

# 月の満ち欠け・日周運動データベースの開発とその活用

菊池佳子<sup>1</sup>、高田淑子<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宮城教育大学大学院理科教育専修、<sup>2</sup>宮城教育大学理科教育講座

小・中学校学習指導要領において、理科の授業は観察・実験中心の授業が求められている。しかし、天文分野の観察は準備時間や機材の不足だけでなく天候や時間の制約のため実施が困難であり、多くの学校では視聴覚教材で代用している。月の学習については日周運動や日の経過に伴う同時刻の位置の変化と形の変化の観察が求められており、継続的な観察が必要である。そこで、月の日周運動の様子を児童・生徒の観察の視点で撮影可能なシステムを構築・運用することで、月の満ち欠けと日周運動の様子を観察可能なデータベースを構築しインターネット上に公開した。日周運動の样子の把握が容易な写真・映像教材により学校の授業中に短時間で長期にわたる月の位置・形の変化の継続的観察が可能になった。

キーワード：月 日周運動 天文教育 天文教材

## 1. はじめに

平成 24 年度現在施行されている現行の小・中学校学習指導要領（平成 20 年告示）[1、2]では、改訂前の小・中学校学習指導要領（平成 10 年告示・平成 15 年一部改正）[3、4]と同様、理科の授業は観察・実験を中心に行うよう記載されている。平成 19 年に齋藤（2009）が実施した宮城県の理科教員を対象とした観察・実験の実施実態調査では、地学分野は他の分野に比べ実施率が低く、特に天文分野は演示実験を含めても 30%を下回る項目があることが明らかとなった[5]。天文分野における観察・実験は、準備時間や機材の不足だけでなく、天候や時間の制約も原因となり実施が困難である。

その中でも、日周運動だけでなく、日の経過に伴い形や見える時間帯が変化する月の観察は、月の位置と形の継続的な観察が必要であり、小学校では 2、3 日程度、中学校では約 1～2 週間の継続した観察が求められている[1、2]。継続した観察は、月の満ち欠けの周期に合わせた時間の制約があり、特に実施が困難であると考えられる。

そのため学校現場では、シミュレーションソフトや写真・映像教材で観察を補っている[5]。Stella Theater Lite や Stellarium などの天文シミュレーションソフトは、無料でダウンロード可能であり、理科ネットワークには実際の空を撮影した写

真・映像教材も公開されている[6]。

観察の代用としては、シミュレーションソフトよりも実際の空を撮影した写真・映像教材の方が望ましいと考えられる。しかし、理科ネットワークの月の写真・映像教材は魚眼レンズを用いて全天を超広角撮影しており、日周運動の样子的見え方が普段目にしている日周運動のイメージと大きく異なる。月が東の方角から昇り、南の高いところを通り西の方角に沈む様子を、児童・生徒がこの映像から理解するのは困難と考えられる。

そこで本研究では、図 1 に示すように児童・生徒が観察する視点で天球を撮影可能なシステム（以下、月の位置撮像システムとする）を構築し、月の日周運動の样子的把握が容易な月の写真・映像教材を開発した。また、小学校第 6 学年では望遠鏡や双眼鏡を用いた月の表面のクレーターの観察が求められているため、月の形とともにクレーターの観察も可能な月の写真を撮影するシステム（以下、月の形撮像システムとする）を設計し、各位相の月の写真を撮影した。

月の日周運動と形を継続して撮影した写真や映像を活用し、月の形の写真と、それに対応した月の日周運動の映像を閲覧可能な月の満ち欠け・日周運動データベースを作成し、インターネット上に公開し、この教材の学校教育への活用と評価を行うため授業実践を行った。

