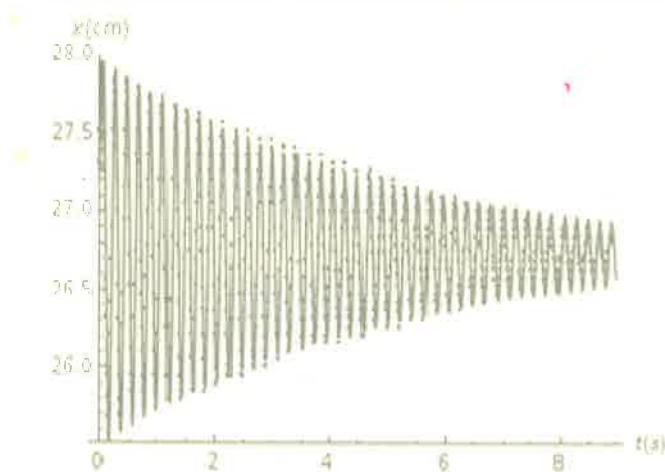
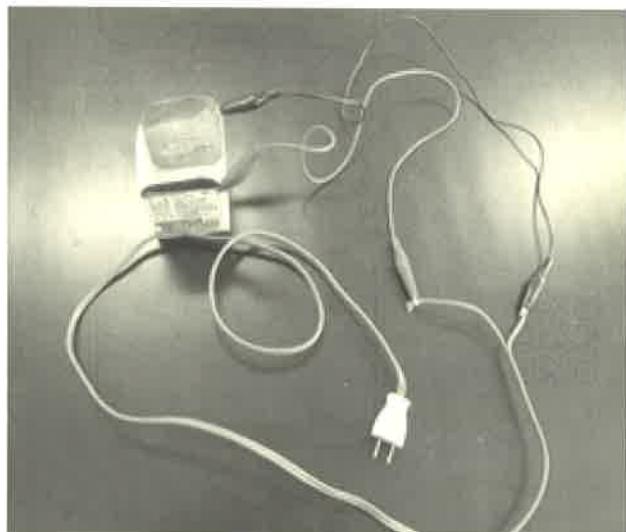
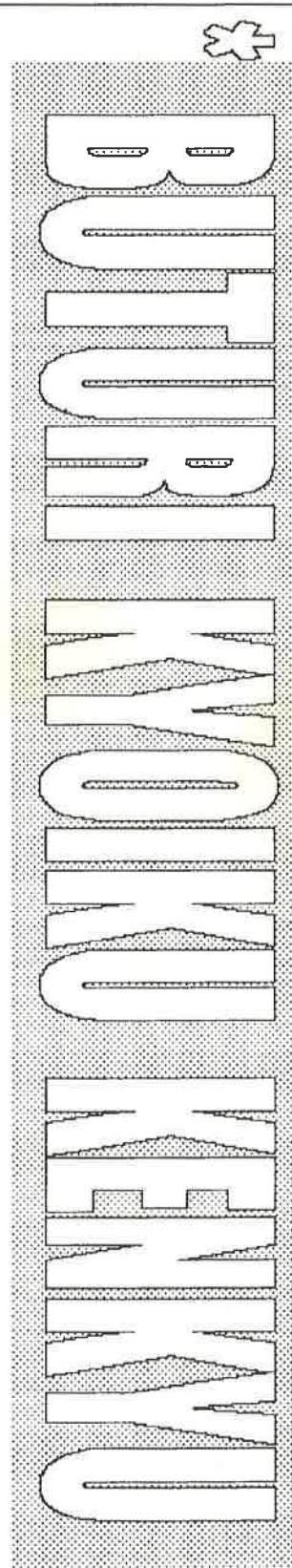


物理教育研究

日本物理教育学会 北海道支部



Vol.47 2019.11



卷頭言

学問のすすめ

公立千歳科学技術大学 理工学部 電子光工学科 長谷川 誠

慶應義塾の創設者である福澤諭吉は生涯を通して数多くの著書を残したが、その中でも特に有名なもの一つとして「学問のすすめ」を挙げることができる。読み通したことが無いとしても、「天は人の上に人を造らず、人の下に人を造らず」という冒頭の文言に聞き覚えがあるという人は多いと思われる。

しかしながら、この文言はこれで終わっていない。実際には、「天は人の上に人を造らず人の下に人を造らずと云へり。」と続いている。つまり、「学問のすすめ」におけるこの有名な冒頭の文言は、単純に「人は平等である」と述べているわけではなく、「そのように言われているが実際には違っている」と指摘しているのである。

上記の一文は、「されども今広くこの人間世界を見渡すに、かしこき人あり、おろかなる人あり、……、その有様雲と泥との相違あるに似たるは何ぞや。」と続いている。その上で福澤諭吉は、「されば賢人と愚人との別は、学ぶと学ばざると由って出来るものなり。」と述べて、「学ぶこと」「学び続けること」の大切さを説いている。

それでは、具体的にはどのような内容を学ぶべきなのであろうか。「学問のすすめ」の中で福澤諭吉は、学ぶべき内容として「実学」を挙げている。この表現からは「実際の生活に役に立つ内容」が想像されるが、そんなに単純なことではない。別の著書にて福澤諭吉は、この「実学」という言葉に「サイヤンス」というルビを付けている。すなわち、福澤諭吉の考えた実学とは「科学(サイエンス)」のことであり、具体的には「実証的に真理を解明し、問題を解決する科学的な姿勢」を身に付けることの大切さが説かれていることになる。

福澤諭吉のこうした指摘は、インターネット上に流れるフェイクニュースを安易に真実であるかのように受け入れて何の疑問も抱こうとしない現代の風潮の中では、あらためて、ますますその重要性が増してきているように思われる。具体的な根拠に基づいて自分で考えて正当な判断を下すべきであるにも関わらず、それが実現されていない場面が、最近は多いようである。

ところで、今号にて報告されている研究大会での全体討論の中で、物理を学ばせる意味の一つとして「論理的思考を経験させる機会になる」ことが挙げられていた。そもそも「物理」という単語が示すものは、「物」の「理(ことわり)」である。したがって物理を学ぶということは、単に法則を暗記したり問題の解き方を学んだりすることではなく、物ごとの「在り方」を見出そうとする姿勢を身に付ける、経験することであり、まさに福澤諭吉が指摘した「実学(サイヤンス)」の精神につながっていると考えられる。

考えすぎているところもあるかもしれないが、いろいろと深く考えさせられた全体討論であった。

理科部指導のノウハウを活かした探究活動の実践

(テーマ設定から発表まで)

北海道札幌北高等学校 中道 洋友

総合的な探究の時間を先取りして探究活動を実施した。その際、理科部のノウハウを利用して、テーマ設定やポスター作成のチェックリストを作成し、生徒が主体的に探究活動に取り組むように促す指導を行った。

キーワード 探究活動 テーマ設定 ポスター作成 チェックリスト

1. はじめに

新しい学習指導要領では、総合的な学習の時間が総合的な探究の時間に変更され、その目標では、「課題を発見し解決する資質・能力」の育成がうたわれている。また、主体的・協働的な活動を重視している。筆者が学年主任を務めている2017年度入学生の2学年次に、総合的な探究の時間の実施に先行して、総合的な学習の時間を利用し、課題研究活動（生徒向けには「探究活動」としていたため、以下「探究活動」と呼ぶ）を行った。探究活動では、生徒を4名～6名のグループ、計64のグループに分けて、それぞれの班で課題を設定、調査・研究し、最終的にはポスター発表を行った。筆者は、物理化学部の顧問を務めているのだが、理科部指導のノウハウを学年で実施した探究活動に活用したので報告する。

2. 2年次に実施した探究活動の概要

本校では、初めての探究活動の実施であり、また日常の学習との両立を図るため、『先生も生徒も無理をしない』をコンセプトとした。そのため、指導案は簡単なものにして、細かな指示は生徒が読んで分かるようなプリントを工夫した。

2. 1

学年の先生方や生徒に以下の5点を目的として提示した。また、生徒向けの説明では探究活動は「主体的に学ぶ力を育成すること」と強調した。

- ・探究の過程を経験することで、思考力・判断力・表現力等の汎用的能力の育成を図る。
- ・探究活動を通して、自らの学びを主体的にデザインする力を育成する。（主体的な学びのデザイン）→受験勉強へのアプローチ
- ・探究活動を通して、進路実現に対するモチベーションを向上させ、日々の学習の充実に繋げる。
- ・探究活動を通して、他者と協働する力を身につける。→学び合い

さらに探究の過程について理解を深めるため、「探究活動とは」として以下の内容を示した。

『探究活動とは：探究の過程である「①課題の設定②情報の収集③整理・調査・分析・実験④まとめ・考察・表現」を繰り返すことで、思考力・判断力・表現力等を育成する学習活動。また、グループでの活動を通じて協働する力の育成を図ることができる。探究活動は、単なる調べ学習（すでに解っていることを整理）ではなく、上記の①～④の過程を自ら行う活動である。学校で行う探究活動は、①～④の活動のうち一部を経験させることも考えられる。』

2. 2 グループ分け

以下のカテゴリーから第3希望まで希望を提出させ、カテゴリーごとにグループ分けを行った。

文系：人文、国際、社会

理系：数学、物理・工学、化学、生物・農学、地学、環境

進路：医療（医学・看護・薬学など）、教育、スポーツ、保健、芸術

2. 3 探究活動の実施日程

6月下旬から初めて、12月上旬にポスター発表会を行った。以下にその日程を示す。

・6月22日	探究活動希望調査
・7月13日	学年集会で趣旨説明・グループ分け
・7月20日	仮テーマ決定
・8月24日	夏季休業中のレポートのシェア
・8月31日	各グループのテーマ決定
・9月7・21日	研究計画書作成
・9月28日、10月5・12・26日	研究活動
・11月2日	ポスター原案完成・提出
・11月9・16日	ポスター作成
・11月30日	ポスター完成
・12月7日	探究活動発表会
・12月14日	探究活動振り返り

見学旅行や考查、進路学習なども平行して行っているため、かなり余裕を持った日程の設定にした。担任を中心に進行状況のチェックは行ったが、内容については生徒に任せることにした。

3. 探究の過程について

今回の探究活動では、生徒に探究の過程を体験してもらうことを目標として、高いレベルの発表を求めるこことはしない方針とした。そこで、以下に示す「テーマ設定のヒント」をプリントにして配布した。

「探究活動のテーマ設定」のヒントとチェックリスト

1. 探究活動とは

探究の過程である「①課題の設定②情報の収集③整理・調査・分析・実験④まとめ・考察・表現」を繰り返すこと、思考力・判断力・表現力等を育成する学習活動のこと。探究活動は、単なる調べ学習（すでに解っていることを整理）ではなく、上記の①～④の過程を自ら行う活動である。学校で行う探究活動は、①～④の活動のうち一部を経験させることも考えられる。

2. 探究活動のテーマ設定

- 1) 疑問を持つ
- 2) 疑問について情報を集める
- 3) 集めた情報の中から「高校生で解決可能」な研究テーマを決める
- 4) 研究テーマについて新たに情報を集める
- 5) 仮説を立てる・問題の提示する
- 6) 仮説検証のために何をするべきか検討する
- 7) 仮説を検証する → 実験、観察、調査（アンケート・インタビューなど）、調査（文献など）
- 8) 結論と仮説の考察・解決策の提示
- 9) 新たな疑問の提示→(1)へ

以上が理想的な探究活動の過程である。理想型なので、順番が入れ替わったり、省略しても良い場合もある。今回は、最低限「課題設定まで体験する」ことを目標したい。つまり、(1)～(6)である。

3. 研究テーマチェックリスト

- 1) 研究テーマは具体的であること。
 - ・だめな例 表面張力とは何か？
 - ・良い例 一円玉は表面張力により何枚まで浮かべることができるか？
一円玉を浮かべた水に洗剤を入れるとどうなるか？
- 2) インターネットなどでただ調べてまとめただけでは、単なる調べ学習である。以下のチェックリストのどれかに当てはまるのが望ましい。
 - ① (高校生にとって) 結論が出ていないテーマ
 - ② (高校生にとって) 未知の現象
→どこかの研究者が結論を出しているかもしれないが、ネットなどで簡単に見つけられず、専門誌を探さないと答を見つけられないようなテーマや多くの高校生にとって知られていないテーマ
→高校での学習内容を大学レベルの数学等を用いて紹介する。
 - ③ 既知の結論に疑問を投げかける仮説の設定
- 3) どのように研究を進めたら良いか全く検討がつかないものや、理解が難しいもの、時間がかかるもの、などはテーマとして適当ではない。以下のチェックリストに当てはまらないものが望ましい。
 - ①すぐ答えが出てしまわないか？
 - ・気体の体積は温度変化によってどのように変化するか？ →教科書に出ている

- ・お年寄りの熱中症を予防する方法は?
→ネットで調べればすぐわかる
- ① 現状を調べるだけで終わってしまうないか?
 - ・北海道の若者はどこに流出しているのか?
→資料を調べたらすぐに答えは出てくる。
 - ・長時間の避難生活で生じる身体・精神面での不調にはどのようなものがあるか? →先行研究を調べたら答はある。
- ② どのような理論を用いるのか、内容が難しそぎないか、理解できるか?
 - ・ニュートリノに質量は存在するのか?
→素粒子理論の最先端の理論である。高校生や大學生初年度の数学力では扱えない。
- ③ 見通しが立ち、実行可能か、同様に調べることが可能か。
 - ・○○湾で破壊されたサンゴ礁をサンゴの植え付けで再生できるか? →結論を出すのに何年もかかる。
 - ・アメリカの高校生はトランプ政権をどう思っているか、アンケートの結果 →アメリカの高校生にアンケートするのは不可能。
→アンケート数が膨大なら物理的に無理がある。
- 4. 探究活動の具体的な進め方のイメージ
- 1) 疑問を持つ
 - ・・・一円玉が水に浮くのはなぜ?
- 2) 疑問について情報を集める
 - ・・・一円玉はアルミでできている。一円玉の密度は水より大きいので、沈むはず。表面張力が関係しているらしい。
- 3) 集めた情報の中から「高校生で解決可能」な研究テーマを決める
 - ・・・「なぜ一円玉は水に浮くのか? ~水に洗剤を入れるとどうなるだろう~」
- 4) 研究テーマについて新たに情報を集める
 - ・・・一円玉の密度、水の密度、表面張力の仕組み、洗剤と表面張力の関係など
- 5) 仮説を立てる・問題の提示する
 - ・・・一円玉は水に〇個までだったら浮くのでは(ただし、縦に重ねて)一円玉の浮く枚数は洗剤の濃度に反比例するのでは
- 6) 仮説検証のために何をするべきか検討する
 - ・・・コップに水を入れて実験してみる必要がある。洗剤は1mLずつ入れていく
- 7) 仮説を検証する
 - 実験、観察、調査（アンケート・インタビューなど）、調査（文献など）
 - ・・・はじめに、最大何枚浮かぶか実験、そのときの水のへこみ方なども観察。実際に洗剤を入れて実験する。
- 8) 結論と仮説の考察・解決策の提示
 - ・・・結果をまとめて考察。
- 9) 新たな疑問の提示→(1)へ
 - ・・・洗剤の種類を変えたらどうなるだろう? コップの表面積は関係するのか?

図1 生徒に示した探究活動チェックリスト

4. ポスター作成について

ポスターは、後述するように、模造紙1枚に手書きのA4の用紙を10枚貼って作ることを標準とした。学校で準備できるPCの台数やポスターサイズのプリン

2学年探究活動 ポスターの作り方（一部改訂）

1. 内容 ①タイトル ②はじめに ③研究手法
④結果 ⑤考察 ⑥まとめ ⑦謝辞
⑧引用文献・参考文献

おもに上記の項目について記入する。ただし、上記は理系の標準的な項目であり、工学・人文科学・社会科学などの探究活動では若干違っても良い。「②はじめに」を「1」として番号をつける。

2. 各項目の記載内容

- ①タイトル：タイトル、サブタイトル、メンバー、所属を記入。タイトルは探究内容を端的に表すようにする。
- ②はじめに：探究活動の目的・疑問・仮説や研究の背景を書く。例えば、目的であれば「なぜその研究が重要か」「世の中にどのような価値があるか」「何が分かりたいのか」、疑問であれば「どんな疑問を持つているのか」「その疑問を解決する手段は何か」、背景であれば「何が分かっていて、何が分かっていないのか」「現在問題になっていることは何か」となる。それらの目的・疑問・背景を受けて仮説を立てたのであれば、その仮説を書く。
- ③研究手法：実験や調査をしたのであれば、その方法を他の人が再現できるように、また他の人が検証できるように、簡潔に書く。ちなみに調査の手法には「フィールドワーク」「文献調査」「アンケート調査」「インタビュー調査」「参与観察」などがある。いくつかの文献を組み合わせて新たな結論を導くことも調査である。また、調査した結果の分析方法としては、「多変量解析」「クロス集計」「KJ法」「マッピング」「グルーピング」などがある。
- ④結果：調査、実験などの結果をグラフや図、表などを用いて表す。文章で表すと結論がわかりにくくなる場合があり、注意が必要である。
- ⑤考察：仮説や疑問に対して、「結果」でまとめたデータが明らかにしたこととは何かを論理的に、また簡潔に書く。往々にして、結果に書くべきことを考察に書いてしまうことがあるので注意すること。
- ⑥まとめ：研究全体の結論をまとめる。ここだけ読めば何が分かったかを一目で理解できるようにする。さらに、新たな疑問や課題、仮説を見つけ、その新たな課題等を解決するための方策があると良い。
- ⑦謝辞：アドバイスをもらった先生やアンケート調査などでお世話になった方がいれば、感謝の意をここで表明する。
- ⑧引用文献・参考文献
先行研究があれば必ず明示するのがマナーである。また、インターネットで調べた場合もその旨記入する。

書籍の場合 中道洋友、探究活動のヒント、2018年8月

論文等の場合 中道洋友など、探究活動の研究、探究教育 VOL.6, No.36, 2018

ネットの場合 総務省、学習指導要領、http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/youryou/main4_a2.htm, 2018.10.5

3. その他の注意事項

- (1) 一般的には「箇条書き」で。
- (2) 色使いは、派手すぎないように、また白地に黄色など、読みにくくならないように注意する。
- (3) 文字の大きさは2メートル程度離れたところから読めるように。
- (4) 図や写真、グラフには「図1」「写真1」など番号と「○○の結果」などのキャプションをつけるように。
- (5) 発表時間は10分、質疑は5分をめどとする。
- (6) 模造紙1枚にA4用紙を10枚が標準。用紙を2枚貼り、めぐって説明できるようにしたりする工夫をしても良い。

図2 生徒に示したポスターの作り方

ターゲットがないなどの物理的な制約からワープロソフトを利用しなかったという側面もあるが、手書きの大きなメリットは、分業でき、特定の生徒に負担が集中しないことである。当然、役割分担と分業をするように指導している。また、手書きにすることで、それぞれのグループのバリエーションができ、ポスターの多様性が増した。また探究の過程を意識した上記のようなポスターの作り方のプリントを配布した。



図3 ポスター発表の様子

5. 自己評価・相互評価について

自己評価表を生徒に事前に示し、どのような観点で評価されるかを意識した調査・研究、ポスター作成をするように指導した。

表1 自己評価・相互評価表（自己評価）聴衆として

度	1 学ぶことの楽しさが伝わる探究活動である。
	2 テーマを深く追求する意欲があふれる探究活動である
総合	3 何を伝えたいかが明確になっているか。
	4 テーマ設定にオリジナリティはあるか。
ポスター	5 考察をふまえた新たな課題設定はできているか。
	6 研究の目的・背景、手法、結果、考察、まとめ、引用の構成要素が含まれているか。
の一 作り方	7 図や表、グラフの活用、デザインも含め、全体が見やすいものになっているか。
	8 図や表を使って結果が分かりやすくまとめられているか。
発表 表の内 容	9 図や表、グラフに番号やキャプション、説明が適切に含まれているか。
	10 文字は読みやすいか。大きさは適当か。色使いは適当か。
発表 技術	11 各項目の見出しが工夫されているか。また効果的に使われているか。
	12 タイトルは、その探究活動の内容を適切に表しているか。
内容	13 目的・疑問・仮説・研究の背景は明確か。
	14 実験や調査等の手法はわかりやすくまとめてあるか。
発表 技術	15 結果は分かりやすくまとめてあるか。図やグラフの説明はわかりやすいか。
	16 考察は適切に行われているか。新たな課題設定は適切になされているか。
発表 技術	17 引用した文献や参考にした文献が適切に示されているか。
	18 論理の流れがわかりやすいか。ポスターの内容と合っているか。
発表 技術	19 発表態度はよいか（声の大きさ、話すスピード、抑揚、服装なども含む）。
	20 原稿から目を離して、聴取とアイコンタクトできていたか。
発表 技術	21 発表時間は守られているか。
	22 質問者の意図を理解したうえで質疑応答を行っているか。

