

大阪教育大学金環日食プロジェクト

2 ビデオ教材：太陽と月の日周運動

野口 亮・梅津寛明・小倉和幸・小野里佳子
川端美穂・貴村 仁・小林 弘・酒井大輔
塩田淳悟・白井みなみ・中岡雅樹・福江 純
藤井大地・古川寿実・増田剛大・松浦美波
道端恵梨子・松本 桂



野口

〈大阪教育大学 〒582-8582 柏原市旭が丘4-698-1〉

e-mail: j119337@ex.osaka-kyoiku.ac.jp

今回は、市販のビデオカメラ2台を使った動画教材を紹介する。ビデオカメラの1台は51 cm 反射望遠鏡に取り付けて金環日食の進行を追尾し、もう1台は三脚に固定して太陽と月の日周運動の様子を撮影した。その二つの動画を並べて合成することで、ふだんはあまり意識することのない、太陽と月の日周運動の見かけの速さの違いがわかる教材が得られた。日周運動にも差があることなどは、学校現場などでも説明はないので、このような教材はたいへんに有用だろうと考える。またこのようなデータは、日本では今後数十年得られないことを考えると、貴重な資料にもなると考える。本稿では、ビデオ撮影までの経緯や当日の様子、その動画作成について紹介する。

1. 金環日食プロジェクトへの参加

2012年5月21日に日本全国で金環日食・部分日食が起こった。その世紀の天文イベントを観測すべく、大阪教育大学天文学研究室は数年前から準備を始め、各地にメンバーを配置し、当日に臨んだ。大阪教育大学柏原キャンパス班では、懸念されていた天気も無事に回復し、スペクトルや静止画撮影など、多くのデータが取得できた。その中で、市販のビデオカメラ2台を使った動画教材を紹介する。

さて、筆者（野口）が本格的にプロジェクトに参加したのは、2012年4月に入ってからである。そのきっかけは、金環日食についての打ち合わせという話で、関心のある学生が集められ、前フリ

もなく福江先生が放った一言である。

（福江教授）「で、君（野口）は金環で何をやるの？」

（野口）「えっ？…あ、今考えています。汗汗」前フリもなく唐突に話を振られ、冷や汗を流したことを今でも鮮明に覚えている。そこから今回の金環日食で自分に何ができるのだろうかとか真面目に考えだしたことがすべての始まりである。

以下、2節でビデオ撮影までの経緯、3節で日周運動の違いの説明、4節で実際の動画教材作成などを説明する。

2. ビデオカメラという選択

これまでコンパクトデジカメしかもっていない筆者が、金環日食に際して新しい一眼レフに手を

だす勇氣はまだなかった。では、どうするか。コンパクトデジカメでは露出時間の調整もできないし、NDフィルターなどを使えるわけでもない。悩んでいたところにふいに目に入ったのがビデオカメラである。操作の難易度は簡単でほぼコンパクトデジカメと変わらないし、何より研究室のイベントでビデオカメラを何回か使ったことがあったため、使い方には慣れていたほうだ。ビデオカメラ本体は、さきほど述べた今回の金環日食観測用の機材というわけではなく、2年前に大阪教育大学に整備された3D投影機での新しい3Dビデオ教材開発のために購入されたものである。ただ、3Dビデオ教材用とうたってはいるが、いって普通のビデオカメラである(表1, 図1)。

まずは、実際に市販のビデオカメラで本当に太陽が撮影できるのかという検証から始まった。使用した減光フィルターは、バーダープラネタリウム社の太陽観測フィルターのアストロソーラーを

表1 ビデオカメラのスペック。

名称	SONY HDR-XR520 V
イメージセンサー	1.288型“Exmor R” CMOSセンサー
有効画素数	415万画素(16:9時)
F値	F1.8-3.4
f(焦点距離)	f=5.5-66.0 mm
ズーム	光学12倍(デジタル150倍)
映像記録	HD画質: MPEG-4 AVC/H.264



