

博士論文

理科授業における接続用知識の導入

に関する研究

—理解と活用の側面から—

2021年12月

日本体育大学大学院

教育学研究科

19QDA01 石田 靖弘

博士論文

理科授業における接続用知識の導入

に関する研究

—理解と活用の側面から—

2021年12月

日本体育大学大学院

教育学研究科

19QDA01 石田 靖弘

## 目 次

論文の概要	(1)
序章 研究の背景と問題の所在	(3)
第1節 研究の背景	(3)
第2節 問題の所在	(6)
第1章 研究の目的と方法	(7)
第1節 研究の目的	(7)
第2節 研究の方法	(8)
第2章 児童の自然事象の理解と接続用知識	(9)
第1節 対象とする単元と接続用知識	(9)
第1項 対象とする単元	(9)
第2項 小学校第6学年単元「月の満ち欠け」における接続用知識	(10)
第2節 月の満ち欠けの理解を調査する質問紙	(12)
第3節 調査及び分析方法	(15)
第1項 調査対象と授業の実際及び調査の実施時期	(15)
第2項 分析方法	(18)
第4節 結果と考察	(20)
第1項 授業前の方法Aのクラスと方法Bのクラスの等質性	(20)
第2項 方法Aのクラスと方法Bのクラスの理解の実態	(20)
第5節 第2章のまとめ	(23)
第3章 児童の科学的知識の活用と接続用知識	(24)
第1節 活用の実態を調査する質問紙	(24)
第2節 調査及び分析方法	(28)
第1項 調査対象と実施時期	(28)

第2項 分析方法	(28)
第3節 結果と考察	(30)
第1項 調査対象群	(30)
第2項 $\alpha$ 群と $\beta$ 群における科学的知識の活用の実態	(30)
第4節 第3章のまとめ	(34)
終章 研究の成果と課題	(35)
第1節 成果と課題	(35)
第2節 含意	(37)
第1項 授業で取り扱う知識を3項関係で捉え直すこと	(37)
第2項 接続用知識の導入による授業改善	(38)
引用文献	(40)
資料	(43)
資料1 理解調査の問題と正答例	(43)
資料2 活用力調査の問題と正答例	(44)
資料3 理解の事前調査と事後調査及び活用力調査の問題と 実際の児童の解答	(45)
謝辞	(53)

## 図表目次

図 2-1	離角 90° 上弦の月	(11)
図 2-2	理解調査の問題	(14)
図 2-3	理解の群間比較を行うための調査デザイン	(19)
図 2-4	問題 7 での描画における児童の解答例	(22)
図 2-5	問題 7 で正答した児童の説明の根拠の例	(22)
図 3-1	活用力調査の問題	(27)
図 3-2	科学的知識の活用実態の群間比較を行うための調査デザイン	(29)
図 3-3	問題 1 の正答者の描画の一例	(31)
図 3-4	問題 2 の正答者の描画の一例	(32)
図 3-5	問題 3 の正答者の描画の一例	(32)
表 2-1	児童が考えた追究課題	(17)
表 2-2	事前調査における問題ごとの正誤者数と検定の結果	(20)
表 2-3	事後調査における問題ごとの正誤者数と検定の結果	(21)
表 2-4	描画による説明の有無と人数	(22)
表 2-5	説明の根拠の種類と人数	(22)
表 3-1	事後調査における問題ごとの正誤者数と検定の結果	(30)
表 3-2	接続用知識の使用を試みた児童の割合	(33)

## 論文の概要

理科教育では、授業によって児童が自然事象を理解し、理解の際に獲得した科学的知識を活用する力の育成が求められている。理解と活用に関して、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すことを提案している。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、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、理解と活用に関して接続用知識の重要性を主張している。

接続用知識に着目した先行研究として、小野（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授業効果の報告はなされていないようである。

このように、先行研究からは、小学校の理科学習において接続用知識に着目し、詳細に検討した研究はみられないようである。

そこで、本研究では、西林（2001）や小野（2020）が着目した接続用知識の本質を、小学校の理科授業の文脈で、自然事象と規則性を関係付ける着眼点となる知識であると規定した。そして、理解を「接続用知識を根拠として規則性に基づき自然事象を説明すること」、及び活用を「接続用知識を授業で扱った自然事象と類似した自然事象に適用し、規則性に基づき説明すること」というように操作的に規定した。

これらのことから、小学校理科で取り扱う知識として、自然事象と規則性に加えて、接続用知識となる知識を導入し、接続用知識の獲得と適用といった観点から指導を行い、その効果について実証的に明らかにする必要があると考えた。そこで、以下の2つの目標を設定した。

- (1) 接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、自然事象に対する児童の理解が向上するか否かを明らかにする（第2章）。
- (2) 接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、接続用知識を獲

得した児童が、科学的知識の活用ができたか否かを明らかにする（第3章）。

上述の2つの目標を達成するために、以下の手続きをとった。

第2章では、まず、接続用知識を介した理解と活用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接続用知識の働きという観点から検討した。検討の結果、本研究では、小学校第6学年の単元「月の満ち欠け」を選定した。そして、この単元においては、「離角」という科学概念が接続用知識の働きをすることを明らかにした。

次に、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、自然事象に対する児童の理解が向上するか否かを明らかにするために、理解を調べる質問紙の内容を検討し、接続用知識の指導を行ったクラスと接続用知識の指導を行わなかったクラスを選定して、両クラスの授業前後で理解を調べる質問紙調査を実施した。そして、その調査をもとに、前者のクラスにおいて児童の理解が向上したか否かを分析した。その結果、接続用知識の獲得と適用を意図した指導は、月の満ち欠けに対する児童の理解の向上に寄与することが明らかとなった。

第3章では、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、接続用知識を獲得した児童が、科学的知識の活用ができたか否かを明らかにするために、活用力を調べる質問紙の内容を検討した。調査にあたっては、第2章で用いた理解調査の問題1から問題4で全問正答した児童を接続用知識の獲得群、そうでない児童を非獲得群として群分けを行い、この2群に対して検討した活用力調査を実施した。そして、その調査をもとに両群の児童の活用力の実態を分析した。その結果、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、接続用知識を獲得した児童は、そうでない児童に比べて科学的知識を活用できるようになっていたことが明らかとなった。

本研究の特徴は、以下の3点に整理できる。

- 1) 授業で取り扱う知識として、自然事象と規則性だけではなく、接続用知識という知識を導入したこと。
- 2) 接続用知識の働きを理解と活用の場において、具体的に検討したこと。
- 3) 接続用知識を導入する新しい学習指導方法を提案したこと。

## 序章 研究の背景と問題の所在

本研究は、自然事象と規則性を接続する働きをもつ接続用知識に着目し、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行うことの効果を実証的に明らかにすることを目的としたものである。以下に、研究の背景と問題の所在について述べる。

### 第1節 研究の背景

理科教育では、授業によって児童が自然事象を理解し、理解の際に獲得した科学的知識を活用する力の育成が求められている。理解と活用に関して理科教育では、例えば、電流の保存性と方向性、ものの温まり方、水溶液の均一性などの内容において、児童の理解や科学的知識の一貫した活用が困難であることが報告されている(例えば、脇元, 1990, 1999, 石田, 1996, 赤木・井倉・石田・進藤, 1998 など)。また、これらの内容に関しては、モデルや実験の工夫を通じた授業改善が報告されているものの、強固な誤概念を保持する学習者に対する指導法や科学的概念が習得できなかった理由の調査などが課題として示されている(峯崎・久保田・小林, 2007, 荻野・久保田・桐生, 2014, 宮田, 2020)。

このように小学校理科の内容の中には、児童にとって自然事象の理解や活用が困難なものがあり、理解と活用に関する研究は、理科教育の課題の一つとなっている。

一方で、西林(2001)は、理解と活用に関して心理学の立場から、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という概念を導入し、次のような見解を示している。すなわち、理解に関しては、「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、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)と述べており、活用に関しては、「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)と述べている。

本研究では、上記のような接続用知識の働きに着目した西林(2001)の考えを援用することが、自然事象に対する児童の理解と科学的知識の活用に関して効果があるのではないかと考えた。

接続用知識に着目した先行研究として、石田・今林・帆足・石井(2016)は、水溶液の性質の学習に、「ものは、粒でできており、くっついたり離れたりする。」という接続用知識を導入することで、塩酸とアルミニウムの化学反応の理解を図る提案をしている。石田・



帆足・石井・進藤・隈部（2018）は、接続用知識・法則的知識・個別的知識の3つの知識を、自然事象を理解する際の知識のネットワークであると捉え、演繹的授業モデルを提案している。そして、帆足・石田・石井・進藤・隈部（2018）では、電流がつくる磁力の学習に、「電流は、粒子の流れである」という接続用知識を導入した演繹的授業の実践を報告している。また、小野（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、これらの報告では、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授業効果の詳細な報告はなされていないようである。

このため、本研究では、接続用知識に焦点をあて、接続用知識を授業に導入することの効果を実証的に明らかにすることを目的とした。

例えば、豆電球の点灯・非点灯といった事象（個別的知識）は、「回路が成立すると明かりがつく」という規則性によって説明される。ところが、この規則性だけでは、回路が成立するとはどういうことなのかを説明することはできない。しかし、電流は電荷をもった粒の流れであるという知識（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流が流れて明かりがつく」と接続用知識を根拠として規則性に基づいて豆電球の点灯・非点灯という事象を説明することができる。つまり、事象（個別的知識）と規則性は電流という知識（接続用知識）によって関係付けられる。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はなく、電池の極を替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、回路に関わる様々な事象に適用される。

このように、本研究では、自然事象と規則性に加えて、接続用知識を導入することが、自然事象に対する児童の理解や科学的知識の活用に効果があるのではないかと考えた。

接続用知識を媒介とした自然事象の理解といった観点から考えると、児童にとって自然事象の理解が難しいのは、接続用知識が欠如しているために、学習が個別の観察結果を集めただけになっているためであると考えられる。また、児童が理解した科学的知識を活用できないのは、接続用知識の欠如によって、類似の個別的な事象と規則性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られる。

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できるかどうかを検討することは演繹的探究と呼ばれる。この演繹的文脈での先行研究としては、進藤・脇元（2002）、脇元・進藤（2002）、川上（2003）、池田（2004）、進藤（2007）、日高（2007）、進藤・日高・脇元（2007）、市川・鎭木（2010）、栗原・益田（2011）、江川（2015）、渡部・山

下 (2017) などがある。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、自然事象に対する児童の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、接続用知識の働きや接続用知識とそれを適用する類似の自然事象との関係については検討されていない。

そこで、さらに先行研究の詳細を調べるために、接続用知識による自然事象の理解や科学的知識の活用といった観点で、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』を通読した。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係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 WEB 上での検索を行い調べたものの、いずれも接続用知識の働きや接続用知識の導入による授業効果についての先行研究は見当たらないようである。

