

慶應義塾大学

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活動報告書

「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—



慶應義塾大学

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活動報告書

「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—



目次

I. はじめに	1
本取組の理念と概要	2
II. 活動報告	4
1. GP実行委員会	4
2. シンポジウム・ワークショップ	6
1) 自然科学教育シンポジウム（第1回）	7
2) 自然科学教育シンポジウム（第2回）	20
3) ワークショップ	24
3. 取組成果	25
1) 心理学の体験型実験を含んだ授業の開発	25
2) 物理学・化学・生物学の新たな実験テーマの開発	27
①物理学	27
②化学	29
③生物	31
3) 科学的論述を身につけるプログラムと教材の開発	33
4) 学生の学習背景を考慮した実習教材開発	34
①数学教材	34
②化学映像教材	35
5) 情報発信	36
III. 資料編	38
1. 本取組調書	38
①取組概要②申請書③審査結果④取組概要プレゼン資料	
2. 本取組構成員	60
3. 主な活動記録	61
4. 刊行物抜粋	62
①パンフレット②HP③ニュースレター④シンポジウムチラシ	

はじめに

大学教育推進プログラム実行委員長 青木 健一郎

本報告書では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 -」の活動内容について説明します。この取組は2010年度に文部科学省の大学教育推進プログラムに3年間の取組として採択されましたが、最終年度は大学教育推進プログラム全体が突然打ち切られました。よって、実質的活動期間はほぼ1年半でした。

今回の突然のプログラム打ち切りに関しては個人的には強い憤りを感じるとともに、どのような意義があるのか疑問を持ちます。実り多い事業を行うためには政府と大学との信頼関係が必要であり、このようにそれを損えば最終的には税金の無駄遣いにつながると 생각합니다。我々の取組では、若手の研究者を雇用し、活躍してもらっており、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。

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なりました。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、慶應義塾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、基礎実験を含む心理学の授業を2011年度に新たに開講しました。この授業は将来も開講され続けます。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。取組では、自然科学教育に実質的に役立つ内容を追究する方針を貫きました。この取組の成果は将来の教育に確実に活用され続けます。

この取組の重要な基本方針の1つは若手研究者に教育に参加してもらい、彼らが教育者として成長し、経験を生かしていくことでした。この取組で雇用されていた特任助教の数名が他大学の専任教員として就職していきました。彼らの実力と努力の結果ですが、この1つの目的を達成できたことと取組に関わったことがわずかでも貢献しているかも知れないと考えると大変嬉しいです。彼らの将来の活躍を大いに期待しています。

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、大変でもあり、楽しくもあり、私自身も教育について学ぶことが多くありました。特に他の専門分野の教員といろいろ情報や意見を交換して得られたものは私にとっての財産です。

取組がこのように順調に遂行できたのは自然科学研究教育センターのGP実行委員の教員、特任助教、そして職員の柴田さん、山口さん、黒澤さんらの快い協力があったからです。また、理事と学生部を中心とした慶應義塾の支援のおかげで事業を立ち上げ、行えました。ここに深く感謝致します。本取組の成果も活用し、将来さらに慶應義塾大学での自然科学教育が発展していくことを願っています。

2012年4月

本取組の理念と概要

1. 理 念

本取組の目的は文系学生の総合的な科学的思考力を育成するためのプログラムを開発することでした。科学的思考力とは、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、科学的論述力といったものをこの取組では指しています。取組では文系学生と一括りでまとめていますが、理工系学問を専門としていない学生が対象であり、医学部生などを含め対象を広い意味で捉えています。

この取組の重要な特徴は、自然科学系の教員が分野を越えて自然科学教育について情報と意見を交換し、教育の質を高め、さらに教員が自然に成長していくことです。また、教育経験の比較的浅い研究者に積極的に取組に参加してもらい、取組の強力な推進力となってもらうとともに彼らの教育力を高めることも重要な基本方針です。そして、彼らの新鮮な目で教育現場を見て意見を述べてもらい、他の教員もそれにより刺激を受け、教育について考えます。

実学は慶應義塾の重要な伝統です。福澤諭吉は「実学」に「サイヤンス」ともルビをふっており、しっかりとした実証の根拠に基づき、それを表現する科学的思考力は実学の伝統そのものではないかと私は思っています。福澤諭吉は様々な機会に、慶應義塾においてはまず窮理学（現在の物理学に対応する）等の自然科学を学ぶという事を説いていました。これは、科学的思考力をまず身に付けることが他の分野を学ぶ際、そして社会に出て役立つということを考えていたと思われます。科学の発展に支えられている現代社会においては科学的思考力と実学の伝統がますます求められていると思います。自然科学だけではなくあらゆる分野に応用できる科学的思考力は文系、理系に関わらず全学生に必要だと考えています。

2. 概 要

理念を実現するために取組では以下の5つの事業を柱としました。

- I 心理学の体験型実験を含んだ講義科目の開発
- II 新たなる実験テーマの開発
- III 科学的論述を身に着けるプログラムと教材の開発
- IV 学生の学習背景を考慮した実習教材開発
- V 情報発信

それぞれの事業について個別の詳細な報告があるので、ここでは端的に説明します。

取組開始時には文系学生のための本格的な心理学基礎実験を含んだ授業は開講されていませんでした。このための題材を準備し、開講するのが事業Iの目的でした。2011年度に新たにこのような授業を開講し、将来も維持し続ける予定です。心理学の講義は人気科目であり、実験を含んだ授業に対する需要もあり、それに応えることができました。また、心理学は伝統的な「ハード・サイエンス」の物理学、化学、生物学とは異なり、いわゆる文系科目であるという印象が多くの学生にあります。そのような中で、自然科学的なアプローチを用いて、はっきりとした根拠を持って心理学的な分析ができることを実感できる授業を開講できた意義は大きいと考えています。

自然科学は常に進歩しており、近年の発展を取り入れた学生実験を開発し続ける必要があります。また、今までは学生実験で実現しにくかったものが可能になる場合もあります。そして、現存の実験を見直すと、より充実すべき分野があったり、改良できる実験もあります。事業IIではこのような様々な視点から新たなる学生実験を開発しました。そこでは、従来型実験だけではなく、学生の自由度の高い、課題探求型の側面が強い実験も導入しました。

学生実験では必然的に科学的論述が必要になり、それ以外の場面でもレポート等を提出する機会が自然科学の授業ではあります。事業IIIでは、学生の科学的で説得力のある論述力をどのようにして育成するかを考え、教材を作成することを目的としました。まず、どのように事業を進めるのが良いかを自然科学の様々な分野の教員が集まって検討し、多分野の教員が科学的論述に現れる様々な側面について議論をし、その結果を公開しています。

I. はじめに

文系学生は理工系学部を目指して勉強していた学生から、理数系科目を最低限しか履修してこなかった、いわゆる「私立文系型」まで実に多様です。その高校までの学習背景に関わらず授業の内容を有効に活用するために、補助的な教材等を開発するのが事業IVです。たとえば、ガスバーナーを使うのが初めての学生もいるので安全上の観点からも重要です。ビデオなどの補助教材を作成し、その多くを公開しています。

事業Vによって、取組の目的、内容、成果などをwebを主な手段として公開しています。また、シンポジウム、学会発表なども通じて成果を発表し、外部の意見も採り入れています。

本取組が3年間の取組として採択された連絡は2010年8月31日にありました。計画に沿って順調に活動しているさなか、2011年12月26日に「【事務連絡】平成24年度概算予算の政府案について」と題したメールで「平成24年度継続分の計上が見送られました」という連絡が突然あり、2012年度の大学教育推進プログラムとしての活動は無くなりました。よって、実質的な活動期間は1年半でした。

3. 背 景

この取組の中心は文系学生のための実験を含む授業で、慶應義塾大学では1949年より継続して開講し続けている伝統のある授業です。現在、物理、化学、生物で半期毎に合計3,000人程度の文系学生が履修する規模の大きいものです。多くの学生が履修しているので、学生は実に多様であり、また、実験を含むのでレポート提出や質疑応答を通じて科学的論述の機会が必然的に生じるのも特色です。これらの授業群を背景としてこの取組は行われています。

慶應義塾大学では、2005年度から2008年度まで「文系学生への実験を重視した自然科学教育」の取組が文部科学省の特色GPで採択されました。そこでは、文系学生のための実験を含む授業を見直し、多くの改良を行いました。そして、その取組には分野を越えて多くの自然科学の教員が参加し、さらなる協力の素地が生まれ、自然科学研究教育センターが設立される大きな要因ともなりました。今回の取組はその成果に基づき、質的に異なる側面を採り入れた新たな展開です。

4. 経 緯

このような取組を行う発想は以前よりありました。そして、自然科学研究教育センターが2009年に発足したことにより、分野をまたいで自然科学系の教員が情報や意見を日常的に交換する場ができました。その中で、申請に向けて具体的な案を作り始めたのは2009年3月で、当初のワーキンググループのメンバーは青木健一郎（物理学）、大場茂（化学）、上村佳孝（生物学）、白旗優（数学）と中野泰志（心理学）でした。そこでは、2009年度申請に向け、具体的な案を検討し、計画を作成しました。学内で選定されなかったため2009年度は申請できませんでしたが、2010年度の申請はその内容を基本的に受け継いでいます。2010年度にはワーキンググループに金子洋之（生物学）と杉本憲彦（物理学）が加わって申請案を作成しました。

計画は、我々が常日頃から自然科学教育において実現したいと考えているものを目的として作成しました。十分に実現が見込める内容で構成することを方針とし、議論を重ね、申請のために無理のある壮大な計画にすることはありませんでした。分野を越えて自然科学系の教員が情報を交換し、協力して事業を行うこと、そして、教育経験が比較的浅い研究者に主要メンバーとして参加してもらうことは当初からの基本的な方針の一部でした。申請に向けて具体的な計画を作成するにはかなり時間を要しましたが、これにより取組のはっきりしたイメージを持つことができ、取組が開始した後は順調に事業を推し進めることができました。

5. 総 括

各事業の詳細な報告を見てもわかるように、取組は大変順調に進み、将来にわたって使い続けられる自然科学教育の成果を残せたと考えています。特に時間的余裕が無かった2010年度も取組を無理なく推し進めることができた1つの理由は、申請以前より具体的な計画とはっきりとしたイメージがあり、そのイメージを事業に関わった教員が共有できたからだと考えています。また、自然科学研究教育センターの存在も申請から取組の遂行までスムーズに事業を行えた大きな理由です。そして、取組に参加した教員の快い協力と職員の強い支援も重要な要因であり、心から感謝します。取組で無意味な会議等を行わず、有意義な充実した活動に専念できたと感じています。多様な自然科学の分野の教員が情報を交換し、協力して取組で成果を残せたことは素晴らしいことであると同時に、参加した教員に教育について新鮮な視点から考える機会を与えてくれたと思います。

（青木 健一郎）

1. GP実行委員会

1. 概要

GP実行委員会は大学教育推進プログラムの取組を遂行していく上で中心的な役割を果たす委員会として自然科学研究教育センターに設置されました。1年度あたりの取組の予算規模は2,000万円程度で、センターとしては比較的大きく、かつ内容も多分野にわたるため、委員会は取組の計画を実行に移すにあたって、活動を統括する重要な役割を果たしました。委員会の名称の由来は、大学教育推進プログラムが文部科学省のGP (Good Practice) の事業の一部であることによります。

GP実行委員会は、取組採用が明らかになってすぐに計画に沿って実質的な活動を始めました。これが可能であったのは、「本取組の理念と概要」で説明したように、申請以前よりはっきりとした現実的な目的と計画を作成してあったためです。申請時に計画の中心となったメンバーがGP実行委員会の核となっています。

2. 構成員 (2012年3月31日現在)

GP 実行委員：

青木健一郎 (代表者、物理学、経済学部)
 大石 毅 (化学、医学部)
 大場 茂 (化学、文学部)
 小野 裕剛 (生物学、法学部)
 金子 洋之 (生物学、文学部)
 久保田真理 (化学、医学部)
 倉石 立 (生物学、文学部)
 小林 宏充 (物理学、法学部)
 白旗 優 (数学、商学部)
 杉本 憲彦 (物理学、法学部)
 中野 泰志 (心理学、経済学部)
 新田 宗土 (物理学、商学部)
 松浦 壮 (物理学、商学部)
 向井 知大 (化学、文学部)

GP研究員：

新井 哲也 (心理学)
 大久保奈弥 (生物学)
 小島 りか (化学)
 阪口 真 (物理学)

GP実行委員は自然科学研究教育センター所員、GP研究員は大学特任助教でセンター研究員です。

3. GP実行委員会開催日

第1回：2010年10月21日 第2回：2010年12月2日
 第3回：2011年2月1日 第4回：2011年3月3日
 第5回：2011年4月18日 第6回：2011年5月27日
 第7回：2011年9月26日 第8回：2011年12月12日
 第9回：2012年2月1日

4. 活動内容

特に2010年度は、実質的に半年しか活動期間が無く、実施体制が無い状況からの取組開始であったため、早急に体制を整えて事業を軌道に載せる必要がありました。まず、実行委員会自体を立ち上げ、その中でどのように事業を実現していくかを検討しました。実行委員会には様々な自然科学の分野から実行に向けて多くの教員が加わりました。

取組の計画をいかに無理なく実行に移すのかの道筋を付ける事が、委員会の初めの仕事でした。取組は以下の5つの事業を柱としています。

- I 心理学の体験型実験を含んだ講義科目の開発
- II 新たな実験テーマの開発
- III 科学的論述を身に着けるプログラムと教材の開発
- IV 学生の学習背景を考慮した実習教材開発
- V 情報発信

基本的に各事業ごとに担当者を決め、活動しました。ただし、新たな実験テーマの開発と実習教材については分野ごとに担当者を設けました。シンポジウムなどを主催し、ホームページを中心とした情報発信をするために取組の行事、広報の委員会も立ち上げました。取組の主要メンバー多くが自然科学研究教育センターと共通であるため、これらの委員会は、センターの委員会と大半は共通でした。科学的リテラシーの調査とその取組へのフィードバックは、方針自体が検討を要したのでGP実行委員会で直接取り上げました。

取組の目的の実現に向けては大学特任助教である研究員と事務員が大きな役割を果たしました。まず取組の事務員の黒澤さんが加わりました。そして各分野ごとに研究員をどのように採用するかを検討し、研究員が大学助教(2011年度以降は特任助教)として加わり、GP実行委員会にも参加しました。

II. 活動報告

5. 活動の総括

特に2010年度は期間が短く、厳しかったですが、各事業を実現に移すための体制を確立し、取組を統括できました。そして、取組では将来にわたって教育で使い続け

ることができる成果を残すことができました。GP実行委員会が中心となり、取組の参加者に無意味な負担がかからず、有意義な活動ができたと感じています。

(青木 健一郎)

2. シンポジウム・ワークショップ

開催記録：

2011年6月11日（土）15：00～17：50

一貫教育校との自然科学教育に関するワークショップ

場 所：日吉キャンパス 来往舎大会議室

出席者：約40名

2011年11月19日（土）13：00～17：30

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

—いま学生に何が求められているのか—」

場 所：日吉キャンパス

来往舎シンポジウムスペース

出席者：約50名

2012年3月10日（土）14：00～17：10

自然科学教育シンポジウム（第2回）

「科学的思考力を育む文系学生の実験の開発

—若手研究者からの視点—」

場 所：日吉キャンパス 来往舎大会議室

出席者：約40名

我々の取組、特に文系学生に自然科学の基本的な考え方を身につけさせることは、慶應義塾大学の伝統であり、内部者にとってごく普通のことに思える。しかし、日本国内を見渡しても、文系学生に自然科学科目の履修を課し、しかも実験科目を大規模に実施している例は、他にあまり類を見ない。これは、当大学の祖である福澤諭吉の1000年先までを見通す先見性によるところが大きい。2011年には世界の人口は70億人に達し、エネルギー問題および温暖化など地球規模の環境問題を考える上でも、日本の社会人はもっと自然科学に関心をもち、理解を深める必要がある。

実験テーマや教材の開発は、それぞれの分野で各人が目標を定め、地道に進めていくことになる。特に、今回の教育推進プログラムの特徴として、「思考力を育む」という目標が設定されているので、学生だけでなく、学生を指導する側にも思考力が要求されている。このような状況の下、シンポジウム等のイベントの企画、ならびにホームページやパンフレットなどの広報もなるべく早

く計画を立て、活動を軌道に乗せなければならなかった。そのためには、当大学自然科学研究教育センターの行事および広報委員会の実績を元に、その機動力を最大限に活かす必要があった。そこで、行事・広報合同委員会を何回か開き、具体的な計画を立て、GP実行委員会とも連絡を取りながら着実に進めていった。

自然科学教育シンポジウム（第1回）を2011年3月17日に開催すべく、半年前から準備を行っていたが、直前に起こった東日本大震災のために、同年11月19日へ延期することになった。初めは外部講師による講演を2件予定していたが、諸事情により講演を1件減らし（5月28日に単独の講演会として実施）、その代わりに実験テーマ開発の報告を盛り込むことにした。これにより、進捗状況の確認もできたので、結果的によかったと思われる。

慶應義塾には小、中、高校も複数開設されている。これら一貫教育校と大学との間の情報交換は、語学や数学の分野では定期的に行われているが、自然科学の分野についてはそのような機会はこれまでほとんどなかった。そこで、今回の大学教育推進プログラム実施の機会を活かして、塾内を主な対象とし、自然科学系の授業や実験を紹介し合い、情報交換する場を設けることとした。一貫教育校は、ニューヨーク校は除くとしても、湘南藤沢から三田および志木と地理的に広い範囲に分布しているため、各校の教諭はなかなか一堂に集まりにくい。また、土曜日の午後といえども、各校のサークル活動などの用事も入りうる。比較的に行事が少ない時期として、6月の土曜日で（午前中に授業があっても参加できるように）午後3時からワークショップを日吉キャンパスで開くことにした。

想定外のことであるが、政府予算の打ち切りによって、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」が急に2年目で終わることになってしまった。そこで、成果や課題を総括する目的で、自然科学教育シンポジウム（第2回）を2012年3月10日に開催した。

（大場 茂）

1) 自然科学教育シンポジウム (第1回)

日程：2011年11月19日 (土)

場所：日吉キャンパス来往舎1階シンポジウムスペース

テーマ：「科学的思考力を育む文系学生の実験の開発」

—いま学生に何が求められているのか—

プログラム：

第1部 活動報告

13:00-13:10

開会のあいさつ

長谷山 彰 (慶應義塾教育担当常任理事)

13:10-13:35

報告1. 「科学的思考力、実学と実験

—取組の目的と内容—

青木健一郎 (教育推進プログラム実行委員長

日吉物理学教室、経済学部教授)

13:35-13:55

報告2. 「実験テーマの開発 (物理)」

松浦 壮 (日吉物理学教室、商学部専任講師)

14:00-14:20

報告3. 「実験テーマの開発 (化学)」

大場 茂 (日吉化学教室、文学部教授)

14:20-14:40

報告4. 「実験テーマの開発 (生物)」

倉石 立 (日吉生物学教室、文学部准教授)

14:40-15:00

報告5. 「実験とレポート作成を重視した総合教育科

目としての心理学教育の試み」

中野泰志 (心理学教室、経済学部教授)

(10分の休憩)

第2部 講演と討論

15:10-16:10

講演 「文系学生の科学的思考力増進のための心理学教育 —講義・演習・実習の総合—

辻 敬一郎氏 (名古屋大学名誉教授、日本学術会議
連携会員)

(10分の休憩)

16:20-17:10

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」

司会： 白旗 優 (日吉数学教室、商学部教授)

パネリスト：辻 敬一郎氏のほか、真壁利明 (慶應義塾研究担当常任理事)、青木健一郎 (教育推進プログラム実行委員長)、中野泰志



会場全体の様子

17:10-17:20

閉会のあいさつ

真壁利明 (慶應義塾研究担当常任理事)

シンポジウム全体の趣旨および実施状況

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。この取



長谷山彰
(慶應義塾教育担当常任理事)



真壁利明
(慶應義塾研究担当常任理事)

組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。

その後、青木実行委員長を先頭に、本取組の事業内容と活動報告が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。引き続いて、「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。

(大場 茂)

報告 1

「科学的思考力、実学と実験—取組の目的と内容—」

青木健一郎(教育推進プログラム実行委員長
日吉物理学教室、経済学部教授)

目的と背景

以下では、平成22年度から24年度まで3年間の文部科学省の大学教育推進プログラムに採択された取組、「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—」の目指すものと内容について説明します。この取組は文系学生の総合的な科学的思考力と科学的論述力を育むことを目的としています。ここでの文系学生とは慶應義塾大学の文学部、経済学部、法学部、商学部にも所属する学生を指していますが、広い意味では自然科学を専門としない学生という意味です。我々のいう「科学的思考力」とは以下のようなものを指します。

- 実証に基づいた自然科学の理解
- 論理的思考力
- 課題探求力
- 数量的スキル
- 科学的論述力

現代社会は自然科学の発展によって支えられています。しかし、地球温暖化問題、エネルギー問題、遺伝子操作の問題など重要な課題が山積しています。そのような状況の中で、自然科学の考え方、結論の根拠を理解し、独自の判断をできる総合的な能力を持つことが誰にでも必要です。福澤諭吉の「一身独立して一国独立すること」という言葉がまさにあてはまります。現在直面している環境問題などは自然科学の側面が重要であっても、科学者だけで解決できるものではありません。そしてその解決のためには、自然科学の内容とともにその根拠と限界を理解することが必要です。我々は、科学的思考力を備え、高い総合的な能力を持った将来の日本を背負う人材を育成したいと考えています。また、様々な局面で判断を下すには、論理的な思考力、数量的なスキルといった能力は必要です。さらに、それを他人に説明する論述力が求められ、これを強化することも重要な目的の1つです。こういった教育を通じて自然科学や科学者を身近に感じ、そしてそれを持続していく社会の構築にも貢献したいと考えています。

慶應義塾においては、科学的思考力を学ぶことは、時代を越えて通じる実学の伝統そのものとも言えます。福澤諭吉は実学に「サイヤンス」ともルビをふり、慶應義

II. 活動報告

塾では学問は自然科学の科目より始めるということを経験する機会に強調していました。これは、誰もが実証に基づく論理的な思考力を含む科学的思考力を身に付けるべきであり、またそれが、他の分野を学ぶ際にも力になるということをお願いしたのだと思います。ここでの学習とは、大学在学中にとどまらず、生涯続けて行うものです。そのような意味でも、慶應義塾でこそ全学生に科学的思考力の重要性を認識し、修得してもらいたいと考えています。創造的な活動を続けていくには幅広い知識と考え方の修得が必要であり、文系学生の学ぶ自然科学はその一部にもなります。

実験の持つ意味

現代社会の直面する環境問題等は、自然科学、政治、経済、国際関係などの様々な側面を持つ総合的な問題であり、情報が系統的ではなく、変化が速く、洪水しているのが特徴です。そのようなものに対応していくためには、まず基本的な考え方を理解し、根拠を把握し、論理的に考える能力が必要です。さらに、単に理屈だけではなく、自分で手を動かし、概算などを使っておおざっぱにでも定量的に捉える能力が重要です。現代社会において実学の伝統はますます重要になってきていると言えるでしょう。

我々の取組では自然科学の実験が中心的な役割を果たしていますが、実験はまさにこのような能力を自然に育む環境です。まず、実験は学生が積極的に行動しなければ始まりません。そして、実験では定量的な分析を行う必要があり、質疑応答やレポートを通じて科学的論述力が身に付きます。また、実験では予想や理屈どおりには行かない面が生じ、総合的な判断が求められると同時に、科学的な根拠の持つ意味とその限界を実験を通じて理解できます。さらに、実験を通じて単なる言葉だけからは得られない自然科学の法則の深い理解が得られます。

実験は学生と教員の直接のやりとりが多い授業であり、各学生に合わせた教育を行える環境でもあります。それだけではなく、学生同士の接触も多く、実験授業では学生同士が教え合う状況が自然と生じます。また教育者もダイナミックな現場で教育力を伸ばす機会も多くあります。これはまさに慶應の半学半教の精神を体現しています。そして、学生は実験をやりとげる達成感を通じ、「やればできる」ということを実感します。高校で実験教育の機会が減っている現実を考えると実験授業を大学で設置する意味はますます大きくなっていると考えています。

実験の重要な側面は、実験は楽しいということです。

自分で実際に手を動かして結果を得る達成感、さまざまな現象の美しさ、面白さがあります。大学では知識や考え方を伝えるだけでなく、生涯を通じて学び続ける素地を作ることを目指しており、そういう意味では非常に重要な役割も担っています。福澤諭吉は1868年に日本初の自然科学の啓蒙書「訓蒙窮理圖解」を出版し、日本社会に大きな影響を与えました。彼は自然科学の考えだけでなく、自分で感じた面白さを皆に伝えたかったのではないかと私は読んで感じます。

文系学生のための実験を含めた自然科学の授業は、慶應義塾大学では1949年の新制大学が始まった時より開講され続けられており、伝統的な授業です。実験を含んだ授業は必修ではありませんが、現在は、全体で半期ごとに文系学部学生の約3/4の3,000人程度が履修する国内では最大規模の授業です。今回の取組はこのような伝統を踏襲した新たな展開です。

取組の内容

本取組は大きく分けて以下の5つの事業を中心とし、これらを密接に関連させながら進められています。

- I 心理学の体験型実験を含んだ講義科目の開発
- II 新たな実験テーマの開発
- III 科学的論述を身に着けるプログラムと教材の開発
- IV 学生の学習背景を考慮した実習教材開発
- V 情報発信

事業Iでは自然科学的な心理学の基礎実験と講義を組み合わせた授業を開発して開講することを目的としています。既に、2011年度には試験的に基礎実験を含めた授業を春、秋学期ともに開講することを達成し、これからさらに改良していきます。これについては、本日の中野先生の講演で説明があります。事業IIでは、物理、化学、生物で従来型の新たな実験とともに、課題探求型の実験や実験設備が無い状況でも行える出前の実験の開発を行っています。この内容については、松浦、大場、倉石先生の本日の講演で説明があります。実験授業においては科学的論述の機会が必然的に生じます。事業IIIでは、学生が創造性を保ちつつも、的確に内容を伝えられる論述能力を育成することを目的としており、そのための教材も開発しています。我々の事業の大きな特色は、様々な自然科学分野の教員が学生のレポートに関する情報を共有し、評価を含め必要な要素について議論することで、教員の教育力もそれにより向上しています。

文系学生の大きな特徴は学習背景が多様なことです。理工系学部に行くことを計画していた学生から、初めから私立大学の文系学部に行くことだけを意図していた学生もいます。実験授業の経験も実に多様です。このよう

な多様な学生の皆が授業を有効に活用するための教材を開発するのが事業Ⅳの目的です。科学的なりテラシーと必要な教材の内容を把握しつつ、webも活用したマルチメディア教材を含め、自動生成可能な数学の実習教材も開発しています。

事業Ⅴでは我々の取組の成果を随時公開し、他の機関で参考にしてもらうと同時に、取組の進展に活用しています。web (<http://www.sci.keio.ac.jp/gp2010/>) に既に開発した実験や教材は公開されており、教育関係の学会、フォーラムや論文を通じて成果を積極的に発表し

