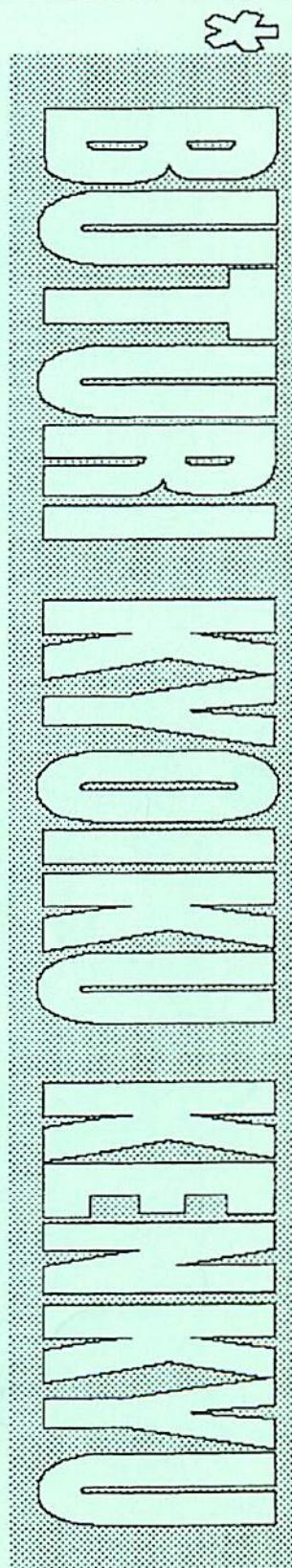
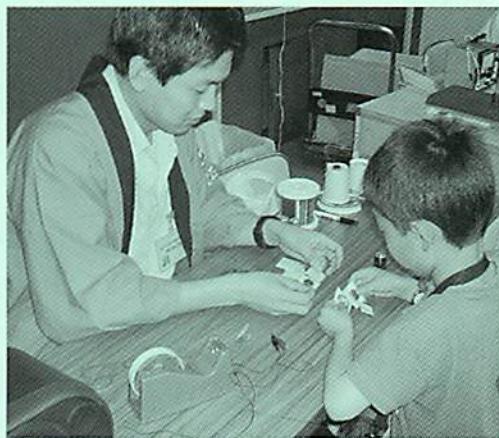




物理教育研究

日本物理教育学会 北海道支部



Vol.33, 2005.7

卷頭言

これからの科学教育

日本物理教育学会北海道支部支部長

(北海道薬科大学)

中野善明

30年前に大学(短大を含む)進学率が37.8パーセントに達し、その後も進学率は増加の一途を辿り大学生の学力や気質にも随分と変化が現れてきています。また国民の教育観の変化や初等・中等教育の多様化などの様々な要因により、若者の「理科離れ、物理離れ」、そして「基礎学力の低下」が問題になっています。日本の将来を担う若年層の「理科離れ」が顕著になった10年以上前から、北海道支部では理科離れを抑制するために科学教育活動に取り組み、「青少年のための科学の祭典」もこの教育活動の一環となっています。この祭典では、小・中・高校および大学の先生達が創意工夫した実験や工作を紹介するとともに、これを機会に児童・生徒達と一緒に実験やもの造りの喜びを経験し、またこの場で子供達の「科学する心」を育んでいます。そして小中学生はこの祭典を通して「科学の楽しさ」、「科学の面白さ」を体験して、かつ「なぜだろう」、「どうしてかな」、「ふしぎだな」という「科学をする力」を身につけていることと思います。

去る6月11日(土)に北海道薬科大学において物理交流会がありました。若干の大学教員と高校の先生が13名ほど参加して実験機材の紹介や工夫を凝らした教材を披露しながら意見交換やディスカッションを行いました。私も参加させていただきましたが、先生方の熱心さに北海道の科学教育の将来は明るいと確信しています。

大学においても2006年度から「新学習指導要領」世代が入学し、2007年度には「大学全入時代」が到来すると言われています。初等・中等教育での「ゆとり教育」、「少子化」など複合的状況下で高等教育機関では好むと好まざるとに関わらずこれに対応すべく対策を余儀なくされています。多種多様な背景と教育可能性を持った学生が入学するため、「これまでの大学教育水準についてこられるか」、「企業や社会のニーズに即した大学教育を如何にして行うのか」、「我が国が自負する『科学技術創造立国』をこれまでと同じく誇示するのには如何すれば良いのか」という課題を、大学においても他の教育機関や社会との連携で模索していくことになるでしょう。

今年度から支部長の重責を拝命しましたが、「これからの日本物理教育学会北海道支部の果たす役割は何であるか」を常に自問自答しつつ、北海道の様々な特徴を活かして「科学とは何か」なども含めて積極的に「科学と社会の橋渡し役」を担って行きたいと考えています。支部会員全員の積極的な参加とご協力を願っています。

北海道衛星「大樹」の打ち上げに向けて

(リモートセンシングによる衛星画像の農業利用)

北海道工業大学 片桐 実穂

2007年に北海道産小型衛星「大樹」の打ち上げが予定されており、現在、その開発が急ピッチで行われている。これは、本学電気電子工学科の佐鳥先生が中心となり道内の産官学が一体となって進めている、道民の道民による道民のための北海道衛星プロジェクトの一環である。本報告では、北海道衛星の開発目的、衛星の基本仕様、今後の開発スケジュール、そして、これまで開発してきた衛星向けの道産技術などについて述べる。

キーワード 小型衛星、衛星画像の農業利用、リモートセンシング、ハイバースペクトルカメラ

1. はじめに

北海道衛星「大樹」は、本学電気電子工学科の佐鳥新先生が中心となって、道内の大学、情報技術関連企業などが共同で開発を進めてきた道民の道民による道民のための小型衛星であり、2007年に打ち上げを目指している。第1号機である大樹は「ハイバースペクトルカメラ」を搭載し、リモートセンシング技術で道内の基幹産業である農業の振興に役立てる目的を持っている。ここでは、北海道衛星の開発目的、衛星の基本仕様、今後の開発スケジュール、そして、これまで開発してきた衛星向けの道産技術や今後のビジネススキームなどについて述べる。

なお、本報告は、2004年12月11日に北海道工業大学にて開催された北海道支部研究会において講演された内容をまとめたものである。

2. 小型衛星開発と北海道衛星の目的

現在の日本国内の衛星開発は、国家主導型となっており、計画から打ち上げまで10年以上、予算も2000億円以上という巨大プロジェクトとなっている。また、様々な機能を盛り込んだ高機能型の衛星となっていることも国家の威信をかけたプロジェクトとして取り組まざるえない要因となっている。

このような中、北海道衛星プロジェクトでは、フォーメーションフライトやコンステレーション技術による機能分散等により小型でも高性能な衛星開発が可能であるという信念のもと、「1 satellite 1 mission」を念頭に、限られた予算と期間の中で確実にミッションを達成できる小型衛星の開発に取り組むこととなった。これにより、①少ない開発費等による、民間企業等が宇宙環境を利用できる機会の増加と新たなビジネスチャンス

の創出、②宇宙環境において先行的な技術実証を行い、将来に向けた魅力ある新技術の採用可能性、③将来の宇宙産業技術育成策として、ナノサット以下の超小型衛星の教育分野での活用、などが見込まれる。

その他、北海道衛星の目的として、北海道に宇宙産業を興し、北海道から世界に通用する小型衛星を発信し、他産業への波及による経済効果や技術的な波及効果が期待される¹⁾。現在は、宇宙産業創出のための啓蒙活動、产学連携組織として大学発ベンチャー「北海道衛星株式会社」の設立、企業集団との連携などを通じて新しく北海道発宇宙産業の流れを興しているところである。

「大樹」と名づけられた北海道衛星第1号機は、農作物の生育状況をきめ細かく撮影できる「ハイバースペクトルカメラ」を搭載し、リモートセンシング技術で道内の基幹産業である農業の振興に役立てることを最初のミッションとしている。

3. 北海道衛星「大樹」の基本概念

「大樹」は商業用リモートセンシング衛星であり、従来の大型衛星と異なり機能を一つに絞り込むことで3～5億円という圧倒的にリーズナブルな価格を設定している。また、衛星内部にユーザが自由に使える空間が設けられており、商業用衛星を前面に押し出すことにしている。設計思想として、バス機器の低コスト化と品質の安定化を目指し、民生技術や手法を積極的に取り入れ



北海道支部研究会講演会の様子

ることとしている。そして、ミッションの期間を3年に限定することで放射線の影響を軽減し、民生品利用の幅を広げることも任務としている。その他の基本仕様については表1に示す。

また、今後の開発スケジュールは、2005年度に「地上の星Part2」として自動トラッキングシステムの実証実験を行い、2006年度中にCubeSATの実験、そして、2007年度の「大樹」打ち上げを予定している(図1)。

表1 「大樹」の基本仕様

衛星の重量	35kg(ドライ重量)、50kg(ミッション重量含む)
最大消費電力	50W
寿命	3年
開発期間	1年
軌道	太陽同期軌道、高度567km
回帰周期	1日
通信可能時間	7分/回、2回/日
姿勢安定度	±3°C、3軸制御方式
軌道維持	マイクロ波エンジンを搭載
地上局	札幌および世界各地3箇所程度を計画
ハイバースペクトル	4m分解能時: 6km四方@125band、60km四方@3band 40m分解能時: 60km四方@125band、600km四方@3band
高解像度カメラ	512MB(3GBまで増設可能)
画像メモリ容量	光通信装置
光通信装置	近赤外、出力0.1W 100Mbps、送信のみ標準装備

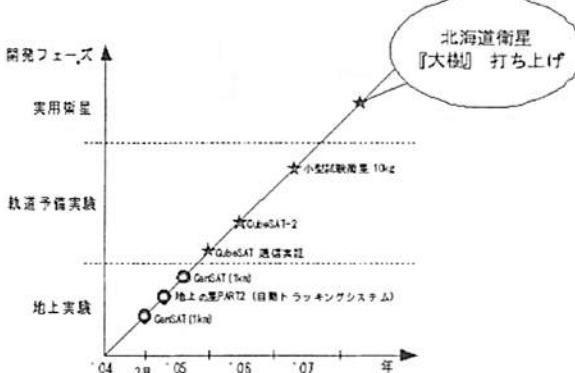


図1 北海道衛星「大樹」の開発スケジュール

4. 「大樹」の道産技術

北海道発の技術として、「大樹」には、マイクロ波エンジン、ハイバースペクトルカメラが搭載され、レーザー通信による画像転送を目指している。

4. 1 マイクロ波エンジン

マイクロ波エンジンの原理は、本来ならばイオンを加

速するための電極が必要であるが、推進器中にマイクロ波と推進剤を注入することにより仮想的な電極を発生させ、これによりキセノンイオンを加速し推進力としている。このエンジンを用いると、電力を下げても衛星自体の各性能を維持できるため効率的である。現在のところ5,000時間の寿命は確認済みであり、製造段階にある。図2にマイクロ波エンジンの外観を示す。

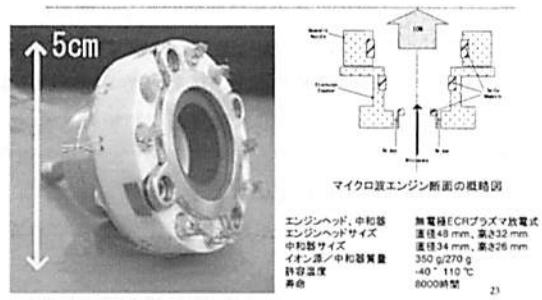


図2 マイクロ波エンジンの外観

4. 2 ハイバースペクトルカメラ

ハイバースペクトルカメラ(HSC)は、多波長(100~300)のスペクトルを一度に撮影できるため、RGBの3波長では見えない画像を再構成表示することが可能である。さらに、各々の波長ごとに階調カラー表示が可能で、3波長分をRGBに割り当ててカラー表示できる。このセンサーと植物の分光特性*を利用することによっ

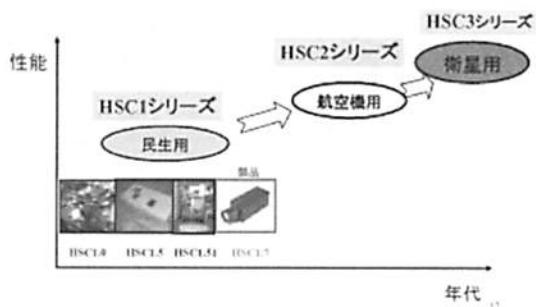


図3 HCSの開発フェーズ

*植物の分光特性：植物は一般に赤(620nm)の波長を吸収し、近赤外域(700~1200nm)を強く反射する特性をもち、これは植物の種類や生育段階や生育量により変化することが知られている。これを用いて、赤と近赤外域の波長帯の輝度値を用いた計算式から作物の生育状況を知ることができる。現在、農業分野でよく使われているのが、NDVI(正規化植生指数)であり、以下の式で算出される。

$$NDVI = \frac{(近赤外波長 - 赤波長)}{(近赤外波長 + 赤波長)}$$

て、農作物の種類の判別や生育状況の把握をすることに応用されている²⁾。図3にHCSの開発フェーズを示す。

また、ハイパースペクトルカメラの応用例として、食品の鮮度評価（プラム、キュウリ、メロン）や鶏卵の汚れ検出に関する実験も行われている³⁾。

4. 3 レーザー通信

ハイパースペクトルカメラで撮影した衛星画像のデータサイズは約200MBになる予定である。この画像を地上局に転送するにはXバンドと呼ばれる8GHz帯の無線機が必要となるが、この帯域は法的規制が厳しくほとんど利用できない。そこで、北海道衛星では、法的規制を受けない光通信を用いて衛星画像をダウンリンクすることとした。その仕様を表2に、概略図を図4に示す。

表2 レーザー通信系の仕様(衛星側と地上局側)

衛星側	
伝送速度	100Mbps
伝送距離	650~1000km
レーザ	650nm, 0.1W
レーザ拡がり角	10mrad (0.57°, 1000kmでスポット径: 10km)
CPU	H8系CPU
外形寸法	100×100×100mm
地上局側	
受光器	PMT(H6779-20)
干渉フィルタ	650nm, 10nm幅
集光器	0.5m口径パラボラミラー
受光パワー	25pW
光軸合わせ機構	望遠鏡用電動ズーム
光軸合わせ用集光器	0.05m口径ファインダ
光軸合わせ用受光パワー	0.25pW

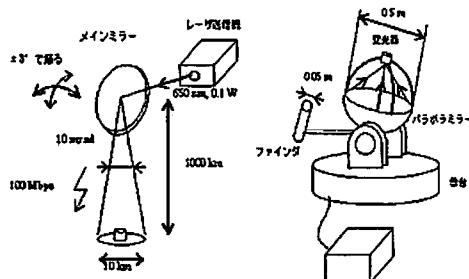


図4 レーザー通信系概略図(左:衛星側、右:地上局側)

5. ビジネススキーム・サービス提供

「大樹」により撮影された衛星画像は、農業分野への利活用が考えられている。90年代後半に道立中央農業試験場が農家との協力で衛星画像を利用して土地改良を行ったところ、1ha当たり約8,500円の収益増が実証され

た。この報告をもとに試算した結果、北海道の場合、衛星画像利用率を10%と見積もったとして約10億円/年の収入増が予測される⁴⁾。

これら衛星を用いたサービス提供の土台として、2004年12月には衛星研究・開発製作を担当する大学発ベンチャー「北海道衛星株式会社」が設立、啓蒙活動を担う学生団体「北海道宇宙連合」やNPO法人「宇宙空間産業研究会」の設立が続いている。その他、衛星や画像の販売や衛星画像データの販売など宇宙ビジネスを推進する企業団体など、各種団体が一体となって北海道に新たに宇宙産業を創出しようとしている。これらサービス提供のイメージを図5に示す。

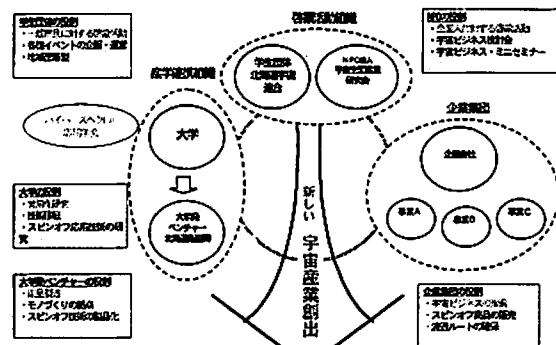


図5 北海道衛星のサービス提供イメージ図

なお、北海道衛星プロジェクトに関するお問合せ先は、北海道工業大学電気電子工学科 佐鳥新 satori@hit.ac.jpまでお願いします。

参考文献

- 1) 片桐実穂、他「北海道衛星の経済波及効果-農業分野に関する試算-」、北海道工業大学研究紀要、第32号(平成16年)、pp. 29-35 (2004)
- 2) 北海道開発局農業水産部、「北海道農業のためのリモートセンシング実利用マニュアル」、(平成15年6月)
- 3) 三浦理恵、上松弘征、福島康輔、佐鳥新、江良聰、「ハイパースペクトルカメラを利用した植物のスペクトル特性の研究」、平成16年度電気・情報関係学会北海道支部大会、平成16年10月23-24日、講演番号7

これからの理科教育の視座

-新しい高大連携の可能性-

Perspective on Science Education that Produces the High School-University Partnerships and Collaborations

北海道大学 高等教育機能開発総合センター 鈴木 誠

Center for Research and Development in Higher Education ,Hokkaido University Makoto Suzuki

PISA2003の結果が示すように、日本の理科教育において学力低下や学ぶ意欲の喪失は深刻な問題となっている。これらに対処していくには、従来の出前授業や大学の情報伝達といった高大連携ではなく、高校生の資質をいかに育て伸ばすかという新しい視点が必要である。それには、高等学校と大学が教育内容や学習指導における質的な接続(第三世代の高大連携)を図らなければならない。フィンランドの教育は、そのための多くの示唆を含んでいる。

Abstract

The result of PISA2003 shows the Japanese science education is in grave danger. Not only the Japanese children are low in academic achievements but also they lose their grip to learn markedly.

To conquer this situation, it is necessary to introduce the following two viewpoints to the Japanese science education. One is developing each child's ability, and the other is linking high schools and universities in the education in quality.

Finland shows an excellent way to introduce them.

キーワード 高大連携 学ぶ意欲 学力低下 フィンランドの教育

Keywords: High School-University Partnerships and Collaborations, Academic achievement, Academic Motivation, Finland

1. はじめに

「高大連携」という言葉が教育現場に浸透してきている。高等学校は、総合的学習の展開や進路指導への動機づけに、大学が持つ様々な知的資産や入試情報に熱い視線を送っている。高等学校は、近年特色ある学校運営を求められている。スクール・アイデンティティを基にした個性化は、その流れを加速する一因となっている。

また大学は、進む少子化の中で進学に動機づけられ、学問への知的好奇心に満ちた学生の入学を広く期待している。「高大連携」は、その2つの思惑の中で生まれ、いわゆる「出前授業」や「オープンキャンパス」など様々な形態で浸透してきている。しかし、高等学校と大学の間での理念の擦り合わせの不足や、大学側の過度な負担等の問題も指摘されており、その教育的效果と合わせて再考を求める意見も大学側に生じてきている。

一方、学力低下や学ぶ意欲の喪失など、日本の教育事情は深刻な問題に直面している。特に理科教育において、「理科離れ」や「物理嫌い」が進行し、学習内容の縮減や学習時間の減少が進められた。その結果、基礎知識の

習得のプロセスに欠ける生徒を多く生み出す結果となっている。実験や観察を通して生徒の資質を伸ばすといった教科指導が、現在展開しにくい状況にあるのである。「高大連携」は、これらの問題をある程度補完できる可能性を持つ。

本稿では、これからの「高大連携」はどのような視点で展開されなければならないか、理科教育の側面からその可能性について論ずるものである。

2. 進む学力低下

学力低下の問題が再びクローズアップされてきた。この論争は、現学習指導要領における学習内容の30%縮減がその発端となったことは周知の通りである。習得すべき学習内容の量が減れば到達度も低くなる、したがって学習の到達度という側面から学力を規定するならば、学力が低下するのは当然の帰結であるというのがその論旨である¹⁾。

しかし、この学力低下の問題は、旧学習指導要領下でも着実に進行していたことは、初等中等教育や高等教育

の現場で広く知られていた事実である。旧學習指導要領でも學習内容の縮減は進められていた。教科選択制が拡大し、いわゆるアラカルト入試に対応したカリキュラムが出現し始めた頃、高等学校での未履修科目が増加し、大学にリメディアル教育を生みだす結果となった。

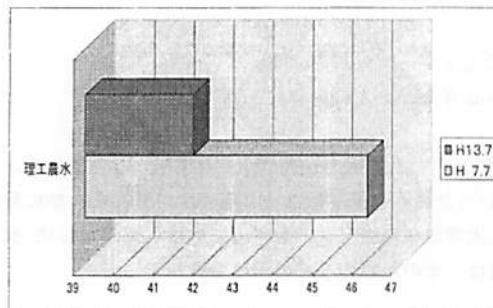


図1 高等学校物理における基礎知識正解率の変化

図1は、平成7年(二世代前の學習指導要領 N=973)と平成13年度(旧學習指導要領 N=629)の、ある同一地区の理学部、工学部、農学部、水産学部を志望する高校3年生に対して、高校物理の同一問題での基礎知識の正解率を調べたものである²⁾。

それによると、旧學習指導要領で学んだ高校生の正解率が、すでに大きく低下していることがわかる。この傾向は他の理数系科目でも見られており、到達度の面での学力低下がかなり前から進んでいることを裏付けている。

では、現學習指導要領下ではどうであろうか。昨年末、PISAとTIMSSといった2種の国際学力調査の結果が発表された。その中でも、PISA (Programme for International Student Assessment) 2003の結果は、日本の教育界に大きな衝撃をもたらした。この調査はOECDが15歳児を対象に、知識・記憶・思考・表現力・問題解決能力を問い合わせ、学習到達度を測定したものである。2000年から開始されたこの調査は、2003年では41か国約275,000人に及び、日本は、新學習指導要領で学んだ生徒が対象となった。その結果の中から、PISA2000、2003の「読解力」の国別平均点の推移を表1に示す。得点の平均は、500点に調整されている。また、PISA2003の読解力の習熟度レベル別の生徒の割合を表2に示す³⁾。

表1によると、日本は前回より大きく順位を下げ、すでに平均以下になっていることがわかる。北欧の小国であるフィンランドでは、読解力は全ての教科教育の基礎と位置づけられており、教育の柱としてその育成に力を注いでいる。同時に調べられた数学的リテラシーや科学的リテラシーでも、フィンランドは世界のトップレベルの成績を残している。

表2によると、日本はフィンランドや韓国、カナダ

表1 PISA2000, 2003「読解力」の平均点の推移

国・地域名	平均点	2000年		2003年	
		国・地域名	平均点	国・地域名	平均点
1 フィンランド	546	フィンランド	543		
2 カナダ	534	韓国	543		
3 ニュージーランド	529	カナダ	528		
4 オーストラリア	528	オーストラリア	525		
5 アイルランド	527	リヒテンシュタイン	525		
6 韓国	525	ニュージーランド	522		
7 英国	523	アイルランド	515		
8 日本	522	スウェーデン	514		
9 スウェーデン	516	オランダ	513		
10 オーストリア	507	香港	510		
11 ベルギー	507	ベルギー	507		
12 アイスランド	507	ノルウェー	500		
13 ノルウェー	505	スイス	499		
14 フランス	505	日本	498		
15 アメリカ	504	マカオ	498		

といった教育先進国と比べ、レベル4から5といったトップ層が薄く、逆にレベル1から2、及び1未満といった教科の基礎となる読解力に欠ける層が厚いことがわかる。PISA2000からすでに現れていたが、この傾向に危惧する声は多く、今春行ったヘルシンキ大学での調査でも、PISA担当官から指摘されている。

表2 PISA2003「読解力」到達レベルの国別比較

	1未満	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5
日本	7.4	11.6	20.9	27.2	23.2	9.7
オーストラリア	3.6	8.2	18.3	28.4	26.9	14.6
カナダ	2.3	7.3	18.3	31.0	28.6	12.6
フィンランド	1.1	4.6	14.6	31.7	33.4	14.7
フランス	6.3	11.2	22.8	29.7	22.5	7.4
ドイツ	9.3	13.0	19.8	26.3	21.9	9.6
アイルランド	2.7	8.3	21.2	32.4	26.2	9.3
イタリア	9.1	14.8	24.9	28.3	17.8	5.2
韓国	1.4	5.4	16.8	33.5	30.8	12.2
ニュージーランド	4.8	9.7	18.5	26.3	24.3	16.3
アメリカ	6.5	12.9	22.7	27.8	20.8	9.3
オランダ	2.1	9.4	23.4	30.7	25.6	8.8
OECD平均	6.7	12.4	22.8	28.7	21.3	8.3
香港	3.4	8.6	20.0	35.1	27.1	5.7

しかし、学力低下に隠れたさらに深刻な問題が、日本の教育現場に進行している。

3. 進む学ぶ意欲の喪失

「学力低下」の論争の陰で、「学ぶ意欲の喪失」が着実に進んでいる。昆虫採集を例に考えるとよくわかる。生徒が網を振り、例えば雑木林の王者であるオオムラサキとゴマダラチョウを、また比較的高いところに生息するクジャクチョウを採集したとする。網で捕まえることはホンモノと接触することになる。鱗粉の様子や複眼の輝き、また毛の生え方等、外部形態を自分の手で直接確認することができる。それは生徒の興味や関心を引き出しやすい状況である。しかし、それだけでは3種のチョウの情報を収集したにすぎない。

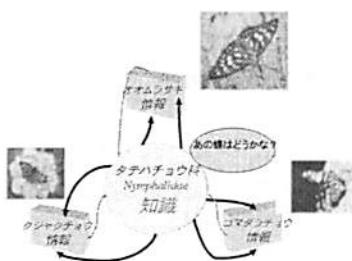


図2 情報のネットワーク化による知識の獲得

この作業に、検索という手を加えると収集した情報の質は大きく変化する。例えば、「3種のチョウのどこが違うのか」と図鑑やインターネットで調べることにより、一見大きさや色が大きく異なるこれらのチョウが、同じタテハチョウ科の仲間だということがわかつてくる。この検索という一つの作業だけで、今までバラバラだったチョウに関する情報がリンクし、生徒はネットワーク化した知識を手にすることができます。このネットワークは、次の疑問を獲得することができる。仮に、アゲハチョウがそばに飛んでくれば、「あのチョウはタテハチョウと違う、体何だろう」といった疑問、すなわち学ぶ意欲を構成する概念の一つである知的好奇心を覚醒することが可能となる。知らなければ、疑問はわからないのである。この知識のネットワークの有無は、「なぜ、どうして」といった知的好奇心の他に、固執性や正確性といった他の学ぶ意欲を構成する重要な概念にも大きな影響を及ぼすのである⁴⁾。

しかしながら、現在生徒を取り巻く環境は、表3に示すように情報のネットワーク化が非常に構築しにくい状況にある。その最大の要因は、身近な自然の減少や遊びの質の変化と考えられる。自然を通して体験的な遊びが姿を消し、人工的な限られた世界での遊びの拡大は、ネ

ットワーク化の量も質も大きく変化させた。また、ライフスタイルの変化も生徒の社会体験の量や質を奪う結果おり、学ぶ意欲を喪失させる直接的な要因となっている。

一方、学校教育も量的質的に大きな変貌を遂げてきている。現実指導要領の実施にともない、実験や観察はさらに圧縮される傾向にあり、行事の見直しと合わせてホンモノとの接触機会は大きく減少してきている。

初等教育での教員の理科離れはさらに深刻である。実験や実習の経験のない教員が教壇に立つ。本来ならば、それを補うはずの教員研修も減少してきている。全国の理科センターはほぼ総合センターに統合され、物理・化学・生物・地学の研究主事がそろっているところは少なくなってきた。自然体験ができない、知のネットワークが構築しにくい今こそ、学校で行われる理科教育がその内容を補完しなければならないはずである。このことが、生徒の学ぶ意欲を低下させる間接的な要因となっているのである。

表3 ネットワーク化を阻害する要因

生徒を取り巻く環境

- ・自然体験の減少(昆虫採集・動物飼育・植物採集等)
- ・社会体験の不足

(各種博物館展・各種展覧会・発表会)

家庭周辺の変化

- (遊びの質・ライフスタイル・少子化・活字離れ・塾)

学校教育の環境

- ・学習内容縮減に伴う実験や観察の削減
- ・学校行事の縮小
- ・小学校教員の理科離れ
- ・教員研修・予算の減少
- ・物理教員の他教科への移動

4・フィンランドの理科教育が示唆するもの

このような日本の理科教育の現状を克服する一つのヒントを、教育先進国といわれるフィンランドに求めることができる。その詳細については参考文献に示すが、要約すると表4のようになる。

表4 フィンランドの教育の特徴

教育制度

- ・明確な教育理念
- ・徹底した教育の機会均等、無償化
- ・国家予算の14%,GDP(対国内総生産)の5.7%を教育費に投入
- ・地方自治体への教育の裁量権
- ・保護者のフィードバックシステム(小学校)

教育課程

- ・教科書検定制度廃止
- ・学習指導要領の規定の 1/10 削減
- ・6 歳からの Preschool(98%) の実施
- ・小学校と中学校が統合した 9 年一貫教育
- ・20 名前後の小さなクラスサイズ

学習内容

- ・高度な学習内容
- ・正確かつ身近な学習内容
- ・説解力の重視
- ・ラーニングを基本とした学習指導
- ・実験や観察など体験学習の重視

教師・教員養成

- ・高い教師の学習指導力
- ・教員免許取得には修士号が必要
- ・約 6 ヶ月に及ぶ教育実習

をくり返しながら計画を立てさせ、準備を進めていくという方法を探ることもある。日本の理科教育では問われないが、大学の教育や研究では重要視されている実験計画能力や、情報収集や処理、推論やメタ認知といった問題解決能力の育成を意識した展開となっている。また、生徒のラーニングを重視した授業や教科指導の工夫、また卓越した教材開発力など学習指導力は高い。20 名前後というクラスサイズは、教師のきめ細かなモニタリングを可能にしており、集団の中での個別指導が的確になされている。

フィンランドは IT 国家であり、教育機器は非常に潤沢で各教員もその扱いを熟知している。また、現役の教員が組織する理数系教員連合会 (MAOL) が組織されており、教材や実験の支援を行っている⁹⁾。

フィンランドは、1993 年に施行された教科書検定制度の廃止や、学習指導要領の大幅な削減によって、教育現場に多くの自由度を与えていた¹⁰⁾。それによって、さらに様々な施策が直接に機能し合いながら、PISA に代表される教育的成果を上げている。

理科の学習内容は特徴的である。表 5 に、中学校の平均的なカリキュラムを示す¹¹⁾。物理は日本と同様に化学と同一教科で実施されているが、その内容は日本の高等学校の I 及び II を付した教科を含んでいる。4 年生まで学ぶ初等理科教育(自然教育)は、日本にない魅力的な教科となっている。フィンランドの森から学習が始まり、自然とヒトとの関係を柱に、ヒトの内部形態やはたらきを学習する内容となっている。その中に物理や化学、地学(含む地理学)の内容が織り込まれており、生活に身近な題材も交えながら、子どもたちの学ぶ意欲を引き出しやすいように工夫されている。また、小学校 2 年生の段階でヒトを構成する 5 種類の細胞が教科書にかなり正確に記述され、小学校 5 年生でその微細構造を学習するなど、発達段階の早い時期から正確で高度な情報を学ぶしきみができる¹²⁾。それを基礎に、中等教育の物理、化学、生物、地学が展開されているのである。なお、授業時間数は日本とほとんど変わらない。

フィンランドの理科の授業はさらに特徴的である。体験や経験を重視する文化背景から、自然から学ぶ、あるいは実験や実習を通して身につけるといった内容が徹底されている。写真は、中学校物理の焦点距離の実験風景である。三人一組で行われることが多いが、彼等の実験のスキルや学ぶ意欲は非常に高い。また、実験形態も日本のように一斉型だけでなく、単元によっては多くの課題からグループごと自由に選択させ、その後教師と面談

表 5 中等教育前期のカリキュラムと授業時間数

教科名	合計 単位 数	7 年		8 年		9 年	
		単位 数	時間	単位 数	時間	単位 数	時間
国語	9	3	105	3	105	3	105
英語	7	2	70	3	105	2	70
スウェーデン語	6	2	70	2	70	2	70
宗教	3	1	35	1	35	1	35
歴史／社会	5	1	35	2	70	2	70
数学	9	3	105	3	105	3	105
物理／化学	6	2	70	2	70	2	70
必修							
保健	1	1	35	0	0	0	0
生物	2	0	0	2	70	0	0
地理	1	0	0	0	0	1	35
生物／地理	4	2	70	0	0	2	70
体育	6	2	70	2	70	2	70
美術	3	2	70	1	35	0	0
音楽	1	1	35	0	0	0	0
技術	3	3	105	0	0	0	0
家庭	3	3	105	0	0	0	0
ガイダンス	2	0	0	1	35	1	35
選択							
ドイツ語(指定)	6	2	70	2	70	2	70
選択教科	13	0	0	6	210	7	245
合計	90	30	1,050	30	1,050	30	1,050

このような教育先進国とのギャップを埋めるには、教育制度、教育課程、学習内容、教員養成、教員再教育等様々な方向から多角的に手を加えることが必要となる。しかし、システムの変更は一朝一夕とはいかない難しい問題である。その中で、最も現実的かつ即効的に対応できるのが、高大連携の機能を生かし、理科教育を修正していくことである。それには、高等学校と大学が互いの教育の現状と内容、及び学習指導に関する問題点について情報交換することが始点となる。そして、それに基づいてカリキュラムの修正や学

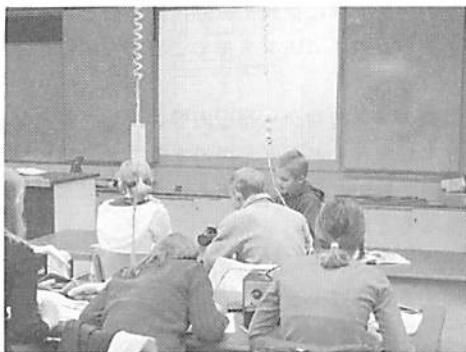


写真 焦点距離測定の実験(中学校物理)