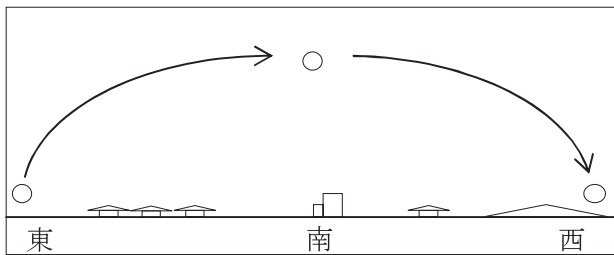


図1 月の日周運動の様子を空間認識

## 2. 月の位置撮像システム

本システムの撮像装置は、図1に示すように広範囲の空を撮影可能とするため、パン・チルト機能を搭載した防犯用ネットワークカメラ

(Panasonic 社 BB-SC384)を選定した。本撮像装置は高感度撮像対応で、夜間の撮影においても地平線の景色を確認可能であり、夜空の撮影に適している。また、Panasonic からカメラ制御コマンドが公式に公開されており、パン・チルト及び撮影の制御プログラムの作成が容易である。

撮影は屋外で行うため、防雨対策が必要となる。広範囲の撮影を行うカメラの視界を妨げることのないよう、透明半球を利用したカメラハウジングを製作した(図2)。ハウジングの下部にはアルミ複合板を使用した。アルミ複合板とはプラスチックをアルミニウムで挟んだ板材であり、軽くて丈夫で加工が容易という特徴を持ち、安価である。直射日光による温度の上昇を抑えるため、色は白を採用した。

撮影した月が、南中時刻に画面横方向中央に位置するように、カメラを水平に設置した。

撮像装置制御プログラムでは、月の出から月の入りまでの日周運動が観察できる天球の範囲(方位:南 $\pm 110^{\circ}$ 、高度: $-15^{\circ} \sim 85^{\circ}$ )を水平5分割、高度3分割で撮影後(図3)、パノラマ画像に合成、サーバーに撮像画像を蓄積した(図4)。パノラマ合成の際には、画像の右下に日付と時間を入れる。

昼間は太陽光により月を撮影することができないため、17時~30時(朝6時)の夜間、10分毎に撮像制御プログラムを実行し1日あたり約80枚のパノラマ画像を取得する。サーバーに蓄積

