

中学校理科におけるアーギュメントを用いた 考察の精緻化に関する研究

木下博義・西野 亘¹・風呂和志²
(2016年10月6日受理)

A Study on Method to Refine the Consideration with Argumentation
in Lower Secondary School Science

Hiroyoshi Kinoshita, Wataru Nishino¹ and Kazushi Furo²

Abstract: This study intended to devise a method of teaching science to encourage students to reconsider and refine the consideration with argumentation in lower secondary school students and to verify the effect of this method through teaching practice. In order to achieve it, a method of teaching was devised to aim refining the consideration based on the argumentation with viewpoint of fallacy. Then a lesson about “force and pressure” was conducted at a class of 40 first-grade lower secondary school students in order to verify the effect of the teaching method.

The results clarified that the devised teaching method contributed to encourage students to reconsider and refine with the viewpoint of fallacy with respect to the students that derived the consideration from the elements such as “data” “argument.”

Key words: Lower Secondary School Science, Consideration, Argument, Lesson Practice,
Fallacy

キーワード：中学校理科，考察，アーギュメント，授業実践，誤謬

1. 研究の背景

平成20年に告示された中学校学習指導要領では、観察・実験の結果を考察し表現する学習活動を重視することが示されている。また、考察の際には、小学校で身に付けた問題解決の力をさらに高めるとともに、観察・実験の結果を分析し解釈する能力の育成に留意することも示されている（文部科学省，2008）。

そこで、考察に関する先行研究を概観したところ、生徒の学習実態を調査したものや実験結果や理由付けなどの要素から考察を導出させるための指導を構想・実践したものなどが見られた。

例えば、木下ら（2012）は、中学生を対象に質問紙調査を行い、生徒の学習実態を明らかにしている。その結果、(a)生徒が仮説を設定する活動に比べ、考察を導出する活動が十分に行われていないこと、(b)生徒自らが仮説を設定したり考察を導出したりする活動に比べ、教師がまとめた考察を見て自分の考察を記述する活動が多く行われていることを明らかにしている。

また、考察を導出させる指導について松原(1997)は、中等教育段階の生徒の考察について、単語しか書かないことや結果と考察の区別ができていないことなどを指摘し、その克服のために定型文を提示して記述させる指導法を開発している。考察部分で生徒に提示したのは、「(結果)から(結論)と考えた。その理由は(根拠)だからである」という定型文である。定型文の有

¹尾道市立向島中学校

²広島大学附属三原中学校

効性として、考察を単語ではなく文章で書けるようになったと報告している。しかし、生徒が理由と結果を混同しているという課題が見られたことから、定型文の形式ではなく各要素についての認識が重要であることに論及している。

同様に、山本ら（2013a）は、小学生を対象に証拠、理由付けおよび主張という要素からなるアークギュメントを構成させ、主張として課題の答えを導出させる指導について研究している。その結果、児童が適切にアークギュメントを構成できるようになったことを明らかにしている。また、山本ら（2013b）は、適切かつ十分な証拠から主張として課題の答えを導出させる指導へと研究を発展させている。

これまで述べたことから、実験結果や理由付けなどの要素からなるアークギュメントを生徒に認識させ、主張としての考察を導出させる指導が有効であると考えられる。しかし、前述のアークギュメントに関する研究は、アークギュメントの構成能力の育成に主眼が置かれており、学習指導要領で求められている実験結果を分析し解釈して導出する考察に主眼を置いているものではない。このことから、アークギュメントに着目し、実験結果の考察を精緻化させる指導について検討することは意義があると考えられる。

2. 研究の目的

前項で述べた背景より、中学校理科においてアークギュメントを用いて考察を導出させ、生徒相互で反駁させることで考察を見直し精緻化させる指導法を考案し、授業実践を通してその効果を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

初めに、中学校理科においてアークギュメントを用いて考察を導出させ、アークギュメントの構成要素である反駁を生徒相互で行わせることにより、考察を見直し精緻化させる指導法を考案した。続いて、考案した指導法を取り入れ、中学校1年生を対象に授業実践を行った。最後に、ワークシートの記述を分析することにより、考案した指導法の効果を検討した。その詳細を以下に示す。

3.1 指導法の考案

指導法を考案するに当たり、まず考察を導出するまでの実験結果や理由付けなどの要素を生徒に認識させる形式について検討し指導法を考案した。

考察を導出するまでの要素については、アークギュメント研究の多くで援用され（坂本ら，2012）、モデルの要素が、理科授業でのアークギュメントを特徴付けるものであると考えられていることから、トゥールミンモデルを援用することにした（Osborne, Erduran & Simon, 2004）。

