

物理を強くして理科の苦手意識を克服する試み —体験好きの学生が「理科得意」になりにくい理由—

八 木 一 正*

加 藤 由 佳**

押 切 志 郎***

(2011年1月11日受理)

はじめに

動物やお花が好きだから実験や観察が楽しいから「理科が好き」という子どもは数多くいる。そう聞くと一瞬「理科嫌いや理科離れが叫ばれているが、それほど心配するに値しないのでは?」と思ってしまう。しかし、理科の学習に対しては“苦手”だという声は少なくない。これは、実験や観察の行為自体の楽しさだけに終わってしまっている可能性がある。つまり、理科という教科は「理科好き」が「理科得意」には繋がりにくい問題点を持っているということになる。

そこで、理科の学習への苦手意識の原因の一つが物理分野にあると考え、その克服が「実験や観察が楽しいから」というのとは別の意味での「理科好き」を育てることにつながるのではないかという一つの仮説を立てた。本研究は、物理分野を強くするための取り組みを行い、高校生がどのように意識等を変容させるかを調査し、分析を行ったものである。

学問的には理科教育の概念構成の研究で、特にイメージし難い「内包量」としての「単位当たりの物理量」を習熟させ、子ども達に確固たる「思考の枠組み」を構築させるという試みである。

1. 研究の目的

「理科嫌い」や「理科離れ」は、依然として大きく叫ばれている。しかし、本当に「理科嫌い」「理科離れ」は進んでいるのだろうか^{8～10)}。

IEA(国際教育到達度評価学会)のTIMSS(国際数学・理科教育動向調査2003)において、「理科が好き」な生徒の割合が日本では少ないことが指摘された。確かに国際平均との比較に関しては、日本の数値は大きく下回っている。しかし、日本国内の比較では、「大好き」および「好

* 岩手大学教育学部

** 宮城県・仙台市立七郷中学校

*** 岩手県・花巻市立花巻中学校

き」と答えた生徒の割合が、前回・前々回よりも、高くなっているのである。

日本を含むどの国でも、小学校での理科に対する興味・関心が高いことは、TIMSS（1995）調査から見出されている。さらに、中学校の理科では、国際的にみると日本の興味・関心は低い、国内だけで見れば中学校段階においても5教科の中で理科は最も好きな教科である（平成15年度教育課程実施状況調査）。また、小・中学校ともに、実験活動が実施されている頻度は、国際的に見て上位である。

理科好きは増加傾向にある。しかし、理科の学力は向上しない。それはつまり、子どもたちの「理科が好き」というのは、実験や観察が多いという理由の「好き」であり、「理科の学習」自体が好きなのではないと考えた。そして、理科の学習そのものが好きな、「理科好き」を増やし、理科離れを防ぐためには、理科の学習への苦手意識を減らすことが肝要である。さらに、この理科の学習への苦手意識の原因の一つに、物理分野に対する苦手意識³⁾があるのではと考えた。

この考えにもとづいて、物理を強くすることで理科に自信を持たせ、そこから理科離れや理科に対する苦手意識を克服し、理科の学習が得意な子どもを少しでも多く育成することを一番の目的に取り組んできた。

ここで、物理に対する苦手意識は公式や計算につまずきがあるためではないかという仮説をたてた。高校の物理⁶⁾で登場する公式はたくさんあるが、その多くが「単位あたりの量」で説明できる。表1は、高等学校で学習する単位あたりの量である。高校物理では、様々な単位あたりの量を学習する。どの単元の学習にも登場し、高校物理と単位あたりの量は、切っても切れない関係にある。

小学校・中学校で学習する単位あたりの量を表2に示す。小学校では色々な「単位あたりの量」を学習する。この「単位あたりの量」は小学校では理科ではなく、5～6年の算数で学習する。ところが、中学校の理科⁷⁾ではわずかししか登場しない。そのため、せっかく高校物理の基礎を小学校から学習しているにもかかわらず、「単位あたりの量」の概念を1つの共通した概念として結びつきをもつことができないでいる。そのことが、この概念の習得に困難をもたらし、物理分野の公式を「ただ暗記するもの」として捕らえてしまう原因の1つになっているのではないだろうか。

【表1】高校の物理で学ぶ「単位あたりの量」

高校の物理で学習

・速 度 $[m/s]$	・綿 密 度 $[kg/m]$
・圧 力 $[N/m^2]$	・バネ定数 $[N/m]$
・仕 事 率 $[J/s]$	・熱 容 量 $[J/K]$
・電場の強さ $[V/m]$	・電流の強さ $[C/m]$
・磁場の強さ $[A/m]$	・磁束密度 $[Wb/m^2]$
・電気容量 $[C/V]$	・インダクタンス $[Wb/A]$

【表 2】小・中学校で学ぶ「単位あたりの量」

小中学校で学ぶ密度	
小学校（算数）	中学校（理科）
・お菓子の単価 [円／個]	・圧 力 [N／m ²]
・速 さ [m／秒]	・密 度 [g／m ³]
・人 口 密 度 [人／m ²]	・速 さ [m／秒]
・金属の密度 [g／m ³]	・仕事率 [J／秒]
・林 の 密 度 [本／m ²]	
・仕事の能率 [個／時間]	

