

「理科の見方・考え方」の育成を図る実践
—視聴覚機器, ICT の活用や, モデル実験を通して—

Practice to Train “Scientific Perspectives and Ways of Thinking”
—Through the Utilization of Audiovisual Equipments, ICT, and Model Experiments—

理科 山本 江津子

キーワード 理科の見方・考え方

要 旨

単元「運動とエネルギー」, 「地球と宇宙」において, 「理科の見方・考え方」の育成のために図った工夫と今後の課題について提示している。

単元「運動とエネルギー」では, ストロボスコープを用いて様々な運動を撮影し, 得られた画像を教材として用いた。複数の画像を比較し共通点や相違点に気づきながら関係性を見出していく作業を通して, 「理科の見方・考え方」の育成を図った。

単元「地球と宇宙」では, ICT を活用しながら得た情報をもとに 3 次元モデルを作り上げる作業を行った。「地球からの見え方」と「宇宙空間での位置関係」の二つの視点を結び付けることで, 空間的な視点の育成を図った。

「理科の見方・考え方」の育成のためには, 自らそれらを働かせるような工夫が必要である。課題の提示の仕方, 使用教材の工夫など, 今後に向けた課題も多い。

I 背景

2021年度から全面実施となる新学習指導要領では、求められる資質・能力を育成する過程で働く物事を捉える視点や考え方として、「見方・考え方」を示している。特に中学校における「理科の見方・考え方」については、「自然の事物・現象を、質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えること」*1と示している。中学校の学習において、「理科の見方・考え方」を育成することは大きなねらいであり、そのためには、課題の設定から課題の探究、解決にいたるまで、生徒が自ら比較したり、関係付けたりできるような場面の設定や教材の工夫が、これまで以上に必要となる。

一方、コンピュータや情報通信ネットワークの活用に関しても、新学習指導要領に「各分野の指導に当たっては、観察、実験の過程での検索、実験、データの処理、実験の計測などにおいて、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すること」*1と示されている通り、重要視されている現状がある。

このような背景を受け、筆者は、第3学年で学習する単元「運動とエネルギー」、「地球と宇宙」において、視聴覚機器やコンピュータなどのICTを積極的に活用し、「理科の見方・考え方」の育成を図る実践①、②を行った。

II 「理科の見方・考え方」の育成を図る実践①

—単元「運動とエネルギー」におけるストロボスコープを用いた運動の解析—

1. 肉眼では捉えることのできない物体の運動をどのように記録するか

ストロボスコープを用いた運動の記録画像は、教科書に必ず提示されている。物体の運動について、生徒の目の前でストロボスコープを用いて撮影し、得られた画像を使い運動のようすを解析した。複数の運動について比較し、特徴を捉え、共通する点や異なる点を見出す活動を通して、「理科の見方・考え方」の育成を図った。加えて、視聴覚機器やコンピュータを使うことの有用性を認識すること、目的に応じた機器の選択が必要であることを理解することもねらいとし、ストロボスコープを用いた撮影に加え、デジタルカメラ、ipadなど複数の機器を用いて実践を行った。

理科室内に大きな振り子を用意し、手で動かしてみると、その動きはかなり速く、肉眼で運動の向きや速さの変化を調べることは不可能であることがすぐにわかる。

「どのような機器を使えば、速さや向きの変化を調べることが可能か」の問いに、記録タイマー、デジタルカメラ、ipadなどの回答が出てきた。しかし記録タイマーについては、「往復運動の記録は不可能である」との意見がすぐに出て、却下となった。そこで、一定時間ごとに打点するのではなく、一定時間ごとに発光するストロボスコープを紹介した。

ストロボスコープに加え，生徒達から意見として出た **ipad**，デジタルカメラを用いて振り子の運動をそのまま撮影し，スクリーンに映して比較した。**ipad** ではスローモーションとバースト撮影の機能を，デジタルカメラではハイスピード撮影や，高速連写モードを用いた。次にストロボスコープを 1000rpm に設定し，デジタルカメラはタイム撮影（シャッターボタンを押すとシャッターが開いたままになり，もう一度押すとシャッターが閉じる機能を用いた撮影）に設定し，撮影を行った。タイム撮影では，端に振り子が来た時にシャッターを開き，振り子がもう一方の端に来た時にシャッターを閉じる撮影方法をとった。機器の操作はシャッターボタンを押す操作も含めて生徒が行い，筆者は振り子の操作を行った。図 1 は実践を行った時の理科室の様子である。理科室前面にあるスクリーンはプロジェクターからの投影に使用したかったため，生徒の机の一部に振り子とストロボスコープを設置した。ビデオカメラで撮影した画像はすぐにその場で Wi-Fi 経由で **ipad** に転送し，スクリーンに投影して比較した。ストロボスコープについては，生徒が光源を直接見ないように，生徒達にも指示を出す一方，座席の配置などにも注意した。



