

# 学習者の特性や考える力が誤概念の修正に及ぼす影響

## －力学分野の誤概念の場合－

阪本司毅

(奈良教育大学大学院 教科教育専攻 理科教育専修)

中村元彦

(奈良教育大学 理科教育講座 (物質科学))

## The Effect of Student's Nature and Thinking Abilities to Correction of Misconception In the Case of Misconception of Mechanics

Tsukasa SAKAMOTO

(Nara University of Education)

Motohiko NAKAMURA

(Department of Science Education, Nara University of Education)

**要旨：**科学的概念の獲得を困難にする要因の1つに誤概念がある。誤概念を修正することは容易ではなく、学習後においても保持されることが知られている。本研究は、誤概念の修正に影響を及ぼす要因として学習者の考える力や自身の思考への態度、理科への関心・意欲・態度などの学習者の性質に関わる要因を取り上げ、これらの要因が誤概念の修正に影響を及ぼすかを調べることを目的とした。大学生を対象に、力学分野の誤概念を取り上げ調査した結果、上述した要因が誤概念の修正に影響を及ぼすことが示唆された。さらに、場合によっては、これらの要因が誤概念の修正を妨げるように働くことも示唆された。

**キーワード：**誤概念：misconception 力学：mechanics

論理力：logical ability 批判的思考力：critical thinking

### 1. はじめに

科学的概念の獲得を困難にする原因として、誤概念があげられる。誤概念とは、科学的概念を学習する前から保持している身の回りの物理現象などに対する科学的に誤りを含む知識・概念のことである。誤概念を修正することは容易ではなく、学習後においても保持されることがある。

では、このような誤概念が修正され科学的概念を獲得するためにはどうすればよいか。山縣（2001）が理科学習における概念変化のプロセスについてまとめているので参照する。山縣（2001）によると、概念変化には大きく2つの要因が影響するという。1つは実験刺激に関わる要因であり、もう1つは学習者自身の性質に関わる要因である。まず、実験刺激に関わる要因とは、新しい概念（科学的概念）に関するものと反証例となるデータに関するものである。実験刺激（教材）を改良・工夫することで、誤概念の解消や科学的概念の獲得を目指す研究は、小野寺（1994）や吉野・小山（2007）などで試みられている。

また、科学的概念や反証例を受け入れられるかどうか

には、学習者自身の性質の要因が影響する。その1つとして既有概念の堅固化があげられる（山縣，2004）。学習者の既有概念である誤概念が堅固に保持されているのは、実験刺激が優れたものであっても科学的概念は受け入れられなくなる。

さらに、学習者自身の性質に関わる要因には、科学的概念と誤概念を統合して新しい説明枠組みである理論を作り出すという知識構成活動を行うかどうかということがある。中島（1995）は、一般的原理とその導入の仕方を教えることによって、既有の誤概念と科学的概念を統合できるようになる子どもが増加することを示している。

しかしながら、新しい情報（科学的概念）を与えられても誤概念と統合することができず、そのまま誤概念を保持する学習者が多く存在する。このように、科学的概念と既有概念を統合し誤概念を修正できる学習者と修正できない学習者の違いはどこから生じるのであろうか。たとえば、科学的概念と誤概念の矛盾を解消するためには、論理的に物事を深く考える力や様々な視点から物事を考える力が必要であらう。さらに、

その科学現象への興味・関心や考える姿勢を持つかどうかという点も関わってくるであろう。このような視点から、本研究では、論理的に・深く考えられる・多面的に考えられるといった学習者の考える力や思考への態度・理科への関心・意欲・態度といった学習者自身の性質に関わる要因を想定し、これらの要因が誤概念の修正に影響を及ぼすかを調べることを目的とした。

## 2. 方法

### 2.1. 対象者

奈良教育大学教育学部の在學生で、教養科目「論理サバイバル」の受講者を対象に調査を行った。複数回の調査をすべて受け、データに不備のある者を除き分析対象は114名であった。分析対象者の内訳は、男性73名・女性41名、理系学生44名・文系学生70名、1年生46名・2年生37名・3年生26名・4年生5名であった。ここで、理系学生とは数学・理科・技術専修の学生のことを、文系学生とはその他の専修の学生を示している。

### 2.2. 内容

#### 2.2.1. 学習者の学力に関するテスト

調査対象とした授業では、論理力に関する様々なテーマの小テストが10回行われた。この小テストの結果を集計し、対象者の論理力として評価した。テストの詳しい内容は、阪本（2014）を参照してもらいたい。

また、数学パズルに関するテストを行った。問題は、雑誌Newton別冊（2011）のものをを使用した。「1kg, 3kg, 9kgの3つのおもりと天秤を使って何種類の重さを測ることができるか。」という問題であった。この問題の正答は13種類である。片側の皿におもりを乗せることだけで考えると、1, 3, 9, 1+3, 1+9, 1+3+9, 3+9の7通りとなってしまう。これに加えて、左右におもりを乗せてその差の重さを測ることができることに気づければ正答できるのである。このような思考が必要な点から、この問題に正答できたかどうかで、物事を深く柔軟に考えることができるかどうかを評価した。

