SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

高校物理基礎における誤概念修正の試み：『融合法』を用いた授業実践の検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-04-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 吉澤, 雅登 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00028175

高校物理基礎における誤概念修正の試み

－　『融合法』を用いた授業実践の検討　－

吉澤　雅登

1.　問題の所在と目的

⑴　誤概念の存在とその問題点

学校の授業で学ぶ正しい科学的概念とは別に，自然現象について自分なりの誤った知識や考え方を持ちがちであるということは，理科教育の分野では広く知られている事実である。ある特殊な状況で一見成立している法則を不適当に一般化し，それを知識として獲得している例は多くある。本研究では，そのような誤った知識や考え方のことを誤概念と呼び議論を進める。誤概念の例として，「動いている物体には力が働いている」という誤概念がわかりやすい。普段生活している摩擦や空気抵抗が存在する空間で物体を等速で動かす，という状況でこれは成り立つが，宇宙空間で動く物体や静止した物体などを含めた一般的な状況では成り立たない。誤概念とはこのようなもので，例ではわかりやすさのため力学分野についての誤概念を挙げたが，物理学の分野では数多く存在している。FCI や DIRECT といった国際的な概念調査により，多くの人が物理学に関する誤概念を抱えていることが明らかになっている(Hestenes,1992;Engelhardt,1995)。誤概念は，日常的経験から一見矛盾がないように自分自身の納得がいくように形成されたものである。そのため，誤概念はとても強固な推論構造であり修正されにくい。また，学習者にとって信頼性が高く，多くの機会で呼び出される。その 2 点が誤概念を抱えていることの問題であり，多くの研究で検証されてきた(Clement,1982;麻柄,1996;Redish,2003)。

誤概念とその修正方法を教員が知ることは，大変有意義なことである。教授活動の中には，間違っていることをわからせる，ということを含んでおり，多くの場合，1 つの問に対する正解は 1 つであるが，そこで起こりうる誤答は無数にあり得るだろう。誤答の成立を阻止してこそ正解が出てくるとするのであれば，教授者ができる限りの誤概念を想定することは，正しい概念の定着にとって必要な活動であろう。誤概念を知り，その修正を行ってこそ，はじめて正しい概念は定着されるのである(細谷,1969)。

⑵　誤概念の修正方法

誤概念を修正する方法はいくつか提案され，その方法を取り入れた教授方法は学校の教育実践の中でも多く行われている。1960 年代から誤概念修正の方法として有力だと考えられてきたのが，誤概念では説明することができない反証例を示す方法(Hewson,1984)である。反証例に出会い，自分が持っている誤概念が間違っているという問題意識が形成されることで誤概念の修正が行われる。仮説実験型授業が教育実践方法として有力な地位を占めているように，反証例を提示しすることによって学習者に問題意識を形成させ学習を行うことは，それなりに理にかなっているとされてきた。ところが，反証例を提示された学習者の誤概念がまた別の誤概念に変容する(Drefus,1990)，という指摘をはじめ，反証例を用いるだけでは学習者の誤概念は修正されにくいということが判明した。反証例を提示さ

れ続けることによって，自分の能力に自信がなくなってしまう(Redish,2003)，という問題もある。このような経緯もあり，反証例を使わずに誤概念を修正する方法も国内問わずいくつか提案されてきた。誤概念を抱えていても解決できるような状況で手がかりを導入し，その手がかりを使える状況を徐々に増やす方法(伏見,1986)や，誤概念による法則が適応できる限界を示すことで，その範囲以外では他の法則を使わなければいけないと認識する方法(Hashweh,1986)，学習者の持つ正しい概念で解決できる状況と誤概念により解決できない状況の間に，類推的な状況を置くことで誤概念を修正する方法(Clement,1993)などが考案された。さらに，反証例を使用する方法と使用しない方法を体系的に組み合わせた，二重推理法(麻柄,2001)や融合法(進藤,2006)といった方法が考案され，大学生を対象にその有効性が示された。融合法とは，はじめに反証例を用いて問題意識の形成を行い，その後，誤概念と接触しない問題で手がかりの導入を行う方法である。誤概念を修正するにあたり強力な方法であることは間違いないが，融合法を利用し誤概念の修正を試みた授業実践の報告や融合法を発展させた方法の開発報告は少なく，今後の授業実践での利用とその検討が期待されている。

