

# 理科の学習指導計画作成に関する一考察

## 第6学年「月と太陽」を例に

小野瀬 倫也

### 1. はじめに

2000年の教育課程審議会答申(文部科学省,2000)のキーワードの一つである「指導と評価の一体化」は、その概念が教育現場にも定着しつつある。この概念は、教師の授業における即時的評価、即ち形成的評価への注視と言えられる。全米州教育長協議会(FAST)は、「形成的評価とは、授業中に教師と学習者がフィードバックを受け取り、学習者が意図された学習成果を達成できるように、現在行っている授業と学習を調整するプロセスである」(Griffin.P, McGaw.B, Care.E, 2012)と定義しており、21世紀型スキルのための形成的評価として注目されている。ベテランと言われる学習指導に熟達した教師(エキスパート)は、このスキルに長けている。

図1は、形成的評価に焦点をあて、教師が子どもの科学概念構築を支援する様子をモデル化したものである。即ち、教師が子どもの学習実態を把握して、意図をもって教授ストラテジーを選択し、具体的な教授スキルとして発揮する様子である。学習指導における非熟達者(ノービス)である教員養成課程の学生や若手教師への教育や支援では、このモデルに見る教師の教授ストラテジー使用の判断における熟達化を目指して行うべきである。

佐藤ら(佐藤・岩川・秋田,1990)は、このような教師の実践的思考に関する研究領域について、以下の5つの領域が形成されていると指摘している。

- (A) 教師の「実践的知識」の性格についての研究
- (B) 教師の知識の領域と構造に関する研究
- (C) 教師の意思決定に関する研究
- (D) 教師の熟達研究
- (E) 教師の反省的思考に関する研究

本研究では、大学における教員養成や経験が浅い教師への支援といった視点から、「教師の知識の領域と構造」に重きを置いて教師の教授行動の背景にある知識について考察するものである。

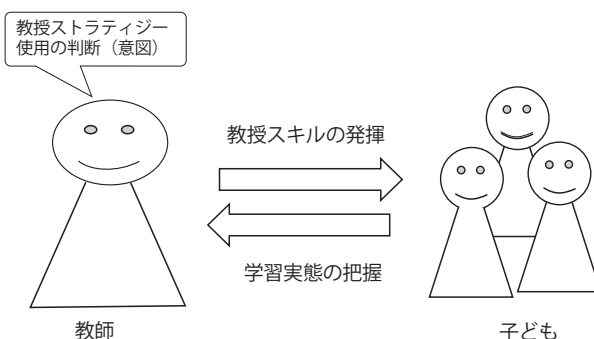


図1 理科授業での教師の判断行動モデル

### 2. 研究の目的

教職を目指す学生や、教職経験が浅い教師が理科授業を行う際、どのような準備をすべきであろうか。本研究では、この問いに応えるべく、以下について考察することとした。

- (1) 理科授業における教授学習モデルと教師の知識の関連づけ
- (2) 小学校第6学年単元「月と太陽」における、「教師の知識」の導出

本研究が対象とする教師の知識は、教科内容の知識、授業を前提とした教材知識を対象とする。授業における子どもの活動や教師の関わりを組み立て、ワークシートの構造など、授業の方法に関わる知識は、(2)

で取り上げた単元に関わる事項について触れる程度に留めた。これは、子どもの学習状況などの文脈に依存することが多い為である。

### 3. 教授活動調整モデル

下の図2は、教師が教授活動を調整（俯瞰してコントロール）しながら子どもの学習を進める様子をモデル化したものである。即ち、教師は子どもの学習状況を把握しながら、教授スキルを実施している（図の右側は図1に相当する）。この際、教師は教授ストラテジーとしての「顕在的カリキュラムと授業計画」（例えば学習指導要領や学習指導案がこれにあたる）を参照しながら、他の6つの教授ストラテジーを選択し、教授スキルとして実行する（図の左側）。小野瀬（2015）は、こうして実行される教師の教授スキルを教師の活動レベルと子どもの活動レベルに分け、教師の判断行動を分析する視点を導出している（表1）。

