

# 電流概念に関する学習可能性についての検討

—第3期調査の結果を基礎として—

○織田 一輝<sup>A</sup>, 西田 華子<sup>B</sup>, 森藤 義孝<sup>C</sup>

○Orita Kazuki<sup>A</sup>, Nishida Hanako<sup>B</sup>, Morifuji Yoshitaka<sup>C</sup>

福岡教育大学大学院教育学研究科<sup>A</sup>, 福岡市立西長住小学校<sup>B</sup>, 福岡教育大学<sup>C</sup>

【キーワード】電流概念, 学習可能性, 概念生態系, 適用率, 容認率

## 1 問題の所在

理科教育界においては、効果的な理科学習を成立させるために、子どもの理解の実態を明らかにすることを目的とした多くの調査研究がなされてきている。これらの調査研究に関しては、一般的に、外部からの情報を遮断した状態に被験者において、質問紙に対する回答を求める質問紙調査や、面接者と被験者による一対一の面接調査が行われることが多い。また、調査手続きとしては、1つの課題に対して、1人の被験者から1つの回答を求めるということが一般的である。一方、学校における通常の授業では、子どもの周りに友達や教師といった他者が存在し、様々な自然の事物・現象に触れることが許される状況が標準的である。その中で、子どもは多種多様な情報に触れることができるとともに、自他に由来する多様な概念を同時に保持しながら学習を進めていくことが可能である。このような実際の授業の中で、どのような学習が可能であるかを検討しようとする場合、従来から採用されてきている「1つの課題に対して、1人の被験者からただ1つの回答を求める」という調査手続きでは、多様な概念を同時に保持することが可能な子どもの実態を十分に把握することができないおそれがある。

ところで、電気単元では、電流、電圧、そして電気エネルギーといった不可視的で抽象的な概念を扱うことから、学習の困難性が頻繁に指摘されてきている。また、日常生活において、我々は電気に関する科学用語を曖昧に用いる傾向にあるため、学習者が、電流、電気、電力及び電気エネルギーという概念を同義に捉えていることしばしば見受けられる。さらに、Osborneらの調査<sup>1)</sup>によって、子どもは、電流に関して誤った概念を保持しており、教師が電流についての科学的な概念を示したとしても、子ども独自の概念を払拭する

ことは難しいということも指摘されてきている。そこで、本研究では、小学校第4学年の「電気の働き」の単元を取り上げ、子どもが自他に由来する概念を捉えつつ、「電流の向きと量」についての学習を進める場合、それがどの年齢段階で実現可能であるかを検討するための基礎資料を得ることを目的として調査を実施するとともに、調査結果を基礎として、電流概念に関する学習可能性についての検討を行うこととした。

## 2 研究の理論的背景

Posnerらは、学習者の認知構造内に、その学習者の知的環境の特質に応じた概念生態系 (Conceptual ecology)<sup>2)3)4)</sup>が成立していると考えた。つまり、図1に示すとおり、特定の状況において、学習者の認知構造内には、ただ1つの概念だけが存在するのではなく、複数の多様な概念が同時に存在することが可能であると考えたのである。そして、彼らは、複数の概念が同じように存在するのではなく、当該の状況における働きに応じて、それぞれに固有の生態学的地位が付与されながら存在していると考えたのである。さらに、彼らは、個々の概念に付与される生態学的地位として、低いものから順に、理解可能(intelligible)、理解可能かつ納得可能(intelligible and plausible)、そして、理解可能、納得可能かつ潜在的多産

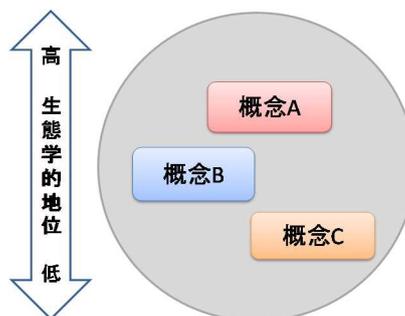


図1 概念生態系のイメージ図

(intelligible, plausible and fruitful)の3種類が存在すると考え、理科学習においては、個々の概念の生態学的地位が変動すると主張したのである。本研究においては、Posnerらによって提案された概念生態系の考えを基礎に据えながら、単純な電気回路を流れる「電流の向きと量」についての概念に注目し、当該概念の学習可能性について明らかにしていく。

