

# 観察・実験とシミュレーションの一元化を目指す6年理科「月と太陽」

石野昌太郎・松本 謙一

# 観察・実験とシミュレーションの一元化を目指す6年理科「月と太陽」

石野昌太郎\*・松本 謙一

Unification of Observation and a Simulation for Science "Moon and Sun" in 6th Grade.

Shotaro ISHINO, Ken-ichi MATSUMOTO

## 摘要

一般に行われている小学校第6学年理科「月と太陽」の学習指導過程に、子どもに発見させたい単元の本質を授業の始めで教えてしまっていることと、意欲も高めていない状況で長期的観察を子どもにさせようとしていることという2つの問題点を見だし、月と太陽の単元を扱う意義について再考した。そして、単元展開において子どもが問題意識をもつきっかけづくりとして、シミュレーションソフトを扱うことを提案し、授業実践を通して、その効果について検証した。

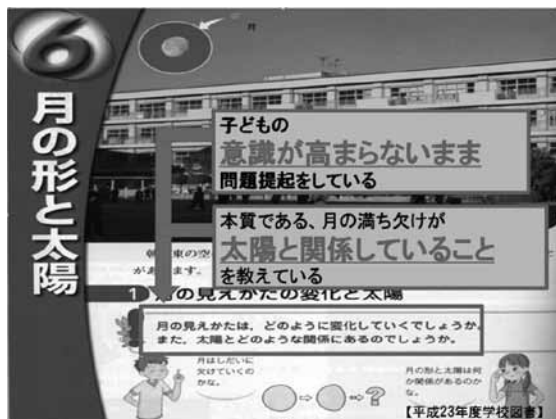
その結果、球としての月を認識させた後に、シミュレーションソフトを用いた学習過程を工夫することにより、子どもは月の形の見え方は太陽との位置が関係していることに気づくとともに、新たに問題を見だし、月の形の見え方と太陽の位置関係について問題解決的に取り組むことができた。

キーワード：シミュレーション、月、太陽、モデル実験、観察

Keywords : Simulation, Moon, Sun, Model experiment, Observation

## I. 研究の目的

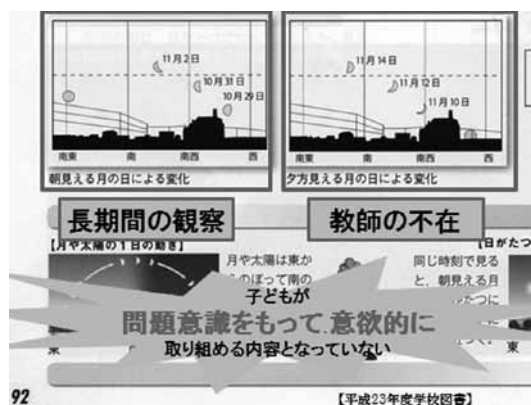
筆者らはまず、月と太陽の単元が教科書中でどのように扱われているかを検証した(学校図書<sup>(1)</sup>・東京書籍<sup>(2)</sup>・啓林館<sup>(3)</sup>)。すると、例えば平成22年度版学校図書(2010)では、単元の始まりに『月の見えかたは、どのように変化していくのでしょうか。また太陽とどのような関係にあるのでしょうか』と子どもに投げかけ、子どもの意欲が高まらないまま、単元の本質である月の形の見え方と太陽との関係性についてすでに教えてしまっていることが明らかとなった(図1)。



【図1 教科書中の本単元の扱いについて】

ここでは、4年生時に月の形の見え方は学習しているものの、子どもが問題意識をも高め意欲的に授業に取り組むことはできないのではないだろうか。

また、教科書中では朝と夕方に合計2週間の観察を行っている。この2週間の観察のうち、特に夕方は教師が不在中、子ども一人で観察を行わねばならず、継続的な観察を意欲的に行いにくいと考えられた(図2)。



【図2 教科書中の本単元の扱いについて2】

\* 射水市立小杉小学校

そこで筆者らはまず、教科書がなぜ始めに、そのような本質的な部分を教え、すぐに長期的な観察を子どもにさせようとしているのか、その要因について分析した。

その結果、要因の1つとして、たとえ朝と夕方に観察を行っても、子どもがなかなか月の満ち欠けが太陽と関係していることに気づけないということが考えられた。栗原（2009）<sup>(4)</sup>も本単元が抱える問題点に対して、『時間や天候の制約を受けるため、月や太陽を観察させにくい』、『地学分野は、天体や地層などが観察・実験の対象となるため、授業時間内で実施することが難しい』と指摘しているように、現実問題として授業時数の問題等から、朝と夕方の観察はそれぞれ1週間ほどしか時間を取ることができない。また、天候不良の可能性も含めると観察記録はとれても10日分ほどであろう。事実、白木（2010）<sup>(5)</sup>の実践においても、10日間の観察期間を用いているにも関わらず天候不順で4日分の観察記録しか得られていない。

これらのことから、限られたサンプル数で月の形の変化が太陽との位置関係に起因するものであると考えさせること自体に無理があると考えられる。

また、月の形の見え方について規則性を求めるために、子どもがもう一度夕方時に東の空に満月の月を見たいと思えば、約1ヶ月待たなければいけないのである。しかし、月と太陽の単元にのみ時間を長くかけることはできない。つまり、子どもが月の形の見え方の規則性を見つけるためには長期間の観察が必要であるが、教師としては他の単元との折り合いもつけなければいけないのである。教師側としては与えられた授業時数で単元をこなさなければいけないしやりもある。そこで、教科書においても上記の問題点を解決するために、苦肉の策として図1のような問いかけをしていると考えられる。

しかし、そのような問いかけは当然本質を見失った授業になる可能性が高いものであり、何よりも子どもの問題意識を奪ってしまう授業となる可能性も高い。

これに対して、筆者らは、学習過程の工夫と、シミュレーションソフトの活用でこれらの問題点を解決することができるのではないかと考えた。そこで、実際に行う「観察」と疑似体験である「シミュレーション」の一元化を目指し、子どもが問題意識をもって意欲的に学習できる単元展開を提案することを研究の目的とする。

## Ⅱ. 研究の概要

### 1. 研究内容

存在意義に合う単元展開を提案する。

- (1) 新教材・単元展開の開発を行う。
- (2) 単元を通して授業実践を行う。
- (3) 提案する学習過程の可能性と問題点を考察する。

### 2. 研究方法

- (1) 問題点を明らかにし、改善の方法を提案する。
- (2) 富山大学人間発達科学部附属小学校6年1組にて教科担任が実践を行う。授業は、石野と松本が参与観察しビデオに記録する。
- (3) ビデオ記録やワークシートの記述などから、提案した単元展開の可能性と問題点を考察する。

## Ⅲ. 研究の目的に迫る処方

まず、存在意義に合う新たな単元展開を提案する。

### 1. 今回提案する授業のポイント

今回筆者らは、以下のポイントを重視することで、上記の2つの問題点を解消できるのではないかと考えた。

- (1) シミュレーションソフトを子どもが問題意識をもつきっかけづくりとして活用し、また直接の観察日数を減らすことで、授業時数を従来の教科書指導書と同等の約8時間程度とすること。
  - (2) 一般的に行われる単元展開とは逆の順序で、まず始めに月が球の形をしていることを学び、その後月に月の形の見え方と太陽の位置関係について学習を進めていくこと。

### 2. 実践を可能にする手だて

以下に、上記で提案した実践を可能にする手だてについて説明する。

#### (1) シミュレーションソフトを用いること

まず、今回この授業を可能にする要素としてシミュレーションソフトの活用に着目した。以下に今回使用したシミュレーションソフトの概要と、ソフトの活用方法、ソフトを用いることのメリットについて説明する。