さらに、「相撲には、シコを踏むとか清めの塩をまくといったスポーツ以外の要素が本質的に含まれる。それゆえ、相撲は単なるスポーツではなく、日本の伝統文化であらねばならないのである。しかし、外国人力士が増えると、相撲が単なる格闘技となり、その結果、日本の伝統が崩れることになる。だから、外国人力士は増やすべきでない。」という文章に反論を試みるというテストを行った。反論を試みるためには、この文章の内容を様々な視点から考える必要がある。このような点から、この問題に正しく批判できたかどうかで物事を多面的に考えられるかどうかを評価した。問題は、野矢（1997）の図書から抜粋し、採点基

準もこの図書のものを使用した。

#### 2.2.2. プレテスト

プレテストとして、誤概念に関するテストを実施した。テストは、力学分野の誤概念の具体例Case1からCase4までの問題であった。Case1は、MIF誤概念に関する問題を取り上げた。MIFとは、“motion implies a force”の略称で、物体の運動方向には必ず力がはたらくとしているとする誤概念である。空中を飛んでいるゴルフボールにはたらく力を問う問題と、コインスにおけるコインにはたらく力を問う問題を出題した。Case2は、直落信念に関する問題を取り上げた。直落信念とは、例えば、歩きながらボールを落とすとボールは鉛直に落ちるとする誤概念である。この誤概念は、ボールが人に支配されており、支配から逃れれば前に進むことなく真下に落ちるという考えから生じ、MIF誤概念のように日常経験からの誤概念より一歩進んで意味論的に解釈した結果生じるため、直落“信念”と呼ばれる。飛行機から投下される救援物資がどのような軌跡で落下するかを問う問題と、崖から飛び出したボールがどのような軌跡で落下するかを問う問題を出題した。Case3は、遠心力に関する誤概念を取り上げ、糸につながれた等速円運動をしている小球は糸が切れたときにどのような軌跡で飛んでいくかを問う問題と、ぐるぐる巻きのホースから出てくる水の軌跡を問う問題を出題した。Case1からCase3は、選択肢から自身の考えに合致する回答を選択させ、その理由を記述させた。誤った回答を選択した者を誤概念保持者、正しい回答を選択した者を科学的概念保持者とした。それぞれの問題・選択肢の回答モデルは、川村（2000）、西方（2005）、田中・定本（2002）、田中（2007）を参考に作成した。Case4は、鈴木（2008）を参考にした作用反作用に関する問題で、次の3つの文章の正誤（○×）を選択させ、その理由を記述させた。

- ①机の上に置いた錘にはたらく重力の反作用は机からの垂直効力である。
- ②「反作用」は「作用」よりも遅れてはたらく。
- ③机がおもりに押されて変形することで、反作用が生じる。

①から③の文章は全て誤りであるが、○とした者は誤概念保持者、×とした者は科学的概念保持者とした。

分析では、Case1として空中を飛んでいるゴルフボールにはたらく力を問う問題、Case2として飛行機から投下される救援物資の軌跡を問う問題、Case3として等速円運動をしている糸につながれた小球は糸が切れたときにどのような軌跡で飛んでいくかを問う問題、Case4として③の文章の問題を取り上げた。

さらに、テストの末尾に自身の回答に対する確信度を設問ごとに記入する欄を設けた。自信の回答が正答だという確信度について、「全く自信がない」から「絶

対の自信がある」までの7段階で記入させた。分析の際には、7段階をそれぞれ1～7点として数値化した。

実際の問題は、資料1として末尾に掲載した。

### 2.2.3. ヒントとヒント理解問題

プレテストに用いた誤概念の修正を図るためのヒントを与えた。このヒントは、中学校・高校の教科書を参考に筆者が作成した。

次の4点の解説を各caseの誤概念のヒントとした。

①力がはたらいていなくても物体は運動することができるという点がMIF誤概念の修正につながると考え、「物体の運動と力の関係」を取り上げた。②問題に慣性の法則を適用することで直落信念の修正につながると考え、「慣性の法則」を取り上げた。③慣性力という知識の教授が誤概念の修正につながると考え、「慣性力と遠心力」を取り上げた。最後に、④「作用反作用の法則」を取り上げた。

さらに、ヒントを正しく理解できたかを確認するためのヒント理解問題を行った。

実際に用いたヒントとヒント理解問題を資料2として末尾に掲載した。

### 2.2.4. ポストテスト

ヒント教授後のポストテストとして、プレテストと同様の誤概念に関するテストを行った。問題は、プレテストにおけるCase1の空中を飛んでいるゴルフボールにはたらく力を問う問題、Case2の飛行機から投下される救援物資の軌跡を問う問題、Case3の等速円運動をしている糸につながれた小球は糸が切れたときにどのような軌跡で飛んでいくかを問う問題、Case4の①②③の文章の問題のみとした。

問題は、それぞれのヒント・ヒント理解問題の直後に誤概念テストを配置し、ヒントを読んでから問題に臨むことができるようにした。

### 2.2.5. 意識調査

ポストテスト終了後に、自身の思考に関することや理科・科学への興味関心の意識調査を行った。ヒントを与えられた後に自身の考えを変えるかどうかということに、自身の思考力をどのように知覚しているか、与えられたヒントを積極的に取り込むかどうかということに理科・科学への興味関心が影響すると想定し項目設定を行った。また、国語・数学・理科といった教科への得意意識が自身の思考力への知覚や理科・科学への興味関心に影響すると考え項目を設定した。実際に設定した項目は以下の12項目で、「当てはまる」から「当てはまらない」の5段階で評価させた。分析の際には、5段階を1～5点と数値化した。

