Bulletin of Aichi Univ. of Education, 69 (Educational Sciences), pp. 29-37, March, 2020

視覚障害生徒を対象とした「月の満ち欠け」の指導に関する研究 －モデル教材の試作と指導実践の分析を通して－

竹原 かな* 青柳 まゆみ** 幅 良統***

* 愛知県立瀬戸つばき特別支援学校

** 特別支援教育講座

*** 理科教育講座

How to Teach the Phases of the Moon for Children with Visual Impairments: Making the Models and Its Analysis through the Workshop

Kana TAKEHARA*, Mayumi AOYAGI** and Yoshito HABA***

Seto Tsubaki School for Special Needs Education, Seto 489-0965, Japan

***Department of Special Needs Education, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

****Department of Science Education, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

Ⅰ　問題と目的

1. 盲学校における理科教育

視覚障害のある児童生徒に対する教育を行う特別支援学校（以下「盲学校」）では、通常の学校に準じた教科指導が行われている（特別支援学校学習指導要領第2章第2節第1款）。理科の授業においても、通常の学校と同様に、実験や観察を通して自然科学の様々な現象を理解する学習が期待されており、児童生徒自らが実験や観察を行いながら学びを深めるための指導法や教材・教具が数多く考案されてきた。

鳥山（2007）は、実験が不可能とされ、口述による説明が中心であった戦前の盲学校理科教育は、1950年以降、文部省や盲学校教員、理科教育研究者などによる意欲的な実践研究と体制整備を経て、実験・観察を当然とする現在の教育方針に至ったと指摘している。そして、今日の盲学校の理科授業においては、通常の学校以上に、児童生徒自らの手で実験や観察をすることが重視されている。なぜなら、教師の進める実験を盲児童生徒が確かめるという形の授業よりも、盲児童生徒自身が、自らの手で対象に働きかけながら観察や実験を行う授業の方が良いといえるからである（文部省，1986）。

2. 天文分野における学習について

文部省著作の『観察と実験の指導』（文部省1986）では、「盲児童生徒に対する地学教材の指導の実践・研究の歴史は他の分野に比べて浅く、今後の成果に待つところも大きい」とされている。とりわけ天文分野の学習については、太陽の観察についての具体的な指導法は書かれているものの、太陽を除いた天文分野の教材の詳細な記述は見られない。

そのため、視覚障害教育において、天体の学習の指導に関しての様々な研究が行われてきた。間々田（2009）は、視覚障害のある学習者が宇宙の広がりや天体の大きさを実感するために開発されたいくつかの教材を紹介し、その使い方を整理している。例えば、地球や月などの天体を、ゴム風船やビーチボール、積み木などの具体物に置き換え、日常生活においてなじみのない距離や時間の直感的な理解を図っている。また同じ天体であっても、学習の目的によって使用する縮尺を変えることの必要性を指摘している（例えば、地球の衛星を学ぶときには地球を風船に、太陽系の惑星を学ぶときには地球を直径1㎝に置き換える）。柴田（2013）は、視覚障害生徒30名を対象とした星空の観察を行った。指でさし示して星や月の方角や高さを確認したり、ある天体を基点にして説明を進めていくなどの配慮を行い、視覚障害生徒が星空の広がりについて実感を持つことを目指した。

3. 月の満ち欠けの実験について

小学校理科では、月に関する学習を第4学年、第6学年で行う。第4学年では、月が日によって形が変わって見えることや、一日の中で時刻によって位置が変わ

るという「現象」を、実際の月の観察を通して学んでいく。そして第6学年では、月の輝いて見える側に太陽があることや、月の形の見え方が太陽と月との位置関係によって変わることを、モデル実験から学習する。さらに中学校理科においては、第3学年で、月の観察やモデル実験を通して、月の公転と地球からの月の見え方を関連付けて理解する。

小学校第6学年の理科の教科書や、中学校理科の教科書では、月の満ち欠けのモデル実験について、月に見立てたボールに太陽光と仮定した光を当て、それを観察する方法が採用されている。日常生活では月の満ち欠けの現象しか捉えることができないが、この方法によって、月の満ち欠けの現象と原理を同時に確認することができる。しかし、視覚に依存したこの実験では、視覚障害のある児童生徒は月の満ち欠けの現象も、原理も理解することができない。

そこで点字教科書では、感光器を使用した方法がとられている。通常の教科書と同様に、月に見立てたボールに太陽光と仮定した光を当て、それを感光器で調べるという実験である。つまり、月の満ち欠けの「現象」を目で捉えるのではなく、音に置き換えて捉えようとしている。

しかし点字教科書の編集に当たっては、(1) 原典教科書の内容そのものの大幅な変更は行わないこと、(2) やむを得ず原典教科書の内容を修正したり差し替えたりする場合には、児童の特性を考慮するとともに、必要最小限にとどめること、などを原則としている（文部科学省，2018）。このことは、点字教科書通りの指導が視覚障害児童生徒にとって必ずしも最も有効とは言えない場合もあり得ることを示唆している。