習指導方法の工夫、教材の開発などの教育的支援を、高等学校と大学といった互いのフィールドで行うことである。その中で、例えば実験計画能力や問題解決能力など伸ばすべき資質をしっかり議論して育てよう取り組むことである。したがってそこには、高等学校と大学の間での教育理念の摺り合わせが必要となる。それが第三世代の高大連携である。

5. 第三世代に入った高大連携

高大連携の流れについて、簡単に触ると以下のようになる。旧学習指導要領でのいわゆる「ゆとり教育」や、高等学校の「個性化」に伴う多様な設置形態が1994年頃から急速に教育現場に広がり、多様な学習履歴やリメディアル教育といった副産物を生み出した。その頃から、高大連携の必要性が強調されるようになった。その後、1999年の中教審第二次答申「初等中等教育と高等教育の改善」は、高大連携の追い風となり流れは加速した。2003年新学習指導要領「特色ある学校作り」は、高等学校に学校運営におけるスクール・アイデンティティを求め、学校設置科目や総合的学習における特色化といったところで、ますます大学との接点を求めてきている。

その間連携の内容は、大学や受験産業が開催の主体となった大学説明会や入試説明会、オープンキャンパスといった形で進められた(第一世代の高大連携)。大学側には多くの優秀な学生を集めたいという思惑があり、大学の情報伝達に終始した。その後、進路指導の一環として、体験入学や公開講座の参加、出前授業や研究室訪問といった大学の教育や研究内容の紹介へシフトしていく(第二世代の高大連携)。その一つの象徴が、高等学校と大学間の単位互換である。

しかし、連携とは「おたがいに連絡をとって、協力すること：三省堂 現代国語辞典より」であり双方向的(interactive)でなければならないはずである。第一世代、第二世代の高大連携は、実際には大学の知的資産の一方

的な持ち出しであった。大学に対する高等学校側の様々な依頼は急増し、学部の業務に支障をきたす場合もある。安易な依頼は連携ではないはずである。

前章でも述べたが、日本の理科教育の現状を克服するには、高大連携に初等中等教育や大学教育の質の改善という新たな機能を付与する必要がある。そのポイントを表6に示す。

表6 第三世代の高大連携の視座

- ・ 初等中等教育の学習指導への支援
 - ① 理念の摺り合わせ
 - ② 伸ばす能力・求める資質の明確化
 - ③ 授業での文脈に沿った支援
- ・ カリキュラム・学習内容の接続
 - ① カリキュラムや学習内容の相互研究
 - ② 教材開発
- ・ 大学教育改善への支援
 - ① 基本的内容の習熟の徹底
 - ② 学習内容・学習指導の改善
 - ③ 双方向的(interactive)な支援と収穫
- ・ 教員の徹底した再教育(新大学院の開設)
 - ① 授業デザイン(目標・授業方略・授業計画・授業形態・評価・学習指導)力の獲得

フィンランドの場合、「個として自立した人間の育成」が明確に謳われ、それに応じて様々な方策が施されている。教育の質的な改善を目指すのであれば、どのような人材を養成するのか、どのような資質を伸ばすのかといった高等学校と大学間の理念の摺り合わせと、具体的なプログラムが必要となる。出前授業のような、一時的な興味関心の喚起ではなく、「この単元の、こここの実験が難しいから A大学 B学部の C研究室に土曜日依頼する」といった高等学校の理科教育の文脈に位置づけられた具体的な依頼が必要である。それは、両者が十分話し合ってプログラムを作らなければならぬ。

高等学校と大学のカリキュラムの情報交換も遅れている。現学習指導要領での削減項目の具体的な内容を熟知している大学の教員は意外に少ないのが現状である。また高等学校も、大学改革で初年次教育においてどのような改革が進められているか、また指導で苦労しているのかといった情報が届いていないことも事実である。したがって、高等学校と大学双方のカリキュラムや学習内容に関する情報交換を行い、その不連続を修正する研究も必要である。将来カリキュラムの接続を視野に入れた連携も必要であろう。

連携の努力は双方向でなければならない。多くの大学は、初年時教育において学力低下や学ぶ意欲の喪失に直面し、理数系教科の基礎基本の習熟と定着を図らなければならぬ。したがって、大学の中には高等学校に学習指導の支援を求めたいところもあるはずである。このプログラムをうまく設計できれば、高大間の情報交換は円滑に進み、多くの手がかりを得ることができるであろう。例えば、微分方程式が数Ⅲから削除された今、どのようにそれを補足するのかといった議論が、連携の中から生み出すことが必要なのである。

教員の学習指導力や教材開発の力の向上も図らなければならぬ。フィンランドの教員には、修士号取得だけでなく、専門科目と教育に関する科目の両方を熟知している。日本にも、現状に則した新しいタイプの大学院による再教育が必要である。

高等学校も大学も、それぞれやるべきことをきちんと押さえなければならない。その上で高大連携は機能する。もしも、表6に示した取り組みが一つでも可能になれば、日本の理科教育の流れを大きく変えることができるであろう。

6. これからの理科教育の視座/おわりに

これからの理科教育に必要な視点について、復唱の意味でまとめたものを表7に示す。

表7 これからの理科教育の視座

-
- ・基礎基本の習得(認知・スキル)
 - ・ホンモノとの直接体験
 - ・知のネットワーク化の促進
 - ・高度な学習内容の習得
 - ・モニタリング能力の向上
-

知らなければ学ぶ意欲は生まれてこない。授業時間が限られている中で、どのようにすれば科学を学ぶ上で必要な基礎基本を習得できるか、その学習内容はどうあるべきかといった検討と、どのようにそれを指導すべきかといった議論が、これからの理科教育に必要である。

ホンモノとの直接体験は、生徒の学ぶ意欲を引き出す最高の出会いである。ある意図を持って直接体験させることにより、多くの情報を得ることができる。情報はネットワーク化され、さらに次の情報の獲得が容易となる。大学には多くのホンモノが知的資産となって残されており、それらを利用することによって学ぶ意欲を引き出すことは可能となる。理科の学習の文脈

に沿った内容を大学に依頼すれば、到達度といった認知面でも高いレベルの成果を得ることができるだろう。

発達段階の早い時期から学習内容の文脈を整えた上で、高度な内容をどんどん提示することも重要である。認知的不協和を起こす情報も、時には学ぶ意欲の源にもなることは周知の事実である。どのような理科の内容がこれからの生徒に必要なのか、高等学校と大学が議論する意味は大きい。

教育は、最終的には教員と生徒(学生)といった個と個の接点に集約される。それは、高等学校も大学も同じである。そこには、正確に生徒の学習状況をモニタリングできる力が必要となる。その情報がなければ、個に対応する処方箋を書くことはできない。日本が蓄積してきた理科教育の資産は、まだ世界のトップレベルにあるといって良い。全国に点在するその資産を早く面にできるようにコーディネートし、個と個の接点に学習指導を加味した時、新しい理科教育が始まるであろう。第三世代の高大連携は、その可能性を示しているのである。

引用文献

- 1) 有馬朗人：「理科と数学の時間は減らしすぎた」。
『論座』，76, pp.39-51, 2002
- 2) ベネッセ文教総研：高校生の学力変化と学習行動, pp.35-38, 2002
- 3) 文部科学省：PISA(OECD生徒の学習到達度調査)2003年調査
http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/001/04120101.htm
- 4) 鈴木 誠：学ぶ意欲の処方箋・やる気を引き出す18の視点 - , pp.59-63, 2002, 東洋館出版社
- 5) Finnish National Board of Education: National core curriculum for basic Education 2004, 186-191, 2004
- 6) 鈴木 誠：フィンランドの教育課程と理科教育、理科の教育, Vol. 54 No. 4, pp. 17~19, 2005
- 7) Anna Maaria Nuutinen, Pirjo Tolvanen, Erkki Alanen : Luonnonkirja 1.2. WSOY, 2000
- 8) Johanna Honkanen, Martti Raekunnas, Jorma Riikonen, Matti Saarivuori, Eekki Alanen : Luonnonkirja 3.4.5.6. WSOY, 2000
- 9) 鈴木 誠：フィンランドの理科教育-教育制度と前期中等教育での化学教育-, 化学と教育, 印刷中

スーパーサイエンスハイスクールにおける高大連携の取り組み (北海道札幌北高等学校の実践)

北海道札幌北高等学校 今野 博行

札幌北高校は平成14年4月、文部科学省より構造改革の一環として、科学技術教育に重点を置いた研究指定校制度の一つであるスーパーサイエンスハイスクール（SSH）に指定され、以後、高大連携を軸に研究開発を進めてきた。3年間の指定期間を終え、17年度は経過措置として1年間の継続指定を受けて活動している。これまでの活動を振り返りながら、SSHとして高大連携についてどのように取り組むことができたかを解説していきたい。

キーワード スーパーサイエンスハイスクール（SSH）、高大連携、

1. スーパーサイエンスハイスクール構想

文部科学省のスーパーサイエンスハイスクール構想の趣旨は次のようなものであった。

「科学技術、理科・数学教育を重点的に行う学校をスーパーサイエンスハイスクールとして指定し、高等学校及び中高一貫教育校における理科・数学に重点を置いたカリキュラムの開発、大学や研究機関等との効果的な連携方策についての研究を推進し、将来有為な科学技術系人材の育成に資する。」¹⁾

また、スーパーサイエンスハイスクールの取組として次のような項目が推奨されている。

?学習指導要領によらない教育課程の編成実施等により、高等学校及び中高一貫教育校における理科・数学に重点を置いたカリキュラムの開発

?大学や研究機関等と連携し、生徒が大学で授業を受講、大学の教員や研究者が学校で授業を行うなど、関係機関等との連携方策の研究

?論理的思考力、創造性や独創性等を一層高めるための指導方法等の研究

?科学クラブ等の活動の充実

?トップクラスの研究者や技術者等との交流、先端技術との出会い、全国のスーパーサイエンスハイスクールの生徒相互の交流等

?トップクラスの研究者や技術者等との交流、先端技術との出会い、全国のスーパーサイエンスハイスクールの生徒相互の交流等¹⁾

このように独自のカリキュラムを構築できる機会が与えられるとともに、大学・研究機関との合同研究が推奨され、高大連携を推進するおおきなチャンスともなった。

2. 札幌北高的スーパーサイエンス

2. 1 札幌北高的選択

このような文部科学省の要請を受け、本校でまとめられた研究方針は次のようなものである。

?研究開発課題

大学・研究機関等との連携を図りながら理数系教育を充実し、生徒の創造性・独創性を高めるための効果的な指導方法、評価方法及びカリキュラムの研究開発

?研究の概要

・北海道大学と連携し、理数系教育における飛び入学、高大連携など、大学・研究機関等との連携の在り方やカリキュラムに関する研究開発

・道立理科教育センターと連携し、創造性・独創性の基礎を培うための教材開発、指導方法や評価方法の研究開発

・文系生徒が科学技術や理科教育の重要性を認識できる教材等の研究開発

この方針のなかで、北海道大学や道立理科教育センターとの連携が特に強調されており、計画段階では北海道大学への「飛び入学」の構想もあった。ただしこれについては本校職員内で反対意見が多く、初期の段階で消滅している。

また、文系生徒に対し理科教育の重要性を認識させたいと考えた点が、他の学校と比べて特に際立っていた、ということが後になって判明する。

2. 2 札幌北高的スーパーサイエンス

次に挙げるのは本校が新しいカリキュラムの編成に立ち、構成の基礎としたねらいである。

「本校の生徒の特徴として、理系志向が強く、例年5~6割の生徒が理系学部への進学を志望している。本事業の目的を考えると、科学に興味・関心を示し、素晴らしい特質を備えた生徒のために、科学の専門性に特化した教育活動を保証することは大切である。そのため、科

学に関する高度な知識・技術の修得に加え、課題意識の持ち方、科学の醍醐味である未知への挑戦など、通常の学習内容を超えた教育活動を用意する必要があると考えている。一方、日本の将来の科学技術の発展にとって、科学的な方面への資質を有する一部の人間だけに特化した教育ばかりでなく、広く各界で活躍するすべての人材に科学的な課題解決の方法を学ばせることも重要であると考える。日本の近代化成功の一つのキーポイントは、全国民への教育の浸透であったことを考えれば、科学を支える人口の裾野を広げることは、科学の進展に必要不可欠である。さらに科学の歴史を紐解けば、いわゆる科学とは無縁と思われる事項を解決するための取り組みが、科学の発展を促した例も見ることが出来る。学問の世界にパリアフリーが到来しており、理数系学部へ進む生徒は勿論のこと、理数系学部以外へ進む生徒が、科学的な眼を持つことは大切であると考えている。

以上のことから、本校はSSHを一部の生徒に限定せず、全生徒が関わることが出来る活動を基本とし、希望者にはより発展的な教育内容を提供することができるよう配慮することとした。具体的には高大連携による発展的内容に講義や大学の公開ゼミ、学校設定科目「サイエンスアプローチ」の履修により、全生徒に科学的な眼が育成されるものと考えている。また、高大連携による放課後講義や、大学研究室での講義・実験などの履修により、科学に強い関心のある生徒に科学者、技術者としての資質を育むとともに、理数系部活動の充実を図ることが出来るものと考えている」²¹

文部科学省からの研究開発課題を受け、ほとんどの指定校は、理数系の一部の生徒に焦点を絞ってカリキュラム等の開発を行なったようである。本校では上に述べたように「サイエンスアプローチ」という科目を設け、全生徒に履修させることにした。この学校設定科目は年間で4日間、まる一日を理科・数学に重点を置いた内容で、全職員の協力のもとに行なわれる。

このまるごと一日を理数系のテーマの下に行なう日をスーパーサイエンスデイ（SSデイ）と名づけ、年間四回行なわれる。次に挙げるは今年度6月20日に2学年で行なわれた第一回目のSSデイの時間割である

Table.1 第2学年サイエンスアプローチ時間割

コース	主テーマ	1校時	2校時	3校時	4・5校時
P1(44)	光と色	物理	物理	体育	講演
P2(44)	光と色	物理	体育	数学	「銀河系から 銀河宇宙へ」
C1(39)	物質の構造	化学	化学	化学	

C2(45)	染色の化学	国語	化学	化学	—
B(40)	退化	日本史	国語	生物	
G(43)	天気図	地学	地学	化学	
I(41)	コンピュータ ウィルス	情報	化学	国語	
M1(29)	数学入門	数学	数学	国語	
M2(36)	数学入門	国語	数学	数学	

なお、Table.1 中で1～5校時とあるが、本校では1校時あたり6.5分授業を採用しており、通常の時間帯に合わせて行なっている。午後の講義については、本年度2学年の年間4回のSAの初回として、理科4科目のうち物理の担当となり、北海道大学大学院理学研究科宇宙物理研究室の先生に講演をいただいた。締めくくりとなる4回目のSAは2月に行なわれるが、午前の部はすべて選抜された10名ほどの生徒やグループの研究発表に割り当てられている。私個人としては生徒たちのこの研究する姿勢が特に気に入っています。今後発展させたいと願っていたものの一つである。

その他、本年度の北海道大学との高大連携事業のうち、物理領域に関わるものと並べてみる。

放課後講義（土曜 13:10～15:00）

『特殊相対性理論』 10月1日

『一般相対性理論』 10月8日

『素粒子の世界』 10月15日

夏季体験実験 8月5日（午前1時間、午後2時間）

『トンネル顕微鏡を用いた原子の観察』

『レーザー光の世界』

『極低温世界の不思議』

『ラジオ波の物理』

『生体とマイクロ波』

巡査 8月4日（バスにて現地入り 10:00～15:00）

電波天文台見学（講義と実習）

『宇宙物理学と電波望遠鏡』

SA講演 6月20日（13:05～15:25）

『銀河系から銀河宇宙へ～電波天文学が拓く宇宙像～』

3.まとめにかえて

私自身はSSH指定校に勤務し、底辺でSSHに関わっては来たが、職員会議はさておき、北大や理科教育センターなどの先生方からなる「SSH運営指導委員会」や、校内の「SSH委員会」など、中核となる委員会に

携わることはなかった。したがって、各委員会で行なわれたさまざまな努力や議論を脳において、勝手な主観を述べるわけにも行かない。たとえ私自身がSSH全体に対し好意的な意見を述べたとしても、はっきりとした成果を明言できない以上、内部告発のように受け取られてしまうのはかなわない。そこで、できるだけ私の主観に片寄らないよう、既存の文書の内容を羅列してみたつもりである。紙の上に書いてしまうと「高大連携」の中身として、大学の先生方にSAの午後の部や放課後の講義のために来ていただいたことと、夏休みに生徒たちが研究室にお邪魔をした、といったことだけになってしまった感がある。それでは、研究結果として何が分かったのか、と問われると、ギブアップせざるをえない。

ここからはSSHの成り行きを実際に体験した一人の教員として、主観的許される範囲で述べさせていただきたい。今年の卒業生の中には、夏の体験実験や、数学・理科の全領域合わせて年間15回ほどもあった放課後講義にほとんどすべて参加した生徒も現れた。数学や理科の全領域について先端的な講義を受けた結果、目標をはっきりしたらしい。東大や京大を目指すものが増えたのもそのせいかもしれない。

私自身は現在、本校がSSHの取り組みを始めて2年目に入学した学年で担任をしているが、やはり理科の問題や実験にどっぷりとはまった、SAの申し子のような生徒が続々と、までは行かないが各クラスに何人か生まれた。

今後、SSHの指定期間が終了した後も、夏休みの北大での体験実験や電波天文台への巡検などは残す方向で話が進んでいる。それでは、SAはどうか。すでに本年度の1学年からは「SA」ではなく「総合」という名に変わっており、私の好きな生徒たちの研究発表は期間満了とともに消滅してしまったらしい。消滅せざるを得ない理由は簡単で、自分自身も内心ほつとした面もあるが、「SA」が消えてしまったのは理科の教員としては惜しいことだった。

通常の、大学受験を目指したカリキュラムを推し進めることに、探求学習というものを大々的に要求するのは難しい。マスメディアに囲まれ知識が豊富と思われながらも、ひとたび彼ら自身が未知の自然現象を研究する立場になれば、とても謙虚な姿勢を見せる。

今回の、SSH全体を通しての探求学習を「楽しんだ」ある生徒の例である。この生徒は、ずっと生物部に所属しているが、ほとんど全ての放課後講義を聴講し、あら

ゆる体験実験に参加した生徒の一人である。その結果か、この子は理論物理に染まった。その後生物系の実験を統けながら、「SA」での授業に関連した物理のレポートをまとめあげ、AINシュタインの記念のイベントに当選して千葉まで行って研究発表を行なった。今度は岡山にも行って来るそうである。その子はどんなに自信たっぷりだろうと思われるかも知れないが、本人はいつも自信なさげで、センター試験の点数を「当日どこまで取れるか」と大変不安に思っている。高校教育課程から外れた知識をたくさん持っているが、受験技術を身につけるのはこれからなのだ。

私はこの子を、とても恵まれていると思う。「高大連携」はある面限られた枠の中にあったが、体当たりで全てを吸収した。吸収した全てはこの子の将来を通じて必要であり、この子自身、進んだ道で大いに役立つに違いない。非常に大切な時期にこの学校にたどりついたものだ。SSHについて私が好意的に思うのはこの女の子のような例が他にも続々と出てきて欲しいと思うためでもある。

SSH運営指導委員会会議録に、北海道大学副学長佐伯 浩先生の次のような言葉が載っている。

「大学側には、高大連携について二つの視点がある。一つは、良い学生に来てほしいための高大連携であり、もう一つは研究者として成長するために、研究者のやっていることを知ってほしいこと、の2つの視点である。」²⁾

しっかりと学力を身につけると同時に、大きな希望をもって生徒たちが卒業してくれるのが高校の教員にとってもっともうれしいことだ。そしてこの「大きな希望」と、「しっかりと学力」とは、結びつきが大きい。「大きな希望」を抱くきっかけが、テレビであったり、両親や親戚であったりすることもある。教師であること、あるかもしれない。そしてもう一つ、実際の大学に深く関わり、その魅力に取りつかれたなら間違いはないだろう。そのようにして着実に実力を育んできた生徒たちが、大きな夢を抱き、受験への不安を抱えながらいま、高校生活の後半に差し掛かろうとしている。

引用文献

- 1) 文部科学省ホームページ
- 2) 平成15年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書

北海道函館東高等学校における高大連携の現状と課題

函館市立北海道函館東高等学校 渡辺 優輝

(公立はこだて未来大学非常勤講師 兼務)

現在様々な高校教育場面で行われている高大連携の現状について、勤務校である函館東高校の事例をもとに整理し、今後の発展の可能性について考察する。また現在注目されている、大学訪問・出前講義に代表される「受動型連携」から、生徒・教師と大学との共同研究に代表される「参加型連携」へのシフトや、大学非常勤講師としての大学リメディアル教育への高校からの助成など、新たな連携の方向性について、物理教育という視点から、その接点を模索する。

キーワード 高大連携 リメディアル教育 単位互換

1. 今までの高大連携の欠陥

最近、多くの高校では、生徒の進路意識の高揚、大学進学に向けた動機付けの一貫として、様々な形態の高大連携が行われている。しかし、その実態は打ち上げ花火的な要素が強く、あくまで高校生徒の「受動的な受講」が主であり、継続性・発展性という観点からは多くの疑問が残る。一回受講しただけ、一回施設見学をした程度では、なんらオープンキャンパスの域を出ているわけではない。プログラムの関係で、せっかくの機会ということから盛りだくさんに時程が区切られ、せっかくの研究者との懇談の時間、face to face の時間がじっくりとれない現状もある。また興味関心という名のもと、現時点で関心のないものは切って捨てる、という惡しき教育状況の中、また高校教師の思いこみからの生徒に提示するアカデミックメニューの少なさから、せっかくのイベントを棒に振る生徒もいることも事実である。出前講義や施設見学を否定しているのではない。ただ実施時期と、その教育段階に応じた適切なガイダンスが必要なだけであり、それを高校側が整理して誘導するシステムを持たない限り、この現状を打破することはできないであろう。

勤務校である北海道函館東高等学校は函館市立高校であり、施設設置者が一致することから公立はこだて未来大学と様々な点でユニークな連携した教育活動をおこなってきた。総合的な学習の時間の中でもそれらを活用している。今回はその事例を紹介するとともに、新しい型の高大連携の可能性について、非常勤講師としての経験と物理教育という視点から考察を加えてみる。

2. 北海道函館東高等学校の高大連携の例

2.1 総合的な学習の時間

総合学習が高校に導入されてから3年たつ。つまり本

年度が完成年度である。しかし都市部の進学校では、時間割の中、正規の授業時間の中に入れず、イベントをまとめ取りしたり、実際は学校行事等で代替する例が多いと聞いている。本校では全学年ともに時程の中に入れ、1学年は生徒の志望する大学の学部系統別研究を班単位で探究・発表し、2学年はディベート・小論文を中心とする自己発信能力の向上をめざし、3学年は将来単位制高校への移行をにらんだ課題研究（個人論文）に力を入れ、分掌である総合学習部の企画立案のもと、全学体制で、この「教科」を運営している。つまり進路意識づけの最適な教科として位置づけているのである。この教科は様々な側面を持つが、高大連携という視点からみたとき、本校では以下の様な事例が該当する。

2.2 大学施設見学と講義受講

1学年が対象であり、実施は秋である。平日の午後全部を使い、現地集合ではこだて未来大学の最新の情報教育施設、大学院研究棟をグループごとに見学し、その後、複雑系科学科・情報アーキテクチャ学科それぞれ3講座ずつの同時展開の講義を、選択により聴講する。カオス理論、フラクタル、セルオートマトンなどの最先端科学から、ロボット、システム、情報デザイン等々様々な分野のトピックを聞くことで、未来大学がめざす多種多様な方向性を聞くことになる。ここでは、ひとつの大学がひとつの研究をおこなうものではなく、様々な分野の有機集合体であることに気づかせることが大きな目的である。更に関心のある生徒は、2年生時からオープンキャンパスに参加している例もある。

この講義の選択の際、私は担当する1年生に対し、特にイメージがしらず複雑系科学についてのガイダンスを授業中におこなっている。いきなりカオスだの、非線

形だの、では生徒は面食らってしまい、扉を閉じる可能性があるからである。ナツメ社の図解雑学本や未来大学のキャンパス紹介CD-ROMを使い、ある程度情報デジタルにこだわって授業をやっている。そうすることで、一過性に近い講義の受講も、より興味関心をもって受講することができ、またもっと詳しく話を聞きたいという点から教授陣との個人面談のアポイントも非常勤講師として勤務している私を通して実現している。



Fig.1 公立はこだて未来大学での講義受講（1年生）

2.3 多くの大学を招く選択型出前講義

1, 2年同時に6月に実施される。民間会社を通し、北海道内外の20を超える大学から、文学・経済・理学・工学・医学等々の出前講義を招聘し、本校の500名近い生徒が、その中から2つの講座を選択し受講する。プロジェクトやスクリーンをかき集め、大学講師それぞれに担当教員をはりつけ、前半後半の2セット体制で生徒のニーズに応えている。ここでのポイントは、1, 2年同時受講ということである。現時点では単位制ではないので、学年がまたがって同一の講義を受講する、ということは非常に価値があり、1年生は進路動機付け、2年生は発展的な選択、と異なる価値観で受講している点が重要である。



Fig.2 出前講義の一場面

ここでも私は物理教員として千歳科学技術大学や北大水産学部の担当をまかされているが、選択する生徒達を放課後に呼び、その講義に必要なミニマムエッセンシャルのプレ講義、および大学紹介をおこなっている。今年は私だけでなく、他の理科教員もこれに賛同し、夏に行われるオープンキャンパスへの接続を考えている生徒も多い。これも連携という名ではあるが、一貫教育的な意味合いをもっているものである。

2.4 高校時程に組み込んだ講義の受講

本年度から函館東高校とはこだて未来大学は高大連携に関する協定書を結び、そのはじめとして、14:50～16:20（大学4限目、高校7時間目）本校の生徒が直接大学の複数系学科1年生が必修科目で受講する「情報処理概論」を受講する、という試みをスタートした。7月までの全15回の講義と考查も通常の学生と同等に受け、今回は時間の関係でできなかったが、将来的には、未来大学の単位として認定できる様はたらきかけている。高校的には、総合的な学習の時間の中に組み入れ、（他の生徒は課題研究をやっているが）大学受講の生徒達は指導要録に学校設定科目「情報処理概論」の単位認定をしている。また総合学習の一貫であるという認識から、受講終了後はその内容をデジタルでまとめ、高校の学年全体の前で講義成果を発表することになっている。情報処理概論は全員ノートパソコンを携帯し受講することが義務づけられており、生徒の個人使用のノートパソコンを、未来大学のシステムに入ることができるよう、セキュリティ、セットアップ等の具体的な実務面で私は彼らをサポートしている。ここでは非常勤講師としての経験が十分に活用され、不備の事態が発生したときの対応全般を私が担当している。



Fig.3 情報処理概論を受講する高校生

現在受講している高校3年生は7名。移動にはジャンボタクシーを使うことで、通学の保険関係はクリアしている。いつも最前列に陣取り、毎時間行われる小テストも非常に高得点をあげ、期待がもてる。この高校生達は何も未来大に進学したいから受講しているのではない。面接のときに優位だとか、AO入試に役立つとか、そのような進路的な打算で受講している生徒は皆無である。将来情報工学を学ぶにあたり、先取りした内容を学んでおきたいという、積極的な進路意識の高い高校生が全員である。

2.5 リメディアル教育へのサポート

物理を高校で履修せずに入学した複雑系科学科の学生に対し、毎週水曜日16:30~18:00の高校勤務外の時間で、前期講義「物理学入門」を非常勤講師として私は担当している。質点の運動を例とする線形、非線形2階微分方程式の解法や単振動・波動のシミュレーション、多種多様な演示実験を通し、広く自然現象を扱う複雑系科学のイントロダクションとしての性格をもつ講義であり、リメディアル=再教育の域を超えた、自然科学入門的な意味合いをもつ、未来大学の教育システムと連動した講義である。後期は「物質の科学」という全学対象の教養講義を担当し、先端ナノテクノロジーのグローバルな視点からと地域函館のトピックを中心としたローカルな話題まで、高校物理・化学をベースにした、実際の活用を意識した科学教養の講義内容である。学生の講師評価は非常に高いものがあり、学内プラウザで調査した結果、両方ともに満足度98%という評価を頂いている。



Fig.4 サイエンスデモンストレーション

高校で活用しているビデオ教材、シミュレーションソフト、投げ込み演示教材を駆使し、講義終了後は学内の1階に広くとられているプレゼンテーションペイで、その日に行われた講義のサイエンスデモンストレーションを30分程度体験させ、知識の定着をはかっている。

- ①位置、速度、加速度
- ②運動方程式
- ③力のつり合い
- ④落体の運動、抵抗力を受ける運動
- ⑤ベクトル演算子
- ⑥円運動、単振動
- ⑦波動基礎
- ⑧仕事
- ⑨仕事とエネルギーの関係
- ⑩運動量と力積
- ⑪運動量の保存
- ⑫万有引力
- ⑬面積速度と角運動量
- ⑭回転運動の方程式
- ⑮回転運動の例

Table.1 物理学入門 進度表

- ①ガイダンス、ナノテクノロジー概要
- ②カーボンナノチューブ、ナノセラミックス
- ③ゼオライト、ナノインテリジェント材料
- ④ナノマシン、ナノプローピング
- ⑤ナノ振動子
- ⑥半導体ナノデバイス、量子コンピュータ
- ⑦次世代ディスプレイ
- ⑧膜技術
- ⑨光触媒
- ⑩ナノ合金
- ⑪人工骨
- ⑫ナノバイオチップ
- ⑬水素吸蔵合金、太陽電池
- ⑭ナノコンポジット、ナノロボット
- ⑮まとめ、ナノテクの将来展望

Table.2 物質の科学 進度表

3. 今後の課題

前章で例示した例は、ある側面は高校物理教師として、またある側面では大学非常勤講師として、イベントに対する「個人的なサポート」にすぎない、という感はぬぐえない。一番最初に述べた打ち上げ花火的なサポートと言ってもよいかもしれない。今後の重要な課題は、ある教師個人による高大連携のサポートではなく、もっと本質に関わる場面で、積極的に大学・高校の一貫した教育システムの公的な融合をはからなければならない、という点である。函館東高校は、公立はこだて未来大学の付属高校ではないが、設置者が函館市長である、という一致を活用し、高校1年からとはいわないまでも、文理を選択する2年生から大学4年間、大学院を見越した一貫カリキュラムを作成してもよいのではいだろか。高大の教員が膝を交え、連続的な視点から教育観を形成し、お互いの改善と、お互いの教育活動に関わる場面がもっと増えてよいと考えている。

函館東高校は平成19年度に同じ函館市立高校である北海道函館北高校と統合し、新しい単位制高校として新生する。私は現在、その新しい学校の教務部門、カリキュラムづくりの作業をしているが、その中に、未来大の情報工学の教授が直接前期・後期に高校の教室に立ち、高校生を直接育成する授業を考案している。また私が未来大学で講義している内容を高校の授業として高校生に還元する「大学初等物理入門」「先端科学技術研究」などの独自学校設定科目も予定されている。この科目群は

私が担当するのではない。高校の理科教師が、生徒の将来のビジョンを育てるために設定するものであり、教科内の合意は得られている。また文系ではあるが、市内にある極東ロシア大学からも高校講義のオファーが来ており、高校生にロシア語を通じたロシア文化を伝える講義も現在検討中である。

また、ここ函館は30万都市ではありながらも、8つの高等教育機関を有する学術的に稀にみる中核都市である。京都コンソーシアム構想を模した「函館圏8大学連携構想」が本年度からスタートし、学生同士の様々な単位互換制度が近年中には開始され、その大学センターの設置場所として、五稟郭文教地区に近い函館東高校敷地が候補としてあがっている。この好機を活かし、高校と大学センターの融合と、函館市ならではのトータルな教育活動が支援できる体制が整ったとき、新しい高校の真的高大連携がスタートできると確信している。

函館には科学館がなく、物理教育はもとより、科学教育をサポートする施設がない。函館東高校をとりまく8つの大学の中で、情報理工学=はこだて未来大、理科教育学=北海道教育大学函館校、地球環境全般=北海道大学水産学部、テクノロジー=函館高等技術専門学校、物理体育部門=大谷短期大学等々、単位制高校の利点を活用した高校生・大学生の交流と共同研究、および教員間がしっかりと連動した教育システムの立ち上げが、まもなく始まるであろう。

北海道工業大学における高大連携教育の現状

H.S-U. Partnership Program at Hokkaido Institute of Technology

北海道工業大学 教授 苫米地 司 助教授 龜山 修一

Tsukasa TOMABECHI, Shuichi KAMEYAMA

北海道工業大学では、進路状況の異なる3校との高大連携教育を実施している。この連携教育は、「工学の分野で何を学び、その成果と社会との接点は何か」を理解することで高校生の学習意欲を高めるとともに、地域の科学技術教育活動の普及に寄与することを目的としている。連携教育では、工学の基礎的な実験や演習を取り入れた講座を開設し、それぞれ教員1名と数名の学生・大学院生で指導している。

Abstract

Hokkaido Institute of Technology has been practicing science partnership programs (SPP) in cooperation with three high schools, two academic high schools and a technical high school. The SPP aims for giving high school students an incentive to learn science through making them understand the role of engineering in our society, and we wish it promote the sciences and technology education in the local area. We provide a lot of courses into which basic experiments / exercises of engineering are introduced and each course has a faculty member with a few undergraduate or graduate students.

