

中学校 理科

中学校理科において、課題の解決の過程を精緻化して考察を導出する指導法の研究

義務教育課 研究員 松坂 知広

要 旨

中学校理科において、生徒が自己の考えを形成し考察を導出する姿を目指した。アーギュメントの考え方を基に、考察の要素を主張、証拠、理由づけ、反駁とし、考察プロットシートを用いて課題の解決の過程を細分し、探究の過程を遡りながら観察・実験結果に正対し各要素が盛り込まれた考察を捻出する活動を行った。これにより、考察を構成する要素の証拠、理由づけ、反駁を導出することに有効であることが明らかになった。

キーワード：中学校 理科 考察 アーギュメント プロット

I 主題設定の理由

中学校学習指導要領解説理科編（平成29年7月）（以下、「解説」という）では、第1章 総説 2 理科改訂の趣旨において、平成20年改訂の学習指導要領の成果と課題を踏まえた理科の目標の在り方が示されている。その中に「PISA 2015では、科学的リテラシーの平均得点は国際的に見ると高く、TIMSS 2015では、（中略）『観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること』などの資質・能力に課題が見られる。」とある。この課題を解決するために、「理科においては、課題の把握（発見）、課題の探究（追究）、課題の解決という探究の過程を通じた学習活動を行い、それぞれの過程において、資質・能力が育成されるような指導の改善を図ることが必要である。（中略）意見交換や議論など対話的な学びを適宜取り入れていく際、あらかじめ自己の考えを形成した上で行うようにすることが求められる。」と示されている。

平成30年度全国学力・学習状況調査報告書では、「習得した知識・技能を活用して、観察・実験の結果を分析して解釈する事に改善が見られる。しかし、自分や他者の考えを検討して改善することに課題がある。」と示されている。そして、これらに対する指導改善のポイントとして、「主体的に探究する学習活動に取り組めるようにする上で、

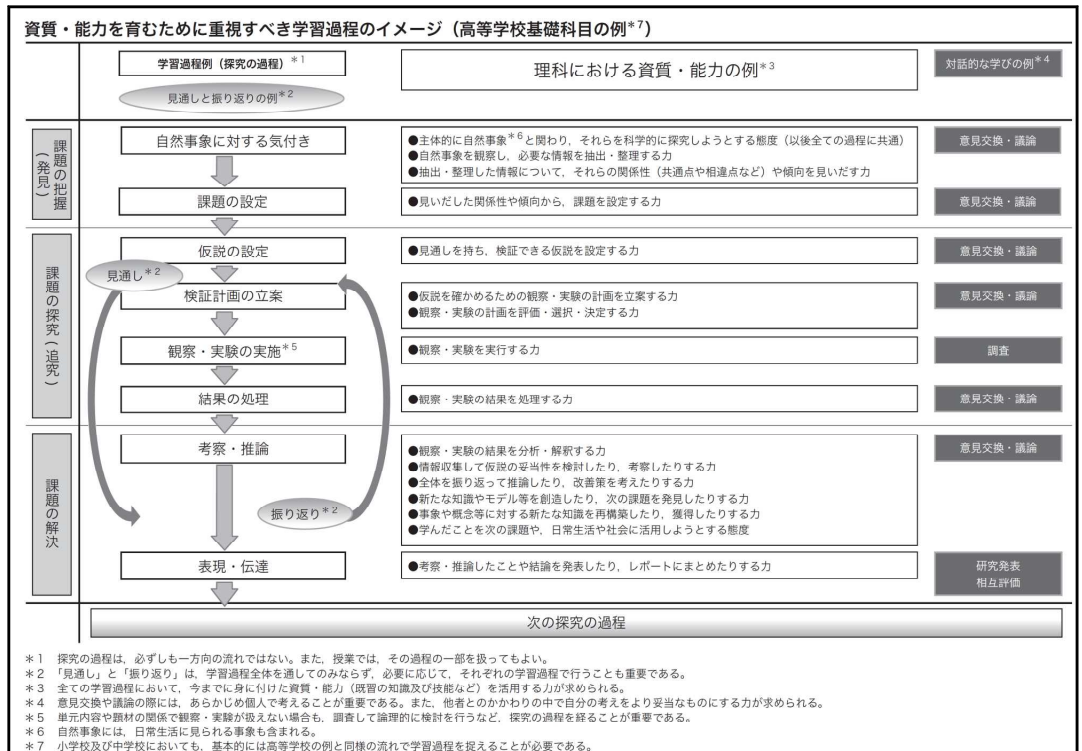


図1 解説における資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージ

自分の考えをもち、自分や他者の考えを検討して改善することが大切である。」と示されている。

解説に示されたTIMSS 2015での課題と平成30年度全国学力・学習状況調査報告書の内容を比較すると、観察・実験の結果などを考察する場面で、自己の考えを形成し自分や他者の考えを検討して改善する力を育成する指導が求められていると考えられる。

解説では、資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージを示している(図1)。それによると、探究の過程は、課題の把握、課題の探究、課題の解決からなる。更に、課題の解決の過程に「考察・推論」と「表現・伝達」の過程があり、「考察・推論」には六つの資質・能力(①観察・実験の結果を分析・解釈する力、②情報収集して仮説の妥当性を検討したり、考察したりする力、③全体を振り返って推論したり、改善策を考えたりする力、④新たな知識やモデル等を創造したり、次の課題を発見したりする力、⑤事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり、獲得したりする力、⑥学んだことを次の課題や、日常生活や社会に活用しようとする態度)が示されている。

図2は検証前の生徒Aの考察である。図2の実験結果と考察を比較すると、考察の内容は実験結果から分かる事実をまとめた内容になっている。生徒Aの考察からは、解説における①観察・実験の結果を分析・解釈する力のみであり、②から⑥の資質・能力を見取ることができない。これは、筆者が、これまでの実践で、生徒に考察の要素を示してこなかったことが原因であると考えられる。解説における「考察・推論」の資質・能力が六つあるように、考察には複数の要素があり、生徒に考察を導出させるためには、生徒に要素を明確に示す必要があったと考えられる。そのため、課題の解決の過程を「考察・推論」と「表現・伝達」の二つで考えるのではなく、より細分化し、考察の要素を明らかにし、丁寧に進める必要がある。また、細分化により考察で何を示す必要があるのか理解できたとしても、自己の考えを形成していなければ、仮説の妥当性を検討することや改善策を考えたりすることは難しく、考察は導出されないと考えられる。そのため、細分化とともに生徒が自己の考えを形成することを促す手立ても必要になると考えられる。

