

教室で行う宇宙の実験－11： 宮教大モバイル天文台を活用した星空観察授業の構築

*高田 淑子・**白畑 友貴・***熊谷 祐輝・****美濃山 蛍

Space Experiments in classrooms-11: Observations of starry sky using Mobile Telescope
of Miyagi University of Education

*TAKATA Toshiko, **SHIRAHATA Yuki, ***KUMAGAI Yuki and ****MINOYAMA Kei

Abstract

MUE Mobile Telescope, an Internet Telescope remotely controlled by mobile PCs, was developed in Miyagi University of Education. Mobile PCs are wireless, and excellent in portability. Therefore, it is possible students can operate the Internet Telescope remotely from anywhere in the classroom and observe stars in class. 20 pupils experienced the observation of astronomical objects using (1) the Mobile Telescope, (2) telescopes, and (3) their naked eyes without any tools in the field. They evaluated the Mobile Telescope as an effective teaching material in class in school, although they preferred observing with naked eyes.

Key words : Science education (理科教育)
Astronomy education (天文教育)
ICT education (ICT教育)
Starry observation (星空観察)
Internet telescope (インターネット望遠鏡)

I. はじめに

学校教育のICT化

学校教育においては、急速な社会の情報化に追随するようにICT環境の整備が急がれ、普通教室の校内LAN普及率86%、うち約4分の1が無線LAN(平成27年度末)となり(文部科学省、2015)、2020年代には、子どもたちがICTを手段として積極的に活用できるように、1人1台の教育用コンピュータ環境の実現を目指している(文部科学省、2016a)。

このような学校のICT化の流れの中で、タブレッ

ト端末は学校教育に加速度的に普及している(文部科学省、2015)。ネットワーク環境の向上とともに、タブレット端末が、軽量で操作が容易で習得しやすく、無線LAN対応で可搬性に優れている点が好まれている理由として挙げられる。

また、家庭においてもモバイル環境が普及し、インターネット接続もPC等の据え置き型から可搬型端末に取って代われ、生徒・児童は、スマートフォン、ゲーム機器やタブレット機器などのインターネット接続機器を日常的に利用している(内閣府、2017)。

* 理科教育講座
** 仙台市立西多賀小学校
*** 七十七銀行
**** 宮城教育大学大学院理科教育専修

初等・中等教育における天文教育の問題点とモバイル望遠鏡の開発

天文分野は、主に夜間観測される事象を昼間の授業において学習せねばならず、小中学校において観測・実験が実施されにくい分野である。学校で望遠鏡を所有していない、あるいは、破損されたまま修理されずに保管されているという実態もあり、望遠鏡を用いた観測・実験の実施率は低い(齋藤、2009)。

この状況下、2000年より宮城教育大学ではインターネット望遠鏡を構築し、昼間の授業時間内の天体観測を試みている(高田他、2003、高田他、2006)。インターネット望遠鏡とは、天体望遠鏡をインターネットを介して遠隔操作し、対象天体を映像として遠隔地にて観察することが可能な遠隔操作型望遠鏡システムである。地球の裏側にあるインターネット望遠鏡を用いれば、夜に観察できる天体も昼間の授業中に観察可能となり、リアルタイムで天体を観察して授業を展開できる。また、望遠鏡を所有・保守できない教育機関においては、代替機としても有用である(例えば、佐藤、2003、慶應義塾大学 ITP、2016)。

本学では、教育施設のネットワーク環境の向上、望遠鏡の制御システムの進化、学習指導要領の変革等も

考慮に入れて、最適なシステム環境と利用方法について実践的に追求し、教材・教具としてのインターネット望遠鏡の活用を検討している(高田他、2006、高田他、2016)。2003年にはインターネット経由で開閉可能なルーフ型天文台の導入により宮教大インターネット天文台を構築した。さらに、モバイル端末の普及とともに、モバイル端末からのインターネット天文台操作を検討し始め(桑原、2010)、教室から児童・生徒がタブレット端末を操作して宮教大インターネット望遠鏡を動かし天体観測が可能なモバイル天文台に発展している(佐藤、2013)。

II. 宮教大モバイル天文台の概要

宮教大モバイル天文台は、主に、天体望遠鏡を制御する望遠鏡制御システム、望遠鏡を教室から制御する遠隔操作システム、ルーフの開閉を教室から制御するルーフ遠隔操作システム、観察する天体を撮像し、撮像映像をインターネット配信する天体撮像・映像配信システム、天文台内の望遠鏡の動き等をインターネット中継する天文台動作確認システムから構成される。(図1、高田他、2016)。