ています。

さいごに

我々の取組では慶應義塾大学の文系学生皆の科学的思考力を育むことを目指しています。それは一生自分の力となる能力であり、その学習経験を通じて一生学び続ける力にもつながると考えています。取組では、教育経験の浅い研究者も積極的に取り込み、彼らの教育者としての成長を促し、送り出すとともに、他の教員を刺激し、教育力の向上に貢献しています。

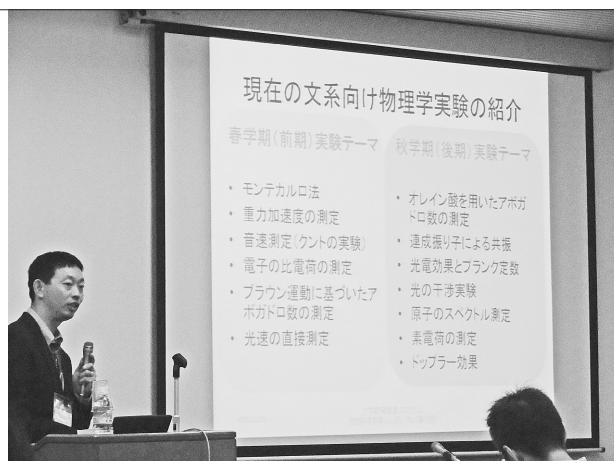
報告 2

「実験テーマの開発 (物理)」

松浦 壮 (日吉物理学教室、商学部専任講師)

現在、慶應義塾大学・日吉物理学教室では、文系学生を対象に、実験を含んだ物理学の講義を提供している。この講義には1コマ90分の授業時間が2コマ連続で割り当てられており、講義と実験共に充実した内容を提供することが出来ている。今回は「実験テーマの開発」という事で、現在行われている実験の概要とその問題点、そして、それを解決するために開発中の実験について説明する。

物理学の実験では、クラスを幾つかのグループに分け、各グループが毎回異なる実験を行っている。流れとしては、最初に、教員・TAが実験の理論的背景や注意点を各グループに対して説明する。その後、受講生が実際の実験を行い、時間内にレポートの作成を行う。これによって、理論、実験、科学的な論述の全てに触れられるように工夫している。また、レポート提出の際には、教員1名と受講生2~4名程度の間でディスカッションを行い、参加者全員が内容を再確認出来るようにしている。

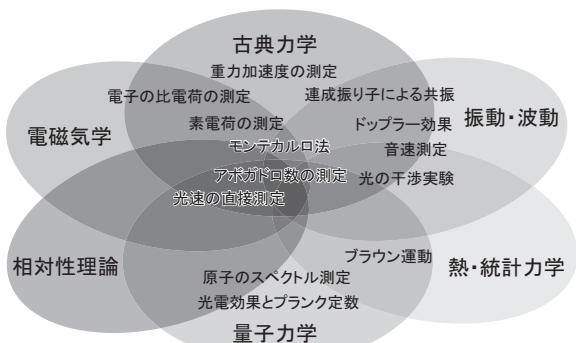


の分野に相当しているかを表したものである。これを見ると、設備の都合上実験が困難な相対性理論を除き、古典力学から量子力学まで幅広い範囲がカバーされているものの、電磁気学に関する実験が手薄になっていることが分かる。この点を解決するために、我々は現在、以下に挙げるような実験を開発している。

- ・虹の原理
- ・オームの法則の検証実験
- ・アンペールの法則の検証実験
- ・ローレンツ力の実験
- ・雪結晶生成実験の改良
- ・環境放射線の測定
- ・磁性体の実験
- ・フランク・ヘルツの実験

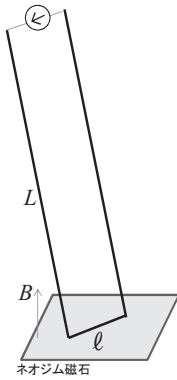
今回はその中の一つ「ローレンツ力の実験」について詳しく説明する。

ローレンツ力は、磁場が電流に作用する力で、いわゆる「磁力」の本質である。また、科学技術への応用も、モーター、発電機、電子レンジ、素粒子加速器など多岐にわたっており、非常に重要なテーマである。従来、磁場を使った実験ではコイルに電流を流して磁場を作ることが多かったが、これでは、実験の構成上、堂々巡りになってしまう。そこで、今回開発する実験では、強力な永久磁石である「ネオジム磁石」を用いて磁場を発生させることにした。



上図は、現在行われている実験テーマが、物理学のど

II. 活動報告



上図のようにコの字型のアルミ棒の端点を固定し、アルミ棒の下にネオジム磁石を配置する。アルミ棒に電流 I [A] を流すと、アルミ棒はローレンツ力 F [N] を受けて移動し、重力と釣り合う位置で静止する。この時、鉛直方向からの角度を測定することで、ローレンツ

力の大きさを測ることが出来る。

ローレンツ力の強さは、導線の長さを l [m]、磁場の強さを B [T] とすると、 $F=IIB$ と表される。そこで、横軸を I 、縦軸を F/l としてグラフを描くと、測定値は直線に乗り、その傾きは磁場の強さ B [T] に一致する。この値と磁束計で測定した磁場の強さを比較し、両者が一致することを確認するのが実験の内容である。実際、予備的に行った実験では、測定値はきれいな直線に乗り、その傾きは測定された磁場の強さと概ね一致することが確かめられた。

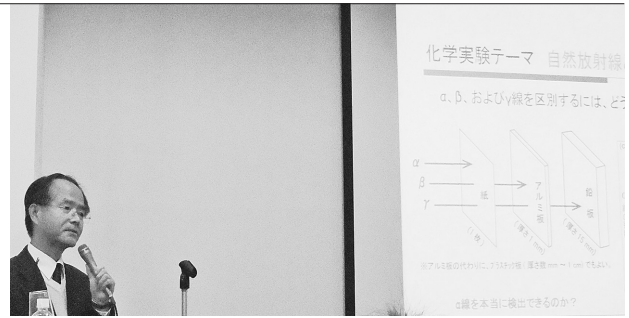
この実験を導入することによって、電磁気学の基礎的な現象を体験的に理解する機会を提供できると期待される。今後は、磁石からの距離によって磁場の強さが大きく変動するために生じる測定上の困難を解決し、学生実験としての体裁を整えることが課題である。

報告 3

「実験テーマの開発 (化学)」

大場 茂 (日吉化学教室、文学部教授)

2010年度に開発し、2011年度から実施を始めた2つの実験テーマについて報告する。まず、「自然放射線と放射能鉱物」についてであるが、この実験の目的は、放射線が身近にあることを理解し、また γ 線強度は放射線源からの距離の二乗に反比例することを確認することである。放射線や放射能というと、恐ろしいものと考えてしまう人が多いと思う。しかし、地球が誕生した当初からウランなどの放射性元素は存在し、また常に宇宙から宇宙線も降り注ぎ、我々は放射線に囲まれながら今でも生活している。このことは、あまり広く知られていない。約100年前に放射線が発見されたおかげで、地球の年齢は46億年であることがわかった。これは、 ^{238}U が一定の崩壊速度で ^{206}Pb に変化することをもとに、隕石や月の石の年代測定を行ってわかったことである。また、 ^{235}U に中性子を照射することで核分裂を人工的に起こせることが発見された結果、それが原子爆弾にもなり、また原子力発電にも利用されている。現代社会に生きる人間として、放射線への理解は必要不可欠である。このような趣旨のもと、放射線に関する実験テーマを用意した矢先に、2011年3月に東日本大震災および福島第一原子力発電所の事故が発生した。放射線や放射能に対する理解が必要とされる中、この実験テーマは非常に切実なものとなった。なお、この実験テーマの特徴は、簡易型ガイガーカウンターを使用して、KClなどのサンプルから検出される放射線が主に α 、 β 、 γ 線のどれであるか、紙



やアルミ板などの遮へい材を用いて、測定方法を工夫して判別することにある。

もう一つの新規実験テーマ「中和滴定と可視吸収スペクトル」では、指示薬のpHに伴う色変化の見本を作成し、中和点の見極め方法を実験者に自ら考えてもらうことにした。また、溶液の色と吸収スペクトルとの関係も、ミニ分光器を用いて調べることにした。物質が色をもつのは、その物体が可視部の光を吸収するためである。その吸収する光の色と物体の色とは補色の関係になっているが、このことは直観的にはなかなか理解しにくい。色の本質を理解するためには、可視吸収スペクトルの測定方法およびその見方を学ぶことが重要である。しかし、特定の色素の吸収スペクトルを測定するだけでは、誰が測定してもほぼ同じ結果となり、おもしろみがない。そこで、酸塩基指示薬がpHによって色が変わることに着目し、中和滴定の実験と組み合わせることにした。この実験では、ビュレットを使った滴定を行うが、中和点の見極めの判断が重要であり、それをどう行うかは、実験者に課されているというところに特徴がある。

(大場 茂)

報告 4

「実験テーマの開発（生物）」

倉石 立（日吉生物学教室、文学部准教授）

生物学分野では、「学生が興味を持ちやすい、自分とのつながりを意識しやすいテーマ」、「論理的で説得力のあるレポート作成」に重点を置いて実験プログラムの開発を行なっている。

「アルコール分解に関わる酵素の遺伝子解析」では、学生に身近な話題である「酒の強さ」とアルデヒドデヒドロゲナーゼの遺伝子型の関係をアルコールパッチテストと遺伝子型解析により確認する実験授業を行った。レポート作成では「ロールプレイング」形式を取り入れた。「保健師が飲酒経験の浅い大学生グループに指導する」「過去の科学者が実験手法の有用性を主張する」といった設定を設けることで、論理的で説得力のある文章作成への動機付けを促すとともに、それぞれの実験操作の意味への理解を深めることを目指した。

「造礁サンゴの生活史」では、様々な発生段階にあるサンゴのプレパラート標本を教材として2つの異なる実験プログラムを試みた。サンゴ礁は南国を象徴する海の景観として文系学生にも親しみを感じやすい存在である。一方で生物としてのサンゴ、特にその発生様式は一般にはほとんど知られていない。そのため、知識に頼らず観察結果を通して考える実習の教材として適していると言える。発生順序の推測を通して“論理的思考を養成する実験”では細胞数・個体の大きさ・構造の複雑さなどを根拠に発生順序を推測し、スケッチを並べてサンゴ



の生活史図版の作製を行った。異なる標本間の関係に注目することで、個々のスケッチで何を表現すべきか学生に意識させることに重点をおいた。

発生順序に海流などの生態学的データを合わせて「サンゴ礁の保全」に関して提案する“プレゼンテーション能力を養成する実験”では発生段階の異なるサンゴ幼生標本を“異なる日時・海域で採集されたサンプル”として使用した。レポートでは標本の発生段階、海流および水温のデータなどからサンゴの育成適地の変化を推測し、新たなサンゴの保全地域の設定を提案するロールプレイング形式を採用した。単にサンゴの育成適地を推測するだけであれば結論が合っているか否かに学生の意識が集中しがちになる。このような形式を取ることで結論に至る思考過程に意識を向けさせることをねらいとした。学生に対するアンケートにおいても「実験様式への工夫が感じられる」、「興味を持って取り組めた」、「将来報告書作成などを行う上でのスキルアップにつながった」などの評価が得られた。

報告 5

「実験とレポート作成を重視した総合教育科目としての心理学教育の試み」

中野 泰志（心理学教室、経済学部教授）

ヒトや動物の行動の科学である心理学は、扱うテーマや方法論が多様で、自然科学、社会科学、人文科学のそれぞれの側面からアプローチされています。慶應義塾大学の総合教育科目としての心理学教育は、文系4学部（文学部、経済学部、商学部、法学部）のための自然科学系総合教育科目と理系2学部（理工学部、医学部）のための人文・社会科学系総合教育科目の2本柱で構成されています。近年、総合教育科目、専門科目を問わず、カウンセリングを始めとする人文・社会科学系の心理学に注目が集まっています。これに対して、本学の心理学



教育は自然科学系心理学重視の伝統があり、実験室、実験機材、教材等が蓄積されていますし、実験系の教員や研究員が多く、日常的に実験を重視する雰囲気が研究室全体にあります。自然科学としての心理学を総合教育科目で展開できる大学は多くないと思われるので、他大学と差別化が出来ていると考えています。

II. 活動報告

文系4学部のための自然科学系総合教育科目は、学生の人気が高く、必修ではないにもかかわらず、毎年6,000人強が履修しています。自然科学系総合教育科目の心理学（自然科学系心理学）の人気が高いのは、自然科学的な方法論を用い、実験やレポートが課せられていても、対象とする現象が人文・社会科学的で身近な問題が多いためだと考えられます。

これまで、自然科学系心理学は、受講者数が多かったため、講義中心の科目でした。様々なデモンストレーションや若干の実験演習は取り入れていましたが、1クラスに120人程度の受講者がいるため、個別対応が困難でした。しかし、このような大人数の講義では、レポートを課しても、迅速なフィードバックが出来ず、個々の学生の科学的思考力を育むことには限界がありました。心理学教室では、長年、少人数クラスでの実験を中心にした科目の立ち上げが懸案になっていましたが、本研究が採択されたことにより、心理学を通して科学的な思考力を育成するためのカリキュラムや教材等を開発することが出来ました。そして、本年度から、実験とレポート作成を重視した少人数クラス、心理学III「実験を通して学ぶ心理学—心を測る—」(<http://web.econ.keio.ac.jp/staff/nakanoy/lecture/keio2011/psych3.html>)、心理学IV「実験を通して学ぶ心理学—心の仕組みを知る—」(<http://web.econ.keio.ac.jp/staff/nakanoy/>

[lecture/keio2011/psych4.html](http://web.econ.keio.ac.jp/staff/nakanoy/lecture/keio2011/psych4.html))を新設することが出来ました。初めて選抜試験を実施したにもかかわらず、希望者が多く、定員の2倍の応募がありました。

新設科目では、半期で4回実施する実験を中核にして、質疑応答や対話を重視し、学生からの疑問に応じて、実験では取り上げきれなかった事象のデモンストレーション等を実施することにしました。また、学生が作成したレポートには、2人以上の教員がコメントを付し、迅速にフィードバックするようにしました。さらに、実習や学生の主体性を重んじた発見学習では、系統的な知識の習得が困難になる可能性があることを考慮し、実験間の関連等を解説したり、議論できるチャンスも設定しました。その他、伝統的な実験を学生にとって魅力的にするために、iPadを用いた実験を実施したり、学生の前で複数の専任教員が議論を行い、多様な見方があることをシナリオなしでデモンストレーションしたりしました。

まだ、年度の途中ですが、学生の評価は高く、発言力や記述力も向上が見られました。そして、何より嬉しかったのは、学生達が、積極的で、楽しそうに講義に参加してくれている点です。今後もさらに魅力的な講義になるように、研究を積み重ねていきたいと考えています。

講演

「文系学生の科学的思考力増進のための心理学教育
—講義・演習・実習の総合—

辻 敬一郎 氏

(名古屋大学名誉教授、日本学術会議連携会員)

本講演は、2010年度大学教育推進プログラム自然科学教育シンポジウム（第1回）として2011年3月17日（木）に企画されていたが、東日本大震災のため中止された講演を、今回のシンポジウムで改めてお願いしたものである。

辻氏は名古屋大学文学部教授、文学部長・副総長、中京大学心理学部教授、心理学研究科長を兼務、2006年から日本学術会議連携会員、日本心理学会・日本基礎心理学会・日本心理学諸学会連合の理事長、国際心理学連合（IUPS）日本代表委員、国際精神生理学会理事などを歴任し、心理学師の国家資格化を目指すなど、長く我が国の心理学の研究・教育の第1線において活躍されてきた。

ご自身の研究領域は、意識・行動の系統発生・個体発生に関する実験的研究であり、ヒヨコを用いた興行き知覚、unksをを用いたキャラバン行動、ヒトを用いた均一視野における知覚体験の研究等、多義に展開されている。

今回の講演内容は、

- (1) 学士課程教育はどう変わったか？
- (2) 心理学が科学的思考力増進をめざす教育モデルになりうるのは？
- (3) 科学的思考力増進に何が必要か？

の流れに従ってなされた。

(1)では、平成教育改革前後の比較、いわゆる大綱化を通じて、一般教育から全学教育、分野型から主題型授業科目に重点が置かれることにより、独自性、手法が見えにくくなった。つまり、分野型における各個別分野の特質理解から、主題型においては、問題の多面性理解、社会問題などの総合的理解にと変わっていった。これに伴い、導入教育の弱体化、実習・演習の減少による方法論の習得に難を呈する結果となった。心理学において言うならば、「心」の科学から、「心」についてノウハウに問題関心が推移した。このような負の影響の是正こそ、科学的思考力の増進が必要となることが指摘された。

(2)では、一般における心理学のイメージとは、心理学を学べば心が読めると考える人々が多い。勿論、これには、自分や他者の内面のへの関心、マスコミの発信、教



育機会・啓発活動の不足などがあり、科学性の理解を阻害している。心については、自らの知るところであり、自分も心理学者だと思ってしまう。これは私的体験と科学の混合である。また、心理学においては、例えば「学習」日常用語と学術用語の分離がされず、常識の弊害をもたらす。また、いわゆる臨床心理ブームの中で、心理学は心の癒しになるという効用の誇張にもなりかねない側面を持つ。このような学生に対して、心理学は「科学」であるということは効果があると考ええる。実体のない心を論理的構成体としての心を扱う、これには他分野との提携、学際的領域を形成していく必要がある。ブラックボックスを解明するためには実験的アプローチは必要であることを示す。この中で、基礎心理と臨床心理との関係、法則定立型のスタンスvs個性把握のスタンスなど、ともすると専門家の中でも共有されていない心理学の諸領域の構造的な理解、整理が必要となる。心理学の面白さは現象そのものの面白さのみならず、現象の発生過程の追跡、発現機構の探求、適応機能の理解に着目したときに、学問的な面白さがあり、そこまでを追体験させる必要がある、そういった課題の作成の必要性が指摘された。

(3)では、学術動向、特に個別科学の特質の理解が不足、現実の諸問題の複合性の認識が不足している。例えば、「いじめ」の問題は「心理学」にまかせればよいというような短絡的、狭小的な解決法ではなく、諸分野の連携が必要なことは言うまでもない。とかく、現在の教育では知的生産過程への関心が欠けており、結果のみでプロセスが軽視されている。重要なことは、自分の専門分野以外の提携分野を広げさせることである。教養とは「専門にあらざる専門」（辻先生）である。

これらの実現のためはいくつかのレベルで見直しが必要となる。

II. 活動報告

大学レベルでは、共通項としての学術動向（総論、科学技術論、科学史を含む）、個別科学の独自性（方法論の重視）などカリキュラム設定の見直し。

部局レベルでは科目編成、例えば、初年時に概論（ひとつめ）をやるだけでなく、高学年で総論、学論（ふたつめ）を行い、他の分野も俯瞰することができる眼を養う。

学科・教室レベルでは、設置科目の相互提携などの授業運営の改革。科目名称、授業内容（入門、概論など）、実施形態（講義、演習）、履修要件（必修、選択）、年次配置など開設科目の種別化と編成の整理。

講演では、自身の研究、教育の実践例をふんだんに提示し、科学的思考力を育む新しい方向性が示された。そこにはサイエンスマインド、多角的思考力を養う土壌についても言及され、科学知の美しさを見せる工夫、古典的な実験機器・装置も含めてデモンストレーションなどがされている、大学博物館とでも言うような施設も提案された。研究の現場に立ち会うこと、知識化される以前の知識が重要であることを教えられた内容であった。約50名の参加者とともに、講演後の質疑の時間をもち、さらに懇親会において、氏の言うところの「酒気帯び」発言の中に、学識とユーモアにあふれた人格に接し、有意義な時間を過ごした。（増田直衛）

話題提供

- I. 学士課程教育はどう変わったか？
平成教育改革前後の比較を通じて現状をみる。
- II. 心理学が科学的思考力増進をめざす教育モデルになりうるのか？
現代心理学の性格を通して考える。
- III. 科学的思考力増進に何が必要か？
現状をふまえて心理学教育の改善を考える。

⇒ 体験的論考と提言

話題提供内容を示す。まず、学士課程教育の現状を概観し、主題への導入とする。

科目編成の枠組

- ・専攻別科目と全学対象科目の関連づけ
- ・開設科目の種別化と編成
科目名称(例:進化心理学・行動適応論)
授業内容(入門・概説・特論など)
実施形態(講義・演習・実習)
履修要件(必修・選択・選択必修, 単位数)
年次配置(開設時期)
その他(卒業研究・キャリアパスとの関連など)

明確化されていない例, シラバス等から読み取れない例が多い。
⇒ カリキュラムの構造化・体系化の必要性

授業科目の編成にあたり、必要な種別化とその編成の必要性を示す。

全学向け教育

- ・カリキュラム設計（大学）
共通項としての学術動向
総論:科学・技術論(科学・技術史を含む)
個別科学の独自性
各論:個別分野の独自性(方法論に重点)
- ・科目編成（部局）
ふたつの「基礎」
例:「心理学概論」 導入授業:各論(初年次配置)
総括授業:総論/学論(高年次配置)
- ・授業運営（学科・教室）
開設科目の相互関連を可視化

全学向け教育の枠組を明確にするため、全学・部局（学部）
・学科(専攻)それぞれのレベルで取り組むべき課題を示す。

実験実習

- ・意識・行動の研究法の基礎的理解
方法習得に適した課題の設定
意識研究:精神物理学的測定法, 評定尺度法, など
行動研究:学習測定法, 行動観察法, など
- ・研究計画から成果報告に至る作業の習得
- ・実験デザインや方法の選定根拠の理解
⇒ 既存知見に対する評価

全学向け授業科目としての「実験実習」の意義を示す。

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」

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。活動報告者・講演者であった青木健一郎、中野泰志、辻敬一郎、および慶應義塾研究担当理事である真壁利明の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（敬称は略する）。

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、真壁の言葉では「気づく教育」である。

辻の質問に対しては、青木から、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、中野が提起した「自由度」の問題についての議論がなされた。辻は、「標識の見え易さ」をテーマとした過去の授業で、方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、自由な課題をあたえれば、うまくいくのではないかと、というのが辻の意見である。これに呼応する形で、中野は、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、というのが青木の意見である。真壁は、通常の教科書が合理的すぎることに苦言を呈し、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らしたが、真壁はあらためて、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、とま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、実験の方法は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。

(白旗 優)

シンポジウムに参加して

◆新井 哲也 (心理学担当、特任助教)

本事業の一角である「実験とレポート作成を重視した総合教育科目としての心理学教育の試み」において実験テーマを開発するにあたり、実習手順をどの程度まで教員が用意し、どこから学生に考えさせるかという自由度の設定の問題がある。学生は手順やレポートの書き方を追うことに専心するあまり、手続きについて考察する機会が少ないのである。この点について、パネルディスカッションにおいて示唆に富んだ議論がなされたので報告する。

教員が全ての手順を用意すれば実験は成立するが、とりわけ非専門学生にとっては手順が明確であるほど実験の本質を理解しがたく、科学的思考力の増進に繋がりにくいという。一方で、「標識の見やすさを測定する方法を考えなさい」など、日常的な問題の解決方法を自ら立案する自由度の高い課題を出した場合にも、学生が事の本質に気づいた上で問題に着手することは難しい。この点について、パネリストの辻敬一郎氏は自身の経験か

ら、測定方法を教員が明示的に与えることは決して悪いことではなく、その方法を与えた理由や意味について十分な説明が与えられていれば教育効果はあるのではないかと述べた。測定方法という技術的な側面のみならず、そこに至るまでの論理について明確に理解させることで科学的思考力の向上を狙える可能性があるということであろう。また、真壁利明氏からは、教員は最も合理的に説明できるようなテキストを作成しがちだが、人によって理解と信念が異なり、多角的な観点があることを示すことが重要であるという意見が挙げられた。つまり、学生は予め用意された「正しい」方法を学んでいるとは限らず、いずれの教員の見解も、また用意された測定方法も議論の余地があることを承知させる必要があるということである。これらの見解は、2011年度に開講した、実験を重視した心理学科目の内容を精緻化していく上で非常に有意義である。

◆大久保奈弥 (生物学担当、特任助教)

第一回自然科学教育シンポジウム「科学的思考力を育む文系学生の実験の開発－いま学生に何が求められているのか－」に参加しました。第一部では、文系学生に自然科学を教える意義に始まり、我々生物学以外の自然科学分野における実験開発の現状も詳しく聞くことが出来ました。第二部では、名古屋大学名誉教授である辻敬一郎先生が、心理学教育の現状とその問題点について話され、最後に、パネルディスカッションで、登壇された先生や会場の参加者で意見交換を行いました。この報告文では、発表の中で特に私自身が考えさせられた内容について述べたいと思います。

まず一つ目は、青木先生のおっしゃった「今の社会は

自然科学の発展に支えられているが、そこで起きた事象を自分で独立に判断すること、また、科学的な根拠の持つ意味と限界を理解することが重要である」という言葉です。私が正しく理解できたのかわかりませんが、その時、まさに今私たちが直面する問題、福島での原子力事故を思い出しました。現在の日本では、社会の方向性を決めるのは主に文系出身の人々です。科学の素晴らしさについては、例えば携帯電話の機能などの日々進展する技術から、直接で感じる事が出来ます。一方、科学の限界については、その技術の詳細が分からなければ想像し難いでしょう。松浦先生が「物事の理解は体で学ばないと理解できない」と言われたように、文系学生には、

自然科学の詳細とまではいかずとも、せめて基礎部分だけでも肌で感じさせるような実習を開発しなければならぬと再認識しました。

二つ目は、辻先生の講演内容です。「心理学は、心を論理的構成体としてとらえる。しかし、一般に思われている心理学は、私的体験と科学がよりどころとしている事象を混同している」とのことでした。さらに、「ある現象の特性を記述したら、その成り立ち（発生機構）を追い、からくり（発現機構）を探り、その現象の適応機能の理解をする」という知的生産過程について、大変わかりやすく、図を用いて説明して頂きました。今までの私には、実習の流れをどう作り上げて行くのか、頭の中で混沌と整理できていない部分があったのですが、辻先生のお話を聞いて、その道筋がクリアになりました。そして、上記の知的生産過程を行うために、まさに実習が必要なのだと感じました。

心理学と生物学では、実習の方法にかなりの違いがあります。一般的に心理学では、ある現象の発生機構や発現機構を探る実習を行う際、材料として人間を用いるこ

とが多いと思います。しかし、生物学では、人間で起こる現象を知るために、人間そのものを材料として発生機構や発現機構を探ることがほとんど出来ません。例えば、今私は「タバコが生き物に与える影響」という実験を開発中です。実際学生にタバコを吸わせて結果を測定することは出来ないのです、人間の代わりに、スジエビ、ゴカイ、ミミズといった扱い易い動物を材料に用います。しかし、人間とは系統的に遠くはなれた生き物での結果を、学生が人間にも当てはめて実感できるかどうか、実習を開発する際には工夫が必要です。生物学の小野先生が行うロールプレイング方式の授業はその好例ですが、私のオリジナルな開発を行うためにも、材料や方法に関するアイデアを、是非辻先生にお伺いしたかったです。