図 1 実践を行った時の理科室のようす。奥に振り子が，手前にストロボスコープと三脚に設置したカメラがある。

ipad のスローモーションやバースト撮影の機能では，振り子の速い動きには不向きであること，高速連写やハイスピード撮影では運動の向きや速さの変化はわかるが，複数の運動を比較する場合はデータとして扱いにくいなどの意見が出た。一方，ストロボスコープを用いた運動の記録は一枚の画像の中に物体の一連の運動を収めることが可能なため，瞬時に運動の変化を把握しやすいというえ，他の運動と比較する際もデータとして扱いやすいなどの特徴を見出すことができた。

2. 振り子の運動の解析

ストロボスコープを用いた撮影に関しては，撮影の前に図 2 の A, B, C を提示し，どのような記録になるか生徒達に聞いてみた。

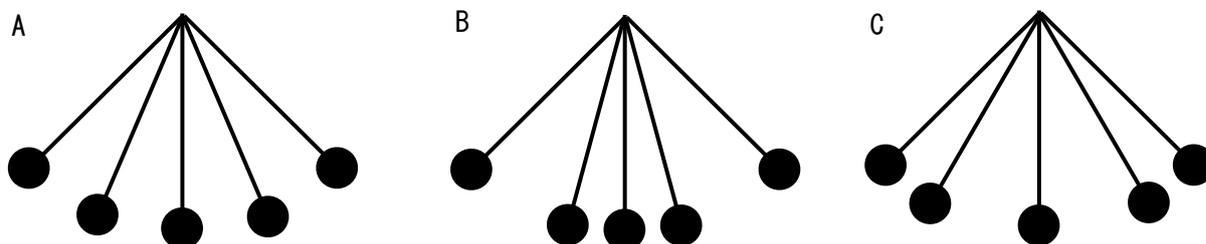


図 2

小学校での振り子の学習は，1 往復する時間（振り子の周期）に焦点が置かれており，1 往復の間に振り子の速さはどのように変化するか，ということには触れていない。あるクラスでは，29 名中約半数の 14 名が図 2 の A のようになると回答し，正答である C を選んだ生徒は 10 名，残る 5 名は「わからない」と回答した。B と回答した生徒はいなかった。約半数の生徒達にとって，ストロボス

コープを用いて撮影した振り子の運動は予想外であったようだ。図3は実際に授業内である生徒が撮影した画像である。(実践では、この他、小学校の復習として、振り子の重さや振れ幅、長さを変えて撮影を行い、振り子の1往復する時間に影響を与える条件は振り子の長さであることを画像から確認した。図4の①～③はその時の画像の一部である。)

ストロボスコープを用いて撮影した運動の記録から、振り子の運動について新たな視点が得られたことを期待し、「振り子の運動について、画像(図3)からどのようなことが言えるか」質問した。出てきた意見は次の通りである。

- 振り子の速さは一定ではない。
- 最下点での速さが一番速いと考えられる。
- 端の一番高いところが、一番遅いと考えられる。
- 振り子の速さは、最下点を境に左右でほぼ等しい。

これらを見ると、振り子の速さについて述べたものが多いことがわかる。ストロボスコープを用いて撮影した画像は、振り子の速さについて、直感的に把握しやすいようであった。他には、

- 振り子が1往復する時間がわかる。

といった、振り子の周期に関する意見もあった。



図3 生徒が撮影した振り子の運動



図4 ②は①の振り子の重さを変えた時の記録、③は①の振り子の振れ幅を変えた時の記録である。ストロボスコープはいずれも1000rpmで撮影している。振り子が端から端まで振れる時間は変わらないことがわかる。

