

## 取組打ち切りにあたって

取組代表 物理学教室 経済学部教授 青木健一郎

自然科学研究教育センターを中心とした慶應義塾大学の取組、「科学的思考力を育む文系学生の実験の開発—実学の伝統の将来への継承—」は文部科学省の大学教育推進事業として 2010 年度より 3 年間の取組として採択されました。計画に沿って順調に活動しているさなかに 2012 年度より突然打ち切られ、強い衝撃とともに憤りを感じます。教育経験の比較的浅い研究者を雇用し、育成することも取組の重要な柱であり、彼らの人生計画に多大なる損害を与えたことを大変申し訳なく感じています。今回のような継続打ち切りは、有意義な事業を行うに必要な政府と大学との信頼感を著しく損ない、最終的には税金の無駄遣いにつながると私は思います。

取組の目的はタイトル通り、文系学生の科学的思考力を育てるための授業内容、教材やシステムを開発することにありました。我々が科学的思考力と呼んでいるのは、実証に基づいた自然科学の理解、論理的思考力、課題探究力、数量的なスキル、そして科学的論述力といったものです。このような科学的思考力は福澤諭吉のいう「実学（サイヤンス）」そのものであり、慶應の伝統としてまさにふさわしいと私は考えています。

取組では、新たな展開として自然科学的な視点を持った基礎実験を含む心理学の授業を 2011 年度より開講することができました。この授業は、これからも開講され続けていきます。また、物理学、化学、生物学における新たな実験テーマを開発し、数学を含め、学生の高校までの学習背景を考慮した教材を作成することができました。そして、様々な分野の教員が集まり科学的論述について議論し、その結果を公開しています。さらに、この取組で雇用されている特任助教 2 名を他大学の専任教員として送り出すことができました。これは彼らの実力と努力の結果ですが、取組に関わったことがわずかでもプラスになっ

ているかも知れないと考えると大変嬉しいのです。活動は実質 1 年半に過ぎませんが充実しており、後につながる確実な成果を残せたと考えています。

私のこの取組への関わりは数年前に申請するための計画を作るところから始まりました。この間、大変ではありましたが、楽しくもあり、教育について学ぶことも多くありました。特に、他の専門分野の教員という情報や意見を交換して得たことは私にとっての財産です。取組では、我々の教育に実質的に役立つことを追求する方針を貫きました。途中で打ち切られて残念ですが、皆の成果はこれからの教育に確実に活用されます。取組がこのように順調に遂行できたのはひとえに自然科学研究教育センターの教員と職員のかい協力があったからこそであり、深く感謝しています。

### 事務局からのご挨拶

本取組で事務を担当してまいりました黒澤奈緒と申します。約 1 年半という短い期間ではありましたが、この取組に関わることができて大変嬉しく思っています。

教育に対する先生方の活発な意見交換を目の当たりにできたことは、私にとって大いに刺激になりました。また、この取組が文系学生を対象にしたものであることから、開発されている実験が私にも大変興味深く感じられるもので、その内容を仕事を通して知ることができたのは、なんだかちょっと得をした気分です。

外部資金の管理ということで、ルールに則した正確且つ適正な事務処理を心がけてきましたが、今まで大きな問題なく、なんとかやってこられたのは、関係各位の皆様のおかげです。心より感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

## 自然科学教育シンポジウム（第 2 回）開催のお知らせ

大学教育推進プログラム「科学的思考力を育む文系学生の実験の開発」（平成 22 年度採択）の事業を自然科学研究教育センターが中心となって進めてきました。当初 3 年間の予定でしたが、政府予算の打ち切りにより、今年度 2 年目をもって終わることになってしまいました。そこで、これまで実験テーマ開発に携わってきた特任助教の方に、教育および研究に関して講演してもらい、得られた成果を総括し、今後に残された課題などを議論したいと思います。



