

小学校において月の満ち欠けはどのように説明するのが適切か？

視点移動を伴う太陽・月・地球の位置関係の理解

西出 和彦

仁愛大学人間生活学部

How Should we Explain the Phases of the Moon at Elementary School?

Understanding the Positional Relationships of Celestial Objects with Viewpoint Movement

Kazuhiko NISHIDE

Jin-Ai University

月の満ち欠けに関する学習は、現在、小学校第6学年と中学校第3学年の理科で扱われている。小学校では、月の形の見え方は太陽と月の位置関係によって変わることを学習するが、その指導方法は地球から見た太陽と月の位置関係で扱うことと限定されている。一方、中学校では、月が地球の周りを公転していることと関連付けて月の満ち欠けをとらえさせ、太陽、月、地球を俯瞰する視点から月の満ち欠けについて考えさせている。しかし小学校においても、太陽、月、地球の位置関係の変化を理解しようとする、必然的にこれらの天体を俯瞰して位置関係を扱わざるを得ないのではないだろうか。そこで本研究では、小学校第6学年を対象として、太陽、月、地球を俯瞰する視点でもそれらの位置関係を授業で扱い、その指導方法の有効性を検証した。その結果は、小学生においても視点移動を伴う月の満ち欠けの指導が有効であることを示唆している。

キーワード：太陽と月の形、月の満ち欠け、視点移動、小学校理科

1 はじめに

現行の小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省2008a）では、第6学年の「月と太陽」の中で「月の輝いている側に太陽があること、また、月の形の見え方は、太陽と月の位置関係によって変わることを学習内容として設定している。また、その取り扱いについては、「地球から見た太陽と月の位置関係で扱うものとする」と指導上の留意点が示されている。

一方、中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省2008b）では、中学校第3学年の「月の運動と見え方」の中で「月が約1ヶ月周期で満ち欠けし、同じ時刻に見える位置が毎日移り変わっていくことを、月が地球の周りを公転していることと関連付けてとらえること」を学習内容として設定している。さらに、「観察者の視点（位置）を移動させ、太陽、月、地球を俯瞰す

るような視点から考えさせることが大切である」としている。

このように月の満ち欠けに関する学習では、小学校では地球から見た太陽と月の位置関係で扱い、中学校では、月の公転に関連付け、太陽、月、地球を俯瞰する視点から考えさせることになっている。この設定は児童生徒の発達段階を考慮してのことと推察される。

また、現在使用されている小学校第6学年の教科書（毛利衛ほか32名、2014）では、「月の形の見え方」について、観察と実験を通して考えさせ、「月は太陽の光が当たっている部分が明るく光って見えること」、「月の形が日によって変わって見えるのは、太陽と月の位置関係が毎日少しずつ変わっていくためであること」を学習するように構成されている。

今回注目する点は、小学校第6学年において、月の

満ち欠けの理由をどのように説明するのか、についてである。

これまでの学習指導要領における「月の満ち欠けの理由」の取り扱いを調べてみると、改訂のたび変遷をくり返してきたことが分かる(学習指導要領データベース)。このことは益田(2007)や桑原・遠西(2008)でも指摘されている。

月の満ち欠けの理由に関する学習指導要領での取り扱いがこのように変遷する背景として、子どもの空間概念における発達段階の認識の問題とその対応の仕方の問題があると推察される。そして、その天文分野の空間認識における視点移動能力の問題点については、その形成過程や男女差などが論じられている(土田・小林,1986;岡田,2009)。

月の満ち欠けは月の公転による太陽・月・地球(観察者)の位置関係の変化に原因があり、月の日周運動は地球の自転による月と観察者との位置関係の変化が原因である。このことを理解するために小学校の理科の教科書でも中学校の教科書と同様に太陽と月と地球の位置関係を俯瞰した図が用いられている。

このように月の満ち欠けの理由を月の公転による太陽、地球、月の位置関係の変化によって説明するためには、地球からの視点による理解と地球の外(宇宙)からの視点による理解との両方が必要であるが、この視点の移動を伴う空間認識が月の満ち欠けの理解を困難にしていると指摘されてきた(宮脇・南部 1992, 宮脇・吉村 2009, 木下 2012, 相場 2015)。

そこで視点移動を伴わずに、地球から見た太陽と月の位置関係で月の満ち欠けを扱った栗原・益田(2011)らは、月と観察者と太陽のなす角度を角距離という概念として定義し、演繹的な学習方法を試み、地球からの視点のみで月の満ち欠けの指導を行っている。また、中学校第3学年を対象とした月の満ち欠けの学習においても、科学的に探求する過程を重視し、太陽と月と地球(観察者)の位置関係を角距離の概念である位相角でとらえさせる指導を行っている(栗原・益田・濤崎・小林, 2016)。

さらに、木下(2012)は、地球からの視点を離れて宇宙空間における天体の位置関係や動き等を推論することは、容易なことではないと判断し、球形水槽や大

玉の教材化を行っている。そして、実際の月の満ち欠けとそのモデル実験を結びつけることによって月の満ち欠けのしくみを理解させている。

また、長谷川・吉田・森藤(2015)は観察者を基点として太陽と月の位置関係を説明するための月早見板を用い、観察者(地球)からの視点で授業を展開している。

他にも、相場(2015)は、地球からの視点に基づいた月の満ち欠けを説明するための教材「月の満ち欠け説明器」を考案し、それを用いた指導方法を実践し、その有効性を明らかにしている。

以上のように地球からの視点で月の満ち欠けが指導され、その有効性が示されている。

一方で、鷲見・川上(2013)は、地球からの視点に基づくモデルでは、太陽、地球、月の位置関係を理解させることに限界があることを指摘し、月の公転運動を考慮したモデルを取り入れて、教育効果を上げている。

このように、小学校の理科において月の満ち欠けを説明する場合、太陽、月、地球の位置関係について、視点移動を伴わない指導をするか、視点移動を伴う空間認識に基づいて指導するかという問題は、議論の余地があることが分かる。

月の満ち欠けの原因である太陽、月、地球の位置関係の変化を理解しようとする、必然的にこれらの天体を俯瞰して、位置関係を扱わざるを得ない。しかし、地球からの視点と地球の外からの視点とを自由に行き来しながら月の満ち欠けを理解することは、困難が伴う。また、地球からの視点のみで太陽、月、地球の位置関係の変化を理解することにも困難が伴う。

