

# 博士論文

科学の暫定性の理解を促す小学校理科の単元

開発

—特に，創造性の視点から—

2019年11月

日本体育大学大学院

教育学研究科

17QDA01 石井 雅幸

# 博士論文

科学の暫定性の理解を促す小学校理科の単元

開発

—特に，創造性の視点から—

2019年11月

日本体育大学大学院

教育学研究科

17QDA01 石井 雅幸

## 目次

論文の概要	(1)
序章 問題の所在	(4)
第1章 研究の目的と方法	(6)
第1節 研究の目的	(6)
第2節 目的達成のための研究の手順	(7)
第2章 科学の暫定性の理解に関する小学生の実態	(8)
第1節 小学生の科学の暫定性の理解の実態	(8)
第2節 仮説—確証・反証モデルの指導法による 科学の暫定性の理解の変容	(19)
第3節 仮説—確証・反証の指導法のモデルの課題； 創造性の理解を促すこと	(37)
第3章 小学生の科学の創造性に関する理解を促す 単元展開モデルの開発	(38)
第1節 単元展開モデルの構想	(38)
第2節 単元展開モデルの具体例	(40)
第3節 単元展開モデルの検証	(46)
終章 研究の成果と今後の課題	(55)
第1節 研究の成果	(55)
第2節 今後の課題	(57)
引用・参考文献	(58)
資料	(60)

## 図表目次

表 2-1	小学生用 変形 NSKS テストの設問項目	(9)
表 2-2	科学の暫定性の設問項目毎の各尺度値の人数	(12)
表 2-3	科学の創造性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的 反応の人数	(13)
表 2-4	科学の創造性の肯定的反応と否定的反応の人数	(14)
表 2-5	テスト可能性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的 反応の人数	(14)
表 2-6	テスト可能性の肯定的反応と否定的反応の人数	(15)
表 2-7	発展性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的 反応の人数	(16)
表 2-8	発展性の肯定的反応と否定的反応の人数	(16)
表 2-9	科学の暫定性の下位尺度毎の理解の実態	(18)
図 2-1	仮説-確証・反証の指導法のモデル 石井・宮下(2000) を基に筆者が加筆, 修正した	(22)
表 2-10	科学の創造性の設問項目毎の各尺度値の 5年時と6年時の人数	(23)
表 2-11	テスト可能性の設問項目毎の各尺度値の 5年時と6年時の人数	(24)
表 2-12	発展性の設問項目毎の各尺度値の 5年時と6年時の人数	(25)
表 2-13	6年時の科学の創造性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と 中間的反応の人数	(27)
表 2-14	6年時の科学の創造性の肯定的反応と否定的反応の人数	(27)
表 2-15	6年時のテスト可能性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と 中間的反応の人数	(28)
表 2-16	6年時のテスト可能性の肯定的反応と否定的反応の人数	(29)

表 2-17	6年時の発展性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と 中間的反応の人数	(30)
表 2-18	6年時の発展性の肯定的反応と否定的反応の人数	(30)
表 2-19	5年時と6年時の肯定的反応, 中間的反応, 否定的反応 の人数分布の違いの有無	(32)
表 2-20	5年時と6年時の科学の創造性の理解の実態	(33)
表 2-21	5年時と6年時のテスト可能性の理解の実態	(33)
表 2-22	5年時と6年時の発展性の理解の実態	(33)
図 3-1	開発した単元展開モデル	(41)
写真 3-1	おもりの砂の量を変えて糸の長さを同じにした振り子	(42)
図 3-2	第5学年「振り子の運動」の新しい単元展開 とこれまでの単元展開の比較	(44)
写真 3-2	考察場面での児童の記録の実際	(48)
表 3-1	個々の児童が考察で記録した内容と振り子の 学習前後での NSKS テストの結果	(50)
表 3-2	記述群と未記述群の創造性の「より理解」と 「変化なし・未理解」の人数	(53)
資料 2	第5学年 植物の発芽の条件 単元展開	(62)
資料 3	第5学年 ものの溶け方 単元展開	(64)
資料 4	第5学年 振り子の条件 単元展開	(68)

## 論文の概要

相対的な科学観という立場においては、理論や概念などが変化するという科学の暫定性を理解することが、きわめて重要なことである。そして、科学の暫定性を理解するには、理論や概念を創出し新たなものにしていくという科学の創造性の理解が必要不可欠になる。

上述の考え方のもとに、特に、小学生を対象として、

- (1) 科学の暫定性の理解の実態を把握すること
  - (2) 科学の創造性の理解を促す単元展開モデルを開発すること
- という二つの目的を設定した。

具体的には、以下の章を構成し、この目的を達成しようとした。

序章 問題の所在

第1章 研究の目的と方法

第2章 科学の暫定性の理解に関する小学生の実態

第3章 小学生の科学の創造性に関する理解を促す単元展開モデルの開発

終章 研究の成果と今後の課題

### 序章

科学の暫定性に関する理解を促す指導の目標やその手立てに関する研究を概観した。そして、理科教育の代表的な学術誌である、*Journal of Research in Science Teaching* と *Science Education* の両雑誌について、1998～2019年の20年分を調査した。その結果、該当するものを4編列挙できた。これらの研究では、小学生の科学の暫定性の理解の指導目標は、科学的知識が時間とともに変化していくという考え方であり、小学生の段階から科学の暫定性の理解を促す指導が必要であることが明らかになった。また、科学の創造性の理解は困難なことが報告されていた。さらに、その手立てとしては見直しや振り返りを伴った問題解決的な学習が有効であると報告されていた。

以上の研究から小学生に対して科学の暫定性、特に、創造性に関する指導法を開発研究することは意義があると考えられる。

なお、科学の暫定性に関する理解を促す学習指導方法に関しては、既に角屋(1998)が仮

説一確証・反証という学習過程を考案している。そこで、仮説一確証・反証という学習指導過程をもとに開発することにした。

以上これまで述べてきたことをもとに、以下のように研究を展開した。

## 第1章

序章の先行研究の概括をもとに、以下の具体的な研究目的を設定した。

- ① 小学生の科学の暫定性に関する理解の実態を把握する。
- ② 仮説一確証・反証という学習指導過程は、科学の暫定性の理解を促すのかということを検討する。
- ③ 仮説一確証・反証という学習指導過程をもとに科学の創造性を促す単元展開モデルを開発する。

上述の研究目的を達成するため、科学の暫定性の理解を簡易に計測できる調査項目を用いることにした。その調査項目は、Rubbaら(1978)が開発したNSKSテストを、角屋ら(1998)が改変した小学生用の変形NSKSテストであった。

## 第2章

科学の暫定性の理解の下位尺度である科学の創造性、テスト可能性、発展性に関する小学生の実態について明らかにした。その結果、第5学年当初の児童は、科学の創造性、テスト可能性、発展性という下位尺度について未理解であることが明らかになった。

次に、角屋(1998)が開発した科学の暫定性の理解を促す仮説一確証・反証という学習指導過程を取り入れ、その学習指導過程の前後で理解の変容を比較した。その結果、第5学年に仮説一確証・反証の過程を導入して学習指導を行った児童は、テスト可能性や発展性を理解しているが、科学の創造性に関しては未理解であるという実態が顕在化した。

上述の結果から、科学の暫定性の理解を促す仮説一確証・反証の過程を取り入れた指導方法では、科学の創造性に関する理解は促進されにくいことが明らかになった。そこで、科学の創造性の理解を促す単元展開モデルを開発することが必要となった。

## 第3章

科学の暫定性を促す学習指導法に関する先行研究では、問題解決的な活動において、見直しと振り返りを加えた指導法が効果的であるということが報告されていた。また、角屋

(1998)が提案した科学の暫定性の理解を促す仮説―確証・反証を伴った問題解決活動では、児童が自ら立てた仮説や観察・実験方法を見直すことを行っている。そこで、児童が自ら立てた仮説や方法を新たに創造し直していく活動を取り上げる必要があると考えた。具体的には、児童が結果と結果の予想の違いについて検討し、児童が自らの考えを新たなものに創造していく過程を学習指導過程の中に位置づける単元展開モデルを考案した。

上述の考え方のもとに、第5学年「振り子の運動」の学習内容において、そのモデルを具体化、実践し、効果を検討した。その結果、開発した単元展開モデルで学習することにより、児童は、自らの考えが変わったことや、新たな考えを創造していることに気づき、この気づきから科学の創造性の理解が促進されるということが明らかになった。

## 終章

研究の成果と今後の課題について述べた。

今まで述べてきた本研究の特徴は、以下の三点に整理できる。

- (1) 小学生の科学の暫定性の理解の実態を明らかにしたこと。
- (2) 小学生の科学の暫定性の理解の中でも科学の創造性が理解されにくいこと。
- (3) 科学の創造性の理解を促す単元展開モデルを開発し、その効果を検証したこと。



## 序章 問題の所在

科学的な知識や科学的な方法は変わり得るという考え方は、科学を暫定的にとらえることがその本質になっている。科学の暫定性の理解を考えると、その理解の指導目標やその方法の検討が求められる。そこで、科学の暫定性に関する理解を促す指導目標やその手立てに関する研究を調べた。

理科教育の代表的な学術誌である *Journal of Research in Science Teaching* と *Science Education* の両雑誌に掲載されている過去 20 年間の研究を調べた結果、以下の 4 編が列挙できた。

まず、Abd-El-Khalic(2012)は、小学生、中高校生、教員養成(教師教育)における各段階の科学の暫定性の理解に関する指導目標を示している。具体的には、指導目標として小学校段階では、基本的な科学的知識は時間とともに変化していくということを取り上げている。また、中等教育段階の指導目標では、科学的知識が変化していく理由として、新たな証拠が付加され、理論が変わるという知識の再解釈を取り上げている。さらに、科学的知識が変わっていくことについて、知識が累積的に増大し、再構成され新しい知識に置き換わったりすることなどを取り上げている。教員養成段階の指導目標では、科学的知識の変化は、理論的な枠組みを超えて共通の土俵の上で比較検討できる状態で成長・変化していくか、あるいは、理論的枠組みを超えて共通の土俵の上では比較検討できない状態で成長・変化していくのかという議論を取り上げている。

今まで述べてきたことから、小学生の科学の暫定性に関する理解では、科学的知識が時間とともに変化していくという考え方ができるようになることが求められると言える。

また、Akçay ら(2016)はトルコの 5, 6, 7, 8 年生の科学の暫定性の理解の実態と疑似科学への信奉との関係を調べている。その結果は、早い段階から科学の暫定性の理解に関する教育を行うことにより、子供が疑似科学的な考えを持つ傾向を回避できることを報告している。この結果は、小学生の段階から科学の暫定性の理解を促す指導の必要性を示唆すると考えられる。

さらに、Khishfe & Abd-El-Khalic(2002) は、6 年生段階での自らの学びを見直したり振り返ったりすることを伴った問題解決的な学習を行うことで、科学の暫定性をはじめとする科学の本質の理解が促進されることと科学の想像性及び創造性の理解が難しいことを報

告している。なお、この研究は、わずかな数の児童に対するインタビューからの調査であり、今後、一般化を行う必要がある。

Khadija ら (2015)は、小学校 2, 3, 4 年生を対象にして、問題解決だけの学習と問題解決の学習と科学の歴史の両方を取り上げた学習とを比較した。その結果、問題解決と科学の歴史の両方を取り上げた学習の方が科学の創造性や科学の暫定性の理解を促進することを報告している。

以上の研究から、小学生に対して科学の暫定性、特に、創造性に関する指導法を開発する研究を行うことは意義あると考える。

なお、科学の暫定性の理解を促す学習指導方法に関しては、管見の限り我が国では唯一、角屋(1998)が仮説－確証・反証という学習指導過程を考案している。

そこで、仮説－確証・反証という学習指導過程をもとにして研究の目的を達成することにした。

今まで述べてきたことから、以下の三点の問題を設定した。

- ① 小学生の科学の暫定性の理解の実態を明らかにする。
- ② 仮説－確証・反証という学習指導過程を検討する。
- ③ 科学の創造性の理解を促進する単元展開モデルを開発する。

## 第1章 研究の目的と方法

### 第1節 研究の目的

前章で述べてきた問題を解決するため、以下の三点を研究の目的とした。

- ① 小学生の科学の暫定性に関する理解の実態を把握する。
- ② 仮説—確証・反証という学習指導過程は、科学の暫定性の理解を促すのかということを検討する。
- ③ 仮説—確証・反証という学習指導過程をもとに科学の創造性の理解を促す単元展開モデルを開発する。

## 第2節 目的達成のための研究の手順

前節で述べた研究の目的を達成するために、以下の手順で研究を展開した。

まず、科学の暫定性の理解に関する小学生の実態を明らかにする。次に、児童に対して、角屋(1998)が提案した科学の暫定性の理解を促す指導法を行う。

なお、角屋は指導法の開発を行っているが実践、検証を行っていない。そこで、角屋が開発した仮説－確証・反証という学習指導過程を導入した理科授業について、学習前後の二つの時期に、角屋ら(1998)が開発した小学生用の変形 NSKS テストを用い、科学の創造性、テスト可能性、発展性の各尺度に関する理解の変化を調べる。このことから、科学の暫定性の理解を促す指導法として提案された仮説－確証・反証の過程を複数回取り入れたことによる、小学生の科学の暫定性の理解の変化を明らかにする。その結果から指導および単元展開の検討を行う。なお、調査項目として用いた小学生用の変形 NSKS テストは、角屋(1990)が Rubba ら(1978)が開発した NSKS テストを改変したものの小学生用である。変形 NSKS テストの調査は、科学の暫定性の理解に関する下位尺度として科学の創造性、テスト可能性、発展性に関する設問項目から構成されている。科学の暫定性の理解に関する下位尺度についての詳細を、本論文末の資料1に掲載する。

次に、小学生の科学の創造性の理解を促す単元展開モデルを構想し、小学校高学年の学習内容に関する単元展開を具体化し、実践する。

具体的には、第5学年「ふりこ」の単元で開発した単元展開モデルを実践した事例について検討する。また、その事例をもとに考察やまとめとして児童が記述した内容の分析並びに科学の創造性の理解の調査を用いて単元展開モデルの効果を検討する。

## 第2章 科学の暫定性の理解に関する小学生の実態

第2章では、科学の暫定性の理解に関する小学生の実態を明らかにしていく。それとともに、角屋(1998)が提案した科学の暫定性の理解を促す仮説-確認・反証という学習指導過程を伴った指導法(以下「仮説-確認・反証の指導法」と略記する)を実践した上での科学の暫定性の理解の下位尺度である科学の創造性、テスト可能性、発展性についての小学生の理解の実態を明らかにしていく。

### 第1節 小学生の科学の暫定性の理解の実態

#### 第1項 目的

本節では、第1章で述べたように、角屋(1990,1991)、角屋ら(1998)が開発した変形 NSKS テストを用いて、小学生の科学の暫定性の理解の実態を調べることにした。

具体的には、小学生用の変形 NSKS テストを用いて、科学の暫定性の理解の下位尺度である科学の創造性、テスト可能性、発展性の各尺度に関する小学生の理解の実態を明らかにする。

#### 第2項 方法

##### 2-1 調査問題

小学生用変形 NSKS テストは、表 2-1 に示すように科学の創造性、テスト可能性、発展性の三つの尺度それぞれについて、さらに三つの下位尺度からなっている。また、各下位尺度に対して科学の暫定性という視点から肯定される項目と否定される項目からなっている。表 2-1 のように同一の下位尺度に対して肯定と否定の設問項目を設けることが NSKS テストの特徴である。その結果として設問項目は合計 18 個となる。

各設問項目に対しては、次の教示のもとに児童に三段階の尺度値に反応させた。それは、「この調査では、理科で勉強していることについていろいろな考えが述べられています。それぞれの問いについて、そう思うならば1に、どちらともいえないならば2に、そう思わないならば3に、○印をつけてください。」である。

