

アーギュメント・スキルを高める授業の試み

－スーパーサイエンスハイスクール学校設定科目「科学探究」の実践を通して－

梶山 耕成

本論文では、スーパーサイエンスハイスクール学校設定科目「科学探究」において、アーギュメント・スキルを高めることを目的とした授業の内容とその評価を報告する。高等学校第1学年(2019年度197名, 2020年度201名, 計398名)に対し、科学的イシューを題材にしてアーギュメンテーションを行わせたところ、次に示す成果が明らかになった。(1) 科学の知識を得る場面や科学的に探究する過程においてアーギュメンテーションの果たす役割の重要性を認識した。(2) アーギュメンテーションは社会的な課題を解決し、国際社会で生きていくうえで必要なスキルであるとの意識を持つようになった。その一方で次の課題が示された。(3) アーギュメンテーションの構成要素である反論や反駁に対して自分の考えを説明することが困難であった。これらの成果と課題を踏まえ、理科教育における「主体的・対話的で深い学び」とアーギュメンテーションとの関連性を考察し、今後の理科教育の在り方を展望する。(注)

1. はじめに

1.1 アーギュメンテーションの理論的枠組み

アーギュメンテーション研究において、その理論的枠組みの淵源をトゥールミン (Toulmin, 1958)¹⁾ に求めることについては多くの教育研究者に共有されている。ここでトゥールミンは、ある命題が理性的な判断によるものであるためには、主張 (Claim)、データ (Data)、根拠 (または保証) (Warrant)、根拠 (または保証) の裏付け (Backing)、限定詞 (Qualifier)、反駁 (Rebuttal) の6つの構成要素 (Toulmin's Argument Pattern; TAP) から組み立てられていることが必要だとした。その一方で、トゥールミンの提案は、「現実世界での推論をより確実なものとしようとした場合に満たすべき基準を、法廷での論証過程をモデルに提案」したものであり、現実的に考えて、データ、根拠 (保証)、根拠 (保証) の裏付け、といった高度に構造化された理由付けの生成を期待することはできないと指摘した意見もある (富田・丸野, 2004)²⁾。

こうした指摘を受けて、理科教育における枠組みに適応したものに改良する必要性に言及した事例として、Osborne, Erduran & Simon (2004)³⁾ は、6つの構成要素 (TAP) を基本としつつ、データ、根拠、根拠の裏付けを“grounds”としてまとめた改良型枠組みを提案している。また、アーギュメンテーションの質を評価するための枠組みを提案した事例も報

告されている。(Sampson, Clark, 2008⁴⁾; Sampson, Grooms & Walker, 2011⁵⁾)。

1.2 国内外におけるアーギュメンテーション研究の概要

理科教育 (Science Education) におけるアーギュメンテーションの必要性や果たす役割・効果について、多くの知見が蓄積されつつある。例えば、Bricker and Bell (2008)⁶⁾ は、アーギュメンテーションの理論的枠組みを理科教育以外の様々な領域 (論理学、アーギュメンテーション理論、科学、科学哲学、歴史学、人類学、科学と社会、認知心理学) から捉え直し、アーギュメンテーションをすることは、単に証拠を伴う主張を行い、理論的に考える力を養うといったアーギュメント・スキル (Argument skill) を学習するだけではなく、異なる考えを理解しあうことを通して、考えの違いを解消する、科学に関する論争について他者を説得する、洗練された科学的な言葉を使用する、意思決定するなどの能力の伸長をもたらす意義があるとし、科学の知識を獲得するだけでなく、こうした認知的な能力を養う点においてもまた、アーギュメンテーションを授業に取り入れることは重要であると主張している。さらに、科学の学習によって獲得したアーギュメンテーションの考え方やスキルは、日常会話での実践に拡張する効果も期待できるとし、アーギュメンテーションを教育に取り入れる有用性を強調している。

また、アーギュメンテーションが科学のはたらきや科学者間で果たしている役割に着目し、理科教育でアーギュメンテーションを学習する必要性を主張する報告もある。例えば、Lawson (2003)⁷⁾は、科学者が行っている仮説-予測アーギュメンテーション(hypothetic-predictive argumentation)を通して、代替仮説の生成とそのときの科学的議論のパターンに注目し、理科教育において仮説-予測アーギュメンテーションをすることは、生徒の科学概念の理解やアーギュメント・スキルの向上にとって有用であると主張している。