4. 本研究の目的

以上より、視覚障害児童生徒に対する月の満ち欠けの指導方法が十分に確立されていない可能性があることがわかった。加えて、理科の学習は、児童生徒の既に持っている自然についての素朴な見方や考え方を、観察、実験などを通して科学的なものに変容させていく営みである（小学校学習指導要領解説　理科編）が、視覚障害児は月の満ち欠けの現象を直接観察した経験がないために、学習に困難を抱えていることが推察された。

荒舘（2015）は、視覚障害児の月の満ち欠けの学習において、感光器でより確実に「現象」を確認する方法を提案している。さらに、それでもなお理解が難しい三日月などについて、ゴールボール※1の半球を使って月の見え方を想像させる方法を考案した。ゴールボールの半球を太陽の光が当たっている月の面に見立て、それを斜めから見たときの月の見え方を考えるという方法である。これは、月の満ち欠けの現象を捉えるという一般の理科教育の方法ではなく、月の満ち欠けの「原理」から「現象」を理解する手立てである。

そこで本研究では、荒舘（2015）の視点を参考にし、「現象」そのものを捉えるのではなく、「原理」の理解を通して月の満ち欠けの「現象」を推測できるような教材及び指導案を試作する。加えて、視覚障害生徒を対象に授業を実践し、その分析をすることで同単元のより良い指導法の基礎資料を得ることを目的とする。

※1：視覚障害者のために考案された競技である「ゴールボール」に使うボール。直径25cm。構造上球をくし形に8等分したような線を手で感じることができる。荒舘はこの線を利用して、三日月などの月の見え方について教えようとした。

Ⅱ　教材及び指導案の作成

1. 目的

月の満ち欠けの学習について、「原理から現象を想像する」という方法で直感的に理解しやすい教材及び指導案を作成する。

2. 方法

月の満ち欠けの指導に関連した以下の資料を詳細に分析し、新たな教材及び指導案を試作した。

その内容を科学へジャンプワークショップ検討会（詳細は4.）で議論し、そこで得られた意見をもとに改良を加え、最終案を作成した。

①教科書（点字教科書として採用）
- 小学校理科教科書：『新編　新しい理科　6年』（東京書籍）
- 中学校理科教科書：『新編　新しい科学　3』（東京書籍）

②点字教科書編集資料

③関連した実践研究（柴田，2018；荒舘，2015 ほか）

3. 教材及び指導案の試作

中学校理科においては、月は太陽の光を反射して光っていることや、月が地球の周りを公転しているために月の満ち欠けが起こることなどを学習する。通常の教科書（東京書籍）のモデル実験では、傘の骨の先端につるした球（月のモデル）に光（太陽光のモデル）を当て、傘を持った人（地球のモデル）から球がどのように見えるかを確認するという方法がとられている。この方法は視覚に依存しているため、点字教科書では感光器を用いた実験に変更している。机上に固定したボール（月のモデル）に光（太陽光のモデル）を当て、それを感光器（地球のモデル）で調べるという方法である。通常の教科書も点字教科書も、地球からの月の見え方、すなわち「現象」を確認するという点では同じである。しかし本研究では、「現象」そのものを確認するのではなく、「原理」を通して「現象」

を想像するという指導方法を検討した。

(1) 月と地球の位置関係及び各々の動きを理解する

盲児がものの動き方を学ぶ際には、自分自身の身体を実際に動かしてみる方法や、模型を動かしながら自分自身はそれを俯瞰的に見る方法などを用いる。月の満ち欠けの学習に当たっては「月が地球の周りを公転している」ことを理解することが必須であり、それを前者の方法で理解する場合には、部屋の中央の机を地球と仮定し、自分自身を月に見立てて机の周りを動く（公転する）という方法が考えられる。しかし、地球の自転や公転､その他の太陽系の惑星の動きについて、広く発展的に学んでいくことを考慮すると、俯瞰的な視点で捉えることのできる教材を使用した方が効果的である可能性が高い。そこで、模型を動かしながら学ぶ方法を検討した。

天体の学習で使用する教材に「三球儀」がある（図1)。大きい球から順に、太陽、地球、月を表しており、持ち手を動かすと地球と月が連動して動く構造になっている。また、電源を入れると、球（太陽）の穴から発せられる光が地球や月を模した球に当たる。これによって、地球の昼夜が生じる仕組みや、月の満ち欠けが生じる仕組みを学習することができる｡筆者は当初、この三球儀によって、月の公転を理解する方法を考えた。しかし、視覚障害生徒にとっての使いやすさという視点で見ると、以下のような課題が考えられた。

第一に、三球儀を自分で動かそうとすると、模型を両手で触ることができない。両手で触って観察することが視覚障害教育の基本であるので、これは重要な問題である。仮に他者に動かしてもらったとしても、模型の動きが小さくて非常に速かったり、動かしてくれる人の手と自分の手がぶつかったりするために、触察がしにくい。

