

【原著論文】

理科授業における科学的知識の活用力に関する研究 —接続用知識に着目して：小学校第6学年「月の満ち欠け」の授業実践—

石田 靖弘*1・雲財 寛*2・稲田 結美*2・角屋 重樹*2

*1 日本体育大学大学院教育学研究科博士後期課程

*2 日本体育大学

本研究は、科学的知識の活用力を「接続用知識を、授業で扱った事象と類似した事象に適用する力」と捉え、児童の活用力の実態を明らかにすることを目的とした。接続用知識とは、「法則とそれによって理解される事柄を接続する知識」を指す。この目的を達成するため、小学校第6学年「月の満ち欠け」の単元において、接続用知識の獲得と適用を目指した授業を実践し、児童の月の満ち欠けに対する理解と活用力を調査する問題を実施した。その結果、接続用知識を獲得した児童は、そうでない児童に比べて正答率が高いことが確認された。

このことから、月の満ち欠けの授業においては、接続用知識の獲得と適用といった観点から授業を実施することの効果を示唆された。

キーワード：活用力，接続用知識，適用，月の満ち欠け

Research on the Utilization of Scientific Knowledge in Science Classes —Focusing on Knowledge for Connection: Lesson Practice in 6th Grade of Elementary School "Phases of the Moon"—

Yasuhiro ISHIDA ^{*1}, Hiroshi UNZAI ^{*2},
Yumi INADA ^{*2}, Shigeki KADOYA ^{*2}

^{*1} Doctoral Course, Graduate School of Education,
Nippon Sport Science University

^{*2} Nippon Sport Science University

This study, we focused on the utilization of scientific knowledge by using the concept of "knowledge for connection", which is similar to the phenomenon treated in class. The purpose of this study was to clarify the actual condition of the child's utilization ability. for connection Knowledge refers to "knowledge that connects laws and things understood by them". To this end, in order to achieve this goal, in the 6th grade of elementary school "phases of the moon", acquisition of knowledge for connection and a question to investigate children's understanding and utilization of phases of the moon by practicing classes aimed at application. The subject was carried out. As a result, the children who acquired the connection knowledge answered correctly compared with the children who did not. It was confirmed that the rate was high. For this reason, in the course of the moon's phases, the concept of acquiring and applying knowledge for connection is considered. From the point, the effect of carrying out the class was indicated.

Key Words: power of use, connection knowledge, application, phases of the moon

1. 研究の背景と問題の所在

理科では、授業によって児童が科学的知識を獲得し、その知識を活用する力の育成が求められている。知識の活用に関して西林（2001）は、法則とそれによって理解される事柄とを接続する機能を果たす接続用知識¹⁾という概念を導入し、自然事象の理解を個別的知識、接続用知識、法則的知識という3つの知識から捉え直している。そして、「個別的知識は、接続用知識を介して、法則的知識によって説明されることによって、または法則的知識の一事例になることによって理解される」（p.91）と述べている。さらに、「理解するときに使われた接続用知識は、同様の特徴を共有する全ての事象に、その理解の仕方をそのまま適用可能にする」（p.112）と述べており、類似事象を理解する際の接続用知識の重要性を主張している。

理科での法則的知識とは、科学の法則であり、個別的知識とは、自然事象や観察・実験から得られたデータであり、接続用知識とは、法則的知識と個別的知識の両者を関係付けるための着眼点となる知識であると解釈できる。例えば、豆電球の点灯・非点灯といった個別的知識は、回路が成立すると明かりがつくという法則的知識によって説明されるが、この法則的知識は、なぜ明かりがついたり、つかなかつたりするのかを説明することはできない。しかし、電荷をもった粒子の流れという知識（接続用知識）を媒介させることによって、回路が成立すると電気が流れて明かりがつくと説明することができるようになる²⁾。そして、この接続用知識は豆電球の点灯・非点灯の説明だけでなく、電池の極を変えた時のモーターの回転方向の説明や電池の直列・並列つなぎの働きなど、回路に関わる類似の事象の説明に適用される。

このような接続用知識による理解と適用の仕方を見れば、児童が自然事象を理解し、その理解を類似の事象に適用するためには、個別的知識、接続用知識、法則的知識という3つの知識の組み合わせが重要である。そこで本研究では、この3つの知識の組み合わせを「認識の枠組」と呼び、理科授業における科学的知識の