した画像は、外部からインターネットを介して閲覧可能である。

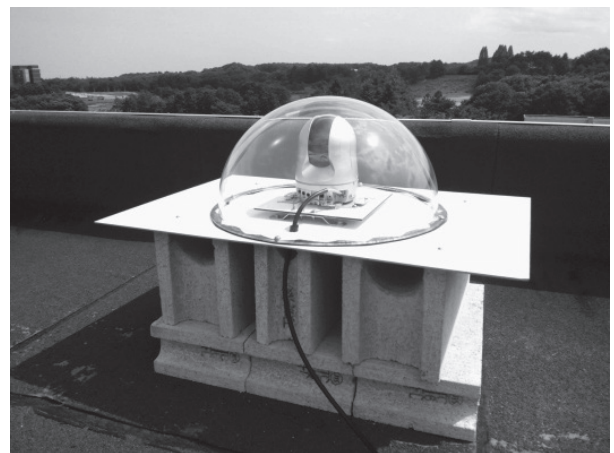


図2 月の位置撮像システムの撮像装置

(Panasonic 社 BB-SC384) とハウジング

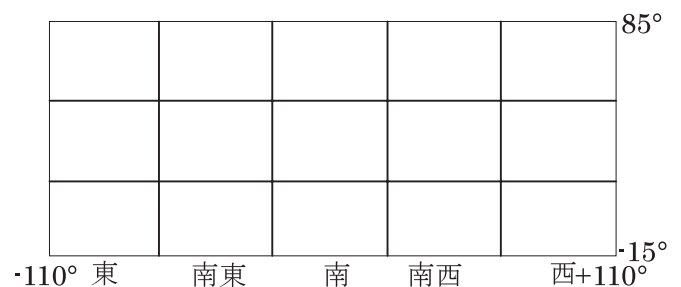


図3 方位南 $\pm 110^{\circ}$ 、高度 $-15^{\circ} \sim 85^{\circ}$ の範囲の空を分割撮影後、パノラマ画像に合成

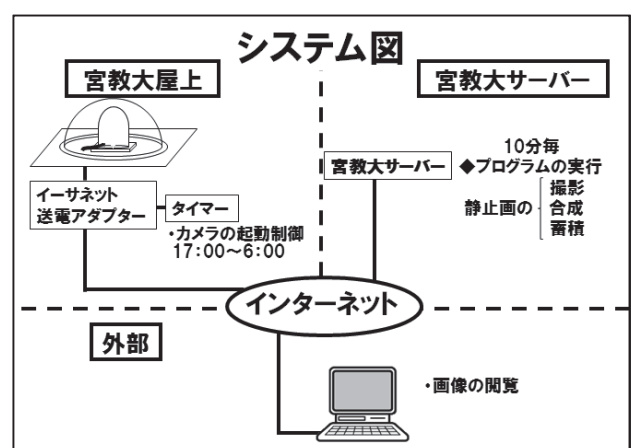


図4 月の位置撮像システム

撮影したパノラマ画像の例を図5、6に示す。

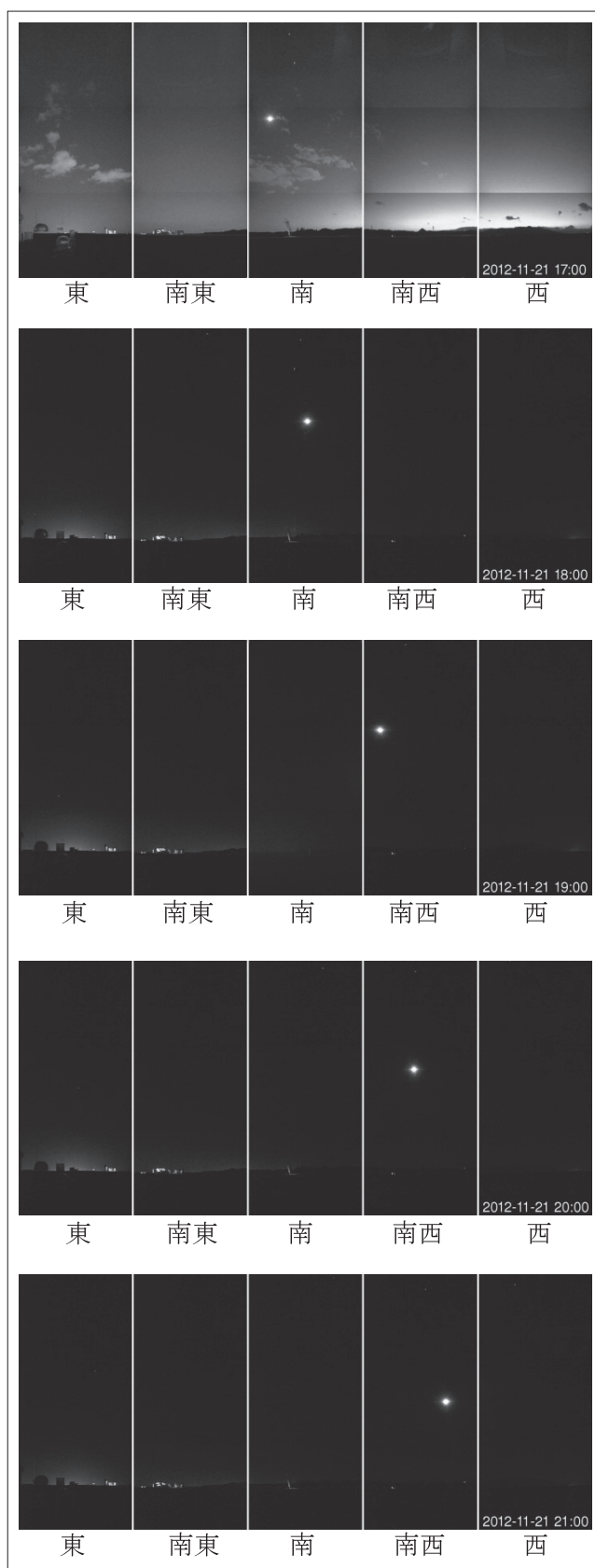


図 5 2012 年 11 月 21 日

17 時から 21 時の 1 時間毎の月の位置 (月齢 8)