そして、さらに、高校物理においては、「単位あたりの量」は様々な数学的次元で登場する。具体的に言えば、線密度や巻数密度のような一次元、表面密度や圧力と言った二次元、物質密度や分子密度と言った三次元である。小・中学校で学ぶことと繋がりがもてないまま、この数学的次元の異なる様々な「単位あたりの量」が急に出てくることで、ますます混乱してしまうのではないだろうか。

本研究では「単位あたりの量」を物理の本質とし、理解できる手立てがないかと考え、「単位あたりの量」の概念形成を促す実践授業を試みることにした。

実践授業は、「単位あたりの量」を理解しきれていない生徒の概念形成を促すため、そして、一度行った密度概念の共通性を理解させて、これから学ぶ高校物理との繋がりを感じさせるためのものであり、短時間かつ誰でも無理なくできる手法でなくてはならない。それが「“ハリハリボール”の実験」と「共通概念育成トレーニング」である。この詳細については後で述べる。

2. 教育実践

（1）実践概要

実践授業は、平成20年12月8日の3校時・4校時の2単位時間に、宮城県立泉館山高等学校の1年1組クラスで、男子14名、女子26名の計40名を対象として行った。2年生で文系理系を選択するため、文理混合のクラスである。

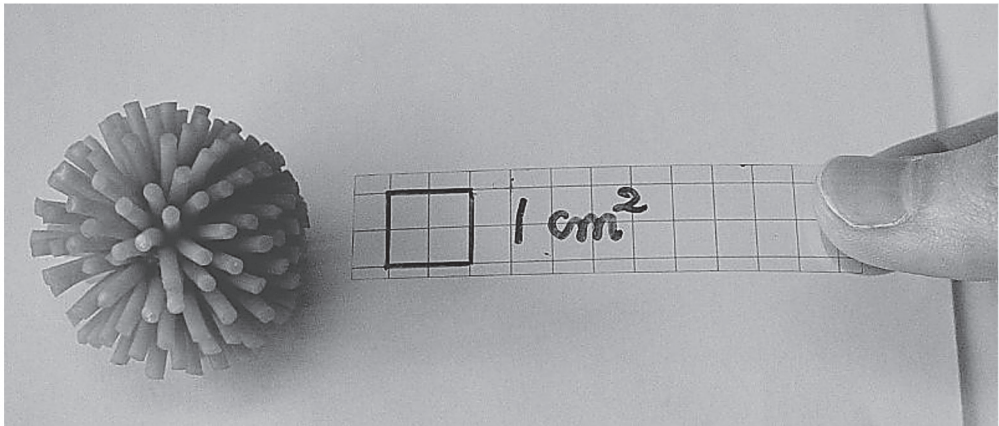
（2）実践内容

授業の流れは、「事前アンケート→デモ実験→“ハリハリボール”の実験→事前チェックテスト→密度のトレーニング→物理との関連付け→事後アンケート」である。

“ハリハリボール”とは、図1に示すおもちゃのボールのことで、筆者らはそう名づけた。学問的には、電磁気学分野の「ガウスの定理」の理解を想定した体験的学習例で、（針の全本数＝球の表面積×針の平均密度）の考えから、数えにくい針の全本数を求めさせるときに使える。

実験の内容は、まず、“ハリハリボール”のハリを数えるにはどうしたらよいかと質問し、最終的に、「単位あたりの量」から求めることにたどり着かせる。そして、1cm³の枠の書かれたシート（図1）からハリを10回数えさせる。そして、その平均密度つまり1cm³あたり

のハリの数と半径をから求めたボールの表面積との積で全体のハリの数を求めさせる。この実験の考え方は、プレゼンテーションソフト“パワーポイント”でも具体的に説明し「単位あたりの量」という考えを喚起させる。



【図1】“ハリハリボール”と測定シート

密度のトレーニングは、様々な練習問題に取り組み、 “ハリハリボール” の実験で喚起された「単位あたりの量」の考え方を定着されるために行う。問題は、小・中学校で学習するような簡単な問題で構成されている。そして、徐々に1次元→2次元→3次元と次元を広げるとともに、高校の物理の問題とも関連付けられる内容にした。

事前チェックテストは、トレーニングを行うときに、それ以前の数学的な考え方で生徒が引っかかってしまうことを防ぐためと、多くの子どもが苦手とする「伸びる」「広がる」といった変化をする場合の密度概念をしっかりと身に付けさせるために行う。内容は、面積や体積の基礎と、1～3次元の密度の変化とである。

物理との関連付けは、まず、「単位あたりの量」が高校の物理の公式で多く登場することに言及し、物理が分からない生徒にも分かるような噛み砕いた表現で「単位あたりの量」を利用する物理の問題例を挙げる。生徒に十分考えさせてから問題に答えてもらう。その後、このトレーニングと関係している15問程度の物理の演習問題を実施する。