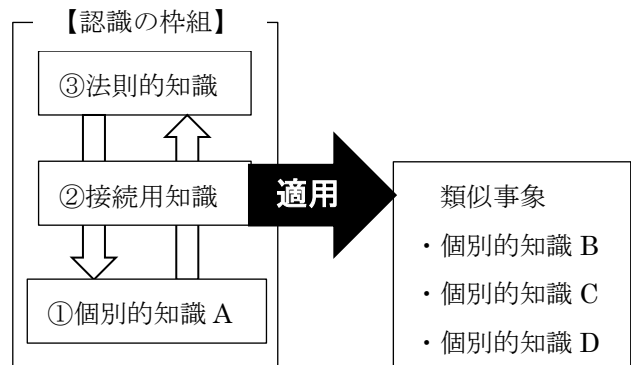


図1 活用力(接続用知識の類似事象への適用)

活用力を「接続用知識を、授業で扱った事象と類似した事象に適用する力」と定義する（図1）。

このような活用力といった観点から見れば、児童が類似事象の説明ができないのは、接続用知識が欠如しているために法則的知識を理解することができず、その結果、類似の個別的事象と法則的知識の間に関係性を見いだすことができないためであると捉えることができる（以後、類似事象と表記した場合には、「授業で扱った事象と類似した事象」という意味で用いている）。

自然事象を理解し、理解したことを前提として類似事象に適用することは演繹的探究と呼ばれる。この演繹的探究に関する先行研究としては、栗原・益田（2011）、江川（2015）、渡部・山下（2017）がある。これらの研究では、単元の最初もしくは授業の前半に法則を教え、その後、その法則を適用する学習を行うことで理解や活用力が向上したと報告されている。しかしながら、活用力といった観点から、適用する接続用知識および、接続用知識と適用する事象との関係については検討されていない。

藤田（2005a）は、提示する事例数が少ないと初めに提示した事例との表面的な特徴が類似する問題にしか知識を適用することができないが、提示事例数が増えると表面的には異なるが構造的に類似する事象に知識を適用できるようになることを報告している。また、藤田（2005b）では、「概念受容学習の手続きにおいて、概念情報を説明し、それを論証するためだけに事例を用いるのではなく、様々な事例に概念情報を対応付けるための知識の

獲得を促す教授的介入を行えば、その概念の実行可能性は高まり、種々の般化事例への応用も促進できる」(p.394)と述べている。藤田のいう「様々な事例に概念情報を対応付けるための知識の獲得を促す教授的介入」とは、個別的知識と法則的知識とを結びつける接続用知識を教えることであると解釈できる。つまり、授業において、接続用知識を検討して教えることや適用させる複数の類似事象と接続用知識との関係を検討することの必要性を示唆していると考えられる。

そこで、接続用知識の類似事象への適用といった観点で、2001から2020年の『理科教育学研究』、『科学教育研究』、『日本教科教育学会誌』を調査した。また、“*Journal of Research in Science Teaching*”, “*Science Education*”, “*International Journal of Science Education*”の3誌について、接続用知識には、個別的知識と法則的知識を関連付けて理解に導くという役割があることから、これに関連すると思われる *correspondence roles* (対応の規則), *correspondence definition* (対応定義), *initial condition* (理解のための「初期条件」), *connective knowledge* (接続的知識)をキーワードとして調査したものの、いずれも関連する先行研究³⁾は見当たらないようである。

これまで見てきたように、理科授業において取り扱われている知識は、個別的知識と法則的知識が中心である。そのため接続用知識を媒介させる指導によって、児童の自然事象の理解を促進し、活用力を高めるといった点からの研究は意義あるものと考えられる。

以上により、接続用知識の獲得と適用といった観点から授業を実施することで、児童が、類似事象について説明したり予測したりすることができるようになるのではないかと考えた。

2. 目的

本研究は、理科授業によって、接続用知識を獲得した児童とそうでない児童とで活用力の実態にどのような違いが見られるかを明らかにすることを目的とした。

3. 方法

第一に、活用力の観点から単元を選定し、その単元でどのような知識が接続用知識となるかを、図1をもとに検討した。第二に、接続用知識の獲得の有無を調べる質問紙と活用力の実態を明らかにするための質問紙について検討した。第三に、授業の展開を検討・実践し、授業後に活用力を調べる質問紙調査を実施した。その後、それらの調査結果をもとに児童の活用力の実態を分析した。これらの詳細について以下に示す。

3.1 単元の選定

選定する単元は、活用力の観点から、まず、事象を理解することの難しさが先行研究で報告されており、そのため、学習後に活用力が身につけていないことが想定されること。次に、教科書において、自然事象(個別的知識)と法則(法則的知識)という2種類の知識のみの取り扱いとなっていること。さらに、教科書において、獲得した接続用知識を適用する問題解決活動が示されていないこと。という三つの要素で検討し、小学校第6学年の「月の満ち欠け」とした。