聴衆	1 発表者の意図を理解することができたか。
	2 発表を適切に評価することができたか。
	3 積極的に質問することができたか。

6. 理科部の指導のノウハウと課題研究

以上述べたように、適宜、テーマや探究の過程のチェックリストやポスターの作り方、評価表の中に生徒が自ら探究活動の方向性を意識できるような仕掛けを用意して指導した。学年集会やプリントで「調べ学習」と「探究活動」の違いを指導しただけなのだが、多くのグループは、適切に課題を設定し、発表を行っていた。例えば、図4に示したグループは、「水以外でネギを育ててみた」という課題を設定し、「スポーツ飲料やオレンジジュース」などを用いて、家庭ができる実験を行い、浸透圧とネギの生長の関係などを考察していた。生徒たちは、想定した以上に探究の過程を実践していたと考えている。

テーマ設定や探究の過程の進め方のチェックリストは、理科部の指導のノウハウとして、多くの顧問が積み上げてきたものであり、今後の総合的な探究の時間の実施のヒントになるとを考えている。

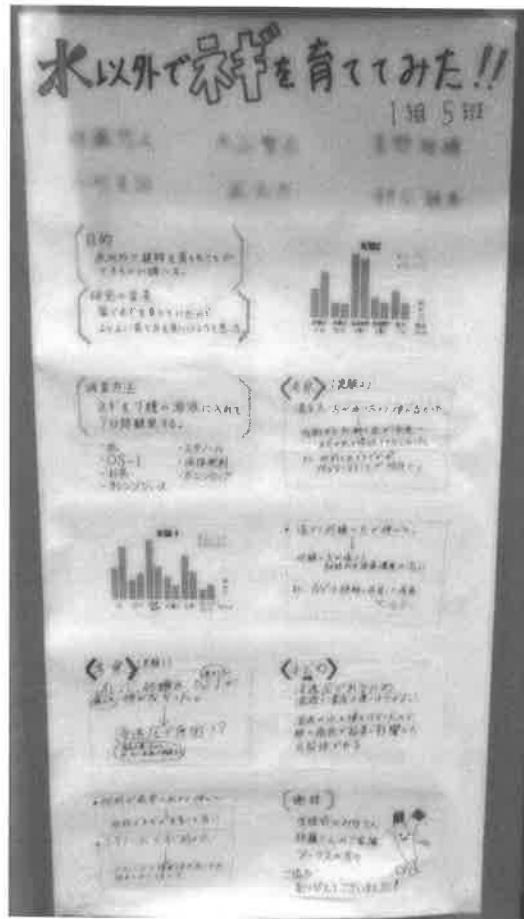


図4 ポスターの一例

謝辞

今回の探究活動の実施に当たり、目的などにおいて、札幌西高校の先進的な実践を参考にさせていただいた。また、札幌啓成高校のSSHの実践も参考にしている。今回の実践が学年の先生方の共同作業であり、さらに生徒は探究活動の意義をくみ取り、主体的に活動に取り組んでいた。多くの方々に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 平成28年12月21日中央教育審議会答申【概要】
- 2) 新学習指導要領における探究と理科部の指導一問いの設定を中心にして、柳本高秀、平成30年度高文連全道専門委員会提言資料
- 3) 課題研究メソッド、岡本尚也、啓林館

ジェンダー問題のアクションリサーチによる解決

～小中高における男子の実験器具占有問題～

加藤賢一 北海道芦別高等学校 〒075-0041 北海道芦別市本町 40 番 13

小中学校の理科の授業において、男女混合班で実験を行うと、男子が実験器具を占有するというジェンダー問題が国内外で報告されている。高校でも同じ問題があることがわかった為、アクションリサーチを行い、解決を図った。結論として、男女別の班は、実験器具の実験器具使用機会を男女平等にし、さらに女子同士でリラックスして会話をすることができるため、男女混合班より有効と結論付けた。また、教師の男女混合班への強い拘りが、男女別班への移行を妨げる場合があることも分かった。

キーワード：ジェンダー、アクションリサーチ、実験器具の占有、実験中の会話

1. はじめに

理科教育におけるジェンダー問題に関する基礎資料の1つに ROSE (Relevance of Science Education) (2010) がある^①。これは、15歳の男女を対象に、S&T（科学とテクノロジー）に対する態度とそれを学ぶためのモチベーションに影響を与える要因についての国際的な調査である。調査結果の全体像は、日本の男女は良い結果を出しておらずネガティブであり、さらに男女差は、40の参加国の中で大きい部類に入る。例を1つ挙げると、

「学校理科は、科学が私たちの生活の方法にとって重要なことを、示した。」

この文に対して、「そう思う」を回答したのは、日本の場合、女子の被験者全体の約35%と参加国では低く、男子は50%に満たない値となった。さらに、そのジェンダー差は参加国で一番大きかった。日本はこのジェンダー問題を直視し改善のための教育研究を進める必要がある。

ところで、ジェンダー研究には、少なくとも3つの領域がある。その1つが、教科書及び教材作りの研究である。例えば、イギリスの高校物理の教科書であるサルターズ・オナーズのアドバンシング物理 (2008)^② では、女子が興味を示すチョコレートなどの菓子を取り上げ、その硬さなど材料力学を学ぶ。ドイツでも女子の興味を引く教科書・教材が研究されており、稲田 (2009) が紹介している^③。次に、概念形成のジェンダー研究がある。新田 (2017) は、高校で力学概念理解度調査 FCI などのデータからわかるジェンダー差の大きい誤概念に焦点を当て授業を行い、ジェンダーギャップ値の変化を研究した^④。最後に、学校制度や授業における集団に関

するジェンダー研究がある。

本研究は、この3つの領域に当たる。Ormerod (1975) は、女子高の方が共学よりも、物理を選択する女子の比率が高いことを見出した^⑤。これをヒントに加藤は、静岡県の中の下の学力の高校の物理の授業中に、座席が離れていた2名の女子が勝手に座席を変えて、隣同士になっている現象に注目して、そこにジェンダー問題が潜んでいるという直感をえた。その傾向を調べるために、2013年度、加藤は、同じ高校の81人(男34人、女47人)の高校1年生を対象に、化学基礎の実験のパートナーとして、同性を好むか、性別は関係ないかを調査した^⑥。結果は、女子の47%と、男子の21%が同性を希望しており、女子の方が男子より実験のパートナーとして同性を希望する傾向が強いと結論付けた。女子からでた理由は「話しやすいから」「気を使わなくてよい」「異性に頼んでしまう」「同性だと自ら進んでできる」などであった。さらに注目すべきは、同性を希望した女子21人のうち17人は小中学校でも同性の方が実験しやすく、さらに8名は大学でも同性を希望している、という結果がでた。つまり、どの学年になっても、同性同士のほうが実験しやすいと感じている女子が相当数いる。Ormerod (1975) と加藤 (2013) の研究は、約40年離れているが、共通点がある。とともに、女子にとっては、男子と直接的なやり取りをしないほうが理科を学ぶ上で好条件ということである。つまり「共学」よりも「女子高」が、また共学においては「男女混合の実験班」よりも「女子だけの実験班」のほうが女子にとっては条件がよい。この原因は何だろうか？

加藤は物理選択をした同じ高校の3名の高校2年生の女子にインタビューをした (2014年度)。質問は用

意しておくが、その場の雰囲気を重視して、質問の順序や内容の変更が許されている semi-structured interview を用いた。前の研究から、この女子 3 名が隣同士になる座席にした、実験をしやすい状況を作っていたためか、座席についてのコメントは特になかった。しかし 1 名が思いついたように、「そういえば、小中学校では、実験の時、男子が実験道具をとっちゃう。だからやりたくても実験ができない。」という回答した。そこで「女子高」や「共学における女子だけの班」が女子にとって好都合な理由として、

- ・男子が実験道具を占有する為、女子の実験機会が奪われてしまう。
- ・女子同士の方が会話をしやすい。つまり、男子と実験をすると、会話をしにくく、実験がやりにくい。

という 2 つの仮説を立てた。これらについては、のちに紹介するように小学校と中学校ではすでに先行研究^{8) ~12)}があるが、高校での研究は見当たらない。そこで、これらを検証することを目的としてリサーチを行い、もしも男子の占有の事実があるならば、その解決策を模索していく。

2. アクションリサーチとは何か

ジェンダー問題のような制度や風土に深く根差した問題を解決する方法の 1 つにアクションリサーチがある。アクションリサーチはアメリカのレビンが創始者であり、西欧に広まり、日本でも教育や看護など幅広い分野で利用されている。今回は、手順がシンプルな Sagor, R (2005) のアクションリサーチを採用する⁷⁾。その手順は、アクションリサーチを Step1~4 の 4 つのステップでひとまとめりの 1 サイクルとする。

一アクションリサーチの 1 サイクル

- Step 1 問題の発見（明確な目標設定）
- Step 2 先行研究
- Step 3 アクション、研究目的とデータ処理
- Step 4 振り返り（→次のサイクルへ）

少し補足を加えて説明すると、Step1 では、「問題の発見」をして、本来あるべき姿を目標として定める。Step2 では「先行研究」をし、この問題に利用しうる適切な「理論」を提出する。Step3 で「アクション」を示し、その効果の有無を「研究目的」として提示し、データの収集をする。ここでいう、アクションとは、問題解決のため

の方策のことである。さらに Step4 で「振り返り」をしてまとめる。「振り返り」で新たな課題を発見すれば次のサイクルに進む。また、研究対象は、生徒だけではなく教師も対象である。つまり、教師は研究者（観察者）であり、調査対象でもある。

3. アクションリサーチ（第 1 サイクル）：本研究

（2015 年度、男女混合班、電気パンの実験 対象は高 2）

学力が中の下の北海道の普通高校の 2 年生 4 クラスを対象に、男女混合班での電気パンの配線作業において男子の占有があるかないかを調査した。

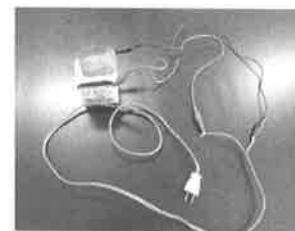


図 1 電気パンの配線図

Step1 問題の発見 【予備調査 A 組の調査】

予備調査として、A 組 42 名の男女について調査した。実験は 3 人または 4 人の男女混合班で行われ、牛乳と粉を混ぜる「混ぜ混ぜ係」、ステンレス電極と電流計と AC100V 電源をつなぐ「配線係」、時間を計測する「ストップウォッチ係」、それから「記録係」の 4 つである。これらの中で「配線係」は際立った結果を示した。

結果；11 班のうち 9 班で、男子が配線を行った。

A 組は男子 25 人、女子 17 人と若干男子が多いクラスではあるが、男子の実験器具の占有は明らかである。

【他の 3 クラス（B, C, D 組）の調査】

次に、他の 3 クラス（男子 39 人、女子 64 人）では、実験前、電気パンの実験の 4 つの係りについて、アンケートをとり、好き嫌いの傾向を調べた。

結果は、グラフ 1 に示すように、配線係において、男女差が大きかった。平均は 4 点満点で男子 2.5 点、女子 2.9 点 ($p < 0.05$) だった。得点 1 の「やりたい」を答えたのは男子 15% 女子 2%，得点 4 の「やりたくない」は男子 15% 女子 27% と男女差が大きい。この結果から、予備調査と同様、男女混合班では女子が配線する機会が少なくなることが予想された。

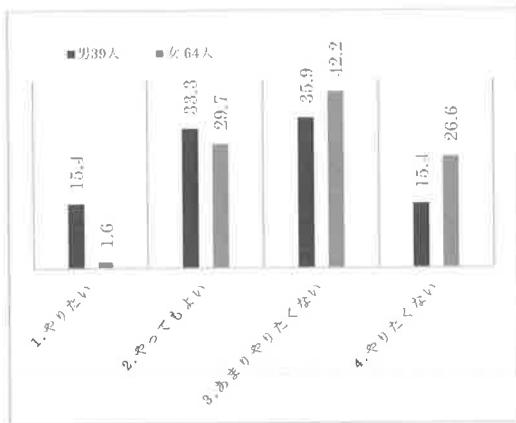


図2 電気パンの実験における配線係を考慮する比率の男女差 (%)

Step2 先行研究

宮田（2004）は、男女混合班では、男子の実験器具の占有と女子の放棄があることを突き止め、混合班をやめ男子班と女子班に分けた。そのうえで、実験から知識を構成する上で重要なコミュニケーションを促進する方法を研究した⁸⁾。6年生122名を実験群と統制群に分けて調査は行われた。実験群の班は同性4人で構成され、配線は1人1本ずつ順番に行い、各々が配線前に配線の仕方を他の3人に説明し、周囲から批評を受け確かめてから配線するという方法で、電磁石の実験を試みた。その結果、実験群の女子においては、配線の知識の吸収が改善された。このように班員同士のコミュニケーションを促す方法、つまりメタコミュニケーションに関する知識の吸収も実験において重要なことがわかった。

(コメント) 宮田はあっさりと男女混合班をやめ、「男女別の班」で研究をした。これに対し、筆者の場合は、あまり意識することなく「男女混合班」のままで、宮田とほぼ同じアクションを探ることにした。この班構成の違いが決定的で、本研究の1つの中心的なテーマとなっていく。

Step3 アクション、研究目的、データ収集と解釈

〈アクション1〉 B C D組における男女混合の電気パンの実験班において、配線は3本必要で、1人の1本の配線と限定し、配線の機会を平等化する（4人の班では配線できない生徒が1名いる）。

〈アクション2〉 配線の際に、会話をして、どこと、どこを結線するか班員と確認する。

〈研究目的〉 アクション1、2の効果を測る。

〈データの収集と解析〉

-調査1-

アクション1,2を取り入れた実験後、その効果を調べるために、質問用紙で次の質問を行った。

質問1 「配線するときに、会話をして間違いがないかどうか確認することは役に立ちましたか」 次の1～4の番号を選べ。（図3参照）

〈結果1〉

前回欠席した生徒が出席し、男子の人数は1人増え、女子は4名増加している。ここでは、女子の方が、配線前に会話を確認することを評価している。

（平均値は男子1.6に対し女子1.3でp<0.05）

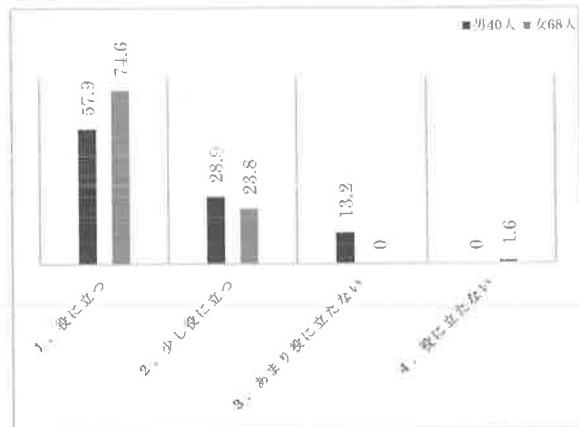


図3 実験中の会話に対する評価の男女差 (%)

-調査2-

さらに、今回の1人1本の実験から生徒が学んだことを複数選択可能として、アヘキに○をつけてもらった。

〈結果2〉

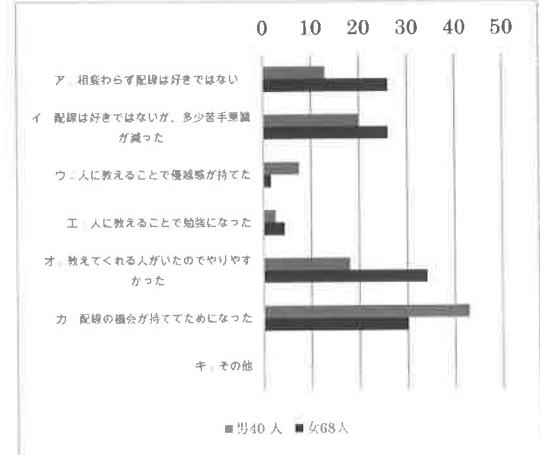


図4 配線のアクションに対する評価の男女差 (%)

グラフから分かることは、ア)とカ)より、配線に関しては女子の方がネガティブな印象を依然として持っているが、イ)から、多少なりとも苦手意識が改善されたことが分かる。また、オ)より、「(会話により)人から聞くことができる」と女子は男子より評価している(女子の依存傾向ともとれる)。

Step4 振り返り

教師の強い介入によって配線を1人1本と限定し、男子の実験操作の占有問題を解決することができた。このとき、女子の多くは、実験をするときの会話が重要だと感じており、宮田とほぼ同じ結論に達している。

4. アクションリサーチ(第2サイクル)；本研究 (2016年度 男女混合班 横波の速さの実験 対象は高1)

研究対象は必修の物理基礎を履修している1年A組40名で男子21名、女子19名である。対象は第1サイクルと同じ高校である。

Step1 問題の発見－物理実験：横波の速さの測定－

実験台の上で弦巻バネを振動させ、横波の速さを測定する実験において、バネ係2、ストップウォッチ係1、記録係1の係構成である。器具が少ないため、8人の班で4名の観察者がいる。



図5 鶴巻ばねの横波の実験

表1 係分担の結果

班	男子	女子	男子のばね係	女子のバネ係
1	4人	4人	1人	1人
2	4人	4人	2人	0人
3	4人	4人	2人	0人
4	4人	4人	2人	0人
5	5人	3人	2人	0人

(コメント) 表1は各班の構成人数とバネ係りを担当した男女の人数を示す。表から、男子のバネ係の合計は9人で、女子の合計は1名であり、男子の占有により、女子の実験機会が奪われている。

Step2 先行研究

湯本・西川(2004)は、小学校4～6年の199名(男子102名、女子97名)を対象に調査した⁹⁾。理科の実験を

男女混合班で行う際、121事例の70%の事例で、男子が実験を行い、女子が実験を行わなかった(もしくは行えなかった)。そこで、6年生の2クラス(男子38名女子30名)で、男女混合班のままで、男子の占有と女子の放棄がみられたシーンのビデオを見せ、それについての授業劇を取り組ませることで、児童の変容を試みた。結果は、児童の取り組みに改善がみられ、のち2か月間、効果の継続が見られた。

(コメント) 宮田の場合は「男女別の班」でアクションを施したのに対し、湯本らは、筆者と同様に、男女混合班での男子の占有問題を、「男女混合班のまま」で解決を図っている。しかし、湯本らの解決策は、ビデオ撮影・視聴・授業劇といった具合で、準備に時間がかかり、協力者も必要である。学校現場の中で、筆者のように、授業者が研究を行う場合、解決策(アクション)が簡単で時間がかかる方がよい。忙しい教育現場では、その方が、より多くの教師が実践の追試を行うことが可能だからである。そこで、湯本らの解決策は採用せず、もっと簡単な方策を模索した。

Step3 アクションの実行

「男子の実験器具の占有」を問題として、研究目的を以下のように設定した。

〈研究目的〉 男女混合班での男子による占有問題を、男女混合班のままで、生徒らに気づかせ、自ら改善させる。

〈アクション1〉

アクションとしては、記述式の質問用紙法を使い、その応答を待った。

質問1 「バネの速さを求める実験のバネ係の分担表=表1」と、以前に行った「気柱共鳴実験で教師が作った役割分担表」を比較して何が分かりますか？(補足：気柱共鳴実験では、男女平等の役割分担表である。)

〈結果〉

ばね係は男子のほうが多いと答えた人数は40名中23名(男13、女10)。男子13人中3名と女子10名中の2名は、男子の方が積極的と書き、他の18名は単に男子が多いと答えた。この23名以外の17名は、空欄や、見当違い的回答だった。

