

参考資料 4 : 基礎ゼミ開催一覧リスト(平成 20 - 23 年度)

数学分野

| 数学基礎ゼミ班 | 活 動 概 要 |
|---|--|
| 平成 20 年度 | |
| <p>多変数解析学 (数学科 2 年 7 名)</p> | <p>ユークリッド空間の位相から出発して微分積分学の多変数の場合への一般化へと進み、高次元の微分積分学の基本定理であるストークスの定理について学習した。ストークスの定理や速度ゼロの集合を説明する。ゼミを始めた時に読んだ最初の本。開集合、コンパクトといった位相の定義から始まり、多変数での微積分、多様体で使われるベクトル場と微分形式を導入する。そして本書のメインとなるのが、これまでの内容をすべて使い、多様体から Stokes の定理へと突き進む過程である。</p> |
| <p>解析学入門 (1 年次 4 名)</p> | <p>田島著「解析学入門」を輪読し論法を用いた論理によって展開される、実数の連続性、連続関数、微分可能性、積分可能性、一様連続性などの基礎的概念を学習する。論法による収束の概念の厳密化を解説し、チェザロ和の極限定理の証明の概略を示す。</p> |
| <p>曲線と曲面 (1 年次 4 名)</p> | <p>平面曲線の曲率とその性質、空間曲線の局所的理論、空間の曲面の局所的理論を経て、曲面の大域的性質に関する基本定理であるガウス・ボンネの定理を学んだ。本発表では曲線と曲面の曲率の定義とガウス・ボンネの定理を紹介し、例を用いてその意味を説明した。</p> |
| <p>微分方程式概論 (1 年次 4 名)</p> | <p>私たちのグループは『微分方程式概論』(神保秀一著 1999 年)をテキストとして約 1 年間セミナーを実施した。変数分離型の常微分方程式の求積法から始めて線形常微分方程式の解構造の性質を論述している。応用として古典力学に現れる粒子の運動やそれに伴ってあらわれる数学的諸問題を解く。偏微分方程式の基礎についても記述がある。この自主ゼミは、私たちにとってセミナー形式での初めての学びであった。</p> |
| 平成 21 年度 | |
| <p>解析入門 (小平著) (1 年次 4 名)</p> | <p>日本を代表する数学者が解析学の基礎を論じたテキスト。まず、実数をデデキントの切断によって厳密に定義し、次に初等関数を定めた。そして、微積分の厳密な議論を行った。そのなかで重要な定理である平均値の定理や Taylor の公式などを学んだ。今回の発表では、三角関数の解析的定義について発表する。その定義とは、複素平面上の回転を考えることにより、その結果オイラーの公式そのものが定義となるものである。</p> |
| <p>微分方程式概論 (神保著) (1 年次 5 名)</p> | <p>変数分離形の方程式の解法から始め、物理学で頻出する単振動方程式の一般解の導出方法を学んだ。続いて定数変化法や定数係数 2 階線形方程式について整理し、微分方程式の解の存在について扱い、入門部分を終えた。続いて本格的に線形微分方程式を扱い、1 階連立系の線形微分方程式や 2 階・高階の線形微分方程式などの解法を学んだ。その中で、連立型や高階の微分方程式、定数係数連立方程式の解法を学ぶにあたって線形代数学で学んだ行列やベクトル空間の知識が役立つことが分かった。次に、波動方程式や熱伝導方程式などの基本的な偏微分方程式について学んだ。最後に、ラプラス変換の定義と計算方法を習得し、ラプラス変換の微分方程式と積分方程式への応用を学んでセミナーを終えた。あまり知識のないところからセミナーを開始したが、少人数で忌憚なく友人とアイデアを出し合いながら学べたことは大変有意義であった。</p> |

| | |
|---|--|
| | <p>また、レポーターとして発表するというのを早くに経験し、自分たちのディスカッション能力の基礎を培うことができた。今後はこの経験を生かし、数学力を高めるため更なる努力を積み重ねたい。</p> |
| <p>代数入門 - 群と加群 - (堀田著) (2年次7名)</p> | <p>群、環、および環上の加群という代数系の基礎理論の入門書。線型代数学を学んで数学にある程度親しんだ学生がそのまま読める。代数系の基礎からスタートし、群・環・体などの基本的な代数系の定義とそれらに共通する基礎定理である準同型定理を学習する。このためには群においては部分群・正規部分群・剰余群、環においてはイデアル・剰余環といった概念を必要とした。その後、特別な性質をもつ環として、整域・単項イデアル環(整域)・ユークリッド整域・一意分解整域・ネター環といった概念に触れる。環論上の中国剰余定理を、誰にでも馴染みの深い有理整数環 \mathbb{Z} を具体例として紹介。</p> |
| <p>多様体の基礎 (松本著) (2年次5名)</p> | <p>多様体は現代数学の中心的な概念のひとつである。この本は多様体の教科書の中で最も丁寧で解かり易い。実際、学部2年程度の線形代数と微積分の知識で読み始められる。昨年度、曲線や曲面について微分して得られる情報、その中で特にガウス・ボンネの定理を目標に学んだ。初め、いつも使っている2次元や3次元の直交座標系を用いて調べていたが、他の座標系や4次元以上の対象ではどうか？つまり座標が入っていないものにまず座標を入れるというところから考え始め、その操作を加えることで今まで微分して得た情報などをどのように導き出していくのか。そして座標の入れ方によらない不変量や多様体からみたガウス・ボンネの定理など、多様体論を学んだ後にさらに曲面論を議論した。</p> |
| <p>複素解析学 (佐藤著) (2年次6名)</p> | <p>複素関数論の標準的な教科書。収束べき級数や正則関数の特徴付けに始まり、コーシーの積分定理や積分公式に続く様々な基本的な定理を明解に解説している。私たちの班は前学期から学習している微分方程式について更なる理解を深めるため「微分方程式の解の一意性」と微分方程式を代数方程式に変えて解くことのできる「ラプラス変換」について学習した。ラプラス変換には逆ラプラス変換という逆変換が存在する。その逆変換についても興味を持ったので、必要な知識として複素関数論を学習することにした。現在は、複素平面、複素数列の極限、簡単な微分積分まで終えたところです。</p> |
| <p>Differential Forms in Algebraic Topology (ポット-ツー著) (3年次5名)</p> | <p>多様体上の微分形式や多様体の不変量であるコホモロジーやホモロジーの導入や基礎理論を論じた内容で、このゼミは昨年の7月から始まり現在も行っている。</p> |
| <p>Real Analysis (Royden 著) (3年次6人)</p> | <p>測度論および実践的な関数解析への入門書。実直線上の完全加法的集合族の定義から出発し、ルベーグ測度の基本的性質、ルベーグ積分の定義と重要な単調収束定理、優収束定理およびそれらの応用について記述される。第1章で多様体とコホモロジー論が出てくるかなり内容の濃い本である。これまでに n 次元空間の de Rham コホモロジーから始まり、コホモロジーの Mayer Vietoris 系列、コホモロジーの観点からの Poincare の補題へと読み進めている。このセミナーは基本的には自主ゼミではあるが教員(利根川)が指導し、「数学講読」の単位(2単位)を与えることとした。</p> |
| 平成22年度 | |
| | <p>ゼミは『ガロワと方程式』(草場著)をもとに行いました。大きく分けると第1章と第2章を行いました。まず第1章では不定方程式、合同式、</p> |

| | |
|--|--|
| <p>ガロワと方程式 (草場著) (1年次5名)</p> | <p>中国剰余定理,フェルマーの小定理,原始根,連分数展開,互除法の形式化,循環連分数といったように整数論に関することを多く学びました。第2章では複素数と3次方程式,ガウス平面,3次方程式の根の公式の導き方,1の原始n乗根とオイラーの関数等といったように複素数の観点からのアプローチを学び,最終的に代数学の基本定理を導きだしました。総じて代数学はやはり難しい学問だと感じました。テストが近いときは線型代数や微分積分の演習式のゼミもやりました。笠原先生やTAの小林さんには素晴らしいサポートやアドバイスを頂きました。このように代数ゼミは1年間を通じて密度の濃い満足のいく内容であったと思います。</p> |
| <p>曲線と曲面 (梅原・山田著) (1年次5名)</p> | <p>「曲線と曲面-微分幾何的アプローチ-」を読んで,初めに平面曲線の曲率,空間曲線の曲率・捩率を理解した。曲面論では,極小曲面が平均曲率0であること,ガウス曲率が第1基本量だけで表されること,および曲面上の最短経路(測地線)が満たす条件などを学んだ。この教科書では,一般論だけでなく,サイクロイド曲線や懸垂曲面などの数学的ないし物理的に面白い性質を持つ曲線や曲面の具体例も触れられている。一般論および具体例の計算は,微分積分学・線形代数学の絶好の応用となり,これらの習得に大いに役立った。終盤では,曲面論は直接的に R^{n+1} のn次元超曲面に一般化されることを示し,内在的・外在的量の区別をしてリーマン幾何学の入り口とした。</p> |
| <p>微分方程式概論 (神保著) (1年次5名,2年次7名)</p> | <p>私達のグループは5人で週1回活動しています。ゼミ1回の時間は1時間半で,使用している本は「微分方程式概論(神保著)」を参考にして「演習部分積分学(寺田・坂田共著)」の問題を解いています。活動内容は,1人が先生役になって自分の担当の部分を予習してきて4人に教えるということを繰り返しています。このゼミで1年間活動した感想は,1人で問題を解くよりみんなで集まって問題を解いたほうが,自分が行き詰まったときに色々な発想が得られるし,なによりみんなで解いたほうが楽しいです。だから,これからこのゼミを継続していきます。</p> |
| <p>フーリエ解析 (中村著) (2年次3名)</p> | <p>まず変数分離形の方程式の解法から始め,物理学で頻出する単振動方程式の一般解の導出方法を学んだ。続いて定数変化法や定数係数2階線形方程式について整理し,微分方程式の解の存在について扱い,入門部分を終えた。続いて本格的に線形微分方程式を扱い,1階連立系の線形微分方程式や2階・高階の線形微分方程式などの解法を学んだ。その中で,連立型や高階の微分方程式,定数係数連立方程式の解法を学ぶにあたって線形代数学で学んだ行列やベクトル空間の知識が役立つことが分かった。次に,波動方程式や熱伝導方程式などの基本的な偏微分方程式について学んだ。最後に,ラプラス変換の定義と計算方法を習得し,ラプラス変換の微分方程式と積分方程式への応用を学んでセミナーを終えた。1,2年生であまり知識のないところからセミナーを開始したが,少人数で忌憚なく友人とアイデアを出し合いながら学べたことは大変有意義であった。レポーターとして発表することを早く経験し,自分たちのディスカッション能力の基礎を培うことができた。今後はこの経験を生かし,数学力を高めるため更なる努力を積み重ねたい。</p> |
| <p>代数概論 (森田著) (2年次4名)</p> | <p>森田康夫著『代数概論』を用いてセミナーを行った。この本には,群,環,体といった基本的な代数系の理論はもちろん,(おまけ程度ではあるが)現代の数学において非常に重要な役割を担っているホモロジーや圏の理論も収録されており,多くの(理論面での)話題を提供してくれる。しかしながら,具体的な例は少ないように思われ(例は自分で考えよ,と</p> |

