



「月の満ち欠け」に関する教員養成課程の大学生の 概念

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-03-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 柚木, 朋也 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00006194

「月の満ち欠け」に関する教員養成課程の大学生の概念

柚木 朋也

北海道教育大学札幌校理科教育研究室

Ideas of University Students of the Teacher-Training Course about the Lunar Phases

YUNOKI Tomoya

Department of Education, Sapporo Campus, Hokkaido University of Education

概 要

本研究では、教員養成課程における大学生を対象に「月の満ち欠け」に関する調査を行い、その結果について考察した。「月の満ち欠け」は、以前からミスコンセプションの一つとして研究され、指導が困難な内容の一つであることが知られている。今回の調査の結果、「月の満ち欠け」を明確に説明できる大学生は1割程度であり、「月食」を説明できる大学生は2割程度であることが明らかになった。その結果は、過去の他大学の調査結果と同じ傾向を示すものであり、依然として大きな課題があることが明らかになった。そこで、その原因について考察し、改善の手がかりを探った。

I. はじめに

月は観察が可能な身近な天体の一つである。「月の満ち欠け」を学習することは、天体の観察からその構造を理解し、天体のイメージを形成する上で多くの利点がある。しかし、平成11年に告示された学習指導要領では、内容の精選などの理由により、小・中学校において「月の満ち欠け」を扱わなくなった。そのため、現大学生の多くは、小・中学校で「月の満ち欠け」について学習していない。しかし、平成20年に告示された学習指導要領では、小・中学校において「月の満ち欠け」を学習することになった¹⁾²⁾。

「月の満ち欠け」の認識に関しては、多くの調査が行われている。例えば、Baxter(1989)³⁾は、9歳から16歳の生徒を対象に、「月の満ち欠け」を含む4つの天体の概念に関する調査を行っている。その後、調査に関係するものだけでも、Sharp(1996)⁴⁾、Parker and Heywood(1998)⁵⁾、Stahly, Krockover and Shepardson(1999)⁶⁾、Abell(2001)⁷⁾、Trumper(2001a, 2001b, 2006)⁸⁾、Barnett and Morran(2002)⁹⁾、Trundle, Atwood and Christophe(2002, 2006, 2007a, 2007b)¹⁰⁾、Brunsell and Marcks(2007)¹¹⁾、KÜCÜKÖZER(2007)¹²⁾、Bayraktar(2009)¹³⁾、Aydenniz and Brown(2010)¹⁴⁾、Bryce and

Blown (2013)¹⁵⁾などをはじめ多くの研究がある。日本においても、宮脇・南部 (1992)¹⁶⁾は、小学校第3学年から第6学年の児童、及び教員養成大学の2年生(理科専攻学生及び非理科専攻学生)を対象に調査を行っている。また、川上ほか5名(2002)¹⁷⁾、伊藤・千田・田原 (2007)¹⁸⁾、柳本・大高 (2008)¹⁹⁾、宮脇・吉村 (2009)²⁰⁾、荻原・小林 (2010)²¹⁾などの調査結果がある。調査方法や調査対象により差異はあるものの、小・中学生から大学生のレベルにおいて、月の満ち欠けに関して科学的に適切な概念をもっている割合は少ないことが明らかにされている。また、教員のレベルにおいてさえ、適切な概念をもっているとは限らないという切実な問題があることが明らかになっている (Parker and Heywood (1998)²²⁾、Bryce and Blown (2013)²³⁾)。そこで、本稿では、月の満ち欠けを将来指導することになるであろう教育学部の大学生を対象に調査を行い、その結果について検討した。

II. 教員養成課程の大学生を対象とした調査について

1 調査方法

調査用紙は、伊藤・千田・田原 (2007) により1976年と2006年に宇都宮大学(以下U大学)で使用された調査問題のうち、「天文基本調査2006」の一部(5ページ中2ページ)を利用した(資料1)。

ここで、U大学の調査について、簡潔に述べておく。1976年の「天文基本調査」は、全21問で、すべてが選択肢式の設問であった。教育学部の小学校教科専門科目「自然科学概論」の一環として実施され、178名を対象とした。2006年の「天文基本調査2006」は、1976年の「天文基本調査」と基本的に同一であるが、記述式の問題を追加したり、選択肢を適切なものに変更したりしている。「教師入門セミナー」において実施され、教育学部の1年生212名と他学部の1～3年生119名を対象とした²⁴⁾。

2 調査対象

北海道教育大学札幌校(以下H大学)で平成24年度後期に開講された小学校理科教育法A、Bの受講生のうち、事前、事後調査両方に回答した3年生203名を対象とした。

A 144名(男子52名、女子92名)

B 59名(男子28名、女子31名)

なお、調査実施日は次のとおりである。

A 事前2013年1月23日、事後1月23日

B 事前2013年1月11日、事後1月25日

3 調査結果と考察

(1) 星の観察などの経験について

図1は天体の観察経験についての設問[2]～[5]の結果をU大学1976年、U大学2006年、H大学2013年についてまとめたものである。

H大学2013年の結果をU大学2006年の結果と比較する。「北極星」、「北斗七星」、「オリオン座」については、有意に低くなっている(フィッシャーの正確確率検定による両側検定、「北極星」、「北斗七星」、「オリオン座」のすべてで $p < 0.001$ であり、 $p < 0.05$)²⁵⁾。一方、「望遠鏡や双眼鏡で月を観察したことがあるか」については、有意な差は認められなかった($p = 0.27 > 0.05$)。また、「月食」については、2006年よりはやや高いという、有意傾向が見られた($p = 0.074 < 0.1$)。

