

## 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 4月 10日現在

機関番号：13801

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21730691

研究課題名（和文） 理科教育におけるロジックとレトリックの統合的なスキル育成方法の解明

研究課題名（英文） A Study on Integrated Promotion of Logical/Rhetorical Reasoning Skills in Science Education

研究代表者

内ノ倉 真吾 (SHINGO UCHINOKURA)

静岡大学・教育学部・講師

研究者番号：70512531

研究成果の概要（和文）：

本研究は、レトリックとロジックの統合的なスキル育成方法を解明することを目的とした。レトリックの観点からは、アナロジー的な推論に、ロジックの観点からは、演繹的な推論にそれぞれ着目した。第一に、アナロジー的な推論と演繹的な推論の双方が必要とされる授業展開によって、中学生の科学的な理解が促進された。第二に、新奇な問題を考える場面で、条件文表現（what-if）を活用することで、中学生が自分自身のアナロジーを評価するのに効果的であった。

研究成果の概要（英文）：

This study explored an integrated promotion of logical/rhetorical reasoning skills in science education. Analogical reasoning, which is as an example of rhetorical perspective, and deductive reasoning, which is as an example of logical perspective, are focused. First, integrating of those kinds of reasoning process into one lesson plan promoted students' scientific understanding in secondary school science. Second, in solving a novel problem, it was a effective strategy for students to evaluate students-generated analogies that they can use a type of conditional expression ("what-if") .

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
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：社会科学

科研費の分科・細目：教育学 教科教育学

キーワード：理科教育

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 理科教育における多様な言語リテラシーの重視

科学における多様な言語活動を背景に、理科教育においても、幅広く言語リテラシーを育成することが求められている (Yore

et al., 2003)。科学における言語活動、特に相手（オーディエンス audience）を意識した、言論活動においては、ロジックとレトリックの二つの要素が重要となる（ここでは、ロジックの修辞性まで含めてはいない）。また、市民として、科学技術コミュニケーションに参加するためにも、レトリックのスキルが必要である（プレッリ、2003）。

## (2) 理科教育におけるレトリック研究：アナロジーとメタファーに着目して

先行研究では、構成主義的学習論、科学論、認知言語論などの観点から、代表的なレトリックとしてアナロジーやメタファーが注目され、教授ストラテジー研究（例えば、Glynn, 1993）、教師や子どものレトリックの内容分析（例えば、Dagher, 1995）、エキスパート研究（例えば、Clement, 1998）、アナロジー・メタファー生成による知識獲得の研究（例えば、Wong, 1993）が行われてきた。

## (3) 子どものアナロジー・メタファー研究

子どものレトリックの内容分析の研究からは、子ども達が日常的に科学的現象を捉え、概念化していることが明らかにされた（中山, 1998）。また、大学生を対象にした知識獲得研究では、アナロジーやメタファーなどのレトリックを使って、科学的現象を説明させたり、グループで議論させることで、概念的な理解が深まるということが実証的に明らかにされている（Wong, 1993）。その一方で、エキスパート研究からは、初心者は、説明すべき対象と自分自身の理解状態とのギャップを埋めるために、アナロジーやメタファーを用いているに過ぎないことが指摘されている（Kaufman et al., 1996）。

## (4) 子どもの自然現象の説明の構成とレトリックの関連

これまで研究代表者は、先行研究とは異なり、アナロジーやメタファーだけではなく、子どもの構成する説明の全体に着目し、第一に、説明における前提をアナロジー的に変化させていること（説明のコンテキストの変容）、第二に、アナロジーやメタファーなどのレトリックの有無にかかわらず、同じような結論を導いていること、第三に、アナロジーやメタファーを説明に導入することで、既存の知識（背景的な知識）などと論理的に矛盾した説明を構成していること、を明らかにした（内ノ倉, 2007a）。また、アナロジーやメタファーを含んだ説明から、厳密な意味での科学的説明へと移行することが容易ではないことを指摘した（内ノ倉, 2007b）。

## (5) 先行研究から指摘できる課題

子どもにアナロジーやメタファーを考え

させる学習活動であっても、ロジックが不可欠であり、その一方で、科学的な説明を求めたときであっても、レトリックが入り込んでくるため、理科教育における言語活動では、ロジックとレトリックを個別的に扱うだけではなく、両者を統合的に扱えるようなスキルの育成が必要となるのである。

## 2. 研究の目的

本研究では、子どもの説明の構造分析という観点（意味論的・語用論的観点）から、ロジックとレトリックのスキル育成の現状を分析し、レトリックとロジックの総合的なスキル育成方法を解明することを目的とした。この目的を達成するために、以下の下位目標を設定した。

① 子どもの説明に見られるレトリックの種類およびその内容を探る。これまで等閑視されてきた、アナロジーやメタファー以外のレトリック（メトニミー、トートロジー等）にも着目する。