| | |
|---|--|
| | <p>のメッセージかもしれない)、私達もそれにひきずられてしまい、セミナーで具体的な話題に触れることが少なかった。ただ漠然と本に書かれている内容をフォローしてるに過ぎないな、と感じることがしばしばあった。今年度は、この点を十分に反省し、このセミナーをより良いものにしていくつもりである。</p> |
| <p>トポロジー入門 (コスニオフスキ著) (2年次2名)</p> | <p>「C. Kosniowski, トポロジー入門」の前半部分を輪講形式でセミナーしました。この本では General Topology の基礎から初めて、Topological Manifold, Fundamental Group, Covering Space 等の Algebraic Topology の話題が取り上げられています。どれも理論の詳細にまでは至っていませんが、とても読みやすく様々な話題に興味を持ってました。セミナーでは General Topology をこの本で扱っているよりは少し詳しくやり、その後二次元位相多様体の分類について考えました。このセミナーが私にとっては初めての自主ゼミで、他人の前で発表する初めての機会でした。他人に説明できるほどに内容を理解し整理することは、とても良い勉強になります。自主ゼミの活動を通してそのようなとても良い経験をすることができました。</p> |
| <p>整数論 (斎藤著) (2年次3名)</p> | <p>私たちは斎藤秀司先生の『整数論』という本を用いて、整数論のゼミを夏期休暇前半から春期休暇後半まで開きました。代数学の基礎的な部分からはじめ、整数論では有名であり美しい定理、平方剰余の相互法則を扱い、学部二年では取り扱わないようなP進数体までを学びました。内容はもちろん整数論ですが、進め方が普通のゼミとは異なりました。本のはしがきに載っていたコースにしたがって進めたのです。それはある形の方程式が一般に解をもつかどうか、という問題でした。本を先頭から順に追っていくという通常のゼミのスタイルとは違い、具体的に目標とするものがあるわけなので、数学を進めていくなかでそれぞれの定理がどのように役立つのかを考えることが大切なわけなのですが、前半に証明した定理が実際に目標とする問題に用いられたとき、数学をやったという充実感が大きかったです。そういう意味で今回のゼミは、数学を学ぶ上で大変面白いものであったと思います。</p> |
| <p>代数入門 (堀田著) (3年次5名)</p> | <p>22年度の活動は週に1回の2時間から3時間程で、1節毎に1人が担当する形でセミナーを行い、21年度に引き続き堀田良之著の代数入門-群と加群-を読み進めました。具体的な学習内容としては、まず22年度に学習した単因子論の応用としてジョルダン標準型を再論し、その後群の具体的運用を目的とした基礎的手法・基本定理として、群の作用、シローの定理、直積分解、有限アーベル群の双対性、可解群と巾零群、組成列を学習し、また環と加群について通常頻繁に用いられる概念と一般的事項として分数環、局所化、素元分解整域再論、射影加群と入射加群、テンソル積までを学習することができました。セミナーでは証明における根拠を定義から細かく確認していく事ができたので、数学の本を読み解く事に関して力をつけることができたと思います。</p> |
| <p>多様体の基礎 (松本著) (3年次4名)</p> | <p>2年次から始めた「多様体の基礎(松本幸夫著)」の続きを3年次で学び終えることが出来た。慣れるのに時間のかかった多様体の概念であるが、2年次に接ベクトル空間や写像の微分という基本事項を丁寧に学習できたことで、3年次では、段階をしっかりと踏みながらスムーズに、興味を持って進めることが出来た。内容は、大切な多様体である射影空間から始まり、コンパクト多様体にリーマン計量が入ることを保証するな</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>どにおいて、議論の中で重要な埋め込み定理や1の分割、多様体上の正則点や臨界点、ベクトル場を考え、最後に微分形式を導入して多様体上の積分を定義し、ストークスの定理を多様体の議論で証明した。多様体の理論を自主ゼミで早くからじっくりと進めていけた事で、講義だけでは少し困難な定着も可能となった。最初は抽象的に感じてしまう微分形式は、ゼミメンバーと議論できたお陰で疑問なく身に付いたように思う。自分で学んだことや考えたことを伝え、議論する場を持つことが出来る、このような場があることの大切さや有り難みや感謝を学年があがる毎により強く感じている。貴重な経験をさせてもらっている恩恵はとても大きい。4年次では接続の理論を学び、リーマン幾何を学んでいく。後輩にも是非1年次から、自主ゼミに参加して自分たちで学んでいくことを経験して欲しいと思う。</p> |
| <p>複素解析学 (佐藤著) (3年次4名)</p> | <p>佐藤宏樹「複素解析学」を使用して、基礎ゼミを行った。コーシーの積分公式、コーシーの積分定理ベキ級数展開定理をやり、孤立点をもつ関数のローラン級数展開定理を示した。</p> |
| <p>Differential forms in algebraic topology (Bott・Tu著) (4年次3名)</p> | <p>Bott-Tu, Differential forms in algebraic Topology について学んだ。多様体の不変量を導入することで、位相的な区別を図形たちの世界に導入することができる。ホモロジー及びコホモロジーを定義し、それらの双対生を示すことができる(ポアンカレ双対定理)。具体例についてコホモロジーを計算した。</p> |
| <p>平成 23 年度</p> | |
| <p>「解析入門」 (田島著) (1年次4名)</p> | <p>私たちの班は「解析入門」という本を使って勉強しました。そして、大きく分けて2つのことを勉強しました。1つは、\lim 論法です。高校数学では詳しく説明できなかった部分(数列や関数の極限值)を、\lim 論法を用いて数学的に説明することができました。初めは慣れるのに苦労しましたが、使っていくうちに案外わかるようになっていきました。2つ目は、実数についてです。今までは虚数ではないもの、くらいのイメージでしたが、その連続性など、性質について深く学びました。学んだことは数学のことだけではありません。実際に自分で講義の準備をして班の仲間の前で講義をすることも良い経験になりました。今までは自分が理解すれば良かったのですが、どう伝えれば他の人がわかりやすいのか、と考えるは難しかったです。しかし、そのような壁があったおかげで、物事を整理して話すように意識するようになりました。試験で休みを取ったため、なかなかテンポよく進むことができませんでしたが、それでもこのプロジェクトは私たちにとって本当に良い経験になりました。</p> |
| <p>「微分方程式概論」 (神保著) (1年次6名)</p> | <p>学んだこと：第1章では、微分方程式とは何か、変数分離形方程式について、定数変化法、定数係数2階線形方程式、ニュートンの運動方程式の話、解の存在について学んだ。変数分離形方程式では、例として単振動方程式とその解を扱った。第2章では、1階連立系の線形微分方程式、定数変化法、2階線形微分方程式、1階連立及び高階の線形微分方程式について学んだ。「解の一意存在定理」については、軽く触れただけに留めた。メンバーの都合を合わせるのが大変で、読み終わることが出来なかった。</p> <p>感想：微分方程式は、運動方程式や単振動方程式など、物理学との関連が強いと感じた。また、これらは基礎科目「物理学」でも扱われていたので、比較的容易に理解できた。</p> |

| | |
|---|--|
| <p>「ガロワと方程式」 (草場著) (1年次3名)</p> | <p>ゼミは週1回程度集まり行った。ガロア理論そのものにはまだはいつていないが、その導入部としてユークリッドの互除法や群などを学習した。たとえば群については初めて学習する分野であり、ラグランジュの定理や準同型定理など基本的な定理からシローの定理にいたるまで証明した。このゼミでの学習は普段一人で行っていた学習とは全く異なるのかんじた。というのも自分ではわかっているつもりでも、いざ授業をしようとわからないということがあり、よりいっそう理解を深めることができた。また、一つの定理の証明で自分の思いもよらなかった証明法を習得できることがあり、とても刺激的であった。</p> |
| <p>「曲線と曲面の微分幾何」 (小林著) (1年次3名)</p> | <p>小林昭七著、「曲線と曲面の微分幾何」の第一章、平面や空間の曲線の局所的、および大域的理論です。平面曲線の理論では、曲線を弧長のパラメーターで表す事や、Gauss の表示、回転数や全曲率などの概念が定義され、それらが平面曲線の性質を調べるのに応用される事を見ました。空間曲線の理論では Gauss の表示や曲率の空間版の他に、捩率という空間曲線特有の概念が説明されており、それらを用いて Fenchel の定理などを証明しました。同書の特徴は、説明が比較的親切で、豊富な図形的イメージを喚起させる点で、初学者にも理解がそれほど難しくはありませんでした。その点で、一年の早い時期から精読するのに良かったと思います。また、担当箇所を発表するために自分で読み込んだ事や、他のメンバーの発表を聞いた事で理解が深まりました。</p> |
| <p>「微分方程式概論」 (神保著) (1年次3名)</p> | <p>私たちのグループでは、「微分方程式」というテーマに沿って、メンバー3人で自主ゼミを行いました。テキストは「微分方程式概論」を用いて進めていきました。形式は、月曜日に週1回集まって、ゼミを進めていき、分からないところはお互い質問したり、議論したりするような形です。微分方程式の知識がほとんどなかったので、自力でテキストを進めていくのは難しく、戸惑ったり、自信をなくしたりすることもありましたが、メンバー3人でお互い、議論したりする中で理解を深めることができました。途中からメンバーの1人が諸事情により、ゼミに参加できなくなり、ゼミを中断せざるを得なくなりました。とても残念でしたが、このゼミを通じてお互いで議論し、理解を深めていくことの大切さを実感できたのでよかったです。</p> |
| <p>「集合と位相」 (小林著) (1年次4名)</p> | <p>約一年間自主ゼミをしてきました。内容は「集合と位相」で、基本的な集合論と写像からはじまり、集合の濃度、順序について学びました。例えば、少なくとも一つの全単射 $f: A \rightarrow B$ あれば A と B は対等である。対等である集合の濃度は等しい。それらをもとに整数と自然数の濃度は等しいということがわかる。定義したことをもとに定理を導き、定理を利用し新たなことを示す、その積み重ねで少しずつ数学の世界が広がる感じがしてとても楽しかった。主体は自分達であり、黒板を使って人に説明するという普通の授業では先生がすることを自分達ができました。自主ゼミを通して数学をより好きになったし、もっと学びたいと思いました。非常に良い経験となった。</p> |
| <p>「演習微分方程式」 (寺田・坂田著) (2年次5名)</p> | <p>微分方程式について学び、色々な形の微分方程式を解けるようになりました。勉強内容は教科書の例題を解いてから問題を解いて理解を深めました。活動を通じて、自分一人では思いつかないような発想や仲間と共に学ぶことによってモチベーションがあがり、すばらしい環境で勉強出来たと感じました。またこれからも自主ゼミを続けていきたいです。</p> |

| | |
|---|---|
| <p>「代数と数論の基礎」 (中島著) (2年次5名)</p> | <p>「代数ゼミ」は、私たちが今年度の4月から行っている自主ゼミです。群・環の基本的なことを、基礎からじっくり勉強しました。自主ゼミ開始当初は、代数学の考え方に慣れておらずペースはゆっくりでしたが、徐々に慣れてからはある程度スラスラとテキストを進めることが出来ました。群論は「シローの定理」、環論は「単項イデアル整域」まで学習し、いくつか演習問題も解きました。仲間と一緒に自主ゼミを行うことで、学習のモチベーションが維持出来て、一人では気付かなかったことも色々教えてもらえて勉強になりました。テキストはいくつか演習問題が残っているだけでほぼ読み終わりました。来年度はどうかは他のメンバーと検討中です。今後、より突っ込んだ代数学の知識の習得や、代数幾何などの代数学を使った分野の学習などを行っていきたい。また、代数ではない他分野のゼミへの参加、企画も視野に入れていきます。</p> |
| <p>Topology from the Differentiable Viewpoints (Milnor 著) (3年次5名)</p> | <p>僕たちのグループは「Topology from the Differentiable Viewpoint」で去年の3月から9月まで自主ゼミを行いました。内容を大まかに挙げると、多様体、正則値、臨界値、Brouwerの不動点定理、Sardの定理、ホモトピーとイソトピー、写像度、ベクトル場の零点の指数、オイラー数です。上に挙げたものはすべて初めて見るものばかりでしたので、図などを書いて概念を理解しました。行間が広い本でしたので、答えを得るまでとても時間がかかりました。特に面白いと思ったことは曲面の局所的な情報であるベクトル場の零点の指数から曲面の大域的な情報であるオイラー数がわかるというPoincare-Hopfの定理です。この自主ゼミを通じて感じたことは、一つのことを調べているうちに、また新たに疑問が生まれ、またそれを調べるという感じに次々知りたいたいことが増えて勉強するためのモチベーションが上がるということ、そしてそれに夢中になっているうちに数学をするのが面白いと感じました。</p> |
| <p>「可換代数入門」 (Atiyah・MacDonald 著) (3年次3名)</p> | <p>本書を読み進めて得た知識は、これから代数を専攻していこうと考える学生にとっては基本的であり、将来必要となってくる内容でした。演習問題も豊富で、これらを解くことによりかなりの理解が得られると思います。発表者は、他の二人に自身が予習してきた内容を出来るだけ分かりやすく伝えることを心がけます。実際、自分は予習段階で理解できなかったことが、他の人の発表により理解できた、ということがありました。また、毎回TAの方に参加していただき、アドバイスを貰うこともできました。その指摘は、数学に関することのみならず、発表時の板書の仕方や、論理的な思考方法など多岐にわたりました。これらの指摘は自分が今勉強している際にも、多いに役立っています。今回のゼミを通して数学以外にも色々なことが学べたと思います。</p> |