そこで本研究では、小学校第6学年の児童が、月の満ち欠けを理解するためには、地球からの視点に加え、宇宙からの視点でもとらえる指導が必要であるという考えに立ち、視点移動による問題点の解決を研究の目的とする。そのため、太陽、地球、月の位置関係が変化する原因として、月の公転についても触れ、地球からの視点と地球の外(宇宙)からの視点をともに合理的に説明できる教具を用いて、実践を行った。その後、児童の理解度からその指導方法を評価した。これらを通して、小学校第6学年の児童を対象とした月の満ち

欠けの指導上の問題点を明らかにし、その対応策について考察する。

2 方法

小学校第6学年児童を対象とし、視点移動を伴う月の満ち欠けに関する指導を行い、授業の前後での理解の変化や授業後における月の満ち欠けに対する理解度を調査し、視点移動を伴う指導方法についての評価を行う。また、この授業のためのモデル教材を検討し、その評価も行う。

2-1 月の満ち欠けモデル

ここでモデル教材を使用する目的は、地球からの視点に基づいて月の満ち欠けを理解するためと、さらに、地球からの視点を離れて太陽と月と地球を俯瞰する視点からの位置関係を理解するための2つであり、これらを達成できるモデル教材を求めた。まず、市販のモデル教材を検討し、さらに、教科書の図に基づく自作モデルも検討した。

2-1-1 市販のモデル教材の検討

前述の条件に合うモデル教材を準備するために、市販されている次の6つのモデルについて検討した。

- ①月と太陽の位置関係モデル【株式会社ヤガミ】
- ②月の満ち欠け説明器【株式会社クラフテリオ】
- ③月と太陽A型（三球儀）【株式会社大和科学教材研究所】
- ④三球儀【株式会社美工社】

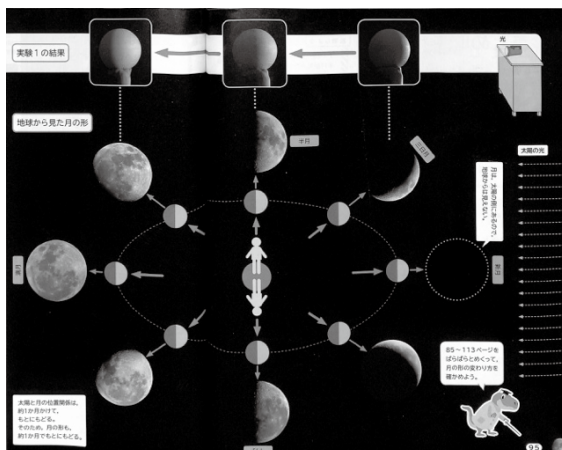


図1 太陽の光，地球，月の位置関係を示した図
(毛利衛ほか 32名, 2014)

⑤天体モデルライト 月と太陽【株式会社美工社】

⑥月の満ち欠け体験キット【株式会社美工社】

2-1-2 教科書の図に準拠するモデル教材

月の満ち欠けを説明するために教科書に掲載されている図(図1)に対応するモデル教材(図2)を製作し、授業実践を通して、そのモデルの有効性を検証した。モデル製作に当たり課した条件、材料、製作方法、使用方法は以下の通りである。

《モデルの条件》

- (1) 教科書の説明図(図1)を表現できる
- (2) 地球からの視点で月の満ち欠けを説明できる
- (3) 太陽，地球，月の位置関係で説明できる
- (4) 児童自らが実際に行った月の観察と教科書の月の満ち欠け説明図の理解に有効である
- (5) 地球からの視点と宇宙からの視点との間の視点移動を支援できる
- (6) 児童自らが考えながら完成させることができる
- (7) 天体の大きさや天体間の距離をイメージできる

《材料》

- ・プラスチックボード(黒)900mm×1800mm×4mm
- ・レジャー用ピンポン球(白)
- ・発泡ポリスチレン球(直径50mm)
- ・強力マグネットシート 片面・粘着剤付き
- ・超強力マグネット(ネオジム磁石)
- ・スーパーボール(直径24mm)
- ・BB弾(直径6mm)

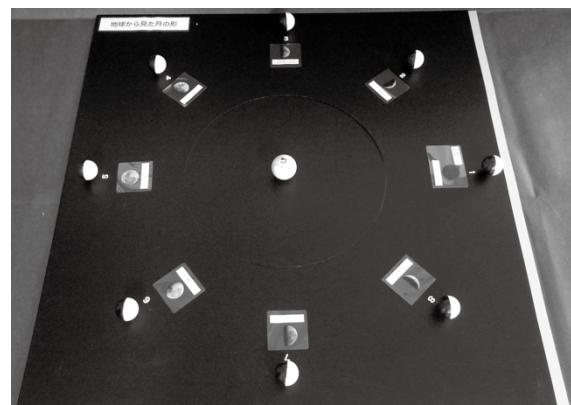


図2 月の満ち欠け体験モデル

- ・黄色いマス目模造紙30m巻50mm方眼
- ・カラー布テープ(黄色)
- ・ビニルテープ(黄色)
- ・接着剤

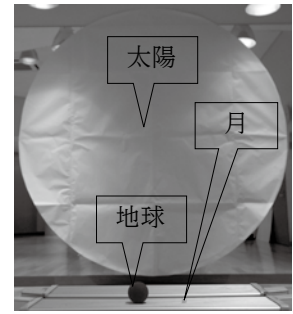
《製作方法》

- ① 大きさ900mm×1800mm, 厚み4mmの黒のポリプロピレン樹脂プレートを半分に切断し、1辺が900mmの正方形にする。
- ② ①のボードの4辺のうち、1辺には黄色いビニルテープを貼り、太陽からの平行光がやってくる方向を示す。
- ③ ②のボードの中心から8方位にむけて400mmの所に超強力マグネットを接着剤で固定し、月の位置とする。
- ④ ③のプラスチックボードの中心に半径200mmの穴を開け、くり抜いた円盤の中心には地球に見立てた発砲ポリスチレンを磁石で固定する(図3)。
- ⑤ 白のレジャー用ピンポン球8個の半分を黒マジックで黒く塗り、月のモデルとする。
- ⑥ 強力マグネットシートをコルクボーラーでくり抜き(直径8mm)、⑤に貼る(図4)。
- ⑦ ③で8カ所に配置した超協力マグネットの位置に⑥のピンポン球を配置する。このとき大切なことは太陽からの平行な光に月が照らされていることに注意を払うことである。すなわち、8個のピンポン球の白い部分がすべて黄色いビニルテープ側にそろって向いていなければならない。
- ⑧ 地球の周りに置いた8個の月のモデルを地球から見た形に相当する月の写真をピンポン球のそれぞれの位置に置く(図2)。