- 1) 論理的に物事を考えることができる。
- 2) 物事を深く考えることができる。

- 3) 情報をうのみにせず、いろいろな面から考えることができる。
- 4) 自分の考えを、記述したり人に伝えたりすることができる。
- 5) 国語（現代文）が得意だ。
- 6) 数学が得意だ。
- 7) 理科が得意だ。
- 8) 日常生活の中で科学や自然について疑問を持ったことがある。
- 9) 日常生活の中で科学や自然に興味を持った時は、誰かに聞いたり調べたりする。
- 10) 学校の授業で、自分の考えや考察を周りの人に説明したり発表したりする機会が多くあった。
- 11) 理科の授業で学習したことを日常生活の中で活用できないか考えたことがある。
- 12) 理科の授業で、観察や実験に積極的に参加していた。

### 2.3. 過程

論理サバイバルの小テストは2014年4月から7月にかけて行われた。数理パズルに関するテストは5月2日、批判的思考力に関するテストは5月30日に行った。これらのテストは全て授業の一環として行い、詳しい説明などは行っていない。

プレテストは4月11日に行った。ヒントの教授・ヒント理解問題・ポストテスト・意識調査を5月30日に行った。それぞれの調査は授業終了前の時間を利用して行った。プレテスト実施時は、問題の説明などは行わず、対象者には調査用紙の問題文を読み進めながら回答させた。ヒントの教授・ヒント理解問題・ポストテスト実施時は、ヒントをよく読みヒントの知識を参考にして問題に臨むように促した。

### 2.4. 分析の手続き

#### 2.4.1. 意識調査結果の標準因子得点化

意識調査12項目から、主要な因子を抽出するために因子分析を行い、標準因子得点を算出した。主因子法により因子抽出をし、直交法（バリマックス法）で軸回転を行った。解析にはエクセル統計2012 for Windowsを使用した。

#### 2.4.2. 論理サバイバル小テストの標準得点化

学習者の論理力の指標として、論理サバイバルの小テスト結果を用いた。各回の小テストの得点を標準化し偏差値を算出した。全10回の小テストの偏差値を平均し対象者の論理力として得点化した。

### 2.5. 解析

各caseで、プレテスト時に誤概念を保持し、さらにヒント理解問題を正答した者のみを対象に、ロジスティック回帰分析を用いて解析した。解析にはエクセ

ル統計2012 for Windowsを使用した。

誤概念の修正の有無を目的変数に、確信度・意識調査の標準因子得点・論理力（論理サバイバル小テスト平均偏差値）・数理パズルに関する問題の正誤・批判的思考力に関する問題の正誤を説明変数にした。その他に、文系専攻・理系専攻、性別も説明変数とした。また、小テストや調査問題への取り組み姿勢を考慮するため、授業の出席数も説明変数に投入した。

### 3. 結果

#### 3.1. プレテストとポストテストの集計

プレテスト、ポストテストでの誤概念保持者と科学的概念保持者の比率を集計した。結果を表1に示す。このとき、それぞれのcaseでのヒント理解問題を正答した者のみを対象にした。

ヒント教授の効果を確かめるため、マクニマー検定により教授前後の科学的概念保持者の比率の差を検定した。Case1で $p=0.000$ 、Case2で $p=0.000$ 、Case3で $p=0.000$ 、Case4で $p=0.008$ であり全てのcaseで1%有意であり、ヒントにより科学的概念保持者が増えたと言える。

表1 プレテスト→ポストテストでの変化のパターン  
ごとの比率

	誤→誤	誤→科	科→誤	科→科
Case1 (N=77)	26 (34%)	24 (31%)	4 (5%)	23 (30%)
Case2 (N=104)	10 (10%)	31 (33%)	0 (0%)	60 (58%)
Case3 (N=91)	40 (44%)	27 (30%)	3 (3%)	21 (23%)
Case4 (N=98)	9 (9%)	24 (24%)	8 (8%)	57 (58%)

#### 3.2. 意識調査の因子分析

意識調査の12項目について主因子法による因子分析を行った。3因子を抽出し、バリマックス回転を行った。それぞれの因子に対する各項目の因子負荷量を示した因子負荷行列を表2に示す。因子負荷量とは、

それぞれの項目に対して、因子がどの程度影響しているかを示す値である。本研究では、0.50以上の因子負荷量を持つ項目をその因子を構成する項目と考えた。因子1には、理科や科学への興味・関心の項目で高く負荷していることから「理科・科学への関心・意欲・態度の因子」と命名した。因子2には、思考や判断、表現への自信度の項目で高く負荷していることから「思考・判断・表現への自信度の因子」と命名した。因子3には、数学・理科への自信度の項目で高く負荷していることから「数学・理科への自信度の因子」と命名した。また、固有値とは、各項目の因子負荷量の2乗和のことで、寄与率とは固有値を項目数12で割ったものである。