図1 使用したビデオカメラと手製減光フィルター。

使用した(図1)。

最初は円筒にまるめた段ボールにフィルターシートをテープでつけただけの簡易なものを作成した。それをビデオカメラにはめ、実際に太陽に向けてみた。すると、カメラのオートフォーカス機能で太陽を明るく撮影したり、暗く撮影したり、フォーカスがなかなか合わず挙動がおかしい。そこで、カメラのオートフォーカス機能を切り、無限遠にしたところ、安定し撮影することができた。ただ、よく見ると再び問題が発生。デフォルトの設定のままでは、太陽が明るく、減光フィルターを使用しても明らかにサチってしまい、太陽の輪郭をはっきりとらえることができなかったのである。ビデオカメラは使用したことがあるものの、ほとんどデフォルトのまま使用していたため、露出時間の調整機能があるのかどうか分からない。いろいろ設定をいじっていると「カメラ明るさ」という項目に行きついた。そこを微調整すると露出時間が変化したのかきれいに太陽の輪郭、また黒点までもがビデオカメラで撮影することができた。

太陽を無事観測することが確認でき、つづいて、このビデオカメラでどのような教材に使っていくかという議論になった。食の様子を撮影するだけでもよく見られる動画教材にはなるかとは思いますが、幸いなことに同型のカメラが研究室には二つある。そこで、1台は大阪教育大学天文台に設置されている51 cm反射望遠鏡に取り付け日食の追尾を行いつつ拡大映像を撮影し、もう1台は三脚に固定し太陽が日周運動する様子を撮影することにした。

ここまでくると“後は練習するのみ”ということで、ビデオカメラに被せる減光フィルターを皺ができないように新調し、当日と同じ時間帯の太陽を幾度となく撮影練習した(図2)。そのおかげで、太陽追尾機能を別にもたない51 cm反射望遠鏡の追尾性能でも、3時間ほどはビデオカメラの視野内に太陽を置いて、その動きを追尾できる

ことがわかった。

観測練習もそれなりにこなし、ついに待ちに待った5月21日である。全国的に天気が懸念されていたが、大阪教育大学柏原キャンパスでも数日前は雨も降る状況であった。だが、21日の午前4時ころから徐々に雲が薄くなり始め、食が始まった6時半頃には若干の雲が残っていたものの、その後は無事天気が回復し、これまでの練習どおり51 cm反射望遠鏡での追尾と三脚での固定の撮影に成功した。図3は、筆者が金環日食当日

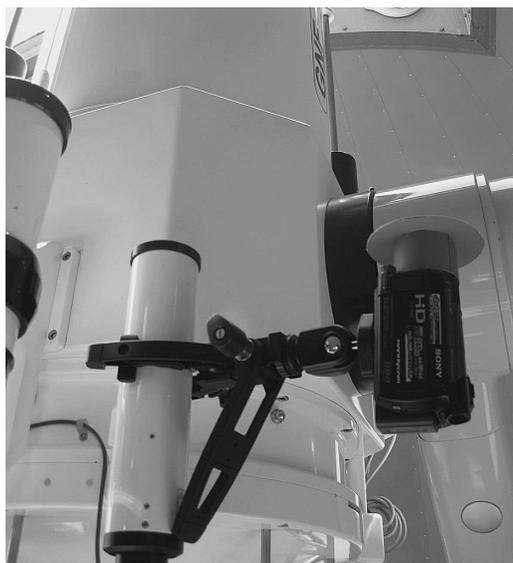


図2 51 cm反射望遠鏡に取り付けた様子。



図3 金環日食観測当日の様子。

に51 cm反射望遠鏡にビデオカメラを取り付け、視野内に太陽を導入する様子である。

3. 星・太陽・月の日周運動の差

ここで、今回の動画教材にかかわって、太陽や月の日周運動の違いについて簡単に説明しよう。

日周運動は、知ってのとおり、地球の自転によって、天球上の恒星やその他の天体が地球の周りを回るように見える見かけの運動のことである。学校現場では、(太陽の)日周運動とか、(星の)日周運動として習う(図4)。しかし、地球や月が公転しているため、太陽や月、惑星、そして夜空の星々における、それぞれの日周運動のみかけの速さは異なったものとなる。そのわかりやすい例が月である。

