

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月14日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21530915

研究課題名（和文）教えて考えさせる理科授業の創造—演繹的推論に基づく習得型理科授業の構築—

研究課題名（英文）Lesson Study of the Science which United Teaching and Making it Think : Construction of Lesson Study of Science Based on Deductive Reasoning

研究代表者

益田 裕充（MASUDA HIROMITSU）

群馬大学・教育学部・准教授

研究者番号：30511505

研究成果の概要（和文）：

本研究は、理科授業における推論の過程を検証した。理科学習指導案の収集・分析によって演繹的な方略が授業で用いられている実態を調査した。そこで、授業は教科書で用いられている推論に依存して構築される事例を抽出できた。次に、演繹的な方略による理科授業を中学校で1、小学校で5つ実践し調査した。小学校の授業で演繹的な方略が学習者の科学的概念の獲得に影響する事例を抽出できた。さらに、一般法則を実験で証明させる演繹的な方略の提案とその有効性、学習者の予想の局面における学びの深化、情意面の変容を実証できた。

研究成果の概要（英文）：

This study aims to test a process of speculation during the science classes and investigate the actual conditions where deductive approach is adopted by means of gathering and analyzing of teaching plans for science class. The case where the class was structured based on the speculations on textbooks was found. Then the science classes which adopted deductive approach were conducted and observed in a class at junior high school and five classes at elementary school. The case where the deductive approach affected learners' obtainments of scientific concepts was discovered at elementary school. In addition the deductive approach which experimentally demonstrates the general law is suggested. Moreover its effectiveness as well as the learners' deep understandings and emotional changes in speculating are verified.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：理科教育学

科研費の分科・細目：教育学・教科教育学

キーワード：各教科の教育

1. 研究開始当初の背景
日本理科教育学会全国大会（福井大学, 2008）では、「教えて考えさせる」をテーマにして

シンポジウムが行われた。シンポジストからは実践的な報告がなされ、研究者がその是非を問い議論を次年度に持ちこすようにオー

ガナイザーから提案があるほどであった（角屋ほか、2008、日本理科教育学会全国大会発表論文集第6号）。しかし、このシンポジウムでは、教えるという教授学的な視点から具体的な提案はなく、教えるというを行うことが是か非かといった視点から議論が展開された。また、研究開始当初の日本理科教育学会では、科学を教えることについて研究発表がなされ（例えば「知識伝達—事例化モデル」日高ほか）教えるということをしてとした子どもの変容が事例的に示されていた。しかし、教えるという教授方略そのものについての具体的な提案はなされず、教授方略の分析や新しいストラテジーの提案に至るものではなかった。つまり、国内の理科教育研究において、教授論に視点が向けられ、特に、「教える」という習得についての学習を背景とした視点から議論がなされていたのであるが、その具体的な教授方略を示していない現状にあった。そこで、本研究は習得と言うことを対象にした教授方略の開発を目指し、研究を展開し、現代的教育の課題に応えることとした。なお、本研究の成果を分かりやすく国民に示すために、本研究に用いた帰納法とは、「事例から一般法則をつかむこと」、演繹法とは「一般法則を事例にあてはめること」とした。また、教授方略の有効性を示す指標として、学習者に現れる科学的な概念形成を質問紙および事例面接等によって明らかにすることとした。

2. 研究の目的

本研究は、我が国の学校文化として位置付いてきた理科授業についての推論の価値をとらえ、その後、理科授業を通し演繹的な推論を用いた指導過程が、子どもの科学的な概念形成に及ぼす影響を調査し、新たなストラテジーの構築を目指した。

そこで、本研究の目的は、まず第一に、我が国の理科授業における推論に関する教師の価値観を理科学習指導案から明らかにし、さらに、その背景となる教科書に掲載された観察・実験の推論過程の位置づけを明らかにすることである。第二に、演繹的な推論を用いた理科授業が子どもの科学的な概念形成に与える影響を明らかにし、演繹的推論に基づく習得型授業としての教授ストラテジーを示すことである。