このように、各セッションで、具体的な教育方法について討議した内容は、現在、文系学生のための生物学実習を開発する際に、私の大切な指標となっています。今後の開発に生かして、良い実習を作りたいです。

◆小島 りか（化学担当、特任助教）

第1回自然科学教育シンポジウムでは、まず各分野の実験開発の報告がそれぞれありました。自分が関わった化学では、新たに2つのテーマ、「自然放射線と放射能鉱物」と、「中和滴定と可視吸収スペクトル」を実施しました。放射線の測定では、 α 、 β および γ 線を遮蔽材を利用して区別させる方法、中和滴定では色見本の作り方を学生が工夫して考える事を期待して実験を設定しました。結果としては、一部の学生は期待通りに試行錯誤してくれた様に思います。

物理では、発電機やモーターなどに身近に使われている原理であるローレンツ力を実験テーマとして選び、その開発状況の報告がありました。生物では、ロールプレイング形式で、学生に役を演じさせてレポートを書かせる工夫の紹介がありました。今年度から実験を取り入れた心理学は、少人数で教員を多数配置し、一つのテーマをじっくり掘り下げる形式で行ったという報告でした。

◆阪口 真（物理学担当、特任助教）

慶應大学の文系学生に対する物理実験の開発に携わって約1年になりますが、この経験は私にとって大変有意義なものだったと感じております。特に教育といった場合、授業をどう進めるかといった教育の技術的側面に焦

後半のご講演を拝聴し、恥ずかしながら自分が心理学に抱いていたイメージも、フロイトから連想する様な臨床心理学でした。科学に主眼を置く実験心理学は、専門の研究室がある学校も少ないそうです。科学的思考力は国民が身につけるべき知的素養であり、その推進にあたっての問題点として、学生の知的生産過程への関心の欠如に加えて、現実的諸問題の複合性の認識不足という状況をあげられました。これらの解決には専門以外の素養が必要であり、大学は専門と全学対象科目の相互関係が学生にわかる様なカリキュラム設計をすべきであろうというご提案でした。

最後のパネルディスカッションでは、科学的思考力の重要性が共通する認識であると確認され、そのためには講義を通した全学的なプログラムが大学として必要ではないかという提案がなされました。他分野の取り組み方を知る事ができたのは有意義でした。

点が当てられがちですが、科学的思考方法の獲得という目標に即した方法を考えることの重要性を強く認識できました。以下に今回のシンポジウムで特に印象に残った3点を挙げたいと思います。

II. 活動報告

最初に、科学的思考方法の重要性です。現代社会の諸問題に対処していく上で、知識はもちろんのこと論理的な思考力、数量的分析、人に伝える論述力が必要だということです。これは文系学生に限ったことではありません。理系学生でも、非科学的な文言を信じてしまう学生は今も昔も少なくありません。従って理系学生に対してもこの点は強調されるべきことだと感じました。

2つ目は、科学的思考方法をいかにして身に付けるかです。これは学生ごとに強調すべき点や方法は違うはずですが、私は物理実験の開発を通じて、慶應大学で導入されている実験課題と実験授業の進め方は時間をかけて考え抜かれていると感心しています。特に実験授業の最後に配置された質疑応答の重要性です。質疑応答は、実

験の物理的内容のフォローだけでなく科学的思考方法とは何かを、個々の学生にそくして伝える場として重要な役割を果たしています。

3つ目は、実験だけでなく講義においても科学的思考方法が学べるという点です。これは教員の力量が問われるところですが、自らの教育現場において試行錯誤していきたくと思いました。

今回のシンポジウム全体を通じて、慶應大学の実学の伝統、文系学生に対する実験を通じた教育の伝統に改めて感銘を受けました。今後も実験開発を通じてできるだけ多くのことを吸収し、今後の教育に生かしていきたいと思っています。

◆福山 勝也（化学担当、共同研究員）

シンポジウムではまず、取組全体の目的や内容についての紹介、説明があった後、各分野における新たな実験テーマの開発に関する報告が続いた。どの分野もその開発にはかなり腐心したことが伺えたものの、報告自体は実験テーマの学術的・理論的説明により多くの時間が割かれていた感があり、文系の学生を対象としているという立場からの説明をもう少し聞いたかったように思う。また、当然ながら本取組は、自然科学系の教員や研究員がその主体であるため仕方がないことではあるが、シンポジウム全体を通して、基本的に自然科学に好意的な者の立場からみたアプローチに終始してしまっている感も否めなかった。本取組の趣旨からいっても、もう少し自然科学に対する苦手意識や嫌悪感を抱く者の側に立脚したアプローチが必要なのではないだろうか、とも感じた。

さて、今回のシンポジウムの話からは逸れてしまうが、以前から「子供たちは実験が大好き」、ゆえに「実験を多く取り入れれば理科が好きになる」などという意見を耳にすることがある。しかし、自分が子供だった頃を思い出してみても、果たして本当にそうであろうかと疑問に思うところがある。おそらくそれらの主張は、子供たちに対するアンケート調査の結果などをその論拠としているのであろうが、純粋に実験の時間を楽しみにしている子供がいる一方で、ただ単に「じっと座っていても怒られない時間」、あるいは「友達とおしゃべりし

ていても怒られない時間」だから「好き」という子供もいるであろう。また、理科が嫌いであるという子供にとっては、実験の時間がさらなる苦痛の種になる可能性も十分に考えられる。ゆえにその効果、因果については慎重に見極める必要があるものと思っている。

文系の学生にとって教養科目は、ある程度の強制力をもって自然科学に触れることができる最後の機会である。将来「自然科学の専門家」になるわけではない文系の学生に対する自然科学教育は、その目標設定がなかなか難しいところではあるが、「理系の素養を身につける」などのねらいはねらいとして、私は正直なところ、彼らの自然科学に対する印象や認識を変えることだけでも十分なのではないかと思っている。彼ら自身の今後の糧になることは言うまでもないが、その印象や認識が改まることによって、彼らが将来親になった時の“次世代の理科離れ対策”にもつながっていくものと考えられるからである。自然科学に苦手意識や嫌悪感を抱く文系学生に対する効果的なアプローチを、私自身、今後も引き続き模索していきたい。

最後に、今般の震災報道において、最先端のどの専門家よりも「わかりやすい」と評価されていたのは、皮肉にも専門家ではない文系出身の人気解説者であったように思う。このことは、文系学生に対する自然科学教育の方向性について、何らかの示唆を与えているのではないかと感じているところである。

2) 自然科学教育シンポジウム (第2回)

日 程：2012年3月10日 (土)

場 所：日吉キャンパス来往舎2階大会議室

テーマ：「科学的思考力を育む文系学生の実験の開発」

—若手研究者からの視点—

プログラム：

14：00－14：10

開会のあいさつ

青木健一郎

(教育推進プログラム実行委員長、経済学部教授)

14：10－14：50

講演1. 「心理学実習科目の新しい形」

新井 哲也 (自然科学研究教育センター、特任助教)

14：50－15：30

講演2. 「物理実験テーマの開発」

阪口 真 (自然科学研究教育センター、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 (自然科学研究教育センター、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 (自然科学研究教育センター、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、文学部教授)

シンポジウム全体の趣旨および実施状況

自然科学教育シンポジウム (第2回) を開催した。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－」の取組が、当初3年間の予定であったが、政府予算の打ち切りによって、2年目で終わることになってしまった。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、得られた成果などを総括することにした。講演は1件30分とし、その後質疑応答の時間をそれぞれ10分とした。

当日の朝は雨が降っていたが、昼頃にはやんでいた。例年では既に梅の見頃が終わっている時期であるが、今年は寒かったため1カ月遅れでやっと日吉キャンパスの梅も満開になっていた。そのような曇り空の昼下がり、青木実行委員長による開会のあいさつでシンポジウムが



会場全体の様子

幕を開けた。まず、今回の取組が2010と2011年度の2年間で打ち切られたこと、またこれは文科省 (政府) と大学との信頼関係を損ねるものであるとの苦言が呈された。それから、取組の骨子とねらいの説明があった。新しい実験テーマや教材を開発するにあたって中心となったのが若手研究者であり、彼らに教育経験を深めてもらったことも目的の一つであったことが紹介された。

その後、特任助教による講演が4件なされた。講演1では、新井氏が授業「心理学Ⅲ・Ⅳ」で、iPadを用いて錯視図形 (矢印の線分の長さの知覚に対する羽の角度の影響) に関する実習を行っていることが紹介された。2つの矢羽根の間の角度が 270° を超えると、錯視の効果が出てくるという実験結果が興味深かった。印刷物の輝度 (コントラスト) と、それを読む環境の照度を変えたときに、文字の読み取りやすさ (認識するのにかかる時間と正答率) を調べる実験では、印字をうすくしても、あまり結果に差が出なかったとのこと。被験者が若い学生なので、目が良いためだろうとのことであった。

講演2では、物理学実験テーマの開発を4つ行ったことを、阪口氏が報告した。その中の「ローレンツ力」に関する実験では、アルミ板に電流を通し、ネオジウム磁石による磁場中で受ける力によって、アルミ板がどの程度傾くかを測定している。測定値は理論値の約64%ということで、磁界をもっと均一にしようとすると、大きい磁石を使わねばならず、それは磁力が強く危険なためできない。実験器具が手作りであり、部品の調達に苦労したとのことであった。「放射線」の実験では、NaIシンチレーターを用いて γ 線スペクトルが精度高く測定できることが紹介された。

講演3では、化学実験テーマの開発を3つ行ったことを、小島氏が報告した。「中和滴定と可視吸収スペクトル」の実験では、水酸化ナトリウム溶液に標準シュウ酸溶液を滴下していくが、溶液中のpHの変化を推定する

II. 活動報告



青木健一郎

(教育推進プログラム実行委員長、経済学部教授)

(滴定曲線を作成する) ために、5 次の連立方程式を数値計算によって解いたことが紹介された。また、中和点近くでの指示薬の色の急激な変化について、ビデオでの紹介がなされた。「自然放射線と放射能鉱物」および「無電解めっきとフォトレジスト (鏡の作成)」についても、実験手順などがビデオで紹介された。

講演 4 では、生物実験テーマの開発の内容紹介とともに、海洋生態系の保全の研究から、文系学生に対する自然科学教育の在り方まで、大久保氏が熱弁をふるった。サンゴを移植によって増やしていくという方法が脚光をあびているが、それは間違いとのこと。枝を折られた方のサンゴは、ストレスのために全体が死滅することもある。そして、移植したサンゴは10%位しか生き残っていないという。学生の実習用教材として、沖縄近海のサンゴの調査結果および海流や海水温のデータを与え、サンゴの保護区の提案書を作成させる課題の実施結果が紹介された。

最後に、筆者が閉会のあいさつを行った。今回のシンポジウムは2回目であるが、1回目は東日本大震災のた



大場 茂

(自然科学研究教育センター所長、文学部教授)

め、昨年3月から11月に延期して開催したばかりである。また、政府予算の打ち切りの通知が昨年末に届き、総括するため、急に2回目を行うことにした。つまりいずれも波乱含みであった。取組は2年目が終わろうとしていて、ようやくエンジン全開になったところに、急ブレーキがかかった感じである。今回のシンポジウムのテーマの副題として、「事業仕分けに負けないぞ」という案を筆者が出したが、「若手研究者からの視点」という、青木実行委員長の案で無難に収まったエピソードを紹介した。実験テーマ開発を推進した4人の特任助教、ならびに活動をささえてくれた事務局の皆様への感謝の言葉で、閉会のあいさつを終えた。

なお、各講演の具体的な内容については、代表的なスライド1枚とその説明が次に続くので、それを参照されたい。このシンポジウムを通して、各人が今回の取組の活動に一区切りをつけられたことはいうまでもないと思われる。参加者は、当大学の教員を主として約40名であった。

(大場 茂)

講演 1. 「心理学実習科目の新しい形」

自然科学研究教育センター、特任助教 新井 哲也

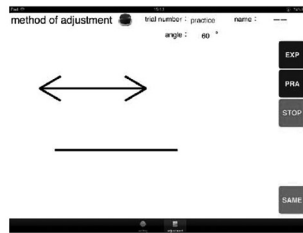


心理学分野では、「実験とレポート作成を重視した総合教育科目としての心理学教育の試み」と題し、非専門学生を対象とした心理学実習科目を立ち上げた。実習の進行や結果の処理法については直観的に理解できるように工夫し、学生がなるべく主体的に考えられるようなテーマを開発した。レポートや学生との直接的なやり取りから推察すると、自然科学としての心理学、「行動の科学」としての心理学に関する学生の理解が進んでいるようであった。

ー心理学実習科目の新しい形ー

- (1) 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
- (2) 実習の進行や結果の処理法については直観的に理解できるように
- (3) 学生には、なるべく主体的に考えさせる

タブレット端末を用いた実習



節電時の行動を調べる実習



⇒実験を通じて「行動の科学」としての心理学を学習

講演 2. 「物理実験テーマの開発」

自然科学研究教育センター、特任助教 阪口 真



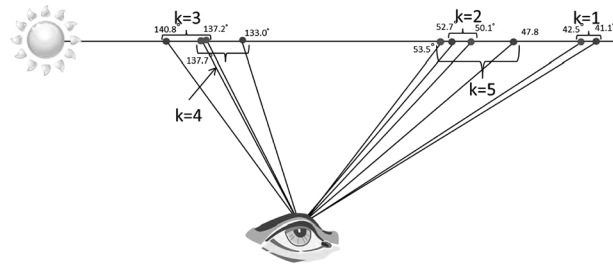
物理学分野では、主に4つの実験テーマを開発してきた。「ローレンツ力の実験」と「ヒステリシスの実験」は、科学技術の基礎として身近に幅広く応用されている電磁気学に関する実験で、永久磁石を使うなど実験構成を明確にすることを心がけた。「虹の実験」では、虹はなぜできるのかという身近な疑問を取り上げた。また、福島原発事故以来関心が高まった放射能と放射線について学ぶ「放射線の実験」では、NaI (Tl) シンチレーション放射線計測器を使って自然放射線の測定を行う。

屈折率は波長によって異なる。

実験で確認

水の屈折率は、赤色光の場合およそ $n=1.33$ 、紫色光の場合およそ $n=1.34$

色によって出射光の輝線の位置が微妙に異なることが虹が生まれるメカニズム



- 主虹は外側が赤、副虹は内側が赤、副副虹は外側が赤
- 主虹と副虹の間は太陽光が出射しないので暗い(アレキサンダー暗帯)

講演3. 「化学実験テーマの開発」

自然科学研究教育センター、特任助教 小 畠 り か



三つの化学実験テーマ、「中和滴定」、「自然放射線と放射能鉱物」および「無電解めっきとフォトレジスト」を開発した。その中の中和滴定実験では、新たに実験項目として、酸塩基指示薬の可視吸収スペクトルの測定を付け加えた。色と吸収極大波長との関係を学ぶことを狙いとした。変色域の前後になるようにpHを調整し、スペクトルを測定する。また、吸収極大波長から、溶液中に存在する化学種を考察する。写真はプロモチモールブルー (BTB) で、左の試験管 a は黄色 (酸性側)、中央 b は緑 (変色域の中間)、右の c は青色 (塩基性側) の色を呈している。

色見本の作成と、可視吸収スペクトルの測定

BTBの色見本

吸収スペクトル

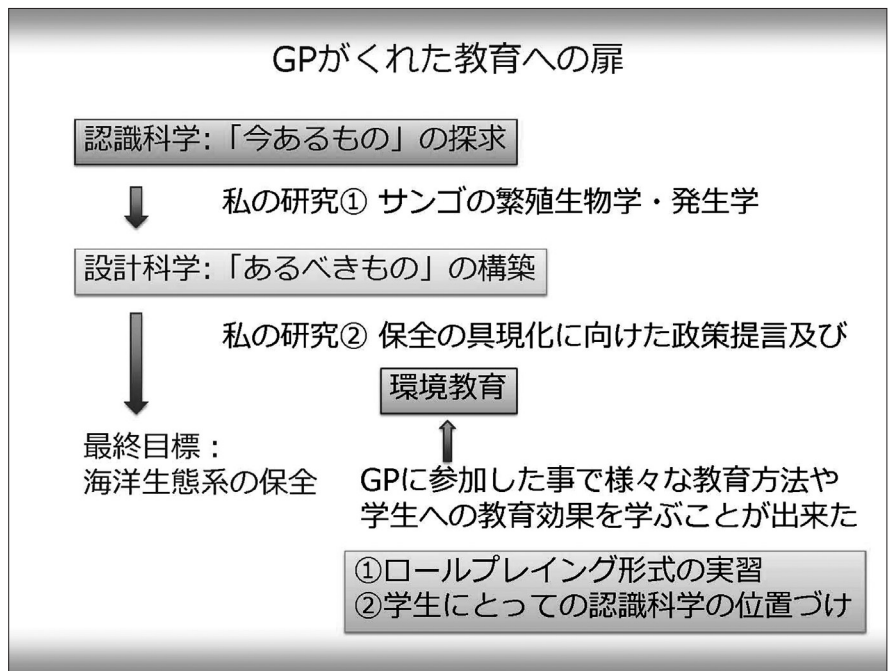
- 1) 希釈した酸塩基指示薬を変色域前後の色に調整
- 2) デジタルカメラで写真を撮影し、印刷する
- 3) スペクトルの測定を行い、チャートと写真をレポートに添付

講演4. 「GPがくれた教育への扉」

自然科学研究教育センター、特任助教 大久保 奈 弥



私の研究の最終目標は、海洋生態系の保全であるが、そのためには認識科学と設計科学の両方からアプローチする必要がある。今回、GPに参加し、学生の科学的思考力を高めるための生物学実習を開発する過程で、様々な教育方法や、学生への教育効果を学ぶ事ができた。具体的には、①ロールプレイング形式の実習 (学生が仮想の人物に扮して、相手を説得できるだけのレポートを書く)、②学生にとっての認識科学の位置づけ (教える側にとっては認識科学が必要だが、教えられる側の学生、特に人文社会系の学生には、理科系学問としての知識はあまり記憶されない) といったことである。今後は、認識科学の知識にも興味を持たせる方法を考えて行きたいと思う。



3) ワークショップ

一貫教育校の教員と大学自然科学研究教育センターの教員による自然科学教育に関するワークショップを開催した。

日時：2011年6月11日 15:00-17:50

場所：日吉キャンパス 来往舎 大会議室

テーマ：「自然科学の実験、実習や科学的論述」に関する内容

プログラム：

15:00-15:18

講演1. 「大学教育推進プログラム取組とワークショップの趣旨」

青木 健一郎 (教育推進プログラム実行委員長
自然科学研究教育センター所長)

15:20-15:38

講演2. 「文系学生の論理的思考力を高めるための生物学での取り組み」

大久保 奈弥 (自然科学研究教育センター特任助教)

15:40-15:58

講演3. 「教科『情報』における作品制作—表計算ソフトウェアを用いたデータ検索・マクロプログラミングと情報の収集・整理・分析・発信についての実習を例として—」

國府方 久史 (女子高等学校教諭)

16:00-16:18

講演4. 「新入生に向けた理科系レポート作成技術の教育」

宮橋 裕司 (志木高等学校教諭)

16:20-16:38

講演5. 「中等部理科における選択授業について」

久松 徳子 (中等部教諭)

16:40-16:58

講演6. 「SFC構内と周辺の自然を活用した授業実践」
小荒井 千人 (湘南藤沢中等部・高等部教諭)

17:00-17:45

懇談、意見交換

司会 下村 裕 (志木高等学校長)

日吉物理学教室, 法学部教授)

17:45-17:50

閉会のあいさつ

大場 茂 (自然科学研究教育センター副所長)

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実験の開発—実学の伝統の将来への継承—」が昨年度採択されたことを契機に、一貫教育校とセンターとで自然科学教育について考え、意見や情報を交換し合う趣旨のもとにワークショップを開催した。

今回のテーマは、「自然科学の実験、実習や科学的論述」に関する内容とした。まず、青木センター所長により「大学教育推進プログラム取組とワークショップの趣旨」が説明された。その後、センター特任助教、一貫教育校の教諭による5件の講演が行われた。

具体的な授業内容や自然科学教育における工夫などについて発表がなされ、熱のこもった多くの質疑応答が行われた。最後に1時間ほどの活発なディスカッションが行われた。引き続き、生協食堂にて懇親会が行われたが、ここでも、時間の許す限りの情報交換がされた。

各一貫教育校でどのような教育が行われているのかわかることで、生徒や学生のバックグラウンドがわかり、さらに、独自の工夫を共有することで教育の充実を図ることができるだろう。今後も忌憚のない意見や情報を交換し、交流を深めて、義塾全体の教育が向上することを期待したい。
(久保田真理)



3. 取組成果

1) 心理学の体験型実験を含んだ授業の開発

1. 開発の経緯

心理学教室では、文学部、経済学部、商学部、法学部の専任教員が協力し、2010年度に心理学の体験型実験を含んだ授業のカリキュラムと教材の開発を行った。従来の講義中心の心理学（心理学Ⅰ、Ⅱ）では、1クラスに120人程度の受講者があったため、実験実習は多くても半期に2回しか実施できず、レポートの作成指導や添削等を行うことは困難だった。そこで、新しい授業では、定員を20名程度の少人数にし、体験型実験とレポート指導を盛り込むことにした。

2. 開発した体験型実験を含んだ授業の概要

2011年度に新設した科目は「実験を通して学ぶ心理学」（心理学Ⅲ、Ⅳ）で、実験実習を通して科学的な思考方法を、実験レポートの作成を通して科学論文の書き方を体験的に理解できるように計画した。心理学Ⅲのサブテーマは、「心の測定」、心理学Ⅳは「心の仕組みを知る」とし、独立した科目とした。

心理学Ⅲ、Ⅳ、いずれも、第三者が直接観察することが出来ない「心」を測定するための方法論を実習・デモンストレーションやレポート作成等を通して体験的・実践的に紹介する点を特徴とした。講義の進め方も従来の講義形式とは変え、4名の担当者が、それぞれの専門領域に基づいて実習やデモ等を計画し、科学的思考法やレポート作成等をきめ細かく指導する方法をとった。また、学生の質問にそれぞれの教員がそれぞれの理論的立場で回答したり、複数の教員間の議論を学生の前で展開したりすることで、一方的な知識・技術の伝達ではなく、理論的背景や方法論等によって事実の捉え方が変わること気づくことが出来るように工夫した。

学生の興味・関心を高めるために、最新のタブレット型PC (iPad) を実験装置として用いたり、予め設定された条件での基礎実験と学生が自分で実験計画を立案できる応用実験を用意したりした。また、現代社会の直面している諸問題（本年度は東日本大震災の影響）を取り上げ、心理学からどのようなアプローチが可能かを考えられるようなテーマ設定も行った。

本研究で、開発し、実施した実験は以下の8つである。

- 物理量と心理量の対応関係について学ぶ：拳錘実験を通じたウェーバー／フェヒナーの法則の確認
- 知覚している世界の測定方法（精神物理学的測定法）について学ぶ：ミュラー・リアー錯視を通じた感覚量の測定実験
- 心の変化を定量的に表す方法（尺度構成法）について学ぶ：順位法と一対比較法を用いた色の好みの尺度化
- 知能の測定方法について学ぶ：田中AB式知能検査を用いた検査
- 身近な錯覚について学ぶ：日常場面に見られる錯視現象の測定実験—ミュラー・リアー錯視とポンゾ錯視を題材として—
- 多数の要因から構成されているものの構造を推定する方法について学ぶ：SD法（Semantic Differential method）と自由連想法を用いた色の好みの尺度化
- 様々な障害を通して心身の機能を学ぶ：節電時の行動特性の測定実験—照度と輝度の変化が読み行動に与える影響
- パーソナリティについて学ぶ：TCI（Temperament and Character Inventory）

3. 開発した講義の評価

新設した講義科目の効果を評価するために、受講生に対してアンケート調査を実施した。アンケートは講義の前後で実施し、従来の講義科目との比較も行った。有効回答数は講義科目で386件、実習科目で20件であった。

心理学は、思っていたイメージとは異なっていた（カウンセリングや性格検査だけではなく、理系の要素が強かった）が、受講して良かったと評価した学生が8割以上であった。また、講義で十分に心理学を学べたという学生は4割程度であったが、友人や家族に推薦したいという回答は約6割、自分自身がさらに心理学を学びたいと回答した学生は8割程度であった。なお、新設した実験科目は、従来の講義科目とほぼ同様の結果であったが、真実にアプローチする際の根拠を問う質問（何を根

拠に真実と見なすか)では、若干の違いが見られた。実験中心の新設科目を受講した学生の中には、「見たことがある人がいるから」「マスコミで報道していたから」という理由ではなく、どのような証明がなされているか否かに着目するケースが見られた。これは、本講義により、常識だと考えていたことや文献に記されていることが必ずしも正確ではないことを実感できた結果ではないかと考えられる。

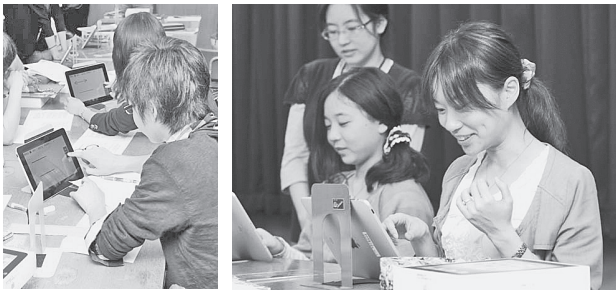
本新設科目は、教員にも効果があった。通常、講義の概要は教員間で調整しているが、講義方法について知り合うチャンスは少ない。本講義では、4名の教員と1名のアシスタント(特任助教)がかかわり、互いの講義の進め方を知ることができた。また、学生からの質問に対して、それぞれの観点から回答する活動等を通して、

ファカルティ・ディベロプメントに貢献できたと考えられる。そして、何よりも、教員自身が面白いと感じている実験や論理的思考の楽しさを学生に伝えることが出来るようになったことは、大きな成果であった。

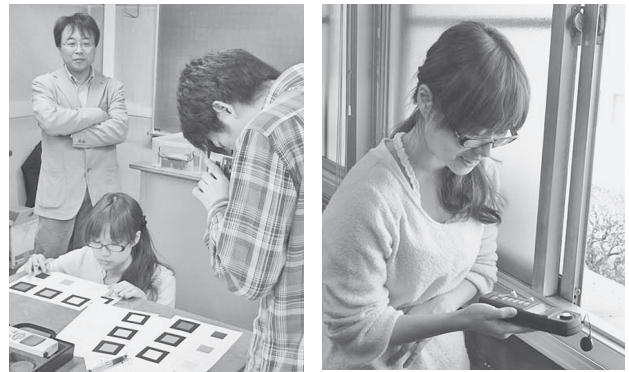
4. 今後の課題

文系4学部のための自然科学系総合教育科目は、学生の人気が高く、必修ではないにもかかわらず、毎年6,000人強が履修しているため、すべてを実験中心の科目にすることは出来ない。今後は、講義中心の科目と実験中心の科目をどのようなバランスで展開すべきかを検討する必要がある。