第二に、地球や月の自転・公転が精巧に再現されているがゆえに、動き方が複雑で観察がしづらいという点である。

そこで、上記の課題点を踏まえて、地球と月の2つの位置関係をより直感的に理解できるような模型を作成した。この模型を以下「二球儀」とする（図2)。

＜製作の観点＞

1）まず、できるだけ構造を単純化するために、模型には太陽を入れず､地球（大きい発泡スチロール球）と月（小さい発泡スチロール球）のみで構成した。なお､この変更に伴い地球の位置が固定されたため､地球が太陽の周りを公転していることについては扱わないものとした。実際には地球の公転も月の満ち欠けに影響しているが、教科書のモデル実験でも地球の公転については考慮されていなかったため、この変更は差し支えないと考えた。

2）サイズは、模型全体が両手に収まる大きさ（アルミ土台150×150mm、アルミアームの長さ150mm）とした。太陽をなくしたことで地球と月の球を大きくすることができ､結果､月の可動域が広がって、その動き方をイメージしやすい構造となった。

3）市販の三球儀は持ち手を回して球を動かす仕組みであるが、本教材では、月を模した球を直接手で動かせる構造にした。地球と月を支える軸はアルミアームで接続され、アルミ土台の中心に取り付けられたボールベアリングを介して回転する仕組みである。さらに、アルミアームとアルミ土台の間に小型のキャスターを挿入することで、模型を動かしたいときに滑らかに動くように工夫した。また、触察中に模型全体が動かないよう、アルミ土台の裏に家具用の滑り止めシートを貼った。

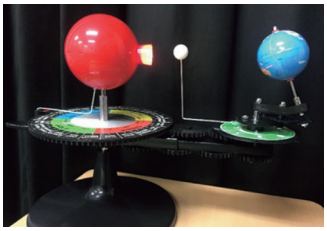


図１　市販の三球儀

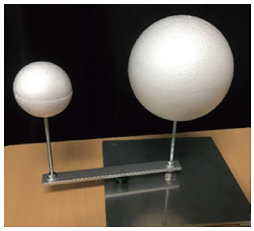


図２　試作した二球儀

(2) 太陽と月の関係性を理解する

月の満ち欠けは、太陽の光が月に当たることと関係している。晴眼の児童生徒は、日常の視覚経験から月の半球部分に常に太陽の光が当たっていることを容易に理解することができる。しかし、視覚障害児童生徒にとって、ある一定の方向から光を当てたときに、光が当たっている部分とそうでない部分ができるという現象が身近ではないために、このことが理解しにくい可能性がある。そこで、太陽光が月の半分にだけ当たるという現象を、視覚障害教育の基本である体験的な理解によって確認する方法を検討した。

柴田（2018）は、地球の昼夜の原理を学習する方法として、自分自身が地球のモデルとなる方法を提案している。これは、自分自身で地球の自転を再現することで、常に地球の半分に太陽の光が当たっていることを理解する方法である。筆者はこれを太陽・地球・月の関係性を理解することに応用した。具体的には、生徒1人を月､床に固定した細い棒を地球､だるまストーブを太陽に見立てたモデル実験である。月役の生徒が地球（棒）の回りを周回したとき、自分の身体のどの部分が温かくなるかを感じ、ストーブに面している部分が常に温かい、すなわち光が当たっていることを理解する。肌が露出している顔や首回りで熱を感じられるように、ストーブは机上に置くこととした。以下、これを「ストーブ実験」と呼ぶ。

(3) 見える原理を理解する

視経験を持たない盲児は、光が当たっているもの(ここでは月の半球部分)を、第三者(ここでは地球)から視認することができるという原則を理解できていない可能性を踏まえて指導を進める必要があると考えた。なお今回は、月の満ち欠けには直接関係ない、自身が自ら光を発するもの(例えば太陽)を第三者から視認することができることについては取り上げない。

また、地球から見える月の形は、太陽の光が当たっている月の半球部分を地球からどのような角度で見るかによって決まるが、盲児の場合、「自分に対面している部分のみが見える(奥側は見えない)」という、目が見える人は当たり前に知っている大原則を十分に理解できていない可能性がある。

以上2点を考慮して、光が当たっている部分のみが見えるということを「光条件」、自分自身に対面している部分のみが見えるということを「対面条件」として説明し、この2つの条件の組み合わせによって地球から見える月の形を想像させることにした。

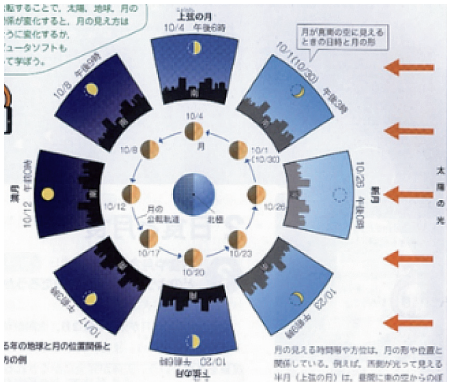
(4) 地球から見える月の形を想像する

通常の学校の理科の教科書では、月の満ち欠けのモデル実験に加えて、図3のような図解がされている。このページは、点字教科書でも大幅な修正を加えることはなく、通常の学校の教科書の図とほぼ同じである。しかし、盲児に対して触図を提示する場合、とりわけ3次元のものを2次元で表現した図で説明する場合には、前提として、描かれた図の元の物体の様子をしっかりとイメージさせておく必要がある。そこで、図ではなく、立体的な模型によって地球から見た月の満ち欠けを想像する方法を検討した。