表 2-1 小学生用変形 NSKS テストの設問項目

尺度	下位尺度	肯定項目	否定項目
科学の創造性	きまりの創出	理科で勉強しているきまりや考え方は、昔の科学者が考えつくりだしたものである。	理科で勉強しているきまりや考え方は、昔の科学者が考えつくりだしたものではない。
	内容の創出	理科で勉強していることは、昔の科学者が考えつくりだしたものである。	理科で勉強していることは、昔の科学者が考えてつくりだしたものではない。
	科学の想像	理科のきまりや考え方をおもいつくことは、頭の中にかんだことを絵にかいたり、ちょうこくをしたり、作曲したりすることとにている。	理科のきまりや考え方をおもいつくことは、頭の中にかんだことを絵にかいたり、作曲したりすることとは、ちがっている。
テスト可能性	テストの再現性	理科で勉強しているきまりや考え方が正しいかどうかを確かめるためには、くり返し同じ実験を行わなくてはならない。	理科で勉強しているきまりや考え方が、正しいかどうかを確かめるためには、くり返し同じ実験を行わなくてもよい。
	テストの実証性	理科で勉強しているきまりや考え方が正しいかどうかを実験で確かめることは必要である。	理科で勉強しているきまりや考え方が、正しいかどうかを実験で確かめることは必要ではない。
	結果の一致性	理科で勉強しているきまりや考え方が正しいと認められるためにはいくつかの班の実験結果が同じでなければならない。	理科で勉強しているきまりや考え方が正しいと認められるためには、いくつかの班の実験結果が同じにならなくてもよい。
発展性	科学理論の現時点での確定性	今、理科で勉強しているきまりや考え方には、将来、誤りが見つかるかもしれないが、今はそのことは、正しいと信じられる。	今、理科で勉強しているきまりや考え方に、将来、誤りが見つかるとするならば、今はそのことは、正しいと信じられない。
	科学理論の暫定性	今、理科で勉強しているきまりや考え方は、よく考え、調べていくと、将来変わるかもしれない。	今、理科で勉強しているきまりや考え方は、将来も絶対に変わらないものである。
	科学理論の可変性	理科のきまりや考え方は、時代によって変わる。	理科のきまりや考え方は、いつの時代でも変わらず、同じだ。

## 2-2 調査対象・時期

対象とした児童は、東京都内の公立 F 小学校の第 5 学年児童 113 名であった。調査は、平成 9 (1997) 年 5 月に実施した。

## 2-3 分析方法

分析は、以下の考え方のもとに行った。

表 2-1 のように、小学生の科学の暫定性の理解は、科学の創造性、テスト可能性、発展性の三つの尺度に対する下位尺度三種のそれぞれにおける肯定、否定項目から構成される下位尺度に対する反応人数の違いとして現れると考える。そこで、以下の (1)、(2) のように分析することにした。

(1) 小学生の科学の暫定性の理解や未理解は、三種の尺度の下位尺度の肯定項目と否定項目における両者の「そう思う」と「そう思わない」に対する人数分布に表れると想定される。本調査では肯定、否定の下位尺度それぞれの設問項目に対して「そう思う (以下「肯定的反応」と呼ぶ)」、「どちらとも言えない (以下「中間的反応」と呼ぶ)」、「そう思わない (以下「否定的反応」と呼ぶ)」の三段階の尺度値で反応させている。理解や未理解と判断できる状況は、肯定的反応あるいは否定的反応をした人が中間的反応をした人よりも有意に多い状態の中で、肯定的反応と否定的反応のいずれかが有意に多い時に判断できると考えられる。また、中間的反応をした人が肯定的反応あるいは否定的な反応をした人よりも有意に多い項目あるいは、中間的反応をした人数と肯定的反応をした人数と否定的反応をした人数の和に有意な差が見られなかった項目に関しては、肯定、否定の判断を行うにくい反応者が多かったものと考えられる。

このことから、肯定的反応と否定的反応の合計の人数が中間的反応の人数よりも有意に多い時、その下位尺度の理解・未理解が判断できると解釈できる。そこで、各設問項目の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に違いがあるのかをカイ二乗検定で調べる。その後、三種の尺度の下位尺度の肯定項目と否定項目において両者の肯定的反応と否定的反応の人数に有意な差があるのかをカイ二乗検定で調べる。

(2) 三種の各尺度のそれぞれにおける肯定、否定項目の人数をもとに、児童の「理解」あるいは「未理解」は、次のように考えることができる。

「理解」は、以下の①と②が同時に満足される時である。①肯定項目に関しては、肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多く、肯定的反応の人数

が否定的反応の人数よりも有意に多い。そして、②否定項目に関しては、肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多く、否定的反応の人数が肯定的反応の人数よりも有意に多い。

また、「未理解」は、以下の③と④が同時に満足される時である。③肯定項目に関しては、肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多く、否定的反応の人数が肯定的反応の人数よりも有意に多い。そして、④否定項目に関しては、肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多く、肯定的反応の人数が否定的反応の人数よりも有意に多い。

以上の分析方法をふまえ、(1)については肯定、否定の各項目で反応した肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応をした人数の違いに加え、肯定的反応の人数と否定的反応の人数の違いを調べた。その結果、肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応をした人数よりも有意に多い項目に関して、(2)については、①と②あるいは③と④を同時に満足する項目を調べた。

なお、分析には IBM の SPSS ver.22 及び、js-STAR ver.9.2.5j を用いた。

### 第3項 結果

科学の暫定性の下位尺度である科学の創造性、テスト可能性、発展性のさらなる下位尺度毎の肯定項目と否定項目に対する児童の肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数を示したのが表 2-2 である。



表 2-2 科学の暫定性の設問項目毎の各尺度値の人数

尺度	下位尺度	設問項目	肯定的 反応の 人数	中間的 反応の 人数	否定的 反応の 人数
科学の 創造性	きまりの創出	肯定項目	38	50	25
		否定項目	25	48	40
	内容の創出	肯定項目	39	48	25
		否定項目	26	42	42
	科学の想像	肯定項目	49	35	29
		否定項目	30	35	48
テスト 可能性	テストの再現性	肯定項目	38	24	51
		否定項目	45	23	45
	テストの実証性	肯定項目	97	12	4
		否定項目	4	8	101
	結果の一致性	肯定項目	24	28	61
		否定項目	61	23	29
発展性	科学理論の現時 点での確定性	肯定項目	55	41	17
		否定項目	22	50	41
	科学理論の暫定 性	肯定項目	76	28	9
		否定項目	10	36	67
	科学理論の可変 性	肯定項目	66	34	13
		否定項目	15	26	72

表 2-2 の設問項目毎の反応人数を基にして、科学の創造性、テスト可能性、発展性の各尺度の下位項目について、肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差があるかどうかを調べた。その結果を科学の創造性は表 2-3、テスト可能性は表 2-5、発展性は表 2-7 に示す。次に、各尺度の下位項目について、肯定的反応、否定的反応の二つの尺度値の人数に有意な差があるかどうかを調べた。その結果を科学の創造性は表 2-4、テスト可能性は表 2-6、発展性は表 2-8 に示す。

以下、科学の創造性、テスト可能性、発展性の尺度毎に分析方法で述べた手順に従い結果を論じていく。

表 2-3 科学の創造性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数

下位尺度	項目	肯定的反応と 否定的反応の 人数の和	中間的反応の 人数	カイ二乗値
きまりの創出	肯定項目	63	50	1.496
	否定項目	65	48	2.558
内容の創出	肯定項目	64	48	2.286
	否定項目	68	42	7.442
科学の想像	肯定項目	78	35	16.363
	否定項目	78	35	16.363

注) 網掛けは危険率5%で有意な差が見られた項目

科学の創造性のきまりの創出、内容の創出、科学の想像の三つの下位尺度における肯定項目と否定項目の両方において、肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数を示したのが表 2-3 である。

表 2-3 より、科学の創造性の三つの下位尺度であるきまりの創出、内容の創出、科学の想像に関しては、科学の想像のみが肯定項目、否定項目いずれに関しても肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多いと言う結果を得た。きまりの創出と内容の創出の下位尺度に関する肯定項目、否定項目の両方あるいは一方において、肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差は見られなかった。

表 2-4 は、表 2-3 から得られた結果をふまえて、科学の創造性の各下位尺度における肯定項目と否定項目における肯定的反応と否定的反応の人数を示したものである。なお、この表 2-4 内の網掛けは、肯定的反応の人数と否定的反応の人数に有意な差がある項目を示している。

表 2-4 科学の創造性の肯定的反応と否定的反応の人数

下位尺度	項目	肯定的反応 の人数	否定的反応 の人数	カイ二乗値
きまりの創出	肯定項目	38	25	
	否定項目	25	40	
内容の創出	肯定項目	39	25	5.085
	否定項目	26	42	
科学の想像	肯定項目	49	29	5.128
	否定項目	30	48	4.154

注 1) 網掛けは危険率 5% で肯定的反応と否定的反応の人数に有意な差が見られた項目

注 2) 斜線は表 2-3 で有意な差があると判断されなかった項目

この表 2-4 から、科学の創造性の下位尺度に関しては、内容の創出、科学の想像の項目の肯定項目においては、肯定的反応の人数が否定的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。また、否定項目においては、いずれの下位尺度でも否定的反応の人数が肯定的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。ただし、表 2-3 のように、きまりの創出と内容の創出に関しては、肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差が見られなかった。従って、科学の創造性の下位尺度については、理解と言えるのは科学の想像だけであった。

表 2-5 テスト可能性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数

下位尺度	項目	肯定的反応と 否定的反応の 人数の和	中間的反応の 人数	カイ二乗値
テストの再現性	肯定項目	89	24	37.389
	否定項目	90	23	39.726
テストの実証性	肯定項目	101	12	70.097
	否定項目	105	8	83.265
結果の一致性	肯定項目	85	28	28.752
	否定項目	90	23	39.726

注) 網掛けは危険率 5% で有意な差が見られた項目

次に、テスト可能性のテストの再現性、テストの実証性、結果の一致性の三つの下位尺度における肯定項目と否定項目の両方において、肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数を示したのが表 2-5 である。

表 2-5 より、テスト可能性の三つの下位尺度であるテストの再現性、テストの実証性、結果の一致性に関しては、三つの下位尺度すべての肯定項目、否定項目両方に関して肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多いと言う結果を得た。表 2-6 は、表 2-5 から得られた結果をふまえて、テスト可能性の各下位尺度における肯定項目と否定項目における肯定的反応と否定的反応の人数を示したものである。なお、この表 2-6 内の網がけは、肯定的反応の人数と否定的な反応の人数に有意な差がある項目を示している。網がけの中でも▼印は、肯定項目では否定的反応が肯定的反応よりも有意に人数が多く、否定項目では肯定的反応が否定的反応よりも有意に人数が多い項目を示している。

この表 2-6 から、テスト可能性の下位尺度に関しては、テストの実証性の肯定項目においては、肯定的反応の人数が否定的反応の人数よりも有意に多いと言う結果を得た。一方、否定項目においては、否定的反応の人数が肯定的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。また、結果の一致性の肯定項目においては、否定的反応の人数が肯定的反応の人数よりも有意に多いと言う結果を得た。一方、否定項目においては、肯定的反応の人数が否定的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。さらに、テストの再現性の肯定項目においては、否定的反応の人数が肯定的反応の人数よりも有意に多いと言う結果を得られた。一方、否定項目においては、肯定的反応と否定的反応の人数に有意な差が見られな

**表 2-6 テスト可能性の肯定的反応と否定的反応の人数**

下位尺度	項目	肯定的反応 の人数	否定的反応 の人数	カイ二乗値 の人数
テストの再現性	肯定項目	38	51	▼1.899
	否定項目	45	45	0.000
テストの実証性	肯定項目	97	4	85.634
	否定項目	4	101	89.610
結果の一致性	肯定項目	24	61	▼16.106
	否定項目	61	29	▼11.378

注) 網掛けは肯定的反応と否定的反応に危険率5%で有意な差がある項目。その中でも▼は、肯定項目では否定的反応が肯定的反応よりも有意に人数が多く、否定項目では肯定的反応が否定的反応よりも有意に多かった項目をそれぞれ表す。

かった。従って、テスト可能性の下位尺度については、理解と言えるのはテストの実証性、未理解と言えるのは結果の一致性であった。

続いて、発展性の科学理論の現時点での確定性と科学理論の暫定性、科学理論の可変性の三つの下位尺度における肯定項目と否定項目についての肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数を示したのが表 2-7 である。

表 2-7 より、科学理論の暫定性、科学理論の可変性に関しては、二つの下位尺度の肯定項目、否定項目の両方に関して肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多いと言う結果を得た。ただし、科学理論の現時点での確定性の肯定項目では、肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多いと言う結果を得たが、否定項目では有意な差が見られなかった。

**表 2-7 発展性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数**

下位尺度	項目	肯定的反応と 否定的反応の 人数の和	中間的な反応 の人数	カイ二乗値
科学理論の現時点 での確定性	肯定項目	72	41	8.504
	否定項目	63	50	1.496
科学理論の暫定性	肯定項目	85	28	28.752
	否定項目	77	36	14.876
科学理論の可変性	肯定項目	79	34	17.920
	否定項目	87	26	32.929

注) 網掛けは危険率5%で有意な差が見られた項目

**表 2-8 発展性の肯定的反応と否定的反応の人数**

下位尺度	項目	肯定的反応 の人数	否定的反応 の人数	カイ二乗値
科学理論の現時点 での確定性	肯定項目	55	17	20.056
	否定項目	22	41	
科学理論の暫定性	肯定項目	76	9	52.812
	否定項目	10	67	42.195
科学理論の可変性	肯定項目	66	13	35.557
	否定項目	15	72	37.345

注1) 網掛けは肯定的反応と否定的反応に危険率5%で有意な差が見られた項目。

注2) 斜線は表 2-7 で有意な差があると判断できなかった項目

表 2-8 は、表 2-7 から得られた結果をふまえて、発展性の各下位尺度における肯定項目と否定項目における肯定的反応と否定的反応の人数を示したものである。

この表 2-8 から、発展性の下位尺度に関しては、科学理論の現時点での確定性、科学理論の暫定性、科学理論の可変性の肯定項目においては、肯定的反応の人数が否定的反応の人数よりも有意に多いと言う結果を得た。また、科学理論の暫定性と科学理論の可変性の否定項目においては、否定的反応の人数が肯定的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。従って、発展性の下位尺度については、理解と言えるのは科学理論の暫定性、科学理論の可変性であった。

#### **第 4 項 まとめと結果の含意**

科学の創造性、テスト可能性、発展性の理解、未理解の実態をまとめると表 2-9 のようになる。なお、表 2-9 において、◎は「理解」を、×は「未理解」をそれぞれ示す。また、斜線は肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差がない項目を含む下位尺度を示す。つまり、中間的反応を選択した人が肯定的反応や否定的反応を選択した人よりも多く、この設問項目に関して判断に迷った児童がいることが想定される。さらに、◎×印も斜線もない下位尺度は、肯定項目、否定項目いずれも肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差があるが、肯定的反応と否定的反応を選択した人数に差が見られなかった。つまり、集団としては、理解、あるいは未理解いずれの傾向もあるとは言えない。

表 2-9 科学の暫定性の下位尺度毎の理解の実態

科学の創造性の下位尺度		
きまりの創出	内容の創出	科学の想像
		◎
テスト可能性の下位尺度		
テストの再現性	テストの実証性	結果の一致性
		×
発展性の下位尺度		
科学理論の現時点での確定性	科学理論の暫定性	科学理論の可変性
		◎

注1) ◎は理解, ×は未理解と判断した下位尺度である。

注2) 空白は肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差があるが, 理解とも未理解とも判断できなかった下位尺度である。

注3) 斜線は肯定項目, 否定項目いずれかにおいて肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差がない下位尺度である。

この表 2-9 から結果の含意を考える。小学生の科学の暫定性の理解の下位尺度において以下のことが言える。

科学の創造性に関しては, 科学の想像だけが理解であった。この結果から, 科学の創造性全体としては理解とは言えない。この結果は, 角屋(1991)が報告している中学生の実態と一致する結果となっている。また, 角屋(1990)が報告している大学生の実態ともほぼ一致している。

テスト可能性に関しては, テストの実証性だけが理解であって, 結果の一致性が未理解であった。この結果から, テスト可能性全体としては理解とは言えない。この結果は, 角屋(1991)が報告している中学生に比べて未理解である状況と言える。

発展性に関しては, 科学理論の暫定性と科学理論の可変性は理解であった。ところが, 科学理論の現時点での確定性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差が見られなかった。この結果から, 発展性全体としては理解とは言えない。この結果は, 角屋(1991)が報告している中学生と同様の結果である。

以上から, 小学生の科学の暫定性の理解に関しては, 科学の暫定性の下位尺度から見ると科学の創造性, テスト可能性, 発展性のすべてに関して理解とは言えない。すなわち, 小学生は科学の暫定性を理解していないと判断できる。

## 第2節 仮説―確証・反証モデルの指導法による科学の暫定性の理解の変容

続いて、第2節では、角屋(1998)が開発したがその有効性が検証されていない科学の暫定性の理解を促す仮説―確証・反証の指導法を取り入れた指導を行ったあとの科学の暫定性の理解に関する小学生の実態をとらえた。

### 第1項 目的

前節で示したように小学生は科学の暫定性を理解していないことから、本節では角屋(1998)が提案している科学の暫定性の理解を促す指導法を実践して、理解が促進されるのかを明らかにすることを目的とする。

そこで、仮説―確証・反証の指導法の学習を行う前の第5学年のはじめと、この過程を取り入れた学習を複数の単元で行った第6学年の1学期終わりの二つの時期に児童の科学の暫定性の理解の調査を行うことにした。