質問2 次に実験を同じ班で行うとしたら、どんなことに注意すればよいか？

〈結果〉

・女子も積極的に参加すべき。役割分担をする。

→18人(男7、女11)

・男女平等など、ジェンダーを踏まえた回答は

→7人(男4、女3)。

Step4 振り返り

このアクションに対し、40人のクラスで23名が男子の占有に気づき、さらに25名が役割分担など対策をとったほうがよいと考えている。これをもって成功ともいえるが、クラスの約半数は占有に気づいていない。ここをもう少し何とかしたいと考えた。次のアクションの目的は、男子の占有について、小中学校での様子を生徒たちに思い出させることである。

<アクション2>

しばらくたった11月に以下のプリントを配布した。

—プリントの内容を以下に示す—

前回のアンケートでは、実験でバネに触ったのはほとんど男了で、女子はほとんどいないことをうけて、「女子も積極的に実験に参加すべき、役割分担をすべき」という考え方を持った人は、男子7人、女11人でした。もう少し、この件について、深めるために、以下のことを考えてみてください。

質問3 波の速さの実験では、男子の方が女子より圧倒的に実験器具(ばね)を使うことが多かった。このようなことは、小中学校の実験でも、見受けられた。

<結果> 1. かなりあった → 6人 (男0・女6)
 2. たまにあった → 8人 (男5・女3)
 3. あまりなかった → 16人 (男9・女7)
 4. ほとんどなかった → 5人 (男4・女1)
 その他：中学ではそもそも実験班は男女別の構成だった。→6人 (男5・女1)

質問4 質問3で1、2に○をつけた人のみ答えてください (14名が該当)。男子が実験器具を扱う機会が多いのは、なぜだと思いますか？

<結果>

[5名の男子の回答] ・活発だから 1 ・楽しいから 1
 ・積極的だから 2 ・記録が得意じゃないから 1
 [9名の女子の回答] ・男子が積極的だから 4
 ・男子に押し付けがち 2 ・好奇心と行動力 1
 ・男子の方が器具に興味を持っているかも？ 1
 (無回答 1)

質問5 次の実験では、実験道具を操作する係について、男女が平等になるように配慮するほうがよいか？ 理由も書いてください。

1. 配慮すべきである
2. 少しは配慮すべきである
3. あまり配慮する必要はない
4. 配慮すべきでない

<結果>

1. 4人 (男2, 女2)
2. 22人 (男11, 女10)
3. 14人 (男7, 女7)
4. 0人

[1.配慮すべきであると答えた女子2名の理由]

- ・やらない人が出てくるから
- ・やらない人が出てくるから初めから教師がきめておいたほうがよい

[2.少しありは配慮すべきであると答えた理由]

女子・何もやることがない状態を避けるべき 1人

- ・その他 1人

男子・自分の経験が勉強の際に一番役に立つから。 2人

- ・自分で操作して結果をみるほうが記憶に残りやすい気がする。 1人
- ・その他 2人

私は次の時間に結果と私の考え (A, B, C) を生徒に伝えた。全体に結果を返すことを次のアクションとした。

<アクション3>

A: 質問3の結果から、小中での振り返りでは、「男子が女子より実験器具を扱う回数が多い」と感じているのは女子9名であり、男子は5名と少ない。つまり、男子の方がこの件について無頓着である。

B: 質問4より、男子の方が女子より積極的であることが伺われる。しかし、女子の中にもやりたい人がいて、彼女たちが我慢している可能性は十分にある、と私は思っている。

C: 質問5では、「自分の（実験の）経験が役に立つこと」と「実験操作をすると記憶に残りやすい」という男子の回答がある。これこそ、私が求めていた回答である。つまり、実験器具を触らない女子は損をしている。

一生徒への提案ー

上の A～C を口頭で説明したうえで、筆者は実験器具を使う機会は、全ての人に平等にと訴えた。さらに、「女子が積極的に参加すべきだという回答がありました。これは、小中学校のころから、男子がいつも先に実験道具を取ってしまうので、遠慮することに慣れてしまったのではないかでしょうか？男子は女子に実験道具を譲るべきなのではないでしょうか？」といった、そう言って、授業を終えた。

Step4 振り返り

授業を終えたあと、なんとなく、やりすぎというか、研究の行き詰まりを感じた。男子にも女子にも教師から結論の無理な誘導があったと感じた。特に男子を断罪しており、気まずさが残った。

(結論)

① 男女混合班で男子の実験器具の占有は起りうる。教師からの質問などの遠回しの介入で生徒らが男

- 子の器具の占有に気づくのは難しく、男子が女子に器具使用の機会を譲るのはもっと期待できない。
- ② 男子の占有を避けるには、男女別の班で行い、女子の実験操作の機会を確実に担保すべきである。

さらに、「男女別の班にしても、実験器具を独占する生徒がいるかもしれない」という考えが浮かんだ。これについて、宮田は、男子班の女子班でも占有があると記している⁸⁾。

(コメント) アクションを仕掛けたのに問題が解決しないという挫折感があった。しかし、それは「男女混合班」への筆者の強い拘りが一機に氷解した瞬間でもあった。無意識のうちにやってきた「男女混合班」という固定観念からの脱却と言える。男女混合班は筆者自身が小中高で受けてきた昭和の男女共学システムでは一般的であり、教師になり授業を受け持った平成でも無意識のうちにやってきた。他の教師の授業を参観すると、実験室の座席は、単に出席番号順で決めたり、授業毎にくじで座席を決めたりしているケースがあった。これらの授業では、男女が緊張して会話しているケースも見かけた。男女共学での男女混合班は、「共に深く学ぶ」ことよりも、機械的に「男女を混ぜて一緒にさせる」ことを、ほとんど無条件の是として、生徒にも教師にも深く浸透していたのではなかろうか。

5. アクションリサーチ（第3サイクル）：本研究 (2017年度 男女別班 比熱の実験 対象は高1)

男女別の班で実験を行ったとき、その班内で実験器具の占有の有無を調べるのが、ここでの主たる目的である。熱したナットを、水を入れたビーカーと油を入れたビーカーに入れた時の温度上昇を比較することで、比熱の概念を学ぶ実験である。ナットを入れる時に、水が飛び散ったり、「ジュ」と大きな音がなったり、生徒の興味をそそる実験である。そのため占有があることが予想された。1年生は4クラスあり、どのクラスも男女別の班で実験を行う。



図6 熱したナットを水に入れる実験

経験的に、男子または女子が固まると私語が増える傾向にあるため、実験班は、男子の班と女子の班が交互になるように図7のように配置した。



図7 実験室における男子班と女子班の配置図

Step1 問題の発見

3クラス合計で男子50名女子46名、計96名を14の男子班と13の女子班に振り分け、占有に関する調査を行った。班員は4名で構成されているが、欠席等の理由により3名の班もある。他の1クラスはアクションの効果を測るために利用する。アンケートを誤認した人数は男女ともに16名だった。ナットは水に4個、油に4個入れる。以下のように、この研究では、「占有あり」と「占有なし」を以下のように定義する。

「占有あり」とは

- 班内で1人が全てのナットを水と油に入る操作をし、他の3名は器具に触れなかった場合
- 班内で2名が全てのナットを水や油に入る操作をし、他の2名は器具に触れなかった場合

「占有なし」とは

- 班内の3名がナットを水と油に入る操作をした場合
- 班員4名全員が、ナットを水と油に入る操作をした場合

＜結果＞

表2と図8において、このリサーチの結果を示す。

表2 男女別の班で占有のあった班の比率

	「占有なし」	「占有あり」
14の男子班	6つの班 (43%)	8つの班 (57%)
13の女子班	8つの班 (61.5%)	5つの班 (38.5%)

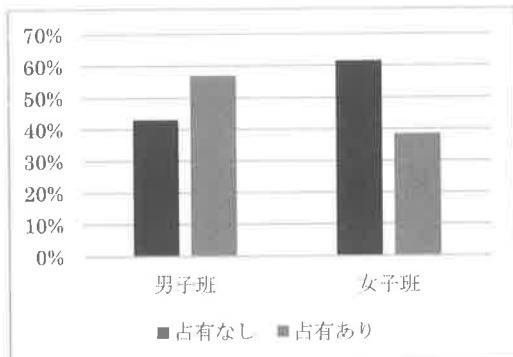


図8 男女別の班における占有の有無 (%)

(コメント)

「占有あり」の班について、教師による観察や机間巡視で生徒に聞いたところ、以下のケースがあった。

- ① 生徒間の力関係によるもので、自己主張の強い生徒が、独占しているケース。
- ② 早く終わらせるために、役割が固定されており、ナットをいれる人が限定されているケース。

(問題点)

対象となつた3クラスでは、男子班でも女子班でも、実験器具の占有があつた。

Step2 宮田の研究では、男子班と女子班でも占有を回避するために、教師の介入により、1人1本と限定した。

Step3 アクションと研究目的、データの解析**<アクション>**

教師から実験操作を平等にすることの重要性をクラス全体に伝え、ナットの数を1人2個と限定する。さらに班長にも、班でリーダーシップをとることを指示する。

<研究目的>

アクションの効果を見る。

<結果>

40人のクラスを対象に、だれがナットを水や油にいれる作業をしたのかプリントで質問して結果を集計したところ、全員が実験器具を操作し、占有はなかつた。

Step4 振り返り

器具の占有問題に関しては、男女混合班と同様に、男女別の班でも、教師の介入が必要なことが分かつた。

5. ディスカッション

宮田、湯川と西村、加藤の研究と他の中学での研究も含めて表3にまとめ比較する。

宮田と湯本・西村の研究は、その一連のプロセスからアクションリサーチといえる。中学の研究では、男女混合のクラスにおいて、男子の実験器具の占有により、女

子が補助的な役割をとる傾向があることが報告されている（赤井¹⁰⁾、Parker & Rennie Parker¹¹⁾）。

表3 小中高での男子の器具占有とそれに対するアクションの比較

	対象	占有のある班	研究での班	アクションとその結果
宮田	小学生	男女 混合班	男女別班	1人1本の配線と会話を促して解決
湯本・西村	小学生	男女 混合班	男女混合班	ビデオ視聴と心理劇で解決
赤井	中学生	男女混合 クラス		
Parker & Rennie	中学生	男女混合 クラス	男女別の クラス	
稻田	中学生		男女別班	
加藤 本研究1	高校生	男女 混合班	男女混合	1人1本の配線と会話を促して解決
加藤 本研究2	高校生	男女 混合班	男女混合班	質問用紙などをアクションとしたが解決せず
加藤 本研究3	高校生	男女別	男女別班	クラス全体と班長に教師から平等を促して解決

Parker らは、さらに、男女混合のクラスでは、男子の女子への嫌がらせがあることや、男子の会話の能力の低さについても報告している。稻田は、Parkor らの研究を受けて、女子が積極的に実験に参加できるよう中学で男女別の班を採用している¹²⁾。

宮田は男女別の班にして、配線方法を指定する‘強い介入’をして男子の占有を排した。この方法は、生徒らがジェンダー問題を深く理解することはできないが、女子が実験操作をする機会を担保できる。一方、生徒らがジェンダー問題を深く理解したのは、ビデオ視聴と授業劇を使った湯本らの方法である。この研究により、男子による器具の占有問題は、非常に根の深い問題であることが分かつた。その証拠に、筆者の簡単なアクションでは男子の占有問題は解決には至らなかつた。一方、偶発的ではあるが、アクションリサーチの振り返りの段階で、教師に内在する根深いジェンダー観を浮き彫りにすることに成功した。つまり、男女混合班での男子の実験器具の占有問題は、生徒らのジェンダー問題と、教師がもつジェンダー観、つまり男女混合班への拘りという、2つの障壁があり、どちらとも解決は難しいことがわかつた。結局のところ、実験器具占有のジェンダー問題の本質を

生徒と教師が真正面から受け止めて理解し、問題解決を図るよりも、より現実的な処方である「男女別班」を現段階では採用すべきであろう。

6. 結論

表3から、小中高における実験において以下の結論が導かれる。

- 1 : 小中高の理科の実験において、男女混合班では、男子が実験器具を占有するが多く、女子が器具を使う機会は減る。
- 2 : 男女混合班における占有問題は根が深く、教師の弱い介入によって生徒が問題に気づくことは難しい。また、本研究では、教師自身も男女混合班に強く拘っていることも分かった。つまり、男女混合班での占有問題の解決は困難である。
- 3 : よって、小中高において、女子が実験器具を操作する機会を保障するためには、男女混合班よりも、男女別の班が有効である。男女別班でも占有は起こりうるため、教師の介入は必要である。
- 4 : また、男女混合班よりも、男女別の班の方が、会話がしやすいと女子は感じている。会話を促すことで、女子は実験がしやすくなり、知識の吸収にも有効である。

本研究は質的な研究に属するアクションリサーチであり、一人の授業者の結論を安易に一般化することはできない。しかし、小中高で男子の実験器具の占有という同じ問題があることは注目に値する。さらに、筆者の経験では、大学の物理実験でも女子の依存はあった。また、オーストラリアの研究¹⁰⁾においても、実験では男女別のグループが有効としており、男女混合グループでの男子による実験器具の占有問題は、単なる日本国内の問題では収まらない。今後、国内及び海外の小中高大において、追試のリサーチが行われることが望まれる。

筆者自身は、今後、基本的には男女別の班で実験を行うつもりである。しかし、クラスの状況によっては、生徒の対応をめぐって担任と相談し、班の構成について柔軟に対応していくつもりである。

本研究によって、小中高の理科ひいては大学の授業において、女子と男子の実験操作を行う機会が平等になり、理科への興味が改善されることを願う。また、男女別の班構成は、結論の2つの利点から、理科以外の実技教科のみならず、グループ討論などへの応用や、アクティブラーニングでの座席にも適用できる可能性がある。

最後になるが、アクションリサーチは全て所属長の承諾を得て行われたことを付記する。

引用文献

1. 「The ROSE project An overview and key findings」最終アクセスは2019.2.24 p5, p13
<http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf>
2. Salters Horners Advance Physics Project (2008) As Students Book, Edexcel Pearson, London. 82-91
3. 稲田：ドイツでの女子の物理学習を促進する実践的研究の特徴、物理教育 Vol.57 No2.(2009) 79-84
4. 新田：FCIとピア・インストラクション型授業にみられるジェンダー差、物理教育 Vol.65 No.3 (2017) 139-144
5. M.B.Omererod : SUBJECT PREFERNCE AND CHOICE IN CO-EDUCATIONAL AND SINGLE-SEX SECONDARY SCHOOLS , Br. J. EDUC, Psychol., 45,257-267, 1975
6. 加藤：理科実験のペアにおけるジェンダーの調査、物理教育通信 2013 NO. 152、41-47 APEJ 物理教育研究会
7. Sagor, R. (2005) 'The action research Guidebook: A four-Step Process For Educators and Teams'. Thousand Oaks, CA : Corwin Press これは次の書籍からの引用である。 Cohen, L 他(2014)'Reseach Methods in Education seven edition', Routledge, London, and New York, p353
8. 宮田斎：理科授業における“循環型の問答－批評学習”の利用効果－小学6年「電流と電磁石」の单元の授業を通して－、理科教育学研究 Vol.45 No.2(2004) 45-52
9. 湯本・西川：理科実験における学習者の相互行為の実態と変容に関する研究、理科教育学研究 Vol. 44 No. 2 2004 83-94
10. 赤井（1997）：理科の授業に現れるジェンダーに関する研究 - 子どもの行動の分析を中心として - 、『中国四国教育学会教育学研究紀要』43 (2) . 218-223
これは、下記から引用した。
伊佐・知念（2014）：理系科目における学力と意欲のジェンダー差、日本労働研究雑誌 July 2014.NO.648 最終アクセスは2019.2.24
<https://www.jil.go.jp/institute/zassi/backnumber/2014/07/pdf/084-093.pdf>
11. Parker, L.H., & Rennie, L.J. (2002) : Teachers' Implementation of Gender-inclusive Instructional Strategies in Single-sex and Mixed-sex Science Classrooms, International Journal of Science Education, 24(9), 881-897
12. 稲田：理科学習に対する女子の意識と態度の改善に関する実践的研究、理科教育学研究 Vol.54 No2.(2013) 149-159

ルーブリック評価を用いた確認レポートの実施

(問題解決能力の育成のために)

北海道中標津高等学校 李家 健
Rinoie Ken

平成30年3月に公示された新たな学習指導要領においては、資質・能力の育成を目指す主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善の推進が求められている。こうした状況も踏まえ、生徒に問題解決能力を確実に身に付けさせるため、授業の内容を思考力、判断力、表現力の観点から測定できるレポート課題を作成した。本レポートの内容を単元の終末に実施する「確認レポート」として実施し、その成果を検証したのでここに報告する。

キーワード 確認レポート ルーブリック評価 問題解決能力

1. はじめに

新しい学習指導要領においては、これまでややもすると暗記した知識の量をテストで測定し、知識量の多さを学力の高さとしがちないわゆる「伝統的な学力」から、問題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力等を育む「確かな学力」の充実が求められていると考える。AIやIoTなどの急速な発展やグローバル化等、社会を取り巻く状況が著しく変化する中で、柔軟な発想を持って未知の課題に対応し、自らの意志によって意欲的に進むべき道を切り拓くことのできる生徒を育成していくことが必要となっている。

生徒に問題解決能力を身に付けさせていく上では、生徒の主体性を育むことが極めて大切である。そのため、生徒一人一人が理科の授業に対して感じていること、考えていることを事前に十分把握し、それらを効果的に活用しながら、「わかった」「楽しかった」と思うことのできる授業を行うことが求められている。しかし、そうした主体性を育み、思考力、判断力、表現力を伸長させるとともに、それらを適切に評価するためには課題も少なくない。テストの結果を点数化するだけでは、問題解決能力を身に付けさせることはできないのである。

こうした状況を踏まえ、生徒の学力を効果的に把握し、自らの授業改善に資するため、道教委主催「北海道高等学校学力向上実践事業」において、釧路江南高校佐藤革馬先生、札幌南高校稻子寛信先生、札幌北陵高校越後幸弘先生の3名の先生方と作成したレポート課題を活用し、単元の終末に実施する確認レポートとして実施した。

次に、実施方法や成果等について報告する。なお、所属は平成30年度当時のものである。

2. 学力向上実践事業での取り組み

報告する確認レポートを作成するきっかけとなった「北海道高等学校学力向上実践事業」については、「学力の三要素をはじめとしたこれからの時代に求められる力を育成するとともに、高等学校教育の質の確保・向上を図るために、能力・進路等に応じて、対象や目的を明確にした3つのモデルを設定し、各モデルに応じて、授業や家庭学習等で活用できる実用的な教材の開発や、生徒の学習内容の定着状況を把握するための学力テスト等を実施する。」ことを目的として平成28年から実施されている。

この中で理科においては、授業で活用できる実践的な教材として、確認レポートを作成することとしており、筆者と前述の3名の先生方がその担当となった。本レポートにおいては、「思考力、判断力、表現力」「知識、理解」「技能」の観点で生徒の資質・能力を測定できるよう、評価規準を生徒に事前に示し、それぞれの設問ごとにルーブリック評価を活用して点数化できるように工夫している。さらに本教材をパフォーマンステストとして活用し、理科の見方・考え方方が身に付いたかなど生徒状況を把握することにより、教師の授業改善に資することができるを考える。また、指導例も提示しているため、どのような場面で活用するのが効果的なのかなどが分かりやすくなっている。

なお、作成した確認レポートは道教委のホームページ(<http://www.gakuryoku.hokkaido-c.ed.jp/>)に「北海道高等学校学力向上実践事業における教材作成」として掲載されているので、多くの先生方に活用していただけたと幸いである。

3. 確認レポートについて

「北海道高等学校学力向上実践事業」において作成したレポート課題は、どの単元でも活用できるよう「問題と生徒用評価規準」「模範解答と教師用評価規準」「確認レポートの指導例」から構成されている。例えば、問題は、公式に代入するだけで解答が求められるものではなく、物理的な概念を理解し、問題の中で起きている物理現象を、思考プロセスを明確にして論理的に説明できる能力を問う内容としている。また、生徒が自分の考え方等を表現しやすいよう、罫線を使用しないレポート用紙を用いている。さらに、全ての問題に生徒用評価規準を準備しており、生徒のレポート作成を支援している。評価規準はループリック評価を行い、S～Cの評価規準を提示しているため、それぞれの観点においての到達目標が明確である。

