

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K01021

研究課題名（和文）誤概念を保有する教員養成系大学生と共にデザインする電気学習に関する理科授業

研究課題名（英文）Designing a Science Class on Electrical Circuits with College Students of Education Who Have Misconceptions

研究代表者

平島 由美子（Hirashima, Yumiko）

横浜国立大学・教育学部・教授

研究者番号：60242377

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：小学校第4学年で学ぶ単純回路の電流や乾電池の直列つなぎ・並列つなぎ、中学校第2学年で学ぶ直列回路・並列回路の電圧や電流およびオームの法則に関して、学習者の理解状況や保有する素朴概念を質問紙やインタビューで調査し、学習者が強固に保持する複数の誤概念を把握できた。調査結果を踏まえ、学習者の既有知識（誤概念）と授業で学ぶ新しい知識（科学的概念）の優劣が明確になる実験パッケージ（電流、電位差、オームの法則）を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題では、電気回路に関して未だに誤概念を保有している教員養成系学部生の意見を参考にして、児童生徒の理解を促す電気学習の授業を検討した。指導が難しく理科嫌いの一因ともいわれる電気学習の授業改善を目指すだけでなく、自分自身も電気学習に苦手意識を持つ教員養成系学部生の理科指導力の向上も目指す点が新しいと考える。素朴概念調査結果を踏まえて考案した実験パッケージは、今後、教員研修や教員採用内定者対象の講座で紹介することで学校の理科教育にも寄与できるのではないかと考える。

研究成果の概要（英文）：We investigated learners' level of understanding and naive concepts about the learning content of electric circuits in elementary and junior high schools through questionnaires and interviews. And we grasped multiple misconceptions that learners hold firmly. Based on the survey results, we developed an experimental package that clarifies the relative merits of learners' existing knowledge (misconceptions) and new knowledge (scientific concepts) learned in class.

研究分野：物理教育

キーワード：教員養成 電気回路学習 素朴概念 理科授業改善 実験パッケージ

1. 研究開始当初の背景

小学校第6学年単元『電気の利用』では、以前であれば高等学校物理で扱っていたコンデンサーやLED等を用いて学習が進められている。小学校教員は全科を指導するが、理科を専門とする教員は限られており、コンデンサーの充電・放電の仕組みやLEDの発光原理や整流作用を十分理解しないまま理科授業を担当せざるを得ない状況がある。このような事情もあり、電気単元の指導を苦手とする小学校教員は多い。また、理科を専門としている中学校教員でも、他の内容と比べて電磁気の指導に難しさを感じている場合が少なくない。

先に行った調査(2009年)で教員養成系学部生115名に小中学校レベルの電気回路に関する問題を解いてもらったが、正答率は予想よりかなり低かった。回答後に感想を書いてもらったが、中学生の時には簡単に解けていたはずの問題に自信をもって答えられずショックを受けている学生が多かった。中学生の時はテストの点数もよかったが、真に理解していたのではなく、単に公式を暗記して数多くの問題を解いて、わかったつもりになっていただけと気づかされたと言っていた学生が多かった。この学生たちも、数年後には教員として理科を教えることになる。電気回路の学習内容は、児童生徒の持っている素朴概念と科学的概念の隔たりが大きい。教員が児童生徒の素朴な疑問を解消する手立てをせず回避したまま、単に教科書の内容を教え込んでしまうことは、将来的に児童生徒の理科離れや物理嫌いを作る一因になる可能性がある。よって、教員養成系学部生を対象にした電気回路に関する授業や授業外の実験講座のあり方を再検討し、自信をもって電気単元の指導ができる教員を養成することは、意味があることだと考える。その際、講義するだけでなく、学生が主体的に学べる環境を用意する必要がある。物理は、とにかく公式を丸暗記して、問題が解けるようになればよいと考える教員になってもらっては困る。