トゥールミンモデルには、図1に示す「データ」「論拠」「裏付け」「限定詞」「反駁」「主張」の6要素がある。「データ」は主張の正しさを支える保証となる事実であり、「論拠」はデータがなぜ主張内容の論拠となり得るのかを示すものであり、「裏付け」は論拠の妥当性を示すための理論や法則、規則といった一般原則を指すものである。また、「限定詞」は主張内容がどの程度確実であるかを示すものであり、「反駁」は主張に対して存在しうる例外を示し主張の適用範囲を特定するものであり、「主張」は結論として述べたいことである。

このうち「裏付け」は、理科の実験に当てはめると、科学的な法則や理論が該当する。本研究では、「主張（考察）」として科学的な法則を導くことになるため、「裏付け」と「主張」が重複することになる。よって、「裏付け」を除く、「データ」「論拠」「限定詞」「反駁」「主張」を適用することにした。

それぞれの要素を問題解決の過程に対応させることにし、表1にその対応を示す。そして、この対応にもとづき図2に示すワークシートを作成した。ただし、「データ」「論拠」と「主張」の関係性に対し反駁させることで考察の見直しをさせることを意図しているため、考察の欄を「主張1」「主張2」として二箇所に設けた。また、「限定詞」については、「たぶん」や「おそらく」など、言葉による表現が中学生にとって困難

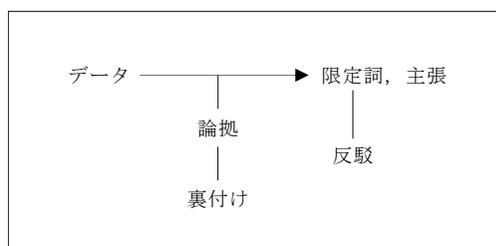


図1 トゥールミンモデル (Toulmin, 1958)

表1 構成要素と問題解決過程との対応

構成要素	問題解決過程との対応
データ	実験結果およびグラフ化
論拠	実験結果を分析し解釈した理由付け
限定詞	考察の蓋然性
反駁	例外条件の指摘
主張	考察

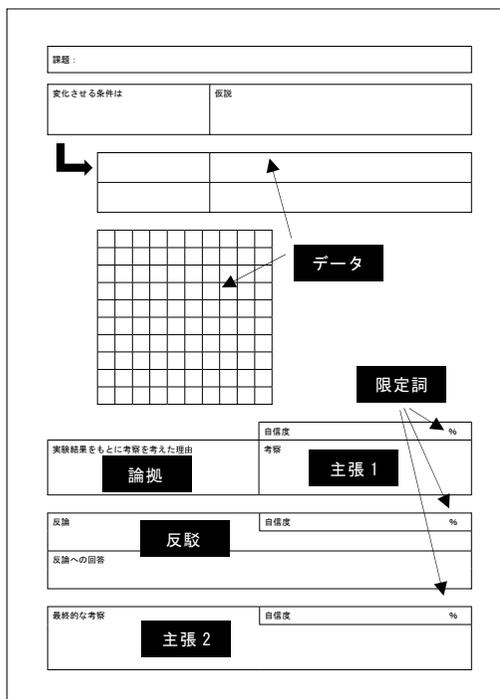


図2 作成したワークシート

であると考え、「自信度」として0%～100%の間で数値化させることにした。同様に「反駁」という言葉も中学生にとって理解しづらいため「反論」と置き換えた。

作成したワークシートにより、それぞれの要素を視覚化し、「データ」は表やグラフといった実験結果の記入欄として認識させ、「主張1」は考察とし、「論拠」は実験結果をもとに考察を考えた理由として、分析し解釈した思考を外化させることにした。そして、「反駁」は「データ」「論拠」と「主張1」の関係性の誤りを生徒相互で記入させた後、他者からの反駁に回答させることにした。最後に「データ」「論拠」「主張1」「反駁」を総合して「主張2」を記述させることにより、誤謬の視点で考察を見直し精緻化できるのではないかと考えた。