活用した生徒用ループリック評価規準は次の表1のとおりである。

表1 生徒用ループリック評価規準

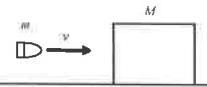
思考力、判断力、表現力	
S	思考プロセスが明確で、公式や数式を用いて適切に記述している。また、正しい結論を導いている。
A	適切な公式や数式を用いて、思考プロセスを明確にし、説明している。また、結論に至っている。
B	結論には至っていないが、思考プロセスを説明している。
C	思考プロセスを説明できていない。
知識、理解	
S	
A	公式や法則を正しく理解し、求められる内容を適切に記述している。
B	公式や法則を概ね理解し、求められる内容を概ね記述している。
C	公式や法則を理解しておらず、求められる内容を記述できていない。
技能	
S	
A	文章と数式を分けてまとめることができている。
B	
C	数式が羅列されており、わかりにくい。

模範解答と教師用評価規準については、設問ごとのねらいを記載しているため、本レポートをどのような場面で使用するのが望ましいのか分かりやすくなっている。また、教師用評価規準には、それぞれの問題に対する詳細な規準を記載している。「思考力、判断力、表現力」「知識、理解」「技能」のそれぞれの観点で生徒の能力を測定するため、ループリック評価を用いて点数化できるよう工夫している。

確認レポートの指導例については、各学校の状況等により、様々な指導方法が考えられるが、指導例を見ながら、それぞれの状況や生徒に身に付けさせたい資質・能力等に合わせて、問題や評価規準等を適宜変更することで、多くの学校において活用することができると思われる。また、実際に生徒が作成したレポート及びそれに対する評価理由、補足説明を掲載しているため、問題作成者の意図が伝わりやすくなっている。

事業を実施した3年間で、力学、熱、波動、電磁気、原子の各分野に関する確認レポートを複数作成しているが、そのうちの力学分野の確認レポートを図1に示す。

図1 確認レポートの例

【運動の法則（力学分野）】 確認レポート			
問題			水平でなめらかな床の上に質量Mの立方体の物体が静止している。これに質量mの弾丸を速さvで水平に打ち込んだ。弾丸は物体中で一定の抵抗力を受け、物体はその反作用を受けて動きはじめた。やがて弾丸はある深さだけめり込んで、質量mの物体に対して静止した。このときの時刻tはいくらになるか説明せよ。
解説			
評価			基盤力、判断力、表現力
A			思考プロセスが明確で、公式や数式を用いて適切に記述している。また、正しい結論を得ている。
B			適切な公式や数式を用いて、思考プロセスを明確にし、説明している。また、結論に至っている。
C			結論には至っていないが、思考プロセスを説明している。
評価			知識、理解
A			公式や法則を正しく理解し、求められる内容を適切に記述している。
B			公式や法則を概ね理解し、求められる内容を概ね記述している。
C			公式や法則を理解しておらず、求められる内容を記述できていない。
評価			技能
A			文章と数式を分けてまとめることができている。
B			
C			数式が羅列されており、わかりにくい。
評価			基盤力、判断力、表現力
A			思考プロセスが明確で、公式や数式を用いて適切に記述している。また、正しい結論を得ている。
B			適切な公式や数式を用いて、思考プロセスを明確にし、説明している。また、結論に至っている。
C			結論には至っていないが、思考プロセスを説明している。
評価			知識、理解
A			公式や法則を正しく理解し、求められる内容を適切に記述している。
B			公式や法則を概ね理解している。
C			公式や法則を理解していない。
評価			技能
A			文章と数式を分けてまとめることができている。
B			
C			数式が羅列されており、わかりにくい。

【運動の法則（力学分野）】 確認レポート模範解答と教師用評価規準

教科書作成のコンセプト

公式に当てはめれば答えの出るような問題ではなく、物体の動きをイメージして、物体にめり込んだ弾丸が物体に対して静止する時間を構成する問題を作成した。公式だけではなく、物体の動きに因った速度・加速度・力などの物理量の変化をイメージし、正しく説明できるかを問う内容になっている。

設問二つのねらい

- * 抵抗力 R の反作用を考え、正しく運動方程式立てられるか
- * 物体に対して止まるということは、2つの物体の速度が等しくなる（相対速度が0になる）ことに気づけるか。

解説

弾丸はたらく力は図のようになる。弾丸の進行方向を正として弾丸の運動方程式を立てる。

$$m\alpha_1 = -R \quad \alpha_1 = -\frac{R}{m}$$

このとき物体は反作用 R を正の向きに受けるので、物体の運動方程式は

$$M\alpha_2 = R \quad \alpha_2 = \frac{R}{M}$$

あり込んでいく間、弾丸も物体も、それぞれ加速度 α_1 、 α_2 で等加速度直線運動をするので、 $v = v_0 + \alpha t$ の式により、弾丸の時刻 T における速度 v_1 は弾丸の初速度 v_0 とすると、

$$v_1 = v_0 + \alpha_1 T = v_0 - \frac{R}{m} T$$

同様に、物体の時刻 T における速度 v_2 は

$$v_2 = 0 + \alpha_2 T = \frac{R}{M} T$$

v_1 と v_2 が一致したとき、相対速度が0となり、弾丸は物体に対して静止するので、

$$\frac{R}{m} T = \frac{R}{M} T$$

$$\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M} \right) RT = v_0 \quad T = \left(\frac{M m v_0}{(M+m)R} \right)$$

（教師用評価規準）

評価	基準力、制限力、表現力	知識、理解	技術
A	確認解答とほぼ同じ様の記述をしている。 （評価）		
B	相対速度に注目して、 v_1 と v_2 が等しくなることを記述している。 （評価）	運動方程式立てて、相対速度が0になると、止むことを説いている。 （理解）	弾丸と物体を別々にとめて起動して止む。 （技術）
C	評価できない。 （評価）	運動方程式立てて止むことを説いている。 （理解）	表現がなく式だけである。 （技術）

【運動の法則（力学分野）】 確認レポート指導例

確認の範囲

単元の範囲		指導のポイント・補足
(展開1) 運動の3法則の単元で運動の法則および作用反作用の法則について理解させる。		生徒同士で互いに押し合いで、作用反作用の法則が成り立つことを確かめさせる。(理解)
(展開2) 運動方程式の演習問題を解き、運動方程式で加速度を求め、等加速度直線運動の公式に代入する方法について理解させる。		等加速度直線運動の法則については確認せず、加速度を求めた後にどうすれば速度を求めることがやさくなるかを、生徒同士の話し合いで解決できるように促す。(理解)
(展開3) 運動の法則の単元の最後に、運動方程式や作用反作用の法則について正しく理解できているかレポートで確かめる。		

指導事例

授業内で実施した生徒の答案とその評価例、レポートとして15点配点とした。

項目	思考力、判断力	表現力	知識、理解	技術
評価	N(4点)	A(4点)	A(4点)	A(4点)

(評価の理由や補足説明)

相対速度に関する記述がないので、「思考力、判断力、表現力」はB評価とした。

力の向きに着目して正しく運動方程式を立て、等加速度直線運動公式を利用して速度を導いていたため、「知識、理解」はA評価とした。

表現は少ないですが、文章と数式を分けて記述しているので、技能はA評価とした。

C評価の生徒については、相対速度について次に示すような基本事項を確認する。

2つの動いている物体の速度が等しくなるということは、片方の物体を基準にして考えると、もう片方の物体は静止して見える。

$$v = v_0 + \alpha t$$

$$v = v_0 - \frac{R}{m} T$$

$$T = \frac{M m v_0}{(M+m)R}$$

4. 方法

図1の確認レポートを用いた実践の報告をする。

展開1においては、運動の3法則を正しく理解させるとともに、それぞれの法則がどのような場合に成り立つかを主体的に考えさせた。展開2においては、運動方程式の演習問題に取り組ませ、「力がつりあっている間は慣性の法則により静止か等速直線運動を続けるが、どちらかの方向に力が加わると、運動の法則により等加速度直線運動に切り替わること」を理解させた。展開3においては、正しく理解した運動の3法則をあらゆる形式で活用する確認レポートに取り組ませた。その際に、生徒には「他者が理解できるよう、根拠に基づいて論述する」ことの大切さを繰り返し説明した。

採点に関しては、教師用ループリック評価規準を用いて点数化できるため、いすれのホームルームで実施しても同一規準で評価することが可能となっている。また、生徒においても、どの観点が足りなかつたのかがわかりやすく、復習にも効果的である。

活用した教師用ループリック評価規準は、次の表2のとおりである。

表2 教師用ループリック評価規準

思考力、判断力、表現力				
S	模範解答とほぼ同じ様の記述をしている。（10点）			
A	相対速度に注目して、 v_1 と v_2 が等しくなることを記述している。（8点）			
B	v_1 と v_2 が等しくなることを記述している。（4点）			
C	評価できない。（0点）			
知識、理解				
S				
A	運動方程式をたて、等加速度直線運動の公式から速度を導いている。（4点）			
B	運動方程式はたてているが、速度を導くことができない。（2点）			
C	評価できない。（0点）			
技能				
S				
A	文章と数式を分けてわかりやすく記述している。（1点）			
B				
C	説明がなく、数式だけである。（0点）			

本レポートでは、3つの観点の合計を15点として評価した。生徒に評価を伝える際には、ポイントを解説とともに、模範解答と照らし合わせてよかった点、不足していた点などについて考えさせるなどの「振り返り」を実施した。

5. 結果

昨年度においては、合計5回の確認レポートを実施した。理解に至るまでの思考過程を整理して、自分の言葉で文章にすることが苦手な生徒が少なくなかったが、経験を積むことにより、徐々に分かりやすい文章を作成できるようになってきていると感じた。

生徒が作成した確認レポートは、図2のとおりである。

図2 生徒の確認レポート

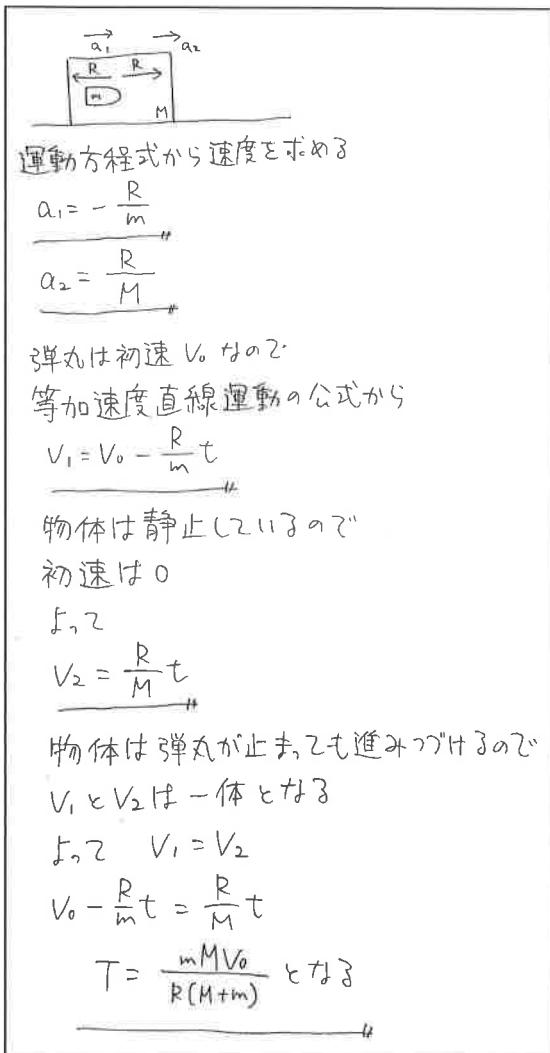


図2に示したレポートは、作用・反作用の力を的確に示し、力の向きに着目して適切に運動方程式をたてており、等加速度直線運動の公式を用いて、正しく速度を導くことができていることから、「知識、理解」についてはA評価とした。また、物体と弾丸が一体となることから v_1 と v_2 が等しくなることは示されているが、相対速度について触れていないため、「思考力、判断力、表現力」についてはB評価とした。さらに記述については、分量は多くないものの、文章と数式を分けてわかりやすく記述していることから、「技能」についてはA評価とした。

6.まとめ

本研究の結果から、レポートに取り組ませる前に評価規準を丁寧に説明しておくことは、問題解決能力の養成に効果があると考えられる。

変化の激しい社会の中で、生徒が論理的な思考や判断により、適切に諸事象に対応していくことが求められている。しかし、生徒のレポートの取り組み状況からは、物理に関する基礎的・基本的な知識が希薄だと、意欲的かつ論理的にレポートを作成することが難しいと感じた。授業を進める上で、必要最低限の知識を身に付けさせておくことが大切であることを痛感した。

質の高い学びを実現し、学習内容を深く理解し、資質・能力を身に付け、生涯にわたってアクティブに学び続けるためには、主体的・対話的で深い学びの実現に向けて取り組んでいかなければならない。そのためには、生徒が基礎的・基本的な知識を身に付けること、学ぶことに興味・関心を持つことのできるよう教師側が様々な工夫を行うことが大切であると考える。

理科の見方・考え方を働かせ、自然の事物・現象を科学的に探求することのできる資質・能力を身に付けた生徒を育てていくため、今後においてもループリック評価等を効果的に活用しながら授業改善・充実に向けて取り組んでいきたい。

最後に、学力向上実践事業において教材作成に携わって下さった、佐藤先生、稻子先生、越後先生にはこの場をお借りして深く感謝申し上げます。

文献

- 1) 斎藤孝:『新しい学力』, 岩波新書 (2016)
- 2) 北海道教育庁学校教育課高校教育課:『高等学校教育課程編成・実施の手引』 (2018)

本原稿は、北海道の理科 No. 62 (2019年7月) に掲載された内容を基に加筆・修正をしたものである。

力学台車を用いた水平方向のばね振り子の実験

北海道紋別高等学校 佐々木 徹
Monbetsukoukou Sasaki Toru

水平に固定した押しばねの他端に力学台車を取り付け、振動させその運動を詳細に調べた。測定方法はラズベリーパイと距離センサーを用い、時間ごとの距離のプロット点を求め、そのプロット点をマセマティカで最も再現する理論曲線を求ることによりパラメーターとして周期などを決定した。

キーワード 力学台車、単振動、ラズベリーパイ、マセマティカ、距離センサー

1. はじめに

一般的に行われるばね振り子の実験は、鉛直方向におもりを吊るし、おもりを単振動させ、ストップウォッチで周期を測定する。一方で、さまざまなおもりを吊るしたときのばねの伸びからばね定数を測定し、公式から周期を決定する。実測による周期と公式による周期との比較が実験のメインテーマとなる¹⁾。

本研究では、水平に押しばねを固定し、他端におもりとして力学台車を取り付ける。その力学台車を水平に振動させ、その変位の時間変化を距離センサーで測定し、ラズベリーパイ上に記録する。記録したデータをラズベリーパイ内蔵のマセマティカ²⁾で解析し、周期を求める。解析の特徴として、理論曲線を仮定した上で、プロット点を最も再現するように周期を含むパラメーターを決定することである。パラメーターには周期以外にも減衰の度合いを表すパラメーターも存在し、力学台車の性能を調べることを可能としている。

2. 本研究で扱っている力学モデル

図1のように水平に質量 M [kg]、ばね定数 k [N/m]の押しばねを固定し、他端に質量 m [kg]の力学台車を取り付ける。この力学台車には3つの車輪が付いて、3つの車輪は合計 I [kg · m²]の慣性モーメントを持っている。また、この車輪の半径は r [m]とする。今、ばねを x_0 [m]押し縮めた状態から出発し、図1のように自然長を速度 v_0 [m/s]で通過している状態に変化したとする。

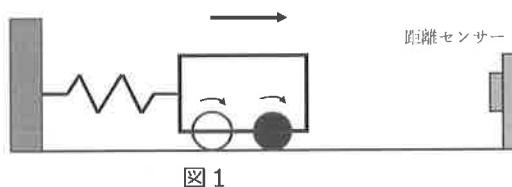


図1

レイリーの方法を用いて、ばねの弾性力による位置エネルギーと図1のような自然長で移動中の力学台車とばねの運動エネルギーが等しいとすると

$$\frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{1}{2}(m+M/3+I/r^2)v_0^2$$

が成り立つ。この式より補正を含んだ単振動の周期の公式を

$$T' = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{k}}, \quad m^* = m + M/3 + I/r^2$$

と導出した³⁾。

3. 実験サンプル

本研究の実験で使用したサンプルは

タイル付き力学台車 質量 1053 g

使用した押しばね 材質：クローム鋼線，

形状：線径 3.5 mm × 外形 43 mm × 全長 200 mm，

質量：234 g 気温：23, 4°C

4. 実験の解析

約9秒間、1259個のプロット点（Aデータと呼ぶ）をラズベリーパイ上に記録した。

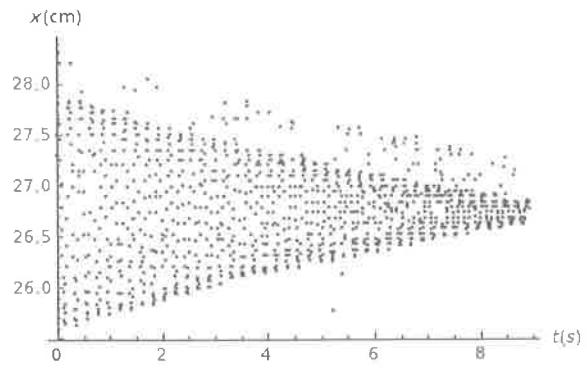


図2：Aデータ

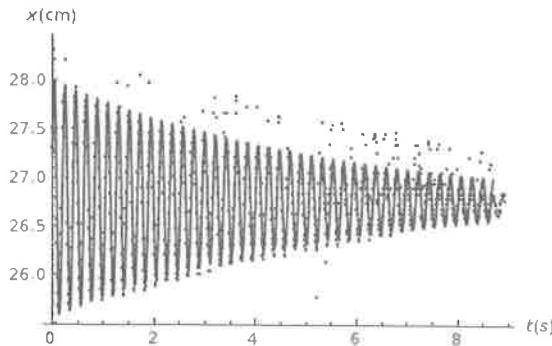


図3：Aデータとその理論曲線

Aデータをラズベリーバイ内臓のマセマティカに取り込み、理論曲線を5つのパラメーター(y, a, b, T, s)を含む減衰曲線の形

$$x = y + a * \exp(-b * t) * \sin\left(\frac{2\pi}{T}(t-s)\right)$$

と仮定し、マセマティカのコマンド NonLinearModelFit(…)
で5つのパラメーター(y, a, b, T, s)を、Aデータを最も再現するように決定する。図3は理論曲線とAデータのプロット点を重ねたものである。

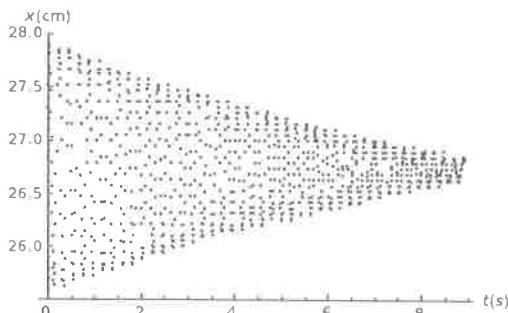


図4：Bデータ

Aデータのプロット点と同じ時刻で得られた理論曲線のx座標の差が閾値(2mm)より大きい点をAデータから除外するプログラムを実行し、Bデータ(1101点のプロット点からなる)を得る。

Bデータに対して、同様の操作を行って理論曲線を得る。図5は理論曲線とBデータのプロット点を重ねたものである。

Bデータから得られた理論曲線のパラメーターの値
 $y: 26.7322(0.00128213)[\text{cm}]$
 $a: -1.22839(0.00529199)[\text{cm}]$
 $b: 0.20169(0.00146097)[\text{s}/\text{s}]$
 $T: 0.211437(0.0000103765)[\text{s}]$
 $s: 0.302097(0.000134515)[\text{s}]$

