

アーギュメント・スキルを育成する 理科授業と評価枠組みの開発

研究代表者：坂本 美紀
(神戸大学大学院人間発達環境学研究科准教授)

共同研究者：山口 悦司
(神戸大学大学院人間発達環境学研究科准教授)

西垣 順子
(大阪市立大学大学教育研究センター准教授)

研究成果論文

1. 問題の所在と研究の目的

アーギュメント(argument)とは、理由づけや反証例の想定など、ある主張を構成するための一連の言葉の形式、あるいはそれらの構成要素を含む一連の言葉のやりとりを指す。

PISA や TIMSS などの国際調査の結果を受けて、教育現場では現在、思考・表現のスキルとしてのアーギュメントの実践を重要なものとみなす顕著な動きが見られる。平成23年度から完全実施された小学校学習指導要領において、各教科で「言語活動の充実」を目標としていることは、その典型例である。具体的には、基礎的・基本的な知識・技能の習得を重視した上で、観察・実験やレポートの作成、論述など、知識・技能を活用する学習活動を充実し、思考力・判断力・表現力等を育成することが目指される。また評価面での改訂としては、「思考・判断・表現」の観点において、「知識・理解」したことを活用しての思考・判断と、その内容を文章等で表現する活動とを、一体的に評価することの必要性が強調されている。

この動きに対応して、「論理科」など、思考力を育てる試みが始まっているものの、先導的な実践研究にとどまり、実践の成果を客観的な測度を用いて評価するような実証研究は、まだ十分ではない。教授・学習分野におけるアーギュメントの先行研究では、科学教育の領域で、集めたエビデンスを総合して自分が選択した意見を補強するようなアーギュメントを中心に、中高生を対象として、様々な記述や対話のアーギュメント構造を吟味する研究が行われてきた。例えば、生徒が作り上げた科学的説明を評価した研究では、主張の根拠を示しているかどうか、エビデンスすなわち主張を支持するデータは十分か、エビデンスの示し方は適切か、科学的原理に基づく正当化を行っているか、といった観点で分析が行われた（例えば、Sandoval & Millwood, 2005）。

ただし日本では、教科教育におけるアーギュメントの研究自体がほとんどない。関連する研究として、大学生を対象としたアカデミックライティング、レポートライティング教育についての研究があり、ライティングスキルの育成法についての実証的な知見が蓄積されるとともに、根拠や理由づけなどのアーギュメントの構成要素を十分に備えた文章を書くことの難しさが示されている（例えば、鈴木, 2009）。しかしながら、思考力・判断力・表現力にかかわる学習活動を充実させるためのデザイン指針の提唱につながる研究は、特に小学生では、ほとんど行われていないのが実情である。ことばのスキルを訓練することは、これまで少なからず行われてきたが、スキル教育単体では期待したほどの成果が上らないことも明らかになっている。従って、理論的研究と実践的研究との裏づけをもっ

て、思考力・表現力の育成方法とその評価方法を示すためには、小学生を対象に、アーギュメントの育成を目指した実証研究を蓄積していくことが必要である。

先述のように、現行の小学校学習指導要領では、例えば、理科の第6学年における目標の中に「推論」が新たに規定され、「観察、実験の結果を整理し考察する学習活動」「科学的な言葉や概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動」を充実させるよう提言された。児童期は、方略的反省的思考を伴う高度な議論力・言語力および思考力が伸長するための最も重要な基盤が形成される時期である。思考・表現のスキルとしてアーギュメントを捉えた場合、小学校の段階から、理科を中心に、アーギュメント・スキルの指導を通して、思考力を伸ばす実践を展開することが望まれる。アーギュメント研究の多くは中高生を対象としているが、アーギュメント・スキルの育成を、より低年齢の小学生からの課題とする研究者もいる。小学生を対象に我々がこれまで行ってきた実証研究（例えば、山本ら, 2011）からは、知識の創出を目指す問題解決学習の中で、思考およびその成果の表現としてのアーギュメント・スキルを指導することの有効性が示唆されている。このような指導は、スキルを利用することの意義を学習者に伝えるとともに、学んだスキルを即時に活用・練習する場を学習者に提供することになり、スキル教育単体では成果が上がりにくいという、これまでのスキル教育の問題点を克服する可能性があるためである。また、小学生を対象としたアーギュメント育成に特化した実践研究を展開する際は、アーギュメント・スキルを評価する枠組みを、理論と実証に基づいて策定し、現場で利用可能な評価ルーブリックとして具体化することが必要である。これは、思考と表現を一体的に評価するという動向に貢献する作業である。

以上より本研究では、研究代表者と共同研究者が取り組んできた、これまでの知識創出型の理科授業のデザイン研究の研究成果と、大学生を対象としたアカデミックライティング教育の研究成果とを統合することで、小学生を対象にアーギュメント・スキルの育成を目指し、以下の2点に取り組んだ。

- (1) 日本の小学校理科で使えるアーギュメントの分析フレームワークと評価ルーブリックを策定する。
- (2) アーギュメント・スキルの育成を目指す小学校の理科授業を開発する。

なお、本研究では、ライティングのアーギュメントを中心に上げて研究を行った。オーラルのアーギュメントについては試行的に研究を行った。

2. ライティングのアーギュメント

2.1 ライティングのアーギュメントに関する分析フレームワークと評価ルーブリックの策定

先行研究のレビューに基づき、ライティングのアーギュメントに関する分析フレームワークと評価ルーブリックの策定を行った。あわせて、分析フレームワークと評価ルーブリックの小学校理科での利用可能性を検証するために、小学5、6年生を対象に、このタイプのアーギュメントを書くスキルの獲得状況を調査し、調査結果を小学校にフィードバックした。

2.1.1 先行研究のレビュー

ライティングのアーギュメントに関する分析フレームワークと評価ルーブリックを策定するために、先行研究のレビューを行った。理科教育の領域では、Toulmin (1958) のアーギュメント・パターンを採用した研究により、生徒達がアーギュメントを構築する方法や、自分たちの考えをサポートするために用いる正当化の性質について、多くのことが明らかになりつつある。例えば、McNeill とその共同研究者達は、小・中・高校生の他、教員を対象に、論述としてのアーギュメントを指導する実践研究を行っている（例えば、McNeill & Krajcik, 2011）。実践の中で McNeill らは、Toulmin (1958) の基本構造を用い、生徒にわかりやすい名称を採用した（Figure1 参照）。McNeill らの科学的説明の枠組みは、主張、エビデンス、理由づけを基本の3要素としている。「主張」はもとの質問や問題に答える言明または結論であり、「エビデンス」は主張を支える科学的データにあたる。「理由づけ」は、科学的原理を用いてエビデンスと主張を結びつける正当化であり、Toulmin モデルにおける保証と保証の裏付けに相当する。より複雑なバリエーションでは、「反駁」が含まれる。この要素は、代替の説明に言及し、なぜ代替説明が適切でないのかについてのカウンターエビデンスと理由づけを提供するものである。アーギュメント・スキルの評価課題として、McNeill らは、例えば、実験結果に関する数量データや、模式図による情報を示して、問いに対する科学的なアーギュメントを記述させた。評定にあたっては、各コンポーネントの適切さと十分さの観点から、課題ごとのルーブリックに基づいてレベルの評定を行った。

その一方で、アーギュメントの構築が、生徒達にとって易しい作業ではないことを示す結果も、多数挙がっている。例えば McNeill & Krajcik (2011) は、児童生徒の説明構築に関し、(1) 適切で十分なエビデンスを利用できない、(2) なぜエビデンスが主張を支えているかの理由づけができない、(3) 対立する科学的説明を考慮し、反駁を行うことが難しい、といった実態を指摘し、エビデンスを用いて科学的な説明を組み立てる難しさを明