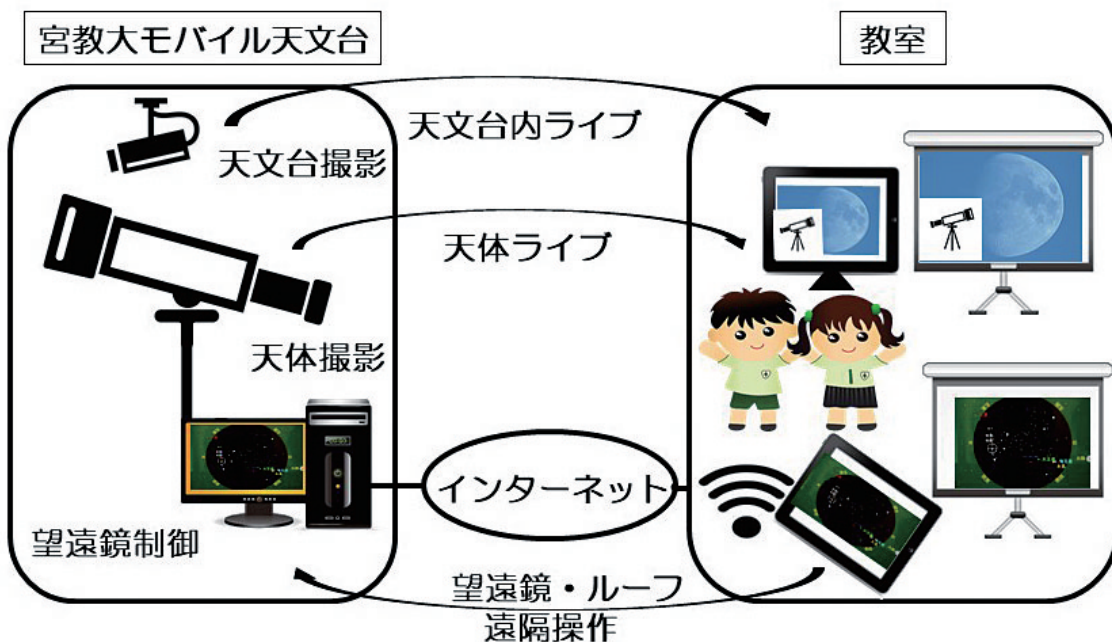


図1 宮教大モバイル天文台概略(高田他、2016)。天体望遠鏡を制御する望遠鏡制御システム、望遠鏡を教室から制御する遠隔操作システム、ルーフの開閉を教室から制御するルーフ遠隔操作システム、観察する天体を撮像し、撮像映像をインターネット配信する天体撮像・映像配信システム、天文台内の望遠鏡の動き等をインターネット中継する天文台動作確認システムから構成される。

モバイル望遠鏡では、教室などの遠隔地において、Wi-Fi 接続可のタブレット端末が望遠鏡制御装置の役割を果たすが、天体導入の操作は、タブレット画面上の星座早見の中から観測したい天体を選択するステラナビゲータ（アストロアーツ社）を用いているため、児童にとっては、天球上の恒星の位置関係が理解しやすい利点がある。

2017年現在、iOS、Android、Windows の OS に対応したタブレット端末が普及しており、リモートデスクトップ機能やタブレットからのプロジェクターへのワイヤレス投影には、OS 依存性や組み合わせの相性があり、配慮が必要である。また、学校等の遠隔側も、通信速度等インターネット環境やセキュリティ環境等事前調査が必要となる。

Ⅲ. モバイル天文台を活用した児童の天体観察

天体観察実践の概要

タブレット端末からインターネット望遠鏡を操作して天体観察を行う星空観察教室を、児童を対象に2012年より、「ひらめき☆ときめきサイエンス」（日本学術振興会）の機会に開催し、のべ100人以上が利用している（佐藤・高田、2013）。

2016年開催の「ひらめき☆ときめきサイエンス、われら地球人太陽系ツアー 2016」（表1）では、晴天の下、モバイル望遠鏡を用いた天体観察とともに野外における天体観測をそれぞれ体験し（図2 (a)）、各観察についての比較検討を実施した。