### 第2項 方法

仮説―確証・反証の指導法の学習を行う前の第5学年の時(以下「5年時」と略記する)と、仮説―確証・反証の過程の指導法での学習を複数単元で行った5年時が第6学年になった時(以下「6年時」と略記する)の二つの時期で小学生用の変形 NSKS テストを用いた調査を行う。それらの結果を用いて、科学の創造性、テスト可能性、発展性の各尺度に関する理解の5年時から6年時での変化を検討する。

#### 2-1 調査問題

前節と同様に小学生用の変形 NSKS テストを用いた。

#### 2-2 対象

対象とした児童は、東京都内の公立F小学校において、平成9(1997)年度に第5学年(5年時)であった児童113名の3学級、次年度の平成10(1998)年度に第6学年(6年時)となった5年時と同じ児童114名の3学級である。なお、5年時と6年時で人数が異なるのは、5年時から6年時にかけて児童の転出入があったためである。最終的に分析する人数は114名である。



### 2-3 調査時期

科学の暫定性に関する理解の変化を調べるために、5年時の1学期の5月と6年時の1学期の7月の二つの時期において、小学生用の変形 NSKS テストを行った。

### 2-4 分析方法

分析は以下の①、②の考えに基づいて行った。

① 6年時と5年時の科学の暫定性の理解の違いは、変形 NSKS テストの三種の尺度、及び三種のそれぞれにおける肯定、否定項目からなる下位尺度に対する5年時と6年時の肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布の違いから分析する。

② 6年時と5年時のそれぞれの学年時における科学の暫定性の理解と未理解は、第1節と同様に解釈できる。従って、第2節でも以下の様に分析することで理解と未理解を判断する。

上述の①と②の考えに基づき以下の(1)、(2)の手順で分析を行った。

(1) 5年時と6年時の児童の以下の三つの反応尺度である肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布の違いを調べた。さらに以下の(2)の視点で分析した。

(2) 5年時と6年時の下位尺度のそれぞれにおける肯定項目、否定項目の結果を用いて、5年時と6年時における児童の「理解」や「未理解」を判断した。

なお、人数の違いはカイ二乗検定を用い、その分析には IBM SPSS ver.22 及び js-STAR ver.9.2.5j を用いた。

### 2-5 仮説—確証・反証の指導法の授業過程

5年時から6年時にかけて実践された授業過程は、角屋(1998)が提案した科学の暫定性の理解を促す指導法を基に、石井・宮下(2000)が示した仮説—確証・反証の指導法である(図2-1)。図2-1に示した仮説—確証・反証の指導法では、まず問題に対して児童が仮説Aと仮説Bを設定する。この仮説を検証するためにそれぞれ方法Aと方法Bを児童が考え、考えた方法に従って実験Aや実験Bが行われていく。児童は行った実験によって結果Aや結果Bを得る。結果Aは仮説Aと照らして仮説を反証する結果となったとする。一方、結果Bは仮説と照らして仮説を確証する結果であったとする。これまでの指導過程では、反証された仮説Aは、仮説は失敗したとして扱われ、仮説Aは結論の中に反映されないも

のとなっていた。すなわち、仮説 A は破棄され、確認された仮説 B のみに基づく結論を導いてきた。この仮説—確認・反証の指導法においては、反証された仮説 A は、方法や結果を吟味した上で仮説 A にあげた条件は問題としてあげたこととは関係しない条件と考えることになる。そこで、結論としては仮説 A にあげた条件は問題となっていることと関係していない条件として含めた、限定のついた見方や考え方としたのである。

角屋(1998)の学習指導過程の提案を基にした本指導モデルを通して児童は、自ら仮説を発想し、学習集団を通して自ら発想した仮説を確認したり、反証したりして仮説を創り直したりしながら仮説が決定的でないことを体得する。この過程の繰り返しの中で、テスト可能性や発展性の考えを理解していくことができると考える。また、児童は仮説の確認と反証をかかわらせながら、仮説を検討し検討をもとに限定のついた見方や考え方を導く活動である。これらの過程の中で、科学の創造性が理解されていくものと考えられる。

本実践では、仮説—確認・反証の指導法を第5学年1学期「植物の発芽の条件」、2学期「ものの溶け方」、3学期「振り子の条件」で、各学期に1単元ずつ行った。なお、実践の具体的な展開は、本論文末に資料としてのせる。なお、「植物の発芽の条件」は資料2に、「ものの溶け方は」は資料3に、「振り子の条件」は資料4にそれぞれ掲載した。

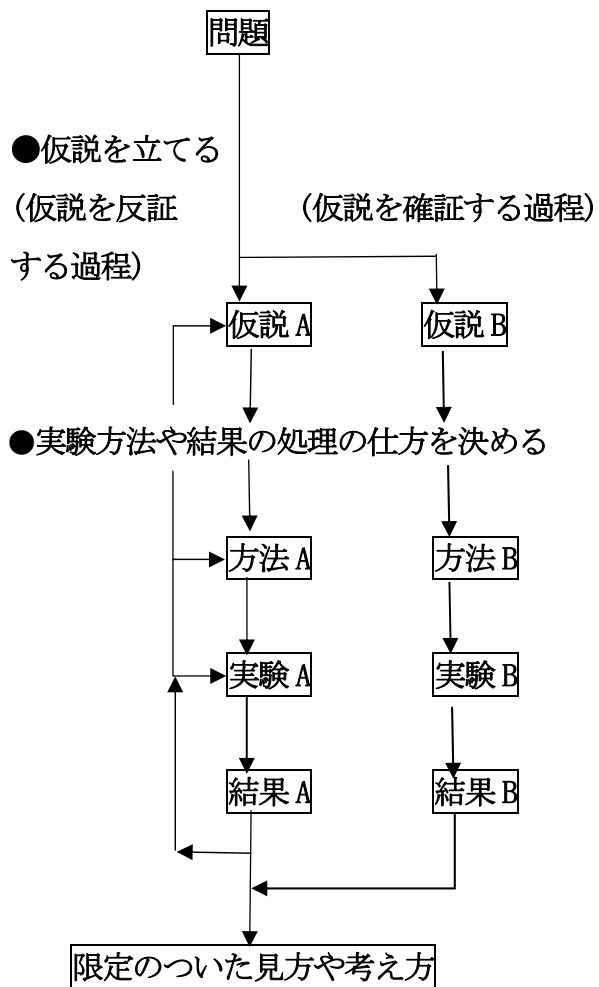


図 2-1 仮説—確認・反証の指導法のモデル

石井・宮下 (2000) を基に筆者が加筆, 修正した

### 第3項 結果

#### 3-1 5年時と6年時の下位尺度における人数分布の違い

5年時と6年時の同じ児童の科学の暫定性の理解の違いを調べるために、三種の各下位尺度の肯定項目と否定項目において、両時期の「そう思う」「どちらともいえない」「そう思わない」の人数分布の違いをカイ二乗検定で調べた。その結果を表2-10から表2-12に示す。科学の創造性は表2-10で、テスト可能性は表2-11で、発展性は表2-12でそれぞれ示した。なお、5年時の調査結果は前節で使用したデータを用いている。

科学の創造性、テスト可能性、発展性のそれぞれの下位尺度毎の肯定項目と否定項目における5年時と6年時とで肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布の違いがあったのかを見ていった。

表2-10より、科学の創造性の三つの下位尺度であるきまりの創出、内容の創出、科学の想像に関しては、肯定項目、否定項目のいずれも5年時と6年時とで肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布に有意な違いが見られなかった。

表2-10 科学の創造性の設問項目毎の各尺度値の5年時と6年時の人数分布

下位尺度	項目	年時	肯定的反 応の人数	中間的 反の人数	否定的反 応の人数	カイ二乗 値
きまりの 創出	肯定項目	5年時	38	50	25	3.144
		6年時	43	56	15	
	否定項目	5年時	25	48	40	1.118
		6年時	24	56	34	
内容の創 出	肯定項目	5年時	39	48	25	0.540
		6年時	38	54	22	
	否定項目	5年時	26	42	42	1.065
		6年時	24	50	40	
科学の想 像	肯定項目	5年時	49	35	29	1.105
		6年時	42	40	32	
	否定項目	5年時	30	35	48	4.037
		6年時	24	50	40	

注：( $\chi^2(2,0.05)=5.991$ )

表 2-11 テスト可能性の設問項目毎の各尺度値の 5 年時と 6 年時の人数分布

下位尺度	項目	年時	肯定的反 応の人数	中間的 反の人数	否定的反 応の人数	カイ二乗 値
テストの 再現性	肯定項目	5 年時	38	24	51	16.814
		6 年時	65	25	24	
	否定項目	5 年時	45	23	45	21.283
		6 年時	16	23	75	
テストの 実証性	肯定項目	5 年時	97	12	4	4.037
		6 年時	99	8	7	
	否定項目	5 年時	4	8	101	0.626
		6 年時	5	11	98	
結果の一 致性	肯定項目	5 年時	24	28	61	11.883
		6 年時	45	31	38	
	否定項目	5 年時	61	23	29	14.691
		6 年時	34	28	52	

注) 網掛けは危険率 5% で 5 年時と 6 年時の肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布に有意な違いが見られた項目

表 2-11 より、テスト可能性の下位尺度であるテストの再現性、結果の一致性に関しては、肯定項目、否定項目のいずれも 5 年時と 6 年時とで肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布に有意な違いが見られた。肯定項目では肯定的反応が増え、否定的反応が減り、否定項目では否定的反応が増え、肯定的反応が減る傾向が見られた。テストの実証性に関しては、肯定項目、否定項目いずれに関しても 5 年時と 6 年時とで肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布に有意な違いが見られなかった。

表 2-12 発展性の設問項目毎の各尺度値の5年時と6年時の人数分布

下位尺度	項目	年時	肯定的反 応の人数	中間的反 応の人数	否定的反 応の人数	カイ二乗 値
科学理論 の現時点 での確定 性	肯定項目	5年時	55	41	17	2.694
		6年時	65	39	10	
	否定項目	5年時	22	50	41	3.719
		6年時	14	46	54	
科学理論 の暫定性	肯定項目	5年時	76	28	9	2.844
		6年時	86	24	4	
	否定項目	5年時	10	36	67	0.338
		6年時	8	39	67	
科学理論 の可変性	肯定項目	5年時	66	34	13	5.432
		6年時	49	48	17	
	否定項目	5年時	15	26	72	4.933
		6年時	22	36	56	

注) 網掛けは危険率5%で5年時と6年時の肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布に有意な違いが見られた項目

表 2-12 より、発展性の下位尺度である科学理論の可変性に関しては、肯定項目、否定項目、いずれも5年時と6年時とも肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布に有意な違いが見られた。中間的な反応がわずかに増える傾向が見られた。科学理論の現時点での確定性、科学理論の暫定性に関しては、肯定項目、否定項目いずれも5年時と6年時とで肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布に有意な違いが見られなかった。

### 3-2 5年時と6年時のそれぞれの学年時毎の下位尺度における理解や未理解の実態

前節において、科学の創造性、テスト可能性、発展性の各尺度の下位項目について、肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数分布に違いがあるかどうかを5年時で調べた。平成10年度の6年時の5年時は前節の第5学年と同じ児童である。そこで、5年時の結果は本項では略す。

6年時の科学の創造性、テスト可能性、発展性の各尺度の下位項目について、肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数を表2-13, 表2-15, 表2-17に示す。また、6年時の各尺度の下位項目について、肯定的反応、否定的反応の二つの尺度値の人数を表2-14, 表2-16, 表2-18に示す。

**表 2-13 6年時の科学の創造性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数**

下位尺度	項目	肯定的反応と 否定的反応の 人数の和	中間的反応の 人数	カイ二乗値
きまりの創出	肯定項目	58	56	0.035
	否定項目	58	56	0.035
内容の創出	肯定項目	60	54	0.316
	否定項目	64	50	1.719
科学の想像	肯定項目	74	40	10.140
	否定項目	64	50	1.719

注) 網掛けは危険率5%で肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差がある項目

6年時の科学の創造性の内のきまりの創造、内容の表出、科学の想像の三つの下位尺度における肯定項目と否定項目に関しての肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数を示したのが表 2-13 である。

表 2-13 より、6年時の科学の創造性の下位尺度であるきまりの創出、内容の創出、科学の想像に関しては、科学の想像の肯定項目に関してのみが肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。きまりの創出と内容の創出の肯定項目と否定項目並びに科学の想像の否定項目では有意な差が見られなかった。

表 2-14 は、表 2-13 から得られた結果をふまえて、科学の創造の各下位尺度における肯定項目と否定項目における肯定的反応と否定的反応の人数を示したものである。なお、きまりの創出、内容の創出の肯定的項目、否定的項目、ならびに科学の想像の否定的項目に

**表 2-14 6年時の科学の創造性の肯定的反応と否定的反応の人数**

下位尺度	項目	肯定的反応の 人数	否定的反応の 人数	カイ二乗値
きまりの創出	肯定的項目	43	15	/
	否定的項目	24	34	
内容の創出	肯定的項目	38	22	/
	否定的項目	24	40	
科学の想像	肯定的項目	42	32	1.351
	否定的項目	24	40	

注) 斜線は表 2-13 で有意な差があると判断できなかった項目



関しては、表 2-13 より、肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差が見られず斜線となっている。

この表 2-14 から、6 年時の科学の創造性の下位尺度に関しては、科学の想像の肯定項目は、肯定的反応の人数と否定的反応の人数に有意な差が見られなかった。

6 年時のテスト可能性の内のテストの再現性、テストの実証性、結果の一致性の三つの下位尺度における肯定項目と否定項目に関しての肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数を示したのが表 2-15 である。

**表 2-15 6 年時のテスト可能性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数**

下位尺度	項目	肯定的反応と 否定的反応の 人数の和	中間的な反応 の人数	カイ二乗値
テストの再現性	肯定項目	89	25	35.930
	否定項目	91	23	40.561
テストの実証性	肯定項目	106	8	84.246
	否定項目	103	11	74.246
結果の一致性	肯定項目	83	31	23.719
	否定項目	86	28	29.509

注) 網掛けは危険率 5% で肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差がある項目

表 2-15 より、6 年時のテスト可能性の下位尺度であるテストの再現性、テストの実証性、結果の一致性に関しては、肯定項目、否定項目の両方について肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。

表 2-16 6年時のテスト可能性の肯定的反応と否定的反応の人数

下位尺度	項目	肯定的反応の 人数	否定的反応の 人数	カイ二乗値
テストの再現性	肯定項目	65	24	18.888
	否定項目	16	75	38.253
テストの実証性	肯定項目	99	7	79.849
	否定項目	5	98	83.971
結果の一致性	肯定項目	45	38	0.590
	否定項目	34	52	3.767

注) 網掛けは危険率5%で肯定的反応と否定的反応の人数に有意な差がある項目

表 2-16 は、表 2-15 から得られた結果をふまえて、テスト可能性の各下位尺度における肯定的項目と否定的項目における肯定的反応と否定的反応の人数を示したものである。

この表 2-16 から、6年時のテスト可能性の下位尺度に関しては、テストの再現性、テストの実証性の肯定項目、否定項目のいずれにおいても、肯定的反応の人数が否定的反応の人数よりも有意に多いと言う結果が得られた。また、結果の一致性の否定項目においては、否定的反応の人数が肯定的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。ただし、結果の一致性の肯定項目に関しては、肯定的反応の人数と否定的反応の人数に有意な差が見られなかった。

**表 2-17 6年時の発展性の肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数**

下位尺度	項目	肯定的反応と 否定的反応の 人数の和	中間的反応の 人数	カイ二乗値
科学理論の現時点 での確定性	肯定項目	75	39	11.368
	否定項目	68	46	4.246
科学理論の暫定性	肯定項目	90	24	38.211
	否定項目	75	39	11.368
科学理論の可変性	肯定項目	66	48	2.842
	否定項目	78	36	15.474

注) 危険率5%で網掛けは肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差がある項目

6年時の発展性の科学理論の現時点での確定性、科学理論の暫定性、科学理論の可変性の三つの下位尺度における肯定項目と否定項目に関しての肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間反応の人数を示したのが表 2-17 である。

表 2-17 より、6年時の発展性の下位尺度である科学理論の現時点での確定性、科学理論の暫定性、科学理論の可変性に関しては、肯定項目、否定項目の両方に関して肯定的反応と否定的反応の人数の和が中間的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。

表 2-18 は、表 2-17 から得られた結果をふまえて、発展性の各下位尺度における肯定項目と否定項目における肯定的反応と否定的反応の人数を示したものである。

この表 2-18 から、6年時の発展性の下位尺度に関しては、科学理論の現時点での確定

**表 2-18 6年時の発展性の肯定的反応と否定的反応の人数**

下位尺度	項目	肯定的反応の 人数	否定的反応の 人数	カイ二乗値
科学理論の現時点 での確定性	肯定項目	65	10	40.333
	否定項目	14	54	23.529
科学理論の暫定性	肯定項目	86	4	74.711
	否定項目	8	67	46.413
科学理論の可変性	肯定項目	49	17	15.515
	否定項目	22	56	14.821