()内の値は各パラメーターの標準誤差

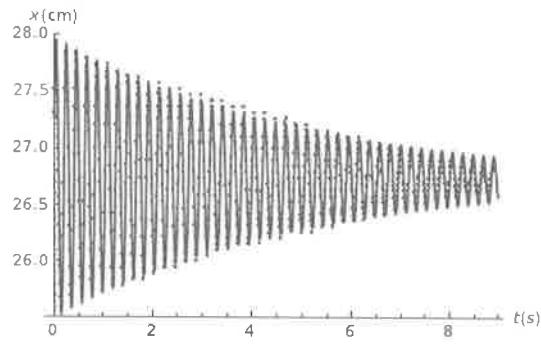


図5：Bデータとその理論曲線

5. 展望

補正された公式から周期を決定するには2節で説明した通り、ばねの質量、車輪の回転の効果、ばね定数の各物理量を測定しないといけない。ばねの質量、ばね定数の測定は済んでいるが、車輪の回転の効果の測定は測定回数が少なく、測定精度も悪い。ただし、少ない測定回数ではあるがそこで得られた車輪の回転の効果は、3節で得られた周期と3桁の精度で一致している。今後は車輪の回転の効果の測定回数を増やし、測定精度を高める必要がある。また、周期以外にも決定されたパラメーターの1つであるb(減衰の度合いを表す量)は力学台車の性能比較で活用でき、この物理量を使用した研究が考えられる。

6. 謝辞

紋別高校自然科学部のメンバーで力学台車の実験に関わった生徒に感謝します。

文 献

- (1)國友正和他：改訂版 物理 数研出版
- (2)Sal Mangan, 松田裕幸訳 Mathematica クックブック
オライリー・ジャパン
- (3)William Tyrrell Thomson, 小堀鐸二校閲, 小堀与一訳
機械振動入門 丸善

本原稿は、北海道の理科No.62(2019年7月)に掲載された内容を元に加筆・修正したものである。

科学の祭典千歳大会を通した地域連携と地域活性化

公立千歳科学技術大学 長谷川 誠

2019 年度で第 14 回を迎えた青少年のための科学の祭典・千歳大会の開催経緯を紹介するとともに、科学を通した地域連携ならびに地域の活性化につながりつつある現状を簡単に報告する。

キーワード 少年のための科学の祭典度 地域連携 地域活性化

1. はじめに

青少年のための科学の祭典千歳大会は、2019 年度大会で第 14 回を迎える。もともとは、他地区の大会と同様に子どもたちの科学・技術に対する興味・関心を喚起するきっかけを提供したいという動機から、行政からは独立した実行委員会形式による開催形態で始まった。その後、2012~13（平成 24~25）年度の第 7~8 回大会が市と連携した市民協働事業としての開催になり、さらに科学啓発やそれによる地域活性化の効果が行政側にも認められて、2014（平成 26）年度の第 9 回大会からは市の補助事業としての開催になった。この動きに伴って、地元企業や地域で活躍する市民団体への参加の呼び掛けもしやすくなり、出展側の裾野がさらに広がってきた。この結果、現在では、一般市民団体が出展者として参加することによる生涯学習の機会の提供、及び出展者として参加する地域企業と一般市民との交流の機会の提供が実現し、幅広い年代層の様々な人たちが連携して大会を開催するスタイルが定着してきた。

ここでは、科学の祭典千歳大会のこれまでの開催経緯を紹介し、本大会が単なる科学イベントではなく、科学を通した地域連携・地域活性化の実現を目指すユニークな取組みにつながりつつある現状を紹介する。

2. 開催の経緯とこれまでの開催状況

千歳大会第 1 回は 2006（平成 18）年度に開催された。その前年の 2005（平成 17）年、それ以前から札幌や苫小牧などで開催される科学の祭典の各大会に参加していた筆者が地元・千歳でも開催できればと考えていたところ、千歳市内で科学ボランティア活動をしていた市民有志から、常設の科学館を有さない千歳の子どもたちに科学・技術の世界を身近に実体験できる機会を提供したいと、開催の要望が寄せられた。そこで、連携して実行委員会を組織し、他地区大会を参考に子どもゆめ基金からの助成を得て、計 39 のブースや科学ショーの出展を集めて開催した。

その後の第 6 回大会までは、実行委員会の主催、ゆめ基金の助成金での開催という形式が継続し、ブースや科学ショーの出展数も、多少の増減はあるものの 30~40 件程度の回が続いた。

千歳大会では第 1 回大会から、物理・化学分野だけではなく、縄文土器の製作体験、アイヌ文化の紹介、化石クリーニングなど、広く「科学」に触れる出展内容となることを心がけた。さらに、地域の企業の出展も第 1 回大会から継続した。こうした出展面での特徴に加えて、千歳市内に加えて近隣自治体の中学校に計 25000 枚の開催告知ビラを配布するなどの努力もあり、毎回 2000 人を超える多数の来場者を集めることができた。

このように比較的順調な開催が続いた一方、第 5 回大会あたりから、「千歳市内からの市民団体・企業の出展をさらに増やして、街ぐるみで科学・技術に親しもうとする雰囲気の醸成を目指したい」「科学リアクシニあふれた街づくりの機会にしたい」という声が、実行委員の中から出てくるようになった。そこで、第 7~8 回大会は、市民側から市に事業を提案し、市役所の担当課と市民とが協働して事業を実施する市民提案型協働事業として、市の助成金による財政援助を得て開催した。

市との協働事業となったことで、市の広報ルートを通じて市内の市民団体への参加案内ができるようになるとともに、千歳工業クラブを通して市内の立地企業への開催案内・参加依頼も可能になった。その結果、新たに市内の市民団体や企業からの出展を得ることができた。

このような効果が認められたためか、2014（平成 26）年度の第 9 回大会からは、市の生涯学習推進事業計画に組み込まれた市の補助事業として実施することができるようになった。それ以降は、市の補助金を得ての運営スタイルが継続できている。

3. 最近の開催状況

図1に科学の祭典千歳大会の出展ブース数の推移を示す。前述のようにおおむね毎年30~40件となっている。また図2には毎年度の来場者数（概数）の推移を示す。開催当日の天候状況や小学校の行事（学芸会など）との日程重複の有無などに左右されるが、最近はおおむね2000~2500人程度の来場者数である。千歳市内や近隣自治体の小中学校に開催案内チラシを配布するなどの努力が、こうした集客状況に結びついていると考えている。

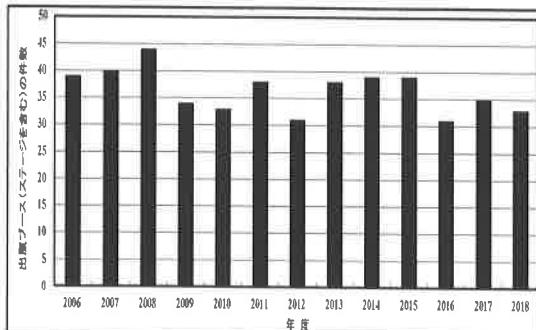


図1 出展件数の推移

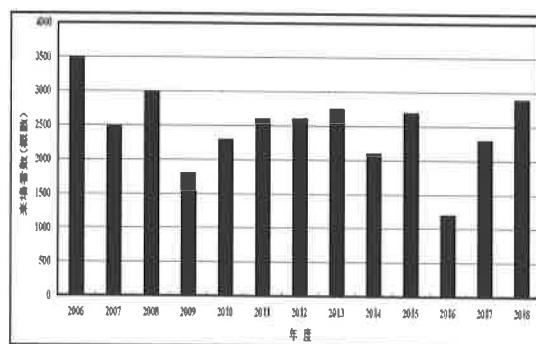


図2 来場者数（概数）の推移



図3 会場風景

図3には会場風景を示す。(a)(b)は主会場であって、毎年このように多くの来場者で混雑する。(c)(d)に見える白衣を着たスタッフは、高校科学部の部員である。

4. 地域連携の現状と地域活性化の効果

科学の祭典千歳大会の開催では、前述のように市との協働事業、さらには補助事業として行政と密接に協力・協働した実施体制になったことで、市内の市民団体や地元企業への参加の呼び掛けが容易になっている。その結果として、次のような効果が得られていると考えている。

(1)企業と一般市民との交流の機会の提供

千歳市内には複数の工業団地があつて、多くの企業が立地している。業界では知られている企業であつても、最終消費財を生産していないと、事業内容を市民が知る機会は皆無に等しい。そのような状況下で地元企業が大会に参加・出展してもらうことで、出展ブースでの会話を通して地元に立地する企業が具体的にどのような事業を展開しているのかを来場者に周知することができる。これにより、地域の産業に対する理解を深めるきっかけを提供することが可能になっている。また、実際の生産ラインで使用されている様々な生産技術の紹介などには、子どもたちよりもむしろ保護者など一般市民層が多大な興味を示すことが多い。さらに、事業現場で活用されている技術などを盛り込んだ出展内容を通して、大学・高校などの教育機関とは異なる視点から子どもたちの科学・技術に対する興味・関心を喚起できている。

(2)生涯学習の機会の提供

千歳大会には、教育関係者ではない市民団体も継続的に出展して、日頃の活動の成果を紹介している。例えば2017年度の第12回大会、2018年度の第13回大会では、以下の様な出展があった。

「北海道の命名者・松浦武四郎が歩いた約150年前の千歳」（千歳ひと・魅力まちづくりネットワーク）

「アマチュア無線の今と昔を見てみよう」

（千歳アマチュア無線協会）

「スクラッチプログラム体験」

（ちとせITボランティアの会）

自然科学分野に限らず人文・社会科学分野の出展も含まれているが、これは、「科学の祭典は自然科学分野のみに限定されるものではなく、人文・社会科学分野も含めて、参加者・来場者の興味・関心を喚起するものは広く「科学」である」という実行委員会の考えによる。

上述の市民団体の一つは第7回大会から継続して参加しているが、これまでに千歳川の流域調査、千歳市内の遺跡めぐり、郊外にあった千歳鉱山（金鉱）の跡地めぐりなどの話題をテーマに参加しており、2019年度は、新たに世界遺産候補の一つに含まれることになった千歳市内のキウス周堤墓群に関する内容で出展する。

この他にも過去には、千歳文化財保護協会による千歳市内に存在する石碑の調査結果の紹介などもあり、地域社会の市民団体メンバや来場者（どちらかというと大人世代）に対する生涯学習の機会となっている。

5. むすび

2019年度の青少年のための科学の祭典・千歳大会は、11月10日(日)に開催予定である。今年度も、大学・高校などの教育機関・教育関係者、地域企業や市民団体などから、例年通りに多くのブース出展や科学教室の実施が予定されている。

市民有志の熱意により一つの自然科学分野のイベントとして始まった同大会は、民官産の連携・協働を通して、自然科学から人文科学、社会科学まで、広く「科学」の各分野が含まれるようにスコープを広げながら継続してきた。科学・技術を通した街づくり、地域の活性化の機会となっていると考えている。

文 献

- (1) 長谷川誠：「科学の祭典を通した地域の活性化の試み」，応用物理教育，39 (1), pp.53-54 (2015).
- (2) Makoto Hasegawa : “Collaboration among educational institutes, industries and citizens in a local community for realizing enhanced science literacy through successful science events”, Proc. 19th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2016), Vol.1, (Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol.544), pp.547-555 (2016-9).
- (3) 長谷川誠：「科学コミュニケーション活動を通した地域活性化の試み」，第27回物理教育に関するシンポジウム講演予稿集, pp.23-24 (2016-10).
- (4) 長谷川誠：「科学の祭典を通した地域連携の活性化」，第29回物理教育に関するシンポジウム講演予稿集, pp.8-9 (2018-12).

第36回物理教育研究大会 全体討論報告

横関直幸 市立札幌藻岩高等学校

2019年度 日本物理教育学会 年会／第36回 物理教育研究大会において開催された全体討論では、大会テーマ「中学・高校・大学をつなぐ物理教育～すべての生徒・学生のために～」について、高等学校物理基礎を話題に中心として多様な意見が交わされた。その内容について報告する。

1. はじめに

2019年度 日本物理教育学会 年会／第36回 物理教育研究大会において開催された全体討論について報告する。

日時 2019年8月9日(金) 15:40～17:30

場所 北星学園大学 C館 50周年記念ホール

冒頭、大会テーマと全体討論の目的について説明があり、北海道支部が約10年にわたって取り組んできた研究内容について紹介された。続いての討論では、はじめに各支部から事前に選出された参加者より発言があった。この発言については支部の意見を集約した場合もあったが、支部としてまとめた意見や方針ではなく、あくまで個人の意見として発言である。その後、高等学校物理基礎の話題を中心に、現状や課題、今後の発展性について多様な視点から意見が交わされた。

2. 大会テーマと全体討論の目的

2009年(平成21年)3月に告示された現在の高等学校学習指導要領では、理科の必履修科目について以下のように示された。

理科のうち「科学と人間生活」、「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」及び「地学基礎」のうちから2科目(うち1科目は「科学と人間生活」とする)、又は「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」及び「地学基礎」のうちから3科目

このことを受けて、物理基礎の履修率が大きく上昇することが予想された。「物理は理工系希望者だけがやればよい」、「工学系の生徒は生物をやらなくてよい」、「高校の理科は、理系は2科目、文系は1科目で十分」、といった考え方方が長年にわたり高校現場

の中で増幅していった状況を、何とか打破できるのではないかと期待も膨らんでいた。

しかし一方で、多くの高校生が物理基礎を履修することに対して課題や心配も指摘された。「物理は難しいので全員には無理」、「大学入試があり、授業を易しくできない」、「物理教師が足りない」など、否定的な意見は、物理教師も含めて根強く存在した。

文系と理系、あるいは学力差が著しい生徒が混在しているクラス(集団)では「物理基礎」は教えられないという意見に対して、「物理基礎」については新しい授業デザインの創造が求められた。しかし、「数式をまったく用いない物理」と、「数式を用いて難解な内容を理解する物理」のどちらをやるのかという、単純な選択を議論していく中、その答えは見つけられない。例えば「 $2x=6$ 」という方程式すら使わないとすれば、私たち物理教師自身が授業の内容を必要以上に制限することになるだろう。逆に「物理基礎」を次につながる4単位「物理」の単なる入門として考えているだけでは、生徒に大きな失望を与えてしまうことになる。

今回の全体討論では、高等学校「物理基礎」の授業デザインの創造を議論の柱として、文系・理系の分類を超えた物理教育のあり方について考えていきたい。

「物理は難しいので、すべての生徒が理解はできない」「物理を大学入試科目とする生徒がおり、授業を易しくすることはできない」「物理教師が足りない(物理は担当できないという理科教師が多い)」・・・だから、「すべての生徒・学生が物理を学ぶことは無理」という意見に対して、大会参加者一人一人がどのような立場なのかを意見交換(討論)し、様々な考え方を共有することを全体討論の目的とした。

3. 北海道支部の取組み

3.1 北海道支部主催シンポジウム

北海道支部では「高等学校物理基礎」の登場が、中学校・高校・大学をつなぐ重要な役割を担う可能性があることに注目し、2009年より様々な取組みを始めた。特に2010年から支部の主催で毎年開催を続けてきた「中学校・高校・大学をつなぐ物理教育シンポジウム」では、高等学校物理基礎を話題の中心として議論を進めてきた。以下にその概要を示す。

◇【第1回(2010年)】中学校理科で学ぶ内容の変化

「2力のつりあいが3年次へ移行」、「水圧、浮力、フックの法則が復活」、「力の単位 N(ニュートン)の使用」、「仕事、熱量、放射線などの扱い」、「計算の扱いがクローズアップ」

◇【第2回(2011年)】中学校での指導内容(物理基礎との比較)

「水圧と浮力」、「交流」、「力の合成と分解」、「仕事と力学的エネルギー」、「慣性の法則」、「作用反作用の法則」、「モーターと発電機」、「抵抗の接続」、「高校生全員が物理基礎を学ぶことについて」

◇【第3回(2012年)】中学校での指導内容(物理基礎との比較)

「温度と熱」、「熱容量と比熱」、「熱量の単位 cal と J」、「音波」、「縦波と横波」、「電圧と電流」、「抵抗の接続」、「電力と電力量」、「交流」、「電磁誘導」、「放射線」、「物理基礎の全員履修について」

◇【第4回(2013年)】概念形成について

「速さの計算と『はじき』」、「力のつりあい」、「力のつりあいと作用反作用」、「電池と豆電球の回路」、「電流回路の計算と概念形成」、「短絡(ショート)を含む回路」、「等加速度直線運動の公式」、「物理基礎の現状と課題」

◇【第5回(2014年)】物理基礎で扱う生徒実験、言語活動の充実(アクティブラーニング)

「等加速度直線運動」、「3力のつりあい」、「一定の力を加え続ける運動」、「仕事とエネルギー」、「力学的エネルギーの保存」、「比熱の測定」、「気柱の共鳴」、「抵抗の接続」、「ジュール熱」、「授業や実験における、生徒の話し合いや討論」、「多くの生

徒が学ぶ物理基礎」

◇【第6回(2015年)】アクティブラーニング

「基調講演：アメリカのアクティブラーニング研究」、「アクティブラーニングについて考えていること」、「理科におけるアクティブラーニング型授業」、「アクティブラーニング的な生徒実験への取り組み」、「大学からみた中高のアクティブラーニング」

◇【第7回(2016年)】大学初年次の物理教育

「初年次における物理の導入教育と効果的な授業の模索」、「工学部・保健医療学部における物理導入教育の実践例」

◇【第8回(2017年)】大学初年次の物理教育

「物理学、エネルギーの物理学、環境物理学、ヒントロピーから見た科学」、「物理の日で見た医学・生物」

◇【第9回(2018年)】大学初年次の物理教育

「多様な学生への対応を目指した反転授業導入の試み」、「物理導入教育の概要と実践例」

3.2 中学校の視点からみた高等学校物理基礎

中学校では、様々な学力の生徒が混在し、生徒の学習意欲も個々の生徒ごとに大きく異なっている。その中で中学校理科では、水圧、浮力、交流、力の合成・分解、仕事と力学的エネルギー保存、慣性の法則、作用・反作用の法則、モーターと発電機、電気抵抗の接続など、多くの物理分野を学習する。中学校の実践の中に物理基礎の授業をデザインするヒントがあるに違いないというのが、北海道支部でシンポジウムを始めたきっかけである。2010年からの6年間は、中学校の先生方より様々な視点から多くの示唆をいただいた。「高校1年生全員に物理基礎を是非学ばせてほしい」という応援だけでなく、「こういうことで物理が嫌いになる」という貴重な指摘も数多くいただいた。2016年からの3年間は、大学初年次の物理教育について、高校で物理を履修していない学生がいる現状をふまえて提言をいただき、議論してきた。

物理基礎の授業デザインを考える上で多くの示唆を含んだ、中学校の先生方からの意見を以下に列記する。

- ・力の平行四辺形は、ベクトルを習っていなくても中学校で扱っている。
- ・説明の流れについてこられない生徒が心配される。

例えば仕事から力学的エネルギー保存則を説明する次のような説明。

「仕事をされると運動エネルギーが増加」

→「重力がする仕事から重力の位置エネルギー」

→「位置エネルギーが減少すると重力が仕事をする（仕事をされると運動エネルギー増加）」

→「力学的エネルギー保存則」

この内容を教師が一方的に説明する授業では、取り残される生徒が多数となりそうだ。

- ・仕事が入ると難しくなる。仕事とエネルギーは別の話だと生徒は受け取る（中学も高校も同じ）。

- ・（以下は高校側の意見）慣性の法則は中学校で学習する内容でみんな知っている。「力が働かないと動いている物体は等速直線運動をする」という説明を高校1年生は覚えている。しかし、机上の物体は押し続けないと止まる。「等速直線運動させるためには力を加え続けなければならない」という説明が正しいのではないか、と高校1年生に質問すると反論できない場合が多い。授業ではしばらくすると摩擦力を言い出す生徒が現れる。北海道はアイスバーンで車が止まらないことは感覚として知っているが、物理法則と日常がつながっていない。中学での既習事項を全員が理解していると思ってはいけない。