《使用方法》

このモデルを用いて、地球からの視点で月の形を

とらえる場合は、図6のように中央の穴の部分に頭を入れて使用する。太陽、月、地球を俯瞰して位置関係をとらえる場合は、中央の穴を塞いで使用する。



また、モデルに課 図5太陽、地球、月のモデルした条件(7)の各天体の大きさや天体間の距離をイメージできることを達成するためにこのモデルとは別に、地球と月と太陽のそれぞれの大きさの比較と地球と月の距離、地球と太陽の距離の関係をイメージするためのモデルを準備した。地球のモデルとして直径24mmのスーパーボール、月のモデルとして直径6mmのBB弾、太陽のモデルは黄色いマス目模造紙で直径2610mmの丸い紙を作り太陽とした(図5)。

実際のスケールをイメージすることにより、太陽からの光が平行光であることの理解を支援した上で、モデルではそれぞれの大きさや距離が実際のものとは大きくかけ離れていることを補足した。

このようにして製作したモデルは、地球の外(宇宙)からの視点で太陽、地球、月の位置関係をとらえることができるモデルになっている(図2)。同時に、地球からの視点で月を観察する場合は、地球の後ろ側に立って、月をのぞき込み、白い部分(月の形)がどのような形に見えるかを確認し、さらに、図6のように中央の穴の部分に頭を入れて使用することによって、地球からの視点で月の形を確認することを可能にしている。

また、児童自らがこのモデルをセットすることに

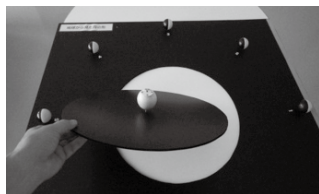


図3 中心を切り抜いたモデル(中心に地球モデル)



図4 月をマグネットで固定

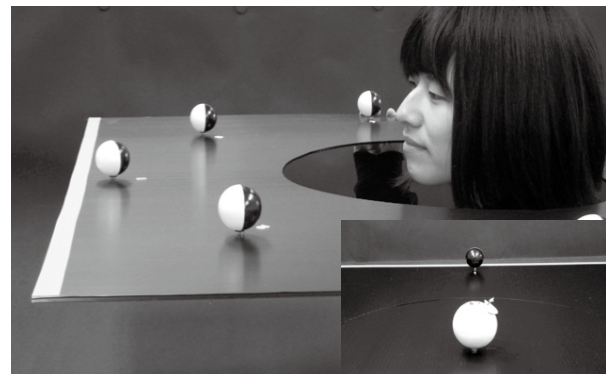


図6 地球からの視点で月の満ち欠けを確認する

よって、太陽の光の方向と地球、月の位置関係を理解しながら、地球と月を配置し(月の太陽側半分が白く光っていることを確認する)、宇宙からの視点で位置関係を把握した上で、地球の位置から月の形を確認することで、月の満ち欠けを再現できる。

2-2 授業実践の方法

2-2-1 授業実践の概要

視点移動を伴う月の満ち欠けの指導方法とそこで用いる月の満ち欠け体験モデルを検証するために、福井県越前市北日野小学校の第6学年1組28名(男子14名、女子14名)、2組28名(男子14名、女子14名)において、それぞれ2時限(45分×2回)の授業実践を行った(実施日は、2016年9月12日(月)と9月14日(水))。

2-2-2 授業実践の評価方法

今回の授業実践の効果を判断するために、事前調査と事後調査を行い、児童の月の満ち欠けに関する理解についての変化をとらえることを試みた(事前調査は9月12日(月)、事後調査は9月15日(木)にそれぞれ実施)。

また、授業後における月の満ち欠けに対する理解の程度を把握するために、学校教材の評価テスト(日本標準)を9月15日(木)に実施した。

3 結果

3-1 市販のモデル教材の検討

①月と太陽の位置関係モデル【株式会社ヤガミ】

太陽、地球、月の位置関係を変化させながら、月の満ち欠けを立体的に再現している。天動説、地動説、また、地球からの視点、宇宙からの視点、それぞれ両方の説明に対応している。

②三球儀【株式会社美工社】

「月と太陽の位置関係モデル」と同様に、太陽、地球、月の位置関係を変化させながら、月の満ち欠けを立体的に再現している。乾電池により電動式で位置関係を変化させることができる。

③月の満ち欠け説明器【株式会社クラフテリオ】

このモデルも太陽と地球と月の位置関係を変化させ

ながら地球からの視点で月の満ち欠けを再現している。月と太陽の位置関係から月の形を確認することはもちろん、月齢から月と太陽の位置を確認することもできる。また、このモデルの下半分をかくして地平線と見なすことによって、月の日周運動を再現したり、時刻から月と太陽の動きを確認したりすることができる。

④月と太陽 A型(三球儀)【株式会社大和科学教材研究所】

前述の「月の満ち欠け説明器」と同等のモデル。

⑤天体モデルライト 月と太陽【株式会社美工社】

地球の周りの月の位置を変化させることによって、実際に光を当て、月の満ち欠けを再現している。

⑥月の満ち欠け体験キット【株式会社美工社】

月の満ち欠けをモデルによって再現することに特化しており、太陽、地球、月の位置関係を変化させて、月の満ち欠けを説明するものではない。

以上のように、今回、検討した市販のモデル教材は、(⑥月の満ち欠け体験キットを除いて)地球からの視点と地球の外(宇宙)からの視点の両方で、月の満ち欠けを説明することができるモデルとなっている。

一方で、それぞれに工夫を凝らすことで製品としての完成度が高くなっており、教科書の説明図(図1)とは直接つながりにくいものとなっている。児童の視点移動による空間認識を支援し、教科書の説明図の理解に導くためには、その図に準拠したモデルを製作することが効果的であると考えられる。