## 第2節 問題の所在

前節では、小学校の理科の内容には、接続用知識を媒介させなければ自然事象の理解や科学的知識の活用が困難なものがあることについて述べた。しかし、先行研究からは、小学校の理科学習において、接続用知識の働きとその効果についての実証的な研究はみられないようである。

これらのことから、小学校理科で取り扱う知識として、観察や実験などの自然事象と規則性に加えて接続用知識を導入し、接続用知識の獲得と適用といった観点から指導を行うことの効果を、理解と活用の側面から実証的に明らかにする必要があると考えた。

## 第1章 研究の目的と方法

本章では、序章で明らかにした問題の所在から、研究の目的を示すと共に、研究の方法について述べる。

### 第1節 研究の目的

本研究の目的は、小学校の理科授業において、接続用知識を導入した授業を行うことが、自然事象に対する児童の理解と科学的知識の活用に及ぼす影響を実証的に明らかにしようとするものである。そのため、具体的には、次の2つの目標を設定した。

- (1) 接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、自然事象に対する児童の理解が向上するか否かを明らかにする（第2章）。
- (2) 接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、接続用知識を獲得した児童が、科学的知識の活用ができたか否かを明らかにする（第3章）。

## 第2節 研究の方法

前述の2つの目標を達成するために、以下の手続きをとった。

まず、指導を行う単元を選定し、その単元でどのような知識が接続用知識となるかを検討した。

次に、前述の目標(1)を達成するために、自然事象に対する児童の理解を調べる質問紙を作成した。また、接続用知識の指導を行う授業を具体化して実施し、対象クラスに対して調査を行った。そして、その結果をもとに、児童の理解が向上したか否かについて分析した。

続いて、目標(2)を達成するために、児童の科学的知識の活用の実態を調べる質問紙を作成し、対象クラスに対して調査を行った。そして、その結果をもとに、児童が科学的知識の活用ができたか否かを分析した。

なお、本研究では、接続用知識を小学校の理科授業の文脈で「自然事象と規則性を関係付ける着眼点となる知識」と規定した。そして、自然事象の理解を「児童が接続用知識を根拠として規則性に基づき自然事象を説明すること」、及び科学的知識の活用を「児童が接続用知識を授業で扱った自然事象と類似した自然事象に適用し、規則性に基づき類似の事象を説明すること」というように操作的に規定した。

## 第2章 児童の自然事象の理解と接続用知識

本研究では、第1章で述べたように、自然事象の理解を「児童が接続用知識を根拠として規則性に基づき自然事象を説明すること」としている。これに基づき本章では、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、自然事象に対する児童の理解が向上したか否かを明らかにする。そのためにまず、対象とする単元を選定し、その単元における接続用知識を規定した。次に、理解を調査するための質問紙を作成した。そして質問紙調査の結果をもとに、児童の理解が向上したか否かを考察した。

### 第1節 対象とする単元と接続用知識

本節では、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行うにあたり、まず、実践する単元を選定した。次に、その単元における接続用知識を規定した。

#### 第1項 対象とする単元

対象とする単元は、理科授業に接続用知識を導入することの効果を理解と活用の側面から検証するため、以下の3つの観点から検討した。一つ目は、自然事象を理解することの難しさが先行研究で報告されていることである。二つ目は、教科書で取り扱われている知識が、自然事象と規則性の2種類の知識のみとなっていることである。三つ目は、教科書において、児童が科学的知識を活用する問題解決活動が取り扱われていないことである。

上記の3つの観点からの検討の結果、小学校第6学年の単元「月の満ち欠け」を選定した。

以下に、これらの詳細を示す。

月の満ち欠けの理解については、どの発達段階においても困難性が指摘されている。宮脇・吉村(2009)は、小学生の月の満ち欠けに対する素朴概念を明らかにし、学年が上がるにつれて、月の満ち欠けの現象を説明しようと試みる児童が増えるが、正しい考えを導き出すことができる児童は少ないという実態を報告している。松森・一瀬(2015)は、小学校教員志望大学生を対象に、月の見かけの形とその観察可能時間帯についての調査を行い、どの形の月についても正答者が5%以下であることを報告している。また、相場(2018)

は、高校生・大学生でも月の満ち欠けの原理を理解していないことや、位置関係を正しく図に表すことができないという実態を明らかにしている。これらの先行研究は、いずれも、月の満ち欠けの現象を学習者が適切に説明することができない実態を明らかにしたものである。また、授業実践を依頼した学校で使用されている教科書（平成27年度版）では、「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」という規則性と、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。そのため、規則性と個別的知識を接続用知識によって関係付けるという指導を教師が意図的に行うことは期待できない。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あり、これらは観察やモデル実験を通して学んだことの復習としての位置付けとなっており、その事象を児童が目的をもって観察したり、仮説を立てて調べたりするような問題解決活動とはなっていない。

上述の理由から、本研究の対象として、小学校第6学年の単元「月の満ち欠け」を選定することとした。

## 第2項 小学校第6学年単元「月の満ち欠け」における接続用知識

月の満ち欠けの学習において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、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ことが、小学生の月の満ち欠けの理解に効果があると報告している。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、作図指導を行うことが、中学生が、満ち欠けを科学的に説明することに効果があると報告している。

しかしながら、栗原ら（2011, 2016）は、導入した知識が、接続用知識としての役割を果たすかどうかの検討や接続用知識と類似の自然事象の関係についての検討は行っていない。つまり、これらの先行研究は、いずれも接続用知識に相当する知識に着目をしているものの、接続用知識を媒介とした自然事象の理解といった点から、自然事象に対する学習者の理解を捉えてはいないと考えられる。そのため、例えば、栗原・益田（2011）が実践した小学校第6学年の授業では、教師が、「月の形の見え方は、月・観測者・太陽のなす角度に関係する」という文を板書し口頭で伝えるのみとなっており、モデル実験は、児童の発想に任せている。このため、児童は、月に見立てたボールを、自分を中心に回転させ

という「月の公転」を模した宇宙視点でのモデル実験を発想している。これらのことから、角距離の概念を、実際の観察結果と規則性を関係付ける概念として、理解と活用の観点から意図的に指導することは行われていないのではないかと推測される。

そこで、本研究では、小学校段階での月の満ち欠けを理解するための接続用知識を、実際の観察結果と満ち欠けの規則性を関係付けるための科学概念であると考えた。具体的には、児童が南の空を向いて月を観察した場合の月と自分と太陽の関係を説明する理論であると考え、地球視点で見た場合の「離角」という概念を接続用知識として捉えることにした（図2-1）。

観察者である児童から見た場合の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。つまり、「〇月〇日に満月が東の空に見える」や「〇時頃、半月（上弦）が〇の方位に見える」などの観察結果と「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」という規則性は、離角によって関係付けられている。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、関連する自然事象、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の説明に適用されるものと考えられる。このため、「離角」という概念は児童の実際の観察結果と一致し、また、離角を用いることにより、観察結果と規則性を関係付けて指導することができる。

以上の検討の結果、「離角」という科学概念は、月の満ち欠けの理解に関する接続用知識となり得ると判断した。

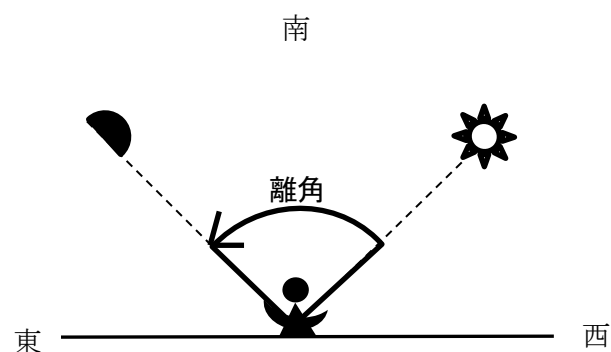


図2-1 離角90°上弦の月（午後3時頃に上弦の月が南東に見える様子）



## 第2節 月の満ち欠けの理解を調査する質問紙

本節では、月の満ち欠けに対する児童の理解を調査する質問紙を作成するにあたり、児童が接続用知識を用いて、個別の「見える月の形や方位、時刻」について説明できるかという点から質問紙の内容を検討する。

上記の観点から先行研究を調べたところ、相場（2015）で使用された問題が援用できると考えた（p.14 図 2-2 の波線部以外の問題と選択肢）。

その理由を以下に示す。

問題は、7問とも全て月の形を問う問題となっており、時刻と月が見える方位が示されている。これは、小学校で学習する「月の形が日によって違って見えるのは、月と太陽の位置関係が変わるからである」という規則性に基づいて、児童が月の形を説明することを意図した問題であると考えられる。また、前節で設定した接続用知識である「離角」を用いると解答が導き出しやすくなっている。さらに問題間には、段階的な難易度の違いがある。すなわち、問題1から問題4は、直交座標上に月と太陽が位置し、離角 $90^\circ$ や離角 $180^\circ$ を直接使って月の形を直感的に判断できる問題であり、問題の難易度は低い。問題5は真昼の上弦の月の出、問題6は真夜中の下弦の月の出であり、両問とも直交座標上に月と太陽が離角 $90^\circ$ で位置するが、観察経験を期待することが難しい。特に下弦の月の出は、見えない太陽の位置を特定してから月の形を考える必要があるため、思考操作が加わる問題である。そのため、問題の難易度は、問題1から4に比べて高くなっている。問題7は、問題1から問題6と異なり、直交座標上に月と太陽が位置しない月齢の月である。この問題に回答するには、まず、月と太陽の位置関係から離角を $135^\circ$ と想定し、次に、その月の形を「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」という規則性から、上弦の月と満月の間の形であると推論することが必要となる問題である。そのため、この問題の難易度は、全7問の中では一番高くなっている。

これらの問題の特徴を難易度ごとに整理すると以下のようなになる。

### ① 難易度「低」の問題

直交座標上に月と太陽が位置し、離角 $90^\circ$ や離角 $180^\circ$ を直接使って月の形を直感的に判断できる問題

### ② 難易度「中」の問題

直交座標上に月と太陽が離角  $90^\circ$  で位置するが、月の出や月の入りなど観察経験を期待することが難しい問題や夜の月など、太陽の位置を予測することが必要な問題

### ③ 難易度「高」の問題

直交座標上に月と太陽が位置しない月齢の月で、離角を想定した後に、規則性を使って月の形の連続変化の視点から、問われた月の形を推論する問題

上記により、相場（2015）で使用された問題を援用することで、月の満ち欠けに対する児童の理解の実態を難易度ごとに詳細に調べることができると考えた。

また、これらの問題に児童が解答を導き出す際に、接続用知識と規則性を使っているか否かを確認するために、以下の点を加えて質問紙の内容を改編した（図 2-2）。一点目は、全ての問題に対して図を描かせたことである。特に問題 7 では、選択肢に月齢 11 を示すと、前の問題との関係から上弦でも下弦でも満月でもないと推測して解答する可能性があるため、選択肢を示さずに月の形を描画させる問題とした。二点目は、全ての問題の全ての選択肢に「6.わからない」を加え、当て推量による解答を防ぐようにしたことである。