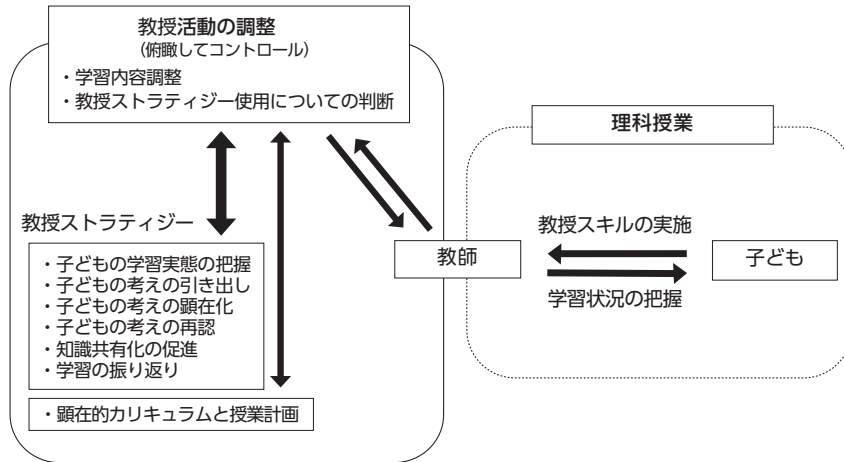


図2 教師の教授活動の調整モデル

表1 教師の判断行動（形成的評価）分析の視点

教授ストラテジー	教授スキル	
	教師の活動（行動、思考・判断）レベル	子どもの活動レベル
顕在的カリキュラムと授業計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>学習目標を立てる</li> <li>評価基準、評価計画を設定する</li> <li>授業計画を立てる</li> </ul>	
子どもの学習実態の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>子どもの考えを繰り返し言う</li> <li>子どもの考え（表現）を言いかえる</li> <li>子どもの考え方を具体的に演示してみる</li> <li>対照的な考え方を提示する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>子どもに考えを表現させる</li> <li>学習や経験と関連付けて表現させる</li> </ul>
子どもの考えの引き出し	<ul style="list-style-type: none"> <li>子どもの考えを選別する</li> <li>子どもの考えの価値を見いだす</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>モデルや比喩的な表現をさせる</li> </ul>
子どもの考えの顕在化	<ul style="list-style-type: none"> <li>コミットメント、プリコンセプション、ミスコンセプションを発見する</li> <li>エビソードや考えが共有できるものか判断する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グループで考えを構築させる</li> <li>クラスで考えを構築させる</li> </ul>
子どもの考えの再認	<ul style="list-style-type: none"> <li>考えの創造を支援する</li> <li>意図的な情報提供をする</li> <li>視点の転換や議論の焦点化をする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自分なりの論理を表現させる</li> </ul>
知識共有化の促進	<ul style="list-style-type: none"> <li>個々の考えをグループで共有する</li> <li>グループ毎の考えをクラス全体で共有する</li> </ul>	
学習の振り返り	<ul style="list-style-type: none"> <li>子どもの考えの履歴を抽出する</li> <li>子どもの論理の修正、補強、拡大をする</li> <li>知識を導入、補強する</li> <li>新たな疑問を導出する</li> </ul>	

### 3.1 授業を想定した教材内容についての知識

実際の授業の中で行われる教師の教授行動は、図2及び表1を用いて解釈できる。しかし、それは具体的な行動として表出された事実からの推測という側面もある。学習指導における非熟達者の支援という観点から言えば、更に教師のこうした行動の妥当性を判断すべき根拠となる知識を導出する必要がある。そこで、教師が行う「教授活動の調整」の背景にある知識について考察する。

Shulman は、教師の知識領域を、以下の7つの領域からなるとした (Shulman,L.S.,1987)。

- ① content knowledge (内容の知識)
- ② general pedagogical knowledge (一般的な教育方法についての知識)
- ③ pedagogical content knowledge (教材の知識)
- ④ curriculum knowledge (カリキュラムについての知識)
- ⑤ knowledge of learners and their characteristics (学習者とその特性についての知識)
- ⑥ knowledge of educational contexts (教育の文脈についての知識)
- ⑦ knowledge of educational ends, purposes, and values, and their philosophical and historical grounds (教育の目標、目的、価値、哲学的歴史的基盤についての知識)

中でも③ pedagogical content knowledge (以後、PCKと記述する)が教師特有の重要な知識だとされている。秋田は、「ある教材をどのように教えたら良いかという授業を想定した教材内容についての知識」と翻訳している(秋田,1992)。勿論、教師の知識は複合的なものであるから、必ずしもこれら7つのどれか1つに分類整理されるものではない。大切なことは、教師が様々な知識をもとに授業の立案、実施、調整しているということである。

