

「理数学生応援プロジェクト」受託事業
「スーパーサイエンティスト育成プログラム」
最 終 報 告 書

平成23年3月16日
東京理科大学

本報告書は、文部科学省「理数学生応援プロジェクト」の受託業務として、学校法人 東京理科大学が実施した「スーパーサイエンティスト育成プログラム」の4年間の成果を取りまとめたものである。

目次

巻頭

はじめに	1
------------	---

成果報告

■ 第1章 「スーパーサイエンティスト育成プログラム」のこれまでの取組	2
1. 入試・選抜方式の開発実践	2
2. 教育プログラムの開発・実践	4
3. 意欲・能力を伸ばす工夫した取組の実践	7
4. 実施体制	8
5. その他の取組	11
■ 第2章 取組の成果	12
■ 第3章 今後の取組	21
■ 第4章 他大学が類似の取組を実施していくための留意点	23

関連資料

1. 序論的講義の内容	26
2. アドバンス実験・実習の内容	32
3. 研究室プレ配属・課題研究の内容	35
4. 学生の成果物(発表ポスター、学会予稿など 抜粋)	37



理数学生の意欲・能力を伸ばす 科学技術創造立国として生き抜くために

はじめに

東京理科大学では、文部科学省の事業である「理数学生応援プロジェクト」の委託を受け、平成19年度から平成22年度までの4年間にわたり、理数系に強い関心を持った学生の意欲・能力をより一層高めるため、スーパーサイエンティスト育成(Super Scientist Education; SSE)プログラムを実施してきた。

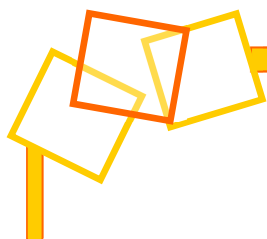


実施委員長 丸山義博
(理学部第一部学部長)

現在、世間では理数系離れが危惧されているが、スーパーサイエンスハイスクール(SSH)で課題研究に取組み、目覚ましい成果をあげている高校生が数多くいる。また、数学オリンピックや物理チャレンジで素晴らしい才能を発揮する高校生もいる。本学は創立以来、「理学の普及」を建学の精神として掲げ、数多くの理工系人材を育成してきたが、今後も我が国が科学技術創造立国として生き抜いていくためには、そういった原石ともいえる人材を発掘し、さらに磨き上げていくことも必要である。

本プログラムは、高等学校において理数系に強い関心を持つに至った学生に対し、過度の受験勉強でその関心を喪失させることなく希望学科への進学を可能にするとともに、より高度な内容や将来を展望させるようなテーマに早期に触れる機会を設け、その意欲・能力をより一層高めることを目標としたものである。具体的には、理学部第一部の数理情報科学科、応用物理学科、化学科・応用化学科の4学科においてSSEコースを設け、学習意欲の高い学生に対し、通常カリキュラムに加え、序論的講義、アドバンス実験・実習、研究室プレ配属・課題研究、大学院講義プレ受講などを実施してきた。

この度、本事業の成果を広く普及するため、これまでの取組や成果等をまとめた本報告書を取りまとめた。



第1章 「スーパーサイエンティスト育成プログラム」のこれまでの取組

1. 入試・選抜方法の開発実践

(1) 内容

スーパーサイエンスハイスクールでの課題研究経験者や学術大会で所定の成績を残した高校生を対象に、小論文および口頭試問を含む面接にて選考を行うSSE推薦入学(公募制)制度(以下SSE推薦入試とする)を設け、平成21年度入試より実施した。具体的な出願資格は表1のように定めた。

表1 SSE推薦入試出願資格

①	文部科学省のスーパーサイエンスハイスクール(以下SSHとする)プログラムに指定されている高等学校(中等教育学校)、又は、過去に指定されていた学校でSSHコース(SSH科目)を受講した者で、かつ、数学あるいは理科の評定平均値が4.2以上のもの。
②	以下に示す各種学術大会にて所定の成績を収めた者で、かつ、数学あるいは理科の評定平均値が4.2以上のもの。 1) 日本数学オリンピック、2) 日本情報オリンピック、 3) 物理チャレンジ、4) 全国高校化学グランプリ、 5) 日本学生科学賞、 6) ジャパン・サイエンス&エンジニアリング・チャレンジ (出願資格を得るための基準は、いずれも予選あるいは一次審査通過)

小論文のテーマは、SSHコースでの研究成果、学習内容又は学術大会での成果等とし、願書出願時に提出するようにしている。面接のときには、その内容について質問するとともに、基礎学力や理数系に対する関心の高さをはかり、可否の判定を行っている。募集定員は、各学科とも若干名である。選考は、毎年11月の第2土曜日に行っている。

(2) 成果

過去3年間のSSE推薦入試の結果を表2に示す。実施初年度となる平成21年度入試では、志願者を得ることができなかった。これは本入試制度の周知が不十分であったことと、本プロジェクトが2年目であり、取組の主となる研究室プレ配属・課題研究がまだ実施されておらず、プロジェクトの実態がまだ外部からよく見えなかったためと考えている。翌年度からは、プロジェクトの概要を記したホームページに大学のトップページからリンクを張りアクセスしやすくしたり、高校の先生方を対象とした入試説明会での案内、オープンキャンパスでの広報、SSH実施高校への訪問などを行い周知に努めた。その結果、平成22年度入試では5名、平成23年度入試では7名の志願者を得ることができた。面接では、小論文の内容をもとに、課題研究の内容や達成度、理解度や参加度を問うとともに、質問に対する応対から理数系に対する関心の高さをはかった。その時間は、一人あたり15～30分であった。いずれも、課題研究に対する取組や基礎学力は十分であり、理数系に対する関心も非常に高いと判断されたので、全員を合格とした。平成23年度入試では、SSH体験者に加え学術大会予選通過者からの応募もあり、本入試制度の認知度は確実に高まっていると実感している。よって、当初の目標はほぼ達成されたとと言える。

表2 SSE推薦入試の志願者・合格者・手続者数

学科	平成21年度			平成22年度			平成23年度		
	志願者	合格者	手続者	志願者	合格者	手続者	志願者	合格者	手続者
数理情報科学科	0	—	—	0	—	—	1	1	0
応用物理学科	0	—	—	2	2	1	2	2	1
化学科	0	—	—	1	1	1	2	2	2
応用化学科	0	—	—	2	2	2	2	2	2
合計	0	—	—	5	5	4	7	7	5

(3) 課題

実際に面接を担当した教員からは、志願者のポテンシャルや可能性の高さに驚嘆したとの意見が多く寄せられている。高等学校や関係する大学の先生方の熱心な指導に負う部分も多いかと思うが、大学での本格的な研究にそのまま通ずるような方法論を持って活動している高校生もおり、そういった高校生を一般の入試とは異なるこのような形で選抜する本入試制度は、高大の接続という観点からも意味のあることだと考えている。但し、1大学だけでの実施では限界があるため、多くの大学が歩調を合わせて特異な才能を持つ高校生の発掘に努める必要があると感じている。

2. 教育プログラムの開発・実践

(1) 内容

1年生に対しては、「序論的講義」を実施している。これは、それぞれの学科の専門につながり、将来を展望させる質の高い講義を聴かせることで受講者の学習意欲を高めることを目標としたものである。それぞれの学科において、外部講師なども招き、年10回程度の講義を実施している。

2年生に対しては、「アドバンス実験・実習」を実施している。これは、より高度な内容にいち早く触れる機会を設け、受講者の学習意欲ならびに専門性を高めることを目標としたものである。各学科において、SSE コースへの参加者を10名程度選抜し、1年を通して、あるいは集中の形で年間5~10テーマを実施している。

3年生に対しては、「研究室プレ配属・課題研究」を実施している。これは、研究室での最先端研究にいち早く触れる機会を設け、受講者の自主性や専門性を高めることを目標としたものである。各学科において、研究室プレ配属への参加者を15名程度選抜し、それらの学生に対して、1つの課題に3ヶ月ほど掛けてじっくりと取り組む課題研究を実施している。2年生のときからSSE コースへ参加している学生が中心であるが、3年生の時から参加も認めている。また、各学科での課題研究に加えて、「学科の枠を超えた課題研究」を実施している。これは、専門の異なる学生が一堂に会して研究を行うことで、他分野に関する理解や敬意を深めるとともに、自らの専門家としての立場を強く意識させることをねらったものである。

4年生に対しては、「大学院講義プレ受講」を実施している。これは、専門性の高い大学院講義をいち早く受講できる機会を設け、受講者の自主性や専門性を高めることを目標としたものである。また、一般の大学院講義に加え、本学が独自に実施している大学院共通教育科目の受講も認めている。これは英語科目を中心としたもので、一般の4年生には受講を認めておらず、SSE コース参加者の特典となっている。