| | |
|---|---|
| <p>「現代微分幾何入門」 (中島著) (4年次3名)</p> | <p>昨年度末から現代微分幾何学入門(野水克己先生著)を読み、リー群・ファイバー束や接続の基本を学びました。進めるにあたって、特に位相群に関しては多様体入門(松島与三先生著)を、ベクトル束については位相幾何学(田村一郎先生著)をも平行して読みました。リー群やファイバー束については、講義では必要な知識のみで、あまり詳しくは紹介されませんでしたでしたが、非常に重要で、とても自然で綺麗な理論なので、自主ゼミで深くそれに触れる機会を持つことができ、本当に有り難く思います。その発端となった、現代微分幾何学の本は、幾何グループのお世話をしてくださる先生に相談して決めた本です。先生が私達の学びたい内容に関するいくつか推薦してくださったおかげで、素晴らしい本に巡り合えたと思います。また、普段のセミナーでお世話になっている先生や院生の方、活動報告会でアドバイスをくださる先生方がいてくださることは、本当に恵まれた環境だなと思います。そして、共にゼミを進めていく友達の存在もとても大きなものです。だんだん専門を学んでいくにあたって、分からないところと一緒に考えたり教えあったり、また、互いの頑張り刺激されたりと、自主ゼミの仲間は、数学を学んでいく上で本当に大切な存在です。昔は学生のみで自主的に、自主ゼミを立ち上げてしていたという話を聞いたことがありますが、私は理数応援プロジェクトがなければそのような機会はなかったかもしれません。良き同志をもて幸せです。4年間、プロジェクトが始まった当初から自主ゼミをさせていただいていますが、大学院に進んでもっと知識を広め深めて数学を研究できたらいいなと、学部の間思い続け、やる気を持続できたのは、自主ゼミによるところがとても大きいです。自主ゼミをしていなかった方より少し早めに数学の世界を見始めることができたと思います。そして、数学を学んでいく学び方も自主ゼミによって身につけられました。是非、大学院に進学しても、自分の研究室のセミナーの他に、自主ゼミを続けたいなと思いますし、学部生で数学を学びたい方々にも早い段階から自主ゼミを経験して欲しいと強く思います。自主ゼミで学んだ多くの事をきっかけにこれからも精進していきたいと思ます。</p> |
| <p>シュッツ相対論入門, 特殊相対論, 一般相対論 (Schutz 著) (2~4年次7名)</p> | <p>Schutz の相対論入門という本を使ってゼミを行いました。ゼミで学習した内容は、特殊相対論では、相対論的力学、相対論的流体力学について、一般相対論では、曲がった空間でのテンソル解析、球対称性、シュワルツシルト及びカー・ブラックホール、宇宙論、重力波について学習しました。相対論は素粒子論や電磁気学で使われており応用範囲が広く、物理の他分野の学習にも役に立ちました。また、時間を含めた四次元の座標で表現することによって、物理の様々な方程式が簡潔に表せることを目の当たりにして物理法則の奥深さに感銘を受けました。さらに、一般相対論においては四次元の曲がった幾何学によって重力が表現され、他の力と表現が異なることで、重力とは一体何だろうかと不思議に思いました。今後の目標としては、相対論で学んだことを生かして、素粒子論や場の表現方法または、多様体などの数学に関して学習していきたいと思ます。</p> |

| | |
|-------------------------------------|--|
| <p>「代数入門」 (堀田著) (4年次5名)</p> | <p>今年度、我々『代数入門』グループは、卒業研究や諸行事の合間を上手く利用して自主ゼミを進め、目標としていた第4章までを読み終えることができました。我々が学習した基本的な環論は代数を初めとして幾何などの分野でも利用されている重要な内容であり、先生方の協力の下で内容を深く丁寧に学習することができました。実際にメンバーの一人は、幾何系の卒業研究を行っていましたが代数の内容を使うことも多々あり、本書での学習が役に立っていたようです。また自主ゼミを通して、他分野を勉強している学生間の交流の場が保たれ、互いを刺激しあう良い関係を築く土壌になってくれたと思います。</p> |
|-------------------------------------|--|

物理学分野

| 物理学基礎ゼミ班 | 活 動 概 要 |
|---|---|
| 平成 20 年度 | |
| <p>「量子力学」 (朝永振一郎著)を読む (1-2年次10名)</p> | <p>朝永ゼミでは、前期量子論について述べてあるテキストの前半を読みすすめ、2年後期の授業から始まる量子力学の講義の基礎となる現代物理学の指導原理やその考え方、どのような歴史の基にそのような新概念が提出されてきたか、その物理的思考法、科学的なものの考え方を中心に議論を進めた。人数は10名程度で毎週1回全員が発表する形式で行われた。全員が意欲的に自習をこなし、自分なりの解釈、意見を持ってゼミに臨んでおり、非常に活発なディスカッションが行われた。参加者はそれぞれ忙しいと言いながらも、脱落者を出すこともなくみな真面目に取り組んでいた。ノーベル物理賞受賞者である朝永振一郎により著されたこの本は量子力学の誕生と量子力学が必要とされた背景などが詳しく説明されており、非常に教育的な内容である。その一方で、内容を十分に理解するためには統計力学の知識を多分に必要とする。そのため一年生あるいは他学科生には全体的にやや難しい内容であったが、ディスカッションを活発にした要因であるように感じられた。またSAの学生もディスカッションが紛糾しそうになったとき、うまく議論を誘導したことも今回の成功に大きく貢献しているように感じた。チューターとして物理学科4年生、本プロジェクト教育コーディネーターがあたり、3月まで週1回18時から20時の2時間をおこなった。</p> |
| <p>「物理学はいかに 創られたか」 (Einstein 著)を読む (1-2年次10名)</p> | <p>アインシュタインゼミでは、物理学の基本的な考え方から始まり、量子力学、相対性理論についての考え方を中心として、全2巻のうちの第一巻を読み終えた。毎週1回、人数は10名程度で参加して行われた。この本は比較的平易な書かれ方がされている。非常に良いペースで進み、力学から始まった内容は、量子力学の直前まで進めることができた。これはティーチングアシスタントの学生が進行役として、全体をうまく制御していたためであろう。カリキュラムの関係上1年生はまだ履修していない内容であるため、2年生が1年生の理解できるまで終了予定時刻を30分もオーバーして説明するなど、ゼミとしては非常に成功したと感じられた。参加学生からは、来年度も引き続き、第2巻のゼミを継続してほしい旨、希望が出ている。参加学生からは好評で、特に、上級生であるチューター(SA)との交流は有意義であったとの意見が多かった。問題点としては、基礎ゼミを1,2年生混合で行ったため、共通の空き時間がなかなかとれないことである。</p> |

| 平成 21 年度 | |
|--|--|
| <p>「量子力学」 (朝永振一郎著)を読む (1 - 2 年次 8 名)</p> | <p>テーマは量子論という現代物理学の柱に対応しているので、基本的な知識を養う上で適切と考えられる。学生からの要望も多いテーマである。参加人数は 8 名である。前年度のゼミで学生が終了時間が遅すぎるといふ感想があったことを踏まえ、実施時間は夕講時(6 講時, 18 時半から 20 時まで)の 1 時間半でなるべく延長しないようにし、毎週 1 回行った。テーマを担当学生を決めたため脱落者は出なかった。第 1 章「エネルギー量子の発見」を読み終わることを目標にゼミを行った。前年度もそうであったが、参加者の時間調整が難しく、参加希望であっても時間が合わないことによりやむなく参加を見送った学生も数人いた。目標のエネルギーの量子化まで進み、比熱が古典論では低温で実験と合わなくなり、電磁場による真空の比熱が古典論では発散する困難があり、量子論が必要になることを理解した。</p> |
| <p>「物理学はいかに 創られたか」 (Einstein 著)を読む (1 - 2 年次 10 名)</p> | <p>テーマは相対論で、要望が多かったゼミである。参加人数は 10 名。夕講時(6 講時, 18 時半から 20 時まで)の 1 時間半でなるべく延長しないようにし、毎週 1 回行った。教育コーディネーターがゼミ進行を補助した。下巻の相対性理論を読み終わることを目標にゼミを行った。質点に基づく力学だけでは電磁気の理解が困難になり場の概念が必要になり、エーテル説の破綻から特殊相対性理論が導入され、重力の再考から一般相対性の概念を学んだ。</p> |
| 平成 22 年度 | |
| <p>Introduction to Quantum Physics (1 - 2 年次 8 名)</p> | <p>From October 2010 till February 2011, the seminar entitled "Introduction to quantum physics" was opened. This class was dedicated to basics of quantum theory (quantization of electromagnetic energy, photon theory of the light, wave-particle duality, uncertainty principle, quantum description of hydrogen atom, electron Spin, Pauli exclusion principle). Special attention in this seminar was given to discussion of most important experiments and effects in history of quantum physics (photoelectric effect, electrons diffraction experiments, Compton effect, Franck-Hertz experiment, Stern-Gerlach experiment, Zeeman effect)</p> |
| <p>流体力学入門 (1 - 2 年次 5 名)</p> | <p>オープンラボで実験しているミルククラウン現象の理解を深めるために、流体力学の基礎ゼミを開始した。週 1 回 18 時から集まって、流体力学のテキストを読み進めた。</p> |
| 平成 23 年度 | |
| <p>Introduction to Quantum Physics (1 - 2 年次 5 名)</p> | <p>The seminar of Quantum Physics was opened as a new frontier educational project. The average number of participants were 5 students. The recommended literature is "Sears and Zemansky's University Physics: with Modern Physics". H. D. Young, R. A. Freedman, 2004. In the second part of the course we discussed the applications of quantum theory for solid state physics and applications of quantum physics in technology. Since the seminars were given in English, the additional result for students was the increasing of their level of scientific English.</p> |

| | |
|------------------------|--|
| 流体力学入門 (2 - 3年次 5名) | オープンラボで行っている実験(ミルククラウン)の物理の理解を目的に、流体力学の基礎ゼミを開始した。週1回、2年次、3年次で流体力学のテキストを読み進めた。ミルククラウンへの応用を考え、二次元流体の数値解析のためのソースコード解析を進めました。これはC言語で書かれたものなので、メンバーにはC言語を学習しています。その後、元のソースコードを改良していく形でモデルの構築を行っていききたいと思います。 |
|------------------------|--|