近年、理科教育においてもPCKに関する研究が進められている。しかし、PCKの意味内容は幅広く、明文化することはできていない(古屋,2012)。理科に即して言うならば、「科学の内容知識を授業を前提とした教材の知識に翻案すること、また、そのための知識」ということになる。

### 3.2 顕在的カリキュラムと授業計画

前節における③(PCK)は、図2に示した「顕在的カリキュラムと授業計画」を立てる教師の意図に近い概念と解釈できる。言い換えれば、教材研究をすすめる為に必要な知識と言える。よって図2における「顕在的カリキュラムと授業計画」の中で教師の意図の内容を明らかにすることがPCKにせまることになると考えられる。これを具体的に示すために、次項においてPCKを念頭に小学校第6学年単元「月と太陽」における、科学の内容知識と授業を前提とした教材知識の一部を明らかにする。

本単元を選択した理由は、月に対する小学校教員志望学生の科学的認識は乏しく(松森・一瀬,2015)、学生が模擬授業を行う際に授業の組み立てや進行が困難な状況に陥りやすい単元だからである。以下に本単元についての科学の内容知識と授業を前提とした教材知識に分けて分析を進める。

#### 3.2.1 小学校第6学年単元「月と太陽」における科学の内容知識

以下に学習指導要領解説 理科編に示された小学校第6学年単元「月と太陽」の学習内容を示す。これをもとに本単元において教師が必要とする科学の内容知識をまとめる。

月と太陽を観察し、月の位置や形と太陽の位置を調べ、月の形の見え方や表面の様子についての考えをもつことができるようにする。

- ア 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。
- イ 月の表面の様子は、太陽と違いがあること。

ここから読み取れる科学の内容知識は、以下の3つである。

- (1) 月の輝いている側に太陽がある

- (2) 月の形の見え方は、太陽と月の位置関係によって変わる
- (3) 月の表面の様子は、太陽と違いがある

また、内容の取り扱いでは、特に以下のように示されている。

(5) 内容の「B生命・地球」の(5)のアについては、地球から見た太陽と月の位置関係で扱うものとする。

すなわち、ここでは天動説の視点から学習することになる。この点が地動説による説明に慣れてきた学生が混乱する点でもある。言い換えれば、観察事実をもとに学習をすすめるということである。そこで、前述した科学の内容知識(1)～(3)にしたがって観察事実などをまとめることとする。

**(1) 月の輝いている側に太陽がある**

観察事実1：図3は、朝に見える太陽のモデル図である。点線は地平線であり、太陽が地平線下にある日の出の頃である。朝に見える月は太陽が出てくる東側（左側）が光って見える。（日付は説明のための例である）