具体的な序論的講義、アドバンス実験・実習、研究室プレ配属・課題研究の内容は、巻末の関連資料の**附表1~9**にまとめる。

(2) 成果

1年生を対象とした序論的講義の受講者数(のべ人数)の推移を**表3**に示す。化学科と応用化学科は合同で開催しているので、まとめて集計した。年度によって変動はあるが、最終年度である22年度は4学科合わせて1,338名の受講者があった。これは、対象学生数の34%に相当し、3人に1人はこの序論的に参加

したことを示している。アンケートの結果、この講義を聴くことで将来展望が得られたと答えた学生は96%、勉強意欲が高まったと答えた学生は97%に上り、当初の目標は十分に達成されたと考えている。

表3 序論的講義受講者数(のべ人数)の推移

学科	19年度	20年度	21年度	22年度
推理情報科学科	264	258	447	398
応用物理学科	290	184	181	362
化学科・応用化学科	360	458	516	578
計	914	900	1,144	1,338

次に、表4に2年生を対象としたアドバンス実験・実習の参加者数の推移を示す。これは平成20年度からの実施であったため、過去3年間の結果となる。当初、各学科において10名(化学科・応用化学科は合わせて20名)、計40名を選抜する予定であったが、参加希望者が多く、選考も行ったが、熱意を持った学生が多かったため、最終的に50~69名で実施することとなった。22年度に行ったアンケートでは、「一般のカリキュラムと比較して、本取組が学習意欲、知識の向上に効果的であったか?」という問いに対して、61%の参加者が大変効果的であったと答えており、学習意欲や専門性を高めるという当初の目標は十分に達成されたと考えている。

表4 アドバンス実験・実習参加者数(のべ人数)の推移

学科	19年度	20年度	21年度	22年度
推理情報科学科	—	11	15	7
応用物理学科	—	13	20	19
化学科・応用化学科	—	26	34	42
計	—	50	69	68

表5には、3年生を対象とした研究室プレ配属・課題研究の参加者数の推移を示す。これは平成21年度からの実施であったため、過去2年間の結果となる。当初、各学科15名程度の受け入れを予定していたが、平均すると9~13名の参加に留まった。この原因としては、必ずしも希望の研究室にプレ配属されるには限らないことや、プレ配属と本配属が異なった場合の葛藤などがあったようである。参加した学生は非常に熱心に研究に取組み、その研究を発展させて4年生の秋の学会発表につながった例も4件あった。通常、秋の学会で発表するためには、6月頃に申込みを行わなければならない、4月から研究をスタートする通常の4

年生ではエントリーはほとんど不可能である。そういった観点から、本取組は、参加者の専門性を高めるという点で大きな成果を上げていると考えている。

研究室プレ配属・課題研究の成果は、前期分はオープンキャンパスで発表した。また、後期は、学科での卒業研究発表会において、4年生に混じって発表した。このような発表を行うことで、参加者は、自分の行った研究の背景や目的、研究手法や結果を総括的にまとめ人に説明する訓練を積んだ。よって、専門性を高めるという当初の目標はほぼ達成されたと考えている。

表 5 研究室プレ配属・課題研究参加者数(のべ人数)の推移

学科	19年度	20年度	21年度	22年度
数理情報科学科	—	—	10	8
応用物理学科	—	—	14	14
化学科・応用化学科	—	—	16	10
学科の枠を越えた課題研究	—	—	11	4
計	—	—	51	36

表 6 には、4年生を対象とした大学院講義プレ受講に関して、実際に取得された科目数を示す。これは平成 22 年度からの実施なので、1年間の結果である。SSE コースに参加してきた4年生は 32 名であり、計 29 科目の大学院講義が取得されていることから、1人ほぼ1科目を取得していることが分かる。また、大学院共通教育科目が 20 科目取得されている。そのほとんどは、アカデミック英語や英語プレゼンテーション、TOEIC 対策講座など、英語でのコミュニケーション力を高めるためのもので、国際的に活躍できる素養を涵養できたものと考えている。以上より、当初の目標はほぼ達成されたと考えている。

表 6 大学院講義プレ受講取得科目数(のべ数)

学科	19年度	20年度	21年度	22年度
数理情報科学科	—	—	—	院講：12 科目 共教：6 科目
応用物理学科	—	—	—	院講：10 科目 共教：10 科目
化学科・応用化学科	—	—	—	院講：7 科目 共教：4 科目
計	—	—	—	院講：29 科目 共教：20 科目

院講：大学院講義、共教：大学院共通教育科目

(3) 課題

以上述べたように、予定していた取組はほぼ計画通り実施できている。4つの取組を実施してみて、学生の意欲や専門性を高めるのに最も効果的だったのは、3年生を対象とした研究室プレ配属・課題研究であった。実際に4年生秋の学会発表につながった研究は4件であるが、この春には更に4件の発表が予定されている。学会という専門家集団の中で研究発表を行うためには、それ相応の専門的知識や成果が必要であり、それを達成した学生は、本プロジェクトの目標を十二分に達成したと言える。今後の課題は、このような成果をより多くの教員に認識してもらい、研究室プレ配属・課題研究から学会発表へと発展する数を増やすことである。

学科の枠を越えた課題研究では、4学科から意欲溢れる学生が参加し、平成21年度は圧電体を使った振動発電を1つのテーマとし、数理情報科学科では梁の振動のシミュレーション、応用物理学科では発電機構の開発、化学科・応用化学科では振動板として用いる各種素材の評価を分担し研究を進めた。ただ、時間割の関係で、学期中はお互いのスケジュールがなかなか合わず、必ずしも十分な議論ができた訳ではなかった。平成22年度は、参加人数は減少したものの、スケジュール調整は容易となり、オープンキャンパスやリサーチフェスタでの連名発表につながった。

3. 意欲・能力を伸ばす工夫した取組の実践

(1) 内容

学生の意欲・能力を伸ばす工夫として、自ら行った実験や研究を発表する場を設けるようにした。例えば、毎年8月上旬に開催される本学オープンキャンパスにおいて、教室を1つ使用してSSEコーナーを設置し、アドバンス実験・実習の演示や研究室配属・プレ配属の成果発表を行った。また、SSEコース参加者には、学会、リサーチフェスタ、卒研発表会などでの発表を奨励した。

(2) 成果

例えば、平成22年度のオープンキャンパスは、8月7日(土)、8日(日)の2日間にわたって行われた。SSEコーナーには、両日合わせて高校生を主体に約320名の来場者があった。この催しに参加したSSEコースの学生は、途中休憩は挟むものの、10:00~16:00の間、繰り返し説明を行った。そのため、終了間際になると要点を押さえたかなり流暢な説明ができるようになっていた。通常、このように長時間にわたって説明を行う機会はなく、説明能力を磨く格好の場と

なった。このような経験を積んだ学生は、卒研発表会でも4年生と比べても見劣りしない立派な発表を行っている。また、学会やリサーチフェスタに参加した学生は、他大学の先生方や学生からいろいろと質問を受け、研究背景の整理、先行研究の調査、目標の設定、オリジナリティの伝え方といった点において大いに学ぶところがあったようである。これらは、研究者として非常に大切な能力であるが、自らの経験においてその大切さを早期に学び得たことは、大きく収穫と言える。したがって、このような取組は、学生の意欲・能力をより一層伸ばすのに大変効果的であったと考えている。

(3) 課題

学会発表を行うことは、学生の意識を変える上で大変効果的である。そのため、今後はより多くの研究室プレ配属・課題研究の成果を発展させて学会発表につなげることを呼びかけるつもりだが、学会が地方で行われる場合には参加が難しいという問題がある。これは、本学の規定により、学部生には基本的には学会参加旅費を支給しないためである。本プロジェクト実施期間中は、委託費から学部生の旅費を支出することが認められたが、プロジェクト終了後、財源をどうするかが課題である。

4. 実施体制

(1) 内容

本事業は、理学部第一部学部長を実施委員長とし、理学部第一部の数理情報科学科、応用物理学科、化学科、応用化学科の4学科で実施している。各学科に実施担当者を置き、実施委員長ならびに経理担当者を含む6名で実施委員会を構成している。各学科での個々の取組に関しては、多くの所属教員が協力している。また、学長を含む5名による評価委員会を置き、年度末に評価委員会を開催し実施状況をチェックしている。図1に最終年度となった平成22年度の実施体制の概要を示す。この図には、各学科で行われた序論的講義、アドバンス実験・実習、研究室プレ配属・課題研究の実施回数や参加人数、ならびに大学院講義プレ受講科目数も併せて示した。