### 3 調査の実際

#### 3-1 調査目的

これまでに、概念生態系の考えをもとにした電流概念の理解に関する調査は、中村<sup>5)</sup>及び森永<sup>6)</sup>によって、小学校及び中学校の児童・生徒を対象として行われてきている。その後、この調査は、津田<sup>7)</sup>及び今山<sup>8)</sup>に引き継がれ、同一の調査課題及び方法によって、小学校及び中学校の児童・生徒を対象として行われてきている。本研究では、中村及び森永が行った調査を第1期調査、津田及び今山が行った調査を第2期調査と呼ぶこととする。そして、これらの研究を引き継ぎ、同一の調査課題及び方法を採用し、第3期調査として、小学校及び中学校の児童・生徒を対象とした調査を行い、どの年齢段階で電流概念について学習が可能であるか検討していくこととする。

#### 3-2 調査内容及び方法

本研究では、単純な電気回路を流れる「電流の向きと量」に関する小学校及び中学校の児童・生徒の理解の実態を明らかにするため、1つの乾電池と1つの負荷装置によって構成される単純な電気回路について、2種類の課題を用いることとする。2種類の課題の違いは、被験者に示される電気回路の負荷装置の部分のみであり、一方の課題では「豆電球(Lamp)」を負荷装置(以下、「L課題」と表記)とし、もう一方の課題では「プロペラ付きモーター(Motor)」を負荷装置(以下、「M課題」と表記)とする。調査では、いずれの課題においても、電気回路を流れる「電流の向きと量」について、9種類の概念を図の形式で提示し、それぞれの概念の適切性についての判断を被験者に求めることとする。図2は、L課題を例として、調査で提示する9種類の概念を示したものであるが、M課題の場合も同様であり、この場合は、負荷装置の部分がプロペラ付きモーターに変わるだけである。

本調査において、被験者は、図2によって示されている電気回路を流れる「電流の向きと量」に

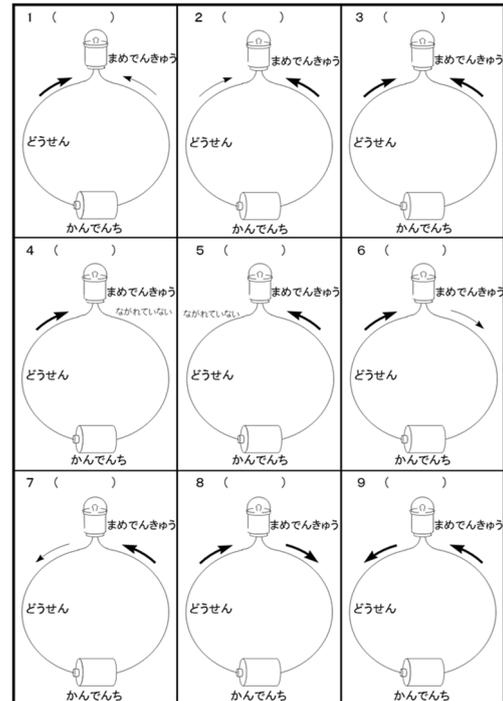


図2 電流の向きと量についての9種類の概念

についての9種類の概念の適切性を判断することが求められる。具体的な方法として、まず、L課題においては、豆電球が光っている様子を、M課題においては、プロペラ付きモーターが回転している様子を被験者に提示する。そして、両課題において乾電池の接続方向を入れ替えることによって生じる現象を提示する。次に、調査紙に記載されている9種類の概念を1つずつ被験者に把握させながら、そこに示されている概念が「適切である」と判断される場合は「○」を、「適切ではない」と判断される場合には「×」をつけさせる。最後に、すべての概念に対する回答が「○」または「×」で示された後に、複数の概念に対して「○」をつけた被験者には、「○」をつけた概念の中で「最も適切である」と判断できるものを1つだけ選択させ、その「○」を「◎」に変更させる。

#### 3-3 調査対象及び調査実施時期

本調査の被験者は、公立小学校3校の第1学年224名、第3学年191名、及び第5学年189名の計604名、並びに、公立中学校2校の第2学年129名である。小学校における調査は平成26年2月中旬から3月上旬、及び平成26年11月上旬から12月上旬にかけて実施され、中学校における調査は、平成26年10月上旬から11月上旬にかけて実施された。

表1 電流の向きと量による概念の分類

概念の種類	概念の内容	図番号
二方向	電気が乾電池の+極と-極の両極から負荷装置に向かって流れる。	1, 2, 3
一方向非保存	電気が乾電池の一方の極から負荷装置に向かって流れ、負荷装置で電気の一部または全部を消費し、残った電気がもう一方の極に戻る。	4, 5, 6, 7
一方向保存	電気が乾電池の一方の極から負荷装置に向かって流れ、負荷装置を通過してもその量が変化することなく、もう一方の極に戻る。	8, 9

#### 4 調査結果及び考察

本調査の中で被験者に示された図2の9種類の概念は、表1に示すとおり、「電流の向きと量」の違いにより、1から3の概念を二方向概念、4から7の概念を一方向非保存概念、そして、8及び9の概念を一方向保存概念として特徴づけることができる。そこで、これらの3種類の概念の区分に基づいて調査結果をまとめ、考察を行うことにする。

