

天体のライブ映像を教材とした理科教育実践とその評価

千島拓朗¹, 成田晋吾¹, 大滝学¹, 高田淑子², 鈴木雄太³, 木村雄太³, 太田孝弘³

¹宮城教育大学大学院理科教育専修, ²宮城教育大学地学, ³宮城教育大学理科教育専攻

天文分野の学習では、昼間に観察できる対象が少ないために、コンピューターや情報機器を活用して授業を行うことが多い。そこで、宮教大インターネット天文台を利用して、学校を対象に金星と月のインターネットライブ中継を行った。学習時期に合わせて、金星のライブ中継は2005年10月から12月、2006年11月から2007年1月まで、月のライブ中継は2006年10月から2007年1月までの平日の晴天日、10時から15時まで公開した。天体のライブ映像を公開することで、教室の中でリアルタイムの天体観察を行うことが可能となり、初等・中等教育で重要視される体験や対象を取り入れた授業を行うことができる。2005年には、中学校で宮教大インターネットライブ中継を用いて金星の観察を取り入れた授業を行った。授業中に金星の満ち欠けについて、リアルタイムで天体を観察することは、生徒の興味を惹きつける有効な教材であることがわかった。

キーワード：インターネット天文台, 天体ライブ映像, 天文教育, 理科教育, 情報教育

1. はじめに

天文分野の学習では、夜間の観察を必要とするものが多い。そのため、当然昼間に行われる授業で学習対象を観察することができないという天文教育のジレンマが存在する。対象を観察して、その結果から現象を理解することは、初等・中等教育において学習内容に興味や関心を持たせるという意味でも重要なことである。しかし、多忙と言われる学校事情や、近年の凶悪犯罪などの社会状況を考えても、夜間の観察のために子どもたちを集めることは難しくなっている。また、学習対象の空間的・時間的スケールが非常に大きいいため、特に学習することが難しい分野である。そこで、空間や時間を自由にできるコンピューターシミュレーションや情報機器を利用した教材を活かしていくことが求められるのである。

2. 天文教育と情報教育

先に述べたように理科教育、特に天文教育が情報機器に頼る部分は非常に大きい。しかし、情報技術を扱う際に気をつけなくてはならないことは、コンピューターを利用することによって得られる情報は膨大であるが、すべてが有用な訳ではないということである。インターネットに存在する情報は典型的な例である。また、観察や体験を重視する理科において、コンピューターの仮想的な世界で学習を終わらせてしまうことは、甚だ無意味である。現実と仮想の世界を的確に選択しながら授業を行い、学習を行わせることが重要である。長い歴史をかけて培ってきた教材に対して、情報技術はあまりにも新しい技術であり、急速に発達しているため、それらを教育分野へ導入する場合には、教材としての価値について十分に議論を行う必要がある。

文部科学省は、理科と情報教育の具体的な関わりとしては、コンピューターを利用した計測や

データ処理、シミュレーション、インターネットによる情報の収集などを挙げている[1]。天文教育でも、惑星の公転についてのシミュレーションやインターネットの検索機能を使つての調べ学習などは広く行われ、一般的な方法となりつつある。これらは、現代において身につけさせるべき情報活用能力ではあるが、すべて間接的な情報であり、観察や体験へと直結させることは難しい。そこで、宮教大惑星科学研究室では、教室の中で望遠鏡を操作し、天体撮影を行うことができる宮教大インターネット天文台を2000年に構築し、星空観察を取り入れた授業を提案している[2, 3]。インターネット天文台は、インターネットを介して遠隔地で生の天体の画像や映像を取得することができ、これまでの天文教育の課題であった学習対象を授業で観察できないという点を解決することができる。また、情報教育という面からも、インターネットの向こう側にある現実を体験できる有効な教材となりうると考える。

3. 宮教大インターネット天文台の概要

インターネット天文台では、インターネットを介して①望遠鏡の操作を行えること、②望遠鏡によって得られる映像を取得できること、が特徴的なシステムである。現在は、国内にも様々な施設で設置されている[4,5]。インターネット天文台は、障害者を対象とした星空観察、海外から天文台を利用した星空観察、昼間の天体の観察等、様々な場面において活用されている[6-8]。現在の宮教大インターネット天文台は、スライディンググループの中に表1に示されるようなインターネット望遠鏡システムが2台設置されている(図1)。