なお、図 2-2 の問題が、月の満ち欠けに対する児童の理解を調べる問題として妥当であ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 名で検討した。その結果、一致度 80% をもって妥当性が確認された。

したがって、図 2-2 に示す問題は、月の満ち欠けに対する児童の理解を調査する問題として適していると判断した。

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. 上弦の月 4. 満月 5. 下弦の月 6. わからない

～図による説明～

※以下の問題も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。

問題7：夕方，南東の空に月が出ていました。どんな形の月ですか。

下の図に，月の形と説明に必要なことを書き込みましょう。

～図による説明～

図 2-2 理解調査の問題（相場 2015 を改編：波線部）

### 第3節 調査及び分析方法

本節では、まず、前節で作成した質問紙による調査を行うために、選定した調査対象クラスの授業の実際と調査の実施時期を示す。次に、調査データの分析方法を示す。

#### 第1項 調査対象と授業の実際及び調査の実施時期

##### (1) 調査対象クラスと授業の実際

本研究では、小学校第6学年の単元「月の満ち欠け」での接続用知識を「離角」と設定した。このため、調査対象は、接続用知識の獲得と適用を意図して「離角」という知識を指導したクラスと、「離角」を指導しないクラスとした（以後、前者のクラスを方法A、後者を方法Bと表記する）。また、本研究では調査校で通常行われている理科授業の形式を崩さないように留意し、授業はそれぞれのクラスの理科授業を通常担当している教諭によって行われるよう依頼した。

対象と授業の実際、及び授業と調査の実施時期は以下の通りである。

##### ① 対象

###### ・方法Aのクラス

接続用知識の獲得と適用を意図して「離角」を指導する授業

福岡県内の公立小学校Aの6年生1クラス（35名）

###### ・方法Bのクラス

接続用知識である「離角」を指導しない授業

福岡県内の公立小学校Bの6年生1クラス（36名）

##### ② 授業の実際

###### a) 方法Aの授業（全6時間）

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、月の満ち欠けの規則性を「離角」（接続用知識）を使って教師が児童に説明し、教える段階である。第2時は、児童が前時で教師から教わったことを実際の観察で確かめる段階である。第3時以降は、児童各自が考えた課題を追究する段階である。

この詳細は以下の通りである。

第1時では、個別的知識として、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、月と太陽の位置関係が変わるからである」という規則性を提示した。そして、

その意味を理解させるために、まず、月の輝いている側に太陽があることを月と太陽が同時に写っている写真を用いて確認した。その上で、接続用知識として、月の形が半月（上弦）に見える時は、月と自分と太陽の間の「離角」という角度が  $90^\circ$  になっているということを、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  $0^\circ$  の時は新月、離角が  $180^\circ$  の時は満月、太陽が東にあり離角が  $90^\circ$  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追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「離角 ( $90^\circ$ )」と「月の形」であること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西の空から東の空へと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確かめた。

第3時では、第1時、第2時で児童が抱いた月の満ち欠けに関する疑問や月の形の見え方を規定する「方位と時刻」の条件を操作して考えた課題について、離角を使って追究できるかどうかを吟味させた。その後、追究する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2-1に示すように、児童が考えた追究課題には、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みられたが、多くの児童が、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10分程度の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。

このようにして、約1か月の観察期間と学習時間を確保した後、各自が考えた追究課題の発表会を行い、全6時間の授業を終了した。

上記のような学習を行うことで、児童は接続用知識を根拠として規則性に基づき、個別の「見える月の形や方位・時刻」について説明できるようになることが期待された。

なお、表2-1の人数は、未記入者を除いた人数である。

表 2-1 児童が考えた追究課題 (n = 33)

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

註) 1, 2, 3, は授業で離角を教えた際の離角の使い方との類似度が高く, 4, 5 は中程度, 6, 7, 8 は類似度が低い課題である。

#### b) 方法Bの授業 (全6時間)

「月は, いつも太陽がある側が輝いている」ということを学習した後に「月の形が日によって変わって見えるのは, どうしてだろうか」という学習問題で, 月の満ち欠けの学習が行われた。

授業は, 第4学年の既習事項と児童が行った月の観察を基に問題を把握した後, 「問題に対する予想→モデル実験の構想→モデル実験の実施→結論の導出」という過程で行われた。

モデル実験の構想・実施では, 児童が月に見立てたボールと太陽に見立てた光源を用いて自分たちで発想した実験を行った。児童が行ったモデル実験は, ボールを自分の回りで回転させ, 光がボールに当たっている部分の形の変化を観察するという, 教科書と同様の実験であった。児童は, 「ボールが光源に近く光が右側から当たっている時には, 輝いている部分が少なく三日月に見える。」などと, 光が当たっている方向と輝いて見える部分の形に着目して月の形の記録を行った。

結論の導出では, モデル実験の結果をもとに, 「月の形が日によって変わって見えるのは, 月と太陽との位置関係が変わるからである」という規則性が導かれた。また, 上弦の月と下弦の月で輝いている側が逆に見えることと, モデル実験との対応については, 月が地球の周りを公転する際の月の位置によって地球からの見え方が変わるという教科書に掲載さ

れた宇宙視点の図を用いて、教師による解説が行われた。具体的には、①月が太陽から離れるにつれて丸く見えるようになり、太陽に近づくにつれて細く見えるようになること、②月が満月に見える位置を過ぎると教科書を逆さまに持ち替え、その時、太陽の位置が地球から見て新月から満月の時とは反対になること。これは、地球から見ると太陽が東の空にある状態を表していること。③月が満月に見える位置を過ぎ、太陽に近づいてきたときの半月は、下弦の月に見えること。といった説明である。

このようにして規則性を確認した後、方法Aと同様に一か月間の観察期間を設け、観察記録とモデル実験によって導かれた規則性とを関係付けて月の満ち欠けの規則性を確認し、全6時間の授業を終了した。

上記の学習では、方法Aで用いた接続用知識(図2-1)の指導は行われなかったが、観察結果とモデル実験とを対応させることで、個別の「見える月の形や方位・時刻」について説明できるようになることが期待された。

## (2) 実施時期

授業及び調査の実施時期は以下のとおりである。

### ① 方法Aの授業

- ・事前調査：2019年8月29日
- ・授業：2019年9月6日から10月12日
- ・事後調査：2019年10月16日

### ② 方法Bの授業

- ・事前調査：2019年9月6日
- ・授業：2019年9月9日から10月18日
- ・事後調査：2019年10月28日

## 第2項 分析方法

本章では、方法Aと方法Bが月の満ち欠けの理解に及ぼす影響を調べる。そのために授業後に理解調査を行い、その結果を群間で比較する。

群間比較の前提条件としての両群の等質性の確認は、授業前に実施した質問紙の難易度「低」の問題1から問題4を用いて行った。また、理解調査の結果比較は、質問紙の難易度「低」「中」「高」の全7問を用いて行った。

なお、解答の正誤判定にあたっては、当て推量や記憶による正答ではなく、児童の理解を調べることを目的としている。そのため、判定は以下のように行った。

問題 1 から問題 6 については、適切な選択肢を選んだうえで、問われた月の形を特定するための図による適切な説明ができていない解答を正答とした。その際、方法 A のクラスでは接続用知識の指導が行われているため、離角を使って適切な説明ができていれば正答とした。また、方法 B のクラスでは離角の指導が行われていないため、児童が離角による説明をするとは考えにくい。そこで、選択肢が正答で、その根拠としての図による説明が行われているものは離角を使っていなくても正答とした。

問題 7 は、選択肢ではなく、月の形とその説明としての描画を求めている。そのため児童が当て推量や記憶で、月齢 11 のラグビーボール形の月を正しく描くことは考えにくい。そこで、方法 A、方法 B の両のクラスとも、月の形が正しく描かれているものは正答とした。

以下に調査デザインを図として示す。

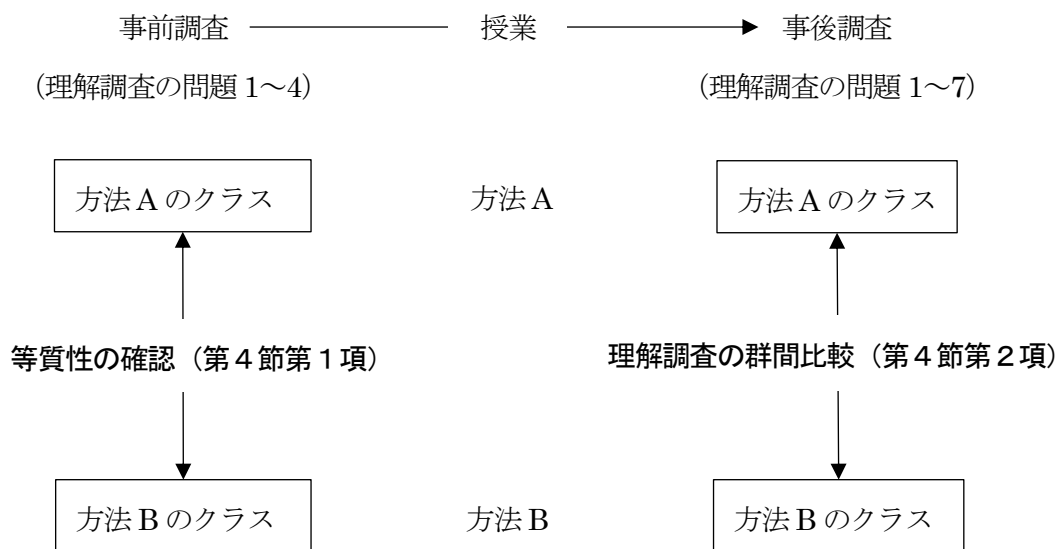


図 2-3 理解の群間比較を行うための調査デザイン



## 第4節 結果と考察

本節では、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、月の満ち欠けに対する児童の理解が向上したか否かを考察する。そのために、まず、授業実施前の調査対象クラス（方法A、方法Bの各クラス）の理解についての等質性を確認した。次に、調査問題の難易度ごとに両群の児童の月の満ち欠けに対する理解を比較した。

### 第1項 授業前の方法Aのクラスと方法Bのクラスの等質性

調査対象のクラス間で、授業実施前に、月の満ち欠けの基本的な理解に差がないことを確認するために、難易度「低」の問題1から問題4を用いて事前調査を実施した。

前述した基準に基づき判定した結果を以下に示す。

集計の結果（欠席者を除く）、表2-2に示す通り、問題によって人数の偏りが異なるものの、方法A、方法Bの両群において、問題ごとの正答者と誤答者の分布は同じ傾向にあると推察される。このことを統計的に裏付けるために、問題ごとに、正誤の人数を用いたフィッシャーの直接確率検定を行った。その結果、正答率に有意な差がみられないことから、クラス間で理解に差があるとはいえないことが確認された。

表2-2 事前調査における問題ごとの正誤者数と検定の結果

問題	問題1		問題2		問題3		問題4	
	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤
方法A (n = 35)	17	18	6	29	12	23	5	30
方法B (n = 35)	11	24	9	26	9	26	9	26
p値	0.22		0.56		0.60		0.37	