月は約28日で地球を公転することから地球自転方向に対して1日あたり約12度進むため、天球上を動いていく速さは、太陽に比べて月が少し遅いことになる。だが、通常空を見上げていても、この両者の見かけ上の速さの違いを感じることはあまりない。

そこで、今回の日食に注目したい。日食現象は、ふだんは離れていて同時に動きを観察することが少ない太陽と月の公転運動が同時に観察でき、日周運動の速さの違いに目を向ける絶好の機会である。それぞれの天体の見かけの速さについては、小学校や中学校では習わない発展的な学習

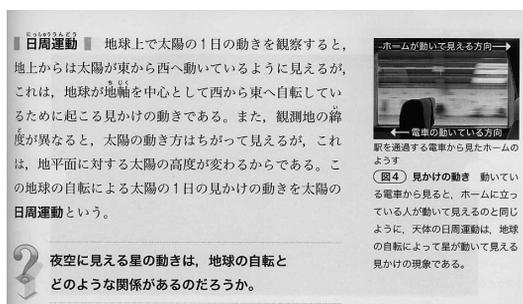


図4 教科書などでの日周運動の扱い。
(新課程版『新しい科学』3年 東京書籍)

になるが、新学習指導要領で日食と月食を取り上げられるようになった今日、今回の金環日食の動画紹介と合わせて子どもたちに紹介することで、天体の運動、また月の満ち欠けなどの新たな興味のきっかけになると考える。

具体的な日周運動の違いは、地球や月の軌道を円軌道と仮定すると、だいたい以下ぐらいだ。

遠方の恒星に対して地球が自転する周期（恒星日）は23時間56分4秒なので、星の日周運動の速さは、 $360^\circ \div 1 \text{ 恒星日} =$

$$\begin{aligned} \text{星} &: 0.004178079^\circ/\text{秒} \\ &0.2506847^\circ/\text{分} \\ &15.04108^\circ/\text{時} \end{aligned}$$

となる。

太陽に対する地球の自転周期（太陽日）は24時間だから、太陽の日周運動の速さは、 $360^\circ \div 1 \text{ 太陽日} =$

$$\begin{aligned} \text{太陽} &: 0.004166667^\circ/\text{秒} \\ &0.25^\circ/\text{分} \\ &15^\circ/\text{時} \end{aligned}$$

である。

さらに、月は、地球を周期27.321662日（1恒星月）かけて公転するため、対恒星では見かけ上 $360^\circ \div 1 \text{ 恒星月} = 0.000152504^\circ/\text{秒}$ の速さで公転している。ゆえに日周運動の速さは、星の日周運動の速さ一月の公転による速さ＝

$$\begin{aligned} \text{月} &: 0.004025575^\circ/\text{秒} \\ &0.2414345^\circ/\text{分} \\ &14.49207^\circ/\text{時} \end{aligned}$$

である。

上記から、金環日食時に、太陽は毎分0.25°動くが、月は毎分0.2415°しか移動しない（図5）。この差にあたる、0.01°/分で太陽が月を追い抜いていくことになる（図6）。また日食の開始から終了までは、太陽の視直径（0.5°）の2倍ほど移動する必要があるので、 $0.5^\circ \times 2 \div 0.01^\circ/\text{分} = \text{約}100 \text{ 分}$ となり、実際の食の時間（140分ほど）と同程度になる。非常に粗い見積もりなので、この程度