これらの演習問題を通して、一見難しそうな高校の物理が、共通する考え方「単位あたりの量」、あるいは、一種の「密度概念」で全て一貫して解けてしまうことを理解させる。つまり、この考え方が、物理を理解するための「思考の枠組み」になっていることを知ってもらうことに繋がる。

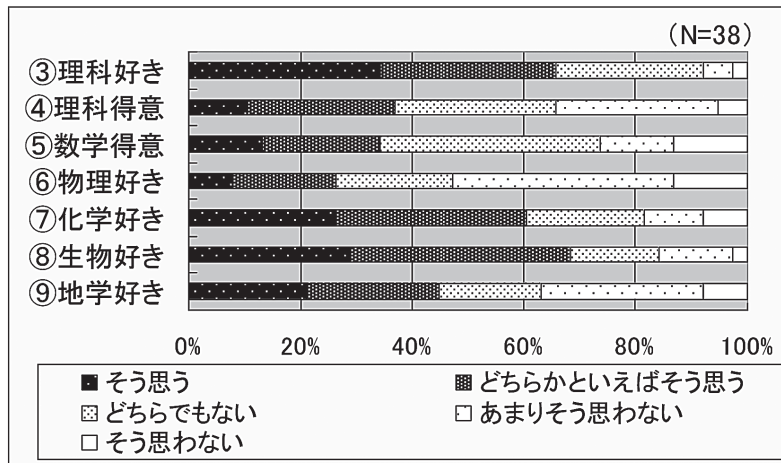
3. 実践結果と考察

(1) 事前アンケート結果

【表3】事前アンケート問題

アンケート項目	略語
①2年生になったら理科で何を選択する予定ですか。	選択科目
②文系と理系どちらに進む予定ですか。	文理選択
③あなたは理科が好きですか。	理科好き
④あなたは理科が得意ですか。	理科得意
⑤あなたは数学が得意ですか。	数学得意
⑥物理分野（光と音、力と圧力、電流）は好きですか。	物理好き
⑦化学分野（物質、気体、水溶液、化学変化）は好きですか。	化学好き
⑧生物分野（植物、動物など）は好きですか。	生物好き
⑨地学分野（地質、天気など）は好きですか。	地学好き
⑩理科のなかで得意な単元には○を、苦手な単元には×を、当てはまるものすべてにつけてください。	得意単元 苦手単元
⑪理科のなかでいくつも公式が出て来ますが、中学生の頃に学習した公式をまだある程度覚えていると思いますか。	公式覚え
⑫公式をできるだけ丸暗記せずに、意味を理解して覚えようとしていますか。	公式理解
⑬公式に対し、感じることは何ですか。（該当項目選択）	
⑭（ N/m^2 ）、（ $\text{m}/\text{秒}$ ）、（ g/m^3 ）の「/」の意味は？	
⑮「物理」という分野のイメージを自由に書いてください。	

事前アンケートは、理科が苦手な生徒は理科のどの分野につまずきがあるのか、理科が得意なことと物理に対する意識に本当に相関関係があるかどうか、「単位あたりの量」についてどの程度の知識があるかなどを調査する内容にした。表3に、アンケートと項目の略語とを示す。なお、③～⑨、⑪、⑫は5段階評価で回答してもらい、⑭、⑮は自由回答とする。また、その他の問の理由は、当てはまるものを選択するものとした。事前・事後アンケートともに、本研究の流れに必要な結果だけ載せる。



【図2】事前アンケートの集計結果

アンケートの集計結果（図2）の③・④から、「理科好き」が多いのに対して、「理科得意」がとても少ないことが分かった。ここから、「理科が得意だから好き」という生徒が少ないということが考えられる。また、理科の4分野（物理・化学・生物・地学）の中で、物理が最も苦手意識をもたれていることがわかった（⑥～⑨）。

各分野の好きな理由は、4分野全て「楽しい」が1位となった。物理と化学の好きな理由の2位は、「実験がある」からであった。しかし、「内容が難しい」ため、嫌いとする生徒も多い。これはつまり、思考が働いている「好き」ではなく、ただ単に作業をすることの楽しさからくる「好き」という生徒も少なくないのではないかと考えられる。また、生物と地学の好きな理由の2位と3位は、「内容が簡単」「暗記が多い」であった。複雑な計算などがない点が支持されているのではないだろうか。

また、得意な単元と苦手な単元についても調査した。すると単元の中で最も苦手とされたのが「力と圧力」であった。この単元がまさに「単位あたりの量」という考え方を使うところである。この点からも「単位あたりの量」の考えを身につけることの重要性が分かる。

次に、自由解答である物理に対する生徒のイメージの結果について述べる。ここでは、物理は「複雑で難しい」「公式や計算が多い」というイメージを持っている生徒が多いことが分かった。「役立つ」「面白い」という回答もあったが2、3人とごく少数であり、ほとんどがマイナスのイメージを持つ回答だった。

次に、アンケートの集計結果の分析を行った。まず、理科と数学、また理科の各分野、さらに、公式についてのアンケート項目間での相関関係を調べるために、ピアソンの相関係数の検定を行った。表4はアンケート項目間の相関関係マトリクスである。表4には、全ての相関関係ではなく、本研究に関わる重要な部分の相関関係のみを示す。

