

「月の満ち欠け」の理解を助けるモデル実験器を用いた思考実験 — 小学校6年生の授業実践及び大学生・現場教師への指導を通じて —

Thought Experiment Using an Experimental Model Device to Facilitate the Understanding of “Moon Phases”

坂口 隆康* 橘 早苗**
Takayasu Sakaguchi Sanae Tachibana

抄録

小学校6年生は、「月と太陽」の単位の中で、月の満ち欠け現象について学習する。児童に月の位相変化や見える位置、時間等を理解させるには教師側の的確な手立てが必要となる。

最近の子どもたちは、月食、日食等の天文イベントはマスメディアを通じて整理された情報として触れることが多いが、彼らが日常生活の中で、月の満ち欠け現象を考えるようなことは殆どない。

加えて、小学校の教師の多くが地学的内容を十分に履修していないため天文領域の指導に対する苦手意識が強い傾向があり、これらの内容を小学生に理解させるには多くの指導上の課題がある。

そこで、筆者らはこれらの課題解決の方法として、観測者のおおよその位置や観測時間及びその時の月の満ち欠けの様子を理解できるモデル実験器を作成した。さらに、本実験器を用いた協同的な思考実験を授業に取り入れることにより月の満ち欠け現象の理解が深まるという仮説を立て、本研究を進めることにした。

本論では、月の満ち欠けを理解させるための教材・教具の工夫やそれを用いた授業づくりの研究結果について報告する。また、教材・教具の作成やその活用方法について、大学生を対象とした授業や現場教師を対象とした研修での成果についても報告したい。

Abstract

The sixth graders learn phenomenon of moon phases in the unit of "the moon and the sun". The teacher needs to implement a good method in order to facilitate students' understanding of phase variations, visible positions, and viewing times of the moon. Children nowadays often come in contact with astronomy events such as moon eclipse, or

* 関西国際大学教育学部 ** 三木市立緑が丘小学校

solar eclipse through the mass media. However, it is rare that they think about “moon phases” in everyday life. In addition, many elementary school teachers tend to feel inadequate to teach the domain of astronomy since they did not study the contents of earth science. Therefore, in order to solve these issues, the writer made an experimental model device wherein an observer can take note of his approximate position, observation time, and moon phases at the specific time. Furthermore, the writer hypothesized that the understanding of the moon phases will deepen by adopting this cooperative thought experiment with the use of the experimental device in the classroom and the writer has decided to go forward with this study under this hypothesis. In this paper, the writer will discuss ideas for teaching materials or teaching tools that will facilitate the understanding of the moon phases and also will report the results of implementing such devices in the classroom.

I はじめに

小学校理科の「B 生命・地球」に関する領域で宇宙に関する内容として、従来4年生で扱っていた「月と星」に加え、6年生で「月と太陽」が扱われることとなった。4年生の「月と星」では、観測地点を基準とした方位を確かめ、月と星が太陽と同じように地球の自転に伴い東から西へ時間とともに移動してすることに気付かせ、星や月の天球上での見かけの動きを理解させようとしている。また、6年生の「月と太陽」では、地球から見て、太陽に照らされている月の部分が輝いて見え、見る角度によって月の形が新月、三日月、上弦の月、満月と形を変えることについて学習する。

さらに、各教科書会社では、中学校での指導内容との関連で、月が見える時間や方位等について発展的に扱っている場合が多い。中学生でも難解なこれらの内容を理解させるには、月の公転に伴う地球及び太陽との位置関係からそれぞれの観測地点のおおよその時間とその時の月の形と位置を推察できるように導く必要がある。

小学校学習指導要領解説 - 理科編 - (2008) では、「地球の外から月や太陽を見る見方については中学校で扱うものとする」¹⁾と述べているが、地球の外へ視点移動したモデルを用いないかぎり、太陽、地球、月の相対的な動きから月の形や見える位置や時間を推察することは難しい。

このような複雑な動きや見え方を理解させ、視点移動による3次元的な概念把握を促すため「太陽系シミュレーションを利用した月の満ち欠け学習の実践と効果」久保田善彦他(2007)、「Web3Dと実物模型を併用した多視点型天文教材の開発」瀬戸崎典夫他(年度不明)等数多くの先行研究が行われている。これらの研究は、児童にとっても教師にとっても難解な天体の相対的な動きや視点を地球外の宇宙空間へ置き、地上から観察できるこれらの現象を天体の運動モデルによって考えさせ、理解させようとしている。また、コンピュータによるシミュレーションやWeb教材等を用いることによりこれらの天文現象を学ぶ工夫がされている。

しかし、児童が「月の満ち欠け現象」を理解するには、彼らの日常生活の中で観察できる月の形や見える時間帯及び方位について授業中の実験結果と結び付けながら、いろいろな月の見え方について「推論する力」を育てなければならない。また、これらの理解をもとに、潮の干満や月

食のような自然現象と関連付けながら「実感を伴った理解」を深める必要がある。

本研究は、まず平成21年度の2学期に視聴覚教材やWebカメラを用いた演示実験用の教具により、さまざまな月の形、見える方向・時間等についての理解を深めるための授業を行った。また、授業前と授業後の児童の理解の変容をつかむためのテストを行った。これらのテスト結果をSP法（佐藤，1985）により分析し、児童が理解しにくい内容を明らかにした。