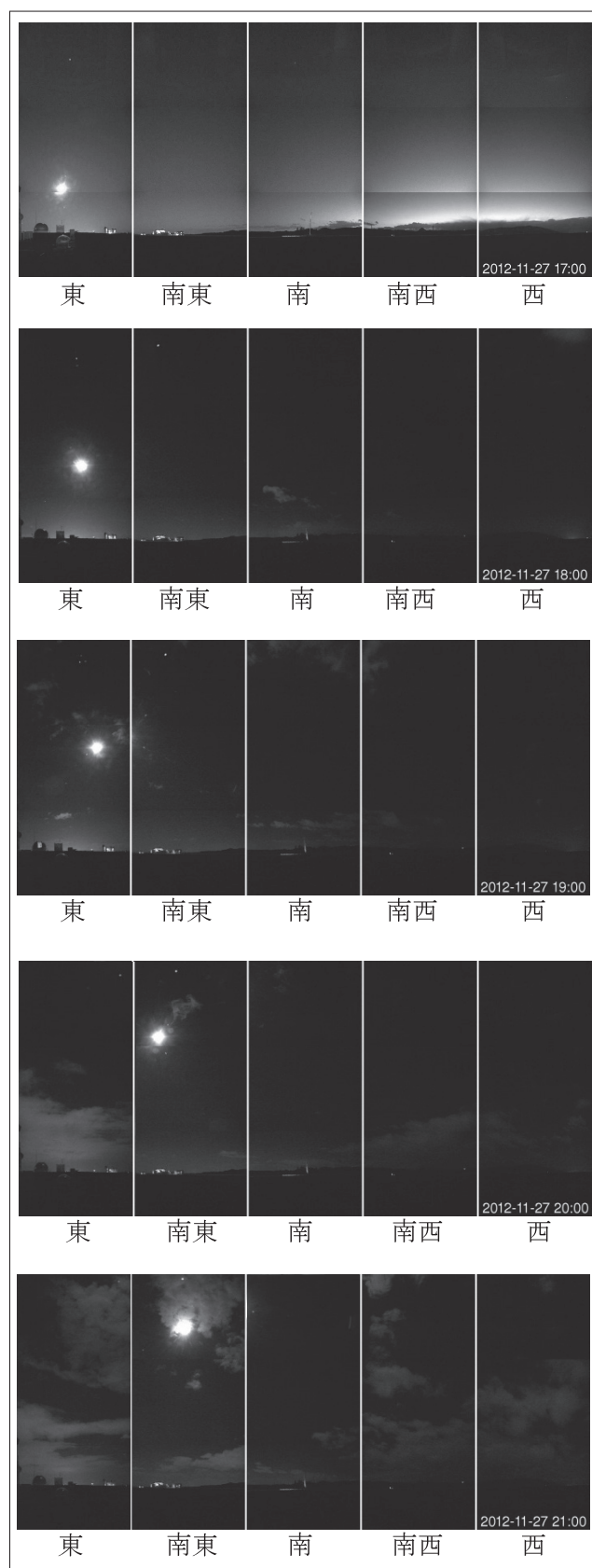


図 6 2012 年 11 月 27 日

17 時から 21 時の 1 時間毎の月の位置 (月齢 14)

