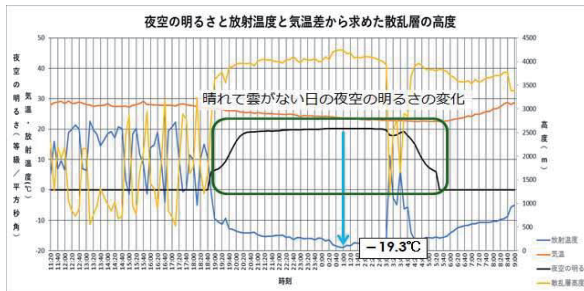


図 15 夜空の明るさ、放射温度、上空の気温、放射温度と気温の差から求めた散乱層の高度

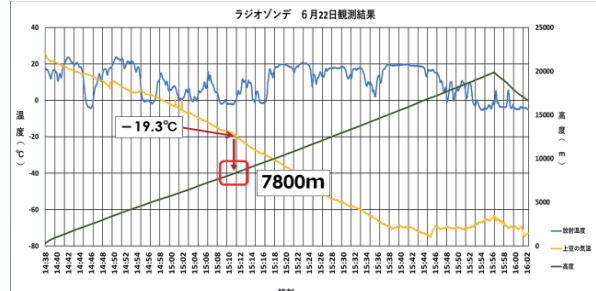


図 16 ラジオゾンデの結果から求めた散乱層の高度

6月22日の天気は、ラジオゾンデを放球する前まで雨が降っていたが、放球直前に雨が止み、所々青空も見られた。図13より、14:54ごろ土佐塾高等学校近くを通過したときの放射温度計の温度が、18°C前後であった。このときは上空に雲があり、放射温度計は雲の温度を測定したと考えられる。しかし、15:10は、 -2.3°C で、このときは上空の雲の影響がなかったと考えられる。 -2.3°C の気温は、図13から高度が5720mになる。また、図14から放射温度計は、高層の水蒸気などが多い層の温度を測定しているため、散乱層の高度を調べるのに用いることができると考えた。

6月22日～23日の夜空の明るさをSQMで測定した結果が図15である。SQMの値が20等級以上なので、この日は晴れていたと考えられる。放射温度計の温度が最も低かったのが1:00でその値は -19.3°C であったので、図16の高層の気温変化と高度から散乱層は、高度7800mにあると考えられる。

2-2 超高感度カメラを用いた流星観測

天文部は、夏・冬の合宿で学校に泊まり込んで流星観測を行っている。しかし、観測の日程が極大日に合わず、なかなかたくさん流れ星を観測することができない。そこで、超高高度発光現象を捉えるために設置した高感度カメラに撮影される多くの流れ星のデータを使って、流れ星の多く流れる時期、時間帯を調べることで、自分たちの眼視観測に活かせるのではないかと考えた。

研究方法として、本校の天体観測室に高感度白黒ビデオカメラを設置し、カメラを東の方角を向けて撮影を行った(図17)。撮影ではUFO Capture V2というコンピュータソフトを使用して常時撮影し、流れ星など発光するものが撮影されたときだけ、データを残すように設定した。

観測結果から、流星群の時には流星数が多いことが分かった。特に、しぶんぎ座流星群、ペルセウス座流星群、ふたご座流星群のような三大流星群やオリオン座流星群の時に多かった(図18)。

また、3:00～4:00が流星の観測数が最も多く、2:00～6:00で全体の60%を占めていた。学校から観測される流星は、紀伊水道から紀伊半島にかけて多く流れていることが分かった。



図 17 超高感度カメラ

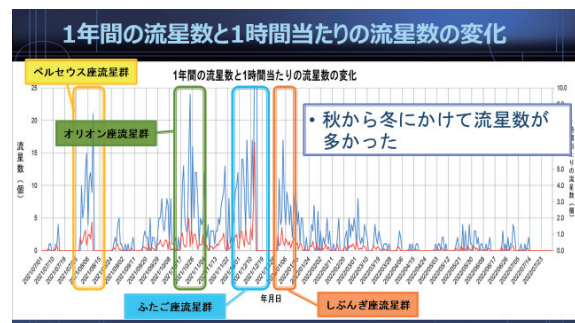


図 18 1年間と1時間当たりの流星数の変化

2-3 皆既月食&天王星食の Live 配信と星空観測会

2022年11月8日に皆既月食と天王星食があり、天文部では皆既月食と天王星食の観測をおこなった(図19)。観測と並行して、学校にある望遠鏡と冷却 CMOS カメラ(図20)を使ってライブ配信を行った。皆既月食のライブ配信では4時間20分の配信で、同時平均視聴者数10人、最大同時視聴者数21人の視聴結果となった(図21)。

2022年12月8日には一般の生徒にも呼びかけて星空観測会をおこなった(図22)。この日は地球に最接近中の火星や木星・土星、コールドムーン(12月の満月の名前)を観測した。当日は本校の生徒延べ約20人が参加してくれた(図23)。



図19 皆既月食と天王星の写真



図20 CMOS カメラ

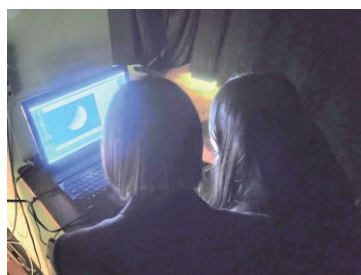


図21 月食のライブ配信の様子



図22 インスタでの募集



図23 観測会の様子

3 まとめ

12年前からはじめた「高知県の夜空の明るさ」や先輩達が撮りためてきた「超高感度カメラを用いた流星観測」の研究を通じて、先輩達から受け継いできた研究を理解し、そこから自分たちなりに新たな課題を見つけ、仮説を立て、その検証のための観測や結果の分析を行う中で、科学者としての基礎を身につけることができた。研究発表では、高知県高等学校生徒理科研究発表会で「高知の夜空の明るさ」の研究が最優秀賞、「流星の観測」の研究が奨励賞を受賞した(図24)。また、高知県高等学校総合文化祭自然科学部門の地学で優秀賞を受賞し、来年度のかごしま総文に出場が決まった。

高知県の夜空の素晴らしさ・自然環境の豊かさを実感してもらうために、とうきょう総文や中谷財団成果発表会、県内での研究発表などで「夜空の明るさマップ」を配布したり、公開天体観測会や電子観望会を実施したりして、表現力や発信する能力を身に付けることができた。

謝辞

本研究は公益財団法人中谷医工計測技術振興財団様の助成を受けて行うことができました。ここに厚く御礼申し上げます。また、高知大学工学部村田文絵様にはラジオゾンデの観測などで大変お世話になり、ありがとうございました。とうきょう総文ポスター発表や中谷財団成果発表会の際には皆様方から多くのご助言を頂きました。皆様方に感謝いたします。

参考文献

- (1) 土佐塾高等学校天文部 (2014~2021) 「高知県の夜空の明るさ 2014~2021」
- (2) 環境庁 (1998) 「光害対策ガイドライン」 p. 10-p. 22
- (3) 「光害対策型 道路灯(高出力)」が「星空に優しい照明」の認証を取得岡山県県道等に採用(2012) Panasonic Group <https://news.panasonic.com/jp/press/jn210428-5>
- (4) 山本真行, 鈴木文二編集 (2004) 『高校生天体観測ネットワーク版スプライト観測ハンドブック 2005』 高校生天体観測ネットワーク



図24 高知県生徒理科研究発表会