物理が苦手だという教員養成系学部生から、“物理がわかる人(授業者である教員)は、物理がわからない人(学習者である児童生徒)がなぜわからないのか理解できないのではないか”という話を聞く(私も高校時代はそう思っていた)。児童生徒が学習前にどのような素朴概念を日常生活の中で作り上げているかを調査し、その結果を踏まえて小中高の理科授業の内容を検討するのは大事であるが、調査だけでは学習で躓く児童生徒の考え方や難しくてわからないという気持ちを十分に理解するのは難しい。誤概念を保有する学習者(児童生徒)と授業者(教員)が一緒になって授業デザインできればよいが、それは現実的ではない。そこで、児童生徒と同様に未だ誤概念を強固に保持し、児童生徒が理解しにくい箇所がわかる教員養成系学部生とともに、小中高の授業や教員養成系学部生対象の実験講座を検討することを考えた。

2. 研究の目的

調査した範囲においては、これまで学習に躓いた学習者とともに理科授業をデザインする試みは行われていない。また、他の学習内容に比べて電気学習に苦手意識を持つ学習者は多く、学習者にとって電流や電圧の概念を正しく捉えるのは容易ではないと指摘されている。

そこで、教員養成系学部の学生に強固に残る電気回路の誤概念を調査して学習者が躓く箇所とその理由を探り、電気学習に苦手意識を持つ学生とともに小中高の授業や学生向けの実験講座を検討することにした。研究を進めることで、苦手意識を持つ児童生徒が多いとされる電気学習の授業改善と自信をもって電気単元の指導ができる教員の育成につなげたいと考えた。

3. 研究の方法

(1) 学習者は、学校の理科授業で学習する内容とは別に科学的な現象について自分なりの考え方をしていると指摘されている。学習者がどのような誤った考え方をしているかを探る目的で、多くの研究者が実態を調査している。まず、電気回路の素朴概念調査の先行研究を調べた。

(2) 学習指導要領解説や教科書等を通して小中高の電磁気単元の学習のつながりについて理解を深め、各単元の指導上の留意点を理解するために教科書記載の代表的な実験をチェックし、他にも指導の際に活用できる定性実験や自作教材がないかを調べた。また、学習者の理解の助けになる実験や教材を具体的に調べるため、実際に市販の装置・器具を用いて教科書にある代表的な実験を行い、加えて、入手しやすい安価で身近な材料で教材を製作してみた。

(3) 電気回路に関する学習内容は、児童生徒の理解が困難なものの一つとされている。具体的にどのような困難な実態があるのか、電気回路の基本概念である電流や電圧の理解が定着しない要因は何か、これらを探る目的で多くの研究者が学習者の実態を調査している。本研究でも、小学校第4学年で学ぶ単純回路の電流や乾電池の直列つなぎ・並列つなぎ、中学校第2学年で学ぶ直列回路・並列回路の電流と電圧およびオームの法則に関して、学習者の理解状況や保有する素朴概念について調査した。調査対象は、小学校5年生から大学生(教員養成系学部生と理系学部生)とした。また、電気学習に苦手意識を持っている教員養成系学部生にインタビューを行い、学習者が躓く箇所とその理由を調べた。加えて、過去に教養教育科目で電気回路実験(直流と交流)をした際、受講者に毎回記入してもらった振り返りの自由記述の見直し作業を行った。

(4) 質問紙調査等の結果を踏まえ、誤概念を保有し電気学習で躓いた教員養成系学部生とともに学習者の電流、電位差、オームの法則の理解を促す実験パッケージと指導方略を検討した。

4. 研究成果

(1) 学習者の電気回路の素朴概念に関する先行研究について

これまで多くの研究者が、学習者の電流や電圧のとりえ方について調査研究している。例えば、オズボーンらは、単純回路における子どもの電流概念を類型化し、年齢によって電流の考え方がどう変化するかを示した。門馬・吉田は、学習後、中学生の電流の向きに関する誤概念はかなり改善されるものの、電流保存の法則に関する誤概念は容易に変容しないこと報告している。古屋・戸北は、直列・並列回路における電流の流れ方の認識調査を行い、大学2年生の約80%が交通流モデルという誤概念を持つことを報告している。金子は、中学生の電流保存概念に関する研究を行い、抵抗が2個の場合、電流値を計算する問題で正解できる生徒でも発熱を伴う直列回路の問題には正しく応用できなくなってしまうと報告している。ここでは、ごく限られた文献しか挙げられないが、他にも多数の文献がある。その全てを把握することは到底できないが、学習者は電気に関して自分なりの考えを持ち、その考えは強固で変容しにくく、学習者にとって電流や電圧を正しく捉え理解するのは容易ではないと再認識した。