さらに平成23年度は、平成21，22年度の研究成果を踏まえ、児童が理解しにくい内容についての理解促進のため、グループでの思考実験を想定したモデル実験器を制作し、それを用いた授業を橋が行い、坂口が授業前のアンケートと事前・事後のテスト結果について、t検定やアンケート結果との相関を調べる等の量的な分析を行った。

また、一連の自作実験器や視聴覚教材を用いた本学学生対象の授業や教員対象の実験研修等での成果を検証した。本論では、これらの研究成果及び課題を整理し、新たな指導方法・教具の開発について提案する。

II 平成21，22年度の研究

1. 授業の実施

平成21，22年度は小学校では新学習指導要領への移行年度であり、新たに6年生の「月と太陽」の単元で、月の満ち欠けの学習が詳しく扱われることになった。そこで、視聴覚教材やWebカメラを用いた演示実験用の教具を開発し、三木市立緑が丘小学校の理科専科教員である橋との共同研究により進めた。以下のような単元計画のもと授業及び事前・事後のテストの分析を行った。なお、平成22年度は同様な授業を行ったが、テストやアンケートは実施せず、主として新たな教具作成の準備期間としてあてた。

1.1 学習指導計画

平成21年度は三木市立緑が丘小学校6年生（57名）を対象とした授業実践である。以下のよう
な指導計画のもと「月と太陽」の単元を設定した。

単元導入	プレテスト 及び4年生既習事項の確認	―― 1時間
1次	月の大きさ、地球からの距離	―― 1時間
2次	月の形の変化（4年生の学習をもとに）	―― 1時間
3次	月の形の変化するわけ	―― 2時間
4次	月と太陽の表面の様子 ポストテスト	―― 2時間

兵庫県が行っている「理科おもしろ推進事業」の一環として、坂口が第3次の「月の形の変化するわけ」の出前授業を行った。

事前・事後テストは4年生の既習事項をもとに本単元で指導する内容等を勘案し、橋が作成・実施した。

また、授業前後の児童の理解度を分析するため、設問毎の解答結果をS-P表分析法（佐藤，1985）に



図1 出前授業の様子

よって分析した。

1.2 Web カメラ付モデル実験機の工夫

太陽と地球、月の相対的な位置関係の変化による月の満ち欠けの様子を再現するモデル実験機は、図2のように Buffalo-Skype 製の Web カメラを地球儀（100円ショップで購入）に取り付け自作した。

モデル実験機の製作で工夫したことは、①地球儀をカットし北半球部分に Web カメラを装着したこと、②太陽のモデルである電球からの光の減光と月にあたる角度の調整、③公転面に対する地軸の傾き、④月の回転部分の製作等であった。月の回転部分には釣り用同軸リールの廃品を利用し、ドリルで穴をあけ太い銅線を装着した。釣り用同軸リールの廃品を利用したことで回転がスムーズになった。



図2 Web カメラ付モデル実験機

太陽（電球）に照らされた月のモデル（発泡スチロール製）を映像としてパソコンに取り込み、月と太陽、地球との相対的な位置関係によって光って見える部分の変化（月の満ち欠け）の様子をプロジェクターで投影した。

授業では、プレゼンテーションスライドで十三夜、十五夜、十八夜の月を提示し、「地球から見たときの模様（クレーター等の見え方）の様子が月の形が変わっても変わらないのはなぜか」と問いかけた。普段良く見ている月でもその模様が変わらないことに気付いている児童は少なく、プレゼンテーションを見て「ほんまや！」と初めて気付く児童が大半であった。続いてその理由を考えさせるため実験Ⅰとして、月の形を印刷し頭にかぶるようにしたものを班毎に与え、見ている人（地球）から見た月の模様が変わらないのはなぜかを考えさせた。この操作的実験によって、月が地球を1回公転する時、月自体は1回自転していることを確かめた。この方法は、児童自身が月になってその動きを再現し、水平に上げた両腕の動き等から月の公転と自転による地球からの月の見え方を理解させるのに効果的であった。

実験Ⅱでは、Web カメラ付モデル実験機によって映し出される月の満ち欠けの様子を提示しながら、地球の北極上方から見た太陽、地球、月の相対的な位置関係から月の形について考えさせた。

1.3 事前・事後テスト

図6は事前・事後テストに用いた問題である。本テストは単元終了時を想定し、橋が作成した。テストの設問内容は4年時で扱った内容を用いた。

設問1は、形状的な知識を問う問題で、設問2から4は月の形の変化やそれぞれの呼び名や見える方角、時間等を問う問題である。太陽、地球、月の相対的な位置関係や見る場所のおおまかな時間のしくみについて理解できていたら正答できる内容であるが、この位置関係の理解と日常生活での経験が生かされる問題である。

「月の満ち欠け」の理解を助けるモデル実験器を用いた思考実験

第6学年理科「月と太陽」 事前・事後テスト () 組 () 番 ()

1 月について、次の(1)、(2)の説明の正しい方を○で囲みなさい。

(1) 月の直径は、地球の直径の(約2分の1 ・ 約4分の1)である。
 (2) 地球から見える月の表面のもようは(いつも同じ・月の形によって変わる)。
 (3) 月が輝いて見えるのは(月が光り輝いている・太陽の光を反射している)からである。