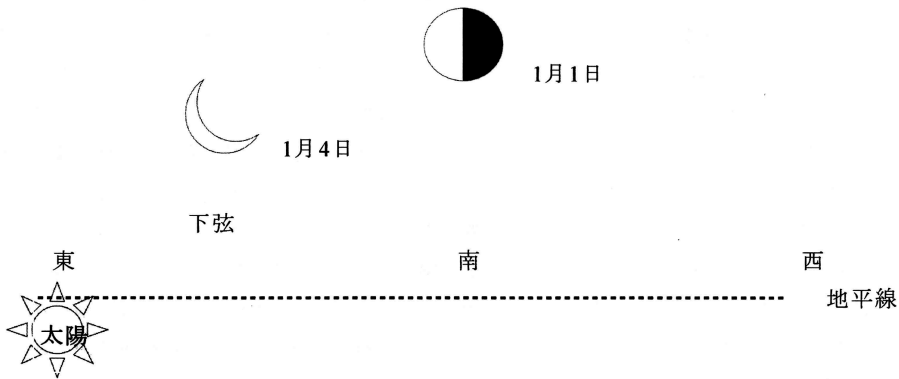


図3 日の出の頃に見える月の形

観察事実2：図4は、夕方頃見える太陽と月のモデル図である。点線は地平線であり、太陽が地平線下にある日の入りの頃である。月は太陽が沈む西側（右側）が光って見える。

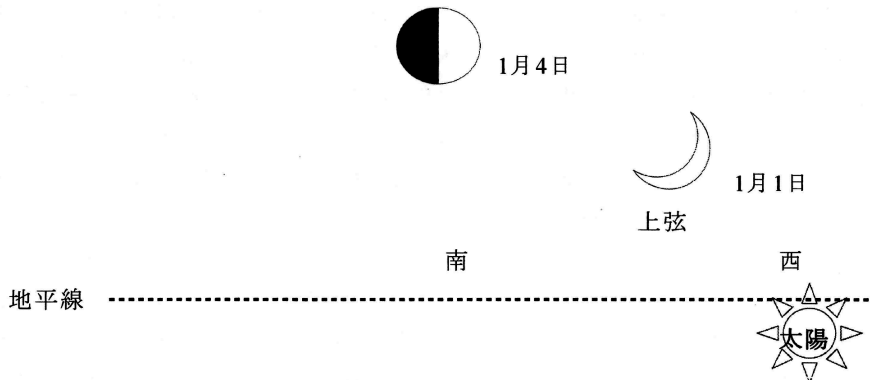


図4 日の入りの頃に見える月の形

(2-1) 月の形の見え方は、太陽と月の位置関係によって変わる

ここでは、観察事実を中心に扱う。

観察事実3：月は日によって形が変わって見える。図5は日の出の頃の同時刻、3日経過して太陽に近づいたように見える月は細くなって見える。

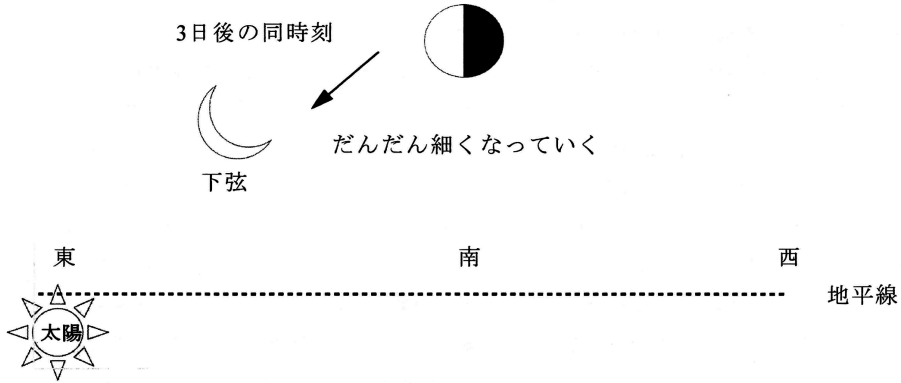


図5 日の出の頃に見える月の形

観察事実4：図6は日の入りの頃の同時刻、3日経過して太陽から離れたように見える月は太くなっているように見える。更に約1週間後の月は満月になって、日の入りの頃出てくる。

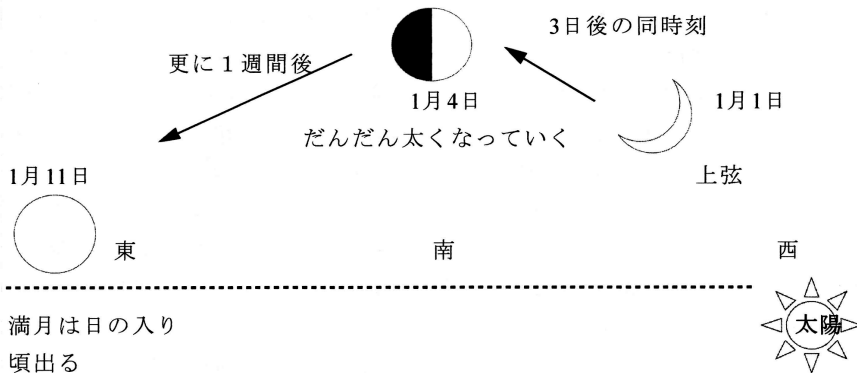


図6 日没の頃に見える月の形

観察事実5：図7は、日の入りの頃の満月と新月の様子である。新月は太陽と同じ方向にあり、日食のときなどを除き見ることはできない。約2週間後、太陽と月は反対（西と東）にある。よって満月は日の入りの頃に月の出となる。