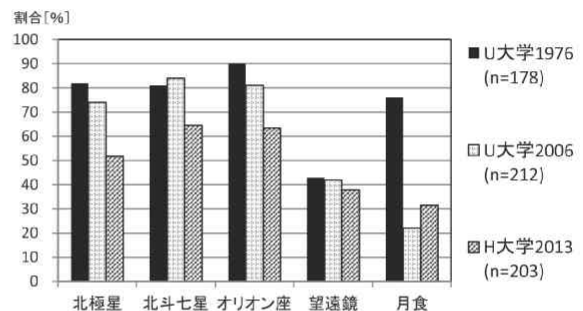


図1 星や月の観察経験の有無

「望遠鏡」は「望遠鏡や双眼鏡で月を観察したことがあるか」という問いに対し、「はい」と回答した回答者の割合を示している。

調査年が異なり、単純に比較することはできな

いが、U大学が1976年と2006年で「月食」以外はそれほど大きな差がないことを考慮すると、H大学では天体の観察経験が少ないと考えられる。北海道では、雪や低温のため、冬期の天体観察が難しいことなどが影響している可能性がある。また、H大学の「月食」の結果がU大学2006年よりも高かったのは、2012年6月4日に月食があったことが影響しているものと思われる。なお、全ての項目に関し、男女差については有意な差は見られなかった ($p = 0.32 \sim 0.46 > 0.05$)。

(2) 「月の満ち欠け」について

図2は、設問[7] 1)の月の形を問う問題であり、図3は、その結果を示したものである。

U大学の1976年と2006年の比較では、(5)の正答率が2006年では大きく低下しているが、(1)~(3)は10%程度の低下であり、他は大きな差は見られなかった²⁶⁾。

一方、U大学2006年とH大学2013年との比較では、(1)~(7)の項目で、正答率がほぼ一致している。なお、荻原・小林(2010)によれば、「天文に関する体験や興味・関心等の影響が示唆されたのは、月の形の見え方に関する理解のみで、天体の日周運動に関する理解への影響は見られなかった。」²⁷⁾ことが報告されている。しかし、オリオン座と北斗七星の両方を観察した大学生と両方とも観

[7] 1) 月の形は満ち欠けによっていろいろ変化します。実際にある形はどれでしょう。(1)~(8)のうち、実際に存在すると思うものには○を、ありえないと思うものには×を()の中に入れてください。

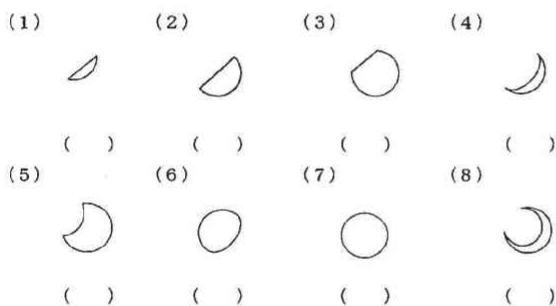


図2 月の形を問う問題

(8)は、U大学が2006年調査において追加した設問である。

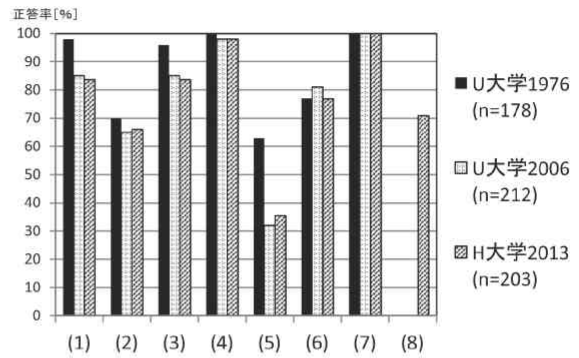


図3 「月の形」の回答結果

横軸の番号は図2を参照のこと。

(8)は、U大学の結果が不明であるため、H大学の結果のみを掲載した。

察していない大学生について、[7]の設問(5)の正答との関係を調べたところ、有意な差は認められなかった(表1, $p = 0.16 > 0.05$)。

この調査では、星座の観察と月の形という直接関係のない対象であったため、有意な差が認められなかったと考えられる。しかし、天体の直接観察と天体への興味・関心とが相関のあることを考慮すると²⁸⁾、星座の観察と月の形の正答率との間に有意な差が認められなかったことは、天体領域における課題の一つと考えられる。単に興味や関心があるだけでは、正しい認識が得られるとは限らないのかもしれない。

表1 オリオン座と北斗七星の両方を観察した大学生と両方とも観察していない大学生の(5)の回答

	(5)正解 (人)	(5)不正解 (人)	正解率 (%)
オリオン座と北斗七星の両方を観察	39	64	37.9
オリオン座と北斗七星の両方とも観察していない	18	16	52.9

さて、(5)の正答率について、伊東・千田・田原(2007)は、「(5)は1976にも正答率が低かった枝間であるが、月の満ち欠けの際にはあり得ず、月食の時に見られる月の形である。・・・すなわち、2006年の回答者の中には、月の満ち欠けと月食の

仕組みの違いを理解していないものが多数いるものと推測される。」²⁹⁾と考察している。

一方、(7)の満月、(4)の三日月は正答率が高いが、(2)の半月は、(5)に次いで正答率が低くなっている。「月食」との混同が主たる原因だとすれば、(6)よりも正答率が低くなることはないと思われる。そのため、「月食」と混同しているだけではなく、様々な要因が関係していると考えられる。

図4は、[7] 2)の自由記述の問題「月の満ち欠けはなぜ起こると思いますか。」について、その結果をU大学と同じ観点でまとめたものである。

「反射」と「位置関係」に着目すると、U大学とH大学では、ほとんど同じ傾向を示している。H大学では、「反射」と「位置関係」の両方を記述した大学生は19.7%(40/203)である。しかし、正しい説明を記述できた大学生は8.4%(17/203)に過ぎず、説明文を論理的に書けないという課題が明らかになった。なお、男女では、男子の方が「反射」と「位置関係」の両方を記述した率(男子25%、女子16%)は高かったが、統計的に有意な差は認められなかった($p = 0.17 > 0.05$)。

