

日周運動のビデオ教材作成による星空環境教育

伊藤芳春^{*}、吉田和剛^{**}、高田淑子^{***}、松下真人^{****}、中堤康友^{*****}

Environmental Education of Night Skies Using Video Movies of Diurnal Motion of Stars

Yoshiharu ITO, Kazutaka YOSHIDA, Toshiko TAKATA, Masato MATSUSHITA and Yasutomo NAKATSUTSUMI

要旨：星空観測の学習の促進、自然環境教育促進に寄与する教材として、広角レンズと高感度冷却CCDカメラを接続した広視野撮像システムを構築し、天体の日周運動の映像教材を作成し、ホームページにて公開した(<http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/>)。本教材は光害など大気環境が悪化している中、撮影されたものであり、子供たちがこの教材をもとに意欲的に星空を眺めることにより、光害や大気環境に関心を持つことが期待される。

Abstract: Wide field imaging system was developed to take images of the night sky. Images taken by the camera were processed to create movies of motions of stars in the night sky. The movies are shown in our homepage of <http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/>. It can be utilized in the astronomy classes in elementary and junior high schools.

キーワード：星空環境教育、冷却CCDカメラ、ビデオ教育教材、学校教育、観察・観測

はじめに

子供たちは宇宙の始まりや、星座・神話などに関心を持っているが、日常生活の中で意図的に星を見ることがなく、実際に星をみたという体験は少ない。夜どこに何が見えるかわからないというだけでなく、生活環境が整えられるに従い夜間照明や大気汚染により星そのものが見えにくくなっているからである。

環境省では、光害など大気環境問題への関心を高めってもらうことを目的に、昭和63年(1988年)から、全国星空継続観察(スターウォッチング・ネットワーク)を実施している。これは肉眼や双眼鏡等を使った身近な方法で夏と冬の星の見え方を調査するものである。

小学校4年の理科の内容として「星の集まりは、1日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、位置が変わること」として日周運動を扱っている。この学習では、実際に星の観察をする機会を多くもつようにし、星の特徴や動きについての見方や考え方もつようにするとともに、天体に対して興味・関心をも

ち、夜空に輝く無数の星に対する豊かな心情を育てることをねらいとしている。

中学校理科での日周運動の扱いは、「天体の日周運動の観察を行い、その観察記録を地球の自転と関連づけてとらえること」としている。そのため、天球の各方位の星座の見かけの動きを観察したり、星座の長時間露出による写真を活用したりして、星の天球上の見かけの動き方を調べ、これを基に地動説的な考察を行うために観察者の視点を地球の外に置き換えることが必要であり、モデルを用いて多様に思考することが必要であるとしている。

このように日周運動は天文分野の学習の中で基礎・基本であり、観察をして学習をすすめることになっている。しかし、教師にとっては指導しにくい分野としていつも上位にあげられている。理由は授業時間内に実施できないことがあげられる。夜間に子供を集めにくいことや家庭学習が中心になり家庭学習を支えるための適当な教材がないためである(高橋他、2000年)。

^{*}宮城県教育研修センター 宮城教育大学教育学部環境教育実践教育センター客員助教授, ^{**}宮城教育大学学校教育教員養成課程理科教育専攻, ^{***}宮城教育大学教育学部理科教育講座, ^{****}宮城教育大学大学院教育学研究科理科教育専修, ^{*****}宮城教育大学特殊教育特別専攻科病虚弱教育専攻

しかし、指導しにくい分野ではあるが、大学生へのアンケートから、キャンプや合宿で見た星に感動したことや星のよく見える地方の出身者は満天に見えた星の感動体験をもっていることが分かる。授業時間内には実施できない場合でも家庭学習を支える適当な教材があれば大きな学習成果が上げられる。

天体観察が場所や時期、天気、月齢の影響を受けるのと同様に、天文教材の作成にも困難が伴う。天文教材の作成にあたっては、貴重な機会を無駄にしないよう理科の学習にも星空の環境教育にも使えるものとしてほしい。

