



月の満ち欠け・日食・月食・金星の満ち欠けモデル 実験ボックスの開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-04-10 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中山, 雅茂 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00006864

月の満ち欠け・日食・月食・金星の満ち欠けモデル実験ボックスの開発

中山 雅 茂

北海道教育大学釧路校 理科教育学研究室

Development of an Experimental Box for Moon Phases, Solar Eclipses, Lunar Eclipses and Venus Phases

NAKAYAMA Masashige

Department of Science Education, Kushiro Campus, Hokkaido University of Education

概 要

月の満ち欠けに関する学習は小学校第6学年と中学校第3学年で扱われ、小学校では地球視点、中学校では宇宙視点で月と太陽、地球の位置の違いと月の満ち欠けの関係を学習する。本報は、月の満ち欠けのモデル実験において、地球視点から宇宙視点への視点移動を容易にすることを目的として開発した実験装置を詳細に報告する。一つの実験装置で、地球視点と宇宙視点について同時に学習できる実験装置であり、中学校の学習において地球視点と宇宙視点での思考を支援する教材として提案する。また、日食・月食・金星の満ち欠けの実験も行える実験装置としての使用方法を示すことで、中学校で扱う月と金星の満ち欠けの学習全体で活用できる実験装置として提案する。

1. はじめに

月の満ち欠けに関する学習は、小・中学校理科で難しい学習内容に上げられる一つである。教員にとっても指導が難しいと感じる単元の一つとなっている。授業では、月の満ち欠けをモデル実験によって再現する活動が取り入れられている。小学校では地球上での観察者の視点で月・太陽の位置関係と満ち欠けを考えることから「地球視点」、中学校では太陽・月・地球を俯瞰する視点で考えることから「宇宙視点」で学習を進める。そのため、モデル実験もそれぞれの視点で行うこ

とが必要となる。先行研究によって、月の満ち欠けを再現する教材が提案されている（栗原ほか、2011；栗原ほか、2012；小松ほか、2013；相場、2015；相場、2016；栗原ほか、2016など）。中山ほか（2017）は、小学校第6学年の学習を想定した「月の満ち欠け再現ボックス」を開発し、月として設置した白色発泡スチロール球がどのように見えるか実際に確認し報告している。その後、改良が重ねられてきた（中山、2017）。本報では、地球視点から宇宙視点への視点移動を容易にすることを目的として改良された実験装置を詳細に報告する。また、日食・月食・金星の満ち欠けの実

験も行える実験装置としての使用方法を示すことで、中学校で扱う月と金星の満ち欠けの学習全体で活用できる実験装置として提案することを目的とする。

2. 実験装置の開発方針

実験装置の開発に当たっては、学習者の興味関心が高まるように次の点を考慮した。

1. 小学校での見方である「地球視点」と中学校での見方である「宇宙視点」の両視点での再現実験を行うことができる。(学びの系統性)
2. 学習者の制御によって月の満ち欠けが再現される。(ハンズオン)
3. 太陽モデルの光源からの光によって月の満ち欠けが再現される。(リアリティー)
4. 「地球視点」での再現実験中に「宇宙視点」での観察を伏せることができる。また、両視点での同時観察も可能とする。(月の満ち欠けの仕組み理解・マインドオン)
5. 実験器具の構造を学習者が理解できるシンプルな構造とし、学習者によって「日食」「月食」「金星の満ち欠け」のモデル実験を提案できる要素を併せ持つ。(学びの発展性)

まず、上記1の「学びの系統性」について述べる。現行の学習指導要領では小学校で「地球視点」、中学校では「宇宙視点」での学習となっているが、2021年度より全面実施となる新学習指導要領では、中学校の学習において「地球視点」「宇宙視点」の両視点で考えさせることが大切であると示されている。学習者が学習後に、目的に合わせて視点を切り替えられるように、空間概念の育成をする必要がある。そのためには、地球視点と宇宙視点での観察を、一つの実験器具において忠実に再現できることが、学習者がその事象を異なる視点で理解および統合するのに役立つと考える。また、上記4に示す、それぞれの視点での観察を完全に独立させることと、逆に、同時に行うことを可能