### 第2項 方法Aのクラスと方法Bのクラスの理解の実態

方法Aと方法Bが、月の満ち欠けに対する児童の理解に及ぼす影響を調べるために、難易度「低」「中」「高」の問題を用いて事後調査を実施した。

前述した基準に基づき判定した結果を以下に示す。

集計の結果、表 2-3 に示す通り、方法Aと方法Bにおける正答と誤答の人数に偏りがみられ、方法Aの有効性が推察される。このことを統計的に裏付けるために、正誤の人数を用いたフィッシャーの直接確率検定を行った。その結果、問題 1 と問題 7 以外の問題 2 から問題 6 において、5%水準で有意な差が認められた。

表 2-3 事後調査における問題毎の正誤者数と検定の結果

問題	問題 1		問題 2		問題 3		問題 4		問題 5		問題 6		問題 7	
	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤
方法A (n = 35)	31	4	29	6	31	4	26	9	25	10	22	13	10	25
方法B (n = 36)	28	8	21	15	15	21	13	23	9	27	10	26	16	20
p 値	0.34		0.04		0.00		0.00		0.00		0.00		0.22	

この詳細は以下の通りである。

難易度「低」の問題 1 から問題 4 は、月が直交座標上に位置する問題であり、月の満ち欠けの理解を調べる際の基本問題として位置付けた問題である。問題 1 については、方法 A、方法 B の双方で正答者数が多く有意な差はないが、問題 2、問題 3、問題 4 では方法 A の正答者が有意に多い。このことから、方法 A は、児童の月の満ち欠けに対する基本的な理解を高めることに効果があったといえる。

難易度「中」の問題 5 は、昼間に見る上弦の月の出、問題 6 は夜中に見る下弦の月の出であり、月の形を太陽との位置関係から推論することが必要である。この 2 問に関しても方法 A では 5%水準で有意な差が認められた。このことから、方法 A は、難易度が高まった問題においても児童の理解を高めることに効果があったといえる。

難易度「高」の問題 7 は、接続用知識を使って離角を想定し、規則性との関係から月齢 11 の月の形を推論する描画問題である。この問題に関して方法 A では正答者 10 名、誤答者 25 名、方法 B では正答者 16 名、誤答者 20 名であり有意な差は認められなかった。次に、解答の根拠として児童が描いた図を分析したところ、方法 A では、図 2-4 に示したような地球視点で離角を意識した図を 35 名全ての児童が描いており、未記入者はいなかった (表 2-4)。一方、方法 B では、36 名中 10 名の未記入者が存在した。また、表 2-5 に示すように方法 B では、図を描いて考えた児童 26 名中の 16 名が正答者であり、その内 12 名の児童が図 2-5 に示すような宇宙視点での図を根拠としていたが離角に類する説明はな

かった。さらに、正解者の内 4 名に根拠となる説明はなかった。また、誤答者 10 名の説明の根拠は不明確であった（表 2-5）。

このことから、方法Aは方法Bよりも接続用知識である離角を意識的に使って解答を導き出そうとする児童が多かったといえる。また、誤答者 25 名の描画からは、規則性を使って月の形の連続変化を考えて推論するまでには至らなかったが、接続用知識から離角を 135°程度と想定して解答を導き出そうとしている児童の姿が伺える（図 2-4）。

以上の結果から、接続用知識の獲得と適用を意図的に指導した方法Aは、方法Bと比較して、月の満ち欠けに対する児童の理解の向上に寄与したといえる。

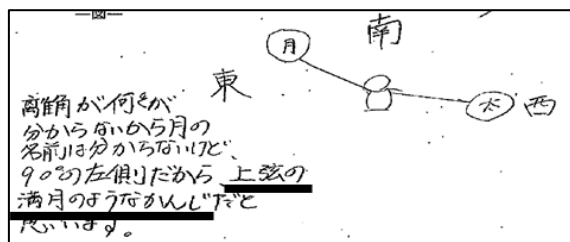


図 2-4 問題 7 での描画における児童の解答例（方法Aのクラス）

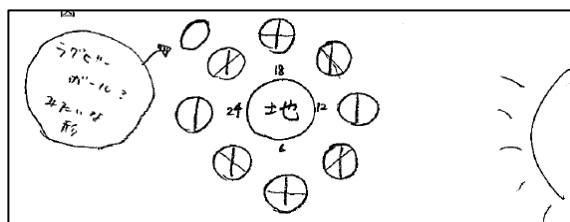


図 2-5 問題 7 で正答した児童の説明の根拠の例（方法Bのクラス）

表 2-4 描画による説明の有無と人数

	描画による説明	
	有	無 (未記入)
方法 A (n = 35)	35	0
方法 B (n = 36)	26	10

表 2-5 説明の根拠の種類と人数

描画有	正誤者		視点 (離角)		
			地球(有)	宇宙(無)	不明
方法 A (n = 35)	正	10	10	0	0
	誤	25	25	0	0
方法 B (n = 26)	正	16	0	12	4
	誤	10	0	0	10

註) 表 3 の括弧内の(有)・(無)は、離角に関する表現の有無を表している。

## 第5節 第2章のまとめ

本章では、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、自然事象に対する児童の理解が向上するか否かを明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、実証単元を小学校第6学年の単元「月の満ち欠け」とし、この単元における接続用知識を「離角」と設定した。そして、接続用知識の獲得と適用を意図して「離角」という知識を指導したクラスと、「離角」を指導しないクラスを対象に、授業前後の理解調査を実施し、比較検討した。

その結果、前者のクラスは後者のクラスと比べて、難易度「低」「中」の設問では正答者数が有意に多かった。また、難易度「高」の設問では両クラス間の正誤の人数に有意な差はみられなかったものの、前者のクラスでは、全ての児童が接続用知識を使って解答を試みていることが確認された。

以上により、小学校第6学年の単元「月の満ち欠け」の学習において、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行うことは、児童の理解の向上に寄与することが明らかとなった。

### 第3章 児童の科学的知識の活用と接続用知識

本研究では、第1章で述べたように、科学的知識の活用を「児童が接続用知識を授業で扱った自然事象と類似した自然事象に適用し、規則性に基づき類似の事象を説明すること」としている。これに基づき本章では、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、接続用知識を獲得した児童が、科学的知識の活用ができたか否かを明らかにする。そのために、まず、活用の実態を明らかにするための質問紙を作成した。そして、質問紙調査の結果をもとに、児童が科学的知識の活用ができたか否かについて考察した。

なお、実証単元は、第2章で選定した小学校第6学年の「月の満ち欠け」であり、調査対象は、第2章で選定した方法Aの授業を行ったクラスの児童である。よって以後、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスのことを方法Aの授業を行ったクラスと表記する。

#### 第1節 活用の実態を調査する質問紙

本節では、児童の科学的知識の活用の実態を調査する質問紙を作成するにあたり、接続用知識である「離角」を適用する月の満ち欠けの事象を、授業で離角を教えた際の離角の使い方との類似性の程度から検討した。

上記の観点から先行研究を調べたところ、相場（2018）で使用された問題が援用できると考えた（p.27 図3-1, 問題1, 2）。

その理由を以下に示す。

問題1は、相場（2018）が平成27年度の全国学力・学習状況調査（国立教育政策研究所、2015）の方位の問題を月の満ち欠けの問題として改編したものである。問題1は、観察者の見上げる空の方位を問う問題であり、問題の設定状況が学習時における月の形を問う問題とは異なる。また、問いからは離角を直接使うことが考えにくい。そのため、離角の使い方との類似性は低いと考えた。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、授業で教えた際の離角の使い

方との類似性は低いですが、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、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。そのため、授業で教えた際の離角の使い方との類似性が問題 1 よりも高い問題（中程度）として援用できると考えた。

上記のように、授業で教えた際の離角の使い方との類似性の程度によって、接続用知識の適用の実態をみることができると考えられるため、質問紙には、上記の 2 問に加えて類似性の程度がさらに高い問題を加えた（図 3-1、問題 3）。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特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。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。そのため、授業で教えた際の離角の使い方との類似性は問題 2 よりも高いと考えた。

これらの問題の特徴を類似性の程度ごとに整理すると以下のようなになる。

#### ① 類似度「低」の問題

「月の形を考えたり説明したりするために離角を使う」という状況とは異なる問題で、離角を直接使うことが考えにくい問題

#### ② 類似度「中」の問題

「月の形を考えたり説明したりするために離角を使う」という状況とは異なる問題ではあるが、月の形を規定する要因である「月の位置か太陽の位置」の一方が示されており、離角を使うことで、解答がしやすくなる問題

#### ③ 類似度「高」の問題

「月の形を考えたり説明したりするために離角を使う」という状況とは異なる問題ではあるが、月の形と方位及び時刻が示されており、離角を直接使って考えることができる問題

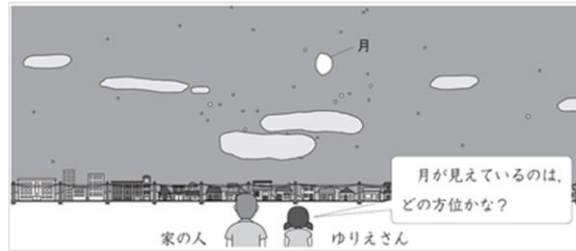
上記により、図 3-1 を調査問題とすることで、月の満ち欠けに対する児童の科学的知識の活用の実態を類似度ごとに詳細に調べることができると考えた。

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推量での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、図 3-1 の問題が、月の満ち欠けの学習における児童の科学的知識の活用の実態を調べる問題として妥当であ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 名で検討した。その結果、一致度 80%をもって妥当性が確認された。

したがって、図 3-1 に示す問題は、月の満ち欠けの学習における児童の科学的知識の活用の実態を調査する問題として適していると判断した。

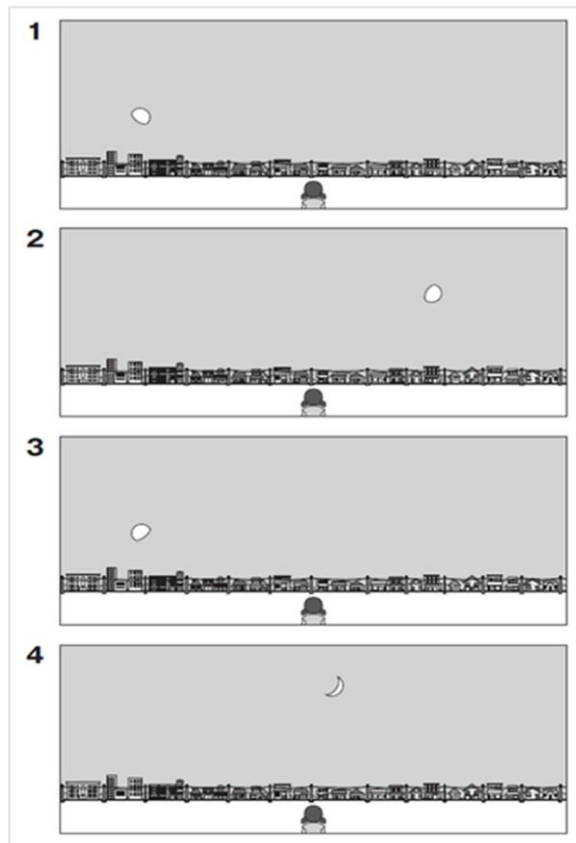
問題1：ゆりえさんは、午後8時に月を見つけました。ゆりえさんが見ている方位について、  
どのようなことが考えられますか。