注) 網掛けは危険率5%で肯定的反応と否定的反応の人数に有意な差がある項目

性、科学理論の暫定性、科学理論の可変性の肯定項目においては、肯定的反応の人数が否定的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。また、三つの下位尺度の否定項目においては、否定的反応の人数が肯定的反応の人数よりも有意に多いという結果を得た。

#### 第4項 まとめと結果の含意

角屋(1998)が開発した学習指導過程に基づく仮説—確証・反証の指導法を取り入れた授業を行ったことによる科学の暫定性の理解の変化は、前述のように①変形 NSKS テストの下位尺度の5年時と6年時の下位尺度の人数分布の違いと、②下位尺度毎の5年時と6年時の理解、未理解の状態の変化に表れると想定できる。

はじめに、①に従い結果を整理する。前項までの5年時と6年時の下位尺度における人数分布の違いの結果を整理すると表2-19のようになる。この表2-19から、科学の創造性のきまりの創出、内容の創出、科学の想像の三つの下位尺度と、テスト可能性のテストの実証性の下位尺度並びに、発展性の科学理論の現時点での確証性と科学理論の暫定性の両方の下位尺度では、5年時と6年時の肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布には違いが見られなかった。このことから、これらの下位尺度では理解の状態あるいは未理解の状態が5年時と6年時で維持されたことが予想される。

表 2-19 5年時と6年時の肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布の違いの有無

科学の創造性	下位尺度	きまりの創出	内容の創出	科学の想像
	項目	5年時と6年時の人数分布の違い		
	肯定項目	無い	無い	無い
	否定項目	無い	無い	無い
テスト可能性	下位尺度	テストの再現性	テストの実証性	結果の一致性
	項目	5年時と6年時の人数分布の違い		
	肯定項目	有る	無い	有る
	否定項目	有る	無い	有る
発展性	下位尺度	科学理論の現時点での確証性	科学理論の暫定性	科学理論の可変性
	項目	5年時と6年時の人数分布の違い		
	肯定項目	無い	無い	有る
	否定項目	無い	無い	有る

注) 網掛けは危険率5%で5年時と6年時の人数分布に有意な違いがある項目

また、テスト可能性のテストの再現性と結果の一致性の両方の下位尺度は、5年時と6年時で肯定項目では肯定的反応が増え、否定項目では否定的反応が増えるという三つの尺度値の人数分布に有意な違いが見られた(表 2-11 より)。そして発展性の下位尺度である科学理論の可変性の下位尺度は、肯定項目では否定的反応がわずかに増え、否定項目では肯定的反応がわずかに増えるという5年時と6年時で三つの尺度値の人数分布に有意な違いが見られた(表 2-12 より)。このことから、テスト可能性の二つの下位尺度と発展性の一つの下位尺度に関しては理解から未理解あるいは未理解から理解への変化などが見られたということが予想できる。

**表 2-20 5年時と6年時の科学の創造性の理解の実態**

	科学の創造性		
	きまりの創出	内容の創出	科学の想像
5年時			◎
6年時			

注1) ◎は理解と判断した下位尺度である。

注2) 斜線は、肯定項目、否定項目いずれにおいても肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差がない下位尺度である。

**表 2-21 5年時と6年時のテスト可能性の理解の実態**

	テスト可能性		
	テストの再現性	テストの実証性	結果の一致性
5年時		◎	×
6年時	◎	◎	

注1) ◎は理解、×は未理解と判断した下位尺度である。

注2) 印がない項目は、肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差があるが、理解とも未理解とも判断できなかった下位尺度

**表 2-22 5年時と6年時の発展性の理解の実態**

	発展性		
	科学理論の現時点での確定性	科学理論の暫定性	科学理論の可変性
5年時		◎	◎
6年時	◎	◎	◎

注1) ◎は理解と判断した下位尺度である。

注2) 斜線は、肯定項目、否定項目いずれにおいても肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差がない下位尺度である。

次に、目標②に従い、表 2-13 から表 2-18 の結果をもとに分析方法で述べた手続きに従い分析した結果を、科学の創造性は表 2-20 に、テスト可能性は表 2-21 に、発展性は表 2-22 にそれぞれ示す。なお、5 年時は前節の結果を利用した。

表 2-20 から、科学の創造性に関しては、5 年時、6 年時いずれの年時においてもきまりの創出、内容の創出の 2 種の下位尺度においては、肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差は見られなかった。科学の想像の下位尺度に関しては、5 年時は理解であり、6 年時は肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差は見られなかった。

表 2-21 から、テスト可能性に関しては、以下の通りであった。テストの再現性の下位尺度では、5 年時では肯定項目では否定的反応の人数が肯定的反応の人数よりも有意に多く、否定項目では肯定的反応の人数と否定的反応の人数に有意な差が見られなかった。5 年時では理解とも未理解とも判断できなかつた。一方、6 年時では理解となつた。テストの実証性の下位尺度では、5 年時、6 年時いずれも理解であつた。結果の一致性の下位尺度では、5 年時では未理解で 6 年時では理解とも未理解とも判断できなかつた。

表 2-22 から、発展性に関しては、以下の通りであつた。科学理論の現時点での確定性の下位尺度は、5 年時では肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数に有意な差が見られなかった。一方、6 年時は理解となつた。科学理論の暫定性、科学理論の可変性いずれの二つの下位尺度においては 5 年時、6 年時いずれも理解であつた。

以上の結果から次のことが考察できる。まず、科学の創造性の理解については、5 年時から 6 年時の変化に関して、表 2-19 のように肯定的反応、中間的反応、否定的反応の人数分布には有意な違いが無かつた。また、表 2-20 から 5 年時と 6 年時の理解や未理解の実態を見ると、きまりの創出と内容の創出の両方については、5 年時も 6 年時も変わらず、肯定的反応や否定的反応をした児童の数に比べ中間的反応をした児童が多い傾向があつたと言える。また、科学の想像については、5 年時は理解であつたにも関わらず、6 年時には否定項目に関して肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数で有意な差が無かつた。このことは、6 年時には、肯定的反応や否定的反応をした児童の数に比べ中間的反応をした児童が多い傾向があつたと言える。これらの結果から、きまりの創出と内容の創出に関しては 5 年時も 6 年時も変わらず理解とは言えない。また、科学の想像に関しては 5 年時の理解から 6 年時の理解とは言えない状態に変化している。加えて、表 2-19 から、5 年時から 6 年時の理解の実態の変化は大きくないことが推測される。

次に、テスト可能性については、表 2-19 と表 2-21 から、テストの実証性については、肯定項目、否定項目の両方について 5 年時と 6 年時の三つの尺度値の人数分布に有意な違いが見られず、どちらも理解であった。テストの再現性については、肯定項目、否定項目の両方に関して 5 年時と 6 年時の三つの尺度値の人数分布に有意な違いが有り、5 年時は肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数で有意な差が無かったものの、6 年時では理解となった。結果の一致性については、肯定項目、否定項目の両方に関して 5 年時と 6 年時の三つの尺度値の人数分布には有意な違いが有り、5 年時は未理解であったが、6 年時は理解とも未理解とも判断されなかった。これらの結果からテストの再現性とテストの実証性に関しては 5 年時から 6 年時に向けて理解に変わったり、変わらず理解であったりしていた。また、結果の一致性に関しては 5 年時の未理解の実態から 6 年時に理解とも未理解とも言えないに変化をしている。

続いて、発展性の理解については、表 2-19 と表 2-22 から、科学理論の暫定性については、肯定項目、否定項目の両方について 5 年時と 6 年時の三つの尺度値の人数分布に有意な違いが見られず、どちらも理解であった。科学理論の現時点での確定性については、肯定項目、否定項目の両方に関して 5 年時と 6 年時の三つの尺度値の人数分布に有意な違いが見られず、5 年時は肯定的反応と否定的反応の人数の和と中間的反応の人数で有意な差が無かったものの 6 年時では理解となった。科学理論の可変性については、肯定項目、否定項目の両方に関して、5 年時と 6 年時の三つの尺度値の人数分布に有意な違いが有り、5 年時も 6 年時も理解であった。これらの結果から科学理論の現時点での確定性、科学理論の暫定性、科学理論の可変性いずれにおいても 5 年時から 6 年時に向けて理解に変わったり、変わらず理解であったりしていた。

以上のことから、5 年時から 6 年時に理解あるいは理解の傾向に変わったのはテスト可能性と発展性の尺度であった。それに対して、すべての下位尺度において理解に変わらなかったのは科学の創造性であった。このような結果となった原因について、以下に考察する。

テストの再現性の「繰り返し同じ実験を行わなくてはならない。」及び、結果の一致性の「理科で勉強しているきまりや考え方が正しいと認められるためにはいくつかの班の実験結果が同じでなければならない。」という項目は、①実験がきまりや考え方の妥当性を決定することや、②実験結果の再現性がきまりや考え方の妥当性を決定すること、及び③テスト結果の一致性は科学的知識を認める一つの条件であることを意味している。5 年時に、



仮説の確証と反証による学習指導を導入し、確証過程と反証過程から一つの結論を導出する議論を大切にしたい。このような学習指導の工夫が、①から③を含意するテスト可能性の尺度に関する理解の向上に影響したことが考えられる。

また、仮説―確証・反証の過程を取り入れた学習において、仮説検証を行う過程がこれまで以上に繰り返し行われた。そのことで、科学的な手続き、つまり、客観性や再現性、実証性などに重点をおいた指導が行われたと考えられる。その結果、「今、理科で勉強しているきまりや考え方において将来、誤りが見つかって変わるかもしれないが、今はそのことは正しいと信じられる。」という科学理論の現時点での確定性や科学理論の暫定性、さらには、「理科のきまりや考え方は時代によって変わる。」という科学理論の可変性を下位尺度に位置づけた発展性に関する理解を促したと考えられる。なお、5年時から6年時の理解の実態の変化は児童の発達による影響も考えられる。しかし、角屋（1990）は大学生でも専修によっては発展性を認めていないことを報告しており、発達による変化の可能性は小さいのではないかと予想される。

一方で科学の創造性に関する下位尺度であるきまりの創出、内容の創出、科学の想像については、本実践では理解にかかわることはなかった。

### 第3節 仮説・確証・反証の指導法のモデルの課題；科学の創造性の理解を促すこと

本章では、小学生の科学の暫定性の理解の実態を明らかにするため、小学生用変形 NSKS テストを実施した。その結果、第5学年の児童は、科学の創造性、テスト可能性、発展性の三種すべての下位尺度で理解となっていないことが明らかになった。この結果は、角屋が既に報告している中学生(角屋,1991)や大学生(角屋,1990)の科学の暫定性理解の実態における科学の創造性が理解になっていないという点で共通している。また、角屋(1998)は、これらの中学生等の実態をふまえて、科学の暫定性の理解を促す指導法として、仮説・確証・反証の指導法を提案している。そこで、本章第2節では小学5年生を対象に、仮説・確証・反証の指導法を複数の単元で行い、科学の暫定性の理解が促されるのかを明らかにした。その結果、テスト可能性と発展性は理解が促された。ところが、科学の創造性に関しては、理解は促されなかった。

従って、角屋(1998)の開発した学習指導過程では、科学の暫定性の中でも科学の創造性の理解の促進が十分でないことが明らかとなった。そのため、科学の創造性の理解を促す新たな単元展開モデルの開発が必要であると考えられる。

### 第3章 小学生の科学の創造性に関する理解を促す単元展開モデルの開発

第3章では、小学生の科学の創造性に関する理解を促進する単元展開モデルを提案する。

#### 第1節 単元展開モデルの構想

本節では、小学生の科学の創造性の理解を促す単元展開モデルを構想する。前章で示したように、科学の暫定性の理解を促す指導法として角屋(1998)が提案した仮説-確証・反証の指導法を取り入れることによって、科学の暫定性の理解の下位尺度であるテスト可能性と発展性の理解を促すことができた。これに加えて科学の創造性の理解を促進するには、以下のような理由から、単元展開全体で、児童が自らの考えの見直しや振り返りを行う過程を加える必要があると考える。

序章で取り上げた先行研究の中には、問題解決的な活動を行うことで科学の暫定性をはじめとする科学の本質の理解が促進された報告があった。そこで、見直しや振り返りと科学の本質についての先行研究を調査すると、以下のようなものが見出された。例えば、Zeidlerら(2002)は、高校生対象の科学の本質に関わる研修で **Reflection Journal Writing** という活動を取り上げることの効果を論じている。また、Abd-El-Khalickら(2004)は、小学校教師を目指す大学生の科学の本質に関わる研修会の場において、科学的な探究活動だけではなく **Reflective Instructional Approach** を取り入れたことによる効果を報告している。さらに、Schwartz(2004)は、教師教育における科学の本質の研修会では、科学的な探究活動だけでなく振り返りをさせる場の大切さを論じている。

以上の先行研究に共通する点は、探究的な活動と併せて、自らの考えや学びを見つめ直し、振り返ることが、科学の本質の理解を促すということである。研修を受けた教員や学生の学びを基に、児童の学びに当てはめると以下のようなことが想定できる。児童は、自らの考えや学びを省察する活動を行う中で、自らの考えや学びを見直し、振り返るだけでなく自らの考えや学びを見つめ直し、修正し、新たな考えや新たな学びのあり方、新たな観察・実験方法を創り直す過程を歩んでいることを理解することで、自分の考えや学びは新たに創られていくことをとらえることができ、いくことが考えられる。

そこで、角屋(1998)が提案した科学の暫定性の理解を促す仮説-確証・反証の指導法

での問題解決活動において、児童が自ら立てた仮説や観察・実験方法を見直した上で、さらに児童が自ら仮説や方法を新たに創造し直していく活動を導入することが有効なのではないかと考えた。そこで、児童が結果と結果の予想の違いについて検討したり、児童が創り上げた考えと矛盾するような事象と出会う場を設定したりして、児童が自らの考えを新たに創造していく単元展開モデルを構想した。

## 第2節 単元展開モデルの具体例

本節では、児童が結果と結果の予想の違いについて検討したり、児童が創り上げた考えと矛盾するような事象と出合う場を設定したりして、児童が自らの考えを新たに創造していく単元展開モデルを具体例を用いて説明する。

角屋(1998)は、第5学年理科の「ものの運動～ふりこの動き」の学習内容を用いて前述の指導法のモデルを解説している。そこで、角屋の開発した指導法との違いを顕在化させるために、新たに開発する具体的な単元展開モデルにおいても、第5学年「振り子の運動」を用いて単元の開発を行った。

### 第1項 開発したモデルと単元展開の概要

開発した単元展開モデル(図3-1)では「考察」の過程で結果と仮説を対比できるように、観察や実験を計画した段階で観察の結果が仮説通りであったならば計画した観察や実験の結果がどのようなものになるのか「結果の予想」を行う過程を位置づけた。そのことによって、児童が考察の場面で「結果の予想」と「結果」に違いがあるのかを吟味できるようにした。吟味の結果、本単元展開モデルでは「結果の予想」と「結果」が同じであれば「結論を出す流れ」になる。一方、「結果の予想」と「結果」が違った場合には、「◎仮説を立て直す流れ」あるいは「◎方法を考え直す流れ」に進み、「結果の予想」と「結果」の違いが起こった要因を児童が吟味する場を取り入れた。また、結論が出た後にも、「◎結論の適用範囲の拡大から、新たな問題ができる流れ」をつくり、児童が自ら創り出してきた結論をさらに吟味する場をつくったり、そこから新たな問題を児童が見出したりしていく流れをつくり出した。