本研究では、生徒が自己の考えを形成し、自分や他者の考えを検討して改善し、考察を導出するためには、課題の解決の過程を考察の要素に合わせ、細分することや考えの形成を促す手立てを講じる等の精緻化が必要であると考え、研究主題を設定した。

II 研究目標

本研究では、考察の要素を明らかにし、課題の解決の過程を精緻化することで、生徒が自己の考えを形成し、自分や他者の考えを検討して改善し、考察を導出できることを明らかにする。

III 研究仮説

考察プロットシートで、考察の要素を可視化するとともに、課題の解決の過程を細分し、課題の把握から観察・実験結果の処理までの過程を考えを整理しながら遡ることで、生徒は、科学的根拠を基に、自己の考えを形成し、自分や他者の考えを検討・改善し、考察を導出することができるだろう。

IV 研究の実際とその考察

1 中学校理科の観察・実験における考察について

これまでの筆者の実践を振り返ると、指導した多くの生徒は、実験結果と同じ内容を考察としていた。これは、筆者が、これまでの実践で、生徒に考察の要素を示してこなかったことが原因であると考えられる。そこで、考察の要素についての先行研究を概観した。

考察に関する先行研究には、考察を導出するためにアーギュメントを用いた木下ら(2016)の研究があ

P9 2力がつり合う時の条件を調べよう!			
予想	 ・どちらも反対方向に力を入れている。 ・同じ力の大きさ		
実験結果	1回目	2回目	3回目
2つのばねばかりの目盛り	0.6N 0.6N	1.0N 1.0	1.6N 1.6N
2つのばねばかりの位置関係	直線上	直線上	直線上
2つの力の向き	逆	逆	逆
考察	・同じ大きさで2つの力の向きが逆で直線上になるとつり合う。		

図2 検証前の生徒Aの考察

る。アーギュメントとは、坂本ら（2012）より、理由づけや反駁の想定など、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示すものと定義づける。

木下ら（2016）によると、松原（1997）は、中等教育段階の生徒の考察について、結果と考察の区別ができていないことなどを指摘し、定型文「（結果）から（結論）と考えた。その理由は（根拠）だからである。」により、考察を記述させる指導法を開発した。研究の成果として、定型文により、考察を単語ではなく文章で書けるようになったと示した。しかし、生徒が理由と結果を混同しているという課題があり、定型文の形式ではなく、各要素についての知識が重要であると結論づけた。これを受けて、山本ら（2013）は、証拠や理由づけ、主張といった要素からなるアーギュメントを構成させることで、理科授業における考察を導出する研究を行い、実験結果や理由づけなどの要素からなるアー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ことを示した。また、木下ら（2016）は、実験結果を分析して解釈して導出する考察に主眼において、アーギュメントに関する研究を行った。そして、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、アー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、考察を見直させる指導法を考案した。

坂本ら（2012）は、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に関する研究を行った。それによると、科学的説明におけるアーギュメントは、「主張」「証拠」「理由づけ」「反駁」の四つの要素（図3）からなり、他の研究のアーギュメントと比較すると構成要素が少ない。解説では、資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージで「探究の過程は必ずしも一方向の流れではない」「『見通し』と『振り返り』は、学習過程全体を通してのみならず、必要に応じて、それぞれの学習過程で行うことも重要である。」と示している。学習の一過程である考察も、一方向の流れではなく遡って考え直したり、見通しと振り返りを行ったりすることが必要であると考えた。本研究では、中学生の発達の段階を考慮し、要素は少ない方が一方向の流れでなく遡って考えたり見通しと振り返りを行ったりしやすいと考えた。また、科学的説明におけるアーギュメントは「反駁」を含む。「反駁」は、代替（自分の主張と異なる主張で、図3における「主張2」）の説明に言及し、なぜ代替説明が適切でないかについての反証と理由づけを提供するものである。自分や他者の考えを検討して改善するためには「反駁」の要素は必要であると考えられる。以上二点より、本研究では、科学的説明におけるアーギュメントを基に考察の導出を目指した。

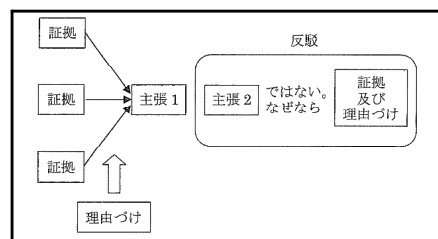


図3 科学的説明におけるアーギュメントの4要素（坂本ら2012より作成）

先行研究では、「主張」を考察とするものがある。しかし、解説の示す考察・推論場面での理科における資質・能力の例と、科学的説明におけるアーギュメントを比較すると、科学的説明におけるアーギュメントの「主張」「証拠」「理由づけ」「反駁」の四つの要素の全てが考察にあたりと考えられる。解説における、①観察・実験の結果を分析・解釈する力は、「証拠」を導出する資質・能力にあたりと考えられる。②情報を収集して仮説の妥当性を検討したり、考察したりする力は、「理由づけ」と「反駁」を導出する資質・能力にあたりと考えられる。③全体を振り返って推論したり、改善策を考えたりする力、④新たな知識やモデル等を創造したり、次の課題を発見したりする力、⑤事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり、獲得したりする力、⑥学んだことを次の課題や、日常生活や社会に活用しようとする態度の四つは、「主張」を導出する資質・能力にあたりと考えられる。以上のことから、科学的説明におけるアーギュメントの「主張」「証拠」「理由づけ」「反駁」の四つの要素全てが考察にあたりと考えられる。表1は、科学的説明におけるアーギュメントの要素と解説における考察・推論の資質・能力の解釈を比較したものである。