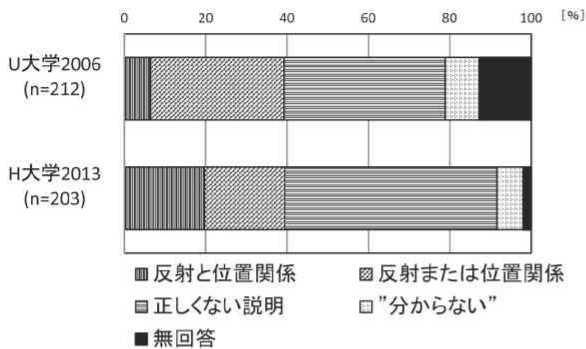


図4 「月の満ち欠け」の説明

「月の満ち欠け」についての正しい科学的概念をもっている学生が少ないことは、日本だけに限らない。例えば、Parker and Heywood (1998)によれば、アメリカの大学院生を対象に図と注釈で説明する調査を行った結果、「月の満ち欠け」に関して科学的に正しい説明ができた大学院生は9.8%(4/41)であった³⁰⁾。また、Trundle,

Atwood, Christopher (2002)によれば、アメリカの小学校教員予定の大学生を対象に「月の満ち欠け」についてインタビュー方式で調査を行った結果、科学的に正しい理解をしている大学生は、4.8%(2/42)であった³¹⁾。

ここで誤答について考察する。図5は、正しくない説明を記述した回答の中から、同じ内容を3名以上が答えた回答をまとめたものである。

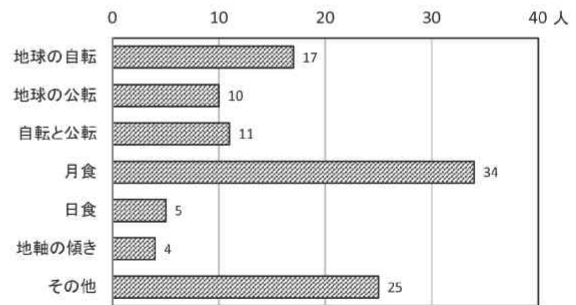


図5 「月の満ち欠け」の理由の誤答
正しくない説明(106名)を分類して示した。

Baxterの分類(a 雲が月の一部を覆う, b 惑星の影, c 太陽の影, d 地球の影, e 正しい認識) 32)によれば、年齢が大きくなっても誤答としてdが多いことが指摘されている。今回の調査においても「d 地球の影」、すなわち月食との混同が16.7%(34/203)と最も多く、「a 雲が月の一部を覆う」、「b 惑星の影」はそれぞれ1%以下(2/203)であった。しかし、「日食」や「地軸の傾き」を原因とした回答も複数あり、問題の重要性を物語っている。傾向としては、「地球が自転しているから」や「地球の影に入ると欠ける」などの単一の回答が目立った。また、「地球は自転していてその関係で月が太陽に当たっている部分は見えるし、当たっていない部分は見えない。」や「太陽の光が反射して月が見えているが、太陽と月との間に地球があるため、そのため、月に太陽光が当たらない部分ができるため。また、自転や公転のためそれらは変化する。」などのように意味が不明確な回答も多く見られた。

今回の調査の分析で着目すべき回答は、地球の運動(自転、公転)に結び付ける回答があわせて

18.7% (38/203) あったことである。例えば、KÜCÜKÖZER (2007) によれば、トルコの Balikesir 大学の科学教育部の大学生 (天文学の講義を受けていない大学生) を対象とした自由記述による調査の結果は、月食との混同が30%、地球の運動が18%であった³³⁾。また、Trundle, Atwood, Christopher (2002) によれば、アメリカの小学校教員予定の大学生を対象に「月の満ち欠け」についてインタビュー方式で調査を行った結果は、「月食との混同」が31.0% (13/42), 「地球の自転」が11.9% (5/42) であった³⁴⁾。

このように、大学生を対象とした調査では、雲や惑星ではなく、地球の運動を理由とする回答が多くなっている。ただし、自転や公転などを理由として回答するのは、必ずしも大学生に限らない。例えば、柳本・大高(2008)では、小学校4年生を対象とした調査分析において、その割合は2.0%と少ないものの「地球の運動」についての回答が見られることが報告されている。そして、「これまでの研究において着目されなかった月の満ち欠けの理由として、「地球や月の運動だけを理由としてあげるタイプ」に着目する必要がある。この時期の児童の多くは、太陽-月-地球の相対運動の学習経験をもたず、一つの天体だけに注目し、「月の満ち欠け」の理由を考えたものと言える。」³⁵⁾と述べている。Sharp (1996) によれば、イギリスの小学生のインタビュー調査を行った結果からも、「地球の自転」という回答が7.1% (3/42) と少ないながらも現れている³⁶⁾。

今回の調査の結果から、小学生に比べて大学生では、「地球の運動」が増加する傾向が見られる。原因としては、天体 (地球の運動) に対する知識が増加したことにより、低年齢で多かった「雲が月の一部を覆う」や「惑星の影」などがあり得ないものとして認識されたこと、また、質問の方法が記述式であったため、所持している知識をとりあえず「月の満ち欠け」の原因として記述していることなどが考えられる。

(3) 「月食」について

ここで、混同の多かった月食についての説明に

ついて検討する。

設問 [4] 2) では、月食に関する知識、理解を「月食とはどのような現象だと思いますか。」と自由記述で問うている。図6は、その結果をまとめたものである。ここでも、U大学2006年とほぼ同様の傾向が見られた。