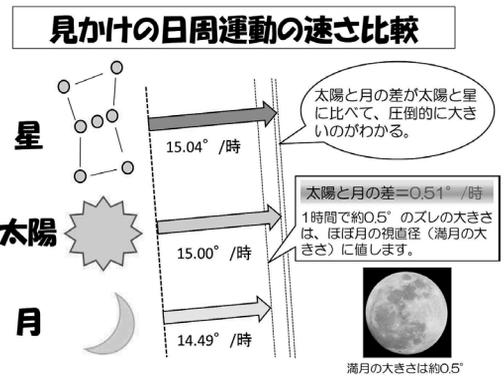


図5 天体の日周運動の違い。

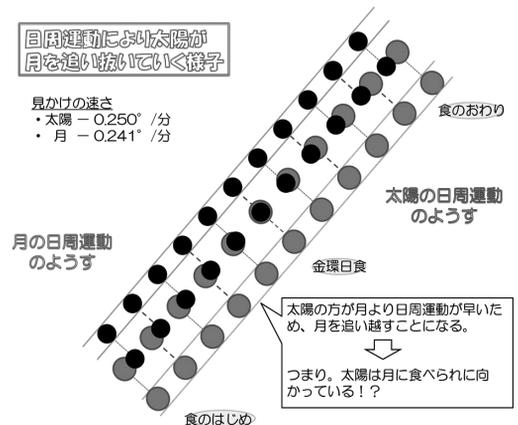


図6 太陽が月を追い越す様子。

一致すれば十分だろう。

4. 動画教材の作成

当日得られた二つの動画データは、Adobe Premiere Pro CS6という編集ソフトを用いて合成した。この際に問題になるのは、二つのデータの時間同期だったが、使用したビデオカメラにはGPSが内蔵されているため、柏原キャンパス内で撮影した二つのカメラの時刻から同期させることができた。また編集において動画内には極力文字を少なくし、必要最低限の説明や時間の経過のみを示すようにした（図7）。

動画自体はすでに完成していて、今後は、見かけの日周運動の速さの違いの説明を含むホーム

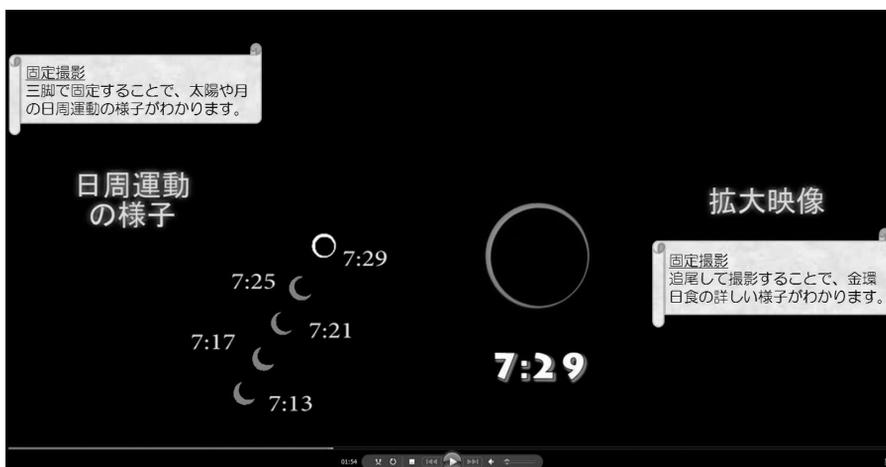


図7 動画の一画面.

ページを作成予定である．また合わせて you tube などの動画配信サービスにも動画をアップロードし，今後学校現場等で日食の動画を見せる際に使用してもらえればと思う．実際の日食データを使ったこのような教材は，日本では数十年は作成できないので，貴重な教材にもなったと考えている．

単に動画だけを見れば，太陽が月と重なっているだけの話かもしれない（その現象がとても感動的であるが）．ただ見方を変えると，太陽と月の日周運動の見かけの速さの違いを目の当たりにしていることになる．ぜひ，子どもたちにはこういった“視点の違い”をもってほしい．

Diurnal Motion of Sun and Moon, the Movie; The Case of Osaka Kyoiku University

Ryo NOGUCHI, et al.

*Astronomical Institute, Osaka Kyoiku University,
4-698-1 Asahigaoka, Kashiwara, Osaka 582-8582, Japan*

Abstract: We obtained educational videos by commercial-release two camcorders at the annular eclipse on May 21. One camcorder mounted on the 51 cm reflector in Osaka Kyoiku University was tracking sun during the eclipse, whereas another camcorder fixed on the ground obtained the diurnal motion of Sun and Moon in the fixed view. By compositing two movies obtained, we produced an educational material, from which we easily understand the different apparent velocity of the diurnal motion between Sun and Moon.