

投稿

中学校と高専の連携による天文教育

～中学校科学部員に天文学研究の面白さを体感させよう！！～

竹内彰継（米子工業高等専門学校）、入川琢仁（米子市立湊山中学校）

1. はじめに

「中学生に天文学研究の面白さを体感してもらいたい!!」そのような思いから、米子工業高等専門学校（以下「米子高専」）教員と米子市立湊山中学校科学部顧問が連携して同中学科学部員に天文学研究の指導を行った。

具体的には、適切な研究テーマを与えて

①事前学習→②観測→③解析→④考察→
⑤発表→⑥将来の展望 ->①にもどる

の6段階のステップをたどってもらい、毎年同じサイクルが繰り返せるよう工夫した。

指導の結果、科学部員のモチベーションや理解度は非常に高くなり、①から④までのステップは極めてスムーズに進んだ。

また、⑤の研究発表では、審査員に天文学の専門家がいないと予想されたため、相当周到な事前準備を行った。その結果、非常に高い評価をいただくことができ、最優秀賞受賞となった。

さらに、単に研究発表するだけでなく、データ解析の過程で制作した写真を天文ガイド誌の読者の天体写真月例コンテストに応募したところ、見事入選も果たせた[1]。

最後に⑥の反省会を行ったところ、今回の研究の経験や受賞を喜ぶ声に加え、この研究を科学部の年行事に組み入れてさらにデータを蓄積していきたいという意見が多数あり、彼らが自発的な研究サイクルに入ってくれたことがわかった。以下その結果について報告する。

2. 研究テーマの設定

研究テーマの設定は極めて重要である。テ

ーマは科学部員が興味を抱くと同時に彼らに理解でき、さらには解析可能なものでなければならない。また、米子高専の機材で観測・解析可能なものでもなければならない。

一方、「流星」は身近な天文現象であるにもかかわらず、実際に流星を見た経験がある部員は少数だった。そのためか、多数の部員は流星にあこがれを持っており、ちょうど夏休みが観測期間となることもあって、夏休み最大の天文イベントであるペルセウス座流星群を研究テーマとした。運良く、2016年のペルセウス座流星群は、極大日前日が上弦の月のため、夜半以降の観測条件は最良とのことであった[2]。

しかし、極大日が雨天・曇天となる場合も考え、念のためすべり止めのテーマとして土星の分光観測も行い、土星本体と環の視線速度を求め、自転の速度も求められるようにしておいた。

ところで、具体的な研究内容については、小学生でも実施可能な「流星計数観測」では科学部員の好奇心を満たすことはできない。中学生には多少難しい研究内容にした方が問題意識もより高くなるとの判断から、流星の発光高度と消滅高度の測定を研究内容とすることにした。

具体的には、湊山中学校と米子高専それぞれに超広角レンズを取付けた CMOS カメラを設置し、両方で同時に捉えた流星の視差から流星の発光高度と消滅高度を測定することにした。図1に米子高専と湊山中学校の位置関係を示す。両者間の直線距離は 5.238km であり、単純計算では $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ の視差が出ると予想した。



図1 湊山中学校と米子高専の位置関係[3]

3. 事前学習

中学校では3年生の秋から冬にかけて天文関係の学習を行う。そのため、科学部員は全員まだ天文の学習をしていなかった。そこで、まず星の日周運動や天球の話、天体の高度・方位、流星群のしくみなどを学習した。

続いて、身近な景色をデジカメで撮って視差を利用した立体視の写真をつくるという「作品作り」を行い、研究テーマを別のアプローチから攻め、楽しみながら流星の高度測定のしくみを理解できるように工夫した。

なお、この立体視写真は、11月の湊山中学校文化祭で科学部の作品として展示し、研究活動を保護者や生徒にアピールした。さらに、流星の視差を利用した立体視写真を天文ガイド誌の読者の天体写真月例コンテストに応募したところ、見事入選も果たせた[1]。