すでに示したとおり、本調査において被験者は、両課題において、「電流の向きと量」に関する9種類の概念を図として示され、それぞれの概念の適切性を判断することが求められた。そして、被験者の判断結果は、1つの◎と任意の数の○と×によって表現された。そこで、本研究では、各被験者が「最も適切である」と判断した図(◎をつけた図)を当該被験者の「適用概念」とし、各概念で◎をつけている被験者をその概念の「適用者」とする。たとえば、二方向概念の図のどれか1つに◎をつけた被験者は、自身の概念生態系において、二方向概念を適用概念として位置付けていると捉えられ、二方向概念の適用者となる。そして、その概念の適用者数が全被験者数に占める割合を、その概念の「適用率」と表現する。また、各被験者が「適切である」と判断した図(○または◎をつけた図)を当該被験者の「容認概念」とし、各概念で○または◎をつけている被験者をその概念の「容認者」とする。たとえば、二方向概念の図のどれか1つに○または◎をつけた被験者は、自身の概念生態系において、二方向概念を容認概念として位置付けていると捉えられ、二方向概念の容認者となる。そして、その概念の容認者数が全被験者数に占める割合を、その概念の「容認率」として表現する。

##### 4-1 適用率についての検討

図3は、L課題における3種類の概念の適用率の学年推移を示したものであり、図4は、M課題における3種類の概念の適用率の学年推移を示したものである。これらの図から、調査課題の違いによる適用率の差異は認められない。つまり、L課題及びM課題のどちらにおいても、学年が上がるごとに二方向概念の適用率が減少し、科学的

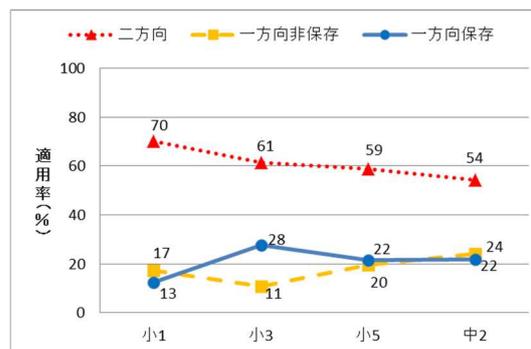


図3 L課題における適用率の学年推移

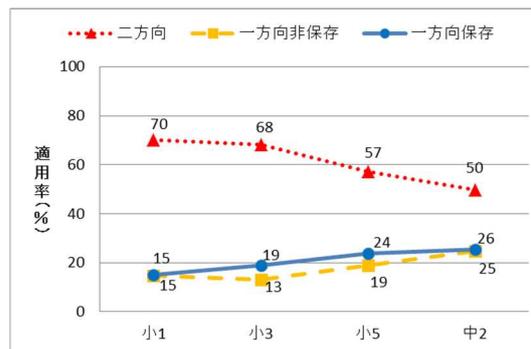


図4 M課題における適用率の学年推移

に適切な電流概念である一方向保存概念の適用率が増加している。しかし、小学校段階では、一方向保存概念の適用率よりも二方向概念の適用率の方が高い。そして、一方向保存概念の適用率の増加に伴い、一方向非保存概念の適用率も増加している。これらの結果から、適用率でみると、小学校段階では、科学的に適切な電流概念の学習可能性は低いと考えられる。

##### 4-2 容認率についての検討

図5は、L課題における3種類の概念の容認率の学年推移を示したものであり、図6は、M課題における3種類の概念の容認率の学年推移を示したものである。これらの図から、調査課題の違いによる容認率の差異は認められない。つまり、L課題及びM課題のどちらにおいても、学年が上がるにつれて二方向概念の容認率が減少し、一方向保存概念の容認率が増加していることが読み取れる。また、どの学年においても、一方向保存概念の容認率が約50%を超える高い割合となっている。すなわち、被験者の半数以上が一方向保存概念を「適切である」と容認していることになる。したがって、適用率の結果からみると、小学校段階では、科学的に適切な電流概念である一方向保存概念の正当化は困難であるかのようにみえるが、容認率の結果でみると、小学校段階において、一方向保存概念の正当化が十分に可能であると判断できる。