日時 2012 年 3 月 10 日（土） 14:00～17:10  
場所 日吉キャンパス、来往舎 2 階 大会議室

14:00～14:10 開会のあいさつ  
青木 健一郎（大学教育推進プログラム実行委員長）  
14:10～14:50 講演 1. 「心理学実習科目の新しい形」  
新井 哲也（自然セ、心理学担当）特任助教  
14:50～15:30 講演 2. 「物理実験テーマの開発」  
阪口 真（自然セ、物理学担当）特任助教  
15:40～16:20 講演 3. 「化学実験テーマの開発」  
小島 りか（自然セ、化学担当）特任助教  
16:20～17:00 講演 4. 「GP がくれた教育への扉」  
大久保 奈弥（自然セ、生物学担当）特任助教  
17:00～17:10 閉会のあいさつ  
大場 茂（自然科学研究教育センター所長）

参加費無料・塾内の方は参加登録の必要はありません。  
詳しくは website をご覧ください。http://www.sci.keio.ac.jp/gp2010/



## 大学教育推進プログラム「科学的思考力」ニュースレター No.3

発行元：慶應義塾大学自然科学研究教育センター 取組代表者：青木健一郎 発行日：2012 年 2 月 28 日  
〒223-8521 横浜市港北区日吉 4-1-1 TEL: 045-566-1111 E-mail: office@sci.keio.ac.jp URL: http://www.sci.keio.ac.jp/



平成 22 年度文部科学省選定 大学教育・学生支援推進事業 大学教育推進プログラム

## 科学的思考力を育む 文系学生の実験の開発

実学の伝統の将来への継承



Newsletter No. 3

## 自然科学教育シンポジウム（第 1 回）

「科学的思考力を育む文系学生の実験の開発」が開催されました。

### 開催の概要

化学教室・文学部教授 大場茂

自然科学教育シンポジウム（第 1 回）を開催した。これは、平成 22 年度文部科学省に選定された大学教育推進プログラム「科学的思考力を育む文系学生の実験の開発—実学の伝統の将来への継承—」の理念ならびに事業内容を大学内外、特に社会に向けてアピールする機会とすることを目的とした。シンポジウムの趣旨としては、本取組の理念を確認し、また事業の途中経過を報告し、今後のめざす方向を明らかにすること。また、文系学生に求められている科学的思考力とは何かに焦点を当て、それをいかに育むかについて議論する場とすることであった。シンポジウムの形態は、内部からの 20 分程度の報告 5 つのほか、外部からの講演 1 本およびパネルディスカッションとした。

当日は朝から雨模様であった。長谷山彰常任理事による開会のあいさつでシンポジウムが幕を開けた。この大学教育推進プログラムの実施母体である自然科学研究教育センターが 2009 年に設立されたこと、ならびにその背景が紹介された。また、シンポジウムのテーマと関連して、3 月 11 日に発生した原発事故により、（科学が幸福をもたらすという）科学技術信仰に対する疑念が湧き上がり、科学の明と暗が浮き彫りになったこと、そして国民は判断する力が求められていること、またシンポジウムの副題「いま学生に何が求められているのか」という問は重要であることが指摘された。本学は福沢の窮理学（物事の原理を極める）の伝統があり、今の学生には文系・理系を問わず、物事に対処できる力が必要であることが述べられた。



長谷山理事

辻敬一郎氏

真壁理事

その後、青木実行委員長を先頭に、大学教育推進プログラムの事業内容と活動の報告が 5 件なされた。そして、辻敬一郎名古屋大学名誉教授による熱のこもった講演をいただいた。その内容は、大学のカリキュラムの変遷から現状における問題点の指摘、また心理学における研究領域の構造と、いかに学生に興味をもたせ誘導するかという教育論に至るまで、幅広いしかも含蓄に満ちた話であった。引き続き、「科学的思考力」に関するパネルディスカッションが行われた。

