

手回し発電機の手応えを考察する場面でのpプリムズ

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 修平, 小林, 和雄, 山田, 吉英 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/10454

手回し発電機の手応えを考察する場面でのpプリムズ

福井大学大学院教育学研究科学校教育専攻理数・生活科学教育コース 山本 修平
 福井大学大学院教育学研究科 小林 和雄
 福井大学大学院教育学研究科 山田 吉英

diSessaは物理現象やそれに関する問題の表象をもたらす要素的なスキーマである現象論的プリミティブズ(pプリムズ)を用いて学生の思考を捉える断片的知識論を提唱した。本研究では、学生が手回し発電機の手応えを考察する文脈におけるpプリムズの解明を行った。学生が考察の際に用いたワークシートでの記述には「手応えは電気抵抗と比例関係にある」とする推論や「電気抵抗が大きいものの方がより大きな電力が必要である」とする推論が見られた。このことからオームのpプリムとWorking harderのpプリムが呼び出され、不適当なマッピングがなされたことが推察された。

キーワード：理科教育, 断片的知識論, pプリムズ, 手回し発電機, 電気抵抗

1. はじめに

2009年1月に実施された大学入学選抜大学入試センター試験で手回し発電機に関する問題が出題された。この問題は「手回し発電機は、ハンドルを回転させることによって起電力を発生させる装置である。リード線に図1で示すa～cのような接続を行い、いずれの接続の場合でも同じ起電力が発生するように、同じ速さでハンドルを回転させた。a～cの接続について、ハンドルの手応えが軽い方から重い方に並べた順として正しいものを選べ。」というものであるが、得点率が7.58%と他の問題の得点率30～80%と比べて非常に低い数値となった。

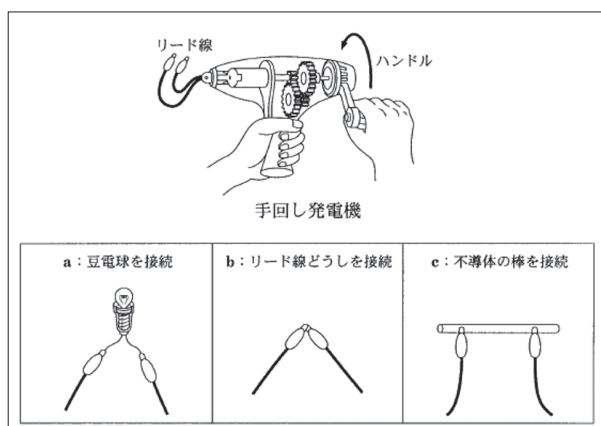


図1. センター試験で問われたa～cの接続

問題作成部会(2009)はこの結果に関して誤答パターンを分析すると、電気抵抗の大きなものほど手回し発電機の手応えが大きいという、正答と逆の順序のものが約6割を占めており、実際に実験を行ったことがある生徒にも誤答が見られたと報告している。また、古澤ら(発

行年不明)はこれほど得点率が低く、特定の誤答が多かった原因として、手回し発電機の手応えという力学的な抵抗と、つなぐ素子の電気抵抗という2つの「抵抗」を混同した生徒が多かったためではないかと指摘している。

山本ら(2017)はこのセンター試験の問題を教員養成系の大学生に解いてもらい、選択肢の選択理由の記述から誤答理由を分析している。その結果、力学的な抵抗と電気抵抗の混同によって誤答したと思われる学生が70%程度おり、豆電球が光ることで電力を必要とし手応えが大きくなるという推論によって誤答したと思われる学生も15%程度いることを見出している。

このような誤答の背後にある誤った推論は先行研究においては誤概念という言葉で捉えられることが多かった。このような捉え方のもとでは、誤概念を正規の科学概念に転換するための方略として、誤概念ではうまく説明できない状況に誘い込むことで、学習者に認知的葛藤を促し、誤概念を反証するような指導法などが試みられてきた。しかし、一時的に正規の科学概念に転換できたように見えた学習者も別の文脈では元の誤概念に戻ってしまうこともあり、このような方略が常に有効とは限らない。