らかにした。また、高校生のアーギュメントを分析した Sandoval & Millwood (2005) では、データを引用する必要性に気づいてはいても、主張を支持するデータを十分には引用できない、データと主張とを明確に関連づけられない、等の実態が報告された。

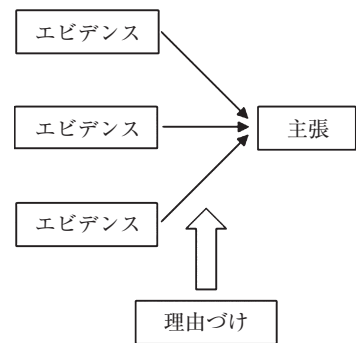


Figure 1 ライティングのアーギュメントの分析フレームワーク

2.1.2 分析フレームワークと評価ルーブリックの策定

(1) 分析フレームワーク

アーギュメントの枠組みに関して、McNeill らは、コンポーネントの数と各コンポーネントの記述とを変化させて複雑さを増したバリエーションを提示した。本研究では、5-8 年生を対象とした4つのバリエーション (McNeill & Krajcik, 2011) のうち、バリエーション1に相当する、科学的原理を用いて主張とデータを結びつけたアーギュメント (Figure 1) を分析フレームワークとして取り上げた。

(2) 評価課題とルーブリック

既習の科学的内容についての観察・実験データを示し、2つの選択肢から2つの課題に対する答えをそれぞれ選ばせ、科学的な説明としてのアーギュメントを記述させる課題2問を策定した。2問の内訳は、1日の気温変化に関するもの (以下、天気問題と呼ぶ)、および回路と豆電球の明るさに関するもの (以下、電気問題と呼ぶ) であった。前者では定量的データ、後者では定性的データを提示した。内容を Figure 2 および 3 に示す。

本研究で取り上げたアーギュメントの枠組みは、科学的原理を用いて主張と証拠を結びつけたものである。前述したように、評価課題の各問では、課題の答えが2つ求められている。それぞれの答え (主張) について、それを支えるデータ (証拠) と、両者の関連づけを正当化する科学的原理 (理由づけ) とを示したアーギュメント、より具体的には、主張、証拠、理由づけの各コンポーネントに対応する内容を、2つずつ記述したアーギュメントを、理想的なものを見なした。従って、評価の際は、コンポーネントに対応する記述の有無と、記述内容の科学的正しさを、それぞれ2点満点で得点化した。内容の正しさの評定で使ったルーブリックの実例を Table 1、Table 2 に示す。記述の有無を評価する際は、内容のルーブリックに示された「正しい記述例」に加えて、不正確な知識に基づく誤った主張と、それに対応する証拠や理由づけを、記述有りと見なした。具体的には、天気問題の理由づけでは、晴れの日気温が高い、またはくもりの日は気温が低いといった記述を、証拠では、数値を示さず、気温の高低や変化の大小に言及した記述等をカウントした。電気問題では、電流の違いに言及できていない理由づけ (スピードが速くなる、押し出す力が大きい、等) や、直列つなぎと並列つなぎの性質を逆に記述してい

運動場の天気は、10月10日は「くもり」、10月20日は「晴れ」でした。

問題

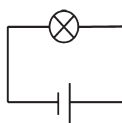
10月10日、10月20日それぞれの1日の気温変化として当てはまるのは、下の表のAの気温とBの気温のどちらですか。また、なぜそう考えましたか。これらのことを科学的に説明してください。

時こく	午前9時	午前10時	午前11時	正午12時	午後1時	午後2時	午後3時	午後4時
Aの気温(℃)	18	18	20	21	23	24	23	23
Bの気温(℃)	13	16	18	21	23	24	22	20

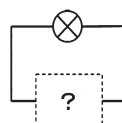
Figure 2 天気問題（定量データ問題）

①の回路と②の回路はかん電池の部分がかくされています。①の回路では、豆電球の明るさは、かん電池1このときにくらべて明るくなりました。②の回路では、豆電球の明るさは、かん電池1このときと同じでした。

かん電池1こ

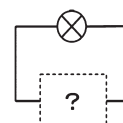


かん電池1このときにくらべて明るい



①

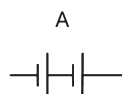
かん電池1このときと同じ明るさ



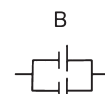
②

問題

①の回路、②の回路のそれぞれのかん電池のつなぎ方として当てはまるのは、下のAとBのどちらですか。また、なぜそう考えましたか。これらのことを科学的に説明してください。



A



B

Figure 3 電気問題（定性データ問題）

Table 1 ルーブリック（天気問題・内容の正しさ）

	主 張	証 拠	理由づけ
	課題の答え	実験結果（科学的データ）	科学的な決まりをもとにして、証拠と主張を結びつける判断
0	・主張にあたる記述がない。 ・誤った主張が記述されている。	・証拠にあたる記述がない。 ・誤った証拠が記述されている。	・理由づけにあたる記述がない。 ・誤った理由づけが記述されている。
1	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・10月10日はAがあてはまる。 ・10月20日はBがあてはまる。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・Aでは1日の気温変化が6℃である。もしくは、1日の気温が18℃～24℃の間である。 ・Bでは、1日の気温変化が11℃である。もしくは1日の気温が13℃～24℃の間である。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・くもりの日の気温は、1日を通してあまり変化しないから。 ・晴れの日の気温は、朝夕は低く、昼頃に高くなり、1日の変化が大きいため。
2	以上の内容が2つとも記述されている。	以上の内容が2つとも記述されている。	以上の内容が2つとも記述されている。

Table 2 ルーブリック（電気問題・内容の正しさ）

	主 張	証 拠	理由づけ
	課題の答え	実験結果(科学的データ)	科学的な決まりをもとにして、証拠と主張を結びつける判断
0	・主張にあたる記述がない。 ・誤った主張が記述されている。	・証拠にあたる記述がない。 ・誤った証拠が記述されている。	・理由づけにあたる記述がない。 ・誤った理由づけが記述されている。
1	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・①の回路に当てはまるのは、Aの電池のつなぎ方である。 ・②の回路に当てはまるのは、Bの電池のつなぎ方である。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・①の回路の豆電球は、かん電池1この時に比べて明るい。 ・②の回路の豆電球は、かん電池1このときと同じ明るさである。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・直列つなぎでかん電池を2こに増やして豆電球を点灯させると、乾電池1こにつないだときと比べて流れる電流が増える。だから①の豆電球は明るく光った。 ・並列つなぎでかん電池を2こに増やして豆電球を点灯させても、乾電池1こにつないだときと比べて流れる電流は変わらない。だから②の豆電球の明るさは変わらなかった。
2	以上の内容が2つとも記述されている。	以上の内容が2つとも記述されている。	以上の内容が2つとも記述されている。

る、または名称を正しく記載できていない理由づけを、有りとカウントした。

2.1.3 小学校高学年を対象とした調査

(1) 方法

①参加者

M 県下の公立小学校の 5 年生 4 クラス 139 名（男子 74 名、女子 65 名）、6 年生 4 クラス 139 名（男子 66 名、女子 73 名）。

②ライティングのアーギュメント評価課題

上記の天気問題と電気問題の 2 問であった。

③手続き

授業時間を利用し、クラス単位で課題に取り組ませた。所要時間は 1 問 10 分程度であった。

④得点化

得点化は 2 名が独立して行い、協議により不一致点を解消した。一致率は天気問題 93.3%、電気問題 95.9% であった。

(2) 結果

①全体結果

各問題における得点分布を Figure 4 と Figure 5 に示す。コンポーネントの記述の有無に関しては、約 8 割の児童が何らかの主張を記述したものの、主張を支える証拠や理由づけの記述は 4 割前後にとどまった。内容の正しさにおいては、2 点を付与された児童が 1 割に満たない指標が半数を占めた。