最後に、真壁利明常任理事による閉会のあいさつがなされた。この大学教育推進プログラムの申請時に、その前の特色 GP に次いでこれが 2 回目であったが、どのような発展があるか議論したことが紹介された。また、科学的思考力は文系だけでなく理系学生にも必要であることが強調された。なお、真壁理事には、シンポジウムの最初から最後まで出席していただき、パネルディスカッションにおいてもパネラーとして鋭いコメントを発していただいた。「いわゆる頭のいい人は、言わば足の早

い旅人のようなものである。人より先に人のまだ行かない所へ行き着くこともできる代わりに、途中の道ばたあるいはちょっとしたわき道にある肝心なものを見落とす恐れがある。」という寺田寅彦の名言を引用して、「気付き」が重要であることを示していただいたのが特に強く印象に残った。

シンポジウムのプログラムは（途中の休憩時間を 5 分に縮めつつ）ほぼ予定通り進行し、約 10 分遅れで終了した。このシンポジウムを通して、「科学的思考力」とは何か、そしていかに育むのかを、各人が改めて考える機会となったことは間違いないと思われる。

パネルディスカッション

「科学的思考力を育むにはどうするか」

数学教室・商学部教授 白旗優

本シンポジウムの締めくくりとして、「科学的思考力を育むにはどうするか」という題でパネルディスカッションがおこなわれた。講演者の辻敬一郎氏、慶應義塾研究担当の真壁利明理事、および本取組実行委員会から青木健一郎代表、中野泰志委員の 4 人がパネラーとなり、商学部教授の白旗優が司会を務めた。

はじめに、活動報告と講演に対する反応という形で、それぞれのパネラーから問題提起、質問、感想、意見が提示された。中野委員からは、実験を通じた教育では、学生が実験の手順を追うだけになってしまう傾向があり、自分で考えさせるための「自由度」をいかにあたえるかが重要になる、という問題提起がなされた。辻氏からは、活動報告に対して、個別の授業への導入となるような全体的な方向付けをあたえる授業はしていないのか、教育の効果はどのように判定しているのか、開発された実験を他大学に提供しているのか、という三点の質問が出された。青木代表からは、実験を通じた教育を実践していく中で、他の教員との共通認識が培われていっており、それは辻氏の講演内容とも通じ合うものではないかという感想があった。特に、辻氏が講演で述べた「美しさ」や「楽しさ」といった要素の重要性に対する共感がしめされた。真壁理事からは、科学的思考力の養成は、日本人が国際人となれるかどうかを決する重要な課題であり、科学教育は、純粋科学と政策研究を両輪とする形で進められなければならないという認識がしめされた。求められているのは、たんなる知識蓄積を超える教育であり、それは、原理原則に則って学生が自分で発見しながら学んでいく教育、真壁理事の言葉では「気づく教育」である。

辻氏の質問に対しては、青木代表から、教員相互での共通理解はあるが全体的な方向付けをする導入的な授業はおこなっていない、教育効果の測定は研究課題の一つであり試行錯誤しながら進めている、開発した実験を他大学が利用するという話はまだないが、実験のやり方はインターネットを通じて公開しており問い合わせもきている、という回答がなされた。辻氏からは、学問の全体像や方法論については、講義が果たすべき役割もあるという指摘がなされた。

続けて、中野委員が提起した「自由度」の問題についての議論がなされた。辻氏は、「標識の見え易さ」をテーマとした過去の授業で、方

（次ページに続く）

## 自然科学教育シンポジウム（第1回） （前ページからの続き）

法論はきちんと教えた上で、学生に明るさ・照度・距離・時間などをさまざまに試させることで、何かを思いつかせるような授業ができたという体験を話した。方法論を習得させた上で、自由な課題をあてれば、うまくいくのではないか、というのが辻氏の意見である。これに呼応する形で、中野委員は、方法論を基礎実験で教えてから、それを現実の場面に応用するという流れの授業を、現在おこなっていることを報告した。また、青木代表の授業では、必ず質疑応答をおこなっており、それが方法論を習得させるために効果を発揮している。「自由度」というのは考えさせるということで、方法と目的を切り離すのではなく、同時に考えさせれば良いのではないか、というのが青木代表の意見である。真壁理事は、通常の教科書が合理的すぎることによる苦言を呈し、教育とは「考え方が違う事を学び合う場」であるとした。教育には意見の多様性が重要であり、異なる意見の対話を通じて、学生は「気づく」ことができる。そうした多様性を提供するためには、授業を一人の教員だけではなく、意見の相違するかもしれない複数の教員が担当すべきである。