- ・作用、反作用の法則も中学校での学習事項。

- ・モーターと発電機は中学校で扱い、ゼネコンも出てくる。

- ・抵抗の直列、並列の接続も中学校で扱う。合成抵抗の式も出てくる。

- ・中学校において、温度は化学分野、熱は物理分野で扱う。

- ・縦波、横波は地震波のP波、S波で出てくる。

- ・等加速度直線運動に関する3つの公式の導出は、ついていけない生徒がいると心配される。公式を覚えて、数値を代入するだけでは何を学んでいるのか実感できない。

- ・中学校理科の内容と高校物理基礎は大きくは違わない。「中学でやっただろう」ではなく、丁寧に学習内容の掘り起こしをお願いしたい。

- ・問題が解けても、理解できていないことは多々ある。

- ・物理は大事。物理は楽しい。

- ・日常生活とのつながりや、おもしろい現象を示すことが授業では大切。

- ・計算が難しいと感じる生徒は中学校でも多い。でも興味が持てれば「計算も頑張ってやってみようかな」と生徒は思う。
- ・「現象を言葉で説明できる」、「式の意味は分かる」という目標は、必ずしも計算力を要求されないのでないか。

4. 全体討論における議論の概要

4.1 各支部からの発言

○ 中国四国支部

大学教員の立場から思うのは、高校現場でのご努力は重々承知しているが、残念ながら物理基礎は機能していないのではないかと捉えている。物理基礎を履修してきた学生と、履修していない学生とでは、FCIのスコアがほとんど変わらないという話がある。自分の授業でもそのように感じているが、中国四国地方では物理基礎についてはあまり機能していないという結果が出ている。物理基礎についてはなかなか苦しいと考えている。

高校1年生で物理基礎を全員にやってはどうかと支部の高校の先生に聞いてみた。確かに中身は面白いので、中学校との接続の点で上手く使えば有効に機能する部分があるのは間違いない。

香川県の状況を調べたところ、物理基礎を1学年で必修にしているのは数十校中で3校だけだった。1つはトップ校、残り2つは中堅校。この3校は地学の教員が配置されていないので物理基礎を必修にせざるを得ないという事情があった。それ以外の高校は地学の教員が配置されている、あるいは物理の教員が足りないという事情で、どうしても2年生以上にせざるを得ない。だから物理基礎を全員にやれと言われても現状ではできない。人員配置の問題が出てくるので、なかなか難しい。

一方、物理は実証科学であるので、実験でそれを示す、あるいは確認すること抜きに物理学の本質をつかむことはできない。だから、実験等は物理基礎をやる中でも取り入れていかないと定着することにはならないだろう。

私は高校で理科I（筆者注：必修4単位の科目で、物理、化学、生物、地学、科学と人間の5部構成）が導入された第一世代である。私の先輩は理科Iはやっておらず、物理と化学の後に生物も取っていたが地学はやっていない。私の学年から物理・化学・生物・地

学の本当の初歩の初歩だが、必修化された。だから私は多少なりとも岩石や地質のことも知っていて総合的に学んだことになる。同じ世代の友人たちは、やはり理科Ⅰとか総合的な理科といったものにもう一回戻り、全員が受けるような環境を整える、要するに制度を変えないとどうにもならないと言っていた。

○ 近畿支部

自分の学校は女子の中高であって特殊かもしれないが、物化生地の基礎科目2単位を全て学ぶことになっている。自分も地学基礎を教えていて、それを踏まえた上で新テストの内容も見たが、地学で扱う内容が物理の内容と結びつく、考え方としてそういうことが多く、総合的な考え方につながる。

複数の理科の科目を受けるという前提では、物理基礎は思考方法として効果的にはたらくのではないかと同じ学校の教員とは話をしていた。

ただ一方で、地学基礎を1単位減らし物理基礎を1単位増やそうかと言う話も出ている。物理の教員は2単位でよいと言っているが、物理以外の先生達からすると物理基礎の学習に生徒が困難を感じているという認識を持っているのが事実。自分としては難しい面もあるかもしれないが、物理基礎を受ける環境があればできる限り全生徒が受けられることが大事だと思う。

実証的な部分が大事と言う話もあったが、物理は議論しやすいし、結果も明確に出る。学習の過程として物理基礎は物理の概念形成のような素養まで身につけられていないという発表もたくさんあったが、思考過程の経験としても非常に大事な機会になっていると思っている。

○ 九州支部

本校は物理基礎が始まる前から高校1年生で物理を教えていたので、物理基礎になって急に何かということはほとんどなかった。その頃私は本校に赴任した。当時の物理の先生からは「文系、理系に関係なく、物理と言うのは面白いものだ。面白さを伝えるということを最重点にして物理を教えて欲しい」と言われた。それは大事だと思いながらやってきたが、クラスに1人か2人「物理が好き」という生徒がいればかなり良い方で「どちらかというと嫌い」と言われる学問ではある。そのような中で楽しそうにやっているのが物理の教員。「何か物理を楽しそうにやってるおじさんが多い」と、少しでもいいので授業を通して「物理って面白いんじゃないかな」と思ってくれる人が増えてく

れたらと思っている。物理基礎に関しては、文系の人も含めて全員に教えるという考え方ずっとやってきている。

小学校だけでなく中学校の先生も物理はあまり好きではないということを、いろいろな場面で感じている。理科を専門にやっていても「物理は苦手なので」という人が教えていたりする。物理は小さい時から疑問に思っている「なぜ」に答えてくれて、ちょっと時間はかかるがじっくり考えて「あー、分かった!」と言う喜びがあるのではないかと思っている。生徒は時間がかかるのを嫌がる傾向にはあるが、「やっていくと何とか分かるんだよ」、「しつこくやっていると分かったという快感がある」と伝えている。

実際やってみると、物理はそんなに好きじゃないと思っていた生徒が、教育学部に進学後「物理をやっています」と言いにきたりしている。「物理は楽しいんだな」という気持ちを持って小学校の先生になる人が増えるといいなと今一番思っている

○ 関東地区

自分は私立中高一貫校でやっている。授業は、もともと高1で物理、化学、生物、高2で理系を意識すると化学必修で物理と生物の選択、高3はその選択を継続。なおかつ中3の3学期には、実際には高校の運動学をスタートさせてしまっているということがあり、この辺の話をしても全く公に対して寄与しない。そこで都立T高校（上位校）の先生に話を聞いてきた。

一人目の男性の先生からのメールを紹介する。

(引用はじめ)

高度経済成長期は社会を豊かにするために、やらなければならぬことが明確で勤勉性が求められていた。しかし高校生が生きていくこれからの中学生は、変化が急速に進み予測不可能なことが多く自ら主体的に考え行動することが求められる。そこで物理基礎では、生徒の主体性を高めるために、科学的に探究するために必要な資質能力を育成する必要がある。分野的には中学校での学習内容と重複するものがとても多い。しかし高等学校では物理量の測定と扱い方が入り、物理量に基づいて定量的に探究させることが重視される。このことは理系だけでなく文系に進路を決める生徒たちにとっても思考力、判断力、表現力を育む上で必要な資質能力である。これらのことから物理基礎の授業を実施するにあたっては中学校での学習内容を高等学校の教員が意識し、既習事項を意識した上

で実験などを行い、物理量の取り扱いを意識して指導する必要がある。文系でも物理基礎を履修しやすい現在の履修条件を守っていく必要があるだろう。

(引用おわり)

ということで、北海道がもっと具体的にやっているなという印象を持ったところだ。

もう一人同じ学校の女性の先生からのメールも紹介する。

(引用はじめ)

1. 物理は難しいので全ての生徒には難しいと言う事について

同感です。でもなぜこれが問題なのでしょうか。物理が理解できていない生徒がいてもいいじゃないですか。

2. 物理を大学入試に使うという生徒がいるので易しくできることについて

同感です。だから易しくしなければいいじゃないですか。

3. 物理教師が足りないことについて

都立高校では物理の教員がいるけれども、進学校で物理を担当できる教師は限られている状況だと感じています。

すべての生徒学生が物理を学ぶのは無理ではないかということについては、理解できなくても触れることが大切だと思います。そもそもこれらの課題は、理系物理のみを教えることを前提とした非常に偏った意見と言う印象を持ちます。履修率が上がったんだからそれでいいんじゃないですか。

そもそも黒板とノートだけでは分かるようになるのは難しい。生徒実験や演示実験を体験していない深い思考はできない。これがもともとでしょう。運動の法則、斜面とか含めて、円運動の実験、コンデンサーの充放電、直流回路(これは公立中学校では回路を組んだことがない生徒がいっぱいいる、東京の実情ということです)をやると生徒は自ら考えるようになり理解が格段に進む。やらなかつた学年と比べると成績も格段に良い。RLCとか振動回路などの演示すらやらない教員が現場の高校では多い。世の中はそういう状態である。教員が全部説明したり問題の解答を黒板に書いたりしていたら実は時間は足りなくなる。だから、生徒もノートを移して暗記するようになりいつまで経っても分かるようにならない。

だから授業では学び方を学ばせることが重要で、学

び方を学べばできる生徒は自分で物理を考え始め、授業での教員の説明時間は最小限に済み、授業時間を効率よく使える。そうするとセンター試験の平均点や大学合格の実績も上がる。

(引用おわり)

この都立T高校は、物理基礎を3単位、その後の物理4単位、ゆっくりできないのでこうせざるを得ない。でも「合格実績は上がってます」と言い切っていた。かつてに比べて授業中に演習量を増やしてはいない。むしろ後に4単位の重たいのがいるから、最初の2単位のところで急ぐ必要はなく、そこで「やらせたり、やったり」をやってしまえば、その先むしろ理解が進むようになる、というご意見を持ってらっしゃる。

私の学校の場合は中学高校で通しているので、中学校時代の理科は週5回と十分に取っていて、実験に特化した時間の設定もしている。中学3年間でも実験観察の経験はかなり豊富なので、むしろ高校にいくと論理的に整理することを導入しやすくなっている。高校でもそのようなステップを踏んでいく方法はあるのかなと感じた。

○ 新潟支部

大学に入学したときに基礎学力テストとして同じ試験問題で20年間やっている。物理基礎の前のときは、物理Iは6割位、物理IIは3割位が高校で物理を取っていた。今は物理基礎が7割位、物理は9割を超えている。ところが基礎学力テストは平均点で見るとほとんど変わらない。物理をやってきている生徒は増えても、学生がどういうような形で勉強してきたのかなと思っている。新潟支部は高校の先生が多いので話をすると、学会に入っている先生方は熱心にやられているが、新潟全体からすればそう多くない。

1年の最後で入学直後にやったものと同じ問題で試験をやる。そうすると平均点は上がっている。学生と話をすると物理に興味を持っている生徒は結構いるので、大学の物理の教員の中で、どのようにやったら学生が興味を持てるかいう工夫をしている。

大学のシステムとして工学部にしか物理実験はない。大学のカリキュラムの問題としてもう少し何とかしなければならないということはある。

4.2 内容が過密な「物理基礎」

○ 司会

物理を理解するか、しないか、という話が先ほどあ

った。古典でも英語でもどんな教科でも、その到達段階は生徒それぞれで違う。物理を勉強する機会を持つという観点で北海道支部はできるだけ多くの生徒が（できれば全員が）物理を学ぶことについて取り組んできた。前に比べて物理基礎の履修率がこれだけ上がったからそれでよしとするのではなく、中学校でやっていた内容を高校のレベルで学ぶ生徒が増えた方が良いという考えだ。もちろん北海道支部でも一人ひとりの先生方は様々な考えを持っている。最初に示した通り、この全体討論では結論や学会の方向性を決めようということではない。この後の発言も自由な立場でしていただきたい。

物理基礎を全員、あるいはできるだけ多くの生徒が学ぶための工夫をした方が良いのではないかということで、北海道支部はずつとやってきた。しかし現場はなかなか難しい。世の中は生物と化学の先生が多数で、「生物と化学をやっておけばよい」、「文系は地学、理系は物理」という学校が北海道にはかなりある。もちろん、1年生で物理基礎を必修という学校もそれなりの数はある。先ほどの支部からの発言でも物理基礎を全員にやるのは難しいのではないかという話があった。その辺の話題でご意見いただきたい。

○ 発言者A

高校物理を2単位と4単位に分けるという提言を物理学会と物理教育学会でしたときの自分は関係者だ。驚いたことにその通りになった。その通りになって、危惧していたことも起こってしまった。

物理基礎を2単位で実際にやることになったら、「あれも入れよう、これも入れよう、これも知らなきゃダメだ」というのが多すぎて、とんでもない量の物理基礎ができた。単位数は少なくてもいいから、できるだけ多くの人に物理を勉強してもらいたいという想いがあった。しかし、物理基礎の中身を見て「しまった」と思った。中身が多すぎることになる危惧はあったが、そこは何とかしのいでと思っていたが、やはり詰め込みすぎになってしまった。4単位の物理があるのだから、2単位の物理基礎はスカスカにして時間をかけて好きなことをやつたらいいと思う。当時は文系のセンター試験の理科がどうなるか分からず、その影響でどうしてもスカスカにしろという話はなかなか上手くいかなかった。

授業のコンテンツはスカスカでいいから、中身をちゃんとやろうということでお願いできないかと思っている。ゆっくり時間をかけて少しでいいからやった

らしいんじゃないかなと思っている。ほとんどの事は4単位に任せればいい。かなり無責任なことを言っているが、そのくらいの感じで行けばと思っている。

○ 司会

今の話だと、物理基礎はもっとたくさんの生徒がやった方がいいということか。

○ 発言者A

中身は今の半分の想定でやるということ。

○ 司会

公的に良いかは別にして、中身を半分位で多くの生徒に、できれば全員が物理基礎をやった方がいいというイメージと理解した。総合的な理科、理科Ⅰ時代にもどすべきという発言も先ほどあったが、その点はどうか。

○ 発言者A

物理は1単位ではなく、やはり2単位だと思う。時間をかけて、手間暇かけてやつたらどうか。そういう発想で2単位と4単位に分ける話はスタートした。

○ 司会

こんなに教えるんだったら2単位では足りないし大変だ、というのは物理基礎の教科書を見た瞬間に全国の先生方が思ったことだろう。

物理基礎ができる、現場でどうやって生徒に教えるかというのは最終的に先生方の判断になる。物理基礎の履修率は現状が限界だらうと言えば話が終わってしまう。北海道の取組みを先に紹介したので、こういう工夫をすると前進するのではないかという未来が見える話題をいただきたい。

○ 発言者B

物理基礎2単位は確かにいっぱいだが、では4単位物理がどうかというと辞書みたいな教科書だ。4単位であれが終わるわけがない。根本的に物理の高校での内容を減らさないことには、2単位と4単位の中身を言っても仕方がないので、それぞれの学校で工夫するしかない。

本会の教育課程委員会で全国アンケートを実施した。物理基礎は今まで通り2年生でやっている学校が多いだろうと思っていたら、結果では半数が1年生でやっている。教科書が1年生で物理基礎を教えるよう

な表現や内容になっているかというと、物理Ⅰ・Ⅱの時に2年生で教えていたのと同じような記述で書かれている。ここで議論になっているように、具体的な操作から抽象的形式的な操作期に移る高校1年生から2年生。高校1年生で教えるときにはもっと具体的なものを使って、いろんなものを工夫しながら高校1年生に合う物理基礎というものを意識しなければならない。

教科書ではすべての用語に英語が入っている。知らない英語がいっぱい教科書にあるだけで、多分読むのは嫌になるからあれは外したほうがよいのではないか。

担当している生徒の理解に合わせてやっていくということが大事ではないか。過去のどこかの研究会でも発表があったが、水流モデルがあると定電流電源という概念がものすごく強かった。熱と温度でも、熱量保存で金属入れたら最後何度になるかと計算はできても、熱と温度の混乱と言うのは僕らが思っている以上に多い。本当はそれに突っ込んでいかないと熱と温度の概念は正しく形成しないが、時間がない中で「計算できたらいいや」というようなことでやっていたら理解が進まない。

限られた時間の2単位、文系の生徒も含めてやっていくこと、Physics for Allを日本の中で大事にしていくことは非常に重要。1単位ではなく2単位でやれることは大事。

授業で足りない分は春休みで補習したりするなど、それが許されるか、否かも、学校に合わせてやっていくのが1番現実的ではないのか。

○ 司会

ある文科省関係者から、「単元を飛ばしては困るが、全部教えなくてもいい。教科書に書いてあることを全部教える必要はなく、そこは工夫してほしい」という話を聞いたことがある。

今の話では、あの教科書のまま多くの学校が1年生でやっている現実もあり、書いている通り全部やつて消化不良になっている問題が実際出ているということ。また、教科書の中で扱う、扱わないという部分について、実践があるのか。

○ 発言者B

現場ではいろいろあると思う。どんな工夫や改善によって生徒がどのように反応したか、という実践交流を本会のいろんな地域のシンポ等していくことが1番大事ではないか。教科書を昔と同じ形で教えて、

2年生と1年生では根本的に違うと感じている。そのことを教師の側が強く意識しないとならない。

○ 司会

物理基礎を実際やって、あの教科書を使っての実践報告がなかなか出てきていないということはある。北海道では模擬授業をやったり、授業案を作成したりしてきた。物理基礎が始まる前の2012年に作った「物理基礎の授業案」は一定の成果はあったものの、内容が網羅的になってしまい現実的ではないという反省もある。物理基礎は多くの生徒がやるので、こんな工夫をしているという発言をいただきたい。

○ 発言者C

単振動の範囲を1年生では、つりあいまでやる。運動方程式はやらない。運動方程式と力学的エネルギー保存側はちょっと上の範囲まで取っておく。1年生でやっても2年生になって選択した生徒が忘れてしまう。

次は種々のエネルギーにいく。私は放射線は絶対教えたいので、 Chernobyl も福島も含めてかなりしっかりやる。熱も好きなのでいつもやる。

どこも関連があるわけではないのだが、運動方程式と力学的エネルギー保存のところだけ取っておいて、理系の生徒にやるというように授業が進んでいる。

4.3 「物理基礎」を多くの生徒が学ぶために

○ 司会

最初に話を戻すが、全員が物理基礎をやる（そういう方向を目指した方が良い）というのと、今のままで無理というのと、ここにいる皆さんはどうちらか。物理基礎についてどう思っているのか一人ずつ聞いていきたい気持ちでいる。生徒全員には無理なのか、無理ではないのか。高校の先生方はどうなのか。

○ 発言者D

福沢諭吉は Science for All の立場での執筆もあり、日本の理科教育のオピニオンリーダーという指摘がある。読み、書き、算盤、理科(サイエンス)。

物理は絶対、全員がやるべきだと思う。さつき言つたように全部やるかどうかは別だが。時間的には絶対足りない。

理科が好き、物理が好きになってもらいたい。そうなれば、後は彼ら自身が自分で勉強していく。好きにさせられなかつたら、教師がダメとずっと思ってき

た。内容は全部やらなくても全員が物理をやるべき、そういうスタンスだ。

○ 司会

北海道以外の公立高校の先生から発言をお願いしたい。

○ 発言者E

この3月まで公立高校にずっといた。私が3月まで勤務していたのは中堅（ちょっと上位）の埼玉県立高校。そこは1年生で物理基礎を必修にしていた時もあった。でも担任の先生から「全員にやらせるのは大変じゃないか、苦労している生徒がいっぱいいるぞ」という話もあり、今は選択になっている。化学基礎が必修で、物理基礎と生物基礎の選択。当然、生物基礎が多いと言う状況。

だいぶ昔になるが、その前はいわゆる一番下の底辺校にいた。そこでも必履修で物理分野（理科総合A）を必修で、1年生でやっていた。

もちろん私は全員に物理を学ばせたい、学ぶ価値があると思ってずっとやってきた。ただそれが他の先生に受けられるかどうか、学んでいる生徒に受け入れられるかは、内容と到達目標だと思う。多くの教師や多くの生徒が思っている物理と言うのは、公式を覚えて問題文から条件を抽出して、いかに的確にその公式を当てはめられるか、そして方程式が解けるか。それが物理であるというのが、この会場に来ていない一般的な物理の多くの先生のイメージであり、他科目の先生が物理を教える時もそういう授業をやる。多くの生徒もそのように思っている。でもやはりそれでは当然分からぬだろう。「物理はつまらない」という反応が返ってくるのはある意味仕方がないことだと思う。どういうものをどういう到達目標で教えるのか、学んでもらうのか、というのが一番大事だと思う。

