

かげのしくみに着目した月の満ち欠けの指導

— 研修講座での影と陰の区別を意識した教授方略の実践と評価 —

柳本 高秀

筆者は、平成17年度から、天文分野における空間概念の形成に関する研究を行っている。現在も、筑波大学大学院人間総合科学研究科にて「月・惑星の運動」に関する教授・学習方略について研究を継続中している。本稿では、その中から、当センターの研修講座における月の満ち欠けに関する実践と評価についてその一部を紹介する。

[キーワード] かげの区別 影と陰 月・惑星の運動 空間認識

はじめに

これまで、「月の満ち欠け」の教授学習に関しては、多くの研究がなされてきた。そうした先行研究は、「月の満ち欠け」に関する児童・生徒の認識、その教授法、及び教材に類型化される。認識については、Baxter^{*1)}や宮脇・南部^{*2)}が調査により、科学的に妥当な概念を抱いている児童・生徒もいるが、その数はかなり少ない実態を報告している。

また、教授法については、様々な先行研究が存在し、例えば、福岡・石井^{*3)}は、実践的研究を踏まえて、太陽・地球・月の相対的な運動を小学校で指導することは難しく、小・中学校を通して、系統的に月の満ち欠けに関して教授することで、空間の認識を形成する必要性があること、また、丹羽らは、月の満ち欠け現象のしくみを教授する前提として、月の観察活動が不可欠であるとし、月を定期的継続的に観察することから、月の満ち欠けのしくみを、児童自らが探究しようとする態度の育成が必要であるとしている。教材の開発については、小林ら^{*4)}が、月の自転や公転を理解するためのモデルを開発し、実証的にその有効性を検証している。高野^{*5)}は、スチロール製の丸水槽を加工した月の満ち欠けのシミュレーション教材を開発し、簡単で小規模な装置でも、容易に月の満ち欠け現象を再現できることを報告している。ま

た、加藤・西尾^{*6)}は、地球儀とCCDカメラを組み込んだ天体モデルを活用することにより、地球と宇宙双方からの相対運動の視点を獲得できる、と提案している。

こうした先行研究を総括すれば、月の満ち欠け現象の理解不十分の原因を、視点移動能力や関連する科学的知識の不足に求め、その克服には、適切な教材開発や身近な事象と地球・宇宙全体の関連づけによる概念形成が必要であることを指摘している。

しかしながら、これまでの教育課程状況調査等の結果や先行研究に見られるように、上記のような問題点とその改善点が繰り返し指摘されているものの、現在でも根本的な解決には至っていないのが現状である。

そこで本研究では、「月の満ち欠け」の理解の鍵を握る重要な視点と目される「かげのしくみ」に着目し、実践的・実証的研究を行うものである。なお、本研究では、「影」、「陰」、「かげ」を区別して用いている。「影」は、光源に照らされている物体によって光が遮られ、光源とは反対側に物体の外にできる暗部を示している。一方、「陰」は、光源に照らされている物体の形状によって、光源の反対側に物体そのものの表面にできる暗部を示している。この両者を包括している場合、「かげ」を用いている^{*7)}

1 本研究の目的

本研究の目的は、受講者の質問紙調査等から、かげのしくみに着目した月の満ち欠けの教授方略の評価を行うことである。

2 本研究の方法

筆者は、平成23、24年度の小学校講座において、月の満ち欠けに関する内容を授業の流れに沿った形で指導案を示しながら実施した。講座後に、受講者に対し簡単な質問紙調査ならびにインタビュー調査を依頼した。なお、月の満ち欠けの内容を扱った研修講座は以下の通りである。

- ・小学校理科観察・実験の基礎
- ・小学校理科（高学年）
- ・小学校理科（系統別A）
- ・特別研修講座（小学校講座I；月と星）

上記講座の受講者53名から、質問紙調査を回収することができた。また、数名にインタビュー調査を行った。

なお、質問紙調査の内容は以下の通りである。

表1 受講者に対する質問紙調査

<p>Q1. 講座で扱った月の満ち欠けの授業案を学校でも活用しようと思いますか？ 以下の4つから選んでください。</p> <p>a, 積極的に活用したい</p> <p>b, 機会があれば活用したい</p> <p>c, あまり活用する気持ちはない</p> <p>d, 全く活用する気持ちはない</p> <p>Q2. 上記の理由を簡単に記述してください。</p>