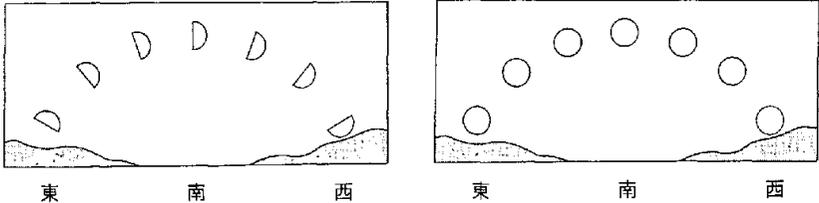
2 次の文は、月の形について書いてあります。()にあてはまる言葉を下の口の中から選んで、その記号で答えなさい。ただし、使わない言葉(記号)もあります。

(1) 月の形は毎日少しずつかわっていき、ほぼ(①)日でもとの形にもどります。
 (2) 新月から15日たつと(②)になり、この月を(③)といいます。
 (3) 上げんの月(半月)は、(④)南東の空に見え、(⑤)には南の空に移動します。
 (4) 満月は夕方(⑥)の空からのぼり、(⑦)に西の空にしずみます。
 (5) 新月から3日目のうすっぺらな月を(⑧)といいます。

ア 東、イ 西、ウ 南、エ 北、オ 満月、カ 上げんの月、キ 下げんの月、ク 3日月、ケ 20日
 コ 30日、サ 50日、シ 明け方、ス 午前9時ごろ、セ 午後3時ごろ、ソ 夕方、タ 真夜中、
 チ 右手、ツ 左手、テ 5日月

3 下の図は、ア:半月(7日月)とイ:満月(15日月)について、2時間ごとの位置をあらわしたものです。

ア:半月(7日月) イ:満月(15日月)



(1) 午後8時ごろに、南西の空に見えるのは、ア、イのどちらの月ですか。()
 (2) 午前0時ごろに、南の空に見えるのは、ア、イのどちらの月ですか。()
 (3) 日がしずむと、東の空からのぼってくる月は、ア、イのどちらですか。()
 (4) 正午ごろに、東の空からのぼってくる月は、ア、イのどちらですか。()
 (5) 右側がふくらんだ半月が見られてから1週間すぎると、どんな月が見られますか。次の中から選び、記号で答えましょう。()
 ①新月 ②三日月 ③満月 ④左側がふくらんだ半月

(6) 半月(左側が光っている月 22日月)は何時ごろに東の空に見え始めますか。()
 ①真夜中 ② 朝の3時ごろ ③ 夕方の6時ごろ ④ 朝の10時ごろ

4 右の図は月の動きをかいたものです。

(1) 図のA~Bの()の中に方位(東西南北)をかきましょう。
 (2) この月は、午前6時に(ア)の位置に見られました。どの月ですか。次の中から選び、記号で答えましょう。()
 ①三日月、②満月、③新月、④半月、⑤半月(22日月)
 (3) この月が見えてから、1週間後の月は、どんな月ですか。次の中から選び、記号で答えましょう。()
 ①三日月、②満月、③新月、④半月(7日月)、
 ⑤半月(22日月)

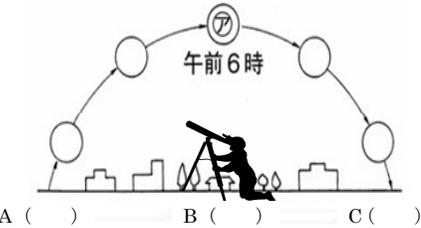


図6 事前・事後テスト問題(平成21年度は1が2問、2が7問計18問で実施)

1.4 事前・事後テスト結果の分析

事前・事後のテスト結果を処理・分析し、その結果をSP表として示したものが図7で、全体が大きくなるので一部を省略して示した。

佐藤によると、「生徒の解答パターンの注意係数(C.S)は各生徒の不注意度や学習不安定度を示しており、問題の注意係数(C.P)はその問題の適切性(不適切性)を示している」²⁾としてい