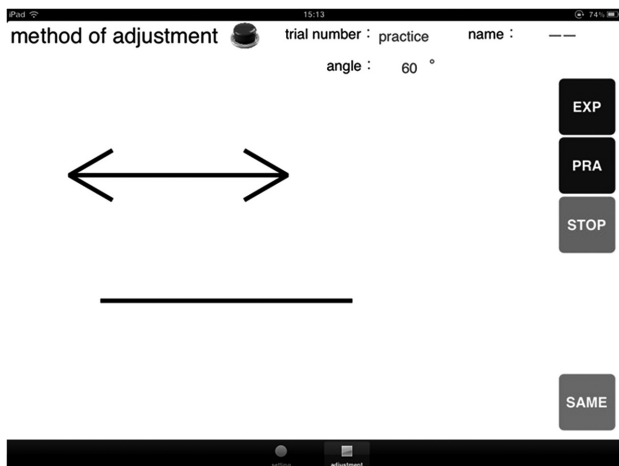
(文責：心理学教室 中野 泰志・新井 哲也)



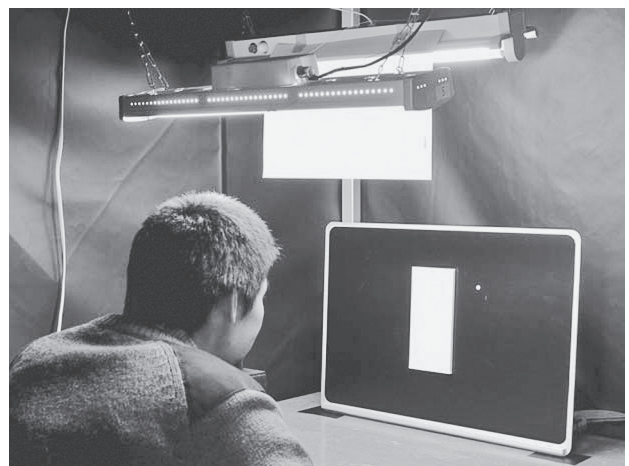
iPadを用いた錯視実験の場面



照度・輝度測定の実習場面



iPadを用いた錯視実験用ソフトウェア



照度の効果に関する基礎実験の場面

2) 物理学・化学・生物学の新たな実験テーマの開発

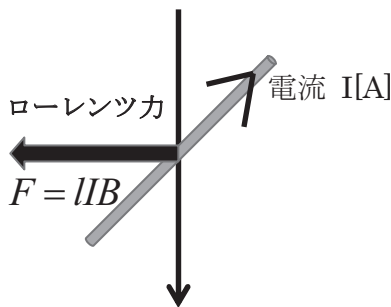
① 物理学

日吉物理学教室では、文化系学部を対象にした教養科目として、「物理学Ⅰ・Ⅱ（実験を含む）」が提供されている。この科目では、講義だけでなく、隔週で実験も行われており、自然現象に隠れた物理法則を体験として理解できるよう工夫されている。現在行われている実験内容は、重力加速度の測定、音速・光速の測定、共振現象の観察、ドップラー効果の観察といった普段の生活の中で直接目にする現象に関連したものから、電子の比電荷の測定、素電荷の測定、アボガドロ数の測定、プランク定数の測定といった、ミクロ世界を支配する法則に関連した実験に至るまで、多岐にわたっている。その一方で、提供されている実験内容に偏りがあることも以前から指摘されていた。

そこで我々は、より充実した実験を提供するために、主に(1)ローレンツ力の実験、(2)虹の実験、(3)磁性体の実験、(4)放射線の実験を開発してきた。ここでは、今回のGPのプロジェクトとして中心的に開発を行った、(1)ローレンツ力の実験、および、(2)虹の実験について、その概要を解説する。

(1) ローレンツ力の実験

背景と目的



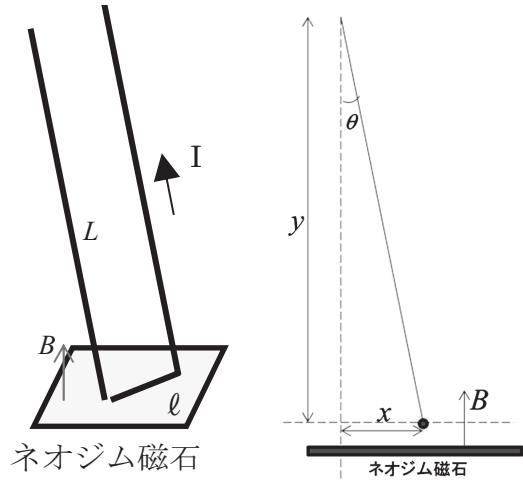
ローレンツ力とは、磁場中に電流が流れているときにその電流に働く力で、いわゆる磁力の本質である。具体的には、磁場 $B[T]$ 中に電流 $I[A]$ が流れているとすると、長さ $l[m]$ あたりに働くローレンツ力の大きさ $F[N]$ は、

$$F = I l B \dots \dots \dots (1)$$

で与えられる（磁場、電流、力の方向については上図参照）。ローレンツ力の発見は、現代物理の発展の重要な契機になったばかりでなく、モーター、発電機、電子レンジ、素粒子加速器など、きわめて広い範囲に応用されており、科学技術を支える基礎理論の一つである。この

ローレンツ力について理解を深めるのがこの実験の目的である。

実験の原理



上図は実験装置の模式図である。アルミの棒をコの字型に曲げて、ブランコのように自由に動けるように配置する。ネオジム磁石（強力な永久磁石）を配置した上でアルミ棒に電流を流すと、棒はローレンツ力を受けて傾く（角度 θ ）。アルミ棒が静止するとき、ローレンツ力と重力のつり合いからローレンツ力の強さを求めることができる。実際に計算してみると、傾きが十分小さいときには、鉛直の位置からのずれを $x[m]$ として、

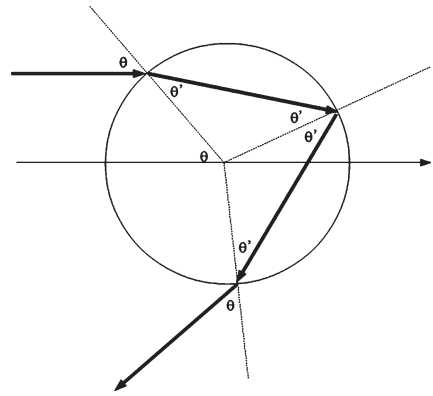
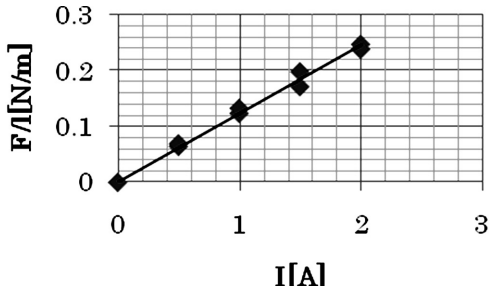
$$F = \frac{mg}{2L} x \dots \dots \dots (2)$$

となることがわかる。これを(1)式と比較すると磁場の強さを求めることができる。

実験結果と課題

次ページのグラフが測定結果である。横軸が電流値で、縦軸は測定したローレンツ力 F をアルミ棒の下の部分の長さ l で割った値である¹。実験結果は直線の振る舞いを見せており、(1)式が正しいことが見て取れる。さらに(1)式から、この直線の傾きが磁場の強さを表す。このグラフから実際に求めてみると、 $B = 0.12[T]$ となる。一方、ガウスメータで測定した磁場の強さは $0.22[T]$ 程度であった。この誤差は、ネオジム磁石が小さいために磁場が正確に鉛直上向きでないことや、アルミ棒がねじれてしまうことに由来すると考えられる。対策としては、もっと大きな磁石を用いたり、より変形しにくい実験装置を作成したりすることが考えられる。

1 このグラフには、長さの違う2種類のアルミ棒を使った結果を同時に表示している



(2) 虹の実験

背景と目的

「虹はなぜできるのか?」とは、おそらく多くの人が感じる身近な疑問の一つであろう。最も根本的な答えは「水の屈折率が光の波長ごとに異なるから」であるが、実はこれだけでは十分な答えにはなっていない。虹がなぜ太陽から一定の角度の場所に生じるのか、なぜ虹は2重に見えることがあり、その色の順番が逆なのか、といった、虹に関する様々な疑問に答えるには、それなりに精密な考察が必要である。光の波長によって屈折率が異なることを実験で確かめ、簡単ではあるが正確な考察を積み重ねることで「なぜ虹ができるのか?」という疑問に自分の言葉で答えられるようになることが、この実験の目的である。

虹ができる原理

雨の後などで、空気中に大量の水滴が浮いているところに太陽光線が入射する状況を考えよう。今、簡単のためにある特定の波長の光のみを考え、その光の空気に対する水の屈折率を $n > 1$ とする。太陽光線は平行光線とみなせるので、すべての水滴に同じ角度で光線が入射する。そこで、ある一つの水滴に注目し、水滴の中心から見て角度 θ の位置に水平に入射した光線の軌跡について考察することにする。

図のように、屈折角を θ' とすると、水滴内部で一回反射してから外部に出る光線の角度変化(今の場合、外

に出る光線と x 軸がなす角度)は、簡単な幾何学的考察から $2\theta - 4\theta' + \pi$ と求まる。同様の計算から、水滴の内部で k 回反射して外部に出る光線の角度変化 θ_k は、

$$\theta_k = 2\theta - 2(k+1)\theta' + k\pi \dots\dots\dots(3)$$

となることもわかる。観測者にとっては、この光は太陽から角度 θ_k だけ離れた方向から来ることになる。ここで、屈折率の定義を思い出すと、

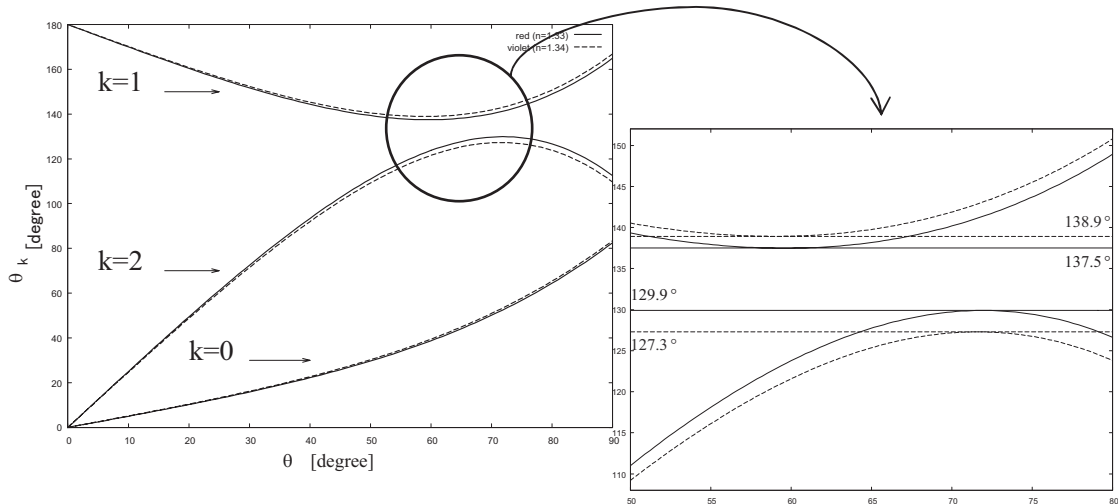
$$\sin \theta = n \sin \theta' \dots\dots\dots(4)$$

が成り立つので、これを(3)式に代入することで

$$\theta_k = 2\theta - 2(k+1) \sin^{-1} \left(\frac{\sin \theta}{n} \right) + k\pi \dots\dots\dots(5)$$

を得る。これを各々ごとにグラフにすると下のようになる。ただし、実線は赤色の光を想定して $n=1.33$ 、破線は紫色の光を想定して $n=1.34$ として描いた。

ここで重要なのは、 $k=0$ には極値がないのに対して、 $k=1,2$ には極値が見られることである。空気中の水滴には太陽光線が万遍なく当たるので、入射光線はの範囲に一様に分布する。 θ を動かして行くと、それと共に θ_k も変化するが、極値付近ではその変化量は小さくなり、その付近に光が集中することになる。従って、1回も反射していない光は虹を作らず、1回反射した光は太陽から



137.5°から138.9°の間に、2回反射した光は127.3°から129.9°の間に、それぞれ虹を作る²。条件が良い時に虹が2重に見える理由は、 $k=1$ に相当する虹（主虹）と $k=2$ に相当する虹（副虹）が同時に見えるからであり、その両方で色の順番が反対になるのも、上のグラフから読み取ることができる。

実験の原理

波長による屈折率の違いを確かめるために、赤色と緑色のレーザー光をアクリル製の四角柱に入射し、入射角と光のずれる距離を測定することで、それぞれの色光に対する屈折率を計算できる。右図において、入射角を θ' 、アクリルの長さを L 、光のずれを l とおく。屈折角 θ と θ' の関係は(4)式で与えられるので、 $l=L\tan\theta$ から、屈折率は、

$$n = \sqrt{1 + \left(\frac{L}{l}\right)^2} \sin\theta'$$

となることわかる。

実験結果と課題

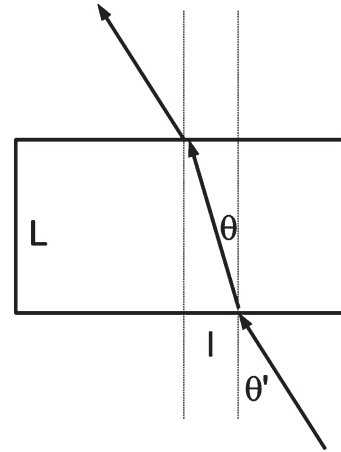
両方のレーザーを、入射角 $\theta' = 60^\circ$ で入射したところ、

赤色： $l = 72\text{mm}$ 緑色： $l = 70\text{mm}$

となった。このことから、

$$n_{\text{赤}} = 1.482, \quad n_{\text{緑}} = 1.510$$

2 実は3回以上反射した光も虹を作るが、強度が小さいために通常は観察されない。



とわかる。このように、波長によって屈折率が違うことが確かめられた。

この実験では、2色しか使わなかったが、たとえば青色レーザーを用いることで、データの数を増やすことができる。ただし、実験結果からもわかるように、色の違いによるずれの違いは、わずか2mmであるため、測定誤差が大きい。より正確に屈折率を求めるためには、光センサーを用いたり、大きなアクリル板を用いたりするといった工夫が必要になるであろう。

(文責：物理学教室 松浦 壮)

② 化 学

2010年度に新しい実験2テーマ「自然放射線と放射能鉱物」および「中和滴定と可視吸収スペクトル」を開発し、2011年度から実施を開始した。また、「アセトアニリドの合成」と「酢酸エステル類の合成」について、実験条件を改良した。さらに、2011年度に新しい実験テーマ「無電解めっきとフォトレジスト（鏡の作成）」を開発し、また「思考実験演習」の教材を試作した。以下では、今回開発した三つの新しい実験テーマについて、内容を紹介する。

(1) 実験テーマ「自然放射線と放射能鉱物」

今回採択された大学教育推進プログラムへ申請する段階から、この実験テーマの構想を練っていたので、実験器材およびプリントを比較的短期間で用意し、三田キャンパスでの授業「実践自然科学」で、2010年10月27日に実施した。2011年度からは日吉キャンパスにおいて、規模を拡大して実施すべく、実験内容を見直して、用具や実験テキストの整備を行った。こうしている中、2011年3月に東日本大震災がおこり、福島原発事故による放

射能漏れが発生した。この深刻な事態を受けて、放射線に対する知識の必要性が切実なものとなってしまった。

実験の目的とねらい：

宇宙の始まりは、物質の始まりでもある。ビッグバンは今から145億年前に起こったとされている。これは現在の宇宙の膨張速度をもとに理論的にそれを逆算して、1点に集中した宇宙までさかのぼったときの推定値である。太陽系および地球の誕生は、46億年前とされているが、これは隕石や月の石の年代測定、つまり実験データが根拠となっている。もっと時間スケールが短く、数千年から数万年前の化石などについては、炭素14年代測定法が使用される。なお、放射能というと、放射線障害を引き起こす恐ろしいものというイメージが強い。しかし、放射線は目に見えないだけで、我々は（弱いながら）自然放射線に取り囲まれている。この事実は、意外と知られていない。放射線に対して、正しい認識を持ち、またそれを安全にうまく利用していくことが重要である。

使用器具：

放射線測定器（インスペクター）、昆布、KCl、放射能鉱物標本（ユークセン石、モナズ石、ベタフォ石な

ど)、遮へい材(アクリル板、アルミ板、紙)、メジャー、サイコロ(100個)

実験内容:

自然放射線の強さ(バックグラウンド)を、鉄板(テストプレート)ありとなしで5分間計測する。身の回りにあるもので放射能が高いものをさがしてみる。例としては昆布など(カリウムを多く含む)。塩化カリウムから出ている放射線のうち α 、 β 、 γ のどれか主に計測されているのか、実験操作を工夫して判別する。放射能鉱物標本の放射線の強さが、鉱物の種類や大きさなどでどのように違うか調べる。また、放射能鉱物標本の中から一番強いものを1つ選び、 γ 線の強さの距離依存性を調べる。

(2) 実験テーマ「中和滴定と可視吸収スペクトル」

日吉キャンパスの文系学生を対象とする化学実験において、中和滴定の実験は古くから存在していた。その実験内容は、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を標準シュウ酸溶液で滴定した後、与えられた塩酸溶液の濃度を測定するという内容であった。しかし、身近なものに関連させるために2004年に内容を変更し、塩酸のかわりに食酢を10倍に希釈して滴定することにした。今回はさらに内容を大幅に変更して、机上試薬の3M NaOHの濃度を滴定によって検査すること、ならびに酸塩基指示薬のpHによる色の変化を、可視吸収スペクトルで測定することにした。

実験の目的とねらい:

何の物質であるかはわかっているがその溶液の濃度がわからないという場合、それと反応する物質の溶液を用いることにより、濃度を測定することができる。酸と塩基との中和反応を例にとり、物質とモル濃度および液量との関係を理解する。なお、この滴定の実験において、中和点の見極めが重要である。これは酸塩基指示薬の色の変化にもとづくが、その判断をどのようにして行うのかも、実験者に課せられている。pHによる指示薬の分子構造の違いが、色に反映すること、並びに溶液の色は吸収スペクトルという形で定量化できることも学ぶ。

実験内容:

酸塩基指示薬を1つ選び、変色域のデータをもとに塩酸を1~数滴加えて(試験管に)色見本を作成し、写真をとる。水酸化ナトリウム水溶液(共通試薬)の一定量を三角フラスコにとり、ビュレットに入れた標準シュウ酸水溶液を滴下して中和させる。この操作を3回行って水酸化ナトリウム溶液の濃度を求める。次に水酸化ナトリウムの机上試薬を、メスフラスコを使って50倍に希釈

し、その一定量を先と同様に標準シュウ酸水溶液をもちいて滴定し、机上試薬の濃度を求める。

使用器具および試薬:

0.0500Mシュウ酸標準溶液、酸塩基指示薬(メチルレッド、プロモクレゾールパープルなど5種類)、25 mlビュレット、1 mlホールピペット、5 mlホールピペット、50 ml三角フラスコ、NaOH共通溶液(約0.06 M)用タンクおよびビーカー、50 mlメスフラスコ、デジタルカメラ、フォトプリンター、紫外可視吸収スペクトル用小型分光器、個人器具および机上試薬

(3) 実験テーマ「無電解めっきとフォトレジスト(鏡の作成)」

実験の目的とねらい:

無電解めっきの方法を使うと、導電性を持たないものや複雑な形状の物質の表面にもめっきを施すことができる。光感性高分子を用いたフォトレジストは、酸やアルカリから保護したい部分を簡便にパターンニングすることができる。これが電子基板回路の作成に用いられていることからわかるように、ミクロン単位の繊細なパターンニングが可能である。今回はこの2つの方法を組み合わせ、各自で好みの模様を入れた手鏡を作成しながら、感光性分子の構造変化とその役割について学ぶ。

実験内容:

ガラス板をクレンザーで洗浄後、セシ液(塩酸ヒドラジンと塩化第一スズの混合水溶液)およびアクチ液(塩化パラジウム水溶液)に交互に数回つける。湯浴内のめっき液(硫酸ニッケルなどの混合水溶液)に上記のガラス板を浸し、表面全体に金属を析出させる。200°Cホットプレート上で焼き付け(ベーキング)を行う。ガラス板の片面にフォトレジスト液を均一に塗り、110°Cで固化させる。透明フィルムに、黒地に白抜きの原稿(パターン)を作成する。フォトレジストが付いたガラス板の面に、原稿を裏返しにして密着させ、紫外線を照射する。現像液にガラス板を浸し、模様が浮き出てきたら取出す。水洗してから、110°Cのホットプレート上で加熱する。エタノールをしみ込ませた綿棒で、裏面に付着した余分なマスク(フォトレジスト膜)を除去する。エッチング液(塩化第二鉄の希硝酸溶液)に入れて、マスクがついていない金属部分を溶かして除去する。水洗い後、紙でやさしく磨いて、完成。

使用器具および試薬:

ホットプレート、ウォーターバス、ブラックライト、PKクランプ(露光用原稿密着器)、透明シート(OHP用)、黒マジックインキ、シャーレ、大型スライドガラス(76×52 mm)、ピンセット、プラスチックの皿、

II. 活動報告

ペーパータオル、綿棒、フォトレジスト液、センシ用溶液、アクチ用溶液、無電解ニッケルめっき用溶液、現像液、エッチング液、エタノール、個人器具

成果：

2010および2011年度の実験テーマの開発と改良に関わる発表論文は、次の通りである。

- (1) 向井、小島、大場「アセトアニリドの合成の条件とアニリンブラック」慶應義塾大学日吉紀要、自然科学 No. 50, 61-75 (2011)。
- (2) 小島、向井、大場「中和滴定と酸塩基指示薬の可視吸収スペクトル」慶應義塾大学日吉紀要、自然科学 No. 50, 77-102 (2011)。
- (3) 小島、向井、大場「酢酸エステル類の合成の実験

条件」慶應義塾大学日吉紀要、自然科学 No. 51, 31-42 (2012)。

- (4) 大場、向井、小島「ガイガーカウンターを用いた放射線強度測定実験」慶應義塾大学日吉紀要、自然科学 No. 51, 43-60 (2012)。
- (5) 大場、向井、小島「バルマーランプのスペクトルとスピロピラン化合物のフォトクロミズム」慶應義塾大学日吉紀要、自然科学 No. 52 (投稿中)。
- (6) 向井、小島、大場「無電解めっきとフォトレジストを用いた鏡の作成」慶應義塾大学日吉紀要、自然科学 No. 52 (投稿中)。

(文責：化学教室 大場 茂、

事業共同推進者：向井知大、小島りか)

③ 生物学

我々は、学生が主体的な意欲を持って論理的なレポート(実験報告書)を作成できるような実験開発を目指して開発を行った。主体的な参加意欲を引き出すには、実験の意義が学生の認識できる社会問題と結びついている(実験前の背景説明で結びつけられる)ことが必要である。今回は「お酒に強い弱いかを定める遺伝子」、「サンゴ礁の保護」、「タバコの毒性」といった身近なテーマを取り上げて学生の興味を惹くような工夫を行った。また、専門課程や就職したあとも役立つ論理力や説得力を養うためには、学生が教員に媚びるような表現「〇〇が理解できて感動した」や答案のような表現を打破しなくてはならない。このため、書き手と読み手に仮想的立場を与えて、背景を含めた実験結果を表現する「ロールプレイング形式」を採用した。

1. 飲酒行動と遺伝子検査(3回連続実験)

1-1. 全体の説明・同意文書の作成・口腔粘膜上皮細胞の観察

概要：年度最初の実験であることから、クラス運営の方針を徹底し、顕微鏡を使用した観察(スケッチ・写真撮影)になれさせることがクラス運営の目的である。同時に、遺伝子検査の同意文書に署名させることで遺伝子検査の結果管理が如何に重要であるかを印象づけることも運営目的の一つである。実験自体は極めて単純で、口腔粘膜を軽くこすって細胞を採取し、顕微鏡観察を行うだけである。

レポート作成：学生が演じる立場を「数十年前の科学者」とし、遺伝子検査用のサンプル細胞が口腔粘膜から簡単に採取できることを報告させた。苦痛なく、簡便に採取できる口腔粘膜細胞の中にDNAを含む核を見いだ

し、「この採取方法が今後の遺伝子検査の主流となるだろう」と結ぶよう指導した。

評価と今後への展望：初回実験であったこともあり、レポート作成方式に戸惑った学生も多かった。予想通り「口腔粘膜細胞を観察することが目的である」と実験行為そのものを目的として掲げ、その社会的意義について言及できない学生が多く見られた。

1-2. アルコールパッチテストとDNA抽出

概要：授業で遺伝と表現型の説明がなされたことを受け、アルコールパッチテストによる表現型の検査を行った。発赤反応の有無をクラスで集計し、「お酒に弱い」ヒトがどれほどいるかを確認した。これは次回の遺伝子型検査へつながることになる。実験後半では口腔粘膜上皮細胞を溶解し、DNAが採取できることを確認した上で、遺伝子型を判定するPCR反応に投入した。

レポート作成：今回はアルコールパッチテストとDNA抽出のレポートを別個に作成させた。前者では「大学生を指導する保健師」として、初めて飲酒機会を持つ大学生に対してアルコールハラスメントの危険性を説明する内容、後者は前回のレポートに引き続き、「数十年前の科学者」として簡便に採取した口腔粘膜上皮からDNAが採取できる事を示すレポートを作成させた。

評価と今後への展望：全体的に内容が盛りだくさんで時間内に終了させることが困難であった。飲酒に対する関心は高く、レポートも前回に比べれば論理的なものが増えたと言える。2011年度は東日本大震災の影響で実験時間数が不足したため、日程に余裕がなかったが、今後はこの実験を「DNA抽出」と「表現型の検査(アルコールパッチテスト)と遺伝子検査の準備」に分割して実施し、レポート作成指導にもより時間を割きたいと考えている。

1-3. PCR法による遺伝子型の検査

概要：ヒトのアルコール感受性に大きく影響するアセトアルデヒド脱水素酵素2（ALDH2）の遺伝子多型を、PCR法を用いて検出する実験である。酵素活性のない2-2型は日本人には比較的多く、お酒の飲めない体質を決めている。この体質は訓練や治療で改善することができない遺伝性の体質であることを理解させ、遺伝子検査の重要性を理解させるのがクラス運営の目的である。運営にあたっては「自分のALDH2の型を知りたくない」という学生がいることも勘案して、申告無しに代替サンプルが使用できるよう配慮した。また、集計にあたっては個人が特定できないよう配慮し、余ったDNAサンプルは自らの手で廃棄するよう指導した。

レポート作成：前回作成した「大学生を指導する保健師」としてアルコールパッチテストの不十分な点を指摘し、PCR法による検査を行ったうえでの飲酒指導を求めた。また、遺伝子検査のプライバシーへの配慮についてもレポートに盛り込ませた。