反駁をさせる際の視点については、実験結果を分析し解釈して考察を導出することを帰納と捉え、ツールミンモデルが要素間の論理的なつながりを構造化しているものであることから、塩谷(2012)のいう帰納法に関係する論理的な誤りである誤謬を視点として与えることにした。塩谷の分類によると帰納法に関係する誤謬は4つある。それは、「早すぎる一般化」「誤りのある標本」「観測結果の選り好み」「ステレオタイプ化」である。「早すぎる一般化」は、少ないデータから一般化を行う誤謬であり、「誤りのある標本」は結

論を出すうえでデータの偏りがある誤謬であり、「観測結果の選り好み」は主張にとって都合のよいデータのみを取り上げる誤謬であり、「ステレオタイプ化」は根拠もなく決め付ける誤謬である。

3.2 授業実践

考案した指導法の効果を検証するため、授業実践を行った。実践は、2014年11月～12月にかけて、広島県内の国立大学附属中学校1年生40名(男子20名、女子20名)を対象に5時間で行った。

単元は、中学校理科第1学年「力と圧力」の導入部分とした。これは、規則性を帰納的に導出するに当たり、中学校で初めて定量的な実験を扱う単元であるため、誤謬の視点による反駁について指導するには適していると考えたからである。

誤謬の視点を与えて反駁させる指導を授業に導入するに当たり、まずは誤謬を理解させる必要があると考えた。そこで4つの誤謬とツールミンモデルを対応させると、「早すぎる一般化」「誤りのある標本」「観測結果の選り好み」の3つは「データ」についての理解であり、「ステレオタイプ化」は「論拠」についての理解であると考えられる。さらに、「データ」「論拠」について、どのような指導が必要かを誤謬と対応させ、誤謬の理解を促すための指導の要点を表2のように考えた。

そして、表2の考えにもとづき誤謬に対する生徒の理解を促すとともに、誤謬の視点での反駁を具体的に生徒に理解させるため、誤謬の視点で教師が生徒の考察を評価した。また、誤謬の視点で事例的な反駁例を生徒に提示し、それを参照させながら反駁を行わせた。

具体的にはまず、事前に「データ」「主張」のみの要素があるワークシートを用い、実験課題「ボールを落とす高さ」と跳ね返る高さの関係を調べる」について、問題解決の過程に沿って活動を行わせた。そして、生徒が考察を導出した後に、教材提示装置を用いて生徒のワークシートの記述を拡大提示し、表2(ア)～(オ)の観点で教師が評価を行った。

表2 誤謬の理解のための指導

誤謬	指導の要点
早すぎる一般化	(ア) 実験における測定点の数の適切性の理解
	(イ) 実験における測定範囲外へ一般化を適用する条件の理解
誤りのある標本	(ウ) 実験における測定の精度を高めるための工夫の理解
観測結果の選り好み	(エ) 実験における測定誤差の理解
ステレオタイプ化	(オ) グラフを根拠とした規則性の理解

表3 生徒に提示した反駁の例

誤謬	反駁
早すぎる一般化	・10個のデータで比例といえるの？ ・測定範囲より高いところから落としても比例する？
誤りのある標本	・どれだけ正確に高さを測定したの？ ・○○cmのところのデータは正しいの？
観測結果の選り好み	・落とす高さが○cmは比例の直線からずれているけどよいの？
ステレオタイプ化	・何を根拠に比例と判断したの？ ・理科で関係を聞かれたら比例といつも答えてよいの？

表4 指導過程と指導意図

時	指導内容	指導意図
1	・力のはたらきと大きさについて考える。	・力のはたらきと力の大きさを理解させる。
2	・ボールを落とす高さや跳ね返る高さの関係を調べる（仮説設定から実験まで）。 【仮説、実験結果、グラフ化、考察の欄のみのワークシートを使用】	・使用できる器具で測定の精度を上げるにはどのような方法があるか理解させる。（ウ）
3	・グラフの書き方を知り、2時の結果のグラフ化と考察をする。	・誤差を踏まえたグラフ化ができるようにさせる。（エ） ・原点を通る直線のグラフが比例と判断する根拠となることを確認させる。（オ） ・多くのデータから考察した方が、客観性が増すことを理解させる。（ア） ・測定値の範囲外へ線を延長する場合は、規則性が明らかでない場合であることを理解させる。（イ）
4	・第3時のワークシートの記述に対する誤謬の視点での評価を教師から聞く。 ・ばねに加える力の大きさとばねの伸びとの関係を調べる（仮説設定から実験まで）。 【作成したワークシートを使用】	・書画カメラで生徒のワークシートを映しながら、上記下線ア～オについて評価し、生徒に誤謬の具体を理解させる。
5	・第4時の結果のグラフ化と考察をする。 ・反駁の説明を聞く。 ・自分の考察へ反駁し回答する。 ・隣の生徒へワークシートを渡し、反駁を記入してもらう。 ・反駁への回答をし、最終的な考察を記入する。	・誤謬の視点で反駁する具体例を提示することで、生徒に視点を与える。 ・自分の考察へ反駁し回答することで、他人への反駁を練習させる。 ・他者からの反駁により、考察を検討する視点を得させる。