コンポーネントごとの得点分布を、天気問題と電気問題間で、符号付き順位和検定により比較した。その結果、問題間で有意な差が認められた。主張では有無・内容ともに、電気問題が天気問題を上回っていた ($z=2.640, p<.01$; $z=12.004, p<.01$)。証拠の有無と理由づけの内容については、天気問題が電気問題を上回り ($z=-6.178, p<.01$; $z=-3.480, p<.01$)、理由づけの有無および証拠の内容では、電気問題が天気問題を上回っていた ($z=2.482, p<.05$; $z=6.065, p<.01$)。続いて、コンポーネント内で、有無と内容の得点を比較した。その結果、電気問題の証拠でのみ、有無と内容に差がなく、コンポーネントに対応した記述を書いた場合、内容もほぼ正しいことが示された ($z=1.414, n.s.$)。他のコンポーネントではすべて、有無と内容の指標間に有意差があった（主張、証拠、理由づけの有無 $z=13.132, 9.989, 8.513$; 主張、理由づけの内容 $z=6.019, 10.600$, 以上すべて $p<.001$)。

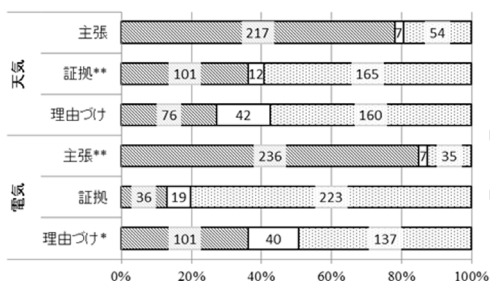


Figure 4 コンポーネントの記述の有無の
得点分布 (調査者全体)

Note: 得点分布が対応する問題を上回っていたコンポーネントにマークした。* $p<.05$ 、** $p<.01$ 。

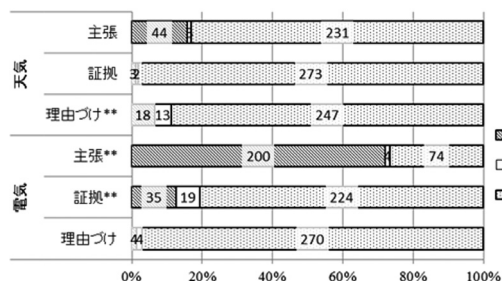


Figure 5 内容の正しさの得点分布
(調査者全体)

Note: 得点分布が対応する問題を上回っていたコンポーネントにマークした。 ** $p<.01$ 。

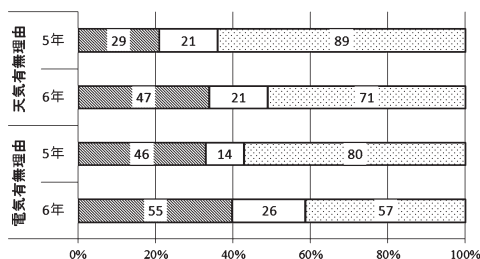


Figure 6 得点分布の学年間比
(有意なもののみ)

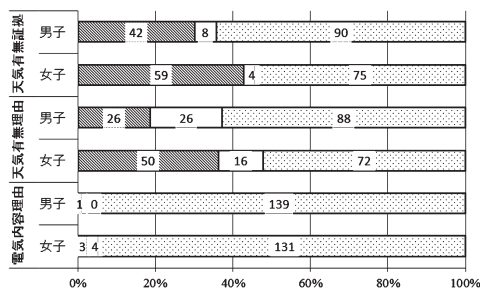


Figure 7 得点分布の男女間比
(有意なもののみ)

② 学年および男女間の比較

児童のアーギュメント得点を、U検定により、学年および男女間で比較した。学年・男女により差が認められた指標における得点分布を、Figure 6 および 7 に示す。学年差は、天気問題および電気問題における理由づけの有無の指標で有意であり ($z=2.424$, $p<.05$; $z=2.158$, $p<.05$)、いずれも 6 年生の得点が 5 年生を上回っていた。性差は、天気問題での理由づけの有無および電気問題での理由づけの内容 ($z=2.480$, $p<.05$; $z=2.159$, $p<.05$)、天気問題での証拠の有無 ($z=1.925$, $p<.10$) の 3 指標で認められ、いずれも女児の得点が男児を上回っていた。

③ 児童が記述できたコンポーネント

各コンポーネントに対応する記述を 1 つでも書けていた場合を有りとし、問題ごとに、児童が記述したコンポーネントの組み合わせを分類した。学年ごとおよび男女ごとの分類結果を、まとめて Table 3 に示す。天気問題では、主張・証拠・理由づけの 3 つ全てを記述できた児童は全体の 16% 程度で、主張と証拠のみ、および主張と理由づけのみの記述が多かった。主張すなわち課題の答えのみの者、コンポーネントに対応する記述を 1 つも書けなかった者も、2 割弱いた。電気問題では、主張・証拠・理由づけの 3 つ全てを記述できた児童が 8% に留まり、主張と理由づけのみや主張のみの記述が極めて多くなった。対応する記述を 1 つも書けなかった者は、1 割弱に留まった。

(3) 考察

本研究では、科学的原理を用いて主張とデータを結びつけたアーギュメントを書くスキルに焦点を当て、McNeill & Krajcik (2011) に準じて作成したアーギュメント課題と評定ルーブリックを用いて、日本の小学校高学年におけるスキルの獲得状況を調査した。

まず、コンポーネントの記

述の有無について、主張は、記述1つの者も含めると8割の児童が記述できていたけれども、証拠や理由づけは、半数ないしそれ以上の児童が、対応する記述を、1つも生成できていなかった。これは、McNeill & Krajcik (2011) が、児童生徒の説明構築における問題点として指摘した内容と一致している。また本研究では、問題間で差が認められ、証拠は天気問題、理由づけは電気問題が高得点だった。この理由は、天気問題の定量的データが解釈・引用されやすかったのに対し、電気問題では、定性的データとして提示された個々の回路ごとの明るさが、自明のこととして引用されにくかったためと考えられる。

内容の正しさに関しては、以下の実態が明らかになった。天気問題では、「晴れの日気温が高い（くもりの日は気温が低い）」という誤った科学的原理に立脚して解答した児童が多く、主張や証拠の内容を正しく記述できなかった。主たる原因は、児童が記憶していた科学的原理自体が誤っていたためと考えられるが、正しい科学的原理を用いた問題解決に要する認知的負荷が影響した可能性も否定できない。具体的には、天気問題の解決過程では、表として提示された温度の変化を折れ線グラフ等の形で心的に表象したり、最高気温と最低気温の差を計算したりといった作業が必要であり、この作業に伴う認知的負荷ないしは負荷の予測が、朝の気温の高低と天候を関連づける「楽な」問題解決へと児童を向かわせた、という解釈である。電気問題では、電流の差に言及することなく「直列は明るい・並列は1個分と同じ明るさ」と述べる不十分な科学的原理が、理由づけとして多く記述されていたため、理由づけの内容得点が天気問題より低くなった。この現象についても、記憶していた科学的原理の不十分さの他、認知的負荷やコスト感に基づく記述の省略が影響した可能性がある。

本調査で使用した問題は学習指導要領を参考にしており、評価基準も、初等理科教育からのアーギュメント実践を行っている McNeill らの評価フレームワークを応用したもので

Table 3 児童が記述したコンポーネントのパターン (人)

		主証拠	主証	主理	主のみ	その他	記載なし
天気	5年	16	33	34	29	2	25
	6年	28	32	37	15	5	22
	男	13	36	36	23	4	28
	女	31	29	35	21	3	19
	全	44	65	71	44	7	47
電気	5年	9	19	48	46	3	14
	6年	13	12	62	34	8	10
	男	10	12	52	44	5	17
	女	12	19	58	36	6	7
	全	22	31	110	80	11	24