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  
—図による説明—

※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3-1 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したものである。また、問題2は平成27年度の全国学  
力・学習状況調査（国立教育政策研究所，2015）を援用したものである。



## 第2節 調査及び分析方法

本節では、前節で作成した質問紙による調査を行うための調査対象と調査の実施時期、及び調査データの分析方法を示す。

### 第1項 調査対象と実施時期

#### (1) 対象

対象は、第2章において調査を依頼した方法Aの授業を実施したクラスの児童33名(調査時に欠席した児童を除いた人数)である。

#### (2) 実施時期

授業及び調査の実施時期は以下のとおりである。

- ・ 授業：2019年9月6日から10月11日
- ・ 事後調査(科学的知識の活用に関する調査)：2019年12月17日

### 第2項 分析方法

本章では、方法Aの授業を行ったクラスの中で月の満ち欠けの基本的理解ができている児童を接続用知識の獲得群、そうでない児童を非獲得群として、獲得群の児童が非獲得群の児童に比べて科学的知識の活用ができたか否かを調べた。

群分けについては、第2章で作成した質問紙(図2-2)の問題1から問題4を用い、科学的知識の活用に関しては、図3-1を用いた。

なお、解答の正誤判定は、当て推量による正答ではなく、児童の科学的知識の活用の実態を調べることを目的としている。そのため、適切な選択肢を選んだうえで、図による適切な説明ができている解答を正答とした。

以下に調査デザインを図として示す。

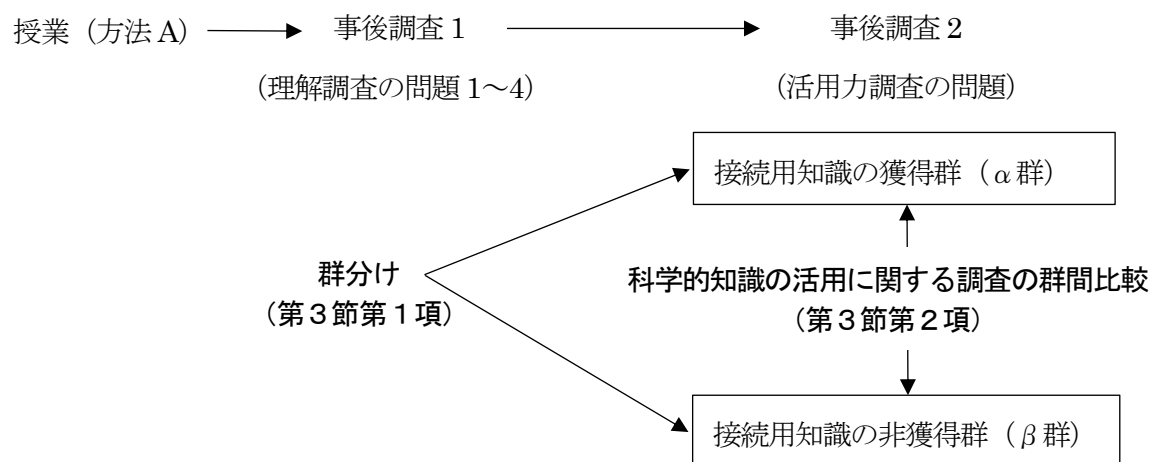


図 3-2 科学的知識の活用実態の群間比較を行うための調査デザイン

### 第3節 結果と考察

本節では、方法Aの授業によって、接続用知識を獲得した児童がそうでない児童に比べて科学的知識の活用ができたか否かを考察する。そのために、まず、授業後に行った理解調査をもとに調査対象群を設定した。次に、科学的知識の活用の実態について両群を比較した。

#### 第1項 調査対象群

群分けを行うにあたっては、方法Aの授業によって月の満ち欠けの基本的理解ができていない児童を接続用知識の獲得群とした。このため、図2-2の問題1から問題4を用いて接続用知識である離角を適切に使用しているか否かを調べた。その結果、接続用知識を適切に使用して4問全てに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名を接続用知識の獲得群（ $\alpha$ 群）、残りの22名を非獲得群（ $\beta$ 群）とした。

#### 第2項 $\alpha$ 群と $\beta$ 群における科学的知識の活用の実態

接続用知識の獲得群（ $\alpha$ 群）と非獲得群（ $\beta$ 群）とで、科学的知識の活用について差があるか否かを調べるために、類似度「低」「中」「高」の活用力調査の問題を用いて事後調査を実施した。前述した基準に基づき判定した結果、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（ $\alpha$ 群/ $\beta$ 群）でクロス集計をしたところ、表3-1のようになった。

表3-1 事後調査における問題ごとの正誤者数と検定の結果

	問題1		問題2		問題3	
	正	誤	正	誤	正	誤
$\alpha$ 群(n=11)	5	6	8	3	10	1
$\beta$ 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。

表 3-1 に示すように、 $\alpha$  群と  $\beta$  群における正答と誤答の人数に偏りがみられ、 $\alpha$  群の有効性が推察される。このことを統計的に裏付けるために、正誤の人数を用いたフィッシャーの正確確率検定を行った。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。

### (1) 問題 1 の正答者について

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  $125^\circ$  から  $135^\circ$  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。 $\alpha$  群の正答者では、図 3-3 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。 $\beta$  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、正答者の全員が、両群ともに図 3-3 のような月と太陽の位置関係を表す説明を行っていた。

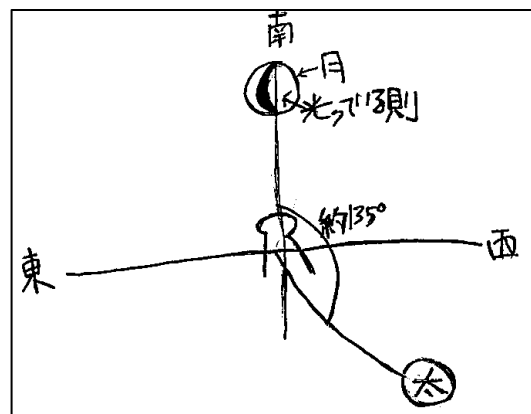


図 3-3 問題 1 の正答者の描画の一例

### (2) 問題 2 の正答者について

問題 2 は、類似度「中」の問題である。また、月と太陽の位置関係は問題 1 と同様である。 $\alpha$  群では、11 名中 8 名が図 3-4 のように月と太陽の位置関係を、接続用知識を用いて図示し、日周運動を想定して午後 4 時の月と太陽の位置を特定する操作を行い解答の根拠

としていた。β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。

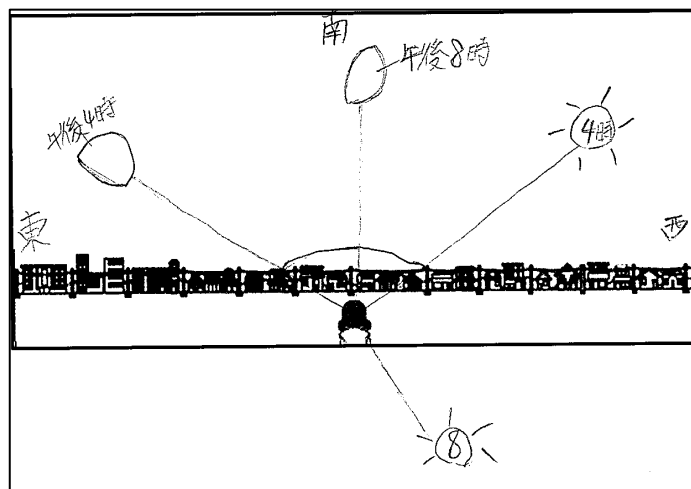


図3-4 問題2の正答者の描画の一例

### (3) 問題3の正答者について

問題3は、類似度「高」の問題である。α群では、11名中10名の児童が、図3-5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、月の形の見え方は月と太陽の位置関係できまるという規則性、及び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、月の入りの時刻を真夜中頃と判断していた。β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。

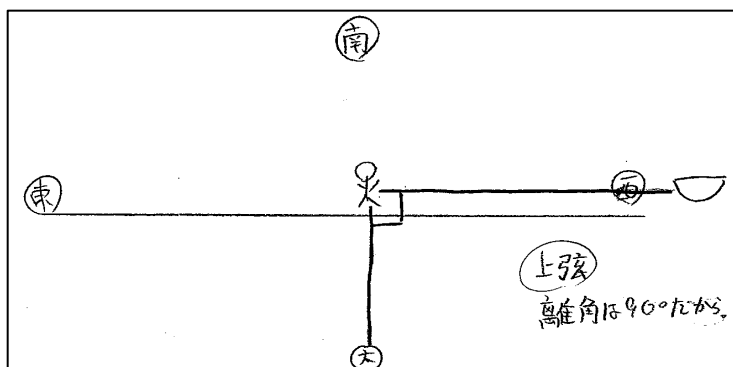


図3-5 問題3の正答者の描画の一例

#### (4) 接続用知識の使用を試みた児童について

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 3-2 に示すように、 $\alpha$  群では、 $\beta$  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、全ての問題で多く存在していた。これは、 $\alpha$  群の児童が、授業を通して、月の満ち欠けの問題に対して離角を用いることの有効性を認識していたためであると考えられる。一方で、問題ごとに接続用知識の使用を試みた児童の人数の割合をみると、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」の問題よりも少なかった。これは、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、接続用知識の獲得と適用といった観点から類似度の低い自然事象も含めて、様々な類似度の自然事象を取り上げ、それらの事象の中に、はじめに教えた接続用知識の使い方との類似性を発見させていくことが必要であると考えられる。

表 3-2 接続用知識の使用を試みた児童の割合 (%)

	問題 1	問題 2	問題 3
$\alpha$ 群 (n = 11)	81.8	90.9	100.0
$\beta$ 群 (n = 22)	50.0	63.6	63.6

以上、(1) から (4) の結果から、接続用知識である「離角」という知識を獲得した児童は、そうでない児童に比べて、授業で教えた際の接続用知識の使い方との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においては、接続用知識を獲得することで、児童は科学的知識を活用することができるようになったといえる。

#### 第4節 第3章のまとめ

本章では、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、接続用知識を獲得した児童が、科学的知識を活用することができたか否かを明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、対象クラスの児童を接続用知識の獲得群と非獲得群に分け、両群に対して活用力調査を実施し、比較検討した。

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、授業で教えた際の接続用知識の使い方との類似度が低い問題に対しても接続用知識である「離角」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。