キーワード 高大連携教育、科学技術教育、工学

Keywords: Science partnership program, Science and technology education, Engineering

1.はじめに

大学受験において高校生は、何を尺度に志望校を選んでいるのであろうか。高校の進路指導では、大学をどのような尺度で評価して指導しているのだろうか。現状をみると、受験産業が算定した偏差値が基準尺となっているように見受けられる。こうした状況の中で、「大学を受験する18歳の春の偏差値で自己を評価し、偏差値の高い大学に入学した学生は『人生の成功者』、逆に偏差値の低い大学に入学した学生は『人生の敗北者』と決めつけてしまう学生が増えている」という。大学生活は、自分自身を大きく成長させる場である筈である。この成長を否定しているようで何とも悲しい限りである。一方、大学入学後の短時日の間に、退学者や欠席がちになる者が増加している。この要因としては、一般的に入試の多様化や基礎学力の低下などが挙げられているが、学生と接して感じることは、在籍している学科の内容についての理解が不十分で「何を学びたいのか」という目的を持っていない学生が多いことである。特に、この傾向は退学や留年する学生に目立っている。偏差値で階層化され、自分の偏差値で受験できる大学が決まるという志望校選択方法では、当然の結果とも言える。それぞれの大学で「どのような教育が展開され、何が学べるか、その分野と社会との接点は何か」を把握し、偏差値以外の評価軸に基づいて進路を考える時期に来ているのではないだろうか。

このような社会背景の中、北海道工業大学は受験産業による偏差値が高くはないが、「知的好奇心に溢れた多くの学生」でキャンパスが埋め尽くされることを願い、「ヒューマニティとテクノロジーの融合」という新しい工学教育の概念を掲げて、大学改革に取り組んでいる。その改革のひとつに、高大連携教育の実践がある。この連携教育は、「工学の分野で何を学び、その成果と社会との接点は何か」を理解することで高校生

の工学分野への理解と学習意欲を高めるとともに、地域の科学技術教育活動の普及に寄与することを目的としている。本稿では、その概要と成果を紹介する。

2.高大連携教育の実施に至る経緯と実施形態

北海道工業大学では、表1に示す進路状況の異なる3校との連携教育を実施している。この連携教育は、2003年度にB高校と文部科学省のサイエンス・パートナーシップ・プログラム（SPP）に応募し、採択されたことに始まる。その後、A高校からの申し入れ、翌年にはC工業高校からの申し入れあり、現在に至っている。各高校の連携教育プログラムは、高校の教育方針に基づいて検討しているため、図1に示すように高校ごとに異なる。

表1 連携高校の2004年度進路概要（㈱ドリコム資料から）

高校名	卒業生数	大学		短大	専修校	就職	予備校	その他
		国公立	私立					
A高校	353	127	111	13	18	4	80	
B高校	330		57	32	134	65	4	30
C工業高校	297	1	54	9	108	113		12

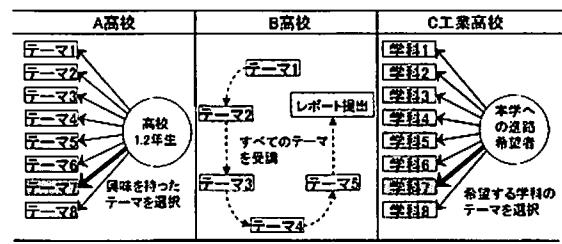


図1 各高校における連携教育の実施形態

A高校に対しては、1、2年生を対象に「くらしを支える工学技術」と題した講座を開設し、希望テーマを受講する形態を取っている。

B高校に対しては、3年生の物理・生物履修者に「工学の基礎演習」、2年生の応用科学履修者に「工学の体験学習」、2年生の物理履修者に「物理の基礎実験」と題した講座を開設している。B高校では、これらをカリキュラムの中に組み込んでおり、各講座とも全てのテーマを受講する形態を取っている。

C工業高校に対しては、「高大連携演習」と題した講座を開設し、3年生の本学進学希望者が志望学科のテーマを受講する形態を取っている。B高校と同様、講座は高校のカレンダーの中に組み込まれている。受講者は週1回、約2ヶ月間にわたり受講し、最終回に開催される発表会・講評会において各自の成果を発表する。

3. 連携教育の概要と受講者の意識

2004年度に実施したA高校、B高校の連携教育のテーマと概要の一例を表2に示す。全てのテーマは各学科の基礎的な内容に基づいた実験、演習を伴う体験型の教育であり、工学に対する理解を深めることで学習意欲を高めることができるよう工夫されている。受講した高校生は、写真1に示すように実験の中で「手でさわり」、「目で観察」することを通して工学技術の一端を楽しんでいる。以下に、A高校とB高校の実施概要を示す。

3.1 A高校の実施概要

A高校との連携教育は、高校入試で授業のない3月上旬に実施している。2004年度の講座は各テーマとも1~5名の小人数で実施した。各テーマは、本学の教員1名と学生・大学院生からなる数名のティーチングアシスタント(TA)が指導した。

表2 2004年度連携教育実施テーマの概要

実施テーマ	担当学科	連携高校	参加者数	テーマ梗概
健 康 と 医 療 機 器	福祉生体工学科	B高校 3年生 (実施時期:平成16年8月18~27日)	80名	心電計を用いて心電の計測を行う。この計測で得られた心電図から、心電と心臓の動作との関係を考察する。
音 戸 解 析	電気電子工学科		38名	身近にある音をPCに取り込み、音が様々な周波数を持つこと理解し、耳に聞こえる音の性質と周波数分布との関係を考察する。
電 子 回 路 演 習	電気電子工学科		38名	トランジスタ変調回路による微波変調度の信号周波数、電圧依存性の測定を行う。
ち か ら と 形	建築学科		38名	ケント紙を折り曲げて幾つかの型を製作し、これに破壊するまで力を加え、「ちからと形」の関係を理解させる。
センサー ロボット演習	機械システム工学科		38名	オリジナルロボットを製作し、製作したロボットのセンサーおよびモーションの制御を行い、実際に動かして動作を確認する。
建 築 の し く み	建築学科		26名	建築物の平面図をカッターで切り抜き、折り曲げて2次元から3次元の建築空間を創り出し、建築のしくみを理解させる。
マ ル テ メ デ ア	情報デザイン学科	B高校 2年生 (実施時期:平成16年8月19~30日)	26名	アプリケーション画面の基本操作を理解し、3Dオブジェクトを作成して任意の曲線上を移動させるアニメーションを作る。
航空 写 真 を 使 っ た 土 地 利 用 の 变 迹	環境デザイン学科		26名	航空写真を用いて、航空写真の実体視の困難と、町並みの発達過程、道路・鉄道などの発達、緑地の減少過程などを時系列的に解析する。
バ リ ア フ リ ー と 工 学 技 術	社会基盤工学科		26名	車いすに試乗して段差およびスロープの昇降を体験し、スロープの延長と高低差を測量機器を用いて計測し、勾配などを算出する。
介 紹 福 祉 と 工 学 技 術	福祉生体工学科		26名	介護機器および体操器具の操作・収納方法を教示し、これらの機器の操作、老齢者疑似体験を通じて介護福祉の在り方を考える。
GIS を 使 っ た 地 域 環 境 分 析	環境デザイン学科		3名	GISソフトを使って身近な地域情報を調べ、1枚の地図を作成しながら、GISの有効性を体験する。
体 験・ビデオ編集	情報デザイン学科		1名	業務用ビデオカメラを用いて、映像素材を撮影し、その素材を編集して簡単な作品を制作する。
住 宅 を 計 画 す る	建築学科	A高校 1、2年生 (実施時期:平成17年3月2~4日)	5名	最も身近な建築である住宅をテーマに基盤的な建築設計の内容、プロセスを体験する。
センサー ロボット の 作 制	機械システム工学科		4名	ロボテクス学習用キットを使用して、目的に合わせたロボットを組み立て、ロボットのコンピュータ制御方法を体験する。
イ ン タ ネ ッ プ ・ リ テ ラ シ 一	情報ネットワーク工学科		2名	パソコンを組み立て、ネットワークに接続し、WEBを利用して情報発信をしながら、インターネット・リテラシーを体験する。
色 素 増 感 型 太 阳 電 池 の 作 制 実 験	電気電子工学科		2名	野菜や花などの身近な素材から色素を抽出して、色素増感型太陽電池を作製し、その特性を測定する。

表3 A高校の連携教育スケジュール

日程	スケジュール
第1日	個別ガイダンス後に実験・演習
第2日	実験・演習
第3日	実験・演習と成果の取りまとめ
第4日	成果発表会

注)連携教育の実施時間は、毎日10:00~16:00である。

連携教育のスケジュールを表3に示す。

連携教育は10時に始まり、昼食を挟んで16時まで行われる。高校生には少しハードなスケジュールであるが、基本的な事項に関する指導を受けた後は自ら考え、手を動かして実験や演習を進めるため、充実した時間を過ごしていた。成果発表会には、TAを含めた指導者と高校教員が参加し、各受講者が5分程度の発表を行った。受講者は発表会に備え、図2に示すような予稿集の作成と発表用のスライドを作成し、緊張しながらも写真2に示すように堂々たる発表を行った。この発表では、テーマを選んだ理由、実験・演習の目的、得られた結果がまとめられていた。中には、高校生らしい発想で今後の課題まで踏み込んだ発表もあった。それぞれの発表に対して、写真3に示すように本学の指導教員と高校それぞれが講評を行った。

A高校の受講者は、2003年度は28名（1年生10名、2年生18名）、2004年度は17名（1年生2名、2年生15名）であった。2003年度に受講した1年生の2名が2004年度も受講した。この中の1人は、2回とも環境デザイン学科のテーマ（2003年度：住宅のエクステリア・デザイン、2004年度：GISを使った地域環境分析）を受講した。2003年度の感想文では、「進路について目標はあるものの、今回の連携教育で色々な道を考えることができた。次回も参加したい。」と述べ、2004年度では地域環境分析に興味を深めた。他の1人は、2003年度は機械システム工学科の「センサーロボット製作」、2004年度は環境デザイン学科の「GISを使った地域環境分析」を受講した。2003年度の感想文では、「将来どのような職に就きたいか、その職に就くためには今何を勉強すればよいかを実感した。」と述べ、2004年度では新しいテーマで地域環境に興味を深めていることから、進路の選択肢を広げたと感じられる。この他にも、「私の進路の選択肢には工学部はありませんでした。でも、今回参加してこんな面白い学科があるのを知り、大学選びの視野が広がりました。」、「発表を聞いて、全部のテーマについてやってみたかったと思いました。この経験を進路や将来に役立てていきたいと思います。」などの感想があった。このように、受講者の

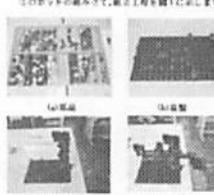


写真1 受講者の実験への取り組み状況

センサーロボットの製作

1. 製作
「センサーロボットはどうやって動くのか？」を知るために、ロボットの動きの流れを行いました。また、機械の動作を学ぶためには、自分で実験的操作を行ってプログラムを変更しました。

2. 活動内容
factorycheck 第1回 Industry Robots の図版3 (リーフレット) を作りました。

3. 作業工程
ロボットの組み立て、組立工程を開いて示します。

 (a) 製品
 (b) 製品
 (c) リモコン
 (d) リモコン
図1 組立工程

4. 実験
ロボットに接続して、動作を確認し、プログラムの変更を試みました。
 2つの組み立てられた動作を行いうるに設定しました。図4に走行用のプログラムを示します。そのときの動作の様子を図5に示します。

図2 記録用写真

図3 製品本を移動中のロボット

図2 受講者が作成した成果報告書の一例



写真2 成果を発表する受講生



写真3 成果発表会の講評状況

感想文には、本連携教育の成果が多く見受けられたことから、高校生に対して「知的好奇心」を与えることができたと言える。一方で、「日数が多すぎて途中で行く気がしなくなった。」、内容自体は面白くためになったが、10~16時までは長すぎる。」などの感想もあったことから、今後、実施形態の再検討が必要と考えられる。

3.2 B高校の実施概要

2004年度におけるB高校の「工学の基礎演習」、「工学の体験学習」と題した講座は、本学の夏休み期間中の8月下旬に5日間にわたって実施された。受講者は、各講座とともに20名前後のグループに分かれ、全てのテーマを受講した。受講時間は「工学の基礎演習」では1テーマ2時間、「工学の体験学習」では1テーマ1時間とし、A高校と同様、教員1名と2~3名のTAが指導した。受講時間が短いことに加え受講者も多いことから、理解させるまでの実験・演習が十分にできないと感じた担当者が多かった。さらに、受講者に全てのテーマを受講させたため、不得意な分野や興味のない分野のテーマでは、受講態度が悪くなる傾向がみられた。

受講者に対する意識調査（SPPプログラムのアンケート）結果を図3に示す。「連携授業に対する興味度」をみると、「面白い・どちらかといえば面白い」と感じた受講生は、2、3年生ともに約70%であった。「理解度」をみると、「理解できた・どちらかといえば理解できた」と感じた受講生は、2年生で約85%、3年生で約65%であった。「難易度」をみると、「難しい・どちらかといふて難しい」と感じた受講生は、2年生で約20%、3年生で約40%であった。このように、受講者は連携教育に対して、概ね興味を持ち、内容についてもほぼ理解したと考えられる。一方、「今後の参加」については、「参加したい・どちらかといえば参加したい」と答えた受講生は、2年生で約50%、3年生で約60%となり、「面白い」と感じている比率に対して「今後も参加したい」と考えている受講生が少なかった。3年生で内容を「難しい」と感じている受講生が40%もいることから、今後、連携教育の内容や実施形態の検討が必要と考える。

4. おわりに

多くの高校では、生徒を早い段階から文系・理系に色分けし、進路指導を行っている。この色分けは、多くの場合、「理系=数学が得意」という思い込みの下で行われ、その結果、理工系大学への進学希望者の減少を助長している。しかし、本連携教育を受講した文系に属する高校生の中には受講したテーマに興味を持ち、その分野に進

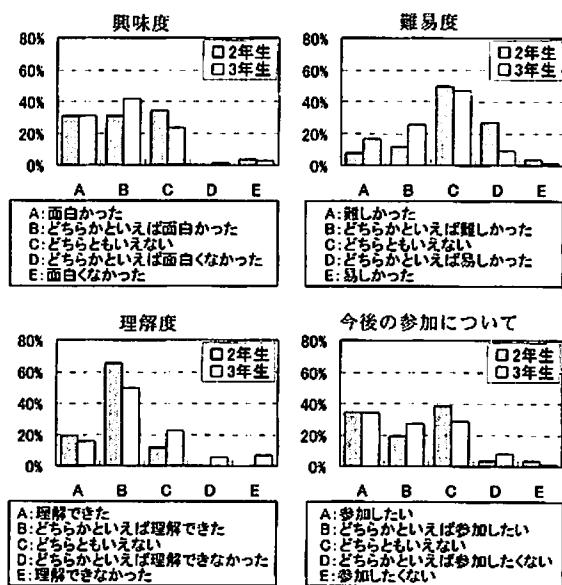


図3 B高校受講者の連携教育に対する意識調査結果

学している者もいる。A高校の連携教育担当者によれば、2003年度の連携教育を受講した文系の生徒を含む2年生18名の内、17名は本連携教育で受講したテーマの分野に進学したとのことであり、これは本連携教育の成果の現れであると考えられる。本学においても、「ヒューマニティとテクノロジーの融合」という新しい工学教育の概念を掲げた改組以来、高校時代に文系に属した学生も多く入学し、従来の見方からいえば「文系」の色合いの強い学生も専門技術者として育っている。

高校における文系・理系の色分けの再考や偏差値以外の評価軸を進路指導に導入することは、自己啓発や強い学習意欲を持つ若者達の育成に繋がると考えられる。さらに、高大連携教育の実践は、高校と大学における「教育の在り方」を考える場となり、本学の教育システムを改善する貴重な資料にもなっている。高校における連携教育の位置付け、単位認定の問題などクリアすべき問題もあるが、本学は改善を重ねながら高大連携教育を継続したいと考えている。最後に、本高大連携教育にご協力を頂いた高校の諸先生方に感謝申し上げると同時に、受講した高校生諸君に敬意を表したい。

参考文献

- 1) Between2002. 9号進研アト刊
- 2) 黒木昌史:成功例失敗例に見る大学改革AERA MOOK No. 93,2003

進路探求学習としての高大連携教育

北海道札幌手稻高等学校 中道 洋友

本校では2003年度より北海道工業大学との連携のもと大学教員の指導による実験実習体験学習（連携プログラム）を実施している。期間は5日間あり、うち2日間はじっくり実験実習に取り組む。その後発表用資料を作成し、全体発表会を行う。第一線の研究者による少人数ゼミ形式の指導は、高校の授業やオープンキャンパスでは得られない体験であり、生徒の進路選択に非常に有益である。

キーワード 連携プログラム、進路探求

1.はじめに

本校は卒業生360名（2005年3月）のほとんどが大学へ進学し、うち100名程度が現役で国公立大学へ進学する中堅の進学校である。2年生から文型理型に分かれたカリキュラムを履修するため、1年生の9月には文理選択を行わなければならない。また、原則として3年生進級時にクラス替えを行ないので、1年生での文理選択は非常に重要な位置を占めている。

適切な文理選択をするためには、選択前の情報提供が必要である。本校では、それらの一環として、北海道大学、北海道教育大学、北海学園大学、北星学園大学等から多くの大学関係者に来校していただき、講演や出前講義、学校説明会を行っている。しかし、多くの生徒が「英語が苦手である」「数学が得意である」などの消極的な理由で文理選択をしている現状では、文理選択後にいかにモチベーションを高めていくかが課題である。また、大学での学習および研究内容について漠然としたイメージしかなく、学部学科選びで悩む生徒も多い。そのような状況に対処するため本校ではおもに文理選択後の生徒を対象に、小樽商科大学、北海道工業大学と比較的時間とった連携教育を実施しており、生徒の進路探求学習として効果をあげている。本稿では、理型選択生徒が多く受講する北海道工業大学との実践を報告する。

2. 実施の概要

北海道工業大学との連携プログラムは、2003年3月に始まり、今年で2年目を迎えた。北海道工業大学の出前講演を本校で実施した際、「大学の教員が大学の施設を利用し、高校生に実験実習を行うことは、物理や工学に対する理解・興味関心を深め、さらに学習意欲を高める効果もあり、地域の科学技術教育活動の普及や技術者・研究者の養成につながる」という点で本校物理担当者と意見が一致し、実施の方向で動き出した。そのため

1日目	13:30~14:00	全体ガイダンス
	14:10~16:00	個別ガイダンス
2日目	10:00~16:00	実験実習
3日目	10:00~16:00	実験実習
4日目	13:00~16:00	発表準備(予備日)
5日目	10:00~12:00	発表準備
	13:30~16:00	成果発表会と講評

* 5日目の発表は実験実習から約10日後に設定

表1 連携プログラムの日程と内容

04年3月「今、モノづくりの民の遺伝子が甦る！」

講座テーマ	人数
住宅のエクステリアデザイン	1
DTMで音楽を作ろう！！	2
医療・福祉における工業技術	5
住宅を計画する	3
人の暮らしを守る－津波を防ぐ－	1
センサーロボットの製作	5
パソコン組み立てとネットワーク接続実験	8
MBE成長法によるZnSe薄膜結晶のフォトトル	3
ネッセンス発光素子はどのように開発されるか	

05年3月「暮らしを支える工業技術」

講座テーマ	人数
G I Sを使った地域環境分析	3
体験、ビデオ学習	1
住宅を計画する	5
センサーロボットの製作	4
インターネット・リテラシー～駅・図書館～	2
色素増感型太陽電池の作成実験	2

表2 連携プログラムのテーマと受講人数

連携プログラムの目的も「工学への理解、技術者・研究者養成のきっかけ」といった側面を強く打ち出している。また、高校側としては生徒の進路探求のきっかけとなることも期待された。

その後、北海道工業大学の担当された先生方のご努力もあり、半年あまりで、両校の連携プログラム実施が正

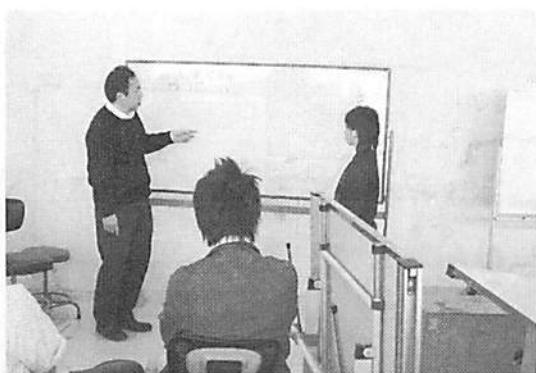


写真1 ディスカッションの様子



写真2 大学教員による実験の指導



写真3 ティーチング・アシスタントによる指導

式決定し、次の年の3月には連携プログラムが実現した。

表1は実施日程である。1日目～3日目は高校入試、発表会は入試選抜業務のため生徒が登校しない日を利用し設定した。実験実習は2日間であり、一人ひとりが与えられたテーマにそって課題に取り組むものや、グループでディスカッションしながら作品を完成させるものまで、それぞれのテーマの特色を生かした内容になっている。成果発表会は、受講生徒、指導に当たっていただい

たスタッフの方の他、本校理科教員全員が参加し、北海道工業大学の講義室で行った。それぞれの講座ごとにパワーポイントを使って事前に準備した資料で実験実習の成果を報告した。また、生徒の発表のあと、大学の指導担当者から講評があった。

表2は2年間の実施テーマである。実施テーマについては、高校側からいろいろな分野を選択できるよう依頼したが、具体的な内容については大学の担当者間で調整し、決定した。大学側の担当者に作成していただいた募集用ポスターとパンフレットを用いて参加生徒の募集を行うが、希望者がいなく実施しなかった講座もあった。

3. 連携プログラムの成果と今後の課題

手稲高校と北海道工業大学の連携プログラムの特徴をまとめると以下のようになるとを考えている。

- ① 工学の幅広い分野からの実施
- ② じっくり時間をかけた実験実習体験
- ③ 少人数ゼミ形式による指導
- ④ 第一線の研究者による指導
- ⑤ 学生・大学院生によるティーチング・アシスタントの活用
- ⑥ 結果発表会でのプレゼンテーションの実施

工学と他の分野の境界領域である環境や福祉、メディアに関連したテーマが設定されている。このため、2年とも文型や理型でも医療福祉系進学希望者（生物・化学選択者）が数名受講していることは一つの大きな特徴と言える。また、高校生にとって工学というと「機械」や「土木」「建築」「情報」といった従来型のイメージしか持っていないのが現実であり、進路希望を調査すると工学希望者のほとんどがそのような学科を希望してしま

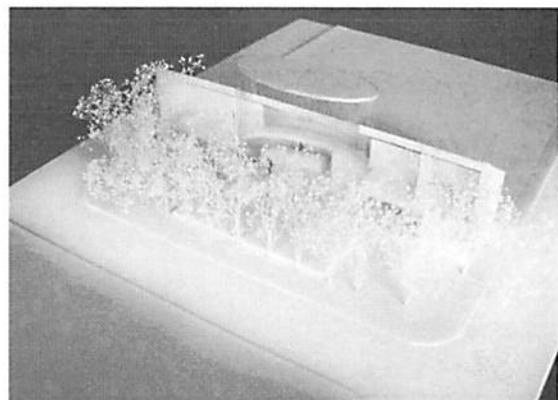


写真4 生徒が設計しプレゼンテーションで使用した住宅の模型

う。（例えば、高校2年の段階で応用物理学科を希望する生徒は全くいなかった。）しかし実際には前述の境界領域や物性関連など多岐にわたる研究を行っており、高校の早い段階でそれらに触れることで進路選択の幅が広くなっていくと考えられる。

実験実習に2日間かけている点も大きな特徴である。さらに特徴にあげた③④⑤も加わりより効果的な内容になっていると考える。感想でも「思ったよりも解りやすかった」「親切に教えていただいた」といったものが多い。生徒にとって達成感を感じられたかどうかは非常に大切な要素である。実際のところ「先生に説得されて」

「軽い気持ちで」参加した生徒が多いのだが、事後のアンケートでは半数の生徒が日程が短いと感じており、多くの生徒が機会があればまた受講したいと答えている。このことからも時間をかけた実験実習の効果が現れていると考える。また、時間をかけることで大学教育の一端に深く触れることができるとの効果も大きい。各講座の内容も大学初年度を意識したレベルに設定されており、ディスカッション等も含め、高校では味わうことのできない教育内容である。高校段階で明確な目的意識を持って進学しようとしている生徒は決して多くはない。「大学に進む上で、自分が何をしたいのか、どこに進みたいのか解らない人は、とりあえず参加してみて、それをきっかけに……」といった感想があったが、受講した生徒の多くが大学へ進学する意味を確認する場でもあったように思われる。

生徒の進路決定にも大きな影響を与えていた。建築学科の講座を受講したある生徒の感想を紹介すると「今まで医療系に進もうか、建築に進もうか迷っていたけど、建築に進むのも良いなあという考えが大きくなったりと思う。……」とあった。同様の感想は多くあり、初年度受講者で今年卒業した生徒の多くは、受講した講座に関連した学科へ進学していく。前述の通り生徒は漠然としたイメージやいわゆる偏差値のみで各部学科を選ぶ場合も多いのだが、この連携プログラム受講をきっかけにより具体的な目的意識を持って学部学科を選択しているようである。



写真5 成果発表会の様子

今まで考察してきたように、現在は比較的モチベーションの高い生徒が受講しているという側面もあるが、受講生徒にとって非常に有益な体験であった。しかし、高校の休みの日に実施するため、多くの生徒が受講に二の足を踏むのが現実であり、受講者のすそ野をいかに広げるかが最も大きな課題である。その点高校側の指導力の不足が大きな反省点である。多くの生徒が受講できるよう、日時の設定や受講への動機づけ等を含めた指導体制の検討をしなければならない。また、本校が単位制高校になった趣旨を生かした受講者への単位認定も含め多くの検討課題がある。

4. おわりに

本連携プログラムは北海道工業大学の苦米地教授はじめ企画・指導にあたっていただいた先生方や事務の方々、ティーチングアシスタントの学生や大学院生の方々の並々ならぬご努力により多くの成果を上げることができます。改めて感謝申し上げたいと思います。また、本校の物理を担当している出町教諭が初年度立ち上げの多くの部分に携わっています。

本稿で考察してきたとおり、本連携プログラムには決して一方通行ではない高大連携教育の姿があったと考えています。今後もより一層の成果を上げられるよう工夫ていきたいと考えています。

千歳科学技術大学における地域教育貢献活動

Activities for regional education at Chitose Institute of Science & Technology

千歳科学技術大学

長谷川 誠 石田 宏司

Chitose Institute of Science & Technology

Makoto Hasegawa Koji Ishida

千歳科学技術大学では、地域教育への協力・貢献活動として、地域の小中学生を対象とした理科実験デモンストレーションを実施している。具体的な実施形態は、小中学校の総合的な学習の時間の一環として実施する場合、市民活動に参加するかたちで実施する場合など様々であるが、いずれの場合も、よりよい教育効果の実現を目標に地域社会との密接な協力関係に基づいた活動を目指している。今回は、最近数年間の活動概要を報告する。

キーワード 地域教育、理科実験、デモンストレーション、総合的な学習の時間、市民活動

Keywords: Regional education, Science experiments, Demonstration, General study classes, Civil activities

1. はじめに

千歳科学技術大学は、平成 10 年 4 月に公設民営方式で開設された理工系単科大学である。その開設の経緯もあり、開設当初から地元・千歳市の地域教育に積極的に協力している。具体的には、地元・小中学校の総合的な学習の時間の一環としての理科実験授業の実施や、地域の市民活動と連携した理科実験フェスティバルの開催などである。いずれも、小中学生の実験作業への積極的な参加を促す内容とすることで、理科・科学への关心・興味を喚起することを念頭においている。さらに最近では、これらの活動の実施形態に工夫をすることで、本学学生の教育面でも効果が認められつつある。

今回は、最近数年間における千歳科学技術大学の地域教育貢献活動の概要をご報告する。

2. 地元中学校と連携したサイエンスパートナーシッププログラム (SPP)

文部科学省「サイエンスパートナーシッププログラム (SPP)」事業として、平成 15 年度より千歳市立千歳中学校 1 年生を対象に理科実験教室を開催している。平成 16 年度は 7 月 21~23 日に 1 年生 136 名に対して「先端光科学の世界—光の基本と応用ー」と題する講座を開催した。具体的には、「虹を作り光の三原色を探ろう」「望遠鏡はなぜ遠くが見えるのか?」「メールを光で送る」の 3 テーマについて、30 分間程の講義及び約 2 時間の実験授業を実施した(図 1 参照)。光に関する単元は中学 1 年 1 学期に学習済であるが、その基本的事項を復習し、光の基本・応用技術が日常生活でどのように使用されているかを中学生に理解させることを目的とした。また、最終日に発表会を行って学んだことを他人に分かりやすく説明させることで、習得知識の整理を図った。



図 1 SPP における望遠鏡の作成作業

3. 地元小学校の総合的な学習の時間における理科実験授業

数年前から、数校の地元小学校が総合的な学習の時間の活動の一環として本学で理科実験授業を受けている。

例えば平成 15 年度には、平成 15 年 12 月 22 日に千歳市立緑小学校 5 年生 51 名、平成 16 年 2 月 13 日に千歳市立千歳小学校 5 年生 35 名が、それぞれ「簡易分光器の製作」「光で音を飛ばす」という 2 テーマの実験を行った。前者では、CD 片や DVD 片を利用した分光スペクトル観察器を各自に作成させ、太陽光や懐中電灯の光が分光される様子を観察させた。後者では、LED の発光を音声信号で変調させる回路を小学生にブレッドボードを用いて作成させ(10 分ほどで完成する)、実際に CD プレーヤからの音声信号を送信し、これを受光してスピーカーから再生させた。この他、簡単な化学反応で蛍光性物質を作り出す「ホタルの光」と題する実験を行うこともある。

いずれの実験内容も小学校の理科教科の単元とは直接関係しないが、普段とは異なる環境での実験であるため、子どもたちの興味を引くことができている。

4. 地域市民活動との連携

千歳市では、地域の様々な市民団体などの交流・ふれあいの場として、「ちとせ生涯学習まちづくりフェスティバル・ふるさとポケット」を市内の青葉公園にて毎秋に開催している。千歳科学技術大学では、教職員・学生の有志により「こども科学フェスティバル」としてこれに参加し、簡単な理科実験デモンストレーションを行っている。平成15年度は「光るスライム」「LEDの光で音を飛ばす」「レーザ光によるリサーチュ图形の作成」、平成16年度は「光るスライム」「CD分光器の作成」「光電話」などの実験を実施し、両年ともに約500名の子どもたちがブースで実験に参加した。

このうち「光るスライム」では、通常のスライム作りを経験したことがある子どもも多いが、今回は蛍光顔料を混ぜて暗闇で発光するスライムを作った(図2参照)。また、光電話では、プラスチックカップの底に貼ったアルミ箔に懐中電灯の光をあてて、声による振動で変調させた懐中電灯の反射光を離れた太陽電池で受光して、スピーカから再生した(図3参照)。

さらに平成16年度からは、地域の市民団体と一部のテーマを共同で実施することとして、まず「大きなシャボン玉



図2 光るスライムの作成



図3 光電話の実験

づくり」を行った。この実施にあたって準備段階で数回の打合せ会議を開催したが、その際の議論などを通じて市民団体のメンバから、本学独自の実験内容に対しても、より子どもに近い視点からの意見を得ることができた。こうした外部との共同作業により、大学内部の議論のみでは得られないアイデアを得て、参加する子どもたちの理科・科学に対する興味・関心をさらに喚起可能な実験内容を実現することが可能になっていくと考えている。

5. 実験講座の実施

特定の中学校を対象とする実験授業に限らず、参加者を広く募集する形式での実験講座も開催した。

昨年度は、平成16年8月～9月にかけて、大学Jr.サイエンス事業「光のふしげにふれてみよう」を実施した。具体的には、千歳市内の小学生30名が3日間に渡って「光と色のふしげ」「光で音を飛ばしてみよう」「液晶で光のスイッチをつくる」というテーマでの実験を行った。

なお、本講座に関しては、高校生の参加者も募った上で、実験当日にまず本学大学生が高校生の参加者に実験内容の説明・指導を行い、次にその高校生が小学生参加者に説明を行うという「リレーティーチング」を試みた(図4参照)。詳細は、本誌別稿を参照されたい¹⁾。

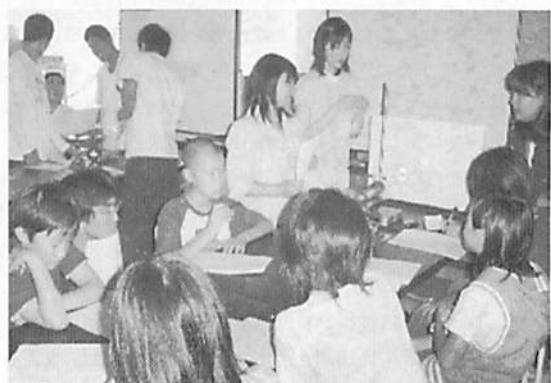
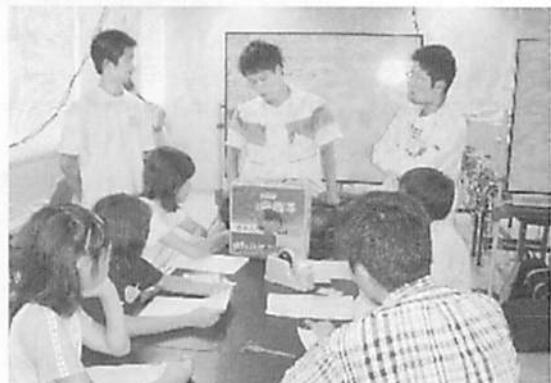


図4 高校生による実験の説明風景（2枚とも）

6. 地域教育貢献活動を通じた学生教育

これまで説明してきた様々な理科実験活動を円滑かつ効果的に実施するためには、本学学生の参加が必須である。対象者の数や実施するテーマ数などによるが、毎回数名～10数名の本学部生および大学院生が、ボランティアとして活動の補助にあたっている。

実際の実験中には、参加する小中学生などへの説明を学生が担当する機会が多い。そのため、学生にとっては一種のプレゼンテーションの練習の場にもなっている。さらに、子どもたちに分かりやすい説明を行うためには、学生自身がその実験内容や基本・関連事項を十分に理解している必要があり、必然的に自らの知識・理解度を再認識する機会にもなっている。一方で、数回にわたって継続的に参加する学生からは、実験内容の改良や新しい実験テーマに関する提案が生まれてくることもある。

