

投稿

中学校と高専の連携による天文教育（その2）

～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!!」そのような思いを抱き、昨年度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ている[1]。

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。

ちなみに、昨年度は「流星の発光高度と消滅高度の測定」という中学生には難しい研究を行ったが、科学部員のモチベーションは非常に高まり、新しい研究にも喜んで飛びついてくれた。その結果、今年度も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はなく、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努力賞が受賞できた[2]。

最後に⑥の反省会を行ったところ、今回の研究の経験を喜ぶ声に加え、さらに一歩進んだ研究を行いたいという意見もあり、彼らの自発的研究サイクルが継続していることがわかった。

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・解析可能なものでなければならない。

ところで、2017年は9月15日に惑星探査機「カッシーニ」が長い任務を終えて土星大気に突入するという大きな天文イベントがあった。そこで、科学部員が土星に興味を持つだろうとの予測から、土星を研究テーマに選ぶことにした。さらに、昨年同様中学生には多少難しいテーマにした方が問題意識も高まるとの判断から、土星の「環の衝効果」を研究テーマとすることにした。

土星の環の衝効果とは、土星が衝の頃その環が通常より明るく輝き、土星本体より明るくなる現象のことである。これは、衝近くでは観測者の視線と太陽からの光線がほぼ平行となるため、環を構成する粒子の影が見えなくなり、その結果環が通常より明るくなると説明されている[3]。

そこで、まず①本当に「環の衝効果」が起こっているか観測で確かめる。そして、衝効果の発生が確かめられたら、②土星の環の模型を作り、人工的に衝と同じ条件を作り出し、本当に衝効果が発生するか実証実験を行うこととした。

2017年の土星の衝は6月15日であり[4]、梅雨入りが心配された。しかし、2017年の梅雨入りは運良く6月20日と例年より遅く、さらに梅雨明けは7月13日と例年より早かった。そのため比較的観測の機会に恵まれ、十分なデータをとることができた。

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、科学部員で天文の学習をした者はいなかった。

そこで、インターネットを使って「土星」、「カッシーニ」、「土星の環」、「土星の公転周期」、「土星の大きさ」などいくつかテーマを設けて、分担してレポートにまとめ、お互いのレポートを読み合っただけで学習し合い、理解を深めてもらった。

また、11月の湊山中学校の文化祭では、今回の研究成果を展示し、研究活動を保護者や他の生徒にアピールした。

4. 観測

観測は米子高専の惑星撮像専用望遠鏡を利用して行った(図1)。これはタカハシのJP型赤道儀に口径8cm、焦点距離91cmの屈折望遠鏡三本を同架したもので、三本の望遠鏡それぞれで惑星のR(赤)、G(緑)、B(青)画像を撮像し、PC上でRGB合成して、超色消し画像を得る望遠鏡である[5]。

なお、各望遠鏡にはタカハシの2倍パーローレンズをつけて焦点距離を伸ばし、さらにZWO社のCMOSカメラASI120MMを取付けて撮像を行った。露光時間は0.2秒、フレーム転送レートは5fpsで、RGB各6分間×3回撮像し、AVIファイルとして保存した。

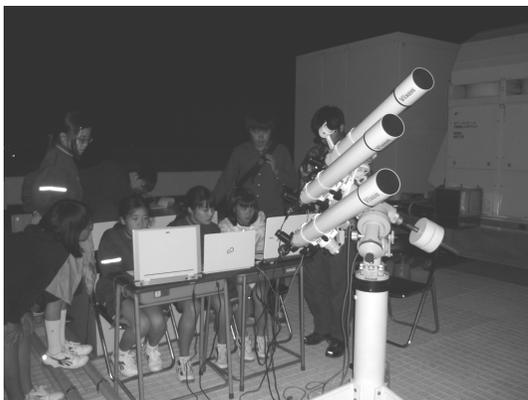


図1 米子高専での観測風景

また、観測は5月23日、5月29日、6月4日、6月9日、6月13日、6月14日、6月17日、7月13日の計8回行った。

5. 解析

5.1 土星画像のRGB合成

まず、撮像した土星のAVIファイルを、動画をスタックして1枚の画像にまとめるソフト「AutoStakkert2」でスタックした。なお、AutoStakkert2には画像の良否を判定する機能があり、今回は良像30%のみを使用した。また、スタックされた画像はTiffファイルとして保存した。