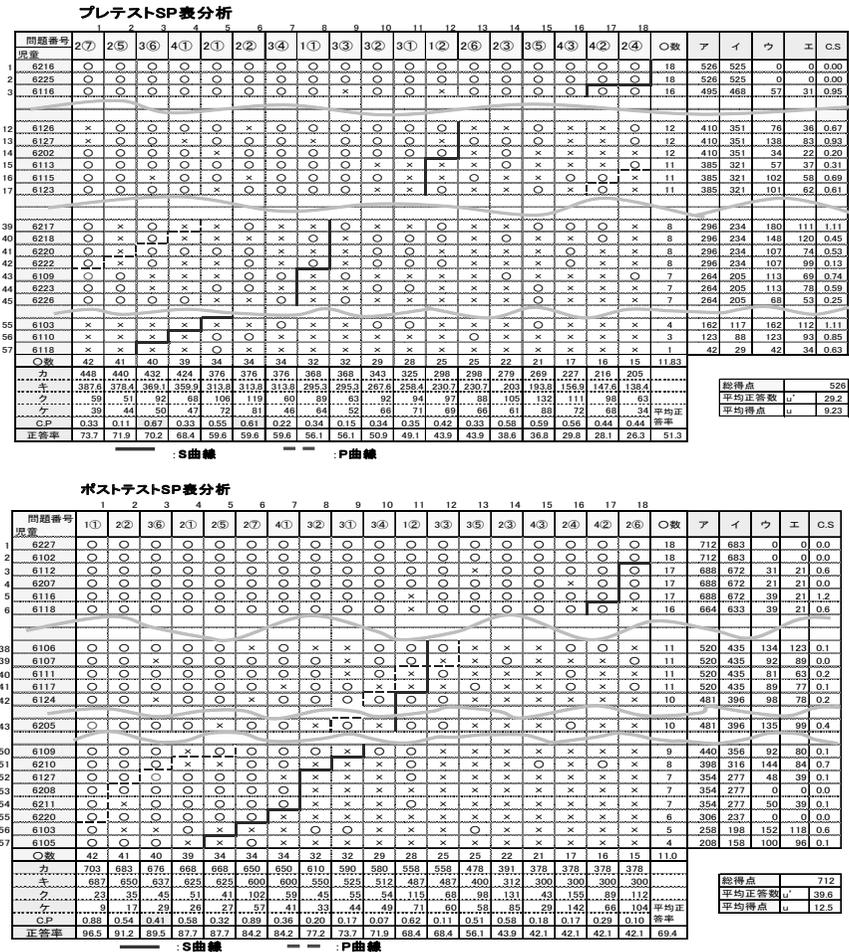


図7 事前・事後テストのSP表による分析

る。

平均正答率は、事前テストが51.3%で事後テストは69.4%となっており、図7のP曲線の変容からも指導効果は表れている。しかし、4の③、2の④、4の②のように日や時間の変化による月の形の変化や方角を問う問題は理解が十分でないことが明らかになった。また、2の⑦のように月齢の増した月の名称(三日月)を正しく答えていない児童に高得点の児童が多く、問題の注意係数(C.P)が高いのは、児童の日常生活の中で月の満ち欠け等の天文現象等とのかわりが薄くなっていることにも起因すると考えられる。

図8に示したP曲線は、問題別正答者数のグラフを逆さに見たものと同じであり、P曲線の左上の部分の面積が広がる程、各設問に対する正答率が高くなっており、理解も深まっていると言える。事前と事後テストの正答数は少し変わっており、P曲線の変容結果は必ずしも設問と一致していないが、ほぼ同様な位置にある。図8中の楕円で囲まれた部分の設問はさまざまな月の見える時間、方角等に関する内容であり、月、地球、太陽の相対的な動きに関する理解がまだ十分でないことを示している

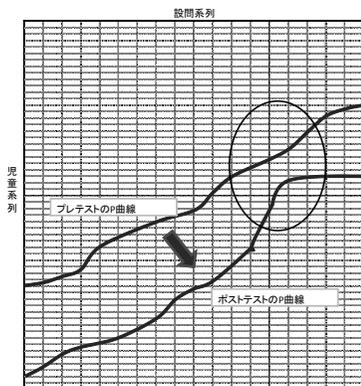


図8 P曲線の変容

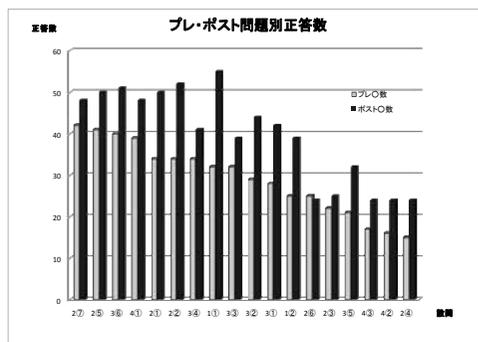


図9 プレ・ポストテストの問題別正答数

2. 平成21, 22年度のまとめと課題

図9によると、2の⑥の問題は、「満月が夕方東の空からのぼり、夜中に西の空に沈むことが理解できているかどうかの設問であるが、事後の方が悪い結果となっている。さまざまな教材を使い、考えさせることでむしろ混乱させている可能性も否めない。今回の授業を通じて、天動説的な概念理解しかできていない児童に対して月、地球、太陽の相対的な運動、月、地球の公転・自転も踏まえながら月の満ち欠けを理解させることの難しさを痛感した。これらの課題を解決するためには月の位相変化と観測地から見える位置、時間を一元的に理解させ、グループ毎に確認できる新たな教具の開発が必要であると考えた。

Ⅲ 平成23年度の研究

平成21, 22年度の課題に基づき、最初に教科書（啓林館 わくわく理科6年生）に示されている月に見立てたボールを太陽に見立てた電燈で照らし、ボールに光が当たった部分の見え方を記録する実験を行った。この実験結果の理解をさらに深めるため、図10・11のような「月の満ち欠け」モデル実験器を用いた思考実験による実験授業を行い、その成果を確かめるため平成21年度と同様に同じ設問で事前・事後のテストを実施した。加えてテスト結果との関係性を探るため天文学習に関するアンケートを実施した。