3 月の満ち欠けの教授方略

表2 月の満ち欠けの内容構成

	内容構成
1時間目	月に関する疑問と月の満ち欠け
2時間目	半月の動き
3時間目	満月の動き
4時間目	月の動きのまとめ
5時間目	光とかげ
6時間目	月の見え方の変化とそのわけ
7時間目	太陽一月一地球の動きと月の満ち欠け

本研究における月の満ち欠けの教授方略は、表2のように、月と太陽の単元（小学校6年生）7時間から構成される。研修講座においては、その教授方略の中から、5、6時間目にあたる、「光とかげ」、「月の見え方の変化とそのわけ」の2時間分の内容について実施した。

(1) 光とかげの授業内容

表3 「光とかげ」の学習指導案（略案）

	教授活動	学習活動
導入	・小3で行った「日なたと日かげ」の復習	・太陽と影の位置に関する問題に答える。
展開	・光と陰のでき方の学習 (光っているものの「自分で光っているもの(光源)」と「光を受けてそれが輝いて見えるもの(反射物)」の区別を定義する。) ・ライトと様々な立体を使い、陰のでき方の観察をさせる。 ・球にできている反射面と陰に特に注目させる。	・光源と反射物の違いを、ワークシートに記入する。 ・グループ活動により、様々な反射物(球や立方体)にライトで光を当て、その立体そのものにできている陰の様子を観察し、ワークシートに記入する。 ・球に関して、半球状の反射面と、そのほかの暗部である陰に注目し、結果を記入する。
まとめ	・「自ら光るもの」と「光を受けて輝いているもの」の区別、球体にできている「半球状の反射面と陰」について確認させる。	・まとめの問題を解く。

「光とかげ」の授業は、月の満ち欠けの理解に必要である月の反射の認識の形成を目指している。まず、授業の導入においては、「日なたと日かげ」（小3扱い）の復習を行っている。ここで児童は、影とはどのようなものか、すなわち、「影は太陽と反対側にできること」、「影は太陽の動きとともに移動すること」を復習を通じて再認識する。本授業における学習活動の中心は、光と陰のでき方の実験にある。この実験を行う前に、二つの定義を行った。まず一つ目は光源と反射物の区別^{*8)}、二つ目は影と陰の区別についてである。定義を行う理由は、ライトと球を太陽と月に見立てて実験を行うことで、光源とは自ら光っているもの（太陽）で、球はライトからの光を受けて輝いているもの（月）であること、つまり太陽と月との関係を理解させるためである。さらに、球体（月）に

ある半球状の反射面以外の暗部である「陰」に着目し、多視点からの球体の観察による陰の形の変化から、月相の変化の理由を理解させるねらいがある。

観察では教室を暗くし、球、円錐、立方体、直方体にライトで光を当てることで、その立体にできる陰に着目させた。



図1 球にできている反射面と陰

その際、全員の児童にライトと対象物に対して真横の方向（ライトと対象物を結ぶ延長線と直角方向）から対象物を観察させた。球体では、半球状の反射面と、そのほかの陰の部分がはっきりと確認できる。球にできているこの反射面と陰のしくみが、月の満ち欠け現象を理解する上での基本になっていることを学習させる構成になっている。

子どもは、身の回りにある自ら光を出すものと、自ら光は出さないが光を受けて（反射して）見えるものは区別できる。しかし、「なぜ、月は自ら光を放っていないのか」の指導は、例えば「なぜ、太陽は光を放っているか」の指導と不可分で、これは小学校の内容としては難しい。太陽が「自ら光っている」理由と月が「自ら光っていない」理由の扱いを、小学生が理解するには困難であると思われる。そのために、むしろ本時の授業では、月は自分では光を出さなくとも、反射によって光って見えることの意味を求めた。