一方 diSessa (1993) は、学習者の直観的な理解の様相を詳細に分析するために phenomenological primitives (pプリムズ) という、状況に依存して現れる直観的な知識要素 (schema) を用いた断片的知識論を提唱した。Redish (2004) による簡潔な定義によれば、「pプリムズとは物理的世界がどのように作動するかについての基本的言明に対応し、その使用者にとっては自明でそれ以上還元不可能な認知的資源」とされている。この定義によれば、pプリムズはある現象に対して考察する場面で

呼び出される知識要素であり、自明で還元不可能なもの、言い換えれば、使用者にとっては当たり前で、これ以上説明できないものとなる。また、p プリムズは状況依存性の高い直感的なものであるため、学生が過去にどの様な授業を受けてきたかに関わらず、同じ現象を見た時に「当たり前であるもの」として学生間で共感可能性を持つものである。

diSessa (1993) は p プリムズの実例をリスト化して示している。例えば、リストには「オームの p プリム」という p プリムがあるが、これは「作用は抵抗または干渉をくぐりぬけて、結果を生み出す。」という意味をもつ。この p プリムは「作用が大きければ、生み出される結果も大きい」や、「抵抗や干渉が大きくなれば、それに伴って結果が小さくなる」といった一連の比例関係と呼び出すものである。呼び出された比例関係の作用 x と結果 y といった未知数に物理的文脈における特定の変数をあてはめる (マッピング) ことで学習者は推論を行う。例えば、電気回路の文脈において、オームの p プリムが呼び出され、作用 x に「電圧」を結果 y に「電流」をそれぞれマッピングされれば、「より大きい電圧を加えた時にはより大きい電流が流れる」という推論が表出される。

また p プリムズの特徴として、それ自体は間違いでも正しくもないということが挙げられる。正誤の区別がなされるのは p プリムズが呼び出されたことによって行われる推論や表出される概念である。つまり、ある科学的な問題について考察する状況で学習者が推論を行う時、適切な p プリムが呼び出され、適切なマッピングがなされれば、学習者の推論は科学的に正規の概念として表出されるが、一方その状況において不適切な p プリムを呼び出したり、不適切なマッピングがなされたりした時には、誤概念と捉えられる。このような特徴から Hammer (1996) は、学習・教授において、誤概念の見方を用いると学習者の考えを否定的に捉えざるを得ないが、p プリムズの見方を用いれば学習者の考えを文脈によっては有効なものとしてより建設的に用いることができると指摘している。

p プリムズの捉え方では、誤概念より小さなスケールで学習者の思考の分析を行うため、学習者の詳細な思考を読み取り、学習者がなぜ誤概念を持つのか、また、持ち続けるのか、すなわち認知的葛藤による概念変容の試みが、ときに失敗に終わるのはなぜかを明らかにすることが期待できる。片平 (2017) も、このような p プリムズの見方を、今後の概念変容研究の発展に不可欠な要素であるとし、その実態を解明し情報を蓄積する必要があると指摘している。

しかし diSessa が実例を示している p プリムズは力学の文脈における p プリムズが中心であり、他の文脈における p プリムズの実態を解明した研究はこれまででなされていない。

2. 目的

手回し発電機の手応えを考察する状況における学習者の推論の背後にある p プリムズを解明する。

3. 方法

小学校教員を志望する学生 (主として学部1年生) のための「理科実験観察法」の授業をチームティーチングで実施し、そこで得られた学生のワークシート記述などを分析した。なお、分析に当たっては、暫定的な着眼点として「電気抵抗と力学的な抵抗の混同」(オームの p プリムと Working harder の p プリムの呼び出し: 詳細は表2参照) を互いに意識しつつ実践、実践後の省察、データの検討を行い、電気回路の文脈における p プリムズの実態解明を行った。