続いて、画像にウェーブレット処理を行い惑星面などの淡い模様を強調するソフト「RegiStax」で、スタックされた画像にウェーブレット処理を施した。そして、最後に画像処理ソフト「WinJUPOS」を使ってRGB合成を行い土星のカラー画像を得た。

5.2 土星の環の衝効果の検出

RGB合成した土星画像で、本体と環の明るさの比は画像処理ソフト「Stella Image」を使って調べた。

図2の上は6月13日の土星画像で、下は土星の中心を通る水平な線(図2上の水平な線)上での明るさの分布図である。図2下より、環の方が本体より明るく「衝効果」が起こっていることが分かる。

土星の環と本体の明るさの比は、衝が近づくにつれて大きくなっていった。この様子をグラフにしたのが図3である。図中の曲線は最小二乗法でデータに二次曲線をあてはめたものであり、衝の6月15日に近づくにつれて環が明るくなっていき、衝を過ぎると暗くなっていくことがわかる。

以上のことから土星の環の衝効果が検出できたと考えられる。

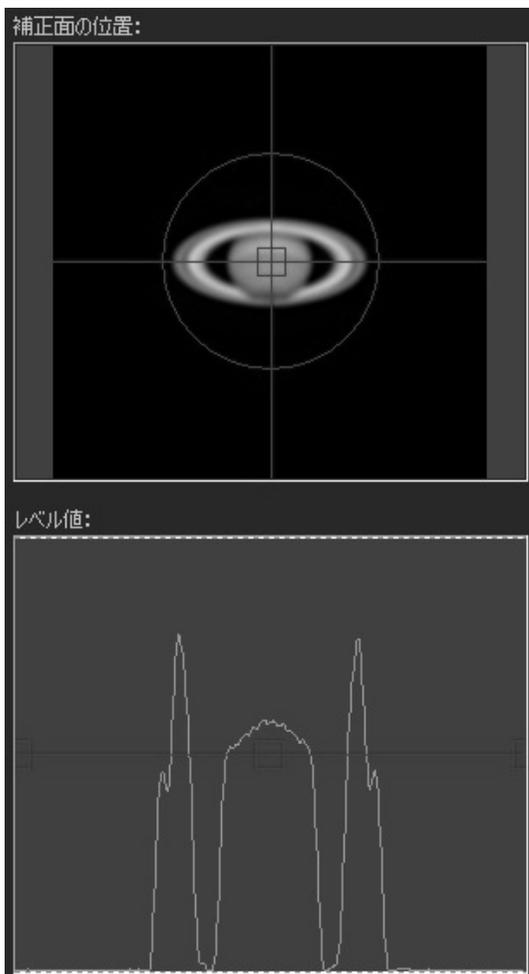


図2 上は6月13日の土星画像
下は土星の中心を通り水平な線上での明るさの分布図。

さらに、土星の環の衝効果を検出した作品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努力賞となった[2]。