3. 研究の方法

理科学習指導案を収集し、その指導過程が帰納的推論の過程を前提とした学習指導案であるのか、あるいは演繹的推論の過程を前提とした学習指導案であるのか調査する。また、その関連として教科書に掲載された観察・実験の位置づけが帰納的な推論を辿ることを前提として記述されているのか、あるいは

は演繹的な推論を辿ることを前提として記述されているのかその関連を調べる。このようにして、我が国の理科授業における推論に関する教師の価値観を明らかにする。

次に、研究代表者、研究分担者、研究協力者による授業カンファレンスによって、演繹的推論に基づく授業の効果を検証する。研究代表者等が、研究協力者に調査情報の提供等を行い授業提案する。提案授業を研究協力者が授業実践し研究代表者が検証に参加・協力する。VTR録画による授業カンファレンス等を組織メンバーで行い、成果を共有し授業実践とその評価、さらなる課題の解決を図りマネジメントサイクルを確立し、研究を深化・発展させる教授ストラテジーを構築する。

4. 研究成果

研究開始以前に研究代表者が収集した理科学習指導案を対象とした調査結果によれば、理科教科書は、その構成が帰納的推論を重視した構成であり、収集した131の理科学習指導案のうち、130の理科学習指導案が帰納的な推論を前提とした展開になっていることが明らかにされている。その後、本研究期間内に150の理科学習指導案を収集した。本研究における調査においても収集した150のうち143は帰納的な推論に基づく理科学習指導案であり演繹的な推論に基づく理科学習指導案は3事例であった（他の4事例はいずれも判定が不可能であった）。

この3事例はいずれも、教科書の観察・実験の位置づけに従っていたものであり、教師自らが教科書に位置づけられている観察・実験の帰納的な位置づけを、あえて推論を転換させて、演繹的な推論の理科学習指導案として組み替えたものではないことが明らかとなった。それは、例えば、中学校理科の気象観測の学習において、気象観測を一般法則の学習後に行うように位置づけられた教科書（学習指導要領の位置づけとは異なる位置づけをしている）を用いるが故に、自己の学習指導案も同様の構成となっている等例に見られた。つまり、教師自らが、教科書に掲載されている観察・実験の推論の過程に依存し、それと同様の推論の過程を辿ることで理科学習指導を成立させている傾向に変化は無かった。

では、理科学習指導案記述の拠り所とされている教科書の観察・実験はいかなる推論の過程を前提として成立しているのだろうか。例えば、中学校学習指導要領解説理科編では、地層を観察し、その地層の観察に基づき、次に一般法則をつかませるための学習に進むように記述されるなど、帰納的な推論を前提として記述されている傾向にある。

そこで、本研究では、学習指導要領解説理科編で帰納的な推論の過程として示された

ものを演繹的な推論の過程にかえて記述している教科書記述を抽出し、そのもとで行われる教師の指導過程はいかなる過程となるのか、学習指導案を収集し調査した。その結果、同様に教師の指導も、教科書に従い演繹的となっていることが明らかになった。例えば、ある教科書会社に掲載された観察・実験の記載史を調査すると、大まかには、昭和40年代の教科書は、演繹的な推論による観察・実験構成が多く存在した。また、研究期間中に小学校理科の新たな教科書が平成23年4月から使用されている。これらの教科書に掲載された推論の過程は、帰納的な推論を前提とした記述が多く、それまでのものと大きく変化することはなかった。

次に、新たな演繹的推論に基づく授業を構築すべく、本研究は、演繹的推論に基づく理科授業を中学校で1事例、小学校で5事例を調査研究対象として実施しその分析を試みる事ができた。