本学学生対象の授業の中でも同様な教材を用いての授業やテストを行い、授業づくりの工夫や留意点を考えさせた。さらに小・中学校の教師を対象とした実験講習会において、モデル実験器を用いた授業づくりの普及啓発をした。ここでは、児童を対象としたモデル実験器を用いた思考実験による理解促進のための研究成果と教員志望の学生への指導や現場教師の実験講習会との研修においても一定の成果が得られたので報告する。

1. 「月の満ち欠け」実験器の工夫

平成21, 22年度のまとめと課題で述べたように、月の位相変化と観測地から見える位置、時間を一元的に理解できる新たな教具として、「月の満ち欠け」モデル実験器を作製した。

この実験器とワークシートの課題をグループ内の協同学習により、教え合って学ばせることを

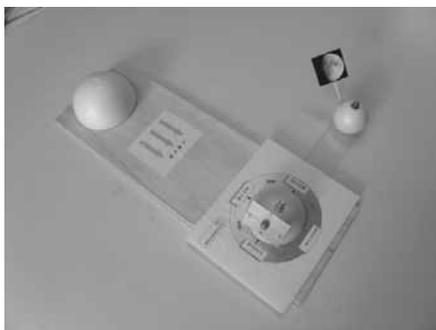


図10 「月の満ち欠け」実験器全体



図11 実験器の地球部分（観測地）

想定して作製した。

「月の満ち欠け」実験器を作製するにあたり、①思考実験での確かめが何回でも繰り返し行える実験器であること、②安価で制作できるように材料は百円ショップで購入できるものを基本とした。

図10のように太陽、地球、月のモデルはそれぞれの天体のモデルに合わせてピンク、水色、黄色の発泡スチロール球を用いた。このモデルは太陽と地球を固定し、月の動き（月の公転）による、形の変化とその時の月がおよそ何時頃に観測点で南中したか、東西の地平線上に見えるかを推察させる機能を持たせた。そのため、地球の北半球モデルに三木市付近を想定した地平線（大地）モデルをピンで止め、ピンを観察者に見立てた。

2. 授業の実施

2.1 実験授業及び事前・事後テスト実施対象児童

三木市立緑が丘小学校（6年生45人、2クラス）、

2.2 授業等の手順

授業は、平成21年度とほぼ同様な授業計画で橘が授業とアンケート及び事前・事後テストを担当した。アンケート及び事前・事後テストの分析は坂口が行った。

2.3 単元授業計画

単元導入	プレテスト・アンケート及び4年生既習事項の確認	―― 1時間
第1次	月の大きさ、地球からの距離	―― 1時間
第2次	月の形の変化（4年生の学習をもとに）	―― 1時間
第3次	月の形の変化するわけ	―― 2時間
第4次	月と太陽の表面の様子 ポストテスト	―― 2時間

2.4 授業時の様子から

導入と第1次で4年生での既習事項を復習した後、第2次で電球とボールを用いて、地球から見える月の形が変わる様子を考えさせた。このときは、見える方位や時刻は特にこだわらず、太陽の光が当たって光って見える部分の形だけを取り上げた。右半分が光って見える上弦の月につ

いてなど、子どもたちもおおよそ理解できているようであった。しかし、「何時頃にどの方位に見られるか。」という問いに戸惑っている様子であった。そこで、グループ毎に「月の満ち欠け実験器」を用意し、地球の自転や北半球にいる自分たちから見た方位がどのようになるかを確かめさせた。観測者の印（図11の緑色のピン）に自分がいることやその際の方位をつかむことで、見える月の形だけではなく、時刻や方位を結び付けて考えられるようになった。実験器を使いながらも理解に苦しんでいた女兒がいたが、同じグループの男児が丁寧に説明してくれたことで「やっとわかった」



図12 実験器を用いた思考実験

天体の学習に関するアンケート		出席番号()	氏名()
1	天文台や博物館でプラネタリウムを見たことがありますか。 ア よくある イ ある ウ ほとんどない エ まったくない		
2	望遠鏡や双眼鏡で星や月などを見たことがありますか。 ア よくある イ ある ウ ほとんどない エ まったくない		
3	家族で夜一緒に月や星座を見たことがありますか。 ア よくある イ ある ウ ほとんどない エ まったくない		
4	お父さん、お母さん、おじいちゃんなどから星座や星、月の話を聞いたり、話したりすることがありますか。 ア よくある イ ある ウ ほとんどない エ まったくない		
5	学校やキャンプ等で星座の観察や星の話を聞いたことがありますか。 ア よくある イ ある ウ ほとんどない エ まったくない		
6	宇宙や天体(星や月)興味がありますか。 ア 非常に興味がある。イ 興味がある ウ あまり興味がない エ 全くない		
7	惑星探査機「はやブサ」がある天体の岩石サンプルを持ち帰りました。なんという天体ですか。 ア 太陽 イ 月 ウ 火星 エ 小惑星(イトカワ)		
8	月はなぜ満ち欠けするのですか。そのわけを知っている範囲で書きましょう。 <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>		
9	緑が丘小の運動場に立ったとき、幼稚園やトロの森の方角は東西南北のどちらですか。 幼稚園 (東, 南, 北, 西), トロの森 (東, 南, 北, 西)		
10	海の満ち干 <small>みちひ</small> に大潮や小潮がありますが、満月の時は大潮ですか、小潮ですか。 ア 大潮 ウ 小潮		

