投稿　昼の金星・太陽(黒点)・月ライブ配信

～昼に学校で行う金星・太陽(黒点)・月のライブの実践～

齋藤　弘一郎（宮城県大崎市立古川東中学校）、高田　淑子（宮城教育大学）
遊佐　徹（大崎生涯学習センター）

1. はじめに

中学校理科では、太陽の黒点の位置や形の変化、月の満ち欠けと位置、金星の満ち欠けと視直径の変化などを学習する。実際に継続して観察することができれば、時間との関連を実感して理解できる。

しかし、太陽の黒点、金星の満ち欠けの観察は肉眼では困難で、望遠鏡や双眼鏡、減光フィルターなどの機材が必要である。また、学校現場での観察実施には時間の確保や、安全面の配慮など、様々な制約があり、これらの天体の「観察」を「継続して」行い、その結果から規則や法則を導くことは非常に困難である。

そこで、カメラでこれらの天体を撮像し、その画像をモニターにリアルタイムで配信することで、継続した観察が可能になると考えた。まさに、学習指導要領に掲げられた「観察」の結果から規則や法則を「導く」、授業を展開することができる。

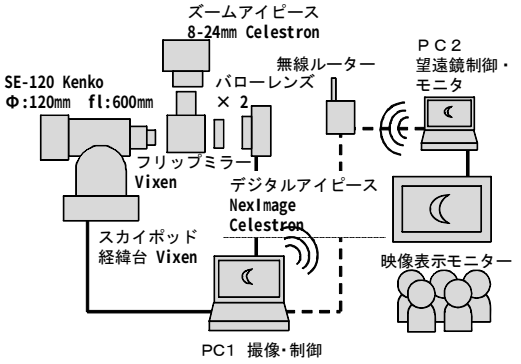

図１　金星ライブ配信

2. 金星・太陽（黒点）・月ライブ配信の概要

2.1　金星ライブ

金星の追尾、導入精度の面では一般的には経緯台より赤道儀が有利である。しかし学校現場では、設置、導入、回収可能であることが条件のひとつであるため、SkyPod 経緯台（Vixen）用いた。コントローラー（STAR BOOK-TypeS）を含め、単三電池 12 本で駆動する。三脚も含めた重量は6kg程度である。

経緯台に乗せる望遠鏡には SE-120（Kenko）を用いた。口径 120mm、fl：600mm、重量約 5kg と SkyPod 経緯台には、やや重量オーバー気味だが問題なく動作する。

撮像にはデジタルアイピース NexImage（Cerestron）を使用した。撮像素子は CCD（”1/4 インチ 3.6 mm×2.7mm、640×480px）で、31.7mm スリーブにそのまま接続できる。内合近くの金星は視直径約 40”となるため、満ち欠けを認識できるよう、×2 バローレンズ（Vixen）で焦点距離を 1200mm に延長した（図 1）。

また、ズームアイピース×８～24（Cerestron）を用いて導入時に視野角（視界の大きさ）の調節を可能にした。フリップミラー（Vixen）を使用し、眼視での導入後の撮像を速やかに行えるようにした。つまみを回すだけで、眼視、撮像の切り替えが可能である。また、合焦時の手ぶれを防ぐために、モーターフォーカサーを使用した（図 2）。

CCD と USB で接続した PC1（図 1）で撮像し、無線 LAN 接続により、リアルタイムで屋内の PC2 で受信・表示した（図 3）。さらに、PC1 と StarBookTYPE-S をクロスケ

ーブルで接続し、ステラナビゲータ 9 の望遠鏡コントロール機能により、SkyPod 経緯台を制御した。図 1 のように、屋内の PC2 で画像の受信、望遠鏡の制御が可能である。