表1 科学的説明におけるアーギュメント要素と考察・推論の資質・能力の比較

科学的説明におけるアーギュメント要素		解説における考察・推論の資質・能力の例	
主張	課題に対する結論	考察・推論	③全体を振り返って推論したり、改善策を考えたりする力 ④新たな知識やモデル等を創造したり、次の課題を発見したりする力 ⑤事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり、獲得したりする力 ⑥学んだことを次の課題や、日常生活や社会に活用しようとする態度
証拠	主張を支える科学的データ		①観察・実験の結果を分析・解釈する力
理由づけ	科学的原理を用いて主張と証拠を結びつけるもの	推論	②情報収集して仮説の妥当性を検討したり、考察したりする力
反駁	代替の説明に言及し、なぜ代替説明が適切でないかについての反証と理由づけを提供するもの		

上記より、本研究における考察の捉えとして、科学的説明におけるアーギュメントの「主張」「証拠」「理由づけ」「反駁」の四つの要素とした。よって、

考察を導出するとは、「主張」「証拠」「理由づけ」「反駁」の四つの要素を導出することとした。そして、本研究では、考察を導出するために、解説における課題の解決の過程の考察・推論を、科学的説明におけるアーギュメントの「主張」「証拠」「理由づけ」「反駁」で細分した。

2 プロットについて

文部科学省検定教科書 11学図 国語928 中学校国語科用 中学校国語3では、「ストーリーを追う私たち読者は、次はどうなるかに興味を持っています。一方『プロット』を追う私たち読者は、事柄相互の因果関係に興味を持って、なぜそのように展開するのかを考えつつ読んでいます。私たち読者が『なぜ』という問いを持って読む時、『ストーリー』は『プロット』に生まれ変わると言ってよいでしょう。一つ一つの出来事の原因が明らかになるように、(中略)ストーリーを『なぜ』と問いながら逆にたどってみましょう。(中略)『プロット』を考えながら読んでいくと奥の深い理解や批評に向かう、より広い読解の可能性が開けていくのです。」と示している。本研究では、ストーリーは、出来事が時間の順序どおりに並べられているもの、プロットは、因果関係を意識してストーリーを逆にたどり出来事を組み立てているものと定義づける。

また、白石(2015)は国語科の言語活動の方法として逆思考の読みを「物語を後ろから前へ遡って読む読み方であり、結果を明らかにしたうえで、その原因は何だったのか、因果関係を遡りながら論理的に思考していく読み解き方である。」と示している。白石(2015)は、逆思考の読みにより因果関係を読み解く力を育てることができるとしている。本研究では、逆思考の読みはプロットと同義と捉えた。

筆者は、この「奥の深い理解や批評に向かう、より広い読解」が、自己の考えの形成につながり、考察の導出に至ると考えた。観察・実験の学習過程をストーリーに例えると、課題の設定、仮説の設定、検証計画の立案、観察・実験の実施、結果の処理と並べることができる。この観察・実験の学習過程を「なぜ」と問いながら観察・実験の結果から課題へと逆にたどることで、課題と結果の因果関係が明らかになり、「主張」や「証拠」だけでなく「理由づけ」や「反駁」も含む考察が導出されるのではないかと考えた。

3 検証方法

(1) 検証期間

令和元年5月21日～6月14日

(2) 検証対象

研究協力中学校3年生の全2学級61名

(3) 検証を実施した単元

検証は、中学校科学3 「運動とエネルギー」(学校図書)の単元において、「力を受け続けるとどのような運動をするか」と「道具を使うと仕事はどのようになるか」という題材で行った。

(4) 課題の解決の過程を精緻化したワークシートの具体～考察プロットシートについて

本研究では、課題の解決の過程を細分し、考察の要素として可視化し、「理由づけ」と「反駁」の導出の際には課題に向かって考えるワークシートを開発し、考察プロットシートと名付けた(図4)。

まず、筆者は、対象生徒に課題の解決の過程を細分し、「証拠」、「理由づけ」、「反駁」、「主張」の順で考察プロットシートに記入させた。「証拠」は、主張を支える科学的データであるため、観察・実験結果から得られる科学的データを記入させた。「理由づけ」は、科学的原理を用いて「主張」と「証拠」を結び付けるものであるため、「証拠」についての根拠を「なぜ」と問う様式で記入させた。なお、これまでの学習内容を基に理由づけできないときは、記入できるところまでを「理由づけ」とし、以後は「新たな疑問」として考えを保留させた。「反駁」は、先の「主張」と異なる結論について「証拠」と「理由づけ」を提供するものであるため、自己の「主張」を否定する「証

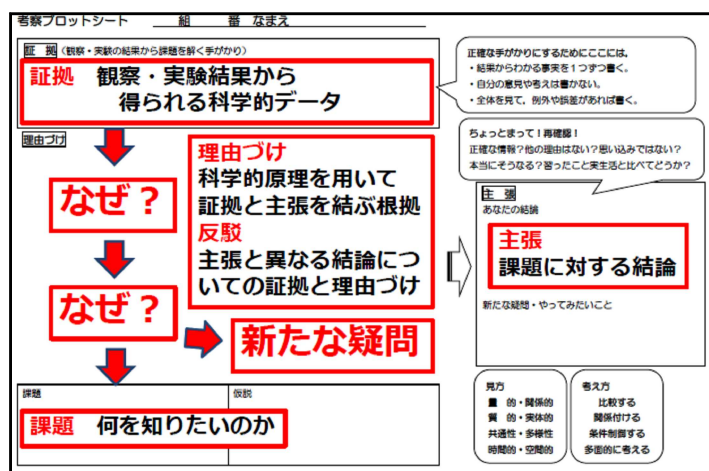


図4 考察プロットシート

明な結論について「証拠」と「理由づけ」を提供するものであるため、自己の「主張」を否定する「証

拠」と「理由づけ」に対応する結論を記入させた。「主張」は、課題に対する結論であるため、「証拠」「理由づけ」「反駁」をまとめるように記入させた。更に、探究のサイクルを意識し、新しく発生した疑問と今後に取り組んでみたいことについても記入させた。また、つながりに注目するため、一つの考えごとに枠で囲み、関係する考えを線でつなげさせた。