にすることが、両視点での再現実験の過程と結果を比較・関係付けるステップを踏むうえで重要な要素である。しかし、教科書で紹介されているような学習者が教室内でプロジェクター等の光源を太陽に見立て、バレーボール等を月に見立てて行うモデル実験では、地球視点での観察時に宇宙視点での要素が含まれている。相場(2015)は、このような現行の教科書で紹介されているモデル実験は、宇宙視点での解釈が必要になることを指摘し、それを改善するための「月の満ち欠け説明器」を提案している。この「月の満ち欠け説明器」は宇宙空間から俯瞰した月の図が併記されており、完全な地球視点での教材とはなっていない。この問題を解決するのがこのモデル実験ボックスである。

次に、上記2～4の「ハンズオン」「リアリティー」「マインドオン」について述べる。ハンズオンの点については、実験器具を学習者が実際に手に取り、再現したい条件に設定する作業を行うステップを踏む仕組みとした。太陽や月の方角を確認し、実際にその状況に装置を設置することが学習の理解に役立つと考える。

リアリティーの点について、月の満ち欠けの再現機構についてこだわった。既存の実験器具のいくつかは、月モデルの球体を黒色と黄色に塗り分け、模擬的に太陽光によって照らされた月面にするタイプがある。この場合、黄色面が太陽光によって照らされている面であるという、学習者の解釈が必要とされる。そこで、太陽に見立てたLEDライトを光源として、実際に月面モデルの表面を照らす方法を採用した。

特に重要となる、マインドオンの点について述べる。複数の教科書で紹介されている、白色のボール等を月に見立て実際に光を当て、その白球の見る方向を変えたり白球の位置を移動させたりする方法がある。この場合、地球の位置で観察を行う1名～数名の学習者は地球視点になるが、他の学習者は宇宙視点でその実験を見ている状況下にいることとなる。指導者は、二つの視点での学習者が混在する中で指導することになる。学習者に

とって両視点での状況が開示された空間にあることになる。そのため、学習者は地球視点での考え方と宇宙視点での考え方を、自ら強く意識して思考の中で選択することが求められる。この状況が、月の満ち欠けの仕組みを理解することを難しくする原因の一つであると考えられる。そこで、月の満ち欠けの機構全体をボックス内に収めることで、地球視点と宇宙視点を完全に制御できる構造とした。これにより、ボックスの蓋を開いて中を確認するという行為が、まさに視点移動であり、その視点移動によって月の満ち欠けの仕組みが理解できる状況を作り出すことが、マインドオンと考えた。また、上記5の「学びの発展性」として、日食や月食、金星の満ち欠けの原理や再現方法を

学習者が提案できる構造とすることで、マインドオンされた学習者の期待にも応えられることを目指した。

3. 実験装置について

3. 1 外観と構造

実験装置全体の構造を示す垂直断面図を図1に、外観を写真1と2、内部の様子を写真3に示す。外箱には入手が容易な段ボール箱、内寸法幅40cm×奥行28cm×深さ23cmのものを深さが半分になるように切断して使用した。図1に示すように、太陽モデルとしてLEDライト、月モデルとして直径2cmの白色発泡スチロール球を使用し