#### ① 今回の実践で使用した教材

【ソフト名】つるちゃんのプラネタリウム for windows  
【種類】フリーソフト

この教材はNHKの教育番組でもこのソフトが使用されたことがあり、ソフトウェアとしてのシミュレーションの内容の信頼性が高いと考えられる。

#### ② 今回使用するソフトの特徴について

今回使用したソフトウェアを選んだ理由として、インターフェースが簡略化されており子どもが操作しやすいという点が挙げられる（図3）。



【図3 ソフトを起動したときに表示される画面】

また、日時を西暦1900年1月1日から西暦2100年までの間であれば日時を自由に設定できること、ボタン一つでその日の日の出・日の入りの時刻に合わせることができること、観測地点を任意に設定できることが利点として挙げられる。また、表示される月の形も月齢に合わせて変化していく(図4)。

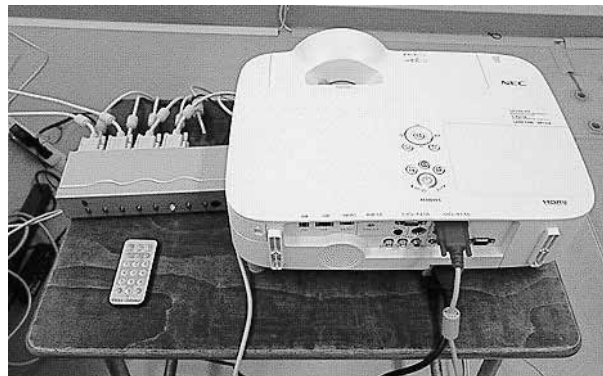


【図4 シミュレーション時に表示される画面】

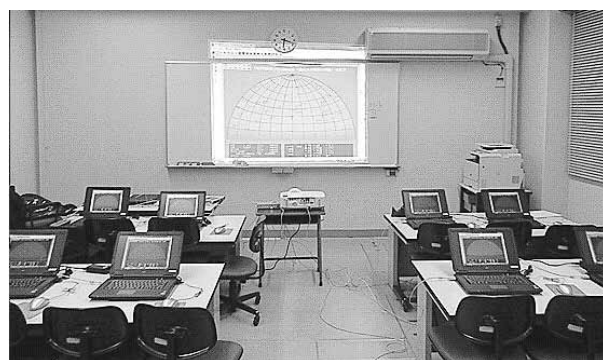
### ③ ソフトウェアの活用方法について

今回使用するソフトウェアを、子どもが月の形の見え方の規則性について問題意識をもつ場面に活用していく。

またモニタ分配機とプロジェクターをつなぎ(図5)、子どものモニタをホワイトボードに映せるようにしておく。そして、ホワイトボード上には模造紙が貼り付けられており、大判紙上に映し出された月をプロットできるようにしてある(図6)。

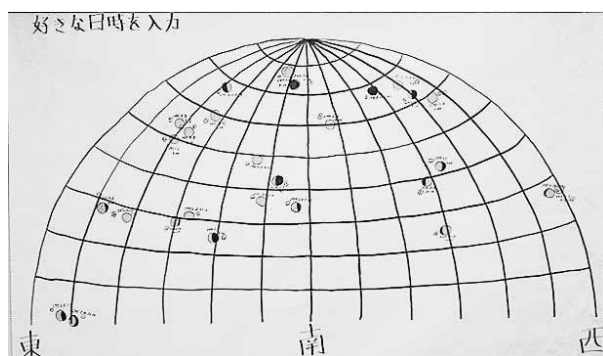


【図5 モニタ分配機(左)とプロジェクター(右)】

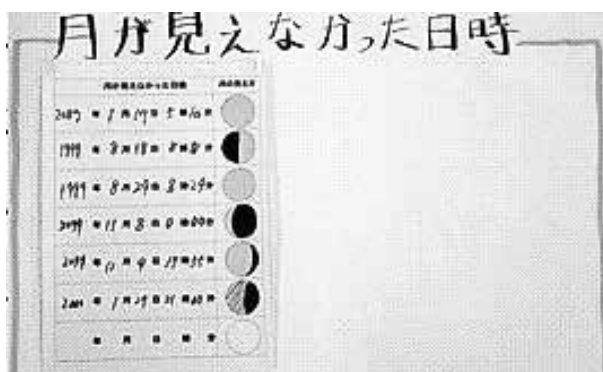


【図6 コンピュータ室の様子】

モニタ分配機には最大で8台までパソコンをつなぐことができるので、付属のリモコンを使いながら順次モニタを切り替えることが可能となり、効率良く月を大判紙にプロットしていくことができる。子どもたちはこれらの機械を用い、時刻を自由に入力してプロットしたり、時刻を日没に固定したりして月のプロットを行う(図7, 8)。



【図7 実際に月をプロットした大判紙の記録結果】



【図8 月が見えなかったときの記入欄】

#### ④ このソフトを使うことのメリットについて

##### ア 観察日数を必要最小限で抑えられることができる

従来の授業では、月の観察を行うことで、月の形の見え方の規則性を見いだしていたために連続した観察が必要となり、そのことを補うために先述の教科書<sup>(1)</sup>では朝夕で約2週間もの期間を必要としてきた。

しかし、2週間程度の観察では子どもが問題意識をもつには不十分であり、そのひずみとして、教科書中では授業の冒頭で月の形の見え方が太陽と関係していることを説明してしまっていることについては先ほど説明した。

今回の実践における月の観察の目的を以下に2つ示す。

- ・ 理科の基本である実物を見せるため。
- ・ シミュレーションソフトを用いる際に、シミュレーションソフトの信頼性を高めるために、観察結果をシミュレーション結果と対応させるため。

つまり、従来のように規則性を見つけるために観察を行うわけではないので、観察は必要最小限に抑えることができるのである。

##### イ シミュレーションソフトを、子どもが問題意識をもつきっかけづくりとして活用することができる

シミュレーションソフトを用いることで、様々な日の月の形の見え方をソフトウェア上で瞬時に観察することができる。そして、時刻を自由に入力してみたり、時刻を日の出や日の入りに固定したりすることで、月の形の見え方の規則性に気づくことができる。

シミュレーションを用いることによって、実際の観察に比べ月のサンプル数を大幅に増やすことができること、しかも同時に見ることができることの2つが最大のメリットである。

ところで、月の形の見え方の規則性に子どもが気づくためには何が必要だろうか。例えば、時刻を日没時に固定して月を観察するのであれば、満月は東よりの空に見えて、半月は南の空に見えて、三日月は西の空

に見えるという規則性を見つけ出すことが可能であろう。しかし、実際の観察において日没の時には満月は東の空にあるということを子どもが発見するためには、満月が東の空にあるという事実を少なくとも2回以上確認する必要がある。けれども、実際にそれを観察しようとする、前の月を観察してから約1ヶ月も待たなくてはならないのである。

しかし今回提案するシミュレーションソフトを用いた展開は、1ヶ月も待つ必要はなく、さまざまな日の日没時に、東の空に見える満月を大判紙上で比較しながら見るのできるのである。

そして、シミュレーションソフトを用いて時刻を自由に入力したとき（図9）、時刻を日没に固定したとき（図10）に現れる月の見え方の比較を行うことで、子どもは月の形の見え方の規則性に驚きをもちながら気づいていくと考えた。