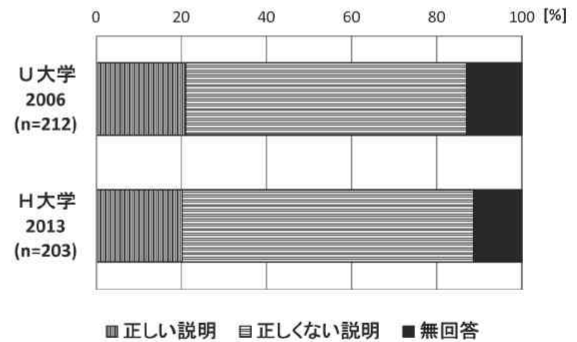


図6 「月食」の理由の回答

H大学の正答率は20.2% (41/203) であった。男子の方が正答率が高かったが (男子25.0%, 女子17.5%), 有意な差は認められなかった ($p = 0.21 > 0.05$)。なお、説明が不十分であるものの月食について理解しているであろうと思われる回答を含めても、29.1% (59/203) であった。

図7は、正しくない説明を記述した内容をまとめたものである。なお、ここでは、「月と太陽の間に地球がくる」など説明としては、不十分であるが、理解できているであろうと思われる回答は省いている。

「a 日食との混同」が多く、誤答の約6割を占めている。「b 他天体の影」について、「他天体」としては、「小惑星」「惑星」「星」「太陽」「何らかの星」などが記述されていた。地球と月の間に他の天体が存在すると考える大学生がいることは驚きである。また、「c 月が欠ける、見えなくなる」については、設問の適切性の問題もあるが、理解していないと判断した。その他には、「月が太陽のかけに入る」「月の光が何かでさえぎられる」「地球が自転している」「月の輪がみえる」などをはじめ不明瞭な回答があった。

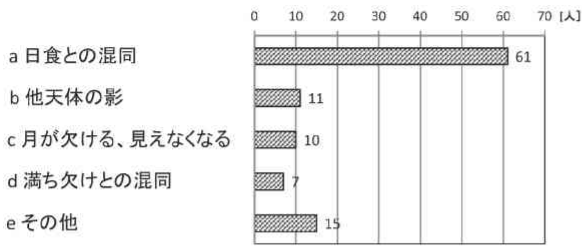


図7 「月食」の理由の誤答の内容
正しくない説明(104名)を分類して示した。

これらのことから、H大学においては、「月食」について正しく説明できる大学生は約2割であり、「月食」を正しく理解している大学生は約3割であることが明らかになった。また、「月食」を「日食」と混同している大学生は、全体の約3割であり、自転、公転や地球、月、太陽、惑星などの構造を理解していない大学生が存在することが明らかになった。

U大学の1976年と2006年との比較からも明らかのように、学習指導要領との関係は否定できない。しかし、学習指導要領の問題だけで解決できる問題でないことは明らかである³⁷⁾。また、このことは「月の満ち欠け」に限ったことではなく、将来教員となる学生の理科に関する資質向上の必要性を示している³⁸⁾。

Ⅲ 「月の満ち欠け」の説明について

1 説明の基準について

今回の調査を受けて、「月」についての授業を行った。しかし、「月の満ち欠け」を言葉で説明することは、それほど容易でないことが明らかになった。

まず、Trundle, Atwood, Christopher (2002)の調査では、次の4点を含まれるべき科学的説明の基準としてあげている³⁹⁾。

- a 月の半分が太陽によって照らされている
- b 地球からは、照らし出された半球が経時的に変化して見える
- c 地球、太陽、月の相対的な位置が、照らし出された半球の地球からの見え方を決める

d 月が地球の周りを公転している

そして、伊藤・千田・田原(2007)では、「反射」と「位置関係」という2つの観点から分析している。今回の調査では、比較のために、この観点からの分析を中心に行った。

しかし、「月の満ち欠け」を説明するに当たっては、その前提となる知識をどのように設定するかが重要であり、そのことによって説明が変わることに注意すべきである。

2 教科書の記述について

表2、表3は、それぞれ小学校と中学校の教科書の中から「月の満ち欠け」に関する記述を抜き出したものである。一部を抜き出したため、必ずしも文意がすべてを表しているとは限らないが、若干の検討を行うこととする。

表2 小学校第6学年の理科教科書における「月の満ち欠け」に関する記述⁴⁰⁾

教科書	月の満ち欠けの説明
A	実験1で、ボールを動かすとボールと電灯の位置関係が変わり、光が当たった部分の見え方が変わった。このことから、月の形の見え方が日によって変わるのは、 <u>月と太陽の位置関係が変わるからだと考えられる。</u>
B	月の形が日によって変わって見えるのは、 <u>太陽と月との位置の関係が変化し、太陽の光を反射している部分の見えかたが、変わるからです。</u>
C	月の形が、日によって変わって見えるのは、 <u>太陽と月の位置関係が毎日少しずつ変わっていくため、太陽の光が当たって明るく見えるところが、少しずつ変わるからである。</u>
D	月の形が日によって変わって見えるのは、 <u>月と太陽の位置関係が変わり、月への太陽の光のあたり方が変わるからである。</u>
E	月は、太陽の近くに見えるときは形が細くなり、太陽からはなれて見えるときは形が丸くなります。このように、月の見える形は、 <u>地球から見た月と太陽の位置関係によって決まります。</u>

(下線は筆者による)