次に、アーギュメンテーションを取り入れた授業実践とその成果に目を向けると、例えば、小学生第5学年を対象として、1年間アーギュメンテーションに焦点を当てた授業を行った結果、児童は科学的なアーギュメントの記述能力が向上し、科学的なアーギュメンテーションに対する理解が深まった(McNeill, 2011)⁸⁾、また、中学生を対象として、科学的イシュー(scientific issues)についてアーギュメンテーションすることで、ツールミンが示した構成要素の質が向上したと明らかにしている(Osborneら, 2004)³⁾。さらに、高校1年生を対象として、アーギュメント主導型探究学習(Argument-Driven Inquiry; ADI)を実践した結果、生徒は主体的にアーギュメンテーションに参加し、より質の高いアーギュメンテーションをおこなうようになった(Sampsonら, 2011)⁵⁾と報告するなど、アーギュメンテーションを取り入れた授業に一定の効果があることがうかがえる。

その一方で、アーギュメンテーションの実践については課題も指摘されている。例えば、児童は正確で適切なアーギュメンテーションに困難を感じており、日常会話にこうしたアーギュメンテーションの方法が反映されにくい(McNeill, 2011)⁸⁾、また、高校生対象の調査によると、アーギュメンテーションの効果は限定的であって、生徒ごとに課題の理解に差が生じる(Sampsonら, 2008)⁴⁾、といった指摘がある。さらに、Newton, Driver, Osborne (1999)⁹⁾によるイギリスでの理科教師への調査によると、アーギュメンテーションを取り入れた授業実践は非常に少なく、その原因として教師の実践技能が不足している、ナショナルカリキュラムで規定された学習内容を完全に実施しなければならないという圧力を感じているといった点を指摘している。

国内のアーギュメンテーション研究では、泉(2011a)¹⁰⁾は、イギリスの教師教育プログラムであるIDEAS (Ideas, Evidence and Argument in Science)を検討し、アーギュメント指導の観点や授業方略を

提案している。さらに、理科の授業の中でアーギュメンテーションを生じさせる授業方略を考案、中学3年生を対象に実施した結果、科学的な根拠を伴った主張ができるようになるなどの有効性を明らかにしている(泉, 2011b)¹¹⁾。また、坂本, 山口, 西垣, 山本, 稲垣(2012a)¹²⁾は、記述のアーギュメントを対象としたこれまでの論文等をレビューすることによってアーギュメントの評価フレームワークを分析し、共通して「主張、データ、保証と保証の裏付けの3要素」を評価対象としていることを明らかにしている。さらに、小学校高学年を対象とした定量的、定性的課題について記述内容を分析した結果、「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」と指摘する(坂本, 山本, 山口, 西垣, 村津, 稲垣, 2012b)¹³⁾など、理論・実践の両方向から取り組んだ研究の知見が蓄積されつつある。

1.3 問題の所在

平成28年中央教育審議会(答申)¹⁴⁾において、子供たちの現状と課題として、「判断の根拠や理由を明確に示しながら自分の考えを述べたり、実験結果を分析して解釈・考察し説明したりすること」が不十分であると指摘し(同答申, 5-6)、こうした点を踏まえ、子供たちに育てたい姿として、「対話や議論を通じて、自分の考えを根拠とともに伝えるとともに、他者の考えを理解し、自分の考えを広げ深めたり、集団としての考えを発展させたり、他者への思いやりを持って多様な人々と協働したりしていくこと」(同答申, 13)を示している。これらの内容は、アーギュメンテーションの枠組みとして認知されているTAPとの類似性が高く、さらに「他者の考えの理解」や「多様な人々との協働」の重要性を指摘する点については、例えば先に示したBrickerら(2008)⁶⁾の主張と重なる部分も多い。

次に、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向け、理科における学習方法の事例として「例えば、課題の設定や検証計画の立案、観察・実験の結果の処理、考察・推論する場面などでは、あらかじめ個人で考え、その後、意見交換したり、議論したりして、自分の考えをより妥当なものにする学習場面を設けること」(同答申, 149)を挙げている。ここで示している個人の考え、意見交換、議論、自分の考えの再構築といった学習過程は、アーギュメンテーション学習の意義を単にその技能の習得だけにとどめず、「主体的・対話的で深い学び」へと発展させた視点で扱っているという特徴がある。

こうした対話的な活動を積極的に取り入れた理科授業の実践報告も報告されているが、小学校（坂本ら、2012b¹³⁾；藤本、佐藤、益田、小倉、2017¹⁵⁾；野原、田代、森本、2019¹⁶⁾）、あるいは中学校（泉、2011¹⁰⁾）での事例が見られる一方、高等学校を対象とした報告は非常に少ないのが現状である。

そこで、本論文では、筆者が所属する高等学校において、スーパーサイエンスハイスクール学校設定科目「科学探究」（今後、「SSH 科学探究」と記述する）の授業において、アーギュメント・スキルの獲得を目指した授業の実践内容を報告し、成果及び課題を示す。また「主体的・対話的で深い学び」との関連性や理科教育の今後の在り方を展望する。