【図9 時間を自由に入力したときに見える月の並び方】

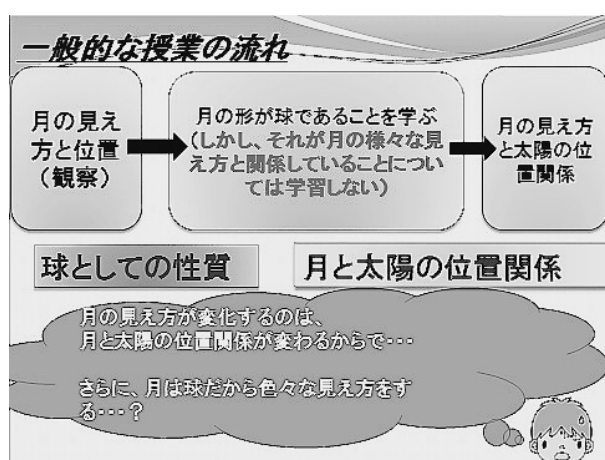


【図10 時間を日没に固定したときに見える月の並び方】

## (2) 授業の順序（球としての性質・月と太陽の位置関係）を一般的な授業と入れかえること

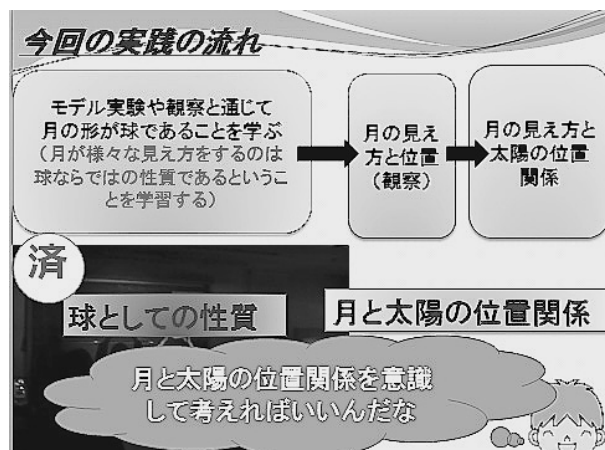
一般的な授業の流れでは、まずはじめに月の観察を行い、月と太陽の位置関係について学んだ後に、月が球であるということを学習する扱いが多い。しかも月が球であることを学ぶ際も「月が球であるということと、それが様々な月の見え方と関係している」ということと関連した学習はしない場合が多い。そして、単元の終末段階において、月の形の見え方と太陽の位置関係について学習していく。

このような単元展開では、単元の終末段階において、子どもは「球としての性質」そして「月と太陽の位置関係」を同時に考えねばならず、子どもの思考が非常に複雑になってしまうという問題点が考えられる（図11）。



【図11 子どもの思考が複雑になる一般的な授業の流れ】

しかし、今回の実践では、まずはじめに月が球であることを学習した後に単元の終末段階に向かっていく。すると、球としての性質はすでに学習済みなので、単元の後半でも子どもは月と太陽の位置関係のみに着目して考えればよく、子どもの思考がスムーズになると考えられる（図12）。



【図12 子どもの思考に沿った今回の実践の流れ】

## (3) 月が球であることを先に学習することの意味

本実践では、月が球であるということを先に学習すると述べた。そして、月が球であることを先に学習することで思考がスムーズになるとも述べた。このように、なぜ球であることを先に学習することで思考がスムーズになると考えられるかという、月が球であることを学習することが「月の満ち欠けの仕組み」に気づくための、下地になると考えたからである。

月の形の見え方が変化していくのは、月が球という物体の性質をもっているからである。小学校学習指導要領解説 理科編における『月の形の見え方は、太陽と月の位置関係によって変わる。』について子どもが科学的に学習していくためには、その球の性質について学習しておく必要がある。

つまり、「月の満ち欠けは太陽との位置関係によって変わる」という表面上の理解の背景には、「月は球の形をしており、球の形をしているからこそ太陽光の当たる角度によって、見え方が異なってくる」という科学的な裏付けが、子どもの思考段階において必要であると感じたからである。

## IV. 実践の概要

### 1. 小学校での授業実践

実施日：平成23年11月10日（木）～12月5日

（月）全8時間

対象：富山大学人間発達科学部附属小学校6年1組（40名）

授業者：理科専科教員（橋本大一郎教諭）

単元名：月と太陽

### 2. 単元の全体計画

全体計画について図13に示す。

第1次では、物質としての月の性質について学習した。ここでは、月は球であり、球であることによって、様々な月の形の見え方ができることを学習する。

第2次では、シミュレーションを用いた授業を行った。まず始めに時間を自由に入力させシミュレーションを行い、次に時刻を日没に固定しシミュレーションを行う。

### 3. 授業の実際

#### (1) 第1時：単元との出会い・課題提示

最初に、子どもに「月の形はどのような形をしていますか？」と問いかけた。すると、月は「丸い形」という言葉が返ってきた。そこで、「丸い」という言葉には「円」と「球」の意味が含まれるが、どちらの意味として使っているか聞くと、全員の子供が「球」の意味として使っていると答えた（写真1）。



【写真1 円と球のモデルを提示している場面】

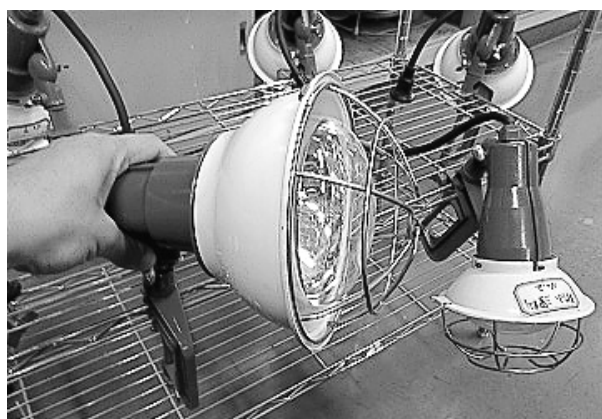
そして、教師が、楽曲中で「盆のような月が〜♪」と歌われていることや夜に月を見上げたときに平面的に見えることなど、具体例を提示しながら、月は円の形でもいいのではないかと揺さぶりをかけた。すると、子どもはなぜ月が球だと言い切れる理由を考え始めた。そこで、課題1「月が球である証拠を集めよう」を提示した。

子どもからは、「常識中の常識」という意見や「本やテレビでそう言っていた」という意見が出た。一方では、月が円であるならば、月の端には立てないという考えや、円では満月か新月しか見えず半月が見えないのではないかといった意見が出た。そして、モデル実験と月の観察の2つの方法で解決していく方向にまとまった。

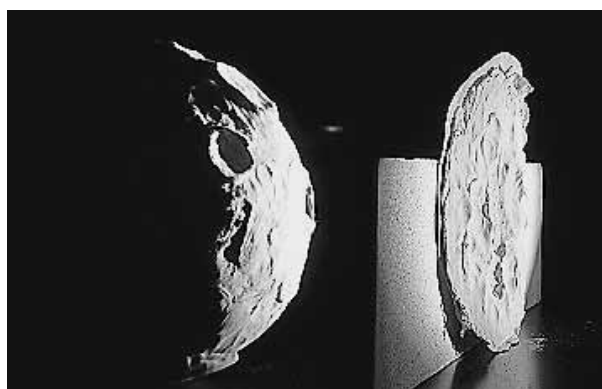
そこで、まず本時では円と球のモデルに、光源装置（写真2）を用いて光を当てて、それぞれがどのように見えるか確認することにした（写真3）。