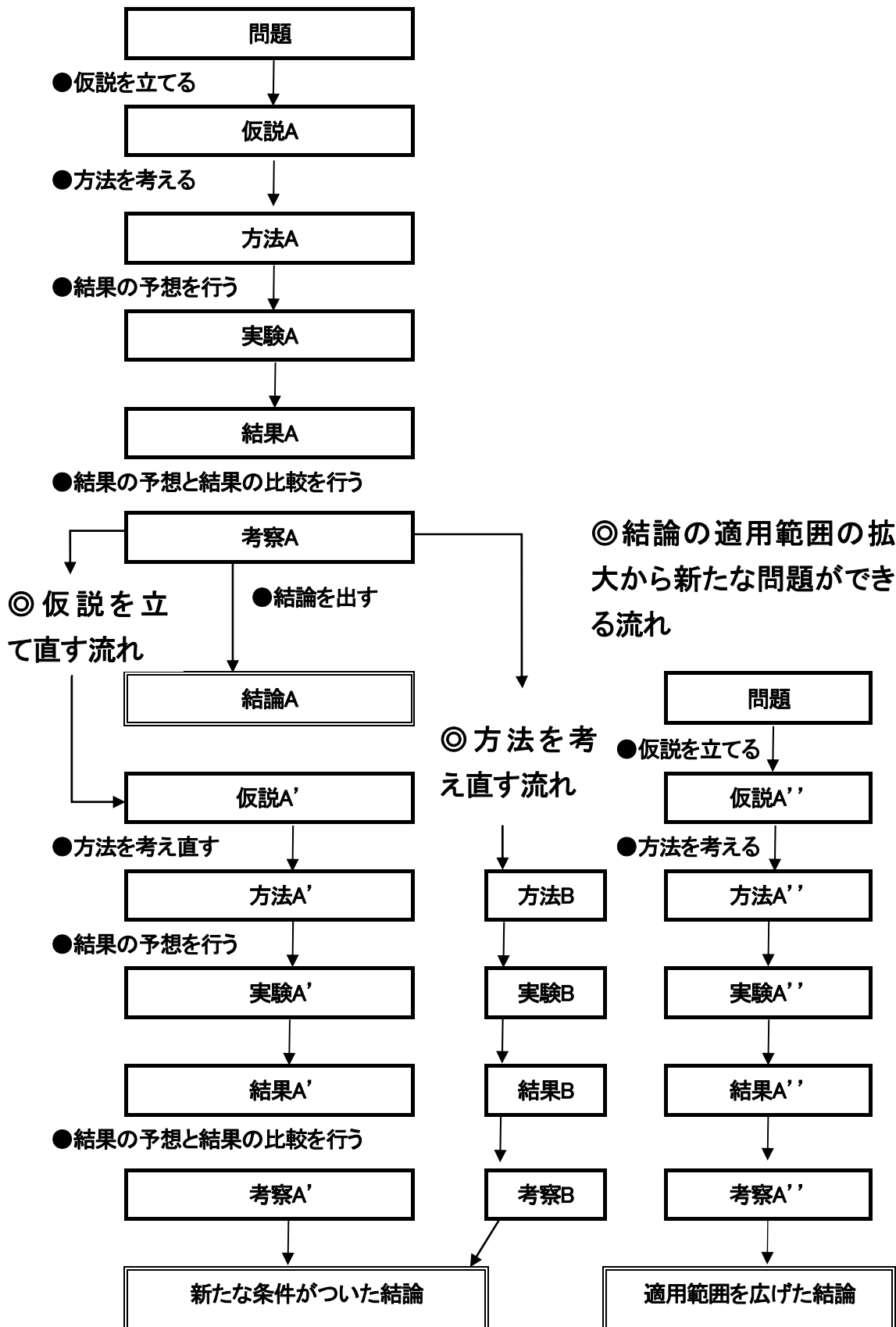


図3-1 開発した単元展開モデル

## 第2項 第5学年「振り子の運動」での単元展開の開発

開発した単元展開モデルに基づいて第5学年「振り子の運動」での新たな単元展開を開発した。本単元では、「振り子が一往復する時間は、何が関係しているのだろう。」という問題に対して、児童は、「振り子の重さが関係している」、「振り子の最初の振れ幅が関係している」、「振り子の糸の長さが関係している」という三つの仮説を設定し、これら三つの仮説を確かめる活動を行う。その結果として、児童は「振り子が一往復する時間には糸の長さが関係して、おもりの重さや最初の振れ幅は関係しない。」といった結論を導き出す。この過程においても、児童は図3-1の単元展開モデルの「結果の予想」と「結果」を比較して考察する過程で「仮説を立て直す流れ」や「方法を考え直す流れ」を繰り返し行うことになる。単元の終末で結論を導き出す段階で、改めて教師側から新たな事象を提示



写真 3-1 おもりの砂の量を変えて糸の長さを同じにした振り子

し、「結論の適用範囲の拡大から新たな問題ができる流れ」がつくられる。教師から提示されたこの新たな事象は、写真 3-1 のような同じ長さのひもをつけた同じ大きさ・形のペットボトル 2 本である。この二つのペットボトルの一方には砂が 2 リットル入れられ、もう一方には砂が 0.3 リットル入れられている。同じひもの長さで、明らかに重さが違う振り子を同時に揺らし、一往復する時間が異なる振り子を児童は観察する。この事象を見た多くの児童は、「おもりの重さは振り子の一往復する時間に関係ないと結論を出したが、もしかしたらより重さの違う二つのおもりをもった振り子ではおもりの重さをかえたことで、振り子の一往復する時間が違ってくるのかもしれない。」といった児童が自ら導き出した結論を見直す考えをもつことになる。そこで、改めて「おもりの重さは振り子の一往復する時間に関係するのだろうか」という問題で探究活動を行う。最終的には、「振り子の糸の長さは振り子のおもりの砂の入り方によって変わっていく。糸の長さというのは、使っているひもの長さそのものでは必ずしもない。糸の長さが振り子の長さに必ずなるわけではない。」と言う考察を児童が行う。この考察をふまえて、「おもりの重さは振り子の一往復する時間に関係ない。振り子の長さによって、振り子の一往復する時間は変わっていく」という結論を児童が導き出していく。ここでは、多くの児童が振り子の糸の長さの条件を改めて付加した形の結論を導き出すことになる。

この新たな単元展開をこれまでの単元展開と比べると、図 3-2 のように示すことができる。



## 新しい単元展開

## これまでの単元展開

### 事象提示

天井から吊るした振り子の動きを観察する。大きな振れ幅と小さな振れ幅の二つの事象と出会う。この事象との出会いから、二つの振り子は見た目は似ているが、ふれ方に違いが起こるのは、何が違うのだろうか

事象提示から問題ができるまでの展開は、これまでの展開と新しい展開とでは共通しているので省略する。

問題：振り子が1往復する時間は、振れ幅、長さ、重さの中のどの条件によって変化するのだろうか。

おもりの重さや振れ幅が振り子の一往復する時間に関係すると考えていたが、おもりの重さや振れ幅は一往復する時間に関係しないことが分かった。

結果の予想と結果を対比しながらその違いの要因を考え、これまでに考えてきたことや行ってきたこととの違いを見だし、自分の考えの変化に気付く場をつくる。

問題が見い出されて、結論が出るまでの展開は、これまでの展開と新しい展開とでは大きな違いはない。

結論：振り子が1往復する時間は、振り子の長さによって変化する。振れ幅や重さは、振り子の一往復する時間には関係しない。

これまでに創り出してきた考えに矛盾するような事象との出会いの場をつくる。

これまでの展開はここで終了している。

### 二つめの事象提示

糸の長さが同じで、ペットボトルの砂の量が満杯の振り子と1分目までの振り子で一往復する時間が違うという事象に出会う。

糸の長さが同じならば、おもりの重さが違っても一往復する時間は同じはずなのに、ここにある二つの振り子は、一往復する時間が違うのだろうか。

問題：ペットボトルの水の量が違う振り子の一往復する時間が違うのは、何が原因なのだろうか。

これまでに考えてきたこととの違いを見だし、自分の考えの変化に気付く場をつくる。

結論：砂の量で、おもりの上の位置が変わったため、二つの振り子の一往復する時間は違った。振り子の長さは、糸の長さではなくて、糸をつるしたところからおもりの入っている所までを見なければいけない。そのように考えると、振り子の一往復する時間は振り子の長さによって変わり、おもりの重さの違いは関係しない。

注)



四角枠は、事象提示、問題、結論を示している。



吹き出しの四角枠は、新しい単元展開で加えた教師側の手立てを示す。

図3-2 第5学年「振り子の運動」の新しい単元展開とこれまでの単元展開の比較

図 3-2 の左に提示した新しい単元展開と右に提示したこれまでの単元展開とを比べる。明らかな違いは、二つある。一つ目は、結論を導く段階で、結果と結果の予想の違いを吟味することによってこれまで行ってきた実験方法やまとめを見直したり、仮説であるこれまでの考えを根拠も含めて見直したりするということを行っていることである。二つ目は、新しい単元展開は二つの事象提示を行っていることであり、これまでの展開は一つ目の事象提示であったことである。この新しい展開における二つ目の事象提示によって、児童はこれまで学級全体で時間をかけて創りだしてきた結論を見直し、振り返った。その結果として、児童は、二つ目の事象提示での糸の長さは同じなのに、おもりの重さが違うことによって振り子の一往復する時間が変わったのは、何がその違いを引き起こしたのかを検討し直すことになった。その結果として、全く新たな「糸の長さ」の条件を持ち込んだ。すなわち、これまで児童が考えてきた「糸の長さ」とは、ひもをつけたおもりの砂を入れたペットボトルのふたから、糸をつけてある支点の部分までの糸の長さだけであった。ところが、二つ目の事象提示以降の問題解決の活動では、「糸の長さ」とは、使っているひもの長さだけでなく、砂が入っていないペットボトル部分もその長さに含まれている。このような新たな条件を児童は付加していった。この新しい「糸の長さ」の考えを持ち出してきたことから、児童は新たな仮説を創り、その新たな仮説を検証する活動を組み直したことになる。その結果として児童は全く新たな条件を付加した結論を創りだしていったことになる。この過程を通して、児童は、自らの考えが変わったことをとらえ、自分は新たな科学を創っているととらえることができる機会を得ることができる。こうした過程は、新たな条件を付加することによって新たな科学を創ることになる。新たな条件を付加した考えを創り出すことが科学を創ることになると考えた児童は、自分自身で新たな科学を創っているととらえ、科学の創造性を理解することが期待される。

### 第3節 単元展開モデルの検証

第3節では、開発した単元展開モデルで実践を行い、そのモデルの効果の検証を行う。具体的には、都内公立のK小学校第5学年1学級を対象として、開発した「振り子の運動」の単元展開を実施した。その学習過程の中で、児童の記述したノート記録の中に自らの考えが変わったことを記述した児童について、科学の創造性の理解に変化が見られるかを見とることによって、本開発単元展開モデルの検証を行った。

#### 第1項 目的

本節の目的は、科学の暫定性の中でも特に科学の創造性の理解を促すことを目指して開発した単元展開モデルを実践し、自らの考えが変わったことに児童が気づくことで、科学の創造性の理解が促されるのかを明らかにすることである。

#### 第2項 単元展開モデルの検証方法

前項の目的達成のために、以下の検証方法を取りあげた。

開発した単元展開モデルを行うことによって、児童が自らの考えが変わったということを記録する。こうした記録を行った児童は科学の創造性の理解が単元展開モデルを行う前後で変化すると考えた。そこで、単元展開モデルを導入した後の児童のノートの記録の分析と、本モデル導入前後の変形NSKSテストを行うという方法を取りあげた。

##### 2-1 児童のノートの記述内容の分析

単元終末の児童の考察場面の記述の中から、「自らの考えが変わった」ことに気づいていると判断できる記述の有無を記録していった。

##### 2-2 調査問題

科学の創造性の理解の程度を知るための調査問題は、第2章と同様の小学生用変形NSKSテストを使用した。その中でも、科学の暫定性の理解の下位尺度である科学の創造性の尺度を用いた。

### 2-3 対象・時期

児童のノートの記述分析と小学生用変形 NSKS テストの科学の創造性の設問項目を用いた質問紙調査の対象は、平成 29(2017)年の東京都内公立のK小学校第5学年1学級33名であった。

K小学校での単元展開モデルの実践は、平成 29(2017)年5月から6月であった。なお、調査は小学生用変形 NSKS テストを用いた。調査は、単元の授業実施前である平成 29(2017)年5月と授業後の7月の合計2回実施した。

なお、授業実施前の5月には一人の児童が欠席していた。そこで、この5月の欠席児童の結果は欠損値とし、扱わなかった。そのことから、調査対象は32名となった。

### 2-4 分析方法

新しい単元展開モデルを導入することによる効果があるならば、以下のことが見られると考える。まず、調査対象の学級では、考察の中に、考えが変わったことを記述することが習慣化している。こうした中で、開発した単元展開モデルを導入することによって、自らが創り出した考えが変わったということに気づいた児童は、考えが変わったことを考察の中に記述することが予想される。こうした記述を行った児童は、単元展開モデルを導入した学習を行う前に比べて、記述していない児童よりも、科学の創造性の理解が促進されていることが期待される。なお、「自らの考えが変わった」ことを記述した児童の群(以下、記述群と記す)と「自らの考えが変わった」といった記述を全く行っていない群(以下、未記述群と記す)に分ける。

単元展開モデルの導入によって、記述群の児童と未記述群の児童との科学の創造性の理解の違いは、変形 NSKS テストの科学の創造性の下位尺度から解釈できる。つまり、科学の創造性の三種の下位尺度のうちの一つが理解に変わったのかによって理解の変化の程度として見るができると言える。そこで、記述群と未記述群の学習前後の科学の創造性の理解の程度の変化を比較する。その理解の程度の変化については、三つの下位尺度の中で理解と判断された項目数が増加あるいは事前も事後も三つすべてで理解である児童の人数を集計し「理解していた・促進された人数」(以下「より理解」と記す)とし、三つの下位尺度で理解と判断された項目数が減少あるいは、理解の項目数が一つか二つで理解となった項目数が変化しない児童の人数を集計することにした(以下、「変化しない・未理解」と記す)。そして、記述群と未記述群の学習前後における「より理解」と「変化

しない・未理解」の人数分布の差をカイ二乗検定によって検討した。その分析には IBM SPSS ver.22 及び js-STAR ver.9.2.5j を用いた。

### 第3項 結果

記述分析については、単元の終末に再度検討を行った「おもりの重さは振り子の一往復する時間に関係するのだろうか」という問題に関する考察において児童が記述した内容を分析の対象とした。実際のノートは、写真 3-2 のようなものであった。そして、自らの考

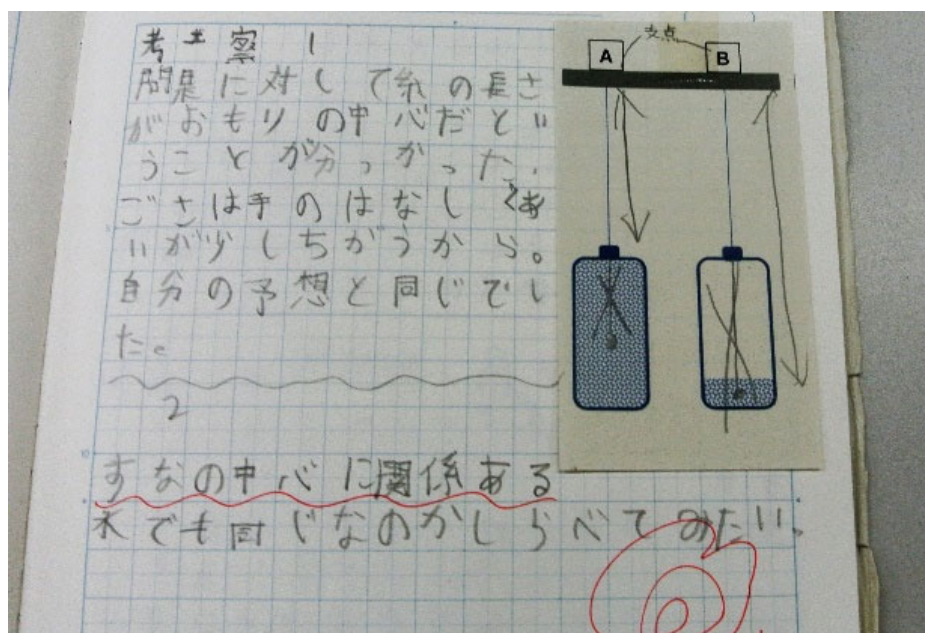


写真 3-2 考察場面での児童の記録の実際

えが変わったということに記載した児童を選び出した。例えば、「おもりの重さが激しく違うと関係あると思っていた。糸の長さは支点から重さの中心までになる。砂の量が変わると、おもりの中心の位置が変わって糸の長さが変わる。」といった記述が該当する。この記録を行った児童は、自分の考えの中で糸の長さの定義が変わったことに気づき、糸の長さの定義が変わったことを書いている。本実践においては、多くの児童が糸の長さの定義が変わったことを記述していた。これらの児童を記述群と判断した。

個々の児童の記録の内容は表 3-1 のようになった。この表 3-1 では、「自らの考えが変わった」あるいは「自分は考えを創りだしている」と言う記述を行っている記述群（表 3-1 中の「考えが変わったことに関する記述の有無」の項目に「有」と記載）と自らの考えが変わったといった記述を行っていない未記述群（表 3-1 中の「考えが変わったことに

関する記述の有無」の項目に「無」と記載)を示している。また、本単元を行う前後での小学生用変形 NSKS テストによる科学の創造性理解の程度の変化を児童毎に見ていった。変形 NSKS テストの結果は、前章と同様の分析方法に従って、表 3-1 中の「変形 NSKS テストの結果から見た科学の創造性の理解」の項目の『事前から事後への変化』の項目の「↑」(「より理解」と判断した)と「↓」(「変化なし・未理解」と判断した)のいずれかで表していった。これらの結果を集計したものが表 3-2 である。この表 3-2 では、記述群