Note: 主 = 主張、証 = 証拠、理 = 理由づけ

ある。つまりどちらも、小学校高学年児童の知識・理解のレベルに応じたものであると言える。しかしそれでも、提示するデータの質をはじめとする問題の内容によって、児童のアーギュメントの書きやすさには違いが見られた。このことは実際にアーギュメント・スキルの育成指導を行う上では、どのようなデータを使った指導が効果的であるか等を今後検討していく上で、参考にできる知見であると言える。

続いて、学年差について検討する。主張のコンポーネントに関しては、先述のように、8割前後の児童が記述できていたため、天井効果が生じたと考えられる。理由づけの有無については、どちらの問題でも学年差が有意であり、6年生の得点が5年生を上回っていた。しかしながら、6年生であっても約半数の児童が、理由づけに対応する内容を、1つも記述できていなかった。このことから、主張を支えるデータを示すことに加え、科学的原理によってデータを主張に結びつけたアーギュメントを記述するスキルは、小学校の最終学年でも、獲得されているとは言えない。

性差に関しては、理由づけ一部の指標で、女子児童の遂行がよいという差が認められた。まず電気問題では、大多数の児童が正しい理由づけを記述できなかったのだが、明るさの違いをもたらす電流の差にまで言及できたアーギュメントは、女子児童に集中していた。また、定量的データが解釈・引用されやすかった天気問題では、理由づけに対応する記述が、電気問題に比べてあまり書かれなかった傾向があったのだが、この指標でも、女子児童の遂行が男子児童を上回っていた。ただ、この差異をもたらす要因、具体的には例えば、科学的原理等の知識や科学的説明の構造についての理解における男女差に起因するのか、それとも「書く手間」を厭うかどうかという性格傾向の差によるのか、という点については、本調査からは明らかではない。しかし、科学的論述力における性差の内実の一端を示した点は、評価に値すると考えられる。

児童が記述できたコンポーネントのパターンからは、問題による差はあるものの、主張（答え）のみの記述や、理由として科学的決まりは記述するが、対応するデータを示さない記述が、多く出現したことが示された。証拠（データ）をベースに考えることや、証拠を用いて科学的な説明を組み立てることは、日本の公立学校の児童にとっても難しく、主張の根拠を示すこと、根拠を示す際に、証拠と理由づけとの両方に言及することが、アーギュメント構築における2大困難であることが明らかになった。

アーギュメントを構築するためには、アーギュメントの内容である科学知識（概念）とそれを表現するための言語形式の両方をメタレベルで扱う必要がある。アーギュメントの言語形式については、日常生活や、理科以外の教科での指導を通してもある程度学べる可能性がある。しかしながら、本研究の結果からは、十分なアーギュメント・スキルを獲得させるためには、アーギュメントにおける根拠の重要性、特に、主張を支える証拠と理由

づけのそれぞれの役割を理解させた上で、「主張－証拠－理由づけ」からなる構造に即してアーギュメントを記述させるような訓練が必要であることが示唆された。

2.1.4 調査結果の小学校へのフィードバック

児童の解答実例に基づいた修正を加えて完成させた評価ルーブリックと調査結果に、

理科学習における言語活動の充実に科学的アーギュメントが果たす役割の解説を付して、調査結果報告書を作成し、研究協力校にフィードバックした（Figure 8）。

報告会には、理科専科教諭を中心に、約10名の教員の出席を賜り、調査の意義および結果についてのご説明をさせていただいた。結果や評価ルーブリックに対して、現職教員からは、「理科の学力について、本校の児童の実態がよくわかりました」、「算数の学力調査でも同じような傾向が見られました」、「調査課題やルーブリックは、他の学校でも利用できると思います」等の率直なご意見を頂いた。



Figure 8 調査協力校での結果報告会の様子

2.2 ライティングのアーギュメントに関する理科授業の開発および分析フレームワークと評価ルーブリックの応用

小学校5年生理科「振り子の運動」の単元で、振り子の周期に影響する要因について、実験で説明する授業をデザインした。単元前後の概念的理解のテストによって、振り子の周期に影響を及ぼす要因について、正しく知識を理解できたのかを検証した。さらに、ライティングのアーギュメント評価課題を単元前後に実施し、科学的原理を用いて主張とデータを結びつけて書くというアーギュメント・スキルの獲得を検証した。

2.2.1 理科授業の開発

(1) 対象と実施時期

授業の参加者は、国立大学附属小学校の5年生3クラス、112名（男女同数）であった。授業は、2011年6月上旬～2011年7月上旬の計10時限（1時限は45分）で実施された。

Table 4 ライティングのアーギュメントを育成するための理科授業のデザイン指針

段階	教授方略
準備段階	1) カリキュラムの目標の設定 2) 達成すべきアーギュメントの設定 3) アーギュメント構造の掲示物の作成 4) 足場かけ用のワークシートの作成
実施段階	1) アーギュメント構造の説明 2) 日常事例との関連づけ 3) アーギュメントの必要性の説明 4) 他教科との関連づけ 5) アーギュメントの例示と批評 6) 個人へのフィードバック 7) 相互評価 8) クラス全体での評価

我々は、準備段階のフェーズで4つ、実施段階のフェーズで8つのデザイン指針を設定して授業を行った。

準備段階のフェーズでのデザイン指針は以下の4つであった。1つ目は「カリキュラムの目標の設定」であり、学習者が、振り子の振れ幅、重さ、長さとの関係を示す証拠を示し、振り子の周期には長さのみが影響するという理由づけを用いて、アーギュメントを記述することを目標に設定した。2つ目は「達成すべきアーギュメントの設定」である。検証する課題を“振り子の長さを短くすると、振り子の周期は短くなるか”といった具体的なものとし、データは実験結果のクラスの平均のみを利用させ、利用させる科学的な原理は1つとした。3つ目は「アーギュメント構造の掲示物の作成」であり、教室の壁にアーギュメント構造の図を掲示し、視覚的な支援を設定した (Figure 9)。4つ目は「足場かけ用のワー

(2) 理科授業

振り子の周期に影響する要因を実験で解明する授業の中で、McNeill & Krajcik (2011) の構造に基づくアーギュメントを記述させる訓練が実施された。授業は、3クラスとも同一の教師によって、同一の単元で行われた。