【表 4】事前アンケートの相関関係マトリクス

	理科得意	数学得意	物理好き
③理科好き	0.63	0.42	0.20
④理科得意		0.65	0.32
⑤数学得意	0.65		0.50
⑥物理好き	0.32	0.50	
⑦化学好き	0.29	0.24	0.44
⑧生物好き	0.06	0.01	-0.05
⑨地学好き	-0.03	-0.06	0.19
⑪公式覚え	0.46	0.48	0.59
⑫公式理解	0.32	0.35	0.50

($n=38$ における危険率 5 %の相関係数 r の境界値は 0.32。したがって $r \geq 0.32$ が有意)

表 4 の⑥～⑨の太字の数値から、「物理好き」「化学好き」「生物好き」「地学好き」の中では、「物理好き」が「理科得意」と最も相関が強いことが分かる。ここから、物理が好きになることが、理科が得意になることに関係するといえる。また、③・④の太字の数値から、「理科が好き」と「理科得意」、「理科得意」と「数学得意」の相関がとても強いことが分かる。さらに、⑤・⑪・⑫の太字の数値より「物理好き」と「数学得意」・「公式覚え」・「公式理解」の相関も強いことから、公式に強くなることで物理が好きになり、それによって数学にも自信が付くことが分かる。当然、理科が得意になれば理科好きにも繋がるということにもなることが分かる。

つまり、仮説で述べた「理科の学習への苦手意識の原因の一つとして、物理分野に対する苦手意識があり、さらに、その物理に対する苦手意識は公式や計算につまずきがあるためではないか」という仮説が実証できたことになる。

(2) 事前アンケートの CS 分析結果

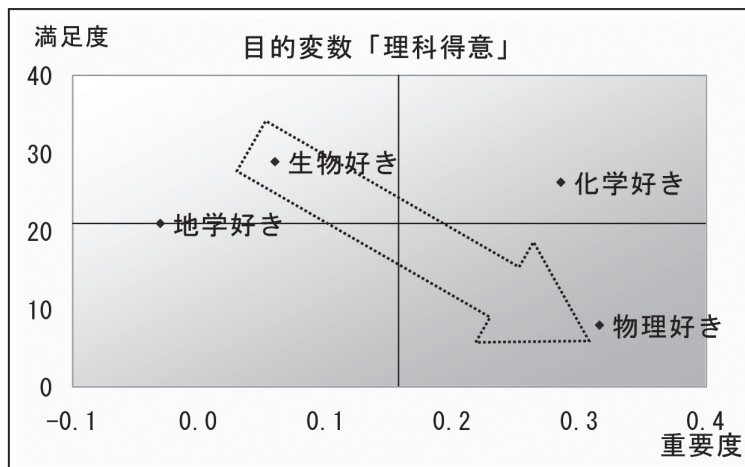
さらに、検証を進めるために CS 分析⁵⁾を行う。CS (Customer Satisfaction) 分析とは、改善させたいある特定の項目だけに注目し、他の項目との重要度・満足度から、どの項目を改善すればその特定の項目も改善されるかを調査する確立された統計的手法である。改善させたい特定の項目を「目的変数」、その他の項目を「説明変数」と呼ぶ。重要度とは相関関係の強度を表し、正の相関が強いものほど重要度が高い。また、満足度とはアンケートの評価の高さを示す。つまり、重要度が高く、満足度の低いものを改善すればその特定の項目が改善されるのである。

研究の最終目的である「理科得意」を改善させるため、「理科得意」を目的変数、「物理好き」「化学好き」「生物好き」「地学好き」を説明変数にとり、CS 分析を行った。図 3 は CS 分析のグラフである。

グラフは、横軸が重要度で、右にいけばいくほど目的変数との相関が強いと言え、縦軸は満足度で、上にいけばいくほど満足されている（ここと言えば好きな生徒が多い）と言える。な

ので、重要度が高く満足度が低いものを改善する必要がある。つまり、グラフの右下にある項目ほど改善度が高い。

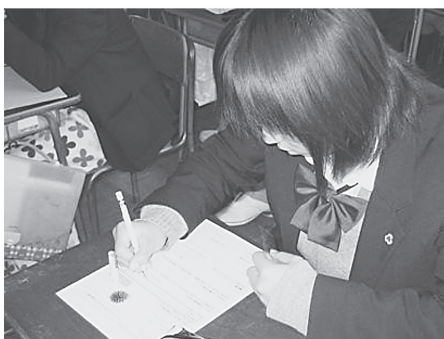
「生物好き」と「地学好き」は、比較的満足度が高く重要度が低いので、改善度は低い。「化学好き」は重要度が高いが、満足度も比較的高いので改善度はそれほど高くない。「物理好き」は最も満足度が低く最も重要度が高いことから、「理科が得意」だと感じるために、「物理好き」になることが最も重要なことが分かる。この結果からも物理好きを増やすことの重要性が実証できた。また、「生物好き」・「地学好き」が「理科得意」と関係が薄いことが明確になった。これらの結果を受けて、本論文の副題を「生物好きの学生が『理科得意』になりにくい理由」とした。