参考資料 5 : 理数学生応援プロジェクト講演会一覧(平成 20 年 - 平成 24 年 3 月)

| 講 師 | 所 属 | 日 時 | 題 目 |
|--------------------|-------------------------------|--------------|--|
| 川路 紳治 | 学習院大学名誉教授, 2007年日本学士院賞 | 平成 20 年 6 月 | 2次元電子系と量子ホール効果 |
| 池田 文人 | 高等教育機能開発総合センター准教授 | 平成 20 年 12 月 | フィンランドにおける大学入試改革 |
| 小野寺 彰 | 北海道大学教授 | 平成 21 年 2 月 | 市民にとって必要な科学リテラシーとは何か 北海道大学の科学リテラシー |
| 徳永 正晴 | 北海道大学名誉教授, 京都産業大学教授 | 平成 21 年 7 月 | 強誘電体の物理学 - 格子振動と相転移ダイナミックス |
| 竹山 幸作 | 高等教育機能開発総合センター | 平成 21 年 10 月 | A0 入試の今昔, そして未来 |
| Sergey Grabovsky | Moscow University, 教育コーディネータ | 平成 22 年 8 月 | Moscow and Hokkaido University : Educational System and Student Life |
| 徳永 正晴 | 北海道大学名誉教授, 前副学長 | 平成 22 年 8 月 | 物性物理学でのナゾ解きの楽しみ - 誘電体研究者として歩んだ一理論家の経験から |
| 富永 靖徳 | お茶の水大学教授 | 平成 22 年 8 月 | Hydrogen Mode and PO ₄ Tetrahedron Mode in KDP-type Ferroelectrics - Raman Spectroscopy |
| 徳永 正晴 | 北海道大学名誉教授, 前副学長 | 平成 22 年 8 月 | Mechanism of Hydrogen-bond Type Structural Phase Transition - Is Proton Tunneling Model Applicable ? |
| Sergey Grabovsky | Moscow University, 教育コーディネータ | 平成 22 年 8 月 | Dielectric Properties of KDP Crystals With Complex-Compound Impurities |
| 鈴木 久男 | 北海道大学教授 | 平成 22 年 2 月 | 物理と外微分形式 |
| Hans D. Hochheimer | 教授, Colorado State University | 平成 22 年 10 月 | High Pressure Physics: Thinking Outside the Box |
| Hans D. Hochheimer | 教授, Colorado State University | 平成 22 年 10 月 | High Pressure Experimental and Theoretical Study of the Quasi One Dimensional Sulfides AV ₆ S ₈ (A=In, Tl) |
| 増子 寛 | 麻布学園高校 | 平成 22 年 11 月 | 中学・高校・大学をつなぐ物理教育 |

| | | | |
|-------------------|--|--------------|--|
| Jinjun Liu | Professor, Southeast University, China | 平成 23 年 1 月 | Mathematical Researchers in Southeast University |
| 井原 慶彦 | 北海道大学助教 | 平成 23 年 2 月 | 核磁気共鳴実験から学ぶ物理の基礎 |
| R. Wang | 産業技術総合研究所 | 平成 23 年 2 月 | Piezoelectric Ceramics and its Application |
| Sergey Grabovsky | Moscow University, 教育コーディネータ | 平成 23 年 3 月 | Precise Specific Heat Measurements of BaTiO ₃ Crystal above Tetragonal-Cubic Phase Transition |
| Nurgali Takibayev | カザフスタン国立大学 教授 | 平成 23 年 7 月 | My Teachers and Friends in Science 私の研究における先生と友人たち |
| 佐藤 篤司 | 北海道大学客員教授, 雪氷防災研究センター参与 | 平成 23 年 8 月 | 雪と氷の不思議な世界 |
| R. Wang | 産業技術総合研究所 | 平成 23 年 8 月 | Piezoelectric Effect and Piezoelectric Materials |
| 岸上 順一 | NTT サイバーコミュニケーション総合研究所所長, 東大特任教授 | 平成 23 年 8 月 | アナログからデジタルへ |
| 神保 秀一 | 北海道大学教授 | 平成 23 年 8 月 | 自主ゼミで磨く数学力 |
| 高島 浩 | 産業技術総合研究所, 明治大学客員教授 | 平成 23 年 8 月 | ペロブスカイト型酸化物薄膜 E L |
| Elizabeth Tasker | Assistant Professor, Hokkaido University | 平成 23 年 11 月 | Making Galaxies and Research in the UK |
| 高島 浩 | 産業技術総合研究所, 明治大学客員教授 | 平成 23 年 11 月 | ペロフスカイト型酸化物 EL 素子と発光素過程 |
| Jian Zhai (翟 健) | Zhejiang University(浙江大学) 数学系 高等数学研究所 教授 | 平成 24 年 2 月 | Beautiful and Useful Mathematics |
| 黒沢 徹 | 北海道大学助教 | 平成 24 年 2 月 | 超伝導研究の最前線と研究者としての私の歩んだ道 |

参考資料 6 : オープンラボの研究成果(「サイエンス・インカレ」の概要より)

1. 研究題目「お酒についてラマン散乱実験」

研究は、お酒についてラマン散乱実験を行いラマンスペクトルに現れるお酒の特徴を調べることを目的としている。本研究を始めることになった端緒は北海道大学理学部で実施している「理数応援ニューフロンティアプロジェクト 段階的研究体験と学内インターンシップを基板とした人材育成」(文部科学省科学技術人材養成等委託事業、平成 20 年度採択)の活動の一環として行われた初年次インターンシップで研究室を訪問しラマン分光法についての説明を受けたことである。ラマン分光法ではアルコールを標準的な試料として使用すると聞き、お酒のスペクトルにどのような違いがあるのかに興味を持った。

お酒に関する先行研究を調べるうちに、水素結合によるクラスター形成が、お酒の味と関係するという報告を見つけた。このような研究にラマン分光法は適していると考えられるのだが、お酒の低波数から高波数にわたるラマンスペクトルをとり、科学的見地から調べるという研究は見当たらなかった。

本研究では 3 種類の焼酎(サッポロソフト、鏡月、GODO)と 2 種類のウイスキー(響 12 年、響 17 年)と 3 種類の日本酒(上善水如、久保田千寿、久保田萬寿)のラマンスペクトルを実際に測定し、その相違点を調べた。図 1 はサッポロソフト(焼酎)、図 2 は響 12 年(ウイスキー)、図 3 は久保田萬寿(日本酒)のラマンスペクトルである。お酒の主成分である水とエタノールとピーク的位置を比較できるように、それらをグラフ上に重ねてある。

この実験から、お酒のスペクトルの共通点と相違点を見つけることができた。すべてのお酒について、水とエタノールのピークが見られる。焼酎と日本酒に比べ、ウイスキーのピークは目立たないが、これはウイスキーのブロードな部分の強度が高く、ピークとブロード部分の強度差が少ないからだろう。

このような共通点に対し、多くの相違点もあった。焼酎のスペクトルは水とエタノールのスペクトルがよく反映された形をしている。一方でウイスキーのスペクトルは全体的に強度が強く、3 つの極大を持った山のような形をしている。日本酒のスペクトルは焼酎ともウイスキーとも違う形をしており、水やエタノールになかった鋭いピークもあった。今後はより多くの種類のお酒を調べることで、さらなる類似点や相違点を確認していく必要がある。また、他の手法と組み合わせることで、スペクトルの相違が生じる原因を探ることも大切になってくるだろう。こうした研究が進み、ラマン分光法を用いたお酒の味・質の判定ができる日が来るかもしれない。

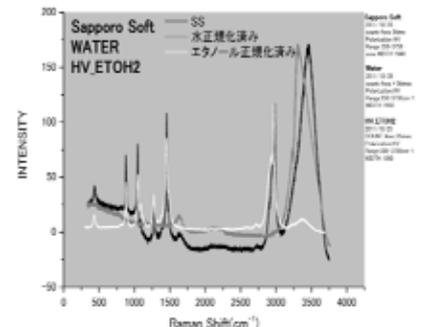


図 1. サッポロソフト

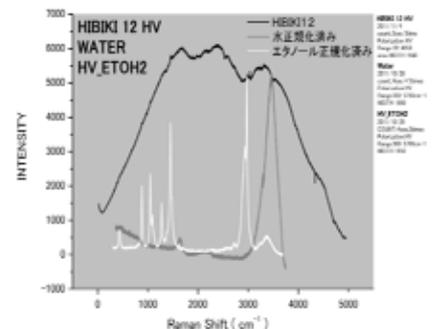


図 2. 響

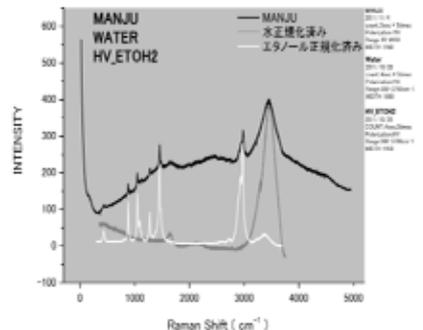


図 3. 久保田萬寿

2. 研究題目「斜面を転がるボール - 慣性モーメントを考慮した落下運動の考察」

研究の動機・目的

Galileo が行なった Pisa の斜塔でのボールを落下実験はよく知られている。しかし、落下途中の過程は、斜塔の屋上から落下させても 1 秒もかからない高速現象であるため、難しい課題であった。そこで、Galileo は自由落下をスローモーションで観測することを思いつき、斜面での落下運動を導入した。私たちに落下運動は熟知されていると思われたが、大学の授業での剛体の運動を勉強したことを思い出すと、ボールの転がり運動による慣性モーメントは考えなくて良いのだろうか、という疑問が生まれた。ボールは斜面を滑るように落下する(a falling ball) のではなく、転がりながら落下(a rolling ball) している。慣性モーメントをきちんと考えて、取り扱ったら斜面の運動はどうようになるのだろうか。このような疑問に対しては、まず、実験してみれば分かると思い、実験プロジェクトを組織し、測定を行なった。題材として選んだのはアメリカ・ウイシコンシン大学の Lattery 教授による論文 "A simple and Surprising Experiment is Performed by Physical Science Students" で、この論文では解析ボールの回転を考えない質点の運動として行なっている。この実験をベースに測定をスタートした。

研究の方法

実験は幅 15 cm、長さ 2m 程の亚克力板を床に水平に置き、合板で斜面を作り、蝶番で角度を変えられるようにしたものを用いた。斜面は、平面が鋭角的に机上の亚克力板に連結した。ボールは斜面、亚克力水平板上で自由に転がり、終端に到達できるようにした。連結点から距離 60 cm の円周上の合板位置でボールを静かに落下させ、水平面 2 m を通過する時間をストップウォッチを用いて測定した。計測は、角度毎に 10 回の計測を行った。

本研究で得られた成果と結果

今回使用した簡単な実験装置でも、丁寧に繰り返し測定すれば、精密な解析に耐えるデータが測定できることが分かったのはおどろきであった。明らかになった点を箇条書きにすると以下のようになる。

実験結果の概略は、先行して行われた Lattery 教授や佐藤らの実験結果をよく再現する。基本的な考え方は慣性モーメントを考慮しない質点モデルで説明できる。

ボールの種類を拡張してスーパーボール、マウスボール、ステンレス大球で実験を行い、互いに良く一致するデータが得られたが、低角度領域ではゴルフボール、マウスボールの場合に大きなばらつきがある。

質点と考えた解析でも、実験データの本質的なメカニズムは十分説明できるが、ボールの慣性モーメントを考えた場合の方が高角度側のデータの一致度が良い。

低角度 $\theta = 5 \sim 10$ 度での計測時間 T の一致度はあまりよくない。先行する Lattery 教授ら実験では、 $\theta = 5$ 度の低角度では測定を行っていない。これは、この低角度領域では、速度が余りにもゆっくりとした運動になり、摩擦抵抗などの影響が出ているのではないかと考えられる。

今後の発展と展開

今回に解析では、摩擦抵抗は考慮しなかった。ボールと斜面の摩擦を考慮した、より精密な解析を試みることに、ボール一個でなく、多数のボールが集団で斜面を落下した実験を行ないたい。北海道大学低温科学研究所が札幌大倉山ジャンプ台の斜面を利用した 5 万個のピンポン玉の落下運動は雪崩のメカニズムを探る実験であったが、集団運動としてどのような事が起こっているのか、今回の結果を発展させて物理的な観点から考えてみたい。

Keywords: 斜面の落下運動、ボールの回転運動、慣性モーメント、質点、剛体、古典力学

3. リサーチフェスタ 2010(大阪大学, 平成 22 年 10 月 17 日) 発表概要

(日本物理教育学会誌(59 巻第 1 号(2011), p.54-55)より転載)

理数応援プロジェクトの一環として,平成 22 年 10 月 17 日に大阪大学で行われた阪大リサーチフェスタ 2010 において「ビー玉スターリングエンジンについての熱力学的考察」というテーマで口頭発表を行った。この成果は,日本物理教育学会誌に公表された。