教科書などに掲載されている星座を長時間露出した写真は実際の空とはへだたりがあり日周運動の方向も分からず子供にとっては理解しにくいものである。現在、家庭用8mmビデオカメラでも明るい星は撮影できるようになり、これを用いて子供の身近な景色を前景とした星空映像はコンピュータシミュレーションやプラネタリウムより臨場感がでている（伊藤、2000、尾久土、2001、小沢、2001）。さらに、ビデオ映像は再生スピードの調節により、日周運動を印象深く示すことができる。しかし、画像はまだまだ不鮮明で撮影者の説明無しには理解しにくい。

今回は、高感度冷却CCDカメラを使用することにより、高画質の日周運動の映像を作成し、「子供達が本物の星空が見たくなる」教材作成を試みた。特に、夏と冬の代表的な星座の日周運動を記録するために、蔵王山

腹と仙台市内にある本学構内にて撮影を実施した。

天体の日周運動のビデオ教材作成方法

（１）撮像システム

今回の目的は、実際の星空の日周運動を撮像し、昼間の理科の授業時間内で利用できるような映像教材を作成することである。星空の日周運動を撮像するためには、ある方角の星空を連続して記録する必要がある。今回の撮像システムは、広角レンズを付属した高感度冷却CCDカメラ（SBIG社製ST-6）を対象天体に向けて固定し、星空を撮像できる（図1）。決められた撮像間隔で星空を撮像し、各撮像画像を保存する。この作業を長時間にわたり実施することで天体の日周運動の各フレームが撮像できる。

撮像に際しては、CCDカメラ制御用ソフトウェア（CCDOPS、SBIG社製）によって、冷却CCDカメラの冷却温度、撮像間隔時間、撮像枚数、露出時間などを自動制御した。広視野レンズは、8mm、16mm（Nikon社製）、24mm（OLYMPUS社製）の3つの焦点距離のレンズを用意し、使用レンズは対象天体や対象の視野角により決定した。撮像に際し、レンズは一般的には市販のカメラ用のレンズのため、実際の星空に向け、フォーカス調整が必要である。さらに、冷却CCDカメラの暗電流ノイズが微弱な天体の光と比較して無視

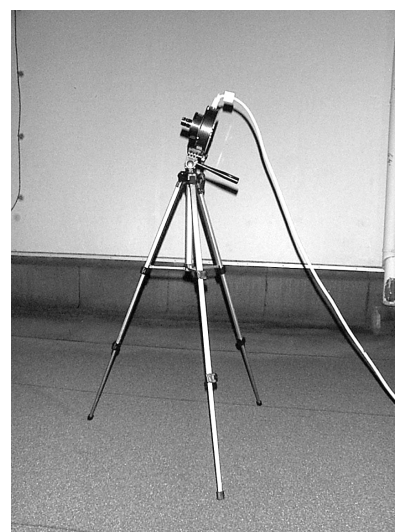
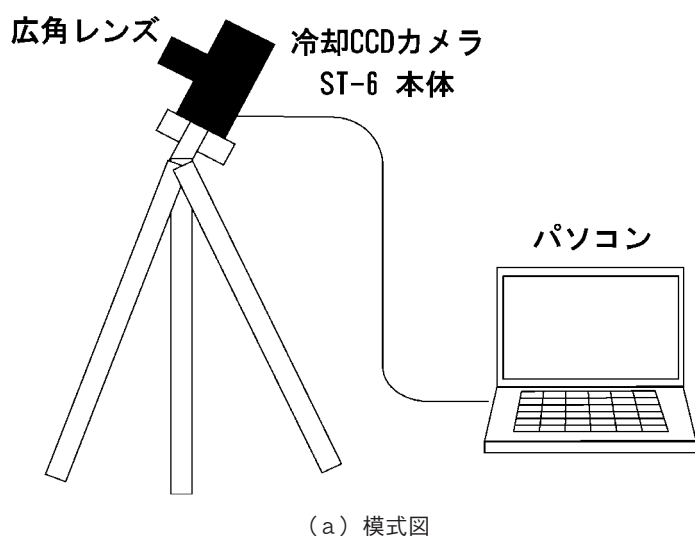