表3 中学校第3学年の理科教科書における「月の満ち欠け」に関する記述⁴¹⁾

教科書	月の満ち欠けの説明
F	夕方に西の空に見えた三日月が、日が進むにつれて、半月（上弦の月）、満月へと形が変わるのは、月が地球のまわりを公転することによって、図63のように、 <u>太陽・月・地球の位置関係が変わり、月のかがやいて見える部分</u> が変化するためである。
G	このように月の位置と形が変わるのは、図10のように <u>太陽・月・地球の位置関係</u> が変わるからである。
H	月は球体で自ら光を出さず、太陽の光を反射して光っている。月の表面の半分には常に太陽の光が当たっているが、地球のまわりを回っているため、 <u>地球からは、月の光って見える部分の見え方</u> が変わっていく。月の形が周期的に変わって見えるのはこのためである。
I	月は太陽と同じように球形であり、地球のまわりを回っている。これを月の公転という。月は太陽の光を受けて反射して光っているので、 <u>光のあたっているところだけが輝き、光のあたり方で形が変わって見える。</u>
J	月が満ち欠けをするのは、図5のように、 <u>月が太陽の光を反射しながら地球のまわりを回り、地球から見た光が当たっている部分</u> が変化するためである。

（下線は筆者による）

まず、小学校と中学校では、学習指導要領での取り扱いに違いがあり、小学校第6学年では、次のように記述されている。

「月の満ち欠け」に関しては、第6学年の「B 生命・地球 (5) 月と太陽」で主として扱う⁴²⁾。

(5) 月と太陽

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。

イ 月の表面の様子は、太陽と違いがあるこ

と。

なお、「ただし、地球から見た太陽と月の位置関係で扱うものとする。なお、地球の外から月や太陽を見る見方については、中学校第3学年第2分野「(6)地球と宇宙」で扱う⁴³⁾とある。

一方、中学校第3学年第2分野「(6)地球と宇宙」では、次のように記述されている⁴⁴⁾。

イ 太陽系と恒星

(イ) 月の運動と見え方

月の観察を行い、その観察記録や資料に基づいて、月の公転と見え方を関連付けてとらえること。

小学校の学習との違いは、「観察者の視点(位置)を移動させ、太陽、月、地球を俯瞰するような視点から考えさせることが大切である。」⁴⁵⁾という点である。小学校では、地球の動きも含めた月の公転など太陽系のシステムについては学習せず、太陽と月の位置関係によって月の形の見え方が変わることにとどめている。これらのことに注意しながら、教科書の記述について考察する。

小学校の教科書では、学習指導要領にある「太陽と月の位置関係」については記述されているものの、なぜ「月が満ち欠け」するのかについての説明が必ずしも十分でないものもあると思われる。これは、学習指導要領と関わる問題である。また、説明は教科書によって若干違った印象を受ける。例えば、Aは、実験とのアナロジーで文の不足を補っている。また、Bは、「太陽の光を反射している部分の見えかたが」と言う表現を入れることで、その部分を補っている。Cは、「太陽の光が当たって明るく見えるところが、少しずつ変わるからである」と記述されている。太陽の光が当たって明るく見えるところという記述を入れたことは評価できるが、明るく見えるところが変わるという表現を学習者はどのようにとらえるのであろうか。Dは、「月への太陽の光のあたり方が変わる」となっている。これも、Cと同様、学

習者のとらえかたが問題になると思われる。Eは、Aと似た形で、事実の説明をアナロジー的使用している。「地球から見た」という視点を入れている点と異なっている。A～Dは、すべてそのことは当然の前提として含んでいるのであるが、言葉として入れた方が良いのか、入れない方が良いのかは難しいところである。

さて、中学校の説明について考察する。「月の公転」との関係付けについては記述されているものの、なぜ「月が満ち欠け」するのかについての明確な説明は必ずしも十分ではないものもあると思われる。

F, G, Jは、「図のように」と説明の中に図を利用して説明していることが特色である。Fは「月のかがやいて見える部分に変化する」、Jは「地球から見た光があたっている部分に変化する」と記述されている。これは、Cとよく似た表現であるが、見方を変えれば、説明として成立していない。なぜならば、月の輝いて見える部分に変化することがすなわち「月の満ち欠け」であり、その理由を説明していることにはならないからである。Jは、さらに「地球から見た」と入れたために、理解しづらい表現になっていると思われる。Gは、「太陽・月・地球の位置関係が変わる」と簡潔に記述されている。結局、F, G, Jは図に依存することで、文として明確な説明にはなっていない。

Hは、「地球からは月の光って見える部分の見え方が変わっていく」とあり、「見え方」が変わることが明記されている。Iは「光のあたり方で形が変わって見える」と記述されている。「光のあたり方で形が変わって見える」ということは、「光のあたり方が変わる」ということであり、これは、Dと同義になる。「光のあたり方がかわる」ということは、月を固定して考える場合には良いが、月の公転を考慮する場合にはイメージしづらく、難しい表現である。球形の月に光があたると常に太陽側の半球に光が当たっているが、月を見る位置により、光っている部分の「見え方」が異なる点を明確に示した方がより理解しやすいと考

える。

いずれにしても、説明がそれほど容易でないことは明らかである。「月の満ち欠け」の説明は複合的であり、前提をどの程度に設定するかなどによっても説明が変化するため、適切な説明が困難なのである。そして、このことが「月の満ち欠け」の理解をより難しくしていると考えられる。

3 大学生を対象とした説明について

大学生を対象とする場合、月についての次の知識が前提として受け入れられているあるいは受け入れることが可能であると思われる。

- ① 月の形は球であるが、太陽光を受けた半球のみが輝いて見えること。
- ② 月は地球のまわりを回っている（公転している）こと。

つまり、太陽は遠方にあるため、その光はほぼ平行であり、月の太陽に近い半球には常に太陽光が当たり、輝いていること、そして、太陽光が当たっている半球は見るができるが、太陽と反対側の半球は、陰になるため暗く、見るができないことを理解しておく必要がある。また、月は約29.5日の周期で地球の周りを1周することから、太陽、地球と月の位置関係が周期的に変化することの理解が必要である。これは、Trundleらの4つの基準でいえば、直接的にはaとdにあたる。問題は、この2点をもとに、地球、太陽、月の位置関係と見え方との関係を説明することである。