表1 星空観察教室：太陽系ツアー 2016実施概要

実施日時	2016年12月3日（土）14：30～19：00
場所	宮城教育大学
天候	晴れ
参加者	小学5・6年生20人（男12人 女8人）
16時～17時	モバイル望遠鏡を使おう モバイル望遠鏡観測 観察項目：ベガ、金星、月面
17時～18時30分	夜の星空を探検しよう 野外観測 観察項目：夏・秋・冬の星座、北極星の探し方、月の形、星の日周運動 天体望遠鏡観測 観察項目：恒星の色・明るさ、月面

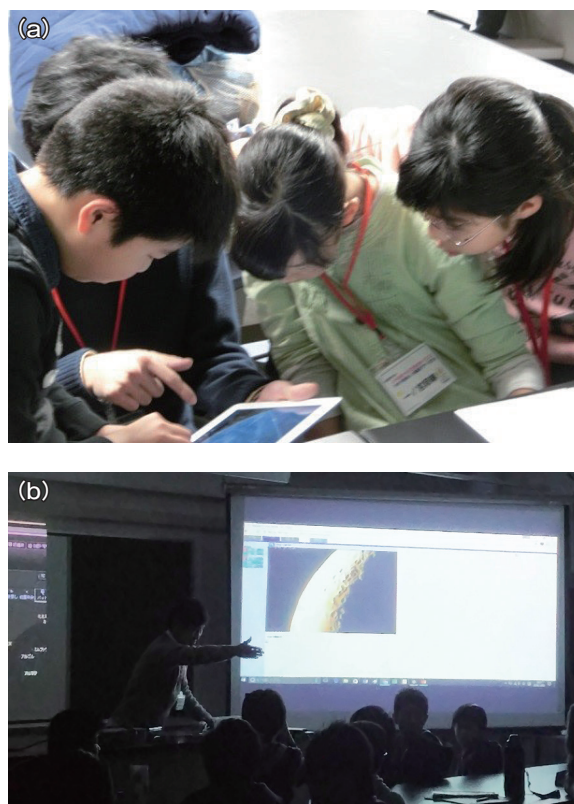


図2 モバイル望遠鏡を用いた天体観測授業の様子。(a) 児童はタブレット端末を操作して望遠鏡に目標天体を導入する。(b) 全員でスクリーン上の月面を観察して、月面の特徴を学習する。

モバイル望遠鏡を用いた天体観察

モバイル望遠鏡を活用した観測では、基本構成（図1、高田他、2016）に、表2に示される機器を利用した。教室のノートPCを経由して、インターネット中継する天文台内撮像した天体望遠鏡の動作により、天体望遠鏡に取り付けたビデオカメラで撮像した天体のライブ映像をスクリーンに投影し、教室全員で望遠鏡の動きと天体を同時に観察する。また、望遠鏡操作用タブ

表2 星空観察教室：太陽系ツアー 2016、モバイル天文台システム概要

機能	製品
遠隔操作用端末	Android ZenPad10 (ASUS 社)
遠隔操作	Chrome リモートデスクトップ (Google 社)
画面共有	プロジェクター、Push2TV (NETGEAR 社)
天文台動作確認	ネットワークカメラ QWatch (IODATA 社)
天体撮像カメラ	高感度カラービデオカメラ (Vixen 社)
天体映像配信	ビデオエンコーダ (AXIS 社)

レット端末の画面は、ワイヤレスでスクリーンに投影することで、教室全員で操作画面を共有している。

まず、児童には、インターネット望遠鏡のしくみと、タブレット端末からの望遠鏡の操作方法を紹介する。

望遠鏡が自動導入可能なため、昼間や薄暮の時間帯でも、天体を導入して観察できる利点がある。最初に、観察時間帯で一番明るい恒星のベガを導入し、インターネット望遠鏡による恒星の見え方を確認する。

次に、児童がタブレットから金星を導入し、望遠鏡の動きやタブレット画面上の望遠鏡の観測位置を示すカーソルが動いていることに注目させ、実際にコマンド制御で稼働していることを体感する。この日の金星は、宵の明星であり、恒星と輝き方と形が異なることから、惑星と恒星の見え方の違いが理解できた。次に、上弦の月を導入した。視直径が約30分角とモバイル望遠鏡の画角より大きいため児童が代わる代わるモバイル望遠鏡を操作して月面全体を観察した(図2(b))。