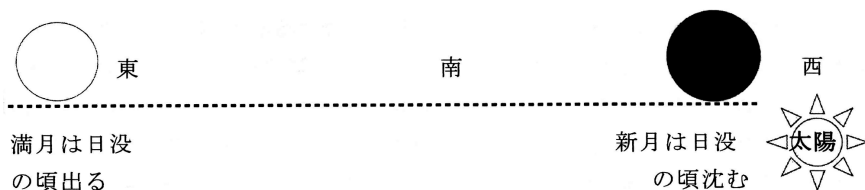


図7 日の入りの頃の満月と新月

## (2-2) 月の形の見え方は、太陽と月の位置関係によって変わる

ここでは、観察事実とモデルの対応関係についての知識を扱う。ただし、ここでの学習では、前述の「(3)月の表面の様子は、太陽と違いがある」の学習が前提となる。即ち、太陽は自ら発光していること、月は発光しておらず、太陽の光を反射して光って見える。その結果、太陽、地球、月の位置関係によって月の形が変わって見える。ここでは、写真など資料の活用が考えられる。モデルによって太陽と月の関係を理解する上で必須の考えである。教科書の構成によって、表面の様子のみを最後に扱うもの（例えば平成27年度版「わくわく理科6」啓林館）もあるが、表面の見え方も光と影の関係と関連することから、モデルを解釈する子どもの思考の流れに沿う構成にするならば、まず(3)を扱うことが妥当である。

図8は、球体に光（平行光線）が当たった場合に観察される見え方と太陽および月を対応させた場面を示している。

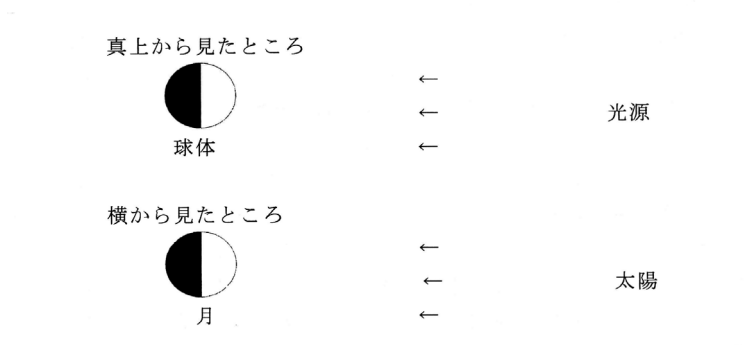


図8 球体に光（平行光線）が当たった場合

図9は、光源を観察者から離して球体に斜め奥から光を当てた場合の見え方である。

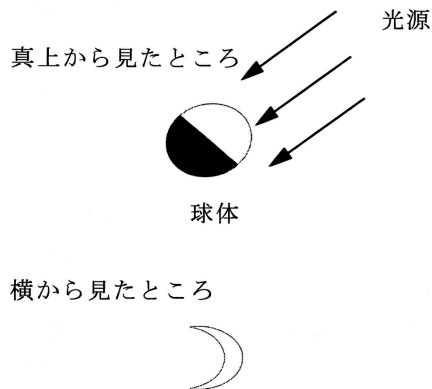


図9 三日月が見える様子

月の形が変わることは、このモデルから、太陽と月が見かけ上、近い位置にある時は細く見えることが推測される。また、月と太陽は見た目はほぼ同じ大きさに見えるが、見え方から太陽の方が遠い位置にあることが推測できる。

しかし、これを正しく理解するためには自分の位置（地球）を含めた月と太陽の位置関係を外からの視点で認識する必要がある。その部分に関して、学習指導要領に示された範囲を超える可能性があるため、ここではモデルとして扱い、実際の月の見え方と関係づけることを全ての子どもに理解させることが大切である。ここまでの観察される現象について、教師が知っておくべき知識を挙げるならば、図10において、太陽と地球を固定して考えると、月は新月を離隔0度としたとき、一日に約13度（ $360 \div 28$ 、手のひら2枚分などと指導されている）ずつ離角が大きくなっていく。「太陽と月の位置関係」を見た目の近さで考えるならば、離角に置き換えて考えられる。