そこで、地域教育への協力・貢献活動であるこれらの理科実験デモンストレーション活動を本学学生の教育の場としても積極的に活用しようとする取組みを、平成16年度の秋から実施している。これは、平成16年度の文部科学省「現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代GP）」の「地域活性化への貢献」テーマとして採択された事業である。

具体的には、学生によるプロジェクトチームを編成し、小中学校の理科又は総合的な学習の時間における演示を想定した実験教材及び理科実験授業プログラムを考案して、実際に学生による実験授業を実施する。その際、テーマ・教材内容の発掘・選定から、教材の設計・製作、さらにその利用・実施（実験授業の演示）、評価・フィードバックに基づく改良・完成までを学生チームが主体的に担当する（図5参照）。さらに、作成した教材内容は、実際の実験風景や関連する知識事項などと共に電子教材化して、広く公開する。この活動の詳細については、本誌別稿を参照されたい²⁾。



図5 学生による小学生への説明

本稿3.で述べた小学校の総合的な学習の時間における理科実験授業を、平成16年度実施分からは本取組の一環として実施している。その過程で、従来以上に学生たちの自主的・主体的な活動が実現している。定量的な評価には至っていないが、本取組は学生の様々な能力・スキルの向上の場として有効である。

また、地域教育の観点に関して、学生と小中学生との積極的な交流の機会が提供されることで、従来とは異なる環境での理科実験授業が実現できている。参加した小学生からは、年齢的に近い大学生が指導役となることで楽しく実験ができたなど、好評を得ている。その一方で、小学生からは学生の説明の仕方などに関して辛口の指摘も寄せられており、学生の反省材料になっている。

さらに、本取組では、理科実験授業を実施する小学校の教諭にアドバイザー役を依頼し、実験内容から学生の授業の進み方に至る様々なご意見・ご指導を得ている。これに基づく修正を適宜施すことで、小学生の興味・関心が喚起される度合を向上させることが可能になった。

なお、本取組の実施を契機に、小学5年生3学期から6年2学期にかけて計3回の実験授業を、相互に関連する内容で継続的に実施することになった。これによる理科離れ抑制への効果について、今後検証ていきたい。

7. むすび

千歳科学技術大学における地域教育への協力・貢献活動の概要をご紹介した。当初は、小中学校などからの依頼に応じるかたちで受身的に始まった活動が多いが、最近では、地域における初等・中等教育の活性化や理科離れの抑制への貢献などを念頭に、千歳市教育委員会や小中学校に対して大学側から積極的な働きかけを行って事業を実施する場合が増えている。

こうした活動に際して、参加者（主に小中学生や高校生）の興味・関心をより効果的に喚起するためには、小中高大の間、さらには地域の市民団体等との密接な連携や、それに基づいた継続的な活動の実施が非常に重要である。これらの点を念頭に置いて、今後も積極的な活動を展開していく予定である。

参考文献

- 1) 長谷川誠・石田宏司：「大学生・高校生・小学生間のリレーティーチングの試み」、物理教育研究、Vol.33、(2005-7)
- 2) 長谷川誠・石田宏司：「学生による理科実験授業プログラム及びその電子化コンテンツの開発の試み」、物理教育研究、Vol.33、(2005-7)

科学教育ボランティアからの理科教育 (NPO法人butukuraの活動について)

NPO法人butukura 中司 展人

NPO法人butukuraは、道内各地で開催される科学イベントへの参加や自ら主催するイベント等を通して、子どもたちの科学への興味・関心を高める活動に取り組んでいる。また、子どもたちが自宅で保護者と一緒に科学実験を楽しむことができるよう、Web Based Training (WBT) 型オンライン科学工作・実験学習サイトを公開している。今後の課題は実験のバリエーションを広げることと、多様な分野の人材が入会しやすいよう工夫することである。

キーワード 科学教育 ボランティア NPO法人 科学イベント

1. butukuraとは

butukura（ぶつくら）は、北海道を中心に活動する科学教育ボランティア団体である。

その発足は2000年であり、北海道中標津高等学校物理研究愛好会のメンバーが、札幌の学校へ進学とともに、愛好会の顧問教諭も札幌に転勤になったことから、「札幌で何かやってみよう」という機運が盛り上がったことが活動の契機である。

その後、高校時代から参加していた道内各地の「青少年のための科学の祭典」に参加し、徐々にその存在を知られるようになった。また、ウェブサイトを立ち上げ、動画を使ってインターネット上で科学実験を見るができるようにし、遠隔地などで科学イベントに参加できない子どもたちにも実験を紹介できるようにした。

こうして徐々に活動の幅が広くなってくると、中標津高等学校の関係者だけでは人数が不足するようになり、さらに、メンバーの多くが大学の卒業年を迎える、イベントへの参加が難しくなる状況が生じてきた。

そこで将来的に幅広い人材を受け入れるとともに、活動の目的をより明確化するため、2003年9月にNPO法人認証を取得した。現在の会員は、社会人8名、学生（大学院生含む）11名の計19名となっている。

2. 活動内容

現在の活動は「青少年のための科学の祭典への参加」や「依頼された科学イベントへの参加」「butukura独自の科学イベント」「butukura ウェブサイトの更新」等である。

科学の祭典は、毎年道内数カ所で行われている大会に参加している（写真1）。科学の祭典は子どもたちと直接向き合って科学実験・工作を行うことができる重要な場面であり、butukuraの活動の基本となっている。また、特に大学生位の年代のデモンストレーターが少ない会場では、大会の雰囲気を盛り上げることにも一役買っていると思っている。

科学の祭典の実験等の内容を多様化し、子どもたちの興味・関心に十分に応えるとともに、活気のあるイベントとするためには、今後一層、デモンストレーターに幅

広い年齢層や分野の人材の参加を促すべきではないだろうか。いずれにしろ、毎年butukuraを呼んでいただいている各会場の担当者の方々には深く感謝している。

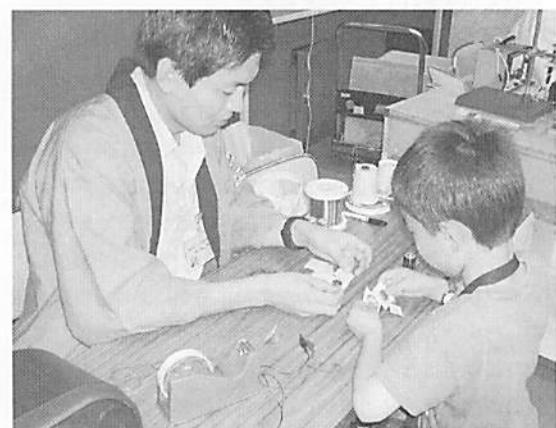


写真1 科学の祭典における活動の様子

また、最近は科学の祭典以外の科学イベントへの出演依頼も多くなっている。例えば小学校のPTAやイベント企画会社、札幌市など、各方面から出演依頼が来ている。内容もサイエンスショーや実験ブースの出展、実験教室の企画・実施など幅広くなっている。科学の祭典以外ではあまり目立った活動をしてこなかったbutukuraに、このような依頼が来るようになったのは、北海道には科学教育ボランティアとして活動をしている団体がそう多くはないことと、ウェブサイトの公開やNPO法人化が影響していると考えられる。

このような依頼は基本的に受けているが、スケジュールが立て込んでしまい、お断りすることも出てきている。また、サイエンスショーを行ったり、実験教室を企画するスキルがまだ未熟であるため、自信を持ってイベントを請け負い、積極的に対価を頂くまでには至っていないことが課題である。

また、butukuraが独自に企画して実施する科学イベントもある。具体的には、札幌市内の児童館にお願いして場所を貸していただき、そこに来る子どもたちに実験教

室を行ったりしている。これは、我々には自ら企画して実施することによりスキルアップできるというメリットがあるとともに、児童館側には日頃行う機会の少ない科学に関するイベントを行うことができるというメリットがある。

そのほか、butukura の活動として重要なものにウェブサイトがある。butukura のウェブサイトでは 2002 年から、動画を用いた Web Based Training (WBT) 型オンライン科学工作・実験学習サイト「ぶつくラボ」(写真 2)を開設している。

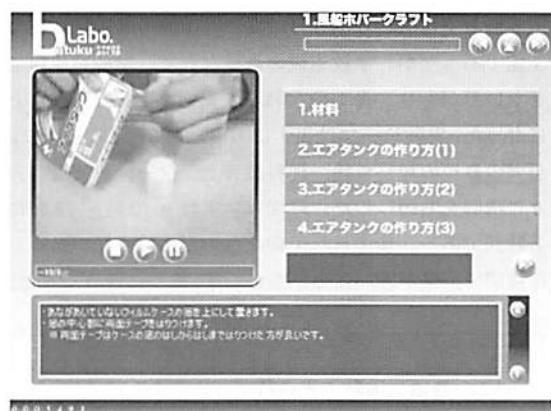


写真 2 オンライン科学工作・実験学習サイト「ぶつくラボ」

これは、Macromedia Flash を活用して子どもたちが操作しやすいようインターフェースを工夫し、実験・工作的手順を動画で説明するというものである。これにより、直接イベント会場に来ることのできない遠隔地の子どもたちでも、インターネットが利用できる環境があれば、自宅で保護者と一緒に楽しく実験・工作を行うことができる。今後はコンテンツの充実とウェブページクリエイターの育成が課題である。

3. 活動していて思うこと

これらの活動を通して感じることは、我々は主に子どもを対象として活動しているのだが、科学イベントの現場などでは、意外に大人も実験内容に興味を持つことが多いということである。さすがに、子どもを押しのけて実験をするような人はいないが、子どもよりも長い時間実験に取り組む人はいる。科学の祭典であれば「青少年のための」という名前がついているが、このような科学に関心を持つ大人にも実験内容をしっかりと説明できるようにしておかなくてはならないだろう。

また、最近特に感じることは、科学イベントの面白さを「科学」よりも「工作」に求める子どもたちが少なくないということである。もちろん、「工作」への興味が

後から「科学」への興味に発展することもあるので、これはこれで良いと思うが、できれば科学イベントの場面で、子どもたちに少しでも原理に興味を持たせられるよう、デモンストレーターである我々がもっとうまくブースを運営できるようになりたいものである。工作が終わった瞬間「ありがとうございました」と去っていかれるのはやはり悲しい。作ったものを使いながら、最後まで説明を聞いて貰えるようなシナリオやブースの雰囲気を作れるようになりたい。

また、このような団体を運営していく上では、理科教育関係者だけではなく、いわゆる「文系」の人に参加してもらうことが必要であると感じる。「文系」の人は理科が得意な人には分からぬ子どもの視点や思考過程などに気がつくことがある。このような気づきは、科学教育の幅を広げ、より多くの人々に科学の面白さや重要性を理解してもらう上で非常に大切なことである。

そして、何よりも大切なことは、他の誰よりも自分が楽しんで取り組むことである。こちらが楽しそうに実験をしていることが、子どもたちが楽しく過ごすことができる大前提である。実験を楽しんでもいいし、子どもと遊ぶことを楽しんでもいい。とにかく楽しむことが大切である。

4. butukuraのこれから

butukura の活動は「科学教育ボランティア」と呼ばれている。子どもたちはもちろん大人にも、科学の面白さや重要性を理解してもらうためには、学校の理科の授業以外にも、科学に触れる機会を少しでも増やす必要がある。

そのためにも、「科学教育ボランティア」という存在が社会の中で違和感なく受け入れられ、日常生活においていつでも科学に触れられる環境ができてくれば、いわゆる「理科離れ」や科学に対する無関心も少なくなるのではないだろうか。そのようなことを考えながら日々活動している。

今後、具体的な課題としては実験・工作的レポート不足がある。種類が少ないと結果的にそれぞれのイベントで同じような実験をすることになる。すると何よりも自分たちが楽しくなってくる。それぞれの会員が勉強し、情報交換をするなどして新しい実験を考えていきたい。

また、幅広い年代や分野の人材が入会し、butukura との活動の幅を広げることが大切である。そのような人材が入会することで、より日常的に活動できるようになり、また、様々な年代を対象とした実験ができるようになる。

今後、このような課題を少しずつ解決していく、より多くの人々に科学の楽しさを気づかせていく。

地域の小学生を対象とした実験教室の開催

北海道札幌西高等学校 伊藤 新一郎

科学の楽しさ、面白さを広く喚起するイベントとして青少年のための科学の祭典などが行われ、毎年多くの来場者でぎわっている。その中には、理科に対して興味を持ち、実験などを通してより深く学んでみたいと考える子供たちもいる。筆者は独立行政法人 科学技術振興機構の助成を受け、勤務する札幌西高校を会場に、11月～3月の冬期間、地域の小学生を対象に実験教室を行っている。この取り組みについて報告する。

キーワード 実験教室、理科大好きコーディネーター

1.はじめに

科学の楽しさ、面白さを広く喚起するイベントとして青少年のための科学の祭典が北海道内で行われるようになって今年で13年目になる。その間、数多くの子供たちが会場を訪れ、各ブースで行われる実験・観察・工作等を体験し、科学に対する興味・関心を高めることができた。筆者も1999年（平成11年）からデモンストレーターとして北海道内の各大会に参加し、各地の子供たちと科学を楽しんできた。

科学の祭典はブース形式で行われ、子供たちはお祭りの屋台のように並んでいる実験ブースをまわり、自分のやってみたい実験を行う。1人が1つの実験ブースにいる時間は10分ほどなので、どちらかというとあるテーマについて様々な角度から考え、実験をし、考えるというより目の前で起こることにびっくりさせたり、感心させたりして、興味・関心を喚起することが中心となっている。

筆者は、1つのテーマについて、色々な実験をし、より深く子供たちが理科について学べる場も提供したいと考え、2003年から勤務する札幌西高校を会場に、11月～3月の冬期間、地域の小学生を対象に実験教室を行っている。

2.実験教室の内容

2003年度は近隣の小学校3校の5、6年生に対して参加者募集を行い、5年生24名、6年生17名の参加を得た。1年目ということもあり、どれだけ参加希望者がいるかわからないため講座も5、6年生の合同クラスとし、当初定員20名で募集を行った。こちらの予想に反して、参加希望者が多く、あっという間に定員を超ってしまったので、講師をする予定の先生とも相談し、急遽、実験室の定員の40名強まで参加者を受け入れることとし、応募者全員に参加してもらうことができた。

実験教室は11月～3月の間、月1回のペースで行う予定であったが、学校施設の点検などで、学校を使用できない日があり、表1のとおりの実施日で5回行うことになった。実験テーマは表1にあるとおりで、本校及び、近郊の高校の理科教諭、理科教育センターの研究員の方々に講師をお願いした。時間はいずれも10時～12時の2時間である。参加した子供たちの反応は良好であり、冬期間で天候が悪いにもかかわらず、熱心に通ってきた。

実施日	テーマ
11/22	静電気実験・光の科学
1/7	電池のいらないラジオづくり
2/14	化学反応の量的関係を考えてみよう
2/21	音の不思議
3/13	イカの解剖

表1 2003年度の実施日とテーマ

2003年度は、参加希望者も多いということで、募集する範囲を近隣小学校の3校から7校に増やし、講座も6年生を午前、5年生を午後と2つに分けて、それぞれ定員40名で募集を行った。5年生については、参加希望者が多く、結果的に定員を大きくオーバーしてしまい、参加を断らなければならない状況となってしまった。

講師については、昨年同様、本校及び、近郊の高校の理科教諭、理科教育センターの研究員の方々にお願いした。実施日、実験テーマは表2のとおりである。写真1は実験教室の一風景を写したものであり、楽しそうに実験を行っているのがわかる。時間は6年生が9時30分～11時30分、5年生が1時～3時である。

実験テーマについては、5年生は内容があまり難しくなく、理科に対する興味・関心を高められるもの、6年生については少し踏み込んだ内容で、1回目の「静電気」や2回目の「電流と電子・磁界」では、高校で扱う内容

実施日	学年	テ　ー　マ
11 / 13	6年	静電気
	5年	電池のいらないラジオづくり
12 / 18	6年	電流と電子・磁界
	5年	テンブンの変化
1 / 15	6年	色の変化
	5年	イカの解剖
2 / 12	6年	電池について
	5年	紙飛行機を飛ばそう
3 / 19	6年	指のレプリカ作り・表面張力
	5年	光の科学

表2 2004年度の実施日とテーマ

も取り入れた。ただ、説明の際には平易な言葉を使うようにし、子供たちでもイメージがもてるよう努めた。

3. アンケートから

実験終了後、毎回、以下のような簡単なアンケートを行った。

<アンケート>

* 参加した教室はどうでしたか？いくつでも○をつけてください。

- ・おもしろかった
- ・つまらなかった
- ・わかりやすかった
- ・わからなかった
- ・かんたんだった
- ・むずかしかった
- ・もっとやりたかった
- ・もうやりたくない

* 次はどんな教室をやってほしいですか？

* また、参加したいですか？

- ・参加したい
- ・参加したくない
- ・わからない

* その他、感じたことを書いてください。

ほとんどの子どもたちは「難しいけど、面白い」という感想をもったようである。ただ、「難しい」から「もう参加したくない」という回答はなく、子どもたちは難しかったからこそ高い成就感をもったようで、ほぼ全員が「次回も参加したい」という回答であった。

また、「今度はどんな教室をやってほしいですか？」という間に、6年生からは「中学生の実験教室」という

回答も少なからず寄せられた。中学校に入学すると部活動などで忙しく、このような実験教室への参加は難しいと思われるが、主催者側としては嬉しい回答である。

4. アシスタントについて

この実験教室は高校教諭の講師の他に大学生のTA（ティーチング・アシスタント）及び高校生のボランティアが実験アシスタントとして参加して行われた。実験は10班に分かれ、各班4人程度からなるが、各班に1名のアシスタントがつき、実験をサポートするようにした。これは、子どもたちにとても好評で、「高校生のお兄ちゃん、お姉ちゃんたちが分かりやすく説明してくれた」などの感想が多く寄せられた。

高校生にとっても、小学生相手のアシスタントは新鮮だったようで、毎回、積極的に参加してくれた。また、実験内容は高校で習ったことも含まれており、小学生を指導することで改めて理解を深めることにもなったようである。

5. 実験材料費等について

実験教室を行う際の実験材料費、障害保険料等は、独立行政法人 科学技術振興機構の「理科大好きコーディネーター」に申請して助成していただいた。充分な財政的支援のもとに内容の濃い実験教室を行うことができた。実験教室に参加を希望する子どもたちはまだ多くおり、今後もこのような活動の機会が広く与えられるこことを願います。

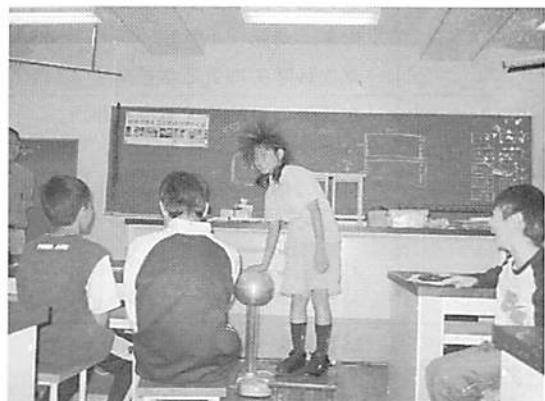


写真1 6年生の静電気の実験の様子

釧路高専物理教員による地域貢献活動

Extramural Activities of the Physics Staff at KNCT

釧路高専一般教科（物理） 松崎 優明， 潟家 淳博， 森 太郎

Kushiro National College of Technology, Toshiaki MATSUZAKI, Atsuhiro URAIE, Taro MORI

釧路高専は道東地域における唯一の工業系高等教育機関として教育・研究・技術の各方面で地域支援を行っている。その中で、物理・応用物理を担当する教員らが 2004 年度に行った理科啓蒙に関する学外活動の様子を報告するものである。

キーワード 地域貢献、理科教育

1. はじめに

近年、大学や高専は、学内における教育・研究のみならず、教育・研究・技術面での地域・社会貢献活動も強化する方向に進んでいる。その流れの中で、我々は 2004 年度の 1 年間の間に、幼児・小学生・高校生・社会人向けといった様々なニーズに対応した科学の啓蒙活動を行った。その様子をイベント毎に報告する。

6/2(水)～ 10/27(水)	小学校理科クラブ 対象：小学 4～6 年生 大楽毛小学校必修クラブ活動
10/23(土) ～24(日)	実験教室のパックアップ 対象：幼児～小学生 専攻科学生による学校祭イベント
10/30(土) ～31(日)	「吹き矢の射的屋・景品工作所」 対象：幼児～小学生 科学の祭典—釧路大会
11/19(金)	「空気を感じよう！」 対象：小学 1～6 年生 ベルマーク教育振興財団より依頼
11/20(土)	「試してナットク理科実験」 対象：中学生～一般市民 釧路高専主催市民講座
1/15(土)	「科学おもちゃ色々」 対象：幼児～中学生 釧路青少年科学館閉館イベント
3/7(月) ～8(火)	「レーザー光干渉」「真空技術」 対象：高校 2 年生 釧路湖陵高校より依頼

表 I. 2004 年度の学外活動

2. 小学校理科実験クラブ

釧路高専と同じ地域に大楽毛小学校という小学校がある。この小学校では、6 月から 10 月までの期間に 8～10 回ほど必修クラブ活動という時間が設けられている。これは 4～6 年生の児童全員を対象にした 1 時間ほどの活動で、小学校教員のみならず地域の社会人有志（大楽毛小学校では地域先生と称している）の協力によって多彩なものになっている。

釧路高専物理では、2002 年度からこの必修クラブ活動の中の理科実験クラブというクラブの地域先生としてサポート活動を続けている。具体的には、小学校教員 1 名とともに 15～20 名の児童を相手にして、理科実験やもの作りを計画・実施している。リトマス紙で酸性・アルカリ性を調べる実験や、ベッコウアメ作り、ペットボトルロケットなど小学校の定番ともいえる実験だけでなく、乾電池の分解や偏光現象の観察など小学校だけでは準備の難しい実験も紹介したりしている。

1 年ごとに異なるクラブに所属してよい中で、2 年連続で理科実験クラブに所属する児童も珍しくないことから、児童には好評であることがうかがえる。

3. 実験教室のパックアップ

2004 年 4 月、釧路高専に専攻科が新設された。専攻科 1 期生同士の交流と地域住民へ専攻科をアピールするという意味を込めて、学校祭において専攻科学生に何かイベントを主催してもらおうというのがスタートであった。専攻科の学生達が相談した結果、子供向けの実験教室を開催することと決まり、我々がパックアップする運びとなった訳である。

科学の祭典の様なブース形式のものとは異なり「実験

教室」となると、つながりのある実験をいくつか準備しなければならない。先ずは、学生達がインターネット・書籍等から様々な実験ネタをかき集めてくる。我々は、必要な道具を提供すると同時に、相手の視点（子どもにとって面白いか？）に注意を促す。

実験ネタの数が増えて来たら、「大きなテーマは？」「並べる順番は？」という企画にまで考えを巡らせる。ストーリーを固めて行くと足りない実験が見えてくるし、面白い実験でもストーリーに組み込めない場合がある。最終的には、「ドライアイス・ミステリー～乾いた氷は滑らない」というタイトルで、ドライアイスに関係ある実験で構成することとした。授業や卒業研究とは異なり、内容的には十分に易しい事だからこそ、作っては壊し、壊しては作るという余裕が生まれる訳だが、全くレールが敷かれていらない状況から何かを作り出すという経験は学生達にとって非常に有益だったのではないかと思っている。

総合的な企画運営ということで、宣伝についても考えられた。専攻科の説明と実験教室の内容を伝えるポスターを A1 版でデザインし、廊下に貼り出した。それを編集し直して、A5 版の配布用のビラも作成した。ビラを配るだけでは面白くないからと、オリジナルの紙で包んだベッコウ飴も当日の宣伝として配布した。この時に半ば勝手に作ってしまった専攻科ロゴは、現在正式採用されている。また、今回は実現出来なかったが、極簡単な実験ネタを準備して、近隣の小学校を訪問するという案も検討されていた。

ここまで入念に企画されたものであれば失敗するはずも無く、二日間（4 回）の開催で予定定員 100 を超える子ども・保護者にきていただき、大盛況の内に幕を閉じることができた。実験内容自体はオーソドックスなものであるが、お土産として作成・持ち帰って頂いた指形口ウソクは、子ども・保護者共に喜んでいただけた。



図 1. シャボン玉に入って記念撮影（受付にて）

- ・大きなシャボン玉に入って記念撮影（受付）
- ・ドライアイスに触れる・滑らせる
- ・CO₂で火を消す
- ・CO₂を溜めた上にシャボン玉を浮かべる
- ・ドライアイスでシャーベットを作る
- ・自分の指で型取った指ろうそく作り
- ・蠅が固まる待ち時間、学内の様子をビデオ上映

表 2. 実験教室の内容一覧

4. 科学の祭典—釧路大会

全国規模で展開されている科学の祭典だが、釧路では「科学の屋台村」というサブテーマが付いて 2000 年から行われている。釧路高専の物理としては教員二人が参加できるスケジュールだったので、「吹き矢の射的屋」と「景品工作所」という 2 ブースが連携した内容で計画した。

「吹き矢の射的屋」とは、ストローにマッチ棒を入れて飛ばす吹き矢で、何点の的を何個倒せるかという得点を競うものである。3 歳以上であれば十分に楽しめる。本来はストローの長さと初速の関係を考える力学教材であるが、詳細は実験書に委ねて純粹に子ども達に楽しんでもらった。「景品工作所」というのは、射的の点数に応じて科学に関する工作が出来るブースである。材料が無くなってしまっては射的屋も閉店することとなるので、工作材料が十分に確保できる科学工作ネタを準備し



図 2. 景品工作所の様子

- ・魔法の黒い壁（ブラックウォール）
- ・カミナリ君（圧電素子で火花）
- ・小さな黒い壁（簡易版ブラックウォール）
- ・浮き沈み金魚（醤油さし浮沈子）
- ・紙トンボ（牛乳パック紙トンボ）

表 3. 景品工作所の工作一覧

た。他の景品を作ろうと「射的屋」に何度も並び直す子ども達もあり、イベント終了間際まで長蛇の列が途切れることはなかった。

5. 小学校への出前授業

ベルマーク教育振興財団が行っている僻地学校への支援事業の一環として、羅白小学校への出前授業の依頼があった。テーマは自由で、普通の授業では出来ないようなことをして欲しいという、こちらの都合で何とでもなりそうな依頼であった。しかし、午前午後それぞれ低学年 100 名、高学年 100 名を相手にするという我々が経験したことの無い大掛かりなものでもあった。

100 人を一度に相手するということを考えると、体育館で行うしかない。広いところで行うとなれば、ダイナミックな実験ができるので、題目は「空気を感じよう！」と設定し、前半は空気関係の演示実験、後半はそれにまつわる工作を行い体育館の中で自由に遊んでもらおうということにした。

前半の演示実験コーナーでは、説明・実演・次の準備というように三人で役割を交換しながら進めた。米村傳治朗氏がしばしば話されているように「まずは色々体験することが出発点」というスタンスで出来るだけ色々な

ものを見せるに重点を置いた。

普段の授業では出来ないダイナミックな実験を行う爽快感と、素直に感動してくれた小学生の笑顔で、演示したこちら側が楽しい思い出を作させていただいたという印象である。

6. 市民講座

釧路高専主催の一般市民向けの開放事業である。学科の特色を生かしたものや、年賀状の作り方等生活の役に立つもの等、各教員が工夫を凝らした内容で展開されている。

物理としては、「大人の科学」シリーズの大ヒットなどを踏まえて社会人が学生時代を懐かしむことが出来るようなものを意識しつつ、高専を進路の選択肢と考えている中学生にも興味を持ってもらえる内容ということで、「試してナットク理科実験」と銘打って、日常生活に係わる雑多な実験を準備した。説明のレベ

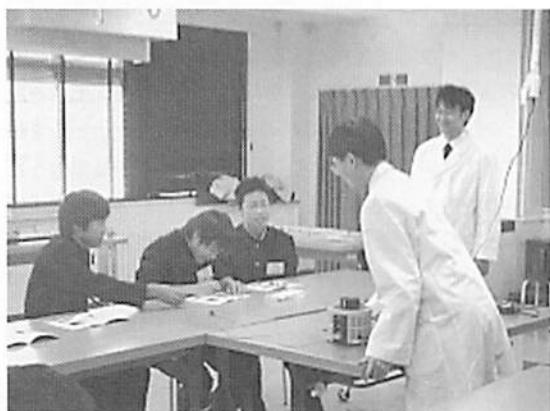


図 3. 感電体験の様子

「イントロダクション」

- ・ 深呼吸
- ・ バルーンアート
- ・ 巨大風船

「空気で押す」

- ・ 吹き矢
- ・ 送風機でボールを浮かせる
- ・ ホバークラフト

「空気にぶつかる」

- ・ 竹とんぼ
- ・ ブーメラン

「空気に乗る」

- ・ アルソミトラの種
- ・ フライングリング
- ・ バルーンロケット

「空気の塊が空気に乗る」

- ・ 巨大空気砲

「工作の時間」

- ・ 紙トンボ
- ・ バルーンロケット
- ・ リング状折り紙飛行機

表 4. 「空気を感じよう！」の内容一覧

「お札の偽造防止」

- ・ 紫外線インク
- ・ マイクロ文字

「水蒸気と湯気」

- ・ 高温蒸気でマッチに点火

「大気の圧力」

- ・ 空き缶つぶし

「電池とコンセントの電気」

- ・ アースについて
- ・ 感電体験
- ・ 乾電池で 100W 電球を点灯

「二酸化炭素の固体」

- ・ シャボン玉を浮かせる
- ・ CO₂の味を確かめる

表 5. 「試してナットク理科実験！」の主な内容

ルは理科好きの中学生が十分に理解できる程度としたが、「単1乾電池66本(100V)で普通の電球は点灯するか?」等、理屈は分かるが実際に試してみる機会がないだろう実験を多数提供した。

7. 科学館閉館イベント

釧路市青少年科学館が老朽化に伴い閉館するということで、一週間にわたり様々な人々が様々な出し物を行う「さよなら科学館」という企画が行われた。その最終日を釧路高専が担当し、その一端を担ったわけである。

一週間にもわたる連日の企画だということもあり、科学の祭典程の混雑は無いだろうと予想されたので、来てくれた子ども達と会話をしながら楽しめる出し物ということを考えた。

「科学おもちゃ色々」と題して、ポンポン蒸気船や平和鳥などの科学原理を用いた様々な玩具を準備しておき、子ども達の反応を見ながら次から次へと見せてゆく。幼児であれば動きが面白いものや色がきれいなものを、理科少年であれば原理が面白いものを、というように相手に応じて見せるものを選び、説明のレベルも調節した。

また、青少年科学館の想い出を形のあるものとして残しておきたいという思いもあったので、科学館の代表的な展示物である「エイムズの部屋」を再現した紙工作を準備した。外側の壁面もその他の展示物の写真をふんだんに取り込んでデザインし、この科学館にかつて通っていた大人の方々にも喜んでもらえたと自負している。

・ポンポン蒸気船	・地球ゴマ
・平和鳥	・逆立ちゴマ
・U force	・ブームワッカー
・不思議な砂時計	・永久ゴマ
・頑固な亀(ラトルバック)	・教訓茶碗

表6. 「科学おもちゃ色々」で準備した玩具の例

8. 高校への出前授業

2004年度、釧路湖陵高等学校の理数科がスーパーサイエンスハイスクールの実施校に選ばれた。その実践の中で科学研究機関と連携して物理実験授業を実施するという内容があるということで、釧路高専物理に相談があった。そして、2時間分の実験を2テーマ用意するという形で協力することになった。

研究機関らしさを出しながらも、高校生が2時間の中で実験しながら理解可能なテーマを探すことになった。1つは、釧路高専電子工学科の先生の協力も得て光の研究の話をすることにした。生徒実験としては、高校物理

の教科書では扱われるが高校の生徒実験として実施されることはないであろうレーザー光干渉実験を提供した。

もう1つは、高校物理のカリキュラムとは直接関係はないが実験技術の基礎として真空技術の解説を行うこととした。生徒実験としては、エアフレッシュという家庭用真空調理器具(手動ポンプと弁つき密閉容器のセット)によってできる興味深い実験(表7参照)をいくつか提供した。

どちらのテーマでも、いきいきとした活動を促しながら研究の最前線を理解してもらうことができたので、趣旨に沿った協力ができたものと考えている。



図4. ビール瓶から空気を抜き出している様子

- ・ビール瓶をどの程度真空中にできるか
- ・低温沸騰
- ・真空落下
- ・真空中でマシュマロはどうなるか?
- ・水出しコーヒー

表7. 「真空技術」の主な内容

9. おわりに

2004年度は、科学館でのイベントが2回行われたり、ベルマーク教育助成財団や釧路湖陵高校から年度当初には予想していなかった依頼があったりと、学外での活動の場を数多く提供していただいた。地域貢献活動という対外的な目的だけではなく、普段の授業とは異なった雰囲気を味わう気分転換・発想の転換の機会を我々が頂いたという思いである。

また、これらのイベントの度にいわゆる持ちネタが充実し、興味を喚起する為の授業の導入・演示実験といった事にも生かされているので、今後も活発な活動を続けて行きたいと考えている。

《物理教育研究会（支部大会）の様子》



高温超伝導物質を使ったジェットコースター



簡単な共振実験の紹介



シンポジウム「物理Ⅱ選択分野の扱いについて」

物理教育研究
実践報告

日本物理教育学会 北海道支部
Vol.33, 2005.7

v-tグラフを理解させる指導 (瞬間の速さ・平均の速さの指導に動画を用いる)

札幌新陽高等学校 佐々木 基

高校生にもなれば、自転車やバスなど、数多くの乗り物に接した体験がある。生徒は速さを体験として理解している。この点で、長さや重さと同じように、あって当たり前、説明不要の物理量となっていると考えられる。そこで、速さの定義は省き、いきなり動画を見せ、グラフを書かせるという導入を試みてみた。授業中の生徒の反応はよかったですが、考査の結果は悪かった。授業のあり方にご批判をいただき、今後に生かしていきたいと思う。