評価と今後の展望：電気泳動のような、解釈が必要な実験結果が出る実験は本年度としては初めてである。撮影された写真を貼り付けたのみで満足する学生が多く、レーンの説明やマーカー位置を示して図を仕上げることの重要性を認識させる良い課題となった。

2. 造礁サンゴの生活史

2-1. 発生中のサンゴ標本からサンゴの発生順を推定する

概要：サンゴ礁は南国を象徴する海の景観として学生が親しみを感じやすい存在である。一方で生物としてのサンゴ、特にその発生様式は一般にはほとんど知られていない。そのため、知識に頼らず観察結果を通して考える実習の教材として適していると言える。発生順序の推測を通して“論理的思考を養成する実験”では細胞数・個体の大きさ・構造の複雑さなどを根拠に発生順序を推測し、スケッチを並べてサンゴの生活史図版の作製を行った。異なる標本間の関係に注目することで、個々のスケッチで何を表現すべきか学生に意識させることに重点をおいた。

評価と今後の展望：本年度、この実験は理工学部教職課程実験の一環として行った。学生は初見にもかかわらずきちんと発生順を推測することができており、サンゴの初期発生胚がプランクトンとして生活していることについて、驚きを持って受け止めていたようである。

2-2. 発生中のサンゴ標本および海流・海水温データからサンゴ保護区の提案を行う

概要：文系学生にとっての生物学実験とは、必ずしもその場で得られたデータのみからレポートを作成すること

だけが重要なのではなく、様々な情報パーツを集めて一貫した論旨をまとめ上げることでありと考えてこの実験開発を行った。

レポート作成：先に示した「2-1. 造礁サンゴの生活史」で使用した発生段階の異なるサンゴ幼生標本を“異なる日時・海域で採集されたサンプル”として使用し、これに海流および水温のデータを合わせてサンゴの育成適地の変化を推測し、「サンゴの研究者として新たなサンゴ保護区を提案する文書を作成する」事とした。単にサンゴの育成適地を推測するだけであれば結論が合っているか否かに学生の意識が集中しがちになる。このような形式を取ることで結論に至る思考過程に意識を向けさせることをねらいとした。

評価と今後の展望：提案文書として作成させることにより、どのデータをどのように示したら説得力があるかという点について考えさせる好例となったと考えている。学生に対するアンケートにおいても「実験様式への工夫が感じられる」、「興味を持って取り組めた」、「将来報告書作成などを行う上でのスキルアップにつながった」などの評価が得られた。

3. 水棲生物を用いたタバコの神経毒性を評価する実験

概要：タバコに含まれるニコチンは神経に作用して心拍数を増加させたり筋肉を収縮させたりする働きがある。喫煙習慣が定着しやすい大学生にニコチンの影響を実感させることも一つの目的である。

レポート作成：「県の環境衛生局に勤務する技師として、一般の人々にも分かりやすい環境評価システムを開発する。その一環として、スジエビやイトミミズなどの水棲生物を使ってニコチンの影響を見る検査方法を開発することになった。」とし、開発した調査方法の有効性をレポートさせることとした。

評価と今後の展望：この実験は初秋から開発を始め、1月に実施する予定であったが、冬期になると、実験材料として予定していたスジエビの甲羅が厚くなり、心拍数の確認が困難となってしまった。そのため、実験システムとしては開発が終わっているが、実施することはできなかった。来年度以降夏期の実験として検討したい。

本会発に関する発表

大久保奈弥・小野裕剛・倉石立「生物学教材としてのサンゴの有用性」2011年8月 第61回日本理科教育学会全国大会（島根大学）日本理科教育学会全国大会発表論文集p.420

（文責：生物学教室 倉石 立・小野 裕剛
大久保 奈弥）

3) 科学的論述力を身につけるプログラムと教材

「科学的論述力を身につけるプログラムと教材」プロジェクトでは、ワークグループを構成して、主に実験を含んだ授業でのレポートの書き方に関して、月一回程度の会合を重ねてきた。会合は、将来的な教材の作成につながるよう分担を決めた上で、ワークグループ構成員が自分の授業での経験をふまえたプレゼンテーションをおこない、それについて構成員全体がディスカッションするという形式で進められた。さらに、教材作成のための素材という趣旨で、各回のまとめをウェブ・ページに掲載してきた。以下では、ウェブ・ページ掲載での項目にそって、各回の概略を述べる。

はじめに：授業での実験は、大部分は既知の結果を確認するだけのものなので、学生は手順通りの操作によって期待された通りの結果を得ることを目的としてしまい、自然科学的な手法の習得にとって大切な実験過程の記録と、実験結果の考察を疎かにしてしまいがちである。この問題に対する一つの有効な解決策は、一種の「ロールプレイング」を採用して、レポートの読み手と書き手の立場を仮想的に設定することである。明示的なロールプレイングは必ずしもすべての授業で採用できるわけではないが、たとえば、実験結果が未知であった時代の科学者の立場を意識することで、より説得力のあるレポートを書けるようになる。

基本的に大事なこと：他人が書いたものを写して提出するのは不正行為になるのはもちろんだが、出典を明記しないで書物やウェブから転載すると著作権を侵害することになる。さらに、ウェブ上の情報は信頼性が低いものも混在するので、十分な注意が必要である。また、実験に関するレポートでは、期待された結果を導くのに一見して不都合なデータでも、改竄や消去をせずに、忠実に記録していくことが大切である。期待通りの結果を得ることだけが重要なのではなく、実験データから結論を導くプロセスを学ぶことも重要だからである。

数字やデータの取り扱い：実験で扱われる数値には、必ず単位を付けなければいけない。単位は掛け算と割り算をすることもでき、自然現象の理解にとっては極めて重要である。また、測定結果を表示するときには、有効数字を明らかにしなければいけない。その際には、有効数字×桁数というように表し、桁数の表示には指数を用いる。

実験操作や観察の記録：実験をするときには、必ず実験ノートを用意して、後で実験の過程を再確認できるように、記録を残していかなければいけない。記録は、簡

潔で、具体的で、忠実であることが望ましい。また、実験ノートは実験者の私的な心覚えであるが、レポートは他人に向けての報告書である。レポートでは、情報を正確に、無駄無く、効果的に陳述しなければいけない。

何を考察すべきか：レポートでは、実験目的に対する実験結果の妥当性、実験中に気付いた現象、実験上で大事だと思ったこと、などについての考察を必ず書かなければいけない。良い考察を書くためには、当該分野についての基礎知識を養い、参考文献を活用し、積極的な好奇心を持つことが大切である。

文章表現のまづい例とその改善策：レポートでは、内容だけではなく、表現形式にも注意する必要がある。また、十分な情報量をもった表現になるように留意しなければいけない。

論理的思考：慶應大学日吉キャンパスでの実験を含んだ授業は、自然科学の授業ではあるが、自然科学における能力を伸ばすことだけが目的ではない。実験とレポート作成は、一般的な論理的思考力を育成するための絶好の場となっている。それは、実験中に起こる様々な事を、自分なりに考えて臨機応変に処理し、実験結果の正しさを、誤差などを考慮して検討する中で培われていく。学生が自分で考えて、結果に納得できるように、教員が質疑応答など通じて、うまく誘導していくことが大切である。

科目によるレポート作成上の注意：心理学では、実験対象が人間であることが多いため、実験対象となっている被験者のプロフィールや行動特性を記述することが必要である。その際に、個人情報取り扱いに注意し、インフォームド・コンセントに留意する必要がある。数学では、証明を書く事が、論理的思考力の育成にとってきわめて有効になるが、良い証明を書くためには、厳密さとわかりやすさの程よいバランスを、実践を通じて身につけていく必要がある。物理学では、学生にとって適切なレベルの教材を提供し、理解を質疑応答して確認しながらレポートを書かせることが大切である。化学では、室温などの実験条件によって、結果が左右されるので、実験条件を記録することが重要である。また、用語を正しく使い、データをわかりやすく正しく記録することも大切である。生物学では、図表を含んだレポートを作成することが多いが、レポート中での図表の入れ方には約束事がある。また、写真とスケッチの上手な使い分けに注意する。

ワークグループで発表・議論された内容の概略は以上

である。レポートの書き方については、レポートの分量や書式について分野ごとに違いがあるため、必ずしも統一した見解が得られたわけではなかったが、手順と結果がただ機械的に記してあるだけのレポートではなく、学生が自分で考えたレポートをいかに書かせるか、という

ことが共通の課題として浮かび上がった。さらに、そうした課題に対する対処法についても、一定の方向性は共有できたのではないかと思う。課題の共有と意見集積の場として、きわめて有益なプロジェクトであった。

(文責：数学教室 白旗 優)

4) 学生の学習背景を考慮した実習教材開発

① 数学教材

「学生の学習背景を考慮した実習教材」プロジェクトにおける数学教材の開発について報告する。これは、特に慶應大学商学部での必修科目である微積分Ⅰ、Ⅱを対象として行われた。慶應大学商学部の一般入試では、数学を選択するA方式と、小論文を選択するB方式の2つのタイプがある。それに即して一年次春学期に開講される微積分Ⅰも、A方式入学者を想定した標準の授業に加えて、B方式入学者用の授業を設置している。さらに、春学期の微積分Ⅰで単位を取得できなかった学生を対象として、秋学期に再度「フォローアップ」の微積分Ⅰを開講している。同様の形で、通常は一年次秋学期に履修される微積分Ⅱについても、二年次春学期に履修できるようにしている。

本プロジェクトでの教材開発は、以上述べたB方式対象の春学期微積分Ⅰ、秋学期の微積分Ⅰフォローアップ、春学期の微積分Ⅱに関わるものである。一般入試B方式で入学してくる学生の中には、高校教育の初期の段階で数学の学習を止めてしまった者もいる。それ以外の学生でも、数学の基礎的な能力が不十分なまま入学してきた者も多い。そのため、当該科目では、理論的な内容の講義よりも計算方法の習得に重点を置いて、まず手を動かして数学を体得してもらうことを目的とした授業を行っている。

具体的には毎回、穴埋め式のワークシートを用意して、それを授業時もしくは宿題として授業後に解かせて提出させている。提出された答えは採点し、成績評価の一部としている。一つのクラスには100人程度の学生がいるので、これは教員にとって相当な負担となる。これを可能な限りコンピュータを使ってシステム化しようというのが本プロジェクトの目的である。

以下では、作業の流れを教材作成、教材配布、答案の採点、採点結果の集計、という4つの段階に分けて、これまでに行ってきたシステム化について述べる。

教材作成：ワークシート中の問題は、これまで何年に

も渡って行ってきた授業での蓄積があるが、バリエーションを持たせるため適宜変更している。この作業を、問題の自動生成という形で行うことも当初は想定したが、それほど大掛かりなものは必要としないので、現時点では問題をすべてMathematicaノートの形でつくって再利用する、ということに済ませている。微積分の単純な計算はもちろんのこととして、ラグランジュの未定乗数法を使った条件付き極値問題なども、あらかじめMathematicaで解法を書いておけば、目的関数と制約条件を入れ直すだけで即座に変更できる。

教材配布：ワークシート自体は印刷して授業時に配布しているが、模範解答は後でまとめて慶應内部のWebシステムであるkeio.jpで配布している。また授業内容をすべて記載した講義ノートや期末試験用の練習問題を用意し、やはりkeio.jpで配布している。

答案の採点：提出された答案の採点は、現時点では手作業で行っている。以前はマークシートを利用していたこともあったが、マークミスなどの処理の煩雑さもあり、やはりマークするのではなく数字や式で解答した方が学生の理解が定着するのではないか、という考えから、穴埋め式のワークシートを採用することにした。後述するように、解答として記載された数字を機械的に読み取って、自動的に採点するというアイデアもあったが、それは現状ではまだ難しいことが分かった。

採点結果の集計：採点結果の集計では、スキャナーを使っている。読み取り対象は学籍番号と得点のみであるが、読み取った結果をそのままExcelで処理することができるため、物理的な答案を学籍番号順にソートして得点を入力する、という手間が省ける。答案の枚数が100枚以上になると、ソートと得点入力の労力は取るに足らないものではない。ただし、スキャンする場合でも、読み取りミスは必ずあるので、すべて再チェックしなければいけない。しかし現在使用しているOCRソフトにはそうした機能が十分に備わっているため、時間の大幅な短縮になっている。読み取った結果は、Excelで集計して、成績評価に使用している。

II. 活動報告

本プロジェクトで行ったシステム化の内容は以上である。若干残念だったのは、スキャナーの読み取り精度の問題で、どうしても目視による再チェックが必要なため、採点作業にまでスキャナーを使うことができなかつたことである。再チェックにかかる労力と、手作業で採点する労力を比較すると、後者の方が楽であると判断した。ワークシート記入枠のデザインを工夫することで、読み取り精度は改善できるはずなので、これは検討課題である。一方で、答案をスキャンしてしまうことで、後で物理的な答案を見なくてもすむというメリットもある。現時点では、まだ物理的な答案を保存しているが、将来的には画像ファイルとして残しておくだけで十分かもしれない。

数学の演習をコンピュータ化する際の最大の問題点

は、解答の入力にある。たとえば、Webブラウザ経由で練習問題をやらせようとする、解答として数字をキーボードで打ち込むことはできるが、数式を書かせることは非常に難しい。さらに言えば、手書きで数字を書くという行為と、キーボードで数字を打ち込むという行為は、計算を習得するという教育的効果の面で、かなり違うように思える。

一つの折衷案として興味深いのはiPadのようなタブレット端末の利用である。指で操作できるインターフェイスで、数式の入力がグラフィカルにできるようになれば、紙に手で書くという感覚を残しつつ、読み取り精度の問題などが生じないシステムをつくれるかもしれない。これは、今後のテーマとしたい。

(報告者：数学教室 白旗 優)

② 化学映像教材

学生の多くは、実験経験に乏しい。しかし、化学実験は危険を伴うものであり、また、きちんと行わないと環境を汚染する可能性もある。従って、実験マナーや基本操作を身に付けることは非常に重要である。学生にわかりやすい教材の一つとして、2つのグループがビデオ教材を開発した。

(その1)

実験に際しては予習をしてその目的や内容を把握しておくことが重要である。しかし、実験テキストという文字情報だけではわかりにくい。また、使用する器具や装置を実際に見ないと、イメージがわからない。特に、高校で化学を履修していないか、あるいは履修していたとしても実験をした経験がない学生もいるので、安全対策や化学実験の基本操作を説明してサポートする必要がある。たとえば、ガスバーナーをまだ使ったことのない学生もいる。そこで、実験のガイダンスの際に説明する内容を中心として、実験の基本操作（保護眼鏡の着用や廃液の回収方法も含む）に関するビデオ教材を作成した。また新しく開発した実験テーマ「中和滴定と可視吸収スペクトル」「自然放射線と放射能鉱物」「無電解めっきとフォトレジスト（鏡の作成）」の紹介用動画も用意した。これらの動画について、本事業のホームページで2011年7月から公開を始めた。動画は15～20秒程度のものを主とし、全部で約20本作成した。

(報告者：化学教室 大場 茂)

事業共同推進者：向井知大、小島りか)

(その2)

医学部の化学実験を担当しているが、1年生の多くは実験経験に乏しい。そのため、初回の授業では実験器具の名称とその使用方法を教え、環境上も重要である廃液処理をはじめ、実験を正しく進めるために不可欠な器具の洗浄方法、試薬の取り扱い方など、実験上の基本マナーを指導する必要がある。数年前から、ガイダンスの際に、重要な操作などの演示をより見やすくするために、家庭用ビデオカメラで手許をクローズアップして撮影し、リアルタイムに拡大映像をスクリーン上へ映す方法でガイダンスを行っている。このリアルタイム動画の導入により、教育効果の向上が見られた。特に、実験操作上のミスが減少したことは、失敗しやすいポイントが強く印象づけられた結果であると思われる。

ところが、本学部のカリキュラムでは、化学実験が隔週であるため、学習内容が定着しにくい状況にある。そこで、実験マナーや操作方法をより徹底させるために、自習用教材として有効に活用できる動画を制作した。撮影した動画を5分程度に編集してナレーションを入れ、動画サイト(YouTube)にアップロードした。これは、自宅PCばかりでなく、携帯端末を用いれば、通学途中でも随時視聴が可能である。また、本事業のWebサイトにも、2011年5月から順次公開を始め、直接閲覧できるようにした。また、必要に応じて授業時間内にも動画を見られるようにiPadへも保存した。

(報告者：化学教室 久保田真理)

5) 情報発信の活動報告

情報発信事業では、本取組の活動を、様々な方法で学内外に発信するために、広報の方法を検討した。本取組採択時の自然科学研究教育センター広報委員のメンバーが中心となって本事業を担ってきた。2010年度は、webサイトの開設、ロゴ選定、パンフレット作成、ニューズレターの作成などを行った。震災のため中止となったが第1回の自然科学教育シンポジウムのポスター、チラシ作製を行った。2011年度は、webサイトの改善、ニューズレターの発行を行った。また、前年中止となった第1回の自然科学教育シンポジウム実施に伴うポスター、チラシ作製を行った。さらに、本活動報告書の作成を行った。

1. Webサイトの開設

ホームページは、自然科学研究教育センターのホームページ作成と同じ業者の株式会社ヒーローガレージに委託した。センターと同様、CMSという方式を採用し、ブログ感覚で管理できるようにした。実験テーマのページは、前回のGPの際に開発したホームページの構成を引き継ぐ形にした。今回の大学教育推進プログラムが終了後も、この実験ページは引き続き、新規テーマの導入やこれまでの実験の改良という形で管理・運用していく予定なので、実験のページだけ今後も同じ形で管理できるようにした。また、前回のGPのホームページに掲載された実験テーマをクリックすると、今回の大学教育推進プログラムのホームページの当該テーマにジャンプするようにした。これにより、前GPのページからのリンク切れをなくすとともに、常に最新の実験内容を提示できるようにした。また、センターのホームページ開設時と同様に、ユニバーサルデザイン・ユニバーサルアクセスの観点から、中野泰志委員の紹介で、特定非営利活動法人 神奈川県視覚障害者情報雇用福祉ネットワーク (View-Net神奈川) にホームページのチェックを委託し、ホームページのアクセシビリティ評価と検証結果の報告書を作成してもらった。全盲・弱視・晴眼・色覚異常の方々からの評価結果にもとづき、視覚障害者にもアクセシビリティの高いホームページとなるように株式会社ヒーローガレージに修正を依頼して仕上げた。ホームページ作成業者はセンターホームページでの経験があるので、取り立てて大きな修正点はなく、読み上げ時にわかりやすくするようコメントをいれることで対応をした。

翌年ホームページの改修を株式会社ヒーローガレージ

に依頼し行った。特に化学分野において実験装置の取り扱いや注意点を動画にして、ギャラリー化し、そのページから実験テーマ説明のページでもその動画を使えるような管理画面の仕掛けを作った。これにより動画を1元管理できるようになった。また、各実験テーマの説明ページでは、縦に項目が並ぶため、それぞれの記述部分へすぐにジャンプできるようにアンカーとリンクを設けるようにした。これにより閲覧時の利便性が向上した。

2. ロゴ選定

ロゴは、GPという略称を使用してよいか不明であったので、昨年度センターのロゴの候補の中から球体のものを選び、ホームページ作成業者のアイデアで、そのロゴに球体が立体的に見えるように光沢を施したものとした(下図参照)



3. パンフレット作成

本取組のパンフレットをフルカラーでB5版2つ折りサイズで作成した。デザインならびに印刷は、サンパトナズ株式会社に依頼した。印刷枚数は1000部とした。

4. ニューズレター刊行

ニューズレターは、小野裕剛委員の担当の下、A4サイズ1枚両面で年2回の発行とした。3年目の事業が打ち切りになったことから、全3号が発行された。No.1は2011年2月、No.2は2011年10月、No.3は2012年2月に発行をした。小野委員がデザイン・組版したものを、梅沢印刷へ最終修正をお願いし、1000部印刷した。

No.1では、青木健一郎委員長から選定された事業内容についての紹介記事と自然科学教育シンポジウムの案内、そして本事業で実験開発担当として雇用された心理学、生物学、化学、物理学の研究員の紹介記事が掲載された。

No.2では、中野泰志委員から心理学教育の試みについて紹介があり、化学分野での新たな実験テーマ開発に

II. 活動報告

ついて詳細な記事が掲載された。物理学・生物学分野の実験開発の進行状況も紹介された。また、慶應義塾一貫校とのワークショップ報告も掲載された。

No.3では、青木健一郎委員長からの本プログラムの総括と物理学、化学、生物学、心理学分野の各研究員からの実験テーマ開発記事などが掲載された。

5. 自然科学教育シンポジウムのポスター・チラシ作成

ポスターは菊江佳世子氏にデザインとpdf作成をお願いし、自然科学研究教育センター事務局にカラーコピーをお願いした。チラシは、梅沢印刷に作成・印刷依頼をし、A4サイズで1000枚とした。

6. 活動報告書

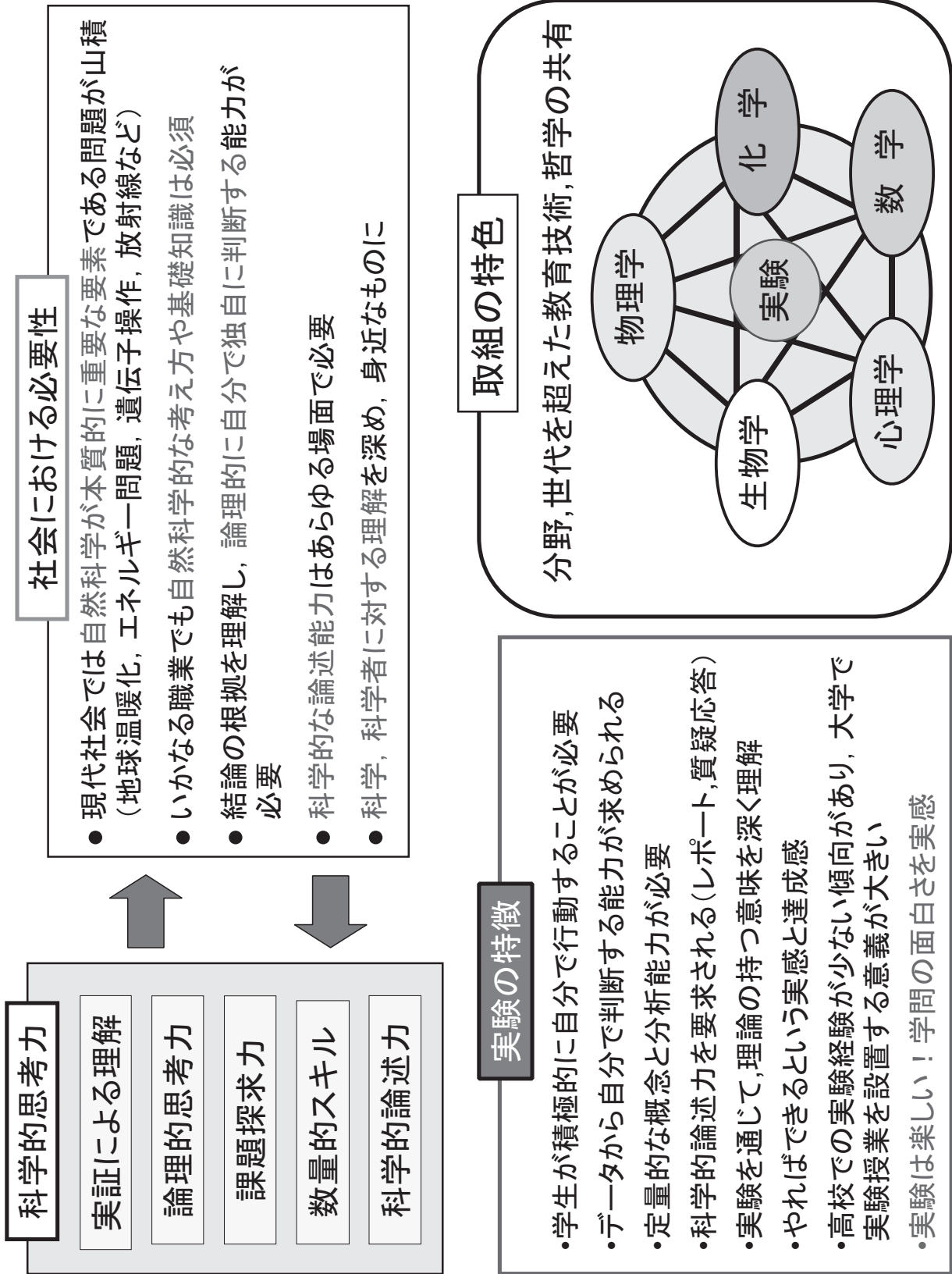
久保田真理委員の担当の下、目次作りから始めて、執筆依頼、原稿集めが行われた。サンパートナーズ株式会社にデザイン・印刷を依頼した。当初の予定通り2010年度および2011年度の2年分の活動を1冊の報告書にまとめたものとした。

パンフレット、ニューズレター、シンポジウムチラシ各1000部は、日吉地区および自然科学教育に関係するところへ配布する目的で、日吉全教員、矢上全教員、一貫校校長・主事、各キャンパス教員室・事務室、三田学習指導、学部長・日吉主任などに配布し、文科省イベント時配布用に150部、予備50部残した。

(文責：小林 宏充)