①理科授業のデザイン指針

Table 4はライティングのアーギュメントを育成するための理科授業のデザイン指針を示している。

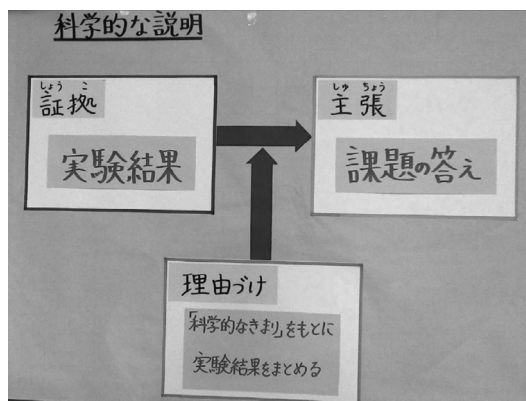


Figure 9 掲示したアーギュメントの構造

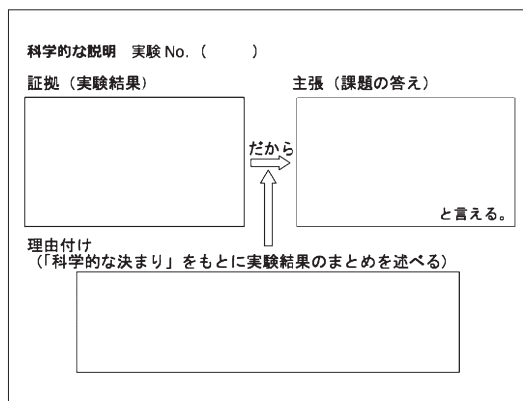


Figure 10 アーギュメントを記述するワークシート

クシートの作成」であり、アーギュメントを記述するワークシートは主張、証拠、理由づけを分割して記述できるレイアウトにした(Figure10)。

実施段階のフェーズでのデザイン指針は以下の8つであった。1つ目は「アーギュメント構造の説明」であり、振り子の振れ幅の実

験結果を使って構造を説明した。2つ目は「日常事例との関連づけ」であり、質問に答えたり他人を納得させたりする場面で、アーギュメントを日常的に行っていることを実例で説明した。3つ目は「アーギュメントの必要性の説明」であり、アーギュメントは世界共通で、記述できれば世界に通用することを伝えた。4つ目は「他教科との関連づけ」であり、算数でもアーギュメントの構造が適用できることを伝えた。5つ目は「アーギュメントの例示と批評」であり、既習単元の“電流の働き”や“植物の成長”を用いたアーギュメントの例示を行った。6つ目は「個人へのフィードバック」であり、振り子の重さや長さの実験結果をもとに記述したアーギュメントを回収し、フィードバックを行った。7つ目は「相互評価」であり、児童が記述したアーギュメントを学習者同士で交換し、相互評価させた。8つ目は「クラス全体での評価」であり、発展問題で記述したアーギュメントの適切さを全体で議論した。

②デザインされた理科授業

単元の展開と利用した教授方略を Table 5 に示す。1 時限目は周期が 1 秒の振り子を作成するという学習目標を共有した。2-4 限目は振り子の振れ幅を変える実験を行い、結果を利用してアーギュメントの構造を学習した。5-9 限目は振り子の重さ、長さを変える実験を行い、その結果や振り子の発展問題に基づいてアーギュメントを記述した。10 時限目には周期が 1 秒の振り子を作成した。児童は、単元の中で計 4 回、アーギュメントを記述した。授業中の様子を Figure11 に示す。

指導の具体事例として、1 回目のアーギュメント記述において、教師が口頭で行ったフィードバック（デザイン指針 6）が、アーギュメントのどの要素に関する助言だったかを分類した。集計結果とフィードバックの実例を Table 6 に示す。

Table 5 実験授業の概要と利用した教授方略

時限	学習活動	実施段階の教授方略
1	1 秒周期の振り子を作る方法の話し合い	
2-4	振り子の振れ幅を変化させる実験 実験結果をもとにアーギュメント構造の学習 アーギュメントを記述(1)	1)2)3) 5)6)
5-9	振り子の重さを変化させる実験 実験結果をもとにアーギュメントを記述(2) 振り子の長さを変化させる実験 実験結果をもとにアーギュメントを記述(3) 発展課題を通じてアーギュメントを記述(4)	4)5)6)7) 5)6)7) 5)6)8)
10	1 秒周期の振り子を作成	

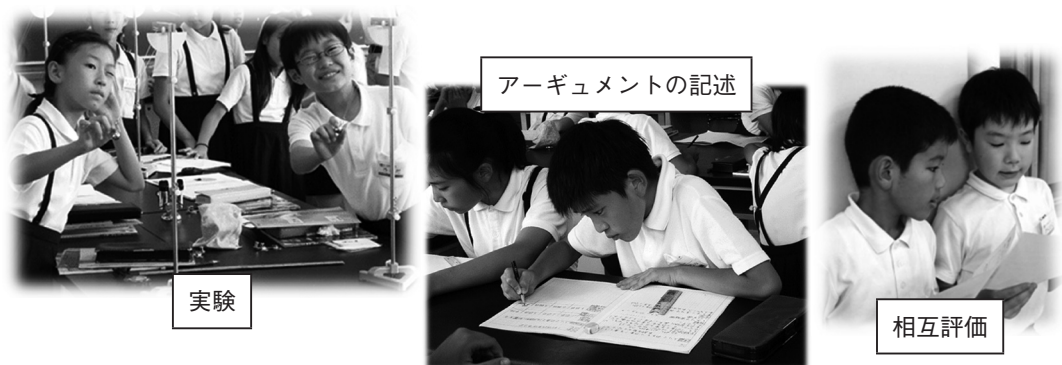


Figure 11 授業中の様子

Table 6 個別指導の際に教師が指導したコンポーネント

主張	証拠	理由づけ		
		科学的決まり	結果のまとめ	書き方
3	2	10	40	2

実例：[理由づけ_結果のまとめ]に関する指導

T：(P14に) うん、ええやん。この結果ってところをもうちょっと詳しくできる？
P14：1.3 と 1.3？あ、数字は使ったらあかんか。
T：数字は使わへんから、何の結果や？
P14：えっと、50 度と 30 度の…
T：つまり？もっとまとめて。50 度と 30 度にしたってことは、何を変えたん？
P14：角度。
T：おお、振れ幅を変えても、
P14：角度。振れ幅カッコ角度。
T：うん、振れ幅を変えても？
P14：振れ幅…
T：周期に差はない、や。だから、振れ幅を変えても周期に差はないって書けたら、もっと詳しく。

2.2.2 分析フレームワークと評価ルーブリックの応用

(1) 方法

①調査課題

単元前後で2種類のテストを実施した。1つ目は、振り子の概念的理解のテストであった。振り子の周期が振り子の長さによってのみ影響を受け、おもりの重さや振れ幅は関係ないことをたずねる設問を3問解答させた後、各設問の回答に対する自信の程度を、7段階で評定させた。2つ目は、ライティングのアーギュメント評価課題（2.1.2の(2)参照）であった。

②手続き

上記調査課題を、プレテストーポストテスト計画により、クラス単位で実施した。所要時間は15～20分程度であった。

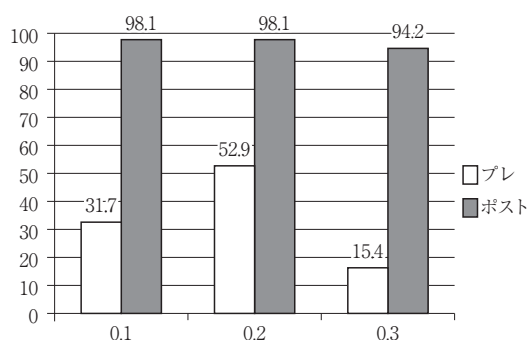


Figure 12 知識・理解のテストにおける設問ごとの正答率

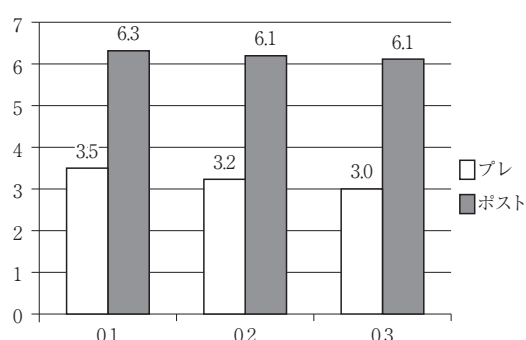


Figure 13 知識・理解のテストにおける設問ごとの自信の程度

③分析

分析対象は欠席者を除く107名であった。まず、振り子の概念的理解のテストについて、設問ごとの正答率と自信の程度を単元前後で算出した。次に、アークメント評価課題の分析にあたっては、2.1.2の(2)に示した手続きに従い、各要素の記述を2点満点で得点化した。得点化は2名が独立して行い、協議により不一致点を解消した。一致率は天気問題が98.5%、電気問題が96.1%であった。

(2) 結果

①概念的理解のテスト

概念的理解のテストについて、プレテストとポストテストにおける設問ごとの正答率を Figure12 に、自信の程度を Figure13 に示す。設問毎の正答率、自信の程度ともに、どの設問でも、プレ－ポスト間で有意な向上が認められた（正答率は3問とも $p<.001$ 、McNemar 検定。自信の程度は問 1: $t(102) = 15.597, p<.001$ 、問 2: $t(98) = 15.270, p<.001$ 、問 3: $t(102) = 15.855, p<.001$ ）。