図1 天体の日周運動の撮像システム

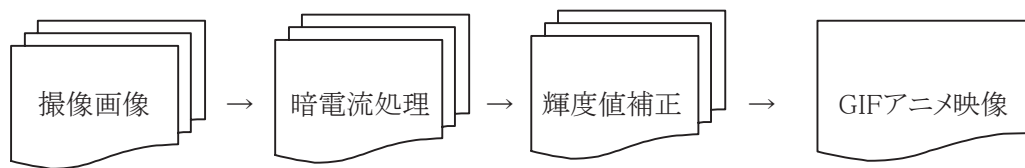
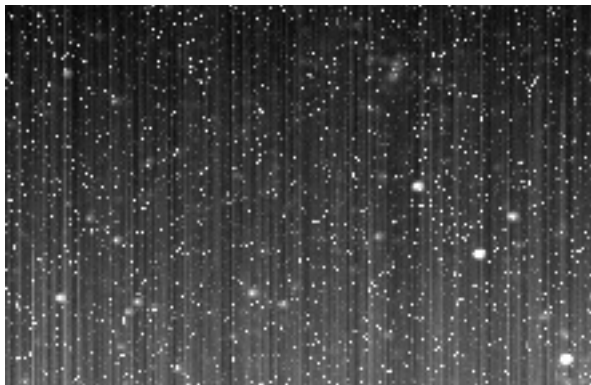


図2 画像処理の流れ



(a)



(b)

図3 画像処理の効果。ペルセウス座周辺の星空。2002年8月6日蔵王にて撮像。(a) 撮像生画像、(b) (a)の画像に暗電流処理、輝度値補正を実施。星空の背景が暗く、恒星の光が強調されている。

できないため、天体の光を強調させるために、暗電流画像を事前に撮像する必要がある。

(2) 映像作成方法

撮像画像は、暗電流ノイズを消去するためのダーク処理（暗電流画像を撮像画像から減算する）を施した。撮像画像の各画素は、16ビット階調のため、CCDカメラ制御用ソフトウェア（CCD0PS、SBIG社製）の暗電流処理機能を用いた。しかし、市販の画像処理ソフトで可能であろう。さらに、天体の光が微弱であり、露出時間が天体の運動速度から制約されるため、実際の天体光は、16階調分（65536階調）のうち、約2000階調しか利用していない。そこで、対象天体が見やすいように輝度値補正する。この際、できる限り星空は暗く、星座を構成する5等星以上の天体の光が強調されるようにする。各フレーム単位で星空の明るさや天体の明るさが変化することを避けるために、雲量の突然の変化などがない限り、同一の輝度値変換を実施した。各処理画像は、256階調（8bit）のGIF形式として保存し、ホームページビルダー（IBM社）のウェブアニメーション機能を用いて、GIFアニメの映

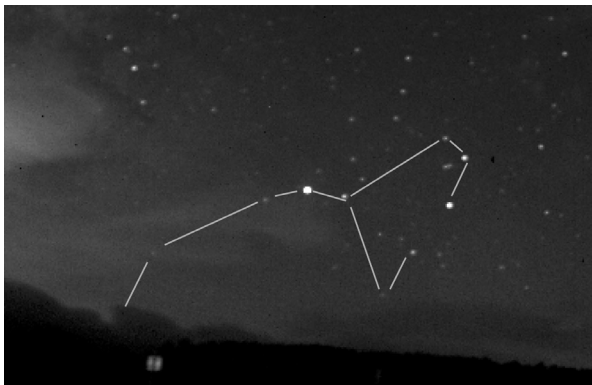
像ファイルとして保管した。

日周運動の映像教材の作成

前述の方法により、夏と冬の星空の動きの撮像を実施し、教材用の映像を作成した。

(A) 夏の星空

夏の代表的な対象天体はさそり座（アンタレス）、北極星周辺、ペルセウス座、ぎょしゃ座（カペラ）、こと座（ベガ）である。撮像は、2002年8月6日の夕方から7日の明け方まで蔵王において行い、この際に撮像した画像を利用して、映像教材を作成した。16mmレンズを使用したため、視野角は、 $30.2^{\circ} \times 23.1^{\circ}$ である。ほぼ、星座一つ分が入る程度の画角である。各撮像ごとに、露出時間4秒、撮像枚数60枚、撮像間隔60秒で1時間の連続撮像をした。冷却CCDカメラは、気温が高いため、CCDの温度を5度に設定した。そのため、生画像では、暗電流ノイズが大きい（図3(a)）。暗電流ノイズの補正後はダークノイズがなくなり、5等星まで撮像されている。これらの補正画像を図2の処理後、GIFアニメとして保存した（図4）。