この単元は、どの発達段階においても理解が難しいことで知られている(例えば宮脇・吉村, 2009 相場, 2018, 松森・一瀬, 2018)。また、授業実践を依頼する学校で使用されている教科書は、「月の形が日によって変わって見えるのは、月と太陽の位置関係が変わるからである」という法則的知識と、観察及びモデル実験という個別的知識のみの構成となっており、接続用知識に類すると考えられる表現は見当たらない。さらに、知識の活用として取り上げられている事象は、月が見える時刻と形に関する問題で、復習としての位置付けであり、児童自らの問題解決活動とはなっていない。

3.2 接続用知識の検討

月の満ち欠けの学習における接続用知識に着目したと考えられる先行研究として、栗原・益田(2011)は、小学生の月の満ち欠けの学習におい

て角距離という概念を導入し、角距離の概念を月と太陽の位置関係と関連付けて捉えさせる指導の効果を報告している。また、栗原・益田・濤崎・小林（2016）は、中学生を対象に位相角という概念を導入し、作図指導を行っている。しかしながら、栗原ら（2011, 2016）は、接続用知識に相当すると考えられる知識に着目をしているものの、認識の枠組としては捉えてはいない。また、活用力の観点から、接続用知識と類似事象との関係についての検討は行っていない。

認識の枠組みから見ると、月の満ち欠けの単元での法則的知識と観察事実とを関係付けるための接続用知識は、地球視点で見た場合の太陽と地球（児童）と月の位置関係を説明する理論であると考えられる。

そこで本研究では「離角」⁴⁾という科学用語に着目し、この用語を接続用知識と捉えることとした（図2）。

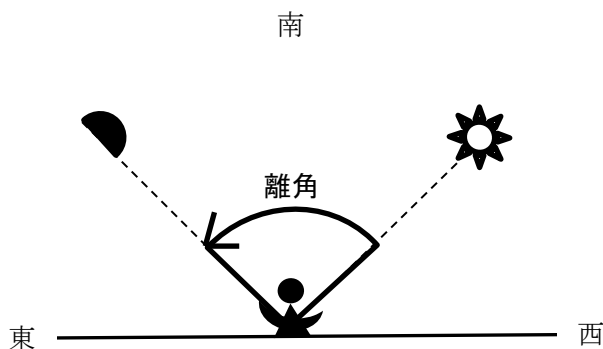


図2 離角90° 上弦の月（午後3時頃に上弦の月が南東に見える様子）

離角とは、太陽と地球と月の間の角度を指し、観察者である児童から見た南の空の月の月周運動を表した科学用語である。

離角と月の形との関係は「離角が大きくなるにつれて月は丸く見え、離角が小さくなるにつれて月は細く見える」という表現で表すことができる。このように、「〇時頃、半月（上弦）が〇の方位に見える」や「〇月〇日に満月が東の空に見える」などの個別的知識と「月の形の見え方は、自分から見た太陽と月との位置関係によってきまる」という法則的知識は、「離角」によって接続されてい

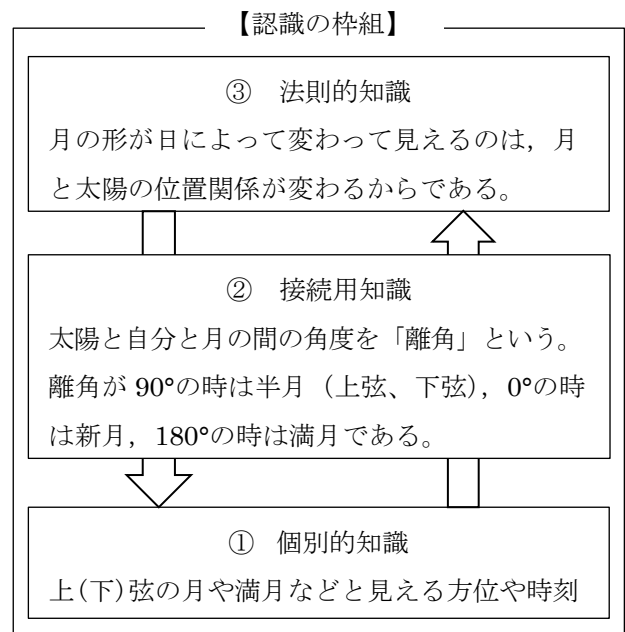


図3 「月の満ち欠け」における認識の枠組

る（図3）。また、このような理解の過程で使用された接続用知識である「離角」は、類似の事象、例えば月が見える方位や時刻、さらには月の出や月の入りの時刻など、月の満ち欠けに関わる類似事象の説明に適用されるものと考えられる。