2. 研究の目的

理科の内容に関する課題（科学的イシュー）について、アーギュメンテーションを取り入れた活動を行うことによって、アーギュメント・スキルが生徒に養われたか検証する。また、「主体的・対話的で深い学び」とアーギュメンテーションとの関連性について考察すると共に、理科教育におけるアーギュメンテーションの役割について展望する。

3. 研究の方法

3.1 調査概要

調査対象 高等学校第1学年5クラス（2019年度197名、2020年度201名、合計398名）
 実施期間 2019年4月～12月、及び2020年5月～12月の2か年
 評価方法 4段階尺度法によるアンケート調査結果の分析

3.2 調査の基本的枠組み

富田ら（2004²⁾）が示した合理的アーギュメント・スキル獲得の仮説的プロセス・モデルでは、スキルの領域、アーギュメント・スキルを構成する要素をスキルが育まれる場とともにまとめている。図1（一部省略、改変）はその内容を示したものである。図1を参考にして、授業対象生徒が高等学校1年生である点を考慮しアーギュメント・スキルの獲得状況を調査するための枠組みを表1のように整理した。この枠組みに従って質問紙を作成し（資料1）、全授業時間数6時間（各クラス）の4時間目と最終授業の6時間目の計2回アンケート調査を実施した。

スキルの領域	アーギュメント・スキルを構成する要素		
アーギュメントの目的・価値			探究的な姿勢 「評価主義的」な素朴認識論の獲得
アーギュメントを支える認知能力	他者の視点の理解 情動抑制能力		「理論」と「根拠」の区別（メタ認知） 状況に応じた表象操作の能力
アーギュメントの修辭的形式	理由付けの基本的語彙	基本的な論の組み立て	高度な論の組み立て
スキルが育まれる場	家庭で交わされる会話		
	友人とのやりとり		
	幼稚園・保育所等	学校教育	大学教育、職業活動

図1 富田ら（2004²⁾）による合理的アーギュメント・スキル獲得の仮説的プロセス・モデル（一部省略、改変）

表1 アーギュメント・スキルの評価枠組み

スキルの領域	アーギュメント・スキルを構成する要素	調査の視点
アーギュメントの目的・価値	「評価主義的」な素朴認識論の獲得	アーギュメンテーションをすることによって、ものごとの正しさが人々の吟味・検討や評価を通じてはじめて決まるという考えを支持している。
アーギュメントを支える認知能力	「理論」と「根拠」の区別（メタ認知）	自分の主張に対し、妥当なデータ、根拠を示している、また反論を想定し、その反論に対し反駁するといった形で自分の考えを対象化してアーギュメンテーションが組み立てられている。
	状況に応じた表象操作の能力	自己内対話や他者との対話の過程で生み出される新たな視点や気づきに対応して自分の考えを絶えず更新している。
アーギュメントの修辭的形式	基本的な論の組み立てから高度な論の組み立て	主張、理由付け（推論）、反論と言ったアーギュメントの構成要素を体系化している。

ここで、「アーギュメントの目的・価値（スキルの領域）における『評価主義的』な素朴認識論の獲得」では、調査の視点を次の4点の下位項目に細分化した内容を調査した。

- ・自己内におけるアーギュメンテーションの価値の認識（「自己内での価値」と表記）
- ・科学におけるアーギュメンテーションの役割の認識（「科学における役割」と表記）
- ・アーギュメンテーションの科学領域以外への使用の有効性（「科学以外での有効性」と表記）
- ・アーギュメンテーションへの主体的な関与（「主体的な関与」と表記）

4. 実践内容

本実践は、「SSH 科学探究」（2単位）の授業で実施した。この学校設定科目のねらいは、学際的な領域を研究テーマの対象とした課題研究を行うにあたり、必要な知識・技能を獲得すると共に、課題発見能力を身に付けさせることである。そのための目標の一つに科学的リテラシーへの理解を挙げ、高等学校第1学年全5クラスを対象とした、5名の教員（専門教科はそれぞれ国語、社会、数学、理科、英語）による講義、複数教員によるティーム・ティーチング、外部講師による特別講義を実施している。筆者は理科担当として、1、2学期、それぞれ3時間/1クラス、計6時間/1クラスの授業を全クラス、計30時間実施した。指導計画は次のとおりである。