続いて、ワークシートを用い、実験課題「ばねに加える力の大きさとばねの伸びる長さの関係を調べる」について、問題解決の過程に沿って考察の導出までさせた後、4つの誤謬の視点を与えた。具体的には、前時の1つのグループのグラフと考察を提示し、それらと対応させながら反駁の例を提示した。その例を表3に示す。

表3のような視点を与えた後、隣の座席の生徒に反駁をさせ、それに回答させた。最後に、「主張1」「反駁」を総合的に考えて「主張2」を記入するよう指示した。

これらの具体的な指導過程を表4に示す。なお、表4中の(ア)～(オ)は、表2中の(ア)～(オ)と対応している。

4. 結果と考察

本研究では、まずワークシートの「データ」「論拠」「主張1」の記述をもとに、アーギュメントの構成状況と考察の質との関係について検討した。次に、「主張1」「主張2」の記述をもとに、反駁によって考察が質的に変化したか否かを検討した。その詳細を以下に示す。

4.1 アーギュメントの構成状況と考察の質との関係についての検討

考察した指導法によって、生徒が「データ」「論拠」といった要素を認識し、考察としての「主張」を導出できたか否かを検討するため、事前に作成した表5に

表5 「データ」「論拠」「主張1」の評価規準

		評価規準
データ	満たしている	次の要件をすべて満たしたグラフ化をしている。 ・横軸と縦軸の変数が適切である。 ・目盛りを0から等間隔で設定している。 ・点のプロットが適切にできている。 ・誤差を踏まえて直線を引いている。 ・原点を通る直線を引いている。
	満たしていない	上記以外。
論拠	満たしている	比例の関係の理由付けとして次のどちらかの要件を満たしている。 ・原点を通る直線のグラフを理由としている。 ・独立変数と従属変数の増加の比率を理由としている。
	満たしていない	上記以外。
主張1	満たしている	比例の規則性について記述している。
	満たしていない	比例の規則性について記述していない。

表6 各要素の規準を満たす生徒の人数

	データ	論拠	主張1
満たしている	24	15	25
満たしていない	13	22	12

(人)

示す評価規準にもとづいてワークシートの各要素の記述を分析した。分析においては、評価規準を満たしているか否かで評価した。その結果を表6に示す。分析の際は、理科を担当する中学校教師2名、理科を担当する高等学校教師1名、理科教育を研究する大学院生4名に協力を依頼した。なお、5時間のうち、1度でも欠席のあった生徒3名は除き37名の記述を分析の対象とした。

表6に示すように、考察としての「主張1」の規準を満たした生徒は25名であり、規準を満たさなかった生徒は12名であった。そこで、アークユメントの構成状況と考察との関係性について検討するため、規準を満たさなかった12名の構成状況を分析することにした。その結果、12名のうち「データ」「論拠」両方の規準を満たさなかった生徒が8名おり、「論拠」のみ規準を満たさなかった生徒は4名であった。「データ」「論拠」の両方の規準を満たさなかった生徒8名のうち、5名は実験結果をグラフ化したときに引いた直線が原点を通らないという間違いがあり、3名は引いた線が直線ではなく折れ線や曲線であるという間違いがあった。「論拠」のみ規準を満たさなかった生徒4名は適切なグラフ化はできているものの独立変数と従属変数の関係を比率ではなく和や差の関係でしか捉えられていなかった。

これは、「データ」に当たるグラフ化が不適切であったり、「データ」と「主張1」を結び付ける理由としてグラフから比例の関係性を読み取れなかったりしたことにより、考察を導出するまでの論理的なつながりを構築できず、考察の規準を満たすことができなかったためではないかと考えられる。

4.2 誤謬を踏まえた考察への質的变化の検討

次に反駁によって誤謬の視点で考察を見直し精緻化できたか否かを検討した。なお、「主張1」で規準を満たした生徒と満たさなかった生徒では、元となる考察の質が違うことから、考案した指導法の効果も異なると考えられるため、これからの分析については、表6の「主張1」で規準を満たした生徒25名と規準を満たさなかった生徒12名を分けて分析することにした。