ビー玉スターリングエンジンの熱力学的考察

安孫子 和弘・田代 貴美 北海道大学理学部

ビー玉スターリングエンジンは熱機関の教材としてよく利用されるが, P - V 図や熱効率の測定や熱力学的考察が殆ど行われていない。熱特性を簡単に調べる方法を考え, その熱サイクルを考察した。

1. ビー玉スターリングエンジン

スターリングエンジンは, 1816 年にスコットランドの牧師スターリングが発明した, 空気を作動流体とする外燃機関である。熱効率が高く, 蒸気機関に代わる新たなエンジンとして期待されたが, 小型で高出力なガソリンエンジンの内燃機関が発明されると, 殆ど利用されなくなった。

最近, 熱源を問わない低騒音で環境にやさしいエンジンとして再評価を受けている[1, 2]。ビー玉スターリングエンジンは図 1 のような簡単な構造で, 高圧気体を使用せず, 身近なもので作製できるスターリングエンジンである。教科書で紹介されるなど, 教材として利用されている。図 2 の四過程からなるが, 実際の P - V 図やエンジンの熱効率などの測定および熱力学的考察が殆ど行われていない。本研究ではビー玉スターリングエンジンの熱特性を簡単に測定する方法を考え, ビー玉スターリングエンジンの実際の過程を検討した。



図 1. ビー玉スターリングエンジン

2. P - V 図の測定

ビー玉スターリングエンジンのシリンダ部(注射器部分)をビデオカメラでコマ撮り(30枚/sec)で記録する。シリンダの変位 x , 内部気体の体積 V , ピストンの断面積 S とすると次式となる。

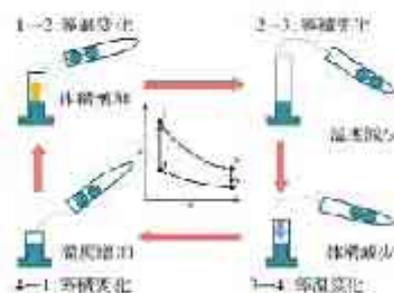


図 2. ビー玉スターリングエンジンのサイクル

$$\frac{\Delta V}{S} = \Delta x \quad (1)$$

これからつぎのように表現できる。

$$\dot{x} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{S} \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{1}{S} \dot{V} \quad (2)$$

$$\ddot{x} = \frac{\Delta \dot{x}}{\Delta t} = \frac{1}{S} \frac{\Delta \dot{V}}{\Delta t} = \frac{1}{S} \ddot{V} \quad (3)$$

シリンダの変位の測定結果が図 3 である。このサイクルを実線のように近似的に周期運動としてフィッティングし, 運動を解析的に取り扱う。

次に, 内部気体が外部に及ぼす力を F , ピストンの質量 m , 内部気圧の圧力を P とすると,

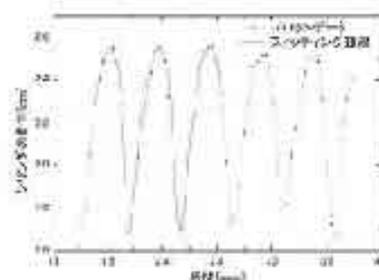


図 3. 時間に対するシリンダの変化

図3. 時間に対するシリンダの変化

Newtonの運動方程式より次式が成り立つ。

$$F = m\ddot{x} = SP \quad (4)$$

m と S は測定可能なので、(3)式を用いて、

$$P = \frac{m}{S^2} \ddot{V} \quad (5)$$

となり、 P - V 図は図4のように求められる。

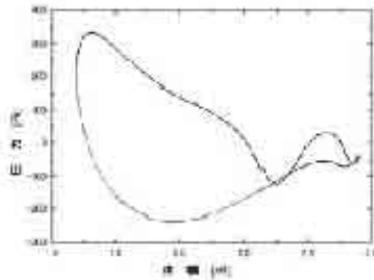


図4. ビー玉スターリングエンジンの P - V 図

3. 熱効率の測定

試験管に30mlの水を入れ温度を測った後、熱機関を加熱時の状態にして水を沸騰させ、沸騰までにかかった時間を測定する。水が単位時間に受けた熱量 Q は

$$Q = \frac{(T_c - T_0)m_w c}{t} \quad (6)$$

ただし、 T_c (水の沸点)、 T_0 (最初の水の温度)、 m_w (水の質量)、 c (水の比熱)である。

今、2の実験から運動の周期 L がわかる。ビー玉スターリングエンジンが1サイクルのうち熱源から熱を受けとるのは4→1と1→2の過程だけなので、この熱機関が1サイクルで受けとる熱量は $QL/2$ となる。 P - V 図の面積(外部にした仕事 W)より、このエンジンの熱効率 η は次式で与えられる。

$$\eta = \frac{W}{QL/2} = \frac{2W}{QL} \quad (7)$$

実験から $Q=69.7$ [J/sec]、 $L=0.45$ [sec]、 $W=0.0002725$ [J]となり、 $\eta=0.0017\%$ が得られた。熱効率が良い筈のスターリングエンジンとしては低効率である。

4. 考察

図2中央に示す理想的なスターリングエンジンの P - V 図と比較すると、相違点は次の2点である。

①全体的に理想図と比べ丸みを帯びている。

②1→2の過程で特徴的な凹みがある。

①は、この熱機関が準静的でなく、ピストン運動が瞬時に応答せず、等温変化と等積変化が同時に起こっているためである。②は、1→2の過程でビー玉の移動によりシリンダーが平衡点を通り過ぎ、圧力が上下にぶれたと考えられる。

低熱効率の原因として、次の3点が挙げられる。

①内部気体が常圧の空気である。

②加熱温度が低い。

③仕事が試験管の運動に使われてしまう。

スターリングエンジンの最高出力を与える回転数は、近似的に分子量の平方根に反比例する[1, 2]。そのため、使用される内部気体はヘリウムガスなどの気体で、高圧であるほうが良い。今回のエンジンは、常圧の空気を用いたため、これが熱効率に影響したと考えられる。効率は熱源の温度差によるが、今回は、熱源にアルコールランプと室温を用いたため温度差は約700 [K]で、実用スターリングエンジンと比べて温度差不足である。③はビー玉スターリングエンジン特有の損失である。

今回の実験から、スターリングエンジンが大きい熱効率を持つのは、高い熱効率を要求される実用的スターリングエンジンに限られたことで、教材としてのビー玉スターリングエンジンはその限りではないことがわかった。しかし、この実験は簡便で、熱機関に対する深い理解を得ることができるなど、教育的効果が大きい。

引用文献

- [1] 山下巖, 濱口和洋, 香川澄, 平田宏一, 百瀬豊: 「スターリングエンジンの理論と設計」(山海堂, 1977)
- [2] 長山勲: 「初めて学ぶ基礎エンジン工学」(東京電機大学出版局, 2008)。

参考資料 7：高大連携事業一覧

| 事業名 | 内容 | 日時 | 対象 |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---|
| ウインターサイエンスキャンプ | 「超伝導を作ろう - 高温で見いだされた超伝導の謎」 | 平成 20 年 - 23 年 1 月 | 全国の高校生を対象にした 3 泊 4 日の滞在型プログラム |
| SPP(Science Partnership Program) | 超伝導実験と講義 | 毎年 10 月の連休時 | 北海道立札幌平岡高校 参加生徒 26 名 |
| 先端科学概論 (高大連携事業) | 先端科学概論, 実験授業, 燃料電池の仕組み, 超伝導, 放射線の科学 | 毎年 9 月 - 12 月の土曜日に実施 | 札幌市立札幌開成高校 コスモサイエンス科 生徒 50 名 |
| 道内高校での出前授業 | 先端科学研究の出前授業 | 高校と日程調整し, 毎年実施 | 札幌西高校, 苫小牧西高校, 札幌手稲高校, 札幌清田高校, 帯広柏葉高校, 旭川東高校, 旭川東高校, 苫小牧西高校 |
| 高大連携授業 | 講演「21 世紀を拓く物質科学の世界」, レーザー光学実験 | 毎年実施 | 札幌啓成高校理数科 10 名 |
| SSH 授業 | 先端科学授業, 物理学実験 | 平成 22 年 - | 室蘭栄高校, 旭川西高校, 札幌啓成高校 |
| 北海道大学体験授業 | 北海道大学の先端科学 | 平成 20 年 - 23 年 8 月 | 神奈川弥栄高校理数科 高校生 50 名 |
| SSH 発表会での展示 | SSH 全国発表会で本プロジェクトの広報, 大学紹介 | 平成 21 年 - 23 年 8 月 | 北海道大学理数応援ニューフロンティアプロジェクトとしてブース出展 |
| 自然科学実験体験授業 | 道立理科教育センターと共同で, 道内理科教員に科学実験を実施。 | 平成 22 - 23 年実施 | 道内高校理科教員 道立理科教育センター教員 |
| SynFoster 研究成果報告会 | 北海道大学で行われている教育研究プロジェクトの活動を紹介 | 毎年 2 月 | 道内高校教員, 大学教員, 一般市民 |

院生講師 (ティーチングフェロー) 制度の導入に向けて —TA 制度の拡充による大学教育の実質化—

理学研究院 教授 小野寺 彰 (教育改革室, 役員補佐)

大学教員は分かりやすい授業をするのは当たり前、そのうえ最近では予習・復習を促す取り組みや宿題・小テストの採点、さらにその結果の授業へのフィードバックも求められています。一方で、厳しい研究競争にさらされ、国内外での学会活動は当然とされ、研究資金獲得のための事務作業も増大しています。大学院生が増え大学院教育も大衆化し、その教育や修学指導に頭を悩ませ、依頼があれば高校への出前授業もこなさなければなりません。教育によって学生・大学院生の質が高まれば、それが反映して研究も向上します。しかし現実にはこのようなスーパーマンのような教員は多くありません。

では、研究の活性化を図りつつ、教育を充実させる有効な方策はないのでしょうか。そのほぼ唯一の答えは、大学のもつリソースの有効活用、大学院生に授業の一部を分担させる院生講師 (TF: ティーチングフェロー) 制度¹⁾の導入です。

UC パークリー校の GSI 制度

これまで北海道大学では TA 制度を導入し、学士課程教育の充実を図ってきました²⁾。TA 制度は、大学院生が教育の補助として大学教育に参加するとともに、今後の学士課程教育の充実を図る上で重要な役割を果たす制度です。TA 制度は米国で発展したのですが³⁾、日本の現行制度とはかなり違っています。高等教育推進機構の研究部門では、この5年ほどカリフォルニア大学パークリー校 (UCB) を中心に TA 制度の在り方を研究してきました^{4)~6)}。米国の TA は、その役割レベルに応じて、単なる教育補助員としての位置付けだけでなく、授業担当

者に準ずる院生講師 (TF) として扱い、将来アカデミックな組織のスタッフとなるための重要なキャリアパスと認識されています。たとえばパークリー校では、TA(GSI) は表1の4タイプ(段階)に分かれています⁷⁾。



本学のティーチングフェロー制度

本学の現行制度は「タイプ a」に相当しますが、現在教育改革室では、修士課程までに TA 経験を積んだ成績優秀な博士後期課程の大学院生に限定して、より高度な「タイプ c」を導入する提案を検討しています。現実には近辺の大学で非常勤講師として教育に従事している大学院生も多いので、TA 制度を段階的に拡大し、一定の研修・教育を受けた博士課程の大学院生に対し、教員の指導のもと、演習・実験・体育実技等で授業担当を認めるものです。このような段階を踏んで組織的に TA 制度を強化・拡充することで、大学教員として職につくまでの教育トレーニングにもなります。

それなら、いっそのこと大学院生を非常勤講師に採用すれば良いのでは、という意見もありますが、そうではなく、大学院の教育課程の一環として TF を位置付けることに意義があります。ヨーロッパでは、ポローニャ宣言、エラスムス・ムンドス計画など学生主体の教育を指向しています。カリフォルニア大学と並ぶトップ研究大学であるスタンフォード