キーワード v-t グラフ、動画、平均の速さ、瞬間の速さ

1. はじめに

本校生徒は、言葉による定義を与えるような、天下り式の授業をしたとたん、重苦しい雰囲気を漂わす。

パソコンとスクリーンを準備した段階で生徒は何が始まるかと興味を持つ。短い動画は生徒の集中力を持続させる。

今回の授業では生徒の興味・関心を高める一定の効果は示せたと言える。

2. 方法

(1) 準備するもの

パソコン、自作動画ファイル(Quick Time)、モニターTV(プロジェクター)、接続ケーブル、

(2) 授業(指導案)

指示1. 速さの勉強です。スクリーンを見ます

映像(運転中の景色、10秒)を提示する。



「速いと思った人(手を挙げて、举手を促す)。」

「遅いと思った人。」

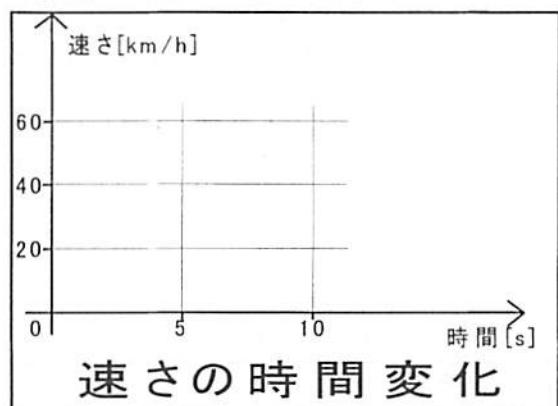
「自動車の速さを、感覚に頼らずに、一目で知る方法があります。」

「スピードメーターを見ればよいのです。」

画像(停止中の速度計の写真)を提示する。

説明1. スピードメーターの針が、時間とともに、どのように動いたのか、グラフに書き表すとします。

説明後、v-t グラフの用紙を配布する。



グラフに関する重要なポイントを5つ、次々に発問する。
「縦軸を指で押さえます。」

①「縦軸は何を表していますか。」(速さです。)

②「縦軸の単位は何ですか。」(キロメートル毎時です。)

単位はいきなりでは読めない場合がある。その場合は教師が範読し、2人に読んでもらう。その後、全員に答えさせる。

「横軸を指で押さえます。」

③「横軸は何を表していますか。」(時間です。)

④「単位は何ですか。」(秒です。)

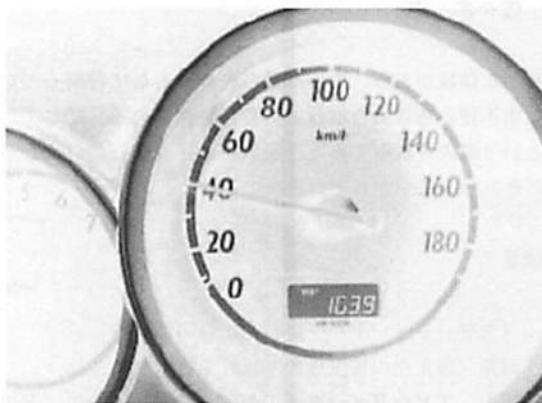
⑤「表題はなんですか。」(速さの時間変化です。)

指示2. これから、スピードメーターの映像を表示します。スピードメーターの針の動きの概略をとらえて、このグラフに書き込みます。

説明1. 最初、メーターは 40km/h を指しています。映

像は 10 秒間ありますが、時間にはこだわらなくて結構です。だいたいの様子をグラフに書くのです。

スピードメーターの針が動いている動画を提示する。



「もう一度見たい人はいますか。」

「グラフが書けたら、書けましたと言います。」

返事には「早い」と答える。

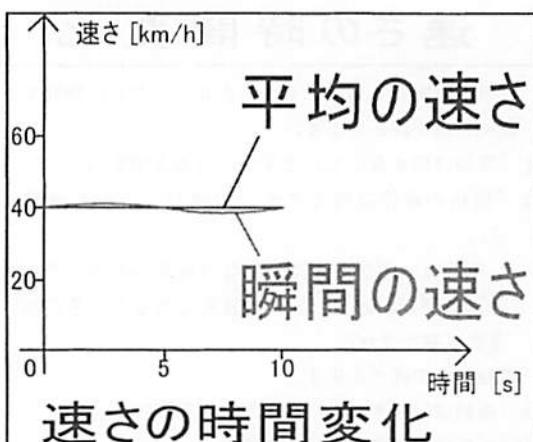
半数から返事があった時点で、答え合わせに進む。遅い人を待たない。

「こう書いた人(生徒の挙手を促す)。概略とは言ってもスピードメーターの針が揺れていたことに注目して書いたグラフです。」

「こう書いた人(挙手)。スピードメーターの針の動きの概略を一言で捉えて書いたグラフです。」

「二つはどちらも正解です。」

「同じだった人は○を付けます。」



説明 2. それぞれに意味があります。メーターが示す一瞬一瞬の速さを表した赤のグラフを瞬間の速さ、概略を一言で捉えた水平な直線で表した青のグラフを平均の速さといいます。

指示 3. 出来なかった人は二つとも書いておきます。出

来た人も、二つ目のグラフを書いておきます。書き写す作業をさせる。「速い、もうできた。」などと言って、促す。

指示 4. テキストをめくります。今度の映像をグラフにします。瞬間の速さを赤ペンで、平均の速さを青ペンで書きます。出来たらテキストを持ってきます。先着 10 名。

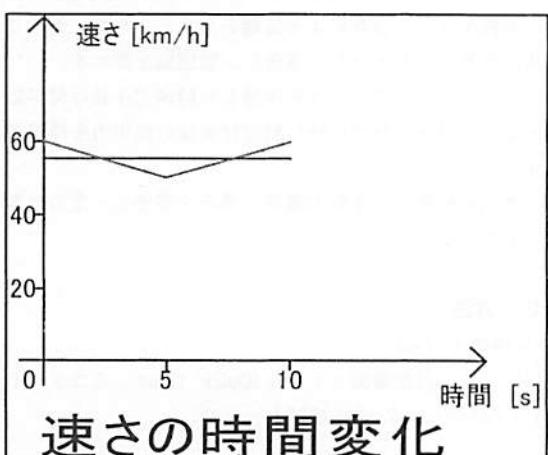
2 つ目の映像を提示提示する。

持ってきた答えの○付けをする。

間違えた場合、予備のプリントを持っていかせて、再挑戦させる。

人数になったら答えの確認を行う。

「答えはこうなります。出来なかった人は写しておきます。間違えた人は直しておきます。」



3. 結果

平均の速さを言葉で説明していたときと比べ、指導に必要な時間が大幅に減った。

作業の様子からグラフと運動のイメージをつなげて考えている生徒が増えていると感じた。

考査の結果は期待した程良くなかった。

4.まとめ

生徒の反応はよい。

しかし考査後、白紙からグラフを書くことの出来ない生徒がいることがわかった。生徒の現状分析不足が原因である。

また、北海道高等学校理科研究会で発表した際に、授業形態と出題形態の違いのあることが考査結果に結びつかない原因であると指摘された。

理解や定着を高めるために一層の工夫をしようと感じた。

偏光板とポリプロピレンによる着色現象に関する考察

(日本学生科学賞における内閣総理大臣賞受賞報告)

北海道南茅部高等学校 堀 輝一郎

本校理科部は2004年12月に開催された第48回日本学生科学賞中央審査最終審査において北海道の高校としては初めて最高賞である内閣総理大臣賞を受賞した。その研究内容と活動内容について報告する。

キーワード 偏光板 ポリプロピレン 日本学生科学賞 内閣総理大臣賞

1 日本学生科学賞について

日本学生科学賞(全日本科学教育振興委員会など主催)は2004年で48回をむかえた中学・高校生のための科学研究に関するコンテストで、中・高あわせて5000を超える作品が出品された。地方審査、中央審査予備審査を経て、最終審査は自分のブースで審査員に研究内容を説明し、質問を受ける形式の審査であった。

2 研究内容について

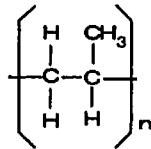
以下に内閣総理大臣賞を受賞した研究内容を紹介する。

2.1 はじめに

2枚の偏光板の間にセロファンやポリプロピレン(PP)などを挟むと色が付いて見える。どうして色が付くのか疑問に持ち、原理について調べることにした。

2.2 ポリプロピレンの分子構造と性質

PPの構造式は右の図の通りである。分子構造はフィルムを作る過程で力を加えるため、分子が一方向を向いている。この分子の向いている方向を今後「縦」と呼ぶことにする。



PPは分子が一方向に並んでいるため、縦方向と横方向で屈折率が異なることが知られている。この性質は「複屈折」と呼ばれ、着色現象の原因となっている。

2.3 現象

2枚の偏光板を黒くなるように重ねる。その間にPPを挟むと色が付く。偏光の向きがPPの縦方向、または横方向の時は色は付かず、黒いままである。しかし、偏光板を回転させると徐々に色が付き、偏光板の向きが45°となつたときに最も色が付く。PPの枚数が増えると色が変化する。

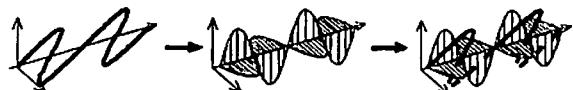
2.4 原理

PPを偏光板に対して45°傾けて入れた時を考える。PPの中では縦方向と横方向で屈折率が異なることから、進む速さが異なることになる。つまりPPを出たときに

は縦方向と横方向で位相がずれる。この縦方向と横方向の位相の差は波長により異なるので、以下の通り3つの場合に分けて考えることとする。

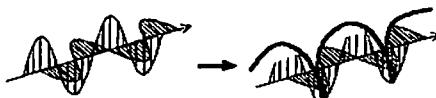
2.4.1 位相が結果としてずれない波長の場合

まず光を縦方向と横方向に分解する。光がPPを出たとき、結果的に位相がずれない波長の場合はもとと同じ向きの光が出てくる。



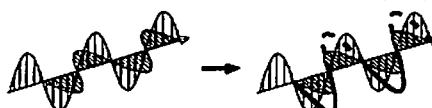
2.4.2 位相がずれる波長の場合

ほとんどの波長で位相がずれることになる。この場合、PPから出てきた光は下図のように回転することになる。



2.4.3 位相が半波長ずれる波長の場合

ちょうど位相が半波長ずれる波長の場合、PPを出てきた光はとの光の向きに対して90°回転する。



「ファインマン物理学」には以下のように書かれている。

以上の実験^(A)で白色光を使えば、セロファン膜は白色光の中のある特定の成分に対してのみ半波長板^(B)の役目をする。したがって通過した光はこの成分の色をもつことになる。⁽¹⁾⁽²⁾

注^(A)：2枚の偏光板の間にセロファンを挟む実験

注^(B)：縦方向と横方向で位相が半波長ずれるような板

2.5 実験1「直視分光器での観察」

偏光板とPPによって色が付いた光を直視分光器で観察した。PPの枚数は1枚～12枚まで観察を行った。

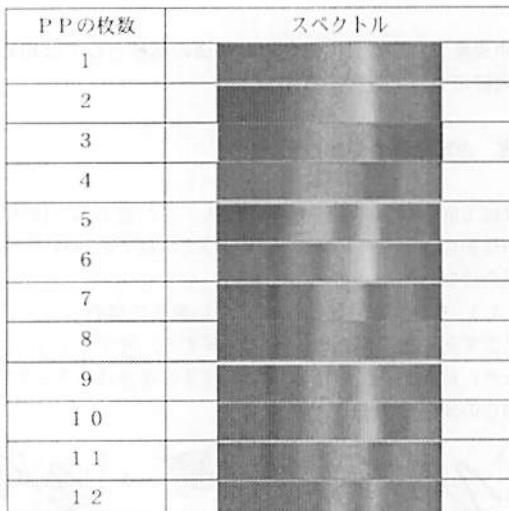
2.5.1 予想

ある特定の波長の光だけが通ると考えられるで、線スペクトルもしくは幅の狭いスペクトルが観察されるので

はないか、と予想した。

2.5.2 結果

予想とは異なり、幅広いスペクトルが観察され、その中に黒い線が観察された。PPの枚数が増えると、その黒い線が移動しているように見えた。またスペクトルの中にほとんど移動しない黒い線があることが分かる。



2.5.3 検討

実験結果はファインマンの説明とは異なっているという印象を受けた。この実験結果を検討するため、千歳科学技術大学光科学部教授である石田宏司先生に相談した。

その結果、スペクトルを見た目だけではなく数値化してグラフで表す必要があるということとなり、大学にある装置をお借りできることになった。後日改めて大学にて実験を行った。

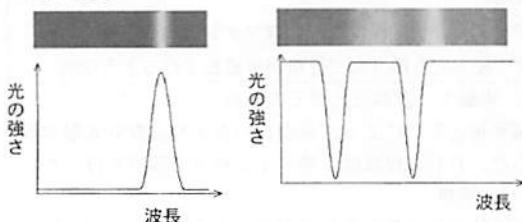
2.6 実験2「スペクトルのグラフ化」

測定範囲は380nm～700nmとし、5nm間隔で測定した。

2.6.1 予想

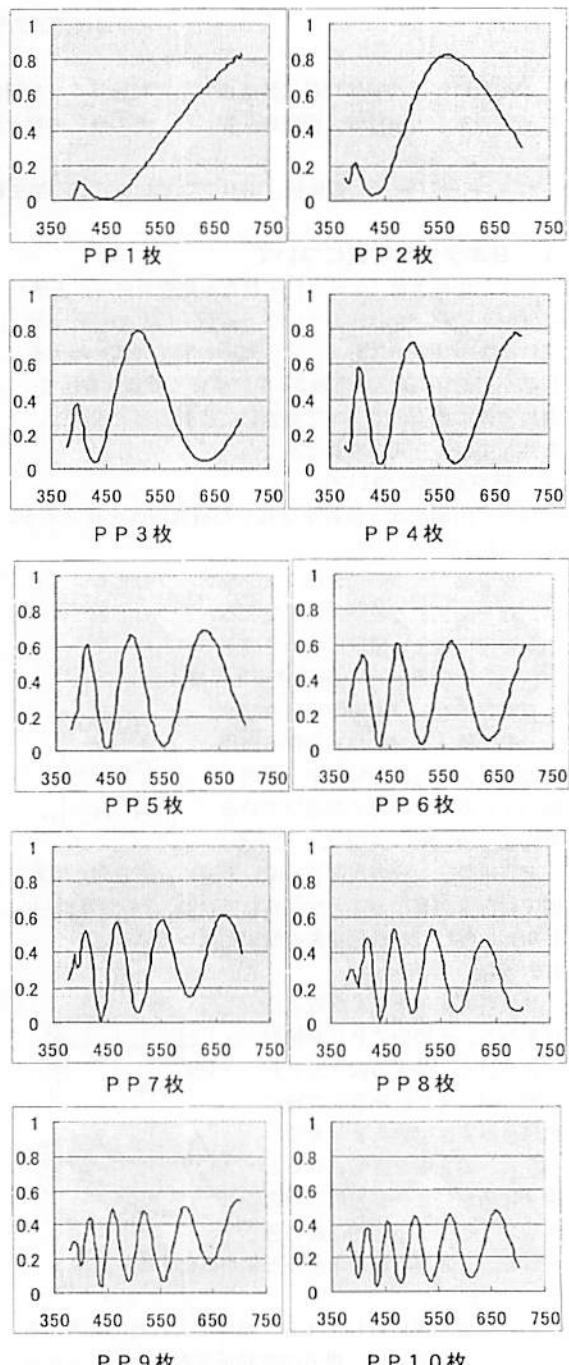
(1) 最初の説明の通りであれば、下図左のようにある特定の波長ところに鋭い山が現れるはずである。

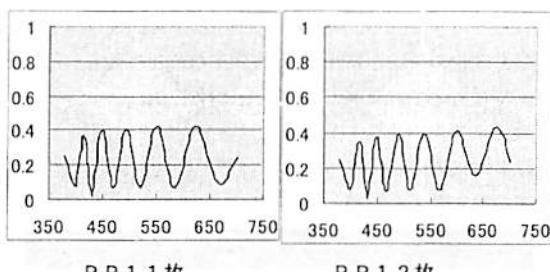
(2) 逆に実験1で黒い線が見えたということから、下図右のようにある特定の波長のところに鋭い谷が現れる可能性がある。



2.6.2 結果

以下に示すのが測定結果である。PPの枚数が1枚～12枚まで12種類のグラフがある。横軸が波長(nm)、縦軸は光の強さで、偏光板を平行にし、PPを置かないときの強さを1として、グラフを描いた。





PP 1 1枚

PP 1 2枚

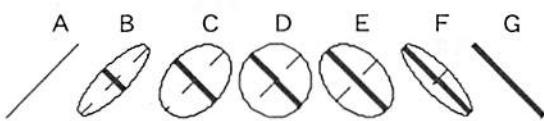
予想に反してなめらかな曲線を描いている。PPの枚数が増えるにつれ山、谷の数も増えている。

2.7 考察1（ファインマンの記述について）

グラフがなめらかになった理由について検討する。

2.7.1 2枚目の偏光板を通る光

PPに45°の角度で偏光した光が入ると考える。この光を進行方向から見た様子を下図のように表す。



PPを出た光は波長によって縦方向の光と横方向の光の位相差が異なっている。位相差が小さい場合、図のBのように光の進路は楕円形となる。

さらに、位相差が少し増えるとCのように円に近い楕円になる。位相差が4分の1波長の場合はちょうど円になる。更に位相差が増えるとE、Fのような楕円になり、位相差が半波長の時にはGのようにAと比較して90°回転した光になる。

A以外の場合はいずれも入射した光に対して90°回転した成分を持っており、太線で示したこの成分が2枚目の偏光板を通り、波長の変化に伴って、通る光の強さも連続的になだらかに変化すると考えられる。

ただし、この考え方は「回転する光が偏光板を通る」ということが前提になっている。次にこのことについて検証する。

2.7.2 回転する光は偏光板を通るのか

レーザー光は単一波長で偏光している光として知られている。このレーザー光を使って回転する光が偏光板を通るのかを検証する。

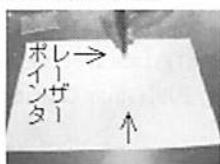


図1

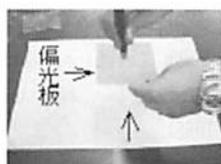


図2



図3

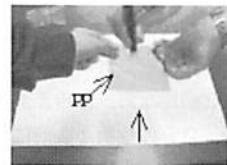


図4

図1は白い紙の上にレーザーを当てたところで、図2はレーザーの偏光の向きと同じ向きに偏光板を入れたところである。紙上のレーザーの明るさはほとんど変わらない。しかし図3のように偏光板を90°回転させるとレーザーの光はほとんど通っていない。この実験でレーザー光が偏光していることが分かる。

この状態でレーザーポインタと偏光板の間にPPを45°の角度で入れると、再び光が透過し紙上の光は明るくなる。この時さらに、下の偏光板を回転させても紙上の光は明るいままであった。

レーザーポインタから出た光は偏光しているが、45°回転したPPを通ると回転することになる。この回転した光はどの角度の偏光板も通り抜けると考えられる。

2.7.3 余色（補色）の関係は面白い？

「ファインマン物理学」には次のような記述もある。

これらのフィルター⁽¹⁾には、二つのポーラロイド板の軸が垂直の場合に通す光の色と、平行なときに通す光の色とが余色の関係になるという面白い性質がある。⁽¹⁾⁽²⁾

注⁽¹⁾：2枚の偏光板の間にセロファンを挟んで色が付いた状態をフィルターと呼んでいる。

この文章の後は別の話題に移ってしまって、「面白い性質がある」ということだけで終わっている。なぜそのように余色（補色）の関係になるのかという説明は全くない。しかし、2.7.1で示した考え方では余色（補色）の関係になるのは当然である。

すべての波長において、Aの向きの成分とGの向きの成分に分けられるので、2枚の偏光板が垂直の時の光と、平行の時の光を合わせるともとの白色光になるのは間違いない。つまり余色（補色）の関係になるはずである。

この現象を的確に説明できることから、2.7.1の考え方ほぼ間違いないと考えられる。

2.8 考察2（グラフに関する考察）

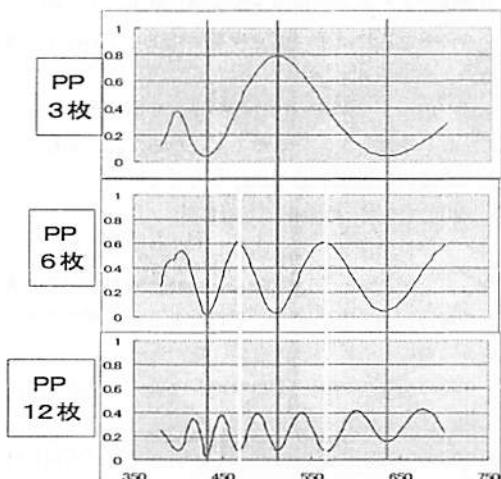
2.8.1 PPの枚数に関わらず通らない波長

全てのグラフで440nm付近の波長では、全てのグラフが谷になっている。今回使用したPPでは、440nm付近の波長が、「位相が結果としてずれない波長」だと考えられる。つまり440nm付近の波長はPPを何枚重ねても常に入る光と出る光の偏光の向きが変わらないため、2枚目の偏光板を通らず、光の強さが最小になっていると考えられる。

2.8.2 PPの枚数を2倍にする

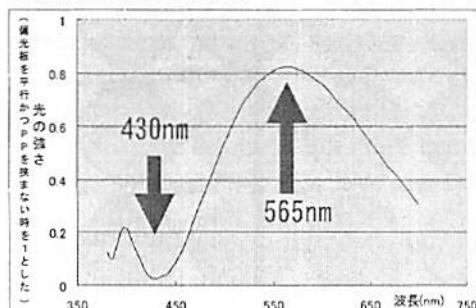
PPの枚数を2倍にすると、PPを出た光の縦と横の位相差も2倍になる。位相差が半波長のときグラフでは山になるが、PPの枚数が2倍になるとその波長での位相差は1波長となりグラフでは谷になるはずである。一方、位相差が1波長のときグラフでは谷になるが、PPの枚数を2倍にしても位相差は2波長となりグラフでは谷となるはずである。

実際にPP3枚のグラフの山はPP6枚では谷に、PP6枚での山はPP12枚では谷となっている。また、PP3枚での谷はPP6枚でも、PP12枚でも谷のままである。同様に他のグラフでもPPの枚数が2倍になると「山→谷、谷→谷」の関係が確認できる。



2.8.3 山と谷の位置を予想する

PPが1枚の時、440nm付近の波長（グラフの谷の部分）で縦と横の位相が1波長ずれいると仮定する（仮定①）。PPが2枚になると厚さが2倍になるので、440nm付近の波長で2波長ずれることになる。



グラフからこの波長は430nmと読み取れるので、全体のずれは430nm×2波長=860nmとなる。

すべての波長で同じだけずれると仮定する（仮定②）と、1.5波長だけずれる波長は860nm÷1.5=573nm。この波長で

山になるはずである。測定値は565nmと非常に近い値である。

PP3枚の時は、430nmで3波長ずれると考えられる。以下同様に考えて計算値と測定値を比較する。

次に示す表の通り、少しの差はあるものの計算値と測定値は非常に近い値になっているので、仮定①、仮定②ともに正しいと考えられる。

PPの枚数	440nm付近の谷	縦と横の位相差	全体の縦と横のずれ	縦と横の位相差	山・谷	計算値	測定値
2枚	430nm	2波長	860nm	1.5波長	山	573nm	565nm
3枚	430nm	3波長	1290nm	2.5波長	山	516nm	510nm
4枚	445nm	4波長	1780nm	3.0波長	谷	645nm	635nm
5枚	445nm	5波長	2225nm	3.5波長	山	509nm	500nm
				4.0波長	谷	593nm	580nm
				4.5波長	山	494nm	490nm
				5.0波長	谷	556nm	550nm
				5.5波長	山	636nm	625nm
6枚	435nm	6波長	2610nm	5.0波長	山	475nm	465nm
				5.5波長	谷	522nm	510nm
				4.5波長	山	580nm	565nm
				4.0波長	谷	653nm	630nm

3. 受賞までの活動

この研究を進めるにあたって、発表の機会があればできるだけ参加し、多くの先生から意見・アドバイスをいただけるように努めた。

- 4月 現象について千歳科学技術大学の石田先生に相談
- 5月 千歳科学技術大学にて実験をさせていただく
- 8月 青少年のための創造科学実験にて発表
- 9月 道高文連道南支部理科研究発表大会にて発表
- 10月 道高文連全道高校理科研究発表大会にて発表
- 11月 函館市中学生理科研究発表会にて発表
- 12月 北海道大学大学院末岡先生と発表の練習
- 12月22、23日 日本学生科学賞中央審査最終審査

4. おわりに

研究の内容は高校生には難しい内容だと思われるかもしれないが、審査員からは「口頭での説明に説得力があり、生徒自身がよく理解して自分の言葉で明解に説明できていた」と評価していただいた。今回、多くの先生からのアドバイスのおかげで、生徒とともに良い経験ができた。さらに上を目指し、今後も努力したい。

引用文献

- 1) ファインマン、レイトン、サンズ、富山小太郎訳、「ファインマン物理学II 光 热 波動」岩波書店、91-92(1968)
- 2) Feynman, Leighton, Sands, "The Feynman lectures on PHYSICS Volume I", Addison-Wesley Publishing Company, 33-4 (1963)

(付記) 本稿は、『物理教育』53(2005) pp. 51-55を本誌「物理教育研究」に再度掲載しました。

クントの生徒実験を実施してみて (気柱の共鳴の視覚化)

北海道札幌厚別高等学校 松田 素寛

気柱の共鳴実験は共鳴音から、音の波長を得ることが一般的である。クントの実験を生徒実験としておこなうことで気柱内の媒質の動きの視覚化をおこなった。また、ダイジェストビデオで、観察ポイントの説明をおこない、スムーズに実験に取り組めるよう配慮した。ダイジェストビデオや実験の感想をアンケート結果から探り、この生徒実験の効果等について考えてみた。

キーワード 気柱の共鳴、定常波、視覚化、音波ソフト

1. はじめに

クントの実験は媒質の各点の動きより、疎・密を繰り返し、疎・密の部分が横波表示の節（圧力変化の激しいところ）の部分に一致する。節（腹）と節（腹）の距離を測ることで定常波の半波長を得ることができる。

演示実験としておこなうのが一般的であるが、生徒実験とすることで、振動数の上げ下げで、共鳴音の変化による振動の様子の変化を観察させることを目的とした。

この実験は誰でも手軽にインターネットから音声ソフトをダウンロードできることから、パソコンがあれば、音波発信器が無くても手軽に行える点である。

以下には生徒への実験手順の説明から、生徒の取り組みも含めて報告したいと思う。

なお、実験の対象生徒は本校の3年生の物理ⅠB選択者、2クラス（12名、14名）である。

2. 方 法

気柱の共鳴の単元を行うにあたって、以下のような授業をおこない、本実験へとつなげた。

(1) 実験までの授業展開

- ① 気柱（開管・閉管）の原理の説明
- ② 従来の気柱の共鳴実験実施
- ③ シュミレーションソフトの使用
- ④ 本実験実施
- ⑤ 本実験のまとめ

(2) 実験で準備するもの

透明アクリルパイプ（内径3.4mm、長さ1m）
スピーカー（20w、8オーム）、カラーパウダー1g、
定規、パソコン、音波発生ソフト（発音）

(3) 実験説明

本実験を行うにあたり、限られた時間で考察を行うには時間がかかり、生徒への実験の提示・説明を考えた場合、できるだけ生徒に実験時間を与えることを考えると、事前に手順等の説明や実験観察ポイントなどの提示が必要である。そこで、あらかじめそのような本実験内容のダイジェストビデオを作成した。5分程度の内容で、生徒に見せながら説明も随時加えた。以下の内容を考慮して作成した。

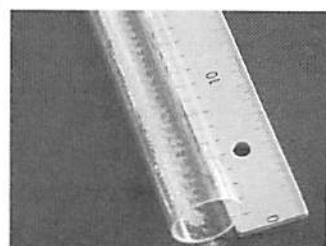


(ダイジェストビデオの内容)

- ① 実験で用意するもの
- ② 本実験で考えたいこと
- ③ 実験への準備・手順
- ④ スムーズな実験を行うために
- ⑤ 実験での観察ポイント
- ⑥ およそその共鳴振動数の提示

3. 結 果

ダイジェストビデオの内容とクントの実験の2点について、生徒のおもな感想・意見をまとめてみた。反応は様々であった。



(1) ダイジェストビデオを使っての印象

① ビデオの内容について

よく分った 13名

普通 11名

良くない 0名

(主な意見)

- ・ビデオだと流れが分かり、スムーズに実験できた。
- ・1つ1つの場面をもう少し、ゆっくり見たかった。

② 実験手順について

よく分った 9名

普通 15名

良くない 0名

(主な意見)

- ・実験がしやすかったし、成功か、失敗かがはっきりしていた。
- ・短かったので手順が覚えきれなかった。

③ 実験の説明内容について

よく分った 10名

普通 13名

良くない 1名

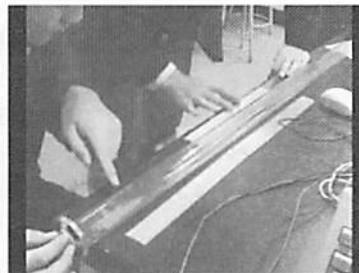
(主な意見)

- ・注意して欲しいところ、大切なところは、文字が出てくるので、見ていて注意しなきやいけないところは頭に残って良かった。流しながら説明もしてくれたので良かった。
- ・画面の文字を見ていて聞き逃したところがあった。

(2) クントの実験について

- ・カラーパウダーのおかげで腹と節が分かった。
- ・波の様子がよく分かる実験だと思った。
- ・自分の目で波の動きがしっかり見られてすごいと思った。
- ・耳と鼻が悪いので、しっかりやることができなかつた。
- ・高い振動数では腹・節は見つけにくかった。
- ・結果がなかなか出てこなかった。

ダイジェストビデオで見ているせいか、準備から実際に実験するにあたって、スムーズに取り組んでいたようである。



4.まとめ

実験の流れは振動数を上げていき、気柱の共鳴音から、基本振動、2倍振動、…、 m 倍振動を求める。そして、それぞれの共鳴音での振動数を起こし、カラーパウダーの動きから定常波の様子を見せていくというように考えていたが、実際に実験時間に限りがあり、共鳴振動数はあらかじめ与えておき、共鳴音を聞かせてから、本実験を行った。

通常、実験を行う場合、プリントを見せながら説明し、実験に入るが、その時点で実験のイメージができていない生徒もあり、どのような実験なのかを把握していない場合もある。

今回のように、実験の流れを口頭で説明しても、観察ポイントがわかりにくい実験については、ダイジェストビデオを使うことは有用であり、本実験を実施することが可能となったともいえる。

本実験はパソコンとスピーカーさえあれば、音波発信器がなくても実験が可能である。生徒にとっては気柱の共鳴という音からのアプローチだけでなく、気柱内の波（疎密）が観察でき、視覚化されて、教科書の気柱の共鳴の図がより、身近なものとして理解できる。

参考文献

- 1) 北村俊樹：コンピューターを用いた音の実験
<http://www.bekkoame.ne.jp/~kitamura/otozikken.htm>

(付記) 本稿は、『物理教育』53(2005) pp.45-46 を本誌「物理教育研究」に再度掲載しました。

エポニム調査の比較分析

(高校物理を事例として)

北海道札幌清田高等学校 鶴岡 森昭

高校物理教科書に掲載されている物理学者 60 名について、その知名度を 3 段階の評定尺度で高校物理の課程修了時に、異なる 3 校の生徒 218 名を対象に調査した。生徒の物理学者に対する知名度の調査結果の知見は、物理に対する生徒の関心度・理解度を測る一手段として重要であり、教科指導改善の焦点を絞る上で有益であると思われる。

1 はじめに

高校理科の教科書では、アボガドロの法則、ダーウィンの進化論、モホロビッチ不連続面、ファラデーの電磁誘導の法則、ボイル・シャルルの法則とか、人の名を冠したエポニミー（冠名）現象には枚挙の暇がない。エポニミーの語源¹⁾は、キリシア語の *epi* (upon, after 等の意) と *onoma* (name の意) で名前に基づいて、あるいは「ゆかりの人名を冠した語句」という意味であり、冠名語やある特定の人物の名前を冠した単語や用語を *eponymy, eponymy* の基になった人名を *eponym* という。従って、エポニミー現象とは、ある学問的業績に対してもその生産者たる個人の固有名詞を冠する現象である。

高校の教科書の中には、物理では 60 名のエポニムに対して 71 件のエポニミー、化学では 28 名に 34 件、生物では 13 名に 10 件、地学では 33 名に 31 件が見られる。

本論では、物理分野の各エポニムについて生徒の知名度を調査した。この調査を通して科学者に対する生徒の理解度や関心度を把握し、今後の教科指導の改善に役立てることをねらいとする。

2 調査方法

高校物理では、アンペア、アルキメデス、アットウッド、アボガドロ、バルマー、ベクレル、ボア、ボルツマン、ボイル、ブラック、ブラウン、セルシウス、シャルル、コンプトン、クーロン、キュリー、ド・ブロイ、ドップラー、ファラデー、フレミング、フランク、フランホーファ、フレネル、ガウス、ガイガー、ガイスラー、グレイ、ホール、ヘンリー、ヘルツ、フック、ホイヘンス、ジュール、ケルビン、ケブラー、キルヒホフ、クト、ラウエ、レンツ、ローレンツ、ライマン、ミリカン、ミュラー、ニュートン、オーム、パッシエン、パスカル、プランク、レントゲン、ラザフォード、リュドベリー、スネル、ボルト、シーベルト、テスラ、トムソン、ボルト、ワット、ウェーバー、ホイートストン、ヤングといったエポニムについて。