さらに、対象者ごとに標準因子得点を算出した。標準因子得点とは、対象者の回答データを項目ごとに標準化したものに因子負荷量をかけて合算したものである。

#### 3.3. 誤概念の修正に関わる要因

誤概念の修正に関わると想定した要因の概要を表3に示した。数量データの変数では、平均値と分散を示した。カテゴリーデータの変数では、人数と比率を示した。さらに、ロジスティック回帰分析による統計結果を表4に示した。

帰無仮説「偏回帰係数が0である。」を基に偏回帰係数の検定を行った。Case1では、「因子2」・「因子3」・「論理力に関する小テストの偏差値」について有意傾向があった。Case2では、「因子1」・「出席数」・「反論を試みる問題」について有意傾向があった。Case3では、「因子2」で有意傾向があり、「論理力に関する小テストの偏差値」で5%有意であった。それぞれのcaseで異なる変数が誤概念の修正に影響を及ぼすことが示された。また、Case4では、全ての変数で帰無仮説が棄却されなかった。

表2 意識調査の因子分析表

	因子1	因子2	因子3
[1] 論理的に物事を考えることができる	0.18	<b>0.72</b>	0.20
[2] 物事を深く考えることができる	0.08	<b>0.74</b>	0.26
[3] 情報をうのみにせず、いろいろな面から考えることができる	0.10	<b>0.61</b>	0.09
[4] 自分の考えを、記述したり人に伝えたりすることができる	0.17	<b>0.60</b>	0.10
[5] 国語(現代文)が得意だ	0.00	0.41	-0.15
[6] 数学が得意だ	0.08	0.19	<b>0.78</b>
[7] 理科が得意だ	0.46	0.05	<b>0.63</b>
[8] 日常生活の中で科学や自然について疑問を持ったことがある	<b>0.68</b>	0.12	0.08
[9] 日常生活の中で科学や自然に興味を持った時は、誰かに聞いたり調べたりする	<b>0.82</b>	0.19	-0.06
[10] 学校の授業で、自分の考えや考察を周りの人に説明したり発表したりする機会が多くあった	0.41	0.13	0.17
[11] 理科の授業で学習したことを日常生活の中で活用できないか考えたことがある	<b>0.86</b>	-0.01	0.10
[12] 理科の授業で、観察や実験に積極的に参加していた	<b>0.57</b>	0.10	0.27
固有値	2.65	2.08	1.27
寄与率	22.1%	17.3%	10.6%

表 3 要因ごとの概要

		平均値 (分散)		人数 (%)	
説明変数	カテゴリー	修正なし	修正あり	全体	
Case1	確信度	3.19 (1.81)	4.10 (1.97)	3.64 (1.92)	
	因子1	-0.07 (0.93)	0.08 (0.84)	0.00 (0.88)	
	因子2	-0.14 (0.79)	0.33 (0.77)	0.09 (0.81)	
	因子3	-0.47 (0.84)	0.20 (0.78)	-0.14 (0.87)	
	出席数	11.76 (1.22)	12.33 (0.91)	12.05 (1.10)	
	論理力に関する小テストの偏差値	48.60 (4.24)	51.67 (4.74)	50.14 (4.71)	
	天秤の問題	7 (41%)	10 (59%)	17 (100%)	
		14 (56%)	11 (44%)	25 (100%)	
	反論を試みる問題	8 (42%)	11 (58%)	19 (100%)	
		13 (57%)	10 (43%)	23 (100%)	
	文理	2 (25%)	6 (75%)	8 (100%)	
	性別	19 (56%)	15 (44%)	34 (100%)	
		6 (33%)	12 (67%)	18 (100%)	
		15 (63%)	9 (38%)	24 (100%)	
計		21 (50%)	21 (50%)	42 (100%)	
Case2	確信度	3.75 (1.98)	3.00 (1.88)	3.15 (1.90)	
	因子1	0.51 (0.60)	-0.10 (0.84)	0.02 (0.82)	
	因子2	0.36 (0.82)	0.00 (0.91)	0.08 (0.89)	
	因子3	0.05 (0.73)	-0.27 (0.90)	-0.21 (0.87)	
	出席数	11.63 (1.30)	12.42 (0.85)	12.26 (0.99)	
	論理力に関する小テストの偏差値	47.31 (3.86)	49.55 (4.59)	49.09 (4.49)	
	天秤の問題	4 (25%)	12 (75%)	16 (100%)	
		4 (17%)	19 (83%)	23 (100%)	
	反論を試みる問題	5 (33%)	10 (67%)	15 (100%)	
		3 (13%)	21 (88%)	24 (100%)	
	文理	2 (22%)	7 (78%)	9 (100%)	
	性別	6 (20%)	24 (80%)	30 (100%)	
		3 (19%)	13 (81%)	16 (100%)	
		5 (22%)	18 (78%)	23 (100%)	
計		8 (21%)	31 (79%)	39 (100%)	
Case3	確信度	3.35 (1.79)	3.55 (1.65)	3.43 (1.73)	
	因子1	-0.06 (0.96)	0.34 (0.64)	0.10 (0.86)	
	因子2	0.12 (0.92)	-0.29 (0.74)	-0.04 (0.87)	
	因子3	-0.26 (0.89)	-0.02 (0.79)	-0.17 (0.85)	
	出席数	12.32 (0.92)	12.14 (0.94)	12.32 (0.92)	
	論理力に関する小テストの偏差値	49.59 (4.89)	53.11 (6.57)	50.97 (5.82)	
	天秤の問題	17 (59%)	12 (41%)	29 (100%)	
		17 (63%)	10 (37%)	27 (100%)	
	反論を試みる問題	17 (59%)	12 (41%)	29 (100%)	
		17 (63%)	10 (37%)	27 (100%)	
	文理	8 (44%)	10 (56%)	18 (100%)	
	性別	26 (68%)	12 (32%)	38 (100%)	
		19 (56%)	15 (44%)	34 (100%)	
		15 (68%)	7 (32%)	22 (100%)	
計		34 (61%)	22 (39%)	56 (100%)	
Case4	確信度	2.00 (1.73)	2.70 (1.92)	2.56 (1.87)	
	因子1	0.43 (0.48)	-0.04 (0.77)	0.05 (0.74)	
	因子2	-0.12 (0.80)	-0.13 (0.61)	-0.13 (0.64)	
	因子3	-0.36 (0.94)	-0.07 (0.73)	-0.13 (0.76)	
	出席数	11.80 (1.64)	12.15 (0.99)	12.08 (1.12)	
	論理力に関する小テストの偏差値	51.94 (5.63)	50.87 (6.81)	51.08 (6.50)	
	天秤の問題	2 (25%)	6 (75%)	8 (100%)	
		3 (18%)	14 (82%)	17 (100%)	
	反論を試みる問題	1 (9%)	10 (91%)	11 (100%)	
		4 (29%)	10 (71%)	14 (100%)	
	文理	3 (43%)	4 (57%)	7 (100%)	
	性別	2 (11%)	16 (89%)	18 (100%)	
		2 (17%)	10 (83%)	12 (100%)	
		3 (23%)	10 (77%)	13 (100%)	
計		5 (20%)	20 (80%)	25 (100%)	