図13 天体の学習に関するアンケート

とすっきりした表情になっていた。子どもたち同士で話し合いながら学習できたことも、互いの理解を深めることに効果があったのであろう。地球に対して月がこの位置になると…と順に時刻や方位を確かめ合いながら、見える月の形を考えることができた。

第4次では、月や太陽の様子を比べながらコンピュータや図鑑などを利用して調べ学習をさせ、まとめのテスト（プレテストに本単元での学習内容に関する問題を加えたポストテスト）を行った。

3. アンケート結果の分析

アンケートは単元導入時に「天体の学習に関するアンケート」(図13)として行った。設問からわかるように1問から6問にかけて、天文学習に対する経験や関心度を把握し、これらの要素と事前・事後テストの伸びや理解との相関について考察するために設定した。7問、8問は児童の理解度、9問は学校を基準とした方位に関する児童の理解を把握するための設問である。10問は理科の学習と実生活との関連性へつなげる設問である。表1に設問1～6のアンケート結果を集計したものを示した。また、設問8の回答の集約結果を表2に示した。

「月の公転により太陽から照らされて部分が変わるため地球から見た月の形が変化する」と答えているのは45名中10名で、4年生の既習事項である「太陽に照らされている部分が見える」と答えている児童6名であった。4年生での「月の動き」の学習を終えている児童であるが、現象面の理解はできていても「月の満ち欠け」現象のわけを理解している児童は少ない。

表1 設問1～6の回答数

設問 回答	1	2	3	4	5	6
ア	4	2	6	2	2	11
イ	39	19	27	11	30	13
ウ	2	12	10	24	9	16
エ	0	12	2	8	4	5
計	45	45	45	45	45	45

表2 設問8の集計

設問8に対する児童の回答	回答数
太陽に照らされている部分が変わるから	10名
太陽に照らされている部分が見える	6名
その他	3名
知らない	3名
無回答	23名
合計	45名

設問1や設問2で「イ ある」の回答数が多いのは学校やその他の社会教育等の活動機会に天体観測をしたことがあることを示している。一方、設問4のように家庭内で月や星についての話題についての設問の回答では「ウ ほとんどない」が多い。望遠鏡等を用いた観測の経験を問う設問2や天体現象等への興味を問う設問6は回答が分散している。

また、学校の運動場にたった時の方角を問う設問9では南、西が正確に答えられた児童は約半数の21名であった。さらに満月時の潮の様子を問う設問10では満月時は大潮であると回答した児童が33名おり、海の近くに生活していないにもかかわらず月の満ち欠けと潮の干満の関係について理解している児童が多い。

4. 事前・事後テスト結果とその分析

4.1 事前・事後テストの集計結果とアンケート結果との相関

本研究は「月の満ち欠け」実験器を用いた思考実験が児童の理解促進のための手法として有効

であることと、アンケート設問1～6の天文学習に対する経験や方位に関する理解度が事前・事後テストの伸びや事後テストの結果と関連性が高い」という仮説のもとに研究を進めることにした。

また、本学の初等理科教育法の受講生に対する授業の中でも、「月の満ち欠け」を授業づくりの方法と同様な事前・事後テストを行った。この際、「月の満ち欠け実験器」を用いた思考実験では、すでに理科Iの演習課題として同様な内容について履修済みの理科Iの受講生が他の学生の思考実験をサポートした。初等理科教育法の受講生にも小学生と同じ事前・事後テストを実施し、抽出データ（ランダムに抽出した30名の学生のデータ）を分析した。

表3は緑が丘小6年生及び本学教育学部3年生の事前・事後テストの正答数及び正答率をまとめたものである。概ね「月の満ち欠け実験器」を用いた思考実験の成果が表れている。特に設問1①の周期性や設問3(1)のように満月と下弦の月の見える時間、天球上の位置の理解はこの方法の効果が見えている。また、設問3(4)の正午に東の空から上がってくる月が下弦の月であるという理解は本教材を用いて思考実験をした成果が示されている。設問2(5)の上弦の月が夕方以南中する理解は小学生には完全に理解できていない。3次元の空間認識が十分に育っていないことがわかる。

設問2③の「新月から15日たつと満月になる」という月の満ち欠けの一般的な知識が本学の学生もわかっていない。

表4には、方位理解度と事後テストの得点及び伸びの相関を示した。当初方位理解度が高いと本内容の理解度も高いという仮説のもと研究を進めてきたが有意な相関は認められなかった。また、表5は「アンケート設問1～6の天文学習に対する経験度」と事後テストの得点及び伸びの相関を調べたが、ここにも有意な相関は見られなかった。これらから、方位の理解や家庭での天文現象等に関する肯定的な環境がこのような天文現象の理解の基本になるとの仮説は本調査からは導くことはできなかった。