筆者らの電気回路に関する一連の授業は、第二著者(小林)による授業 A (90分+90分)、それから2ヶ月以上経過した時点での第三著者(山田)による探究授業 B (90分+90分)、さらにその翌週に引き続き行われる第一著者(山本)の模擬授業 C (90分) である。分析で使用したワークシート記述などを得たのは授業 C だが、筆者らの授業は互いに無関係に行ったものではなく、授業 A は手回し発電機に関する授業、授業 B は電気回路に関する授業であり、協働で計画を立案し、実践した。したがって学生の推論に影響を及ぼした可能性のある背景として、授業 A と授業 B についての概要についても記述する。また、各授業は学生に電気回路に関する現象や道具について理解させることを目的として行ったわけではない。以下、各授業の概要を示す。

3.1. 授業 A

小学校教員志望の学生約 100 名を対象とした仮説実験授業であった。理科授業における実験の役割とその教材としての扱い方、予想や討論の必要性、観察の理論負荷性といった事柄を実感することを目的に行われた。板倉ら (1987) の授業書におおよそ従い、授業者が手回し発電機に関する問題を出題した。学生は自身の解答や考えを紙に記述し、討論を行い、その後、実験を行って自身の解答や考え方が合っていたのか誤っていたのかを判断した。誤っていた場合には、実験を通して解釈をどのように変更すべきかを考えさせた。分かりづらい問題については授業者が黒板に図を示して説明を行ったり、演示実験で確認したりした。前述したセンター試験の問題についても学生に出題し、自身の考えを書かせた上で、実験を行い、自身の解答と手回し発電機の手応えについて考察させた。

3.2. 授業 B

授業 A を受けた学生約 100 名のうち 28 名に対する Hawkins の考え (Messing About 論) を踏まえた自由試行型の探究授業であった。石井 (2014) によれば、

Messing About 論とは子ども達の科学的探究の過程を3つのフェイズに分け、その3つのフェイズで成り立っていないければよい教授とはならないとする考え方である。ここでいう3つのフェイズとは、「質問されたり教えられたりせずに、ものと道具を調べたり確かめたりするフェイズ (Messing About)」、「幅広い教材や手引きにより、子ども達が自分の考えで取り組む。共通の基盤を持つ自分の考えや課題を深化するフェイズ (Multiply Programmed)」、「学級内での議論や講義など、具体的知覚から抽象的な知覚へと、さらに深い問題に達する教師による科学の世界への導きのフェイズ (Theory)」である。この3つのフェイズに時間の順番や重要な順番はなく、3つがミックスされていることが重要とされている。

本授業では、はじめて電気回路の教材に接する小学生ではなく、小学校や中学校時代に一通りの授業を受けてきた大学生が対象であることに配慮し、より効果的な探究を行うための支援として、探究に先立ち、電気回路の文脈における基礎的な知識を扱う講義が行われた。ここで扱われた基礎的な知識とは「電流の流れ方」や「電気抵抗の意味」といった小中学校段階で学習する理科知識である。例えば、導体を流れる電流のシミュレーションを見せたり、オームの法則についてアナロジーを用いて説明したりした。

学生は数名でチームを組み、チーム毎に配られた電気分野に関連する用具（例えば、様々な規格の豆電球、様々な形をしたソケット、様々な種類の電池など）を実際に手で触りながら、気づいたことや気になることを確かめる実験方法や、その結果と分かったことなどを表出していた。チーム内で相談しあっている様子も見られた。チームで設定した問題や解明したいことを確認する実験を考案し、結果の考察を行っているチームもあった。各チームの探究を、教室全体で共有した。

3.3. 授業C

授業Bを受けた学生28名に対して行った、手回し発電機の手応えを考察する仮説検証型の探究授業であった。

まずLEDを接続した場合と、豆電球を接続した場合の各々について、同じ速さでハンドルを回転させた場合の手応えを体験させた[1]。豆電球を接続した場合の方がLEDを接続した場合と比べて手応えが大きいことを全員が確認した後、「手回し発電機の手応えがLEDより豆電球の方が大きくなるのはなぜか」という問いについての仮説を個人でワークシートに記入させた。