(2) 小中高の電磁気単元の学習内容のつながりと単元指導で活用される実験について

小中高の理科授業で児童生徒が学ぶ電磁気単元の学習内容がどのようにつながっているのか、また、単元学習でどのような実験が行われているのかを把握するため、学習指導要領解説や各教科書会社の教科書等を確認した。結果、小学校では単元学習の最後に総括的評価として活用できる定性実験やものづくりが不足していること、中学校では定性実験が不足気味で教科書にある定量実験は確かめ実験・やらされ実験になってしまう可能性があることが気になった。

(3) 学習者の電流・電圧の理解度や保有する素朴概念について

過去の調査を含め2009～2019年に実施した質問紙調査の結果を集計・分析した。調査対象は、公立小学校5年生43名と6年生41名、公立中学校1年生28名と2年生32名と3年生30名、公立高等学校1年生109名と2年生86名、教員養成学部生1465名、理系学部生70名であった。

まず、教員養成学部生1465名（高等学校旧課程659名、新課程806名）の結果を分析した。高等学校での物理履修状況は、物理Ⅰ・Ⅱ履修者115名、物理基礎・物理履修者184名、物理Ⅰ履修者200名、物理基礎履修者430名、未履修者536名（旧課程344名、新課程192名）であった。2009～2016年は、10問の質問で電流と電圧の理解状況を調査した。2017～2019年は、「オームの法則（公式の記述、グラフへの描き込み）」、「ショート回路」、「電流と電圧の説明」の質問を外し、「直列・並列回路の電流値」と「8つの回路の豆電球の明るさ（単純回路との比較）」の2問を加えた。質問紙の一部（3問）を次頁に示した。なお、結果は、高等学校の物理履修状況によって分けて集計した。

結果をみると、負荷が豆電球の単純回路の電流保存に関する正答率は、物理Ⅰ・Ⅱあるいは物理基礎・物理履修者75.9%、物理Ⅰあるいは物理基礎履修者71.6%、未履修者65.9%であったが、負荷がモーターになっただけで正答率が下がった。両方に正解できた割合は、物理Ⅰ・Ⅱあるいは物理基礎・物理履修者63.9%、物理Ⅰあるいは物理基礎履修者60.8%、未履修者51.5%であった。単純回路の電流値は負荷以降小さくなるなど、電流の向きは理解しているが電流保存概念をもたない学生が相当数いる。豆電球の点灯の仕組みを問うた回答をみても“電流を消費して光っている”や“電子を放出して光っている”を選択した学生は、物理Ⅰ・Ⅱあるいは物理基礎・物理履修者11.4%、物理Ⅰあるいは物理基礎履修者19.6%、未履修者25.6%いた。負荷が電熱線の単純回路の電流保存に関する正答率は、物理Ⅰ・Ⅱあるいは物理基礎・物理履修者65.2%、物理Ⅰあるいは物理基礎履修者45.1%、未履修者39.7%であった。誤答が多かったのは“電熱線の前の電流値は大きく、電熱線の後では電流値が小さくなる”であり、全体で38.0%いた。理由としては、“電熱線で電気エネルギーが熱エネルギーに変換されて消費されるので電流が小さくなる”が多く、“電流＝電気エネルギー”と捉えて電熱線で電流が消費されると考えている。他の理由が多かったのは、“電熱線は電流が流れるのを邪魔する”や“電熱線は障害物で抵抗がある”であった。“電熱線は抵抗で障害物であり、電熱線で電流が流れにくくなって、その先の電流値は小さくなる”と考える学生が確実にいる。また、電流保存の法則に関しては、「80Ωと20Ωの直列回路で2つの抵抗の間に電流計を入れて電流値を測定する。抵抗の順番を入れ替えたら電流値はどうなるか」という質問も出した（次頁の右上）。正答率は、物理Ⅰ・Ⅱあるいは物理基礎・物理履修者77.3%、物理Ⅰあるいは物理基礎履修者51.4%、未履修者46.3%であった。誤答が多かったのは、“電源の+極側に小さな抵抗20Ωがある回路の電流計の値の方が大きい”で、全体の32.8%の学生が選んだ。理由を見ると、“抵抗が小さい方が強い電流が流れる”や“最初に抵抗の大きい80Ωを流れようとするので電流は流れにくくなる”といった内容がほとんどであり、“抵抗＝障害物”と捉えて、その部分で電流が円滑に流れなくなると考えている。“20Ωしか堰き止められない”と書いていた学生もいた。加えて、回路について全体を見ずに部分的に推測する傾向があり、電流計の手前にある抵抗の大きさだけで、その箇所の直列回路の電流の値を計算して回答している学生がいる。実際、オームの法則の公式を使って“ $10/80=0.125$ 、 $10/20=0.5$ ”という計算が小さくメモされている回答や“電流＝電圧÷抵抗で、20Ωに10Vは0.5A、80Ωに10Vは0.125Aになるから”と具体的に計算結果を理由として書いている回答が複数あった。80Ωと20Ωの直列回路において、電源電圧が全体にかかることが理解されていない状況がある。