以上の検討の結果、「離角」という科学用語は、接続用知識となり得ると判断した。

3.3 質問紙の検討

本研究では、活用力を「接続用知識を、授業で扱った事象と類似した事象に適用する力」と定義している。このため、活用力の実態を明らかにするためには、①「接続用知識を獲得しているかどうか」、②「類似事象に適用できているかどうか」という2つの段階で評価する必要がある。したがって、接続用知識の獲得を調べる質問紙と、類似事象に適用できるかどうかを調べる質問紙の2種類について検討した。以下にその詳細を述べる。

3.3.1 接続用知識の獲得を調べる質問紙

本研究における接続用知識は「離角」である。このため、時刻と月が見える位置を提示して月の形を問う問題（図4）を設定し、この問題を離角という用語を適切に使用して解答していれば、接続用知識を獲得していると判断することとした。

問題は全部で6題設定し、全問正答した児童を接続用知識の獲得群（A群）とし、それ以外の児童を非獲得群（B群）とした。この群分けと、後述の質問紙（図5）の解答を組み合わせ、活用力の実態を分析する。

問題1：夕方、南の空に月が出ていました。
 どんな形の月でしょうか。
 選択肢：1. 新月 2. 三日月 3. 上弦 4. 満月
 5. 下弦 6. わからない
 ～図による説明～
 ※以下、選択肢と図による説明は同様である。
 問題2：夕方、東の空に月が見えていました。
 どんな形の月ですか。
 問題3：朝、南の空に月が見えていました。
 どんな形の月ですか。
 問題4：朝、西の空に月が見えていました。
 どんな形の月ですか。
 問題5：昼12時、東の空に月が見えていました。
 どんな形の月ですか。
 問題6：夜12時、東の空に月が見えていました。
 どんな形の月ですか。

図4 理解度調査の問題（相場（2015）を改編：波線部）

3.3.2 類似事象への適用を調べる質問紙

本研究では、活用力を「接続用知識を、授業で扱った事象と類似した事象に適用する力」と定義している（図1）。このため、活用力の実態を幅広く捉えるために、授業で接続用知識「離角」を教えた際の知識の使い方との一致性の高低をもって問題の類似度を設定することとした。

そこで、離角の使い方との一致性といった観点から先行研究を調べたところ、類似度が低い問題として相場（2018）で使用された問題が援用できると考えた（図5－問題1）。この問題は、相場（2018）が全国学力・学習状況調査（2015）の方位の問題を月の満ち欠けの問題として改変したものである。問題は、観察者の見上げる空の方位を問うものであり、問題の設定状況が学習時とは異なる。また、問いからは離角を直接使うことが考

問題1：ゆりえさんは、午後8時に月を見つけました。ゆりえさんが見ている方位について、どのようなことが考えられますか。

選択肢：1. 東 2. 西 3. 南 4. 北 5. 北東
 6. 北西 7. 南東 8. 南西 9. わからない
 ー図による説明ー
 ※以下の問題についても図による説明を求めた。
 問題2：ゆりえさんが午後8時に月を見つけた場所から同じ方位を見たときの午後4時の月のようすを表しているのはどれですか。

問題3：上弦の月は、いつごろ沈みますか。下の1から5までの中から1つ選んで○で囲んでください。
 選択肢：1. 明け方 2. 昼頃 3. 夕方
 4. 真夜中 5. わからない

図5 活用力調査の問題

註) 問題1は相場(2018)で使用された問題を援用、問題2は全国学力・学習状況調査(2015)を改編して援用したものである。

えにくい。そのため、離角の使い方との一致性が低いと考えられる。この問題の月は、その形から月齢 10 から 11 の月と推定することができる。そして、月がほぼ南中していることや弦がほぼ垂直に立っていることから「南」と解答することができる。しかし、離角という接続用知識を獲得している児童は、月がこの形の時の太陽の位置を離角から特定し、上弦の月よりも少し膨らんでいるという情報をもとに南と判断するであろう。このように、判断の根拠を離角に求めるか否かで接続用知識の適用を見ることができる。

問題 2 は、問題 1 と同じ学力調査の月の見え方の問題の援用である。この問題は、月の見える位置を、日周運動を手掛かりに問うものであり、問題の設定状況が学習時とは異なる。しかし、月の位置を問う問題であることから、問題 1 よりも離角を使用しやすいと予想される。そのため類似度は中程度であると考えられる。離角という接続用知識を獲得している児童は、午後 8 時の太陽の位置を離角から特定することで、その 4 時間前の午後 4 時の太陽の位置を推論して月の位置を判断するであろう。