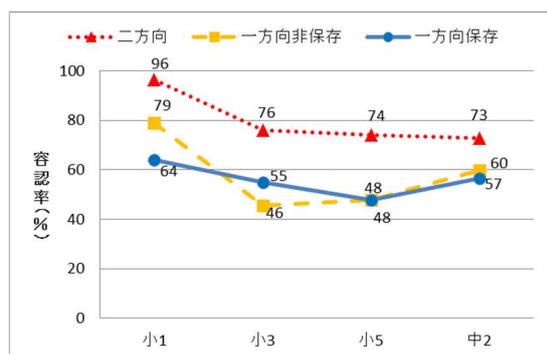


図5 L課題における容認率の学年推移

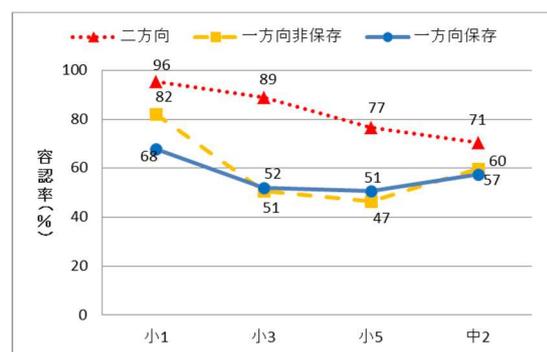


図6 M課題における容認率の学年推移

#### 4-3 状況依存性についての検討

脇元 9)は研究結果として、「子どもたちの適用する電流モデルは状況依存的に変化する」と論じている。すなわち、彼は、多くの子どもたちは、提示された課題が豆電球であれば二方向モデルを適用し、モーターであれば一方向モデルを適用すると主張しているのである。しかし、本研究では、すでに示されているように、調査課題の違いによる適用率の差異は認められなかった。したがって、脇元の主張については、再検討を要すると考える。

#### 5 研究の全体的考察及び今後の課題

本研究においては、単純な電気回路を流れる「電流の向きと量」についての概念を電流概念と捉え、概念生態系の考えを基礎に据えながら、電流概念の学習可能性の検討を目的として、当該概念に関する子どもの理解の実態を明らかにしていった。その結果、適用率については、「電流は、乾電池の両極から負荷装置に向かって流れる」といった二方向概念を強く支持するものであった。したがって、従来の学力テストのように適用率のみに着目すると、「小学校段階の電気単元では、科学的に適切である一方向保存概念を子どもに捉えさせることは困難である」ということを示唆することになる。しかし、容認率の結果は、科学的に適切な電流概念である一方向保存概念の容認率が約 50%以上の高い割合を示した。したがって、小学校段階

階での当該概念の学習が十分に可能であると判断できる。

子どもは、学校における通常の授業の中で、他者との関わり合いや様々な事物・現象との触れ合いを通して多様な情報を得ることができ、自他に由来する多様な概念を自らの概念生態系の中に成立させながら学習を進めていくことになる。したがって、理科授業における子どもの学習可能性についての検討を行うならば、子どもはある状況において、同時に複数の概念を保持できるのだという前提に基づき、子どもの理解の実態を把握する必要がある。このことは、本研究で対象とした電気単元のみならず、理科の他の単元、さらには他教科にも共通して言えることである。つまり、授業を構想する教師や、学校における教育の根本である教育課程を編成していく者は、「1人の子どもが、ある1つの課題に1つの回答で答えることが求められた際に用いた概念が、その子どもが持つ概念のすべてではない」という認識に立ち、その子どもの概念生態系に同時に存在する他の概念にも目を向けていく必要がある。

本研究によって示された「子どもは同時に複数の概念を保持しうる」という視点に立って、子どもの実態を調べると、子どもの新たな学習可能性が見えてくるだろう。今後も、概念生態系の考えを基礎に据えて、様々な単元及び教科における学習可能性を検討していきたい。

#### 6 引用文献

- 1) 森本信也・堀哲夫(1988)「子ども達がいかに科学理論を構成するか」(株)東洋館出版社, pp29-43
- 2) 森本信也・堀哲夫(1988), 上掲書, pp.123-127
- 3) 進藤公夫(1994)「認知構造と概念転換」(株)東洋館出版社, p.193
- 4) 森藤義孝(2004)「概念変化理論から見た理科授業—PSHGモデルを中心に—」、『理科の教育』Vol.53(8), pp.20-23, 日本理科教育学会
- 5) 中村雅美(1996)「電気単元の教授・学習にかかわる諸問題について」福岡教育大学理科教育研究室卒業論文
- 6) 森永隆二(1997)「電気単元の教授・学習にかかわる諸問題について」福岡教育大学理科教育研究室卒業論文
- 7) 津田好明(2008)「電流に関する子どもの知についての基礎的研究」福岡教育大学理科教育研究室卒業論文
- 8) 今山由希子(2011)「子どもの電流概念の実態に関する基礎的研究」福岡教育大学理科教育研究室卒業論文
- 9) 脇元宏治(1992)「単純な電気回路に適用される小学校児童の電流モデルの状況依存性」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol.32, pp.49-58