電圧に関する問題は、2問用意した。一つは豆電球2つの並列回路の電圧を問う問題で、豆電球の一方は明るく点灯し他方は暗いという説明を付けた。結果、正答率は、物理Ⅰ・Ⅱあるいは物理基礎・物理履修者72.6%、物理Ⅰあるいは物理基礎履修者57.0%、未履修者47.6%であった。

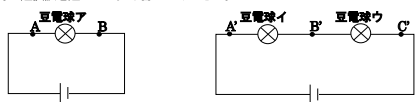
誤答の理由としては、“明るさが違うなら電圧は違う”や“電圧が同じなら明るさも同じはず”が多かった。視覚情報から短絡的に判断して回答してしまう学生が多いことが示唆された。

もう一つは、単純回路（豆電球ア、乾電池1個）と直列回路（豆電球イとウ、乾電池1個）の豆電球ア～ウの両端の各電圧を問う問題である（下図の左）。同じ種類の乾電池と豆電球なので、正答は、「豆電球アとイの両端の電圧は違うが、豆電球イとウの両端の電圧は同じ」だが、正答率は、物理Ⅰ・Ⅱあるいは物理基礎・物理履修者73.2%、物理Ⅰあるいは物理基礎履修者43.3%、未履修者37.3%であった。また、「豆電球の明るさはア>イ=ウ。2つの回路の各点の電流はA=B>A'=B'=C'」であるが、豆電球の明るさの正答率は全体で59.9%、電流の正答率は全体で23.4%であった。なお、豆電球にかかる電圧と明るさが全て正解であっても、回路に流れる電流は単純回路と直列回路のどの点でも同じで、 $A=B=A'=B'=C'$ と誤答する学生がかなりいた。誤答では、“直列回路なら豆電球ア、イ、ウの両端の電圧は常に一定。明るさも同じでア=イ=ウ。電流も同じでA=B=A'=B'=C'となる”とする回答が多かった。回路内の抵抗の違いに着目せず、直列につながっていて、つまり1本道なら豆電球の数に関係なく電流は同じであると短絡的に考えていて、そこには強固に保持された「同じ電源から流れる電流は常に一定」という誤概念がある。また、“乾電池の+極に近い豆電球アとイは同じ電圧だが、豆電球ウはイの後にあるので電圧は低くなる。豆電球の明るさは先にあるアとイは同じだが、後ろのウは暗くなり、ア=イ>ウ。電流は豆電球を通るたびに減ってA=A'>B=B'>C'となる”という回答も多かった。これは、「同じ電源から流れる電流は常に一定」という誤概念に加え、「電流は負荷で消費される」や「電流は負荷で流れにくくなる」という誤概念があると考えられる。また、回答や回答理由をみると電流と電圧が明確に区別できていない学生がかなりいる。