文系の生徒も含めて最低限みんなに学んで欲しい物理はそういうものではない、というのはここにいらっしゃる先生方は頗いていただけるのではないかと思う。もちろん大学入試などを踏まえて、そなならざるを得ないというところもあるとは思う。そこは割り切って補修で対応するとか、そういう形でやればすむ学校はたくさんあるのではないか。

数量的な扱いは物理から放せないというのは当たり前の話で、式を使うことに私も賛成だ。ただ、それが数字で与えられた文章問題をうまく公式に当てはめるというところに繋げなければいけないかという

と、私は違うのではないかと思う。

例えば量的な関係。左辺を大きくしたら右辺も大きくなるとか、比例と反比例との違いとか、そういうことを理解してもらうだけでも、それが現実のいろいろな法則性と結びついているのだ、ということが分かれば、すごく価値があると思っている。

○ 司会

あの教科書をそのままでは教えられないと多くの先生が思っているが、「どの式を使って、どうやったら解けるか」という話になっている授業の部分は確かにあらう。私の周りの他教科の先生の中にも「物理なんか絶対無理でしょう」と強く発言される人もいる。それに対して反論できるように、ここで力をいたさたいと思っている。

生徒全員が物理をやることが可能なのかについて、教科書は厚いが目の前の生徒に合わせて端折ったらよいのではないか、という点についてはどうか。

○ 九州支部

僕も全部はやらないと思うので教科書の内容は絞って学校に合わせて物理に触れてもらうっていうのは大事。繰り返しになるが、楽しいと思う人に触れないで楽しいとは思えない。楽しいということを伝えられるかが一番大切。生徒のレベルに合わせて数式の扱いも考える。数式を見ながら「ここが増えたら、こっちも増える」ということが分かるとか、グラフを見て分かるとか。

やればある程度までは分かるはずなので、分からぬというのを払拭したい。英語のように訓練すると日に見えて分かるようにはならないが、分かると信じてやり続けると途中で分かった瞬間がある。それが面白いのだということを授業で伝えることにしている。今は点数も取れないし、分からないかもしれないが、絶対ある程度までは分かる。物理学者にはなれないかもしれないが、「あー、分かった」という喜びが必ず来る。そこまで来ると英語と違って怠けて落ちない。英語は訓練なのでやり続けると伸びるが、やめると落ちる。でも物理はラッキーなことに、やり続けると突然分かり、分かった後は階段を上った感じで、分かつてしまえば多少怠けても落ちる事はない。そのように「絶対面白いからやろう」とは言い続けている。だから、ぜひ全員にやって欲しいと思っている。

○ 司会

物理基礎の単元の中で、ここがやっぱり楽しい、生徒の反応が良い、というところはあるか。生徒個人によって違うので、答えるのは難しいかもしれないが。

○ 九州支部

疑問に思ったことを授業中にとんでもない質問してくる生徒はいるが、答えを与えるよりは発言そのものが、疑問を持ったことは良いことだ。「何聞いてんだ」と思う瞬間はあるが、その質問には本人が意図している何かがあるはずなので、そこは後から話をしたりする。疑間に思うことが良いことだという点を、その子のニーズに合わせて話ができたら良いと思う。

○ 発言者 F

高校物理の授業分析に、授業研究を東京近郊と新潟県とで授業見学させていただいた。そのほとんどが物理基礎だった。例えばアメリカだったら、物理は全員履修するので遠慮することがない。ところが物理基礎になって文系の生徒も履修しなければならないことになって、先生方がとても遠慮している、気を遣っているのかな、という気がすごくする。生徒さん嫌いにならないようにと、とても気にしているように思える。

生徒の中に良い気づきがたくさんあるが、それをちょっとブッシュするのは悪いかな、という感じになることが結構いろいろなところで見られる。そうすると結局先生が説明してしまうことが多く見られる。

小中高と理科授業を比較してみると、やはり高校物理の授業はレッスンデザインが不足していると思う。1時間の授業の中に目標がいくつあるのか。1つじゃない授業もたくさんある。それだけ網羅しなければならないことが多いと思うが、生徒にしてみれば1つの授業の中に2つも目標があつたら混乱する。もっと教え方のところを共有して検討するようなことが広まっていったら良いと思う。この会のように、皆さんのが物理基礎をたくさんの生徒にやってもらいたい、だけど難しい点がある、という話をしているのは素晴らしい。ぜひ実験とかだけではなく、教え方のところでもっと共有して、文系なら文系なりの発想の仕方があるからそれをどう伸ばしていくかは概念理解に結びつくのか、式の操作に結びつくのか、という辺りをこれからもっと検討できれば良いと思う。

新潟ではアクションリサーチという形で、ある先生の物理基礎の授業と一緒に検討させていただいてい

る。授業をやっていただく中で、少しずつでも先生が納得する形で授業改善ができないかなということをやっているので、また皆さんの進展を期待したいと思っている。

○ 司会

先生方が遠慮しているというお話があった。確かに30年前位の物理の先生は、「とにかくここまで来い」という方が多かった。物理をやるからには自分の努力でここまで来い、来たら教えてやる、というようなことをずっとやっていた。そして理科Ⅰになった途端に履修が減って、そこから今日まで一つ一つクリアしてきたと思っている。先ほど「先生方が遠慮している」という話があったが、「遠慮しない」というのはどういうことなのか。補足していただきたい。

○ 発言者 F

例えば生徒に対して、「これは難しいよね」とか「ここまで期待しちゃいけないよね」とかおっしゃる。でも期待していいと思う。「ここはついておいでよ」ということがもっとあってもいい。文系の学生さんに「ここまで言っちゃいけないかな」と思われているようなことを多く目にした。

○ 発言者 A

物理は分かって楽しい。今まで知ることを使つて何か新しいことが分かって楽しい。分かって楽しいと言うのはみんな分かっている。遠慮しているというのは、そういうことだと思う。それをもっと出してもいいじゃないですか、ということだと思う。「これは難しいからやめておきましょう」というのではなく、「難しくたって分かるよ」、「こうやってやると、どうだ分かったでしょ」ということを進めてほしい、遠慮しなくていいということかなと思うが、いかがか。

○ 発言者 F

生徒は文系だろうと理系だろうと、良い気づきというのは自分の言葉だと思う。その自分の言葉が授業の中で教師によってひっくり返されてしまうことがある。

例えば3力の合成の時に、2力を合成してからもう一つの力と合成すると「なくなった」と生徒が言った。だけど先生はそれを受けて「0になったね」と言った。それは本質的には同じことを言っているが、自分の言葉を認められていないというようなところがあると

思った。自分の言葉を出してきた文系の生徒に対してこちらが手当てしてあげるような、そういう新しい手法を私たちが築いていかなければならない。

○ 司会

「なぜ物理教師になったんですか」と聞かれたときに、私は次のように答えている。私は高校の時には物理が分からなかった。数学はできた、化学もできた、でも物理はあまりできなかった。それなのになぜ大学の物理学科を選んだかというと、分かった時の感動が1番大きかったからだ。

先程の九州支部からの発言を聞いて思い出したが、山を登っている人が麓にいる人に話をするようなところが物理にはあるかもしれない。「ひたすら登っていくと突然素晴らしい景色が開けるから、絶対そこまでついでこい、頑張つこい、必ずそこまでいけるから」という話を私もしてきた。

途中で心臓が止まってしまいそうなので走らせないというようなところがあるが、走ったからできたというところもある。どこまでどうやって登らせるかは本人が登る気になることが大事。だから先ほどの発言のように「楽しさ」ということをどうやってやるか。各先生それぞれの個性や得意技は異なるが、先生がどうやって生徒の心に火をつけていくのかをもう少し交流するとよい。若い先生の中には物理は分かっているが、どうやったら生徒が分かるのかという経験は少ない。教師自身は分かっているが、生徒の理解の仕方は一人ひとり違うという話題は北海道のシンポジウムでも出ていた。教師は自分の分かったプロセスが1番だと勘違いしがち。生徒が理解するプロセス、登り方は必ずしも一つではない。そこはいろいろ工夫しなければならない。一人ひとり違う、それでいいのだという話をしなければならない。この点も北海道支部で出た話題だ。

○ 関東地区

物理の分かり方というのは階段だと本当にそう思う。中三くらいで生徒（というより保護者）が「どうしても物理が分からない。先生、勉強の仕方を教えてください」と聞いてくる。生徒は我慢しない。もう少し我慢すればいけるのに、というところがクリアできない。一方で食いついてくる生徒はどんどん階段を上がっていってしまう。

物理基礎に限らず物理も含めて高校課程の物理の内容がやはり多すぎるとと思う。理工系大学の学部と修

士をセットにして6年生にしないか。それで高校はもっとゆっくりやって、大学レベルの理工系の学生には必要な基礎部分は大学入学後にやってもらう。そうすると少し高校のカリキュラムに自由度ができる、むしろ大学が欲しい学生になるのではないか。そのように思ったりしている。理由は違うが薬学部も6年生になった。

そうすると教育学系は免許を取らせるのをどうするかという話になる。それは4年が終わってから2年養成コース作ってもらえばいいかと思う。そういうことまで含めて考えたら打開策はあるのかもしれないと思う。理工系6年生にして、ただし経済的その他の理由で4年で辞める人には学士で出せるように制度設定するところもやってもいいのではないかと感じてい。

4.4 物理を学ぶ意義や必要性

○ 発言者G

今までの視点の中で抜けていることがあるので発言したい。理系だが物理ではない、理工系ではない生命系などがある。私はこの3月まで北海道の高校にいたが、SSHの主担当として理系のいろいろな学部、学問分野の大学の先生とお話しさせていただいた。生命系と化学系の別々の先生が共通して面白いことをおっしゃっていた。大学のそれぞれの学問分野の学生が高校理科の4分野（物理、化学、生物、地学）の中でこれだけは最低勉強しておいて欲しいというのは、実は自分の学問分野の科目ではなく物理である。極端な言い方だが、例えば生物は大学に入って勉強しても追いつける。しかし物理は高校時代、あの頭の柔らかい時に概念なり何なりというある程度を身に付けている学生の方が、ずっと後々伸びるという指摘があった。

大学の先生はたくさんいるので、あくまで私が話を聞いた先生の範囲の話ではあるが、その学生のことを考えると、私は高校時代の物理基礎はもちろんだが、物理はやはり理系に進む学生には全員必須にして欲しいと思っている。

文系は物理基礎を勉強してほしいと言う気持ちもあるが、先ほど最初にお話しがあった教員の人事関係のこと、地学の先生がいるところは文系はどうしても地学という話があった。そういう現実があるのであれば、地学を勉強するというのも文系の生徒であればいいのかなと思っている。これまで抜けている視点としては、非物理の理系の学生に物理を、ということ。

○ 発言者H

いろいろなところで物理基礎や高校物理の過程が盛りだくさんで終わらないという話を聞くが、学習指導要領に載っている物理基礎、物理の内容はそんなに盛りだくさんではない。教科書が盛りだくさんなのだ。学習指導要領でも法律でも政令でも、どこを見ても教科書に載ってる事は全て教えなきやならないとはどこにも書かれていない。学習指導要領には実験しないといけないと書いてあると思うが、教科書が終わらないから実験できないというのは参考するところが間違ってると思う。別に受験で使うわけじゃない子たちには、むしろ学習指導要領の部分だけカバーしてあげて、実験に時間数をかけたほうがいいと思う。教科書が終わらないというのは実験をやらない理由になつてないと思う。

○ 司会

そういう話をした文部科学省関係者を私は知っています。教科書に書いてあることを全部教える必要なんかない、と言われました。

○ 発言者I

高校で何ができるかというのを一切考えずに、希望的観測で発言したい。物理基礎を多くの生徒が取れることになって、私が注目しているのは文系の方です。文系の生徒は、それが最後の理科になる。大学で取る人もいるが、どれくらいまともにやるかは非常に疑問なので、そうすると高校理科で終わることになる。その人たちに気がついて欲しいのは物理の考え方。物理というのがどういう考え方をしてモデル化して、非常に多くの理論と違うのは予言ができる科目なんだと言う事。これは数式を使うことを強制することではないが、物理は予言ができるすごい科目だよねということをすべての国民が知っているだろうか。これってすごいことだが、数式を使わなくてもすごいというのは分かる気がする。そういうことをやはり伝えてあげるのが大事なことではないか。別に物理が偉いと言っているのではない、そういう考え方や手法というのがあると言う事。そういう考え方方が他にも適用できるのがもっとすごいのだが。

文系の人にも理系的センスがある人は多くいる。そういう方々は社会に出てその考え方を生かすかもしれない。そういう意味で全員にそうやっていただきたいというのが私の希望。

分からぬのが分かるという所までいく体験を、たった1つの事でもいいからしておくのは、とてつもなく重要なことで、それはある意味で学び方を学ぶことになると思う。

先ほど話題になった都立T高校の先生の話で、学び方を学ばせれば勝手に学ぶようになり成績も上がるというのがあった。全ての人がそうなるとは思わないが、そういう要素は非常に重要。

最後にもう一つ、原発事故の時に感じた定量的な判断について。放射線をどれぐらい浴びたら危ないのか。「危険なんですか、危険じゃないんですか」という判断を国民は求める。これはいかにナンセンスかと言う事。危険を定量化しないといけない。それは全員が持っているべきで、多分この感覚は物理が教えるべきところではないかと思う。定量化は化学もそうだが、例えば原因がこれではないのかという議論で4桁も5桁も違うものを原因だということがしばしば起こる。そういう事は物理が教えなければならぬと思う。中学校と高校のどちらがやるべきなのかは私にはちょっと分からぬ。少なくとも高校でやる最後の所ではそれはやっておいて欲しい。それは国全体として判断を決めてしまうような、原発を止めるべきなのか止めないべきなのかというような、大きなポイントだと思う。そういうことを判断できるようなレベル、サイエンティフィックリテラシーという意味でも非常に重要なことだと思っている。

4.5 内容が過密な教科書について

○ 発言者J

今回、指導要領の協力を分かったが、非常に大きな制約がある中でやるわけだが、発言者H先生が言った通り、指導要領に書いてある量は本当に少ない。例えば熱力学第一法則なんて指導要領の物理基礎には書いていない。

よく読んでいただければそこに書いてあることで、「ここおかしいんじゃない」ということはほとんどないと思う。だからどこがおかしいかというと教科書会社が暴走している。大学入試も指導要領から見ると暴走している。教科書に書いてあるから出す、大学によっては1社載っていれば出す。さすがにセンター試験はそこまでいかないが、全社に載っていれば出す。指導要領に出ていなくても出す。その辺が問題。

学習指導要領で大事なところは、今回は「実験などを行い」ということが入った。例えば6つの実験が物理基礎には入っている。それは絶対やってほしいと。

でも学校によっては全然実験をやらない、受験勉強ばかりという実態がある。そういうところだけは直したいと思った。

指導要領や物理基礎を批判される前によく読んでいただき、教科書と照らし合わせてもらえば、どこがどうなっているのか、こんな教科書にならないんではないかと分かっていただけると思う。

○ 司会

教科書は厚いが全部教えなくていいのではないか、という話題は今回いくつも出た。物理教育学会の中ではどうなんか。

○ 発言者K

教科書の内容がいっぱい書いてあって教えるのかどうかと言う点で、かつて TIMSS が話題になってアメリカはあまり得点が取れていなかった。日本のレッスンスタディを持って帰り調査などが始まった時に報告書があった。教科書に記載されている内容について、日本とドイツとアメリカで比べている。日本の中の教科書はすごく少なく、アメリカの教科書がたくさん入っている。日本の先生はそもそも教科書に大事な事しか書いていないので、それを全力投球で教えていて上手くいく。アメリカでは多くの教師の教え方をビデオに撮って分析すると、全部の項目を満遍なく一生懸命教えているタイプと、緩急を使い分ける投手のように内容によって軽重をつけて全力投球と流す部分を使い分けているタイプと、2 つに分かれた。当然後者の方が生徒の理解力が良いという研究報告がある。

教科書に内容がいっぱい書いてあると教えられないとこちら側から言い出すと「それはあなたの力量がないからだろう」と言われかねない。むしろ教科書の内容がいっぱいあるのだったら、発言者 J 先生が言わされたように学習指導要領で大事だと言っているところに注力する。残りは書いてあるので読んでおくように指示する。アクティブ・ラーニングの反転授業のように「家で読んでくるように。分からなかつたら聞きなさい」と指示する。大胆な教え方の変更をしないと、教科書 3 割削減、小中で減らした分を高校に持ってきたのだから増えているのは当たり前。そこをなんとか我々のこの研究会等で工夫するような努力を具体的にやってみてもよいと思った。

○ 司会

物理基礎 2 単位で 70 時間。それでやるという話だったら、その半分の 35 時間で絶対やらなきゃならない授業案みたいなものを本会で作ってはどうか。どういうアプローチでやるのか、数式をどのように使うのか、具体的な実際の提案をしていく。本会はたくさんの会員がいるのでやってみてはどうか。

北海道支部では 2012 年に「物理基礎の授業案」を作った。良かった点はあったが、失敗だったところは全部を教えようと思ってものすごく盛りだくさんになってしまった。40 数項目を見開き 1 時間でやれば全て終わりますということだったが、「どう考へても時間が足りなくて、これは無理」ということだった。

今はネットもあるので、みんなで授業案を出し合って、複数で授業をデザインするという取組みは可能ではないかと議論を聞いて考えていた。

本会でそのような取組みができるれば、会員以外の方（将来の会員）とのつながりを増やすことにもなるのではないか。北海道支部で授業案を作った時は会員ではない先生もたくさん手伝ってくれた。次の世代につなげるという点でも考へてはどうか。

4.6 大学院生や中学校の視点から

○ 発言者 L

（大学教員の意見を代読）物理基礎は文系生徒の存在も意識して、論理的思考を経験させることを目的として、内容を厳選した方が良い。その際に認知的支援を意識した ILDS やアクティブ・ラーニング型の授業手法が生きてくるのではないか。理想的にはその過程により興味を持った生徒が、物理を履修するのがベスト。

（この後は発言者の意見）自分は大学院生で 5 年前は高校生だった。今は京都府の高校で非常勤講師をやっている。大学の先生の指導の下、少しでもアクティブな展開を目指して授業をやっている。生徒からは「意外に物理基礎は楽しい」という意見ももらうが、その反面「計算ができない」、「わかる気がするけど問題は解けない」という意見があるのは自分の問題だと思い、この研究会で勉強していきたい。

○ 発言者 M

認知発達の点で補足したい。「力の大きさとばねの伸びの関係」で、ばねの伸びだけに注目してしまう生徒が多い。自分が授業をしている中学校は小学校の時から認知発達を意識したプログラムを受けているが、

それでも中学1年生でそのようになることの背景に隠れているのは、どれが変数なのかということが判断できていないこと。おもりの質量とばねの伸びという2つの変数があるが、その関係もたぶんわかっていない。そのような状態で高校に上がると高校の物理はとても難しいので、そこで認知的負荷がすごくあると思う。中学校段階でこの認知的な部分を意識して変えていくことが大事。

研究会等では手法に関しての話はたくさんされている。こういう授業を普通の学校の研究授業などでやると、「すごい、初めて見た」というリアクションを受ける。授業手法等を広めていく活動も大事だと思う。教育委員会との連携も大事だ。

4.7 閉会にあたり

○ 司会

今回の全体討論では、北海道支部の取り組みに対し、皆さんのご意見を聞くことができとても良かった。教科書は厚いが高校の物理基礎、物理で、現場の先生は適切に内容を端折りながら授業を進め、足りない分は補修や講習、あるいは生徒に任せてやらせる等、いろいろな工夫をしている。北海道は小規模校が各地方にたくさんあり、教育課程上に物理をおくことに本当に苦労している。北海道は広く、本州とは異なる課題がある。しかし、皆さんと情報共有ができることもたくさんある。本日はとても貴重な全体討論ができ、たいへん感謝している。北海道支部はこれからも全国の皆さんと一緒に研究を進めたいと思っているので、ご協力をお願いしたい。

5. おわりに

今回の全体討論は結論を求めるものではなく、学会の方針を決めるものでもない、という前提で企画・実施された。しかし、議論を進める中で多くのことが共有され、今後の物理教育研究を進める上で大切な事項が整理されたと感じている。