図 2　接眼部（フリップミラー、ズームアイピース、モーターフォーカサー、CCD）

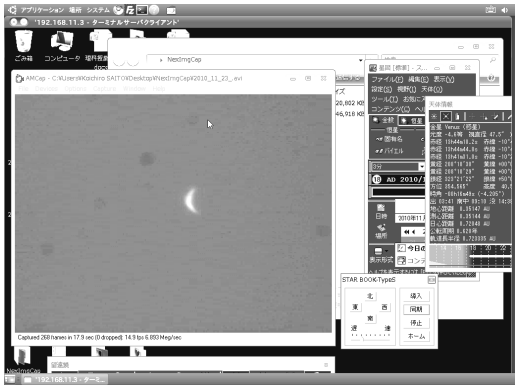

図 3　校内のモニターに表示した金星

2.2　太陽（黒点）ライブ

金星ライブ同様、太陽の黒点ライブにも、SkyPod 経緯台を用いた。望遠鏡鏡筒にはミニボーグ 50（トミーテック）を使用した。口径 50mm、焦点距離 250mm である。パワーメイト×5（テレビュー）により焦点距離を 1250mm に延長し、撮像素子の 8〜9 割に太陽全体を写した（図 4）。

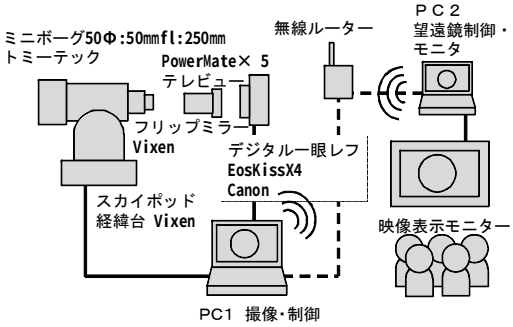

図 4　太陽、月ライブ配信

撮像には解像度で NexImage に勝る、デジタル一眼レフカメラ EosKissX4（キャノン）を使用した。撮像素子は CMOS（22.3×14.9mm、画素 5184×3456px）である。USB ケーブルで PC と接続し、付属ソフトの EosUtility で、モニターに表示する（図 5）。ネットワーク関係は金星ライブシステム同様である。

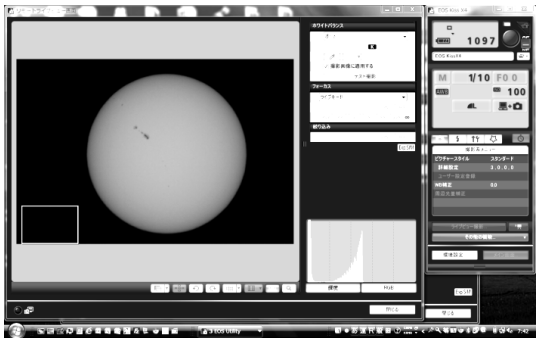

図 5　EOS Utility のライブビュー画面

図 6　配信する予定だったデスクトップ画面

図 7　設置から配信まで最短で約 30 分

図 8　金星を校内へリアルタイム配信

2.3　月ライブ

月ライブには、ミニボーグ 50 の対物レンズから、ソーラーフィルターを外す。それ以外は太陽(黒点)ライブと同様である(図 6)。

3.中学校における実践と活用

以上 3 つのライブ配信により、中学校で実践を行った。

3.1　金星ライブの実践

学校に開閉式のドーム設備が無いため、配信の都度、機材一式を設置、終了後には回収する必要がある。設置、導入、配信は、授業のない空きコマ（1～2 コマ/日）を利用して行った。

慣れれば、天候や金星の光度にもよるが、条件が良ければ、設置から配信まで 30 分程度で可能であった（図 7)。

画像は、廊下の大型モニターに提示した(図 8)。休み時間や移動時など、通りかかった生徒に望遠鏡で拡大した金星を見せることができる。

3 年生の授業で、クラス全員がその日の金星の形、視直径を同時に確認することができた。また、ライブ配信時に撮像したデータを用いて、金星の満ち欠けや視直径の変化を提示し、授業で活用した。