1. 本取組調書

① 取組概要



② 申請書

取組の概要	大学等名：慶應義塾大学 取組名称：科学的思考力を育む文系学生の実験の開発
<p>現在社会には、文系、理系などに単純な分類ができないあらゆる分野の関与する重要な問題が山積しています。このような社会で活躍するためには、専門領域に留まらない幅広い教養とともに論理的思考力に裏付けられた分析能力が必要です。本取組では、文系学生が自然科学の実験や実習を通してデータの定量的な評価を行い、問題の本質を見抜き、解決策を考えることができるような総合的な科学的思考力を育成するプログラムを開発します。さらに、得られた理論、根拠と結論をしっかりと文書と口頭で表現できる学生を育成することを目的とします。科学的思考力を全学生に確実に身に付けさせる方針はまさに慶應義塾の「実学」の伝統でもあります。文系学生にとっての自然科学は専門外の総合教育科目であり、これを充実させることは幅広い教養教育の一部でもあり、初年次教育の重要な一部でもあります。実験は伝統的な参加型授業であり、学生が自分の行った実験について論述を行い、質疑応答をする双方向型学習です。取組の実施においては、自然科学の様々な分野の教員が議論、協力して行い、他分野の良い点を互いに取り入れます。さらに、教育経験の少ない研究者や教育者を積極的に取り込み、彼らの教育力向上をはかります。本取組は以下の5つの事業を柱として進めます。</p>	
<p>I. <u>心理学の体験型実験を含んだ授業の開発</u>：過去の特徴GP（平成17年度採択）で今後の課題であった心理学の基礎実験と講義を組み合わせた科目を開発し、導入します。心理学は、扱う現象は人文・社会科学的でありながら、方法論は自然科学的である特徴を持っており、科学的思考法を人文・社会分野に適用する能力を養う役割を果たします。少人数クラスで心理実験を実施し、思考力や論述力等を育成する試みは全国的にも希で画期的です。</p>	
<p>II. <u>新たな実験テーマの開発</u>：今までとは異なった新しい方向性を持った化学、生物学、物理学の実験のテーマを開発し、導入します。一つは実験課題や方法が事前に設定されていないテーマであり学生は自分で課題と方法を考えつつ実験を行います。結果を導く思考力が要求され、課題探求能力が育まれます。慶應義塾大学では文系の専門課程学生に対して実験要素を含む授業を開講しており、このための実験テーマの開発と改良も行います。</p>	
<p>III. <u>科学的論述を身につけるプログラムと教材の開発</u>：現在、日本の大学生の論理的に議論する能力、そしてそれを記述する能力の不足が危惧されています。本大学における実験と講義を組み合わせた自然科学の授業では、学生に科学的論述を求め、その能力の育成を行っています。この事業では学生による科学的な論述、プレゼンテーションの実践において、それに必要な要素と評価法を明示し、科学的論述法に関する教材を作成し、導入します。レポートの書き方について、物理学、化学、生物学、心理学、数学の教員が共同し、自然科学全般に通用する科学的論述の本質的な部分を整理し、教材を開発します。</p>	
<p>IV. <u>学生の学習背景を考慮した実習教材開発</u>：慶應義塾大学では、文系学生の大半が実験を含む授業を履修し、経済学部、商学部では数学が必修となっています。自然科学科目（および実験）に対する多様な入学以前の経験度を持つ学生が混在していますので、それぞれの経験のレベルに合わせて自習もできる補助的な教材開発を行います。このような大学入学以前での学習背景の差へのきめ細やかな対応は初年次教育の重要な要素であると思われます。教材はwebを使って学生に容易にアクセスできるようにし、必要に応じて学生が解答を入力するインターフェースを持つ、積極的な情報通信技術の活用をしたものです。数学補習教育のシステム化（Ⅳ－1）、科学実験の基本およびテーマ説明用マルチメディア教材開発（Ⅳ－2）、科学リテラシー向上のための教材開発（Ⅳ－3）といった内容を実施します。</p>	
<p>V. <u>情報発信</u>：webサイト、シンポジウム、論文などを通じて内容と成果を広く公開していきます。</p>	

1 取組について

(1) 取組の趣旨・目的

背景と全体的趣旨：

慶應義塾大学では文系4学部（文学部、経済学部、法学部、商学部）の学生のための実験を含めた自然科学の講義を設けており、現在1学年あたり4,000人程度いる学生のうち7割程度がこれを履修しています。この少人数グループでの実験重視の講義は新制大学として開設した1949年よりずっと続けています。文系学生のための自然科学実験の意義が広く認知されるようになり、開講する大学は少し増えてきていますが、我々の規模で実施している大学は国内には類を見ません（参考：データ3）。本取組の目的は特色ある大学教育支援プログラム（以下、特色GP）で改良した伝統あるカリキュラムを発展させ、全学生が確実に総合的な科学的思考力を身に付けられるプログラムや実習教材等を作成することです。総合的な科学的思考力とは、実証に基づき論理的に思考し、その結果を論述する能力です。これはまさに実学（サイヤンス）の精神に他ならず、慶應義塾大学では全学生がこれを確実に身に付けることを重視する伝統を持っています。

これまで、文系学生のために物理学、化学、生物学の実験を含む授業を設置していましたが、心理学の実験を含む授業は設置していませんでした。心理学は文系学生にとって身近な心理現象を扱うため、毎年半期あたり3,000人程度の学生が履修する人気講義（参考：データ1）です。特色GPの研究でも、実験を含む心理学の授業に対する学生の期待が高いこともわかっています。心理学専攻以外の学生のために心理学の基礎実験を開講しているケースは全国的にも皆無なのは、カリキュラム、教材、実践例等がほとんどないためです。そこで、本取組では実験を含む心理学の授業を立ち上げ、その成果を情報公開します。文系学生にとって関心の高い心理学を通して、科学的思考力や論述力を育成するカリキュラムは他大学にとっても有意義だと思われれます。

実験を含む教育は長い間存在してきた参加型授業です。過去の特色GPでは、実験が科学の意義や問題解決の楽しさ等を実感する上で有効であることを明らかにしました。伝統的な実験では学生に方法を指示し、得られた結果から結論を理論的に導き考察します。本取組では、これをさらに発展させ、課題を発見し、解決方法を探る面白さや楽しさを育み、科学者の偉業を体験的に理解できる課題探求型実験テーマを開発します。学生が総合的な科学的思考力を習得するために、伝統的な実験と課題探求型実験を組み合わせることが有効かつ重要です。実験授業は学生同士が教え合う環境を自然に作り出しますが、課題探求型実験では、さらに学生の発想に教員も刺激を受けて教わる機会も生じ、慶應伝統の半学半教の精神をより強く実現します。

実験を含む授業では科学的な論述を求められる機会が必然的に多く生じます。しかし、このような論述の指導については基本的に各科目で各教員が独立に行っているのが現状です。学生の科学的な論述能力の質を保証する上で、様々な自然科学科目の教員が共同して論述の普遍的な本質を整理し、学生に伝える必要があり、そのために教材を開発して導入し、指導します。

慶應義塾のように文系学生の大半が実験を含む講義を履修するという事は、必然的にあらゆるタイプの学生が履修するという事を意味し、高校までの自然科学に関する学習背景も実に様々です。自然科学に強い興味を持ちながらも、学習経験が少ないために躊躇したり、困難に感じる学生も多くいます。そのような多様な学生によりきめ細やかに対応していく必要があります。このために、補助的な教材を学生の学習経験に合わせて開発します。それとともに学習成果を把握するために学生の科学リテラシー能力を多面的に測る方法を作り、導入していきます。

本取組の内容と成果はweb、シンポジウム、論文、学会等での発表を通じ、情報発信します。

取組の具体的な目的：

本取組の目的は、実証に基づいた講義を履修することを通じて、文系学生が自分で独立に分析し判断する能力、そしてそれを論述、口述をもって表現する能力を習得することです。このような能力を総合的な科学的思考力とよんでいます。以下で事業ごとに具体的な目的を説明します。

I. 心理学の体験型実験を含んだ授業の開発：心理学を専門としていない学生のための心理学の体験型の基礎実験を含んだ授業は全国的にも例がありません。これを開発して導入し、公開します。文系学生にとって関心が高いけれども、直接観察することが困難な「こころ」という現象へも科学的にアプローチできることを体験的に理解させることを目的とします。

II. 新たなる実験テーマの開発：以下の具体的なプロジェクトを中心とし、今までとは異なった新しい方向性を持った実験テーマを開発、導入します。

Ⅲ. 資料編

Ⅱ-1 課題探求型実験：実験は自然との対話であり、単に用意された機材を使い、指示された方法で実験を行うのは理想的とは言えません。学生が自分で実験課題を考え、検証に必要な方法を求め、実験を実施し、結果を解析し、結論を得る実験テーマを開発します。学生が真の実験を体験し、自分で課題を探求して解決する能力を習得することが目的です。

Ⅱ-2 高学年生の通常教室での実験：本大学では文系学生の専門課程学生に対しても実験要素を含む授業を近年開講しています。この授業は、自然科学の複数の分野を組み合わせている、実験環境ではない通常の教室で行う、90分内に実験及びレポート作成まで行う、専門課程学生に特化している、といった面で我々の伝統的に行ってきた実験を含む授業とは全く異なる性質を持っています。この授業のための新たな実験テーマを開発、導入します。授業は文系学生が大学を卒業して社会に出る前に、自然科学的な考え方や知識を身につけることが目的です。

Ⅲ. 科学的論述を身につけるプログラムと教材の開発：科学的な論述法について情報を共有して整理し、教材を作成し導入し、学生に科学的な論述をする能力を習得させるのがこの事業の目的です。実験では、データを数量的に解析し、その結果から論理的に結論を導き、それを論述し、また口頭でも説明することが求められます。分野間、またテーマにより要求されるものが異なる場合がありますが、自然科学全般に通用するような論述の本質的な部分を整理し、教材として学生に提供します。我々の目指すのはレポートの基本的な書き方の指導に留まらず、論理的な記述をしつつ、学生が創造性を発揮できる論述の指導です。

Ⅳ. 学生の学習背景を考慮した実習教材開発：大学入学以前における理系科目の履修状況が多様な学生層を考慮し、自習用の教材の開発を含め、よりきめ細かい指導をします。そして、学生が高校までの学習経験によらずに、確実に科学的思考能力を習得するのが本事業の目的です。学生のレベルに合わせるだけでなく、講師の目的に合わせて必要に応じてカスタマイズできるようなものを目指しており、以下に説明する具体的なプロジェクトを行います。開発する教材は、対面による通常の授業を補完するものであって、代替するものではありません。しかし、自分が不足していると思う面を学生がwebインターフェースを通じて容易にアクセスし、自分の都合に合わせて実習で補えるのが重要な面です。

Ⅳ-1 数学補習教育のシステム化：数学的な概念を理解するには実際に自分で計算をする実習が必要です。これを講義の目的と学生のレベルに合わせて、webを用いて提供します。

Ⅳ-2 科学実験の基本およびテーマ説明用マルチメディア教材：自然科学科目を履修する文系学生には、高校で実験を十分に経験してきた学生もいますが、中には実験の経験がほとんど無く、基本的な実験器材の使い方も知らない学生も多くいます。実験の基本概念や実験の基本操作は文字と図だけのテキストだけでは説明しにくく、使用する器具や装置を実際に見ないとイメージがわからない場合も多いです。ビデオを含め、マルチメディアの教材を開発して導入することにより、どの学生でも確実に理解をし、内容の本質を習得できるようにするのが本事業の目的です。どのような状況、場面で活用するのが有効であるかも調査し、導入の参考にします。

Ⅳ-3 科学リテラシー把握のための教材開発：教材を開発したり、実習、実験を行ったりした際に内容がどの程度身につけているかを把握するための教材を開発します。成績評価のための試験ではなく、より楽しみながら科学リテラシー能力を多面的に測る手法を開発し、学生の科学リテラシーとともに教育の効果をフィードバックし、教員の教育力を向上させていくのが目的です。

Ⅴ. 情報発信：webサイト、シンポジウム、報告書、ニューズレター、学会発表などを通じて本取組の内容、経過そして成果を公開していくことがこの事業の目的です。

学習成果の明確化について：Ⅰ、Ⅱの実験を含む授業においては、学生が実証に基づいて理論的に結論を導き、それを論述できるかが学習成果として評価されます。そして、レポートにおける論述についてはⅢの論述に関する事業からフィードバックされ、さらに明確化されていきます。学生が実際に自分で有意義な課題を設定し、方法を見出して、結論を得られることがⅡの学習成果でもあります。講義と組み合わせ、総合的な科学的思考力が成果として得られているかをいかにして測るかを考え、それをを用いて調査し、結果を教育者にフィードバックしていくのがⅣの事業の重要な一部です。大学入学以前の学習環境を考慮し、それに関わらずに学習成果が得られることが目的となります。また、実験、実習においては、レポートの評価やフィードバックだけではなく、質疑応答も行っており、これを通じて内容を理解しているかを把握していきます。

学士力確保・教育力向上について：実証に裏打ちされた論理的思考に基づいて結論を導き、それを論述、口述する能力である総合的な科学的思考力は学士全員に求められる能力であると我々は考えています。これはまさに実学の精神でも

あります。これを確実に学生が身に付けることが本取組の目標です。このような能力は自然科学系の分野だけではなくあらゆる分野で役立つものであると考えています。心理学の実験を含めた授業を開発することは、科学的方法を人文社会的な分野で適用する場合の例を、学生に体験させる場を提供することとして大変有意義であるでしょう。また、長期的に創造性のある業績を残すためには分野的にも内容的にも幅広い教育の基礎が必要であり、自然科学教育はその一部になります。全ての学生が確実に学士として求められる科学的思考力を習得するために、科学的論述に関する教材を開発し、また、学生の大学入学以前の学習状況を考慮した補助的な教材を開発するのも本取組の重要な一部です。

実験を含んだ授業の開発、科学的論述に関する教材の開発、等の事業においては自然科学研究教育センターが中心となり、分野を超えて教員が情報交換と議論をして開発します。開発した授業、教材がどの程度効果があるのかをいかにして測るかを検討し、様々な調査を行って検証し、改善していきます。センターには理系学生を教育する教員も所属しており、彼らの経験や考察も含めて幅広い見地から検討を重ねます。さらに検討結果を理系学生への講義でも参考にし、活用します。この過程で、教員は授業内容、学生の評価を含め、様々な情報を共有し、共同で検討を行い、教育力は確実に向上するでしょう。さらに、まだ教育経験の浅い研究者、教育者を積極的に取組に採り入れて、教育の経験を積ませることにより、彼らの教育力向上を達成します。このような新たな教員の斬新なアイデアも検討することにより、他の教員の教育力も向上します。

「三つの方針」を基に行われていることについて：卒業認定・学位授与については、各学部にかリキュラムが規定されており、その科目群ごとに卒業に必要な単位数が規定されており、明示されたものが全学生に配布されています。これに従って卒業認定・学位授与が行われています。

カリキュラム編成については、各学部で規定されており、その重要な一部が総合教育科目です。今回の取組で取り扱う文系学部学生にとっての自然科学の科目は総合教育科目に属し、文系学部共通で開講されています。どの学部でも自然科学教育の重要性を認め、それを一定単位数以上履修する必要がある選択必修制を設けています。

入学者受け入れポリシーは、各学部の入試制度、求める学生、そして過去の受け入れ状況等の情報をホームページや入試要項で開示し、それに沿って学生を受け入れています。文系学部入学者の内訳は本申請書の（様式4）3「データ、資料等」のデータ4として含めてあります。

(2) 取組の達成目標

達成目標を事業ごとに以下で説明します。

- I. 心理学の体験型実験を含んだ授業の開発：体験型の基礎実験を含んだ心理学の授業を開発し、学生が履修することが達成目標です。また、学習達成度をチェックするためのチェックリストや効果的なレポートのフィードバック方法を開発します。さらに、授業アンケート、レポートやプレゼンテーションの質等を検討し、授業を改善していきます。
- II. 新たな実験テーマの開発：開発した新たな実験テーマを授業に導入することが達成目標です。授業を実施した結果より内容を再評価し、改良も続けていきます。
- III. 科学的論述を身に着けるプログラムと教材の開発：科学的論述の方法を説明した教材を開発し、それを学生に配布して実際の実験や実習の現場で活用します。その教材を使って実際に大半の学生が論理的にデータを解析して結論を導き、それを説明できることが達成目標です。学生が提出する実験レポートの調査をすることで教材の有効性が評価できます。
- IV. 学生の学習背景を考慮した実習教材開発：学生の科学的リテラシー能力を多面的に評価する方法を開発し、それを元に学生の大学入学以前の自然科学の学習経験の差を考慮した教材の必要性を把握します。それに基づいて補助的な教材を開発し、導入します。そしてさらに、学習効果を測定し、有効性を調べて教材を改良していきます。
- V. 情報発信：本取組の内容、経過と成果をwebサイトを中心として公開することが達成目標となります。さらに、シンポジウム、報告書類、そして学会での発表も行うことが目標となります。

(3) 取組の具体的内容・実施体制等

事業Ⅰ、Ⅱ、Ⅲは総合的な科学的思考力を学生が確実に会得するための授業を開発するものです。大学入学以前の学習背景に関わらずこの目標を達成するために事業Ⅳを行います。さらに、事業Ⅴで成果を広く公開します。本取組は自然科学研究教育センターの教職員が中心となって自然科学部門の教員が実施します。当センターには物理学、化学、生

Ⅲ. 資料編

物理学、数学、心理学と様々な自然科学の専門をもった教員が所属しており、多面的に取組に参加します。本取組がスタートした時点で実行委員会を立ち上げ、センター所員の教員と職員が率先して実施にあたります。本取組のために教育経験の少ない研究者をセンターを通じて大学特別研究教員として雇用し、事業を推進し、かつ教育者を育成していきます。また、新科目を導入するなどの措置が必要な場合は、それぞれの学部と協力して事業を行います。事業ごとの特色を以下で説明します。

I. 心理学の体験型実験を含んだ授業の開発：心理学の基礎実験（錯覚の測定実験、記憶実験、等）と講義を組み合わせた文系学生のための科目を文系学部の専任教員が協力して新たに開講します。長年にわたり、物理学、化学、生物学の実験と講義を組み合わせた授業を設置している経験、知識とシステムを活用します。

II. 新たな実験テーマの開発：新たな実験テーマの開発を行います。特に従来の実験とは異なった課題探求能力を育てる、方法や課題が既定されていない実験が主要な部分です。このような実験では、ある程度枠組みを決めて実現性を高めながらも、学生に自由度を持たせることが必要です。検討中の構想の具体例をあげます。[自然界における放射線] まず昆布などのサンプルで放射線が発生していることを確認し、測定器の使い方を理解します。測定器を用い、自然界の放射線について自分で目的を設定し、測定します。物理的な側面（放射線の種類、遮蔽、距離依存性、等々）からより身近な側面（食品や環境に含まれる放射線等）を目的とする学生まで色々想定されます。[音の違い] 簡単な標準音のスペクトル解析をして理解します。その理解を用いて、「音の違い」について調べます。学生によって、調べる音（楽器の違い、声の違い、等）、音の違いの特徴付け、などが異なってきます。

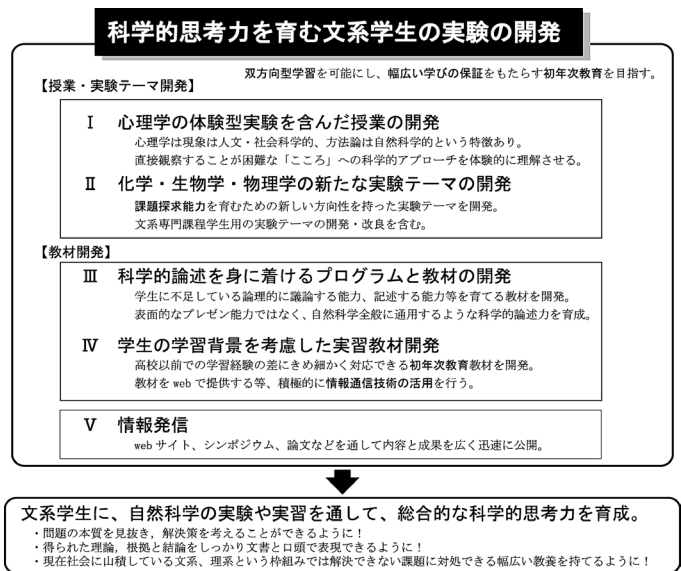
Ⅲ. 科学的論述を身につけるプログラムと教材の開発：科学的論述法に関する教材を開発、導入し、学生の科学的な論述、口述の実践を通じて論述力を習得できるようにします。全科目の教員が共同し、自然科学全般に通用する論述の本質的な部分を整理し、教材を開発します。

Ⅳ. 学生の学習背景を考慮した実習教材開発：慶應義塾では、大半の文系学生が実験を含む授業を履修しているため、自然科学科目の様々な学習経験を持つ学生が混在しています。学生が自分で必要な部分を補える情報通信技術を活用したマルチメディア教材を開発します。特に数学の実習教材、実験の機器の説明、テーマの解説などの教材を開発し、単にコンテンツを得るだけでなく、学生が演習で解答を入力するような教材も開発します。実施にあたっては実際の授業での試行錯誤を経て、その有用性を確認しながら、順次構築していきます。担当教員と学生のニーズに応じて、柔軟にカスタマイズできる可塑的なシステムを計画しています。

V. 情報発信：本取組の成果は自然科学研究教育センター内webサイトを中心としてシンポジウム、報告書なども通じて公開します。webサイトは担当者が常時更新できる環境を作ります。

見込まれる他大学等への波及効果について：

本取組の成果は事業Vを通じてweb、シンポジウム等を通じて積極的に広く公開します。実験を開発し、導入することは、機材を選定し、安全性も考慮し、テストを重ね、テキストも作成する時間と労力の必要な作業です。そのような過程を経た内容の詳細をテキストを含め公開することは、他大学でも参考になる面が多くあると信じています。実際、過去の成果に関しては様々な問い合わせが現在もあります。特に、事業Iの心理学専攻以外の学生のための心理学の基礎実験と講義のプログラムは我々の調べた限りでは他に例が無いと、画期的であり、波及効果が期待されます。IIの課題探求型の実験も新しいタイプの実験であり、慶應の規模で導入し、運用した結果は他大学でも参考になると思います。また、専門課程学生のための実験は実験室が無い状況での「出前」的なものであり、実験施設が無くても行える実験として他機関でも参考になるでしょう。IIIの科学的論述に関しては、理系学生のレポートの書き方という観点ではなく、文系学生にも求められる、他分野に応用できる科学的論述であるので汎用性が高いと考えています。さらに、現在は多様な学習背景を持つ学生に対応していく事は全ての大学に必要な事であり、そのために開



発した科学リテラシーを測った結果、作った教材は広く参考になるでしょう。

(4) 取組の評価体制・評価方法・評価結果の反映

①評価体制

達成目標に対する評価体制について：評価は、a) 個々の講義に関する自己評価、b) 同じ科目を担当している教員同士による相互評価、c) 科目を越えたシステム評価、の3つの観点で実施します。自己評価はクラス毎に各授業の評価を実施し、相互評価は同科目を担当している教員同士が教科としての達成度を評価し、システム評価は各教科の代表が集まって行うとともに、外部の有識者も招いてシステムの正当性を評価します。

終了時における評価体制等について：取組期間中に、評価方法を確立し、自己評価、相互評価、システム評価をルーチン化できるようにします。評価システムをルーチン化するためには、他大学の実践を調査する調査費、評価の取りまとめや記録等を行うアルバイト謝金、評価会議を実施するための会議費、外部有識者を招聘するための謝金等が必要になります。財務支援期間終了時には、学外の有識者を招聘してシンポジウムを実施し、自己評価、相互評価、システム評価がどのように機能したかについて議論を行います。なお、財務期間終了後も自然科学研究教育センターを中心に3つの観点での評価は継続し、必要な経費はセンターで予算化する計画です。

②評価方法

a) 個々の講義に関する自己評価：講義を担当している教員が、開発した実験や教材を試用し、その効果を学生の態度、達成度、満足度等に基づいて評価します。b) 教員同士による相互評価：同じ科目を担当している複数の教員で、開発した実験や教材、それぞれの講義の目標設定や進め方等を持ち寄り、相互評価を実施します。c) システム評価：各科目で設定している目標や学生の達成度、開発した実験・教材等を持ち寄り、全体がシステムとして有効に機能しているかどうかを、外部の有識者も交えてシンポジウム等を開催して議論します。

③評価結果の反映

それぞれの講義の改善には自己評価の結果を、科目としての目標設定や進め方等に関しては相互評価の結果を、自然科学全体としての方向性等に関してはシステム評価の結果を反映させます。

(5) 取組の実施計画等

①取組の全体スケジュール及び各年次の実施計画

全体としては、実験、教材の開発は初年度に行い、二年度は導入を始めて、内容を検証し、三年度に本格的に導入し、改良を続けるというスケジュールになります。情報発信は初年度より積極的に行います。以下で年度ごとに、各事業の実施計画を説明します。

平成22年度の実施計画：

- I. 心理学の体験型実験テーマを開発し、予備実験を行います。既存の講義にいくつかテーマを試験的に導入します。その結果を検証し、テーマ、また導入する授業の形式などを検討します。
- II. 様々な課題探求型の実験テーマを検討し、選定を行い、さらに予備実験を行います。教員の中でのアンケート調査を実施し、テーマの選定等の参考にします。また、その他の新しい方向性を持った実験のテーマを検討し、選定、予備実験を行います。
- III. 自然科学の各分野の教員が集まり、レポート等の学生の論述したものに求められる、自然科学において普遍的な基準をまとめます。それを、過去の学生の提出物を参考にして必要性和改良すべき点を検証し、それをを用いて教材を開発します。教員へのアンケートを実施し、教材の改良すべき点を徴集し、検討します。
- IV. 補助的な教材/演習の開発では、まず既存の同種の教材を収集します。そして、仕様の確定に向けて実験的作業を行います。特にwebで学生が教材を円滑に利用できるように、学生の入力の仕方、また、演習に関しては結果の評価の自動化について様々なテストを行います。教材作成のための機材を購入し、使い方のトレーニングを行い、データを製作、収集します。
- V. 本取組のホームページを立ち上げ、内容を公開します。事業担当者が随時情報を入力できるシステムを開発し、専門業者の助けを借りて導入します。シンポジウムを行い、本取組の内容を公開するとともに、外からの意見を採り入れ、取組を改善していきます。

Ⅲ. 資料編

平成23年度の実施計画：

- I. 試験的に心理学の体験型実験を含んだ授業を小人数で開講します。その結果を検証し、導入する授業のシステム、などについて検討します。テーマについての開発と改良を続けます。
- II. 課題探求型の実験テーマを一部で導入し、効果を測定し、テーマを改良します。学生へのアンケートを実施し、このような実験に対する需要を調べ、さらなる開発の参考資料とします。その他の新しい実験テーマも導入し、効果を検証し、改良します。
- III. 科学的論術に関する教材を一部の授業で導入し、導入前と比較し、効果を検証します。改良すべき点を調査、検討し、教材を改良します。学生と教員へアンケート調査を行い、学生の意見、需要と効果について調査します。
- IV. 初年度の成果に基づいて、補助的教材や演習を導入します。学生の達成度と意見を調査し、改良を行います。また、さらに新たな教材の作成を行います。
- V. 本取組のホームページに成果を公開します。シンポジウムを行い、取組の成果を検討し、さらに改良すべき点を洗い出します。論文、学会、フォーラムなどを通じて成果を発表します。

平成24年度の実施計画：

- I. 心理学の体験型実験を含む科目を開講し、学生が他の通常の講義と同様に履修できるようにします。授業の検証と改良を続けます。
- II. 課題探求型の実験テーマやその他の新たな実験テーマを本格的に導入します。その効果を検証し、改良を続けます。
- III. 科学的な論述法に関する教材を本格的に授業に導入し、効果の検証と改良は続けます。
- IV. 補助的な教材/演習を本格的に導入し、システムの改善、効果の検証と改良も続けます。
- V. ホームページに本取組の成果と内容を公開します。シンポジウムを行い、成果の検証を行うとともに、これからの方向性を検討します。成果は論文、学会、フォーラム等を通じて発表します。