図1 宮教大インターネット天文台(9号館屋上)

観測設備	望遠鏡	赤道儀	天体撮像カメラ	観察対象
インターネット 望遠鏡1	miniBORG45ED (トミーテック社) 口径: 45mm、焦点距離: 255mm ※	EM-200 (高橋製作所)	ToUcam PRO II (Philips 社) 640 × 480 画素	月 恒星
インターネット 望遠鏡2	MT-300 (高橋製作所) 口径: 300mm、焦点距離: 1500mm	EM-500 (高橋製作所)	ToUcam PRO II (Philips 社) 640 × 480 画素	惑星 恒星

※レデューサー (トミーテック社) 使用

4. 天文教材としてのインターネット天文台

子どもに実際に本物の星空を観察させることや望遠鏡を用いて生の天体を見せることが、最も効果的な学習方法である。そのような体験から、学習へと結びつけさせることで、宇宙に対する好奇心や知識欲を引き出すことができると考える。しかし、すべての理科教員が天体望遠鏡を扱えると

は限らない。さらに昼間の授業時間に天体観察を行うことは、望遠鏡操作についての知識や技術、そして観測設備を必要とする。このような状況を解決するために、天体観察を取り入れた授業として、インターネット天文台を教材として活用することを提案する。これまでのインターネット天文台は、望遠鏡操作と映像取得を同時に行うこ

とができるシステムであった。自ら望遠鏡を動かし、その結果得られた映像を基に学習を行うことができ、インターネットの特性をうまく利用した教材である。これまでの実践では、望遠鏡操作と天体映像を組み合わせ、天体観察としている。確かに望遠鏡を操作することで得られる満足感や充実感も重要である。しかし、教科「理科」として考えると、リアルタイムの天体映像を教室で観察できることが最も求められている課題であると考えられる。望遠鏡を操作するためには、天文台側とのコミュニケーションやソフトウェアのセットアップ、通信テストなどを行う必要があり、多忙な教員にとってそれらがハードルになることも少なくない。そこで、望遠鏡操作を制限し、より多くの学校で天体のライブ映像を簡単に取得できるシステムを構築することで、現実に行っている現象を観察しながら学習を進めることができるようになる。

5. ストリーミングサーバーの設置

インターネットを利用して天体のライブ映像を配信するために、ストリーミングサーバーを構築した。ストリーミングサーバーではライブ映像を効率よく、配信することができる。学校を対象としたライブ配信のため、ソフトウェアのインストールやセットアップの手間を省き、できるだけ簡単に映像を取得することができるように Windows Server 2003 を利用した。Windows 環境であれば、標準でインストールされている Windows Media Player (バージョン 9 以上) で映像を取得することができる。Mac 環境では、OS X 以上で、Windows Media Player 9 for Mac をインストールする必要がある。また、学校ネットワークのファイアーウォールについても http プロトコルで使用するポート 80 を利用して通信することで対応している。ストリーミングサーバーを利用した宮教大インターネット天文台のネットワーク構成を図 2 に示す。天体望遠鏡に取り付けた Web カメラの映像を Windows Media エンコーダーにて取り込み、ストリーミ

ングサーバーにて映像を配信している。遠隔地からはストリーミングサーバーにアクセスすることで映像を取得することができる。また、望遠鏡自身を映し出すネットワークカメラを設置し、天文台の開閉状況や望遠鏡の様子を確認できる様にした。このカメラによって、天体映像だけでは認識しづらい現実感を持たせることが可能となる。