別問題で抵抗器2つの直列回路と並列回路の電流を問うたが、正答率は低かった。直列回路および並列回路の各正答率は、物理基礎・物理履修者は59.0%と50.0%、物理基礎履修者は14.7%と7.3%、未履修者は10.8%と4.5%であった。一番多かった誤答は、“単純回路と直列回路の電流は同じ、並列回路の抵抗には単純回路や直列回路の電流の半分の電流が流れる”という考えであった。単純回路内と直列回路内の抵抗の違いに着目することなく、「電源が同じなら流れる電流は常に一定」という誤概念や「直列なら常に一定で同じ」とする短絡的な考え方が表出していると考えられる。並列回路でも回路内の抵抗の違いに着目せず、電源電圧がどこにかかるのかも考えず、「電源が同じなら流れる電流は同じで、それが2つに分かれて抵抗器に流れるので半分になる」と考えている。

最後に、単純回路の豆電球の明るさと8つの回路A～Hの豆電球の明るさを比較する問題を出した（下図の右下）。小学校第4学年で学ぶ乾電池の直列・並列つなぎや中学校第2学年で学ぶ直列・並列回路が理解できていれば正解できる問題であるが、8つの回路すべてに正解した学生は全体の22.1%であった。また、8つの回路の回答を調べると、誤ってはいるが学生なりのあるルールに従って考えた回答の組み合わせパターンが4種類見つかった（その後、中学生と高校生の回答まで分析した結果、回答の組み合わせパターンは7種類あることがわかった）。結果から、高等学校で物理Ⅱや物理まで履修しても、小中学校で学んだはずの知識が身につけていない

問題4. 下の図のように同じ種類の乾電池と豆電球をつないで、2つの回路をつくりました。それぞれの回路で、豆電球の両端の電圧 V_{AB} 、 $V_{A'B'}$ 、 V_{BC} を測定しました。電圧の値は、どうなっていると思いますか。選択肢から1つ選んで、○で囲んでください。また、その選択肢を選んだ理由も書いてください。



(1) 電圧 V_{AB} と $V_{A'B'}$ の値をくらべると、

- ① V_{AB} と $V_{A'B'}$ の値は「同じ」 ② V_{AB} と $V_{A'B'}$ の値は「違う」

その選択肢を選んだ理由：

{ }

(2) 電圧 $V_{A'B'}$ と V_{BC} の値をくらべると、

- ① $V_{A'B'}$ と V_{BC} の値は「同じ」 ② $V_{A'B'}$ と V_{BC} の値は「違う」

その選択肢を選んだ理由：

{ }

(3) 豆電球ア、イ、ウを明るく順番に並べたとき、どれが正しいと思いますか。選択肢から1つ選んで番号を○で囲んでください。また、その選択肢を選んだ理由も書いてください。

- ① ア>イ>ウ
② ア=イ=ウ
③ ア=イ<ウ
④ イ=ウ>ア
⑤ ア=イ<ウ
⑥ その他（ ）

その選択肢を選んだ理由：

{ }

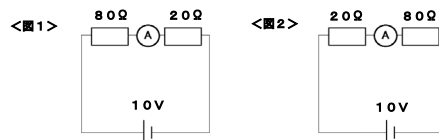
(4) 上の2つの回路の各点A、B、A'、B'、C'を流れる電流の大きさは、どうなっていると思いますか。選択肢から1つ選んで番号を○で囲んでください。また、その選択肢を選んだ理由も書いてください。

- ① $A=B=A'=B'=C'$
② $A=A'>B=B'>C'$
③ $A=B>A'=B'=C'$
④ $A>B>A'>B'>C'$
⑤ その他（ ）

その選択肢を選んだ理由：

{ }

問題5. 下の図のような2つの回路があります。回路内の電流計の値はどうなりますか。次の選択肢から1つ選んで○をつけてください。また、その選択肢を選んだ理由も書いてください。



- ① 図1の電流計の方が図2よりも大きい その選択肢を選んだ理由：
② 図2の電流計の方が図1よりも大きい
③ どちらも同じ大きさ

{ }

問題6.