中学校の理科授業においては、第2学年の「電流と磁界」における「フレミング左手の法則」の授業を実践し検討を試みた。この調査では、一般法則をはじめに示し事例にあてはめる演繹的な授業展開をした群と事例から一般法則に気づかせる帰納的な授業展開をした群を比較調査対象として抽出し、授業実践の後にその検証を試みた。授業効果の指標として、学習者の科学的な概念形成の実態を調査している。授業直後および3ヶ月が経過して質問紙および事例面接等による調査を試みた。調査の結果、電流と磁界におけるフレミング左手の法則を一般法則として演繹的もしくは帰納的に学んだ両群の学習者の科学的な概念形成に有意差は生じなかった。この調査から、演繹的な推論の授業効果は、むしろ小学校における理科授業に出現しやすいのではないかという仮説を導き出す事ができた。

そこで、小学校第6学年に新たに加えられた「月が満ち欠けする理由」についての学習を抽出して、演繹的な授業群と帰納的な授業群で学ぶ学習者の科学的な概念形成についての比較調査を実施した。この際、「月・太陽・観測者のなす角度」という角距離の概念を導入して授業を展開したところ、演繹的な推論に基づく授業群で学ぶ授業者に科学的な概念の定着について有意差が生じていることが明らかとなった。演繹的推論が子どもの科学的な概念形成に有効に働く結果を明らかにすることができたのである。この時、演繹法が、子どもの科学的な概念獲得にとって有効に機能するには、他の獲得困難な能力等の形成を伴う場合に有効であることも示唆されたのである。

さらに、本研究を教授ストラテジーの構築に発展させた。まず、演繹的推論の考え方の

前提となるような一般法則を先に示すことに理科授業は馴染まないという様々な指摘があった(2008 日本理科教育学会全国大会)。それは、単に、観察・実験を確認のために行うのかという指摘に代表される。子どもの科学的な思考力の育成が叫ばれ、主体的な問題解決の重要性が指摘される中で、こうした指摘は当然のことであり、本研究においても、演繹的な授業展開のストラテジー構築上の留意点として重視しなければならないことであると考えた。そこで、次の教授方略を開発し、その効果を検証した。それは、「一般法則の提示→一般法則を証明するための実験方法の創造→観察・実験→結果→考察」の指導過程を辿る方略である。つまり、一般法則を先に示す演繹法であると同時に、問題解決の過程をいかに組み込むのかを重視しなければならないと考えたためである。

そこで、小学校第5学年「質量保存の法則」を用いて上記のストラテジーを検討した。具体的には、物を水にとかしてもその物の重さは変わらないことを教師が説明し、学習者が、はじめに示された一般法則を実験で証明するという指導過程を辿る問題解決の授業を構築し、こうした授業を受けた子どもの科学的な概念形成について検証した。その結果、他の群の学習者と比べて、一般法則を探究させる授業方略で学んだ学習者に、質量保存の概念獲得が有効に働くことが明らかとなった。当然のことであるが、実験方法を子どもに創造させることは容易なことではない。ここで、一般法則を証明するための実験方法を創造するために重要となるのが言語活動の充実であった。

次に、本研究は問題解決の各局面で、子どもの学びはいかに変容するのかに着目することとした。そこで、予想の局面に着目した。授業のはじめに位置する予想は、一般法則を先に示す演繹法に大きな影響を受けると考えたためである。一般法則を示すことで、問題解決の重要な局面である予想の局面はいかに変容したのであろうか。小学校第6学年「電流の働き」の単元の導入部分において検証を試みた。一本の導線に流れる電流が磁力を生み出すという一般法則を学習者に学習させることで、予想の質がどのように変容するのかを検証したのである。その結果、ここで示した一般法則が予想の局面での学習者の直観的な回答を減らす事例を明らかにすることができた。さらに、予想の局面の深化は、予想と考察の局面を有機的につなぐ要因となり、科学的な根拠に基づく考察を行う子どもが増加したのである。また、小学校第4学年の「温度と体積の変化の関係」についても同様に検証した。この結果においても、予想した根拠を話し合う局面を教師が設定することで、学習者の科学的な思考力を育成