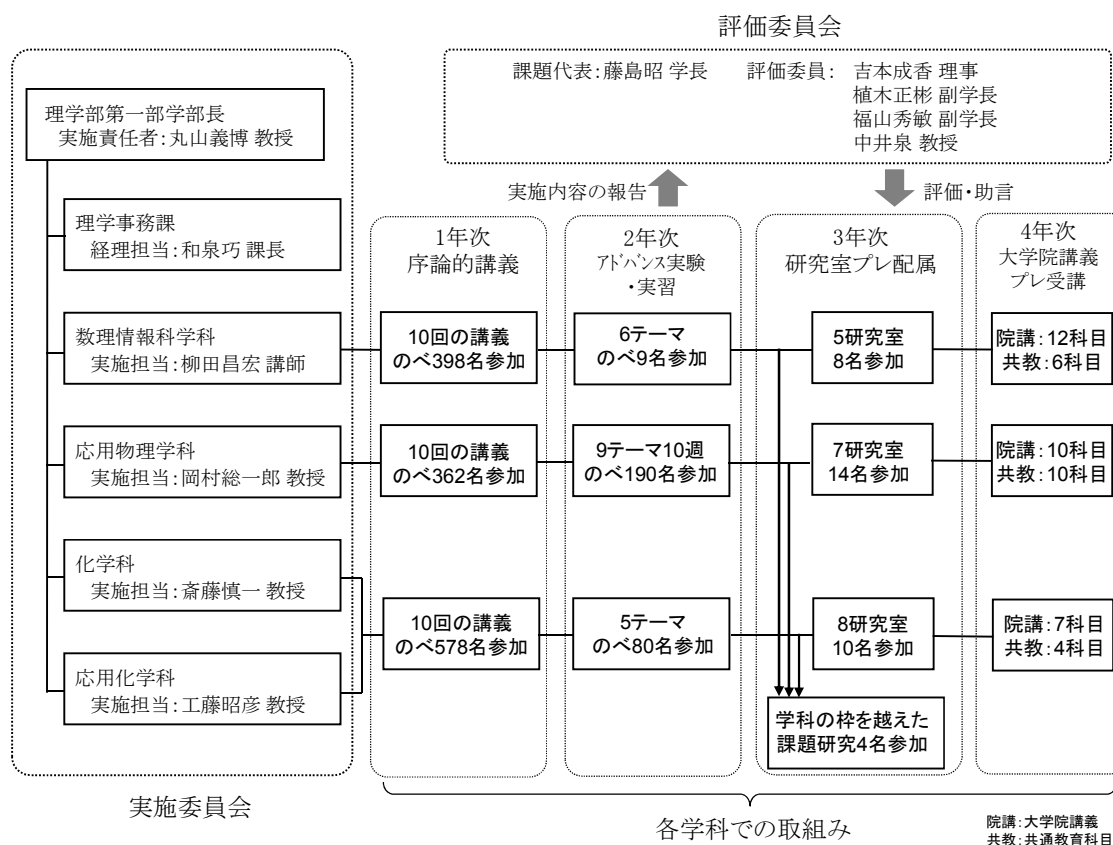


図1 最終年度(平成22年度)のSSEプログラムの実施体制の概要

(2) 成果

基本的に、4月ならびに10月に実施委員会を開き、実施方法や進捗状況について議論するとともに、随時メール会議を行い、総合的にプログラムを推進してきた。その結果、特に大きな障害もなく、32名のSSEコース修了生を出すことができた。表7には学内評価委員会からのコメントを示す。「高度な内容を前倒しで学習させることに注力するあまり、基礎を疎かにすることのないように」という主旨の貴重な助言が寄せられており、取組に反映させている。

(3) 課題

各学科の実施担当者には、相当の負担がかかっている。また、委託事業としての実施であったため、経費の使用にあたってはいろいろと制限があり、事務担当者にも相当の負担となっている。長期にわたって継続していくためには、専従のスタッフが必要である。

表7 学内評価委員会のコメント（平成21～22年度分から抜粋）

項目	評価コメント
SSE 推薦入試	<ul style="list-style-type: none"> ・志願者が増えてよかった。 ・重点校のようなものを作ることを考えてみることは可能か。
広報活動	<ul style="list-style-type: none"> ・オープンキャンパス展示コーナーでのアドバンス実験の演示は特によかった。 ・特定の学科だけの取組みに終わらせないためには、学内広報も重要。
序論的講義	<ul style="list-style-type: none"> ・すばらしい内容であるので、受講者の増加策を工夫してほしい。 ・講義内容、講師の態度が重要。「知ったふり」をすることの徹底排除が必須である。あくまでも基礎学力充実の上に構築を。
アドバンス 実験・実習	<ul style="list-style-type: none"> ・オープンキャンパスでの発表の様子から、参加者も満足しているようで、非常によい。 ・「基礎が出来ていない学生に対しては高度な内容…」は適当。基礎力の充実が基本である。2年生による指導説明には効果を期待する。
大学院科目 プレ受講	<ul style="list-style-type: none"> ・TOEIC 対策等は学部でやるべきことであり、大学院共通科目のプレ受講はよい。
来年度以降の 取組	<ul style="list-style-type: none"> ・是非、理数学生育成支援事業に応募してください。 ・このプロジェクトに参加している在校生に配慮をお願いします。
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> ・いい取組みであるので、時期 GP に向けての準備を進めることを期待します。 ・いずれの項目についても多大のエネルギーを要する作業であり、それを遂行しておられることに敬意を表します。本事業の趣旨は能力ある学生の興味を引き起こし、能力を伸ばすことと理解しますので、一番大切なことは学生の自主性だと思います。その自主性を持たせる基は基礎学力の充実であることは絶えず留意されるべきと考えます。

5. その他の取組

(1) 内容

平成20年度より、本プロジェクトでの序論的講義の内容をもとに、高大連携の一環として高校生を対象とした模擬講義を行っている。また、平成21年度より、SSE コースに参加している応用物理学科の学生が中心となり、学生のみで運営される自主ゼミが始められた。いくつかのグループに分かれ、電磁気学、統計力学、量子力学など物理の基礎科目について教科書を定め、自分達で毎週勉強会を開いている。

(2) 成果

SSE プログラムを実施している4学科の教員によって行われた模擬講義の回数の推移を表8にまとめる。序論的講義は1年生を対象にしており、各教員は先端的な内容を分かりやすく伝える資料を準備している。また、数学、物理、化学が世の中のどのような場面で活用されているかを伝えるよう努力している。したがって、このような講義は高校生にとっても魅力的なものになっているはずである。SSEに参画している教員が積極的に高等学校に出向き、こういった模擬講義を行うことは、科学の裾野を広げるとともにスーパーサイエンティストとなり得る可能性をもった人材を増やすことにもつながると確信している。

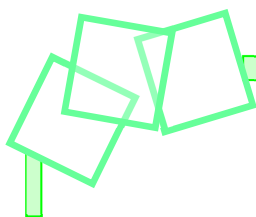
また、自主ゼミに関しては、平成21年度15名であった参加が平成22年度は約50名となり、大きな広がりを見せている。参加学生は、1年生から4年生にわたっており、学業を通して上下のつながりもできつつある。本プロジェクトの目標は学生の意欲や自主性、専門性を高めることであるので、この自主ゼミが始まったことは大きな成果と言ってよい。第2章の成果のところでも述べるが、この自主ゼミの活動はリサーチフェスタ2010の活動報告部門で銅賞を受賞している。

表8 高校生を対象とした模擬講義の実施回数の推移

19年度	20年度	21年度	22年度
—	7回	13回	7回

(3) 課題

自主ゼミは大きな広がりを見せているが、こういった活動の最大の課題は継続性である。この自主ゼミにおいても、中心となって活動していた4年生が今春卒業し、他大学に進学するため、来年度が試練の年となる。我々としては、後輩達がこの自主ゼミを学科の伝統として確立してくれることを願っている。



第2章 取組の成果

本プロジェクトの最大の成果は、SSE コースに参加してきた学生4名が、4年生の秋に学会発表を行ったことである。学会という専門家集団の中で研究発表を行うためには、それ相応の専門的知識や成果が必要であるため、これを達成した学生は、本プロジェクトの目標を十分に達成したと言える。これが可能となったのは、研究室プレ配属・課題研究を3年生の時に行ったためである。通常、秋の学会に参加するためには、6月頃に申込みを行わなければならないが、4月から研究をスタートする通常の4年生ではエントリーはほとんど不可能である。定量的な評価は難しいが、1年次の序論的講義、2年次のアドバンス実験・実習を通して、参加者の意欲や専門性を高めてきたことが、この成果に結びついたものと自負している。今春発表を予定している学生が4名いるが、これもプレ配属・課題研究の効果が大きいと考えている。SSE コースに参加していた学生の学会発表を表9にまとめる。今後の課題は、このような効果をより多くの教員に認識してもらい、研究室プレ配属・課題研究から学会発表へと発展する数を増やすことである。

また、SSE コース参加学生が、10月17日(日)に大阪大学にて開催されたリサーチフェスタ2010にて賞を受賞したことも成果の1つである。リサーチフェスタとは、理数学生応援プロジェクトに参加している22大学を対象に、学生が行った研究や活動の成果を発表するための場で、平成23年度から始まるサイエンス・インカレの試金石とも位置付けられている催しである。初開催となる平成22年度は、研究発表部門17件、活動報告部門12件の計29件の発表がなされた。本学からは、昨年度研究室プレ配属・課題研究を行った学生4名と本年度「学科の枠を越えた課題研究」を行った学生3名が参加し、研究発表2件、活動報告3件を行った。発表部門ならびに発表題目を表10に示す。計5件の発表は、千葉大学と並んで参加大学中最大数であった。審査の結果、最終的に2名の学生が連名で研究発表部門にて奨励賞を受賞し、1名の学生が活動部門で銅賞を受賞することができた。