月に限らず、光を受けて輝いている球状の物体は、見る位置（角度）が変化することによって見え方が変化する。つまり、①からは、見え方に関わる事実を導き出すことができる。

①' 月（の太陽光を受けて輝いている半球）は、見る位置（角度）が変化することによって見え方が変化する。

これは、Trundleらの4つの基準でいえば、cにあたる。そして、月が公転していることから、月の位置が太陽と地球に対して相対的に変化する（見る位置（角度）が変化する）ことを導き出す

ことができる。

②' 月の公転によって、月の位置が太陽と地球に対して相対的に変化する

これは、Trundleらの4つの基準でいえば、bにあたる。

①'が、「満ち欠けの見え方」の主要な理由となるのであるが、見る位置（角度）が変化するためには、②の月の公転が必要であり、そのことによって、②'月の位置が太陽と地球に対して相対的に変化する必要があるのである。

そこで、「月の満ち欠け」の説明は①、②を前提とした上で、①、②から①'、②'を導き出す必要がある。つまり、

①' 月は、見る位置が変化することによって見え方が変化する。

という文だけでは、「月の満ち欠け」の説明としては不十分である。それは、前提である①、②が必ずしも明確ではないからである。そこで、前提を言葉で補うと、次のようになる。

①' 月（の太陽光を受けて輝いている半球）は、（月の公転により、月の位置が太陽と地球に対して相対的に変化するから）見る位置（角度）が変化することによって見え方が変化する（ため月の満ち欠けが起こる）。

一つの文として整理すると

「月は地球のまわりを公転しているため、地球から見ると、月と太陽の位置関係が変化し、太陽光を受けて輝いている半球の見え方が変化するため満ち欠けが起こる。」

となる。

(4) 授業と事後テスト

以上の考察に基づいて、調査問題の簡単な解説を約30分行った。ここで、解説の補助に使用したのは、次の教材である。

○ 小型望遠鏡による様々な位相の月の写真（三日月、上弦、10日月、満月、下弦）

○ 地球照の写真

○ 日没時に見られる月の位置と位相の図

○ 半分黒く塗ったピンポン玉（実物）

日食、月食、他の問題については、プラネタリ

ウムソフトのstellarium Ver. 0.12.0（Windows版）を使用した。

「月の満ち欠け」の解説では、最初に次の前提を確認した。

① 月の形は球であるが、太陽光を受けた半球のみが輝いて見えること。

② 月は地球のまわりを回っている（公転している）こと。

なお、補助的に次のQ1～Q5の質問とA1～A5の簡潔な解説を行った。

Q1 月は太陽の光を受けて輝いているのか。

A1 月の表面を観察するといろいろな地形を観察することができ、そこには、陰を観察することができる。

Q2 三日月や半月のかけている部分は、本当に月があるのか。

A2 観察を続けていると欠けている部分も次第に観察できるようになるため、単に見えなくなっていると考えられる。また、現象的には、「地球照」などで直接的に知ることも可能である。

Q3 月は球状か。

A3 満月は丸いが、球かどうかを明確に示すことは難しい。一つは、月面の観察でクレーターの形から推測することが可能である。また、月の秤動により、約59%を観察することができるが、その範囲では丸く見える。現在では、地球以外の他の宇宙空間から月を観察することが可能であるので、事実である。

Q4 月の満ち欠けは、地球の影で一部が隠されるためにおこるのか。

A4 もし、Q4が正しいならば、上弦の月以後の形（10日月など）を説明できない。

Q5 月は地球のまわりを公転しているのか。

A5 観察を続けると太陽との位置関係が規則的に変化している。地球が月のまわりを回っているなども考えることもできるが、月が地球のまわりを回っていると考えるのが自然である。

その後、Q6の質問をしたあとA6の解説をピン

ポン玉を使用した演示を行いながら説明した。

Q6 地球から見た場合、月が地球のまわりを公転するにしたがって、月の輝いている半球はどのように見えるのか。

A6 太陽との角度が約 90° , 180° , 約 40° , 約 130° , 0° の場合で考えると、半月, 満月, 三日月, 10日月, 新月の形に見える。月の公転にしたがって、徐々に月の形が変化していく。

授業直後のテストの結果では、「月食とはどのような現象ですか」に関しては、正しく理解していた回答が95.6%であった。しかし、「日食と混同した回答」も203名中6名見られた。

「月の満ち欠けはなぜ起こると思いますか」については、正しく説明できた回答は57.6%であり、理解しているだろうと思われる回答を合わせても約75.9%に留まった。図8は、誤答の内容をまとめたものである。

「月食」や「日食」が大きく減少したが、「地球の自転」が21名とやや増加した。このことは、説明方法と関係していると考えられる。回答内容を見ると、事前調査では、「地球が自転しているから」といった回答が目立ったが、事後テストでは「月は地球の周りを公転しており、太陽の光を受けて半球部分が輝いている。そして地球も自転しているため、太陽、月、地球上の観察地点の位置関係が変化し、月を見る角度が変わるから」や「太陽の光が当たった部分の地球から見る位置が自転によって変わることによる」などの位置関係に着目する回答が目立った。