図2 科学部員が制作した立体視写真

最後に、ペルセウス座流星群、視差観測、立体視のしくみについてインターネットを使った調べ学習を行い、部員各個人でレポート

にまとめ、お互いのレポートを読み合って学習し合い、理解を深めた。

4. 観測

湊山中学校と米子高専にそれぞれ1台ずつZWO社のCMOSカメラASI120MMを設置した。これに焦点距離2.1mmの超広角レンズを取付け、天頂に向けて固定した。こうすると、天頂を中心として $\pm 75^\circ$ 程度の範囲が撮像できる。

なお、観測当日は夜半まで月明かりがあったので、撮像は8月13日(土)の午前0時00分から天文薄明が始まる前の3時00分まで、露光時間10秒で1080コマ連続撮像を行った。当日は雲一つない快晴で、夏には珍しいくらい透明度が良く、最高の観測条件であった。さらに、カメラレンズに夜露が付着することなかった。

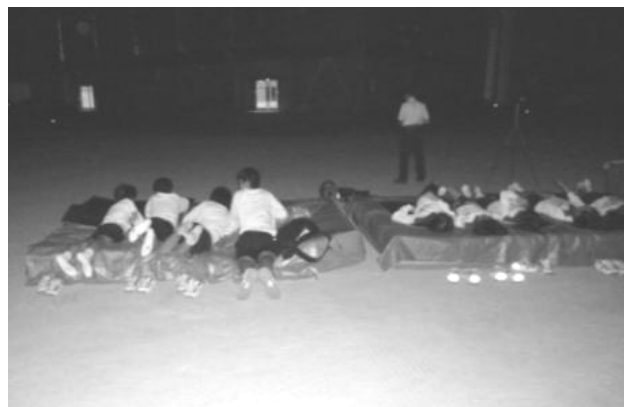


図3 湊山中学校での観測風景

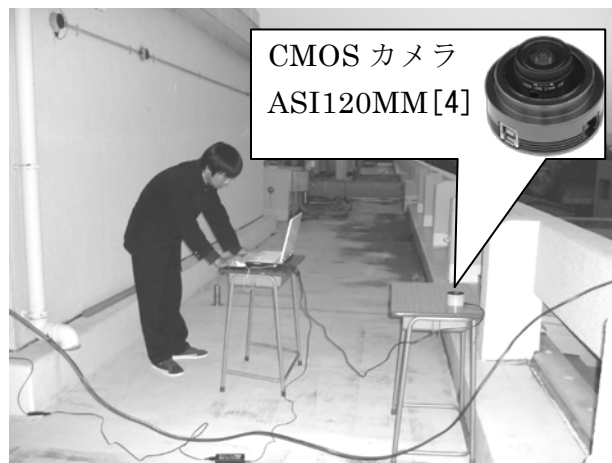


図4 米子高専での観測風景

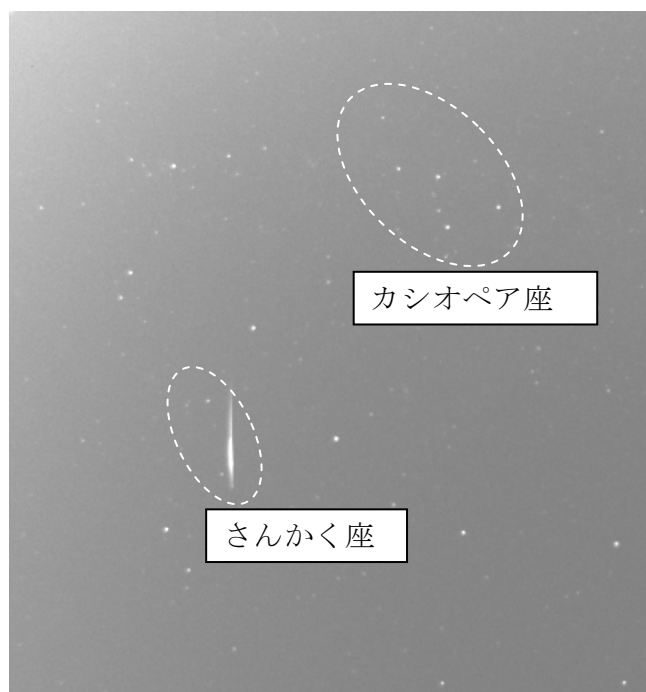


図 5 湊山中学校での画像。流星はさんかく座の右側を飛んでいる。

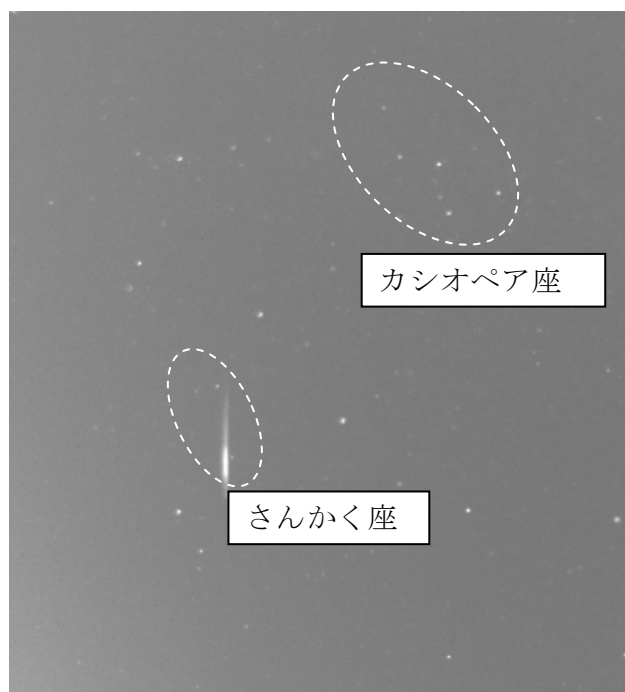


図 6 米子高専での画像。流星はさんかく座を貫いて飛んでいる。

5. 解析

5.1 同時流星の検出

まず、科学部員全員で、湊山中学校で撮像した 1080 コマの画像データを、全て目視でチェックした。このとき、見落としがあつてはいけなかったので、科学部を男子チームと女子チームに分けてそれぞれ独立にチェックし、流星が写っている画像を全て列挙した。その後、両者が列挙したデータを突き合わせ、見落としが無いか確認した。