以上により、小学校第6学年の単元「月の満ち欠け」の学習で、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、接続用知識を獲得した児童は、科学的知識を活用できるようになっていたことが明らかとなった。

## 終章 研究の成果と課題

本章では、研究の成果と課題を整理するとともに、理科授業に接続用知識を導入することの含意を述べる。

### 第1節 成果と課題

本研究では、小学校の理科授業において、接続用知識を導入した授業を行うことが、自然事象に対する児童の理解と科学的知識の活用に及ぼす影響を実証的に明らかにしようとした。そのため、次の2つの目標を設定した。

(1) 接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、自然事象に対する児童の理解が向上するか否かを明らかにすること（第2章）。

(2) 接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、接続用知識を獲得した児童が、科学的知識の活用ができたか否かを明らかにすること（第3章）。

そして、上記の2つの目標を達成するために、以下の手続きをとった。

まず、指導を行う単元を選定し、その単元でどのような知識が接続用知識となるかを検討した。

次に、前述の目標(1)を達成するために、自然事象に対する児童の理解を調べる質問紙を作成した。また、接続用知識の指導を行う授業を具体化して実施し、対象クラスに対して調査を行った。そして、その結果をもとに、児童の理解が向上したか否かについて分析した。

続いて、目標(2)を達成するために、児童の科学的知識の活用を調べる質問紙を作成し、対象クラスに対して調査を行った。そして、その結果をもとに、児童が、科学的知識の活用ができたか否かを分析した。

以上の手続きによって明らかとなった本研究の成果は以下の2点である。

- 1) 接続用知識の獲得と適用を意図した指導は、月の満ち欠けに対する児童の理解の向上に寄与することを明らかにした点。
- 2) 月の満ち欠けの単元で、接続用知識の獲得と適用を意図した指導を行ったクラスにおいて、接続用知識を獲得した児童は、そうでない児童に比べて科学的知識を活用できるようになっていることを明らかにした点。



また、本研究の今後の課題として、以下の2点が挙げられる。

- 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。このため、今後は他の単元でも理解と活用の観点から、どのような知識を接続用知識として導入するかについて検討する必要がある。
- 本研究の成果である接続用知識を導入した授業の指導法を、多くの単元で使用できる汎用的な指導法として開発することが求められる。

## 第2節 含意

月の満ち欠けの単元において、教科書で取り扱われている知識は、自然事象と規則性であり、接続用知識に類する知識は取り扱われていない。本研究では、授業に「離角」を接続用知識として導入することにより、月の満ち欠けに対する児童の理解が向上し科学的知識を活用することができるようになることを明らかにした。このことは、次の2点を含意する。

一点目は、授業で取り扱う知識を、観察や実験といった自然事象（個別的知識）と規則性に加えて接続用知識を含めた3項関係で捉え直すこと、二点目は、接続用知識の導入による授業改善である。

### 第1項 授業で取り扱う知識を3項関係で捉え直すこと

月の満ち欠けと同様に、水のあたたまり方の学習は、児童にとって理解が難しい内容であることが知られている（相場・柊原，2009）。この学習について、A社の令和2年度の教科書では、個別的知識としては、絵具の動きや示温インクの色の変化と動きを観察する実験が取り扱われている。また、規則性としては、「水は、熱せられたところがあたたまり、温度が高くなる。温度の高くなった水が上のほうへ動き、水は全体があたたまっていく。」という表現が用いられている。しかし、この規則性では、「温度の高くなった水は、なぜ上の方へ動くのか」や「どのようにして全体があたたまるのか」を説明することはできない。つまり、接続用知識が欠如していることによって、観察結果と規則性が関係付いていないといえる。そのため、児童の考えは、上昇流のみに着目した温まった水の蓄積説や水の移動を伴わない熱の蓄積説、さらには、観察に依存する回転説という誤概念を含んだままとなり、科学的な自然認識とならないことが危惧される。

この学習における接続用知識は、水や空気などの流体のあたたまり方を統一的に説明できる「対流」という科学概念であると考えられる。対流とは、熱せられた水と冷たい水の単位体積当たりの重さ（密度）を比べると、熱せられた水の方が軽いために上に動き、その動きと対になって冷たい水が下に下がってくるという、温度の違う水の動きの連続によって起こる現象である。この点について東爪・寺田（2020）は、「水のあたたまり方と冷え方の両現象を児童に提示することで、ものの温度と体積の学習との関連付けができ、本質的な理解ができる」と述べており、下降流を可視化する実験を提案している。しかしな

がら、実験では温かい水の上昇流と冷たい水の下降流を同時に観察することはできない。一方で、接続用知識を導入する場合、上昇流と下降流を同時にイメージさせる接続用知識として、温度の違う水の動きについて「温度が高くなった水は軽くなって上に動き、上にあった温度の低い水は、押しのけられて下にしずむ」といった表現を用い、規則性としては「水が動いて全体が温まる」と水の移動に関する表現を用いることが考えられる。また、観察、実験については、現行の教科書では、サーモインクを使ったビーカーでの実験が行われているが、これに加えて、環状のガラス管（対流観察ガラス管）を用いた実験などを行い、あたたまった水が上昇する様子をとらえさせ、代わりに、あたたまっていない水が押されて下に移動するイメージをもたせることなどが考えられる。

こうした接続用知識を含む3項関係から授業で取り扱う知識を捉え直し、指導の工夫をすることによって獲得された科学的知識は、空気をはじめとした流体のあたたまり方に適用可能になると考えられる。

上述のように、授業で取り扱う知識を2項関係から3項関係で捉え直すことで、児童が自然を科学的に認識できるようになることが期待できると考える。また、こういった観点から、学習指導要領や教科書の内容を見直すことは、教材研究の新しい方途になると考える。

## 第2項 接続用知識の導入による授業改善

序章第1節で述べたように、小学校理科の内容の中には、児童にとって自然事象の理解や科学的知識の活用が困難なものがある。このような内容の指導に関して、本研究では、接続用知識を導入した指導の有効性を示した（第2章、第3章）。その際、接続用知識による自然事象と規則性の関係付けに関して、教師が積極的に教えるという点において接続用知識の指導を行ったクラスの授業は演繹的であり、児童による発見を基本とするという点において接続用知識の指導を行わなかったクラスの授業は帰納的であった。

理科における演繹的授業の効果に関する先行研究としては、石田（2011）、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規則性を教え、その後、その規則性を適用する学習を行うことで、自然事象に対する児童の理解や科学的知識の活用力が向上したと報告されている。しかしながら、前述したような3項関係からの知識の検討はなされてはいない。一方で、帰納的授業は、観察結果をもとに児童が規則性を発見するといった探究・発見の方法をとるため、

接続用知識の導入は、自然事象と規則性を関係付けるために児童が発見するといった文脈で行われる。その際、既習事項が接続用知識となる場合がある。例えば、第5学年の流れる水の働きと土地の変化における「自然災害」の学習での接続用知識は「素因と誘因」であると考えられ、土地の傾きや土質などの素因と長雨や集中豪雨などの誘因に関わる知識は既習事項である。しかしながら、指導する教師に既習事項の何が接続用知識となり得るのかといった視点からの教材解釈がなければ、自然事象と規則性をつなぎ、事象が生起する理由を説明するといった学習活動は成立しにくいと考える。つまり、演繹的授業も帰納的授業も、どちらも日本の理科授業では自然事象と規則性の2項関係での指導となっている可能性がある。

ところが、演繹的授業と帰納的授業は、しばしば対比的、批判的に論じられることがある。例えば、進藤・石田・今林・隈部（2011）は、「探究・発見アプローチによる理科授業は、伝統的に科学文化の創造的側面である探究・発見だけを重視して、その継承の側面を軽視してきた」と述べており、演繹的授業による知識の伝達とその事例化を主張している。また、鶴岡・井野・佐藤（2013）及び井野・鶴岡（2015）は、市川・鎬木（2010）が主張する「教えて考えさせる授業」や進藤・日高・脇元ら（2007）が主張する「知識伝達・事例化学習」ないしは「文化継承・活用学習」を帰納的・発見的な授業と対比する形で捉えている。しかしながら、本研究から得られた知見は、授業に接続用知識を導入することで、児童が自然を科学的に認識できるようになるということである。このことは、授業を計画する際に、接続用知識からの自然事象の捉えがない時には、演繹的授業であっても帰納的授業であっても、児童が自然を科学的に認識することが難しい場合があることを示唆するものである。

以上のことから、演繹的授業においても帰納的授業においても、それぞれの授業法に応じて接続用知識の導入の仕方考えた授業改善が求められる。

## 引用・参考文献

- 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), pp.129-139.
- 相場博明・柘原礼士 (2009) 「小学校4年「水のあたたまり方」における誤概念と「サーモインク」教材の有効性」『理科教育学研究』 49(3), pp.1-11.
- 相場博明 (2018) 「月の満ち欠けの学習後の理解とつまずきについての考察—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』 58(3), pp.311-318.
- 赤木達郎・井倉宏輔・石田靖弘・進藤公夫 (1998) 「子どもの重力に対する感覚が理科学習に及ぼす影響, —領域横断的実態調査を通して—」『日本科学教育学会研究会研究報告』 13(3), pp.5-8.
- 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, pp.99-107.
- 荻野伸也・久保田善彦・桐生徹 (2014) 「小学校4年生の水への熱の伝わり方の概念形成に関する事例研究: —「ものの温まり方」単元における概念の関連から—」『理科教育学研究』 55(1), pp.27-36.
- 日高晃昭 (2007) 『教えることをためらわない理科授業—「知識伝達—事例化」学習の試み—』 pp.12-20, ぎょうせい.
- 帆足洋之・石田靖弘・石井健作・進藤公夫・隈部敦子 (2018) 「理科の「見方・考え方が働く」授業の仕組みについての一提案 (2)—「文化伝達・活用モデル」による第5学年「電流がつくる磁力」の授業—」『日本理科教育学会九州支部大会発表論文集』 44, pp.64-65.
- 市川伸一・鎚木良夫 (2010) 『教えて考えさせる理科—基礎基本の定着・深化をはかる習得型授業の展開—』 pp.11-22, 図書文化.
- 池田幸夫 (2004) 「理科授業における2つの型: 理論追求型と理論依存型」『日本科学教育学会年会論文集』 28, pp.479-480.
- 井野真奈美・鶴岡義彦 (2015) 「教師の指導性を重視した理科指導法に関する基礎研究: 小中学校教師対象調査を主な手がかりとして」『千葉大学教育学部研究紀要』 63, pp.241-252.
- 石田靖弘 (1996) 「物の温まり方に関する児童の理解の実態とそれをふまえた小学校理科学習指導の改善」『日本科学教育学会研究会研究報告』 11(1), pp.89-94.