表 3-1 個々の児童が考察で記録した内容と振り子の学習前後での NSKS テストの結果

児童番号	振り子の学習終了での振り返りの記述内容の分析		変形 NSKS テスト結果から見た科学の創造性の理解		
	記述内容詳細	考えが変わったことに関する記述の有無	事前の理解程度 ○:1~2尺度理解 ◎:3尺度理解 ×:3尺度とも未理解 △:中間的反応 理解と判断された下位尺度	事後の理解程度 ○:1~2尺度理解 ◎:3尺度理解 ×:3尺度とも未理解 △:中間的反応 理解と判断された下位尺度	事前から事後への変化 ↑:より理解 ↓:変化しない・未理解
1	ふりこの法則は少しだけ知っていたけれど、砂の量でスピードが変わるとは知らなかったのていろいろと新しい知識を得たので良い勉強になった。	有	○ きまり, 想像	◎ 3項目	↑
2	このふりこの学習を通して中が変わると動きがずれなくなったのですごいなとおもった。	有	○ きまり, 想像	◎ 3項目	↑
3	ふりこの1往復する時間は、糸の長さでしか変わらないと言う結果が出ていたから、この勉強のはじめにAとBでは変わらないと思ったけど、変わってびっくりした。なんでか考えて、予想は(7番)さんと同じ、空気の抵抗が関係していると思っただが、結果は空気ではなく、おもりにあって、重心までの長さが関係していることが分かった。でも、空気の抵抗は関係していると思う。なぜなら、丸めた状態の紙と広げたままの紙では落ちる速度が違うからだ。	有	◎ 3項目	◎ 3項目	↑
4	おもりの位置を変えると一往復する時間が変わる。そこで、予想と違っておもりの位置は関係しているといえる。 超重いおもりと超軽いおもりでやってみよう。	有	◎ 3項目	◎ 3項目	↑
5	おもりの重さが激しく違うと関係あると思ってた。糸の長さは支点から重さの中心までになる。砂の量が変わると、おもりの中心の位置が変わって糸の長さが変わる。	有	◎ 3項目	◎ 3項目	↑
6	おもりの重さが重いと関係あると思っていたのに糸の長さは支点から重さの中心までになる。砂の量が変わると、おもりの中心の位置が変わって糸の長さが変わる。	有	×	○ きまり	↑
7	重い方が関係あると思ったのに、糸の長さは支点から重さの中心までになる。砂の量が変わると、おもりの中心の位置が変わって糸の長さが変わる。	有	×	○ きまり・内容	↑
8	重い方や勢いがあると思っていたのに、糸の長さは支点から重さの中心までになる。砂の量が変わると、おもりの中心の位置が変わって糸の長さが変わると分かった。	有	×	○ きまり	↑
9	予想の段階から本を見て分かっていた。砂の量がかわると、おもりの中心の位置が変わって、糸の長さが変わる。	無	○ きまり	○ きまり	↓
10	糸の長さは視点からおもりの重心になる。だから、予想と違って糸の長さは重心までとなる。他の物質(水、木、鉄、ろう、プラスチック)でもやってみると同じ結果になるのだろうか。	有	○ きまり, 内容	○ きまり, 内容	↓
11	糸の長さは支点から重さの中心までになる。砂の量がかわると、おもりの中心の位置が変わって糸の長さが変わる。ふりこは、おもりの重さと振れ幅では変わらないけど、糸の長さで変わるところが面白い。	有	○ 想像	○ 内容, 想像	↑
12	おもりの真ん中が重心だとすると、(砂がペットボトルに)満タンの時はペットボトルの真ん中からへんがただけ、少ないと重力で下に行き砂の真ん中だからしたら当たりになる。	有	○ きまり, 内容	○ きまり, 内容	↓

注1) 考えが変わったことに関する記述の有無の項の「有」は記述群に属し、「無」は未記述群に属する。

注2) 理解と判断された下位尺度の名称は、きまりの創出は「きまり」、内容の創出は「内容」、科学の想像は「想像」と表記する

表 3-1 のつづき 1

児童 番号	振り子の学習終了での振り返りの記述内容の分析		変形 NSKS テスト結果から見た科学の創造性 の理解		
	記述内容詳細	考えが 変わったこと に関する記述 の有無	事前の理解 程度 ○:1~2尺度理解 ◎:3尺度理解 ×:3尺度とも未理解 △:中間的反応 理解と判断された下位 尺度	事後の理解 の程度 ○:1~2尺度理解 ◎:3尺度理解 ×:3尺度とも未理解 △:中間的反応 理解と判断された下位 尺度	事前から事後 への変化 ↑:より理解 ↓:変化しない 未理解
13	糸の長さは支点から重さの中心までになる。砂の量が変わると、おもりの中心の位置が変わって糸の長さが変わる。この勉強をする前はふりこって何、どのようにさっぱり分かりませんでした。今ではまともも書けるようになりました。例えば、糸が長いほど一往復する時間が長くなる。ふりこの法則をつかったガリレオ・ガリレイも喜んでいてと思います。それは今いろいろな人たちがふりこに親しんでいるからだだと思います。他の博士が発見した法則の勉強を今度してみたいです。	有	○ きまり, 内容	○ 内容	↓
14	これからもふりこのことで疑問に感じたら、あれこれ実験方法を考え、実験して、解決していきたいです。	無	○ 内容, 想像	○ きまり, 想像	↓
15	糸の長さは支点から重さの中心までになる。砂の量が変わると、おもりの中心の位置が変わって糸の長さが変わる。	無	△	○ きまり	↑
16	おもりの量が変わると一往復する時間は変わるという結果が得られたので、糸の長さは支点からおもりの中心までと考えられる。	有	◎ 3項目	○ きまり	↓
17	糸の長さは支点から重さの中心までになる。砂の量が変わると、おもりの中心の位置が変わって糸の長さが変わる。	無	○ 想像	×	↓
18	砂の量が変わると、糸の長さも変わるとわかった。もっと種類を調べたい。	有	○ きまり, 想像	×	↓
19		無	○ きまり, 想像	◎ 3項目	↑
20		無	○ 想像	○ きまり, 想像	↑
21		無	○ きまり	○ きまり, 想像	↑
22		無	○ 想像	○ 想像	↓
23		無	×	△	↓
24		無	△	△	↓

注 1) 考えが変わったことに関する記述の有無の項の「有」は記述群に属し、「無」は未記述群に属する。

注 2) 理解と判断された下位尺度の名称は、きまりの創出は「きまり」、内容の創出は「内容」、科学の想像は「想像」と表記する



表 3-1 のつづき 2

児童 番号	振り子の学習終了での振り返りの記述内容の分析		変形 NSKS テスト結果から見た科学の創造性 の理解		
	記述内容詳細	考えが 変わったこと に関する記述 の有無	事前の理解 程度 ○:1~2尺度理解 ◎:3尺度理解 ×:3尺度とも未理解 △:中間的反応 理解と判断された下位 尺度	事後の理解 の程度 ○:1~2尺度理解 ◎:3尺度理解 ×:3尺度とも未理解 △:中間的反応 理解と判断された下位 尺度	事前から事後 への変化 ↑:より理解 ↓:変化しない 未理解
25	ふりこの学習をしている中で、はじめて知ることが多かった。 例えば、おもりの重さが変わるとふりこの一往復する時間が 変わるのだろうかなど。	無	△	△	↓
26		無	○ きまり, 内容	○ きまり, 内容	↓
27		無	◎ 3項目	○ きまり	↓
28		無	◎ 3項目	○ きまり	↓
29		無	○ きまり	△	↓
30	ふりこの法則はいろいろなものが関係していたけど、知ること ができてよかった。重さや1往復する時間、糸の長さなどを 調べ、調べた結果からふりこの法則がわかりました。ガリレ オ・ガリレイがふりこの法則を生み出し、今でもその法則は変 わっていません。なので、この先も変わらないと思います。 私はこの学習を通してふりこのほうそくは生活のいろいろな ところで活躍してくれていると思います。これからも未来に教 えていきたいです。	無	○ きまり	×	↓
31		無	○ きまり, 内容	×	↓
32			×	×	↓
33		無		○ きまり, 内容	事前が欠 損値

注 1) 考えが変わったことに関する記述の有無の項の「有」は記述群に属し、「無」は未記述群に属する。

注 2) 理解と判断された下位尺度の名称は、きまりの創出は「きまり」、内容の創出は「内容」、科学の想像  
は「想像」と表記する

表 3-2 記述群と未記述群の科学の創造性の「より理解」と「変化なし・未理解」の人数

科学の創造性の理解の状態 ノートの記述	「より理解」と判断された人数	「変化なし・未理解」と判断された人数
記述群	9▲	5▽
未記述群	4▽	14▲

注:  $\chi^2_{(1)}=4.164$  ▲危険率5%で有意に多い  
▽危険率5%で有意に少ない

と未記述群の「より理解」と「変化しない・未理解」の人数分布の違いをカイ二乗検定を用いて検討した。

表 3-2 より、記述群は「より理解」と判断された人数が「変化しない、未理解」と判断された人数よりも有意に多く、また未記述群は、「変化しない、未理解」と判断された人数が「より理解」と判断された人数よりも有意に多いという結果が得られた。

#### 第4項 まとめと結果の含意

表 3-1 の結果から、「糸の長さは支点から重さの中心までになる。砂の量が変わると、おもりの中心の位置が変わって糸の長さが変わってしまう。」と言う主旨の記述を多くの児童が行っている。この記述から、児童は「糸の長さ」に対する新たな条件を付加し、元々もっていた振り子の糸の長さの条件についての考えを変えていったことに気づいている。こうした気づきを記述した児童の多くが小学生用変形 NSKS テストの結果、科学の創造性の下位尺度の理解が学習前に比べて上がっている。一方、「ふりこの法則はいろいろなものが関係していたけど、知ることができてよかった。重さや一往復する時間、糸の長さなどを調べ、調べた結果からふりこの法則がわかりました。ガリレオ・ガリレイがふりこの法則を生み出し、今でもその法則は変わっていません。なので、この先も変わらないと思います。私はこの学習を通してふりこの法則は生活のいろいろなところで活躍してくれていると思います。これからも未来に教えていきたいです。」と記述した児童がいた。この児童は自分の考えが変わらず、科学の真実は昔からあり続け、自分が創りだしたものとは捉えていない。この児童は、本単元学習前後の科学の創造性理解の調査結果を見ると、学習前は「科学のきまりの創出」のみは理解であったが、学習後は創造性のすべて

の下位尺度が未理解となった。また、未記述群の児童は、「科学の創造性の理解は促された」の人数は、「変化なし、未理解」と判断された人数よりも有意に少なかった。

ノートの記述内容と変形 NSKS テストの結果を合わせて分析した結果のまとめから以下のことが考えられる。児童が常に自らの考えを考察の場面で見直したり、振り返ったりすることで、自らの考えが変わったことに気づく場面がつけられた。また、教師が単元の終末に新たな事象を提示して、児童はこれまでの考えを改めて見直し、自らの考えが変わったことに気づくことができた。以上のような新たに開発した単元展開モデルを導入することによって、考えが変わった児童は、科学の創造性の理解が促されたと言える。

総括すると、児童が「自らの考えが変わった」、「新たな考えを創り出した」ことに気づくような単元展開モデルを導入することによって、科学の創造性を理解し、科学理論の法則や理論の絶対性の考えをもち込むことなく科学の創造性を認めていく児童が育っていくことが示唆された。

## 終章 研究の成果と今後の課題

本研究は、小学生の科学の暫定性の理解を促すため、暫定性理解の実態を把握し、それをふまえ単元展開モデルを開発し、そのモデルの効果を検証した。

本章では、上述の目的を達成するために行い、本研究の成果をまとめた。そして、最後に今後の課題を列挙した。

### 第1節 研究の成果

#### 第1項 小学生の科学の暫定性理解の実態

まずは、科学の暫定性の理解については、我が国においては大学生と中学生で調査され、いずれも科学の創造性が理解されていない実態が明らかになっている。ところが、小学生の科学の暫定性の理解の実態は十分に把握されていなかった。そこで、小学生も科学の創造性を理解していない実態があるのかを確かめるために、科学の暫定性の理解の実態をつかむ目的で小学生用の変形 NSKS テストを小学生対象に実施した。

その結果、小学5年生は科学の暫定性の下位尺度である科学の創造性、テスト可能性、発展性のすべてにおいて理解していない状況であることが明らかになった。

#### 第2項 仮説一確証・反証の指導法のモデルによる科学の暫定性の理解の変容

小学生では科学の創造性、テスト可能性、発展性が理解されていないことから、科学の暫定性に関する理解を促すと提案されている仮説一確証・反証の指導法での学習を複数回受けた小学生の科学の暫定性に関する理解の変容を調査した。その結果、指導を受ける前に比べて、指導を複数回受けた小学生は、テスト可能性と発展性を理解していた。ところが、科学の創造性は理解していなかった。そこで、この指導法に加えて、科学の創造性に関する理解を促す単元展開のモデルの開発が求められることを指摘した。

#### 第3項 科学の創造性の理解を促す単元展開の効果

前述した調査の結果と先行研究の動向をふまえ、児童が自らの考えが変わっていくことに気づく場をつくることで科学の創造性の理解を促す単元展開のモデルを開発した。そし

て、開発した単元展開モデルの効果を検証するため、小学校第5学年「振り子の運動」の単元において、開発した単元展開モデルで授業を実施し、科学の創造性の理解が促されるのかを検証した。

この単元展開モデルでは、これまで学級で創り上げてきた結論を覆すような事象と出会う事象提示場面を設定し、問題解決活動がさらに連続するように授業を展開した。この単元展開を通して自らの考えが変わったと記述した児童は、新たな考えを創造していることに気づくことができた。こうした気づきができた児童は科学の創造性の理解を促すことができたという結果を得ることができた。従って、開発した単元展開モデルは効果があることが示唆された。

以上の結果から、本研究の成果をまとめると以下のようなになる。

① 小学生の科学の暫定性の理解の実態を明らかにした。

小学生の科学の暫定性の理解は、科学の創造性、テスト可能性、発展性において未理解である実態が明らかになった。

② 小学生の科学の暫定性の理解の中でも、科学の創造性の理解が難しいことを明らかにした。

小学生に科学の暫定性の理解が促される指導法を取り入れた学習を複数回行った後の科学の暫定性に関する理解の実態を調べた結果、テスト可能性と発展性の理解は促された。ところが、科学の創造性に関する理解を促すことができなかった。この実態は、中学生や大学生と似たような結果であり、科学の暫定性に関する理解の中でも科学の創造性は他の下位尺度に比べて理解し難い尺度であると言える。そこで、次の段階として科学の暫定性に関する理解を促す指導に合わせて、科学の創造性の理解を促す単元展開モデルを開発することにした。

③ 科学の創造性の理解を促す単元展開モデルを開発し、その効果を検証した。

科学の創造性の理解を促すためには、児童が自らの考えが変わって、新たな考えを創造していることに気づくことが重要であること。また、児童が自らの考えを創造していることに気づく場面を、単元展開の中につくることが求められることを論じた。

## 第2節 今後の課題

第1節において、本研究の成果を論じたが、今後の課題として以下の点があげられる。

本研究で開発した単元展開モデルは、第5学年「振り子の働き」の学習内容のみで実践された。他にも第5学年「ものの溶け方」、同じく第5学年「電磁石の働き」や「植物の発芽や成長」、第6学年「ものの燃え方」、同じく第6学年「太陽と月」や「水溶液の性質」の学習内容においても新たな単元展開を開発できる可能性がある。そこで、これらの学習内容でも新たな単元展開を開発し、授業実践を行い、児童が徐々に自らの考えが変わり、自ら自分の考えを創造していることに気づくことができ、その結果として、科学の創造性を理解できるようになることを検証する必要がある。

また、科学の暫定性の理解の実態を測定する方法の見直しも求められる。NSKSテストが開発された頃の科学の本質の考え方や、科学的リテラシーに対する世の中のとらえ方が変わりつつある。また、我が国の理科教育においても2017年告示の学習指導要領においては、1989年告示の学習指導要領以来、教科の目標の表現が大きく変わった。このことは、理科の学習のあり方が変わってきているとも解釈できる。以上の点をふまえて科学の暫定性の理解に関わる調査問題の項目及び方法の再検討が必要と言える。