まず、「主張1」で規準を満たした生徒25名の「主張1」と「主張2」の記述を分析した。分析においては、誤謬の視点を与え生徒相互で反駁をさせたことにより、

表7 誤謬と想定される内容への言及の評価規準

誤謬	評価規準
早すぎる一般化	・測定点の多寡と一般化を結び付けることへの言及がある。 ・測定範囲外へ適用する規則性など根拠の言及がある。
誤りのある標本	・測定の正確さへの言及がある。
観測結果の選り好み	・誤差についての言及がある。
ステレオタイプ化	・判断した根拠の言及がある。

表8 言及の有無の変容

(規準を満たした生徒)

主張1	主張2	
	有	無
有	5	2
無	12	6

(人)

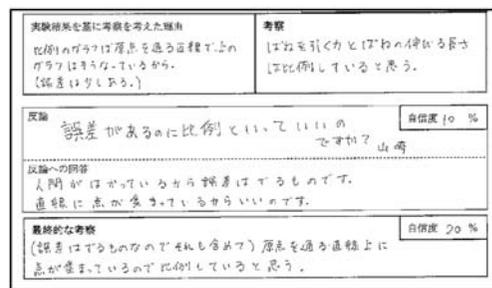


図3 生徒のワークシート (抜粋)

誤謬と想定される内容を踏まえて考察を見直し精緻化できるのではないかと考えられる。そこで、事前に作成した表7に示す評価規準にもとづいて「主張1」および「主張2」を評価した。なお、生徒相互で反駁をさせる際に、4つの誤謬についてのどの視点で反駁してもよいとしていたため、1つでも規準を満たした記述があれば、誤謬と想定される内容への言及があると判断した。その結果を表8に示す。このとき、考案した指導法を用い、生徒相互で反駁をさせることにより、「主張2」の方が誤謬と想定される内容への言及をする生徒が増加するのではないかと考えられる。そこで、「主張1」と「主張2」の規準を満たした生徒の人数の差に有意な差があるか否かを検討するため、McNemar検定を行った。その結果、規準を満たした生徒の人数は、「主張1」より「主張2」の方が5%水準で有意に多かった。

これは、誤謬の視点での生徒相互の反駁により、自らの考察を振り返り、一度導出した考察に誤謬と想定される内容への言及を付け加えたのではないかと考えられる。このような生徒のワークシートの記述例を図3に示す。

図3に示したように、「主張1」では「比例している

表9 言及の有無の変容
(規準を満たさなかった生徒)

	主張2	
	有	無
主張1	有	2
	無	0
		10

(人)

と思う」と記述しているが、「誤差があるのに比例と
いっていいのですか？」と反駁を受け、「主張2」では「誤
差は出るものなので」や「原点を通る直線上に点が集
まっているので」という誤謬のうち「観測結果の選り
好み」に対応する誤差への言及および「ステレオタイプ
化」に対応する比例の根拠への言及が付け加えられ
ている。

これらから、「データ」「論拠」を構成し考察として
の「主張」を適切にできた生徒を対象としたとき、考
案した指導法の有効性が示唆されたといえる。

次に、表5の「主張1」で規準を満たさなかった生
徒12名について分析した。このとき、元になる考察自
体が規準を満たさず、さらに導出までの論理的なつな
がりも構築できていないため、誤謬の視点を与え生徒
相互で反駁をさせても、誤謬と想定される内容を踏ま
えて考察を見直し精緻化できないのではないかと考
えられる。そこで、表7に示す評価規準にもとづいて「主
張1」および「主張2」を評価した。その結果を表9に
示す。

表9に示したように、誤謬と想定される内容への言
及をしている生徒の数が「主張1」と「主張2」の間で
変化しなかった。また、「主張1」「主張2」ともに言及
をしていた生徒2名については、1名が「早すぎる一般
化」に対応する測定範囲外へ一般化を適用する根拠と
して、ばねの弾性限界への言及をしており、他の1名
が「観測結果の選り好み」に対応する誤差への言及を
していた。