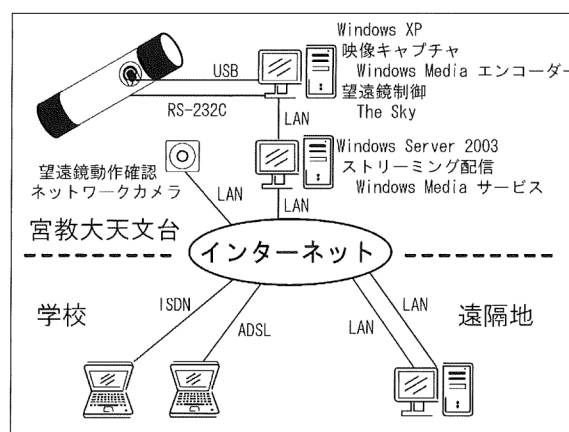


図 2 宮教大インターネット天文台のネットワーク

6. ライブを行う天体の選択

義務教育における天文分野の学習は小学校 3 年生で日なたと日かげから太陽の日周運動、4 年生で月と星座の日周運動を学習する。中学校では、3 年生で惑星の公転、恒星と惑星の違い、太陽系を構成する天体について学習する。惑星の公転では、金星の満ち欠けと見かけの大きさの変化から金星と太陽の位置関係を考えさせ、金星が太陽を中心に円運動をしていること、そして他の惑星も金星同様、太陽を中心に公転していることを理解させる。小学校段階では月、中学校では金星が主な学習対象となっているため、宮教大インターネット天文台を利用して、月と金星のライブ映像を公開することとした。金星は天体観測施設を利用することで授業の行われている昼間でも観察することが可能である。金星、月ともに天体の形を観察でき、雲などの通過によってリアルタイムの映像であることもわかる。

(1) 金星ライブ!

金星のライブ映像を公開する際に、簡単に映像を取得できるように、「金星ライブ!」と称したホームページを作成した(図3)。映像の公開期間は、中学校3年生の学習時期に合わせて、2005年の10月から12月、2006年の11月から2007年の1月で、平日の晴天日、10時から15時とした。ライブ映像であるため、当然天文台側が晴れていなければ実施することはできない。ライブ映像では、青空の中に大気の揺らぎや風によって揺らめく金星が観察でき、これは実際に望遠鏡を覗いたときの様子と同じである。ホームページの中に映像を埋め込むことによって、一般のホームページの閲覧と同様に、映像を取得することができる。また、リンクからWindows Media Playerを起動させることで、全画面で映像を表示させることもできる。学校では、パソコンの画面をプロジェクターでスクリーンに投影することが多いが、大きく映し出すことで生徒全員に観察させることができる。また、金星観察日記として、過去の観測結果についても、画像と映像、そして観察時のコメントを公開している(図4,5)。

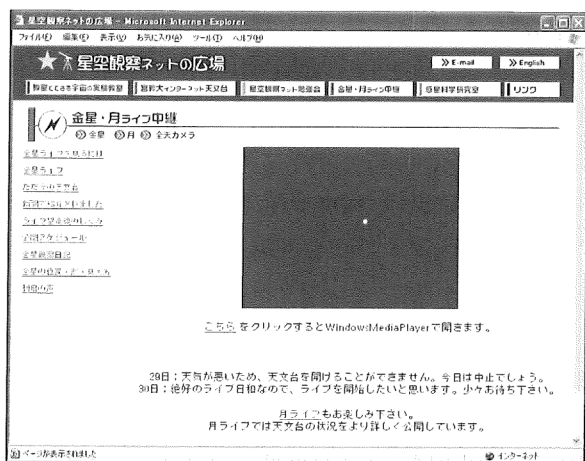


図3 金星ライブ!