1080 コマものの画像のチェックは非常に大変な作業に思えるが、科学部員たちは宝探し感覚で、結構楽しみながら行った。

画像チェックの結果、湊山中学校で撮像した画像には合計 13 個の流星が写っていることが分かった。これらのうち米子高専のデータでも写っていた「同時流星」は 9 個であった。なお、9 個の同時流星のうち 1 個は散在流星であったため、残念ながら解析から除外した。

検出された 9 個の同時流星のうち一番明るかったものを図 5, 6 に示す。図 5 は湊山中学校での、図 6 は米子高専での画像である。図 5 の流星はさんかく座の右側を飛んでいるが、図 6 の流星はさんかく座を貫いて飛んでおり、明らかに視差が生じていることがわかる。以下、この視差から流星の発光高度と消滅高度を測定した。

5.2 流星の発光高度と消滅高度の測定

まず、IDL で流星の発光点と消滅点の高度と方位を測定するプログラムを作成した。プログラムの作成は、さすがに中学生では困難なので、著者の一人（竹内）が担当した。測定の方法は以下のとおりである。

- ① 恒星の赤経と赤緯は既知なので、これらと撮像時刻から恒星の高度と方位を求めることができる。
- ② 各流星画像で、あらかじめ基準星を 3 星決めておき、それらをクリックして画像内で

の座標を読み込ませる。

③基準星 3 星の高度と方位は①でわかっているので、線形補間で画像内の座標を高度と方位に変換する計算式をつくる。

④その後に流星の発光点と消滅点をクリックし、画像内での座標を読み込ませ、③の変換式で流星の発光点と消滅点の高度と方位を計算する。

続いて、湊山中学校と米子高専での流星の発光点、消滅点の高度、方位から発光高度、消滅高度を計算するプログラムを作成した。

図 5、図 6 のように、撮像された全ての同時流星には目視でははっきりわかる視差があり、発光高度と消滅高度の測定は比較的容易であった。また、科学部員はパソコンの扱いに慣れており、一度使い方を説明しただけで完全に習得し、測定はスムーズに進んだ。