個人での仮説設定が終わった段階で、班内及び教室全体で仮説の共有を行った。立案された仮説には様々な表現がみられたが、典型化すれば同様の意味である仮説が含まれていたため、学習者の同意を得ながら授業者が表1に示す2種類にまとめた。

表1. 学習者が立案した手回し発電機の手応えに関する仮説

仮説①	LEDより豆電球の方が、 <u>必要な電力</u> が大きいため、手応えが重い。
仮説②	LEDより豆電球の方が、 <u>電気抵抗</u> が大きいため、手応えが重い。

仮説①と仮説②は熟達者から見れば両立しない（矛盾する・反対のことを意味している）が[2]、初学者にとっては必ずしもそうではない。このため、2つの仮説が両立するか否かを学生に考えさせ、そう考えた理由をワークシートに記述させた。この記述から読み取れるpプリムズをdiSessa(1993)のpプリムズのリスト(表2)に従って分析した。

表2. オームのpプリムと Working harderのpプリムの意味と呼び出された時の事例

オームのpプリム	意味	作用は抵抗または干渉をくぐりぬけて、結果を生み出す。
	適用例	さまざまな面でさまざまな力で箱を押す状況で呼び出されると「摩擦が大きいほど生み出される結果が小さくなる」とか答えたり、「より強い力で押すとより大きい結果が生みだせる」という一連の比例関係と呼び出したりする。
Working harderのpプリム	意味	より多くの努力、またはより多くの努力の呼び出しは、より多くの抵抗への補償であるかのように解釈され得る。
	適用例[3]	目詰まりした掃除機の方が出る音がより高いピッチでより大きいという状況で呼び出されると「目詰まりした時の方が掃除機はパワーを発揮している」と答える。

4. 結果

授業Cにおいて表1で示した仮説①と仮説②が両立すると考えた学生は28名中13名おり、両立すると考えた理由の記述からはdiSessa(1993)が主張している表2で示す「オームのpプリム」と「Working harderのpプリム」が呼び出されていると推測できた。

まず仮説設定の段階で「手回し発電機(を回す人)が供給する電力」でも「素子で消費される電力」でもなく「必要な電力」という言葉が学生から挙げられたことに注目する。授業者が「必要な電力とは消費電力のことですか?」と問うと「違う」という反応も得られたことから、「消費される電力」と「必要な電力」とを区別している学生もいたことが分かった。この「必要な」という表象には「補償」のニュアンスが読み取れる。このことから「より多くの抵抗への補償のためにより多くの努力が必要である」というWorking harderのpプリムが呼び出されていることが推測される。2つの仮説が両立すると考えた学生はWorking harderのpプリムを呼び出し、「抵抗」

には「電気抵抗」を「努力」には「電力」をマッピングしたと推測できる。次に両立すると考えた学生6名の実際の記述を示す。ワークシートの手書きの記述をタイプしたものを枠囲みで示し、筆者らによる解釈を示す（括弧内は筆者らによる補足）。

4.1. 両立すると考えた学生 A の記述

LEDの方が内部の回路が短い。人間も距離が長ければ長いほど、多くの体力を使うように、電気も多く使う。(両立すると考えた)理由は、豆電球のほうが必要な電力が大きいことや消費電力が大きいことが、すなわち、LEDより豆電球の抵抗のほうが大きいということになると考えたからだ。

この学生 A は電気を人間の体力に例えるアナロジーを用いて2つの仮説が両立するか否かを推論している。また、電力と電気抵抗を比例関係としてとらえている。この力学的なアナロジーと、電力と電気抵抗とが比例関係にあるとする推論からオームの p プリムと Working harder の p プリムの呼び出しがうかがえる。ここでオームの p プリムが呼び出され、「作用」に「手回し発電機を回す力」を、「抵抗」に「手応え」をマッピングしている。また、Working harder の p プリムも呼び出され、「手応えが大きい→必要な電力が大きい→電気抵抗が大きい」という推論が表象されていると考えられる。