中学校理科において、ツールミンモデルのアーギュメントを用いて考察を導出させる研究を行った木下ら（2016）は、「データ」と「論拠」を適切に思考し記述できない生徒に対しては、「反駁」を含む適切な「主張」が導出されないと述べている。木下ら（2016）のいう「データ」とは、主張の正しさを支える保証となる事実を示すものであり、本研究の「証拠」にあたる。「論拠」とは、データが主張内容の論拠となり得るのかを示すものであり、本研究の「理由づけ」にあたる。「証拠」と「理由づけ」が適切に思考し記述できなければ、「反駁」と「主張」も含め、考察が適切に導出されないと考えた。そこで、本研究では、「証拠」と「理由づけ」について、個人で考えた後に他者の考えを聞く機会を設けた。他者の考えも検討することで、より適切な「証拠」と「理由づけ」を実現し、その後の「主張」も適切に導出されるだろうと考えられる。

図5は、検証授業での板書である。板書では、他者の考えを聞く機会となるよう、個人の考えを發表させ、学級全体の考えとして集約した。例えば、「証拠」を記入する場面では、個人で記入する。次に、生徒に發表させ学級全体の「証拠」を集約する。生徒は板書を見ながら、自分の「証拠」へ加筆する必要があるか判断する。その後、「理由づけ」を記入する。また、「証拠」「理由づけ」「反駁」「主張」が導出できたかを検証するため、個人の考えと他者の考えを区別して記入させた。



図5 検証授業での板書

図6は、生徒Bが記入した「証拠」である。「仕事の大きさは変わらなかった」、「片方のひもだけ 40cmUP 4.8N 距離は2倍 力は約1/2」、「両方のひもだけ 距離20cm 力は10N」は、個人で考えた「証拠」である。「動滑車を使ったら仕事は小さくなった」、「0.22m 2.5N斜面を使ったら仕事は、小さい」は、他者の考えを加筆したものである。評価は個人で考えたものを対象とした。

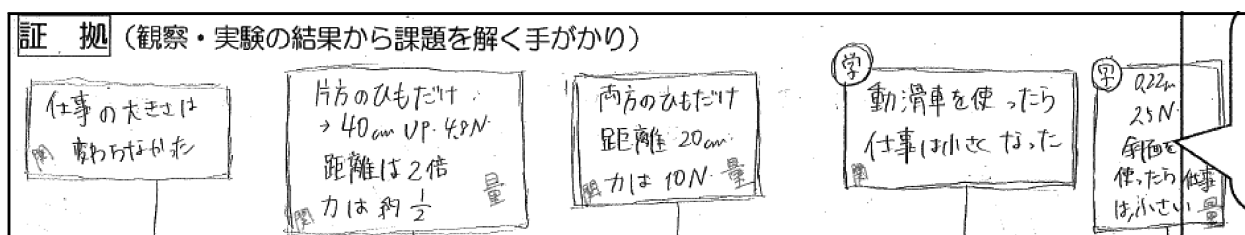


図6 生徒Bが記入した「証拠」

また、本研究では「理由づけ」を行う過程で「反駁」も行い、考察プロットシートには「理由づけ」と「反駁」を同じ欄に記入させた。先行研究では、「証拠」、「理由づけ」、「主張」、「反駁」の順で課題の解決を行わせるものもある。しかし、本研究では、各過程で個人で考えた後に他者の考えを聞く機会を設けるため、「証拠」、「理由づけ」、「主張」、「反駁」の順では時間がかかりすぎると考えた。そこで、「反駁」を「主張」よりも先に行い「理由づけ」に含め、「証拠」、「理由づけ・反駁」、「主張」とした。

また、「理由づけ・反駁」の導出にあたっては、因果関係を意識してストーリーを逆にたどり出来事を組み立てるプロットの発想を加えた。「証拠」と「主張」を結ぼうとするのではなく、探究の過程を遡って、結果の処理、観察・実験の実施、検証計画の立案、仮説の設定、課題の設定と根拠を考える。「証拠」の根拠を課題に向かい遡りながら考えることで、「理由づけ・反駁」が導出されると考えられる。

以下は、考察プロットシートの記入手順ア～オである。

ア 課題は、学級全体の意見を指導者がまとめ、個人で考察プロットシートに記入する。

イ 仮説は、課題を受けて個人で考え考察プロットシートに記入する。

ウ 「証拠」を個人で考え記入する。その後、班員同士、学級全体の順に意見交換を行い、必要に応じて加筆する。

エ 「理由づけ・反駁」を個人で考え記入する。その後、班員同士、学級全体の順に意見交換を行い、必要に応じて加筆する。

オ 「主張」を個人で考え記入する。

(5) 考察の評価基準について

考察プロットシートから、考察にあたり考えた「主張」「証拠」「理由づけ」「反駁」の四つの要素を読み取り、評価基準により分析した。表2は、科学的説明におけるアーギュメント評価の基本ルーブリック（坂本2012）と、

表2 考察の評価基準

レベル	「主張」
0	結論がない、または、理由づけとの整合性がなく結論が正しくない。
+1	理由づけとの整合性があり正確な結論である。
+1	全体を振り返り改善案がある。
+1	新たな知識やモデル等を創造したり、再構築したり、獲得したりしている。
+1	新たな課題を発見している。

レベル	「証拠」
0	観察・実験の結果を示していない。または不正確な観察・実験の結果（結論を支持しない結果）のみを示している。
1	いくつかの正確な（結論を支持するには）観察・実験の結果を示しているが十分というにはほど遠い（一部不正確な結果を含む場合も）。
2	多くの正確な（結論を支持するには）観察・実験の結果を示しているが十分といえない（一部不正確な結果を含む場合も）。
3	結論を支持する正確かつ十分な観察・実験の結果を示している。しかし、誤差や例外を示していない。
4	結論を支持する正確かつ十分な観察・実験の結果を示している。かつ、誤差や例外を示している。

レベル	「理由づけ・反駁」
0	理由づけを示していない。または不正確な理由づけのみを示している。
1	結論と観察・実験の結果を結びつける理由づけを示しているが十分でない。
2	結論と観察・実験の結果を結びつける理由づけを示している。しかし、観察・実験の結果が結論を支持する理由について科学的原理または正当化を含むが、十分でない。
3	結論と観察・実験の結果を結びつける理由づけを示している。更に、観察・実験の結果が結論を支持する理由についての正確かつ十分な科学的原理を含む。
4	結論と観察・実験の結果を結びつける理由づけを示している。更に、観察・実験の結果が結論を支持する理由についての正確かつ十分な科学的原理を含む。かつ、誤差や例外について理由づけし科学的原理または正当化が十分に含まれていたり、反論に対する反駁も十分であったりする。