表1 パークリー校の TA(GSI) の役割4タイプ

| | |
|-------|---|
| タイプ a | TA 初心者。学部での教育経験を必要としない。主に討論クラスと実験を担当。 |
| タイプ b | 経験をつんだ TA。討論クラスと実験を担当。 |
| タイプ c | カリキュラム (教育課程、教育内容) が決められている授業科目の一つの講師となる TA。ただし指定読書文献の選択、教材の使い方、採点のみが任せられる。 |
| タイプ d | カリキュラム、テキスト、採点に独立した責任をまかされる。授業担当講師として職歴となる。 |

大学でも、近年は大学院生が近隣の大学の教員になることを重視してTAへの教育を拡充し、大学院生もRAよりもTAを好むそうです。本学でもこの制度を出発点に大学院生をファカルティ・メンバー予備軍として認知し、そのための研修・教育を強化することにより、学生目線に立って、学士課程および大学院課程教育の充実を図ることができます。

一方で、TA制度には大学院生に対する経済的支援という側面もあります¹⁾。パークリー校で最上級の「タイプd」のTAは、週2コマの授業(授業の準備、後のケア、採点、指導教員との打合せなどを含めて週20時間程度の勤務)を担当すると月2千ドル(約17万円)ほど、授業料免除、健康保険などと合わせて、十分生活できるレベルの収入になります。本学ではそこまでは無理としても、およそ授業料を賄える程度の給与を想定しています。

本学でも学士課程教育の充実と大学院生の育成を考えて、この様な制度を導入すべき時期に来ているといえます。特に非常勤講師への依存が小さくない初年次教育では²⁾、非常勤講師の一部をTFに代えることにより、効率的な大学運営と、大学院生への経済支援の強化、教員の負担軽減が期待できます。

21世紀の大学の教育と研究の充実は、いかにTAを教育に活用するかにかかっています。北海道大学はTA制度、TA研修で先駆的な取り組みを進めてきましたが、TF制度の導入によって、①授業を定型化しTFと分担することにより、教員がより創造的な面に資源を投入でき、学士課程教育が充実する、②大学院生が研究者として就職するまでの教育面でのトレーニングやキャリアパスの道をひらく、③大学院生への経済的支援となる、④教員と現在のTAの中間的存在であるTFは学生のロールモデルとなり勉学への動機づけを高めるといった観点から、大学としてより組織的なTA活用の仕組みを整備する必要がありますと考えられます。

¹⁾ TAや院生講師は米国では大学によりTF(Teaching Fellow)、またはGSI(Graduate Student Instructor)という。本学で検討中の案はティーチングフェロー(TF)制度としている。

²⁾ TA制度：文部科学省がTA経費として1992年から予算化した。

①その趣旨は「優秀な大学院生に対し、教育的配慮の下に教育補助的業務を行わせ、学部教育におけるきめ細かい指導の実現や大学院生が将来教員・研究

者になるためのトレーニングの機会の提供を図るとともに、これに対する手当支給により、大学院学生の処遇の改善の一助とする」(文部科学省平成12年度概算要求主要施策の説明報道資料)とある。

②また、中央教育審議会答申「学士課程教育の構築に向けて」(2008)では、TAの役割の一層の拡大、TA等の教育支援人材の大幅な増加に向けた支援を掲げ、各大学に対し環境整備を促している。

③中央教育審議会答申「新時代の大学院教育—国際的に魅力ある大学院教育の構築に向けて」(2005)では、「研究者等の養成の場合と同様の要素に加え、これまで脆弱であった教育を担うものとしての自覚や意識の涵養と学生に対する教育方法等の在り方を学ぶ教育を提供することが求められる。このため、たとえば、ティーチング・アシスタント(TA)等の活動を通じて、授業の実施方法や教材などの作成に関する教育などを実施することが考えられる」と提言されている。

④さらに、「将来の産業社会の基盤を支える科学技術大学院生のための教育改革—大学院教育の「見える化」による改革の推進」(2010、総合科学技術会議基本政策専門調査会)では、「TAの充実：将来、プロジェクトリーダーとして活躍できるための総合的能力は、産業界においてのみ有効なものではなく、アカデミアにおいても必要とされるものである。したがって、TAを、博士課程(後期)において、より総合的な能力醸成のための教育活動の一環として位置づけることが必要である。TAとしての活動は、授業の一部を担当させる等、より積極的な活動により、教育能力を醸成するだけでなく、幅広い教養を身に付ける機会にもなる」と指摘されている。

³⁾ 小笠原正明、西森敏之、瀬名波栄潤編、TA実践ガイドブック、玉川大学出版社、2006

⁴⁾ 宇田川拓雄、カリフォルニア大学パークリー校の先進授業とTA教育の制度化、高等教育ジャーナル13(2005)、1-13

⁵⁾ 宇田川拓雄、カリフォルニア州立大学パークリー校におけるTAシステム、高等教育ジャーナル14(2006)、129-141

⁶⁾ 西森敏之、齊藤準、竹山幸作、UCパークリーでのCSI制度、センターニュース82(March 2010)、14-16

⁷⁾ カリフォルニア大学パークリー校のTA学則の前文では、「パークリーにおける院生講師の教育と訓練は大学の教育の使命にとって本質的なものである。教授陣(faculty)の監督と準備指導のもとに、大学院生は将来アカデミックな組織の教員となるための準備をすることができる。院生講師が学士課程教育において重要な役割を果たすと同時に、パークリーの学士課程教育の質が院生講師の効果的な準備指導と訓練により高められることも意味する」と述べられている。

⁸⁾ 平成21年度TA経費(使用実績)は18,280万円(全学教育3,450万、学部教育14,830万円)である。

⁹⁾ 平成21年度非常勤講師経費(使用実績)は11,190万円(全学教育6,450万円、学部4,740万円)である。

参考資料 9：鈴木章科学奨励賞 (北海道大学えるむ 138 号)



新しい学生支援
鈴木章科学奨励賞
自然科学実験

文系学生支援 小澤敦子
TEL: 011-830-7111



この賞は、1年次学生が履修する「全学教育科目・自然科学実験」で、特に優秀な成績を修めた学生を表彰し、賞状と記念品を贈呈するものです。これまで、理系科目で、著しい学習成果を修めた学生に対する表彰制度はありませんでしたので、このたび鈴木名誉教授が2010年ノーベル化学賞を受賞されたことを契機として、この賞に鈴木名誉教授の名前を冠し、高等教育推進機構長表彰として新設したものです。平成23年度入学時から被表彰者の対象としており、今回が最初の被表彰者になります。

平成23年度第1学期に表彰された2名に喜びのコメントをいただきました。

A: 今年度新たに設けられた賞ですが、入学時からこの賞について知っていましたか？

佐々木 (以下「佐」): 知りませんでした…

島田 (以下「島」): 入学式の説明会で聞いて知りました。

A: では、最初から受賞を目指していたわけではないんですね。受賞したときはどのような気持ちでしたか。

佐: びっくりしました！

島: 同じく、びっくりしたのと、実感が湧かなかったです。

A: 得意科目は。

佐: 化学です。

島: 化学です。(笑)



A: やはり、元々得意科目だったんですね。では、実験のどのような点が好きですか。

佐: 自分で反応を見ながら体験できるところです。

島: 自分で反応が見られるところです。

A: 来年入学してくる後輩や、今後この賞を目指す学生さんにアドバイスやメッセージをお願いします。

佐: 実験は、友人と協力して楽しくすることがコツだと思います。

島: 実験前に、文献を読んで知識を付けておいたのが役立ちました。

A: ありがとうございます。今後も、この賞をバネにして実験をしてくださいね。

化学実験室にて
(実験のポーズをとって、という唐突な注文にも笑顔で応じてくれました！)

インタビューの後、将来の希望と可能性に満ちた二人の姿にフレッシュな気持ちになりました。なお、この賞の表彰式は、第2学期の被表彰者と併せて、平成24年3月に行います。豪華な記念品も用意されています。第2学期に履修する学生さんは、ぜひ受賞を目指してください！新しくできたこの賞の他にも、本学ではさまざまな表彰制度を設けています。学生のみなさんのやる気の一助になることを願っています。



島田 拓郎 さん (1940)

「化学を使って、研究者もいっかな〜？と考えています！」

対談
with
島田 拓郎 × 佐々木 萌子



佐々木 萌子 さん (1640)

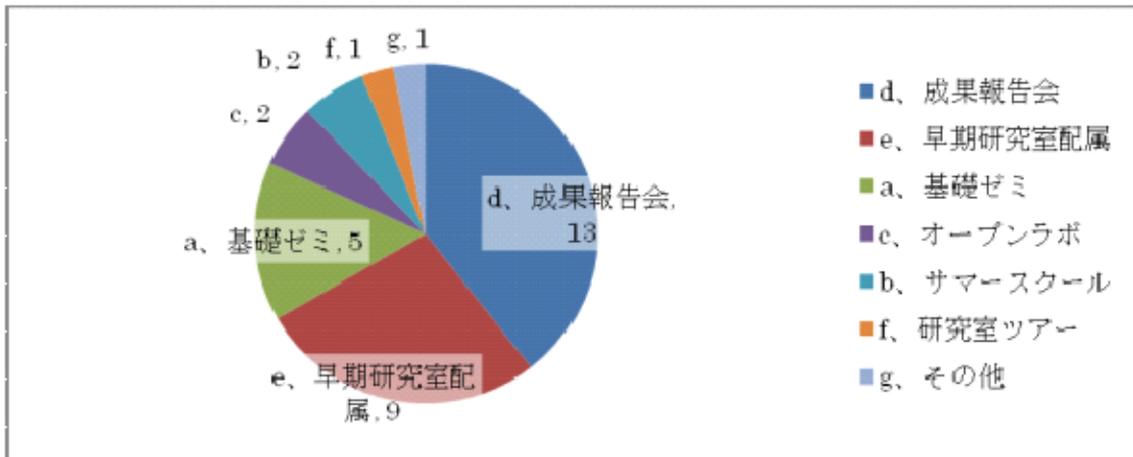
「将来は得意な化学を活かして薬学部へ行きたいです！」

参考資料 10：理数学生応援プロジェクトに関するアンケート

本プロジェクトに関するアンケートを実施した。以下に回答の抜粋を掲載する。

Q1. 次のプロジェクトで最も印象に残った活動をひとつ選んでください。

a. 基礎ゼミ b. サマースクール c. オープンラボ d. 成果報告会 e. 早期研究室配属 f. 研究室ツアー g. その他



Q2. 上で選んだ活動でどのような点が印象的だったか具体的に書いてください。

「成果報告会」を選んだ人

- ✕ 初めての発表だったので良い経験になった。他の人の発表を聞いてすごく勉強になった。
- ✕ 先輩や仲間がどういった学習・研究をしているか分かったこと。自らが主体となって活動した時間が長かったこと。
- ✕ 分からない内容も多いが、何をやったのかかみくだいて説明しており色々参考になった。
- ✕ 同じ早期配属に行った人、数学の人たちの発表は内容だけでなく勉強になることが沢山あった。
- ✕ 他のグループがどのような事をやっているか分かっておもしろかったし、勉強になった。
- ✕ 先生方の前ではじめて発表した点。物理のことが色々聞けたこと。数学と物理の考え方の違いを知ることができた。
- ✕ 他学部の成果報告。プレゼンを通して様々な研究に触れられた。

「早期研究室配属」を選んだ人

- ✕ 実際に実験装置に触れて、先生に直接習い、そのスタンスを知れたことが一番大きいです。来年度には4年生として研究室配属される予定ですが、それが一体どのようなものなのか想像もできなかったもので、それを知る良い機会となりました。
- ✕ 数値解析の知識を得たこと。とても実用的に感じた。
- ✕ 実際に研究室に入った事。これまでやった中で、一番内容を理解したと言える勉強ができた。
- ✕ 忙しかったが、勉強していくことで新たな発見があり、それが非常に爽快だった。
- ✕ 大学に入ってから「研究」ばい勉強をしたことがなかったので、いい経験になりました。
- ✕ 授業とは全く異なるけれど自分がやりたい勉強ができて、とても楽しかった。