また、学会発表やリサーチフェスタでの発表には至らなくとも、SSE コースに参加した学生は、学科内の発表会やオープンキャンパスで自身の研究成果を発表する機会を持った。そういった機会は、研究の背景や目的の深い理解、実験方法や成果の説明のための非常に良い訓練となったはずである。SSE コース参加

者のほとんどが大学院に進学する訳だが、こういった経験は必ず今後の研究活動の発展につながるものと確信している。

表9 SSEコースに参加した学生の学会発表（予定を含む）

学会名	期間	開催地	発表題目
光化学討論会	平成22年9月9日	千葉大学	「遷移金属をドーピングした ATiO_3 (A=Mg,Ca) の光触媒特性および光電気化学特性」(化学科4年生)
第71回 応用物理学会	平成22年9月14日～17日	長崎大学	「圧電体フィルムを用いた片持ち梁型発電素子に関する研究」(応用物理学科4年生)
第71回 応用物理学会	平成22年9月14日～17日	長崎大学	「圧電ポリフッ化ビニリデン(PVDF)膜を用いた床発電システムの評価」(応用物理学科4年生)
2010年日本物理学会秋季大会	平成22年9月23日～26日	大阪府立大学	「常圧合成された $\text{TlBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8.5+\delta}$ のトンネル分光研究」(応用物理学科4年生)
電気化学会第78回大会	平成23年3月28日 (予定)	横浜国立大学	「複合炭酸塩前駆体を用いた $\text{Li}[\text{Li}_{0.2}\text{Ni}_{0.13}\text{Co}_{0.13}\text{Mn}_{0.54}]\text{O}_2$ の合成とキャラクターゼーション」(化学科4年生)
日本化学会第91春季年会	平成23年3月27日 (予定)	神奈川県立大学	「金属イオンを置換した PbTiO_3 の光触媒および光電気化学特性」(化学科4年生)
第58回応用物理学関係連合講演会	平成23年3月25日 (予定)	神奈川県立工科大学	「Rhドーピング SrTiO_3 薄膜内の価数制御」(化学科4年生)
日本物理学会第66回年次大会	平成23年3月25～28日 (予定)	新潟大学	「多層型銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_{2.1}\text{Sr}_{1.9}\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ のトンネル分光研究」(応用物理学科4年生)

表10 リサーチフェスタ2010での発表

部門	発表者	題目	賞
研究発表	応用物理学科4年生 2名連名	圧電体PVDFフィルムを用いた圧電発電について	奨励賞
	応用物理学科4年生 1名	Al/AlO _x /Alジョセフソン接合を用いたSQUIDの作製とノイズ評価	
活動報告	応用物理学科4年生 1名(代表)	理科大自主学习セミナー	銅賞
	応用物理学科3年生 2名と 応用化学科3年生 1名連名	色素太陽電池を使って模型自動車を動かしてみよう！	
	数理情報科学科3年 1名	サボニウス型風車風力発電機	

また、SSE 推薦入試において、平成 22 年度入試では 5 名、平成 23 年度入試では 7 名の志願者を得ている。これは、本学関係者の不断の努力によるものと考えているが、新しい入学者選抜方式としての大きな可能性を示しているとも言える。実際に面接を行った教員からは、志願者のポテンシャルや可能性の高さに驚嘆したとの意見も寄せられており、このような選抜方式を大切に育てていく必要があると感じている。

SSE プログラムは、単年度でアウトカムを出すことを目指したものでなく、4 年間を通して学生の意欲を高めつつ、成果を出すことを目指している。これまで述べたように、本年度の成果をもって計ると、当初の目標は十分達成されたものと判断できる。来年度以降も、こういった取組を継続することを申し合わせており、スーパーサイエンティストの幼生(Super Scientist Embryo) たる学生を輩出したいと考えている。

SSE コースに参加した学生は、個々に成長している。しかし、その成長の度合いを定量化することは困難なので、参加学生6名の声をもってそれに代えたい。

1) 数理情報科学科 4年生 (女性)

私は大学に入学した当初から、大学院進学を希望していました。しかしそれはとても漠然としたものでした。大学へ入学し授業を受けていても、今の勉強が今後どのように繋がっていくのか、応用数学の分野の研究とはどのようなものなのか。これらを具体的に知る機会というのは、ほとんどありません。SSEでの先生方の講義は、先生が興味を持たれている専門分野の内容を話して下さる分、どれも普通の授業ではまず聞くことのできない面白い話ばかりでした。中には数学パズルのような内容や火災に関する内容のものまであり、「応用」の幅の広さを知る貴重な機会となりました。アドバンス実習は少人数で、しかも院生の方々との実習ということもあり、年が近い分、和気藹々とした中で実験や演習を行えました。研究室の情報や先生とのエピソード、院生生活のことなども話して下さり、勉強に関しても個別に一つ一つ熱心に教えて下さいました。そしてこの実習で大きかったものは、深く学びたかったり大学院を視野に入れていたりする、同じ目標を持った仲間とも面識ができたことだと思います。学問について熱く議論したり、将来について語り合ったりと、友達と話しているときとは一味違う、たくさんの刺激を受けました。中には院生の方が参考書として挙げた本をすでに読破していて、専門的な話で花が咲いた人もおり、仲間の意識の高さを改めて知ったとともに、私も負けてはいられないとライバル心に火がつかしました。3年生は自分の興味のある分野がいよいよ定まってきた時期でもありました。この年行われた研究室ごとに分かれての実習はさらに深く、そして専門性の高い内容となり、難しく挫折しそうになったときもありましたが、少しでも多くのことを吸収しようと奮闘しました。私が選んだ統計の研究室では、主成分分析と多重比較の2班に分かれてそれぞれの分野を専門にしている院生の方と一緒に基礎から応用までの勉強を行いました。最先端の研究に触れる機会や、海外の論文の検索、入手の方法なども教えていただき、大変でしたがその分とても有意義な時間となりました。そして本年度は4年間の集大成として、秋に名古屋で行われた日本数学会へ行かせていただきました。学会の雰囲気は独特なものがあり、聞いていただけなのに緊張してしまいました。しかし、あの場でいつか発表してみたいという夢もできました。SSEでは大学の先生方や大学院生の方々と踏み込んでお話することができたことで、研究には数学の知識だけではなく、その他の幅広い分野の知識と語学力、そして何より好奇心が必要だということを知りました。このような機会をつくってくださってありがとうございました。この貴重な体験と意気込みをこれからの自分に活かしていきたいと思います。

2) 数理情報科学科 4年生 (男性)

4年間にわたり行われてきた SSEP. まず, 1年目は外部の先生による特別講演と数理情報科学科の教授による特別講義であった. 特別講演では花を例にした数学の話や進化していくコンピュータの話, 特別講義ではそれぞれの教授の研究分野における簡単な話を聞いた. どれも興味深い話でとても有意義な時間を過ごせた. 次に, 2年目に行われたのが大学院生によるアドバンス実習である. 統計数理コース, 計算数理コース, 情報数理コースの3コースがあり, 3年次の数理情報科学研究の選択に大いに参考になることとなった. 内容としては, それぞれの分野の入り口を, 具体例を踏まえてわかりやすく丁寧に教えてもらうことができた. このアドバンス実習に加え, 他学科も含めて見学ツアーにも行き, 現場を実際に目で見て確かめるという体験もできた. さらに, 3年目に入ると, 希望した研究室でそれぞれ研究していくことになる. 情報を送信者から受信者にスムーズかつ効率よく送るためにはどうすればいいか, あるいは情報というものを数量化した上でその値がどのように役に立つか, などの情報源符号についての話を研究し, 輪講という形で発表し, それをまとめたものをレポートとして作成した. そして, 4年では SSEP の集大成として, SITA2010(Symposium on Information Theory and its Application)に参加することになった. 卒業研究の研究分野である情報理論や, 符号理論, シヤノン理論など, 情報理論の応用となる研究内容を多々聞くことができ, 大変有益であったと思う. さらに, 理工系出身の善光寺の住職による, 善光寺にまつわるパワースポットの講演はユーモアが溢れていてとても面白いものであった. 1年次から4年次までで, 総じて SSEP に膨大な時間を割いていたわけではないが, その短い時間の中でもいろいろな貴重な体験をすることができ, 加えて学部での勉強や研究分野の選択などにも役に立ったのは, 4年間を通しての大きな成果だったのではないだろうか.