荒舘(2015)は、半月より小さく見える月や、半月より大きく見える月について、ゴールボールの半球を使った実践を行った。これを参考に、模型を触って月の見え方に関する基本事項を理解する方法を検討した。

まず、月に見立てた発泡スチロール球のうち、太陽の光が当たっている半球部分と当たっていない半球部分を、表面の手触りに差をつけることで区別した。これは前述の「光条件」と関連している。

次に、ゴールボールの線の代わりに、発泡スチロール球を4つに分割できるようにした。地球に対面している半球部分を残して、そうでない半球部分を外すことで、前述の「対面条件」を表現した。地球に対面している半球部分が「地球から見えるはずの面」(対面条件)であり、この面のうち「光条件」がどのようになっているかを調べることで、地球からの月の見え方を想像できる。なおここでは、三日月や、半月より大きく見える月の見え方については扱わないものとしたため、8分割ではなく4分割の模型を作成した。以下、これを「4分割模型」と呼ぶ(図4)。



※出典:東京書籍(2017)『新編 新しい科学 3』P215

図3 教科書に掲載された図



図4 月の4分割模型

＜製作の観点＞

1)二球儀の月は直径5cmと小さく、分解・合成の操作が困難であるため、4分割模型には直径10cmの発泡スチロール球を用いた。

2)4分割模型を繰り返し分解・合成できる、かつ児童生徒が操作するときにある程度動かないように、断面にマグネットと鉄板(ホワイトボードの板)を貼り付けた。

3)光条件について、太陽の光が当たっている面は「つるつる」、そうでない面は「ざらざら」と、触覚的な差をつけた。「つるつる」にはボンド、「ざらざら」にはちりめんの布を採用した。「つるつる」については、ムラがあると触ったときにノイズになるので、ボンドを厚く塗った。なお、色については、最もコントラストが強いと言われている黄色と黒で表現した。通常の学校の教科書と同様に、太陽の光の当たっている面は黄色、そうでない面は黒で区別した。

4)模型をホルダー(ガムテープの芯など)に固定し、触っても動くことのないようにした(図5)。

4. ワークショップ検討会を踏まえた変更

201X年11月に実施された科学へジャンプ(東海地区)ワークショップ検討会※2において、3. の教材及び指導案を視覚障害教育や理科教育の専門家にフリートーク形式で検討してもらった。そこで挙がった意見を踏まえて、教材及び指導案の改善を行った。

※2:科学へジャンプとは、視覚障害のある児童・生

徒が科学に興味・関心を持つこと、児童・生徒同士の交流を培うことなどをねらいとして2008年に始まった事業である。盲学校の教員や大学の教員などが理科・数学・社会等のワークショップ（授業）を実施する。ワークショップ検討会では、各ワークショップの企画者がその内容を説明し、本番に向けて改善のための意見交換を行う。

検討会では、主に以下3点の指摘があり、そのうち①について教材の大幅な改善を行った。

①二球儀の月を月の4分割模型（月）に置き換えて考えることが難しい。

②地球と月については、二球儀を触ることで随時位置関係を確認できるが、太陽がどこにあるかを忘れてしまいそう。

③「つるつる」「ざらざら」の、どちらが太陽の光が当たっている面で、どちらがそうでない面かが分からなくなりそう。

検討前は、二球儀で地球と月の位置関係を確認した後、その位置関係のときの地球から見える月の形を、二球儀の小さい球ではなく、机上に置いた4分割模型を操作して想像する方法を想定していた。しかし、同時にものを触り比べることが難しいという視覚障害の特性を考えると、この2段階の操作は非常に困難であると思われた。

そこで、この2つの操作をできるだけ分けないために、4分割模型を二球儀に直接取り付ける方法を試みた。具体的には、月の軸に皿（直径約80mm、高さ約30mm）をナットで固定し、その上に4分割模型を乗せた（図6）。なお、二球儀の皿の上で4分割模型を操作することを考慮して、4分割模型は直径10㎝から、直径8㎝に変更した。ただし、月の誤った概念形成を避けるために、後述の指導案2. で使用する二球儀の月については変更前と同じとし（直径5㎝）、指導案5. の前に指導者が二球儀の月（小さい球）を4分割模型に取り換えることにした。



図5　ホルダーに固定した月の４分割模型

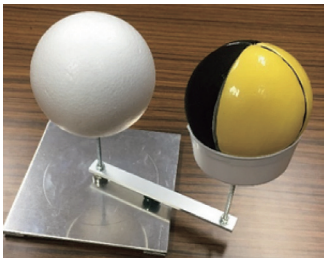


図6　二球儀に固定した月の４分割模型

5. 最終案

以上を踏まえた最終の指導案を次ページに示す。なお科学へジャンプでは、教科書で扱う内容だけでなく、発展的な内容を扱うワークショップも期待されていることから、指導案の最後に6. を加えた。