- ✂ 数値計算をしたあとのデータ分析が大変だと分かったこと。
- ✂ 研究室，研究といったものがどんなものかわかった。研究室で，さまざまな体感をさせていただいたから。

「基礎ゼミ」を選んだ人

- ✂ 英語での授業。量子力学の基礎ゼミを受講させて頂きました。学んだばかりの科目を英語でもう一度学ぶことができた点がよかった点です。
- ✂ 学生の自主的なセミナー開催を金銭面やアドバイス等により手広くサポートしていただきとてもはげみになった。このような学生だけでの自主的な活動はあまり盛んとは言えず，そのような土壌を築くという意味でもこのプロジェクトの意義は大いにあったと思う。
- ✂ 1年間を通して基礎ゼミをやることができ，数学の厳密さと応用性について学べたこと。
- ✂ 早い段階からゼミ形式に慣れることができてよかった。
- ✂ ゼミの発表の仕方等に慣れることが出来て，大変ためになった。

「オープンラボ」を選んだ人

- ✂ ヘッドフォンアンプを，はんだ付けなどをして一から作った事。
- ✂ 自分で真空管アンプを作って，音が出たとき，本当に身震いするほど，感激した。
- ✂ 少しずつ条件を変えながら同じような実験を何度も繰り返した点が，実際の研究もこのように地道なものなのかなと思ひ，印象的だった。
- ✂ 自分達で実験の結果をまとめたり，次にやるべき実験を考えたりと，普段の授業では体験できないことをできたこと。
- ✂ 自分たちの責任で機械を操作し実験結果を得られた点。実験を行う際には今返に習ったことを総動員しなければならないことに気づかされました。そこで，自分に足りない知識があったら自分で考えて学ぶことができました。また，どうしても分からないことは先生や先輩に聞くなどしたので色々と勉強になりました。

「サマースクール」を選んだ人

- ✂ 通常の講義では扱わない内容を，短期集中で勉強できた点。レベルの高い先輩から刺激をもらえた点。
- ✂ 勉強会に加えて，他大学との交流ができたところ。
- ✂ 同学科の人でも，普段の総合教育部では初年次クラスがバラバラで情報を共有できていなかったのので，理数応援に参加することで話す機会が生まれて良かったです。サマースクールでの先輩のお話や，研究室ツアーで見聞きしたことが物理学科に進学するうえで非常に有益だったと感じています。

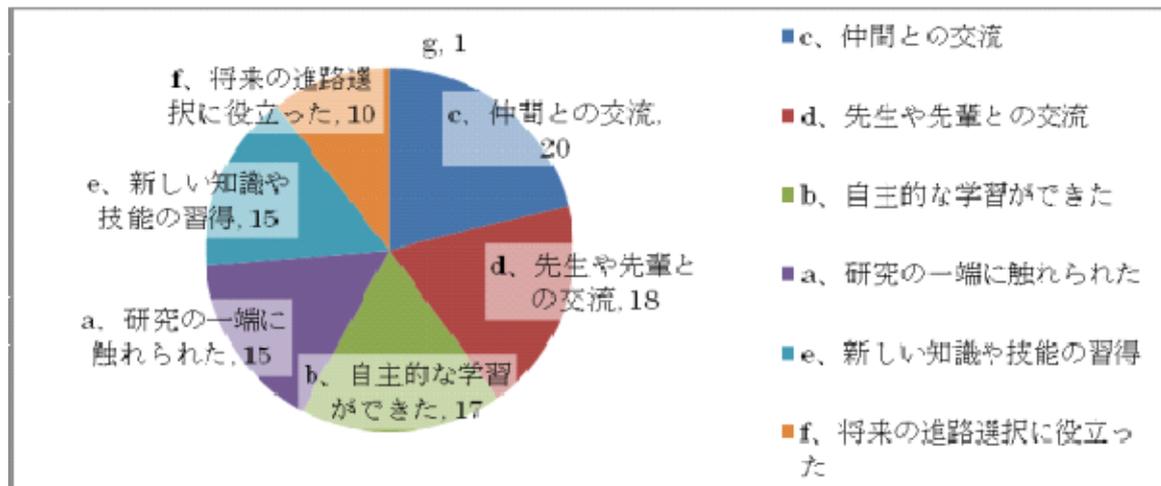
「その他」を選んだ人

- ✂ 理数応援のリサーチフェスタ(現：サイエンスインカレ)に出席させて頂いたのが一番印象に残っています。多くの見知らぬ方々(物理のプロ，アマチュア両方)を相手に発表するのは初めてで，これからのプレゼンの礎になる程に新鮮な経験でした。また，その後そこで出会った同輩と科学の意見交流ができたことも楽しかった記憶として印象深いです。

- ✧ すばる望遠鏡研修。今回の活動で実際にハワイに行き実物の望遠鏡を見学することができました。また、実際に国立天文台の職員の方々、研究者の方々にお話を聞くこともでき、とても勉強になりました。

Q3.本プロジェクトに参加して良かったことは？(複数回答可)

- a. 研究の一端に触れられた b. 自主的な学習ができた c. 仲間との交流
d. 先生や先輩との交流 e. 新しい知識や技能の習得 f. 将来の進路選択に役立った g. その他



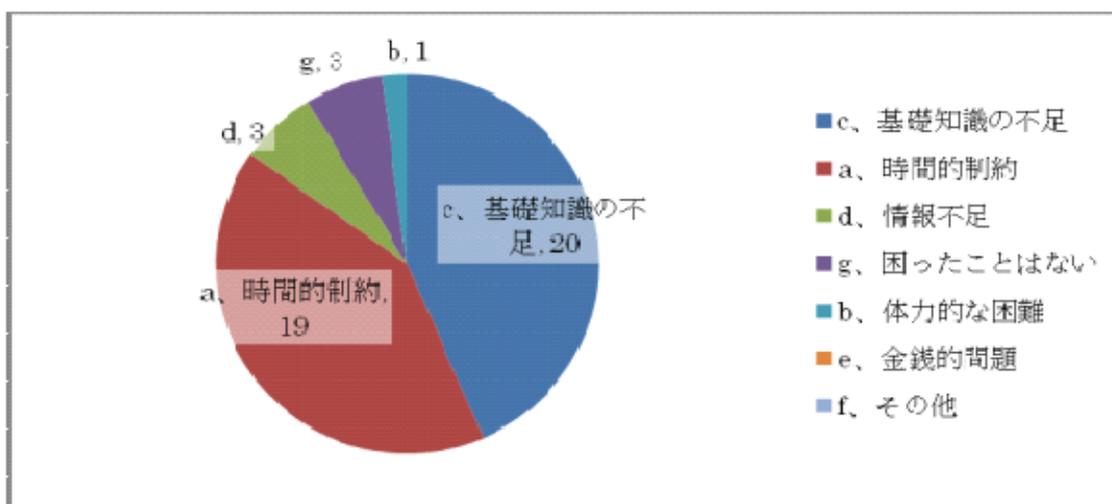
Q4.上で選んだ良かったことについて具体的に書いてください。

- ✧ 学会，Spring8 に見学に行き，科学の最先端を見学している実感を得，嬉しさと興奮を覚えました。
- ✧ 実際にデータの解析などを自分の手で行ったのは初めてだったので，難しい部分もたくさんありましたが非常に貴重な体験ができました。早く研究室で研究したいと，今回のプロジェクトに参加することでその思いがさらに強くなりました。
- ✧ 数学ですごい先輩方と出会えたこと。自分の興味を引くようなことが見つかった。
- ✧ 基礎ゼミを通さなかったら知り合えなかった他学科の学生や，また成果発表会やさまざまな企画で幅広い仲間と会うこともでき刺激的であった。
- ✧ 仲間と一緒に自主ゼミを行うことで，勉強のモチベーションが維持出来て，一人では気付けなかったことも指摘してもらって勉強になった。
- ✧ 様々な人の発表を聞くことで，どのような研究が行われているかがわかった。また，多くの人たちと話せることもよかった。
- ✧ 学校の講義とは違って自主的に勉強，発表をすることで人前で発表する能力が身につくとともに，先生や先輩から勉強以外にも色々な話が出来て，新しい考え方や将来について色々なことを考えることが出来た。
- ✧ 教養では得られない知識を得たり，今後のための心構えができた。
- ✧ 自分自身が自主的な学習をすると同時に，仲間や先輩と出会えた。
- ✧ 数学の自主的な学習ができ，基礎ゼミの仲間などから刺激がもられたこと。

- ✂ 研究を早いうちから自分で進められる。今まで知らなかった分野についても聞くことができ、進路の幅が広がった。
- ✂ 英語でのゼミが語学力向上に役立った。話のタネが出きた。
- ✂ 研究室の活動内容や授業範囲外の学問について知る機会が与えられたこと。
- ✂ 3年でやるような内容を知れたのは、今後の進路選択に非常に役立った。
- ✂ 自主的に数学や物理の勉強ができ、この機会に様々な人と勉強できたこと。
- ✂ 数学の本を友達と読むことを学べた。自分一人だけではなかなか勉強が進まないこともあり、多人数でやることで、様々な視点の意見が聞けるので面白かった。
- ✂ 基本、自分は友人がいないので、このプロジェクトに参加して、多少なりとも会話ができる人ができた。又、素粒子研究に興味をわき、その研究をするのに一歩先へすすめることができた。
- ✂ 仲間たちと勉強して議論できる場所。研究室をこれから選ぶのに参考になりました。
- ✂ 興味があるものの知識は自然と入り、自主的に「知りたい」と思って学ぶことができた。
- ✂ 先生方や先輩と話せて、学科のふんいきが分かり、また、ためになるお話も聞けて楽しかった。
- ✂ ゼミでの交流によって得た。これまでは院生の方とお話する機会はあまりないので。
- ✂ 先輩や先生と色々話せた。他学年の人たちや、他学科の人とも交流ができ情報を共有し合うことができた。
- ✂ 一緒に勉強する仲間が増えたことが一番良かった。
- ✂ プロジェクト室が自由に使えたので、授業内容はもちろん、個人的に調べたことなどを議論できた。交流範囲が広がり、色々な話を聞くことができた。
- ✂ 誘電体に興味をわき、色々面白く思えた。研究室のメンバーで良い思い出作りができた。