②取組の実現可能性（現状や実績等）

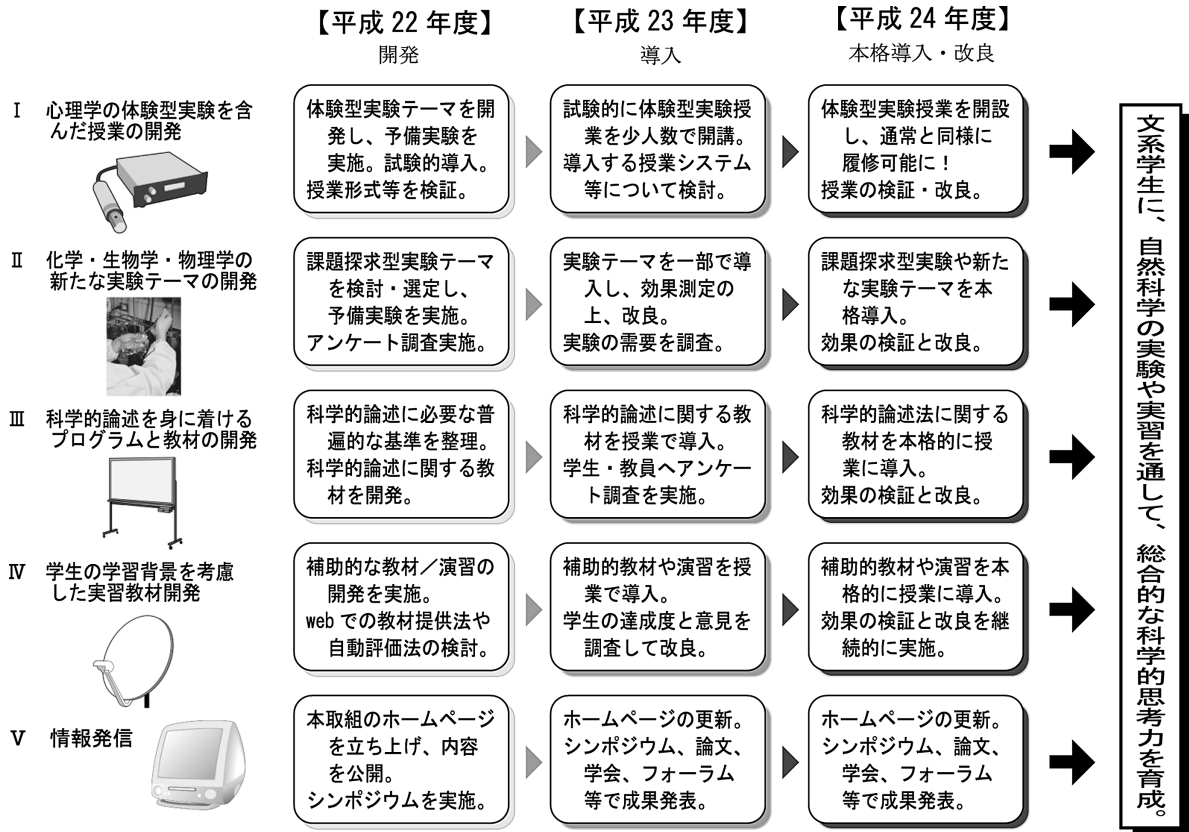
積極的に教育に取り組む研究者を本取組のために各分野で雇用し、確実に事業を推進します。以下ではさらに、現状と実績を考慮し、取組の実現可能性が高い理由を事業ごとに説明します。

- I. 現在、慶應義塾大学では物理学、化学、生物学の実験を含んだ講義が長年開講され続けてきており、多数の文系学生がこれを履修しています（3. データ2参照）。心理学の本格的な実験を含んだ講義は、内容こそ新しいですが、このシステムを大幅に踏襲して始めるので十分に実現可能です。また、心理学の講義を多くの学生が履修している実績があり、既に簡単な実験を試験的に導入した経験もあります。大きな需要もあるので学生の積極的な履修も予想されます。
- II. 物理学、化学、生物学の実験を含む講義では、常に新しい実験の課題を導入し続けてきた実績と、経験の蓄積があります。課題探求型の実験の導入は新しい試みですが、今までの経験とシステムを活用し、新しい実験を開発し、導入することは十分達成できると考えています。
- III. 我々は数多くの実験レポートを長年採点してきた経験があります（3. データ2参照）。そこでは、各教員が工夫して様々な重要なポイントを学生に伝えてきています。本事業では、これらの経験と考え方をまず集めて整理し、それから新たな教材を開発していくので、確実に実現できると考えています。そこでは分野、学部などを越えた教員のノウハウの共有が必要ですが、あらゆる自然科学の分野の教員が所属し、交流している自然科学研究教育センターが核となって推進できます。
- IV. 我々は数多くの多様な文系学生に自然科学の実験を含めた双方向型の講義を開講し続けてきており、多様な学生にどのように対応するかというノウハウが教員に蓄積されています。どのような教材が必要であるかというアイデアは各教員が持っており、それを共有し基にして教材を開発していくので、順調に実現できると考えています。また、必要な情報通信技術は自然科学研究教育センターのホームページなどでも活用している実績があります。
- V. 自然科学研究教育センターでは、ホームページ（<http://www.sci.keio.ac.jp/>）を積極的に運用している実績があります。さらに、過去に選定された特色GPではホームページを積極的に活用して情報発信し、今でも自然科学研究教育センターを通じて公開し続けています。この情報を通じて今でもマスコミ、他大学よりセンターへ問い合わせや依頼が来ています。このような経験の蓄積を用いて情報発信は確実にできる目論見があります。また、自然科学研究教育センターでは、シンポジウムを開催した実績もあり、定期的に外部講師を招いて講演会も開催しています。ニュー

ズレターも定期的に刊行しており、web上以外でも情報発信は確実に行えます。

③財政支援期間終了後の大学等における取組の展開の予定

- I. 心理学の体験型実験を含んだ講義科目の開発：開発した実験を含んだ講義科目は設置し続けて、学生の需要に答えます。さらに改良、発展させて行きます。
- II. 新たなる実験テーマの開発：開発したテーマは授業に導入して利用し続けます。慶應義塾大学の文系学生のための自然科学の講義と実験は連動しているの、教員にとっては実験テーマの選択肢が増えることにより、講義の質の向上と幅の拡大につながります。
- III. 科学的論述を身につけるプログラムと教材の開発：科学的論述に関する教材は学生に配布し続け、また改良を続けます。また、教員間で科学的論述のしかたについての評価の考え方を共有することによって評価がより合理的なものとなり、学生にも良い効果を及ぼすと思われます。
- IV. 学生の学習背景を考慮した実習教材開発：開発した教材を使い続け、学生に成果を還元します。そしてそれをさらに充実させて行きたいと考えています。
- V. 情報発信：自然科学研究教育センターのホームページ内にwebページを維持し、それを中心として情報発信は続けます。本取組の成果は新しい成果とも連動させて公開し続けます。



Ⅲ. 資料編

2 大学・短期大学・高等専門学校の基本情報

(1) 大学・短期大学・高等専門学校の規模（平成22年5月1日現在）

大学等名	慶應義塾大学				
	学部又は学科名（*1）	収容定員数	入学者数	在学者数	専任教員数
*2	文学部	3,200	808	3,543	136
全学	経済学部	4,800	1,215	5,223	131
	法学部	4,800	1,275	5,300	113
	商学部	4,000	1,032	4,386	107
	医学部	622	113	626	527
	理工学部	3,691	1,041	4,222	280
	総合政策学部	1,700	448	1,990	60
	環境情報学部	1,700	459	1,976	64
	看護医療学部	415	105	458	47
	薬学部	1,200	232	1,043	68
	DMCセンター	-	-	-	1
	大学所属	-	-	-	2
	言語文化研究所	-	-	-	7
	メディア・コミュニケーション研究所	-	-	-	5
	産業研究所	-	-	-	5
	附属研究所斯道文庫	-	-	-	6
	体育研究所	-	-	-	19
	保健管理センター	-	-	-	15
	教職課程センター	-	-	-	6
	福澤研究センター	-	-	-	2
	スポーツ医学研究センター	-	-	-	3
	日本語・日本文化教育センター	-	-	-	9
	アート・センター	-	-	-	1
	外国語教育研究センター	-	-	-	1
	先導研究センター	-	-	-	20
	グローバルセキュリティ研究所	-	-	-	4
	自然科学研究教育センター	-	-	-	2*
	(合計)	26,128	6,728	A 28,767	D 1,641

（2名の自然科学研究教育センター所員以外は各学部と兼任のため人数には含まれていない）

*1 教養教育科目、外国語科目等を担当する独立の教育研究組織がある場合は、適宜記入してください。

*2 取組を実施する学部等は、上記表の「学部等名又は学科名」欄の左欄に○を記入してください。

(2) 取組の対象となる学生数等の割合

大学等全体の在学者数 A	取組の対象となる在学者数 B	Aに対するBの割合 (%) C
28,767名	18,452名	64.1%
大学等全体の専任教員数 D	取組を担当する専任教員数 E	Dに対するEの割合 (%) F
1,641名	55名	3.4%

* A及びDについては、「(1) 大学・短期大学・高等専門学校の規模」で記入した数と相違がないようにしてください。

(3) 取組の実施期間中の組織改編等の予定と影響の有無
なし

(4) 大学等における情報提供の方法・体制（取組の内容、成果等に関するものを含む）

慶應義塾では、2004（平成16）年度より、事業報告書を作成し、ホームページを通じて積極的に公開を行っています。事業報告書には、当該年度に実施した事業紹介のほか、財務状況、入試情報、学位授与状況をはじめ、学生・生徒・児童数、教員数、学費、研究・知的資産にかかわるデータが含まれています。

<http://www.pre.keio.ac.jp/jigyohokoku/index.html>

主として教育内容・方法については、一般向けの「慶應義塾総合案内」、入学希望者向けの「慶應義塾大学ガイドブック」、「慶應義塾大学院総合案内」などの各種冊子媒体によって広報・周知につとめています。これらの冊子媒体は、すべて慶應義塾のホームページからも閲覧が可能となっています。

<http://www.keio.ac.jp/index-jp.htm>

(5) 積極的な情報提供が必要と考えられる情報の公表状況

下記の各項目について、webサイトや刊行物等により情報を公表している場合は、公表状況記入欄に○を記入してください。

[公表状況記入欄]

[公表状況記入欄]

1. 教育課程を通じて修得が期待される知識・技能の体系

1 - 修得が期待される知識・技能の体系

※どのようなカリキュラムに基づいて、どのような知識・能力を身につけることができるのか。

2 - 成績評価の基準、進級基準等

2. 学修の成果に係る評価や卒業判定に当たっての基準

3 - 修業年限及び修了に必要な修得単位数その他の要件

3 「データ、資料等」

データ1 講義科目「心理学」の履修者数

過去3年間における文系学生（文学部・経済学部・法学部・商学部）の履修者数

	心理学	
	春学期	秋学期
2007	3,301	3,025
2008	2,952	2,873
2009	3,055	2,997
合計	9,308	8,895
3年間の平均	3,103	2,965

* 文系学生の総合教育科目（自然科学）についての卒業に必要な単位は、文学部・法学部が8単位以上、経済学部・商学部が6単位以上である。「心理学」（半期2単位、通年で4単位）も選択必修科目群の中に含まれている。実験を含む自然科学科目（化学、生物学、物理学）は、それぞれ半期3単位、通年で6単位である。

データ2 実験を含む自然科学科目の履修者数

過去3年間における文系学生の実験を含む自然科学科目履修者数（化学・生物学・物理学）

	化学		生物学		物理学		計	
	春学期	秋学期	春学期	秋学期	春学期	秋学期	春学期	秋学期
2007	777	744	1,540	1,503	763	713	3,080	2,960
2008	830	804	1,491	1,469	758	744	3,079	3,017
2009	741	716	1,362	1,324	769	731	2,872	2,771
合計	2,348	2,264	4,393	4,296	2,290	2,188	9,031	8,748
3年間の平均	783	755	1,464	1,432	763	729	3,010	2,916

データ3 文系学生に対する自然科学教育に関する全国大学アンケート調査結果

〔慶應義塾大学日吉キャンパス特色GP アンケート報告書（2007年1月発行）〕

全国の国・公・私立の4年制大学（理・工・医等単科大学を含む）729校に対して、2006年の4月にアンケート用紙を郵送した。このうち、調査対象となる文系学生を含まないとの返答があった大学は104校であった。結果として、調査対象内である301校（312学部）からの回答を得た。

(1) 実験（文系学生自身が行う）を含む自然科学科目は設置されていますか。

（大学数）	全 体	国立大学	公立大学	私立大学
設置されている	72	27	7	38
設置されていない	207	13	20	174

(2) 実験を含む科目が設置されている場合それらの科目を文系学生の何%が履修していますか。

（大学数）	全 体	国立大学	公立大学	私立大学
100%	6	3	1	2
80%以上100%未満	3	0	0	3
60%以上80%未満	1	0	0	1*
40%以上60%未満	1	0	0	1
20%以上40%未満	8	1	1	6
1%以上20%未満	28	10	2	16

*慶應義塾大学68%

0以上1%未満	6	3	0	3
0%	8	4	2	2
無回答	13	7	1	5

(3) 文系学部において、「自然科学の履修」を認定する副専攻制度がありますか。

(大学数)	全体	国立大学	公立大学	私立大学
あ る	21	6	0	15*
設置を検討中	5	1	1	3
な い	264	33	28	203

*慶應義塾大学（法学部）では、2004年度入学者から実施している。

データ4 文系学部1年入学者の経路別内訳（2010年度）

	文学部	経済学部	法学部	商学部	計
一般入学	586	742	596	587	2511
推薦入学	115	0	227	187	529
塾内進学者	87	449	412	213	1161
外国人留学生	13	18	13	39	83
帰国生	7	6	27	6	46
計	808	1215	1275	1032	4330

データ5 日吉キャンパス所属の自然科学部門教員数（2010年5月現在）

	文学部	経済学部	法学部	商学部	医・理工・薬学部	計
生 物 学	教授 1名	教授 1名	教授 1名	教授 1名	教授 1名	教授 5名
	准教授 1名	准教授 2名	准教授 1名	准教授 1名	准教授 1名	准教授 6名
	助教(有期) 1名	助教(有期) 1名	専任講師 2名 助教(有期) 2名	専任講師 1名 助教(有期) 2名	助教 1名	専任講師 3名 助教 1名 助教(有期) 6名
計 3名	計 4名	計 6名	計 5名	計 3名	計 21名	
物 理 学		教授 1名 助教(有期) 1名	教授 2名 専任講師 1名 助教 1名	准教授 1名 専任講師 1名 助教(有期) 1名	教授 2名 准教授 1名 助教 1名	教授 5名 准教授 2名 専任講師 2名 助教 2名 助教(有期) 2名
		計 2名	計 4名	計 3名	計 4名	計 13名
化 学	教授 1名	教授 1名	教授 1名		教授 1名	教授 4名
	助教(有期) 1名	助教 1名	専任講師 1名 助教(有期) 1名		専任講師 1名 助教 1名	専任講師 2名 助教 2名 助教(有期) 2名
	計 2名	計 2名	計 3名		計 3名	計 10名

Ⅲ. 資料編

数 学	教授	8名			教授	3名			教授	1名			教授	12名		
	准教授				准教授	1名			教授(有期)	1名			教授(有期)	1名		
	専任講師				専任講師	1名			専任講師	1名			准教授	1名		
	計	8名			計	5名			計	3名			専任講師	2名		
心 理	教授	1名			教授	1名			教授	1名			教授	3名		
	助教	1名											准教授	2名		
	計	2名			計	1名			計	1名			助教	1名		
人 類	教授	1名														
	計	1名											教授	1名		
天 文													教授	1名		
	計												計	1名		
計	53名									15名			68名			

データ6 文系学部（文学部・経済学部・法学部・商学部）における実験を含む自然科学科目の時間割（2009年度）

1限：9:00～10:30、2限：10:45～12:15、3限：13:00～14:30、4限：14:45～16:15。

	月				火					水					木				金												
	生物学		物理学		生物学		物理学		化学	生物学		物理学		化学	生物学		物理学		化学	生物学		物理学		化学							
1、2限	B1 実験	B2 講義	B3 実験	B4 講義	P1 実験	B3 実験	B6 実験	B7 講義	P1 実験	P2 講義	C1 実験	B8 実験	Bw 講義	Bx 実験	P4 講義	P3 実験	C2 講義	C3 実験	Bz 講義	By 実験	P4 講義	P5 実験	C4 講義	Bz 講義	B2 講義	B5 実験	P4 実験	P6 講義	C1 実験		
3、4限	B1 実験	B5 講義	B3 実験	B4 講義	P1 実験	B9 実験	B8 講義	B7 講義	P3 実験	P2 講義	C3 実験	C2 講義	B8 実験	Bw 講義	By 実験	P3 実験	C2 講義	C3 実験	Bz 講義	By 実験	P2 講義	P5 実験	C4 講義	C3 実験	B9 講義	B2 講義	B5 実験	P5 実験	P6 講義	C1 実験	C4 講義

(※翌週は講義と実験が入れかわる)

(備考) 生物学では、2つの講義室と2つの学生実験室を同時に使用することが可能であり、物理学および化学は、それぞれ講義室と学生実験室が1つずつである。1クラスの学生数はいずれも50名程度である。同じ担当者が同一クラスの学生に対して隔週で講義と実験を行う。実験は毎回、当日提出レポートを課す。

データ7 特色GP「文系学生への実験を重視した自然科学教育」（平成17年度採択）の事業内容および成果（<http://www.sci.keio.ac.jp/gp> で公開）

(1) 目 的

慶應大学日吉キャンパスで実践している、文系4学部の学生を対象とする自然科学教育の新たな発展と、「文系学生に対する自然科学教育重視」の理念と本取組の成果を他の大学に向けて発信すること。

(2) 成 果

1. 文系学生への自然科学教育に関する学生アンケート調査を実施し、その結果をもとに検討を行い、実験要素を含む4年生のための科目、『実践自然科学』を三田キャンパスで2008年度から開講した。これは半期2単位の科目であり、2008年度は生物学・物理学・化学の3人の教員が分担して実施した。

2. (A) 数学：意思決定の教材：「ゲーム理論における数理」という小冊子を作成し、また論理学の教材：「Language, Proof and Logic, J. Barwise & J. Etchemendy, CSLI Publications, 2002」の訳本を完成させた。

(B) 心理学：総合教育科目「心理学」への実験実習の組入れを検討するために、特論（少人数）授業枠を利用したパイロットスタディー（実験実習を中心とした授業）を行った。

3. (C) 生物学(ミクロ)： 統合的遺伝学実験の開発・実施(ショウジョウバエ突然変異体の検討、および飼育方法を検討)。抗体を用いた実験の実施と検討(Bio-Rad社製教育キットを使ったELISA実験を実施)。植物プロトプラストを使った実験開発。
- (D) 生物学(マクロ)： 水生微生物データベースの作成と運用。ミジンコの形態と採食様式の観察。ミジンコの採食能力=水浄化に果たす役割(オカメミジンコの大量増殖)。
- (E) 化学：実験テーマの新設「キラリティ(左と右の区別)」、「環境分析」、「原子スペクトルと光の作用」、「比重の測定」。実験テーマの改良「ボルタ電池と燃料電池」、「アルコール発酵」、「ナイロン66」
- (F) 物理学：新しい実験テーマの開発「光速の直接測定」、「電気素量の測定(ミリカンの実験)」、「量子力学と原子スペクトル」、「音程とドップラー効果」
4. 国内他大学との意見交換会(3回)および訪問調査(自然科学教育に関連して、3校)、海外大学での文系学生への教育実態調査(5カ国、10校)。全国の大学における文系学生への自然科学教育と副専攻導入に関するアンケート調査(2006年)。主催・共催シンポジウム4回。

(3) 事業全体での総括

文系学生に対する自然科学教育の重要性が本大学内外で再認識される契機となった。また、特色GPへの取組の活動を通して、自然科学分野の教員間の交流が活発となり、それを契機として日吉キャンパスに慶應義塾大学自然科学研究教育センターが2009年4月に開設され、活動を開始した。本申請も、その活動の一環である。

(※) 特色GPで開発した新しい実験テーマの一部について、次のページに内容を簡単に紹介する。

事業3 生物学(ミクロ)

ショウジョウバエ統合遺伝学実験の開発

メンデルの法則から生化学・分子生物学までを同じ材料で実験することで、それらの現象が連続したものであることを印象づける。



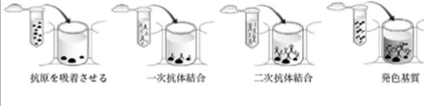


①交配したハエを凍らせて基質液をかける。②発色で表現型を判定。③写真を添付した最初はおっかなびっくりでもすぐ慣れる。③写真を添付したレポートを作成

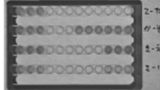
※ショウジョウバエの取扱いに抵抗のある学生は、実験前の約40%から10%以下に激減

事業3 生物学(ミクロ)

ELISA法による模擬感染追跡実験



①抗原を吸着させる ②一次抗体結合 ③二次抗体結合 ④発色基質

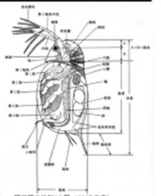



実際に感染症の検査に使われる実験方法を体験し、免疫や感染症に関する知識を深める。対照区や再現性確認の重要性を学ぶ。写真を使用したレポート作成とプレゼンテーションを体験する。

事業3 生物学(マクロ)

ミジンコの形態と採食様式の観察

仮説-検証的要素を盛り込んだ生物観察「ミジンコの眼はいくつあるか？」


実験に用いたオカメミジンコ 体長は約1.2 mm

(※)教科書に載っているミジンコの絵はいつも横から見た絵である。

事業3(化学)

キラリティ(左と右の区別)

グルコースの変旋光を測定する 構造化学

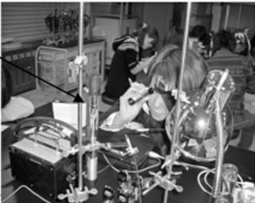



事業3(化学)

原子スペクトルと光の作用

量子化学

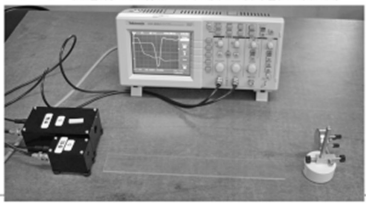
バルマーランプからの発光を直視分光器で観測する。ミニ分光器で波長を求め、リュドベリ定数を計算する。



事業3(物理学)

光速の測定

レーザー光を鏡で反射させ、往復の時間を計測する。



4 過去の選定状況

[大学等名] 慶應義塾大学

[プログラム名: 特色ある大学教育支援プログラム]

(選定年度) 平成17年度

(申請形態) 単独

(取組名称) 「文系学生への実験を重視した自然科学教育」

(選定取組の概要)

取組の目的は、本大学日吉キャンパスで実践している文系4学部の学生を対象とする自然科学教育の新たな発展と、「文系学生に対する自然科学教育重視」の理念と本取組の成果を他の大学に向けて発信することでした。生物学・化学・物理学の実験を含む科目における新しい実験テーマの開発と実験マニュアルの整備が中心的な事業であり、それぞれの科目で新たな実験テーマを開発し、導入しました(参考: 3データ7)。現在もこれらの実験テーマは学生実験において実施されています。文系学生に対する自然科学科目のアンケート調査等を行い、視察、シンポジウムなども実施し、報告書も公開しています。文系専門課程学生への自然科学教育のあり方を検討し、4年生のための実験要素を含む授業も導入しました。

取組の成果は開発した実験テーマのテキストを含めweb上で広く公開し続けており、現在も他教育機関やマスメディアより問い合わせがあります。

(選定取組と今回の申請との相違点について)

今回の申請は過去の特色GPの成果を踏まえ、それを発展させた本質的に新しい取組です。現在、実験を含む自然科学の授業には常時3,000人前後の文系学生が履修しています。過去の特色GP事業の主な事業は物理学、化学、生物学の実験テーマの開発であり、新たな実験テーマを多数開発し、導入しました。現在は実験を含む講義はまだ物理学、化学、生物学しか開講されておらず、心理学は学生から人気がありますが、実験を含む授業の開講はされていません。実験を含む心理学の授業を立ち上げるのが今回の申請の主な事業です。また、以前の特色GPで導入したのは従来型の実験であり、今回の申請で開発する、学生が自分で実験課題と目的を考えて行うような課題探求型の実験の開発まではしませんでした。各分野の学生のレポートの情報を共有し、分野を跨いだ科学的論述の評価と基準作りも新たな試みです。さらに、大半の文系学生が実験を含む自然科学の授業を受講しているために、学生の高校までの自然科学の学習経験は実に多様であることが特色GP事業のアンケートでも明らかになりました。しかし、その多様な学生にきめ細やかに対応する教材を開発することまでは特色GP事業ではできず、今回の申請ではこの初年次教育の重要な面に対応します。特色GP事業の成果は現在も公開されるとともに学生の授業に反映されています。今回の取組ではそれを基にした新たな段階への挑戦です。

③ 審査結果

平成22年度 大学教育・学生支援推進事業
大学教育推進プログラム 審査結果表

機 関 名	慶應義塾大学		
取 組 名 称	科学的思考力を育む文系学生の実験の開発		
取組学部等	全学		
整 理 番 号	A3032	取 組 期 間	3年
事 項	初年次教育、課題探求能力の育成、学習経験の差に対応		

当該取組は、本事業の趣旨に照らして審査を行った結果、学士力の確保や教育力向上のための取組内容が非常に優れているとともに、達成目標の実現性も高く、成果と今後の展開が期待できると高く評価した。

なお、審査結果に基づく詳細は以下のとおりである。

[特に優れた点]

- ・文理融合型の判断力の育成を目指す点は挑戦的であり評価できる。
- ・心理学を一つの入り口として科学的思考を認識し、さらに実験テーマ、論述を身につけるプログラム開発などに新規性がある。
- ・実体験型科学教育であり、目的が明確にされている。この取組内容が典型化されれば、他の大学等に広く影響を与えることが期待できる。

[改善を要する点等]

- ・ここで挙げられているような目標を達成するには、心理学を扱うなどの題目だけでなく、具体的にどのような内容を、学生同士のどのような活動によって育成するのかなど、基本的な学習環境設計技術をもっと研究し活用すべきである。
- ・全体としては大きなプロジェクトだが、一人の学生から見るとどれか一つの実験を扱うなど断片的な学習体験ができるだけに留まっているように見える。
- ・いくつかの実験を有機的に組み合わせて体験できるようにするなど、統括的なデザインが望まれる。

[その他]

- ・文系と理系という切り分け方や何を科学的思考と考えるかについて、もう少し斬新な視点を取り込むべきではないか。

④ 取組概要プレゼン資料

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—

慶應義塾大学
取組担当者: 青木 健一郎 (経済学部・自然科学研究教育センター所長)


2010年7月27日

目的: 文系学生の総合的な科学的思考力の育成

科学的思考力	社会における必要性
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">実証による理解</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">論理的思考力</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">課題探求力</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">数量的スキル</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">科学的論述力</div>	<ul style="list-style-type: none"> ● 現代社会の諸問題においては、自然科学が本質的に重要な要素である(地球温暖化、エネルギー問題、遺伝子操作の問題、放射線など) ● いかなる職業でも自然科学的な考え方や知識は必須 ● 結論の根拠を理解し、自分で独自に判断する能力が必要 ● 科学的な論述能力はあらゆる場面で必要 ● 科学、科学者に対する理解を深め、身近なものに(国民と科学者の距離を近づける)