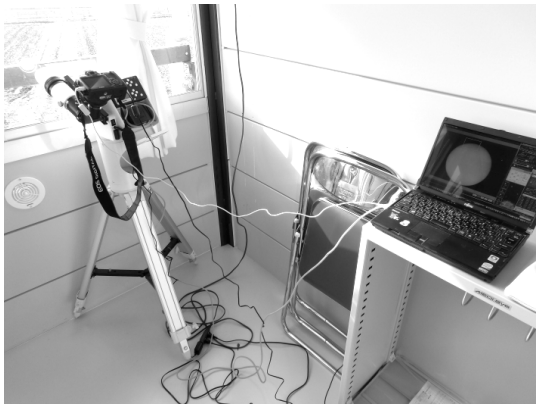

図 9　望遠鏡を仮設校舎の空き教室に設置

図 10　太陽（黒点）を配信

3.2　太陽（黒点）ライブの実践

太陽のライブ配信を準備し、実践を開始する矢先の 3.11、東日本大震災により校舎が使用不能となった。一学期間は近隣の学校へバ

スで移動、空き教室を間借りした生活だったため、実践できなかった。

夏休み明けにプレハブの仮設校舎が完成し、仮設校舎での実践となった。金星ライブ同様、配信時に機材の設置、回収を行ったが、仮設校舎は出入り口が少ないため、望遠鏡を屋外へ搬出することが困難である。唯一の空き教室に望遠鏡を設置し（図 9)、画像を校内廊下のモニターに配信した（図 10)。

3.3　月ライブの実践

月ライブも太陽ライブ同様の望遠鏡での実施を試みたが、昼の月ライブの実践はできなかった。制約の多い仮設校舎での実施であったこと、昼の月ライブには天候に加え、月齢によるライブ可能時期、時間帯が限定されることがその原因と考える。

4　成果

4.1　金星ライブの成果

2010 年から実践を行った。東方最大離角である 2010 年 8 月 20 日前後からは、昼でも導入が容易であった。内合（10 月 28 日）前のライブは 10 月 1 日（光度 -4.6 等　視直径 44.7"　輝面比 0.19）が最後であった。内合後は 11 月 17 日（-4.5 等　視直径 52.7"　輝面比 0.11）から導入、配信が可能であった。従って、内合前後約 20 日は導入が困難といえる（図 11)。

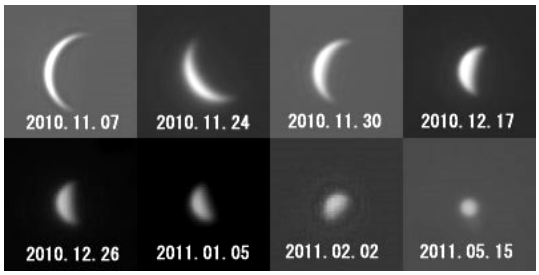

図 11　配信した金星の画像※

StarBookTYPE-S（SkyPod 経緯台）による追尾精度は、写野（10.3×7.7 分）中央に導入後 30 分程度は写野内に収まっている。これは大まかな目安であって、アライメントの回数などで追尾精度は変動すると考えられる。

金星のライブ配信によって、天体の学習を行う 3 年生に限らず、他の学年の生徒も金星の見かけの変化を観察することが可能である。金星の会合周期は 534 日であるため、最大離角～内合の変化を 3 年次に観察できるわけではない。2011 年では 8 月 16 日が外合だったため、今年の中学 3 年生が学習する 2011 年末から 2012 年始めに、金星の満ち欠け、視直径の変化の観察は不可能である。

2 年次に観察していたことは、学習する上で意味があったと思われる。また、授業では、2010 年の外合前後のライブ配信時に撮像した画像を用いて展開することができた（図 12)。