## 引用・参考文献

- Abd-El-Khalick,F.(2012).Nature of Science in science education :Toward a coherent framework for synergistic research and development. *Second International Handbook of Science Education*. Springer Nature Switzerland AG. Vol.2, Chapter69, pp.1041-1060.
- Abd-El-Khalick, F. & Akerson V.L. (2004). Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*,88, No.5,pp.785-810.
- Akçay,B. B.,Usta Gezer S.&Kiras B.(2016). Elementary school students' perceptions about nature of scientific knowledge and some pseudoscientific ideas. *International Journal of Human sciences*, 13(1),pp.1208-1221.
- Catherine,S.M.-D.(2013). Prospective Elementary Teachers' Understanding of the Nature of Science and Perceptions of the Classroom Learning Environment. *Research in Science Education*, 43(3), pp.873-893.
- 石井雅幸,宮下英雄(1998).『生きる力としての資質・能力の育成と理科授業』,P.13,子どもが科学を創る,東洋館出版社.
- 石井雅幸,角屋重樹(2017).中学生の「科学の暫定性理解」の実態—平成10年小学校学習指導要領改訂後の中学生の調査結果から—,日本教科教育学会誌,第39巻,第4号,pp.13-20.
- 角屋重樹(1990).科学の暫定性に関する大学生の理解の実態を測定できる質問紙法テストの開発—NSKSテストを用いて—.宮崎大学教育学部紀要,第67巻,pp.63-73.
- 角屋重樹(1991).中学生は科学の暫定性という特質をどのようにとらえているか.日本教科教育学会,15(1),pp.17-21.
- 角屋重樹(1998).『動的世界像の科学観による理科学習指導の構想,理科学習指導の革新』,東洋館出版社.
- 角屋重樹(1998).これからの理科教育の方向,pp.8-11,『子供を理科好きにする授業入門』,小学館.
- 角屋重樹,石井雅幸(1998).小学校第6学年児童は科学の暫定性という特質をどのようにとらえているか.日本教科教育学会誌,21(3),pp.63-69.
- Khadija,E.Fouad,H.M. and Akerson,V.A.(2015).Using History of Science to Teach

- Nature of Science to Elementary Students. *Science & Education*, 24, pp.9-10.
- Khishfe R. & Abd-El-Khalick F. (2002). Influence of Explicit and Reflective versus Implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, No.7, pp.551-578.
- Lederman, N.G., Philip, W. & Bell, A .L.(1998). Assessing understanding of the Nature of science : A historical perspective, *The Nature of Science in Science education*. Springer Nature Switzerland AG, pp.331-350.
- Liang,L.L.Sufen,C.Chen,X.Osman,N.KApril,D.A.&Macklin,M.(2008).Assenssing preservice elementary teachers' views on the nature of scientific knowledge ;A dual-response instrument ,*Asian-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*,9(1).
- Rubba,P.A&Anderson,H.O(1978).Development of an instrument to assess secondary school student' understanding of the Nature of Scientific knowledge. *Science education*, Vol..62 ,No.4 ,pp.449-458.
- Schwartz,R.S. Lederman, N.G. & Crawford,B.A.(2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry, *Science Teaching Education*, 88(4), pp.610-645.
- Walls,L.(2016).Awakening a Dialogue :A critical Race Theory Analysis of U.S. Nature of Science Research From 1967 to 2023, *Journal of Research in Science Teaching*,53(10),pp1546-1570.



## 資料

### 資料1 変形 NSKS テストの設問項目の内容について

#### 第1項 NSKS の尺度の項目

角屋(1990)は科学の暫定性の理解の下位尺度として、科学の創造性、テスト可能性、発展性、簡潔性を取りあげている。

角屋(1990)は、これら四つの下位尺度が、科学の暫定性の理解の実態を捉える尺度として妥当であると判断している。なお、これら四つの尺度のさらなる下位尺度の設問項目は以下のようになることを石井ら(2017)は論じている。

科学の創造性に関する一つめの下位尺度である「きまりの創出」の設問項目は「科学における法則や理論は、人間の創造性を表している。」の肯定と否定の項目である。創造性に関する二つめの下位尺度である「科学内容の創出」の設問項目は「科学的知識は科学者の創造性を表している。」の肯定と否定の項目である。創造性に関する三つめの下位尺度である「科学の想像や創造」の設問項目は「科学的理論と芸術は創造性を表すという共通点がある。科学的理論をつくる仕事は、芸術の仕事と似ている。」の肯定と否定の項目である。なお、本下位尺度は、「科学の想像」と略記する。

テスト可能性に関する一つめの下位尺度である「テストの再現性」の設問項目は「科学的知識が正しいかどうかを確かめることは繰り返し行わなければならない。」の肯定、否定項目である。テスト可能性に関する二つ目の下位尺度である「テストの実証性」の設問項目は「科学における法則や理論は、信頼できる方法で確かめることができる。」の肯定、否定項目である。テスト可能性に関する三つ目の下位尺度である「結果の一致性」の設問項目は「実験結果が一致することは、科学的知識を正しいと認める時の一つの条件である。」の肯定、否定項目である。

科学の発展性に関する一つめの下位尺度である「科学理論の現時点での確定性」の設問項目は「今の科学的知識に誤りがあるかもしれないが、その科学的知識は認められてもよい。」の肯定、否定項目である。発展性に関する二つ目の下位尺度である「科学理論の暫定性」の設問項目は「科学的知識は、よく検討されるものである。」の肯定、否定項目である。発展性に関する三つ目の下位尺度である「科学理論の可変性」の設問項目は「昔は正しいとされていたが今は誤りとされている科学的な見方や考え方は、その歴史的背景・条件を考えて評価されるべきである。」の肯定、否定項目である。

科学の簡潔性に関する一つ目の下位尺度である「科学理論の単純性」の設問項目は「科学的知識は、できるだけ簡単に表されている。」の肯定、否定項目である。簡潔性に関する二つ目の下位尺度である「結果の単純性」の設問項目である「2つの科学的理論が観察事実と同じように表しているのなら、より簡潔な理論の方がよい。」の肯定、否定項目である。簡潔性に関する三つ目の下位尺度である「科学理論の数の最少性」の設問項目は「科学では法則や理論の数をできるだけ少なくしようとしている。」の肯定、否定項目である。

これらの設問項目を用いて科学の暫定性理解の実態を調査するテストを角屋(1990)は、変形 NSKS テストと命名している。

なお、角屋(1990)が開発した変形 NSKS テストにおいては、創造性、発展性、テスト可能性、簡潔性の4種の尺度を用いている。石井ら(2017)の定義から簡潔性の下位尺度は科学の創造性とつながりが見いだせない。科学の創造的な部分と言うよりも別の側面をもっていることが想定できた。このことは、これまでの角屋(1990;1991)の報告での簡潔性の解釈からも読み取れる。また、NSKS テストを取り上げた Catherine(2013)や Akcay ら(2016)のような比較的最近の先行研究においては簡潔性の下位尺度が使われていない。そこで、本研究においては、4種の中でも科学の創造性に深く関係する三つの尺度である創造性、テスト可能性、発展性に焦点化させて調査分析することにした。

資料2 第5学年 植物の発芽の条件 単元展開

学習の展開 (全12時間)

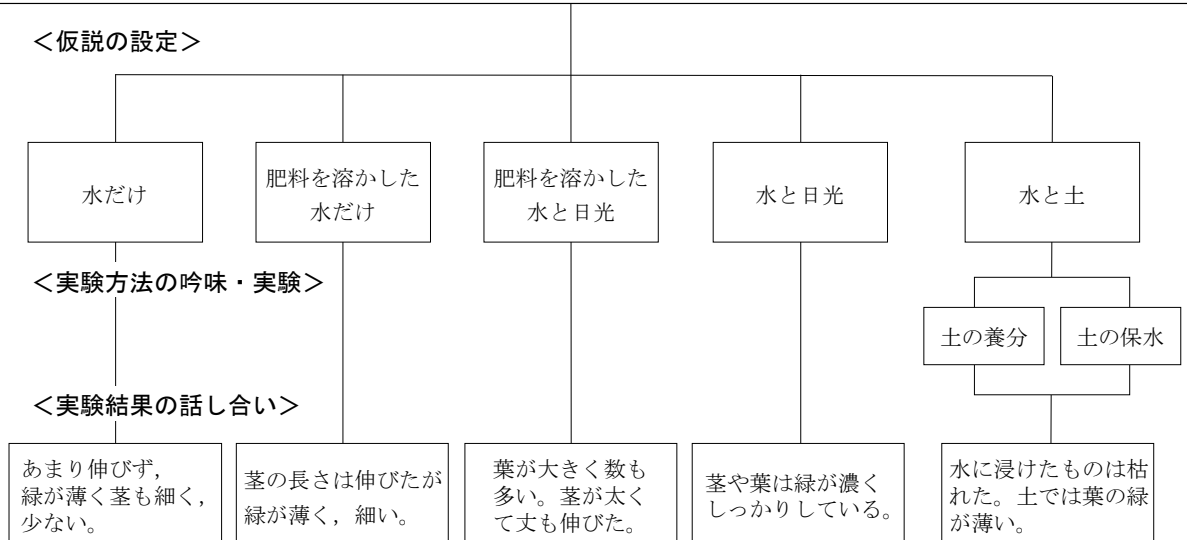
第一次 インゲンマメの発芽のための養分はどこにあるのだろうか (2時間)

第二次 インゲンマメの種の発芽には何が必要だろうか (5時間)

- <仮説の設定>
- <実験方法の吟味・実験>
- <実験結果の話し合い>
- <実験方法の見直し・実験のやり直し>
- <実験結果の話し合い・学級で見いだした条件の付いた見方や考え方>

仮説—確証・反証の過程  
※細案は次ページ

第三次 インゲンマメの成長には何が必要だろうか (5時間)



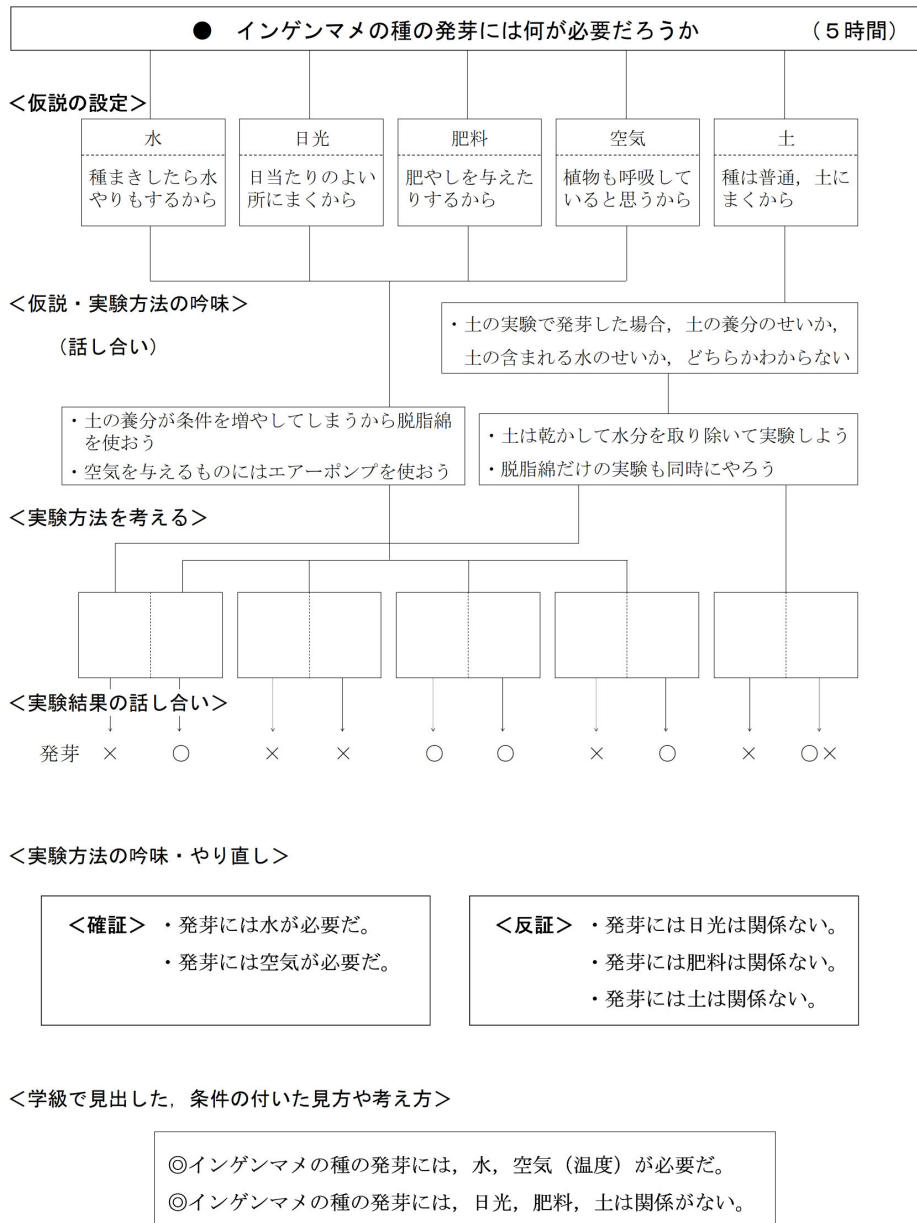
<実験方法の見直し・実験のやり直し>

<実験結果の話し合い・学級で見いだした条件の付いた見方や考え方>

・インゲンマメの成長には、肥料と日光が関係している。  
(・インゲンマメの成長には、適度に水を含むもの(土など)があるとよい。)

資料3 第5学年 植物の発芽の条件 単元展開 (つづき)

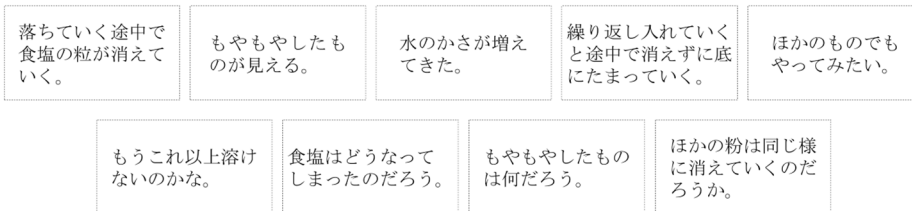
仮説—確証・反証の過程の細案



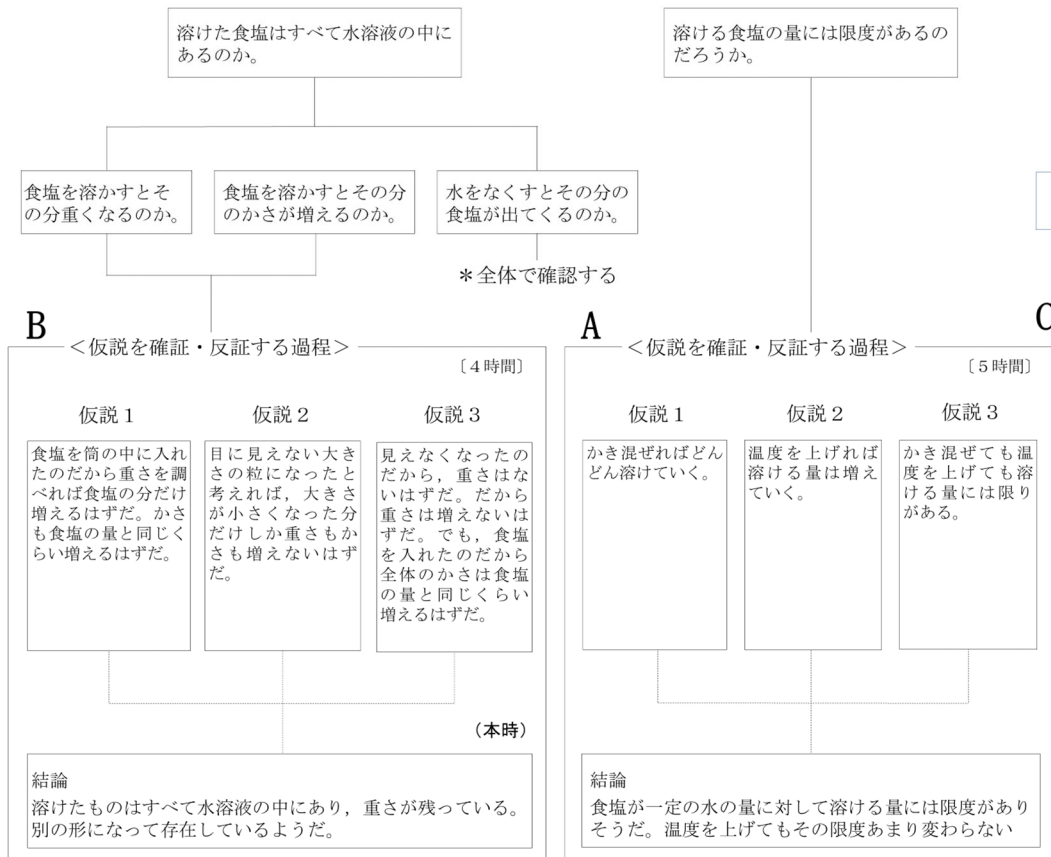
資料3 第5学年 もののとけ方 単元展開  
 指導計画 (18時間扱い)

●食塩を円筒形の入れ物に入った水の中に入れていき、溶ける様子を観察する(3時間)

●気付いたことや疑問を出し合う。



●話し合いを通し、疑問を集約し問題を見出す。(AとBは本ページ, Cは次ページ)