6. 土星の環の衝効果の実証実験

6.1 土星の模型の製作

土星の環の衝効果は、衝の頃観測者の視線と太陽からの光線がほぼ平行となるため、環を構成する粒子の影が見えなくなり、その結果環が通常より明るくなると説明されている

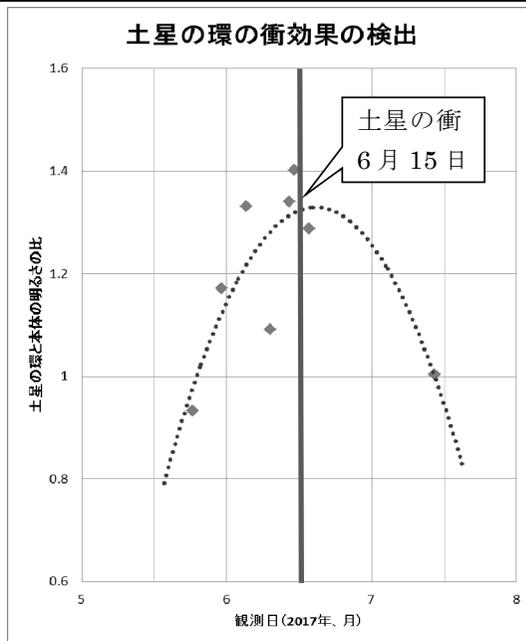


図3 土星の環と本体の明るさの比の時間変化衝に近づくにつれ環が明るくなっていく。

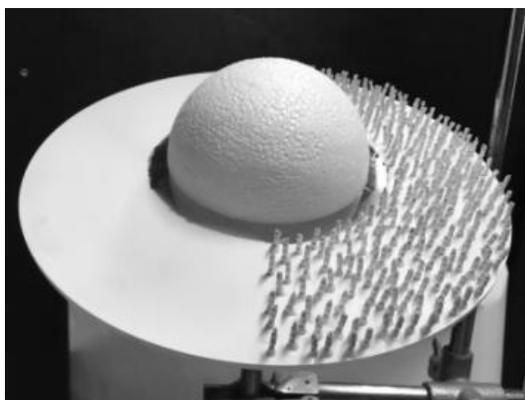
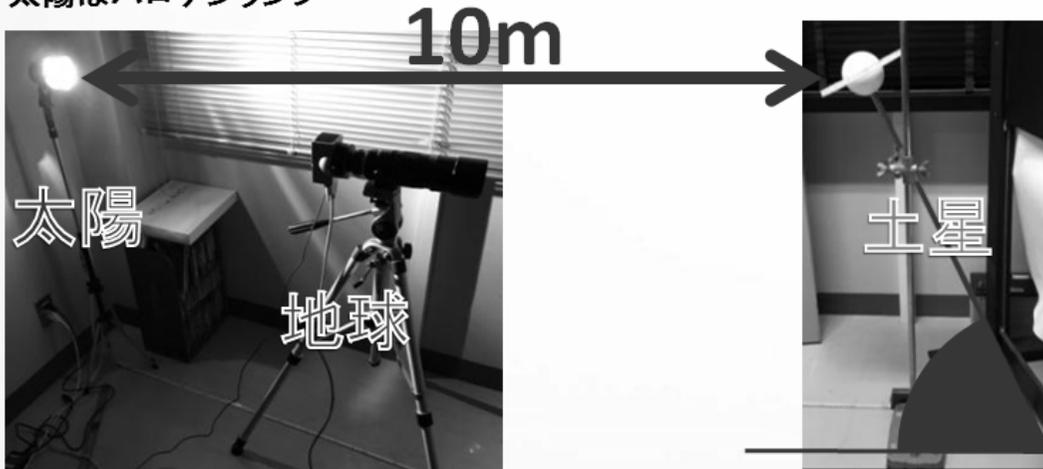


図4 12億分の1の土星の模型
環の上に楊枝を多数立てて環の粒子を模擬的に表現した。

[3]。そこで、12億分の1の土星の模型を製作し、本当にこのメカニズムで環の衝効果が発生するか実証実験を行った。本体は発泡スチロール球、環はアクリル板を白く塗装したもの。そして、環の上に楊枝を多数立てて、環を構成する粒子を模擬的に表現した(図4)。

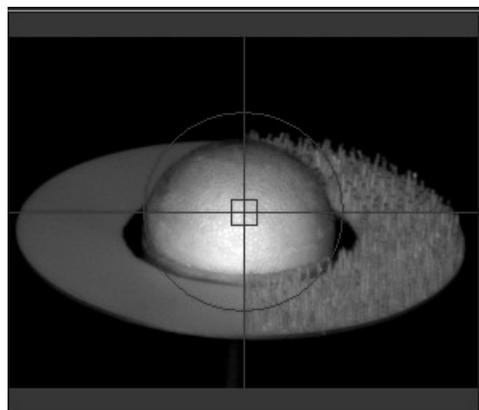
太陽はハロゲンランプ



地球(観測者)はカメラ

地軸の傾き25°

図5 ハロゲンランプを太陽に見立て、実験室内で実証実験を行った。



レベル値:

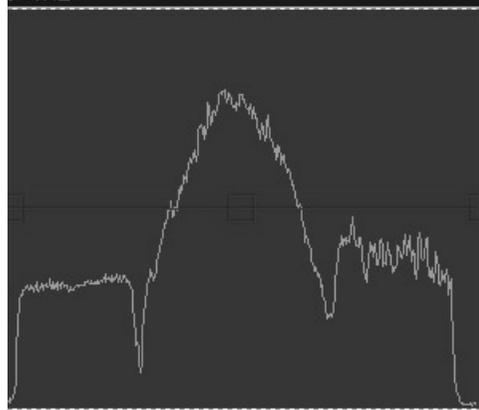


図6 衝の位置で撮像した土星の模型

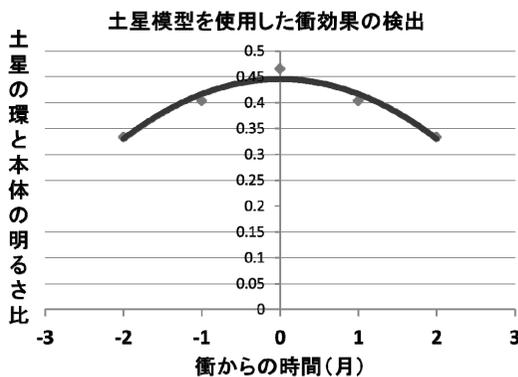


図7 実証実験での土星の環と本体の明るさの比の時間変化
衝効果が発生している。

6.2 土星の環の衝効果の実証実験

図5のようにハロゲンランプを太陽に見立て、実験室内で実証実験を行った。このとき、実際の太陽-土星間距離が約10天文単位であることから、土星の模型をハロゲンランプから10m離し、300mmの望遠レンズにCCDカメラをつけたものを地球に見立て、(太陽地球間距離は1天文単位なので)ハロゲンランプから1m離れた所に置き、衝の2か月前、

1か月前、衝の位置で土星の模型を撮像した。なお、近年土星の環の傾きがほぼ最大になっていることから、鉄製スタンドを利用して土星の地軸の傾き約 25° を再現した。

図6上は衝の位置で撮像した土星の模型、下は土星の中心を通る水平な線（図6上の水平な線）上での明るさの分布図である。衝の位置で撮像したため、土星の環の粒子に見立てた楊枝の影が見えていないことに注意すべきである。

図3と同様に、土星の環と本体の明るさの比の変化を示したのが図7である。図中の曲線は最小二乗法でデータに二次曲線をあてはめたものであり、衝に近づくにつれて環が明るくなっていき、衝を過ぎると再び暗くなっていくことがわかる。

現実の土星では、環は衝効果によって土星本体より明るくなるが、実証実験ではそこまで明るくならなかった。しかし、実証実験では土星本体は白い発砲スチロール球であり、土星の環を構成する粒子は楊枝で再現しているため、そもそも反射率が違い、そこまで明るくならなかったと考えられる。本実証実験では、土星の環が本体より明るくなるのが重要ではなく、衝付近で通常より明るくなるのが重要である。

したがって、図7より本実証実験で衝効果の再現に成功した、つまり土星の環の衝効果は粒子の影が見えなくなることによって生じているとする従来の説を支持する結果を得たと考えられる。