(a)



(b)

図4 日周運動の映像。さそり座周辺の星空。2002年8月6日蔵王にて撮像。(a) 最初のフレーム。写真中央の明るい恒星がアンタレス。さそり座の星座を記す。

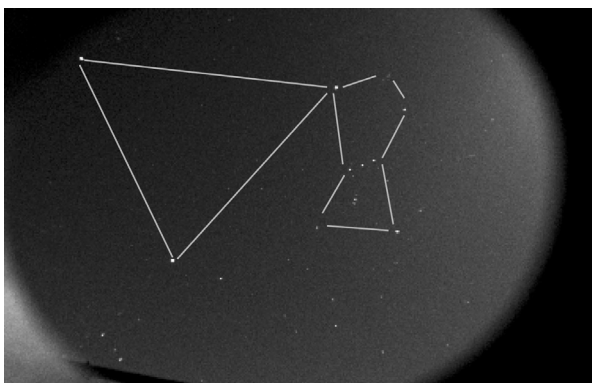
(b) 最後のフレーム。この間、60枚の画像により天体の運動が補完されている。写真左下の明るい恒星がアンタレス。

(B) 冬の星空

冬の代表的な天体は、オリオン座である。そこで、オリオン座及び冬の冬の大三角形の周辺の星空の運動を、2002年12月17日、宮城教育大学構内1号館屋上にて撮像した。8mmレンズを使用したため、視野角 $56.7^{\circ} \times 44.4^{\circ}$ となり、夏の撮像と比較し、広視野な領域が確保できた。冷却CCDカメラの冷却温度を -30 度まで下げられたため、暗電流のノイズが軽減されている。露出時間は1秒、撮像枚数は120枚、撮像間隔は60秒とした。撮像枚数は120枚であったが撮像途中より雲量の増加、対象天体の視野外への移動

により、映像用に利用した画像は85枚である。また、月明かりによる迷光を避けるためレンズ先にフードを取り付け、明るい空の背景の光量を抑えるため、露出時間は前回より小さくした。前述に示す画像処理を実施したが、雲量の変化が大きいため、輝度値補正の補正値は、数枚ごとに变化させた。

8mmレンズを使用して撮像したオリオン座と冬の大三角形を図5に示す。視野角は $56.7^{\circ} \times 44.4^{\circ}$ である。図5(a)は、撮像開始時のフレーム、図5(b)は映像の最後のフレームを示している。



(a)



(b)

図5 天体の日周運動の映像。オリオン座と冬の大三角形周辺の星空。2002年12月17日宮城教育大学1号館屋上にて撮像。

(a) 最初のフレーム。オリオン座と大三角形を星座として記す。(b) 映像最後のフレーム。この間、85枚の画像により天体の運動が補完されている。図4と比較し、視野角が約2倍なため、対象の星空が広くとらえられている。右側の空の背景が明るいのは、月明かりによるもので、補正後もわずかながら残っている。月明かりによる迷光を除去する目的でレンズフードをつけたため、撮像視野が円形となっている。

授業での活用法と星空環境教育へ

本論では、ビデオ教材として提示が不可能なため、実際に作成した星空の日周運動の映像は、<http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp>に掲載し、インターネット環境が整えれば、どこからでも誰でもアクセス可能とした。

同一条件で撮影したものではないので単純には比較はできないが、蔵王の星空（図3、図4）と仙台での星空（図5）を比べると、蔵王の星空環境の良さが実感できる。日周運動連続撮像システムは理科の授業にも環境教育にも活用できるものである。