Ⅲ　教材及び指導案の有効性の検討

1. 目的

Ⅱで作成した教材及び指導案を用いてワークショップを実践し、教材の有効性や課題点を明らかにする。

2. 方法

(1) 対象

科学へジャンプに参加し、筆者らが行ったワークショップを受講した生徒7名（表1）。

表１　参加生徒の属性

参加生徒	学年	在籍校	使用文字
1-a	中１	盲学校	点字
1-b	中３	盲学校	点字
1-c	高３	盲学校	墨字
2-a	中２	盲学校	点字
2-b	中２	通常校	墨字
2-c	中２	盲学校	点字
2-d	中２	盲学校	点字

(2) 実施時期

201X年11月（3名参加）、および201X+1年8月（4名参加）。

内容は同一（一部変更あり）、1ワークショップあたり90分。

(3) 手続き

筆者らがT1・T2となり、Ⅱで作成した教材及び指導案を用いて科学へジャンプのワークショップ1枠を担当した（ワークショップ名：「月ってどんな形？」）。

ワークショップの様子をビデオで記録し、質的に分析した。具体的には、福地（1993）の評価項目より①授業目標の適合性、②操作性、③結果の明瞭性、④安全性の4項目を抽出し、それぞれの教材及び指導内容について検討した。

3. 結果及び考察

Ⅱで作成した教材と指導案を用いて2回のワークショップを行った結果、生徒全員が予定していた全ての学習活動に積極的に参加し、地球から見える月の形を想像するという目標を概ね達成できた。

ワークショップ指導案

テーマ（時間）	ねらい	学習活動
1. 導入（5 分）	生徒の既有知識を確認する。	月について知っていることを出し合い、共有する。
2. 月の公転（15 分）	月の公転（動き方や周期）を理解する。	二球儀の大きい球を地球、小さい球を月と仮定して、月の公転がどのような動きかを確認する。地球の北半球を上とすると、公転は反時計回りであることと、公転周期が約 27 日（約 1 か月）であることを確認する。
3. 太陽と月の関係（15 分）	月がどの位置にあっても、太陽の光が当たるのは月の半分（太陽に近い側）だけであることを理解する。	ストーブを太陽、棒を地球、生徒自身を月に見立てた実験を行う。生徒は、棒の周りを回って月の公転を再現する。ストーブの熱が身体に当たる面を、太陽の光が月に当たる面と考える。 ①太陽・地球・月の順に並ぶような位置に生徒が立つ。このとき、ストーブの熱（太陽の光）がお腹側には当たるが、背中側には当たらないことを確認する。 ②反時計回りに 180 度回転し（太陽・月・地球の順）、ストーブの熱（太陽の光）が背中側には当たるが、お腹側には当たらないことを確認する。 ③さらに回転し、ストーブの熱（太陽の光）が身体の右側面または左側面に当たる（または当たらない）ことを確認する。 ④月はどの位置にあっても、太陽に近い半分の面に太陽光が当たっていて、残り半分の面には当たっていないことをまとめる。
4. ものが見える仕組み（10 分）	「光条件」と「対面条件」の 2 つの組み合わせによってものの見え方が決まることを理解する。	①人がものを見るときには、「見る対象の、光が当たっている部分のみが見える（光条件）」ことを、ストーブ実験を手がかりに理解する。 ②「見る対象の、自分に向き合っている部分のみが見える（対面条件）」ことを、a. 〜 c. の活動を通して理解する。 a.T1 と生徒が向かい合って立つ。T1 から生徒を見たときに、生徒の身体の見えている部分と見えていない部分を確認する。 b. 生徒がその場で 180 度回転し、生徒の身体の見えている部分と見えていない部分を確認する。 c. 生徒の右体側または左体側が T1 と対面しているとき、生徒の右手または左手の「じゃんけん」が見える（または見えない）ことを伝える。
5. 地球から見える月の形（30 分）	月の公転、光条件、対面条件を総合して、地球から見える月の形を予想し、理解する。	2. で用いた二球儀を再度使用する。ただし、月は 4 分割模型に置き換える。太陽光が生徒の背中側から当たっていることとする。 ①背中側から順に、太陽・地球・月の順に並ぶように二球儀を操作する。このときの月の見え方を a. 〜 c. の操作を通して考える。 a. 太陽の光が当たる面が手前（太陽に近い側）、当たらない面が奥（太陽から遠い側）になるように、4 分割模型を操作する（月のセット）。 b. 対面条件について考える。地球に近い月の半球部分のみが見えるので、地球から遠い月の半球部分（月の奥側半分）を取り除く。 c. 光条件について考える。残ったピースのうち、太陽の光が当たっている面がどれだけあるかを確認する。残った面の全てが「つるつる」の面なので、このときは地球から見えるはずの面の全てが見えている（満月）。 ②背中側から順に、太陽・月・地球の順に並ぶように二球儀を操作したときの月の見え方を、① a. 〜 c. の手順で考える。このときは、地球から見えるはずの面の全てが見えていない（新月）。 ③半月についても同じ操作で確認する。
6. 発展（15 分）	宇宙空間の広がりを想像する。	二球儀の大きい球を地球、小さい球を月と仮定する。気象衛星ひまわりや国際宇宙ステーションは二球儀ではどのあたりの位置でどのように動いているかを予想する。