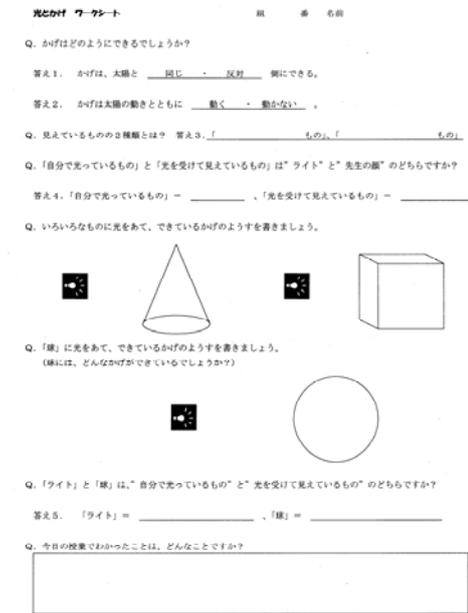


図2 「光とかげ」ワークシート

(2) 月の見え方の変化とそのわけ

表4 「月の見え方の変化とそのわけ」の学習指導案（略案）

	教授活動	学習活動
導入	<ul style="list-style-type: none"> 夏休みに行った観察からの、月の形を確認させる。 月相の順序の認識させる。 	<ul style="list-style-type: none"> 夏休み中の観察記録からの、月の形の発表。 8つの月齢を、満ち欠けの順番に並べる。
展開	<ul style="list-style-type: none"> 月のモデルによる、見え方の再現 太陽一月モデルによる、8つの月の見え方の再現 月の満ち欠けのモデル演示 バランスボールに強力ライトで光を照射する。半球状の反射面と陰をつくる。 	<ul style="list-style-type: none"> 反射面と陰がそれぞれ半球状に分かれている月のモデルを使い、上記で確認した8つの月の見え方が再現できるかを多視点から観察する。 太陽に対して月の反射面が垂直になるようにモデルをセットし、8つの方向（“1～8番”）から、異なった月齢の月（8つの形）がどこで見ることができるのかを観察し、その形を記録する。 ボールにできた反射面を、光源ーボールの垂直方向から観察した後、他の位置からも観察し、その形の違いを確認する。
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> 月は太陽の光を反射していること、その反射面を様々な視点から観察することで、月の形が変化していることをまとめる。 	<ul style="list-style-type: none"> 月の形が変化している理由を、ワークシートに記入する。

「月の見え方の変化とそのわけ」の授業の目標は、「球体にできている半球状の反射面」（光とかげの授業で実施）がいろいろな視点で見ることによって、様々な形に変化することを理解することである。この内容は月相の変化に対応

している。本時は、児童が月モデルにおける反射面と陰を意識しつつ、さまざまな視点で観察を実施することで、月の満ち欠け現象を理解する内容である。本時におけるモデル化の特徴は、太陽一月の位置関係を固定し、地球（観測者）を移動させていることである。これまで国内の月の満ち欠け現象の理解に関する研究においては、太陽－地球を固定し月を移動させるモデル化が一般的であり、本研究におけるようなモデル化は少ない*9)*10)。

授業者は児童に対し、授業の導入において、夏休みの観察記録をもとに、月の形とその順番の確認を行わせた。ここでは、本授業で対象となる8つの月の形を再認識させるねらいがある。

本授業における、太陽一月モデルを使用した月の見え方の再現においては、月のモデルの下にある用紙に、月モデルを中心とした45°ごとの放射線が引かれ、そのそれぞれに1から8の観察点を示している。

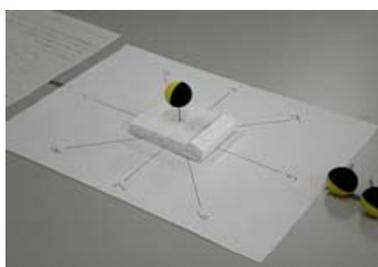


図3 月のモデル

このモデルは、8カ所から月のモデルを観察することで、授業のはじめに確認した8つの月の形と対応させる内容となっている。続いて、授業の後半では、強力なライトと大型の球を使って月の満ち欠け現象のモデル演示を行った。これは、太陽一月モデルの実験を大型化し実際の光を当てることで、より現実味をもたせるためである。また、大型の球にできている反射面と陰の部分を様々な視点から観察させることで、反射面の形が変化していることを児童に実感させる演示実験となっている。この演示実験