そして、球のモデルでは満月や半月が見えたのに対し、円のモデルでは満月しか見ることができず、半月が見え

なかったことから、月が球の形をしている1つの証拠を確認した。



【写真2 今回使用した光源装置】



【写真3 円(右)と球(左)のモデルに光りを当てたときの様子  
(3時の方向から光りを当てている)】

# 単元の概要

## 学習活動の流れ(全8時間)

### ＜第1次:2時間＞

#### 共通課題1「月が球と分かる証拠を集めよう」

	導入・実験①(1h)	観察①②・話し合い①(1h)
学習内容	・光源装置を用いて円と球のモデルに光を当てて、それぞれのモデルの見え方を比べる	・天体望遠鏡を使って月を観察する ・月は円なのか球なのか、考えをまとめる
学びの意味	・光が当たったときの、円と球の見え方の性質の違いについて学習する (物理的意味をもつ学習)	

### ＜第2次:6時間＞

#### 共通課題2「月の形の見え方は太陽と関係しているのだろうか」

	シミュレーション①(1h)	シミュレーション②(1h) 話し合い②(1h)	シミュレーション③(1h) 話し合い③(1h)	実験②・まとめ(1h)
学習内容	・ソフトウェアを用いて様々な月を見る(時間を固定しない)	・ソフトウェアを用いて様々な月を見る(時間を日没に固定) ・2つの結果を比較し話し合いを行う	・ソフトウェアで、日の出や真夜中に固定して月の見え方を調べる	・月の形の見え方が変化する理由を理解する
学びの意味	・月の形の見え方が、月と太陽の位置関係によって変化することを学習する (地学的意味をもつ学習)			

【図13 単元の概要】



## (2) 第2時：話し合い①

月が球である証拠を集めるために、天体望遠鏡で月の表面を観察したいという意見を手がかりに、第2時に入るまでに朝の時間を使い下弦の月の観察を2回行った(写真4)。観察結果はワークシートに記入した。

天体望遠鏡を用いて月の表面の様子を観察したり(写真5)、月がどのような位置に見えたかワークシートに記入した。

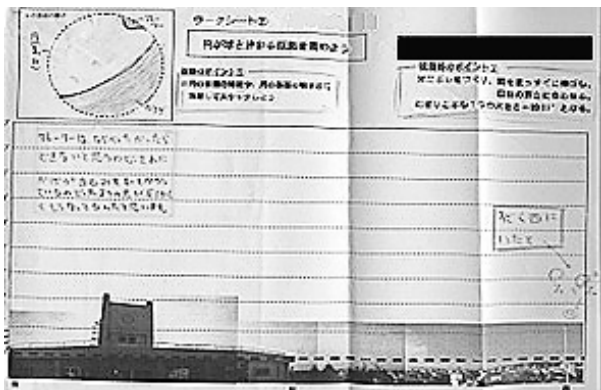


【写真4 天体望遠鏡で上限の月を観察した】



【写真5 天体望遠鏡で観察できた月表面の様子】

観察の工夫として、あらかじめワークシートにパノラマ写真を貼り付け、月の位置の把握を行いやすいようにしておいた(図14)。



【図14 観察に用いたワークシート】

また、観察地点のずれをなくすため、地面に目印を作り、その位置から観測させるようにした。

第2時ではモデル実験と観察結果から、月の形は円であるか球であるか、まとめを行った。月を観察した結果から、月のクレーターは正面から見ると円の形をしているのに、月の端にあるクレーターは楕円形のように見えることや、月の端の一部がクレーターによって盛り上がっていることなどを、月は球の形をしていることの証拠として挙げていった(写真6)。



【写真6 話し合いの様子】

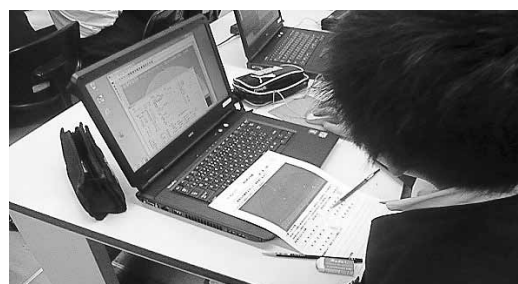
そして、月の形が球であるということを学習したところで、教師からシミュレーションソフトを初めて提示した。

シミュレーションソフトを使用することで、今まで観察した月がシミュレーションソフトでも再現できることを説明すると、子どもからはぜひ使ってみようという声があがった。

そこで、コンピューター室に移動しソフトの基本的な使い方を学習した。さらに、この時に2日分の観察結果とシミュレーションの結果を比較し、シミュレーションソフトの信頼性を確認した。

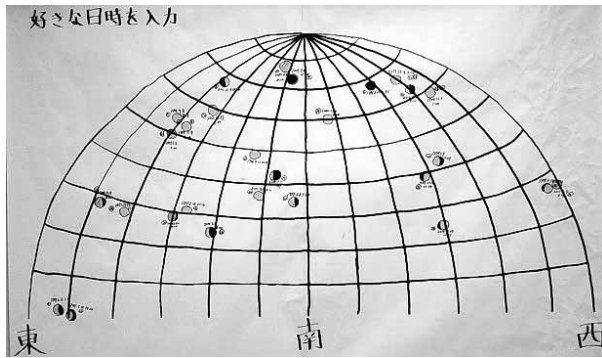
## (3) 第3時：シミュレーション①

シミュレーションソフトを使って、それぞれの子どもが入りたい日時を自由にいくつも入力し、シミュレーションを行った(写真7)。ホワイトボードに模造紙を貼り、その上にプロジェクターを用いて子どものモニターを映し、子どもがその上から月のプロットを行った(写真8)。



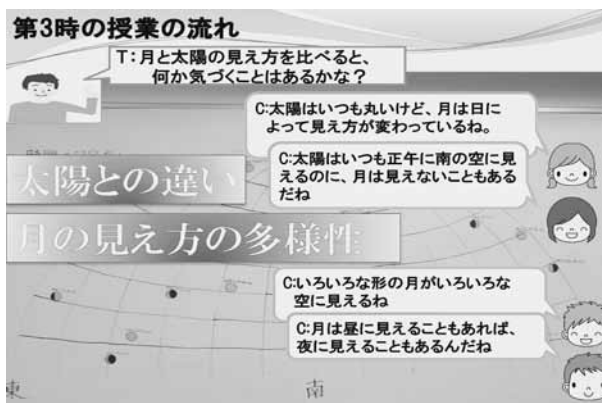
【写真7 シミュレーションソフトを活用している様子】





【写真8 時間を自由に入力して月をプロットした結果】

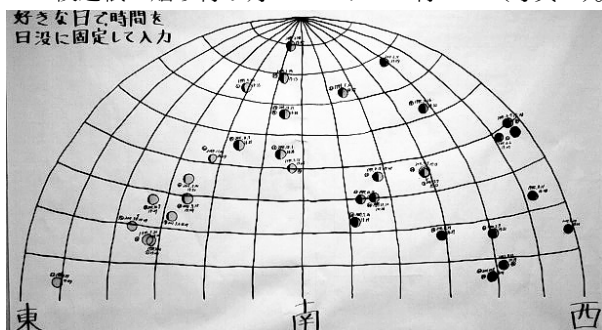
その後、教師から「月と、太陽の見え方を比べると何か気づくことはあるかな?」と問いかけた。すると子どもから「太陽はいつも丸いけど月は日によって見え方が違う」「太陽はいつも正午に南の空に見えるけど、月は見えないこともある。」また「いろいろな形の月がいろいろな空に見える、ということや、月は昼にも夜にも見えることがある」など、子どもは太陽との違い、そして、月の見え方の多様性について確認した(図15)。



【図15 月と太陽の動きの比較場面】

#### (4) 第4時：シミュレーション②

ここではまず、教師からの「今日は時刻を『日没』に固定してシミュレーションをしてみよう」という投げかけから始まった。子どもたちは、シミュレーションソフトを使って、時刻を日没に固定し、いくつもシミュレーションを行った。具体的には、前時と同様にホワイトボードに模造紙を貼り付け月のプロットを行った(写真9)。