②ライティングのアークメント評価課題

プレテストおよびポストテストにおけるアークメント評価課題（電気問題、天気問題）の得点分布を Table 7 に示す。符号つき順位和検定を用いて、プレ－ポ

Table 7 アークメント評価課題の得点分布

問題		点数	プレ			ポスト		
			2	1	0	2	1	0
天気 有無	主張	94	3	5	93	3	6	
	証拠	62	15	25	78	0	24	
	理由づけ	52	16	34	68	11	23	
内容	主張	29	1	72	29	0	73	
	証拠	3	2	97	5	0	97	
	理由づけ	16	7	79	22	9	71	
電気 有無	主張	94	5	3	98	1	3	
	証拠	16	8	78	51	8	43	
	理由づけ	33	24	45	43	15	44	
内容	主張	85	5	12	92	1	9	
	証拠	13	10	79	49	5	48	
	理由づけ	2	6	94	3	4	95	

Note: 値は人数。プレ－ポスト間で得点分布の向上が有意であった構成要素を太字で示している。

スト間で得点分布を比較した。その結果、得点の向上は、天気問題における理由づけの有無 ($T=2.844, p<.01$) および内容 ($T=1.827, p<.10$)、電気問題での証拠の有無 ($T=4.754, p<.001$) および内容 ($T=4.915, p<.001$) で見られた。主張の有無では、天井効果が生じていた。記述内容の科学的正しさの指標が向上しなかった原因は、児童が記憶していた科学的原理が、誤りを含むなど十分ではなかったためであった。

この授業で目標としたアーギュメント・スキルは、科学的原理を用いて主張とデータを結びつけて書くものであった。このタイプのスキルの獲得状況を明らかにするために、主張、証拠、理由づけの3つの要素を全て記述できた児童の割合を問題ごとに産出した。3要素を記述した児童は、天気問題ではプレテスト27%、ポストテスト49%、電気問題ではプレテスト5%、ポストテストの23%となり、どちらの問題でも、プレーポストテスト間で有意に増加していた (ともに $p<.001$, McNemar 検定)。

(3) 考察

概念的理解のテストより、児童は授業を通して振り子に関する科学的知識を獲得し、自信を持って回答できたことが明らかになった。その上で、アーギュメント評価課題による児童のアーギュメント・スキルに注目すると、授業前の児童は、主張は記述していたが、主張を支える証拠が十分に記述できていなかった。授業の中で、「主張－証拠－理由づけ」からなるアーギュメントの構造を明示した訓練を繰り返したことで、ポストテストでは、児童のアーギュメント・スキルに向上が見られた。これは、授業を通して、アーギュメントにおいて主張を支える証拠と理由づけのそれぞれの役割が理解され、各要素が記述される割合の増加につながったからだと考えられる。しかし、3要素全てを記述できた児童の割合からもわかるとおり、証拠と理由づけのいずれかが欠けたアーギュメントが、授業後にも少なからずあり、アーギュメント・スキルの育成には、1単元の訓練では十分ではないことも示唆された。

3. オーラルのアーギュメント

3.1 オーラルのアーギュメントに関する分析フレームワークと評価ルーブリックの策定

3.1.1 先行研究のレビュー

近年の先行研究では、オーラルのアーギュメントを、アーギュメンテーション (argumentation) と呼ぶことが多い。アーギュメンテーションとは、ある立場を支持する考えを正当化したり反論したりすることで、論理的な批判をしてくる相手に自分の考えを受け入れてくれるように納得させることを目的とした言語的で社会的な活動である (van Eemeren & Grootendorst, 2004)。

Osborne, Erduran, & Simon (2004a) は、学習者が行うアーギュメンテーションの質を評価する際に、「主張」「正当化（証拠と理由づけ）」「反論」というアーギュメントを構成する 3 要素の有無や質に焦点を当てた。具体的には、アーギュメンテーションの中でも特に反論が含まれるエピソードは、反論が含まれないエピソードよりも質的に優れているとし、その理由として、反論のないアーギュメンテーションは学習者が発言したアーギュメントの内容の質を評価する機会がなく、学習者の考えを変容させることができない点を挙げた。

学習者が行うアーギュメンテーションの質を向上させるためには、明確な訓練や教授が必要であることが示されており（Osborne et al., 2004a）、近年では中学生や高校生を対象にアーギュメンテーション・スキルを育成する実践研究が行われている（Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008）。しかし、質の高いアーギュメンテーションを行うことは困難であることが指摘されており（Chin & Osborne, 2010）、さらに小学生を対象にアーギュメンテーション・スキルを育成した実践研究の例は少ない。

3.1.2 分析フレームワークと評価ルーブリックの策定

(1) 分析フレームワーク

オーラルのアーギュメントの質を評価するために、Osborne et al. (2004a) が提案した分析のフレームワークを採用した。Osborne らのフレームワークは、「主張」「正当化（証拠と理由づけ）」「反論」の 3 要素を利用し、「他者と立場が対立した時、データと論拠を利用して相手に反論ができているか」に注目して、アーギュメントのレベルを同定した。

(2) 評価ルーブリック

Osborne et al. (2004a) の評価ルーブリックは、Toulmin のアーギュメントモデルをベースに作成されたもので、反論の有無および強弱をもとに、学習者のアーギュメンテーションをレベル 1 からレベル 5 に分類するものである。Osborne らの定義によれば、他者の発言の誤りを指摘しているが、その理由がないものが弱い反論であり、証拠や理由を用いてなぜ誤っているかの説明ができているものが、明確な反論である。

Osborne et al. (2004a) の評価ルーブリックにおけるレベル 1 ～レベル 5 の定義は以下の通りである。レベル 1 の特徴は、学習者の構成するアーギュメントが単純な主張もしくは対立する主張から成り立っていることである。レベル 2 の特徴は、学習者の構成するアーギュメントに、証拠または理由づけを用いた正当化が含まれているが、反論は含まれていないことである。レベル 3 の特徴は、学習者が構成するアーギュメントに弱い反論が含まれていることである。レベル 4 の特徴は、学習者が構成するアーギュメントの中に明確な反論が 1 つ含まれていることである。レベル 5 の特徴は、1 回のアーギュメンテーション

Table 8 アーギュメンテーションの評価ルーブリック

	主張	正当化	反論
定義	「すべて説」もしくは「2種類説」のどちらかにコミットメントした発言	主張を正当化する証拠もしくは理由づけに関する発言 (証拠と理由づけのどちらかを1つ以上発言できなければよい) 【証拠】証拠として利用できる実験結果への言及 【理由付け】主張と証拠を結びつけている発言	【弱い反論】他者の発言したアーギュメントに含まれる証拠と理由づけが間違っていると指摘できているが、なぜ間違っているか説明する際に正当化(証拠や理由づけを使うこと)ができていないもの 【明確な反論】他者の発言したアーギュメントに含まれる証拠と理由づけが間違っていると指摘できているが、さらになぜ間違っているか説明する際に正当化(証拠や理由づけを使うこと)ができていないもの
実例	・私はすべて説を支持している。 ・僕はすべて説派です。	【証拠】 ・今回の実験でゴムが動いたことが分かった。 ・今まで3種類の実験を行ってきたんですけど、すべてが動いた。 【理由付け】 ・今まで6種類の実験をしてきて、すべて電気に反応したから、すべて説が正しいと思う[推論]。 ・紙が動いた→紙は木からできている→木からできたものはすべて動くはず[推論]。 ・まだ3つしか実験をしていないからすべて動くとは限らない[実験結果の個数が少ない]。 ・実験の中に食べ物がなかったので、食べ物を実験しないと分からない[動かない具体物を想定]。	【弱い反論】 ・なぜ食べ物はいけなんでしょうか？僕は、食べ物だから電気を帯びないなんて絶対にありません。 【明確な反論】 ・カミヤマくんは電気をこすれば帯びてものを動かすと言ったんですけど、まだ実験をやっていない分もあると思うから、そうとは言い切れません。もしかしたら、帯びないものもあるかもしれないので、その意見はちょっとおかしいと思います。
レベル1	あり	なし	なし
レベル2	あり	あり	なし
レベル3	あり	あり	弱い反論が1つ以上発言できている。
レベル4	あり	あり	明確な反論が1つ発言できている。
レベル5	あり	あり	明確な反論が2つ以上発言できている。