(1) 月の公転を理解する

指導案の2. では、月の公転（動き方や周期）を理解することが目標であった。この目標を達成するために、Ⅱで作成した二球儀を使用し、実際に月を生徒自身が動かしながら学習を進めた。まず、二球儀の大きい球を地球、小さい球を月として、地球と月の2つの位置関係の中で月の公転を説明した。次に、太陽に見立てた鈴入りボールと二球儀を使って、太陽、地球、月の3つの位置関係の中で月の公転を説明した。生徒たちは、「月が地球の周りを反時計回りに公転すること」「月は太陽を巻き込むことなく地球の周りを回ること」などの基本事項を、二球儀の操作を通して確認し、具体的なイメージをもつことができた様子であった。

二球儀の操作に当たっては、まず大きい球（地球）と小さい球（月）を正しく区別することが重要である。これについては、いずれの生徒も混乱する様子は全くみられず、2つの球を区別するのに十分な大きさの差があったと言える。また、軸、球、アームの構造がシンプルであったため、操作に戸惑う様子は見られなかった。さらに、小さい球（月）とその軸だけを触るのではなく、大きい球（地球）とその軸も触りながら操作をする様子が度々見られたことから、本教材は、地球と月の位置関係を意識しながら月の公転を捉えるのに適した教材であったと言える。

(2) 太陽と月の関係性を理解する

指導案の3. では、月がどの位置にあっても、太陽の光が当たるのは月の半分（太陽に近い側）だけであることを理解するために、太陽に見立てたストーブを使った実験を試みた。これは、だるまストーブの熱が月役の生徒の身体の片側だけに当たることを通して、月の半球部分だけが太陽の光を受けていることを確認するという学習方法である。

まず、生徒自身が月となり、地球に見立てた棒の周りを動いて、先の活動で理解した月の公転を再現した。次に、T1が月（生徒）の位置を指定し、ストーブの熱（太陽の光）がどこに当たっているかを順に確認した。月（生徒）がどの位置にあった場合でも、ストーブの熱が当たる部分（月が太陽の光を受ける部分）とそうでない部分を、参加生徒全員が毎回正しく答えた。

活動の最初だけ時計回りに動いてしまう生徒が数名いたが、改めて二球儀を使って月の動き方を確認したり、言葉のやり取りを行ったりする中で混乱は解消し、反時計回りに改めることができた。

筆者は、生徒が図7の位置関係で立ったときに、ストーブの熱が「真横」ではなく「左前方」から当たっていると感じてしまうことを危惧していた。しかし実際には、ストーブが十分に大きかったことに加え、棒（地球）が細く、生徒（月）が小さな円を描くように公転していたので、特に問題はなかった。

なお、2回目のワークショップではだるまストーブを準備することができなかったため、代わりに「太陽光が差し込んでいる大きな窓」を太陽に見立てた。曇り空で十分な熱を感じられない時間帯もあったが、全盲の生徒たちを含めて、ガラス窓ごしに太陽光（熱）を感じるという日常の経験で補いながら、問題なく実験を行うことができた。

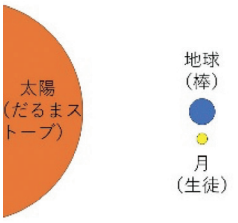


図7　ストーブ実験

(3) ものが見える仕組みを理解する

指導案の4. では、まず3. のストーブ実験で理解したことと結びつけながら、「見る対象の、光が当たっている部分は見えるが、当たっていない部分は見えない」ことを説明し、これを「光条件」と呼ぶことにした。次に、「見る対象の、自分に向き合っている部分のみが見える」ことを②-a.～c.の活動を通して確認し、これを「対面条件」と呼ぶことにした。以上2つの条件の組み合わせでものの見え方が決まることを伝えた。

これに続く5. の活動では、生徒の口から「光条件」「対面条件」という言葉が何度も聞かれ、使い分けについて混乱する様子も見られなかった。このことから、二つの言葉が、教師と生徒、生徒同士で「共通の言語」としてしっかりと定着したことがわかる。

(4) 地球から見える月の形を予想する

指導案5. の目標は、「月の公転、光条件、対面条件を総合して、地球から見える月の形を予想し理解する」ことである。ここでは、指導案2. で用いた二球儀のうち、小さい球（月）を4分割模型に置き換えて、図8の①～④の順に地球から見える月の形を考えた。具体的には、各課題ごとに以下a. ～c. の3段階の活動を行った。