<http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/live/>

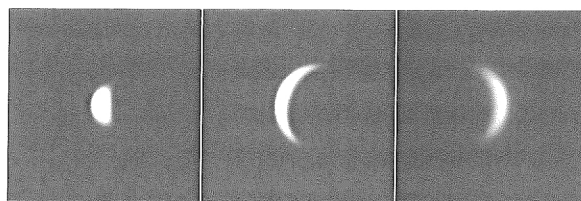


図4 金星の満ち欠けと大きさの変化

左: 2005年10月24日
 中: 2005年12月20日
 右: 2006年02月10日

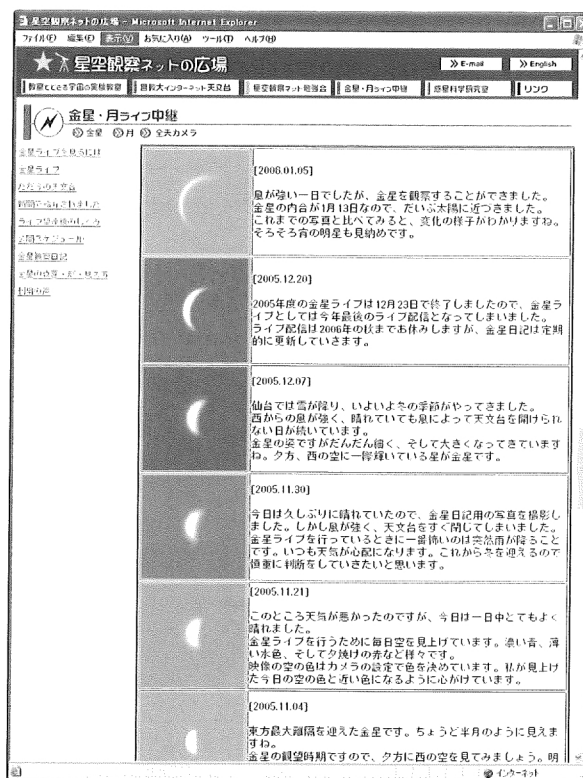


図5 金星観察日記

また、金星の満ち欠けと見かけの大きさは、太陽に対する金星と地球の位置で決まるため、この3天体の位置関係を示すシミュレーションを公開した(図6)。プログラムはJavaScriptで作成したため、ブラウザ上で実行可能で、セレクトボックスから2004年から2016年までの年月を選択できる。これにより、ライブ映像と過去の金星の画像を照らし合わせ、金星の見え方が変化する理由を学習できる。ライブ映像だけでなく、様々な

利用形態を考慮して、Web コンテンツを提供していくことで、学校現場で使いやすい教材となると考えている。

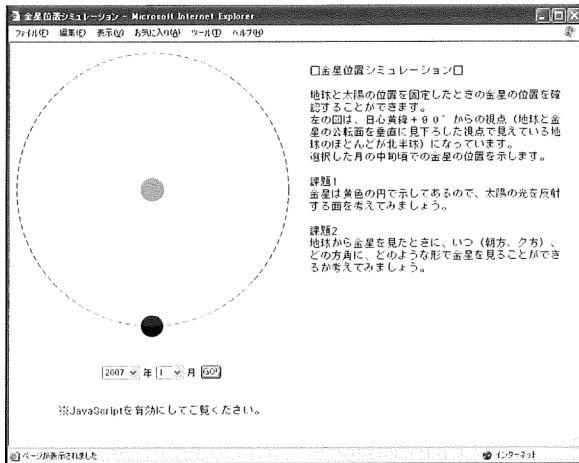


図6 金星位置シミュレーション

(2) 月ライブ!

月のライブ映像についても、金星のライブ映像と同様に「月ライブ!」と称し、ホームページを作成して映像を確認できるようにした(図7)。

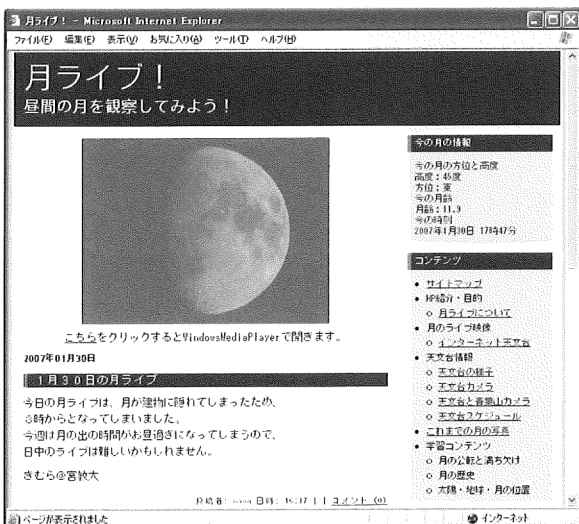


図7 月ライブ!