## 4. 考察

本研究の目的は、論理的に・深く考えられる・多面的に考えられるといった学習者の考える力や思考への態度・理科への関心・意欲・態度といった学習者自身の性質に関わる要因が、誤概念の修正に影響を及ぼすかを調べることであった。表4の結果から、それぞれの誤概念のcaseにおいて誤概念の修正に影響を及ぼす要因が示された。caseごとに詳しく考察していく。

Case1では、「因子2」・「因子3」・「論理力に関する小テストの偏差値」で有意傾向があった。これらの要因のオッズ比は1よりも大きいため、思考・判断・表現への自信度の因子、理科・数学への自信度の因子、論理力に関する問題の偏差値が高い学習者ほど誤概念を修正しやすいということがいえる。思考・判断・表現への自信度や理科・数学への自信度は、ヒントを取り込み積極的に問題に適用することにつながる。そのため、誤概念の修正が促されたと考えられる。また、

論理的に考える力がある対象者ほど、ヒントを正しく適用できたと考えられる。

Case2では、「因子1」・「出席数」・「反論を試みる問題」で有意傾向があった。出席数ではオッズ比が1より大きく、出席数が多い対象者ほど誤概念が修正しやすいといえる。Case1やCase3と比べてCase2で科学的概念保持者の比率が多いこと、さらに、表1からヒント教授後において誤概念保持者の割合が低いことからCase2の誤概念は修正されやすいものと推察できる。そのため、真面目にヒントを読み問題に取り組み誤概念は修正されると考えられる。つまり、問題に取り組む姿勢・真面目さという影響がこの「出席数」で有意傾向になった要因だと考えられる。また、「因子1」・「反論を試みる問題」ではオッズ比が1より小さく、理科・科学への関心・意欲・態度の因子が高い、批判的思考力の問題に正答した対象者ほど誤概念が修正されにくいといえる。これらの要因は、ヒントを誤って適用することを促しているのではないかと考えら