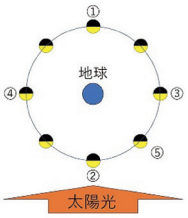


図8　地球から見える月の形を予想する（指導順）

＜a. 月のセット＞

つるつる（黄色）の面は太陽の光が当たっている側、ざらざら（黒）の面は太陽が当たっていない側と仮定して、太陽と月の位置関係に応じて4分割模型の向き

を固定することを「月のセット」と呼ぶことにした。

例えば、図8の①では、太陽に近い側（生徒から見て手前側）が「つるつるの面」、太陽から遠い側（生徒から見て奥側）が「ざらざらの面」となるように4分割模型を操作した。

太陽、地球、月がどのような位置関係にあっても、生徒たちは問題なく4分割模型を操作していた。このことから、ストーブ実験で理解したことを俯瞰的な視点で捉えることができていたと考えられる。

なお、「つるつる」と「ざらざら」の意味を間違えたり、区別ができず戸惑う様子は全く見られなかった。

＜b. 対面条件の確認＞

地球から月を見るとき、地球に近い半球は見えるが、地球から遠い半球は見ることができない。この「対面条件」については、4分割模型の地球から見えるはずの面を残し、見えないはずの面を外すことで表した。例えば、図8の①の位置に月があるときには、生徒から見て手前側の半球を残し、奥の半球を外した。

図8の②では、生徒から見て奥側に地球、手前側に月がくるため、難しい場合は席を立って身体の向きを180度回転してから考えるように提案した。しかし実際には、大半の生徒が着席したままで正しく手前側の面を外せていた。

図8の③の位置に月がある場合の見え方を考えるときには、多くの生徒が戸惑っていた。しかし、改めて対面条件の意味を言語化しながら時間をかけて操作した結果、全員が地球から見えるはずの面、すなわち4分割模型の左半分を残して、右半分を外す操作ができるようになった。そして、続く④の位置では、非常にスムーズに4分割模型を操作することができた。

＜c. 光条件の確認＞

地球から見える月は、太陽光が当たっている面のみである。この「光条件」は、対面条件で残った面のうち、「つるつる」がどれだけあるかによって表した。例えば図8の①の位置に月がある場合、対面条件で残った面は全てつるつる、すなわち太陽光を受けているため、地球から見ることができると説明した。

月のセット、対面条件の順に4分割模型を操作し、最後に光条件で地球から見える月の形が分かったところで、それぞれの月の見え方の名前（満月、新月、半月）を伝えた。例えば満月は、「対面条件で残った面の全部に太陽光が当たっているので、見えるはずの面の全てが見えているという意味で『満月』と呼ぶ」というように説明した。また新月については、「月は全く見えていないが、昔はこのときを新しい月の始まりとしたので、『新月（シンは新しいの新）』と呼ぶ」というように説明した。

以上の3ステップで地球から見える月の形を考えることに加えて、新月から満月、新月から半月となるまでの時間についても尋ねてみた。生徒たちは、「15日」「8日」のように適切に答えることができた。このことから、生徒たちは月の見え方や月の公転を、正しい時間の感覚で捉えたと思われる。

なお、1回目のワークショップは、筆者が想定していたよりも進行が速かったため、三日月についても扱った。「三日月」という言葉を聞いて、一人の生徒から「細い」という単語が挙がった。そこで、生徒がもともと持っていた三日月の形のイメージをもとに、太陽、地球、月の位置関係を予測し、二球儀を動かすという活動を行ってみた。すると、二球儀の月を図8の⑤の位置まで動かし、このときに月の右側が細く見える、すなわち三日月が見えることを予想することができた。新月、満月、半月については、指導者が指定した太陽・地球・月の位置から、地球からの月の見え方を考えた。しかし三日月については、地球からの月の見え方から、太陽・地球・月の位置関係を予想するという逆の思考であった。この三日月の活動を通して、月のセットや対面条件、光条件が、単に模型の操作方法としてではなく、意味を持って理解されたことが再確認できた。

(5) 宇宙空間の広がりを想像する

今回のワークショップでは、発展的な内容として人工衛星の距離を取り上げた。二球儀の地球（直径10㎝）の縮尺を基準にして、まず、地球と月との距離を説明した（3m）。その後、この距離をもとに、地球と気象衛星ひまわりの距離、地球と国際宇宙ステーションの距離を予想した。最後には、月の公転周期（約1か月）との比較で、ひまわりや宇宙ステーションが1周するのにどのくらいの時間がかかっているかを予想した。

この活動では、生徒からの声の反応が大変活発であった。指導案の2. ～5. を通して、月の公転のイメージを確実にもてたからこそ、生徒にとって6. の活動が興味深いものになったと考える。

Ⅳ　まとめと今後の課題

1. 月の満ち欠けの指導の可能性

本研究では、二球儀のモデル教材を用いることで、視覚障害児が月の満ち欠けの原理を直感的に理解できる可能性が示唆された。すなわち、「現象」そのものを捉えることはできないという点で課題が残るものの、俯瞰的に地球と月の位置関係を把握した上で、地球から見える月の形を具体的にイメージするという目標を概ね達成できた。