- ① 何をした科学者であるかを知っている
- ② 名前だけは見聞きしたことがある
- ③ 名前を見聞きしたことがない

から 1 肢を選択させ、マークカードに記入されたデータを読み取って集計した。

3 調査結果

3.1 調査時期 平成 15 年 1 月

3.2 調査対象

札幌藻岩高校 3 年生 (M 校)	103 名
札幌平岸高校 3 年生 (H 校)	69 名
札幌清田高校 3 年生 (K 校)	46 名

3.3 回答集計

回答結果は別の一覧にまとめた。データの読み込みの過程でエラーとして記録された場合は、空欄の場合と同じ扱い、「無回答」とした。

4 結果の整理

4.1 「何をした科学者であるかを知っている」で、3 校総数が多い物理学者

- ① Newton, S. I. 169 名 (77.5%)
- ② Charles, J.A.C. 162 名 (74.3%)
- ③ Boyle, R. 159 名 (72.9%)
- ④ Avogadro, A.C.Q.C. 158 名 (72.5%)
- ⑤ Doppler, C. J. 156 名 (71.6%)
- ⑥ Fleming, J. A. 154 名 (70.6%)
- ⑦ Faraday, M. 141 名 (64.7%)
- ⑧ Coulomb, C. A. 140 名 (64.2%)
- ⑨ Ohm, G. S. 139 名 (63.8%)
- ⑩ Lorentz, H. A. 132 名 (60.6%)

4.2 「何をした科学者であるかを知っている」で、学校間差が大きい物理学者

- ① de Broglie, L-H. 54. 1 %

エボニム調査の比較分析

② Gauß, C. F.	41. 4%
③ Huygens, C.	36. 6%
④ Henry, J.	33. 3%
⑤ Ampere, A. M.	30. 4%
⑥ Hertz, H. R.	30. 4%
⑦ Young, T.	27. 5%
⑧ Roentgen, W. C.	26. 6%
⑨ Planck, M.K.E.L.	26. 1%
⑩ Thomson, S.J.J.	24. 6%

4.3 「名前を見聞きしたことがない」で、3校総数が多い物理学者

① Fraunhofer, J.	194名 (89.0%)
② Fresnel, A. J.	193名 (88.5%)
③ Kundt, A.A.E.E.	191名 (87.6%)
⑤ Snell, R. W.	191名 (87.6%)
⑤ Gray, S.	190名 (87.1%)
⑥ Lyman, T.	180名 (82.6%)
⑦ Geiger, H.	178名 (81.7%)
⑧ Laue, M. T. F.	175名 (80.3%)
⑧ Balmer, J. J.	175名 (80.3%)
⑩ Geißler, H.	173名 (79.4%)
⑩ Rydberg, J.R.	173名 (79.4%)

4.4 「名前を見聞きしたことがない」で、学校間差が大きい物理学者

① de Broglie, L.H.	73. 8%
② Ampere, A. M.	58. 0%
③ Planck, M.K.E.L.	57. 9%
④ Thomson, S.J.J.	48. 5%
⑤ Sievert, R.M.	45. 7%
⑥ Becquerel, A. H.	42. 0%
⑦ Compton, A. H.	41. 0%
⑧ Bohr, N. H. D.	36. 1%
⑨ Boltzmann, L.	34. 8%
⑩ Laue, M. T. F.	30. 3%

5 分析と考察

5.1 「何をした科学者であるかを知っている」

3校の総数で上位の物理学者はその顔ぶれから概ね判断すると、中学校理科や高校化学で頻出する科学者であることが伺える。彼らは高校物理以外で以前に見聞したことがあり、強く印象に残った物理学者であることが伺える。

学校間差の大きい物理学者の多くは高校物理で初めて出会う物理学者であるが、教科書の配列順序や、授業中に教師の解説によって生徒が受けた印象度合いによって

生じた差のように思われる。

この極端な例として de Broglie をあげることができる。調査に協力して頂いた教師に後日伺った状況によると、授業中に教師本人が学生時代に英語読みをした失敗談をしたそうであるが、そのことが生徒に強く印象づけられたようである。

5.2 「名前を見聞いたことがない」

5.1 の項目と表裏一体をなす調査項目であるが授業中に既に出てきた物理学者であるので、正確には「印象が薄く忘れてしまった」という表示にすべてあったと思われる。

ここであげられている物理学者は殆どが高校物理で初めて出会う学者であるが、特に原子物理領域に頻出する物理学者が多い。教科書の配列順序で最後の箇所でもあり、十分に時間をかけて指導されていないことも原因と思われる。

6 結 論

昨年12月に高校物理の課程を修了した3つの異なる高校3年生218名を対象にして、彼らが保有する物理学者60名の知名度調査の結果を分析した。生徒にとって知名度の高い物理学者や低い物理学者の実状の一端を把握することができた。

知名度の要因としては、過去の学習体験や他の科目で見聞いた科学者である場合や、授業の進行順序に伴う物理学者の配列位置や、既に学習した箇所に出てきた物理学者でも教師の解説方法によって生徒には印象が薄かった場合も考えられる。また、学校教育以外のマスメディア等からの情報入手による知名度への影響も無視できない要因と考えられる。

今後の課題としては、高校入学当初の生徒を対象に調査しその同一生徒対象の追跡調査を実施したり、調査対象生徒を増やす等が考えられる。このような調査を通して、より精度の高い分析が可能になることと思われる。

末筆ながら、本調査に協力して頂いた札幌藻岩高校の西川浩司氏と札幌平岸高校の横岡直幸氏にお礼を申し上げたい。

参考文献

- 1) 新堀通也 他、学問業績の評価－科学におけるエボニミー現象、玉川大学出版部、1985.
- 2) 杉山滋郎 他、科学史資料集ならびに科学史を利用した授業案集の開発に関する研究－高校「数学基礎」「理科基礎」科目のために－ 2002.
- 3) 長倉 三郎 他、岩波理化学辞典 第5版、岩波書店、2004.

高校物理工ポニム調査用紙

A. 個人データ [回答欄 : 1 ~ 2]

1 学 年 (1学年:①、2学年:②、3学年:③)

2 性 別 (男 子:①、女 子:②)

次に示された科学者について、以下の要領でマークカードに回答してください。

- ① 何をした科学者であるかを知っている (詳しく知っている)。
- ② 名前だけは見聞きしたことがある (知っている)。
- ③ 名前を見聞きしたことがない (知らない)。

B. 調査内容 [回答欄 : 3. ~ 6 2.]

3. アンペール	① 何を ② ある ③ ない	33. フック	① 何を ② ある ③ ない
4. アルキメデス	① 何を ② ある ③ ない	34. ホイヘンス	① 何を ② ある ③ ない
5. アトウッド	① 何を ② ある ③ ない	35. ジュール	① 何を ② ある ③ ない
6. アボガドロ	① 何を ② ある ③ ない	36. ケルビン	① 何を ② ある ③ ない
7. バルマー	① 何を ② ある ③ ない	37. ケプラー	① 何を ② ある ③ ない
8. ベクレル	① 何を ② ある ③ ない	38. キルヒホフ	① 何を ② ある ③ ない
9. ポア	① 何を ② ある ③ ない	39. クント	① 何を ② ある ③ ない
10. ボルツマン	① 何を ② ある ③ ない	40. ラウエ	① 何を ② ある ③ ない
11. ボイル	① 何を ② ある ③ ない	41. レンツ	① 何を ② ある ③ ない
12. ブラック	① 何を ② ある ③ ない	42. ローレンツ	① 何を ② ある ③ ない
13. ブラウン	① 何を ② ある ③ ない	43. ライマン	① 何を ② ある ③ ない
14. セルシウス	① 何を ② ある ③ ない	44. ミリカン	① 何を ② ある ③ ない
15. シャルル	① 何を ② ある ③ ない	45. ミュラー	① 何を ② ある ③ ない
16. コンプトン	① 何を ② ある ③ ない	46. ニュートン	① 何を ② ある ③ ない
17. クーロン	① 何を ② ある ③ ない	47. オーム	① 何を ② ある ③ ない
18. キュリー	① 何を ② ある ③ ない	48. パッシエン	① 何を ② ある ③ ない
19. ド・ブロイ	① 何を ② ある ③ ない	49. パスカル	① 何を ② ある ③ ない
20. ドッブラー	① 何を ② ある ③ ない	50. ブランク	① 何を ② ある ③ ない
21. ファラデー	① 何を ② ある ③ ない	51. レントゲン	① 何を ② ある ③ ない
22. フレミング	① 何を ② ある ③ ない	52. ラザーフォード	① 何を ② ある ③ ない
23. フランク	① 何を ② ある ③ ない	53. リュドベリー	① 何を ② ある ③ ない
24. フランホーファ	① 何を ② ある ③ ない	54. スネル	① 何を ② ある ③ ない
25. フレネル	① 何を ② ある ③ ない	55. シーベルト	① 何を ② ある ③ ない
26. ガウス	① 何を ② ある ③ ない	56. テスラ	① 何を ② ある ③ ない
27. ガイガー	① 何を ② ある ③ ない	57. トムソン	① 何を ② ある ③ ない
28. ガイスラー	① 何を ② ある ③ ない	58. ボルト	① 何を ② ある ③ ない
29. グレイ	① 何を ② ある ③ ない	59. ワット	① 何を ② ある ③ ない
30. ホール	① 何を ② ある ③ ない	60. ウェーバー	① 何を ② ある ③ ない
31. ヘンリー	① 何を ② ある ③ ない	61. ホワイトストン	① 何を ② ある ③ ない
32. ヘルツ	① 何を ② ある ③ ない	62. ヤング	① 何を ② ある ③ ない

エボニム調査の比較分析

調査結果一覧

Ampere, A. M. (仏, 1775-1836)	1	Brown, R. (英, 1773-1858)	1 1
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 7. 8% 0. 0% 30. 4%		① 19. 4% 13. 0% 32. 6%	
② 17. 5% 13. 0% 39. 1%		② 35. 9% 31. 9% 26. 1%	
③ 69. 9% 84. 1% 26. 1%		③ 39. 8% 53. 6% 37. 0%	
無 4. 9% 2. 9% 4. 3%		無 4. 9% 1. 4% 4. 3%	
Archimedes (ギリシア, 287 儿-212BC)	2	Celsius, A. (スウェーデン, 1701-1744)	1 2
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 26. 2% 4. 3% 28. 3%		① 20. 4% 20. 3% 30. 4%	
② 67. 0% 72. 5% 63. 0%		② 36. 9% 40. 6% 26. 1%	
③ 6. 8% 17. 4% 8. 7%		③ 36. 9% 37. 7% 23. 9%	
無 0. 0% 5. 8% 0. 0%		無 5. 8% 1. 4% 6. 5%	
Atwood, G. (英, 1746-1807)	3	Charles, J.A.C. (仏, 1746-1823)	1 3
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 1. 9% 4. 3% 6. 5%		① 80. 6% 71. 0% 65. 2%	
② 4. 9% 5. 8% 15. 2%		② 13. 6% 26. 1% 21. 7%	
③ 92. 2% 87. 0% 78. 3%		③ 1. 9% 2. 9% 8. 7%	
無 1. 0% 2. 9% 0. 0%		無 3. 9% 0. 0% 4. 3%	
Avogadro, A.C.Q.C. (伊, 1776-1856)	4	Compton, A. H. (米, 1892-1962)	1 4
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 76. 7% 65. 2% 73. 9%		① 4. 9% 21. 7% 10. 9%	
② 20. 4% 30. 4% 15. 2%		② 6. 8% 31. 9% 10. 9%	
③ 2. 9% 4. 3% 10. 9%		③ 84. 5% 43. 5% 78. 3%	
無 0. 0% 0. 0% 0. 0%		無 3. 9% 2. 9% 0. 0%	
Balmer, J. J. (スイ, 1825-1898)	5	Coulomb, C. A. (仏, 1736-1806)	1 5
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 1. 0% 2. 9% 10. 9%		① 62. 1% 68. 1% 42. 0%	
② 10. 7% 24. 6% 10. 9%		② 28. 2% 21. 7% 23. 9%	
③ 87. 4% 71. 0% 78. 3%		③ 5. 8% 8. 7% 6. 5%	
無 1. 0% 1. 4% 0. 0%		無 3. 9% 1. 4% 6. 5%	
Becquerel, A. H. (仏, 1852-1908)	6	Curie, M. (仏, 1867-1934)	1 6
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 1. 0% 4. 3% 23. 9%		① 29. 1% 15. 9% 50. 0%	
② 13. 6% 5. 8% 30. 4%		② 39. 8% 36. 2% 26. 1%	
③ 79. 6% 85. 5% 43. 5%		③ 27. 2% 43. 5% 19. 6%	
無 1. 0% 4. 3% 2. 1%		無 3. 9% 4. 3% 4. 3%	
Bohr, N. H. D. (デンマーク, 1885-1962)	7	de Broglie, L.H. (仏, 1892-1987)	1 7
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 3. 9% 10. 1% 26. 1%		① 1. 0% 55. 1% 17. 4%	
② 13. 6% 20. 3% 30. 4%		② 9. 7% 33. 3% 6. 5%	
③ 79. 6% 69. 6% 43. 5%		③ 85. 4% 11. 6% 73. 9%	
無 2. 9% 0. 0% 0. 0%		無 3. 9% 0. 0% 2. 2%	
Boltzmann, L. (奥地, 1844-1906)	8	Doppler, C. J. (奥地, 1803-1853)	1 8
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 31. 1% 23. 2% 34. 8%		① 71. 8% 69. 6% 73. 9%	
② 58. 3% 36. 2% 37. 0%		② 18. 4% 27. 5% 17. 4%	
③ 5. 8% 40. 6% 23. 9%		③ 3. 9% 2. 9% 8. 7%	
無 4. 9% 0. 0% 4. 3%		無 5. 8% 0. 0% 0. 0%	
Boyle, R. (英, 1627-1691)	9	Faraday, M. (英, 1791-1867)	1 9
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 74. 8% 65. 2% 80. 4%		① 66. 0% 59. 4% 69. 6%	
② 19. 4% 24. 6% 13. 0%		② 26. 2% 33. 3% 21. 7%	
③ 1. 0% 8. 7% 6. 5%		③ 1. 9% 5. 8% 8. 7%	
無 4. 9% 1. 4% 0. 0%		無 5. 8% 1. 4% 0. 0%	
Bragg, W. H. (英, 1862-1942)	1 0	Fleming, J. A. (英, 1849-1945)	2 0
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 2. 9% 8. 7% 8. 7%		① 72. 8% 73. 9% 60. 9%	
② 9. 7% 17. 4% 13. 0%		② 18. 4% 17. 4% 17. 4%	
③ 83. 5% 73. 9% 76. 1%		③ 1. 9% 1. 4% 15. 2%	
無 3. 9% 0. 0% 2. 1%		無 6. 8% 7. 2% 6. 5%	

Frank, J. (米, 1882-1964)	21	Hooke, R. (英, 1635-1703)	31
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 8. 7% 13. 0% 15. 2%		① 61. 2% 42. 0% 56. 5%	
② 26. 2% 40. 6% 37. 0%		② 31. 1% 36. 2% 28. 3%	
③ 62. 1% 43. 5% 47. 8%		③ 2. 9% 18. 8% 10. 9%	
無 2. 9% 1. 9% 0. 0%		無 4. 9% 2. 9% 4. 3%	
Fraunhofer, J. (独, 1787-1826)	22	Huygens, C. (蘭, 1629-1695)	32
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 2. 9% 0. 0% 6. 5%		① 64. 1% 27. 5% 43. 5%	
② 4. 9% 2. 9% 6. 5%		② 34. 1% 50. 7% 41. 3%	
③ 88. 3% 92. 8% 84. 8%		③ 0. 0% 21. 7% 10. 9%	
無 3. 9% 4. 3% 2. 2%		無 4. 9% 0. 0% 4. 3%	
Fresnel, A. J. (仏, 1788-1827)	23	Joule, J. P. (英, 1818-1889)	33
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 1. 9% 0. 0% 8. 7%		① 61. 2% 52. 2% 60. 9%	
② 5. 8% 2. 9% 10. 9%		② 33. 0% 37. 7% 30. 4%	
③ 88. 3% 95. 7% 78. 3%		③ 1. 0% 8. 7% 4. 3%	
無 4. 7% 1. 4% 2. 2%		無 4. 9% 1. 4% 4. 3%	
Gauß, C. F. (独, 1777-1855)	24	Kelvin, L. (英, 1824-1907)	34
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 60. 2% 18. 8% 28. 3%		① 46. 6% 39. 1% 58. 7%	
② 32. 0% 55. 1% 43. 5%		② 40. 8% 42. 0% 23. 9%	
③ 5. 8% 23. 2% 26. 1%		③ 4. 9% 15. 9% 8. 7%	
無 1. 9% 2. 9% 2. 2%		無 7. 8% 2. 9% 8. 7%	
Geiger, H. (独, 1882-1945)	25	Kepler, J. (独, 1571-1630)	35
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 3. 9% 2. 9% 13. 0%		① 50. 5% 36. 2% 30. 4%	
② 7. 8% 7. 2% 6. 5%		② 39. 8% 56. 5% 41. 3%	
③ 84. 5% 82. 6% 73. 9%		③ 1. 9% 7. 2% 15. 2%	
無 3. 9% 7. 2% 6. 5%		無 7. 8% 0. 0% 13. 0%	
Geißler, H. (独, 1814-1879)	26	Kirchhoff, G. R. (独, 1824-1887)	36
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 1. 0% 1. 4% 8. 7%		① 61. 1% 55. 1% 60. 9%	
② 21. 4% 4. 3% 10. 9%		② 32. 0% 42. 0% 21. 7%	
③ 73. 8% 89. 9% 76. 1%		③ 1. 0% 1. 4% 10. 9%	
無 3. 9% 4. 3% 4. 3%		無 5. 8% 1. 4% 6. 5%	
Gray, S. (英, 1669-1736)	27	Kundt, A.A.E.E. (独, 1838-1894)	37
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 1. 9% 1. 4% 15. 2%		① 3. 9% 1. 4% 4. 3%	
② 6. 8% 4. 3% 6. 5%		② 2. 9% 8. 7% 8. 7%	
③ 89. 3% 94. 2% 71. 7%		③ 92. 2% 89. 9% 84. 8%	
無 1. 9% 0. 0% 6. 5%		無 1. 0% 0. 0% 2. 2%	
Hall, E. H. (米, 1855-1938)	28	Lau, M. T. F. (独, 1879-1960)	38
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 15. 5% 4. 3% 17. 4%		① 1. 9% 7. 2% 6. 5%	
② 35. 9% 20. 3% 21. 7%		② 4. 9% 30. 4% 6. 5%	
③ 44. 7% 71. 0% 58. 7%		③ 88. 3% 58. 0% 78. 3%	
無 3. 9% 4. 3% 2. 2%		無 4. 9% 4. 3% 8. 7%	
Henry, J. (米, 1797-1878)	29	Lenz, H. F. E. (独, 1804-1865)	39
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 51. 5% 23. 2% 56. 5%		① 35. 9% 20. 3% 19. 6%	
② 36. 9% 56. 5% 32. 6%		② 45. 6% 42. 0% 56. 5%	
③ 4. 9% 17. 4% 8. 7%		③ 13. 6% 31. 9% 19. 6%	
無 6. 8% 2. 9% 2. 2%		無 4. 9% 5. 8% 4. 3%	
Hertz, H. R. (独, 1857-1894)	30	Lorentz, H. A. (蘭, 1853-1928)	40
M 校 H 校 K 校		M 校 H 校 K 校	
① 39. 8% 34. 8% 65. 2%		① 67. 0% 52. 2% 58. 7%	
② 49. 5% 49. 3% 26. 1%		② 26. 2% 36. 2% 28. 3%	
③ 4. 9% 13. 0% 8. 7%		③ 1. 0% 7. 2% 8. 7%	
無 5. 8% 2. 9% 0. 0%		無 5. 8% 4. 3% 4. 3%	

エボニム調査の比較分析

			(米, 1874-1954)	4 1
	M 校	H 校	K 校	
①	3. 9 %	4. 3 %	8. 7 %	
②	3. 9 %	11. 6 %	8. 7 %	
③	8. 9 %	77. 0 %	76. 1 %	
無	2. 9 %	7. 2 %	6. 5 %	

			(スウェーデン, 1854-1919)	5 1
	M 校	H 校	K 校	
①	1. 0 %	4. 3 %	4. 3 %	
②	7. 8 %	21. 7 %	4. 3 %	
③	83. 5 %	66. 7 %	89. 1 %	
無	7. 8 %	7. 2 %	2. 2 %	

			(米, 1868-1953)	4 2
	M 校	H 校	K 校	
①	14. 6 %	17. 4 %	28. 3 %	
②	30. 1 %	21. 7 %	26. 1 %	
③	49. 5 %	52. 2 %	37. 0 %	
無	5. 8 %	8. 7 %	8. 7 %	

			(蘭, 1591-1626)	5 2
	M 校	H 校	K 校	
①	1. 0 %	0. 0 %	10. 9 %	
②	2. 9 %	2. 9 %	13. 0 %	
③	92. 2 %	89. 9 %	73. 9 %	
無	3. 9 %	7. 2 %	2. 2 %	

			(イタリア, 1899-1965)	4 3
	M 校	H 校	K 校	
①	2. 9 %	4. 3 %	4. 3 %	
②	30. 1 %	23. 2 %	21. 7 %	
③	61. 2 %	65. 2 %	69. 6 %	
無	5. 8 %	7. 2 %	4. 3 %	

			(スウェーデン, 1896-1966)	5 3
	M 校	H 校	K 校	
①	3. 9 %	4. 3 %	21. 7 %	
②	22. 3 %	11. 7 %	43. 5 %	
③	67. 0 %	78. 3 %	32. 6 %	
無	6. 8 %	5. 8 %	2. 2 %	

			(英, 1643-1727)	4 4
	M 校	H 校	K 校	
①	82. 5 %	73. 9 %	71. 7 %	
②	11. 7 %	18. 8 %	19. 6 %	
③	1. 9 %	4. 3 %	8. 7 %	
無	3. 9 %	2. 9 %	0. 0 %	

			(オランダ, 1857-1943)	5 4
	M 校	H 校	K 校	
①	8. 7 %	17. 5 %	21. 8 %	
②	39. 8 %	52. 2 %	39. 1 %	
③	42. 7 %	27. 5 %	34. 8 %	
無	8. 7 %	3. 3 %	4. 3 %	

			(独, 1787-1854)	4 5
	M 校	H 校	K 校	
①	66. 1 %	60. 9 %	63. 0 %	
②	24. 3 %	27. 5 %	21. 7 %	
③	0. 0 %	7. 2 %	8. 7 %	
無	9. 7 %	4. 3 %	6. 5 %	

			(英, 1856-1940)	5 5
	M 校	H 校	K 校	
①	18. 4 %	33. 3 %	8. 7 %	
②	53. 4 %	42. 0 %	23. 9 %	
③	21. 9 %	14. 5 %	63. 0 %	
無	6. 8 %	10. 1 %	4. 3 %	

			(独, 1865-1947)	4 6
	M 校	H 校	K 校	
①	4. 9 %	5. 8 %	6. 5 %	
②	1. 0 %	7. 2 %	6. 5 %	
③	91. 3 %	85. 5 %	82. 6 %	
無	2. 9 %	1. 4 %	4. 3 %	

			(伊, 1745-1827)	5 6
	M 校	H 校	K 校	
①	52. 4 %	40. 6 %	56. 5 %	
②	39. 8 %	39. 1 %	30. 4 %	
③	1. 0 %	9. 2 %	8. 7 %	
無	6. 8 %	11. 6 %	4. 3 %	

			(仏, 1623-1662)	4 7
	M 校	H 校	K 校	
①	42. 7 %	53. 6 %	58. 7 %	
②	42. 7 %	37. 7 %	23. 9 %	
③	10. 7 %	5. 8 %	13. 0 %	
無	3. 9 %	2. 9 %	4. 3 %	

			(英, 1736-1819)	5 7
	M 校	H 校	K 校	
①	52. 4 %	44. 9 %	63. 2 %	
②	33. 0 %	40. 6 %	23. 9 %	
③	0. 0 %	7. 2 %	8. 7 %	
無	14. 6 %	7. 2 %	4. 3 %	

			(独, 1845-1923)	4 9
	M 校	H 校	K 校	
①	40. 8 %	59. 4 %	67. 4 %	
②	40. 8 %	29. 4 %	17. 4 %	
③	9. 7 %	10. 1 %	8. 7 %	
無	8. 7 %	1. 4 %	6. 5 %	

			(英, 1802-1875)	5 9
	M 校	H 校	K 校	
①	45. 6 %	29. 0 %	43. 5 %	
②	28. 2 %	33. 3 %	34. 8 %	
③	17. 5 %	27. 5 %	20. 3 %	
無	8. 7 %	10. 1 %	2. 2 %	

			(英, 1871-1937)	5 0
	M 校	H 校	K 校	
①	21. 4 %	29. 0 %	26. 1 %	
②	36. 9 %	40. 6 %	41. 3 %	
③	37. 9 %	21. 7 %	26. 1 %	
無	3. 9 %	8. 7 %	6. 5 %	

			(英, 1773-1829)	6 0
	M 校	H 校	K 校	
①	61. 2 %	29. 0 %	56. 5 %	
②	29. 1 %	55. 1 %	34. 8 %	
③	1. 0 %	13. 0 %	4. 3 %	
無	8. 7 %	2. 9 %	4. 3 %	

高校物理のエポニミーリスト

エポニム	エポニミー
Ampere, A. M. (仏, 1775-1836)	アンペールの法則、アンペア [A]
Archimedes, (ギリシア, 287頃-212BC)	アルキメデスの原理
Atwood, G. (英, 1746-1807)	アトウッドの器械
Avogadro, A. C. Q. C. (伊, 1776-1856)	アボガドロ定数、アボガドロの法則
Balmer, J. J. (スイズ, 1825-1898)	バルマー系列
Becquerel, A. H. (仏, 1852-1908)	ベクレル [Bq]
Bohr, N. H. D. (デンマーク, 1885-1962)	ボーアの水素原子模型
Boltzmann, L. (奥地, 1844-1906)	ボルツマン定数
Boyle, R. (英, 1627-1691)	ボイルの法則
Bragg, W. H. (英, 1862-1942)	ブラック反射の条件
Braun, K. F. (独, 1850-1918)	ブラウン管オシロスコープ
Brown, R. (英, 1773-1858)	ブラウン運動
Celsius, A. (スウェーデン, 1701-1744)	セルシウス温度 [°C]
Charles, J. A. C. (仏, 1746-1823)	シャルルの法則
Compton, A. H. (米, 1892-1962)	コンプトン効果
Coulomb, C. A. (仏, 1736-1806)	クーロンの法則、クーロン [C]
Curie, M. (仏, 1867-1934)	キュリー [C]
de Broglie, L.-H. (仏, 1892-1987)	ド・ブロイ波
Doppler, C. J. (奥地, 1803-1853)	ドップラー効果
Faraday, M. (英, 1791-1867)	ファラデーの電磁誘導の法則、ファラド [F]
Fleming, J. A. (英, 1849-1945)	フレミングの法則
Frank, J. (米, 1882-1964)	フランク・ヘルツの法則
Fraunhofer, J. (独, 1787-1826)	フランホーファー線
Fresnel, A. J. (仏, 1788-1827)	フレネルレンズ
Gauß, C. F. (独, 1777-1855)	ガウスの定理
Geiger, H. (独, 1882-1945)	ガイガー・ミュラー計数管
Geißler, H. (独, 1814-1879)	ガイスター計数管
Gray, S. (英, 1669-1736)	グレイ [Gy]
Hall, E. H. (米, 1855-1938)	ホール効果
Henry, J. (米, 1797-1878)	ヘンリー [H]
Hertz, H. R. (独, 1857-1894)	ヘルツ [Hz]、ヘルツの実験
Hooke, R. (英, 1635-1703)	フックの法則
Huygens, C. (蘭, 1629-1695)	ホイエンスの原理
Joule, J. P. (英, 1818-1889)	ジュールの法則、ジュール [J]
Kelvin, L. (英, 1824-1907)	ケルビン [K]
Kepler, J. (独, 1571-1630)	ケプラーの3法則
Kirchhoff, G. R. (独, 1824-1887)	キルヒ霍ッフの法則
Kundt, A. A. E. E. (独, 1838-1894)	クントの実験
Lau, M. T. F. (独, 1879-1960)	ラウエ斑点
Lenz, H. F. E. (独, 1804-1865)	レンツの法則
Lorentz, H. A. (蘭, 1853-1928)	ローレンツ力
Lyman, T. (米, 1874-1954)	ライマン系列
Millikan, R. A. (米, 1868-1953)	ミリカンの油滴実験
Muller, P. H. (スイス, 1899-1965)	ガイガー・ミュラー計数管
Newton, S. I. (英, 1643-1727)	ニュートンの3法則、ニュートン環（リング）、ニュートン [N]
Ohm, G. S. (独, 1787-1854)	オームの法則、オーム [Ω]
Paschen, L. C. H. F. (独, 1865-1947)	パッシエン系列
Pascal, B. (仏, 1623-1662)	パスカルの原理、パスカル [Pa]
Planck, M. K. E. L. (独, 1856-1947)	プランク定数
Röntgen, W. C. (独, 1845-1923)	レントゲン [R]
Rutherford, E. L. N. (英, 1871-1937)	ラザフォードの散乱実験
Rydberg, J. R. (スウェーデン, 1854-1919)	リュドベリー定数
Snell, R. W. (蘭, 1591-1626)	スネルの法則
Siever, R. M. (カナダ, 1896-1966)	シーベルト [Sv]
Tesla, N. (クロアチア, 1857-1943)	テスラ [T]
Thomson, S. J. J. (英, 1856-1940)	トムソンの実験
Volta, A. (伊, 1745-1827)	ボルト [V]
Watt, J. (英, 1736-1819)	ワット [W]
Weber, W. E. (独, 1804-1891)	ウェーバー [Wb]
Wheatstone, S. C. (英, 1802-1875)	ホイートストンブリッジ
Young, T. (英, 1773-1829)	ヤングの干渉実験

平成 16 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. 32」 7月発刊

2、総会

平成 16 年 6 月 5 日 (土)
於：北海道大学理学部 2 号館 4-09 室
《《総会》》 14:00~14:30

- (1) 支部長挨拶
 - (2) 平成 15 年度事業報告
 - (3) 平成 15 年度会計報告
 - (4) 平成 15 年度会計監査報告
 - (5) 平成 16 年度事業計画
 - (6) 平成 16 年度会計予算書
- 《《特別講演会》》 14:30~15:00
「衝突球のふしき」
三好 康雅 (元北海道工業大学教授)

《《物理実験デモンストレーション》》
15:15~16:15 会場 理学部 2 号館ホール
1. 菅原 陽 (札幌南陵高)
ベットボトル巻、水面に浮く水玉発生、音スペアナ
2. 奥平 知明 (補聴器愛好会)
補聴器について
3. 北大理学部物理学科学生有志
振り子いろいろ (Y 字振り子、2 重振り子、ウイルバーフォース
振り子など)、磁石の不思議 (ネオジム磁石で水、紙が磁石に反応
するのを観察、モーター)、光の不思議 (偏光板を組み合わせ、
壁を通り抜ける)、宙に浮かぶ水滴をストロボで見る

3、第 5 回 一公開シンポジウム

青少年のための創造科学実験

日時 平成 16 年 8 月 5 日 (木)、6 日 (金)
場所 札幌市下水道科学館 (札幌市北区麻生町 8 丁目)

プログラム 8 月 5 日 (木)
14:00~14:50 講演
「無駄のない自然エネルギーの利用をめざして」
北海道大学大学院工学研究科物理工学系
機械科学専攻 (流体物理学分野) 助教授 吉田静男
15:00~16:30 中学高校理科部生徒による研究発表
「合成金属の研究」
札幌市立北部中学校科学部 (顧問 山根弘之、田中美穂)
「電子天秤を使った水の表面張力の測定」
札幌啓成高校科学部 (顧問 石川昌司)
「偏光板とセロハンの着色現象に関する考察」
南茅部高校理科部 (顧問 堀岡一郎)
8 月 6 日 (金) 10:00~16:00
ブースごとの実験演示
バキュームフォーム、燃料電池ってなに?、強力磁石で実験、
手作り方位磁針、ジョアの容器でオカリナ作り、光通信、ビー
玉エンジンを作ろう、虚像を見よう!、真空落下、リモコンの仕
組み、超伝導、振動の不思議、デジタルアンプと段ボールスピーカー、なだれ実験、などなど・・・約 15 テーマの実験で科学と
遊ぼう!
(11:00~12:00) 質問コーナー ~科学者に聞いてみよ
う!~

4、科学講演会

「あまのじやくの創造性—独創的な光学と電磁気の実験—」

講師 東京大学名誉教授 霜田光一
日時 平成 16 年 10 月 22 日 (金) 15 時~
場所 北海道大学理学部 大講堂 (理学部 5 号館)

5、物理教育研究会

日時 平成 16 年 12 月 11 日 (土)
場所 北海道工業大学 講義棟 1 階 G 104 教室
札幌市手稲区前田 7 条 15 丁目 4-1

内容

- 支部長挨拶
- 招待講演 (座長: 北海道工業大学 佐々木 一正)
「北海道衛星「大樹」の打ち上げに向けて
~リモートセンシングによる衛星画像の農業利用~」
北海道工業大学情報デザイン学科講師 片桐 実穂
- 原著講演 (座長: 有朋高校 斎藤 隆)
1. 「大学生・高校生・小学生間のリレーティーチングの試みー
千歳科技大学における大学 Jr. サイエンス事業の報告ー」
千歳科学技術大学 長谷川 雄・石田 宏司
- 2. 「フランホーファーの光学ガラスと太陽暗線」
札幌清田高校 鶴岡 森昭
- 3. 「物理の学力到達段階の測定と家庭學習習慣」
札幌平岡高校 大坂 厚志
- 5 分間デモンストレーション 15:25~15:55
1. 「摩擦の実験」 butukura 工藤保弘
2. 「超伝導コースター」 札幌啓成高校 石川昌司
3. 「トルネード」 札幌南陵高校 菅原 陽
4. 「ガラスファイバー、浮力」 札幌旭丘高校 横岡直幸
(司会: 札幌西高校 伊藤 新一郎)
- シンポジウム 16:00~17:20
「新しい高等学校物理教科書について Part 2
~物理 II 選択分野の扱いについて~」
(司会: 札幌旭丘高校 横岡 直幸)