3-2 授業実践

2回にわたり実施した授業の流れの要点は次通りである。

①太陽・月・地球は、それぞれ球体であることを説明する。

②太陽は、自分で光っている。

③月は、太陽に照らされて、太陽側の半分が光って見える。

④地球も太陽に照らされて、太陽側の半分が明るく、朝から夕方になっていて、太陽の反対側は暗く、夜になっている(ここでは時刻の概念は入れない)。

⑤太陽が朝、東の空から昇って、南の空を通過して、

- 西の空に沈んで見えるのは、地球が1日で1回転しているからである。
- ⑥ 月も東の空から昇って、南の空を通過して、西の空に沈んで見えるのは、地球が1日で1回転しているからである。
- ⑦ ⑤と⑥を体験モデル(地球からの視点)で確認する(3人一組となり、太陽役、観察者役、月役を決めて確認する)。
- ⑧ 月の形が変わったり、見える場所が変わったりするのは、月が地球の周りを回っていて、毎日、月の場所が変わるからであることを確認する(3人一組で確認する)。
- ⑨ 月は、1カ月で地球の周りを1回転する。
- ⑩ 太陽と月と地球は、どのような位置にあるのか確認する(図7)。
- ⑪ 満月は太陽と月と地球がどのような位置関係のときに見えるのか。
- ⑫ 下弦の月は、太陽と月と地球がどのような位置関係のときに見えるのか。
- ⑬ 新月とは、太陽と月と地球がどのような位置関係にあるのか。
- ⑭ 次に⑪から⑬について地球の外の宇宙空間からの視点で確認する(図8)。



図7 地球の位置から月の形を確認する

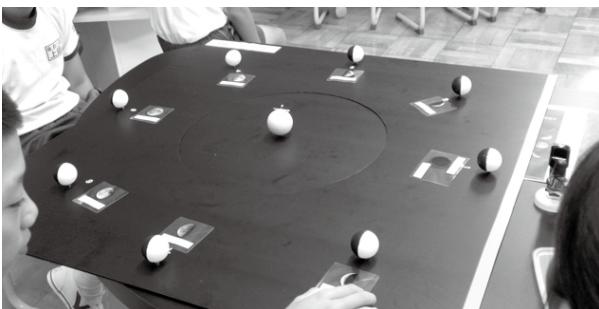


図8 宇宙からの視点で太陽、地球、月の位置関係を確認

- ⑮ 地球から見た場合と、地球の外(宇宙)から見た場合の両方で説明できるようにする。
- ⑯ これらの体験に基づき、1日のうちで月が動いて見えるの(月の日周運動)は、地球が回っている(地球が自転している)からであり、月の形が変わる(月の満ち欠け)のは、月が地球の周りを回っている(月が公転している)からであることを説明できるようにする。
- ⑰ 月が光って見える側に、太陽があることを理解する。

3-3 予想の変容

最初の授業の導入部分で、自宅での観察結果をもとに、月の形が、日によって変わる理由を予想させたところ、56名中14名が次のように記述した(児童①~⑭)。また、教科書の実験(図9)を演示実験として行った後で、もう一度、その結果をもとに月の形が日によって変わって見える理由を記述させたところ、前述した予想を記述できた14名の記述は、矢印(→)で示したように変容した。

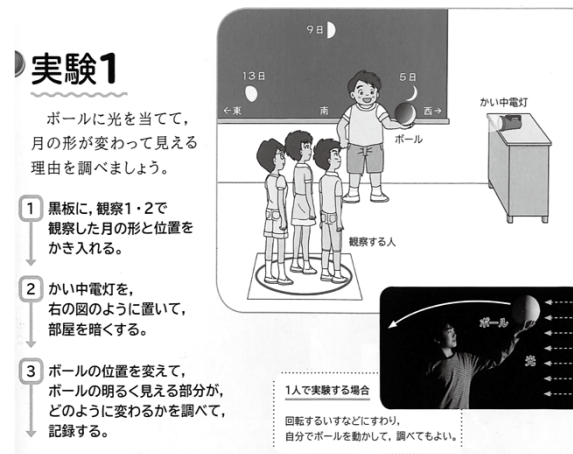


図9 月の満ち欠けモデル実験 (毛利衛ほか 32名, 2014)

《月の形が日によって変わる理由》

児童①月と太陽の位置がずれていっているから。

→太陽と月と地球の位置関係が変わっているから。

児童②月が地球の周りを回っていて、太陽の光の当たる位置が変わるから。

→太陽の光の当たる位置が、月が動くにつれて違ってくるから、日によって変わって見える。

児童③太陽が月の照らす場所違うから。

→太陽と月の位置関係が毎日少しずつ変わっていくから、太陽の光が当たって明るく見える部分が少しずつ変わるから。

児童④太陽の光が、少しずつ月が動いているので当たっていないところが欠けて見えるから。

→太陽、月、地球の位置によって変わる。太陽の光が当たっているところが見えて、当たっていないところが影になり見えない。

児童⑤月が動いていて、日に日に反射する位置が変わるから、月は地球の周りを回っているから。

→太陽、月、地球の位置によって変わる。

児童⑥太陽の光の反射の仕方が違うから。

→月は自ら光っていないので、太陽の光が反射しているところが光って見える。

児童⑦地球が回っているから、少しずつ月と離れて入っているから。

→月が少しずつ動いているから。

児童⑧太陽の光が日に当たっている場所が違うから。

→太陽と月の位置が毎日少しずつ変わっていくため、太陽の光が月に当たっているところが違うから。

児童⑨太陽の影が月に反射して地球から見ると影になって見えないところがあるから。

→太陽の光が月に反射して地球から見たときに月の形が変わるから。

児童⑩月が動くので太陽が照らすと形が変わる。

→月の位置が変わるから。

児童⑪太陽の光が月に当たっているところは、地球から見てもちゃんと見えるけど、当たってなくて暗くなっているところは見えない。

→太陽の光が月に当たり、月が地球の周りを回ることによって、月の見えるところと見えないところがあるから、形が変わっているように見える。

児童⑫惑星や障害物が月にあたる光をさえぎっている。地球が回って見る位置が変わる。月が回って、太陽の光が当たる位置が変わるから。

→月は回っているから、日によって見える部分が違うから。

児童⑬太陽の光が月に当たって、月は動いて日によって変わるので形が変わる。

→太陽の光が月に当たって、月は動いて日によって変わる。

児童⑭太陽の光が反射して、月の場所によって形が変わる。

→月が動いて月の形が日によって変わっている。また、満月から新月の方は地球が回って夜中に見える。

以上のように、事前の予想で言語化して記述できた児童は、56人中14人(25%)であった。この点については、時間の確保や文章として表現できるような具体的支援について、さらに考慮する必要がある。