解説で示している考察・推論場面での理科における資質・能力の例を基に、筆者が作成した評価基準である。

「主張」は、課題に対する結論であるため、考察プロットシートに、「証拠」「理由づけ」「反駁」をまとめるように記入させた。「証拠」「理由づけ」「反駁」をまとめた記述を評価することから、評価基準は加算方式とした。

「反駁」は、先の「主張」と異なる結論について「証拠」と「理由づけ」を提供するものであり、考察プロットシートでは、「理由づけ」の欄に記入させた。本研究では、「理由づけ」に「反駁」も含め「理由づけ・反駁」とし、評価基準を作成した。

(6) 単元指導計画について

本研究は、ブレ教材で学習の流れを確認した後に、中学校科学3「運動とエネルギー」（学校図書）「力を受け続けるとどのような運動をするか」と「道具を使うと仕事はどのようなになるか」を行った。それぞれの題材で、考察プロットシートを用いた学習活動を行い、評価基準により数値化し比較することで、その効果について検証する。表3は、単元指導計画である。

表3 単元指導計画

題材	時	学習活動
事前学習	1	○学習の流れの確認 ・考察プロットシートの使い方を理解する。 ・考察の評価基準を理解する。
	2	・考察の評価基準を理解し、例題を基に練習する。
「力を受け続けるとどのような運動をするか」	1	○「斜面を下る台車の運動と力の関係」の実験 ・「大きさや向きが一定の力を受け続けると速さはどうなるか？」という課題を把握する。 ・ゴムひもを伸ばして台車を引くことを体験し、一定の力を加え続けることが難しいことと力を受け続けるとだんだん速くなることを理解する。 ・斜面は、大きさや向きが一定の力を安定させることができ実験に適していることを理解する。 ・課題から、実験方法を考え、実験を行う。
	2	・課題から、実験方法を考え、実験を行う。 ・考察プロットシートを使い、考察する。（「主張」「証拠」「理由づけ」「反駁」を評価基準により分析） ・実験のまとめを行う。
	3	○運動の向きに力を受け続けるときの運動の理解 ・物体が運動と同じ向きに一定の大きさの力を受け続けると速さも一定の割合で速くなること、その力が大きくなると速さの変化も大きくなることを理解する。 ・自由落下について理解する。 ○運動と反対の向きに力を受け続けるときの運動の理解 ・物体が運動と反対の向きに一定の大きさの力を受け続けると速さは一定の割合で遅くなること、その力が大きくなると速さの変化も大きくなることを理解する。
	4	○力を受けないときの運動の理解 ・水平面上で運動する物体が受ける力の合力が0である事象から、等速直線運動と慣性の法則を理解する。
「道具を使うと仕事はどのようなになるか」	5	○仕事の理解 ・物体を動かすようすから仕事の概念と求め方を理解する。
	6	○「道具を使ったときの仕事」の実験 ・動滑車を用いて物体を持ち上げ、動滑車を1つ用いると持ち上げる物体以外の重さが無視できる場合はひもを引く力がおもりの重さの半分になることを理解する。 ・「物体を持ち上げるために、動滑車を用いると力は小さくて済む。それでは、仕事も小さくなるのか？」という課題を把握する。 ・課題から、実験方法を考え、実験を行う。
	7	・課題から、実験方法を考え、実験を行う。 ・考察プロットシートを使い、考察する。（「主張」「証拠」「理由づけ」「反駁」を評価基準により分析） ・実験のまとめを行う。
	8	○仕事の原理と仕事率の理解 ・仕事の原理を前時のまとめから理解する。
	9	・仕事率について理解する。