1 学期

1 時間目：科学の働きにおけるアーギュメンテーションの役割と Toulmin モデルの説明

2 時間目：Example 1 の取り組み

3 時間目：Example 2 の取り組み、教師によるまとめ

2 学期

4 時間目：アンケート調査（第1回目）

Example 3 の取り組み

5 時間目：Example 4 の取り組み

6 時間目：Example 4 の取り組み（続き）

アンケート調査（第2回目）

Example 1～4 の取り組みでは、1グループ3～4人によるアーギュメンテーションと、配布資料に記述する活動を行った。また、Example3 と Example4-1 では演習実験、または生徒実験をする活動も併せて行った。

なお、授業で使用した Example1～4 は、Osborne, Erduran, Simon, Monk (2001)¹⁷⁾, Sampson, Clark (2008)¹⁸⁾ が示した内容を、生徒が記述する欄を設ける、図を挿入する等の修正を加え使用した。（資料2参照）

5. 結果

5-1 アーギュメンテーションの目的・価値：評価主義的な素朴認識論の獲得

先に示したアーギュメンテーションに関する4つの視点、「自己内での価値」、「科学における役割」、「科学以外での有効性」、「主体的な関与」のそれぞれについて、質問紙「質問Ⅱ」1～14（資料1参照）の第2回目のアンケート調査を分析した。表2は、2か年を合わせた度数分布割合を調べた結果（有効回答数 N = 328～359）を示している。ただし、質問番号4, 5, 10, 13は逆バイアスの質問である。得られた結果から、生徒はアーギュメンテーションの価値を認め（「自己内での価値」、質問番号1,2）、科学における役割を認識し（「科学における役割」の特に質問番号6, 7）、社会的な課題や国際問題を考えていくうえでの有効性を認め、（「科学以外での有効性」、質問番号8, 9）、さらに今後学習する価値を見出している（「主体的な関与」、質問番号14）ことが見て取れる。

表2 アーギュメンテーションの目的・価値（%）（質問番号の「-」記号は逆バイアスの質問を表している。）

質問番号	自己内での価値		科学における役割					科学以外での有効性			主体的な関与			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-	11	12	13-	14
よく当てはまる	72	78	52	21	4	47	60	65	75	4	38	41	7	60
やや当てはまる	24	20	36	36	9	46	36	29	22	7	49	45	13	34
やや当てはまらない	3	2	11	31	46	7	3	6	3	39	10	11	55	5
全く当てはまらない	1	0	1	12	41	0	0	1	1	49	3	3	25	1

5-2 アーギュメントを支える認知能力、およびアーギュメントの修辭的形式

授業を通して、どのようなアーギュメント・スキルを得たか、質問Ⅰ（質問番号1-8）について、2か年の授業実施後の結果（第2回目、N = 312~314）について検証した。表3は得られた結果を示す。

「アーギュメントを支える認知能力」について、自分の主張、データや根拠等のアーギュメンテーションにおける構成要素を考え直し（質問番号1-4）、「アーギュメントの修辭的形式」である基本的な論を組み立てること（質問番号6）への達成度は高い。その一方で、相手のデータや根拠、また相手からの反論への対処といった高度な論の組み立て（質問番号7, 8）は十分達成されていなかったと認識している姿がうかがえる。

5.3 授業後の変化

生徒は、授業途中（Preと表記）から授業終了時（Postと表記）においてアーギュメンテーションの意義や価値をどのように変容させたのだろうか。質問ⅡについてPreとPostの結果を比較して検討した。2019年度と2020年度では質問Ⅱについて変更した生徒の割合は、それぞれ4.0%、11.4%と大きく異なっていたので、それぞれの年度に分けて表4、表5に示す。ただし、選択肢は4が「よく当てはまる」、1が「全く当てはまらない」を示す。したがって4段階平均値が高いほど、生徒は質問内容に同意していることを示している。また、両側t検定(差の検定)

をしたところ、質問番号にある*は有意差0.05%で、**は有意差0.01%で有意に変化したことを、また「-」記号は4段階平均値が減少したことを示している。なお、この結果は、それぞれの年度の全生徒（N=193, N=182）に対して同様の解析を行った内容と同等の傾向を示した。

2か年のそれぞれの結果に共通する変化として、質問3, 5, 12が挙げられる（ $p < 0.01\%$, $p < 0.05\%$ ）。質問3と5は科学の知識についてアーギュメンテーションの果たす役割の重要性を認める点、また質問12は、科学の学習以外にもアーギュメンテーションを活用したいという肯定的な態度を示している点に特徴が認められる。

6. 考察

富田ら（2004）²⁾は、アーギュメント・スキルの獲得過程とそれを左右する要因について仮説的モデルを提示し、その中でアーギュメントの目的・価値を知る上で、「評価主義的」（ものごとの正しさが人々の吟味・検討や評価を通じてはじめて決まるという価値観）な素朴認識論の獲得に影響を与え促進される場面として、小学校での教科教育、特に理科教育を挙げている。