⑶　本研究の目的

本研究の目的は，誤概念修正方法の１つである融合法を用いて授業構想を行い，それによる誤概念修正への効果を明らかにすることである。

2.　研究の方法

⑴　実践対象・時期・単元

本研究では，物理基礎で扱う直流回路に範囲に存在する３つの誤概念をそれぞれ１時間の授業実践で修正を試みた。高等学校２年生の 29 名を対象とし，2020 年 10 月上旬から 11 月下旬にかけて授業実践を行った。授業実践前，授業実践直後，授業実践から１カ月の遅延後の３回の調査テストの結果を分析することで，教授方法の効果を検証する。

⑵　融合法を利用した授業実践の流れ

授業実践は全４段階で構成した。⑴誤概念では解決することのできない問題「標的問題」の提示⑵既有の概念で解決できるような状況で，誤概念修正に必要な知識を導入する問題「手がかり問題」の提示⑶標的問題を手掛かりで解決⑷標的問題とは別の誤概念では解決することのできない問題「転移問題」の提示の４段階で行う。元の融合法の過程に３,４段階目を加え実践した。実験や演習は３人から４人の班で行い常に周りに相談できる環境で行った。

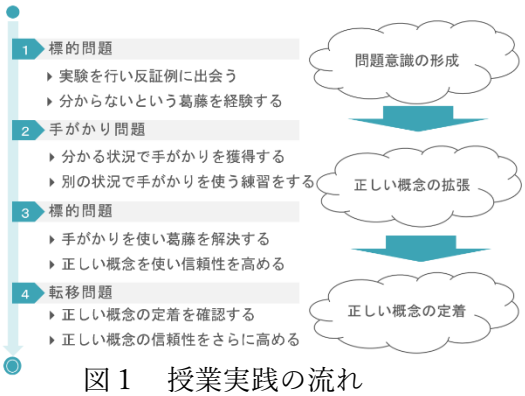


図１　授業実践の流れ

１段階目では標的問題を出題し，自分の抱えている誤概念では理解することのできない状況に驚くことで，問題意識の形成を狙う。問題意識を形成することで，手がかり問題での知識の導入が行いやすくなることを期待している。問題の状況はできる限り単純にし，直感的に推測ができるものを用意した。実験によって確かめることができる問題を標的問

題として用意し，授業のはじめに実験結果を選択肢の中から選んで予想をし，実験によって結果を確かめる。正しい概念が定着しているがその信頼性が低い学習者にとっても，この段階が意義のある段階になるよう，個人で選択肢から答えを選び全体で共有した後，周辺で答えについて議論をすることとした。

２段階目では手がかり問題を出題し，標的問題を解決するために必要な手がかりの導入と，既有の正しい概念の適応範囲を把握することで，概念の拡張を狙う。新しい知識が導入され，それが既有の知識と結び付くことで学習者の推論構造は拡張される。本来誤概念と矛盾する知識は受け入れにくいが，学習者が誤概念を抱えていたとしても解決可能な状況で新しい知識の導入を行うことで，知識が受け入れやすくなることを期待している。手がかり問題の数は１つというわけではなく，実践ごとその数は異なる。既有概念の適切な一般化を目指して、学習者がもともと解決できる状況と標的問題の間を補完しきるように問題を用意する。さらに，それらの問題は，導入された知識について妥当だと思えるように，具体的な数値で議論を行うことができる形式で問題を用意した。全体で答えの共有や解説は行わず、班ごとに質問と解説の対応を行った。