表3 事前・事後テストの正答数及び正答率

対象	設問	1								2								3								4																																																							
		1	2	3	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8																																													
緑が丘小6年生(45名)	事前テスト正答数(人)	33	15	42	31	32	24	12	14	27	14	34	25	23	25	24	25	38	36	8	5	37	30	45	40	36	40	17	15	34	19	39	28	30	27	32	24	41	38	17	18	82.2	66.7	100.0	88.9	80.0	88.9	37.8	33.3	75.6	42.2	86.7	62.2	66.7	60.0	71.1	53.3	91.1	84.4	26.2	40.0																				
	正答率(%)	73.3	33.3	93.3	68.9	71.1	53.3	26.7	31.1	60.0	31.1	75.6	55.6	51.1	55.6	53.3	55.6	84.4	80.0	12.3	11.1	37	30	45	40	36	40	17	15	34	19	39	28	30	27	32	24	41	38	17	18	82.2	66.7	100.0	88.9	80.0	88.9	37.8	33.3	75.6	42.2	86.7	62.2	66.7	60.0	71.1	53.3	91.1	84.4	26.2	40.0																				
	事後テスト正答率(%)	82.2	66.7	100.0	88.9	80.0	88.9	37.8	33.3	75.6	42.2	86.7	62.2	66.7	60.0	71.1	53.3	91.1	84.4	26.2	40.0																																																												
本学教育学部学生(40名)	事前テスト正答数(人)	27	12	22	31	40	4	10	27	18	14	19	19	20	17	14	17	4	17	3	4	67.5	30	55	77.5	100	10	25	67.5	45	35	47.5	47.5	50	42.5	35	42.5	10	42.5	7.5	10	37	37	32	40	36	10	9	31	24	20	25	29	30	27	26	32	18	27	25	23	92.5	92.5	80	100	90	25	22.5	77.5	60	50	62.5	72.5	75	67.5	65	80	45	67.5	62.5	57.5
	正答率(%)	67.5	30	55	77.5	100	10	25	67.5	45	35	47.5	47.5	50	42.5	35	42.5	10	42.5	7.5	10	37	37	32	40	36	10	9	31	24	20	25	29	30	27	26	32	18	27	25	23	92.5	92.5	80	100	90	25	22.5	77.5	60	50	62.5	72.5	75	67.5	65	80	45	67.5	62.5	57.5																				
	事後テスト正答率(%)	92.5	92.5	80	100	90	25	22.5	77.5	60	50	62.5	72.5	75	67.5	65	80	45	67.5	62.5	57.5																																																												

表4 方位の理解と事後テスト及び伸びの相関

方位理解		ポスト	方位理解		伸び
方位理解	1		方位理解	1	
ポスト	-0.03708	1	伸び	-0.12148	1

表5 アンケート設問(1～6)の合計と事後テスト及び伸びの相関

合計		ポスト	合計		伸び
合計	1		合計	1	
post	0.086288	1	伸び	-0.05505	1

4.2 事前・事後テストの t 検定

緑が丘小6年生に対する事前・事後テスト結果をF-検定を行った結果、有意確率（両側）=0.7760>有意水準0.05となり、母分散に違いが認められないので、等分散を仮定したt検定の結果を採用した。

検定はExcelのアドインソフト（分析ツール）を用いた。有意確率（両側）=0.00022<有意水準0.05となり、事後テスト（Post）と事前テスト（Pre）には差が認められた。

t-検定: 等分散を仮定した2標本による検定

	Post	Pre
平均	13.4545	10.8444
分散	11.9281	10.8162
観測数	44	45
プールされた分散	11.36575	
仮説平均との差異	0	
自由度	87	
t	3.65171	
P(T<=t) 片側	0.00022	
t 境界値 片側	1.66256	
P(T<=t) 両側	0.00044	
t 境界値 両側	1.98761	

図13 緑が丘小6年生の t 検定結果

4.3 大学生の事前・事後テスト結果

本学の初等理科教育法の受講生に対して、小学校6年生の理科「月の満ち欠け」の授業づくりの基礎演習として、同様な教材・教具で講義と演習を行い、小学生と同じ事前・事後テストを実施した。

事前テストの結果からは一連の内容について忘れていたこともあるが、小・中段階で理解しないまま現在に至っていることがわかる。本モデル実験器を用いた授業を通じて初めて「月の位相変化と月の公転、地球からの見える時間等」が理解できた言う学生が多かった。総じて事後テストの結果は理解が進んでいることを示しているが、問2の3「上弦の月は、（午後3時）頃南東の空に見え、（夕方）には南の空に移動します。」という設問のように、時間変化に対する月の見える位置を等についての理解が悪い。このことから大学生の場合も実際の観察と思考実験による確かめの必要性を感じた。

月の位相変化の理解は、現場の教師も良く理解しないまま、授業をしていることが多く、児童の学びを深めることはできない場合が多い。小学校教員をめざす学生にはぜひ理解して欲しい内容である。