3) 応用物理学科 4年生 (女性2名)

私たちはスーパーサイエンティスト育成プログラム (SSE) に参加したことで大学生活の4年間で様々な経験を積むことができました。

SSEのプログラムとして受けた1年次の序論的講義や、2年次の先端施設研究見学(つくば研究所)を見学できたことで、私たちの勉強が実社会でどのように研究され役立っているのかを聞き、非常にモチベーションがあがりました。

また、2年次にはアドバンス実験として普段は扱うことのない超電導やペルチェ素子を使い、様々な物理現象を観測することができ、3年次前期には学科を越えた研究として圧電体に関する研究をはじめ、自分たちの手で圧電発電機構を作製し、オープンキャンパスでは高校生など、様々な人にこれらを発表することができました。実際に実験してみて初めて気が付く物理現象があり、それを人に伝えることの難しさを体感しました。

また、後期は岡村研究室にプレ配属し、前期の続きとして圧電発電についての研究を行いました。圧電体を用いた発電機構として、様々な機構を考え、作成し、その特性を評価しました。この研究で、実験を進めることの難しさや再現性を確認する必要性など身をもって知ることが出来ました。なかなか予定通りに進まないことや、思った結果が出ないことも多かったです。新しいことを発見する難しさも楽しさも知ることができました。そして、卒論発表会の際にポスター発表を行い、見やすいポスターの作り方や短時間で人に説明する必要性などを実感しました。

4年次では引き続き岡村研究室に配属し、圧電体の研究を行いました。SSEで3年次から研究していたこともあり、秋には応用物理学会で口頭発表を行うことができました。4年次に学会という大きな場所で発表できたことはとても良い機会であり、他の人の発表から学ぶことがとても多くあり貴重な体験をすることができました。また、SSE関連大学の発表であるリサーチフェスタではポスター部門において奨励賞をもらうことができました。他大学の生徒の発表を聞くことができたり、意見を交わすことで全国規模で学生と交流することができ非常に良い刺激になりました。

SSEに参加したことで、普段とは違う講義や実験を行うことができ、様々な知識を得たり、研究の楽しさを改めて実感することができました。また、学会などに早くから参加できたことが研究生生活において大きなアドバンテージとなりました。SSEに所属していたことで大学生活の4年間で様々な「新しいことに挑戦するチャンス」を得ることができ、非常に充実した学生生活を送ることができました。ここで得られた知識や経験をこの先の研究生生活および仕事においてもぜひ生かしていきたいと思えます。

4) 応用物理学科 4年生 (男性)

私は、大学一年生から三年生のときまで **SSE** の序論的講義、先端研究機関見学、アドバンス実験、研究室プレ配属に参加しました。アドバンス実験では、液体酸素を作り、磁石を近づけて引き寄せられる性質や超伝導体のマイスナー効果などを観察し、どうしてそんなことが起きるのかと好奇心をかき立てられました。研究室プレ配属では、実際に光電子分光法を用いて金属の電子構造を測定し、統計力学の講義で習うフェルミ統計が自然現象をしっかりと記述していることに感動を覚えました。これらの活動を通して、通常の講義では見ることの出来ない自然現象の面白さ、豊かさを体験することができました。また、アドバンス実験や研究室プレ配属で学んだ内容についてオープンキャンパスで発表を行いました。オープンキャンパスに参加された多くの方が自分と同じように現象を面白そうに眺めているのを見て感動しました。同時に自分の中で今までの勉強にはなかった“伝える”ということ始めて意識した機会になったと考えています。**SSE** での活動がきっかけで自然をもっと深く理解したいと思うようになり、**SSE** の参加学生で自主ゼミを始めました。当初は、少人数のゼミでしたが議論を通して徐々に物理に対する理解が深まっていき、アドバンス実験や研究室プレ配属での内容を更に理解することが出来ました。現在では、**SSE** の参加学生をはじめ、**SSE** に参加していない応用物理学科、物理学科の学生を加え、学科学年の枠を越えた自主ゼミを開催しています。この自主ゼミで学んだ内容の一部を大学四年生のときに大阪大学で開催された理数学生応援プロジェクトの参加学生を対象としたリサーチフェスタ 2010 で発表を行いました。この発表を通して様々な分野の方たちの真摯な科学に対する姿勢に刺激を受け、また、異分野の方たちに自分の学んできたことを伝えることの難しさ、わかってもらえたときの嬉しさを感じる事が出来ました。**SSE** をきっかけに科学に対する興味が更に高まり、自主ゼミなどを通して物理学に対する姿勢というものを学ぶことが出来たと考えています。**SSE** で学んだことを糧にこれからも大学院に進学して多くのことを学んでいきたいと思ひます。

5) 化学科 4年生 (男性)

私は、1年次から3年次までの間、SSEの企画に参加してきた。縁がなく研究室プレ配属には参加しなかったが、それ以外の企画には全て参加している。それを踏まえての感想をここに記す。また、プレ配属を行った人から感想を聴取しているのでそれを参考としてプレ配属に関することも記す。

1年次の序論的講義では、普段の授業では聞けない先生方の研究内容等が聞け、面白いものであった。また2年次のアドバンス実験では、3年次の内容の実験を行うということで相当な勉強が必要であり大変苦労した記憶がある。2年次は、他にもつくばの研究所見学をさせていただき、大変良かったと思っている。

3年次の課題研究は、私にとって最も思い出深い企画である。学科間で協同し研究を行うということで、それぞれの学科の代表が案を持ち寄り、結果的に応用物理学科の案を採用することとなった。その案に対して各学科が協力して取り組むこととなり、数理情報科学科との協同は比較的うまくいったと思っている。時間が限られた中で専門外の研究内容に取り組むという経験は通常の学生生活では得難いものであった。

プレ配属に関しては自分は参加していないが、話を聞くとところによれば最大の利点というのは「研究室の実情を早めを知ることが出来たこと」である。研究室の生の、オブラートに包まれていない情報というのは鮮烈であり、その研究室の評判を大きく左右している。

全体を通して感想を述べるならば、私の代が初めてであったこともあり、手さぐり、また準備不足の感が大きかったと思われる。だが、全体的に荒削りな企画であったが故にこのような企画に進んで参加しようという意欲ある学生にとっては非常に意味のある経験になったと考えられる。

今後もし同様の企画が行われるのならば、4年間通しての企画としての体をより固めていくことが望ましいと思われる。自由度が高く、学生の自主性と意欲が十分に満たされる現状の企画も大変意義があったが、企画全体の完成度がもう少し高いものであってもよかったのではないであろうか。

6) 応用化学科 4年生 (男性)

1年生の時、このSSEプログラムがあることを知りました。元々、化学は好きでしたし、日常生活へ応用されている化学に興味があり、申し込んだ時は、漠然と化学について詳しくなりたいという思いで参加しました。

スーパーサイエンティスト育成プログラムと名打たれ、一見、厳しそうな印象でしたが、夏に行われた、企業の方や先生方が研究内容やその応用事例を説明して下さった『序論的講義』では大変楽しく聞くことが出来ました。

2年生では、様々な実験テーマから自分の興味ある内容を選択し、実験する『プレ実験』や、国内の最先端の『研究施設見学』があり、1年生の時に比べると大変でした。が、このような学生実験では経験できないような実験や見学会のおかげで、“自分はこういった分野に興味があるのだろうか？”という事を考えられた良い機会でした。

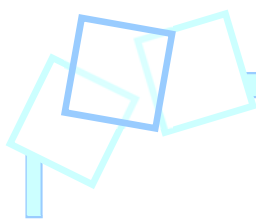
3年生のプレ配属では、半年間大塚研究室にお世話になりました。研究室では、より深く研究背景を理解する為、一から先輩方のお力を借りながら、先輩方の先行研究をなぞり、実験をさせて頂きました。研究背景がわかってくると、興味だけではなく、実際に自分もこの分野に携わりより深く知りたいと思うようになりました。

プレ配属を通して、研究について興味が膨らんだこともいい経験なのですが、“何より”実験や相談事に対して体験を交えてとても丁寧に面倒を見てくださる、そんな一面がある反面、自分の事にはガッツ満天で取り組まれている先輩方に出会えました。

4年生の時、引き続き大塚研究室へ配属して頂きました。半年間早く入っていることで具体的にどうということはありますが、研究、ゼミにと大変忙しいですが、就職活動、学会での発表、周辺研究知識の獲得等、充実した研究室生活が過ごせています。

私は、SSEの本来の目的とは反れてしまい、大学院進学ではなく、就職という道を選択しましたが、1年生の時よりSSEプログラムに参加させて頂き、プレ配属で今の先輩方に出会ったことが、大学4年生での達成感に繋がっていると感じます。

最後になりましたが、3年次よりお世話になっている大塚先生、上野先生、沓沢先生、諸先輩方・同期の方には大変感謝しています。ありがとうございます。



第3章 今後の取組

1. 入試・選抜方法の開発実践

SSE 推薦入試は今後も続けていく予定である。志願者増員を目指し、現在6つに限定している学術大会をもう少し増やしたいと考えているが、明確な基準を設けないと入試の公平さが保てなくなる心配もあるので、慎重な検討が必要である。こういった入試方法は、才能ある高校生を発掘する非常に良い方法ではあるが、1大学のみでの実施では限界もある。同様な思いを持つ他大学とも協議したいと考えている。