【図3】 CS分析 目的変数「理科得意」時の改善度グラフ

(3) “ハリハリボール”の実験

“ハリハリボール”のハリの本数の測定結果は、数人に答えさせたところ、だいたいの本数を数えることはできた。しかし、誤差が少し大きかったので、シートの枠にハリがかかっているときには2分の1本として数えさせたり、うまく枠の中におさめて数えるようにするなど、数え方をもっと徹底して統一させるなどの改善が必要である。



【図4】 ハリの本数を測定する実験風景

(4) 事前チェックテストと密度のトレーニング

正答率を調べたところ、ほとんどの問題の正答率が90%前後であった。この結果から、多くの生徒が無理なく取り組めたことが分かる。しかし、後のトレーニング問題の(6)や(7)の②のように少し発展的な問題で、正答率が50%以下と正答率が低いものもあった。原因として、物体が流れたり膨らんだりするなどの変化に弱いことが推測できる。これはイメージしにくかったためだと考えられる。また、ケアレスミスや誤答が多いわけではなく、無回答である生徒が多かったため、時間をもっと多くとり、机間巡視を徹底して丁寧に支援する必要があったといえる。

(5) 事後アンケート結果

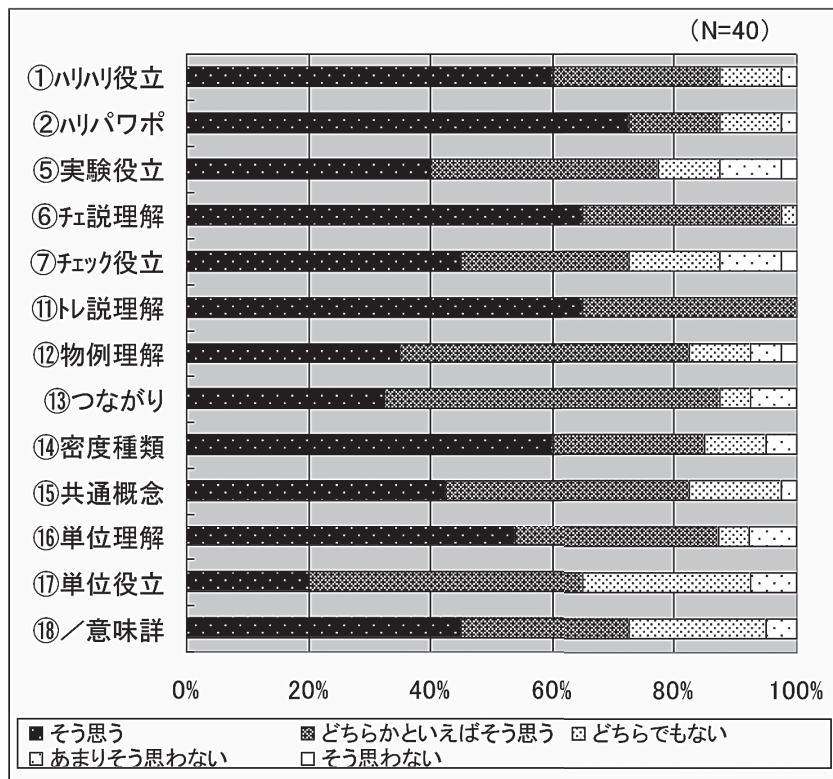
事後アンケートで、教育実践が生徒に与えた効果や、実践の前後での生徒の理科や物理に対する意識の変化などを調べた。また、授業内容に対する意見などももらい、授業の進め方や与えた教材が適切であったかどうかなども調査した。表5にアンケート項目とその内容の略語を示す。なお、⑩は当てはまるもの全てを選択するものとし、⑪、⑫は自由回答にした。その他の問いは5段階評価で回答させた。

【表5】事後アンケート項目とその内容の略語

アンケート項目	略語
①最初に行った“ハリハリボール”の実験は、単位あたりの量について学ぶ上で役に立ったと思いますか。	ハリ役立
②ハリの数え方のパワーポイントを使った説明はわかりやすかったですか。	ハリパワポ
⑤テストの間に行った実験は、問題を解く上で役に立ったと思いますか。	実験役立
⑥テストの解答・解説は理解できましたか。	チェ説理解
⑦トレーニング問題を解く上で、事前にチェックテストを解いたことは役に立ったと思いますか。	チェック役立
⑪トレーニングの解答・解説は理解できましたか。	トレ説理解
⑫高校物理の問題の例は理解できましたか。	物例理解
⑬実験や問題と、物理の内容とにつながりを感じることができましたか。	つながり
⑭密度にもいろいろな種類があることに気がきましたか。	密度種類
⑮いろいろな形の密度というのは、共通した考え方で問題が解けることに気がしましたか。	共通概念
⑯「単位あたりの大きさ」という考えの理解が以前より深まったと思いますか。	単位理解
⑰「単位あたりの大きさ」という考え方を学ぶことで、日常生活で役立つことがあると思いますか。	単位役立
⑱(N/m ²)など単位の「/」が何を意味するのか、以前より詳しくなりましたか。	/意味詳
⑳今回二時間授業を受けて、全体の内容としての難しさはどうでしたか。	全体難易
㉑授業を通して、物理に対しての考え方は変わりましたか。	物理意識
㉒以前よりも物理に興味が持てそうですか。	物理興味
㉓以前よりも理科が好きになりそうですか。	理科好き
㉔今回の授業が、今後役に立つと思いますか。	授業役立