児童が月面を観察して気が付いたこととして、「楕円形のクレーターがある」、「満ち欠けの境界にクレーターが多い」、「かけているところも月面が見える」と、重要な特徴が挙げられ、「クレーターの形が月の端に行くほど楕円なのはなぜだろう?」と問いかけ、月が球体であること、太陽光の陰影でクレーターの形が明確に見えること、太陽光の反射によって月が光り、満ち欠けがあることなど、小学校での学習項目を確認できた。

野外観察と天体望遠鏡を用いた観察

モバイル望遠鏡で観測後に、野外にて夜の星空を見上げながら、この時期に見られる夏・秋・冬の星座と、

北極星の探し方を体験するとともに、月の形、星の日周運動について、眼視観測を行った。また、宮教大天文台のニコン製口径20cmの屈折望遠鏡を利用し、恒星の色・明るさ、月面の様子を一人ずつ観測した。

これにより、児童らは、教室からのモバイル望遠鏡を用いた天体観察とともに、野外における星空観察と、裸眼での天体望遠鏡を用いた天体観測を体験したので、各観察法の長所短所、利点欠点等を比較、評価が可能となった(表3)。

児童と指導者の視点からの評価

モバイル望遠鏡の利点としては、操作端末がタブレット端末でワイヤレスでインターネットに接続できるため、可搬性に優れ、教室のどこからでもインターネット望遠鏡を遠隔から操作可能となり、制御用PCの設置場所の束縛から解放された(表3)。また、全員で一つの月面映像を観察しながら議論できるため、一人一人が天体望遠鏡を用いて観察するのと比較し、他児童の気づきを学級全員で共有して確認でき、授業として進行しやすい。

一方、野外観測では、天体の日周運動等も含めて、広い視野を観察でき、特に自然の体験を重視する小学校児童には、重要な学習である。

児童がモバイル望遠鏡と野外観測と比較した評価では(図3(a))、寒く暗くともみなどと一緒に野外で観察する方が良いという意見が大多数を占め、自然に対するこどもの気持ちを大事に育成するのを再認識させられる。参加児童は、天文分野を既に小学校4年生で学習済みであるにもかかわらず、学校でのモバイル望遠鏡の活用についても肯定的であり(図3(b))、実

表3 児童と指導者からみたモバイル望遠鏡、野外眼視観察、天体望遠鏡を用いた野外天体観測、それぞれの利点

モバイル望遠鏡	野外観察	野外天体望遠鏡
児童 ・星を大きく見ることができる ・月のクレーターが鮮明に見える ・自由に様々な星を観察できる 指導者 ・いつでもどこでも観察可能 (リアルタイムで昼間の教室で) ・望遠鏡の設備・管理が不要 ・画面共有で全員観測	児童 ・野外観察だと星の位置が分かる ・実際に星を見ることができた ・外で見た方が楽しい 指導者 ・日周運動等、天球の動きの観察 (時間経過) ・星座等、広い視野の観察 ・現実体験	児童 ・星が鮮明 ・モバイル望遠鏡は操作が困難だが操作は簡単 指導者 ・肉眼で拡大して実物観察可能 ・現実の観察 ・望遠鏡の仕組みがわかる

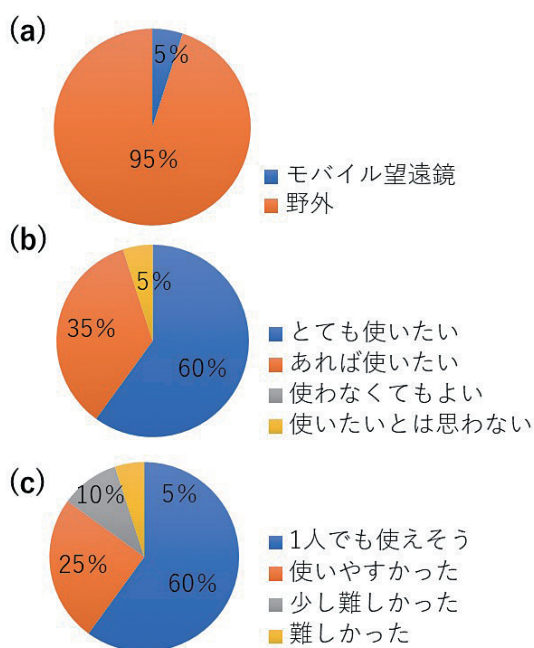


図3 児童の評価。(a) モバイル望遠鏡を用いた場合と野外観測とどちらが良いか？の問いに95%の児童が野外観測と回答。(b) 学校の授業でモバイル望遠鏡が使えたら使いたいのか？との問いに95%の児童があれば使うと回答。(c) 使いやすさについての問いについては、85%が使いやすかったとの回答で、15%は難しさを感じていることがわかった。