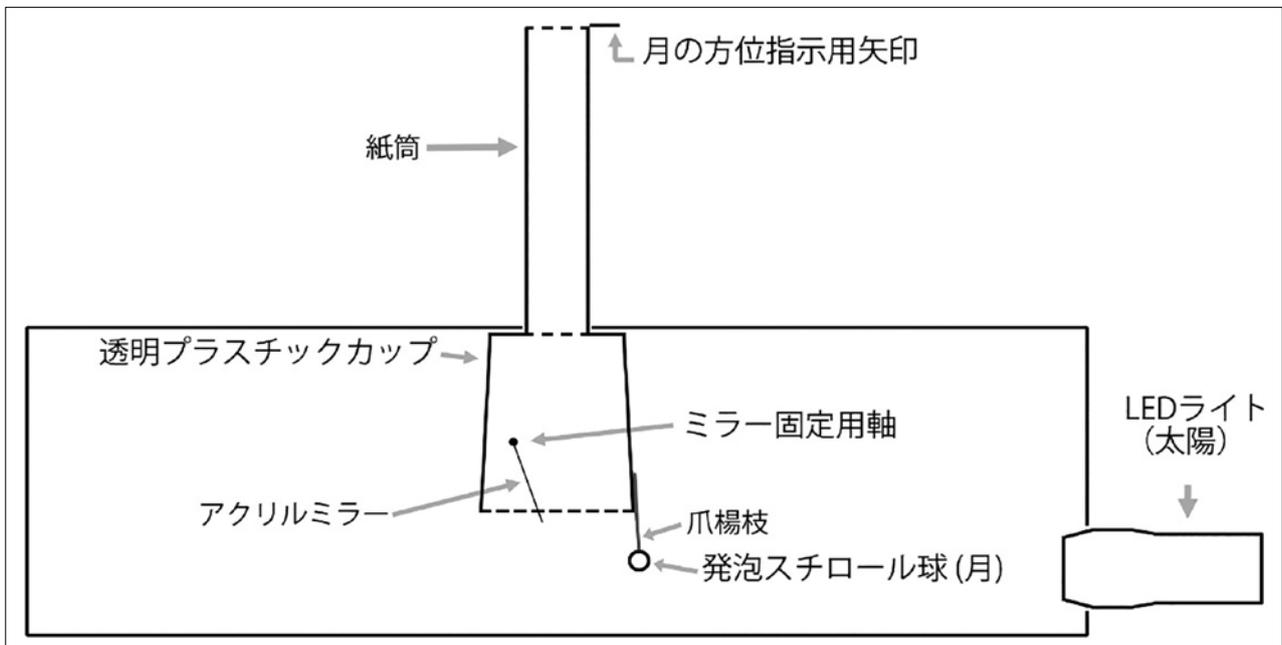


図1 実験装置の垂直断面図

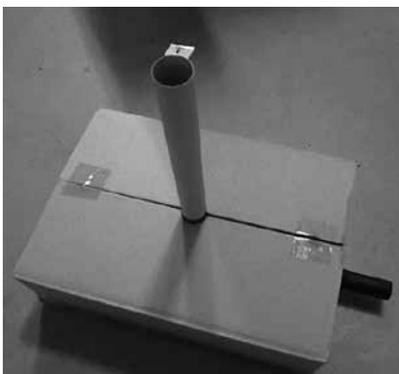


写真1 外観①
蓋を閉めた状態



写真2 外観②
蓋を開けた状態

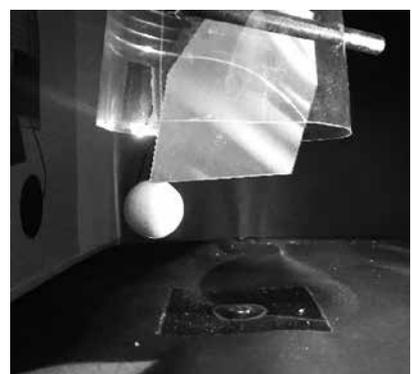


写真3 内部の様子

た。LEDライトは100円ショップで購入したもので、白色パワーLEDを単3乾電池直列3本で光らせるものである。前面には平凸レンズが取り付けられており、照射範囲を調整することができる。このLEDライトを図1に示すように、段ボール箱横にあけた穴に設置し、内部の月モデルを照らす。外箱の内側には黒色の画用紙を貼ることで、LEDライトの光が箱内で乱反射することを抑えた。観測地点となる地球の位置に透明プラスチックコップを設置し内部にアクリルミラーを固定した。このアクリルミラーの鏡面を段ボール箱の外部より確認できるようにするために、透明プラスチックコップと紙筒を接続した。これら発泡スチロール球、アクリルミラー、紙筒を一体化することで、紙筒を軸として回転させると、月に相当する発泡スチロール球が観測地点である地球の位置に設置したアクリルミラーとともに周回する。常にアクリルミラーの鏡面は月の方向に向いていることから、段ボール箱上面に突き出た紙筒からアクリルミラーに映るライトに照らされた発泡スチロール球を確認することができる仕組みである。