4.2. 両立すると考えた学生 B の記述

LEDを回したときに手回し発電機が軽いのは、LEDにつなげた時の方が抵抗が小さく、回路により大きな電流が流れるからだと考えた。そしてその場合大きな電流が流れるのでLEDを点灯されるのにそれはエネルギーも必要ないであろうと考えた。

この学生 B はオームの p プリムを呼び出し、「電気抵抗が小さい場合、大きい電流が流れる」という、電気抵抗と流れる電流を反比例関係として適当にマッピングして推論をしていることがうかがわれる。しかし、同時に Working harder の p プリムも呼び出されたことによって、「流れている電流が大きい=電気抵抗が小さい→必要な電力が小さい」と小さい抵抗に対しては小さい努力で補償できるという Working harder の p プリムに基づいた推論をしている。

4.3. 両立すると考えた学生 C の記述

「必要な電力」と「消費電力」の観点で見た時、どちらも電球とLEDを発光させるのに使用される電力であると考えたからである。また、「抵抗」については、電力を多く使えば、大きくなると考えた。そのため、「必要な電力」・「消費電力」・「抵抗」の3つは1つのまとまりであると考えた。

この学生 C はオームの p プリムを呼び出し、「作用」に「電力」を、「抵抗」に「電気抵抗」を、そして「結果」

に「豆電球やLEDが光ること」を不適当にマッピングしていると推測できる。同じ「光る」という結果のために必要な作用や努力は抵抗または干渉が大きいほどより多く必要であるという推論の背景には Working harder の p プリムも呼び出されているだろう。また、「必要な電力」・「消費電力」・「抵抗」の3つは1つのまとまりであるとする記述から、3つのうちどれかが大きくなればそれに伴って他の2つも大きくなるというような比例的な見方をしていることもうかがえた。「必要な電力」と「消費電力」との区別は見られなかった。

4.4. 両立すると考えた学生 D の記述

(両立すると考えた理由は)、抵抗・必要な電力・消費電力は言葉が違うだけで一緒だと思ったから。

この学生 D は学生 C と同様に「抵抗」・「必要な電力」・「消費電力」を同じものとして捉えている。互いに同じもので、3つのうちのどれかが大きくなることと、また残りのどれかが大きくなるということが両立すると考えていることから3つは互いに比例関係にあるという推論をしていると考えられる。オームの p プリムを呼び出して、「作用」に「必要な電力」を、「抵抗」に「電気抵抗」をマッピングした結果だろう。

4.5. 両立すると考えた学生 E の記述

(両立すると考えた理由は)、抵抗が大きければ必要な電力や消費電力も大きくなり、抵抗が小さければ、必要な電力や消費電力は小さくなるのではないかと考えたからです。

この学生 E は電気抵抗と必要な電力とを直接的に比例関係にあるとする推論を行っている。ここから Working harder の p プリムの呼び出しがうかがえる。

4.6. 両立すると考えた学生 F の記述

(両立すると考えた理由は)、抵抗が大きければ、豆電球やLEDをともしための電力もたくさん必要だろうと考えたからだ。抵抗が大きいということは電気を発電しにくい、つまり手回し発電機が重いということに繋がると思った。

この学生 F はオームの p プリムと Working harder の p プリムを呼び出し、「作用」に「電力」を、「抵抗」に「電気抵抗」を、「結果」に「光をともしこと」をマッピングしていることがうかがえる。豆電球もLEDも同じ「光をともし」という結果を生みだすために必要な電力を考えた時、電気抵抗の大きいと考えた豆電球の方が必要な電力が大きくなり、その電力を生みだすために必要な人間の力、つまり手応えが大きくなったと推論している。記述中に見られる「発電しにくい」というフレーズから電気抵抗の大きい方が大変というイメージがあることがうかがえる。その背後には Working harder の p プリム

が呼び出され、「努力」に「電力」を「抵抗」に「電気抵抗」をマッピングしていると同時に、「努力」に「自身の回す力」を「抵抗」に「手応え」をマッピングしているため、力学的な抵抗と電気抵抗の混同が起こったものと推測できる。