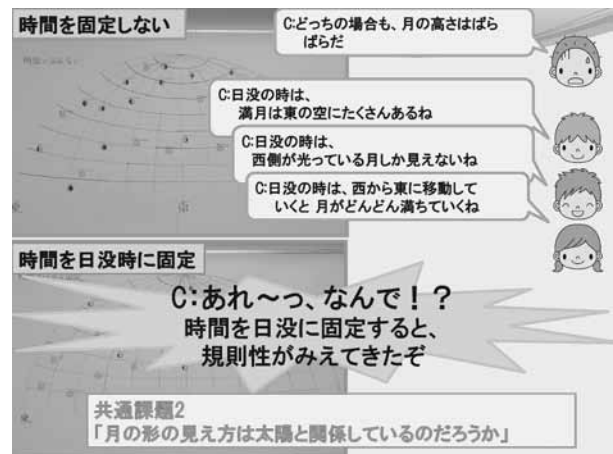
【写真9 時間を日没に固定して月をプロットした結果】

#### (5) 第5時：話し合い②

この時間では、シミュレーションソフトを使って得られた、自由に時間を入力した結果(前々時)と時間を日没に固定したときに得られた結果(前時)との比較を行った。

はじめに、2つの結果を見せどのようなことに気がついたかワークシートに記述をさせ、その後話し合いを行った。

その結果、子どものお大半が日没の場合に規則性が見られることに着目していた。子どもが気づいたこととして、日没の時は西側が輝いている月しか見えない、月は東から西に移動するにつれて欠けていっているなどの発言があった。ここで、課題2「月の見え方は太陽と関係しているのだろうか」を提示した(図16)。



【図16 子どもの問題意識を生まれる場面】

そして、今後どのようなことをしていきたいか子どもに意見を求めた。その結果、シミュレーションをもっと活用したい子ども、モデル実験を行いたい子どもなどがいた。

シミュレーションを使いたい子どもは「時間を日の入りにしたらどうなるのかな」「真夜中にしたらどうなるのかなど」などと考え、時刻を変えて固定し、そこでの月の見え方と位置の関係を調べていこうとする動きがうまれてきた。モデル実験の子どもは、日没の状況を再現し、シミュレーションと同様の結果が得られるか確認しようとしていた。

#### (6) 第6時：シミュレーション③

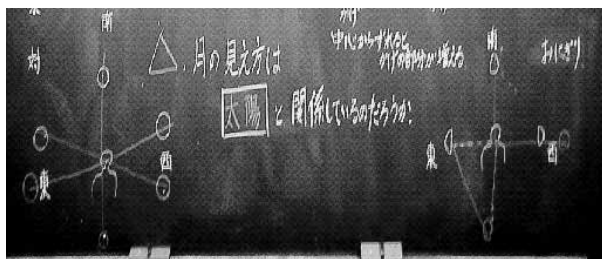
前時の話し合いより、シミュレーションを使って、真夜中や日の入りなど、日没と同様に太陽の位置を固定して、月がどのように見えるか各班ごとに条件を設定し確認した。

今回は2つのシミュレーションを行うので時間の都合上とソフトの使用に子どもが慣れてきたことを考慮して、模造紙にプロットは行わず、それぞれのワークシートにシミュレーションの結果を記録した。

### (7) 第7時：話し合い②

日の入りと真夜中のシミュレーションを行った結果を報告しあった。日の入りでは、満月が東の空に三日月が西の空に見えること、真夜中では満月は南の空に見えて東や西の空には、半月が見えることに子どもが気づいていった。

そして、この時に、日没・日の入り・真夜中の結果の比較から、満月は地球を中心として、太陽と地球と月が一直線になること、半月は太陽と地球と月が三角形の関係になることに気づいた(写真10)。そして、子どもは、月の形の見え方は太陽と関係していることに確信を持ち始めた。そして次時は、実際にモデル実験を行うと本当にそのように見えるのか確認することにした。



【写真10 話し合いの結果】

### (8) 第8時：モデル実験・まとめ

第8時ではモデル実験を行った。今回行った実験では子どもが月と太陽の位置関係を把握しやすいように、方角板を用いた(写真11)。

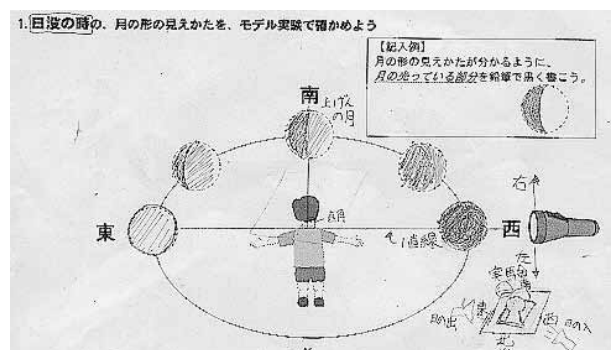


【写真11 今回の実践で用いた方角板】

そして太陽にみたてた光源装置を用いて、月にみたてたボールに光りを当てた(写真12)。シミュレーションを行ったときと同様に、満月では地球を中心として月と太陽が一直線になることや、半月では三角形の関係になることを確認した。そして、月の形の見え方は太陽との位置関係によるものであることを確認した(図17)。



【写真12 モデル実験の様子】



【図17 モデル実験用ワークシートから】

## V. 考察

ここでは、本実践を以下の4つに分類し、授業の考察を行っていく。そして最後に、単元全体について考察する。

- 1 必要最小限の観察時間で、月が球であることを学び、子どもが信頼感をもってシュミレーションソフトへ移行していく場面
- 2 子どもたちが追究したい問題意識を見いだしていく場面
- 3 子どもが先行経験を駆使して問題意識を解決していく場面
- 4 単元全体の流れから(全体を通しての考察)

### 1. 必要最小限の観察時間で、月が球であることを学び、子どもが信頼感をもってシュミレーションソフトへ移行していく場面

#### (1) 月が球であることを学ぶこと

本実践では、まず始めに月の形は円か球か問う所から始まった。第1時での「月はどのような形をしているか?」の問いに対し、40名中40名(100%)の子どもが

月の形は球であると答えたが、月の形が球である証拠まで答えられていたのは40名中15名（37%）であった。ここにまず一つ、「事実は知っているが理由は知らない」という子どもの実態が見えてくる。

そこで、円と球のモデルに光を当て、それぞれの見え方を比べる実験を行ったり、天体望遠鏡で月の表面の様子を観察したりすることで、第1次のまとめである第2時では、月が球である理由について、39名中39名の子どもがワークシートに記述することができた。

ここに、「事実は知っているが理由は知らない」という子どもの姿から「事実を知っており、理由も知っている」という姿への変化が伺える。

このことを第1次で扱っておくことで、3-(2)でも述べるように、月が球であるということを学ぶことが、『月の形の見え方は、太陽と月の位置関係によって変わる』という事実だけの理解に留まらず、「月の形は球であり、球形であるからこそ、太陽光の当たる角度によって様々な月の形の見え方がある」という科学的裏付けによる実感を持った理解につながる。

## (2) 月を「観察」から「シミュレーション」していくこと

今回は月の観察を2日間行っている。そして、シミュレーションソフトを子どもが信頼できるように、月の観察結果とシミュレーションの結果を比較した。

子どもは1日目の観察結果とシミュレーション結果との比較ではあまり驚きを示さなかった。しかし、2日目の月の動きをシミュレーションソフトで明日の月の位置と形を予測し、観察結果と同じようになったときは「すごい！」や「やっぱりね」などととても驚いた子どもがあちこちでみられた。