② 子どもの説明の統語構造におけるレトリックの機能、ロジックとレトリックの関係を明らかにする。

③ 科学論、言語論、コミュニケーション論の知見から、理科教育において育成が求められるロジックとレトリックのスキルを特定し、理科カリキュラムに関連付けた到達目標を設定する。

④ 他教科との関連も考慮して、ロジックとレトリックのスキルを育成するための教育方法を解明する（例えば、教材／プログラムの開発、教授ストラテジーの提案）。

## 3. 研究の方法

### (1) 本研究の基本的な構成

本研究は、1) 文献調査、2) フィールド調査、3) 教材調査、4) 教育方法開発、という4つのユニット構成をとった。

### (2) 文献調査

第一に、アナロジー・メタファー（例えば、Aubusson et al., 2006）、アーギュメンテーション（Erduran et al., 2008）などに着目し、理科教育におけるレトリックとロジックの関係を明らかにする。第二に、科学論の観点から（例えば、ヘッセ、1986；金子、1986）、科学におけるレトリックの機能を探り、言語学やコミュニケーション論、心理学の観点から（例えば、野内、2002；瀬戸、1997；浅野、1996）、一般的な言語活動におけるロジックとレトリックのスキルを抽出した。以上の手続きを経て、フィールド調査、教材調査のための分析観点を設定した。

### (3) フィールド調査

質的方法と量的方法を併用する。子どもの理解の状況依存性や、調査へのコミットメントを考慮し、説明の必然性がある状況を作り出す教材・教具を開発した。

### (4) 教材調査

言語スキルという観点から、理科と他教科のカリキュラムを比較・検討する。また、伝統的に言語を重視するイギリスと日本の理科教科書等を比較し、その特徴を抽出した。

### (5) 教育方法開発

理科教育で育成したいロジックとレトリックのスキルを特定し、既存の理科カリキュラムでの位置付け、その中から、モデルプログラム（試行授業）を開発・実践した。

### (6) 試行授業の実践と評価

開発したプログラムもしくは教材を理科授業の中で試行し、子どもの言語活動、それに付随する認知的・情意的な側面での変化を、質問紙調査、インタビュー調査、授業観察によって評価した。

## 4. 研究成果

### (1) 理科教育における言語を重視する学習論の特質の解明

今日、言語を重視する理科学習論として、子どもの自然への働きかけは、社会文化的な産物である言語やモデルなどの媒介を通じて行われるとする社会的構成主義的な理科学習論（例えば、Scott et al., 2007）や、科学を学ぶということは、「科学を語ることの学習」（Lenke, 1990）、社会的言語としての科学的ディスコース（discourse）の「専有（appropriation）」としての理科学習論（Rosebery et al., 1992）が特定できた。これらの学習論が興隆した背景には、「目録としての言語観」から「社会文化コードとしての言語観」への転換があることが確認された（例えば、Carlsen, 2007）。

### (2) 教科学習の言語バリアとしての「学習言語」という研究課題の発見

上述の理科学習論に見られる言語観とも関連する機能主義的な言語観から、教科学習を停滞・阻害しうる言語バリアとして影響を及ぼしうるものとして、学問領域と関連して、特定の状況下で使われる言語的特徴の集合（Scarcella, 2003）である「学習言語（academic language）」の問題も検討する必要性が示唆された（例えば、バトラー後藤、2011）。

### (3) 科学／理科教育における推論様式とそ

### の活用

科学論の知見からは、科学では多様な推論様式が活用されていること、しかも、科学的な文脈の中で各種推論様式のもつ特性が重要な役割を担っていることが確認された。例えば、演繹的推論は、一般的な原理・原則から個別の事例や知識を導くため、妥当な推論であり、形式的に正しい推論として、論理的な推論と考えられているが、「思考実験」では、創造的な機能を果たしうるものであることが分かった。一方、非演繹的推論（帰納的推論やアナロジー的推論）は、論理的な飛躍を導き、誤りやすい推論であるもの、科学的に新しい知見をもたらす創造的な側面を持っている。かつての科学哲学に見られた論理実証主義的な観点から、非演繹的な推論は、信頼の低い推論と見なされがちであったが、今日の科学論では、このような見方が修正されつつあることが確かめられた。

このような動向は、理科教授法の開発において、新たな視点を提供するものであった。例えば、理科授業において、「変形」という認知プロセスを経てアナロジーを生成するとき、アナロジー的推論ばかりではなく、演繹的推論との関係性が重要であることが明らかとなった。

### (4) アナロジー的思考と演繹的な思考を組み合わせた授業展開の有効性

中学校 2 年生の電気分野を事例にして、演繹的な思考とアナロジー的な思考を必要とする教授過程をデザインし、実証的な調査を行った。その結果、次のような知見が得られた。