5. 結論と考察

本研究では、手回し発電機の手応えが大きい要因を電気抵抗が大きいことによるとする仮説と、必要な電力が大きいことによるとする仮説の、2つの仮説が両立するかを考察する場面において、オームのpプリムとWorking harderのpプリムが呼び出されることがうかがえ、電気回路の文脈におけるpプリムズの実態の一端が解明された。また、「作用に電力を、抵抗に電気抵抗を、結果に豆電球やLEDが光ることを」や「努力に自身の回す力を、抵抗に手応えを」といった不適当なマッピングがなされることで、誤った推論が表象されていることも示唆された。

2009年実施のセンター試験で出題された手回し発電機の問題で誤答が多かった原因となった推論もこのオームのpプリムとWorking harderのpプリムの呼び出しによって表象されたものであると推察される。

6. 今後の課題

手回し発電機の手応えを考察する場面においてオームのpプリムとWorking harderのpプリムが呼び出されることがうかがえたが、電気回路の他の文脈で呼び出されるpプリムズについてはまだ明らかにされていない。そこで、他の電気回路に関する授業プロトコルやワークシートの記述から、そこで見られるpプリムズを分析し、データを蓄積する。

また、そのデータを基に、電気回路の各文脈において適当なpプリムズの呼び出しと、マッピングを行い、学習者に概念理解を促進するような指導方略の開発を行う。

註

[1] 同じ速さでハンドルを回転させた時、回路に加わる電圧は等しく、豆電球とLEDではLEDの方が電気抵抗が大きいため、回路を流れる電流は豆電球をつないだときの方が大きくなる。また、回路に流れる電流量が大きい方が、手回し発電機内の電磁石の磁力が強くなり、手回し発電機内部の永久磁石との相互作用が強くなるため、結果として豆電球をつないだときの方が手応えは大きくなる。このような機構についての詳しい説明は、学生には行っていないが、これは、授業の目的が科学的に正確な説明の知識を得ることではなく、学生自身がその時点で保持しているスキーマを基に仮説を立て、推論を行い、科学的な討論を行うこととして設定されているためである。

[2] 仮説①に現れている「電力」は P （素子で消費される電力） $= I$ （素子を流れる電流） $\times V$ （素子に加わる電圧）という数理モデルで求めることができる。この数理モデルで考えると、素子に流れる電流が大きい程、素子で消費される電力が大きくなるのが分かる。仮説②に現れている「電気抵抗」は V （素子に加わる電圧） $= I$ （素子を流れる電流） $\times R$ （素子の電気抵抗）という数理モデルで求められる。このモデルは素子に同じ電圧をかけた時、素子の電気抵抗が小さい程、結果として大きな電流が流れることを意味している。この2つの数理モデルを合わせて「電力」と「電気抵抗」を同じモデル内に表すと、 $P=V^2/R$ となる。この授業においては手回し発電機のハンドルは常に同じ速さで回しており、回路に加わる電圧は常に一定であるため、電力と電気抵抗は反比例関係にあると考えることができる。したがって、「素子で消費される電力がより大きいこと」と「素子の全体電気抵抗がより大きいこと」は同時に成立せず、仮説①と仮説②は両立しない。互いに反対のことを示す仮説となる。

[3] Working harderのpプリムの呼び出しに関しては、筆者らは「2つの同じ電池に電気抵抗の大きいものと小さいものをそれぞれ繋げたとき、先に電池切れを起こすのはどちらか」という問いについて考える状況でWorking harderのpプリムが呼び出されたことにより「電気抵抗の大きいものをつないだときの方が電池のする努力が多いため、早く電池切れを起こす」と答える学生の存在を確認している。これはつまり電気回路の文脈でもWorking harderのpプリムが呼び出される場面があることを示唆している。