小学校4年の理科において扱われている日周運動では、「星の集まりは、1日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、位置が変わること」としており、教育教材には視聴覚教材ビデオ、プラネタリウム等が利用されている。しかし、理想的な夜空の造形であり、実際に子供が見ている夜空とはほど遠く感じることもある。雲1つない空があるだろうか。今回の、冷却CCDカメラによる日周運動連続映像では、視聴覚教材ビデオにはない現実の雲の流れや星の瞬きも映りこみ、逆に臨場感がある。さらに、今回の映像教材は、コマの動きが遅いので逆に日周運動の様子が明らかである。このような教材を利用して星座の運動を授業中に見ることができれば、子供達に夜間の自宅学習を課す際に、曇天や光害による明るい空であってもそれなりの観察が可能であると言うことが理解でき、やる気がでると考えられる。このような意味で家庭学習を支える授業中の教材としての利用が考えられる。

さらに、中学校理科では、「天体の日周運動の観察を行い、その観察記録を地球の自転と関連づけてとらえること」にまで発展する。星座の長時間露出による写真では、「動き」がとらえられないが、授業中に本教材を用いることで、子供達が立っている地球と夜空の運動の関係の理解を助けると考えられる。

このシステムによって撮像された映像は、基本的には夜間に屋外で観測できない天文に関する授業を補完することを目的としている。また、たとえ夜間の観測が可能であっても、都市部では繁華街や高層ビルなどの明かりの影響で観察、観測のための星空環境が良くない、そのような場合の補完としても利用できる。郊外や山間の学校で撮像した星空をホームページで都市部の学校で使用するといった形も可能である。これは単なる学習を越えた連携、交流にもなるはずである。

このように、夜間の現象を昼間の授業で取り扱わなければならないという天文教育の宿命を克服する一つの手法として授業に取り入れていくことが可能であろう。

さらに、このような映像が各学校地域で撮像可能であれば、子供達の身近な景色の中での星空の運動を理解でき、夜間の家庭学習に非常に役立つであろう。夜間の天候が保証されていれば、自動化により、夕方設定して一晩無人で観測も可能である。そのため、子供達に観察したい星空の方角を設定させることも可能である。撮像画像を次の授業までに教師がムービーにして利用することで授業にも幅ができ、子供自身が観察した夜空がそのまま映像になり、子供達にとり貴重な体験となるであろう。

表 日周運動の映像リスト (<http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp>にてアクセス可能な映像)

撮像対象	撮像場所	撮像日時	ファイルタイプ	ファイル容量
こと座	蔵王	02.8.6	GIFアニメ	1.8MB
さそり座	蔵王	02.8.6	GIFアニメ	4.6MB
ぎょしゃ座	蔵王	02.8.6	GIFアニメ	2.5MB
ペルセウス座	蔵王	02.8.6	GIFアニメ	2.7MB
北極星周辺	蔵王	02.8.6	GIFアニメ	1.9MB
オリオン座	宮教大屋上	02.12.17	GIFアニメ	4.8MB
冬の天三角周辺	宮教大屋上	02.12.17	GIFアニメ	6.0MB

現在、新学習指導要領では、「コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的に活用するように配慮する」必要性が記され、学校の I T 環境も急速に変化している。教育現場では、インターネットの整備が促進され、インターネットの有効的な教育への活用が課題となっている。このような中で、ホームページを通じて星空の共有が全国的・世界的に可能であれば、夜空のワールドワイドな比較など I T 教育のみならず、国際理解へもつながると考えられる。星空から世界に窓が開かれれば、総合学習としての利用も可能かもしれない。

参考文献

- 尾久土正己：全天モニターカメラのアーカイブデータの教育利用、天文教育 Vol. 13 No. 2、2001 年
- 小沢友彦：星の動き（日周運動）の動画撮影、天文教育 Vol. 13 No. 2、2001 年
- 伊藤芳春：家庭用 8mm ビデオカメラによる天文教材、全国理科教育センター研究発表会地学部会集録、平成 12 年（2000 年）
- 高橋秀憲、佐々木俊、熊谷聖：観察・実験の指導の充実を目指した教材・教具の工夫、宮城県教育研修センター長期研修員 A 研究報告書、平成 12 年（2000 年）

終わりに

ホームページビルダーは IBM 社の登録商標である。
CCDOPS、ST-6 は、SBIG 社の登録商標である。