実験の必要性と応用性

実験
 ↓
 数量データ解析
 ↓
 結論の論理的な導出
 ↓
 科学的論述・説明



- 参加型の授業であり、学生自身が手を動かす必要のある双方向的学習
- 少人数の環境であるため、学生の知識レベルが多様でも個別の対応が可能
- 課題探索型の学習を自然に導入できる環境
- 学生との直接的なやり取りで教員の教育力も向上
- 課題を発見し、解決方法を探る楽しさを知ること、学問へのモチベーションが向上

科学的思考

● 自分で独自に分析し判断する能力の習得
 ● 結論を論述、口述をもって表現する能力の習得

- 自然科学の教育を受けた人材が多くの職場(例: 営業、開発)で必要とされている
- 理系教育を受けた人間が文系分野の職場で活躍している(例: コンサルティング、デリバティブの評価)
- 創造性をもち、変化に柔軟に対応し、独自に判断できる。

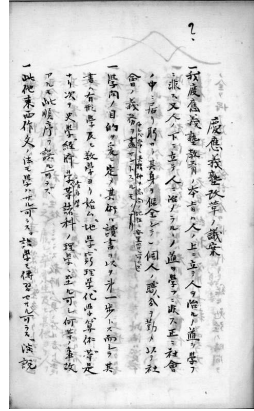
慶應義塾の伝統と科学的思考力

「学問の目的を爰に定め、其術は読書を以て第一歩とす。而して其書は有形学及び数学より始む。地学、窮理学、化学、算術等、是なり。次で史学、経済学、修身学等、諸科の理学に至る可し。何等の事故あるも此順序を誤る可らず」

(福澤諭吉,「慶應義塾改革ノ議案」,1876)

「我慶應義塾に於て初学を導くに専ら物理学を以てして、恰も諸課の予備となす……」

(福澤諭吉,「物理学之要用」,1882)



- (1) まずは自然科学から ⇔ 科学的思考の重要性の指摘
- (2) 実学(サイエンス)の精神 ⇔ 科学的思考と共通の理念
- (3) 半学半教の精神 ⇔ 参加型の実験実習、学生同士の助け合い

3

慶應義塾大学における背景

文系4学部

文学部

経済学部

法学部

商学部

- 1学年あたり計4,000人程度
 - 自然科学科目の単位が必須
- 全体の3/4に相当する約3,000人が実験科目を履修(主に1、2年生)

設置されている自然科学科目

実験を含む科目

物理学

生物学

化学

講義のみの科目

数学

心理学

人類学

天文学

2005年特色GP事業

- 履修者の8割が実験の経験が有意義であったと考えている
- 文系学生の8割が自然科学の履修に心理的抵抗をもっていない

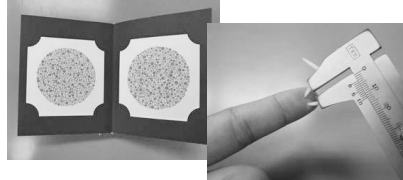
4

プログラム概要

I. 心理学の体験型実験を含んだ講義科目の開発

現状と学生のニーズ

- 半期ごとに3,000人が履修
⇒ 心理学への関心は高い



心理学と科学的思考

- 扱う現象は人文・社会科学的でありながら、方法論的には自然科学
⇒ 人文・社会分野に科学的思考を適用する能力の育成
- 化学、生物学、物理学における実験科目のノウハウを活用
- 文系学生にとって関心が高く、直接観察することが困難な「こころ」という現象への科学的アプローチを体験

(例) 錯覚の定量的な測定実験を通して、絵画、映画、遊園地のアトラクション等に
使われている錯覚のメカニズムや事故の予測・制御について検討

専攻学生以外に対して心理学の基礎実験を開講している例は全国的に見ても皆無

5

II. 新たなる実験テーマの開発

(1) 課題探求型実験

- ・従来型実験: 目的と方法は与えられて、指示に従って結果と結論を得る。
- ・課題探求型実験: 学生が自分で目的を決め、仮説を立て、方法を考え、実験を行い、結論に到達 (例: 放射線の測定、音の違いの測定)

生物学



(2) 高学年に特化した出前的実験

- ・専門課程の文系学生が対象
- ・自然科学の複数の分野の組み合わせ
- ・実験環境のない通常教室での実験
- ・1コマ(90分)でレポートまで完結

課題探求型実験



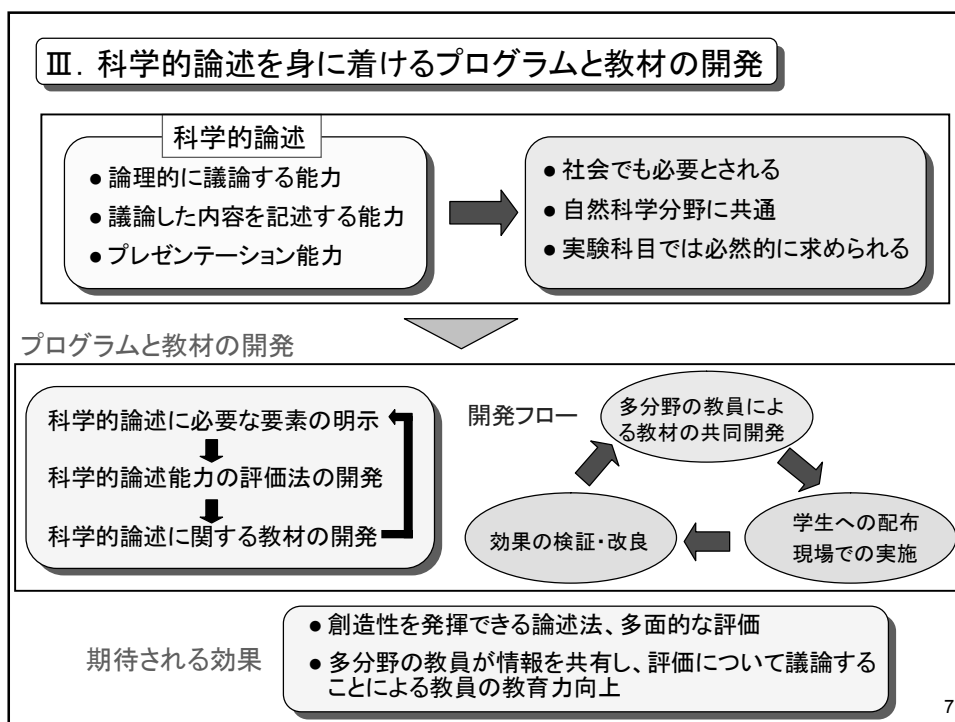
化学

物理学

(3) その他

- ・新しい方向性、新しい自然科学の発展を取り入れた実験を開発

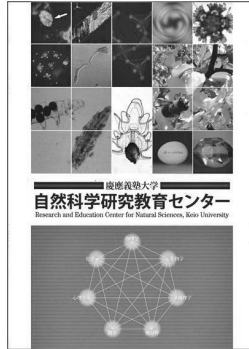
6



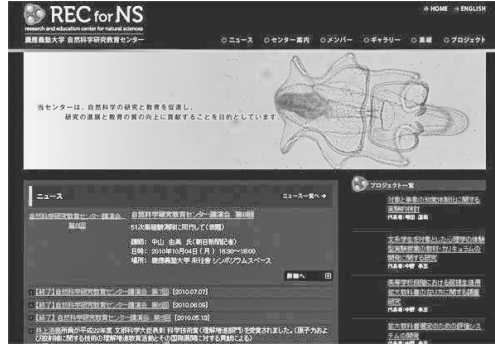
V. 情報発信

- 事業ホームページ
- 報告書、ニューズレター等の刊行物
- 論文、学会、シンポジウム、フォーラム等における成果発表

自然科学研究教育センター



パンフレット



ホームページ

9

さいごに

半学半教の実現

文系学生(1、2年生)
⇒科学的思考力の習得



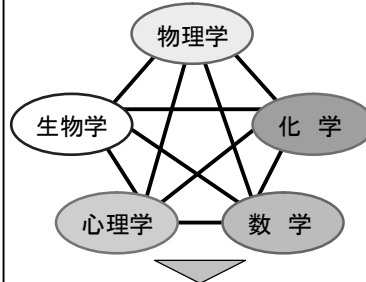
・教育歴の浅い研究者
・専門コースの大学院生
⇒教育者としての育成

教育歴の浅い者との対話
教育力向上



研究歴の浅い者への助言・指導

教員が分野内・分野間で
互いの教育哲学や技術等を相互に共有



“実践で達成するFD”

- ・実験テーマ、教材の開発
- ・情報の共有
- ・評価に関する議論

10

2. 本取組構成員

GP 実行委員

		学 部	職 位	分 野	氏 名	備 考
1	委員長	経済学部	教授	物理学	青木健一郎	
2	委 員	文学部	教授	化学	大場 茂	
3	委 員	経済学部	教授	心理学	中野 泰志	
4	委 員	文学部	教授	生物学	金子 洋之	
5	委 員	文学部	准教授	生物学	倉石 立	
6	委 員	文学部	助教（有期）（自然科学）	化学	向井 知大	
7	委 員	法学部	教授	物理学	小林 宏充	
8	委 員	法学部	専任講師	生物学	小野 裕剛	
9	委 員	法学部	専任講師	物理学	杉本 憲彦	
10	委 員	商学部	教授	数学	白旗 優	
11	委 員	商学部	准教授	物理学	新田 宗土	
12	委 員	商学部	専任講師	物理学	松浦 壮	
13	委 員	医学部	専任講師	化学	久保田真理	
14	委 員	医学部	助教	化学	大石 毅	2011/12/12～

GP 研究員

研 究 所	担 当	職 名	氏 名	備 考
自然科学研究教育センター	心理学	特任助教	新井 哲也	2010/11/1～
自然科学研究教育センター	心理学	大学研究員（非常勤）	大島 研介	2010/11/1～2011/3/31
自然科学研究教育センター	生物学	特任助教	大久保奈弥	2010/12/1～
自然科学研究教育センター	物理学	特任助教	阪口 真	2010/12/1～
自然科学研究教育センター	化学	特任助教	小島 りか	2011/2/1～
自然科学研究教育センター	化学	共同研究員	福山 勝也	2010/11/1～

事務局

研 究 所	職 名	氏 名	備 考
自然科学研究教育センター	事務長	柴田 浩平	
自然科学研究教育センター	事務長代理	山口 中	
自然科学研究教育センター	事務員	黒澤 奈緒	

3. 主な活動記録

■会議日時

◆GP実行委員会

- 第1回 2010年10月21日(木) 18:00~20:00
- 第2回 2010年12月2日(木) 18:10~20:00
- 第3回 2011年2月1日(火) 16:00~17:50
- 第4回 2011年3月3日(木) 16:00~17:20
- 第5回 2011年4月18日(月) 10:30~11:40
- 第6回 2011年5月27日(金) 18:00~19:15
- 第7回 2011年9月26日(月) 18:00~20:10
- 第8回 2011年12月12日(月) 18:15~20:20
- 第9回 2012年2月1日(水) 12:05~13:50

◆GP行事・広報合同委員会

- 第1回 2010年9月28日(火) 18:00~20:00
- 第2回 2010年11月9日(火) 18:00~20:15
- 第3回 2010年11月25日(木) 18:00~20:00
- 第4回 2011年1月12日(木) 18:00~20:15
- 第5回 2011年3月17日(木) 13:00~14:20
- 第6回 2011年11月1日(火) 18:10~20:00

◆論述ワーキンググループ 会議・プレゼン日時

- 会議(第1回)
2010年11月2日(火) 18:00~19:50
- 会議(第2回)
2010年11月30日(火) 18:00~19:50
- 会議(第3回)・プレゼン(1)
2011年1月26日(水) 18:00~19:30
- 会議(第4回)・プレゼン(2)
2011年2月3日(木) 15:00~16:45
- 会議(第5回)・プレゼン(3)
2011年4月25日(月) 18:00~21:00
- 会議(第6回)・プレゼン(4)
2011年5月31日(火) 18:00~20:15

会議(第7回)・プレゼン(5)

2011年6月28日(火) 18:00~19:45

会議(第8回)・プレゼン(6)

2011年7月15日(金) 18:00~20:05

会議(第9回)・プレゼン(7)

2011年10月28日(金) 18:00~19:15

会議(第10回)・プレゼン(8)

2011年11月25日(金) 18:00~19:35

会議(第11回)・プレゼン(9)

2011年12月12日(月) 17:30~18:14

■一貫教育校と大学自然科学研究教育センターの自然科学教育に関するワークショップ

2011年6月11日(土) 15:00~18:00

■大学教育推進プログラム 自然科学教育シンポジウム

◆第1回 2011年11月19日(土) 13:00~17:20

◆第2回 2012年3月10日(土) 14:00~17:10

■ホームページでの情報公開

2011年1月31日 本取組のホームページ公開

<http://www.sci.keio.ac.jp/gp2010/>

■刊行物の発行

2011年1月24日 パンフレット刊行

2011年2月10日 ニュースレター No.1刊行

2011年10月20日 ニュースレター No.2刊行

2012年2月28日 ニュースレター No.3刊行

4. 刊行物抜粋

- ①パンフレット
- ②HP
- ③ニュースレター
- ④シンポジウムチラシ



①パンフレット
(2011.1.24作成)



②ホームページ
(2011.1.31開設)



③Newsletter No.01
(2011.2.10発行)



③Newsletter No.02
(2011.10.20発行)



③Newsletter No.03
(2012.2.28発行)

Program

第1部 活動報告

13:00 — 13:10

開会のあいさつ

長谷山 彰（慶應義塾教育担当常任理事）

13:10 — 13:35

報告1 「科学的思考力、実学と実験—取組の目的と内容—」

青木健一郎

（教育推進プログラム実行委員長、日吉物理学教室、経済学部教授）

2010年度より文部科学省の大学教育・学生支援推進事業大学教育推進プログラムに採択された「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、自然科学研究教育センターが中心となって慶應義塾大学で実施している取組です。科学的思考力は自然科学を専門とする者だけではなく、全ての学生が早い段階で身につけるべき能力であり、それが他の学問を学ぶ際、そして様々な状況で重要な判断を下す際に生涯を通じて大きな力を発揮すると考えています。科学的思考力は、実学の精神の伝統を汲んだものであり、現代社会においてますます重要になってきています。本取組ではこのような科学的思考力を、文系学生も全員が身に付けられるようなプログラムを開発する事を目的としています。講演では科学的思考力として我々が重視しているものを論じ、取組の目的を説明して現状を総括します。

13:35 — 13:55

報告2 「実験テーマの開発（物理）」

松浦 壮（日吉物理学教室、商学部専任講師）

一般に、科学的な思考力を養うための非常に有効な方法として、実験・実習を通じて実際に現象に触れ、科学的手続きによって分析し、その結果をレポートとしてまとめる、という一連の経験を積むことが挙げられる。このような観点から、慶應義塾大学では、主に1・2年生の文系学生を対象に、幅広い範囲の実験を含んだ物理学の講義が提供されている。本講演では、科学的な思考力や基礎知識を養うために取り入れられている工夫に焦点を当てながら、現在採用されている物理学実験の内容を紹介し、その長所と短所を議論する。その上で、より効果的な教育効果を生むために現在開発を続けている実験プログラムについて紹介する。

14:00 — 14:20

報告3 「実験テーマの開発（化学）」

大場 茂（日吉化学教室、文学部教授）

新しい実験テーマを二つ開発し、2011年度から実施した。(1)「中和滴定と可視吸収スペクトル」では、指示薬のpHに伴う色変化の見本を作成し、中和点の見極め方を実験者が考える。また、溶液の色と吸収スペクトルとの関係も調べる。(2)「自然放射線と放射能鉱物」では、ガイガーカウンターを用いて、身近な昆布などからも放射線が出ていることを確認する。また、KClなどのサンプルから検出される放射線が主に α 、 β 、 γ 線のどれであるか、紙やアルミ板などの遮へい材を用いて判別する。なお、学生用補助教材として、ガスバーナーの使い方などの動画を作成し公開した。

14:20 — 14:40

報告4 「実験テーマの開発（生物学）」

倉石 立（日吉生物学教室、文学部准教授）

生物学分野では「造礁サンゴの生活史」、「アルコール分解に関わる酵素の遺伝子型解析」、「スジエビの心拍数に与えるニコチンの影

響」などの実験テーマ開発を行っている。このうち、「造礁サンゴの生活史」では同じ標本を共有しながら1)発生順序を推測させることによって「論理的思考を養成する実験」と、2)発生順序に海流などの生態学的データを合わせて「サンゴ礁の保全」に関して提案する「プレゼンテーション能力を養成する実験」の2種類を作製した。両者の概要と、これらを授業で実践試行した結果を中心に報告を行う。

14:40 — 15:00

報告5 「実験とレポート作成を重視した総合教育科目としての心理学教育の試み」

中野 泰志（心理学教室、経済学部教授）

第2部 講演と討論

15:10 — 16:10

講演 「文系学生の科学的思考力増進のための心理学教育—講義・演習・実習の総合—」

辻 敬一郎 氏（名古屋大学名誉教授、日本学術会議連携会員）

学部や専攻を超えて、科学的思考の「習性」と「力量」を養うには、知的生産過程を追体験できる「実習」授業が効果的である。ここでは、全学共通教育における「実習」授業の意義とその設計について演者のささやかな経験を踏まえて考える。また、専門教育とは異なる観点から「学術論・学術史」の授業科目の導入を提案する。

初年次に「心理学実習」の授業を設けるのにはそれなりの根拠がある。感情や学習など、心理学の扱う事象は、論理的に構成されたものである。その点、実体を扱う物質科学にはない難しさが伴う。学生は、心理事象を解明する過程を追体験することによって、自身のイメージにある「科学」をとらえなおす貴重な機会を得ることができよう。この授業を設計するにあたっては、その意義に照らして、取り上げるテーマの選定やその配列などの要件を明確にすることが必要である。

他方、個別授業を位置づける枠組みもまた重要である。演者はかねてより、全学共通教育としての「学術論・学術史」授業の必要性を指摘してきた。これは、専門教育における個別分野の「学論・学史」の前段階に据えられる科目であり、学生の専攻する分野の特質を俯瞰的にとらえるのに役立つにちがいない。

大綱化によって一般教育と専門教育の区分が取り払われた現在、「教養」とはなにか、教養教育はいかにあるべきかがあらためて問われるが、演者は「専攻以外の専門」こそが教養だと考える。専攻が違っても、その共通項によって分野連携による課題達成が可能になるはずであり、この種の「教養」がいま求められているのであろう。

本講演の表題は、シンポジウムの趣旨に添って文系学生対象としたが、ここに述べる見解はかならずしも文系に限られるものではないことを付言しておく。

パネルディスカッション

16:20 — 17:10

「科学的思考力を育むにはどうするか」

議論する予定の項目：

1. 日本における理科教育の問題点と大学の役割
2. 「科学的思考力」とはそもそも何か、学生に求められている科学的思考力とは何か
3. 実験を通して科学的思考力をいかに育むか

17:10 — 17:20

閉会のあいさつ

真壁 利明（慶應義塾研究担当常任理事）

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—

自然科学教育シンポジウム（第2回）

「科学的思考力を育む文系学生の実験の開発」 — 若手研究者からの視点 —

趣旨：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。

第1部

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（自然科学研究教育センター、心理学担当 特任助教） 司会 中野 泰志（心理学教室、経済学部教授）

14:50—15:30 講演2. 「物理実験テーマの開発」

阪口 真（自然科学研究教育センター、物理学担当 特任助教） 司会 松浦 壮（日吉物理学教室、商学部専任講師）

（10分休憩）

第2部

15:40—16:20 講演3. 「化学実験テーマの開発」

小島 りか（自然科学研究教育センター、化学担当 特任助教） 司会 大場 茂（日吉化学教室、文学部教授）

16:20—17:00 講演4. 「GPがくれた教育への扉」

大久保 奈弥（自然科学研究教育センター、生物学担当 特任助教） 司会 倉石 立（日吉生物学教室、文学部准教授）

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）

2012年3月10日（土） 14:00～17:10

慶應義塾大学日吉キャンパス 来往舎2階 大会議室

参加費：無料（会場の準備の都合上、塾外の方は事前申し込みをお願いします）

講演要旨およびプロフィールは裏面にあります。

慶應義塾大学 自然科学研究教育センター事務局（日吉キャンパス来往舎1階）

〒223-8521 横浜市港北区日吉 4-1-1 Tel:045-566-1111 E-mail: office@sci.keio.ac.jp

自然科学研究教育センター URL: http://www.sci.keio.ac.jp/

大学教育推進プログラム URL: http://www.sci.keio.ac.jp/gp2010/

講演要旨およびプロフィール

講演1. 「心理学実習科目の新しい形」

新井 哲也 (自然科学研究教育センター、心理学担当 特任助教)

要旨: 心理学では、「実験とレポート作成を重視した総合教育科目としての心理学教育の試み」と題し、非専門学生に向けた心理学実習科目の開発を行ってきました。総合教育科目での心理学実習は全国的にも例がなく、心理学や統計学の知識をほとんど有しない学生を対象に、いかに関心をもって取り組んでもらい、心理学的・科学的な態度を身につけ、論理的なレポート作成に繋げるかをテーマに新しい試みを展開してきました。対象が非専門学生であることと、文系学部1、2年生が中心であることから、実習の進行や結果の処理法については直観的に理解しやすいように工夫しました。例えば、従来型の実習テーマを一般に入手可能なタブレット端末を用いて再構成したり、節電時の行動特性など、日常生活に密着した実習テーマを設けたり、学生ができる限り主体的に、実感を伴って取り組める学習環境を目指しました。本講演では、実際の取り組みについて紹介するとともに、教員と学生の間立ち、実習テーマの開発や学生へのインストラクション、レポート作成に関する相談役を担当した立場から、本科目における学生の反響や成果について報告します。

プロフィール: 2002年慶應義塾大学文学部人間関係学科卒業、2004年同社会学研究科修士課程修了、2008年博士課程単位取得退学。専門は知覚心理学、実験心理学で、視覚を中心とした人間の知覚のあり方について研究しています。

講演2. 「物理実験テーマの開発」

阪口 真 (自然科学研究教育センター、物理学担当 特任助教)

要旨: 本講演では新たに開発した物理実験のテーマとして、(1) ローレンツ力の実験、(2) 虹の実験、(3) 放射線の実験、(4) 磁性体の実験、について報告します。電磁気学に関する実験(1)は、すでに導入されているテーマを補完するものです。この実験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、実験構成を簡明にしました。(2)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。(3)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。最後に(4)ではモーター、変圧器や磁気テープなどに使われている磁性体に関する実験です。コイルが巻かれた様々な磁性体内の磁場を検磁計を使って測定することで、磁性材料の特性を学びます。

プロフィール: 大阪大学理学研究科で博士(理学)を取得の後、国内外の様々な研究教育機関で研究を続けてきました。専門は素粒子理論で、超ひも理論に基づいて重力を含む自然界の4つの力の統一を目指して研究しています。

講演3. 「化学実験テーマの開発」

小島 りか (自然科学研究教育センター、化学担当 特任助教)

要旨: 開発した3つの実験テーマと、ビデオ作成について報告します。中和滴定は、これまでも学生実験が行われていましたが、内容を変更し、指示薬の種類を増やし、さらに可視吸収スペクトルの測定も盛り込みました。定性的な実験が多い中で、極めて定量性を求められる操作は難しすぎるかと案じていましたが、逆にその点が印象深かったという学生もいたのは嬉しい誤算でした。自然放射線の測定では、放射線測定器を用いた実験の他、サイコロを使って原子核崩壊をシミュレーションさせました。学生実験を行ったのが東北地方太平洋沖地震の二ヶ月後であっただけに、学生の関心も非常に高いものでした。3つ目のテーマである無電解メッキによる鏡の作成とフォトレジストは、来年度の実施を予定しています。ガラス板の両面にニッケルをメッキし、片面に紫外線が物性が変化する試薬(フォトレジスト)を塗り、描いてもらった好きな絵をマスクとして紫外線を照射し、絵のついた鏡を作成するという趣向です。きれいな鏡を作成するための条件確立には、何度かの予備実験が必要でした。手順が比較的煩雑であるために、実際の学生実験では普段以上に注意を要すると思われるが、うまく作成できた鏡は、学生の興味を引くと期待しています。また、補助教材として、短めのビデオを複数作成しました。実験における一般的な注意事項や、器具の使い方が主な内容です。その一部を紹介いたします。

プロフィール: 慶應義塾大学理工学部化学科卒業。専門はケミカルバイオロジー、博士(理学)。プリストル・マイヤーズ研究所株式会社、北里研究所勤務を経て、米国ジョンズ・ホプキンス大学に博士研究員として留学。帰国後、医薬分子設計研究所に勤務の後、慶應義塾大学理工学部化学科の助手、物理学科助教を勤めました。2011年2月から慶應義塾大学自然科学研究教育センターに所属。

講演4. 「GPがくれた教育への扉」

大久保 奈弥 (自然科学研究教育センター、生物学担当 特任助教)

要旨: 教育とはどのようなべきか?この問いを考える人の数以上に、答えは存在します。しかし、私の頭の中では、GPの特任助教として着任するまで、その問いを考えることもありませんでした。着任直後、カルチャーショックとまでは言いませんが、実習で学生にどう教えるかということについて、会議で詳細に議論する様子に大変驚いたことを覚えています。私は、生物の保全を目的として、サンゴの繁殖や発生といった生物学だけでなく、経済学者と一緒に、海洋生物を守るための社会的仕組みについても研究しています。科学的データの蓄積は必要ではありませんが、保全にとってより重要なのは、科学的知見から得られた生き物の面白さや大切さを人々に伝え、人々が大きな不利益を被ることなく、その生き物を守りたいと思ってもらうことだからです。齢七十五にして、今も現役の研究者であり登山家でもある恩師に、「そもそも、自分が面白いと思う研究でなければ、相手も面白くない」と言われたことがあります。これは、相手に面白さを伝えられた時に初めて生きてくる言葉です。科学的データの面白さをどう相手に伝え、理解してもらうか、GPで先生方から学んだ様々な経験についてお話したいと思います。

プロフィール: 東京工業大学大学院生命理工学研究科 博士課程修了。専門は保全生物学で、サンゴの繁殖と発生、海洋生物を保全するための社会的仕組みなどを研究しています。

GP実行委員会および事務局の集合写真



これは2012年3月10日に行われた、自然科学教育シンポジウム（第2回）の終了後に、会場の日吉キャンパス来往舎大会議室にて撮影した写真である。前列の左から、特任助教の小島、新井の両氏、中央が青木実行委員長、そして特任助教の大久保、阪口の両氏である。後列は、左から向井、黒澤（事務局）、白旗、大石、倉石、中野、柴田（事務長）、大場、松浦、小林、小野、久保田、山口（事務局）、金子、杉本、各実行委員である。この日、4名の特任助教による講演が行われ、2年間に渡る取組に一区切りがつけられた。

慶應義塾大学

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活動報告書

「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—

2012年7月10日発行

編集・発行 慶應義塾大学自然科学研究教育センター

教育推進プログラム実行委員長 青木健一郎

〒223-8521 横浜市港北区日吉4-1-1

TEL 045-566-1111

E-mail : office@sci.keio.ac.jp

<http://www.sci.keio.ac.jp/gp2010>

Keio University



REC for NS research and education center for natural sciences