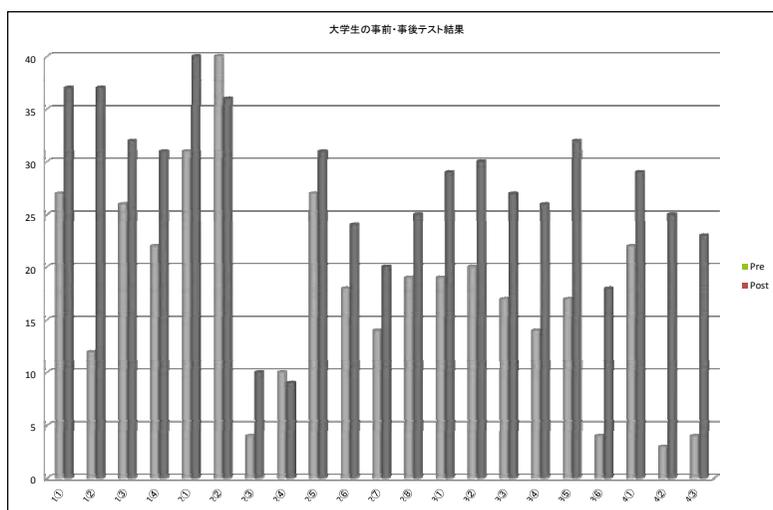


図14 本学教育学部学生の事前・事後テスト結果

5. 教員研修（実験講習）の成果

「月の満ち欠け」実験器作成による理科授業の啓発のため、平成23年度内に奈良県平群郡小学校理科研修部会、奈良県御所市理科研修部会、加東市教育研修所テーマ別研修会理科部会等で普及講習を行った。図15は平成23年8月加東市教育研究所での先生方の普及講習会の様子である。



図15 実験講習会の様子

実験器作成用のパーツを準備し、講習会の場で制作した実験器を用いて思考実験を行い、月の満ち欠けの指導方法の改善をねらった。

以下は、当日講習会に参加した教師の感想である。

- 月の満ち欠け実験器があるだけで、随分理解が進むと思われる。具体物の大切さを改めて感じた。
- 子どもたちの理解を促進させるために、写真を見せたり、模型を動かしたりするなど、教師としての姿勢を学ぶことができた。
- 創意工夫した子どもたちの目線にたった道具を用意することで、「わかった」と子どもたちが喜ぶ理科授業をめざしたい。
- 子どもたちが意欲を持って、授業に参加するような教具づくり、授業づくりに努力したい。
- このような工夫された教材を2学期に授業で活用したい。

IV 全体のまとめと課題

平成20年度小学校理科教育実態調査及び中学校理科実態調査に関する報告書（科学技術振興機構 理科教育支援センター）によると、「小学校担任教員は物理・化学分野の指導で理科専科教員よりも苦手意識が強く、また学級担任と理科専科のいずれも地学分野の指導に苦手意識が強いことが分かる」³⁾と報告している。小学校の担任教員の8割弱が大学で非理系の専攻であり、高等学校で物理、化学、地学を履修していない。指導する教師が小学校理科で取り扱う内容に関する深い理解がないと、児童のさまざまな疑問や学習の深まりに対応できない実態がある。とりわけ、新しい学習指導要領の理科の目標に掲げられた「実感を伴う理解を導く指導」は極めて重要な目標ではあるが、現場の教師にとっては高いハードルとなっているのではないかと推察する。特に小学校の教師にとって指導しにくいこれらの内容について、その指導方法や教材をより良いものに改善したり、効果的な教材を開発したりすることは重要な実践的研究となる。今回の改訂により、小学校理科の指導内容として追加された内容や誤概念に陥りやすい事象について、筆者らは、教材や指導方法を工夫・開発し、学習指導方法を改善・検討するために授業実践を行った。その結果多くの成果や課題が明らかになった。

「月と太陽」では、月の満ち欠けを継続的に観察することが難しいことに加え、視点移動を伴

う天体の相対的な運動を理解させる指導方法，教材作成が難しいと感じた。これらのことから，小学校で新しく追加されたこの単元においては「月の形や見え方」について十分な時間をかけて指導し，「月と太陽表面の違い」については太陽黒点やフレア現象等について詳しく学ぶ中学校の指導にまとめた方が良く考える。

今回の研究を通じて，私たちは，児童が「なるほど！」とうなずき，学習内容についての理解や体験を日常生活で応用し，さらに高次な理解につなげられるような授業づくり・教材づくりの可能性を再認識した。今後も，楽しい理科・おもしろい理科の授業づくりのための研究に力を注ぎたい。

【謝辞】

本研究の一部は平成21年度兵庫教育大学学内科研の研究助成により実施できた。また，授業に協力いただいた三木市立緑が丘小学校及び授業に参加してくれた同小学校の平成21年度～23年度の6年生児童にお礼を申し上げる。最後に本論文の英文表記上で貴重なご助言を賜った米国シアトル在住のアーク郁子氏には心からの感謝を申し上げ，謝辞としたい。

【引用文献】

- 1) 文部科学省 平成20年『小学校学習指導要領解説(理科編)』大日本図書，p.67，2008
- 2) 佐藤 隆博『S-P 表の作成と解釈』，明治図書，p.66，1985
- 3) (独) 科学技術振興機構 理科教育支援センター『平成20年度小学校理科教育実態調査及び中学校理科実態調査に関する報告書(改訂版)』，p.65，2008

【参考文献】

- (1) 佐藤 隆博 前掲
- (2) 久保田善彦・山下 淳・奥村信太郎・葛岡英明・加藤 浩「太陽系シミュレーションを利用した月の満ち欠け学習の実践と効果」『科学教育研究』，Vol.31，248-256，2007
- (3) 瀬戸崎典夫・森田裕介「Web3D と実物模型を併用した多視点型天体教材の開発」，出典不明
- (4) 涌井良幸・涌井貞美『Excel で学ぶ統計解析』，株式会社ナツメ社，2007