学習したばかりの「力学的エネルギーの保存」に関して、次の質問をした。

力学的エネルギーの保存の視点から、

- 位置エネルギーが最大の地点、最小の地点
- 運動エネルギーが最大の地点、最小の地点はどこか。

出てきた意見は次の通りである。

- 位置エネルギーが最大になるのは、振り子が端に来た時である。
- 運動エネルギーが最大になるのは、振り子が最下点に来た時である。

- 位置エネルギーが減った分（あるいは増えた分），運動エネルギーが増え（あるいは減り），結果として力学的エネルギーが成り立っている。

しかし，中には次のような意見もあった。

● 放っておくといずれ止まってしまうから，力学的エネルギーが保存しているとは言えない。この意見はまさにその通りである。しばらくの間，振り子は動いたままであるが，時間がたつにつれて振れ幅が小さくなり，やがて止まってしまう。力学的エネルギーの保存が完璧に成り立っているのであれば，振り子はとまらずに永遠に動き続けるであろう。さらに振れ幅も左右均等に同じ高さまで振れ続けるはずである。

3. 水平方向に投げられたボールの運動の解析

物体の運動について，中学校理科では，等速直線運動と一定の割合で速さが変化する運動（等加速度運動）を扱うのみである。しかし，日常生活で見る物体の運動は多様である。ここでは，水平方向に投げられたボールの運動について，等速直線運動と等加速度運動の記録をもとに比較したり，関係付けたりすることで，「理科の見方・考え方」の育成を図った。

撮影の前，振り子の時と同様にどのような記録が得られるか，予想してもらった。自由落下については，等加速度運動をすでに学習していることもあり，全員の生徒がどのような記録が取れるか予想できた。しかし，水平方向に投げられたボールの運動については，

- わからない。
- 下の方に落ちてくれば速くなると思うが，どのような記録になるかはわからない。

との意見が少し出ただけであった。

ここでも，筆者はボールを落としたり，投げたりする役割を行い，機器の操作は生徒が行った。最初ストロボスコープを振り子の時と同じ 1000rpm の設定で撮影していたが，記録をうまくとることができない（ボールが 2 か所程度しか映らない）事態が発生した。ここで「ストロボスコープの発光を速くした方が良いのでは」というアイデアが生徒達から出てきたことには驚いた。早速 2000rpm に上げて撮影を行うと，図 5 のような記録をとることができた。

自由落下と，等速直線運動と，水平方向に投げられたボールの運動の記録の画像を並べてスクリーンに映し，共有した後，次の提案をした。

水平方向に投げられたボールの運動の記録を，「自由落下するボールの運動」の記録，「等速直線運動をする物体の運動」の記録と比較し，共通点を見つけてみよう。

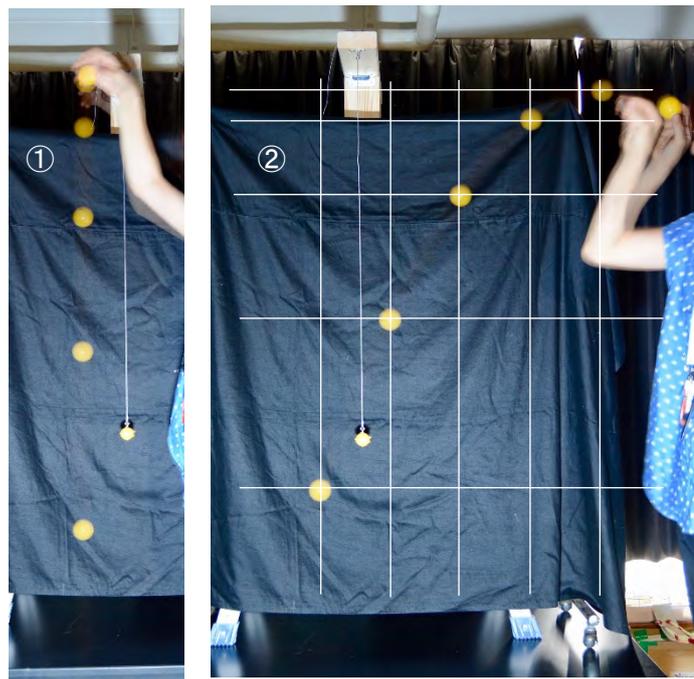


図 5 ①は自由落下，②は水平方向に投げられたボールの運動の記録である。

さらに、図5の②のように、水平方向に投げられたボールの運動の記録について、ボールが映っているところに、水平方向と鉛直方向に線を書き込んだ。すると、多くの生徒から

- 鉛直方向は自由落下と似ている。
- 水平方向だけ見ると、等速直線運動になっている。

などの意見が出て、ボールの運動を水平方向と鉛直方向に分けて考える視点が得られていることがわかった。力の分解では、斜面を走る力学台車に働く力として、力学台車に働く重力を斜面方向と斜面に対し垂直な方向に分解して考えたが、方向を分けて考えるという点で力の分解の作業を思い出した生徒もいた。