2. 教育プログラムの開発・実践

これまで実施してきた序論的講義、アドバンス実験・実習、研究室プレ配属・課題研究、大学院講義プレ受講を、実施規模の縮小はあるものの、概ね継続していく予定である。アドバンス実験・実習では、高度な機器を使うことが、受講者の意欲を高めるのに大きな効果を持つが、学内評価委員会からの「高度な内容を前倒しで学習させることに注力するあまり、基礎を疎かにすることのないように」との助言を受け、現行のテーマをベースに、高度な機器を使いながらも確かな基礎が身に付くような取組みに発展させたいと考えている。研究室プレ配属・課題研究については、これまでの成果の学内広報を行い、より多くの研究成果が学会発表につながるようにしたい。

3. 意欲・能力を伸ばす工夫した取組の実践

より多くの研究室プレ配属・課題研究の成果を学会発表に発展させたい。そのためには、研究指導とともに学部生の旅費の財源を確保する必要がある。

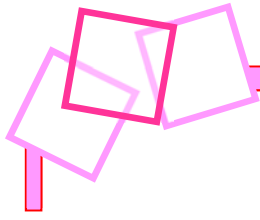
4. 実施体制

基本的な実施体制はこれまで通りであるが、各学科の実施担当者の負担を軽減するため、財源が確保できれば、全体のとりまとめやプログラム推進を担当

する専従スタッフを雇用したいと考えている。

5. その他

このプロジェクトをきっかけに始まった自主ゼミの発展を見守りたい。これは、学生の自主的な取組みであるため、教室の確保以外はすべて学生の運営に委ねる予定である。こういった取組から、サイエンス・インカレへの参加者が生まれることを期待している。



第4章 他大学が類似の取組を実施していくための留意点

まず入試・選抜方法であるが、当初は志願者が得られるのか危ぶむ声もあったが、平成23年度入試では7名の志願者を得ており、このような入試・選抜方法はそれなりのニーズがあることが明らかになった。また、学力の低い学生しか集まらないのではないかと心配する声もあったが、これまでの志願者には優秀な学生も多く、それも杞憂であったと言える。ただし、これから大きく志願者が増加するとも考えづらい。これは、理数学生応援プロジェクト自体の認知度がまだ高くないことが原因と考えている。我々がオープンキャンパスの来場者に対して行ったアンケート調査では、理数学生応援プロジェクトの存在を知っていたのは、回答者のわずか9%であった。認知度を上げるには、個々の大学の努力では限界があるため、相互協力が必要であると感じている。また、選抜の方法をある程度揃えたほうが良いように思う。これは、大学の個性を出すという流れとは逆かも知れないが、受験生の立場に立った場合、大学によって方法がまちまちでは混乱する。少なくとも、一般の学力試験と異なる、こういった高等学校での自由な課題研究を評価する入試・選抜方法が広く根付くまでは、協同步調を取るのも一つの方法だと思う。

入学後の取組に関しては、本学では段階的に学生の能力を高められるよう、1年生から4年生にかけて学年に応じた取組を実施している。また、一般のカリキュラムも並行して受講するため、SSE コース参加者に過度の負担とならないよう留意している。実施してきた取組の中で、学生の意欲、自主性、専門性を高めるのに最も効果的なのは、やはり3年生を対象とした研究室プレ配属・課題研究である。受け入れる研究室側も、全く新しいテーマを準備する訳ではないので、負担は他の取組ほどは大きくない。但し、その内容はどうしても研究室主導のものとなることが多い。これは、学会発表につながるという意味では良いが、リサーチフェスタあるいは平成23年度から始まる予定のサイエンス・インカレは学生の自由な発想に基づく研究発表を目指しており、こういった催しに参加するためには、別の対応が必要となる。

また、このようなプログラムを推進する場合、実施担当者に相当の負担がかかる。専従のスタッフを置くことが望ましい。



関連資料

1. 序論的講義の内容
2. アドバンス実験・実習の内容
3. 研究室プレ配属・課題研究の内容
4. 学生の成果物(抜粋)

1. 序論的講義の内容

附表 1 平成19年度の序論的講義

学科	講演者	講演題目
数理情報科学科	藤越康祝教授 (特別講演1)	いずれアヤメか、カキツバタ？ －判別の考え方と数学的問題－
	小柳義夫教授 (特別講演2)	コンピュータはどこまで速くなるか
	佐藤洋祐教授	コンピュータは受験生よりも賢いか？
	矢部博教授	逆行列の一般化って何？
	瀬尾隆准教授	データに語らせる－統計科学とは？－
	江川嘉美教授	天秤とニセ硬貨
	西村彰一教授	ポアソン過程とその周辺
	小笠原英穂准教授	近似の考え －非線形もまずは線形から－
	森田昌宏教授	火災現象モデル化と数値計算
	柳田昌宏講師	情報理論について
	石渡恵美子准教授	数値シミュレーションの基礎(数値解析)
	佐藤元准教授	数学に見る発想の転換
応用物理学科	岡村総一郎教授	機能材料と元素戦略
	高柳英明教授	量子力学における位相
	田中均氏 (富士通(株))	強誘電体不揮発性メモリー(FRAM)とその応用
	森田昌宏教授 (数理情報科学科)	火災現象のシミュレーション
	石井行弘教授	立体像を視るレーザーホログラフィの話
	中井泉教授 (応用化学科)	物質の過去をX線で読む物質史
	荒木修准教授	脳・神経系の不思議な情報処理
	伊沢孝男氏 (昭和オプトロクス(株))	バイオ・計測用固体レーザー
	大川和宏准教授	半導体によるエネルギー変換
	福山秀敏教授	物質科学への招待 －電気が流れるって何が起きているの？－

化学科・ 応用化学科	今田涼子氏 (昭和電工(株))	暮らしに役立つ微粉末酸化チタン
	田原岳史氏 (三菱化学(株))	無機材料製品とその化学
	佐野健二氏((株)東芝)	消去可能インク・トナーの研究開発と製品化
	山形尚子氏 ((株)アルソド [®] アル)	社会の中の化学 ～身近に使われている先端技術～
	田所誠准教授	超分子的発想の化学～分子を楽しむ化学～
	植木正彬教授	今のうちに感性を磨いておこう
	斎藤慎一准教授	有機化学とくすりの科学
	工藤昭彦教授	光触媒とソーラーハイドロジェン

附表2 平成20年度の序論的講義

学科	講演者	講演題目
数理情報科学科	馬場康維氏 (統数理研究所)	たて、よこ、ななめに見る：変換の数学
	江川嘉美教授	チェス盤におけるクイーンの配置
	佐藤洋祐教授	コンピューターは受験生よりも賢いか？
	瀬尾隆准教授	データに語らせるー統計科学とは？ー
	大山達雄氏 (政策研究大学院大学)	社会システムと数理モデル
	柳田昌宏講師	情報理論について
	森田昌宏教授	秘密分割分散法による暗号
	小笠原英穂准教授	近似の考え ー非線形もまずは線形からー
	西村彰一教授	ポアソン過程とその周辺
	森田昌宏教授	火災現象モデル化と数値計算
	矢部博教授	逆行列の一般化って何？
	石渡恵美准教授	数値シミュレーションの基礎(数値解析)
	佐藤元准教授	数学に見る発想の転換

応用物理学科	岡村総一郎教授	身の回りの応用物理
	石井行弘教授	レーザーホログラフィと光ファイバー通信への応用
	川村康文教授 (物理学科)	サイエンス・コミュニケーション
	宮川宣明准教授	超伝導研究からみた物理
	大川和宏准教授	半導体でエネルギー問題を考えてみよう
	近藤正雄氏 (富士通研究所)	夢をかたちに ～富士通の先端技術～
	小向得優教授	水の物理
	荒木修准教授	脳・神経系の不思議な情報処理
	秋山善一氏 (株式会社リコー)	一步進んだ音・振動の科学
	齋藤智彦准教授	仲の悪い電子達の話
化学科・ 応用化学科	古川猛夫教授	高分子強誘電体の話：基礎物性・極限機能からデバイスへ
	工藤昭彦教授	光触媒とソーラーハイドロジェン
	佐野健二氏 (東芝)	消去可能インク・トナーの研究開発と製品化
	山形尚子氏 (乙卯研究所)	社会の中の化学～身近に使われている先端技術～
	今田涼子氏 (昭和電工)	暮らしに役立つ微粉末酸化チタン
	田原岳史氏 (三菱化学)	無機材料製品とその化学
	大塚英典准教授	医療に貢献するバイオマテリアル
	齋藤慎一准教授	有機化学とくすりの科学