ここでは「誤った素朴理論が実験や観察等によって覆されるといったような経験をする中で、子どもは、事物の正しさが根拠に裏付けられるということを学」ぶ経験が重要であるとしている。さらに、

表3 アーギュメント・スキルの獲得 (%) (N = 312~314)

スキルの領域 アーギュメント・スキル を構成する要素	アーギュメントを支える認知能力					アーギュメントの修辭的形式		
	理論と根拠の区別		状況に応じた表象操作の能力			基本的な論の組み立てから高度な論の組み立て		
質問番号	1	2	3	4	5	6	7	8
よく当てはまる	52	50	41	44	31	41	32	30
やや当てはまる	42	45	46	48	37	46	52	44
やや当てはまらない	5	5	1	8	26	12	16	24
全く当てはまらない	0	0	0	0	7	1	1	2

表4 2019年度 4段階平均値 pre-post 変化

質問番号	1	2**	3**	4-	5**-	6	7	8-	9-	10	11	12*	13	14
Pre	3.17	2.83	2.80	2.60	2.17	3.00	2.80	3.67	3.20	1.88	2.55	2.73	2.25	3.14
Post	3.33	4.00	3.70	2.40	1.50	3.67	3.40	3.33	3.00	2.25	3.09	3.55	2.50	3.57

表5 2020年度 4段階平均値 pre-post 変化

質問番号	1	2	3**	4-	5**-	6**	7*	8	9	10**-	11**	12**	13**-	14**
Pre	3.27	3.27	2.78	2.64	2.36	3.00	3.00	3.22	3.07	2.45	3.08	2.96	2.57	3.18
Post	3.53	3.55	3.56	2.38	1.64	3.69	3.64	3.44	3.60	1.59	3.68	3.61	1.86	3.91

活発な議論に継続的に参加することで、個人の生成するアーギュメントの質が高められるとも述べ、理科教育とアーギュメントの親和性、及び継続した学習活動の重要性を指摘している。

今回、2か年、延べ約400名の生徒に実施したSSH科学探究の学習を通して、生徒はアーギュメントの目的・価値を肯定的に捉え、さらにアーギュメントを支える認知能力を向上させたことがわかった。特に結果5-1、5-3で示した通り、科学の知識、また科学的に探究する過程においてアーギュメンテーションの果たす役割の重要性を認識したことがわかった。さらにアーギュメンテーションは社会的な課題の解決や、国際社会で生きていくうえで必要なスキルであるとの考えを持つように変容したことも明らかになった。その一方で、結果5-2で示したように、トゥールミンが明示したアーギュメンテーションの構成要素である反論や反駁に対して自分の考えを説明することが困難であると感じていることも明らかになった。富田ら(2004)²⁾は、議論に「短時間の単発的な介入で、個人のアーギュメント・スキルが本質的に改善されているとは考えにくい」とも述べ、アーギュメント・スキルの育成における課題を指摘している。まさに、今回6回/年にわたって実施したSSH科学探究の授業の限界を指摘したものと受け止めたい。

理科教育における「主体的・対話的で深い学び」との関連性からアーギュメンテーションの果たす役割を見た場合、今回実施したSSH科学探究の授業は、どのように評価することができるだろうか。言うまでもなく、理科は、自然の事物・現象に対して観察や実験を通して働きかけ、対象を把握し、得たことがらを言語その他の方法をつかって表現する活動であり、理科教育はこうした活動を通して科学的な見方・考え方を養うことが求められている。ここで示した個々の活動において、高等学校学習指導要領解説(理科編、理数編)では「他者とのかかわりの中で自分の考えをより妥当なものにする力が求められる」点を指摘している¹⁹⁾。SSH科学探究の授業目標であるアーギュメント・スキル、特にデータとその根拠となる考えを足がかりに自分の主張を展開するといったスキルを用いて他者と対話することは、自分(主体)と他者とのかかわりを、論理的で一貫性を持った関係に誘導し、深い学びとなるための役割を担うという意義があるのではないだろうか。SSH科学探究の授業を通して、生徒はアーギュメント・スキルを科学的イシューから社会的な課題の解決のツールとして適応させる意義や必要性を認識してきた。このことは、今回実施した授業は単に理科教育のみに留まらず、他の教科領域においても取り扱う