3. 2 地球視点での使い方

地球視点で使用する際には、地球上から見た月と太陽の位置関係のみを考え、両者の位置関係によって見える月の形を観察することになる。教室で使用する際には、写真4に示すように、東西方向を実際の方角に合わせ、観察者の正面が南を向くようにする。これにより、教室内における実際の東・南・西の方角とこのボックスの方角が一致し、学習者が理解しやすくなる。また、地球・月・太陽を俯瞰することがないように、ボックスの蓋を完全に閉めて、写真4のようにボックスを立てて実験を行う。

例えば、日没時の月の形を再現する場合、太陽(LED光源)を西側(ボックスの右側)にする。紙筒の先端には月が見える方角を示す矢印があり、月があるとするとその方角にその矢印を向けて筒をのぞき込むと、その時の満ち欠けが再現された状態でLED光源に照らされた月(発泡スチロール

球)を確認することができる。写真5、6は、日没時に南東に見える月の満ち欠けを再現した結果である。

3. 3 宇宙視点での使い方

宇宙視点で使用する際には、太陽・月・地球を俯瞰するように実験器具全体を見ることになる。しかし、月の満ち欠けは地球からの観察によることから、上述したように紙筒から月の状況も同時に見る必要がある。日没時(太陽が西の地平線)の月の位置の違いによる月の様子を写真7~9に示す。写真から分かる通り、宇宙視点から月を見ることで、月は常に半球が照らされていることが確認できる。また同時に、紙筒の中の月の様子から、地球から見た月の満ち欠けが確認できる。

3. 4 「日食」「月食」「金星の満ち欠け」の再現方法

日食は、図2に示すようにLEDライト(太陽)からの光を発泡スチロール球(月)が遮るように紙筒を傾けて実験を行う。LEDライトからの光路上に発泡スチロール球が重なり合うと、写真10に示すようにLEDライトの中央部が隠され金環食のように見える。

月食は、図3に示すようにLEDライトの光をアクリルミラーが遮るように紙筒を傾けて実験を行う。写真11に示すように発泡スチロール球には光が当たらないため、その姿を確認することができない。

金星の満ち欠けは、図4に示すようにLEDライトを紙筒の上に置きアクリルミラーで反射した光が発泡スチロール球(金星)を照らすようにする。そして、写真12に示すようにボックス横の穴から内部を覗き込む。写真13に三日月の形をした金星の再現結果を示す。



写真4 教室内に掲示した東・南・西の方角と実験ボックスの東・南・西の方角を合わせて使用する。特に、ボックスを寝かせてではなく、机の上に立てて使用することに注意する。