ここに、月の観察を1日だけでなく、2日にしたことの意味があると考えられる。つまり、月を1日観察しただけでは、それをシミュレーションと比較しても何も分かることはない。しかし、2日間観察したことで、シミュレーションで予測した結果と同じように、実際の月も1日経つと東にずれたことから、子どもは初めてシミュレーションに対して信頼をもつことができたのだと考えられる。

## 2. 子どもたちが追究したい問題意識を見いだしていく場面

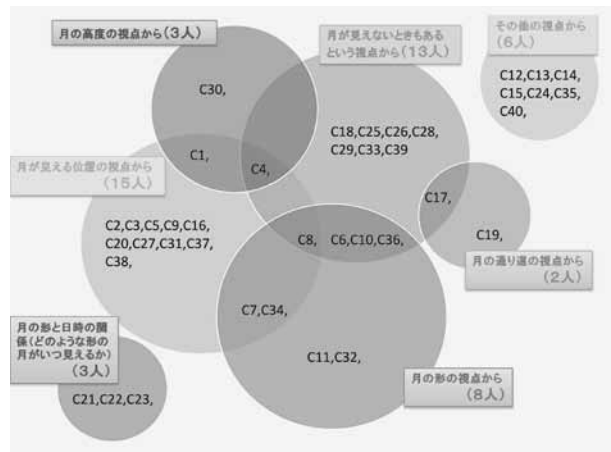
### (1) 全員の結果を1つにまとめて見られるようにしたこと

本実践では、児童がシミュレーションソフトで出した月を、写真8や写真9で示したように、1枚の紙にプロットできるようにした。そのことで、自由に時間を入力して月をプロットしたときには「満月がいろんな空にあってバラバラだ」という発言や、時刻を日没に固定した場合には「東から西に移動するにつれて月が欠けていって

いる」などの意見が聞かれた。これらのことは、それぞれの条件下におけるシミュレーションの結果を比較しやすくなった結果であると考えることができる。

### (2) 時間を自由に入力し月をプロットした場合

第3時では、時間を自由に入力して月をプロットしている（写真8）。そして、この写真を見て子どもたちが考えたことを子どものワークシートを手がかりにまとめると、次のような図になった（図18）。

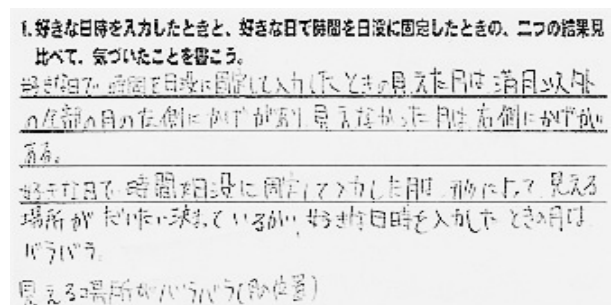


【図18月をプロットした後、その結果を児童がどのような視点から分析、解釈を行ったか分類した】

図18を見て分かるように、子どもはさまざまな視点からシミュレーションの結果を多面的に考察していることが伺える。しかし、この時点ではまだ、子どもの意識は月の形の見え方の規則性には向かっていないことも分かる。

### (3) 日没に固定（第4時—第5時）

第4時では、好きな日で時間を日没に固定して月をプロットした。そして、第4時の終わりに、時間を日没に固定して月をプロットしたものを見て、気づいたことをワークシート書かせた。すると、40名中12名（30%）はC27の記述のように、「好きな日で、時間を日没に固定して入力したときの見た月は、満月以外の全部の月の左側にかげがあり、見えなかった月は右側にかげがある。好きな日で、時間を日没に固定して入力した月は、形によって見える場所がだいたいきまっている」と、日没に固定したときに規則性が見られることに気づいている（図19）。

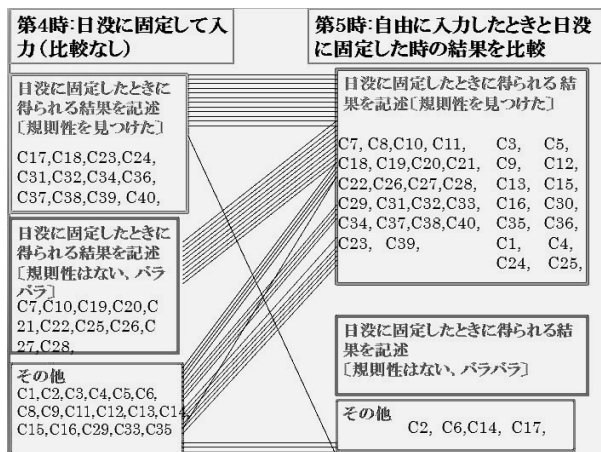


【図19 子どものワークシートの記述より】

一方で、時間を日没に固定した場合でも規則性が見られなかったという記述が40名中10名（25%）、その他の記述が40名中18名（45%）であった。

ここから考えられることは、事象を単独で提示するだけでは、子どもは規則性についてなかなか気づきにくいということである。月の並びかたの規則性に子どもの意識が向かうには、比較すべき対象が必要だということが考えられる。

そこで、第5時では、時間を自由に入力した結果と、時間を日没に固定した結果を比較させた。すると、40名36名(90%)と子どものほとんどが、時間を日没に固定したときに規則性が見られることに気づいた(図20)。



【図20 比較前後のワークシートの記述内容の変化】

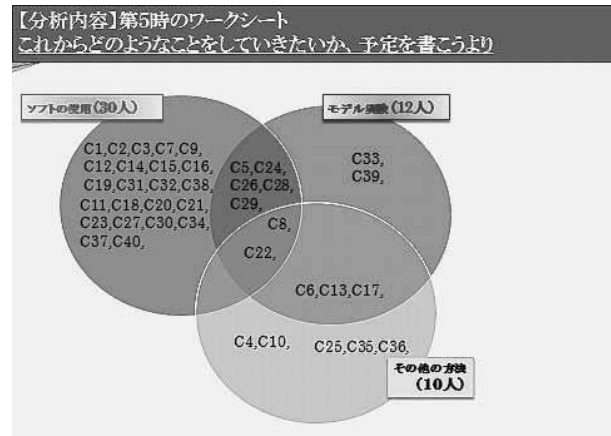
図20から、時間を日没に固定した場合でも規則性が見られなかったという記述が40名中0名(0%)、その他の記述が40名中4名(10%)であった。

やはり、比較を行うことによって、時間を自由に入力した場合や、時間を日没に入力した場合の結果の特徴がより鮮明になり、子どもの意識も月の並び方の規則性に意識が向かったと考えられる。

### 3. 子どもが先行経験を駆使して問題意識を解決していく場面

(1) 真夜中・日没に固定（第6時～第7時）

また第5時の授業の後半で、これからどのようなことをしていきたいか子どもに投げかけた。すると、ソフトウェアを活用して日の入りや真夜中などの条件でも月の見え方などを調べたいという子どもが40名中30名(75%)、モデル実験をしてみたいという子どもが40名12名(23%)、その他の方法が40名中10名(23%)いた(図21)。



【図21 今後していきたいことについての学級全体の動き】

ここで注目した点は、ソフトウェアを活用したい子どもが30人と多かったことである。筆者らはこのまま、子どもはモデル実験へと移行していくと考えていたが、ソフトウェアで日の入りや真夜中の場合ではどのように見えるのか条件を変えて調べたい子どもが多くいたのである。