図 5、6 に示すように、本システムで撮影したパノラマ画像では、月の日周運動だけでなく、日の経過に伴い、月が出ている時間帯が変化していく様子も観察できる。月が東の方角から昇り、南を通り西の方角に沈む様子も容易に理解でき、教材として有効であると考えられる。

また、1 日分のパノラマ画像を用いて時間経過がわかる動画を作成し、映像による月の日周運動の観察を可能とした。

### 3. 月の形撮像システム

月の形撮像システムは、月の形とともにクレーターの観察も可能な月の写真を撮影するシステム（以下、月の形撮像システムとする）を設計し、月齢 4～27 の各位相の月の写真を撮影した（図 8）。光学系は口径 50 mm、焦点距離 200 mm の Guide Finder 50（笠井トレーディング）、撮像装置は 1/4 インチ CMOS を搭載したデジアイピース PRO（kenko）を採用した（図 7）。光学系は接眼部に 31.7 スリーブを装着可能であり、撮像装置も 31.7 スリーブが付属しているため、標準装備でそのまま使用可能である。

また、撮影した映像は Windows Media エンコーダー等を利用しリアルタイムでインターネット上に配信することが可能である。



図 7 月の位置撮像システムの光学系と撮像装置



図 8 2012 年 7 月 26 日撮影（月齢 7）

### 4. 月の満ち欠け・日周運動データベース

月の位置・形撮像システムを用いて撮影した月の日周運動の映像ならびに月の各位相の写真を、月の満ち欠け・日周運動データベースとしてインターネット上に公開し、教材として広く活用できるようにした（図 9）。各月齢と月の画像をクリックすると、月の日周運動の映像と高解像度の月の写真が表示される。

これを利用することにより、授業中に実際の空を撮影した写真・映像教材で月の位置と形の継続的な観察が可能となる。日周運動の様子の把握が容易であるため、より有効な観察教材となることが期待される。

月齢カレンダー

月齢 1	月齢 2	月齢 3	月齢 4	月齢 5	月齢 6	月齢 7
準備中	準備中	準備中				
月齢 8	月齢 9	月齢 10	月齢 11	月齢 12	月齢 13	月齢 14
月齢 15	月齢 16	月齢 17	月齢 18	月齢 19	月齢 20	月齢 21
月齢 22	月齢 23	月齢 24	月齢 25	月齢 26	月齢 27	月齢 28
				準備中		準備中

図 9 月の満ち欠け・日周運動データベース



## 5. 授業実践

月の満ち欠け・日周運動データベースの学校教育への活用を評価するため、宮城県立古川黎明中学校第1学年において、「月の運動と見え方」の授業実践を行った。この題材では、日の経過に伴う月の形や同時刻に見える月の位置の変化を月の公転と関連づけて学習する。本時限の授業実施の際、観察を実際に行うと、夜間の宿題も含めて約1～2週間の継続観察が必要となるが、本映像教材を活用することにより、1授業時間内で、約10日間の月の見え方の変化を観察し、観察結果を月の公転と関連付けて考察することを可能とした。

授業では、三日月の日、その3日後、10日後の月の形と夕方6時頃の月の位置を映像で観察しながらワークシートに記録した。観察・記録は全ての生徒が容易に行うことができた(図10)。

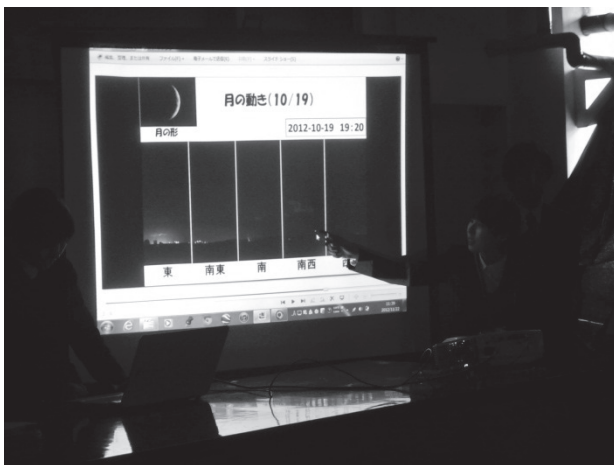


図10 月の形と日周運動をプロジェクターで表示

観察結果から気付かせたい日の経過に伴う「月の形の変化」は約90%、「月の出入りの時刻の変化」は約80%、「同時刻の月の位置の変化」は約60%以上の生徒に気づかせることができた。