３段階目では標的問題を再び出題し，２段階目で獲得した知識を使って解決することで，正しい概念の拡張と定着を狙う。１段階目と同じ文脈で出題するのではなく，獲得した知識を使いやすいように文脈を変え出題した。もともとできなかった標的問題を克服するという経験を通して、自分の力によって正しい概念を定着できたという達成感を感じることも期待できる。１段階目では直感で答えていた問題に対して、この段階で物理的な推論を行って答えることができれば、正しい概念が定着されたと言えるだろう。手がかり問題が終わった班から２回目の標的問題を行い、全班がこれを終えたことを確認した後、全体の前で教員が解説を行った。

４段階目では転移問題を出題し，ここまでに正しい概念が定着しているかどうかの確認と，定着の強化を狙う。転移問題はできる限り授業内で扱った状況と似ていない状況の問を出題する。転移問題の状況でも授業内で定着した概念を利用して考えることができた、という経験をすることで、正しい概念の信頼性の向上を期待している。２回目の標的問題が終わった後、全員一斉に転移問題を行った。

⑶　修正を試みる誤概念と誤概念修正効果の測定方法

直流回路の分野で存在が報告(藤井,1977;Engelhardt,1995;Knight,2004)されている誤概念の中から、本授業実践では３つの誤概念を選び修正を試みた。各実践で修正する誤概念とその修正された姿、誤概念の修正を調査する問題の対応は表１に示す通りである。調査問題の欄の番号は DIRECT.ver1.2 の問題番号である。調査問題は DIRECT から各誤概念に対応する問題を抽出して日本語訳した８問と、自作の１問を合わせた９問で調査問題を作成した。教員の証明さえあれば、DIRECT をはじめとした物理学の概念調査問題は米国物理教育学会のホームページ『PhysPort』で閲覧できるためそちらを見ていただきたい。実践Ⅱの調査問題にある自作の問題１問は、実践Ⅱの標的問題のような問題である。

表１　各実践で注目した誤概念と調査問題

	実践Ⅰ	実践Ⅱ	実践Ⅲ
修正する誤概念	抵抗の大きさに関わらず電流は流れる	電流は電池の正から負に流れる	大きい物体は電気抵抗が大きい
修正された誤概念	抵抗が小さい方に大きい電流が流れる	電流は電位の高い所から低い所に流れる	断面積が大きい物は電気抵抗が小さい
調査問題	10,19,27	6 ,19,自作の問題	5 ,14,23

3.　実践

⑴　実践Ⅰ

標的問題：２つの電球を直列に繋ぎ光ることを確認し、片方の電球にリード線で迂回路を作る。そのときの電球の様子を『A:①と②の両方とも同じ明るさで光る B:両方とも光るが、①の方が明るい C:両方とも光るが、②の方が明るい D:①だけ光る E:②だけ光る F:両方とも光らない G:その他』から予想する。

手がかり問題：迂回路として付けたリード線の抵抗の値を$R[\Omega]$として各物理量を求めることで，電気の流れやすさと抵抗の概念について知識を導入する。

２回目の標的問題：$R[\Omega]$を０Ωとしたときの各物理量を求め、なぜ電球が光らないか記述する。

転移問題：絶縁体が剥がれた電線に鳥が止まったとき、感電するかどうかを『A:感電する B:感電しない C:止まり方による D:その他』から選択し、理由を記述する。

⑵　実践Ⅱ

標的問題：３つの回路中の電球が光るかどうか予想する。電池を逆接続にする実験のため、教員が演示実験を行う。

手がかり問題：いくつかの回路の問題で、電位差によって電流が流れる、導線で繋がれているところの電位は同じ、という知識を導入する。

２回目の標的問題：標的問題で扱ったうちの２つの回路について電球が光る理由と光らなかった理由を記述する。

転移問題：絶縁体が剥がれ切れている電線を人が飛んでつかんだ時、感電するかどうかを『A:つかんだ瞬間感電する B:地面に降りた瞬間感電する C:つかみ方による D:感電しない E:その他』から選択し、理由を記述する。