ところで、流星の発光点と消滅点は恒星のような明確な点ではない。そのため、測定値が多少ばらついた。そこで、同じ測定を複数名で行い平均と標準偏差を求め、標準偏差を「測定誤差」とした。



図 6 流星の発光高度と消滅高度の測定風景

表 1 流星の発光高度と消滅高度の測定結果

撮像時刻	放射点		発光高度		消滅高度	
	仰角(°)	方位(°)	平均(km)	誤差	平均(km)	誤差
00h49m40s(JST)	37.23	140.05	119.14	19.95	102.02	8.78
00h53m48s(JST)	37.77	139.94	154.08	17.88	82.30	11.39
01h40m16s(JST)	43.91	139.44	118.23	26.33	90.82	15.80
02h04m48s(JST)	47.15	139.77	122.48	7.78	91.00	5.90
02h06m26s(JST)	47.36	139.8	126.97	12.35	81.66	10.49
02h17m10s(JST)	48.77	140.11	89.67	24.55	100.34	16.75
02h28m22s(JST)	50.23	140.54	102.30	10.26	74.03	12.28
02h35m56s(JST)	51.20	140.91	101.07	8.63	76.79	10.11

6. 結果と考察

6.1 結果

測定結果を表 1 に示す。表 1 には流星が 8 個しか載っていないが、これは解析で述べたように 9 個の同時流星の中に散在流星が 1 個含まれていたため、それを除外したからである。

表 1 より、流星の発光高度は約 120km、消滅高度は約 90km となり、だいたい妥当な値が求まった[5]。このことから解析は正しく行われていたと考えられる。

ところで、2 時 17 分 10 秒の流星は発光高度の方が消滅高度より低くなっている。これは、この流星が湊山中学校と米子高専の基線長が短くなる方向に飛んだため、測定誤差が大きくなったことが原因と考えられる。

6.2 考察

表 1 の結果から、時間が経つと発光高度も消滅高度も両方とも低くなっていくのではないかと言いつつ部員がいた。これは、時間が経つとともにペルセウス流星群の輻射点の高度が高くなり、流星が大気に入射する角度が

大きくなるため、大気の深いところまで到達できるようになるからである[6]。

そこで、図 7 のように輻射点高度と流星の発光高度、消滅高度の関係をグラフにした。図中のエラーバーは測定値のばらつきの標準偏差であり、図中の直線は最小二乗法でデータに直線をあてはめたものである。

図 7 より、明らかに輻射点高度の増加に伴って発光高度と消滅高度が低下している。さらに、発光高度の低下の割合の方が消滅高度の低下の割合より急に見える。しかし、これが物理現象なのか統計的揺らぎによるものなのかはこれだけのデータでは判断できない。

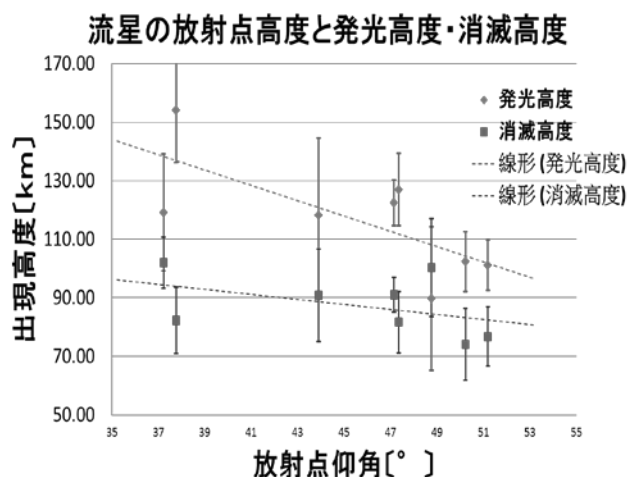


図 7 流星の発光高度、消滅高度と輻射点高度の関係

7. 研究発表

今回の研究成果を鳥取県西部地区科学研発表会で発表した。しかし、研究発表では天文学専門の審査員がいないことが予想された。中学校の科学研発表会では、ほとんどが生物・化学分野の発表であり、審査員も自分が理解できる分野の発表を高く評価する傾向があると予想される。