※BとAの詳細はp. 66, p. 67に記載する。

※※Cはp. 64に記載する。

資料3 第5学年 もののとけ方 単元展開 (つづき 2/4)

ほかの粉も食塩と同じ 様な溶け方をするのだろうか。

ほう酸を食塩と同じ様に溶かしてみよう

- 気付いたことや疑問を出し合う。

落ちていくが最後まで粒は見えない。

ほう酸は水に溶けないのだろうか。

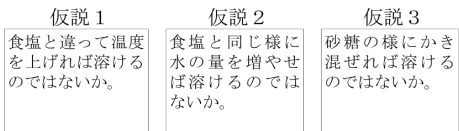
- 見出した問題

ほう酸を溶かすにはどうしたらよいのだろうか。

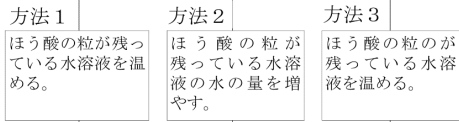
C

< 仮説を確認・反証する過程 >

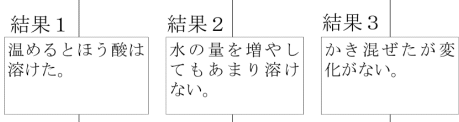
- 仮説を立てる



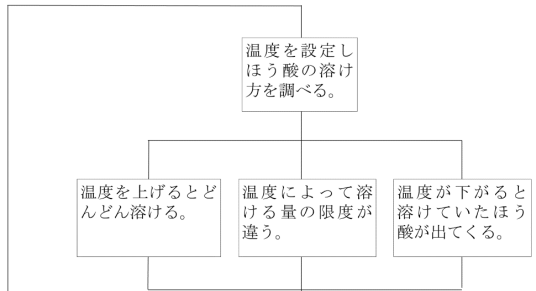
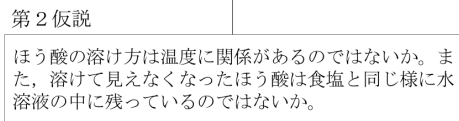
- 実験方法や結果の処理の仕方を決める



- 個人やグループ毎に実験をし結果を出して結論をまとめる



- 仮説にそって結果を話し合う



- 全体で話し合い、ものの溶け方についてまとめる

ものが水に溶ける量は温度や水の量、ものの種類によって違う。また、者が水に溶ける量には限度がある。

\* A・Bの過程の詳細は次ページ以降へ  
B, Aの順で記載していく

資料3 第5学年 もののとけ方 単元展開 (つづき 3/4)

B の過程の詳細

B

＜仮説を確認・反証する過程＞

●仮説を立てる

仮説1

食塩を筒の中に入れてのだから重さを調べれば食塩の分だけ増えるはずだ。かさも食塩の量と同じくらい増えるはずだ。

仮説2

目に見えない大きさの粒になったと考えれば、大きさが小さくなった分だけかさもかさも増えないはずだ。

仮説3

見えなくなったのだから、重さはないはずだ。だから重さは増えないはずだ。でも、食塩を入れたのだから全体のかさは食塩の量と同じくらい増えるはずだ。

●実験方法や結果の処理の仕方を決める

方法1

水の量を一定にして、食塩の量を変えて調べる。

方法2

水の量を一定にして、食塩の量を変えて調べる。

方法3

水の量を一定にして、食塩の量を変えて調べる。

●個人やグループ毎に実験をし、結果を出して結論をまとめる

実験1

実験2

実験3

●個人やグループ毎に出した結論を全体で出して結論をまとめる

結果A

水+食塩の重さ○

結果B

水+食塩の重さ×

結果C

水+食塩のかさ×

結果A

水+食塩の重さ○

結果B

水+食塩の重さ×

結果C

水+食塩のかさ×

結果A

水溶液の重さが増えた

結果B

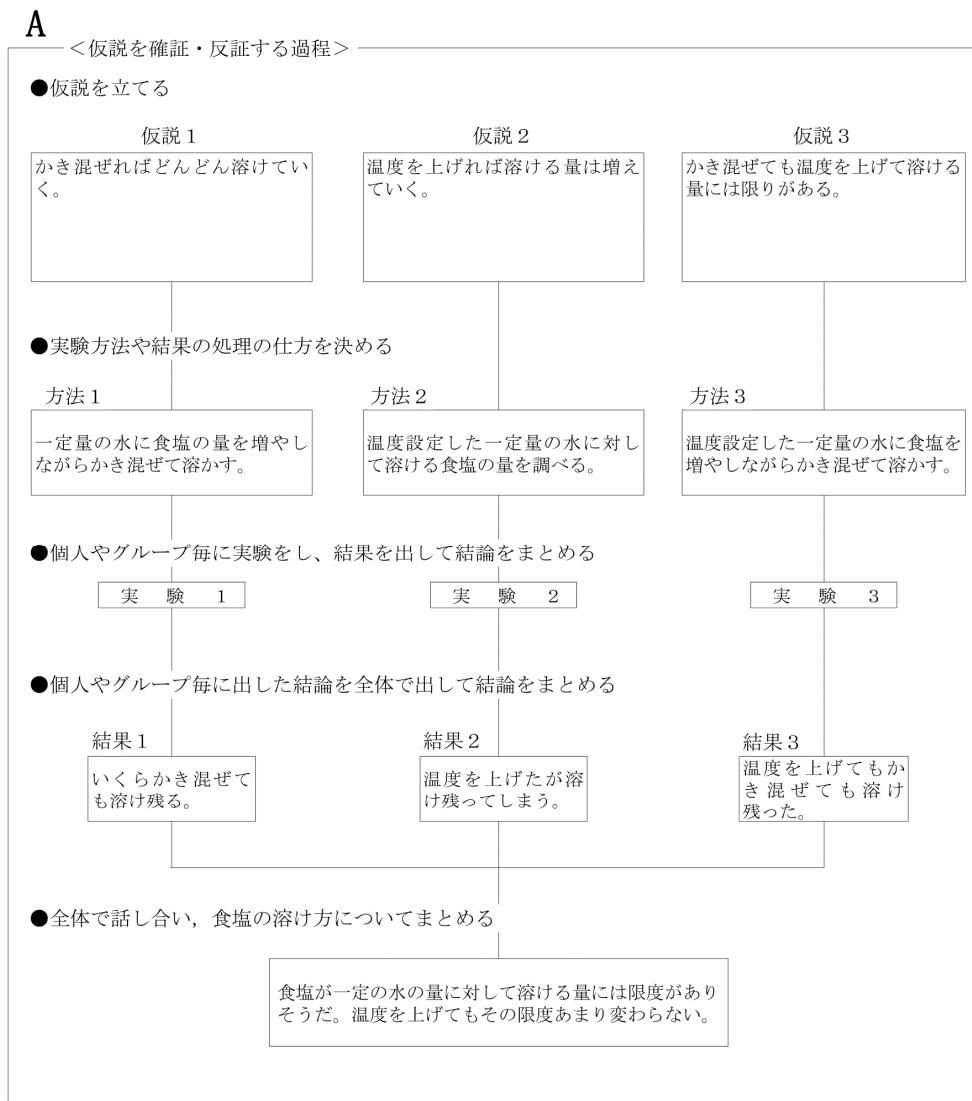
水+食塩のかさ×

●全体で話し合い、食塩の溶け方についてまとめる

溶けたものはすべて水溶液の中にあり、重さが残っている。別の形になって存在しているようだ。

資料3 第5学年 もののとけ方 単元展開 (つづき 4/4)

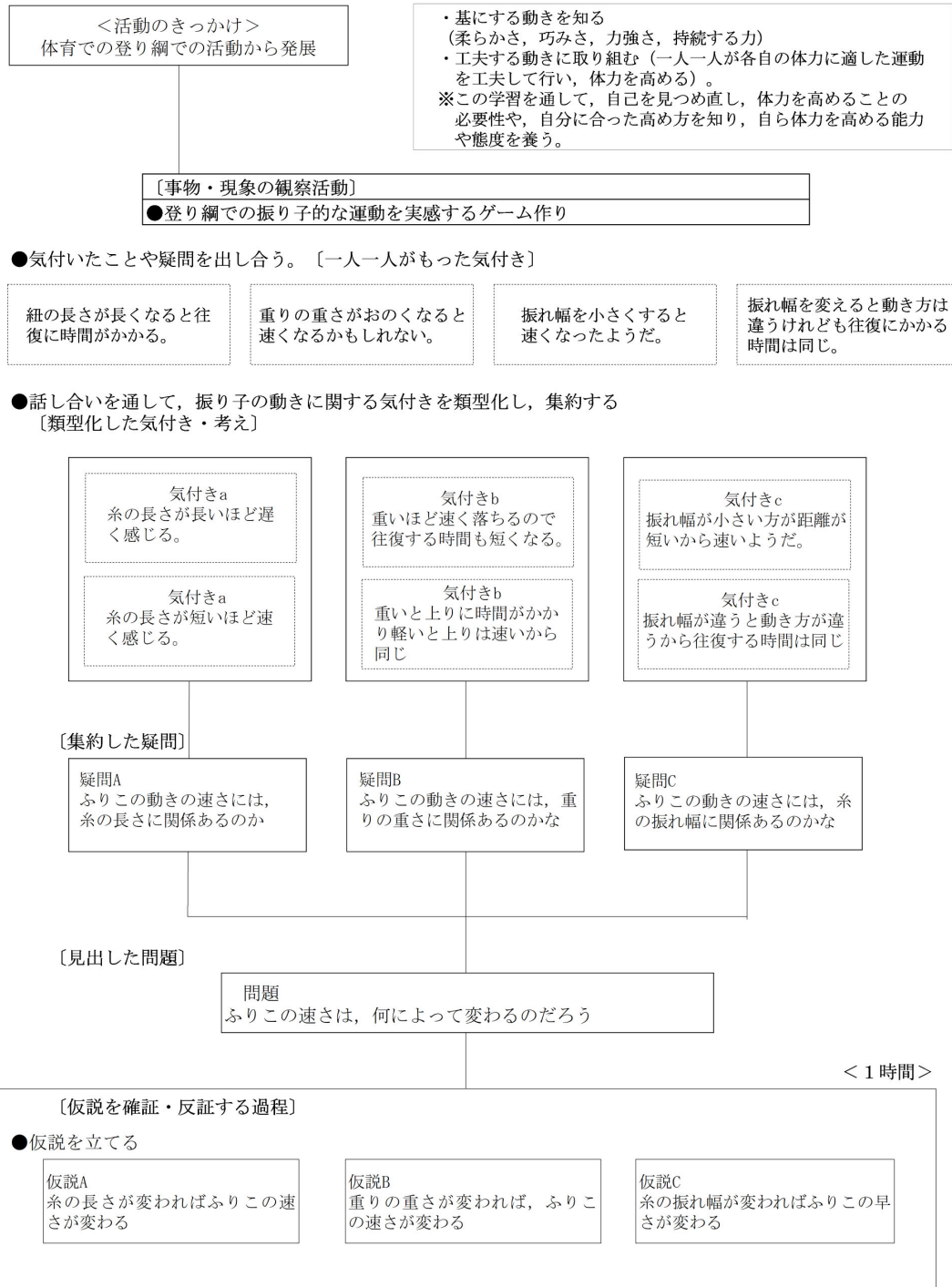
A の過程の詳細





## 資料4 第5学年 振り子の条件 単元展開

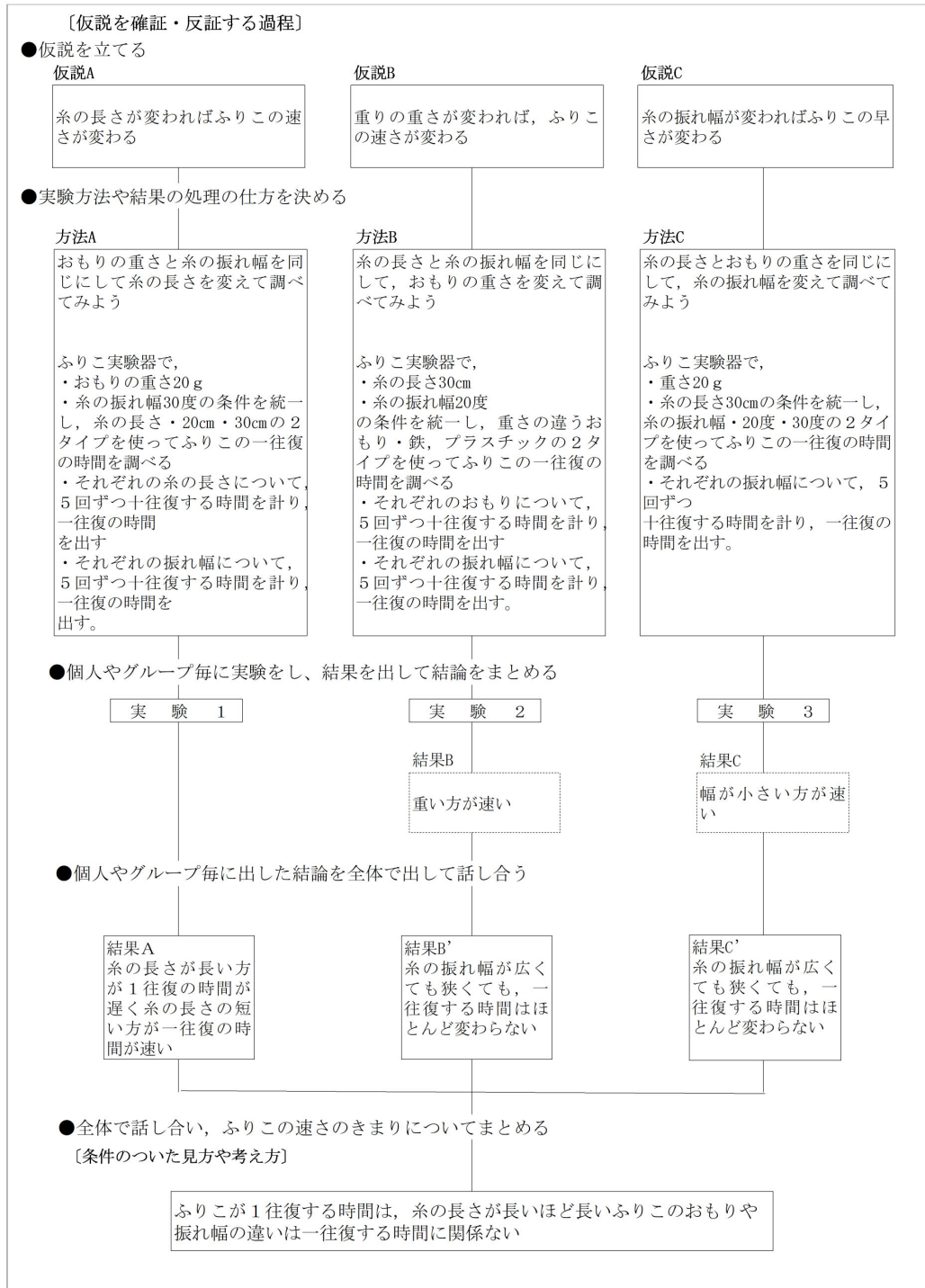
### 指導計画 (10時間扱い)



※仮説を確証・反証する過程つづきは p.69 に記載する。

## 資料4 第5学年 振り子の条件 単元展開 つづき 2/2

### 仮説—確証・反証する過程の詳細



## 謝辞

学位審査の主査の労をとってくださった角屋重樹先生を始め、学位審査委員として副査の、池野範男先生、稲田結美先生から貴重なご指導やご示唆をいただきました。

特に、稲田結美先生には細かな部分まで丁寧に見ていただき、多くのお時間を割きながらご指導をいただけたことに感謝を申し上げます。なによりも角屋重樹先生には、本当に長い時間、お世話になり、研究の大きな方向性の示唆を常にいただきながら、ここまでやってくることができたと思っています。これらの先生方に感謝の意を表します。

また、学位論文で調査の実施や授業実践で多くのご協力やご指導をいただきました東京都内の公立小学校の先生方に感謝の意を表します。

何よりも、本学位論文の根幹をなす部分となる実践、調査をさせていただいた当時の所属長でありました宮下英雄校長先生には、小学校教員であった自分に研究の機会をつくってください、この論文をまとめる基底部分となる研究・実践の場をつくってくださいと思っています。あの機会が無ければこの時点に立つことができなかつたと思い、感謝の意を表します。

学位論文を作成する過程において、日本体育大学大学院教育学研究科理科教育研究室の雲財 寛先生、西内 舞さん、山根悠平さんをはじめとする研究室のみなさんの支え、ご指導、ご協力なくしては完成しなかつたと思います。この場を借りて御礼を申し上げます。

最後に、長い長い期間、私のわがままな仕事の仕方に何一つ文句も言わずに私を支えてくれた妻や娘、息子に深く感謝いたします。