4 検証の様子～生徒の考察プロットシートについて

図7は、生徒Aの2回目の考察プロットシートである。

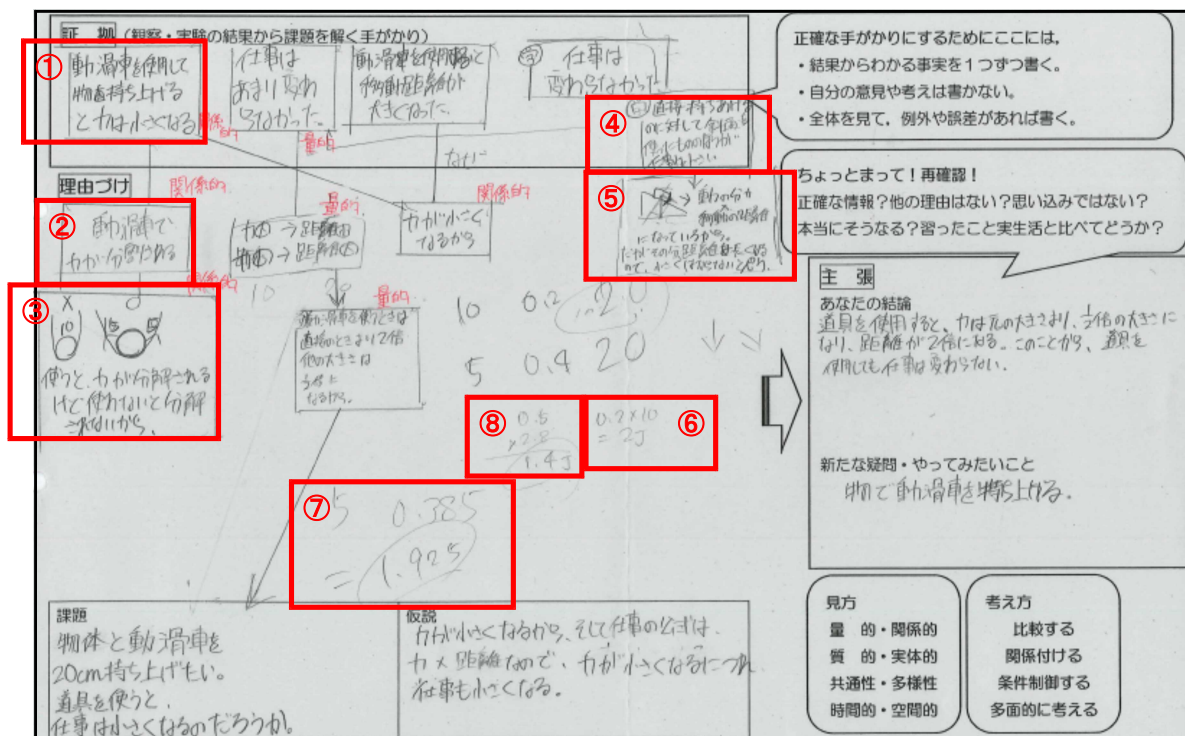


図7 生徒Aの2回目の考察プロットシート（囲みは筆者による）

生徒Aの考察プロットシートは、結果の処理、観察・実験の実施、検証計画の立案、仮説の設定、課題の設定と探究の過程を遡って証拠と結論を結ぶ理由づけをしたと評価した例である。「証拠」の欄に記入した「動滑車を使用して物体を持ち上げると力は小さくなる」（図7囲み①）について、理由づけの欄に「動滑車で力が分解される」（図7囲み②）、更に、「使うと、力が分解されるけど使わないと分解されないから」（図7囲み③）と図を交えて理由づけを記入している。これは、生徒Aが課題や仮説で検討していた考え方であるため、探究の過程を遡って理由づけとして引き出したものである。

「理由づけ」の欄では、「証拠」の欄に記入した「動滑車を使用して物体を持ち上げると力は小さくなる」（図7囲み①）を力が分解されたからであると科学的原理を用いて説明している（図7囲み②、③）。

「証拠」の欄に記入した「直接持ち上げるのに対して斜面を使ったもののほうが仕事が小さい」（図7囲み④）は、他の班の「証拠」であると確認できる。この「証拠」に対して生徒Aは、「理由づけ」の欄に「重力の分力×移動の距離になっているから。だがその分距離は長くなるので、（仕事は）小さくならないと思う」（図7囲み⑤）と反駁している。既習事項である重力の斜面による分解と移動距離の予測から、科学的原理を用いた正当化を行っている。また、生徒Aは、動滑車を用いた実験しか行っていなかったが、反駁の客観性を得るために課題の解決の過程で、斜面を用いて物体を持ち上げる実験も行った。直接持ち上げたときが $10\text{N} \times 0.2\text{m} = 2\text{J}$ （図7囲み⑥）、動滑車を用いたときが $5\text{N} \times 0.385\text{m} = 1.925\text{J}$ （図7囲み⑦）、追加した斜面を用いたときが $2.8\text{N} \times 0.5\text{m} = 1.4\text{J}$ （図7囲み⑧）であり、道具を使用しても仕事は変わらないという「主張」と異なるため理由づけを続けることができなくなり新たな疑問となったと推測した。探究の過程を一方向の流れではなく必要に応じて戻り、実験をやり直している様子が確認できる。

5 検証結果と考察

表4は、考察プロットシートの「証拠」「理由づけ・反駁」「主張」を考察の評価基準で測定し、1回目の探究の過程である「力を受け続けるとどのような運動をするか」と、2回目の探究の過程である「道具を使うと仕事はどのようになるか」の考察の要素の平均値である。考察

表4 考察の要素の平均値（1回目・2回目）とt検定結果

	1回目 (N=61)	2回目 (N=61)	差	t 値
主張	2.60 (1.08)	2.54 (0.95)	-0.06	-0.45 n.s.
証拠	2.08 (1.38)	2.67 (0.97)	0.59	3.70 ***
理由づけ・反駁	1.85 (1.13)	2.42 (0.87)	0.57	3.82 ***

() 内は標準偏差 *** $p < .001$

プロットシートで、考察の要素を可視化するとともに、課題の解決の過程を細分し、課題の把握から観察・実験結果の処理までの過程を考えを整理しながら遡ることが、「証拠」「理由づけ・反駁」「主張」を導出することに有効であるかどうかを検討するため、対応のある t 検定を行った。

(1) 「主張」について

表4より、「主張」の平均値は、1回目よりも2回目の方がわずかに低くなった。しかし、平均値に統計的な有意な差は認められなかった ($t(60) = -0.45, .10 < p$)。そのため、「主張」を導出する力の平均値は変化していないといえる。

図8は、表2で示した「主張」の評価基準ごとに、1回目と2回目の生徒の人数を比較したものである。図8から、「全体を振り返り改善策がある」が1回目よりも2回目の方が12名増えた。これは、「主張」の場面で、探究の過程（課題の把握、課題の探求、課題の解決）を振り返り、自分の考えと異なる他者の考えを検討し、実験の方法等に対する改善策があったり、実験をやり直したりして「主張」を構成した生徒が増えたことを示している。

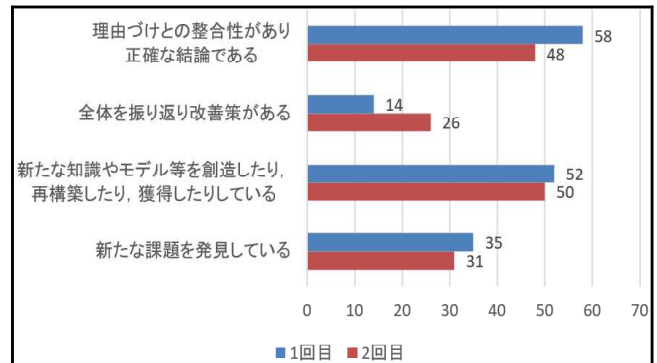


図8 「主張」の評価（1回目・2回目）

図9は生徒Cの2回目の考察プロットシートである。生徒Cは、「証拠」に「斜面を使ったら、仕事小さくなった」（図9囲み①）を記入している。これにつなげて、「理由づけ」に「0.22m 2.5N」（図9囲み②）と記入したが、課題につなげることができず途中で理由づけを止めている。これは、「主張」に記入した「結果的にはどちらの仕事の大きさは同じである」（図9囲み③）という主張と合わなかったためである。