ここで、青木代表は理想と現実を調和させるのは、やはりなかなかむずかしいという感想をもちしたが、真壁理事はあらためて、寺田寅彦とアインシュタインの言葉を引用して、頭が良すぎないこと、惑うこと、冒険すること、の重要性を強調した。パネラー以外のシンポジウム参加者からは、教育における「自由度」については、そもそも正解はなく、いろいろな人がいろいろなやり方で、授業をつくっていくしかない、という意見があった。中野委員からは、複数の教員が授業中に議論する授業を、心理学では実際におこなっているという報告があった。ともかく教員が信じていることをおこなうのが一番よい、という青木代表の発言をもって、「自由度」に関する議論を終えた。

次に、日本の理科教育の問題点というテーマについて議論した。辻氏からは、科学を知識として学ぶ前に、まず五感を通じた生の体験が重要であるが、いまの子供にはそうした実体験が不足している、と指摘があった。真壁理事からは、理学を工学よりも優位だとみなす見方に問題があり、理科教育は未知なものに対して目を向けさせることでなければならない、という意見がのべられた。また、シンポジウム参加者からは、現在開発中の実験は高校生でも十分におこなえる、ともかく面白さを伝えることが重要である、科学的思考力は理科系の学問にとどまるわけではなく、実験的方法是経済学でも使われている、などといった意見が寄せられた。さらに初等教育での理科について、すべての教科を一人の教師が教えるのでは、時間的制約と教師への負担が大きくなりすぎるため、理科専門の教員が教えるようになることが望ましい、という意見がだされた。

最後に、パネラーから、参加者の関心の高さをしめす活発で真剣な議論をつうじて、実験を通じた教育という方向性の正しさについて再確認できたのではないかと、という一致した感想がのべられた。文系のみならず理系の教育においても、科学的思考力をどう育成するかという課題を、総合大学のメリットを生かして、今後も継続して議論し考えていきたいということを確認して、パネルディスカッションを終えた。



## 水棲生物を使った生物学実験の開発

生物学では、環境や発生の授業で用いることの出来る「造礁サンゴの生活史」という実験を開発しました。生活史とは、生物がどこでどのように繁殖し、どのような生き様で成長するかの全過程のことを指しており、生活史の解明は、生き物の保護や養殖を行う上で大きな意義があります。実習の内容は、胚や成体の様々なステージの標本を学生に与え、顕微鏡下で観察した形態的情報から、サンゴの生活史の順番を論理的に推察するというものです。学生が教科書知識を持たない生き物を用いることで、暗記した知識ではなく、自分で科学的に結果を考え出すことを目的としています。まずは、倉石先生の指導のもと、7月に理工学部学生の授業へ導入したところ、実習は予想以上にスムーズに進行し、形態的情報を理解した上での正解率も高かったので、後期で行う文系学生への実習では、小野先生の指導のもと、論述力をさらに強化する内容を加えました。「あなたがサンゴ礁保全を提案しようとしている研究者であるとして、新しいサンゴ保護区の設定について提案する文書を作成しなさい」というロールプレイング形式の課題です。サンゴの分布が北上しているという事実をもとにしていきます。提案文書では、なぜ、サンゴの保護区が必要になったのか、と