「物体の速さが変わる事」については定性的に扱うこと*1と新学習指導要領に示されていることもあり実践はここまでとしたが、高校物理の学習につながる発展的な学習に十分つなげることができると考えている。

4. 実践の成果と課題

理科の見方・考え方を働かせて十分に探究活動を行うためには、課題設定から教材の提示の仕方、発問の内容に至るまで、生徒が「理科の見方・考え方」を働かせやすいかたちで提示するなどの工夫が必要である。

今回は、特に以下の点において、工夫を図った。

- 生徒の目の前で撮影を行い、その場でスクリーンに投影しながら現象の共有をする。
- 比較したり、関係付けたりする視点が必要な現象については、比較の対象となる画像や関係付けるべき視点が明確になるような補助線を提示する。

この実践の中で多かった発言で、筆者の印象に残っているのは、「教科書に載っている写真って、こうやって撮っているんだ」である。このような反応が多数あるとはあまり予想していなかった。実践の中で、機器の操作を生徒に任せた(人の手が足りず「頼んだ」という方が適切かもしれない)が、どの学級も「やりたい」という生徒が多数いたことも印象的である。しかし一方で、物体の運動を生徒達の目の前で撮影し、その場で投影するという一連の流れが生徒にとっては目的のようになってしまった部分もある。授業後の感想(参考資料参照)からもその傾向がわかる。これは、実践の成果でもあり、「理科の見方・考え方」の育成を図るための実践としては、課題でもある。

肉眼では捉えることができない短時間の現象を記録することができる点がストロボスコープの魅力である。ストロボスコープの活用例として、例えば単元「身の回りの現象」の弦の振動の撮影などにも用いていきたい。

授業後の生徒の感想の一部を参考資料として掲載する。

カメラがぶさしたのしかたです。頂点と頂点のころをモレにとれた時、遅いか、たどろ。貴重な体験だと思います。	ストロボスコープをみたとき、色や重さがカメラ撮影アングルにいい見えの面白い。実際には、ストロボスコープを使って実際に撮った写真を前にモニターに映し出して、そのわかちあいが、とても貴重な経験でした。	
教科書に載っている写真を実際に見るとかっこいい感じがする。	撮影のイロコトがわかる。	肉眼で見ることのできない現象を見ることになりました。
教科書では見られないと思っていたとても貴重な時間でした。写真とこれには大きな違い。	貴重な映像を見ることになりました。初め、生徒の見えの良からです。	写真で見るのと、実際にストロボスコープで撮ると、とても面白いです。この単元に対する興味が増えました。今後の学習にはかかせたいです。
普段使ったことのない写真を目の前で撮ってもらってすごく驚きました。楽しい授業でした。私は比較的物理が苦手なのですがこの授業で物理の苦手意識が弱まってきた気がします。	資料が見る前に、実際にストロボスコープで自由落下の写真を撮ることで、この単元に対する興味が増えました。今後の学習にはかかせたいです。	
普段は見えない写真が、実際に撮ることになりました。		

Ⅲ 「理科の見方・考え方」の育成を図る実践②

— 単元「地球と宇宙」における

星座早見，3次元のモデル，ICTを活用した天体の位置関係の把握 —

1. 天体の運動と見え方を関連させて捉えるために

「地球と宇宙」における学習では、「天体の運動と見え方を関連させて捉えることができるようにすることが重要である」*1が，宇宙空間が壮大であること，それぞれの天体がそれぞれに公転運動を行っていること，光源である太陽とそれらの天体の位置関係，太陽と地球の位置関係も考慮しなければならないこと，地球の自転も考慮し，観測者のいる場所が昼か夜か常に意識しなければならないこと（基本的に「天体が見える」というのは、「地球が夜である」という前提が必要である）などの理由があるため，使用する教材や授業展開には様々な工夫が求められる。