また、14人中、6人(児童①②④⑤⑩⑬アンダーライン)は月の移動に言及している。ただし、これらの表現からだけでは、個々の児童が月の動きと月の満ち欠けをどのように関連づけて理解しようとしているかについては分からない。すでに1人の児童は月が地球の周りを回っていることを記述していた。

いずれにしても、これらの予想は、実際に自分の目で月を観察した経験から、月の形が変わる原因として、どのようなものが考えられるかを児童は指摘している。

図9のモデル実験を演示実験として行った後で、同じ問いにもう一度答えた際には、「位置」というキーワードを用いて、太陽、地球、月の位置関係に言及している児童が14人中7人確認された(児童①②③④⑤⑧⑩の点線)。

このことは、モデル実験のように懐中電灯(太陽)、ボール(月)、観察者(地球)をモデル化した実験から、月の満ち欠けがそれぞれの位置関係の変化によって生じることを自ら導き出す論理展開には、問題がないことが示唆される。問題は、このような論理展開によって、位置関係の考えを導き出した児童は、56人中7人(12.5%)であり、87.5%の児童は何らかの理由で、限られた時間内では、言語化して記述することができなかった点である。

視点移動を伴う太陽、地球、月の位置関係とそれに対する月の形の理解については、月の満ち欠け体験モデルを使用して体験的に確認することによって、期待通り月の満ち欠けの理由を整理できたのではないかと考えている。このことに関する具体的な根拠(授業内容に対する児童の理解度)は、後述する授業後の調査

結果によって判断した。

3-4 授業の前後での調査結果

指導方法の評価のために児童に対して次のような調査を授業の前後で行った。各問に対して「正しい」、「正しくない」、「分からない」から選択して答える形式のものと記述式で答えるものを合わせて、授業前に10項目、授業後に12項目について調査した。

《授業前後における調査項目》

問①太陽は自ら光っている。

問②月は太陽に照らされて、光っているように見える。

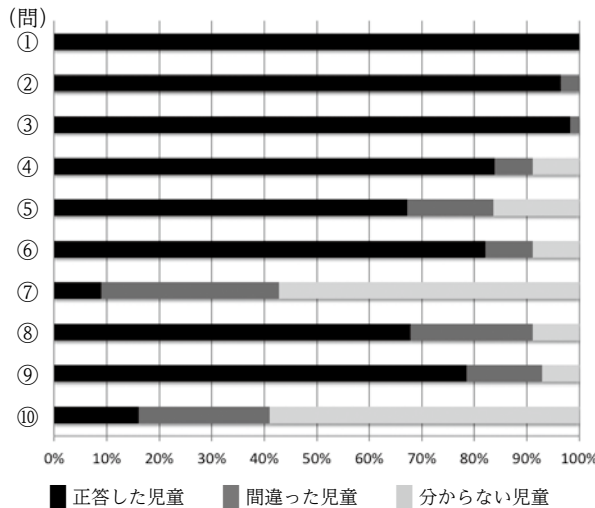


図10 授業前の理解度 (問①~⑩)

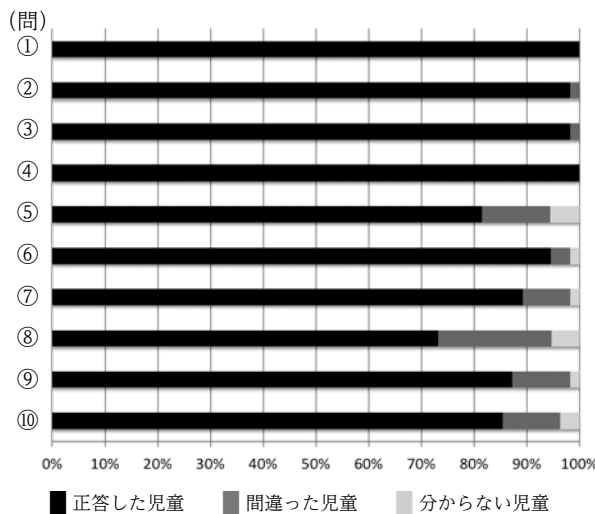


図11 授業後の理解度 (問①~⑩)

問③太陽も月も、ボールのような球形をしている。

問④月は太陽に照らされて明るくひかり、照らされていない面は暗い。

問⑤地球は太陽に照らされて明るくひかり、照らされていない面は暗い。

問⑥月は地球のまわりを回っている。

問⑦月は地球のまわりを1周するのにどれだけかかりますか。(記述)

問⑧月の形は1日のうちでも、違って見える。

問⑨太陽も月も、東の空からのぼり、南の空を通過して、西の空にしずむ。

問⑩月の形が、日によって変わって見えるのはなぜですか。(記述)

問⑦の「月は地球のまわりを1周するのにどれだけかかりますか(記述)」については、事前の段階で知っている児童は56人中5人(8.9%)であったが、授業後は50人(89.3%)の児童が正答している。また問⑩の「月の形が、日によって変わって見えるのはなぜですか。(記述)」については、事前に理解している児童が9人(16.1%)いたが、授業後では47人(83.9%)の児童が正答を記述できた。しかし、授業後でも9人(16.1%)の児童が正答を記述できなかったことから、このことに対する説明が十分でなかったことが明らかとなった。

《授業後における理解度》

授業後において、月の満ち欠けに関する理解度を把握するために、上記問①~⑩の項目に加えて次のよう

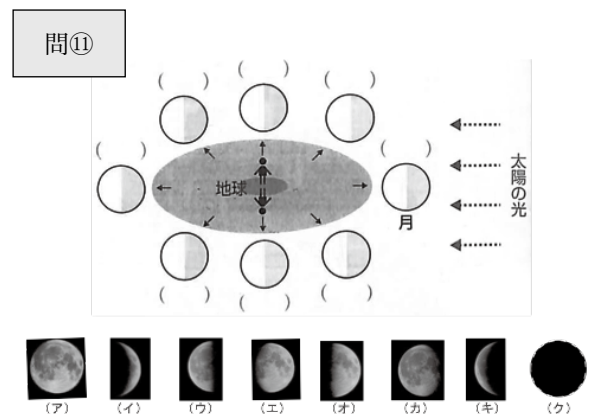


図12 月の位置から月の形を問う問題 (図: 川上純朗ほか7名, 2016; 写真: 毛利衛ほか32名, 2014)