することに寄与することが明らかとなったのである。このようにして、問題解決の過程に着目した影響を明らかにすることができた。

また、演繹法は、一般法則を示すことによりその後の子どもの学習にいかにかコミットできるのかがひとつの問題として取りあげられると考えた。つまり、一般法則を先に示してしまうことで、子どもの学びに対する意欲はいかに維持され続けるのであろうかと言うことが問題であり、この点についての検証を行う必要があることが指摘できたのである。そこで、小学校第3学年「磁石の性質」の各局面において、ワークシートおよび運勢ライン法を用いて、授業中の子どものコミットメントの変化と、単元終了後の質問紙調査によって、子どもの情意的な側面の変容を調査した。演繹的な推論による学習群、帰納的な推論による学習群を比較調査した結果、演繹的推論に基づく理科授業では、学習の到達度が中位群に属する子どものコミットメントが帰納群の中位群の子どものコミットメントよりも、上昇することが明らかとなった。その他の群には差が見られなかったのである。つまり、学ぶことの意欲に危惧されるような差は現れることがなかったのである。

本研究の深化過程をまとめると図1の通りとなる。

収集した150の理科学習指導案とその背景となる教科書および学習指導要領解説理科編の考察

中学校理科による演繹的推論の効果の検証
フレミング左手の法則を事例として検証したが実験群および統制群に有意な差は出現せず。

小学校理科による演繹的推論の効果の検証
①科学的な概念獲得に関する有意差の検証：小学校第6学年「月が満ち欠けする理由」有意差の出現
②「一般法則の提示→一般法則を証明するための実験方法の創造」方略を用いた新たなストラテジーの構築の検証：小学校第5学年「質量保存の法則」
③問題解決の過程としての「予想」の局面の検証：小学校第6学年「電流の働き」および小学校第4学年「温度と体積変化」
④コミットメントの観点からの検証：小学校第3学年「磁石の性質」子どもの学びに対する情意面からの検証

図1 研究深化の過程

今日、理科授業の大半は帰納的な推論による授業展開である。本研究では、演繹的推論による教授ストラテジーの構築をめざすため、演繹的推論による授業を実施し、子どもの科学的な概念の獲得や情意的な側面について、小学校の理科授業を中心に検証を行うことができた。具体的な教授方略の効果として、演繹的な教授方略が子どもの科学的な概念の獲得に影響する事例を具体的に示すことができた。特に、子どもに捉えさせた一般法則をどのような実験方法で証明するのか探究させる授業についての有効性や、問題解決の予想の局面での子どもの考えの深化、さらには、学力が中位群の子どもに対するコミットメントの上昇を明らかにすることができたのである。本研究は、演繹的な推論による理科授業を具体的に示し、その効果を検証できた。この具体的な研究の成果が、教師の推論過程の再考につながるであろう。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計10件)

- ① 益田裕充、倉澤友梨、清水秀夫、IRF 発話連鎖構造分析による理科授業のデザインベース研究—熟達した教師による「ものの重さと体積」の戦略的授業デザイン、日本理科教育学会理科教育学研究、査読有、Vol. 52, No. 3、2012、pp. 131-141
- ② 益田裕充、武彩香、理科授業を苦手とする小学校教師による授業方略の研究—IRF三項連鎖構造を用いた考察の局面の検証を通して—、日本理科教育学会理科教育学研究、査読有、Vol. 52, No. 2、2011、pp. 105-114
- ③ 増田和明、益田裕充、導入で一般法則を捉えさせることが、子どもの学びに与える影響、臨床教科教育学会誌、査読有、第11巻第2号、2011、pp. 73-80
- ④ 益田裕充、高橋愛夢、解決可能な発達水準に到達するためのインタラクションの要素—星座の年周運動における協同的な学びの創造—、臨床教科教育学会誌、査読有、第11巻第1号、2011、pp. 55-61
- ⑤ 栗原淳一、益田裕充、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、科学教育研究、査読有、Vol. 35, No. 1、2011、pp. 47-53
- ⑥ 清水秀夫、益田裕充、学びを動機づける理科授業の開発—事象提示により課題を捉えた子どもの検証過程の分析—、日本教材学会教材学研究、査読有、Vol. 22、2011、pp. 87-94
- ⑦ 浅野貴之、益田裕充、演繹的に示した一般法則を活用する授業方略が科学的な