意義を示している。今後、アーギュメンテーションの文献研究、理論研究や実践方法の改良等、多方面から益々盛んに論じられ、実践されることを期待したい。

注

「議論」について、アーギュメント(argument)とアーギュメンテーション(argumentation)とを区別する場合がある(例えば、argumentはToulmin modelにおける、data, claim, warrants, rebuttalといったargumentationの構成要素を、また、これらの関係性を示した内容をargumentationとする³⁾²⁰⁾。本論文ではこれらの用語の違いを区別せず、アーギュメンテーションとして記述する。ただし、引用等との整合性を考慮する必要がある場合は、引用文献の記述を考慮して書き表す場合もある。また、本論文で用いる「対話」とは、森本(2013)²¹⁾が示すように、「対話とは、子ども同士、あるいは子どもと教師とが互いに考えを価値づけ、追究することを通して、一つのコンセンサスを捉えていこうとする活動である。」と捉え、アーギュメンテーションとは区別する。

引用・参考文献

- 1) Toulmin, S., *The uses of argument*, New York, U.S.A., Cambridge University Press, 1958.
- 2) 富田英司, 丸野俊一, 「思考としてのアーギュメント研究の現在」, 『心理学評論』, 47(2), 2004年, 187-209.
- 3) Jonathan Osborne, Sibel Erduran, Shirley Simon, “Enhancing the Quality of Argumentation in School Science”, *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 2004, 994-1020.
- 4) Victor Sampson, Douglas Clark, “The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation”, *Science Education*, 93(3), 2008, 448-484.
- 5) Victor Sampson, Jonathon Grooms, Joi Phelps Walker, “Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study”, *Science Education*, 95(2), 2011, 217-257.
- 6) Leah A. Bricker, Philip Bell, “Conceptualization of Argumentation From Science Studies and the Learning Sciences and Their Implications for the Practices of Science Education”, *Science Education*, 92(3), 2008, 473-498.
- 7) Anton E. Lawson, “The nature and development of hypothetic-predictive argumentation with implications for science teaching”, *International*

- Journal of Science Education*, 25(11), 2003, 1387-1408.
- 8) Katherine L. McNeill, "Elementary Students' Views of Explanation, Argumentation, and Evidence, and Their Abilities to Construct arguments Over the School Year", *Journal of Reserarch in Science Teaching*, 48(7), 2011, 793-823
 - 9) Paul Newton, Rosalind Driver, Jonathan Osborne, "The place of argumentation in the pedagogy of school science", *International Journal of Science Education*, 21(5), 1999, 553-576.
 - 10) 泉 直志, 「理科教育におけるアーギュメント導入のための授業方略－IDEASプロジェクトに焦点をあてて－」, 『理科教育学研究』, 52(2), 2011a年, 11-21.
 - 11) 泉 直志, 「アーギュメントの構成要素を取り入れたワークシートの開発と実践」, 『日本科学教育学会研究会研究報告』, 26(5), 2011b年.
 - 12) 坂本美紀, 山口悦司, 西垣順子, 山本智一, 稲垣成哲, 「理科教育における記述のアーギュメントの評価フレームワーク」, 『科学教育研究』, 36(4), 2012a年, 356-367.
 - 13) 坂本美紀, 山本智一, 山口悦司, 西垣順子, 村津啓太, 稲垣成哲, 「アーギュメント・スキルに関する基礎調査－小学校高学年を対象としたスキルの獲得状況－」, 『科学教育研究』, 36(3), 2012b年, 252-261.
 - 14) 文部科学省, 「幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申)」 (平成 28 年 12 月 21 日 中央教育審議会)
 - 15) 藤本義博, 佐藤友梨, 益田裕充, 小倉恭彦, 「主体的・対話的で深い学びを促進する教師の発話による働きかけに関する実証的研究－小学校第 5 学年「川のはたらき」の授業において－」, 『理科教育学研究』, 58(2), 2017年, 159-173.
 - 16) 野原博人, 田代晴子, 森本信也, 「子どもにおける科学概念構築を促す対話的な理科授業のデザインとその評価」, 『理科教育学研究』, 59(3), 2019年, 443-455.
 - 17) Jonathan Osborne, Sibel Erduran, Shirley Simon, Martin Monk, "Enhancing the quality of argument in school science", *School Science Review*, 82(301), 2001, 63-70.
 - 18) VICTOR SAMPSON, DOUGLAS CLARK, "The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation", *Science Education*, 2008, 448-484.
 - 19) 文部科学省, 『[理科編・理数編] 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説』, 10.
 - 20) Richard A. Duschl, Jonathan Osborne, "Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education", *Studies in Science Education*, 38, 2002年, 39-72.
 - 21) 森本信也, 『考える力が身につく対話的な理科授業』, 東洋館出版社, 2013年, 52.