な問⑩(図12)と問⑪(図13)を実施した。

問⑩は、地球からみた月の満ち欠けを問う問題で、様々な月の位置において観察される月の形を問う問題で、問⑪は、下弦の月が真南に見えるときの太陽の位置とその時間帯を問う問題である。

問⑩は、太陽の光の向きと月の位置から月の形を判断することが求められている。問⑩のすべての月の形を正解した児童は55名中(1名欠席)49名(89.1%)、正解しなかった児童6人のうち、2名は新月から満月までの満ち欠けについては理解していたが、満月から次の新月までの満ち欠けを理解しておらず、残りの3名は分からないと回答している(1名は無記入)。

また、問⑪は、図13を見て(1)下弦の月が、図のように真南に見えたときの太陽の位置を图中的(ア)～(エ)から選択させる問題である。この問では、66.1%の児童が正答した。さらに、(2)このときの時間帯を「早朝」「真昼」「夕方」「夜」のうちから選択させる問題では、39.3%の児童が「早朝」と正答し、37.5%の児童が「夜」と答えた。

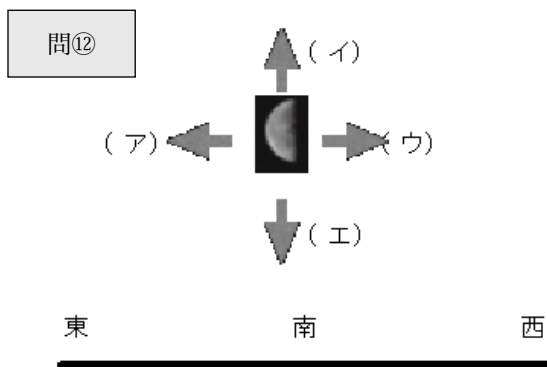


図13 月の形と位置から太陽の位置を問う問題
(写真は毛利衛ほか32名, 2014)

3-5 評価問題による理解度の把握

授業終了後、児童の理解度を調査するために、前述の問⑩～⑪の問題とは別に、学校教材の問題(日本標準「理科Aテスト」6年)を用いて調査した。その結果は以下の通りである。

(1) 月の形の名前(三日月, 半月, 満月)とそれらの月の見える順番を問う問題

図14の月から、それぞれの月の名前を問う問題に対しては、96.4%の児童が正答しており、また、新月

の後、月の形がどの順番で変わって見えるかを正答できた児童は92.9%であった。



図14 月の形の名称と出現する順番(日本標準)

(2) 太陽の位置を問う問題

次図15のAとBについて、それぞれ太陽が存在する方向を問う問題では、Aについては92.9%、Bについては96.4%の児童が正答している。前述の問⑪の正答率66.1%と今回のAの正答率92.9%との大きな違いの原因は分からない。しかし、図13(問⑪)の図が抽象的であったのに対して、図15の図は具体的であったことが影響しているかも知れない。

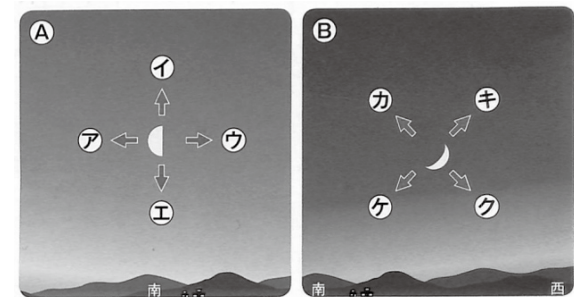


図15 月の形から太陽の位置を考える(日本標準)

(3) モデル実験から月の形を問う問題

ボールを月に見立てた実験(図16)において、ボールと懐中電灯の位置関係から、月の形から月の位置を類推する問題では、半月は98.2%、三日月は92.9%、新月は96.4%、満月は96.4%の正答率で、半月についての正答率が最も高かった。

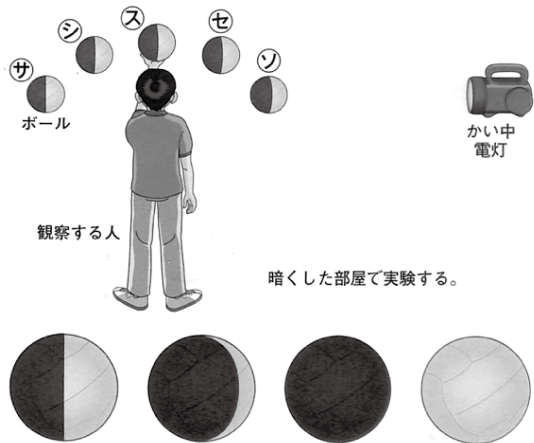


図16 ボールと懐中電灯によるモデル実験 (日本標準)

(4) ある特定の位置の月の形を問う問題

次の図17のように日没時に図中の(?)の位置に月が見えるとき、どのような形に見えるかを問う問題では、80.4%の児童が正答している。

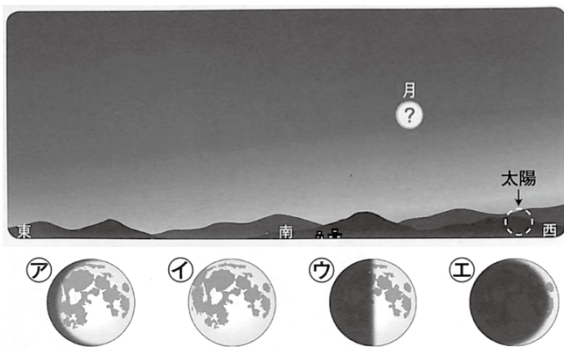


図17 日没時の月の位置からその形を考える問題 (日本標準)

(5) 太陽と月の位置関係から月の形を問う問題

太陽の光と月の位置関係から月の形を考える問題は、以下の問題(図18)で調査した。Aについては91.1%、Bについては94.6%の児童がそれぞれ正答している。

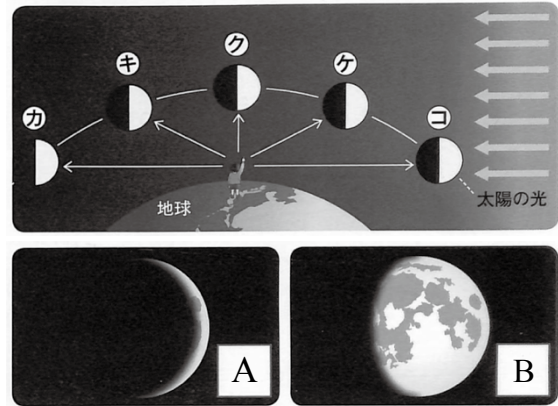


図18 太陽と月の位置関係から月の形を問う問題 (日本標準)