「天体の運動と見え方を関連させて捉える」ためには，

- その時の天体の位置関係をもとに，地球からの見え方を考える。

あるいは，

- その時の地球からの見え方をもとに，天体の位置関係を考える

場面を数多く設定し，時間的・空間的な視点を育んでいく必要がある。

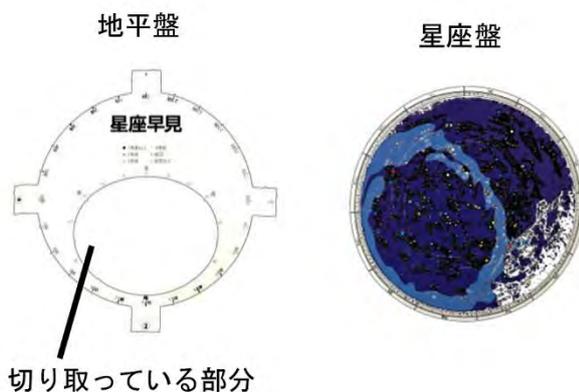
新学習指導要領の「第2分野の目標」に，「モデルの活用，コンピュータなどICTの活用」*1が大切であると示されていること，単元「地球と宇宙」においても，モデル実験やコンピュータシミュレーションの活用などが記載されていることを受け，それらを積極的に活用しながら実践を行った。

2. 星座早見を用いて3次元モデルを作成し，黄道12星座と地球，太陽の位置関係を把握する

星座早見は小学校の時に一度は操作したことがある生徒がほとんどである。そこで，第3学年の生徒たちに，星の日周運動について学習した後，次のような質問をした。

<質問>

星座早見は，地平盤と星座盤という2枚の円盤からできている。右の図は北緯35°の東京で使うようにつくられたものである。北緯43°の札幌でこの星座早見を使う場合，星座盤はそのまま用いることができるが，地平盤の切り取っている部分を変える必要がある。どこを切り取るようにすれば良いか，示しなさい。



この問いに答えることのできた生徒は、半数に満たなかった。間違えた生徒はとてもなく、「わからない」と解答した生徒が多かった。

星座早見を見てわかるのは、その時刻の星座の位置や見え方だけではない。星座早見をまわしていると、東京では、見える星たちの回転の中心(星座盤の中心)は天頂ではなくは北極星であること、空に浮かぶ星座は昼出るか夜出るかの違いがあるだけで、1年中同じであることなどに気づく。星座の学習では、「夏の星座」、「冬の星座」などの表現を用いるため、例えばオリオン座と言えば「冬にしか出ない星座」と勘違いしている生徒も多い。しかし実際は、1年365日毎日オリオン座は東の空から上り、西の空に沈んでいるのである。冬はその時間帯がたまたま夜であるため、良く見えるにすぎない。同じ緯度にいる限り、昼間か夜間かの違いはあるものの、私たちは毎日同じ星空を眺めている。

この実践は、星座早見を用いて黄道12星座の見え方の年間を通しての変化を調べながら、黄道12星座—太陽—地球の位置関係がわかる3次元モデルを作成し、地球からの見え方と宇宙空間での位置をリンクさせ、宇宙空間における位置関係を捉えることをねらいとした。

実践では、「自分の誕生日の星座は、誕生日の日、見えていたか?」という質問を投げかけ、誕生日の日、自分の星座は太陽とほぼ重なって見えていることに気づかせたあと、次の【課題】を提示した。

【課題】星座早見を使って、太陽、地球と黄道12星座の位置関係がわかる3次元モデルを作る。

ここで、生徒が作成したモデルは太陽(光源)が中心になっている(図8の①、②)。しかし、黄道は「天球上の太陽の通り道」と教科書にも記載されている通り、地球の周りを周るように、太陽を配置するのが望ましい。実際にこのモデルを作成した段階で、生徒から「このモデルは教科書の黄道12星座の図と異なる」という指摘を受けた。そこで地球を中心に置き、黄道12星座に重ねて太陽を配置するモデルにつくり直した(図8の③)。



図8 黄道12星座—太陽—地球の位置関係をあらわしたモデル(①、②)と板書(③)

①は太陽(光源)を中心に、地球のモデルを4か所に配置しているが、②では太陽を中心に、12か所に地球のモデルを配置している。③は、黄道12星座に重ねて太陽を配置したモデルを黒板上にあらわしたものである。



図6 星座早見を使った授業風景

しかし実際は、1年365日毎日オリオン座は東の空から上り、西の空に沈んでいるのである。



図7 星座早見で位置を確認しながら、黄道12星座に関する3次元モデルをつくる生徒たち

3. ipadの「星座表」アプリを活用し，太陽系の天体の位置関係を把握する。

この実践は，惑星や月など星座早見では情報を得ることができない天体について，地球からの見え方の情報をもとに，それらの天体と太陽，地球との位置関係を捉えることをねらいとしている。ここではipadの「星座表」アプリを使用して，地球からの見え方を調べ，宇宙空間での位置関係を探った。

図9は「星座表」アプリで太陽系の惑星や月の位置を捉えたところである。(図9では，西の地平線の下に太陽が，地平線の少し上に金星が見えている。)ここで，次の【課題】を提示した。