写真5 LED光源をボックスの右側にした状態での紙筒の中の様子

日没時（太陽が西の地平線）に、南東の空にある月の満ち欠けを再現した結果。

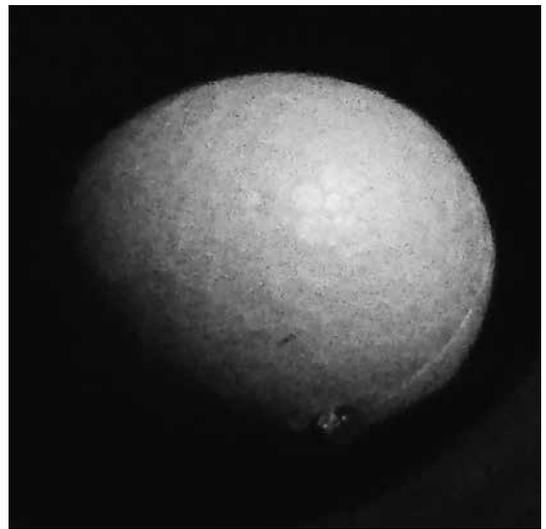


写真6 写真5の紙筒の中に見える白球の拡大写真



写真7 日没時の三日月

宇宙視点（紙筒の外）では月の半分が太陽光によって照らされているが、地球視点（紙筒の中）では三日月になっていることが確認できる。



写真8 日没時の上弦の月

宇宙視点（紙筒の外）では月の半分が太陽光によって照らされている。地球視点（紙筒の中）でも半月になっていることが確認できる。



写真9 日没時の十日夜の月

宇宙視点（紙筒の外）では月の半分が太陽光によって照らされているが、地球視点（紙筒の中）では十日夜の月になっていることが確認できる。

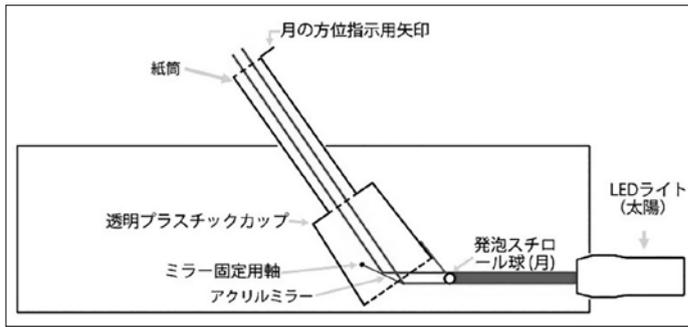


図2 日食を再現する際の配置図

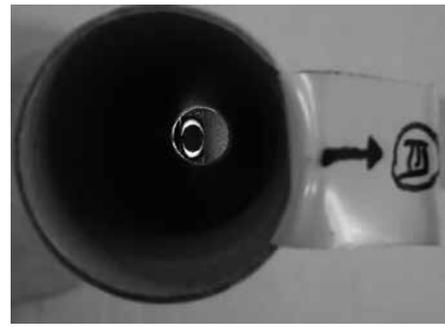


写真10 日食を再現した状態での紙筒の中の様子

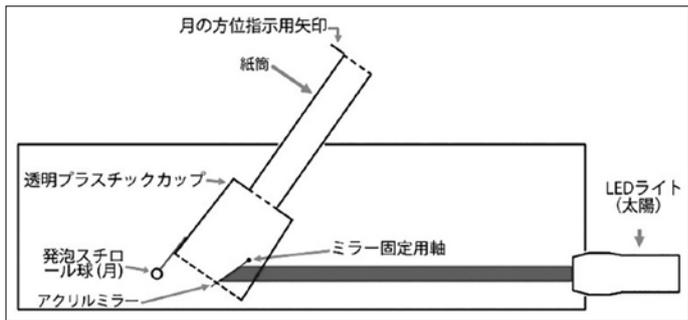


図3 月食を再現する際の配置図



写真11 月食を再現した状態での紙筒の中の様子

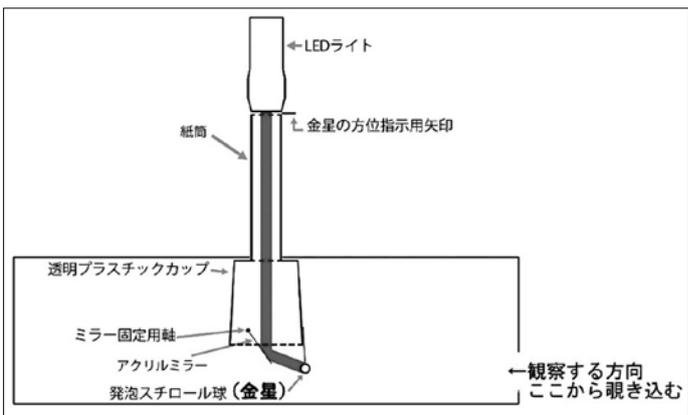


図4 金星の満ち欠けを実験する際の配置図



写真12 金星の満ち欠けを確認する様子

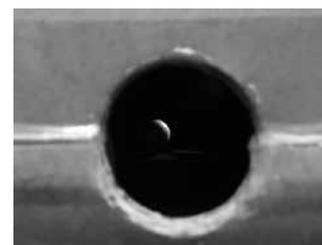


写真13 金星の満ち欠けの再現結果

4. まとめ

このモデル実験ボックスは、月の満ち欠けを再現するために開発されたものである。太陽光に照らされている状況の再現や再現実験時の視点コントロールなど、学習者の学習意欲を高めることを目指した実験器具である。2021年度より全面实施となる新学習指導要領で求められる「地球視点」

「宇宙視点」の二つの視点でのモデル実験を、一つの装置で行うことができる実験器具である。地球視点として、月の満ち欠けの観察結果を教室内で再現することが可能で、教室内の方位と実験器具の方位を合わせる作業によって、実際の現象とモデル実験ボックスで行う空間的なイメージとが関連付けられることが、空間的な見方の出発点になる。さらにボックスを開いて内部を覗くことで

地球視点から宇宙視点へと視点の移動が行われることを期待する。視点移動を一つの装置で行うことが、地球視点と宇宙視点における現象の理解を促すと考える。