A Challenge of the Advancements in Argumentation Skills Through "Integrated Science," a Super Science High School Subject

Kosei KAJIYAMA

Abstract:

This study explains "Integrated Science," one of the super-science high school studies, to promote argumentation skills and evaluate the implementation of the results. Arguing about scientific issues and researching 10th-year students' reactions, in which 197 in 2019 and 201 in 2020 participated (398 pupils in all), the pro and cons were as follows. First, students realized the importance of argumentation to understand scientific knowledge and its importance when researching science. Second, argumentation skills would be useful when tackling social and global issues. However, pupils were aware of some difficulties in explaining the rebuttal and the backing as Toulmin's Argument Pattern. Based on these results, the relation between "independent, interactive and deep learning" as advocated in the course of study and argumentation in the lesson are discussed, and the perspective on science education is reviewed.

資料 1 生徒質問紙（数字列，自由記述欄は省略）

次の質問Ⅰ，質問Ⅱの「問い」の内容について，

[4：よく当てはまる，3：やや当てはまる，2：やや当てはまらない，1：全く当てはまらない]

の中から1つ選んで丸で囲んでください。また質問Ⅰ，質問Ⅱについての考えや感想を書いてください。なお，アンケート調査の回答の内容は一切評価には関係しません。

質問Ⅰ あなたは，グループ内でアーギュメンテーションすることによって，自分のそれまでの考えにどのような影響を受けましたか。また，相手に対してどのような影響を与えたと感じましたか。

アーギュメンテーションすることで・・・

- 1 自分の主張を改めて考え直すことができた。
- 2 自分のデータや根拠を改めて考え直すことができた。
- 3 相手への反論や反駁について改めて考え直すことができた。
- 4 自分の主張，データ，根拠，反論について改めて全体的に考え直すことができた。
- 5 自分の主張が変わった。
- 6 相手の主張に対して自分の考えを説明することができた。
- 7 相手のデータ，根拠に対して自分の考えを説明することができた。
- 8 相手からの反論や反駁に対して自分の考えを説明することができた。

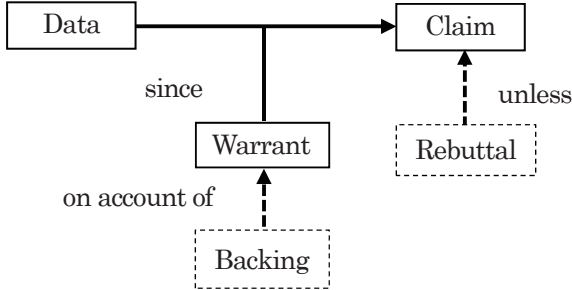
質問Ⅱ あなたは，アーギュメンテーションすることにはどのような意義や価値があると思いますか。

- 1 アーギュメンテーションは，課題に対する自分の主張をデータや根拠に基づいて示すうえで価値がある。
- 2 アーギュメンテーションは，課題に対する自分の主張とは異なる考えに触れ，同意，あるいは反論や反駁することによって自分の主張を評価し直すうえで価値がある。
- 3 アーギュメンテーションは，科学の知識はデータや根拠に支えられていることに気づくうえで重要な役割を果たしている。
- 4 科学の知識は，科学者によって十分確認されているので，私たちは科学の知識を知るためだけにアーギュメンテーションをする必要はない。
- 5 科学の知識は，科学者によって十分確認されているので，私たちは科学の知識を理解するためにアーギュメンテーションする必要はない。
- 6 アーギュメンテーションは，ある科学的な主張が正しいかどうかについて，客観的なデータや合理的な根拠に基づいているかどうかで判断することが重要である，との認識が深まるので価値がある。
- 7 アーギュメンテーションは，科学的に探究したり，データや根拠といった証拠に基づいて学習するとき重要である。
- 8 アーギュメンテーションは，さまざまな社会的な課題を考え解決するうえで有効である。
- 9 アーギュメンテーションは，今後，国際社会で生きていくうえで必要なスキルである。
- 10 アーギュメンテーションは，様々な社会的な課題の解決には役に立たないと思う。
- 11 アーギュメンテーションを科学の学習において使ってみたいと思う。
- 12 アーギュメンテーションを科学の学習以外においても使ってみたいと思う。
- 13 アーギュメンテーションを，現実のさまざまな課題に直面した時に使おうとは思わない。
- 14 アーギュメンテーションは，今後も学習する価値があると思う。