最初に、表5の①～⑮の質問項目の中で、「そう思う」～「そう思わない」の5段階評価の回答項目になるものの結果を示す(図5)。ただし、質問内容によっては「理解できた」～「理解できなかった」と「気付いた」～「気付かなかった」の5段階評価もほぼ同じ意味合いである。

結果として、すべて、ほぼ肯定的な回答が得られたが、それぞれの問題点をよりえぐり出すために、少ない否定的な回答にも目を向けて、その質問の項目を以下で検証する。



【図5】事後アンケートの集計結果Ⅰ

「⑤テストの間に行った実験は、問題を解く上で役に立ったと思いますか」という質問は2割強が肯定的な回答ではなかった。実験を行うことによって密度の変化は漠然とは感じ取れるが、数値としてどうなるか具体的に分からないことが原因として考えられる。

「⑦トレーニング問題を解く上で、事前にチェックテストを解いたことは役に立ったと思いますか」という質問では、3割強が肯定的な回答ではなかった。肯定的でない回答をした生徒は、チェックテストとトレーニングどちらも成績がいい、もしくは、どちらも成績が良くない生徒だったので、チェックテストをしなくても元々数学的な概念・密度の概念があった、もしくは、チェックテストでの内容がしっかり理解できていないままトレーニングに取り組んだということが原因として考えられる。

「⑰『単位あたりの大きさ』という考え方を学ぶことで、日常生活で役立つことがあると思いますか」という質問は、肯定的でない回答が4割近かった。生活の利用例を“ハリハリボー

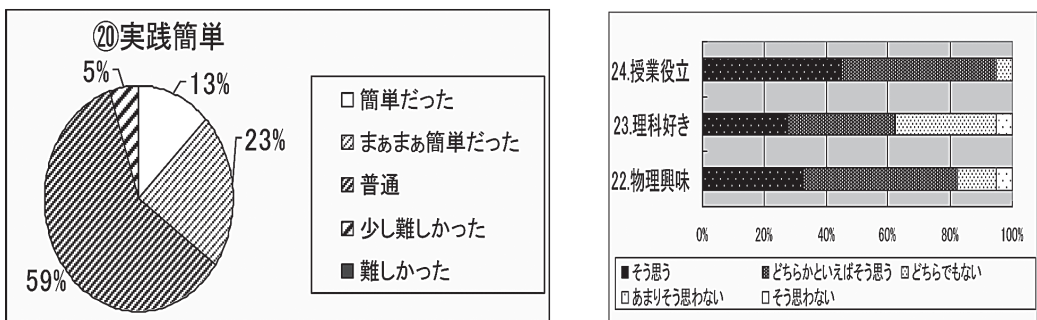
ル」の実験の後に“パワーポイント”で挙げたが、それが生徒に直接役立つものと認識されなかったと考えられる。もっと多くの例を挙げる必要があった。

「⑬（ N/m^2 ）など単位の見方」が何を意味するのか、以前より詳しくなりましたか」という質問では、肯定的でない回答が3割弱あった。事前アンケートの結果を見ると分かる通り、「／」の意味が元々分かっている生徒が多かったことが大きな原因であると考えられる。

実践全体の内容の難しさは、「普通」と回答した生徒が6割だった。ついで「まあまあ簡単だった」「簡単だった」が多く、「少し難しかった」という生徒はごく少数、「難しかった」はゼロという結果になった。今回の実践の趣旨に沿っているので上手くいったといえる。

物理に対する考え方が変わったかどうかについては、6割強の生徒は「思っていたより複雑ではないと感じた」と回答したが、「変わらなかった」という生徒も3割ほどいて、逆に「思っていたより複雑に感じた」と思ってしまった生徒も8%いるという結果になってしまった。トレーニング問題と高校物理との関連を“パワーポイント”で説明したが、早口で短い説明になってしまっていたので、難しそうな図の印象しか残らなかった生徒がいたのではないかとということが原因として考えられる。また、物理と「単位あたりの量」のつながりが感じられなかったという生徒がいた可能性も原因の一つとして考えられる。

また、「以前よりも物理に興味が持てそうですか」「今回の授業が、今後役に立つと思いますか」という質問に対して、それぞれ9割以上・8割以上と、肯定的な回答が多かった。よって、この実践が物理への苦手意識を克服するのに有効であることが分かった。さらに、「単位あたりの量」の有用性も理解できたと考えられる。しかし、「以前よりも理科が好きになりましたか」という質問の肯定的な回答は、6割程度に留まった（図6）。今回の実践を通して、理科を好きになってもらうためには、実際の理科の問題を解いてもらうことも必要だったのではないかと考えられる。「単位あたりの量」と物理・理科のつながりを口頭で説明するだけでは、「苦手だったものが出来るようになった！」という喜びが得られないからである。関連付けの説明の後に、さらに、理科に関連した問題を解かせるなどの実践の改善の必要性が感じられた。