また、新学習指導要領の「月や金星の運動と見え方」において求められる、月と金星の満ち欠けのモデル実験や、日食および月食のモデル実験も行うことが可能である。単元を通して活用できる実験器具として提案する。

謝 辞

このモデル実験ボックスの原点は、2016年10～12月、JICA北海道（帯広）の研修員受入事業・教育「小学校理科教育の質的向上～「教えと学び」の現場教育～」の中で考案された装置にある。発案者の一人である、マラウイ共和国教育科学技術省より来日されたAFONSO Laurent Peter氏に敬意を表す。自国の教育環境を考慮し、箱の中を覗き込む方法を提案し、その実現に熱心に取り組まれる姿があった。

付 記

本報告は、日本地学教育学会第71回全国大会（2017年9月）、平成29年度日本科学教育学会第1回研究会（2017年11月）、日本理科教育学会第68回全国大会（2018年8月）、平成30年度宇宙教育シンポジウム（2019年3月）において発表した内容をまとめ加筆・修正したものである。

引用・参考文献

- 相場博明：地球視点による月の満ち欠けの指導と「月の満ち欠け説明器」の開発，理科教育学研究，56(2)，129-138，2015
- 相場博明：地動説による「月の満ち欠け」指導の問題点と「地動説版月の満ち欠け説明器」の開発，理科教育学研究，57(2)，95-102，2016
- 栗原淳一，岡崎彰，二宮一浩：観察記録との関連付けを図った「月の満ち欠け」モデル実験用教材の開発と評価，

理科教育学研究，53(2)，251-261，2012

栗原淳一，益田裕充：角距離の概念と推論の相違が「月の満ち欠け」の理解に与える影響，科学教育研究，35(1)，47-53，2011

栗原淳一，益田裕充，壽崎智佳，小林辰至：天体の位置関係を作図によって位相角でとらえさせる指導が満ち欠けの現象を科学的に説明する能力の育成に与える効果，理科教育学研究，57(1)，19-34，2016

小松祐貴，渡邊悠也，鬼木哲人，中野博幸，久保田善彦：月の満ち欠けの理解を促すAR教材の開発と評価，科学教育研究，37(4)，307-316，2013

中山雅茂：月の満ち欠け再現ボックスの改良，日本科学教育学会研究会研究報告，32(1)，17-20，2017

中山雅茂，境智洋，AFONSO Laurent Peter：月の満ち欠け再現ボックスの開発，日本地学教育学会第71回全国大会兵庫大会講演予稿集，13-14，2017

(釧路校講師)