【課題】「星座表」アプリから情報を得て，現在の太陽，地球，金星，火星，土星，木星の位置関係を示す。

示し方は図10のように，太陽系全体を太陽を中心とした同心円で描き，天体の位置を記入していく形式に統一した。金星に関しては，位置の候補が複数挙がるため，満ち欠けについても提示する必要がある。実践では，「星座表」アプリ以外に図11のように，ウェブサイトからの情報も必要に応じて使いながら位置関係を推測させた。

4. 実践の成果と課題

星座早見やipadのアプリ，ウェブサイトからの情報は，あくまでも地球からの見え方である。そこから宇宙空間での位置関係を見出ししていくためには，視点を変えながら空間的な広がり，位置関係を考える必要がある。3次元モデルを作成すること自体が「理科の見方・考え方」を大いに働かせる作業である

天体の学習においても実験は必須である。モデルを用いた実験と観測の両方がある。初めて，天体の運動，見え方，宇宙空間での位置関係を捉えることができる。スケールを下げ，大小関係など影響が出ない場合は変更を



図9 太陽系の惑星，月，いずれの天体も，ほぼ黄道上(薄い破線が描かれている部分)に位置していることがわかる。



図10 見え方から位置関係を考える実践での板書

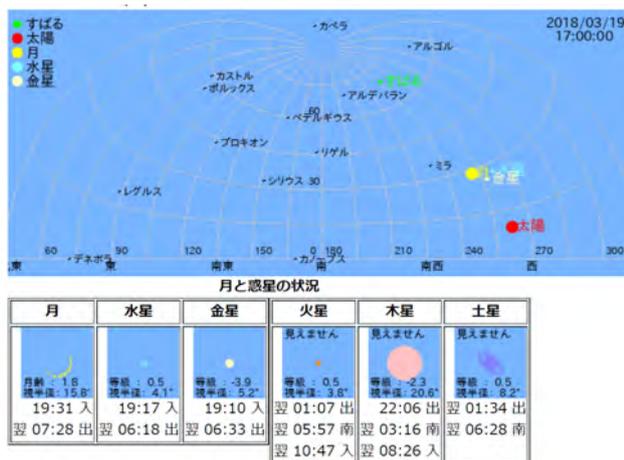


図11 天体の見え方については，ウェブサイトを活用してもよい。(国立天文台のウェブサイトより)

加え、生徒が実験できるレベルに調整し、教材として提供していく必要がある。太陽が東から昇るといふ事実一つを取っても、透明半球を用いた観察記録から述べるだけでなく、モデルを用いて実験することを大切にしたい。モデル実験では、季節による日の出の位置や日の入りの位置の変化まで知ることができ、単なる知識として覚えていた事実について、理解が深まるようすが多く見られた(図12)。

モデル実験は生徒が机で行えるレベルのものから、教室全体を使って行うもの(図13, 14)まで、様々なスケールで実施できる。

近年、各地のプラネタリウムでも様々な天文学に関するイベントなどを行っている。太陽系の惑星の見え方について、上映しながら詳しく説明してくれる施設も多い。特に夏休みなどは、各地の天文台で小中学生から参加できる観望会も多く開かれている。冬であれば、下校時に金星や月の観察が可能であるが、そのときの天候などの影響もあり、観察の機会を十分に提供することは難しい。プラネタリウムや天文台などの施設もうまく活用し、生徒の興味・関心を引き出しながら、理科の「見方・考え方」の育成を図っていきたい。

参考文献

*1 文部科学省 「中学校学習指導要領解説 理科編」2017年

謝辞

本実践報告のⅡ「理科の見方・考え方」の育成を図る実践①は、本学理系女性開発共同機構の支援を受けました。ここに感謝の意を表します。



図12 地球上の様々な場所で太陽の日周運動を調べるモデル実験を行っている様子。東京、赤道上、シドニーなど色々な場所での太陽の日の出、日の入りの位置、南中(あるいは北中)高度がわかる。複数のライトが必要であるため、保健室などから借用して実験を行った。



図13 透明半球を2個用いて作った、星の日周運動のモデル。透明半球の内部に発砲ポリスチレンの地球のモデルがある。地球のモデルには東京、赤道上、シドニーの場所に画鋸を刺し、その地点にいる人に見立てている。



図14 金星の満ち欠けの実験。教卓に電球を設置し、金星に見立てたボールをまわすと満ち欠けがきれいに見える。個人実験でも十分可能である。