表4 各要因の統計量

	説明変数	偏回帰係数	標準誤差	標準偏回帰係数	Wald統計量	P 値	判 定	オッズ比
Case1	確信度	0.480	0.303	0.913	2.518	0.113		1.617
	因子1	-0.244	0.617	-0.212	0.156	0.693		0.783
	因子2	1.463	0.855	1.169	2.924	0.087	↑	4.318
	因子3	1.393	0.792	1.198	3.096	0.078	↑	4.026
	出席数	0.606	0.514	0.661	1.390	0.238		1.833
	論理力に関する小テストの偏差値	0.271	0.143	1.261	3.607	0.058	↑	1.311
	天秤の問題	-0.385	1.070	-0.189	0.130	0.719		0.680
	反論を試みる問題	-0.145	0.961	-0.072	0.023	0.880		0.865
	文理	2.600	1.648	1.021	2.491	0.115		13.469
	性別	1.250	1.042	0.618	1.439	0.230		3.490
	定数項	-23.487	9.947		5.575	0.018	*	0.000
Case2	確信度	0.121	0.417	0.228	0.085	0.771		1.129
	因子1	-1.984	1.105	-1.615	3.224	0.073	↑	0.138
	因子2	-0.579	0.825	-0.511	0.492	0.483		0.561
	因子3	-0.712	1.061	-0.613	0.451	0.502		0.490
	出席数	1.664	0.910	1.630	3.343	0.068	↑	5.280
	論理力に関する小テストの偏差値	0.154	0.193	0.683	0.638	0.425		1.167
	天秤の問題	0.015	1.551	0.008	0.000	0.992		1.015
	反論を試みる問題	-2.829	1.637	-1.376	2.987	0.084	↑	0.059
	文理	2.172	2.197	0.915	0.978	0.323		0.000
	性別	0.130	1.713	0.064	0.006	0.940		8.774
	定数項	-25.403	14.239		3.183	0.074	↑	1.139
Case3	確信度	-0.109	0.216	-0.186	0.254	0.614		0.887
	因子1	0.514	0.449	0.439	1.307	0.253		1.672
	因子2	-0.712	0.431	-0.614	2.730	0.099	↑	0.491
	因子3	0.417	0.443	0.352	0.888	0.346		1.518
	出席数	-0.142	0.414	-0.129	0.117	0.732		0.868
	論理力に関する小テストの偏差値	0.157	0.075	0.905	4.337	0.037	*	1.170
	天秤の問題	-0.619	0.678	-0.309	0.833	0.362		0.538
	反論を試みる問題	-0.065	0.697	-0.032	0.009	0.926		0.937
	文理	0.026	0.803	0.012	0.001	0.974		1.026
	性別	1.018	0.710	0.497	2.053	0.152		2.767
	定数項	-6.705	5.509		1.481	0.224		0.001
Case4	確信度	2.377	1.662	4.362	2.046	0.153		10.775
	因子1	-5.262	5.350	-3.821	0.967	0.325		0.005
	因子2	-3.938	3.251	-2.456	1.468	0.226		0.019
	因子3	5.739	6.435	4.296	0.796	0.372		3.11E+02
	出席数	-0.219	3.384	-0.239	0.004	0.948		0.803
	論理力に関する小テストの偏差値	-0.821	0.591	-5.227	1.930	0.165		0.440
	天秤の問題	6.801	12.237	3.172	0.309	0.578		8.99E+02
	反論を試みる問題	9.886	6.616	4.908	2.233	0.135		1.97E+04
	文理	-8.205	10.396	-3.684	0.623	0.430		0.000
	性別	4.768	4.398	2.382	1.175	0.278		1.18E+02
	定数項	40.763	39.098		1.087	0.297		5.05E+17

\*: 10%有意    \*: 5%有意    \*\*: 1%有意

れる。例えば、科学的には「救援物資は慣性の法則により、投下されると前方に落ちる軌道を描く。」と考えられるところを、「救援物資は慣性の法則により、元の位置に留まろうとするので後方に落下する。」や「飛行機から離れた後は、飛行機の運動とは関係なく真下に落ちる。」というような誤った記述をしている対象者が見られた。

Case3では、「因子2」で有意傾向、「論理力に関する小テストの偏差値」で5%有意であった。「論理力に関する小テストの偏差値」ではオッズ比が1より大きく、論理力に関する問題の偏差値が高い対象者ほど誤概念を修正しやすいといえる。慣性力と遠心力は高校物理の範囲であり理解が容易ではないと考えられ、論理力の高い対象者であるほどヒントを正しく理解し誤概念が修正されると考えられる。一方、「因子2」ではオッズ比が1より小さく、思考・判断・表現への自信度が高い対象者ほど誤概念が修正されにくいといえる。この点は、思考・判断・表現への自信度が高いほど自身の考えが堅固になり、遠心力は慣性力で、実際にははたらかないということをヒント理解問題では答えられたとしても、誤概念テストでは自身の既存概念を適用してしまっているのではないかと考えられる。

このように、誤概念の修正には様々な学習者の性質に関わる要因が影響を及ぼすことが分かった。また、誤概念のcaseにより要因は変化し、誤概念の修正に影響を及ぼす学習者の性質に関わる要因を一般化することは困難であるといえる。より明瞭な要因を追究することが求められる。

また、本研究ではヒントを調査対象者自身が読み問題に取り組んだが、例えば授業の形態で知識を教授するなど、知識教授の形態や教材、さらには就学年齢によっても誤概念の修正に関わる要因が異なる可能性がある。さらなる調査は今後の課題である。

## 5. おわりに

本研究により、学習者の考える力や自身の思考への態度、理科への関心・意欲・態度といった学習者自身の性質に関わる要因が誤概念の修正に影響を及ぼすこと、場合によっては、これらの要因が誤概念の修正を妨げるように働くこともあることが示唆された。

## 引用・参考文献

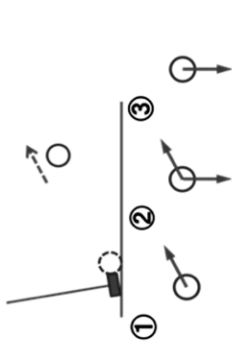
- 小野寺敏行 (1994) 「子どもの素朴概念に対する反証実験の有効性」, 千葉大学教育学部研究紀要, 第42巻, 299-310.
- 川村康文 (2000) 「大学生にみる物理分野における素朴概念の実態」, 物理教育, 第48巻, 第1号, 78-82.
- 國友正和 他 (2012) 『改訂版 高等学校 物理Ⅱ』, 数研