<http://moon.miyakyo-u.ac.jp/>

月のライブ映像は2006年10月から2007年1月まで公開した。天文台からのコメント等の情報更新を速やかに行うために、コンテンツ管

理システムとして Movable Type を使用した。Movable Type を利用するためには、CGI が動作すること、データベースを利用できる環境が必要である。宮城教育大学情報処理センターが新たに開設した Web ホスティングサービスでは、それらを実行できる環境を整備している[9]。このシステムにより、独自にサーバーを導入することなく、コンテンツ管理システムを利用することができた。リアルタイムの映像だけでは、天候などの天文台の状況は把握しにくい、コンテンツ管理システムを利用することで、天文台の状況を簡単に更新することができるため、映像と天文台からの情報、この2つをうまく機能させることでより活用しやすい教材となるのである。また、Movable Type には、コメント機能が付いており、双方向のコミュニケーションが可能となる。無機質に流れる映像だけでなく、天文台側の人を感じられることも天文の学習、インターネットや情報の学習にとっても、大切にしたいところである。

また、月は昼間でも肉眼で観察することができるため、映像を見るだけで学習を終わらせるのではなく、実際に観察することを勧めたい。しかし、昼間の月は、明るい空の中に埋もれ、夜空ほどのコントラストがつかないために、ある程度の方位や高度がわかると見つけやすい。そこで、月の位置を示すシミュレーションプログラムを JavaScript で作成、ブラウザ上で実行され、現在の月の位置を 16 方位と高度で表示している。

7. 学校教育での活用

2006 年には、宮城県大郷町立明星中学校、仙台市立折立中学校にて、「金星ライブ!」を利用した授業を実施された。それぞれの学校がインターネットに接続しているので、準備等は必要なく金星を観察することができた。授業では、はじめに望遠鏡を使えば昼間にも金星を観察することができることを紹介し、「金星ライブ!」の映像を見せた。生徒は昼間にも金星を見ることができ驚き、大気の揺らぎで金星が動いているようにみえることに驚きの声を挙げていた。次に、金星

が欠けて見えることを確認し、過去の金星の姿との比較を行った(図8)。その後、満ち欠けや見かけの大きさが変化する理由を調べる実験として、豆電球と白球を太陽と金星に見立て、白球が豆電球を中心に円運動することで見え方が変化することを確認した(図9)。

明星中学校での授業後にアンケートを実施した。アンケートの結果については表2に示す。金星を見たことがあると答えた生徒が多いのは、明星という校名もあり、金星に対する興味が高いことを示している。しかし、その反面、望遠鏡を使って見ることでできる金星の姿や満ち欠けの様子を観察したことがある生徒は非常に少ない。天文や宇宙に関する分野は、子どもの興味は非常に高いが、実際に観察させることは困難であることを反映していると感じる。

表2 明星中学校生徒の関心の度合(55名)