引用文献

- 独立行政法人大学入試センター（2009）「平成21年度大学入試センター試験（本試験）[物理I]」、独立行政法人大学入試センター。
- 問題作成部会（2009）「問題作成部会の見解」、『平成21年度大学入試センター試験（本試験）試験問題評価委員会報告書[物理I]』, p.325-329, 独立行政法人大学入試センター。
- 古澤佑一, 加藤義道（不明）「手回し発電機の実験（その1）」, <<http://arbelt.web.fc2.com/mawasutikara1.html>>, 2017年8月21日アクセス。
- 山本修平, 小林和雄, 山田吉英（2017）「教員養成系大学生の電気抵抗概念の理解に関する研究—手回し発電機の手応えに関する問題状況を中心として—」, 福井大学教育地域科学部学校教育課程理数教育コース卒業論文。
- diSessa, A. A. (1993) "Toward an Epistemology of Physics." *Cognition and Instruction*, 10 (2 & 3), 105-225.

Redish, E. F. (2004) "A Theoretical Framework for Physics Education Research: Modeling Student Thinking", The Proceedings of the Enrico Fermi Summer School in Physics, Course CLVI (Italian Physical Society).

Hammer, D. (1996) "More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research." American Journal of Physics, 64 (10), p.1316-1325.

片平克弘 (2017) 「科学概念変容研究の展開と課題」, 大高泉 (編) 『理科教育基礎論研究』協同出版, p.140.

板倉聖宣, 吉村七郎, 塩尻広次, 小林光子 (1987) 「ゼネコンで遊ぼう—発電機と電気エネルギー—」 仮説社.

山田吉英, 小林和雄, 山本修平 (2016) 「手回し発電の手応えに関する誤概念の研究—電池の消耗によるブリッジの可能性に関する基礎研究—」, 2016年度日本物理教育学会年会 第33回物理教育研究大会要旨集, p.19-20.

石井恭子 (2014) 「科学教育における科学的探究の意味—D.Hawkinsによる Messing About 論を手がかりに—」, 『教育方法学研究』, 39, 59-69.

資料

〈資料 1. 2009 年実施のセンター試験〉

問 2 手回し発電機は、ハンドルを回転させることによって起電力を発生させる装置である。リード線に図 1 に示す a ~ c のような接続を行い、いずれの接続の場合でも同じ起電力が発生するように、同じ速さでハンドルを回転させた。a ~ c の接続について、ハンドルの手ごたえが軽いほうから重いほうに並べた順として正しいものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。 3

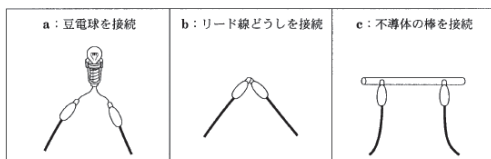
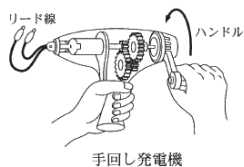


図 1

	ハンドルの手ごたえ		
	軽い	→	重い
①	a	b	c
②	a	c	b
③	b	a	c
④	b	c	a
⑤	c	a	b
⑥	c	b	a

〈資料 2. 授業 C で用いたワークシート〉

テーマ
なぜ豆電球をつなげた時の方が手回し発電機の手ごたえが重くなるのだろうか

1) ひとりで：仮説を立ててみよう (図も使って分かりやすく!) ..

2) 組になって：仮説を出し合い、仮説を出し合おう。

3) 組になって：仮説を検証する実験方法を考えよう (図も使って分かりやすく!) ..
また、立てた仮説が正しいとするならば、予想される実験結果を矢印の下に書こう

ほかの人の意見を聞いて自分の仮説を変えたときは、もとのを消さずに赤で書こう。

メモ (授業中出てきた分からない言葉や、ほかの人の意見を聞いて思ったことを書こう)

4) 班になって：実験を行い、具体的な数値も含めて結果を書こう

--	--

5) 結果から、自分が立てた仮説は（正しかったと言える or 反証された）

6) そして、テーマに答える形で今日の授業で分かったことを書こう

--

7) 振り返り

--