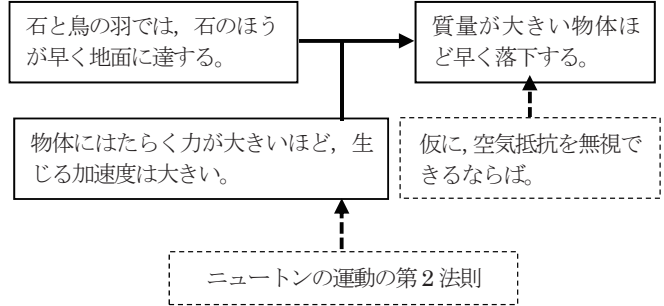
資料2 生徒配付資料

2. Structure of argumentation

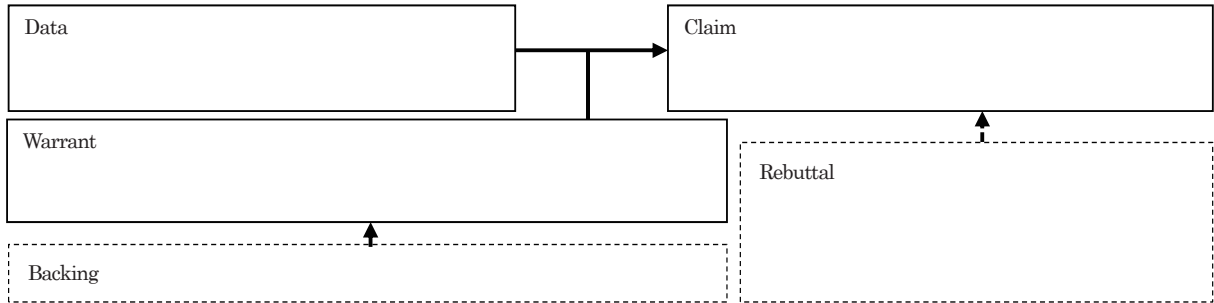
Toulmin's model



Example (ただしこの Claim は間違っています)



A Toulmin's (1958) 'Framework for argumentation'



Example1: Competing theories¹⁷⁾

Theory 1: Light rays travel from our eyes to the objects and enable us to see them.

Theory 2: Light rays are produced by a source of light and reflect off objects into our eyes so we can see them.

Which of the following pieces of evidence supports Theory 1, Theory 2, both or neither.

Discuss.

- A Light travels in straight lines.
- B We can still see at night when there is no sun.
- C Sunglasses are worn to protect our eyes.
- D If there is no light we cannot see a thing.
- E We 'stare at' people, 'look daggers' and 'catch people's eye'.
- F You have to look at something to see it.

(以下、生徒用書き込み欄は省略)

Example2: Understanding an argument¹⁷⁾

Which of the following arguments provide good evidence that matter is made up of particles, and why?

- A Air in a syringe can be squeezed.
- B All the crystals of any pure substance have the same shape.
- C Water in a puddle disappears.
- D Paper can be torn into very small pieces.

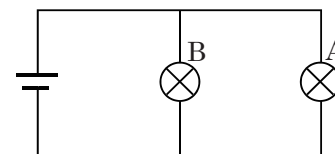
(以下、生徒用書き込み欄は省略)

Example3: Predicting, observing and explaining¹⁷⁾

Bulb A and Bulb B are two identical bulbs.

Which will happen to the brightness of lamp B when lamp A is unscrewed?

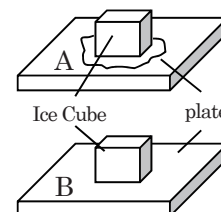
Discuss in your group and give reasons for what you think will happen.



(以下, 生徒用書き込み欄は省略)

Example 4-1: The Ice-Melting Blocks Problem¹⁸⁾

On the table in front of you are two different types of metal plates. One is made of copper; A and the other is made of aluminum; B. Place an ice cube on each plate and watch how long it takes for the ice cube to melt on each of these plates. Use the data provided to you in order to answer the following research question:



Why does the ice melt faster on copper plate; A?

Material	Density (g/cm ³)	Specific heat (J/(g·K))	Electrical resistivity (Ω·m)×10 ⁻⁸	Melting point (°C)	Thermal conductivity (W/(m·K)) at 0°C
copper	8.93	0.38	1.55	1084.5	403
aluminum	2.69	0.90	2.50	660.37	236

(以下, 生徒用書き込み欄は省略)

Example 4-2: Why Do Objects Feel Different Problem¹⁸⁾

Examine the following data table. It provides information about five different objects that have been sitting in the same room for 24 hours. The thermostat on the wall is set at 23°C .

Object	Mass (g)	Density (g/mL)	Temperature (°C)	How It Feels	Thermal Conductivity	Temperature Change When Placed in a 65°C Over for 15 Minutes (°C)
Metal Spoon	48	7.4	23.0	Cold	High	26
Pencil	20	0.7	23.1	Warm	Low	17
Empty Glass	64	2.6	23.0	Cool	Medium	21
Styrofoam Cup	34	0.01	23.0	Warm	Low	14
Penny	5	8.9	22.9	Cold	High	34

Use this information to answer the following research question:

Why do some objects feel hotter or colder than others even though they have been sitting in the same room for long periods of time?

(以下, 生徒用書き込み欄は省略)