⑶　実践Ⅲ

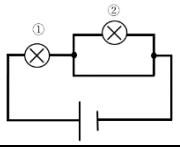
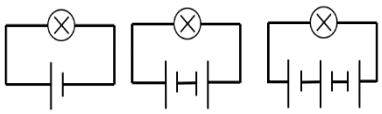
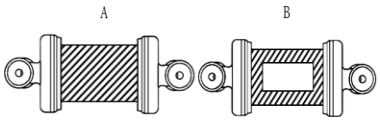
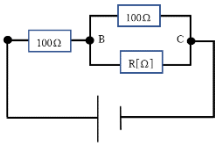
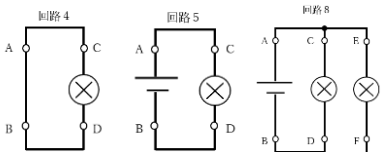
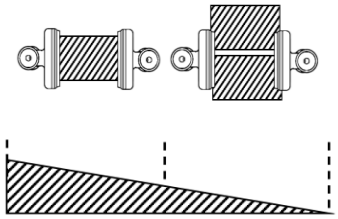
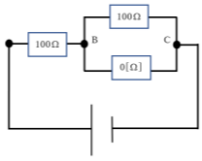
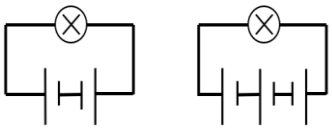
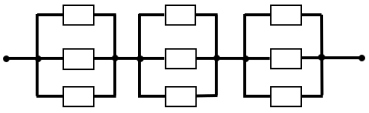
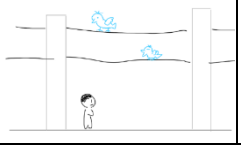
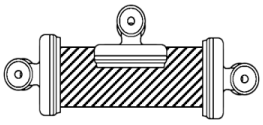
標的問題：同じ大きさで、片方に穴が開いている２つの導体紙について、どちらの抵抗値が大きいか予想し、テスターで測って確かめる。

手がかり問題：導体紙を並列に並べたものと、直角三角形に切った導体紙の抵抗を調べ、太い所は抵抗が小さいという知識を導入する。

２回目の標的問題：穴の開いた導体紙の抵抗の大きさを数式で表し実験結果を説明する。

転移問題：鉄製のクリップを導体紙挟んだとき、抵抗値がどう変わるか記述し、調べる。

表２　全実践の流れ

	実践Ⅰ	実践Ⅱ	実践Ⅲ
標的問題	電球は光る？ 	光る電球はどれ？ 	抵抗値の大きいのはどっち？ 
手がかり問題	BC 間の抵抗,電位差,発熱量は？ 	$V_B = 0$[V]のとき$V_A, V_C, \cdots$は？ それぞれの電球は光る？ 	抵抗の大きいのはどっち？ 
標的問題	BC 間の抵抗,電位差,発熱量は？ 	左の電球が光らない理由は？ 右の電球が光る理由は？ 	標的問題の A が下図だとすると、B はどう表せる？ 抵抗の大きさはいくつ？ 
転移問題	鳥は感電する？ 	切れた導線に触ると感電する？ 	鉄を付けると抵抗は変わる？ 

4.　実践の結果と考察，課題と今後の展望

実践の事前・事後・遅延調査テストを１問１点で評価し、被験者内１要因分散分析（３水準）と Bonferroni 法による多重比較を行った。平均点の推移を図２に，分散分析と多重比較の結果を表３に示す。

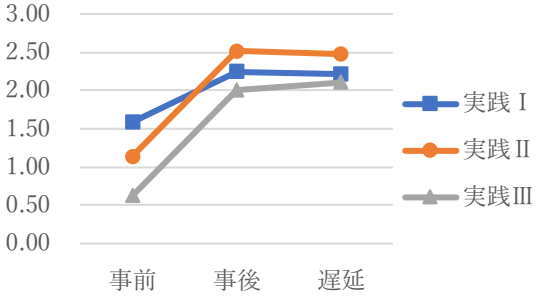


図２　調査テストの平均点の推移(N=29)