上記に対して、問題 3 は類似度が高い問題であると考えられる。この問題は、上弦の月の入りの時刻を問う問題であり、問題の設定状況が学習時とは異なる。しかし、上弦の月という学習時と同じ個別的知識であることや月と太陽の位置を想定して解答する問題であることから、離角をもとに考えることができる。そのため、離角の使い方との一致性は高いと考える。離角という接続用知識を獲得している児童は、上弦の月の日周運動と離角から太陽の位置を特定して月の入りの時刻を考えることができるであろう。

また、上記の問題に対して児童が解答する際に接続用知識を使用していることを確かめるために、図による説明を行わせた。さらに、選択肢には勘や当てずっぽうによる解答による正答を防ぐために「わからない」を加えるとともに、問題の順序を、類似度「低」「中」から類似度「高」とし、離

角を想定しやすい問題が、後の問題に影響を与えないようにした。

なお、これらの問題が想定した類似度となっているか否かについては、理科教育専門の大学教員 5 名と理科専門の小学校教員 5 名によって検討され、一致度 80% をもって確認された。

3.4 調査対象と実施時期

授業は、協力の得られた福岡県内の公立小学校の 6 年生 1 クラス (33 名) を対象に、このクラスの理科授業を通常担当している学級担任によって行われた。この授業で取り扱う離角という接続用知識は、現行の教科書において記述がなく、児童から見いだされる可能性は低いことが予想される。そこで、授業は、教師によって接続用知識の意図的な指導が行われているクラスに依頼した。授業及び調査の実施時期は表 1 の通りである。

表 1 実施時期と調査内容

実施時期	実施内容
2019 年 8 月 30 日	事前調査 (月の満ち欠けの基礎的理解調査: 図 4 の問題 1 から問題 4 を使用)
2019 年 9 月 6 日 (月齢 6.7 上弦の月) ~ 10 月 11 日 (月齢 12.4)	授業 (約 1 か月間)
2019 年 10 月 16 日	理解度調査 (接続用知識の獲得状況調査: 図 4 の問題 1 から問題 6 を使用)
2019 年 12 月 17 日	活用力調査 (類似事象への適用: 図 5 の問題を使用)

4. 授業の実際

本単元の学習における接続用知識は「離角」である。児童が、この離角を適用して追究する類似事象は、教師から離角を教わった際に各自が関心をもった月の満ち欠けに関する事象とした。

授業は、「月の形が日によって変わって見える理由」というテーマで行われた。第 1 時は、接続用知識を含む認識の枠組を教師が児童に説明し、教

える段階である。第2時は、児童が教師から教わった認識の枠組を実際の観察で確かめる段階である。第3時以降は、各自が考えた課題を追究する段階である。詳細は以下の通りである。

第1時では、個別的知识として、上弦の月を用いながら「月の形が日によって変わって見えるのは、太陽と月の位置関係が変わるからである」という法則的知識を提示した。そして、その意味を理解させるために、月の輝いている側に太陽があることを確認した上で、接続用知識として、月の形が半月に見える時は、太陽と自分と月の間の「離角」という角度が 90° になっているということ、観察者視点でのモデル実験の演示を通して説明した。その後、離角が 180° の時は満月、離角が 0° の時は新月、太陽が東にあり離角が 90° の時は下弦の月になることを、教師が演示したモデル実験を迫試することによって捉えさせた。

第2時では、実際に上弦の月を観察し、第1時で教わった通りの月の形であるかどうかを確かめるとともに、月が見える位置にモデル実験で用いたボールを重ねて太陽の光を当て、月と同じ形に輝くことを確かめた。さらに、そのボールをモデル実験と同じように動かしていくことで、新月から満月までの月の形の連続変化を、実際の南の空を使ってモデル実験を再現して確かめた。

第3時では、第1時、第2時で児童がもった月の満ち欠けに関する関心事や月の見え方を規定する条件を操作して自分でつくった問題について、離角を使って追究できる問題かどうかを吟味させた。その後、各自の追究課題を自己選択させるとともに追究の方法を考えさせた。表2に示すように、児童が追究した課題には、第1時で扱った事象（上弦の月と離角の使い方）との類似度が高いものから低いものまで様々であるが、児童は、離角を意識しながら追究を行った。

第4時以降は、学校在校時間帯に観察できる月の場合は短時間での観察を行い、それ以外は、家庭での観察や調べ学習とした。また、追究課題は一つだけではなく、興味のある複数の課題に取り組ませた。

表2 児童が追究した課題 ($N = 33$)

1.自分の影が北向に見える時、西に見える月の形 (1名)
2.色々な形の月とその時の離角 (4名)
3.上弦の三日月と下弦の三日月の離角の違い (10名)
4.一日ごとの離角の変化と月の形 (2名)
5.月の形と見える時間帯、見えない時間帯 (2名)
6.光を当てる角度とももの見え方 (3名)
7.太陽が何倍も明るくなると月の形はかわるか(1名)
8.日食や月食の時の離角と毎月起こらない理由 (10名)