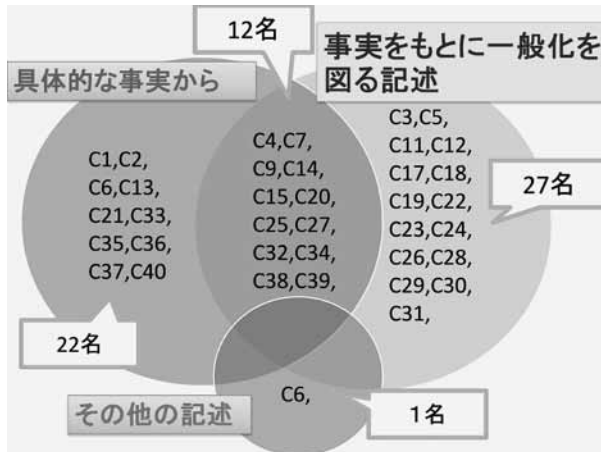
ここから考えられるのは、子どもは1つの結果だけで満足するのではなく、様々な条件で比較を行いたい欲求が生み出されてきているということである。また、子どものそのような発想を可能にしたのも、今回の実践でシミュレーションソフトの存在があったからではないかと考えられる。科学的思考を高めるためには、「実証性・再現性・客観性」を大切にしなければいけない。今回の実践においても、日没で規則性が見られたのだから、他の条件ではどのように見られるのか子どもたちが関心を持ち、それらを総合的に考え、実証的に考え進めていこうとした子どもの育ちは望ましい姿であると考ええる。このように、子どもは様々な比較を行う中で、自分の考えを深めていくことができるのではないだろうか。

そして、第7時では、日没、日の入り、真夜中の3つのシミュレーション結果をもとに話し合いが行われた。子どもたちは、授業中の話し合いの中から、日没の場合でも日の入りの場合でも真夜中の場合でも、満月の時は地球を中心として月と太陽と地球が一直線になり、半月の場合では、三角形の関係になることを見つけ出した。そして、月の形の見え方は太陽との位置関係によって決まることを見つけ出した。つまり、比較条件を多く提示することによって、月の形と太陽の位置関係の規則性を推論することができた。そして、終末段階におけるモデル実験は、推論の正しさを証明するという位置づけとなった。つまり、教師だけでなく子どもも見通しをもって活動することができたと考えられる。

## (2) モデル実験とまとめ (第8時)

授業のまとめである第8時では、月の形の見え方と太陽の位置関係の規則性について、40名中27名の子どもた

ちが、シミュレーション結果からや第2次でのモデル実験などの具体的な事実から規則性について述べている児童が40名中22名おり、また、第1次で学んだ球であることの科学的裏付けを踏まえて説明することができている児童は40名中27名いた(図22)。

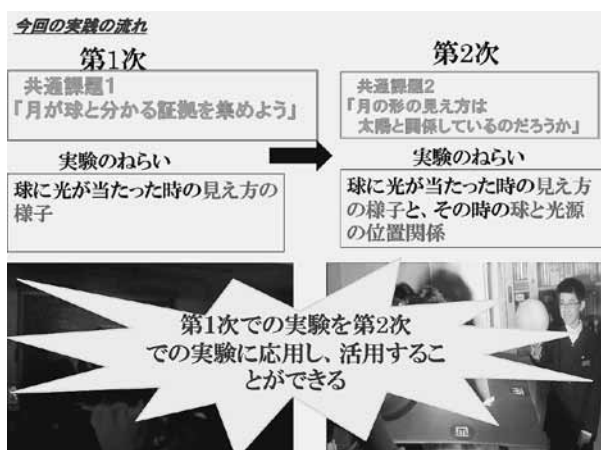


【図22 ワークシート「月の形の見え方と太陽の位置関係について分かったことを書こう」より】

つまり、第1次で月の形が球であることを学んだことで、小学校学習指導要領解説 理科編の学習目標にある『月の形の見え方は、太陽と月の位置関係によって変わる』という事実だけの理解に留まらず、「月の形は球であり、球形であるからこそ、太陽光の当たる角度によって様々な月の形の見え方がある」という科学的裏付けをもって理解することができたと考える。

第1次で行った、円と球のモデルに光を当てる実験では、実験の焦点を「円と球では、それぞれどのような形の月が見えるか」に絞った。

第2次では、シミュレーションソフトを使って月の形について問題意識を高めた後、ボールと光源装置を用いて月の形の見え方を調べるが、この実験の焦点は「球に光が当たった時の見え方の様子と、その時の球と光源の位置関係」である。ここに、第1次から第2次への実験内容の高まりが見られる。(図23)



【図23 第1次と第2次のそれぞれの実験のねらい】

単元全体から考察するに当たり、子どもの意識の流れと観察・実験・シミュレーションの関係をまとめたものを図24に示す。

### (1) 子どもの意識から

まず始めに単元全体を通して、子どもの意識がどのように変化していったのかについて考察する。

第1次での子どもたちの意識は、月の形が円か球か明らかにすることに向かっている。次に、第2次の前半では、月の見え方の規則性に子どもの意識が向かい、満ち欠けの規則性を明らかにしていこうとしている。そして、第2次の後半では、自分たちで推論した月の見え方の規則性を、モデル実験によって一般化を図ろうとしている。

第1次と第2次の間には、第1次でワークシートを用いたことにより、物体としての月から、天球上の月へとつないだり、シミュレーションソフトを導入したりして、シミュレーションソフトへの世界へと子どもをいざなっているものの、子どもの意識は連続している訳ではない。第1次、第2次とそれぞれ閉じた形で子どもは問題解決を行っていると言える。

### (2) 子どもの問題解決における、観察・実験・シミュレーションのはたらきについて

#### ① 子どもの意識と観察のかかわりから

第1次の課題から、子どもたちは天体望遠鏡で月を観察することで、月が球である証拠を集めようとした。ここには、「本物を実際に見て確かめる」という、直接的な手段から自分が納得できる根拠を得ようとする子どもの意識が伺える。

また一方で、第1次では、月表面の様子を観察しようとする子どもの意識とは別に、教師の意図として、月が天球上でどの位置にあるのかも観察させた。これは、子どもたちの意識が第2次の天球上の月の見え方に問題意識が向かっていくようにするためである。

そして、第2次においては、月の見え方の規則性が分かり「太陽と月の位置さえ分かれば見え方を予測できる」という意識が芽生え、このことが月の位置や見え方を予測しながら観察するという、観察の日常化へと繋げることになった。

#### ② 子どもの意識と実験のかかわりから

第1次では月が球であることを明らかにするために、円と球のモデルに光を当てて見え方を比べようとする子どももいた。ここには、本物の月をモデルに置き換えて実験を行うことで、間接的に月が球である証拠を集めようとする子どもの意識が伺える。