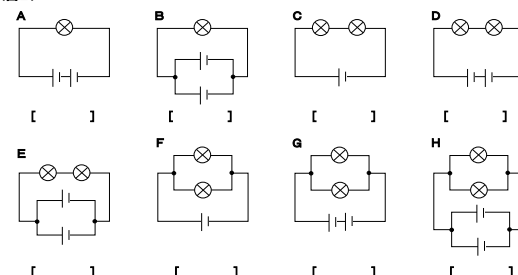
まず、乾電池1個と豆電球1個を導線でつないで<図1>のような回路をつくり、豆電球の明るさを調べました。



次に、<図1>で用いたものと同じ種類の乾電池と豆電球を使って、<図2>のA～Hのようにつないで回路をつくり、それぞれの豆電球の明るさを調べました。

このとき、<図1>の豆電球よりも明るくなるつなぎ方は○、同じ明るさになるつなぎ方は○、暗くなるつなぎ方には△を [] に書いてください。また、それぞれ、誤答の理由も“余白に”書いてください。

<図2>



[] [] [] []

[] [] [] []

状況があることがわかった。また、「電流は負荷で消費される」「電流は負荷の先で流れにくくなる」「同じ電源から流れる電流は常に同じ」「直列なら電流は常に一定」「直列なら電圧は常に一定」「並列回路の導線が分岐するところで電流は半分に分かれる」など、教員養成学部生にも強固に保持される誤概念を把握できた。加えて、電位差（電圧）を理解できていない、回路全体での抵抗を考えず部分的に推測する、電源電圧がどこにかかるのかを考えない等、学生たちの考え方の癖も把握できた。

さらに、2017～2019年実施の小学校5年生から大学生を対象にした調査結果から、素朴概念が学年進行でどう変化していくのかを調べた。対象者の学年範囲を広く設定したのは、学習者の持つ誤った様々な概念の堅固性や回答の一貫性を学年進行で把握し、それを各学校種の授業改善に活用するためである。結果は、中学校での学習状況および高等学校での物理履修状況等に影響されると考えられるため、6つのグループに分けて集計した。中学校で電気は未習の小学5年生～中学2年生144名（＜小5～中2＞と呼ぶ）、中学校で電気は既習だが高等学校で電気は未習の中学3年生～高校2年生225名（＜中3～高2＞と呼ぶ）、物理基礎・物理は未履修の教員養成系学部生111名（＜教一未履修＞と呼ぶ）、物理基礎履修の教員養成系学部生259名（＜教一物基＞と呼ぶ）、物理基礎・物理履修の教員養成系学部生100名（＜教一物基・物＞と呼ぶ）、理系学部生70名（＜理系学部＞と呼ぶ）の6つである。

結果より、小中高で繰り返し学ぶことで、電流の向きと大きさに関する誤った考え方の多様性がなくなっていくとともに一貫性のある考え方を持つ割合が上がり、電流保存の法則の正答率も上昇する傾向がみられた。負荷が豆電球あるいはモーターの単純回路の電流の捉え方について両方に正解できたのは、＜小5～中2＞11.8%、＜中3～高2＞38.7%、＜教一未履修＞49.5%、＜教一物基＞62.2%、＜教一物基・物＞72.0%、＜理系学部＞82.9%であった。誤ってはいるが一貫した考え方の数は、＜小5～中2＞5種類、＜中3～高2＞7種類、＜教一未履修＞5種類、＜教一物基＞5種類、＜教一物基・物＞3種類、＜理系学部＞2種類であった。正答（科学的概念）も含め一貫した考えを示した回答の割合は、＜小5～中2＞50.0%、＜中3～高2＞70.2%、＜教一未履修＞78.4%、＜教一物基＞83.0%、＜教一物基・物＞84.0%、＜理系学部＞94.3%であった。

次に、小学校で学ぶ乾電池の直列・並列つなぎに関して、前頁の8つの回路のうち回路AとBの豆電球の明るさを単純回路の豆電球の明るさと比較する問題を出した。単純回路の豆電球より明るい場合は◎、同じなら○、暗ければ△を記入してもらった。正答はA◎－B○であるが、正答率は、＜小5～中2＞43.8%、＜中3～高2＞37.3%、＜教一未履修＞57.7%、＜教一物基＞60.2%、＜教一物基・物＞67.0%、＜理系学部＞82.9%であった。また、主な誤答は、3種類（A○－B◎、A◎－B◎、A◎－B△）であった。A○－B◎は、回答理由から、回路Aは乾電池2個が直列つなぎで横に並んでいるだけで1本道なので単純回路と電流や電力等は変わらない、回路Bは乾電池2個並列つなぎなので2個の電流やエネルギーやパワー等が合わさり単純回路より明るくなると考えていた。この誤答は＜理系学部＞では0%であった。A◎－B◎は、回答理由から、回路AもBも乾電池が2個に増えたので、つなぎ方に関係なく豆電球に流れる電流やかかる電圧が2倍になるので明るくなると考えていた。この誤答は＜理系学部＞でも10.0%いたことから、学習を積み重ねても強固に残る考え方である。A◎－B△は、回答理由から、乾電池2個を直列につなぎと電流が大きくなり豆電球は明るくなるが、乾電池2個を並列につなぎと電流が分かれて単純回路より暗くなると考えたり“並列なら分散して暗い”と誤って記憶したりしていると考えられる。この誤答の割合はどのグループも低いが、＜理系学部＞でも4.3%いた。