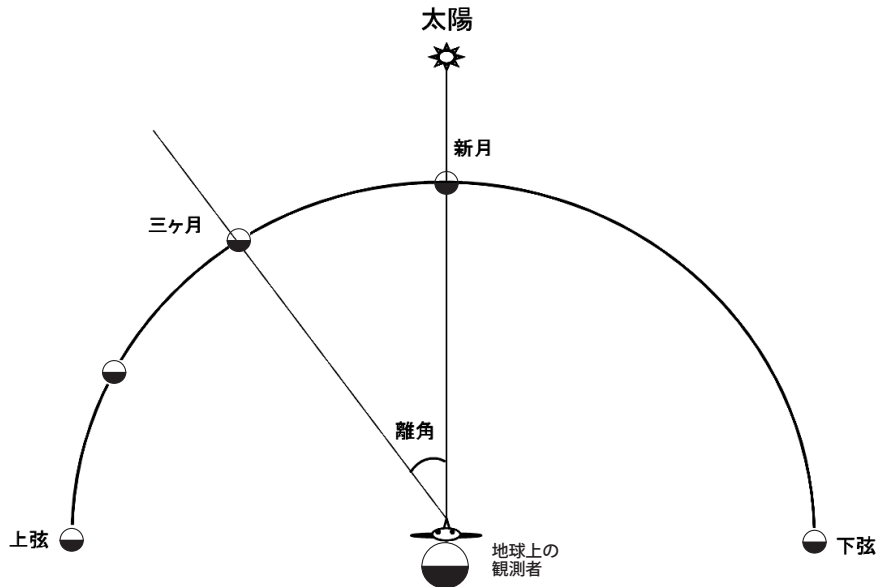


図10 太陽と月の離角

### 3.2.2 小学校第6学年 単元「月と太陽」における授業を前提とした教材知識

#### (1) 子どもの既習事項

右の表2は本単元に関連する単元と扱う学年についてまとめたものである。これによれば本単元を学習するベースとなる知識や経験は、第3学年「太陽と地面の様子」と第4学年「月と星」である。そして、本単元の学習を経て中学校第3学年「天体の動きと地球の自転」「太陽系と恒星」の学習へと発展する。

表2 関連する単元と学年

小学校	第3学年	太陽と地面の様子
	第4学年	月と星
	第6学年	月と太陽
中学校	第3学年	天体の動きと地球の自転
		太陽系と恒星

すなわち、教師は、本単元の学習に入る前段階の子ども  
の月や太陽に関する概念の形成状況を把握すること、中学校における地動説を中心とした天体の見方、言い換えると自分の視点を地球の外に移した見方に発展させるための基礎をつくるという意識をもって指導計画を立てることが大切である。

そこで、第3学年、第4学年の学習指導要領解説理科編から既習事項を整理する。もちろん、そこに書かれている事が全て理解されているとは限らないが、前提となる事項であり、スパイラルに扱う必要性もある。

以下は、第3学年「光の性質」の内容及び内容の取り扱いである。

日陰の位置の変化や、日なたと日陰の地面の様子を調べ、太陽と地面の様子との関係についての考えをもつことができるようにする。

ア 日陰は太陽の光を遮るとでき、日陰の位置は太陽の動きによって変わること。

イ 地面は太陽によって暖められ、日なたと日陰では地面の暖かさや湿り気の違いがあること。

(内容の取り扱い)

(3) 内容の「B生命・地球」の(3)のアの「太陽の動き」については、太陽が東から南を通って西に動くことを取り扱うものとする。また、太陽の動きを調べるときの方位は東、西、南、北を扱うものとする。

ここでは、光は直進すること、「太陽-物体-影」が一直線上に並ぶことを学習している。この学習を手がかりに、子どもは観察を通して球体の半分は明るく、半分が暗くなること（月の見え方につながるモデル）が理解できる（図11）。更に図12に示すように太陽の1日の動きを観察を通して学習している。

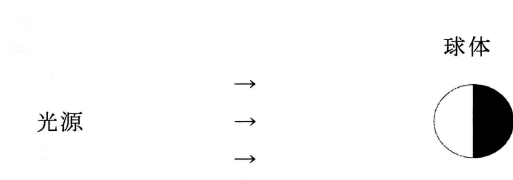


図 11 平行光が球体に作る影

太陽が東の方から南の空を通過して西の方に動く (図 11)