註) 1, 2, 3, 4は類似度が高く、4, 5は中程度、6, 7, 8は類似度が低い問題である。

このようにして、約一か月の観察期間と学習時間を確保した後、各自が設定した課題追究の発表会を行い、授業を終了した。

上記のような学習を行うことで、児童は図1に示したような接続用知識の類似事象への適用の仕方に習熟することが期待された。

5. 結果と分析

活用力の実態を明らかにするために、次の方針で回答を集計し、分析を行う。まず、接続用知識の獲得を調べる質問紙(図4)の解答をもとに、児童を接続用知識の獲得群(A群)と非獲得群(B群)に分ける。次に、授業前の段階で月の満ち欠けの理解が両群ともに十分ではないことを、事前調査の解答をもとに確認する。そして、群分けを用いて、活用力調査の問題(図5)の解答をもとに、活用力の実態を明らかにする。

5.1 前提条件

5.1.1 接続用知識の獲得群と非獲得群

接続用知識の獲得を調べる質問紙(図4)の解答の結果は次の通りである。離角という用語を適切に使用して全問正答していた児童は33名中11名であった。したがって、この11名を獲得群(A群)、残りの22名を非獲得群(B群)とした。

5.1.2 両群の授業前の理解度

授業前に、理解度調査（図4）の問題1から問題4を用いて児童の月の満ち欠けの理解の状況を調査した。その結果、両群共に理解が十分ではないことが確認された（表3）。

表3 事前調査での問題ごとの正答率(%)

正答率	問題1	問題2	問題3	問題4
全体 N=33	45.5	15.2	33.3	12.1
A群 N=11	54.5	18.2	45.5	9.1
B群 N=22	40.9	13.6	27.3	13.6

5.2 活用力の実態

活用力調査（図5）の解答を採点した結果は次の通りである。33名中、問題1の正答者は7名、問題2の正答者は19名、問題3の正答者は18名であった。この結果と接続用知識の有無（A群/B群）でクロス集計したところ、表4のようになった。表4に示すように、A群とB群における正答と誤答の人数に偏りがみられ、A群の有効性が予想された。このことを統計的に裏付けるためにフィッシャーの正確確率検定を行った。

表4 活用力調査での問題ごとの正誤者数とp値

	問題1		問題2		問題3	
	正	誤	正	誤	正	誤
A群 N=11	5	6	8	3	10	1
B群 N=22	2	20	11	11	8	14
p値	0.03		0.68		0.00	

註) 問題1は類似度「低」、問題2は類似度「中」、問題3は類似度「高」の問題である。

その結果、問題1と問題3では5%水準で有意な差が認められたが、問題2では有意な差は認められなかった。この結果について詳細に検討するために、各問題の児童の解答を質的に分析した。以下にその詳細を示す。

5.2.1 問題1について

問題1は、類似度「低」の問題である。午後8時の太陽の位置と月の形から離角を約125°から135°程度に想定すると問題の状況を再現することができ、解答が「南」であることに根拠を得ることができる。接続用知識の獲得群（A群）の正答者では、図6のような接続用知識を用いた説明を11名中5名が行っていた。非獲得群（B群）では、接続用知識を使って説明し正答した児童は22名中2名であった。また、正答者は、両群ともに図6のような太陽と月の位置関係を表す説明を行っていた。

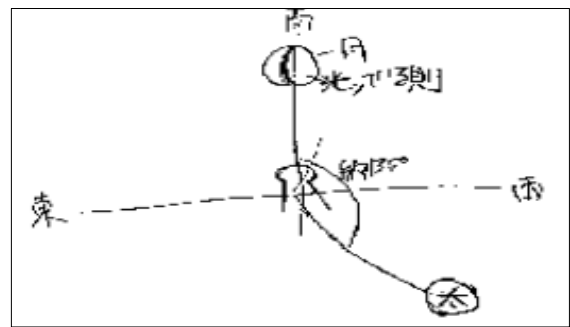


図6 正答者の描画の一例

5.2.2 問題2について

問題2は、類似度「中」の問題である。また、太陽と月の位置関係は問題1と同様である。接続用知識の獲得群（A群）では、11名中8名が図7のように太陽と月の位置関係を、接続用知識を用いて図示し、日周運動を想定して午後4時の太陽と月の位置を特定する操作を行い解答の根拠としていた。非獲得群（B群）においても22名中11名の児童が同様の説明をしており、正答者が両群ともに半数を超えていた。