参加者の多くが「物理は多くの生徒（できれば全員）が学ぶべき」という立場で発言していた。物理を学ぶことが思考する体験として有効であること、そして、物理を学ぶ上で実験の位置づけが非常に重要であることについて多くの発言があった。

教科書の記載内容が多く、全ての内容を扱うには時間が足りないことへの対処としては、次の2点が解決のポイントであることが指摘された。

- ①各学校の生徒の状況に合わせて、扱い方に軽重をつけたり、適切な内容を抽出したりする。
- ②教師が全て教えるのではなく、自ら学ぶ生徒をいかに育てていくかを考える。

文系の生徒や1年生が物理基礎を履修することへの配慮については、授業における到達目標の明確化により、物理を学ぶ目的にそった授業内容を考える必要がある。単なる公式の暗記に終始することがないように、授業をデザインしていくなければならない。

一方で、文系の生徒だからと言って必要以上に扱う内容を絞る（難しいから扱わない）ということはすべきではない、という指摘もあった。生徒が理解できるように支援する、あきらめそうな生徒を応援する、という姿勢を教師は持たなければならない。難しいことを乗り越える喜びが、「楽しい」「分かりたい」という気持ちを生み、難しいことにチャレンジしようとする生徒を育てることになる。

私たち物理教師の使命は物理の面白さを伝え、物理が楽しいと思える授業を創造していくことである。そのことを改めて確認できたことは、今回の全体討論における大きな成果であった。

2018年度事業報告

1. 日本物理教育学会北海道支部会誌

「物理教育研究 vol. 46 11月発刊」

2. 総会

日時：2018年6月23日(土) 14:30～17:00

場所：北海道大学 人文・社会科学総合教育研究棟4階 W410教室
内容：

○総会

- (1) 支部長挨拶
- (2) 2018年度支部役員
- (3) 2017年度事業報告
- (4) 2017年度会計報告
- (5) 2017年度会計監査報告
- (6) 2018年度事業計画
- (7) 2018年度会計予算書

○特別講演会

「折り紙の最先端技術の紹介と可能性」

北海道大学 高等教育機構 新渡戸スクール

/ 人文学院情報科学研究所

繁富(栗林)香織

○実験デモンストレーション>>>

3. 第9回中学・高校・大学をつなぐ

「物理教育シンポジウム」

日時：2018年11月17日(土)13:00～15:45

場所：北海道大学 人文・社会科学総合教育研究棟2階 W202

プログラム：

○ 支部長挨拶

○ 中学校・高等学校科学部生徒による研究発表

- (1) 札幌市立向陵中学校 科学部
「ケミカルフローの研究 2018」
- (2) 北海道札幌育成高等学校 科学部
「白黒こまの多色現象についての研究」
- (3) 札幌日本大学高等学校 科学部
「金属パイプ内を落下するネオジム磁石球の速度」

○ 提言 「大学初年度の物理教育」

- (1) 帯広畜産大学 人間科学研究部門 斎藤 準
「多様な学生への対応を目指した反転授業導入の試み」
- (2) 北海道医療大学薬学部・大学教育開発センター 原田潤平
「北海道医療大学における物理導入教育の概要と実践例」

○ シンポジウム「中学・高校・大学をつなぐ物理教育」

パネリスト：

斎藤準(帯広畜産大学)、原田潤平(北海道医療大学)

司会：横関 直幸(市立札幌薬科高等学校)

<テーマ>

- ・大学初年度の物理教育における現状と課題
- ・アクティブラーニングの視点からの授業改善
- ・学生(生徒)実験をアクティブラーニングとしてとらえ直す
- ・すべての生徒のための「物理教育」とは、どうあるべきか

4. 物理教育研究会

日時：2018年12月8日(土) 13:00～18:00

場所：北海道大学 人文・社会科学総合教育研究棟4階 W410

内容：

○特別講演

「宇宙の謎とノーベル物理学賞」

北海道大学理学研究院 名誉教授 羽部 朝男 氏

○原著講演

1. 「ノーベル賞の源流を訪ねて 2017～ノーベル博物館、市庁舎、コンサートホール、ボア研究所とノーベル伝記研究講説一」
元農業農業大学 山田 大隆

2. 「打点タイマーを用いた運動方程式の授業

～斜面・終端速度・動摩擦力・単振動～
札幌真栄高校 加藤 賢一

3. 「質量を考慮した振り子の実験」

紋別高校 佐々木 徹

○ 授業関連企画(研究協議)

テーマ「高大を接続する入試物理から、物理教育を考える」

基調提言：「音の反射や干渉を理解するための図法の工夫

(2017年度阪大・京大入試ミス問題を考える)」

立命館慶祥高校 石川 昌司

○実験デモンストレーション(物理交流会)

1. 「低周波音を測ってみよう」

東海大学 今野 滋

2. 「スターリングエンジン」「実験小物の紹介」

札幌真栄高校 加藤 賢一

3. 「ブランコと力学的エネルギー」

元師範中部高校 千賀 慎一

5. 高校物理の授業に役立つ基本実験講習会

in 北海道

(日本物理学会北海道支部・北海道高等学校理科研究会 共催)

日時：2019年1月8日(火) 12時50分～17時00分

場所：北海道札幌南高等学校

内容：高校物理の基本実験について、1テーマ40分程度で実験を行い、参加者はいくつもの班に分かれ、班ごとのローテーションで4テーマ全てについて実習した。

【実験テーマ】

- ① ヤングの実験、单スリット、CD・DVDのピッチ考察
- ② 簡易型・弦の振動実験
- ③ 刚体・力のモーメントに関する教材
- ④ 光電効果・吸収スペクトルの実験

6. リフレッシュ理科教室 2018

(応用物理学会北海道支部との共催)

日時：2018年10月20日(土)

場所：北海道大学工学部 情報科学研究科棟

内容：「おもしろ理科実験・演示」「施設見学」「交流会」

7. 理事会

- 2018年4月10日(火) 18時30分
北海道大学教育学部棟2階小会議室
2018年5月18日(金) 18時30分
北星学園大学第2研究棟第3会議室
2018年9月5日(水) 18時30分
北海道大学教育学部棟2階小会議室

////////////////////////////// 2019年度事業計画

1. 日本物理教育学会北海道支部会誌

「物理教育研究」vol. 47 11月発刊(予定)

2. 総会

2019年6月8日(土)
北海道大学理学部2号館4階 2-408号室

3. リフレッシュ理科教室 2019

(応用物理学学会北海道支部共催)

2019年9月21日(土)

4. 中学・高校・大学をつなぐ「物理教育シンポジウム」

2019年11月(予定)

5. 物理教育研究会

2019年12月(予定)

6. 高校物理の授業に役立つ基本実験講習会

(日本物理学会北海道支部・北海道高等学校理科研究会 共催)
2020年1月(予定)

7. 理事会(5月、9月)

2018年度一般会計收支決算書(2019.6.8)

収入	金額(円)	支出	金額(円)
繰越金	¥602,498	会議費	¥6,728
本部補助金	¥150,000	通信費	¥1,576
雑収入	¥17,384	事務費	¥8,398
		会誌印刷補助	¥40,579
		大会参加補助	¥200,000
		予備費	¥78,538
		次年度繰越金	¥434,063
計	¥769,882	計	¥769,882

2018年度特別会計收支決算書

収入	金額	支出	金額
繰越金	¥3,660	会議費	¥0
支部補助金	¥40,579	通信費	¥10,228
会員負担金	¥54,000	事務費	¥2,151
会誌販売	¥0	会誌印刷費	¥85,860
		次年度繰越金	¥0
計	¥98,239	計	¥98,239

2019年度一般会計予算(案)

収入	金額	支出	金額
繰越金	¥434,063	会議費	¥10,000
本部補助金	¥150,000	通信費	¥10,000
雑収入	¥937	事務費	¥10,000
		会誌印刷補助	¥100,000
		大会参加補助	¥200,000
		予備費	¥255,000
計	¥585,000	計	¥585,000

2019年度特別会計予算(案)

収入	金額	支出	金額
繰越金	¥0	会議費	¥5,000
支部補助金	¥100,000	通信費	¥15,000
会員負担金	¥50,000	事務費	¥5,000
会誌販売	¥0	会誌印刷費	¥115,000
		予備費	¥10,000
計	¥150,000	計	¥150,000

日本物理教育学会 北海道支部理事 役員分担

顧問評議員	中島 春雄 吉田 静男 小野寺 彰 中野 善明 伊士 政幸 大野 栄三 伊藤 四郎 櫻棒 光一 一口 芳勝 加藤 誠也 川原 圭二 齋藤 孝 坂田 義成 平野 雅宣 穂積 邦彦
支部長 副支部長	鈴木 久男 (北海道大学大学院理) 本部理事 長谷川 誠 (公立千歳科学技術大学) 佐々木 淳 (北見北斗高校)
監事	山田 大隆 (元酪農学園大学) 石川 昌司 (立命館慶祥高校)
総務(事務局長)	横関 直幸 (市立札幌藻岩高校) 井原 教博 (札幌西高校) 本部評議員 (2018-19) 木村 宣幸 (北広島高校) 今野 滋 (東海大学) 細川 敏幸 (北大高等教育推進機構) 道支部HP
編集(委員長)	長谷川 誠 (公立千歳科学技術大学) 道支部編集(正)、本部評議員(2019-2020) 鈴木 久男 (北海道大学大学院理) 中道 洋友 (札幌北高校) 佐藤 草馬 (札幌山の手高校) 道支部編集(副) 菅原 陽 (立命館慶祥高校) 堀 輝一郎 (元札幌藻岩高校) 小野 忍 (札幌清田高校) 保格 秀規 (札幌北陵高校) 道支部編集(副) 本部評議員(2019-2020)
事業(委員長)	大坂 厚志 (札幌月寒高校) 本部評議員(2019-2020) 道支部HP 理科大好き実験教室 伊藤新一郎 (札幌啓成高校) 稻子 寛信 (札幌南高校) 物理教育実践交流会 大久保政俊 (札幌日大高校) 大屋 泰宏 (旭川東高校) 岡崎 隆 (元北海道教育大学札幌校) 今野 博行 (函館陵北高校) 齋藤 隆 (元拓殖大学北海道短大) 酒井 彰 (室蘭工業大学) 酒井 徹雄 (函館水産高校) 佐藤 健 (えりも高校) 平 久夫 (北海道教育大学札幌校) 本部評議員 (2019) 高橋 尚紀 (栗山高校) 中谷 圭佑 (道科学大学高校) 永田 敏夫 (元マラヤ大学) 原田 雅之 (元札幌西高校) 福田 敦 (檜山教育局) 藤林 亮太 (札幌南高校) 松崎 俊明 (釧路工業高等専門学校) 松田 素寛 (有朋高校) 溝上 忠彦 (恵庭南高校) 森山 正樹 (札幌市立白石中学校) 矢吹 哲夫 (北星学園大学) 山本 瞳晴 (札幌西高校) 本部評議員 (2018-19) 柚木 朋也 (北海道教育大学札幌校) 四方 周輔 (元東海大学)

日本物理教育学会北海道支部規約

第1条 本支部は、日本物理教育学会北海道支部と称する。

する。

第2条 本支部は、北海道在住の会員の連絡と研究の交流をはかり、北海道における物理教育の振興と、その地域的な活動への寄与を目的とする。

第10条 支部評議員は、支部評議員会を組織し、支部長の諮問に応じ、支部の事業遂行について支部長に助言する。

第3条 本支部は、前条の目的を達成するために次の事業を行なう。

第11条 支部役員及び支部評議員の任期は2年とし、再任を妨げない。

- (1) 講演会、講習会、学術映画会、研究会懇談会等の開催
- (2) 会報の配布、研究成果の刊行
- (3) 物理教育についての調査及び研究
- (4) その他、前条の目的達成に必要な事業

補欠による支部役員の任期は前任者の残任期間とする。

第4条 (削除)

第12条 次期支部役員は、本支部役員中の次者の中から支部総会において選任する。

- (1) 支部理事の推薦した正会員
- (2) 正会員又はその団体の推薦した正会員

第5条 本支部の会員は、北海道在住の日本物理教育学会の正会員及び賛助会員からなる。

第13条 元支部長及び本支部の地域内に在住する本部理事ならびに本部評議員は、支部理事会に出席することができる。

第6条 本支部に次の会員をおく。

第14条 支部総会は、毎年1回、支部長がこれを招集する。支部長が必要と認めたときは支部理事会の議を経て臨時支部総会を招集することができる。

- 1. 支部長1名、副支部長2名、支部理事若干名、及び監事2名。
- 2. 支部理事の数は、支部長が支部理事会の議を経てこれを定める。
- 3. 副支部長は、支部理事の中から支部長がこれを委嘱する。

第15条 次の事項は、支部総会において報告し承認を得るものとする。

第7条 支部長・副支部長及び支部理事は、支部理事会を組織し、支部長は支部会務を統括する。副支部長は支部長を補佐し、支部理事は支部の業務を分掌する。

- (1) 事集計画及び收支予算
- (2) 事業報告及び收支決算
- (3) その他、支部理事会において必要と認めた事項

第8条 監事は、民法第59条の職務に準ずる職務を行なう。

第16条 支部規約に記載のない事項は、本学会定款に準ずる。

第9条 本支部に支部評議員若干名をおく。

(附 則)

支部評議員の数は、支部長が支部役員会の議を経てこれを定める。支部評議員は支部理事会の推薦により支部長がこれを委嘱

- (1) 本規約は、総会において、正会員の3分の2以上の同意を得なければ変更できない。
- (2) 本規約は、昭和44年6月25日より施行する。

A 4 論文原稿執筆要項 表題は 16 ポイント (pt) のゴシック文字 (副題は 12 pt ゴシック : 両端をカッコでかこむ)

English Main Title:12pcTimes (英文のタイトル、概要等は著者からの希望がある場合にのみ掲載する)
(English Sub Title:12pcTimes)

所属は 9 pt 明朝 名前は 10pt ゴシック 明朝大学 ゴシック太郎 執筆高校 執筆 一朗
Name 9pt Times Sippitu Koukou Sippitu Itirou

本文の 9 行目に相当する位置から抄録を書き始めます。200 字以内。日本語文字は 9 pt を標準です。例えば「・について、・・という発想で、・・行なったところ、・・という結果を得た」キーワードを含めて下さい。なお、英文のタイトル、概要等は著者からの希望がある場合にのみ掲載します。

Abstract

Abstract must be written with 9pt Times or Times new Roman Font. The number of words is within 200.

キーワード 9pt 5語程度 Keywords:Times Font, 9pt, About 5 Words

1. 章タイトルはゴシック 10pt 太字

本資料は、オフセット印刷で、縮小して B5 版に印刷される冊子を作成する際に、A4 版で原稿を作成する際に必要となる投稿規定の情報を、視覚的に理解しやすい形で提供することを目的として作成したものである。

2. 本文執筆の要点

2. 1 用紙の使い方

A4 用紙に 52 文字 45 行、2 段組の部分は 25 文字、段間隔 : 8mm 段幅 : 82mm とする。マージンは上 21mm 下 27mm 左 18mm 右 18mm とする。

2. 2 使用フォント・サイズ・改行幅

標準フォントは 9pt の

和文 : MS 明朝、平成明朝

英文 : Times, New Roman, Times Symbol とする。

ただし太文字は、9pt の和文 : MS ゴシック、平成角ゴシック、英文 : Arial, Helvetica を使用すること。上記フォントがない場合は、類似のフォントを使用すること。

2. 3 式および記号

式および記号の標準文字は、9pt のイタリック体とする。ベクトルの場合は太文字のイタリックとする。

上下添字は 6pt 程度の立体（イタリックも可）とする。以下にいくつかの例を挙げておく。

J_c V_1 $P^A_{i j k}$

式を記入する場合は、式の上下に白行を設け、右端に式番号を記入する。例えば、

$$F_D = C_D 1/2 \rho | V | VS \quad (5)$$

のように記入する。なお、式を文章中で参照する場合には、式(5)、式(7) - (10) のように、番号の前に“式”を付ける。

2. 4 図・表、およびその説明

図ならびに表は、1 段幅、あるいは 2 段幅に収まるようを作成し、論文内の適切な位置には配置する。

図ならびに表の中の文字は、十分認識できるサイズ（具体的には 9pt 程度）とする。6pt 未満の文字は使用しないこと。また、図ならびに表の前後には空白行を設けること。

それぞれの図ならびに表の説明文（caption）として、以下に示す例のように、図ならびに表の通し番号の後に 9pt の標準文字で説明を記入する。なお、図の説明文は該当する図の下、表の説明文は該当する表の上とすること。

例 表 1 生徒の履修状況

図 1 実験装置の模式図

2. 5 引用・参照文献

引用または参考にした文献は、本文中の引用・参照箇所で右肩に¹⁾ ²⁾などの表記で表示するとともに、末尾に一括して著者名、文献名、ページなどを示す。

文 献

- (1) 山川谷男：エントロピーの・・教育，物理教育研究，Vol.22, No.3, pp.1~4, 1999

なお、脚注は文章中の該当箇所に*.*の印を付しページの下に横線を引き、その下に書いて下さい。

3. その他

- (1) 原則として原稿はお返いたしません。校正のため原稿の控えは手許に保存して下さい。
- (2) 本紙は毎年11月に発行予定です。
- (3) 投稿された論説研究・解説・報告等は編集委員会で内容を審査します。
- (4) 投稿及び原稿用紙等の申込みと会誌編集に関する連絡先は下記の投稿受付担当者までお願いします。

原稿募集 上記の規定に基づいて支部会報「物理教育研究第48号」の原稿を募集いたします。

(1) 締 切 2020年9月末日

(2) 投稿受付

投稿受付先は下記のとおりです。

問い合わせ先

〒 066-8655 千歳市美々758-65

公立千歳科学技術大学 長谷川 誠

TEL/FAX 0123-27-6059

E-mail hasegawa@photon.chitose.ac.jp

または

〒 011-0025 札幌市北区北25条西11丁目

北海道札幌北高等学校 中道 洋友

TEL 011-736-3191 FAX 011-736-3193

E-mail nakamiti-yoyu@mbp.nifty.com

または

〒063-0002 札幌市西区山の手2条8丁目5-12

札幌山の手高等学校 佐藤 革馬

TEL 011-611-7301 FAX 011-641-3795

E-mail kakuma-s@ikol-wagayatel.net

使用されるワープロが「Word」か「一太郎」であれば、この執筆要項のファイルを送付できます。担当までお知らせ下さい。

編集後記

今年8月に北星学園大学で、物理教育研究大会が開催されました。夏の北海道開催ということで多くの参加者が見込まれていましたが、大会実行委員会の事前想定を超えた発表申込みがあり、プログラム編成に苦労するなど「うれしい悲鳴」状態でした。最終日の全体討論では、今号掲載の報告に見られるように、物理教育の在り方に対する熱心な意見交換が展開されました。一人でも多くの「物理好き」の学生・生徒を育てられるように、今後も研鑽に励みたいと思います。（H）

2019年11月1日発行

日本物理教育学会北海道支部

第47号 編集責任者 長谷川 誠

(060-0810)札幌市北区北10条西8丁目

北海道大学大学院理学研究院

鈴木久男気付

日本物理教育学会北海道支部

目

次

巻頭言
学問のすすめ

公立千歳科学技術大学 長谷川 誠 1

理科部指導のノウハウを活かした探究活動の実践（テーマ設定から発表まで） 北海道札幌北高等学校 中道 洋友	2
ジェンダー問題のアクションリサーチによる解決（小中高における男子の実験器具占有問題） 北海道芦別高等学校 加藤 賢一	6
ループリック評価を用いた確認レポートの実施（問題解決能力の育成のために） 北海道中標津高等学校 李家 健	14
力学台車を用いた水平方向のばね振り子の実験 北海道紋別高等学校 佐々木 徹	18
科学の祭典千歳大会を通した地域連携と地域活性化 公立千歳科学技術大学 長谷川 誠	20
第36回物理教育研究大会 全体討論報告 市立札幌藻岩高等学校 横関 直幸	23
事業報告、事業計画、決算／予算	36
日本物理教育学会北海道支部規約	40
原稿執筆要項、編集後記	41