【図6】事後アンケートの集計結果 II

4. 結論と今後の展望

理科嫌い・理科離れは進んでいると言われているが、現在の日本の実験や観察を重視した教育のお陰で、「理科が好きだ」という児童・生徒は増加傾向にある。

しかし、「理科の学習」に依然として苦手意識をもつ生徒が多く、小学校から中学校、中学校から高校と学習内容が難しくなるにつれて、徐々に理科嫌いが増えてしまう。つまり、「理科の学習が好き」だという児童生徒を増やす手立てが必要なのである。

では、理科の学習に対する苦手意識をなくすためにはどうしたらよいか。「理科が得意」と感じるためには、「物理分野が好き」という意識をもつことが必要であることが分かった。物理分野は「複雑で難しい」「計算や公式が多い」といったイメージをもたれていて、この分野を学習すると理科が難しいと感じてしまうからではないか。つまり、物理分野に対する「複雑で難しい」「計算や公式が多い」というイメージを打破することが理科の学習に対する苦手意識をなくす一つの手段として有効と考えられる。

本研究から、物理分野の「公式」と密接な関係にある「単位あたりの量」に着目し、「単位あたりの量」の理解を促す“ハリハリボール”の実験や密度概念育成トレーニングを始めとした教育実践を行うことで物理分野を強くし、理科の苦手意識を克服することが出来るかについて調査を行い、この実践が「単位あたりの量」の理解の促進に有効であるという結果が出た。

本研究の実践で多くの子ども達には、物理全分野に共通する考え方、つまり、思考の枠組みができたことになる。逆に、子ども達にどこかでこの種の思考の枠組みが出来上がらないと、ただの「理科好き」に留まり、目指す「理科得意」にはなりえなかったということの証明になる。

また、今回の実践を一般的な数量の難解さという点から分類した算数・数学の研究^{1~2)}との比較で考察してみる。これは、世の中の量というものは目に見えやすい量（外延量）と見えにくい量（内包量）の2つがあるという分析である。この外延量は重さや長さのように加算性があり頭の中でイメージし易い量である。それに対して内包量は濃度や密度と言った単純な加算性のないイメージしにくい量で計算も面倒臭い。

この観点からすると、様々な「単位当たりの量」、つまり、一種の密度概念は最も考えにくく子どもに定着し難い所だったことになる。したがって、本研究はこの難点を解決する具体的な実践であり、その本質を突いた絶好の実践トレーニングだったと確信している。

次に、今後の課題にも言及する。今回行った実践は、生徒が物理の問題に直面したときに、以前よりも解けるようになっていくかどうかで真価を問われるものである。今回は2単位時間という短い授業時間の中で、実際に物理の問題を各自で解かせるということが出来なかった。説明されてそのとき分かったつもりでも、時間がたって忘れてしまったり実際に問題を解くときに利用できなかったりという可能性がある。今後は、1回の授業にせずに物理の実践問題に取り組ませたり、時間をあけてから再調査を行うなどして、本当に「単位あたりの量」の考えが定着していて、そのことが物理を強くすることや理科を得意に感じることに繋がっているのかを詳しく調べる必要がある。また、第4章で述べた反省点から、“ハリハリボール”の実験の道具の充実、生徒の実態に合わせたトレーニング内容の改善と言ったことが、今後の課題である。

最後に、本研究は岩手大学八木研究室の様々な概念形成の研究成果^{4,11~17)}を踏まえ、それを卒業研究等に発展させてきたものであることを付言する。

【トレーニング問題】

(本年報の説明のために点線でヒントを示した！)

- (1) 5 分間に 120 回転する歯車 A と 4 分間に 80 回転する歯車 B とでは、どちらがはやく回っているといえますか。



$$\text{一分あたりの回転数 (回転/分)} = \frac{\text{全回転数 (回)}}{\text{回転した時間 (分)}}$$

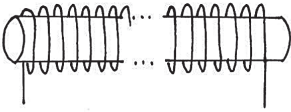
A が、
① (回転/分)

B が、
② (回転/分)

よって、
③ A ・ B

の方がはやく

- (2) 長い棒に糸を図のように巻きました。糸の巻き方は一様で、20 cm の間に 40 回巻いてあります。この棒 1 cm あたりの巻き数はいくらですか。

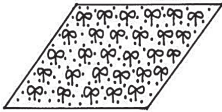


$$1 \text{ cm あたりの巻数 (回/cm)} = \frac{\text{全巻数 (回)}}{\text{糸の巻いてある長さ (cm)}}$$

(/)

- (3) 40 m² の畑に 280 本の苗を植えました。

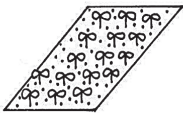
① 苗の密度 (1 m² あたりの本数) はどれくらいですか。



$$\text{苗の密度 (本/m}^2\text{)} = \frac{\text{苗の本数 (本)}}{\text{面積 (m}^2\text{)}}$$

(/)