- 石田靖弘 (2011) 「子どもにどのような力を獲得させることを目指して学習指導を構想するのか—活用力を獲得させることを目指した「事例化」型理科授業の創造—」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』 9, pp.54-55.
- 石田靖弘・今林義勝・帆足洋之・石井健作 (2016) 「文化継承・活用モデルの成果を更に確かなものにするための一考察—授業づくりのための具体的な技法と理論の共有を通して—」『日本理科教育学会九州支部大会発表論文集』 43, pp.22-25.
- 石田靖弘・帆足洋之・石井健作・進藤公夫・隈部敦子 (2018) 「理科の「見方・考え方が働く授業」の仕組みについての一提案 (1)—文化伝達・活用モデルによる理科授業の場合—」『日本理科教育学会九州支部大会発表論文集』 44, pp.62-63.
- 川上昭吾 (2003) 『教への復権を目指す理科授業』 pp.29-44, 東洋館.
- 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), pp.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), pp.19-34.
- 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), pp.271-277.
- 峯崎正樹・久保田善彦・小林 秀夫 (2007) 「分子の理解が「水溶液」の学習に及ぼす影響」『日本科学教育学会研究会研究報告』 24(4), pp.1-6.
- 宮田斉 (2020) 「電流の方向性と保存性の概念の習得を促す授業デザイン」『理科教育学研究』 60(3), pp.655-662.
- 宮脇亮介・吉村未希 (2009) 「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.
- 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』 pp.61-64.
- 西林克彦 (2001) 『間違いだらけの学習論』 pp.76-153, 新曜社.
- 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, p.288.

- 進藤公夫 (2007) 「理科授業改革におけるボトムアップ・アプローチの勧め」『日本科学教育学会研究会研究報告』 22(1), pp.61-64.
- 進藤公夫・日高晃昭・脇元宏治(2007) 「知識伝達-事例化モデルによる理科授業の革新—「知識伝達-事例化モデル」とは—」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』 57, p.222.
- 進藤公夫・石田靖弘・今林義勝・隈部敦子 (2011) 「探究・発見神話」からの離脱に向けて—文化継承・活用モデルとは—」『日本理科教育学会九州支部大会発表論文集』 39, pp.47-48.
- 進藤公夫・脇元宏治 (2002) 「さようなら, 発見主義: 理科教育の新しいパラダイムを求めて (I)— 素朴発見主義に基づく理科教育の問題点 —」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』 52, p.98.
- 東爪大輝・寺田光宏 (2020) 「水の冷え方を可視化する教材開発による本質的な理解」『物理教育』 68(1), pp.12-13.
- 鶴岡義彦・井野真奈美・佐藤将大 (2013) 「理科教育における帰納的・発見的アプローチに対立する諸見解について: 理科教育方法論に関する問題提起」『千葉大学教育学部研究紀要』 61, pp.271-282.
- 脇元宏治 (1990) 「子どもの電流概念モデルの状況依存性」『日本理科教育学会全国大会要項』 40, p.96.
- 脇元宏治 (1999) 『知と人間関係を築く理科学習—事例 6: 電流の流れる方向についての見方・考え方—単純な電気回路に適用される子どもの電流の状況依存性—』 pp.71-177, 東洋館出版社.
- 脇元宏治・進藤公夫 (2002) 「さようなら, 発見主義: 理科教育の新しいパラダイムを求めて(II)—素朴発見主義からの離脱に向けて—」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』 52, p.99.
- 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), pp.255-260.

資料1 理解調査の問題と正答例

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～

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。  
 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～

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。  
 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～

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。  
 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～

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。  
 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～

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。  
 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～

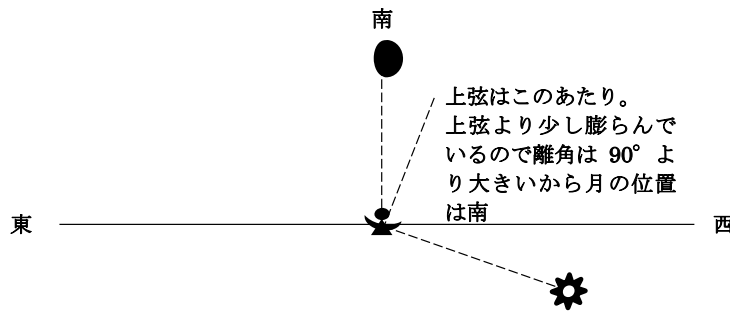
問題7：夕方，南東の空に月が出ていました。どんな形の月ですか。下の図に，月の形と説明に必要なことを書き込みましょう。  
 ～図による説明～



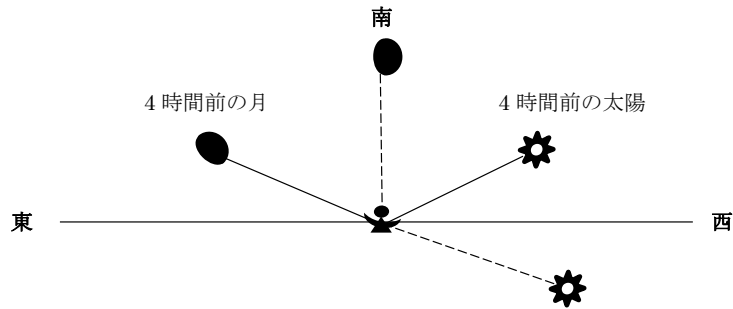
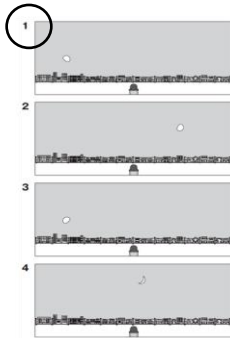
資料2 活用力調査の問題と正答例

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

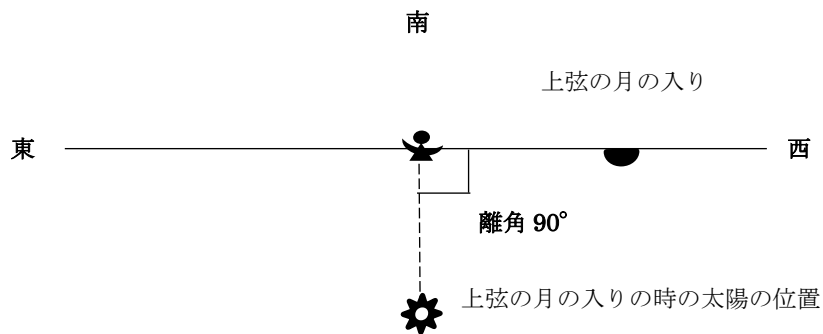


問題2：ゆりえさんが午後8時に月を見つけた場所から同じ方位を見たときの午後4時の月のようすを表しているのはどれですか。



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



資料3 理解の事前調査と事後調査及び活用力調査の問題と実際の児童の解答

以下は、同じ児童による一連の調査問題に対する解答である。

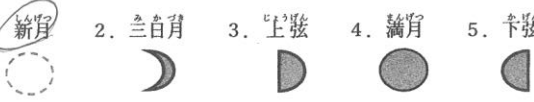
—理解の事前調査—

小学生用「月満ち欠け」についてのアンケート1

氏名 \_\_\_\_\_

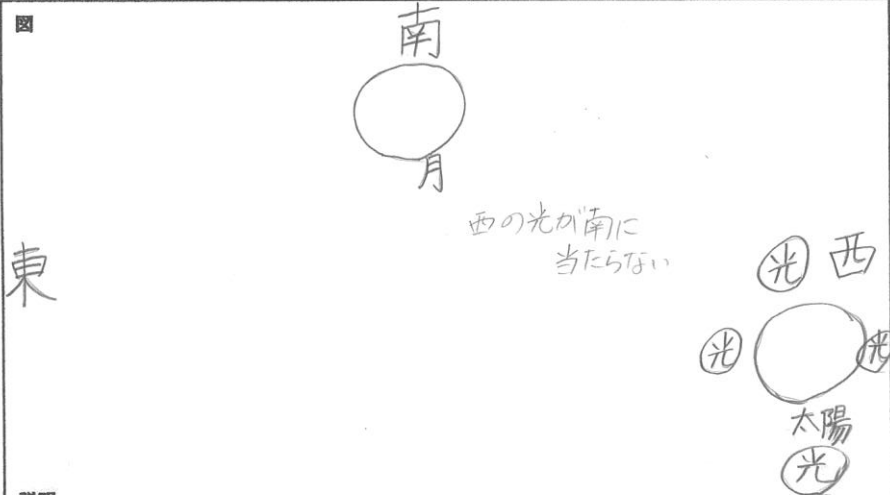
○問題1-1：夕方、日の入りごろに南の空に月が出ていました。どんな形の月でしょうか。  
下の選択肢より1つ選んで○をつけてください。

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



問題1-2：月がその形に見える理由を図と文で説明してください。図の中には、月、太陽、方角、必要な線や矢印、言葉など、説明に必要と思うことを書いてください。  
問題1-1で選択肢6番を選んだ人もチャレンジしてみてください。

図



説明

太陽が西にあたらなために光はいかないと思ひ、少しくらいは光がほんやして、うすく月が見えると思つたから。

問題1-3：上の説明に自信はありますか。下の選択肢1～5より一つ選んで○をつけてください。

自信なし ←————→ 自信あり

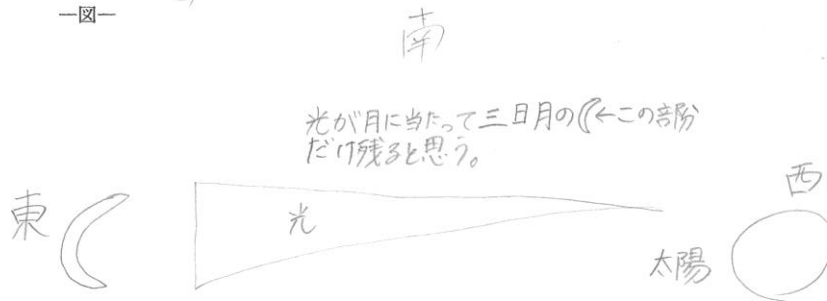
選択肢： ① 2 3 4 5

問題2：夕方、日の入りごろ、東の空に月が見えていました。どんな形の月ですか。

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

自信の程度：(1)・2・3・4・5)

—図—

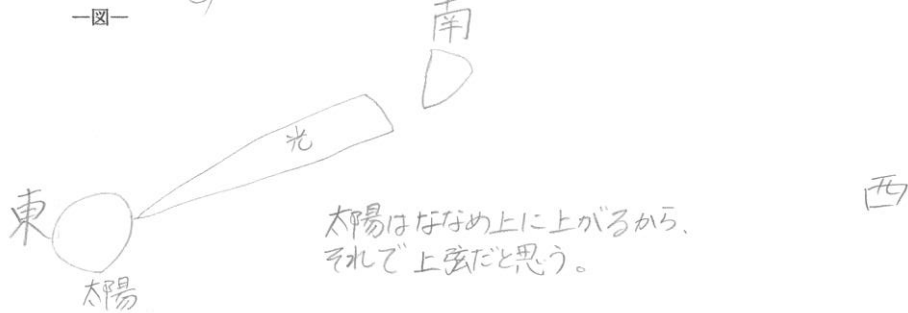


問題3：朝、日の出ごろに南の空に月が見えていました。どんな形の月ですか。

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

自信の程度：(1)・2・3・4・5)