この結果については、次のように考える。まず、誤
謬と想定される内容への言及があり、「主張1」「主張
2」において変容が無かった生徒2名については、考察
で比例の関係を導出はできなかったが、「早すぎる一般
化」や「観測結果の選り好み」といった誤謬の理解
はしていると考えられる。このことから2名について
は比例の関係を導出することと誤謬の理解の関連は薄
いと考えられる。誤謬と想定される内容への言及が
なく、「主張1」「主張2」において変容がなかった生徒
10名については、「データ」「論拠」が不適切なまま「主
張1」も導出できていなかったことから、生徒相互の
反駁において誤謬の視点での反駁が困難であると思
えられる。そこで、10名の受けた反駁を分析すると、こ

のうち8名は「データ」「論拠」「主張1」の不適切な点
について反駁を受けていた。これらの生徒については、
反駁を行う生徒が「データ」「論拠」「主張」の不適切
性についての反駁を優先したため、誤謬の視点での反
駁を受けられず、「主張2」においても誤謬と想定され
る内容への言及ができなかったと考えられる。残り2
名は、ともに「早すぎる一般化」に対応する測定範囲
外へ一般化を適用する規則性への根拠について反駁を
受けていた。しかし、そのことを「主張2」へ反映で
きていなかった。このことから、この2名にとっては、
反駁を受けるということが、それを踏まえて考察を見
直すことにつながっていないことが考えられる。

以上のことから、誤謬の視点で生徒相互による反駁
をさせる効果について、次のことが明らかとなった。
適切な「データ」「論拠」にもとづいてアーギュメント
を構成し考察としての「主張」を導出できる生徒に
対しては、考案した指導法は有効であることが示唆さ
れた。しかし、「データ」「論拠」を適切に思考し記述
できない生徒に対しては、考案した指導法は有効であ
るとはいえないと考えられる。そこで、今後の課題と
しては、「データ」に当たる実験結果の適切な取得や
適切なグラフ化などの技能の確実な修得をさせたり、
授業中の机間指導によって修正をさせたりし、「デー
タ」の適切性を確認してから反駁をさせることが必要
であると考えられる。また、「論拠」に当たるグラフから
比例の関係を読み取ることに関しても、様々なグラフ
から関係性を見出させる指導をするなどしていく必要
があると考えられる。

5. まとめ

本研究では、中学校理科においてアーギュメントを
用いて考察を導出させる指導法を考案し、授業実践を
通してその効果を検証することが目的であった。

この目的の達成のため、アーギュメントを用いて考
察を導出させ、誤謬の視点での反駁を生徒相互でさせ
ることで考察を見直し精緻化させることを目指した指
導法を考案した。

そして、考案した指導法を用いて授業実践を行い、
考察の質的变化とアーギュメントの構成状況の関係お
よび誤謬を踏まえた考察への質的变化について分析
した。その結果、考案した指導法は「データ」「論拠」
を適切に構成し考察を導出した生徒に対しては、誤謬
の視点で考察を見直し精緻化させることに寄与するこ
とが明らかになった。

【参考文献】

- 木下博義・松浦拓也・清水欽也・寺本貴啓・角屋重樹 (2012) 「理科学習における観察・実験結果の考察に関する調査研究-中学生を対象とした質問紙調査をもとに-」『日本教科教育学会誌』 Vol. 35, No.1, pp.1-9.
- 松原静郎 (1997) 「中等化学教育における個人実験を通しての科学的表現力育成に関する調査研究」『平成7年度～8年度科学研究費助成金(基盤研究B)研究成果報告書』.
- 文部科学省 (2008) 「中学校学習指導要領解説理科編」大日本図書.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). *Ideas, Evidence and Argument in Science*. Nuffield Foundation.
- 坂本美紀・山口悦司・西垣順子・山本智一・稲垣成哲 (2012) 「理科教育研究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』 Vol. 36, No. 4, pp. 356-366.
- 塩谷英一郎 (2012) 「言語学とクリティカル・シンキング-誤謬論を中心に」『帝京大学総合教育センター論集』 Vol. 3, pp. 79-98.
- Toulmin, S. (1958). *The Use of Argument*. Cambridge University Press.
- 山本智一・坂本美紀・山口悦司・西垣順子・村津啓太・稲垣成哲・神山真一 (2013a) 「小学生におけるアーギュメントの教授方略:「振り子の運動」の実践を通して」『理科教育学研究』 Vol. 53, No. 3, pp. 471-483.
- 山本智一・稲垣成哲・山口悦司・村津啓太・坂本美紀・西垣順子・神山真一 (2013b) 「適切かつ十分な証拠を利用するアーギュメント構成能力の育成」『科学教育研究』 Vol. 37, No. 4, pp. 317-330.