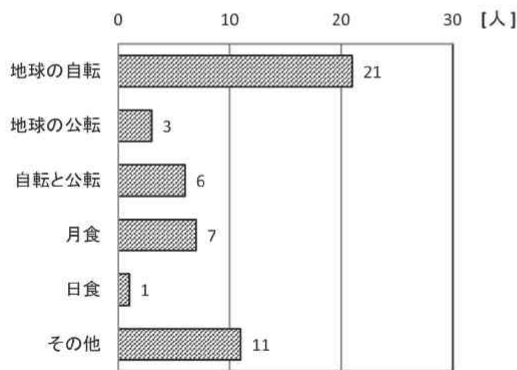


図8 事後テスト「月の満ち欠け」の誤答の内容

100名規模(167名, 72名)の授業と時間の制約があったため、この講義だけでは必ずしも十分な効果を上げることができなかった。また、今後の指導の留意点として、地球の自転や公転の影響など大学生が間違いやすい事柄について具体的に説明をすることが必要であることが明らかになった。しかし、一応の成果が見られ、特に「月食」に関しては、理解度が大きく向上した。また、「月の満ち欠け」についても、「今まで理解していないことが分かったとともに、今回の授業でよく分かり、すっかりした。」といった感想も多かった。

IV. おわりに

今回の調査により、「月の満ち欠け」の指導に関して最も深刻なのは、指導者となる教員の知識不足であることが改めて明らかになった。しかし、適切な授業を行うことによって、問題点はかなり改善できることも明らかになった。それでも、天体の観察から探究的に月の満ち欠けを導くことや理解をより確実にすることなど多くの課題がある。今後は、問題点の分析とさらに効果的な指導法の開発、実践が必要だと思われる。

文献及び注

- 1) 文部科学省：「小学校学習指導要領」, pp. 61- 71, 2008.
- 2) 文部科学省：「中学校学習指導要領」, 東山書房, pp. 65- 73, 2008.
- 3) Baxter, J.: Children's understanding of familiar astronomical events, *International Journal of Science Education*, 11(5), pp. 502-513, 1989.
- 4) Sharp, J.: Children's astronomical beliefs: a preliminary study of Year 6 children in south-west England, *International Journal of Science Education*, 18(6), pp. 685-712, 1996.
- 5) Parker, J. & Heywood, D.: The earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events, *International Journal of Science Education*, 20(5), pp. 503-520, 1998.
- 6) Stahly, L., Krockover, G., & Shepardson, D.: Third Grade Students' Ideas about the Lunar Phases. *Jour-*

- nal of Research in Science Teaching*, 36 (2), pp. 159-177, 1999.
- 7) Abell, S. : "that's what scientists have to do": preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science during a moon investigation, *International Journal of Science Education*, 23, pp. 1095-1109, 2001.
- 8) Trumper, R. : A Cross-Age Study of Junior High School Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts, *International Journal of Science Education*, 23, pp. 1111- 1123, 2001a.
- Trumper, R. : Assessing students' basic astronomy conceptions from junior high school through university, *Australian Science Teachers Journal*, 41, pp.21-31, 2001b.
- Trumper, R. : Teaching future teachers basic astronomy concepts - Sun - Earth - Moon relative movements - at a time of reform in science education, *ArResearch in Science & Technological Education*, 24 (1), pp. 85- 109, 2006.
- 9) Barnett, M & Morran, J. : Addressing children's alternative frameworks of the moon's phases and eclipses, *International Journal of Science Education*, 24, pp. 859-879, 2002.
- 10) Trundle, K. C. , Atwood, R. K. , & Christophe, J. E. : Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Moon Phases before and after Instruction, *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (7), pp. 633-658, 2002.
- Trundle, K. C. , Atwood, R. K. , & Christophe, J. E. : Preservice Elementary Teachers' Knowledge of Observable Moon Phases and Pattern of Change in Phases, *Journal of Science Teacher Education*, 17, pp. 87-101, 2006.
- Trundle, K. C. , Atwood, R. K. , & Christophe, J. E. : A Longitudinal study of Conceptual Change: Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Moon Phases, *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (2), pp. 303-326, 2007a.
- Trundle, K.C., Atwood, R.K., & Christopher, J.E. : Fourth-grade Elementary Students' Conceptions of Standards-based Lunar Concepts, *International Journal of Science Education*, 29(5) , pp. 595 - 616, 2007b.
- 11) Brunzell, E. , & Marcks, J. : Teaching for conceptual change in space science, *Science Scope*, 30(9), pp. 20-23, 2007.
- 12) KÜCÜKÖZER, H. : Prospective Science Teacher' conceptions about Astronomical Subjects, *Science Education International*, 18(2), pp. 113-130, 2007.
- 13) Bayraktar, S. : Pre-service Primary Teachers' Ideas Lunar Phases, *Journal of Turkish Science Education*, 6(2), pp. 12- 23, 2009.
- 14) Aydenniz, M. , & Brown, C. , L. : Enhancing pre-service elementary school teacher's understanding of essential science concepts through a reflective conceptual change model, *International Electronic of Elementary Education*, 2(2), pp. 305- 326, 2010.
- 15) Bryce, T. G. K. , & Blown E. J. : Children's Concepts of the Shape and Size of the Earth, Sun and Moon, *International Journal of Science Education*, 35(3), pp. 388- 446, 2013.
- 16) 宮脇亮介, 南部省吾 : 月の満ち欠けについての子どもの概念, *地学教育*, 45(6), pp. 219-226, 1992.
- 17) 川上紳一・渡村悠美子・神野愛・江川直・渡辺進武, 大門佳孝 : アンケートによる天文現象の理解度調査と理科教育におけるカリキュラムのあり方についての考察, *岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学)*, 27(1), pp. 29-40, 2002.
- 18) 伊東明彦・千田恵・田原博人, 大学生の天文分野に関する知識の変化 - 1976年と2006年の調査結果の比較 -, 宇都宮大学教育学部 教育実践総合センター紀要, 30, pp. 473- 482, 2007.
- 19) 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 - 小学校4年生における実態 -, *理科教育学研究*, 49(2), pp. 81-92, 2008.
- 20) 宮脇亮介, 吉村未希 : 月の満ち欠けについての子どもの概念 - その後の展開, *地学教育*, 62(4), pp. 115-126, 2009.
- 21) 荻原庸平, 小林辰至 : 小学校教員養成課程学生の天文に関する体験及び興味・関心が天体の運行に関する理解に及ぼす影響, *理科教育学研究*, 51(2), pp. 1-9, 2010.
- 22) 前掲書5) p. 512.
- 23) 前掲書15) pp. 403-404.
- 24) 以下前掲書18) を参照のこと
- 25) 以下, 特に記述がない場合は, フィッシャーの正確確率検定による両側検定で, 有意水準として5%水準を採用する。
- 26) U大学の「天文基本調査2006」では, 教育学部(教員養成)の他に教員免許取得のため受講していた1~3年生の他学部生(国際学部, 農学部, 工学部など)119名に対しても調査を行っている(前掲書18 p. 474.)。しかし, 今回の考察では, 教育学部生のみを比較の対象とした。
- 27) 前掲書21) p. 6 .
- 28) 例えば, 前掲書21) p. 7 .
- 29) 前掲書18) p. 477.
- 30) 前掲書5) p. 512.
- 31) 前掲書10) 2002 p. 644.
- 32) 前掲書3) pp. 505- 506.