4 考察

4-1 教科書の図に準拠するモデル教材の評価

月の満ち欠けを説明するために今回作製したモデル教材は、教科書の図に準拠したものになっている。しかし、当初から準拠したモデルを作製しようとしたのではなく、結果的に準拠したモデルとなったものである。すなわち、月の満ち欠けを説明するために分かりやすいモデルを試行錯誤しながら、いくつかのモデルを作製していった結果、最も分かりやすいモデルが教科書の図にあるものをモデル化したものであった。そして、教科書で月の満ち欠けを説明している図をモデル化することによって、さらに教育効果が高まることにも期待した。授業後の評価テストの「月の形が太陽と月の位置関係によって変わる」ことに関する問題である図12や図14結果は、90%程度の正答率を示している。これらのことから、今回用いたモデル教材は、前述の期待にほぼ応えているのではないかと考えている。

4-2 授業実践の評価

授業前後における同一問題による調査(調査対象56名)から、問⑦「月は地球のまわりを1周するのにどれだけかかりますか」に関しては、事前に知っていた児童が5名(8.9%)で、授業後には50名(89.3%)が正答した。問⑩「月の形が、日によって変わって見えるのはなぜですか」は、今回の授業のねらいに関わる問いであるが、事前に知っていた児童は9名(16.1%)で、授業後には47人(83.9%)の児童が正答している。

これらのことは今回の授業によって一定の児童の理解が得られたものと考えられる。

また、問④「月は太陽に照らされて明るくひかり、照らされていない面は暗い」については、授業後の調査では、100%の児童が正答しているにも関わらず、問⑤「地球は太陽に照らされて明るくひかり、照らされていない面は暗い」について正答した児童は、授業前の66.1%からは増加しているものの78.6%にとどまっている。地球上にいて夜を経験していながら、照らされていない面が暗いことと結びついていないことが推察されるため、地球についても太陽の光が当たっていないところは暗くなり、すなわちそれが夜の時間帯になることを、強調すべきであった。

さらに、問⑧「月の形は一日のうちでも、違って見える」については、授業後でも正答した児童は、73.2%であった。このことから、児童は一日のうちに複数回、月を観察したり、継続して観察したりする機会が十分ではないことが推察される。また、今回の授業では、月の日周運動が地球の自転であることについては触れていないため、月の位置が時間とともに変わっていることは知っているものの、位置が変わる理由や月の位置が変わることと月の形についての関係については、理解が深まっていないことも窺える。

以上のように課題も見られるが、今回の授業のねらいである月の満ち欠けについては、太陽、月、地球の位置関係が変わることによって生じることを、83.9%の児童は指摘することができている。

4-3 視点移動の問題に関して、新月から満月までの約2週間の満ち欠けと、満月から次の新月までの約2週間の満ち欠けとの理解には、ギャップがある

新月から上弦の月を経て満月までの約2週間の満ち欠けは、それぞれの月の位置と形や見える順番をほぼ全員が理解していた。しかし、満月から下弦の月を経て次の新月までの正答率は当初、約50%であった（授業中に挙手によって理解度を把握したものであるためおおよその割合である）。その後、月の満ち欠け体験モデルによって、地球からの視点で模擬体験することによって、満月から次の新月までの満ち欠けについても多くの児童は理解したものと考えられる。すなわち、

月の形（照らされている部分）が新月から満月までの2週間とは、左右が逆転することを体験的に理解できるようになる。

図1や図12の太陽、地球、月の位置関係を俯瞰した図は、新月から上弦の月を経て満月までと、満月から下弦の月を経て次の新月までとの間で、混乱が生じやすい。すなわち、説明図を同じ側（太陽の光を右側）にしたまま考えると、新月から満月までと、満月から次の新月までの月の形において、観察者にとって東西方向で逆転が生じる（新月から満月までは月の右側が照らされていて、満月から次の新月までは月の左側が照らされているにも関わらず、図の上では、月の右側が照らされる位置関係になってしまうためである）。

このような混乱を解消するためにも、今回用いた体験的なモデルは有効であったと示唆される。児童の視点移動を支援し、月の輝く面（方向）を確認しやすくし、その結果として月の形と太陽の位置関係を正しく理解しているものと考えられる。

4-4 月の満ち欠けの理解に関する男女差

今回の実践では月の満ち欠けの理解における明確な男女差は確認できなかったが、土田・小林（1986）は、月の満ち欠けに対する理解について、男女差が存在することを指摘している。

これに対して、金子・津田・片平・芦田（2010）は、中学生や高校生を対象とした調査を行い、男女差が指摘されている空間認知に関して、適切な図（教材）を用いることによってその男女差が見られなくなることを示している。

このことは、適切な教材を用いることや指導方法の改善によって、男女差の問題に限らず、月の満ち欠けの正しい理解そのものをより多くの児童にもたらしることができることを示唆している。

4-5 空間認識に関する発達段階に応じた適切な指導によって視点移動能力を涵養する

月の満ち欠けの学習に限らず、自然事象を観察する場合、観察の視点は大変重要である。空間認識に関して松森（1983）は、視点移動について類型化し、理科における児童の方向認識能力について考察している。

さらに、国外における空間認識における視点移動の取り扱いとも比較し、当時の日本における系統的な方向学習の欠如を指摘している。

太陽・月・星の動き、日周運動と地球の自転、年周運動と地球の公転、月の満ち欠けと月の公転など、天体に関する系統的な学習は、空間認識能力を育成する観点からも重要な分野であると考えられる。

これらの学習内容について現在の教育課程では、小学校第3学年で太陽の動き、第4学年で月と星の動き、第6学年で月の満ち欠け、中学校第3学年で天体の動き(日周運動、年周運動)と地球の自転・公転等をそれぞれ学習することになっている(文部科学省2008a,b)。

特に、月の満ち欠けの扱い方について小学校においては、「地球から見た太陽と月の位置関係で扱うものとする」と限定されている。そして、「観察者の視点(位置)を移動させ、太陽、月、地球を俯瞰するような視点から考えさせることが大切である」というとらえ方は、中学校第3学年まで待たなければならないのが現状である。