日の経過に伴い同時刻の月の位置が変化するのは、月の出入りの時刻が変化するためであり、「同時刻の月の位置の変化」に比べ「月の出入りの時刻の変化」に気づく生徒が多いのは自然と考えられる。より多くの生徒に同時刻の月の位置の

変化に気づかせるためには、観察の際に同時刻の月の位置の変化に注目させる必要があると考える。

観察結果を月の公転と関連づけて考察する場面では、地上の視点と宇宙の視点を関連付ける立体的なモデル教材を開発し、生徒の空間把握を容易にした(図11)。黒板に掲示したモデル教材では、地球は透明半球、月は発泡スチロール球を使用し、それぞれ半分を黒く塗りつぶすことで太陽光の照射を表現した。黒板に掲示できるようにすることで、観察結果(地上からの視点)とモデル教材(宇宙からの視点)を同時に確認可能とした。



図11 黒板に掲示したモデル教材

また、Webカメラを用いて、地上の観察者からの月の形の見え方をスクリーンに表示し、クラス全員が同時に確認できるようにした。生徒からは「本当に三日月に見える。」などと歓声があがり、興味を引くと同時に、宇宙からの視点での月―地球―太陽の位置関係と地上からの月の形の見え方を関連づけて捉えさせることができたと考ええる。

## 6. 結論

本研究を通して、天候や時間の制約により実施が困難と考えられる月の継続観察を、日周運動の様子の把握が容易な写真・映像教材を利用し、授業中に実施可能とした。

本教材はシミュレーションと異なり、各学校で運用されれば身近な景色の中で月の日周運動の観察ができ、学習指導要領[1、2]で求められる生活体験と深く結びついた月の運動と満ち欠けの観察の実施が可能である。

## 7. 課題

月の位置撮像システムでは、方位方向は南±110°、高度方向は15°～85°の範囲の空を撮影している。方位線の間隔は、高度が高くなるにつれて狭くなるため、本システムで撮影したパノラマ画像は、月の高度が高くなると複数の方角の画像に月が写り（図12）、自動で映像化することができない状態である。そのため、月の日周運動の映像の作成は、画像をトリミングし手作業で行った。

観察に使用する写真や映像はより新しいものが望ましいと考えられるため、撮影したパノラマ画像を自動でトリミングし、映像に編集可能にできるとより使用しやすいシステムになると考える。



図12 月が複数の方角に映ったパノラマ画像

## 謝辞

月の位置撮像システムの制御プログラムを作成するにあたり、ご指導くださいました鶴川義弘教授に深く感謝致します。

授業実践にご協力いただきました宮城県立古川黎明中学校、佐々木一彦校長先生、千葉律之副校長先生、齋藤弘一郎先生、生徒の皆様に深く感謝致します。

## 参考文献

- [1]文部科学省：小学校学習指導要領解説理科編，  
（平成20年8月告示）
- [2]文部科学省：中学校学習指導要領解説理科編，  
（平成20年9月告示）
- [3]文部科学省：小学校学習指導要領，pp.51-61  
（平成10年12月告示 平成15年12月一部改正）
- [4]文部科学省：中学校学習指導要領，pp.45-59  
（平成10年12月告示 平成15年12月一部改正）
- [5]齋藤弘一郎：天文・気象分野における定点観測教材の開発と実践，宮城教育大学大学院修士論文，pp.11-18（2009）
- [6]理科ネットワーク，  
<http://www.rikanet.jst.go.jp/>