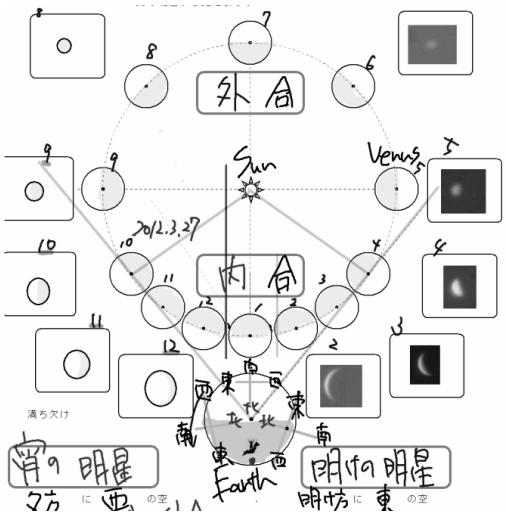

図 12　授業の板書

4.2　太陽（黒点）ライブの成果

太陽の黒点ライブは、仮設校舎で実践した。そのような環境下で、廊下のモニターに太陽

（黒点）をリアルタイムで配信したことが成果の１つである（図 13）。金星や月に比べ太陽は導入が容易で、配信まで比較的短時間で行うことができた。

太陽（黒点）の観察は、直接太陽を見て目を痛めるなど、大きな危険が伴い、安全への配慮が必要である。モニターを介したライブ配信は安全性の上で優れているといえる。

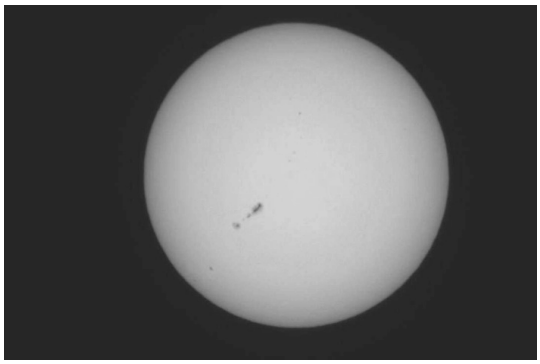

図 13　本システムで撮像した太陽黒点（2011 年 7 月 18 日）

4.3　月ライブの成果

月ライブは条件整備が困難であり、2011 年度の実施はできていない。このため、ライブ配信ではなく、撮像した画像を提示するという方法をとった。

昼でも満ち欠け、クレーターの様子など、十分な解像度で提示することができた（図 14）。

図 14　撮像した昼（12:55）の月（月齢 8.4）

月ライブのシステムを応用して、12 月 10 日の皆既月食を自宅で撮像、屋内のモニターに配信した。屋内から、望遠鏡の操作、撮像などが可能であった（図 15、16）。

図 15　12 月 10 日の皆既月食配信

図 16　皆既月食を自宅のモニターに配信

5　課題

5.1　設置、回収

どの配信も共通して、設置や回収の時間確保が課題であった。乾電池で動作し、持ち運び、設置が比較的容易な SkyPod 経緯台を用いても、設置、導入、配信まで最短でも約 30 分かかる。理科の授業時数が増加し、教科指導以外の業務も多い中学校現場では機材設置の時間確保が最も大きな課題と感じた。

5.2 追尾精度の向上

一般に経緯台は、赤道儀に比べ導入、追尾精度で劣る。条件にもよるが 30 分に 1 度程度、手動でのアライメントが必要である。空きコマが少ない中でのアライメントは困難であった。

5.3 プレハブ仮設校舎による制約

今回の 3.11 の震災による仮設校舎での生活により、ライブ配信には多くの制約があった（図 17、18)。コンセントが少ないための電源確保、屋外への出入り口の数、機材の保管場所、狭い廊下での配信用モニターの設置等々。これらの制約から、2010 年度に複数回行っていた金星のライブ配信も 2011 年度は一度も実施できていない。

図 17　解体される校舎

図 18　プレハブの仮設校舎

5.4 撮像部の温度上昇（太陽の黒点）

太陽ライブでは、撮像に EosKissX4 を用い、高解像度で撮影、配信が可能であった。しかし、ライブビュー使用時には、シャッターが開放され続けるため、フィルターで減光しているものの、撮像素子に日光が当たり続ける。また、カメラ本体にも日光が当たるため、カメラの温度が上昇する。

ライブ配信開始から 30 分ほどで本体の温度上昇の警告が表示された。警告が表示されても、撮像、配信の継続は可能であるが、熱による撮像素子の損傷が懸念される。

5.5 月ライブは困難？

天候などの条件がよければ、金星、太陽ライブは比較的再現が可能である。しかし、月のライブ配信には、さらに月齢による制限がある。月齢が 27～3 の間は、太陽との離角が小さいため、導入が困難であった。また、月齢 15 前後は夕方～早朝の配信となるため、生徒が学校にいる昼はライブ配信できない。