## タブレット端末を用いた心理学実験の開発

心理学では、非専門学生に向けた総合教育科目としての心理学実習科目の開発を行ってきた。総合教育科目での心理学実習は全国的にも例のない試みである。心理学や統計学の知識をほとんど有しない非専門学生を対象としていることから、実習の進行や結果の処理法についてはなるべく直観的に理解できるよう工夫した。また、専門課程における従来の心理学実習では、基礎的な方法論を学習させる目的で古典的な題材と測定法を用い、実験条件等を教員が設定した上で行われることが多かった。これらの課題は簡潔で、かつ結果が出やすい点では優れていたが、学生にとっては受動的に課題をこなすという印象があり、退屈に感じて関心を深められないという問題や、考察の余地が少ないという問題があった。本科目では専門的な知識を習得することが目的ではないため、この問題の解消は必須であった。そこで、担当教員が自由度のある課題を考案し、学生に主体的に考えさせることを目的として従来型の題材を再構成した。そのうちの1つの試みとして、タブレット端末 (iPad) のアプリケーションを開発し、実習で活用した例を紹介する。

題材自体は目新しいものではなく、従来の実習でもよく用いられる

## 身近な疑問に答える物理学実験の開発

これまで物理実験のテーマとして主に、(1)磁性体の実験、(2)ローレンツ力の実験、(3)虹の実験、(4)放射線の実験を開発してきました。電磁気学に関する実験 (1)(2) は、すでに導入されている実験テーマを補完するものです。「なぜ磁石は引きあつたり反発しあつたりするのか？そもそも磁石とは何か？」といった疑問を抱いたことのある学生は少なくないでしょう。しかしこれに正しく答えられる学生は決して多くありません。(1) では、現代科学技術の基礎であり、モーターや磁気テープなど身近に幅広く応用されている磁性体を扱います。コイルが巻かれた磁性体 (パーマロイや電磁軟鉄など) の内部の磁場を検磁計やオシロスコープ (写真最奥) を使って測定することで、磁性材料の特性を学びます。実験 (2) では直流電流が流されたアルミ棒が、磁場から受ける力を、電流値やアルミ棒の長さを変えて測定することで、磁場中を運動する荷電粒子が受けるローレンツ力について学びま

## 大久保 奈弥 (自然科学研究教育センター特任助教)

いう提案の趣旨に始まり、試料が採集された場所や、顕微鏡下での観察結果、配布資料に載せた海流と海水温のデータ等から、どこを新たな保護区にしたら良いか、論理的に考えて記述する必要があり、大変に頭を酷使します。実習後のアンケートからは、この授業を受けたことで、サンゴの色々な役割を知って興味を持った、サンゴを実際に見て触れるのはやはり違う、サンゴ礁を保全したい、という意見が書かれていました。その生き物に実際触れることは保全に繋がるのだという実感を得られ、とても嬉しく思っています。実習結果の一部は「生物学教材としてのサンゴの有用性」と題して、理科教育学会で発表しました。

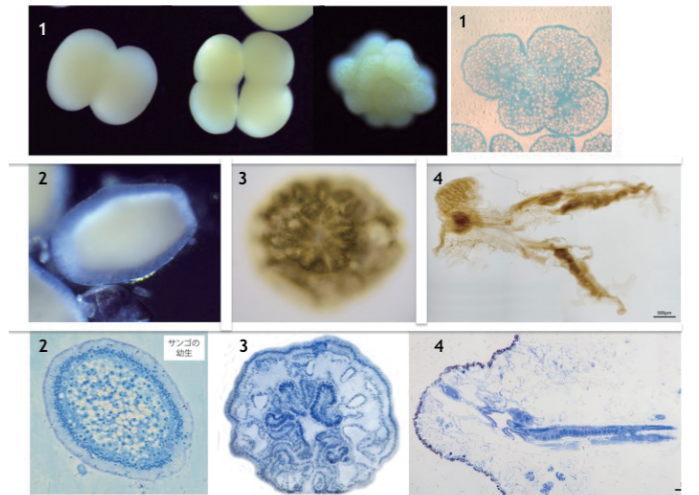
また、タバコの抽出液が生き物に与える影響と題して、スジエビを用いて心拍数の上昇を測定する実験も開発しています。しかし、1月に入りいざ実習を行おうとしたら、おそらく冬になってしまったからスジエビが脱皮をせず、殻が分厚くなり、心臓を観察するのが難しくなっており、実習を断念せざるをえませんでした。生き物を利用して実習を行う際には、その生態を詳細に見極めることが必要だとつくづく反省し、大変勉強になりました。