そこで、少なくとも「正当」な評価をしていただくために相当周到な事前準備を行った。発表時間は 15 分と非常に短かったが、散在流星と群流星の違いからなぜ流星が輻射点を

中心に飛ぶのか、なぜ視差が発生するかなど図 8 のようなイラストやアニメをふんだんに使用して説明した。

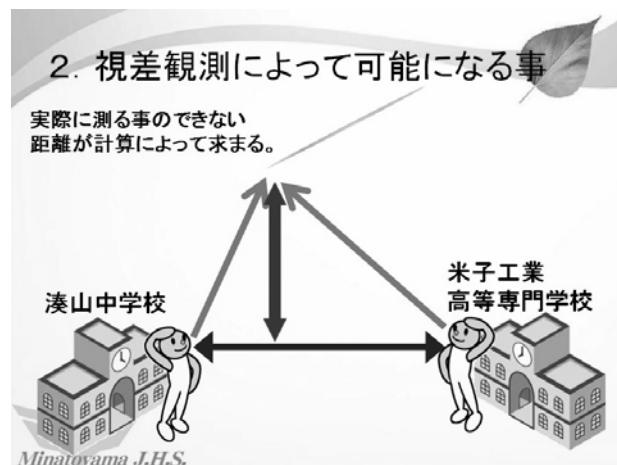


図 8 研究発表会で使用したイラスト

さらに用語でも注意した。例えば、高度・方位の「高度」と発光高度の「高度」が混乱を招くと考え、前者を「仰角」という用語に置き換えた。また「輻射点」では理解が得られないと考え「放射点」で説明した。

このような準備のかいもあり、最優秀賞を受賞することができた。また、審査員の方々からも「天文ガイドという全国版の雑誌にも掲載され、米子市の中学生の科学に対する意欲や科学部のアピールになり、素晴らしい功績だ。」とか、「順を追って分かりやすく説明していて、天文の知識がなくてもこの発表を聞いて勉強になった。」とかお褒めの言葉をいただいた。



図 9 研究発表会での記念写真

8. 将来の展望

発表会後反省会を行ったところ、科学部員から以下のような発言があった。

- ・天文ガイドに載った事は一生の思い出となって心から嬉しかった。
- ・難しい内容だったが、学校の授業では学べない高度な内容を研究できていい経験になった。
- ・他の流星群でも測定して、ペルセウス座流星群と比較してみたい。
- ・来年以降、毎年の科学部の行事のようにペルセウス座流星群を観測し、データを蓄積していきたい。

非常に前向きな発言ばかりで、彼らが自発的な研究サイクルに入ってくれたことがわかる。来年度もこのような支援を続け、最終的には彼らだけで研究サイクルをまわし続け、天文学研究の面白さを体感し続けてもらえる

ようにしていきたい。

文 献

- [1] 『月刊天文ガイド 2016 年 12 月号』, 誠文堂新光社, p.151.
- [2] 『天文年鑑 2016 年版』, 誠文堂新光社.
- [3] グーグルマップ,
<https://www.google.co.jp/maps/place/>
- [4] ZWO 社 HP,
<https://astronomy-imaging-camera.com/>
- [5] 中村卓司監修, RMG 編集委員会編著 (2002)『流星電波観測ガイドブック』, CQ 出版社, pp.14-15.
- [6] 埼玉県立越谷北高校天文気象部 (2003) 「Leonids2001 から求めた流星の出現高度」, 日本天文学会 2003 年春季年会ジュニアセッション講演予稿集, pp.5-6.

* * * * *