配信可能な月齢は 3～7、22～27 となり、さらに月齢が 7、22 の付近は太陽との離角が 90° となるため配信可能な時間が短い。昼の月を配信するには多くの課題が存在することが明らかである。

6. 課題解決へ向けて

設置、回収、手動によるアライメントは、人手と時間の確保により可能である。仮設校舎での生活のため、余裕が無いが、今後、仮設校舎での生活が軌道に乗り、理科担当者の連携により、無理なく配信できる可能性がある。

太陽（黒点）ライブは、カメラ（撮像部）の熱対策が必要なため、フィルターを 2 重にする、カメラ回りを遮光する、など対応策を検討中である。

昼の月ライブには課題が多いことがわかった。金星、太陽（黒点）ライブを無理なく継続する体制が整えば、月ライブも実現可能になるであろう。

それまでは、昼（夜）に撮像した画像をモニターに表示する「本日（昨日）の月」配信が現実的と考える。同様に、太陽ライブの熱対策を施すまでの間も、撮像した画像をモニターに表示する方法をとっている。

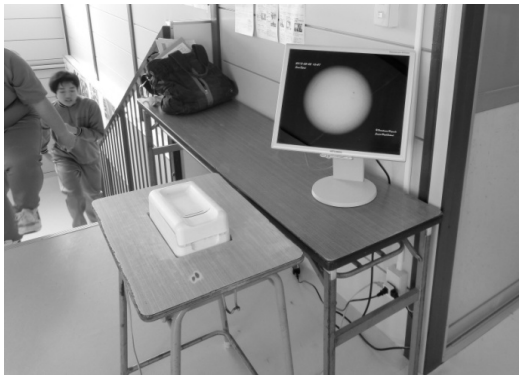

図 19　撮像した太陽・月をスライドショーで表示

7. 終わりに

3.11 の震災によって校舎を失うなど、予期せぬトラブルにより、計画していた天体のライブ配信実施が予想以上に困難な状況が続いた。そのような中でも、震災から 2 ヶ月後の 5 月 15 日には金星の撮像が再開できた。プレハブの仮設校舎が完成し、回数は少ないものの、太陽（黒点）のライブ配信を行うことができた。教科指導以外の業務が多い中学校の現場で実践できたのは、職場のバックアップがあったおかげである。

観測結果から法則、規則を導き理解するためにも、天体のライブ配信は有効な手段であると考える。教育現場での再現には課題も多いが、今後も実践を重ね、より再現可能な方法を模索していきたい。

文　献・注　釈

[1]千島拓朗、2007、IT 機器を利用した天文教育プログラム開発、宮城教育大学修士論文

[2]千島拓朗・成田晋吾・大滝学・高田淑子・鈴木雄太・木村雄太・太田孝弘、天体のライブ映像を教材とした理科－77－

[3]教室で行う宇宙の実験 - 9:「月」・「金星」・「全天」のインターネットライブ天体観察システムの開発教育実践とその評価、2007、宮城教育大学情報処理センター年報、14、30-36。

[4]2008, 初等・中等教育における授業中の天体観察のための天体ライブ配信システムの構築　千島拓朗(気仙沼市立松岩中学校)、齋藤弘一郎*、高田淑子(宮城教育大)、木村雄太、鈴木雄太（宮城教育大卒)、三浦宏明、伊藤友美、桑原永介（宮城教育大)、星空観察ネット勉強会、日本惑星科学会秋季日本惑星学会

[5]金星の画像は RegiStax にて加工

[6]参照；国立天文台 暦計算室

[7]参照：ステラナビゲータ 9

[8]協力：テレスコープセンターアイベル

※本研究には 2010 年度中学校理科教育振興奨励（武田科学振興財団)、2011 奨励研究（日本学術振興会）を使用した。

さいとう　こういちろう
ブログ：K's 理科実験室
http://tovu3110.blog19.fc2.com/
TwitterID　@tovu3110