しかし、今回の実践は、適切なモデルを使用することによって、小学校第6学年においても視点を移動させ、太陽・月・地球を俯瞰するような視点から考えさせることが可能であることを示唆している。

これまででも、松森・西山(1993)は小学校第5学年の児童を対象に、直径1mの透明半球を用いて、視点移動能力を調査し、その結果に基づいて透明半球を用いた学習の改善点に言及している。

夜の天気さえよければ、月の満ち欠けは約29.5日の周期で観察することができる。理科の授業で学習したことについて日常的に関心をもち、自主的に月の満ち欠けを観察するようになれば、その理解は確実に定着する方向に向かうことが期待される。

4-6 指導が難しいとされる天文分野には適切なモデル教材が有効

月の満ち欠けなどの天文分野の指導に困難を感じるという調査結果は、これまでに複数報告されている。例えば、教員志望の学生に対する調査としては、天文分野の知識や自信の低さに関する調査報告(松森、

2005; 中村, 2008; 下井倉, 2014)があり、また小学校教員に対する意識調査として、天文分野の指導が難しいとする調査報告(田口・川村・上田, 2012; 山本, 2015)などがある。

これら指導が難しいとされる原因は様々であることが推察されるが、児童にとって分かりやすい適切なモデル教材を使用することが、解決策の一つになると期待される。

5 まとめ

小学生を対象とする月の満ち欠けの指導において、視点移動を伴う天体の位置関係の理解が十分に可能であることが示唆され、今後、小学校から中学校にかけて、空間認識における視点移動の取り扱いを系統的に教育課程に組み込むことによって、さらに充実した教育活動となることが期待される。

謝辞

授業実践に当たり、仁愛大学の研究協力校である福井県越前市北日野小学校の白崎美香里先生、箱崎緑先生、山本一美先生ならびに6年生の皆様にも多大なるご協力を賜りました。心より感謝申し上げます。

引用文献

学習指導要領データベース

<https://www.nier.go.jp/guideline/>

文部科学省(2008a)「小学校学習指導要領解説 理科編」大日本図書79-80.

文部科学省(2008b)「中学校学習指導要領解説 理科編」大日本図書102-107.

毛利衛・黒田玲子ほか32名(2014)「新編 新しい理科6年」東京書籍, 84-99.

益田裕充(2007)「学習指導要領への位置づけの変遷と子どもの空間認識に基づく発展的な学習内容の検討:「月が満ち欠けする理由」をめぐって」科学教育研究 31(1), 3-10.

桑原 淳, 遠西昭寿(2008)「学習指導要領の改訂に伴う地学領域の内容の変遷 —特に天文領域を中心として—」名古屋地学 70号, 1-8.

土田理, 小林学(1986)「児童・生徒の天文分野に於ける視点移動能力の発達過程と関係する基礎的研究」地学教育,

- 39 (5), 167-176.
- 岡田大爾 (2009)「児童・生徒の天文分野における空間認識に関する研究：1985年当時の視点移動能力について」地学教育 62 (3), 79-88.
- 宮脇亮介, 南部省吾 (1992)「月の満ち欠けについての子供の観念」地学教育第45巻 第6号 (通巻第221号) 219-226.
- 宮脇亮介, 吉村未希 (2009)「月の満ち欠けについての子供の概念-その後の展開」地学教育第62巻 第4号 (通巻第321号) 115-126.
- 木下邦太郎 (2012)「小学校理科における「月の満ち欠け」の位置づけと教材開発：球形水槽や大玉の教材化」帝京短期大学紀要 (17), 21-30, 2012 帝京短期大学
- 相場博明 (2015)「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, Vol. 56, No.2, 129-139.
- 栗原淳一, 益田裕充 (2011)「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.
- 栗原淳一, 益田裕充, 濤崎智佳, 小林辰至 (2016)「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：中学校第3学年「月の満ち欠け」と「金星の満ち欠け」の学習を事例として」日本理科教育学会理科教育学研究 57 (1), 19-34.
- 長谷川恭子, 吉田歩, 森藤義孝 (2015)「小学校における天動説の立場からの「月の満ち欠け」に関する授業の実践とその効果」日本科学教育学会研究会研究報告 Vol.30 No.2, 25-30.
- 鷺見陽紀, 川上紳一 (2013)「実感を伴った理解を目指した教材教具と指導計画の工夫 ～小学6年「月と太陽」における授業実践～」岐阜大学教育学部 研究報告 (自然科学) 第37巻, 25-34.
- 川上純朗ほか7名 (2016)「理科のワーク」福井県小学校教育研究会理科部会
日本標準「理科Aテスト 5. 太陽と月の形」
【写真・イラスト】アフロ, 長谷川盟, 涌田利之
- 金子ひとみ, 津田陽一郎, 片平克弘, 芦田実 (2010)「中学校理科「月の満ち欠け」の問題図の改善とその提示に関する研究」埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要 Vol.9, 1-10.
- 松森靖男 (1983)「児童・生徒の空間認識に関する考察 (III) -視点移動の類型化について-」『理科教育学会研究紀要』 Vol.24, No.2, 27-35.
- 松森靖夫, 西山修 (1993)「教授メディアとしての透明半球の認知状態について」地学教育第46巻第1号 (通巻第222号), 1-15.
- 松森靖夫 (2005)「我が国における天文教育の危機的状況—季節変化に対する小学校教員志望学生の認識状態とその変容に基づいて—」地学教育第58巻第4号 (通巻第297号), 113-132.
- 中村文隆 (2008)「日本の初等中等教育課程における天文教育の現状調査」新潟大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要 教育実践総合研究 第7号, 69-79.
- 下井倉ともみ (2014)「理科を専攻としない学生を対象とした「小学校理科を教える自信」に関する調査—理科内容科学の視点から—」科学教育研究 38 (4), 238-247.
- 田口瑞穂・川村教一・上田晴彦 (2012)「小学校理科における天体観察学習指導の問題点—秋田県内の教員向けアンケート調査より—」秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要 第34号, 45-55.
- 山本剛 (2015) 小学校教員の理科教育に関する意識について—小学校教員の理科教育に関するアンケート調査の結果から— 「平成26年度研究紀要・研究」第22号 奈良県立教育研究所集録.