## 新井 哲也 (自然科学研究教育センター特任助教)・大島 研介 (自然科学研究教育センター大学研究員)

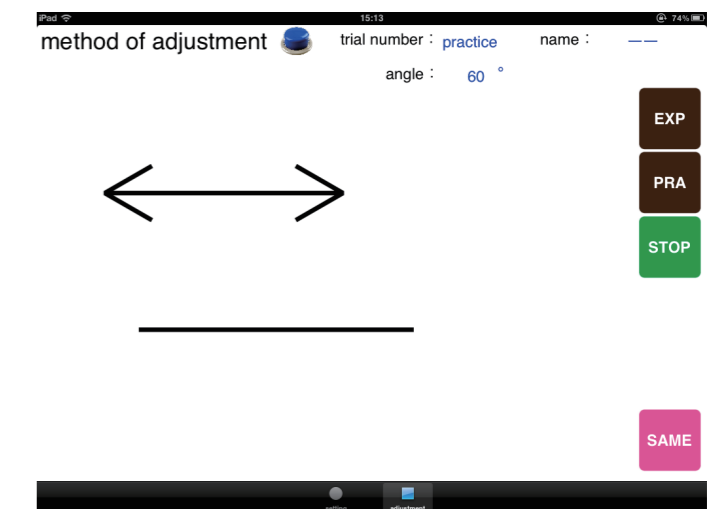
ミュラー＝リヤー錯視図形であったが、ここでは2点の自由度を設けた。1点目は実験条件の自由度であり、もう1点目は測定法の自由度であった。ミュラー＝リヤー錯視とは、線分の末端に付随させた矢羽根の角度 (鈍角) によって線分の長さが変わって知覚される現象であるが、この角度を実験条件として学生に自由に設定させることにより、物理的条件と人間の知覚との関係を詳細かつ綿密に分析する機会を与えることができた。また、錯視現象を測定する方法として伝統的に精神物理学的測定法が用いられるが、本アプリケーションは、そのうちの調整法と極限法を選択できる仕様であり、測定法の違いによる結果の精度の違いを検討することができた。以上のことは、学生のレポートにも反映されており、実習の本質が掴めていたように見受けられた。タブレット端末のアプリケーションを利用することで、時間の短縮や測定精度の向上が期待されるだけでなく、開発段階で自由度を組み込んでおくことによって学生が能動的に関わる余地を作りだすことが可能である。また、専門的な機器を使用するだけでなく、一般に入手可能な用具を導入することにより、学生にとって心理学的なテーマや態度が身近なものに感じられる可能性がある。

## 阪口 真 (自然科学研究教育センター特任助教)

す。特に、電磁石を使う従来の実験と違い、近年安価で入手できるようになったネオジム磁石を導入することで、実験構成を簡明にできました。(2)の詳細は日吉紀要・自然科学第51号に掲載されています。(3)では「虹はなぜできるのか？」という身近な疑問を取り上げ、2種類のレーザー光のアクリル中での屈折率を測定することで、光の波長によって屈折率が違うことを学びます。最後に(4)では、福島原発事故により関心が高まった放射能と放射線について学びます。γ線がNaI(Tl)シンチレーターに入射するとそのエネルギーに応じた数の電子が発生します。これを光電増倍管 (写真の黒い筒) で増幅して得られる電流の値はγ線のエネルギーに比例します。実験ではある電流値巾ごとにパルス数を計測することで、その電流値に対応したエネルギーを持つγ線が入射したことが分かります。(3)と(4)の詳細は投稿予定の日吉紀要・自然科学52号に譲りたいと思います。



様々な発生段階のサンゴ幼生および成体の切片



ミュラー＝リヤー錯視図形の実験用アプリケーション



磁性体と放射線の実験に使う機器