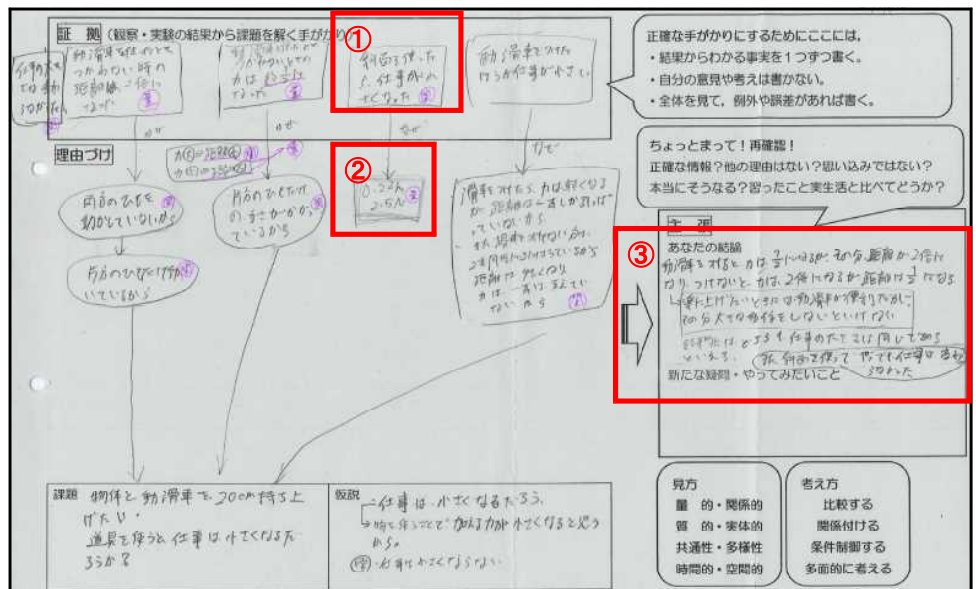


図9 生徒Cの2回目の考察プロットシート（囲みは筆者による）

そこで、生徒Cは、斜面による実験をやり直すことを改善策として「主張」に記入した。そして、課題の解決の時間が残っていたため、生徒Cは斜面による実験をやり直し、「主張」に「斜面を使ってやっても仕事は変わらなかった」（図9囲み③）と書き直した。

(2) 「証拠」について

表4より、「証拠」の平均値は、1回目よりも2回目の方が高くなった。また、平均値に統計的な有意な差が認められた ($t(60) = 3.79, p < .001$)。そのため、「証拠」を導出する力は高くなったといえる。

図10は、表2で示した「証拠」のレベルごとに、1回目と2回目の生徒の人数を比較したものである。図10より、2回目でレベル4の生徒が19名増えた。レベル3とレベル4の区別は、誤差や例外を示しているかどうかである。1回目よりも2回目の方で、誤差や例外など反駁につながる「証拠」

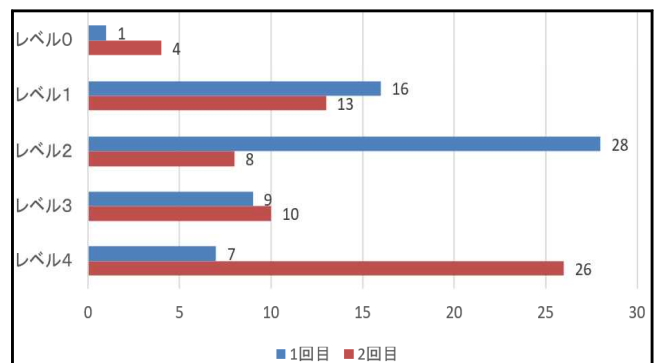


図10 「証拠」の評価（1回目・2回目）

が増えた。これは、考察を要素ごとに細分し「証拠」, 「理由づけ・反駁」, 「主張」と思考の順が明確になったことで、自分が主張するために都合のよい「証拠」のみを探すことがなくなったためである。生徒は、考察プロットシートを活用することで、「証拠」に注目することに慣れ、観察・実験の結果全体に目を向け、誤差や例外、他の班の結果にも意識を向けることができた。

図11は、生徒Dの2回目の考察プロットシートにおける「証拠」である。「(直接持ち上げても、動滑車を使っても、斜面を使っても)仕事の大きさは変わらない」(図11囲み①)と、「動滑車を使うと力の大きさは半分になる」(図11囲み②)は、図11におけるそれぞれ伸びた二つの矢印が集約していることから「主張」を支える「証拠」である。「直接持ち上げる物(もの)に対して物体(動滑車や斜面)を使ったもののほうが仕事は小さい」(図11囲み③)は、「(直接持ち上げても、動滑車を使っても、斜面を使っても)仕事の大きさは変わらない」(図11囲み①)と異なる結論を導く「証拠」であり、図11囲み①と異なる向きに矢印が伸びている。このことから、生徒Dは、「主張」を支える「証拠」だけでなく誤差や例外も意識しており、それらを明確に区別して考察していることがわかる。

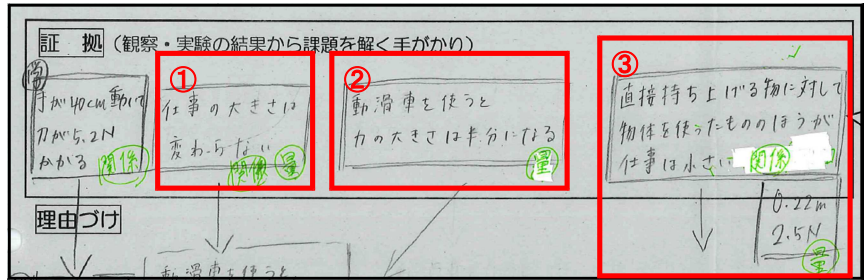


図11 生徒Dの2回目の考察プロットシート (囲みは筆者による)

(3) 「理由づけ・反駁」について

表4より、「理由づけ・反駁」の平均値は、1回目よりも2回目の方が高くなった。また、平均値に統計的な有意な差が認められた ($t(60) = 3.81, p < .001$)。そのため、「理由づけ・反駁」を導出する力は高くなったといえる。

図12は、表2で示した「理由づけ・反駁」のレベルごとに、1回目と2回目の生徒の人数を比較したものである。図12より、2回目でレベル3の生徒が14名増えた。レベル2とレベル3の区別は、「証拠」が「主張」を支持する理由について正確かつ十分な科学的原理を含むかどうかである。生徒の考察プロットシートでは、「理由づけ」の欄に1回目よりも2回目の方が、探究の過程を遡る様子や科学的原理による正当化が多く見られた。探究の過程を遡ることを促す考察プロットシートを使い続けることで、「理由づけ・反駁」の更なる導出が期待できる。