は、月の満ち欠けの基本となる反射の認識の形成を目指している。

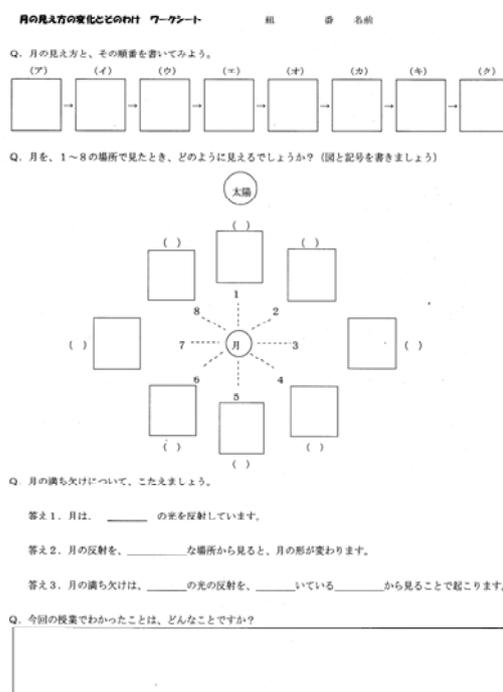


図4 「月の見え方の変化とそのわけ」のワークシート

4 講座での指導案の紹介

研修講座においては、月の満ち欠けに関して、「光とかげ」(表2)、「月の見え方とそのわけ」(表3)の学習指導案の紹介を、授業内で実際に使用する月のモデル(図3)、ならびにワークシート(図2, 4)を用いながら行った。



図5 月のモデルを使った授業内容の紹介

5 受講者への質問紙調査・インタビュー調査の結果

(1) 質問紙調査の結果

Q1. 講座で扱った月の満ち欠けの指導案を、学校でも活用しようと思いますか。

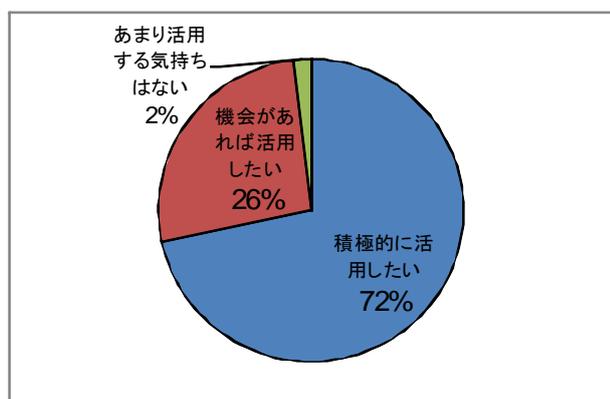


図6 Q1の結果

Q2. 「Q1の理由を簡単に記述してください。」
の自由記述の回答結果(回答の一部)

- ・月の欠け方は、実験器具を使ってもわかりにくいところがあるが、今回の方法が簡単でわかりやすかった。
- ・月の満ち欠けの指導を苦手としていたが、今回の授業案はとてもわかりやすかった。
- ・月の満ち欠けの理解は難しいところなので、さらに良い指導法を知りたくなった。
- ・教材づくりだけでなく、具体的な指導案を示していただけて参考になった。
- ・月の満ち欠けの教え方は、大変ためになりました。今年は是非この方法でやりたいです。
- ・月と太陽の学習は苦手意識が強かったのですが、授業の進め方がわかりとても勉強になりました。
- ・月の変化の仕方について、自分が理解できた。月の模型を自分でも作ってみたいと思いました。
- ・月の満ち欠けを新しい授業法で子ども達にわかりやすく指導できそう。

- ・月の見え方のしくみがよくわかった。もう授業をするのが大丈夫な気がします。
- ・月と地球、太陽の位置関係をととてもわかりやすく教えていただき勉強になりました。月のモデルも簡単に作れそうなので、取り入れたいと思います。
- ・月の満ち欠けを納得して学ぶことができた。これを子ども達に伝えられるように、指導案で勉強したいと思います。
- ・月の満ち欠けを教える自信ができました。
- ・月の満ち欠けのしくみは、いつも説明するのが難しいと考えていましたが、実際に学べてよかったです。

(2) インタビュー調査の結果

受講者の数名に、指導案に関するインタビュー調査を行った。その中から代表的な回答のいくつかを紹介する。

- ・いままで月を移動させる教え方をしていたが、月を固定している方法は斬新だ。ぜひ授業で扱ってみたい。
- ・上弦の月と下弦の月のちがいを教えるのが難しかったが、今回の月モデルを使用したら指導できそう。
- ・小学校では、天動説で教えているが、そのことと月が固定しているモデルとでは、子どもに混乱をおこすのではないかと。
- ・これまで月が光っていることは教えていたが、かげの存在は全く扱ってこなかった。球体の月にできている反射とかげの部分を意識させることは、多くの子どもの視点移動を助けることになると思う。
- ・太陽と月と地球の位置関係を説明する時、今回紹介された方法は、児童に対して説得力があると思う。

6 教授方略の評価

筆者はこれまで、本教授方略の児童に対する効果は測定しているが、教師の評価はなされて

いない。先行研究によれば、天文現象の教授に苦手意識を持つ教員が数多く存在することが報告され、その原因は教師自身の、月の満ち欠けを中心とした基礎的な天文現象の理解不足にあると指摘されている^{*11)}。