附表3 平成21年度の序論的講義

学科	講演者	講演題目
数理情報科学科	長谷川秀彦氏 (筑波大学教授)	コンピュータは何をしているのか
	広津千尋氏 (明星大学教授)	統計学はサイエンスかテクノロジーか？
	小泉和之助教	統計学：序 ～平均から分散まで～
	高藤政典助教	グラフ理論 特にオイラーグラフに関して
	成島康史助教	オペレーションズリサーチー意思決定のための科学ー
	宇内昭人助教	不動点定理への誘(いざな)い
	小笠原英穂准教授	数学はいかに使われるか： 線形代数編 ～線形計画法に見る基礎
	和田雅美助教	計算理論の基礎ーオートマトンと言語ー
	大寫彰昇氏 (芝浦工業大学講師)	折り紙 ー1枚の紙が織りなす世界ー
	佐々木建昭氏 (筑波大学名誉教授)	研究者は何をどう研究しているか？
応用物理学科	岡村総一郎教授	ガイダンス、「電磁気学と光、物質と光」
	樋口透講師	エネルギー材料の物理
	宮川宣明准教授	超伝導研究からみた物理 ～基礎科目の勉強がどのように役に立つのか？～
	齋藤智彦准教授	仲の悪い電子達
	安盛敦雄氏 (基礎工学部教授)	セラミックス材料と環境 ～ガラスを例として～
	石井行弘教授	レーザーホログラフィと光ファイバー通信への応用
	大川和宏教授	半導体でエネルギー問題を考えてみよう
	久保文雄氏 (スタンレー電気 (株))	光で創る／光で感知・認識する
	荒木修准教授	脳・神経系の不思議な情報処理
	小向得優教授	水の物理

化学科・ 応用化学科	工藤昭彦教授	光触媒とソーラーハイドロジェン
	古川猛夫教授	高分子強誘電体の話：基礎物性・極限機能からデバイスへ
	山村剛士教授	生物無機化学からナノバイオへ
	中井泉教授	考古学と化学
	山形尚子氏 (乙卯研究所)	社会の中の化学（くすり・素材）
	佐野健二氏 (株東芝)	消去可能インク・トナーの研究開発と製品化
	田原岳史氏 (三菱化学科学技術研究センター)	Sustainability, Health & Comfortを化学の力で実現する
	今田涼子氏 (昭和電工株式会社)	暮らしに役立つ微粉末酸化チタン
	大塚英典准教授	医療に貢献するバイオマテリアル
	田所誠教授	超分子的発想の化学～分子を楽しむ化学～

附表4 平成22年度の序論的講義

学科	講演者	講演題目
数理情報科学科	井上秀太郎助教	数式処理と数独
	小泉和之助教	ポテトで学ぶ統計学 -確率論とその応用-
	柳田昌宏講師	情報理論 -効率よく正確に、伝えたり記録したり-
	小笠原英穂准教授	数学はいかに使われるか： 線形代数編 ～ 線形計画法に見る基礎
	千葉周也助教	グラフ理論 -オイラーグラフについて-
	和田雅美助教	計算理論の基礎 -オートマトンと言語-
	川原亮一氏 (株)NTT	情報ネットワークの設計・性能評価への数理モデルの応用
	東田幸樹氏 (株)日本レジストリサービス	数理情報科学が支えるインターネット社会
	早川毅氏 (富士大学経済学部教授)	二次形式とHoly Trinity
	古田孝之氏 (弘前大学名誉教授)	図は式より物を言う -その背景に図形あり-

応用物理学科	岡村総一郎教授	ガイダンス、「圧電発電」
	越地福朗氏 (コニカミノルタ)	人体伝送
	高柳英明教授	量子コンピューティング
	齋藤智彦准教授	物質中の電子の世界
	樋口透講師	中高温域で作動する固体酸化物燃料電池
	荒木修准教授	脳と意識
	大川和宏教授	LEDの難しさと真実
	宮川宣明准教授	超伝導研究からみた物理
	島崎勇一氏 (トヨタ自動車)	F1エンジン開発
	小向得優教授	水の物理
化学科・ 応用化学科	工藤昭彦教授	光触媒とソーラーハイドロジェン
	大塚英典准教授	医療に貢献するバイオマテリアル
	井上正之准教授	ビタミンCと食物繊維キチン、キトサン
	藤嶋昭学長	機能材料化学を学ぶ楽しさ
	佐野健二氏 (東芝リサーチコンサル ルティング株)	消去可能インク・トナーの研究開発と製品化
	下平祥貴氏 (昭和電工株)	暮らしに役立つ微粉末酸化チタン
	田原岳史氏 (三菱化学科学技術研 究センター)	Sustainability, Health & Comfortを化学の 力で実現する
	斎藤慎一教授	からまり合う分子
	山形尚子氏 (乙卯研究所)	社会の中の化学 (くすり・素材)
	藤嶋昭学長 (4学科合同開催)	光機能界面の学理と応用

2. アドバンス実験・実習の内容

附表5 平成20年度のアドバンス実験・実習

学科	実施形態／実施テーマ
数理情報科学科	前期は水曜日、後期は金曜日の16:10～17:40に実習を行った。統計数理コース、情報数理コース、計算数理コースの3つのコースを設け、1コース以上を選択とした。
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mathematica と R によるデータ解析 2. 基本確率分布と待ち行列への応用 3. 級数と積分の関係と応用例 4. 符号のお話 5. 天秤とニセ硬貨について 6. コンピュータが多ければ効率は上がるのか? 7. 現代暗号とインターネット 8. 連立1次方程式を解くための数値解法 -共役勾配法を中心として- 9. フラクタルを描いてみよう 10. 非線形最小化問題を解いてみよう
応用物理学科	4月にガイダンスを行い、参加希望者を募った。希望者多数の場合は成績での選抜を予定していたが、収容可能範囲内であり、希望者全員が熱意を示したため、全員を受け入れた。学生は2つのグループに分かれ隔週で参加し、計9テーマ10週分の実験を行った。
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 液体窒素による極低温の世界（超伝導、液体酸素） 2. ダイナミックスピーカーの作製（電磁誘導） 3. 熱電効果の実験（ゼーベック効果、ペルチェ素子） 4. 薄膜作製（高周波マグネトロンスパッタリング） 5. 燃料電池と太陽電池 6. 最急降下線の実験 7. 回折格子による分光実験 8. フィルタ回路 9. 焦電センサー（2週：プリント基板作製と回路作製）
化学科・ 応用化学科	4月にガイダンスを行い、参加希望者を募った。希望者が収容予定者を若干上回っていたため、1年次の序論的講義の受講者を優先して受け入れることとした。5コースのプログラムを設定し、自由に選択できる形とした。
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水から水素を作る光触媒 2. 高性能リチウムイオン二次電池の作製 3. 髪の毛やだ液のDNAを抽出して酒豪か下戸かを調べる 4. N-ヘテロ環カルベン配位子前駆体の合成 5. レーザー光、赤外光を使い分子の構造や運動を分析する

附表6 平成 21 年度のアドバンス実験・実習

学科	実施形態／実施テーマ
数理情報科学科	<p>4月にガイダンスを行い、実施方法等を説明した。のべ90名が希望し、68名を選抜した。金曜日の16:10～17:40に実習を行った。学科の形態にあわせて統計数理コース、情報数理コース、計算数理コースの3つのコースから各2テーマ、計6テーマを設け、12週分の実習を行った。学生の興味によっては6コース全部に参加することも可能とした。</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 符号のお話 2. Mathematica と R によるデータ解析 3. フラクタルを描いてみよう 4. グレナブルー基底と数独 5. 欠測値データと判別分析 6. 連立一次方程式を解くための数値解法 -共役勾配法を中心として-
応用物理学科	<p>4月にガイダンスを行い、参加希望者を募った。希望者が31名と多数であったため、1年次の序論的講義への参加回数や指定必修科目の成績をもとに20名を選抜した。水曜日の16:10～17:40を実験の時間とした。学生は2つのグループに分かれ隔週で参加し、計9テーマ10週分の実験を行った。</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 液体窒素による極低温の世界（超伝導、液体酸素） 2. ダイナミックスピーカーの作製（電磁誘導） 3. 熱電効果の実験（ゼーベック効果、ペルチェ素子） 4. 四探針法（薄膜作製と評価） 5. 燃料電池と太陽電池 6. 最急降下線の実験 7. 発光ダイオードと分光実験(回折格子) 8. 音声解析 9. フリップフロップ（2週：プリント基板作製と回路作製）
化学科・ 応用化学科	<p>4月にガイダンスを行い、参加希望者を募った。希望者が収容予定者を若干上回っていたため、1年次の序論的講義の受講者を優先して受け入れることとした。5コースのプログラムを設定し、自由に選択できる形とした。1回あたり2～7時間にわたる実験を5テーマ8回実施した。</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 癌に関連するテロメラーゼ遺伝子の解析 2. N-ヘテロ環カルベン配位子前駆体の合成 3. 水から水素を作る光触媒 4. 高性能リチウムイオン二次電池の作製 5. レーザー光、赤外光を使い分子の構造や運動を分析する