そして、第2次後半では月と太陽の位置関係を明らかにするためにモデル実験を行おうとしている。

第1次では、光源装置(太陽)が移動したのに対し、第2次後半では球(月)が移動していることを扱っている。ここに、第1次の実験経験が第2次に活用されている。

	1次『物体としての月の形と見え方の学習』	(前半)	2次『天球上の月の位置と見え方の学習』	(後半)
ねらい	月の形が球であることを学ぶ 共通課題1「月が球と分かる証拠を集めよう」			
子どもの意識	<p>月の形は球にきまっているよ！</p> <p>実験で円と球のモデルに光を当ててみよう！</p> <p>月を観察したら分かるかな？</p> <p>クレターに陰が見えるぞ！</p> <p>どんな時にどんな形の月が見えるのかな？</p>	<p>どうして日没に固定すると規則性が見えてくるのかな？</p> <p>日の出や真夜中に固定するとどうなるのかな？</p> <p>月の見え方は太陽の位置に関係してそうだし！</p> <p>月の見え方は太陽の位置に関係しているのだからか！</p> <p>月の見え方は太陽の位置に関係しているのだからか！</p> <p>月の見え方は太陽の位置に関係しているのだからか！</p>	<p>月の形が球であることを学ぶ</p> <p>月の形が球であることを学ぶ</p> <p>月の形が球であることを学ぶ</p> <p>月の形が球であることを学ぶ</p>	
観察	<p>観察した月の見え方を、シミュレーションソフトを使って表すことができるよ。</p> <p>次の日の同じ時刻に、月はどこに見えるかな？</p> <p>ソフトでこれからの月の動きを予想できそうだし！(日時・位置・形)</p> <p>ソフト活用ならではの問題意識が生まれる場面！</p>	<p>すごい！本当に予想通りに動いたぞ！</p> <p>好きな日時を入力してみよう。</p> <p>色々な月が色々な空にあるんだな...太陽と違ってバラバラだ...</p> <p>今度は時刻を日没に固定して入力してみよう。</p> <p>日没に固定すると、月の並び方に規則性が見えてきたぞ！？どうしてかな？</p>	<p>月の見え方が分かれれば、見え方を予想することができるぞ！！</p> <p>〈学習内容が日常生活へ還元される場面〉</p> <p>〈ソフトならではの様々な条件設定が可能にする、探究的な学びの場面〉</p> <p>日の出・真夜中に固定したときでも異なる規則性を発見したよ！</p> <p>日の出 真夜中 日没</p> <p>満月が見えるときは、地球を中心として、月と太陽が一直線。半月の時は、三角の関係になるんだね。</p>	
シミュレーションソフト	<p>観察した月の見え方を、シミュレーションソフトを使って表すことができるよ。</p> <p>次の日の同じ時刻に、月はどこに見えるかな？</p> <p>ソフトでこれからの月の動きを予想できそうだし！(日時・位置・形)</p> <p>ソフト活用ならではの問題意識が生まれる場面！</p>	<p>すごい！本当に予想通りに動いたぞ！</p> <p>好きな日時を入力してみよう。</p> <p>色々な月が色々な空にあるんだな...太陽と違ってバラバラだ...</p> <p>今度は時刻を日没に固定して入力してみよう。</p> <p>日没に固定すると、月の並び方に規則性が見えてきたぞ！？どうしてかな？</p>	<p>月の見え方が分かれれば、見え方を予想することができるぞ！！</p> <p>〈学習内容が日常生活へ還元される場面〉</p> <p>〈ソフトならではの様々な条件設定が可能にする、探究的な学びの場面〉</p> <p>日の出・真夜中に固定したときでも異なる規則性を発見したよ！</p> <p>日の出 真夜中 日没</p> <p>満月が見えるときは、地球を中心として、月と太陽が一直線。半月の時は、三角の関係になるんだね。</p>	
実験	<p>三日月の形は球のモデルでしか見ることができないね！</p> <p>1次でのモデル実験を第2時で活用</p> <p>〈円と球に光を当てた、見え方の工夫(月の位置を固定)〉</p>	<p>三日月の形は球のモデルでしか見ることができないね！</p> <p>1次でのモデル実験を第2時で活用</p> <p>〈円と球に光を当てた、見え方の工夫(月の位置を固定)〉</p>	<p>月の見え方が分かれれば、見え方を予想することができるぞ！！</p> <p>〈学習内容が日常生活へ還元される場面〉</p> <p>〈ソフトならではの様々な条件設定が可能にする、探究的な学びの場面〉</p> <p>日の出・真夜中に固定したときでも異なる規則性を発見したよ！</p> <p>日の出 真夜中 日没</p> <p>満月が見えるときは、地球を中心として、月と太陽が一直線。半月の時は、三角の関係になるんだね。</p>	

【図24 単元全体における子どもの意識と観察・実験・シミュレーションの関係】

ることが出来る。さらに、シミュレーションソフトで太陽の位置を固定して月の動きを調べたように、第2次の実験でも光源装置（太陽）を固定して球（月）が移動させる実験を行っており、同じ条件で月の満ち欠けを調べるといふ、シミュレーションソフトでの学びを、モデル実験にも活かすことができたとも考えることができる。

### ③ 子どもの意識とシミュレーションソフトのかかわりから

第1次の課題においてのシミュレーションソフトの役割は、子どもの信頼を得ることである。ここでは、実際の観察結果とシミュレーション内容を比較し総合的に考えることで、ソフトに対する信頼を得た。ここに、観察とシミュレーションソフトの一元化を図ることができたと言える。

第2次の前半では、太陽の位置を固定しない場合と、固定した場合を比較することで、子どもたちは問題意識をもつことができた。ここでは、シミュレーションソフトを用いることで、多くの月の見え方を調べることができ、さらに全員のシミュレーション結果を一枚の紙に共有できるようにした。ここに、従来のような時間的制約を受けないシミュレーションソフトのよさが生きたと考えられる。

また、第2次の後半にかけては様々な条件でシミュレーションを行い、月の見え方の規則性が太陽の位置と関連していることに気付いていった。

子どもは、シミュレーションソフトで得た結果を基にそれらの規則性が起こる原因を推論し、第1次でのモデル実験を活用しながら自分の考えた規則性を立証していった。ここに、子どもの問題解決における、観察からシミュレーションの同一化を図ることができたといえる。日常的に月の位置と形を予測しながら観察していくことでさらには実験とシミュレーションの一元化につなげることができる。

### (3) 全体からの考察

物体としての月の形について先に扱い、図24に示した子どもの意識、そして観察・実験・シミュレーションの働きを効果的に活用することで、今回の授業実践では以下の3つの要素を改善することができたと言える。

- ① 子どもの意識が高まらないままの長期間の月の観察を解消することができる。(第1次)

② 月の見え方と太陽の位置との関係を、子どもが自らの問いとして見いだすことができる。(第2次前半)

③ 月の位置・見え方と太陽の位置関係について問題解決的な学習ができる。(第2次)

## VI. まとめ

### 1. 結論

シミュレーションソフトを用い、比較を行うことで子どもは問題意識をもつことができた。そして、様々な条件の比較を行うことで、月の形の見え方と太陽の位置関係について子どもたちは推論することができた。

以上より、小学校第6学年「月と太陽」の単元において、シミュレーションソフトを活用していくことは有用であると結論づける。

### 2. 今後の課題

第5時の話し合い（自由に時間を入力した場合と日没に固定した場合との比較）に問題意識をもてなかった子どもの意識を高めるための手立てを考える必要がある。

また、単元展開において、月の観察を減らしたことが、単元終了後の月の観察の日常化に対して、どれほどの影響があったのか検討する必要がある。

### 【謝辞】

本研究を行うにあたり、ご協力くださいました富山大学人間発達科学部附属小学校校長岡崎誠司先生、授業を実践していただいた理科専科教員橋本大一郎先生、学級担任の沼崎信行先生、そして、共同プロジェクトの理科研究グループの先生方に深く感謝いたします。

そして、同じ研究室の仲間たちと内地留学の先生方には多くの助言や励ましの言葉をいただき、お世話になりました。

ありがとうございました。

### 【引用文献】

- (1) 平成22年度用補助教材 学校図書  
みんなと学ぶ小学校理科 6年 88-101
- (2) 平成22年度用補助教材 東京書籍  
新しい理科 6 74-87
- (3) 平成22年度用補助教材 啓林館  
わくわく理科 6 82-91
- (4) 栗原淳一（2009） 小学校理科「月と太陽」の理解を深める工夫 群馬県総合教育センター 1
- (5) 白木克郎（2010） 継続観察とモデル実験を関連させた第6学年「月と太陽」の学習 理科の教育 日本理科教育学会 vol.59 No.693 28-31

(2012年8月31日受付)

(2012年10月2日受理)