6、青少年のための科学の祭典

- (1) 羽幌大会 平成 16 年 5 月 23 日 (日)
レストパーク羽幌
- (2) 美幌大会 平成 16 年 8 月 21 日 (土)
美幌小学校体育館
- (3) 函館大会 平成 16 年 8 月 29 日 (日)
函館市民会館ホール
- (4) 札幌大会 平成 16 年 9 月 19 日 (日)
札幌市青少年科学館
- (5) 室蘭大会 平成 16 年 9 月 19 日 (日)
室蘭市青少年科学館
- (6) 帯広大会 平成 16 年 10 月 10 日 (日)
帯広市児童会館
- (7) 北見大会 平成 16 年 10 月 31 日 (日)
北網國北見文化
- (8) 鈎路大会 平成 16 年 10 月 30 日 (土)
鈎路市青少年科学館
- (9) 富良野大会 平成 16 年 8 月 7 日 (土)
富良野文化会館

7、「青少年のための科学実験フェスティバル」

日時 平成 17 年 1 月 15 日 (土)~16 日 (日),
2 月 12 日 (日), 3 月 20 日 (土)
会場 札幌市下水道科学館

物理教育研究
論文集

日本物理教育学会 北海道支部
Vol.33, 2005.7

電子天秤による磁気力の測定

Measurement of the magnetic force with an analytical balance

北海道教育大学札幌校 岡崎 隆、西村 雅佳

Hokkaido University of Education Sapporo Campus, Takashi Okazaki, Masayoshi Nishimura

棒磁石の間に働く磁気力を電子天秤によって測定する。磁石の間に働く力の大きさがもつ規則性を実験で確かめることによって、自然界に存在する遠隔力を認識し、物理学の基礎概念である「力」の理解を確かなものにすることができる。

キーワード 磁気力、磁気双極子、電子天秤、遠隔作用

1. 遠隔力

初等中等理科教育で導入される「力」は、筋力、バネの力などの接触力であるが、自然界を支配している基本的な力は万有引力、電磁気力などの遠隔力である。距離を隔てて作用する力、目に見えない「遠隔力」を理解することは必ずしも容易ではない。古代から知られていた磁気力をめぐってはその空間を隔てた作用に様々な解釈がなされ¹⁾、またニュートンによる万有引力に対しては当初、科学に盤的な要素を復活させるものとの批判がなされたこと²⁾など、近代科学が神秘性と決別するうえで虚空を伝わる力を受け入れることは必ずしも容易ではなかった。教育の場面においてこのことは十分留意される必要があり、実験・計測という体験を通じて児童生徒が「力」という物理の基本概念を正しく受け入れることが求められる。こうした裏づけを欠いた「力」は単なるベクトル合成の対象でしかなく、実体を伴わない数学的概念としての理解に止まる恐れがある。

静電気力に関する逆二乗則は 1787 年クーロンによるねじれ秤を用いた測定によって発見されたとされる。高さ 1m ほどの大きさをもつクーロンのねじれ秤は、静電気力を銀線のねじれの復元力と釣り合わせることによって測定するものである。帯電が不安定であること、ねじれ秤は敏感で取り扱いが難しいことからクーロンの実験によって本当に逆二乗則の発見が可能であったかどうかについては疑問が投げかけられている³⁾。教材実験として、ねじれ秤を電子天秤に置き換えることによって摩擦帯電による静電気力を測定する方法が米田隆恒氏（奈良県）によって提案されている⁴⁾。注意深い条件設定によって逆二乗則を確認することができるが、この実験においても帯電の不安定さによる測定の困難は避けられ

ない。これは我々の取り扱う帯電が極めて不安定であることによる。重力（万有引力）と比較した静電気力の特異さ、その桁違いな強さと引力・斥力の存在によって我々の身の回りで正負の電荷は中和してしまい、静電気力の影響を見ることはほとんどない⁵⁾。静電気力は原子・分子の世界で支配的な役割を果たし、物質の性質を通じて我々の前に現れる。たとえば、水の凝固、気化やその粘性、表面張力などは分極した水分子間に働く静電気力のあらわれである⁶⁾。

2. 磁気力が持つ規則性

不安定な摩擦帯電による静電気力に対して、永久磁石による磁気力は安定しているためこの点で測定は容易である。磁気力の測定を通じて目に見えない「遠隔力」の理解を深める教材実験を検討する。一対の棒磁石間（長さ d、双極子モーメント p=qd）に働く力はそれぞれの磁極 (q_i, q_j) の間に働く逆二乗力 $F_{ij} = k_0 q_i q_j / r^2$ の合力と考えると、対になった磁極によって逆二乗、三乗力が打ち消しあい、磁石間距離の四乗に逆比例する力が残る。

$$F = \sum_{i,j} F_{ij} = c_1 k_m \frac{p_i p_j}{r^4} [1 + c_2 x^2 + O(x^4)], \quad x = \frac{d}{r}$$

磁石の大きさ d が磁石間距離 r に比べて小さいとき ($x=d/r < 1$)、磁気力の「近似的逆四乗則」が成立する。c₁, c₂ は二つの棒磁石の配置によって決まる係数であり、逆四乗則からのずれを与える第二項の係数 c₂ は典型的な場合、①一直線上に配置された磁石では 5/3、②平行な配置のとき -5/4、③90 度をなす配置では 5/24 と

なる。このことから、③90度をなす配置での測定実験が逆四乗則を見出すのに適していることが分かる。

3. 電子天秤による磁気力の測定

電子天秤によって磁石間に働く力を測定し、その大きさのもつ規則性 $1/r^4$ を確認し、磁石の大きさや配置によってこの規則性の現れ方に違いがあることが確かめられる。図1は棒磁石が90度をなす配置で電子天秤上の磁石に働く力を示し、図2、表1は測定結果である。ベキの関係 $F=Ar^3$ は、対数をとること ($\log[F] = n\log[r] + \text{定数}$) によって明確になり、対数グラフでの直線の傾き n がベキ数を与えることになる。測定の範囲で磁気力の $1/r^4$ の振舞いが得られている⁹⁾。

自然界に存在する基本的な力（遠隔力）がもつ特徴・規則性を磁気力の測定によって確認することができ、これによって「力」を実体的に理解することができる。実験に当たっては、磁気力が電子天秤の測定機能に影響を及ぼさないよう、天秤本体に磁石を近づけない注意が必要である。

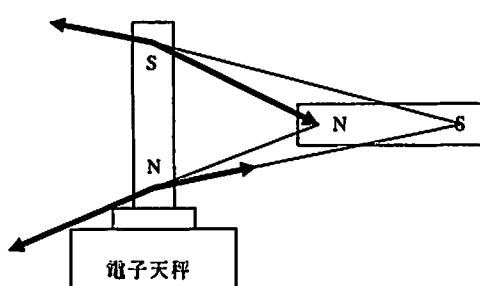


図1 90度をなす配置での磁気力

r(cm)	F/g(g)	r(cm)	F/g(g)
5.5	8.661	19.5	0.052
6.5	4.403	20.5	0.042
7.5	2.458	21.5	0.034
8.5	1.486	22.5	0.028
9.5	0.945	23.5	0.024
10.5	0.632	24.5	0.021
11.5	0.432	25.5	0.017
12.5	0.311	26.5	0.015
13.5	0.226	27.5	0.012
14.5	0.169	28.5	0.011
15.5	0.13	29.5	0.01
16.5	0.101	30.5	0.009
17.5	0.079	31.5	0.008
18.5	0.063	32.5	0.007

表1 磁気力測定値

引用文献

- 1) 山本義隆 磁力と重力の発見 みすず書房 (2003)
- 2) 山本義隆 重力と力学的世界 現代数学社 (1981)
- 3) 霜田光一 歴史を変えた物理実験 丸善 (1996)
- 4) 米田隆恒 電子天秤による静電気力の測定 物理教育 第46巻第5号 p. 251 (1998)
- 5) 岡崎隆、遠藤太郎 クーロンの法則と静電気力を考える 物理教育 第50巻第5号 p. 321 (2002)
- 6) 荒川きよし 4℃の謎 水の本質を探る 北海道大学図書刊行会 (1991)
- 7) 「新世紀型理数科系教育の展開研究」平成15・16年度研究成果報告書 (2005)

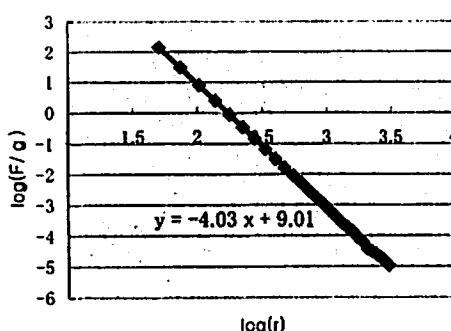


図2 磁力の距離依存

金星太陽面通過の不思議な周期性

On the Transit-Cycles of Venus over the Sun

北海道教育大学札幌校 岡崎 隆、那須 慎一郎、齋藤 陽樹、菊池 政芳

Hokkaido University of Education Sapporo Campus, Takashi Okazaki, Sinichiro Nasu, Haruki Saitou, Masayoshi Kikuchi

金星の太陽面通過は、8年、105.5年、121.5年といった間隔で生じている。この不思議な周期性は地球と金星の公転周期の微妙な関係、すなわち両公転周期の比 T_v/T_e が $8/13$ に極めて近い値であることによってもたらされている。地球、金星の公転運動を等速円運動とみなすとこれらの会合周期は約 $8/5$ 年という分数で表され、このことが百年を超す周期の要因となっている。等速円運動の組み合わせで説明できる興味深い自然の周期現象である。

キーワード 金星、金星の太陽面通過、会合周期

1. 金星の太陽面通過

去年（2004年）130年ぶりに日本でも観測された金星の太陽面通過は、8年後2012年に再び生ずるが、その次は、105年後2117年になるまで起こらない。過去には、1639年に英国で史上初の観測が行われ、ハレーによって地球-太陽間距離測定方法として提案されて後、この現象は科学的に重要な意味を持つことが認知された。地球上の異なる二地点に対する金星の僅かな視差を金星の太陽面通過時間差観測から求めることができ、これによって太陽-地球間の絶対距離を知ることができる。1761年1769年には国家的事業として先進各國が適地に向け観測隊派遣を競いこの観測に取り組んだ^{1,2}。太平洋の探索を目的とした英國クック艦隊によるタヒチ島での観測もそのひとつである³。約100年後の太陽面通過1874年、1882年のうち後者では明治維新直後の日本、横浜においてメキシコ隊による観測が行われている⁴。科学の進歩が著しかった20世紀中には一度も生ずることなく、レーダーによる天体間距離測定法が確立し観測の科学的意味が失われた21世紀になって再びこの現象が生じている。太陽系の絶対尺度を得るという科学的に重要な意味がありながらも、この現象がもつ百年を超す周期は、これに携わった人々を翻弄し観測結果は科学の歴史の中で必ずしも決定的な役割を果たすに至らなかつた。それゆえに、科学史で取り上げられる機会の少ないこの現象が持つ不思議な周期性が何によるものなのかを知っておきたい。

地球-太陽間距離測定方法としての金星太陽面通過についての文献^{5), 6)}を参照されたい。

2. 会合周期と太陽面通過の8年周期

最近の金星太陽面通過は表1に示すような間隔で起こっている⁷⁾。

通過 年月日	1761. 6.6	1769. 6.3	1874. 12.8	1882. 12.6	2004. 6.7	2012. 6.5
間隔		8	105.5	8	121.5	8

表1. 金星の太陽面通過年月日

最短の8年周期は次のような会合周期の計算から求めることができる。地球、金星が等速円運動をしているとしてこれらの公転周期 T_e , T_v から、太陽、金星、地球が一直線上に並ぶ会合周期 T は次式で与えられる。

$$T = 1 / (1/T_v - 1/T_e) \quad (1)$$

金星の公転周期 $T_v=0.6152$ 年は、偶然にも有理数 $8/13=0.61538\cdots$ に非常に近い値をもっており、これを第ゼロ近似として用いる ($T_v^0=8/13$) と会合周期 $T_0=8/5$ 年が得られる。金星と地球の公転軌道が同一平面にないため、両軌道面が交差するところで地球-金星の会合が起こるとき（地球の公転軌道上の位置 $\theta_E=\pi n$, n =整数）に金星の太陽面通過が生じる。はじめに会合が起こつてから5回目の会合、 $5T_0=8$ 年後にこの条件が満たされる ($\theta_E = \omega_E 5T_0 = 16\pi$)。金星の公転周期が $T_v^0=8/13$ なら8年毎に太陽面の中心を通過する現象が起こることになる。あるいは、初期条件が違えば永遠に起こらないということである。

しかし実際はこの条件は微妙にずれている。もとの値 $T_v=0.6152$ 年を使うと5回目の会合では、

$$\omega_e 5T = 16\pi + \delta, \\ \delta = 10\pi (T - T_0) = -0.039 \text{ (rad)}. \quad (2)$$

となり、軌道交差点から僅にずれたところ、角度にして手前 0.039 ラジアン、 $5T=7.99$ 年に会合が起こる。太陽の有限な大きさのために太陽面上端、下端を通過する現象が 8 年間隔で起こるが、次の 8 年後にはこのずれが重なって金星は太陽面の外側を通過することになる。再び太陽面通過が起こるには、このわずかな会合位置のずれが積み重なって軌道交差点に到達するまで、次に示すように百年以上待たなければならない。金星と地球の公転周期がもつてている微妙な数値的関係 ($T_V/T_E \approx 8/13$) が金星太陽面通過の特異な周期性をもたらしている。

3. 会合位置の移動と百年後の太陽面通過

金星の公転周期を $T_V = 8/13$ 年としたとき、会合周期は $T_0 = 8/5$ 年であり、会合位置は公転軌道上を角度 $6\pi/5$ ($\text{Mod}[2\pi T_0, 2\pi]$) ずつ回ってゆく(図 1)。すなわち、公転軌道上の五等分点 ($2\pi/5$ 間隔、図 1. A-E) が 8 年周期の固定した会合位置であり、このうち軌道交差点と一致する一点 (A) で太陽面通過が生ずる。

実際の会合位置は、会合(約 8/5 年)毎にこれらの固定点から $2\pi (T - T_0)$ ずつ戻って移動してゆき、五会合点の各々は固定点 (A-E) から角度にして $\delta = 0.039 \text{ (rad)}$ ずつ戻ったものになる。

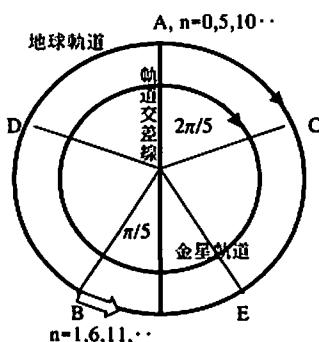


図 1. 地球・金星の会合位置

はじめ(と次)に太陽面通過が起こる会合位置 (A, $n=0, 5$) と反対側の軌道交差点から $\pi/5$ だけ離れている会合点 (B, $n=1, 6, 11, \dots$) に注目する。この会合点が軌道交差点に一番近いため、次の太陽面通過の候補である。 $\pi/5$ 離れ

た軌道交差点に δ ラジアンずつ何回戻れば到達するかを概算すると $\pi/5/\delta = 16.03$ 、一回につき約 8 年を要するから $16 \times 8 \text{ 年} = 128 \text{ 年}$ 、これが百年を超える周期の出どころである。表 1 の周期の 0.5 年は反対側の軌道交差点で太陽面通過が起こることを示し、6 月と 12 月に現象が起こることに対応している。

8 年間でチャンスは二回、観測適地を選んで遠征しても天候に恵まれないときはもう二度とめぐり合うことはできず次の観測は百年後の世代に託さなくてはならない。こうした状況で取り組まれた 18, 19 世紀の観測隊派遣のエピソードの数々(引用文献 1-4 を参照されたい)は 2012 年の太陽面通過を前にして「理科」の面白さを伝える材料のひとつになるだろう。

引用文献

- 1) 鬼塚史朗 金星、火星、木星 物理教育 第 46 卷第 6 号 p.335 (1998)、ハリーとニュートン 物理教育 第 45 卷第 1 号 p.36 (1997)、近代科学の足跡をたどる 東京図書出版会 (2004)
 - 2) 広瀬秀雄 望遠鏡 中央公論自然選書 (1975)
 - 3) 村山定男 キャプテン・クックと南の星 河出書房新社 (2003)、
 - 4) 斎藤国治、篠沢志津代 金星の日面通過について(前後編) 東京天文台報 第 16 卷 第一、二冊 (1973)
 - 5) 斎田博 天文の計算教室 地人書館 (2000)
 - 6) 山本美枝 北海道教育大学札幌校平成 15 年度卒業研究、岡崎隆、山本美枝 金星の太陽面通過と天文単位の測定 物理教育、第 53 卷第 1 号 p.73 (2005)
- 「新世紀型理数科系教育の展開研究」平成 15・16 年度研究成果報告書 (2005)

大学生・高校生・小学生間のリレーティーチングの試み

A trial of relay-teaching from university students to high school students
and further to elementary school students

千歳科学技術大学

長谷川 誠 石田 宏司

Chitose Institute of Science & Technology

Makoto Hasegawa Koji Ishida

平成 16 年度文部科学省・大学等開放推進事業「大学 Jr. サイエンス事業」として「光のふしげにふれてみよう」と題する理科実験講座を開催した。小学生や高校生に理科・科学・ものづくりへの興味を持たせて理科離れ抑制を図ることを目的としたものであるが、その中で大学生から高校生、さらに小学生へのリレーティーチングを試みた。大学生・高校生に他人に教える機会を提供することで、自らの知識の再確認・再構築の機会を提供できた。

Abstract

In the Science Experiments school "Adventure of Wonder World of light" that was held last summer at Chitose Institute of Science & Technology for the purpose of stimulating interests of elementary school students and high school students to the fields of science and keeping them in touch therewith, a new style of relay-teaching from university students to high school students further to elementary students was tried. By providing university students and high school students with chances to teach some knowledge to the others, it became possible to give them opportunities of re-recognizing and re-constructing their own knowledge.

キーワード 理科実験、理科離れ、ものづくり、光、小学生

Keywords: Science experiment, Interests on science, Elementary school students

1. はじめに

千歳科学技術大学では、地域に根ざした大学の実現を目指して、地元・千歳市および千歳市教育委員会と密接に連携しながら、地域教育への協力・交流活動を活発に実践している。具体的には、小中学生の「理科離れ」抑制への貢献を念頭に、総合的な学習の時間などを利用して大学施設で小中学生に理科実験を体験してもらい、理科・科学への興味・関心を持たせる努力を継続している。

上記の活動では、多くの場合、本学大学生が TA (ティーチングアシスタント) として参加し、大学教員の補助にあたってきている。実験講座などの実施後に参加した学生に感想を聞くと、大半の学生から「子どもたちに教えることによって自分の理解の度合いが把握でき、貴重な経験になった」という主旨の反応が得られる。これは、「他人に教える機会・経験」が、自らの知識の再認識・再構築に有効であることを意味している。

そこで今回、地元向けの理科実験講座の実施に当たって、従来は TA としての参加であった本学大学生、ならびに受講者として参加する高校生に、より積極的な役割を担ってもらう実施形態として、「大学生から高校生へ、さらに小学生へのリレーティーチング」を試みた¹⁾。こ

れにより、従来とは少し変わった趣向の実験講座を開催することができた。

以下では、その試みの概要や成果、今後の進め方などについてご紹介する。

2. 事業・講座の概要

2. 1 大学等開放推進事業

今回の講座は、平成 16 年度文部科学省・大学等開放推進事業「大学 Jr. サイエンス事業」に応募し、採択されて実施したものである。この文部科学省の事業は、「社会のニーズに沿った講座や子どもたち向けの体験活動講座の提供など大学等の開放の推進を図る」ことを目的としたものであり、以下の 2 つの区分にて申請が受け付けられた。

・先進的モデル講座

公開講座の実施方法が先進的で、他の機関が実施する際の参考となりうる特色のある取組

・大学 Jr. サイエンス事業

大学等が有する機能を開放し、子どもたちの科学技術・ものづくり等への興味・関心を育み、動機付けとなるような体験講座

今回は、上記の2つのうち後者の区分として、「光のふしきにふれてみよう」というテーマでの講座実施を申請した。なお、この「大学Jr.サイエンス事業」では、例えば、地域の小、中学校、高等学校等の教育機関との連携、対面講義よりも実技や実験を重視した参加型内容構成、興味関心を呼び起こすような遊びの要素の導入、日常的な体験や事物を科学的に見る視点の導入、などを考慮した実施方法が求められた。

申請が採択されたことを受けて、今回の講座を平成16年8月21日、28日、9月4日の3日間に渡って実施した。参加者は小学生30名、高校生延べ30名（第1日14名、第2日16名）、大学生12名であった。

2. 2 リレーティーチングの試み

今回の講座の実施計画の策定に当たって、これまでの小中学生向け実験講座での経験を踏まえて、単に小学生に理科・科学への興味・関心を抱かせることを目的とするだけではなく、より広い範囲での教育的効果の達成を目指すことにした。そこで試みることになったのが、「大学生から高校生へ、さらに小学生へのリレーティーチング」という形態である。

具体的には、前述の3日間の日程のうち第1日及び第2日において、午前中には大学生が高校生の参加者に当日の実験内容を説明・指導し、統いて午後は、今度は高校生に小学生の参加者に対するチューター役として、実験の指導をしてもらった。

このリレーティーチングの狙いとしては、以下の点が挙げられる。

大学生に対して

- ①他人に「教える」を通じて自らの知識を再確認させる
- ②教えるためのプレゼンテーション能力の確認・獲得・スキルアップを図らせる

高校生に対して

- ①学んだ知識を直ちに活用することによる学習意欲の刺激を与える

- ②他人に「教える」ことを経験させる

大学生に関して言えば、従来の助手的な役割ではなく、主体的な指導者の役割を果たしてもらうことで、自らの既習の知識・能力の再確認・再認識を図らせることができる。一方、高校生については、単なる一受講者として受身的に講座に参加するのではなく、自らの知識を活用する機会を与えることで、やはり知識の再確認・再認識を図らせることができる。特に、既に持っている知識だけではなく、本講座で習得したばかりの知識を直ちに活

用するという刺激を与えることは、従来の学習機会では得られない経験となるものと考えられる。

なお、本講座の小学生の参加者に関しては、従来の実験講座と同様に理科・科学への興味・関心を持つきっかけを提供するねらいがあるが、年齢的に近い高校生が指導役となることで、質問などをしやすい雰囲気を実現しやすいと言える。

3. 講座の内容

各回のサブテーマ及び具体的な実験項目は以下の通りである。

第1日「光と色のふしき」

1. 透過型回折格子フィルムによる分光
2. 各色の光の波長の計算
3. CD、DVDによる分光
4. CD、DVDのトラック間隔の算出
5. 光の三原色と色の三原色（→実際は第3日へ）
6. CD/DVD片を用いた簡易分光器の作成

第2日「光で音を飛ばしてみよう」

1. 糸電話
2. 光電話
3. 発光ダイオードを使った光通信
4. 光ファイバを使った光通信

第3日「液晶で光のスイッチをつくる」

1. 液晶セルの作成
2. 作ったセルの動作の確認
3. 光の三原色と色の三原色（→第1日から）

第1日は、主として光に関する現象のサイエンス的側面を学ぶことを目的とした。

すなわち、まず透過型回折格子フィルム（エドモンド・オプティクス・ジャパン社 No.50183-F）を用いて懐中電灯の光を分光し、一見すると特定の色が付いていない光に様々な色の光が含まれていることを体験・確認させた。次に、光の波動性を簡単に説明した上で、分光で得られた各色の光の波長を計算させて、色の相違と波長との関係を調べた。この計算は本来 \sin の計算を含むが、図1のように三角形の2辺に相当する長さを測定すれば、

$$\text{ある色の光の波長 (nm)} =$$

$$\frac{(\text{①のマークと②のマークの間の長さ}) \times 1000}{\text{（フィルムから②のマークまでの長さ）}}$$

という簡単な乗除計算で求められるので、小学生でも十分に実施できる。ここで、「1000」とは、今回使用した回折格子（1000本/mmのグレーティング）の格子ピッチをnm単位で表した数である。

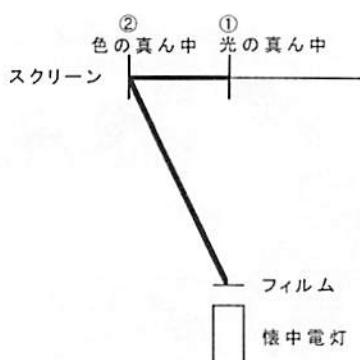


図1 簡単な波長計算を説明する図

さらに、CDの保護膜を剥がしたり貼合せ構造になっているDVDの2枚のディスクを剥がしたりすることで得られる透明なディスクを用いて、これを透過型回折格子として作用させて、同様に分光及び波長の計算を行った。また、上記の計算の応用として、回折格子フィルムによる測定により求めた波長の値を使って、CD及びDVDのトラック間隔（回折格子の格子ピッチに相当する）を計算して、両者の違いを体験させた。

さらに、CDあるいはDVDを $1/4$ の大きさにしたディスク片を用いて、図2に示すような反射形の簡易分光器の作成も行って、太陽光が分光される様子を観察してもらった。

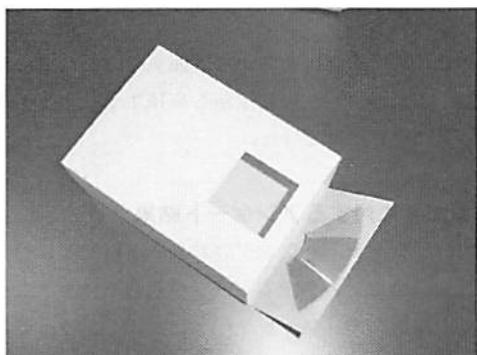
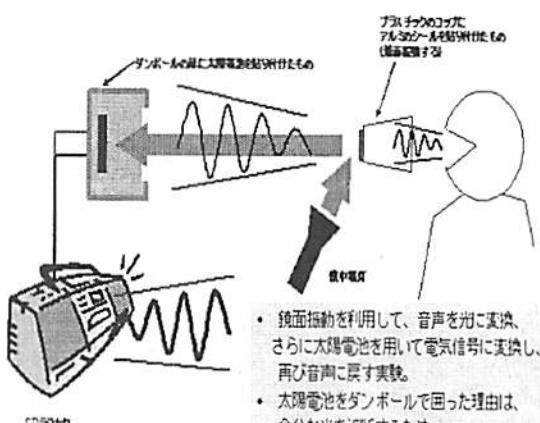


図2 ディスク片を利用した簡易分光器

第2日は、LEDや光ファイバなどを用いた光通信に関する簡単な実験を通じて、日常生活で活用されている光技術の一例を体験することをねらいとした。

ここでは、まず糸電話の実験を行って、音声が糸の振動として伝達されていることを確認した。次に、懐中電灯、アルミ箔を張ったプラスチックコップ、ならびに太

陽電池パネルを用いて作成した「ベルの光電話」実験セット²⁾により、光の「振動」によっても同様に音声が伝達できることを確認した（図3参照）。



- 鏡面振動を利用して、音声を光に変換、さらに太陽電池を用いて電気信号に変換し、再び音声に戻す実験。
- 太陽電池をダンボールで囲った理由は、余分な光を遮断するため。

図3 ベルの光電話実験セット

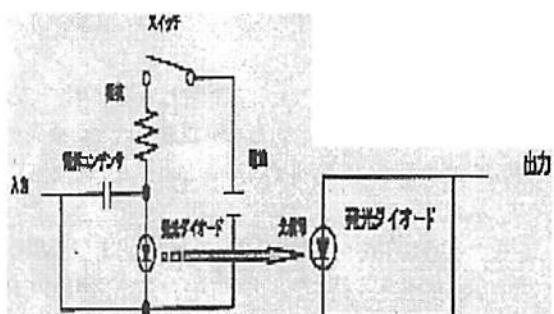


図4 光通信簡易模擬実験セットの送信・受信回路

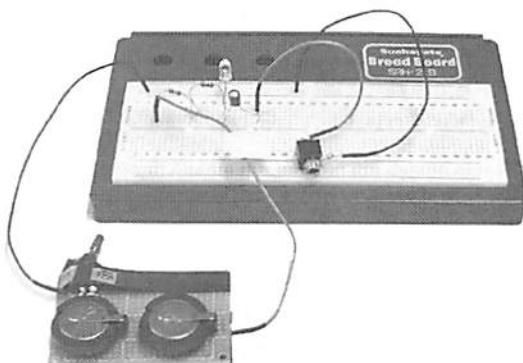


図5 ブレッドボードを用いた送信部

その後、今度はLEDを送信部の発光素子として利用した光通信簡易模擬実験セット^{3) 4)}により、CDから再生した曲（音声信号）をLEDの発光を介して空間を伝達させたり、さらに光ファイバを通して伝達させたりした。この光通信簡易模擬実験セットは図4に示すように非常に簡単な回路であり、特に今回は、そのうちの送信部分を、ブレッドボードを利用して実際に小学生たちに作成してもらった（図5参照）。

第3日は小学生のみの参加であり、簡単な構造の液晶セルを作成して動作させ、光のスイッチングの仕組みを学んでもらった。また、光の三原色と色の三原色に関する実験として、RGB3色の光を懐中電灯で作り出し、3つの光を重ねると白っぽく見えることや、それの中では色のついた影ができるなどと体験してもらった上で、ディスプレイやテレビにおけるカラー表示の原理を学んでもらった。

4. 実際のリレーティーチングの状況

第1日は、リレーティーチングの初日ということもあって、午前中の高校生への説明に当たっては、まず大学教員が概要を説明し、その後に大学生から実験内容の指導を行った。

参加した高校生の多くは、高校で物理を履修していないか、あるいは履修中であっても講座の内容に該当する単元まで進んでいない状態であるということであったため、当初は、実際にどの程度まで理解してもらえるのかに不安があった。しかし、実際には、高校生の参加者の多くは、波の性質や回折、干渉、さらには波長計算の原理まで、よく内容を理解してもらうことができた。その結果として、高校生による午後の小学生への説明も比較的スムーズに進めてもらえた。また、この小学生に対する説明の中では、いかにして難しい用語を使わずに波の干渉のような現象を説明するかに、非常に苦労している様子が見て取れた。

さらに第2日は、第1日の経験を踏まえて、高校生への概要説明も大学生の一人に担当してもらい、大学教員はサポート役に徹した。この大学生には説明内容の検討・ストーリー作りまで任せたが、例えば「振動というような難しい表現は使わずに、平易な言い方に置き換えるように」など、小学生への指導の仕方に関するアドバイスも含めて、十分な内容の説明を行っていた。

なお、第2日に参加した高校生は、大半が第1日から入れ替わっていたが、小学生に対して全体的にスムーズな指導を行っていた。

図6及び図7には、講座当日の指導風景の写真を示す。



図6 大学生から高校生への指導

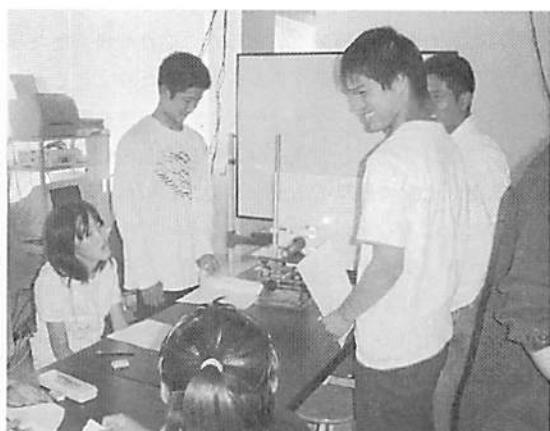


図7 高校生から小学生への指導

全体として、講座は和やかな雰囲気で行われており、高校生から大学生へ、小学生から高校生や大学生への質問も活発に発せられていた。

5. 参加者に対するアンケート結果

今回のリレーティーチングの効果を検討する目的で、第1日及び第2日の参加者（高校生ならびに小学生）に対して、簡単なアンケートを行った。ここでは、そのうちで以下に示す3つの設問に対する回答の集計結果を、図8～図10にそれぞれ示す。