なお、今回使用した教材は、月の満ち欠けの指導のみにとどまらない。例えば二球儀は、太陽と地球の関係や、太陽と金星の関係の学習時にも活用できる。またストーブは、地球の昼夜の仕組みの学習に、

光条件・対面条件は、「(一般的に) ものが見える」ことを説明する方法としても使用できる可能性がある。

科学へジャンプの事後アンケートに「宇宙のことをもっと知りたい」と書いた生徒がいた。「月の公転」「月の見え方」といった基礎･基本が理解できたからこそ、生徒の興味･関心が宇宙にまで広がったと考えられる。今後も、実際に天体を観察したことがない・できないという視覚障害児童生徒の実態を踏まえ、基礎・基本から着実に理解できるような教材・指導法を検討することが重要である。

2. 本教材及び指導案を使用する際の留意事項

本研究で提案した教材と指導案には、いくつかの課題も残されている。

例えば、4分割模型を乗せるための皿は、皿をナットで挟むことで軸に固定したが、生徒が操作する間に皿の固定が緩んでしまい、ワークショップ中に指導者がナットを閉め直す場面が度々あった。また、4分割模型を皿の中で触察していると球の向きがずれてしまい、地球から見える月の形を予測しにくくなる場面も認められた。

また、ある生徒が操作する二球儀から、金属と金属がこすれるような音が何回か聞こえた。これは、二球儀のアームについているストッパーと土台がこすれることによって生じたものであった。また、アームと軸を土台に固定していた接着剤が輸送中に取れてしまうことも数回確認された。教材は繰り返し使用することが前提なので、動きの安定性、耐久性等を十分に保障できる設計にする必要がある。

だるまストーブは、円柱型のためストーブの周り全体で熱を感じることができる。また非常に温かく、机上に置くと首や顔にも熱がしっかりと当たるため、電気ストーブやファンヒーターよりも太陽のイメージとして適していると言える。しかし、①熱をしっかりと感じるためにはストーブにかなり近づく必要があるため、安全性に十分配慮すべきである、②ストーブの熱を確実に感じられるためには、暑い時期や太陽光が当たる窓際での実施には注意が必要である、③冬以外の季節にわざわざストーブを準備することが教師の負担になる、あるいは最近の学校現場では旧式のだるまストーブがあまり使われていない、等の課題がある。

最後に、これらの教材及び指導案を使用するにあたっては､そもそも児童生徒が天体や「ものが見える」ことについてどのくらい理解しているかが重要である。例えば、空の広がりのイメージを持てていない児童生徒や、「月は一つしかないが、その見え方はいつも同じではないらしい」ということを知らない児童生徒が、これらの教材を使用することは難しいかもしれない。実際、今回のワークショップの参加者は、月が地球よりも小さいことや、月が地球の衛星であることなどを既に知っている生徒が多かった。だからこそ、今回のワークショップが筆者の想定以上に順調に進んだと思われる。視覚障害児童生徒の学びの実態や理科の学習の系統性を踏まえた上で、これらの教材・指導法を活用するべきである。

3. 本研究の課題

最後に本研究の課題を2点述べる。

第一に、第三者の客観的な評価を受けていない点である。本研究では、ワークショップの様子を筆者自身が分析して、教材と指導案の有効性を考察した。しかし、より客観的な評価を行うには、さらに多くの専門家からの助言が必要だった。

第二に、視覚活用が可能な弱視生徒に対する指導法の検討が十分にできなかった点である。今回のワークショップには2名の弱視生徒が参加し、いずれも学校の授業で「知識」として知っていた内容を、教材の操作を通して改めて確認し、「なるほど」「確かに」という実感をもった様子が見られた。しかし、保有する視覚を活用して「現象」として捉える実験方法も含めて、より詳細な検討が必要である。

引用文献

荒舘真理（2015）視覚障害に配慮した、全盲児童への「月の満ち欠け」の指導の工夫―教材に関わる基礎概念の系統的指導や空間把握の特性に視点を当てて―．関東甲信越地区視覚障害教育研究会理科部会発表資料.

福地昭輝（1993）中学校における理科教具の見直しと開発．日本理科教育学会編 理科教育学講座8 理科の学習環境と教具．東洋館出版社，134-135.

間々田和彦（2009）宇宙の広がり、天体の大きさを実感する教材―実験できる天体教材と、積み木を使った量の理解―．視覚障害教育ブックレット，12（3），18-21.

文部省（1986）観察と実験の指導．慶應通信.

文部科学省（2018）特別支援学校（視覚障害）小学部点字教科書の編集資料（平成30年4月）.

柴田直人（2013）視覚障害生徒を対象とした星空の観察実践報告．筑波大学学校教育，35, 15-20.

柴田直人（2018）地球の自転と天体の日周運動の指導の工夫について―地球になって自転と日周運動を考える―．日本視覚障害理科教育研究会第37回研究大会発表資料.

鳥山由子（2007）戦後盲学校理科教育における実験・観察学習の展開過程に関する文献的研究．障害科学研究，31, 137-152.

（2019年9月24日受理）