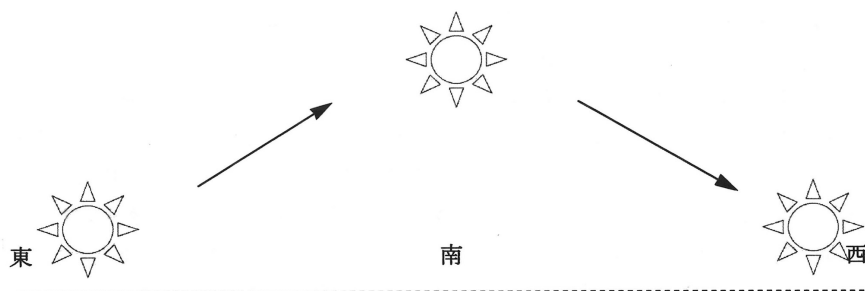


図 12 太陽の一日の動き

以下は、第4学年「月と星」の内容である。

月や星を観察し、月の位置と星の明るさや色及び位置を調べ、月や星の特徴や動きについての考えをもつことができるようにする。

ア 月は日によって形が変わって見え、1日のうちでも時刻によって位置が変わること。

イ 空には、明るさや色の違う星があること。

ウ 星の集まりは、1日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、位置が変わること。

本単元において子どもは、月は日によって形が変わって見えること、月は東の方から昇り、南の空を通過して西の方に沈むように見えること (図 13) を学習している。

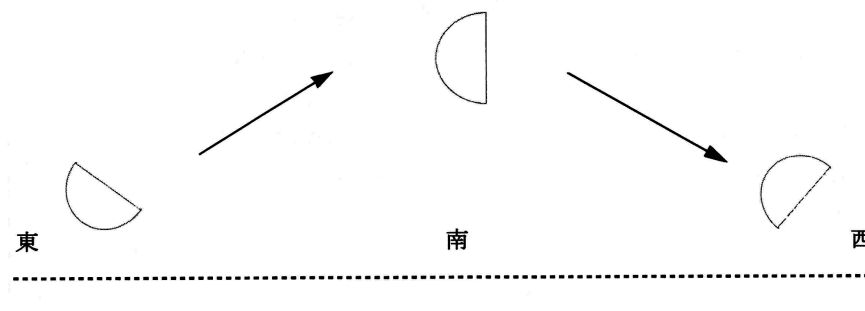


図 13 月の一日の動き



## (2) 事象の観察とモデルの限界

実際の現象をモデルで説明する際、子どもは、例えば次のような疑問を抱く。

図6で南中している月は、太陽が斜め下にあるので、右の「上弦」と書いてある月の形にならないのだろうか。

これを正しく説明する為には、以下の知識を必要とする。

- ・太陽と月は見た目は同じ大きさに見えるが太陽の直径は月の400倍以上あること。
- ・地球から月までの距離は約38万kmだが、地球から太陽までの距離は約1億5000万kmであり、太陽が大きく遠い所にあるので光源(太陽)からくる光は平行光線であると見なせること。

即ち、地球から見た月と太陽は、同一平面に無く、奥行きがあることが理解できなければならない。これをモデルで表したものが図14である。もちろんモデルであるので上述の知識と矛盾はある。ここで教師は、図14のような地球を俯瞰したモデルによって実際に観察できる現象を説明できることを知っていなければならない。同時に図14のような地球を俯瞰したモデルは中学校の学習内容であり、多くの子ども(小学生)にとって理解の域を超えてしまう。