際に授業中に天体を見て学習できないことが考えられる。特に、学校で使いたいと考える理由は、興味関心を誘い、教材として有効であるという2点に集約された(表4)。

モバイル望遠鏡の使いやすさについては(図3(c))、15%の児童が使いにくいと感じていた。使用したタブレット端末上での天体の選択操作が難しい等、

表4 モバイル望遠鏡が学校にあれば使いたいと児童が思う理由

有用な教材
<ul style="list-style-type: none"> ・教科書より分かりやすい ・写真で見るとよりいい ・学校で星を見ることはできない ・授業がとても分かりやすくなる ・星の研究などに役立ちそう
興味・関心
<ul style="list-style-type: none"> ・みんなで勉強できる ・簡単・便利 ・iPadなどの操作が楽しい ・理科が楽しくなる ・おもしろかった

タブレット端末の機器に依存するため、OSのみならず、機種選定の際、児童にとっての使い易さの事前調査も重要であろう。

以上を考えると、自然体験としての野外星空観察や天体望遠鏡による天体の観察の機会を減らすことなく、授業内でモバイル望遠鏡等を教材として活用することにより、児童の興味関心をひきつけ、夜間の星空学習へと誘い、より星空観察体験を深化すると考えられる。

IV. まとめと今後の課題

ネットワーク環境の向上、タブレット端末の普及などにより、教室にタブレット端末が導入され、児童・生徒に一人一台という環境になりつつある学校教育において、授業中のタブレット端末の利用方法については、実践研究がなされているが(たとえば、文部科学省、2016b)、さらに、天体望遠鏡の制御装置としての利用も提案できる。モバイル望遠鏡が、より身近になる環境は整いつつある。

天文分野を含めて理科教育全体は、自然体験をもとに成立する教科であり、自然体験をいかに授業の中で実現していくかが一つの鍵となる。学習指導要領の中でも自然観察を重視すること(文部科学省、2017a、2017b)を謳いながら、現実的には困難も多く、自然観察の代替方法としてのモバイル望遠鏡の利用は十分に検討の余地がある。

現在、各地に多数のインターネット望遠鏡が設置・運営されており、海外の望遠鏡も観測用、研究用に実用化されている。その中で、インターネット望遠鏡の教育的利用の検討ならび普及が、科学教育の次世代支援となりうると考える。

引用文献

- 桑原永介、2010、宮教大インターネット天文台連続運用システムの開発、宮城教育大学卒業論文。
- 慶應義塾大学インターネット望遠鏡プロジェクト編、2016、インターネット望遠鏡で観測！現代天文学入門、森北出版、160pp.
- 齋藤弘一郎、2009、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。
- 佐藤愛里、2013、タブレット端末を活用した天体観測教材の開発、宮城教育大学卒業論文。

- 佐藤愛里、高田淑子、2013、タブレット端末を用いたインターネット天文台遠隔操作システムの開発と天文教育への活用、宮城教育大学情報処理センター研究紀要、20、47-50.
- 佐藤毅彦、2003、特集「インターネット天文台の新展開」に寄せて、天文月報、96、564.
- 高田淑子他、2003、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.
- 高田淑子他、2006、教室で行う宇宙の実験-8：英国児童の宮京大インターネット天文台を用いた星空観察、宮城教育大学紀要、41、47-51.
- 高田淑子他、2016、宮教大インターネット天文台システム：モバイル望遠鏡への新展開、宮城教育大学情報処理センター研究紀要、23、49-52.
- 内閣府、2017、平成28年度青少年のインターネット利用環境実態調査.
- 文部科学省、2015、平成26年度 学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果（概要）.
- 文部科学省、2016a、教育の情報化加速化プラン～ICTを活用した次世代の学校・地域の創生～.
- 文部科学省、2016b、学びのイノベーション事業実証研究報告書、学びのイノベーション推進協議会.
- 文部科学省、2017a、次期小学校学習指導要領、2017年3月公示.
- 文部科学省、2017b、次期中学校学習指導要領、2017年3月公示.

（平成29年9月29日受理）