② 次の年、苗の本数は変えずに畑の大きさを半分にして苗を植えました。苗の密度は何倍になりますか。



倍

- (4) ある稲刈り機は、1 分間に X m² の稲を刈ることができます。稲の密度が 100 [本/m²] のとき、5 分間に何本の稲を刈ることができますか。

$$\text{稲刈りの速さ (m}^2\text{/分)} = \frac{\text{稲を刈る面積 (m}^2\text{)}}{\text{稲を刈るのにかかる時間 (分)}}$$

$$\text{稲の密度 (本/m}^2\text{)} = \frac{\text{稲の本数 (本)}}{\text{面積 (m}^2\text{)}}$$



5 分間に ① m² の稲を刈ることができるので、② 本

(5) パンにまんべんなく N 個のレーズンが入っています。

① パンの体積を $V\text{m}^3$ とすると、レーズンの密度 (1m^3 あたりの数) はいくつですか。



$$\text{レーズンの密度 (個}/\text{m}^3) = \frac{\text{レーズンの数 (個)}}{\text{パンの体積 (m}^3)}$$

(/)

② レーズンの数は変えずに体積が 4 倍大きいパンを作ったとき、レーズンの密度は何倍になりますか。

倍

(6) 米を下水道に流してしまいました。管の中のある断面を、 t 秒間に 150 粒の米が流れています。1 秒間に流れていく米はいくつですか。



$$1 \text{ 秒間に流れる米の数 (粒}/\text{秒)} = \frac{\text{流れる米の量 (粒)}}{\text{米が流れる時間 (秒)}}$$

(粒/秒)

(7) ハリネズミの針が放射状に一樣に広がっていて、中心に近づくほど密集し、外にいくほどまばらになる。

ハリネズミの針が生えている部分を、球の一部として見るとき、以下の問いに答えよ。

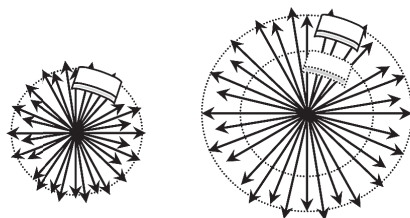
① ハリネズミの、針が生えている部分の表面積が 50cm^2 で、 1cm^2 当たり 10 本の針が生えているとすると、針は全部で何本生えていることになりますか。

$$\text{針の密度 (本}/\text{cm}^2) = \frac{\text{全ての針の本数 (本)}}{\text{針が生えている部分の表面積 (cm}^2)}$$

本

② 針の本数は変わらずに針の長さが 2 倍になったとき、表面の針の密度は何倍になりますか。

倍



参考文献

- 1) 遠山啓；「遠山啓著作集数学教育論シリーズ（6）量とはなにか」、太郎次郎社、1981
- 2) 銀林浩；「量の世界－構造主義的分析－」、むぎ書房、1986
- 3) 日本理科教育学会；「これからの理科教育」、東洋館出版社、1998
- 4) 八木一正；「科学的認識の向上を目的とした体験的学習による物理教育の指導法の研究」
東京学芸大学大学院 博士論文2000
- 5) 菅民郎；「Excel で学ぶ多変量解析入門」オーム社、2001
- 6) 文部科学省検定済教科書；「改訂版 高等学校 物理ⅠB」、数研出版、2003
- 7) 文部科学省検定済教科書；「新しい科学」、東京書籍、2006
- 8) 日本理科教育学会；「理科の教育 1」、東洋館出版社、2007
- 9) 日本理科教育学会；「理科の教育 4」、東洋館出版社、2008
- 10) 日本理科教育学会；「理科の教育 6」、東洋館出版社、2008
- 11) 押切志郎、八木一正；「中学校物理分野における論理的枠組み形成の研究」、東北物理
Vol.17、P.27-32、2007
- 12) 押切志郎；「中学物理分野における論理的枠組み形成の研究－物理を強くする実践研究を
通して－」岩手大学教育学部卒業論文、2008
- 13) 加藤由佳；「物理の本質を理解させ理科の苦手意識を克服する試み－高校での教育実践を
通して－」岩手大学教育学部卒業論文、2009
- 14) 田口朝子、グリバハル・マホムテ、黄川田泰幸、八木一正；「小学生の物理力アップの実
践授業（Ⅱ）」、日本科学教育学会東北支部研究会・研究論文集 P.3-4、2009
- 15) グリバハル・マホムテ、田口朝子、八木一正；「中国ウイグルの物理を強くする教育実践」、
日本科学教育学会東北支部研究会・研究論文集 P.7-8、2009
- 16) 田口朝子；「小学生の物理力UPを目指した授業研究－密度概念形成を中心に－」岩手
大学教育学部卒業論文、2010
- 17) グリバハル・マホムテ；「中国ウイグルにおける物理力アップの実践的研究－思考の枠組
み形成の教育実践を通して－」岩手大学大学院修士論文、2010