- 33) 前掲書12) p. 126.
- 34) 前掲書10) 2002 p. 649.
- 35) 前掲書19) p. 86.
- 36) 前掲書4) p. 705.
- 37) 例えば, 前掲書20) p. 123.
- 38) 「月の満ち欠け」などの天体に関する科学的に正しい概念をもつ学生(特に将来教員となる)が少ないことは大きな問題であり, それらを調査した多くの研究者がその危機を論じている。科学的知識の欠如については, 例えば, 松森(2005)などの指摘がある。
松森靖夫: 我が国における天文教育の危機的状況-季節変化に対する小学校教員志望学生の認識状態とその変容に基づいて-, 地学教育, 58(4), pp. 113-132, 2005.
- しかし, その解決は容易ではなく, 様々な教材や多くの方法が工夫されているものの現在もその解決に向けて進行中である。当然のことであるが, まず, 教員もしくは教員になる学生が正しい知識, 理解をもつことが必要であることは間違いない。
- 39) 前掲書10) 2002 p. 643.
- a Half of the moon is illuminated by the sun
 - b The portion of the illuminated half seen from Earth varies over time
 - c The relative positions of the earth, sun, and moon determine the portion of the lighted half seen from Earth
 - d The moon orbits Earth
- 40) 引用した小学校教科書は次のとおりである。
わくわく理科6, 新興出版社啓林館, p. 86, 2011.
小学校理科6年, 学校図書, p. 98, 2011.
新しい理科6, 東京書籍, p. 85, 2011.
たのしい理科6年-1, 大日本図書, p. 82, 2011.
地球となかよし小学理科6, 教育出版, p. 136, 2011.
- 41) 引用した中学校教科書は次のとおりである。
未来にひろがるサイエンス3, 新興出版社啓林館, p. 58, 2012.
科学3, 学校図書, p. 178, 2012.
新しい科学3年, 東京書籍, p. 180, 2012.
理科の世界3, 大日本図書, p. 216, 2012.
自然の探究中学校理科3, 教育出版, p. 144, 2012.
- 42) 前掲書1) p. 69.
- 43) 文部科学省: 「小学校学習指導要領解説 理科編」, pp. 66-67, 2008.
- 44) 前掲書2) p. 69.
- 45) 文部科学省: 「中学校学習指導要領解説 理科編」, p. 89, 2008.

(札幌校教授)

資料1 U大学 天文基本調査2006 (今回の調査では、比較のため同内容で使用した。)

天文についての基本調査です。ご協力お願いします。

____年 男・女 学籍番号____ 氏名____

次の[1] ~ [9]の質問に答えてください。

[1] 自分の家で、真東がどちらか正確にわかりますか。

- (1) はっきりわかる
- (2) おおよそわかる
- (3) 全然わからない

[2] 北極星を実際に自分の目で見たことがありますか。

- (1) ある
- (2) ない

[3] オリオン座と北斗七星を実際に自分の目で観察したことがありますか。

- (1) 両方ともある
- (2) オリオン座のみ
- (3) 北斗七星のみ
- (4) 両方ともない

[4] 1) 月食を実際に自分の目で見たことがありますか。

- (1) ある
- (2) ない

2) 月食とはどのような現象だと思いますか。

[5] 望遠鏡や双眼鏡で月を観察したことがありますか。









- (1) ある
- (2) ない

[6] ものさしを片手に持って腕を伸ばした状態で満月の大きさを測った場合、直径は大体 cm ぐらいだと思いますか。

(例えば、1円玉の大きさに見えたら直径は2.0 cm に相当しています。)

_____ cm ぐらい

[7] 1) 月の形は満ち欠けによっていろいろ変化します。実際にある形はどれでしょう。(1) ~ (8)のうち、実際に存在すると思うものには○を、ありえないと思うものには×を()の中に入れてください。

- | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| (1)  | (2)  | (3)  | (4)  |
| (5)  | (6)  | (7)  | (8)  |

2) 月の満ち欠けはなぜ起こると思いますか。

[8] 8月1日、夜9時に天頂にあった明るい星は、6時間後の3時にはどんな位置にあると思いますか。

- (0) 沈んで見えない
- (1) 真西の水平線上にある
- (2) 北西の低い空にある
- (3) 南北方向の低い空にある
- (4) わからない

[9] 北極星を見たらどのような動きをしますか。

- (1) 一日中、星が同じ高さをまわる
- (2) やはり東から出て、西に入る星が多い
- (3) その他