で学習者が複数回の明確な反論を行うことである。

上記の内容を元に、アーギュメンテーションを評価するためのルーブリックを作成した。ルーブリックと、後述する実験授業で得られた発話実例とを、まとめて Table 8 に示す。

3.2 オーラルのアーギュメントに関する理科授業の開発および分析フレームワークと評価ルーブリックの応用

小学校6年生理科「電気の利用」の単元で、摩擦帯電について実験で解明する授業をデザインした。オーラルのアーギュメント・スキルのうち、反論スキルに焦点を当て、相対する〈主張〉に対し、摩擦帯電を示す実験結果を〈証拠〉として利用するなどの正当化を含めた〈反論〉を行うことを目標に、議論(アーギュメンテーション)の訓練を実施した。授業デザインにあたっては、先行研究をもとに作成し、反論を中心としたアーギュメント・スキルを育成するための理科授業のデザイン指針を活用した。単元前後の概念的理解のテストによって、摩擦帯電に関する正しい知識の獲得を検証した。さらに、分析フ

レームワークと評価ルーブリックの応用として、授業中に記録した学習者のアーギュメンテーションの音声データを分析し、デザイン指針が学習者のアーギュメント・スキルを育成することに寄与したかどうかを考察した。

3.2.1 理科授業の開発

(1) 対象と実施時期

対象は国立大学附属小学校の6年生1クラス(37名)であった。実施時期は2011年11月15日～2011年12月6日の計9時間であった。

(2)理科授業

①理科授業のデザイン指針

先行研究のレビューから、反論スキルを育成するための、以下2点のデザイン指針を作成した。デザイン指針(1)は、「異なる仮説を支持する学習者から構成される小グループを編成する(以下、グループ編成)」である。Chin & Osborne (2010)で紹介された授業では、学習者達が、議論の必要もなく合意に達してしまう状況を避けるために、アーギュメンテーションの実施に先立ち、学習者が支持している仮説を調査し、異なる仮説を支持で各グループを編成した。デザイン指針(2)は、「反論の重要性を強調し、明確な反論の条件を説明する(以下、反論の説明)」である。Osborne, Erduran, & Simon (2004b)で扱われた授業の中で、教師は反論がアーギュメンテーションの中でも特に重要な要素であることを学習者に伝え、明確な反論とは他者のアーギュメントのデータや保証、保証の裏づけを論破するものであると説明した。

②デザインされた理科授業

本単元では「電気を通さないものはすべて、摩擦によって帯電する」という静電気の科学概念を扱った。単元の目標は、摩擦帯電を示す実験結果を〈証拠〉として利用しつつ、さまざまな物質の帯電について〈理由づけ〉を行うことで、「電気を通さない物質は帯電するものとししないものの2種類にわかれる」という科学的に妥当ではない主張に〈反論〉するとともに、「電気を通さない物質はすべて帯電する」という科学的に妥当な〈主張〉ができるようになることである。単元には4つのフェーズがある。単元の各フェーズにおける学習活動とデザイン指針をTable 9に示す。

第1段階で、学習者は、静電気に関する2つの仮説を立て、実験を行い、アーギュメンテーションを行った。まず学習者は、「すべての物質は摩擦帯電する」と「物質は摩擦帯電するもの、しないものの2種類に分かれる」という2つの仮説を立てた。次に学習者は、帯電した物質同士、具体的には、帯電したストロー、紙袋、プラスチック定規のそれぞれを、帯電したストローに近づける実験を行った。実験の際は、Figure14の簡易検電

Table 9 学習活動と授業デザイン

時限	学習活動	反映させた授業デザイン指針
1-3	・ 2つの仮説を設定する ・ 帯電した物質同士を近づける実験を行う ・ 1回目のアーギュメンテーションを行う	
4-5	・ アーギュメントの構成要素を学習する ・ 2回目のアーギュメンテーションを行う	(2)異仮説併存グループの編成
6-7	・ 帯電した複数の物質を金属に近づける実験を行う ・ 強い反論の条件を学習する ・ 3回目のアーギュメンテーションを行う	(1)反論の説明 (2)異仮説併存グループの編成
8-9	・ 帯電した物質を帯電していない物質に近づける実験を行う ・ 単元のまとめを行う	

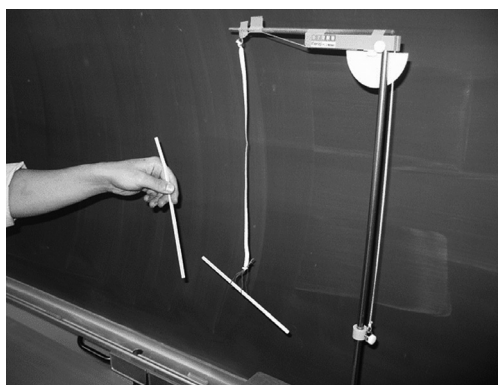


Figure 14 実験で利用した簡易検電器

Figure 15 アーギュメントを記述するワークシート

器に、帯電しているストローを吊るした。その後、3～4名のグループで、1回目のアーギュメンテーションを行った。

第2段階では、アーギュメントの構成要素を学習し、アーギュメンテーションを行った。まず学習者は、アーギュメントにおける「主張」、「証拠」、「理由づけ」の3要素の重要性を、教師の説明から学習した。その後、Figure15に示す「足場かけ用のワークシート」を用いて、実験結果についてのアーギュメントを個人で記述した。それを元に、3～4名のグループで、2回目のアーギュメンテーションを行った。その際、デザイン指針(1)「グループ編成」に基づき、異なる仮説を支持する学習者が併存するように、グループを編成した。

第3段階では、実験を行い、明確な反論の条件を学習し、アーギュメンテーションを行った。まず学習者は、帯電した物質を金属に近づける実験、具体的には、帯電したストロー、プラスチック定規、ローソク、ガラス棒、ゴムホースのそれぞれを、太いエナメル線に近づける実験を行った。次に学習者は、教師から明確な反論の条件についての説明を受けた。明確な反論の条件として、次の3点を説明した。(条件1)他者のアーギュメントの間違いを明確に指摘することができる、(条件2)なぜ他者のアーギュメントが間

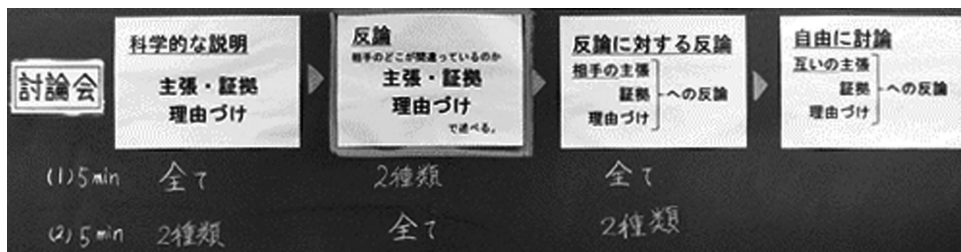


Figure 16 アーギュメンテーションの構造の説明

違っているかを証拠や理由づけを用いて発言できる、(条件3) 1回のアーギュメンテーションの中で複数回の反論を行うことができる。この説明は、デザイン指針(2)「反論の説明」に基づいていた (Figure16)。個人でアーギュメントを記述した後、学習者は3～4名のグループで3回目のアーギュメンテーションを行った。このアーギュメンテーションでも、デザイン指針(1)「グループ編成」に基づくグループ編成が行われた。