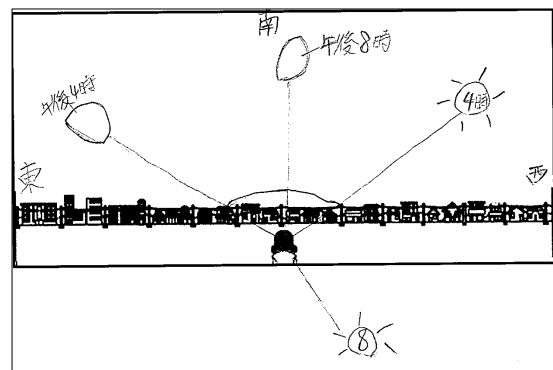


図7 正答者の描画の一例

5.2.3 問題3について

問題3は、類似度「高」の問題である。接続用知識の獲得群（A群）では、11名中10名の児童が、図8のように授業の第1時で教わった「上弦の月という個別的知識、月の形の見え方は太陽と月の位置関係できまるという法則的知識、上弦の月に見える時の離角は90°であるという接続用知識」と「日周運動」を組み合わせて、月の入りの時刻を真夜中頃と判断していた。非獲得群（B群）では、同様の図を描き正答した児童は22名中8名であった。

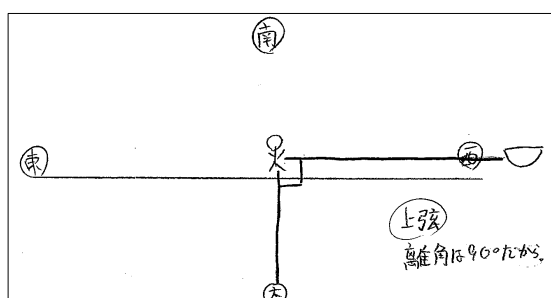


図8 正答者の描画の一例

5.2.4 各問題での接続用知識の使用について

誤答者の中にも接続用知識である「離角」を描いて考えていた児童が存在していた。そこで、正答、誤答を問わず、離角を使用して考えている児童の割合を調べると表5のようになった。

接続用知識の獲得群（A群）では、非獲得群（B群）に比べて、接続用知識である「離角」を使用して解答を試みる児童が多く存在していた。また、類似度が低い問題1では、両群ともに、接続用知識を使用した児童が、類似度「中・高」の問題よりも減少していた。

6. 考察

以上の結果から、接続用知識である「離角」を獲得した児童は、そうでない児童に比べて類似度が低い問題に対しても接続用知識を適用して解答を試みる児童が多く、また、正答率も高いことが確認された。このことから、月の満ち欠けの単元の指導においては、接続用知識の獲得と適用といった観点から授業を行うことの効果が示唆された。

また、類似度が低い問題1において、接続用知識を使った児童が両群ともに減少していたことは、この問題の解答に対して、離角を適用することが有効であるという判断がつかなかった児童がいたためであると推察される。そのため、授業では、類似度の低い事象も取り上げ、その事象の中に、接続用知識の使い方との一致性を発見させていくことが必要であると考えられる。今回行った授業では、児童が考えた追究課題の中にも類似度が低い課題がある（表2）。例えば、日食や月食について追究した児童は、図鑑やインターネットでその仕組みを調べて発表している。こういった追究の際には、現象の説明に接続用知識を用いることで納得性を高めることが必要であろう。例えば、第1時では地球視点でのモデル実験を行ったが、このモデル実験を宇宙視点でのモデル実験に変え、日食は離角0°の新月の時だけに起こり、月食は離角180°の満月の時だけに起こることの不思議さに気づかせるなどの指導が考えられる。

このように、接続用知識の獲得と適用といった観点から様々な類似度の事象を取り上げ、事象間に共通する接続用知識の使い方を指導することが必要であると考えられる。

7. 本研究のまとめと今後の課題

本研究は、活用力を「接続用知識を、授業で扱った事象と類似した事象に適用する力」と定義し、小学校第6学年「月の満ち欠け」の単元で、接続用知識を獲得した児童とそうでない児童とで活用力の実態にどのような違いが見られるかを明らかにすることを目的とした。

その結果、接続用知識を獲得した児童は、そうでない児童に比べて、類似度が低い問題に対して

表5 接続用知識の使用を試みた児童の人数と割合(%)

	問題1	問題2	問題3
A群 N=11	81.8	90.9	100.0
B群 N=22	50.0	63.6	63.6

も接続用知識を適用して解答を試みる児童が多く、また、正答率も高いことが確認された。このことから、月の満ち欠けの授業においては、接続用知識の獲得と適用といった観点から授業を実施することの効果を示唆された。今後の課題は以下の点である。