表３　調査テストの結果（p値は両側検定の値）

実践	事前平均	事後平均	遅延平均	主効果（分散分析のF値とp値）	多重比較(Bonferroni)の結果 前-後間	前-遅間	後-遅間
Ⅰ	1.59	2.24	2.21	$F(2,56) = 12.1, p < .001$	$p = .002$	$p = .002$	$p = 1.00$
Ⅱ	1.14	2.52	2.48	$F(2,56) = 33.4, p < .001$	$p < .001$	$p < .001$	$p = 1.00$
Ⅲ	0.62	2.00	2.10	$F(2,56) = 50.0, p < .001$	$p < .001$	$p < .001$	$p = 1.00$

全ての実践において、事前-事後間で有意な差がみられ、事後-遅延間で有意差がみられなかった。この結果より、各授業実践はそれぞれが注目した誤概念の修正に効果があり、その修正が１カ月の間維持されたことが示された。 融合法が誤概念修正に有効であることはすでに示されており(進藤,2006)、この結果から融合法の有効性を後押しできた。

今回行った授業実践は、反証例を用いてその後手がかりを獲得するという融合法の流れに加え、転移問題を組み込んだという特徴がある。そこで、転移問題を扱ったことが誤概念修正に有効であったかどうかを検証する。転移問題に誤答した生徒は、転移問題を解く前に誤概念が修正されていなかったといえるだろう。そこで、転移問題に誤答した生徒の事前・事後調査の変化と転移問題での表れを分析することで、転移問題の誤概念修正への効果を検証する。表４は各実践の転移問題で誤答だった生徒の事前・事後調査の平均と対応のあるt検定の結果である。実践Ⅱ,Ⅲでは、抽出した生徒についても誤概念が修正されたことが示された。一方、実践Ⅰでは事前テストと事後テストで有意差がみられず、抽出した生徒の誤概念が修正されていないことが示された。実践Ⅰの転移問題で不正解だった生徒の中でも、事後テストで満点を取っている生徒は何名か存在しており、その生徒は図３のように、転移問題のプリントに標的問題と手がかり問題で得た知識と転移問題を結び付けた記述をしていた。実践Ⅱと実践Ⅲの転移問題で誤答をしていた生徒には、実践Ⅰに比べて転移問題とそれまでに得た知識を結び付けた記述をしている生徒が多かった。このことから、転移問題の中でこれまでの知識と結びつけることができると誤概念の修正が起こりやすく、実践Ⅱ,Ⅲはそれがしやすい問題だったことが示唆される。どのような転移問題がこれまでの知識と結びやすい問となるかを探ることは今後の課題である。今回は実践の順番の影響もあり、実践Ⅰでの転移問題が有効に働かなかった可能性も十分考えられる。

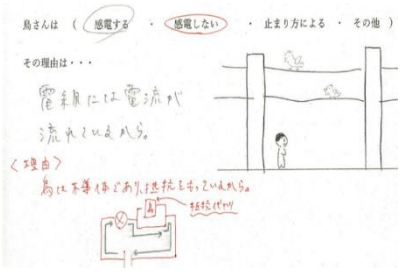


図３　実践Ⅰ：転移問題の記述例

表４　転移問題で誤答をした生徒の調査テストの結果（p値は両側検定の値）

	実践Ⅰ(12 人)	実践Ⅱ(19 人)	実践Ⅲ(10 人)
事前平均	1.58	1.16	0.60
事後平均	2.00	2.32	2.00
平均の変化	0.42	1.16	1.30
前-後間	$t(11) = 1.45, p = .175$	$t(18) = 4.51, p < .001$	$t(9) = 3.77, p = .004$

《主要参考文献》

Edward F.Redish　2003　*Teaching Physics With the Physics Suite*　日本物理教育学会（訳）2012　科学をどう教えるか　丸善出版

進藤聡彦　麻柄啓一　伏見陽児　2006　誤概念の修正に有効な反証事例の使用方略－「融合法」の効果－　教育心理学研究 54(2), 162-173