第4段階では、帯電した物質を帯電していない物質に近づける実験を行い、単元のまとめを行った。まず学習者は、帯電したストローを、帯電していない針金、プラスチック定規、ガラス棒、ネギ、プリッツに近づける実験を行った。その後学習者はすべての実験結果を再確認し、「電気を通さないものはすべて、摩擦によって帯電する」という概念が科学的に妥当であることを確認した。

3.2.2 分析フレームワークと評価ルーブリックの応用

(1) 方法

①対象

対象は授業に参加した小学校6年生37名であった。

②手続き

学習者は、単元の第1段階、第2段階、第3段階において、指定されたグループ(計11)に分かれ、上述の2つの仮説はそれぞれ正しいか、間違っているかについてのアーギュメンテーションを約15分間行った。その際の音声はICレコーダで記録された。

③収集したデータ

学習者のアーギュメンテーションを録音した音声データを分析対象とした。データの詳細は、1回目のアーギュメンテーションで録音した約15分の音声データが11グループ分、2回目のアーギュメンテーションで録音した約15分の音声データが10グループ分、3回目のアーギュメンテーションで録音した約15分の音声データが11グループ分であった。

④分析

以下の手続きで、個人単位のアーギュメンテーションレベルを同定した。各回のアー

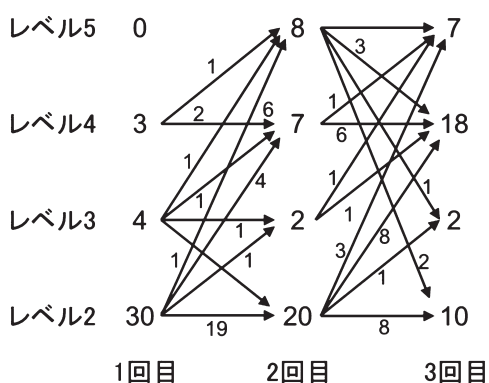


Figure 17 アーギュメンテーションレベルの遷移

ギューメンテーションにおける児童個人の発言について、3.1.2 (2)の Table 8 の基準により、レベルの評定を行った。発言が複数ある児童については、同定された発言のうち最も高いレベルのものを、その児童のアーギュメンテーションレベルとした。1回のアーギュメンテーションの中で、レベル4と同定される発言（明確な反論）が2回以上行った場合は、レベル5と同定した。分析は2名が独立して行い、協議により不一致点を解消した。

(2) 結果

各回のアーギュメンテーションにおける学習者のアーギュメンテーションレベルとその変化を Figure17に示す。1回目から3回目にかけて、レベル2の学習者が30人から10人に減少し、レベル4の学習者は3人から18人に、レベル5の学習者は0人から7人に増加した。学習者のアーギュメンテーションレベルを測定時点間で比較するために Friedman 検定を実施したところ、有意差があった。Ryan 法による多重比較の結果、学習者のアーギュメンテーションレベルは、1回目と2回目、1回目と3回目の間で有意な向上が認められた。2回目と3回目の間に有意差はなかった。

(3) 考察

分析の結果、学習者のアーギュメンテーションレベルは、1回目から2回目にかけて有意に向上した。アーギュメンテーションの1回目では、デザイン指針(1)に基づいたグループ編成が行われなかったが、2回目ではデザイン指針(1)に基づき、異なる仮説を支持する学習者が併存するグループ編成がなされた。この点から、デザイン指針(1)「グループ編成」は学習者のアーギュメンテーション・スキルを育成することに寄与したと考えられる。一方、2回目から3回目にかけてのアーギュメンテーションレベルの向上は、有意水準に達しなかった。3回目のアーギュメンテーションでは、デザイン指針(1)に基づいたグループ編成に加え、デザイン指針(2)「反論の説明」に基づいた支援が提供された。新たな支援による向上が検出できなかったことから、デザイン指針(2)については、改善の必要があると考えられた。

4. 成果と今後の課題

科学的思考とその表現のスキルとしてのアーギュメント・スキルは、理科教育の核をなす目標の1つであるが、その獲得は、児童にとって易しいものではない。公立小学校の高

学年で実施した実態調査からは、ライティングのアーギュメントに関わって、証拠（データ）をベースに考えることや、証拠を用いて科学的な説明を組み立てることの難しさが明らかになった。アーギュメントの明示的な訓練を組み込んだ実験授業の結果、アーギュメントの記述にあたり、主張の根拠を示すことは身についた。しかし効果は部分的なものにとどまり、根拠を示す際に証拠と関連づけとの両方に言及することは、十分に獲得されたとは言えない結果であった。

オーラルのアーギュメントについては、反論のスキルを育成するためのデザイン指針を組み込んで、小学校理科における試行的な単元開発を行い、小学生のアーギュメンテーションを分析するためのフレームワークとループリックの試作版を開発した。しかし、開発したループリックによる評定において、評定者間一致率があまり高くなかったことから、今後の研究では、フレームワークとループリックの精緻化が課題となる。また、単元の中盤から終盤にかけては、アーギュメンテーションのレベルの向上が見られなかったことから、単元における支援を改善していく必要性が示唆された。

上記の活動と平行して、思考力についての先導的な実践を行っている国内の実践現場の他、科学的アーギュメント関する海外の先端的な研究拠点である Boston College を訪問した。Boston College では、研究代表者である Dr. Katherine L. McNeill および共同研究者と面談し、実践事例に関する資料を収集するとともに、ライティングのアーギュメントを扱った研究に関する助言をいただいた。McNeill らが実施している教授方法の具体的内容や、アーギュメントに対する意識などにおける児童生徒の実態など、公刊論文からは伺えない情報も含まれ、貴重な助言であった。議論の中で、次のような課題が明らかになった。まず、アーギュメント・スキルの獲得を転移課題で測定することについて、4週間程度の単元ではスキルの転移が難しく、複数の単元で継続してアーギュメントを指導する必要性を指摘された。また、実験授業で実施した相互評価について、児童が他児のアーギュメントをどのように講評していたかを解明すること、そして実態を元に、評価活動を向上させる手だてを講じることの必要性が示された。

今回得られた成果と課題とを元に、引き続き、小学生に対する教授の効果をより高める方法を検討するとともに、McNeill らが提唱したより複雑な構造を持つアーギュメントを視野に入れ、中高生を対象にした教育実践との接続を考えながら、理科授業の開発を継続していきたい。

【謝辞】

本研究の実施に際して、神山真一氏、山本智一氏、稲垣成哲氏、村津啓太氏にご協力頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

【引用文献】

- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Supporting argumentation through students' questions: case studies in science classrooms. *Journal of the Learning Sciences*, 19, 230-284.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (Eds.) (2008). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- 井上尚美・尾木和英・河野庸介・安芸高田市立向原小学校(編)(2008). 国語科・授業改革 双書No. 4 思考力を育てる「論理科」の試み 明治図書.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2011). *Supporting grade 5-8 student in construing explanation in science*. Boston, U.S.A.: Person.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004a). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 994-1020.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004b). *Ideas, evidence and argument in science project*. London: Nuffield Foundation.
- Sandoval, W.A., & Millwood, K.A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23, 23-55.
- 鈴木宏昭 (2009). 学びあいが生み出す書く力：大学におけるレポートライティング教育の試み 丸善プラネット.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. New York, U.S.A. : Cambridge University Press.
- van Eemeren, F. H., & Grootendorst, R. (2004). *A systematic theory of argumentation: The pragma-dialectical approach*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 山本智一・坂本美紀・山口悦司・稲垣成哲・村津啓太・中山迅・大島純・大島律子・村山功・竹中真希子 (2011). 小学生におけるアーギュメント・スキルの育成：野生動物との共生問題を扱った総合的な学習の授業デザインと分析 科学教育研究, 35, 245-255.