本研究は小学校第6学年の「月の満ち欠け」に限定されたものである。そのため、今後は他の単元でも活用力の観点から、接続知識を何にするか、適用する対象としての類似事象を何にするかについて検討していく必要がある。

注

- 1) 接続用知識とは、法則的知識と個別的知識の両者を関係付けるための着眼点となる知識であると考えられる。西林(2001)は、知識の三層構造による事象の理解の仕方を提唱している。西林によれば、事象を理解できないのは、接続用知識が欠如しているためであるという。本研究ではこの考え方を援用し、学んだ知識を類似事象に適用できないのは、接続用知識が欠如しているために法則的知識と類似の個別的知識との間に関係性を見いだすことができないためであると考えた。
- 2) 接続用知識の重要性については科学史を例に説明することもできる。例えば、ニュートン力学での地球上の物体の運動に関する法則は当初、惑星の運行に関する観測データを説明することができなかった。しかし、ケプラーは太陽系モデルを導入することによって、運動の法則を地球上だけではなく惑星の運行に適用し説明することができた。これによりケプラーはケプラーの法則を導き出し、ニュートンは後に万有引力の法則として体系化する。この時、ケプラーが導入した太陽系モデルは、運動の法則と惑星の観測データとを関係付ける接続用知識の働きをしたことになると考えられる。そして、この太陽系モデルは、惑星と衛星、地球と人工衛星など、類似の事象にも適用される。このような科学史における自然認識

の発展過程を本研究では児童の学習における理解と知識の適用に援用している。

- 3) 接続用知識を用いた理科授業に関わる先行研究については、調査した範囲では関連すると思われる論文は見当たらなかったが、日本理科教育学会全国大会発表論文集にその記載がある。小野耕一(2020)は、臓器同士の関係の学習に「各臓器は血管を通してつながっている」という接続用知識を導入することで理解が促進される可能性があるとして述べている。しかしながら、接続用知識として導入した知識が、接続用知識の働きをするか否かの検討や理解と活用の側面からの授業効果の報告はなされていないようである。
- 4) 接続用知識として用いた「離角」という科学用語は、「地球から見た場合に、月あるいは惑星と太陽とがなす角度」と定義される用語であり、東方最大離角や西方最大離角のように、天文分野の学習において用いられるため、本研究ではこの用語を用いることにした。

引用文献

- 相場博明(2015)「地球視点による月の満ち欠けの指導と「月の満ち欠け説明器」の開発」『理科教育学研究』56,(2), 129-139.
- 相場博明(2018)「「月の満ち欠け」の学習後の理解とつまづきについての考察—大学生、高校生の実態調査の分析に基づいて—」『理科教育学研究』58(3), 311-318.
- 江川克弘(2015)「演繹的に問題を解決して学習する過程についての一考察—小学校における理科の授業を通して—」『鳴門教育大学学校教育研究紀要』29, 99-107.
- 小野耕一(2020)「接続用知識を導入した動物領域の授業実践(1)—事前認識課題の結果と誤解念—」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』18, 288.

- 栗原淳一・益田裕充 (2011) 「角距離の概念と推論の相違が「月の満ち欠け」の理解に与える影響」『理科教育研究』 35(1), 47-53.
- 栗原淳一・益田裕充・濤崎智佳・小林辰至 (2016) 「天体の位置関係を作図によって位相角でとらえさせる指導が満ち欠けの現象を科学的に説明する能力の育成に与える効果:—中学校第3学年「月の満ち欠け」と「金星の満ち欠け」の学習を事例として—」『理科教育学研究』 57(1), 19-34.
- 西林克彦(2001)『間違いだらけの学習論』新曜社, 76-153.
- 藤田敦 (2005a) 「複数事例の提示が概念の般化可能性に及ぼす影響」『教育心理学研究』 53, 122-132.
- 藤田敦 (2005b) 「属性操作に関する事例の教示が概念の般化可能性に及ぼす影響」『教育心理学研究』 53, 393-404.
- 宮脇亮介・吉村未希 (2009) 「月の満ち欠けについての子ども概念—その後の展開」『地学教育』 62(4), 115-126.
- 松森靖夫・一瀬絢子 (2018) 「月に対する小学校教員志望学生の認識状態の分析—月の見かけの位置と観測可能な時刻を中心として—」『理科教育学研究』 56(2), 271-277.
- 文部科学省国立教育政策研究所 (2015) 『全国学力学習状況調査報告書小学校理科』, 61-64.
- 渡部悠介・山下修一 (2017) 「小学校第5学年「植物の結実」での知識の活用力を育成する授業開発」『千葉大学教育学部研究紀要』 66(1), 255-260.