Q5. 本プロジェクトに参加して一番困ったことをひとつ選んでください。

- a. 時間的制約 b. 体力的な困難 c. 基礎知識の不足 d. 情報不足 e. 金銭的問題 f. その他 g. 困ったことはない



Q6. 上で選んだ困ったことについて具体的に書いてください。

「基礎知識の不足」を選んだ人

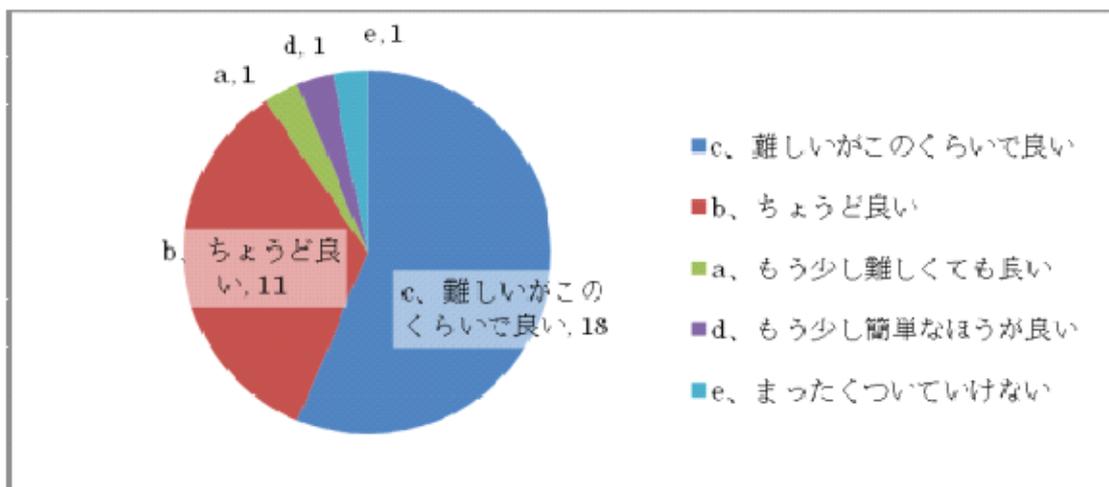
- ✖ 成果発表のために専門知識を即興で学びましたが、やはり相当な無理があったと思います。よくわかってないまま発表したという感覚があり、大変だったことを覚えています。
- ✖ 一年生なので仕方がないが、他人の発表を聞く上でもう少し知識が欲しいと思った。
- ✖ 1年生には習っていないことが多すぎて、1年生にとっても、おそらく先生方にとってもやりにくい。
- ✖ 発表を理解するのに必要な知識が不足していた。基礎ゼミなど、1年生にやった朝永ゼミはとて難しかったし、アインシュタインゼミなどは逆に一般教養書というのもあって曖昧で範囲が広過ぎて結局何も残らないものになってしまいました。また、そこで時間をかけられれば良かったものの、時間的制約が枷になりました。
- ✖ 他の人の発表は分からないことだらけだった。
- ✖ 1年ということもあり、物理や数学の知識が足りないと感じた。
- ✖ Open Lab で流体力学の知識がなかったこと。
- ✖ 現代物理最前線をレビューしようかと思ってたが、本の notation や数学的な力が無かったので、主にブルーボックス的レビューになってしまった。
- ✖ 3, 4年の内容を1, 2年がやるには道具が足りず、それがないままやったゼミなどは正直内容が頭に残らなかった。
- ✖ 物理の基礎学力が不足していて、発表に困ったこと。
- ✖ 代数学での群論などの知識が少なく、整数論のテキストの中身を理解するのが大変でした。
- ✖ 他の人の発表がほとんど頭にはいらなかったので、勉強します。
- ✖ 勉強する上で基礎知識の不足を多く感じた。
- ✖ 微分幾何学の知識不足。途中からの参加だったので、補うのが大変だった。
- ✖ 問題を考える時に、何かからどう考えていいのかがまずできなかった。

「時間的制約」を選んだ人

- ✖ 期末テスト期間と成果報告会の準備期間が同時期だったので体力が必要だった。
- ✖ 物理の早期研究室配属ではまとめる時間が1カ月弱しかなく、時間が足りなかった。
- ✖ 知りたい情報に辿り着くまでに膨大な量の知識が必要。時間が足りなかった。
- ✖ 早期研究室配属の勉強をする時期がテスト時期と重なっていて大変だった。
- ✖ シミュレーションが当初予定していた条件でできなかった。残念。
- ✖ 学期中でやっていくには、時間的な制限が多かった。
- ✖ 面白そうな企画が多々あったが、都合(個人的な)により出席できなかつたりした。
- ✖ 授業時間が多くて、理数応援がらみの自主的活動が阻まれた。
- ✖ 講義が多く、準備に時間がとれない。放課後中心になること。複数人の場合の日程調整。
- ✖ 学校の講義やアルバイトと、基礎ゼミやイベントの予定の都合が付かない。
- ✖ サークル、バイトと授業に加えると、時間的余裕がなく、忙しすぎた。

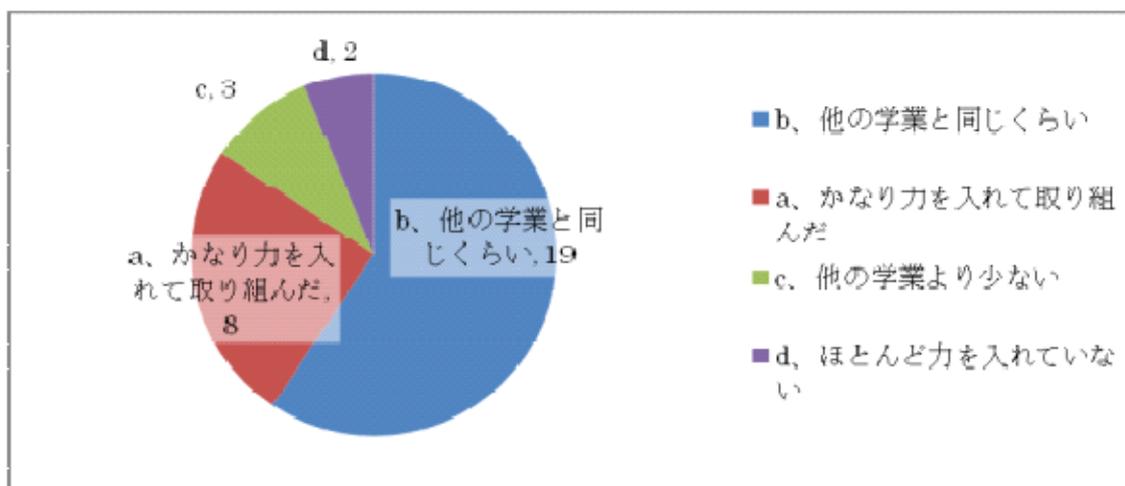
Q7.本プロジェクトの難易度はどのくらいでしたか？

- a. もう少し難しくても良い b. ちょうど良い c. 難しいがこのくらいで良い d. もう少し簡単なほうが良い e. まったくついていけない



Q8.本プロジェクトにどのくらい力を入れて取り組みましたか？

- a. かなり力を入れて取り組んだ b. 他の学業と同じくらい c. 他の学業より少ない d. ほとんど力を入れていない



Q9.今後取り組んでみたい研究や講演を聞いてみたいテーマなどを書いてください。

- ✂ 数学の基礎ゼミに参加しましたが、2年からは物理コースもやってみたいと思います。
- ✂ 物理の応用についても話を聞きたい。
- ✂ 今回の基礎ゼミでは相対論について学んだので、それとも関連した素粒子論、宇宙論や、数学ではリーマン幾何なども詳しく学んでみたい。また量子力学の数学などの数学と物理の両学科の学生も楽しめるような講演があればよいのではないかと思った。
- ✂ C言語によるプログラムを書いて、二重振子を動かしてみたくなった。
- ✂ 代数分野の学習を進めたい。
- ✂ 非線形の物理、確率論、複雑系・カオス、マイスナー効果について知りたい。

- ✂ 2年生が今回発表したような調べ学習的な内容よりも，Milky Crownの実験報告の様な長期的な活動を実験などを取り入れた発表に取り組みたいし，聞いてみたくもある。
- ✂ 統計をやって量子力学の話がでて，もっと詳しく知りたいと思った。3年になれば授業もあるだろうから，その知識を使ってもうちょっと上の内容をやってみたい。
- ✂ フーリエ解析をやったので，他の解析系の研究をしたいです。また，物理をもっと数学的手法を用いて研究してみたいです。
- ✂ 幾何と数理科学系について今までほとんど勉強していないので，今後自主ゼミもしくは自分で勉強したいと思います。
- ✂ Fourier 解析をより詳しくやる為に，ルベグ積分をやりたい。又，量子力学も半端ながら勉強したので，それをさらに進めて，物性への応用等が理解できる様になりたい。
- ✂ 反物質の CPT 対称性，量子論的多世界解釈。
- ✂ 早期研究室配属が時間が足りず，満足に勉強ができなかったので，量子統計力学(特に Bose-Einstein 凝縮について)を勉強した。
- ✂ 素粒子系も少し楽しそうだと思います。宇宙の観測機器を実際に見てみたい。
- ✂ 来年度の，早期研究配属の実験が楽しみです。
- ✂ Maxwell の 3，4 年の更なる勉強。流体力学。
- ✂ 関数解析，数理物理のような領域。
- ✂ 超準解析の熱・統計力学への応用，量子情報理論。
- ✂ 未だ興味を持てるテーマがないので地道に勉強していこうと思う。
- ✂ 最前線の研究者達が，どのようなことに取り組んでいるのか。

Q10.感想など自由に書いてください。

- ✂ すばる望遠鏡研修に参加することで，望遠鏡や銀河についてさまざまなことを勉強し，また研究の一端に触れることができ本当に良かったです。今後もこのような機会が幅広い分野で学生に提供されるといいなと思います。
- ✂ 時間や労力的に大変な部分はありませんでしたが，貴重な経験をすることができました。この経験を将来の研究にも生かしていきたい。
- ✂ 普段の講義では英語にふれる機会があまりないので，外国人の先生による英語ゼミは貴重な経験でした。今後，また機会があれば参加させて頂きたいです。ありがとうございました。
- ✂ とても自分のためになった。
- ✂ 学生の自主的な活動や研究を支援するような取り組みは学生同士の雰囲気をも明るくさせ，大学自体の雰囲気をも高めるものであると思うので，このような支援活動はこれからも何らかの形で続けていただけたらと思う。また，本プロジェクト担当の教員や事務の方々には大変にお世話になった。特に，毎回ゼミの様子を見に来てくださったり様々な企画や告知をしてくださった教育コーディネータの先生には多大なる感謝の言葉を述べたい。
- ✂ もう少し積極的に様々な活動に取り組んでいきたい。自分で研究をしていくようにしたい。
- ✂ プロジェクトのおかげで安く，色々な研修をできて，とてもうれしくおもいます。
- ✂ 今後もこのような活動に参加していきたい。
- ✂ 数学の人の発表や先生の指摘等を聞いてとても刺激になりました。Open Lab の発表も 1 年後にあるのでしっかり勉強していこうと思います。これからはもっと力を入れていきたい。

- ✂ 難しいことが多すぎたので(まだ習っていないこと)もう少し初歩的なことがしたい。
- ✂ 授業の内容の意義を新しい視点から見直すきっかけになったのでその点で良かった。
- ✂ テストがあって、ゼミを進めるにしてもプレゼンを作るにしても時間が足りなかった。早期配属の時期は遅くてもいいとして、2月の中旬で終わるのは非常に物足りない。私も Maxwell 分布の3通りの導出をしたが、そこから先を勉強したい。
- ✂ 今回のように多くの人前で発表する機会は少ないので、良い経験でした。今後も自主ゼミの活動を続けていきたいと思います。
- ✂ 楽しかったです。おつかれさまでした。今後の進路を決める上で、とてもよかったです。
- ✂ 全体的にためになったことが多く、楽しかった。
- ✂ 今回のプロジェクトには「新しく応用的な知識を得たい」という気持ちで参加しました。発展的で難しい内容も多々ありましたが、以前から興味があった宇宙の知識を自主的に得られて良かった。
- ✂ 理数プロジェクト全体を通して様々な交流ができたり、新しい発見があったりして本当によかったです。もっと物理方面と交流ができると面白いと思った。
- ✂ もっと早く参加すればよかったですと強く思った。参加でき、多くのものを得た。
- ✂ 良い学習の機会を与えてくれてありがとうございました。この活動において時間や体力は必要だったけれども勉強になることが沢山あっていいチャンスを拾えたなと心から思います。
- ✂ 1~3年生でも、ものすごくしっかりした事をやっていて、とても刺激になりました。特に、数学科の方々の考え方が非常に面白かったです。
- ✂ 授業とは別に自主的に活動しているのを聞いて、すごい刺激を受けました。発表会という場ですが、遊び心もあり、なにより、意見交換の場が非常に有意義だった。
- ✂ 自分が物理なので、数学の発表がとても面白かった。他学科と交流する機会は貴重だと感じた。
- ✂ 授業だけでは分からないことが理数応援を通して学べてよかった。今年で理数応援は終わりと聞きましたが、来年以降も同じような機会があればよいと思います。
- ✂ 早期研究室配属はとても良い経験となりました。院生に話などもっと突っ込んだ話をゆっくり聞きたかったなとも思いました。授業とサークルとの両立は厳しいものがありましたが、参加して良かったと思っております。
- ✂ 高校時代に年に1,2回しか実験を行わない先生だったため、大学での実験が非常に楽しい。
- ✂ 総合教育部で1年の成績によって分属が決まるため、どうしても学校の勉強に重点をおいてしまいましたが、1年間、楽しく活動出来たと思う。
- ✂ 数学科の授業は3年生までのほとんどの授業が数学の基礎。2・3年生の内から少し専門的な内容が勉強できるこの機会はすごく良いものだと思った。