図6からは、講座内で紹介した「光とかけ」、
「月の見え方の変化とそのわけ」の指導案を、積極的に活用したいと回答した教員が、72%にのぼった。機会があれば活用したいと回答した教員を含めると、ほとんどの教員が肯定的な評価をしている。

自由記述の内容からは、前述の先行研究にあるような、教師自身に存在する月の満ち欠け現象への苦手意識が、教授活動を困難にしていた状態が伺われる。「この方法なら、わかりやすく授業ができそう」という意見を述べている教員が多いことから、本教授方略が、多くの教師の月の満ち欠け現象への理解を促進し、授業者となった際、児童へ説得力のある授業展開をもたらしていく可能性が大いに示唆される。

課題としては、インタビュー調査の結果にあるように、すでに地動説の宇宙観が完全にできあがっている児童がいる場合、月のまわりを地球が動いている本方略での月モデルが、これまでの概念との葛藤を生む可能性がある。結果的には、月を固定し地球を動かすことと、その逆を行うことは宇宙空間では相対的な関係で同様の結果となるが、そのこと（天動説と地動説の関係）を小学校段階では扱わないため、月の満ち欠け現象は、太陽・地球・月の相対的な位置関係によって決まることにだけに本方略は焦点化していることを、受講者には詳しく説明していく必要がある。

おわりに

前述のように、月の満ち欠け現象に限らず、地学領域の教授に苦手意識を持つ小・中学校教員が非常に多い実態がある。本研究での調査からも明らかになったことであるが、教師自身の該当単元への苦手意識と、子どもへの指導の困

難性には高い相関関係が示唆される。

これらの理由から、本研究で示したような、学習指導案を中心とした、教材・ワークシート等、授業を総合的に支える教授方略の提供が切に望まれる。これまでも当理科教育センターでは、授業に活用できる教材・学習プログラムの提供を行ってきたが、これからは、教授方略を積極的に受講者へ示し、その評価を実施していくなど、細かな授業の展開をより意識した研修講座の内容構成が、今後益々必要になるものと思われる。

主要参考文献

- 1) Baxter, J.: "Children's conception of earth, sun and moon", *International Journal of Science Education*, Vol. 9, No. 1, pp. 43-53, 1989.
- 2) 宮脇亮介・南部省吾: 「月の満ち欠けについての子供の観念」, 地学教育, Vol. 45, No. 6, pp. 219-226, 1992.
- 3) 福岡勤・石井醇: 「児童の時間・空間概念の形成に関する研究—小学校理科「地球と宇宙」の学習を通して—」, 東京学芸大学紀要, Vol. 44, pp. 107-126, 1992.
- 4) 小林学・土田理・金子丈夫・新井直志・永原恭子・後藤直樹・佐川君子: 「中学校理科天文教材の開発とその試行に関する実践的研究」, 地学教育, Vol. 49, No. 2, pp. 49-60, 1996.
- 5) 高野信哉: 「月の満ち欠けを手軽にシミュレートできる教具の開発」, 理科の教育, Vol. 52, No. 12, pp. 56-59, 2003, 東洋館出版社.
- 6) 加藤源也・西尾健一: 「生徒の視点を地球の外に移して考えさせる「地球と宇宙」の指導」, 理科の教育, Vol. 52, No. 11, pp. 25-27, 2003, 東洋館出版社.
- 7) 柳本高秀・大高泉: 「月の満ち欠けの理解と2種類のかけ「影と陰」の理解との関係—小学4年生における実態—」, 理科教育学研究, Vol. 49, No. 2, pp. 81-92, 2008.
- 8) Department for Education and Employment・Qualifications and Curriculum Authority: "The National Curriculum Key Stage 1 and 2", p. 81, 1999.
- 9) Qualifications and Curriculum Authority: "Schemes of Work", *Department for Education and Skills*, p. 15, 2006.
- 10) Stahly, S.: "Third Grade Student's Ideas about the Lunar Phases." *Journal of research in science teaching*, Vol. 36, No. 2, p. 164-169, 1999.
- 11) Ogan-Bekiroglu, F.: "Effects of Model-based Teaching on Pre-serve Physics Teachers' Conceptions of the Moon, Moon Phases, and Other Lunar Phenomena." *International Journal of Science Education*, Vol. 29, No. 5, pp. 555-593, 2007.

(やなぎもと たかひで 地学研究班)