—図—



問題4：朝、日の出ごろに西の空に月が見えていました。どんな形の月ですか。

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

自信の程度：(1)・2・3・4・5)

—図—

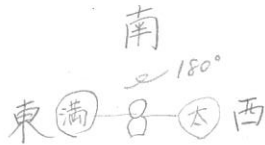




問題2：夕方、東の空に月が見えていました。どんな形の月ですか。

- ・ 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
- ・ 自信の程度：( 1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5 )
- ・ 授業中にこの問題を解いたことがある ( はい ・ いいえ )

—図—



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。

- ・ 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
- ・ 自信の程度：( 1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5 )
- ・ 授業中にこの問題を解いたことがある ( はい ・ いいえ )

—図—



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。

- ・ 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
- ・ 自信の程度：( 1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5 )
- ・ 授業中にこの問題を解いたことがある ( はい ・ いいえ )

—図—



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。

- ・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
- ・自信の程度：( 1 · 2 · 3 · 4 · 5 )
- ・授業中にこの問題を解いたことがある ( はい · いいえ )

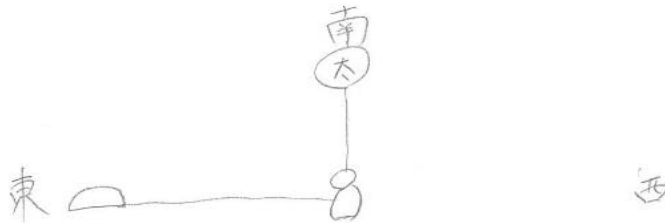
—図—



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。

- ・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
- ・自信の程度：(低 1 · 2 · 3 · 4 · 5 高)
- ・授業中にこの問題を解いたことがある。( はい · いいえ )

—図—



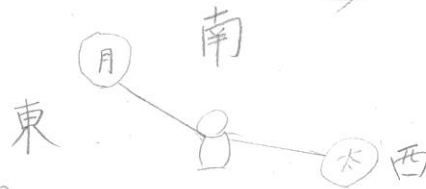
問題7：夕方、南東の空に月が出ていました。どんな形の月ですか。

下の図に、月の形と説明に必要なことを書き込みましょう。

自信の程度：( 1 · 2 · 3 · 4 · 5 )

授業中にこの問題を解いたことがある ( はい · いいえ )

—図—



高角が何とかが  
分からないから月の  
名前も分からないけど、  
90°の左側だから、上弦の  
満月の方がかんじだと  
思います。

以上で終わりです。

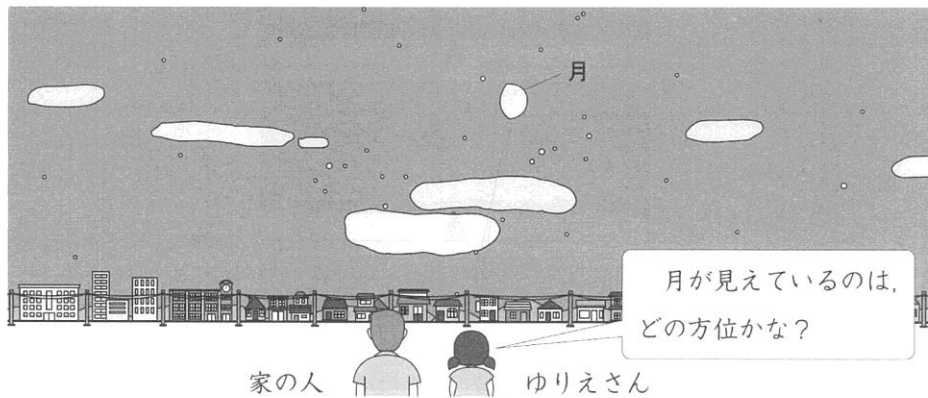
—活用力調査—

理科アンケート3

(12)月(17)日(火)曜日

小学校6年

1 ゆりえさんは、午後8時に月を見つけました。



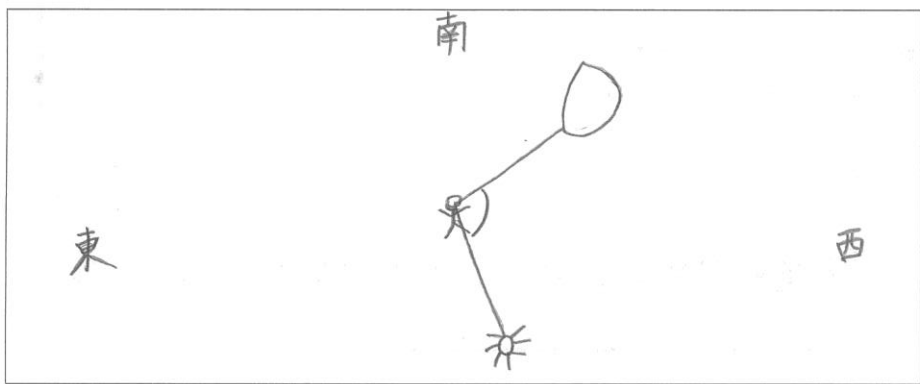
問1：ゆりえさんが見ている方位について、どのようなことが考えられますか。

下の1から9までの中から、一つ選んで○で囲んでください。

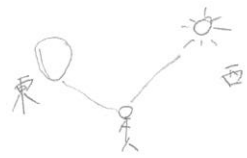
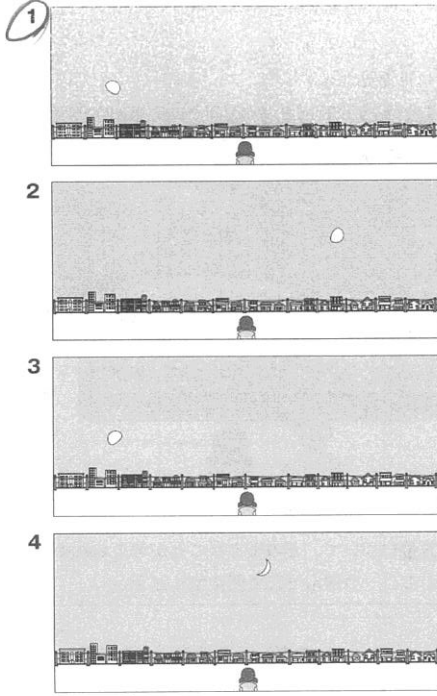
- 1.東 2.西 3.南 4.北 5.北東 6.北西 7.南東 8.南西 9.わからない

自信の程度：(低 1・2・3・4・5 高)

問2：この問題を考えるのにどのような図を書いて考えますか。下のらんに、その図を書いてください。図の中には、この問題を解くために必要としたことを全部書いてください。

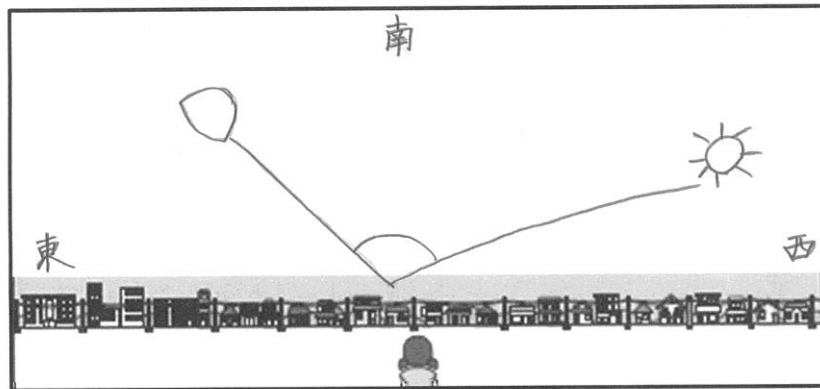


問3：ゆりえさんが午後8時に月を見つけた場所から同じ方位を見たときの午後4時の月ようすを表しているのはどれですか。下の1から4までの中から一つ選んで○で囲んでください。



・自信の程度：( 低 1・2・3・4・5 高)

問4：この問題を考えるのにどのような図を書いて考えますか。下のらんに、その図を書いてください。図の中には、この問題を解くために必要としたことを全部書いてください。



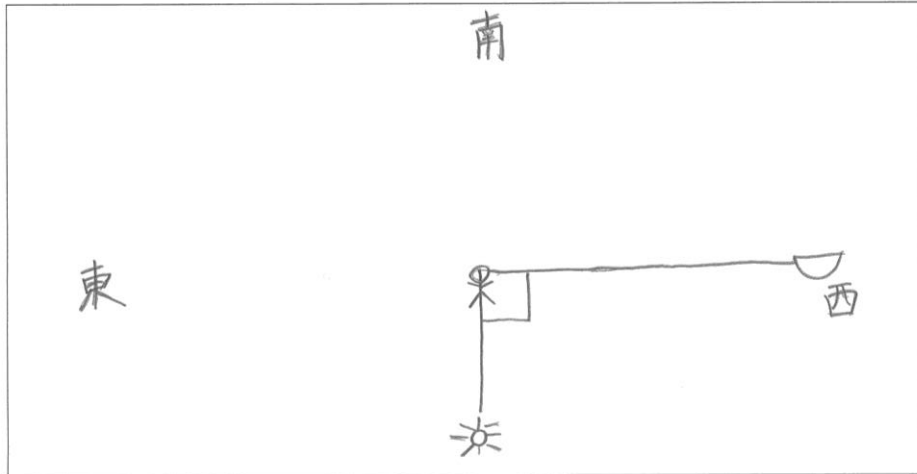


2 上弦の月は、いつごろ沈みますか。下の1から5までの中から1つ選んで○で囲んでください。

選択肢： 1. 明け方 2. 昼頃 3. 夕方 4. 真夜中 5. わからない

自信の程度：( 低 1・2・3・4・5 高)

—図—



以上で終わりです。ありがとうございました。

## 謝辞

本論文の作成にあたっては、主任指導教員である角屋重樹教授、副主任指導教員である稲田結美教授、金本良通教授、そして雲財寛助教に多大なるご指導を賜り、感謝を申し上げます。また、ゼミで、たくさんのご助言を頂いた先輩方、ゼミ生の皆さん、本研究に賛同していただきデータの提供をしてくださった小学校の校長先生をはじめ、授業を実施してくださった先生方、アンケート調査に応じてくださった児童の皆さんに感謝を申し上げます。

博士課程の3年間は、後半2年間はコロナ禍であり、また、2年目には実父と義父が相次いで他界し精神的にも大変つらい毎日でした。研究を断念し退学を考えた時期もありました。そのような中でしたが、角屋先生、稲田先生、雲財先生からの知的刺激と熱意に支えられ研究を続けることができました。厳しい批評と優しさにあふれたゼミのおかげで、この研究を続けることができたと思っております。角屋先生をはじめ、先生方とゼミ生のみなさんに重ねて心よりの感謝を申し上げます。

最後に、社会人大学院生としての私を支えてくれた妻に改めて感謝いたします。

2021年12月15日

石田靖弘