7. 研究発表

今回の研究成果を鳥取県西部地区科学発表会で発表した。しかし、研究発表では天文学専門の審査員がないことが予想された。

中学校の科学発表会では、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。

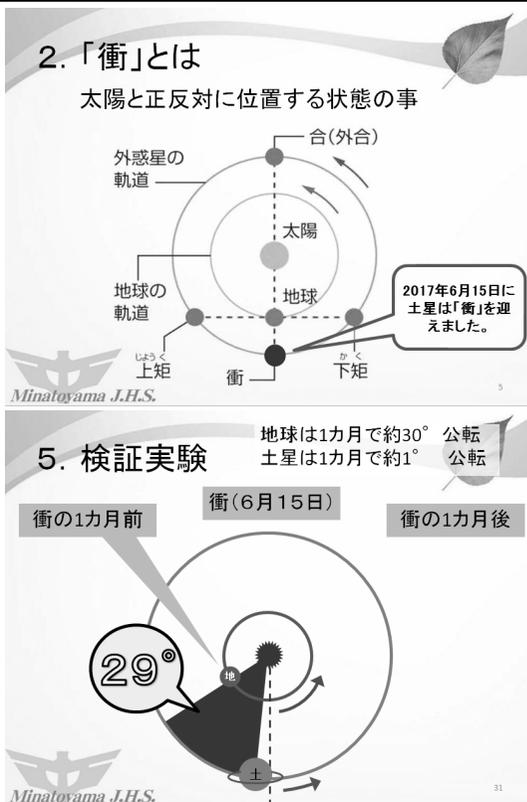


図8 研究発表会で使用したスライドアニメやイラストを多用して説明した。



図9 研究発表会での記念写真

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道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、図8のようにアニメーションで土星と地球の動きを再現し、衝の前後で土星と地球の位置関係

がどう変わるかを丁寧すぎるほど丁寧に説明した。また、「衝」や「合」といった天文学特有の用語もイラストを多用して説明した。

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(図9)。また、審査員の方々からも「土星というとても大きなスケールの研究を、模型を作り理科室の中で収まる規模にスケールを落として検証するという手法が素晴らしい。」とか、「地域の研究機関(米子高専)と連携することで、より高度な機材・設備を活用しながら、研究を深めることができていて、良い取り組みである。」とかお褒めの言葉をいただいた。

8. 将来の展望

発表会后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。

- ・ 宇宙の研究を理科室の中でモデルを工作して検証するのが面白かった。
- ・ 研究発表会での質問が、結構鋭いものが多く、ち密な発表準備が必要だと思った。より専門的な知識を身につけていきたい。

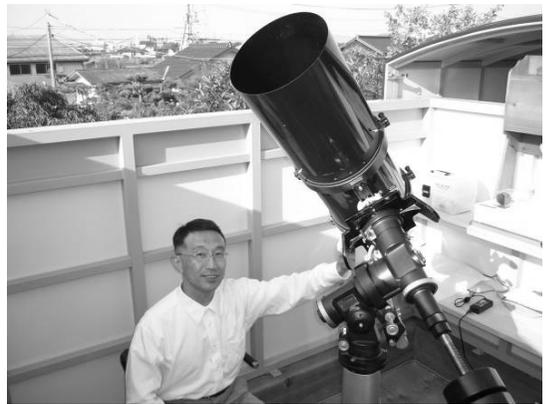
非常に前向きな発言ばかりで、彼らが自発的な研究サイクルに入ってくれたことがわかる。来年度もこのような支援を続け、最終的には彼らだけで研究サイクルをまわし続け、天文学研究の面白さを体感し続けてもらえるようにしていきたい。

文 献

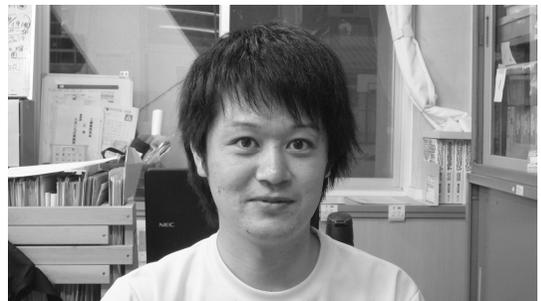
- [1] 竹内彰継・入川琢仁(2017)『中学校と高専の連携による天文教育』, 天文教育,

Vol.29, No.1, pp.87-92

- [2] 『月刊天文ガイド 2017年11月号』, 誠文堂新光社, p.152
- [3] 安達誠編(2009)『惑星観測』, 誠文堂新光社, p.153
- [4] 天文年鑑編集委員会編(2017)『天文年鑑』, 誠文堂新光社, pp.146-156
- [5] 竹内彰継・山脇貴士(2017)『アクロマート屈折望遠鏡を超色消しにする方法』, 天文教育, Vol.29, No.6, pp.53-58



竹内 彰継



入川 琢仁