思考力の深化に及ぼす影響、臨床教科教育学会誌、査読有、第10巻第1号、2010、pp. 1-7

- ⑧ 栗原淳一、益田裕充、小学校理科「溶解単元」における演繹的推論に基づく授業の効果－質量保存の概念に着目して－、日本教材学会教材学研究、査読有、Vol. 21、2010、pp. 49-56
- ⑨ 増田和明、益田裕充、演繹的推論による授業づくりに関する研究－小学校第3学年理科「磁石の性質」の学びに着目して－、臨床教科教育学会誌、査読有、第9巻第2号、2009、pp. 85-92
- ⑩ 益田裕充、発展的な学習内容と推論の相違に基づく子どもの科学的認識の実態、日本理科教育学会誌理科教育学研究、査読有、Vol. 50, No. 1、2009、pp. 67-74

〔学会発表〕（計8件）

- ① 武彩香、益田裕充、学習科学を志向する理科授業のデザインベース研究2－、日本理科教育学会第61回全国大会発表論文集p245、2011. 8. 20、島根大学
- ② 倉澤友梨、益田裕充、清水秀夫、学習科学を志向する理科授業のデザインベース研究1－、日本理科教育学会第61回全国大会発表論文集p244、2011. 8. 20、島根大学
- ③ 栗原淳一、益田裕充、子どもの科学的概念形成を志向する理科授業方略の実践的検討5－科学概念形成に至るプロセスと学びのストーリー性に関する効果－、日本理科教育学会第60回全国大会発表論文集p179、2010. 8. 7、山梨大学
- ④ 浅野貴之、益田裕充、演繹的推論に基づく理科授業の創造－小学校第6学年「電流の生み出す力」の学びに着目して－、日本理科教育学会第59回全国大会発表論文集p114、2009. 8. 18、宮城教育大学
- ⑤ 清水秀夫、益田裕充、子どもの科学的概念形成を志向する理科授業方略の実践的検討2－自己効力感を育む学びの動機づけとしての課題設定場面の構造化－、日本理科教育学会第60回全国大会発表論文集p176、2010. 8. 7、山梨大学
- ⑥ 増田和明、益田裕充、演繹的推論に基づく理科授業の創造－小学校第3学年「磁石の性質」の学びに着目して－日本理科教育学会第59回全国大会発表論文集p115、2009. 8. 18、宮城教育大学
- ⑦ 栗原淳一、益田裕充、演繹的推論に基づく理科授業の創造－小学校第5学年「物の溶け方」の学びに着目して－、日本理科教育学会第59回全国大会発表論文集p113、2009. 8. 18、宮城教育大学
- ⑧ 益田裕充、演繹的推論に基づく理科授業

の創造、日本理科教育学会第59回全国大会発表論文集p112、2009. 8. 18、宮城教育大学

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.sjst.jp/sjst/cms/>（日本理科教育学会）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

益田 裕充 (MASUDA HIROMITSU)
群馬大学・教育学部・准教授
研究者番号：30511505

(2) 研究分担者

岡崎 彰 (OKAZAKI AKIRA)
群馬大学・教育学部・教授
研究者番号：40152285

(3) 連携研究者

佐々木 剛 (SASAKI TUYOSHI)
東京海洋大学・海洋科学部・准教授
研究者番号：10432064