設問(i) = 図8

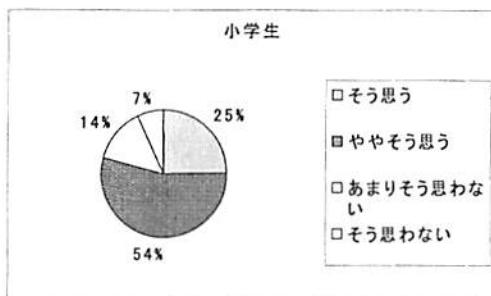
講師の説明や実験の内容は理解しやすかったか

設問(ii) = 図9

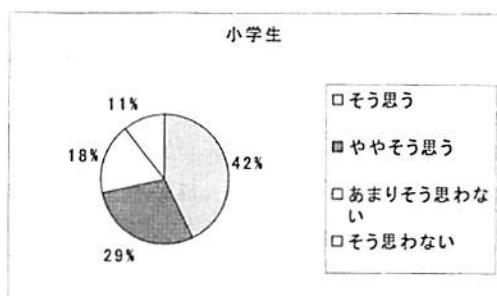
講座の内容は全体に難しかったか

設問(iii) = 図10

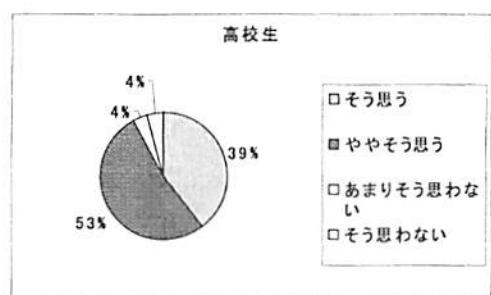
全体としてこの講座には十分満足しているか



(a) 小学生の回答



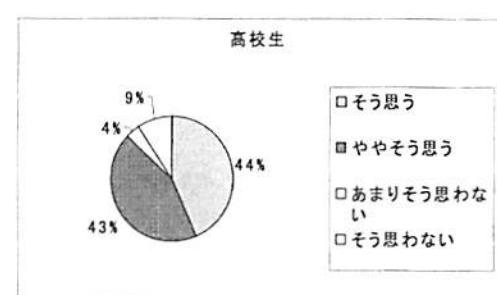
(a) 小学生の回答



(b) 高校生の回答

図 8 参加者アンケート結果（1）

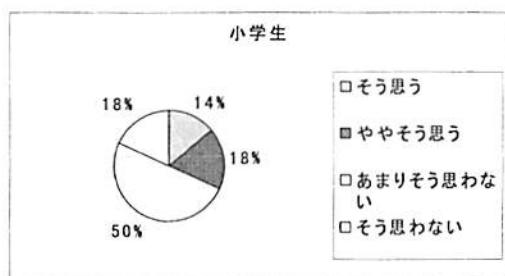
「講師の説明や実験の内容は理解しやすかったか」



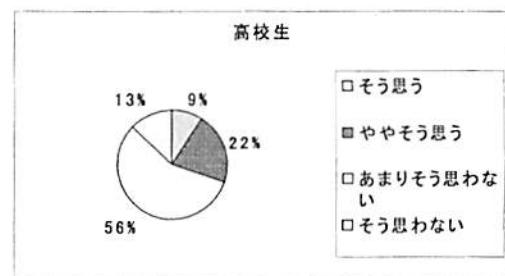
(b) 高校生の回答

図 10 参加者アンケート結果（3）

「全体としてこの講座には十分満足しているか」



(a) 小学生の回答



(b) 高校生の回答

図 9 参加者アンケート結果（2）

「講座の内容は全体に難しかったか」

設問(i)に関して、図8に示すように小学生の79%（図8(a)）、高校生の92%（図8(b)）が、「講師の説明や実験の内容は理解しやすかったと思う」又は「ややそう思う」と回答した。このことから、高校生に対する大学生の説明、小学生に対する高校生の説明とともに、比較的わかりやすい内容が実現できたといえる。この結果として、図9に示す設問(ii)の回答結果にあるように、講座の内容を難しいと感じる割合はあまり高くなかった。特に高校生の参加者にとっては、当日の午前中に学んだ内容を直ちに午後に活用して小学生を指導するという厳しい状況であったにもかかわらず、内容をよく理解して、小学生に対して分かりやすい説明を行ってもらうことができたと考えられる。

さらに、講座の満足度に関する設問(iii)について、図10(b)に示すように、80%を超える高校生参加者から、今回の講座は満足できた旨の回答が得られた。個別に感想を聞くと「自分では理解していたつもりでも、実際に説明すると、なかなか言葉が出てこなかった」という声などがあり、また「今回の講座で取り扱った物理現象に興味を持つことが出来た」という感想も聞かれた。

これらのことから、今回のリレーティーチングスタイルの講座は、特に高校生に対する学習の動機付けとして、ある程度の貢献が出来たと考えている。

一方、今回のアンケート結果には含めていないが、参加した大学生からは、「自分では分かりやすく高校生に説明したつもりであったのに、小学生に対する彼らの説明を聞いていると想定したように理解してもらえていなかったことがあり、説明の仕方などに関する反省点が多くあった」という感想があった。現象に対する知識の再確認に加えて、効果的なプレゼンテーションを行うためのスキルの重要さを認識するきっかけにもなったものと考えられる。

ただし、図10に示す参加者の満足度の結果のうちで小学生からの回答結果（図10(a)）を見ると、「満足したと思う」又は「やや思う」という回答は71%に留まっている。

この理由として、第1に、小学生向けの実験講座として、講座内容（実験テーマ）の設定が適切ではなかった可能性が挙げられる。例えば、学校での授業内容に関連させたり、日常生活の中で体験できる現象に関連付けたりするなど、より興味を抱かせる工夫の余地がある。

また、第2には、リレーティーチングという試み自体に起因する要素も考えられる。すなわち、高校生による説明は比較的分かりやすかったという小学生からの声はあるものの、高校生の参加者は事前に実験テーマや内容を知らされることなく当日に説明を受け、直ちにそれを小学生に説明しなければならなかった。このため、小学生の興味を覗り立てるほどの踏み込んだ説明の実現までは、難しかったとも考えられる。

このように、リレーティーチングという講座形態は、高校生や大学生の参加者に対する学習の動機付けとしての効果がある一方で、小学生の理科離れ抑制への貢献という実験講座の本来の目的を考えれば、今後の改良・工夫が必要となっている。この点は、今年度以降の検討事項である。

6. むすび

千歳科学技術大学で平成16年夏に開催した「大学Jr.サイエンス事業」での理科実験講座における大学生・高校生・小学生間のリレーティーチングの試みについて、その概要をご紹介した。

これは、小学生に対して理科・科学に関する興味・関心を抱いてもらうきっかけ・動機付けを提供することを目的として行う理科実験講座を、大学生や高校生の教育の場としても活用しようという試みである。具体的には、

従来はアシスタント的な役割であった大学生や、一受講者に過ぎなかった高校生に、講座の中で他人に積極的に教える機会を与える形態とした。これにより、自らの知識の再確認・再構築する機会を提供できたと考えている。

今回の講座形態は試行的なものであり、改善すべき点が数多く存在していることは事実である。しかし、小学校から大学までの教育機関がより密接に連携していくことで、従来とは異なる理科・科学教育の新しい形態を実現する可能性が示せたものと考えている。今年度も、10月後半～11月初めにかけて、ここでご紹介したようなリレーティーチング形態を取り入れた実験講座の開催を計画している。よりよい成果が得られるように、適切な改善を加えていきたいと考えている。

さらに、今回の講座の実績も踏まえた上で本学では、昨秋から「現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代GPプログラム）」として、学生が主体となった理科実験教材作成プロジェクトを推進している⁵⁾。このプロジェクトでは、学生が実験内容の立案段階からより主体的に参加するとともに、地元・千歳市立の小中学校の教諭からの実験内容のアドバイスを得ることで、学生の能力の向上を図るとともに、完成度が高く活用されやすい教材・講座内容の実現を目指している。

今後も、地域教育との効果的な交流連携ならびに本学学生の教育の一環として、より効果的な方策を考案・実践していきたいと考えている。

参考文献

- (1)森田恭平・長谷川誠：「大学生・高校生・小学生間のリレーティーチングの試み」、平成17年春季第52回応用物理学関係連合講演会、30a-P3-12
- (2)西村憲一・白川英俊編著：「やさしい光ファイバ通信」改訂第3版、p.2、オーム社（1999年）
- (3)奥山澄雄・大鳥重利・奥山克郎・松下浩一：「リフレッシュ理科教室のための教材試作と実践」応用物理教育、vol.27, no.1, pp.47-48(2003年1月)
- (4)長谷川誠・木村進一郎：「LEDを用いた簡易光通信模擬実験教材セットの試作」、平成16年春季第51回応用物理学関係連合講演会、29a-P8-14
- (5)長谷川誠、他：「学生による小学生向け理科実験授業プログラムの開発とその実践の試み」、平成17年春季第52回応用物理学関係連合講演会、30a-P3-13

（付記） 本稿は、『物理教育』53（2005）pp.68-72を加筆修正し、本誌「物理教育研究」に再度掲載しました。

学生による理科実験授業プログラム及び その電子化コンテンツの開発の試み

Development of science experiment programs and their web-based contents by university students

千歳科学技術大学 長谷川 誠 石田 宏司
Chitose Institute of Science & Technology Makoto Hasegawa Koji Ishida

平成 16 年度採択の文部科学省「現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代 GP）」として、学生グループを主体として理科実験授業プログラムを開発している。平成 16 年度中に小学生向けの 2 テーマのプログラムを考案し、総合的な学習の時間で演示した。小学生の興味を引く内容が考案でき、学生教育の点でも効果が認められた。今年度は、中・高校生向けを含む新たな実験内容の開発、及びこれまでに開発した内容の電子教材化に着手した。

Abstract

In the "Modern GP" program, a project by university students for developing science experiment programs to be used in elementary schools through high schools has been under way. The two programs for elementary schools were already developed and demonstrated in general study classes of some elementary schools in Chitose City last year. These programs were successful in attracting interests of children. Moreover, the project was found to be effective in education of university students. This year, developments of new contents including ones for junior high schools and senior high schools, as well as web-based contents based on the already-developed experiment programs, has been initiated.

キーワード 理科実験、総合的な学習の時間、現代 GP、電子教材

Keywords: Science experiment, General study classes, Modern GP, Web-based educational contents

1. はじめに

現在の大学教育過程では、物理学・化学などの基礎教育科目は、講義・演習による知識の習得と、実験・実習による実践・定着との組み合わせによるカリキュラム編成が一般的である。これに対して、自分の得た知識を体系的に整理し、確実に自分のものにするためには、他人（特に知識の乏しい人）に説明することが有効と言われている。大学院生の場合には、学部生対象の講義・演習・実験科目で TA（ティーチングアシスタント）を担当することで、そのような説明の場面を経験することができる。しかし、学部生の場合、通常のカリキュラム体系の中でそのような機会を得ることは皆無といえる。

一方、本学は、地域教育への連携・交流活動として、地域の小中学生を対象とした理科実験デモンストレーションを活発に実践している^{1) 2)}。これらの活動では、多くの場合、本学学部生に TA（ティーチングアシスタント）を依頼し、例えば小学生 4 ~ 6 名程度に 1 ~ 2 名の学部生を配置して、実験手順の説明や小学生からの質問への対応を任せている。これらの実験の第 1 の目的は、小中学生に理科実験を体験してもらい、理科・科学への

興味・関心を持たせることであるが、同時に、前述の説明の機会を TA 役の学部生に与えることが可能になっている。すなわち、地域教育への貢献活動が、同時に本学学生の教育の場にもなっている。

そこでこのほど、学生のより主体的な活動を通じて更なる教育効果・学生のキャリアアップを図るとともに、地域の初等中等教育への貢献を目指して、学生グループが主体となった小学生向け理科実験授業プログラム開発プロジェクトに着手した³⁾。具体的には、複数の学生グループが 1 ~ 2 ヶ月をかけて 50 分程度の理科実験授業プログラムを考案し、総合的な学習の時間などで実際に演示する。この過程では、テーマの選定から必要な実験器具の設計・製作、スライドやテキスト（ワークシート）の作成、さらに実際の演示に至るまでの一連のプロセスを通じて、学生たちは様々なスキルを獲得・向上させることができる。

ここでは、これまでの経緯と今後の予定を紹介する。なお、本プロジェクトは、平成 16 年度に文部科学省「現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代 GP）」に採択されたものである。

2. プロジェクトの概要

2. 1 プロジェクトのねらい

本プロジェクトは以下の3点を主な目標としている。

- (1) 地域の小中学校の教諭の協力を得ながら、学生が主体となり、理科実験教材とそれに関連するコンテンツが一体化した学習教材・システムを制作する。また、それらを利用した実験授業プログラムを立案し、それに従った実験授業を学生が実施する。
- (2) 参加学生は、教材テーマの選定から検討・製作・実施・改善に至る一連のプロセスを通じて、問題提起・分析・解決型の学習能力を獲得する。
- (3) 制作された学習教材・システムを電子化して地域全体で共有化することで、地域の初等中等理科教育の活性化・理科離れの抑制に貢献する。

学生教育という観点では、課題の設定（教材テーマ選定）から解決（教材完成及び演示）に至る過程で、企画力・実行力・プレゼンテーション力など様々な能力・スキルの向上の機会を学生に提供できる。

また、作成した実験教材を利用して、小学校の総合的な学習の時間などで実際に学生に実験デモンストレーションを行ってもらうことは、前述の「教える経験」を通じた知識の再確認・再構築の場となる。

一方、地域教育への貢献という観点では、小学生に日常的な授業とは異なる雰囲気での理科実験授業を提供することで、理科・科学技術への興味を喚起することをねらっている。

2. 2 実施・サポート体制

上記プロジェクトの実施は、前述のように学生グループが主体となる。平成16年秋の開始時点では、2グループ計12名の学生が参加した。活動の場としては、学内に専用の実験室を確保した。

また、小学校で実際に活用し易い実験教材とするため、地域小学校の教諭4名に地域アドバイザとして参画して頂き、内容などに関するアドバイスを得ている。具体的には、実験授業の開催日程に応じて学生たちが小学校に出向いて、実験内容の打合せを行っている。

3. 平成16年度の活動

図1は、昨年秋のプロジェクト開始以来の経緯をまとめたものである。2つの学生グループがそれぞれ約50分間の実験授業プログラムを立案し、昨年12月ならびに今年3月に地元小学校2校（ともに小学校5年生）の総合的な学習の時間でそれぞれ実際に演示した。図2には、実験授業実施時の写真を示す。

H16			H17			
10	11	12	1	2	3	4
教材設計・制作				教材リバース		
体制立ち上げ	授業内容検討・実験道具準備	緑小総合学習	授業内容検討・実験道具準備	千歳小総合学習	平成16年度総括会議	
12/22				3/1		
平成16年度 総理 学生G1 LEDを作ろう 学生G2 LEDを光らせてしまふ 本校教員 指導アドバイザ						

図1 プロジェクト開始以来の経緯



図2 学生による実験授業の風景

学生グループが立案して演示した授業プログラムは、それぞれ以下の流れとなっている。

グループ1

「身の回りのものを使って虹色を見てみよう」

実験1：光の進み方を見てみよう

実験2：色のついていない光を

ゼラチンプリズムに当てる？

実験3：三色の光を合わせてみよう

実験4：CD-RとDVD-Rに光を当ててみよう

グループ2 「LEDで遊ぼう」

実験1：LEDを光らせよう

実験2：LEDを使って電光掲示板を作ろう

グループ1のプログラムでは、反射や屈折などの光の基本的性質を復習した後、プリズムによる分光実験を行う。次に、白色光の分光の対照として、光の三原色の原理に基づく色の合成を実験する。最後に、CD-RやDVD-Rなどの光ディスクでも分光が生じることを体験する。

一方、グループ2のプログラムでは、LEDと豆電球との比較などを通じて、その特徴や用途などを学習する。

当日は、学年2クラスが両テーマを交代で行った。

実際の実験授業では、両テーマとともに小学生の興味・関心を引き付ける目的で、できるだけ手作業を行わせる体験型の展開とする工夫をしていた。また、実験に使用する材料・素材はできるだけ身近なものとして、興味があれば家庭や学校で追実験が容易に行えるようにした。

例えば、グループ1では、分光によるスペクトル観察に、ゼラチンを使った「手作りプリズム」を使用した。具体的には、事前に料理用タッパーの中に三角柱状のプラスチック製の「型」を埋め込んだゼラチンを準備しておき、実験当日は、小学生一人一人にゼラチンの中から型を取り出させ、さらにそこから三角柱状になったゼラチン（すなわちゼラチンプリズム）を取り出させた（図3参照）。小学生たちは、ゼラチンの不思議な手触りを楽しみながら「プリズム」を取り出した後、懐中電灯の光をあてて分光される様子を観察していた。

このゼラチンプリズムで観察できる懐中電灯の光の分光スペクトルは、必ずしも十分に明瞭に見えるわけではない。そこで、実際の実験授業では、ゼラチンプリズムによる作業が一段落した後で、大きな三角プリズム及びライトを使用した演示実験として、実験室の壁や小学生たちの衣服の上に明瞭なスペクトルを作り出し、どのように光が分かれるか、スペクトルの中の色の並び方はどうなっているか、などを小学生に観察させた。

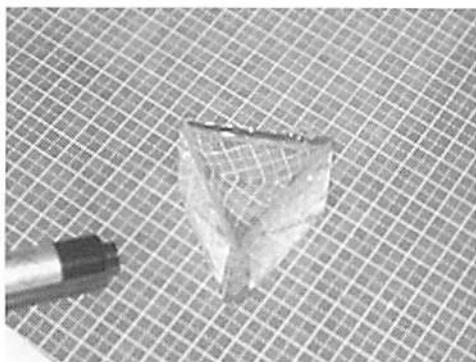


図3 ゼラチンによるプリズム

一方、グループ2では、単三電池2本入りの電池ホルダ、工作用紙、LEDを用いて、簡単なLED点灯回路を各自に作成させた（図4参照）。次に、作成した点灯回路のLEDを実際に点灯させながら、別途配布した豆電球点灯回路との類似点・相違点を、班毎に考えて発表させた。さらにその後、7セグメント状に配置したアクリル棒と上記で作成した点灯回路とを利用した電光掲示板を班毎に製作した（図5～図6参照）。

学生による他の工夫点として、小学生が積極的に現象を観察し、それに基づいて自分の意見を発表する機会を



図4 LED点灯回路の作成



図5 電光掲示板の作成風景

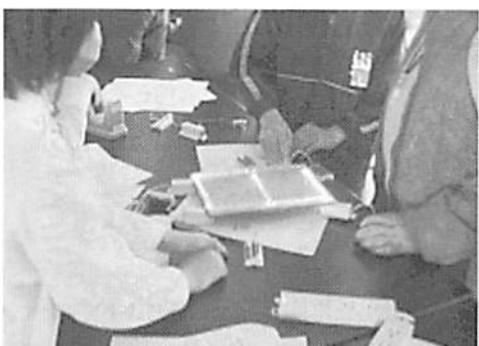


図6 完成した電光掲示板

設けるような配慮がなされた。そのために、書き込み式ワークシートを作成して考察を促すなど、随所に学生の創意工夫が認められた。その結果、例えば豆電球とLEDとの比較では、ほとんどの班が「豆電球は点いていると温かいが、LEDではそんなことは無い」という点に気付いて、両者の差を実感していた。中には「豆電球は電池に直接つながっているが、LEDでは途中に何かがある（実際に電流制限用の抵抗が直列に挿入されていた）」という相違を見出した小学生もあり、観察力の鋭さに驚かされた。

以上のような授業を前述のように小学5年生に対して演示したが、参加した小学生ならびに小学校教諭には、「興味深い実験ができた」「楽しかった」「スライドや配布資料が分かりやすく講師役の学生の説明も理解しやすかった」など、総じて好評であった。小学生からは、疑問点などがあれば直ぐに質問できた点が良かったという感想もあったが、これは、小学生4~6名の班に1~2人の学生を指導役(TA)として配置することで、実質的なチームティーチング効果が得られたことが効果的だったと考えている。また、パワーポイントによるプレゼンテーションも、理解の促進に効果的であった。

一方、参加した学生からは次のような感想が得られた。

- ・テーマ検討から製作・実施に至るプロセスの中で、様々なスキルアップの機会を得ることが出来た
- ・「対話力」が向上した
- ・仕事の進め方(報告・連絡・相談)で学ぶべき点があり、また様々な工夫を行って効率化を図れた
- ・「気付いた」点が多くかった

定量的な評価は未実施ではあるが、課題の設定(教材テーマ選定)から解決(教材完成及び演示)に至る過程で、様々な能力・スキルの向上の機会を学生に提供するという効果が、上手く実現できていると考えている。特に、自ら問題点を見出し、自ら考え行動してその解決策を実現するという行動様式が、参加した学生に根付いてきた。これは、単なる受動的な姿勢で一般的の講義を受けたり、指示された通りの手順で漫然と学生実験をこなしたりするだけでは、決して育成されないことである。

上記のようなことを総合的に判断して、プロジェクトを順調に立ち上げることができたと考えている。

4. 平成17年度の活動予定

以上で説明した平成16年度の活動成果を受けて、今年度は、新たな参加学生を迎えた上で、以下の課題点に留意しながら、小学生向けの新しい実験授業プログラムの作成を進めている。

(1) 単発の実験授業ではなく、年間を通じて複数回に渡って相互に関連したテーマ・内容で実験授業を実施する。

(小学校教諭と連携して、理科の教科学習または総合的な学習の時間の授業展開に、より密接に関連した形態の実現を検討している。)

(2) 実験授業の前後に学生による事前準備ならびにフォローアップの時間を確保した授業形態を検討する。

(実験授業に対する動機付け、および獲得した知識のより確実な定着を図る。)

今年度の小学生に対する実験授業の実施計画としては、6月~7月及び10月~11月にそれぞれ1回ずつの計2回、昨年度に実験授業を受けた同じ小学校の同じ学年(現・小学6年生)を対象として実験授業を行う。また、来年3月には、現・小学5年生を対象とした実験授業の実施も決まっている。

昨年度中に実施した実験授業での実験テーマは学生グループが独自に選定したが、今回は、新学期開始の時点で、今年度の実験授業を受けることになる小学校5、6年生174名に「不思議に思っていること」及び「実験したいこと」を自由回答方式のアンケートとして質問した。そして、本年6~7月の実験内容については、その回答の中から「電気の世界」及び「空の青さと夕焼け」を実験テーマとして選択した。これらについて、昨年度の活動と同様に学生グループが、実験教材やそれに基づいた授業プログラムを小学校教諭のアドバイスを得ながら考案している。その際には、復習効果をねらって、昨年度の授業内容との関連も盛り込んでいる。一方、10月~11月については、理科教科学習のカリキュラムと連動させたテーマを設定することを予定している。

さらに、このような一連の実験授業の結果、対象となる小学生は5年生~6年生にかけて通算3回の実験授業を受けることになる。そこで、前述の課題点(1)に触れたように、現・小学5年生の学年からは、小学5年生3学期~小学6年生2学期に至る計3回の相互に関連した実験授業として、継続的な啓蒙効果の実現を図っていく予定である。

一方、課題点(2)で述べた事前準備・フォローアップの時間の確保に関しては、現実には小学校での授業時間数の確保の点から簡単には実現し難い。しかし、実験授業終了後に小学生に感想・疑問点などを回答してもらい、それに対する学生からのレスポンスを後日小学校に掲示する形で、フォローアップを実現する予定である。これに関連して、実験テーマ選定の参考にするために行った前述のアンケート回答で提示された小学生の疑問・質問の中から1~2週間に数個ずつを抽出して、同様に学生からのレスポンス・解説を小学校に掲示していくことも計画している。

また、今年度は、新たに中学・高校向けの実験授業の開発にも着手した。現時点では、「レンズのはたらきとピンホールカメラの仕組み」をテーマとして作業が進行中である。

さらに、これまでに作成した実験授業内容に基づいて、電子教材化作業にも着手した。具体的には、図7に模式的に示すように実験風景と関連知識・ワークシート類が

一体化したコンテンツの作成を目指して、現在、製作指針の確定や含めるべき内容・項目などの検討作業を進めている。作成する電子教材の具体的な使用方法としては、

- ①実際の実験授業を体験した後で、電子教材内の実験風景（写真・動画）を使って実験内容を振り返りながら、関連知識・応用知識の記載内容を学んでいく、
- ②上記で得られた知識の定着のために、ワークシート部分を活用する、

などの形態を想定している。

実験授業の部分に関しては、実験授業実施後のフォローアップ・復習時に記憶をよみがえらせるための素材として、あるいは、学生による実験授業・指導を受けられない場合に実験内容・手順などを示す実験テキストとして、活用され得るものを目指している。電子教材で実験を疑似体験して実際の実験作業を省略させることは、現時点では想定していない。

上記のような電子教材を小学校の授業内で使い易い（使う気になる）ものとするには、小学校教諭からの意見が欠かせない。これらの電子教材を効果的に利用する授業形態も含めて、連携した検討を進める予定である。

授業の受講が理科の授業内容への関心の向上をもたらしたかに関しては、短期間では判断できず、長期的な検討・評価が必要になっている。

この点に関して、今年度からは小5～小6にかけての継続的な実験授業プログラムの提供によって啓蒙効果や理科離れ抑制効果が得られるかどうか、検討を進めていく予定である。

一方、参加学生の教育という側面に関しては、これまでの実験授業プログラムの作成作業を通じて、企画力・計画力・改善力・実行力・対話力など様々な能力・スキルの向上効果は認められる。例えば、実験テーマ策定の資料とするための小学生対象のアンケート実施、あるいは継続的啓蒙効果を得る目的での複数回の実験授業内容の連携化などは、いずれも学生の発案である。ただし、現時点では定量的な評価は実施できていない。

さらに学生の物理教育に関して、実験内容に関する物理現象を小学生に分かりやすく教えるためには、学生自身がその現象を十分に理解している必要があり、結果的に学生自身の知識の再確認・再構築の場となっている。

今後は、このような学生教育という観点からの効果の定量的評価も進めていく予定である。

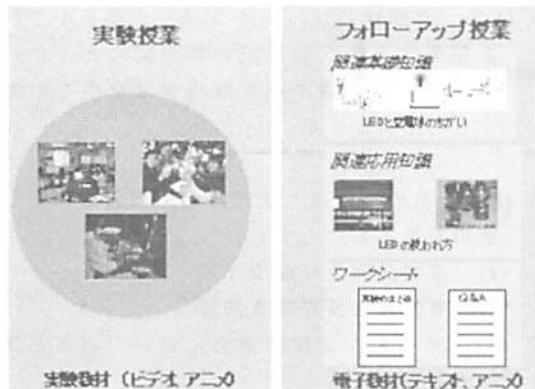


図7 電子教材のイメージ

5. 教育効果

すでに述べたように、今回のプロジェクトは、地域教育への貢献、及び参加学生の教育・スキル向上という2つの教育効果をねらっている。

このうち地域教育の側面に関して、先述のように、学生による実験授業を受けた小学生からは、総じて楽しかったという感想が得られた。また、小学校教諭からは、小学校での普段の授業と比較して、内容や環境が異なるので単純な比較はできないものの平均的に興味・集中度は高かったという意見も得られた。ただし、今回の実験

6. むすび

平成16年度採択の文部科学省「現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代GP）」として千歳科学技術大学で実施中の学生グループを主体とした理科実験授業プログラムの開発プロジェクトについて、これまでの経緯及び今後の予定を報告した。

地域教育（現状では小学校）への貢献という観点では、今後の活動を通じて興味を引く実験教材や効果的な電子教材を継続的に作成・提供する体制ができつつあり、地域教育の活性化への貢献が可能になった。また、学生教育の観点では、学生の自主性や主体性の育成・向上などの点で効果が認められる。

参考文献

- (1)長谷川誠・木村進一郎：「LED を用いた簡易光通信模擬実験教材セットの試作」、平成 16 年春季第 51 回応用物理学関係連合講演会、29a-P8-14
- (2)長谷川誠・石田宏司：「大学生・高校生・小学生間のリレーティーチングの試み」、物理教育、Vol.53、No.1、pp.68-72 (2005-3)
- (3)長谷川誠、他：「学生による小学生向け理科実験授業プログラムの開発とその実践の試み」、平成 17 年春季第 52 回応用物理学関係連合講演会、30a-P3-13

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。

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。

- (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

第4条 (削除)

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6条 本支部に次の会員をおく。

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。

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9条 本支部に支部評議員若干名をおく。

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

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。

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12条 次期支部役員は、本支部役員中の次の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。

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。

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

第16条 支部規約に記載のない事項は、本学会定款に準ずる。

(附 則)

- (1) 本規約は、総会において、正会員の三分の二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12ptゴシック：両端をカッコでかこむ)

English Main Title:12pcTimes (論文の場合英語タイトルが必要)
(English Sub Title:12pcTimes)

所属は9pt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

3行～6行程度の抄録を本文の前に挿入してください。論文の場合は英語の抄録が必要です。日本語文字は9ptゴシックです。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」という形で、キーワードを含めて下さい。

Abstract

Abstract must be written with 9pt Times or Times new Roman Font.

キーワード 9ptゴシック 5語程度

Keywords : Times Font, 9pt, About 5 Words

1. 支部会報「物理教育研究」投稿について

内容 支部会員からの自由投稿及び編集部の依頼に基づく寄稿によるものとし、内容は論説研究・解説・報告等物理教育に関するものなら自由です。

2. 原稿執筆(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版の論文原稿作成の時に必要な投稿規定の情報を、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す。

2. 1 本文執筆の要点

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 とします。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してください。

2. 3 式および記号

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

上下添字は6pt程度の立体（イタリックも可）とします。以下にいくつかの例を挙げます。

$$f_c \quad V_i \quad P^{\wedge}_{\downarrow \downarrow}$$

式を記入する場合は、式の上下に白行を設け、右端に式番号を下記の例のように記入します。

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

式を文章中で参照する場合は、式(5)、式(7)～(10)のように番号の前に"式"を付けてください。

2. 4 図・表・写真およびその説明

図・表・写真是、1段幅、あるいは2段幅に収まるように作成し、論文内の適切な位置には配置します。

図中の文字は、十分認識できるサイズ（9pt程度）にし、6pt未満の文字は使用しないでください。また図表・写真的前後に空白行を設けてください。

図表には適切な表題（見出し）、ナンバーを必ず付けて文中に挿入します。その説明は以下に示す例のように、太字の図・表・写真番号の後に、9ptの標準文字で説明を記入してください。図表写真については原寸大で写真製版します。

例 図1 実験装置の概略

Fig.2 Schematic of experimental apparatus

Table 3 Fluid properties in each run

Photo 4 Flow pattern around sphere

題名 (A4用紙)	(A4用紙)
(副題) 1ページ目	2ページ目
所属 著者名	—
概略や本文は6行目 から書き出します。 <キーワード>など	—
1ここから 2 縦2段に 書き始め 横は全角 最終行は ~25文字~ 45行目	表1 ... 図1 ... 写真1 ... 45行目

図1 ワープロ原稿の例

写真はコントラストの良いものをお願いします。また、ワープロ文書等に貼り付ける場合はサイズが必要以上に大きくならないようにしてください。

図・写真等を別に用意する場合は挿入箇所を指定してください。図・表・写真の指定場所は用紙に直線で囲み指定するので、その余白を予めとっておいて下さい。

2.5 記号説明・引用文献

結論・謝辞等の次に本文で使用した主な記号の説明を英語で記入します。文字サイズは、9 pt程度とする。

引用文献¹⁾は右肩に¹⁾²⁾を文章中に記入し下記のように、一括して末尾に文献名・出版雑誌名、巻号、ページなどを引用順に記入してください。詳細は以下の例を参考にしてください。参考文献は原則掲載する必要はありません。

ワープロ原稿はA4の用紙に投稿規定の要領で印刷し、脚注や引用等本文以外の細かな指定ができない場合は赤字で原稿に指示して下さい。

引用文献

- 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, 1998
- 2) 执筆太郎『北海道の物理教育』、支部出版、2005

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(7月)に発行予定です。
- (3) 研究論文と解説には審査員を立てて内容を審議します。
- (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 上記規定により支部会報「物理教育34号」の原稿を募集いたします。

(1) 締切

研究論文 2006年5月末日

実践報告等 2006年6月末日

(2) 投稿受付

投稿受付は下記のとおりです。詳しくは2006年4月に支部ホームページに掲載します。

〒006-0829 札幌市手稲区手稲前田497番地2

北海道札幌手稲高等学校 中道洋友

TEL 011-683-3311 FAX 011-683-8606

E-mail fwgf9371@mb.infoweb.ne.jp

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。執筆要項はホームページからダウンロードすることもできます。

編集後記

今年は物理教育学会年会が北海道で開催されます。そのテーマも意識し、2つの特集を組んでみましたかがでしたか。特集では支部会員以外の方にも原稿をお願いし、高大連携や物理教育のあり方について幅広い視点で考えてみました。原稿をいただいた方々には、お忙しい中執筆を快く引き受けさせていただきました。来年度も特色ある支部会報になるよう努力したいと思います。

表紙写真説明

本会報「北海道函館東高等学校における高大連携の現状と課題」「科学教育ボランティアからの理科教育」から

2005年7月31日発行

日本物理教育学会北海道支部

第33号 編集責任者 中道洋友

(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科物理学専攻

日本物理教育学会北海道支部

目 次

卷 頭 言

北海道薬科大学 中野 善明 1

1 北海道物理教育学会 講演の記録 北海道衛星「大樹」の打ち上げに向けて	北海道工業大学 片桐 実穂 2
2 特集『高大連携』 これからの理科教育の視座－新しい高大連携の可能性－ 北海道大学高等教育機能開発総合センター スーパーサイエンスハイスクールにおける高大連携の取り組み 北海道函館東高等学校における高大連携の現状と課題 北海道工業大学における高大連携教育の現状 進路探求学習としての高大連携教育	鈴木 誠 5 北海道札幌北高等学校 今野 博行 11 北海道函館東高等学校 渡辺 儀輝 14 北海道工業大学 苦米地 司・亀山 修一 18 北海道札幌手稲高等学校 中道 洋友 22
3 特集『地域と物理教育』 千歳科学技術大学における地域教育貢献活動 科学教育ボランティアからの理科教育 地域の小学生と対象とした実験教室の開催 釧路高専物理教員による地域貢献活動	千歳科学技術大学 長谷川 誠・石田 宏司 25 NPO法人butukura 中司 展人 28 北海道札幌西高等学校 伊藤 新一郎 30 釧路高専一般教科（物理） 松崎 俊明・浦家 淳博・森 太郎 32
4 実践報告 v-tグラフを理解させる指導 偏光板とポリプロピレンによる着色現象に関する考察 クントの生徒実験を実施してみて エボニム調査の比較分析	札幌新陽高等学校 佐々木 基 37 北海道南茅部高等学校 堀 輝一郎 39 北海道札幌厚別高等学校 松田 素寛 43 北海道札幌清田高等学校 鶴岡 森昭 45
5 事業報告	52
6 論文集（中表紙） 電子天秤による磁気力の測定 金星太陽面通過の不思議な周期性 大学生・高校生・小学生間のリレーティーチングの試み 学生による理科実験授業プログラム及びその電子化コンテンツの開発の試み	北海道教育大学札幌校 岡崎 隆・西村 雅佳 53 北海道教育大学札幌校 岡崎 隆・那須 慎一郎・齊藤 陽樹・菊池 政芳 55 千歳科学技術大学 長谷川 誠・石田 宏司 57 千歳科学技術大学 長谷川 誠・石田 宏司 63
7 日本物理教育学会北海道支部規約、A4原稿執筆要項、編集後記	68