(4) 授業デザインと教育実践について

調査結果から、以下の点に留意して授業や実験講座の内容を検討した。小学校第4学年では、簡易検流計やモーターを活用して単純回路の電流の向きと大きさを学ぶが、このとき、事前に児童の予想（考え）をクラスで整理してから、負荷の前後に同時に簡易検流計を入れて確認させ、実験結果を矛盾なく説明できる予想（考え）がどれだったのかを明らかにさせたい。なお、負荷が違おうと異なる電流モデルを導入する学習者がいるので、負荷はモーターだけでなく豆電球や電熱線等でも同様の実験をする必要がある。他に、小学校第4学年では、乾電池2個の直列つなぎと並列つなぎも学ぶが「電圧」は学ばないので、乾電池無し、乾電池1個、2個直列つなぎ、2個並列つなぎの順番でつないだ豆電球の明るさを確認する。その後、直列つなぎおよび並列つなぎの乾電池を1個外したら豆電球はどうなるかを調べさせ、並列つなぎでは乾電池を1個外しても豆電球の明かりは消えず、その明るさは単純回路の豆電球の明るさと同じであることを確認させたい。質問紙調査の回答理由をみると「電圧」という科学的用語がほとんど出てこなかった。中学校第2学年になると「電圧」も学ぶが、「電圧」はわかりにくく理解が不足しているようである。電圧がかからなければ電流が流れない、電圧がかかるから電流が流れることを意識していない学習者が多い。中学校でも電源装置を使う前に乾電池の直列・並列つなぎの実験を行い、電圧が電位差であり電圧がかかる（電位の差がある）から電流が流れることを教えて授業を進めたい。ただ、中学校で電位の概念を教えるのは難し過ぎるので、電位差が電圧であることを複数の定性実験を順次性を考えて行い、実験の結果で示すのがよいと考えた。また、実践では学習者同士や学習者と授業者による社会的相互過程も考慮していくことを検討した。

今回、学習者にとっての新しい知識（科学的概念）と既有知識（誤概念）の優劣が明確になる実験パッケージ（順次性を考えた複数の実験の組み合わせ）を考えたいが、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で学校と調整できず、連携した実践ができなかった。令和5年度は、中学校と高等学校で実践できることになった。今後も教育実践研究を継続したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 平島 由美子、市川 裕介、手島 歩実、宮生 彩子	4. 巻 12
2. 論文標題 大学生の電流・電圧理解に関する実態調査結果	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 教育デザイン研究 = Journal of education design	6. 最初と最後の頁 29 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18880/00013457	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 平島 由美子、宮生 彩子、鈴木 健介、茂木 達也	4. 巻 14
2. 論文標題 学年進行に伴う学習者の保持する電気概念の一貫性の変化	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 教育デザイン研究 = Journal of education design	6. 最初と最後の頁 149 ~ 158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18880/00014925	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 平島由美子
2. 発表標題 学習者が保持する5種類の間違った電流・電圧ルール
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平島由美子
2. 発表標題 電流・電圧理解に関する実態調査
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平島由美子、茂木達也、鈴木健介、宮生彩子
2. 発表標題 高校生の持つ5種類の誤った電流・電圧ルール
3. 学会等名 日本理科教育学会関東支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平島由美子
2. 発表標題 電気回路に関する素朴概念調査
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平島由美子
2. 発表標題 電流と電圧に関する誤った素朴概念を克服するための指導方法に関する研究
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------