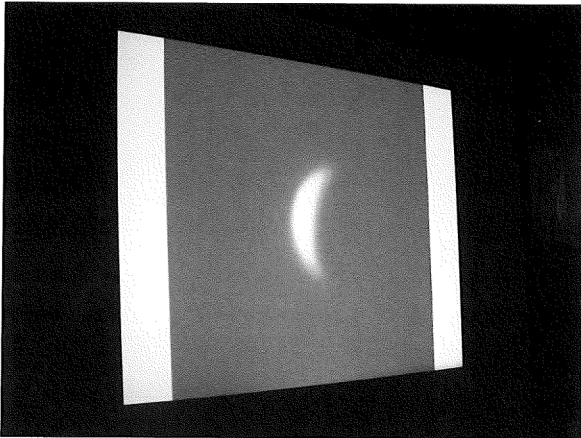


図8 金星の形をプロジェクターで投影して確認

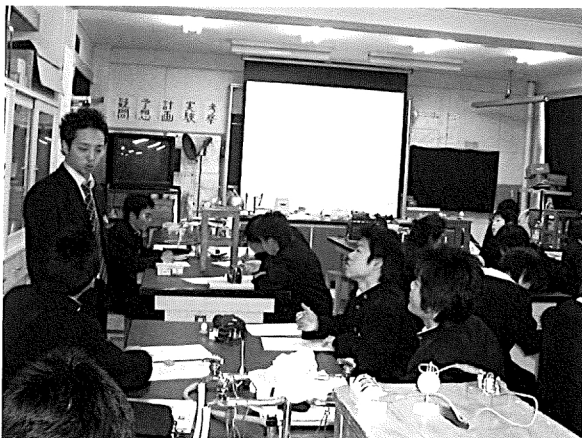


図9 モデル実験で金星の位置を再現

金星をみたことがあるか

ある	40
ない	15
金星を見たときに使ったもの(複数回答)	
肉眼	23
双眼鏡	1
望遠鏡	3
本・写真	24
インターネット	5

8. 天体ライブ映像の配信についての評価

ストリーミングサーバーを構築することによって、学校教育で活用される天体ライブ映像を配信することができた。学校教育においても、既存のカリキュラムの中で、天体観察を取り入れた授業を行うことができた。天体ライブ映像のアクセス数を表3にまとめる。広報は主に、宮城県内の教育事務所、仙台市内の小中学校へ案内状を送付することと、星空観察ネットの広場のメーリングリストで行った[10]。2006-2007年の「金星・月ライブ!」については、天候に恵まれず、ライブを実施できた日は少なかった。それにも関わらず、このようなアクセス数を記録したことは、天体のインターネットライブは多数の人に興味を持たせるコンテンツであったと考える。

表3 天体ライブとアクセス数

時期・天体	総アクセス数	アクセス/平日
2005 金星	1316	23.5
2006-2007 金星	563	11.6
2006-2007 月	1599	23.0

9. まとめ

インターネット天文台の映像を共有することで天文分野の学習でも、教室の中で天体を観察しながら学習することが可能となった。国内の公共天文台でも、教育目的に太陽面の画像を公開してい

るが、金星や月については、リアルタイムの姿を観察できる映像を提供している施設はない。多くの学校で利用できる昼間の月や金星の映像は有用な教材であり、天文台のコンテンツとしても、教育分野に貢献できる素材である。各地で月・金星のリアルタイム映像が見られるようになると、天候の問題もある程度回避できるようになり、まさに天文教育革命である。また、子どもの宇宙に対する興味は、インターネット天文台の映像だけで満足させることができるとは到底思えない。実際に望遠鏡を覗きたい、もっと宇宙について知りたいと思わせる道具となることがインターネット天文台の目指すべき姿であると考える。

また、動きや変化を認識することができる映像コンテンツは、教師にも学習者にも魅力的な教材であることを改めて認識した。今回のようにインターネットを通して、リアルタイムの現実を体験できる教材として各教科、そして情報教育において、今後も幅広く活用することができるはずである。

謝辞

天体のインターネットライブ配信システムを構築するにあたって、日本電子サービスの佐々木氏、脇田氏にストリーミングサーバーについて様々なご支援をいただきました。深く感謝しております。また、情報処理センターの皆様には、インターネット天文台構築の際に、各種通信テストにご協力していただきました。感謝いたします。

Windows、Windows Server 2003、Windows Media Player、Windows Media Player 9 for Mac、Windows Media エンコーダー は Microsoft 社、Movable Type は Six Apart 社の登録商標である。

参考文献

- [1] 文部科学省：情報教育の実践と学校の情報化～新「情報教育に関する手引」～，2002
- [2] 高田淑子他：宮城教育大学インターネット天文台の活用事例，天文月報，96，572-578，2003
- [3] 千島拓朗他：学校教育での利用を目的とした宮教大インターネット天文台の活用 - 金星ライブ映像の公開 -，天文教育，vol.18，18-21，2006
- [4] 尾久土正己：美里から世界へインターネット天文台，岩波書店，1999
- [5] 佐藤毅彦他：地球の裏側から夜空を教室へ！，天文月報，96，565-571，2003
- [6] 中堤康友：海外インターネット望遠鏡を用いた学習活動に関する一考察，宮城教育大学特殊教育特別専攻科修了論文，2003
- [7] 林美香：インターネット天文台中継システムを利用した天文教育プログラム開発，宮城教育大学卒業論文，2003
- [8] 佐々木佳恵：インターネット望遠鏡・IT 機器を用いた天文教育教材の開発と中等教育への応用，宮城教育大学卒業論文，2004
- [9] 宮城教育大学情報処理センター：Web ホスティングサービス利用について <http://www.ipc.miyakyo-u.ac.jp/web-appli/>
- [10] 星空観察ネットの広場 <http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/>