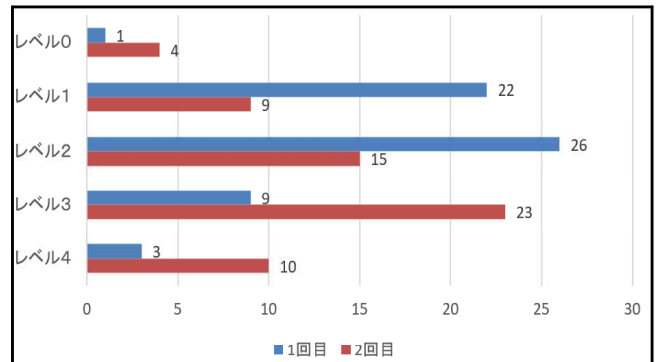


図12 「理由づけ・反駁」の評価 (1回目・2回目)

また、図12より、2回目でレベル4の生徒が7名増えた。レベル3とレベル4の区別は、誤差や例外について理由づけし科学的原理または正当化が十分に含まれていたり、反論に対する反駁も十分であったりするかどうかである。図7の生徒Aのように、誤差や例外について理由づけし科学的原理による正当化を十分に含めていたり、反論に対し反駁したりした生徒も増えた。このように、自己の考えや他者の考えを検討する生徒が増えた。

なお、「理由づけ・反駁」がレベル3の生徒でも、反駁の理由づけが不十分だが反駁を試みる生徒も増えた。図13は、生徒Eの2回目の考察プロットシートにおける「理由づけ・反駁」である。生徒Eの「理由づけ・反駁」は、レベル3である。生徒Eは、「証拠」にあたる「仕事の大きさは変わらない」を「主張」へとつなげている。また、「証拠」にある「動滑車を使ったら

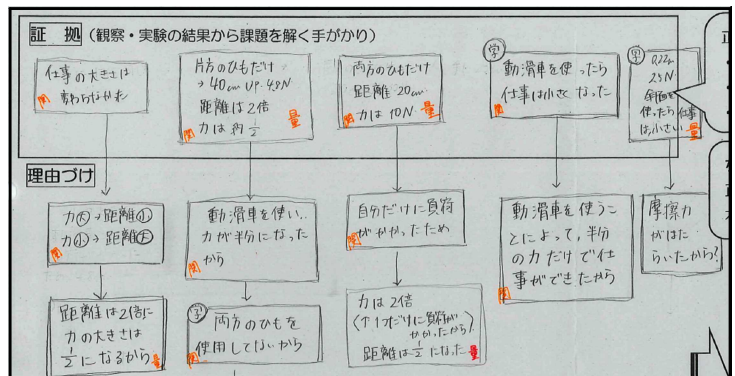


図13 生徒Eの2回目の考察プロットシート

仕事は小さくなった」と「0.22m 2.5N斜面を使ったら仕事は、小さい」は、加筆した他者の考えであり反論にあたる。生徒Eは、科学的な原理や正当化が不十分であり、課題へとつなげることができていないものの、反論について反駁を試みていることがうかがえる。

V 研究のまとめ

本研究では、中学校理科において生徒が考察を導出する効果的な手立てについて検証を行った。一つ目の手立てとして、アーギュメントを用いて課題の解決の過程を「証拠」「理由づけ・反駁」「主張」と細分する指導を試みた。この手立ては、考察における「主張」の場面で、全体を振り返り、自分の考えと異なる考えを検討し改善策を立案することに有効であること、「証拠」の場面で、観察・実験の結果全体に目を向け、誤差や例外も意識し他の班の結果にも意識を向けることに有効であることが明らかになった。二つ目の手立てとして、国語科のプロットを用いて、観察・実験結果を課題に向かって遡りながらつながりを考える指導を試みた。この手立ては、「証拠」に基づいて正確かつ十分な科学的原理を含む「理由づけ・反駁」の導出に有効であることが明らかになった。また、自己の「主張」を否定する「証拠」と「理由づけ」を考察に含めようとする態度の向上に有効である可能性が示唆された。

VI 本研究における課題

本研究では、生徒自身が考察を導出する際、アーギュメントに国語科のプロットを組み合わせた考察プロットシートを用いた。考察プロットシートは、「証拠」「理由づけ・反駁」「主張」と考察を構成する要素を可視化でき、それぞれを丁寧に考えさせることができる。このことが、考察の導出に起因したことが考えられる。しかし、「証拠」「理由づけ・反駁」「主張」の内容の重複をなくし課題の解決の過程にかかる時間を短縮するために考察プロットシートを活用せずに考察できることが望ましいと考える。今後は、考察プロットシートを用いて高まった力を、考察プロットシート等を活用せずに向上させるための研究を行う必要があると考える。

<引用文献・URL >

- 1 文部科学省 2017 『中学校学習指導要領解説 理科編 (平成29年7月)』
- 2 国立教育政策研究所 2018 『平成30年度 全国学力・学習状況調査【中学校】報告書』, p. 8, p. 9
- 3 木下博義・西野亘・風呂和志 2016 「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」『広島大学大学院教育学研究科紀要. 第二部, 文化教育開発関連領域 (65号)』, pp. 1-7, 広島大学大学院教育学研究科
<https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/ja/00041607> (2020. 2. 21)
- 4 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 (36巻4号)』 pp. 356-367, 日本科学教育学会
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssej/36/4/36_KJ00008426144/_pdf/-char/ja (2020. 2. 21)
- 5 野地潤家・新井満他28名 2015 『中学校国語3』, pp24-27, 学校図書
- 6 白石範孝 2015 『国語授業を変える言語活動の「方法」』, pp36-39, 文溪堂

<参考文献・URL >

- 1 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～平成8年度科学研究費補助金(基盤研究B)研究成果報告書』, 国立教育研究所内化学実験研究プロジェクト
https://nier.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=1111&item_no=1&page_id=13&block_id=21 (2020. 2. 21)
- 2 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 2013 「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」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssej/37/4/37_KJ00008988008/_article/-char/ja/ (2020. 2. 21)