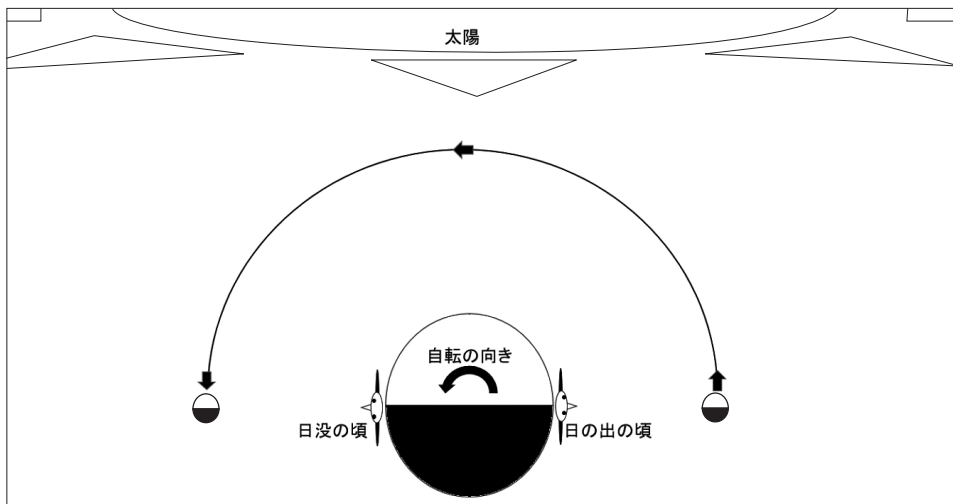


図14 北極上空から見た太陽-地球-月のモデル

大切なことは、地動説(図14のような地球を俯瞰したモデル)の考えを持ち出さずに具体的な現象を説明することである。現象(観察事実)と図8、図9のように地球を俯瞰しないモデルとの対応づけを強固にすることである。更にその時点での子どもが抱く疑問の確認である。その際、説明は中学校における地動説に基づく説明への接続を意識して指導にあたらなければならない。繰り返しになるが、小学校までの天体の学習では、「自分から見た太陽や月の見え方」について理解することが中心である。

## 4. おわりに

本研究の目的は、教職を目指す学生や、教職経験が浅い教師が理科授業を行う際、どのような準備をすべきであるか、この問いに応えるべく、以下について考察することであった。

- (1) 理科授業における教授学習モデルと教師の知識の関連づけ
- (2) 小学校第6学年単元「月と太陽」における、「教師の知識」の導出

(1) について、教授学習モデル中の教師が行う「教授活動の調整」を行う際に教師が持つべき「科学の内容知識」と「授業を前提とした教材知識」について、(2)の単元「月と太陽」を例に抽出を試みた。抽出した内容は学習指導要領を前提とした範囲に限られているが、授業準備の一端を記述することが出来たのではないかと考えている。

一方、本研究が対象とした教師の知識は、教科内容の知識、授業を前提とした教材知識であった。結果として教科内容の知識は当該単元における「科学の内容」と言い換えられる。しかし、「授業を前提とした教材知識(PCK)」においては、学習指導要領の構造に基づいた子どもの科学概念構築に向けた道筋の整理に止まった。はっきりしたデータは無いが、実際、教職を目指す学生や、教職経験が浅い教師において、この部分の知識(基礎知識)不足を感じている。

今回は対象としなかった、目標とする科学概念構築に向けた子どもの活動や教師の関わりを組み立て、ワークシートの構造など、授業の方法に関わる知識については上述の基礎知識をもとに組み立てられるものである。また、子どもの科学概念構築に向けた道筋については構成主義的な捉え方をすべきであるが、未だ説明的な授業が多いように思える。子どもの学習観の問題との見方もあるが、こうして整理すると基礎知識の不足として説明できると思われる。

#### 附記

本研究の一部は平成27～30年度科学研究費補助金(基盤研究(C))「教授学習課程の可視化による理科授業構成支援システムの開発」(課題番号15K04513 研究代表:小野瀬倫也)の助成を受けたものである。

#### 引用・参考文献

- 秋田喜代美(1992):「教師の知識と思考に関する研究動向」東京大学教育学部紀要,第32巻,pp.221-232
- 古屋光一(2012):「PCK(授業を前提とした教材の知識)を育成する教師教育プログラムの開発とその効果」理科教育学研究,Vol53,No.1,pp.105-116,日本理科教育学会
- 松森靖夫・一瀬絢子:「月に対する小学校教員志望学生の認識状態の分析」理科教育学研究,Vol56, No.2,pp.271-277,日本理科教育学会
- 文部科学省(2000):「児童生徒の学習と教育課程の実施状況の評価の在り方について(答申)」教育課程審議会
- 文部科学省(2008):『小学校学習指導要領解説 理科編』,大日本図書
- 小野瀬倫也(2015):「理科授業における教授スキルの分析と検証」臨床教科教育学会誌,Vol.15, No.3(印刷中)
- Patric Griffin, Barry McGaw, Esther Care(2012): ASSESSMENT AND TEACHING OF 21ST CENTURY SKILLS, Springer Netherlands, 邦訳:『21世紀型スキルー学びと評価の新たなカタチー』監訳:三宅なほみ, p.123, 北大路書房
- 佐藤学・岩川直樹・秋田喜代美(1990):「教師の実践的思考様式に関する研究(1)」東京大学教育学部紀要,第30巻, pp.177-198
- Shulman, L.S.(1987): Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform, Harvard Educational Review, Vol.57, No.1, February