- 出版株式会社, 47-50.
- 阪本司毅・中村元彦 (2014) 「誤概念の保持のしにくさと論理的思考力の関係」, 奈良教育大学教育実践開発研究センター紀要, 第23号, 75-80.
- 鈴木亨 (2008) 「物理学習者に見られる誤概念の“case”と“phase”」, 大学の物理教育, 第14巻, 第2号, 54-57.
- 田中照久 (2007) 「高校生が保持する遠心力の概念に関する調査」, 物理教育, 第55巻, 第4号, 303-305.
- 田中照久・定本嘉郎 (2002) 「高校における円運動に関する調査」, 物理教育, 第50巻, 第1号, 8-10.
- 塚田捷 他 (2012) 『未来へ広がるサイエンス3』, 株式会社 新興出版社啓林館, 133-147.
- 中島伸子 (1995) 「「観察によって得た知識」と「科学的情報から得た知識」をいかに関連付けるかー地球の形の概念の場合ー」, 教育心理学研究, 第43巻, 113-124.
- 西方毅 (2005) 「物体の運動理解に関する研究ー慣性に関する誤概念(1)ー」, 目白大学心理学研究, 第1号, 49-59.
- 野矢茂樹 (1997) 『論理トレーニング』, 産業図書, 85-86.
- 水谷仁編集 『Newton別冊 数理センスを磨く60題 数学パズル 論理パラドックス』, 株式会社ニュートンプレス, 62-65.
- 宮下孝広・村山功 (1985) 「気体の力学的性質の理解について」, 発達研究, 第1巻, 145-158.
- 山縣宏美 (2001) 「理科学習における概念変化のプロセスとその要因」, 京都大学大学院教育学研究科紀要, 第47巻, 356-366.
- 山縣宏美 (2004) 「素朴概念の修正に影響する既有知識の堅固性の要因の検討: 電流の課題を用いて」, 京都大学大学院教育学研究科紀要, 第50巻, 241-252.
- 吉野巖・小山道人 (2007) 「「素朴概念への気づき」が素朴概念の修正に及ぼす影響ー物理分野の直落信念とMIF素朴概念に関して」, 北海道教育大学紀要, 第57巻, 第2号, 165-175.

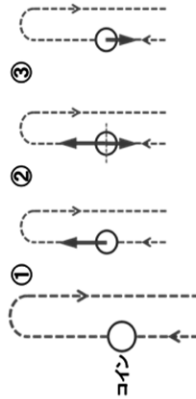
資料 1 プレテストと確信度意識調査 (ポストテストは[1](1)(3)(5)、[2]を行った。)

[1] 次の(1)～(6)に答えなさい。全て、空気抵抗や摩擦は考えないものとする。  
実線の矢印→は力、点線の矢印-----は軌道を示している。

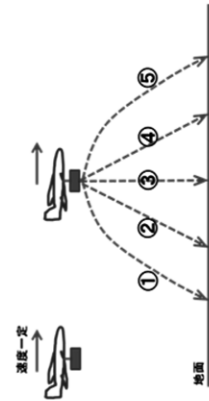
(1) 空中を矢印の方向にゴルフボールが飛んでいる。このときボールに作用している力を矢印で描く。どのようになるか、①～③から選び、選んだ理由も書きなさい。



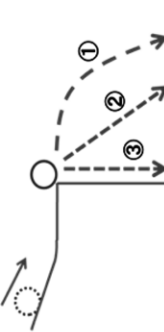
(2) コイン・トスをしてコインを鉛直に投げ上げた。このとき、コインに作用している力を矢印で描く。どのようになるか、①～③から選び、選んだ理由も書きなさい。



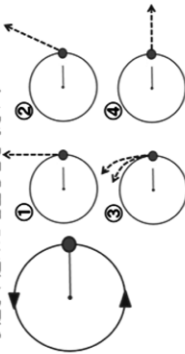
(3) 上空を一定の速度で飛行している飛行機から、地上に救援物資を投下する。救援物資はどのような軌道で落下するだろうか、①～⑤から選び、選んだ理由も書きなさい。



(4) ボールが坂を転がり、速度を保持したまま崖から飛び出した。ボールはどのような軌道で落下するだろうか、①～③から選び、選んだ理由も書きなさい。



(5) 糸につながついた小球を、板上で一定の速度で円運動させている。糸が切れたときの小球はどのような軌跡で飛んでいくだろうか、①～④から選び、選んだ理由も書きなさい。



(6) 図のようにグルグル巻きにしたホースから出てくる水はどのような軌跡で出ていくだろうか、①～③から選び、選んだ理由も書きなさい。



[2] 図のように机の上におもりが置いてある。作用反作用の法則に関する①～③の文章が正しい(O)か誤り(X)かを選び、選んだ理由も書きなさい。

① 机の上におもりにはたらく重力の反作用は机からの垂直抗力である。

☐ O ☐ X

② 「反作用」は、「作用」よりも遅れてはたらく。

☐ O ☐ X

③ 机がおもりに押されて変形することで、反作用が生じる。

☐ O ☐ X

[3] 問題[1][2]で、あなたの選んだ答えが正答かどうか確信度について、次の1～7に分類しなさい。

- 1 ... 全く自信がない  
2 ... あまり自信がない  
3 ... 少し自信がない  
4 ... どちらでもない  
5 ... 少し自信がある  
6 ... かなり自信がある  
7 ... 絶対の自信がある