① 生徒の学習前の科学的に適切とはいえない考えを代表するアナロジーと、より科学的なモデルに近いアナロジーという、対照的な複数のアナロジーの導入は、認知的な葛藤を生起・促進し、それを解消するという教授展開において有効であった。

② 背理法的な推論プロセスと関連付けて、生徒の考えを代表するアナロジーを評価すると同時に、そのアナロジーによって、生徒の電流のモデルを評価するというプロセスを通じて、生徒の認知的な葛藤を生起・促進する効果が認められたのであった。

③ 生徒の考えを代表するアナロジーの限界が明白になり、認知的な葛藤が高まった場面は、生徒自身による新たなアナロジー生成の時機でもあった。このとき、科学的なモデルに近いアナロジ

一を導入することによって、先の認知的な葛藤が解消され、生徒の考えを変容・転換させることにつながり、生徒自身がその認知的な変容も実感しうるのであった。

- ④ 構造化されたアナロジーによって、科学的な意味で未分化であった生徒の考えのうち、関連概念間の区別が意識化されるような、科学的な理解の促進効果があった。

(5) アナロジー的推論における条件文表現の活用の有効性

中学校1年生の光学分野を事例にして、中学生がアナロジーを生成し、それを評価するプロセスを通じての科学的な理解の変容と教授ストラテジーとしての「変形」の有効性、そして、そのようなアナロジー活用の理科学習における意味を質問紙調査によって探った。その際、アナロジー的な志向をはじめとする自分自身の志向を評価する方法として、what-if 分析を取り入れた。この what-if 分析を活用するにあたり、条件文表現として「～ならば、～であろう」という形式を活用することにした。結果として、次のような知見が得られた。

- ① 生徒らは、新奇の問題に遭遇して、自分自身では知っていると思っていながらも、必ずしも科学的な理解が十分とは言えない特殊な事例に基づいて、アナロジーを自発的に生成していた。
- ② 一般的な原理・原則を学習していない段階では、個別の一事例が、類似の問題を解決するための「見本例＝モデル」として活用されていた。
- ③ ベースやターゲットの事例の属性を部分的に変容させていく What-if 分析と呼ばれる方法は、変形の一つであり、アナロジーの評価を促進するための教授ストラテジーとして有効であった。
- ④ 生徒によるアナロジーの生成と評価、像点概念を導入した学習プロセスでは、ターゲットとベースの双方の事例の科学的な理解に質的な変容が認められた。小学校3年生の電気分野を事例にしたフィールド調査においても、条件文としての「～ならば」の活用が科学的な理解の促進に関連していることが確認された。

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7件)

- ① 内ノ倉真吾、理科授業におけるアナロジー思考の方法論的原理としての「変

形」の導入-小学校3年生の電気単元を事例にして-、静岡大学教育学部研究報告(教科教育学篇)、43、119-134頁、2012、査読有り。

- ② 内ノ倉真吾、中学生のアナロジーの生成と評価による理科学習の促進-「凸レンズによる結像」を事例として-、理科教育学研究、52(2)、33-45頁、2011、査読有り。

- ③ 内ノ倉真吾、小・中・高等学校における「エネルギー」のカリキュラムの接続の視点と方策、理科の教育、60(8)、5-8頁、2011、査読無し。

- ④ 内ノ倉真吾、アナロジーを基盤にした認知的な葛藤の生起・促進とその解消-中学生の「電流が+極から-極へ流れる」の意味理解-、理科教育学研究、51(3)、47-58頁、2011、査読有り。

- ⑤ 内ノ倉真吾、子どもの理科学習におけるアナロジーとメタファー-科学的な概念の形成との関わりに着目して-、静岡大学教育学部研究報告(教科教育学篇)、41、91-106頁、2010、査読有り。

- ⑥ 内ノ倉真吾、アナロジーによる理科教授法の開発とその展開-構成主義的学習論の興隆以降に着目して-、理科教育学研究、50(3)、27-41頁、2010、査読有り。

[学会発表] (計2件)

- ① 内ノ倉真吾、理科教育における言語力とその育成、日本理科教育学会第61回全国大会(島根大学)、2011年8月20日、日本理科教育学会全国大会発表論文集第9号、80頁。

- ② 内ノ倉真吾、理科教育におけるロールプレイとその可能性、日本科学教育学会研究会(岐阜大学)、2009年6月13日、日本科学教育学会研究会報告、23(5)、11-16頁。

[図書] (計1件)

- ① 内ノ倉真吾、理科の学習論、『教科教育の理論と授業Ⅱ(理数編)』、207-222頁(16頁)、協同出版、2012、大高泉・清水義憲(編)。

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内ノ倉 真吾 (SHINGO UCHINOKURA)

静岡大学・教育学部・講師

研究者番号：70512531

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：