問題[1] (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_ (5) \_\_\_\_\_ (6) \_\_\_\_\_  
問題[2] ① \_\_\_\_\_ ② \_\_\_\_\_ ③ \_\_\_\_\_

## 資料 2 ヒントとヒント理解問題

物体の運動と力の関係

- ① 運動の向きに一定の力(物体を押す力など)がはたらき続けると、物体の速さは大きくなっていく。  
 ② 運動の向きと逆向きの力(摩擦や空気抵抗など)がはたらき続けると、物体の速さは小さくなっていく。  
 ③ 運動している物体に力がはたらかないとき、物体の速さは変化しない。

1. 自転車を一定の力でこぎ続けた。自転車の速さはどのようなか。

- ① 一定の速さのまま  
 ② 速さはだんだん大きくなる  
 ③ 速さはだんだん小さくなる

2. 摩擦がない滑らかな面で物体を手で押して力を加えると物体は運動を始めた。手から離れた物体はどのように運動するか。

- ① 一定の速さのまま運動を続ける  
 ② 速さはだんだん大きくなり運動を続ける  
 ③ 速さはだんだん小さくなり停止する

自転車で平地を走っているとき、こぐのをやめても、自転車はしばらく走り続ける。また、机に置いてある物体は、力を加えて動き出すことはない。これを慣性の法則という。このように、物体はそれまでの運動状態を保持しようとする。このような性質を慣性という。

例えば、車に乗っているときに、事故で何かにぶつかり車が急に停止すると、人間の体はそれまで進んでいた運動を保とうとするため、進行方向に飛び出してしまいフロントガラスを突き破ってしまうことがある。

1. A君は電車に乗っている。電車のブレーキがかかったとき、A君の体はどの向きに倒れそうになるか。

- ① 電車の進行方向の向き  
 ② 電車の進行方向とは逆向き

2. 1. のようになる物体の性質を何というか。

電車が走りだすとき、進行方向とは逆の方向に体が倒れそうになる。これは、慣性の法則によるものである。このとき、実際には進行方向にしか力がはたらいていないにも関わらず、進行方向とは逆向きの力がはたらいているように感じる。このような慣性の法則による見かけの力(実際に はたらいていない力)を慣性力という。慣性力を感じるのは、観測者に何らかの力(電車が加速するときの力など)がはたらいているときだけである。

図1のように、滑らかな回転板上で小球が一定の速さで運動している。地上に静止している観測者Aが小球の運動を観ると、糸による張力(円の中心向きに一定の大きさ)がはたらき、小球が一定の速さで円運動をしていると観測する。(同図a)

一方、小球とともに回転している観測者Bは、小球が静止して見えるので、小球には張力だけでなく、それとつりあう外向きの力がはたらいているように観測する。(同図b)この力を遠心力という。このように、遠心力は小球と同様に運動している観測者Bのみが観測する力である。つまり、遠心力も慣性力のひとつであり、見かけの力である。

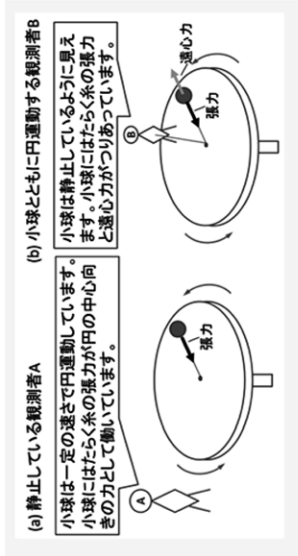


図1 一定の速さで円運動する小球を観測する2つの立場

次の( ) だうめなさい。

電車に乗っていると、発車時には体が進行方向とは逆に押されているような力を感じる。このような力のことを(① )という。慣性力は、実際にははたらいていない(② )の力である。  
 車に乗っていると、カーブを曲がるときには曲がる向きと逆向きに押されているような力を感じる。このような力を(③ )という。この力も慣性力のひとつで、実際には(④ )。

図2で、Aさんが壁を押すと、壁に加えた力の向きとは逆の向きにAさんは動き出してしまう。これは、ある物体に力を加えると、同時にその物体から逆向きで同じ大きさの力を受けるからである。

Aさんが壁を押す力を作用、壁がAさんを押す力を反作用という。作用と反作用は同時にはたらき、大きさは等しく、一直線上で向きは逆になる。これを、作用・反作用の法則という。

机の上に本を置くと、本は重力によって机を下に押すが(作用)、このときの反作用は机が本を押す上げる力(抗力)である。

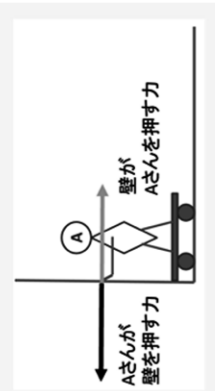


図2 作用・反作用の法則

人が走るとき、地面を後方に蹴ることによって体が前に進む。このとき、作用と反作用はそれぞれどのような力になるか。

- 作用…( )  
 反作用…( )