附表7 平成 22 年度のアドバンス実験・実習

学科	実施形態／実施テーマ
数理情報科学科	<p>計数理コース、情報数理コース、計算数理コースの 3 つのコースから各 2 テーマ、計 6 テーマを設けた。各テーマに関して参加希望者を募り、それぞれ 2 日間で実習を行った。参加者は各回 1~2 名で、のべ 9 名、重複もあるので実際の参加者は 7 名であった。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 符号のお話 2. 独立性・正規性の検定について 3. グレナブー基底と数独 4. 級数から積分へ - 確率論と金融工学 - 5. 連立一次方程式を解くための数値解法 - 共役勾配法を中心として - 6. 線形計算における疎行列演算の効率的実装法
応用物理学科	<p>4 月にガイダンスを行い、参加希望者を募った。希望者が 25 名と多数であったため、1 年次の序論的講義への参加回数や指定必修科目の成績をもとに 19 名を選抜した。水曜日の 16:10~17:40 を実験の時間とし、学生は 2 つのグループに分かれ隔週で参加し、計 9 テーマ 10 週分の実験を行った。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. NbN 超伝導薄膜の作製 2. 液体ヘリウムを使った超伝導薄膜の測定 3. 金属薄膜の作製と評価 (薄膜作製・四探針法) 4. 音声解析 5. 燃料電池と太陽電池 6. ダイナミックスピーカーの作製 (電磁誘導) 7. 最急降下線の実験 8. 発光ダイオードと分光実験 (回折格子) 9. 電子回路の作製 (フリップフロップ、2 週)
化学科・ 応用化学科	<p>5 コースのプログラムを設定し、自由に選択できる形 (重複可) とした。7 月にガイダンスを行い、参加希望者を募った。1 回あたり 2~7 時間にわたる実験を 5 テーマ 8 回実施した。参加者数は、のべ 80 名、1 コース平均 16 名であった。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. N-ヘテロ環カルベン配位子前駆体の合成 2. 水から水素を作る光触媒 3. 癌に関連するテロメラーゼ遺伝子の解析 4. 高性能リチウムイオン二次電池の作製 5. レーザー光、赤外光を使い分子の構造や運動を分析する

3. 研究室ブレ配属・課題研究の内容

附表8 平成21年度の研究室ブレ配属・課題研究

学科	実施テーマ（指導教員）
数理情報科学科	<ol style="list-style-type: none"> 1. 天秤による偽硬貨判定問題（江川嘉美教授） 2. 無制約最小化問題を解くための数値解法：共役勾配法を中心として（矢部博教授） 3. 線形計画問題に対する自己双対型内点法（小笠原英穂准教授） 4. 多変量データの統計解析（瀬尾隆准教授） 5. 情報源符号化定理とハフマン符号化（柳田昌宏講師）
応用物理学科	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大脳皮質細胞の数理モデル（荒木修准教授） 2. ホログラム記録（石井行弘教授） 3. 人工太陽光源の開発、青色LED（大川和宏教授） 4. 反強誘電体の物性、圧電発電（岡村総一郎教授） 5. 水素結合結晶の物性（小向得優教授） 6. 金属の電子構造（齋藤智彦准教授） 7. 超伝導とSQUID計測（高柳英明教授） 8. 環境・エネルギー材料の作製（樋口透講師） 9. 高温超伝導体の結晶育成（宮川宣明准教授）
化学科・ 応用化学科	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生理活性あるいは機能性を指向する複素環化合物の新合成法の開発（齋藤隆夫教授） 2. 超分子錯体の合成（田所誠教授） 3. レーザー分光（築山光一教授） 4. 固液界面における分子吸着のナノスケール観測と分子動力学計算によるモデル構築（宮村一夫教授） 5. 動脈硬化の分子機構に関する研究（下仲基之准教授） 6. 水から水素を作る光触媒－人工光合成－（工藤昭彦教授） 7. 物質史の研究（中井泉教授） 8. 再生医療のための細胞足場材料に関する研究（大塚英典准教授） 9. 癌細胞取り込み効果の高いDDS製剤に関する研究（大塚英典准教授） 10. 電気化学反応を利用したエネルギー変換（駒場慎一准教授） 11. メタボリックシンドロームの克服にもつながる高コレステロール血症の治療のための核酸医薬品の開発（鳥越秀峰准教授） 12. 癌や老化の機構の解明および制癌剤の開発につながるテロメア結合蛋白質、テロメラーゼに関する研究（鳥越秀峰准教授）

附表9 平成22年度の研究室プレ配属・課題研究

学科	実施テーマ（指導教員）
数理情報科学科	<ol style="list-style-type: none"> 1. 限量子消去法と大学入試問題（佐藤洋祐教授） 2. 最適化アルゴリズムの研究（矢部博教授） 3. 3次元の流体シミュレーション（森田昌宏教授） 4. 多重比較法、正規性検定（瀬尾隆准教授） 5. 情報源符号化定理とその限界（柳田昌宏講師）
応用物理学科	<ol style="list-style-type: none"> 1. ホログラムの作製と多重記録（石井行弘教授） 2. LEDの劣化実験（大川和宏教授） 3. 焦電発電、圧電発電（岡村総一郎教授） 4. 相転移温度の圧力効果、結晶構造解析（小向得優教授） 5. 光電子分光実験と電子構造（齋藤智彦准教授） 6. アルミ SQUID、グラフェン SQUID（高柳英明教授） 7. 超伝導材料合成及びその評価（宮川宣明准教授）
化学科・ 応用化学科	<ol style="list-style-type: none"> 1. 複素環化合物の合成（齊藤隆夫教授） 2. 超分子錯体の合成（田所誠教授） 3. レーザー分光学による化学反応の研究（築山光一教授） 4. 表面及び結晶中での分子配列の研究（宮村一夫教授） 5. 鉄混合原子価錯体の電荷移動に関する新奇機能性開拓（榎本真哉講師） 6. 水から水素を作る光触媒－人工光合成－（工藤昭彦教授）

4. 学生の成果物(抜粋)

- ・ 学会発表予稿
- ・ 研究室プレ配属・課題研究の成果をまとめたポスター
- ・ リサーチフェスタ 2010 への応募書類

遷移金属をドーピングした ATiO_3 ($\text{A}=\text{Mg},\text{Ca}$) の光触媒特性および光電気化学特性

(東理大理¹・PRESTO/JST²)○焔場博樹¹・岩品克哉¹・齊藤健二^{1,2}・工藤昭彦¹

Photocatalytic and photoelectrochemical properties of ATiO_3 ($\text{A}=\text{Mg},\text{Ca}$) doped with transition metals

(Faculty of Science, Tokyo University of Science¹ • PRESTO/JST²) AKIBA, Hiroki¹; IWASHINA, Katsuya¹; SAITO, Kenji^{1,2}; KUDO, Akihiko¹

【序】当研究室ではこれまでに、遷移金属ドーピング SrTiO_3 光触媒が、可視光照射下、犠牲試薬を含む水溶液からの水素および酸素生成反応において高活性を示すことを報告してきた¹⁾。ここで、 SrTiO_3 よりも歪んだ結晶構造を有するホストに遷移金属(M)をドーピングした場合の光触媒特性に興味をもたれる。そこで本研究では、ペロブスカイト構造を有する CaTiO_3 およびイルメナイト構造を有する MgTiO_3 に種々の遷移金属をドーピングした $\text{ATiO}_3:\text{M}$ ($\text{A}=\text{Mg},\text{Ca}$) の光触媒特性および光電気化学特性を調べることを目的とした。

【実験】 $\text{ATiO}_3:\text{M}$ ($\text{A}=\text{Mg},\text{Ca}$) 光触媒は固相法にて合成した。光触媒反応は、上方照射型反応管と閉鎖循環系反応装置を用いて、犠牲試薬存在下での水素および酸素生成反応を検討した。光源には 300W キセノンランプを用い、照射光をカットオフフィルターで制御した。生成した気体はガスクロマトグラフで定量した。光触媒のキャラクタリゼーションには、XRD, DRS, および Raman 測定を行った。電気化学測定は、3 電極式 H 型セルを用いて可視光照射下で行った。対極, 参照電極, および電解質溶液には、Pt 板, $\text{Ag}|\text{AgCl}|\text{sat.KCl}$ 電極および 0.1 M K_2SO_4 水溶液を用いた。

【結果と考察】 $\text{ATiO}_3:\text{M}$ ($\text{A}=\text{Mg},\text{Ca}$) は、ほぼ単一相で得られていることが粉末 X 線回折パターンの結果より確認できた。 $\text{CaTiO}_3:\text{Co}$ のドーパント由来の吸収は、 $\text{SrTiO}_3:\text{Co}$ のものとほぼ同様の形状であった (Fig.1)。 $\text{SrTiO}_3:\text{Co}$ には $\text{Co}^{2+},\text{Co}^{3+},\text{Co}^{4+}$ 由来のエネルギーギャップがあることが知られており²⁾、 $\text{CaTiO}_3:\text{Co}$ においてもこれら複数の遷移過程が存在することが示唆された。可視光照射下におけるメタノール水溶液からの水素生成反応を検討したところ、 $\text{MgTiO}_3:\text{Co}$ よりも $\text{CaTiO}_3:\text{Co}$ のほうが高い活性を示した。

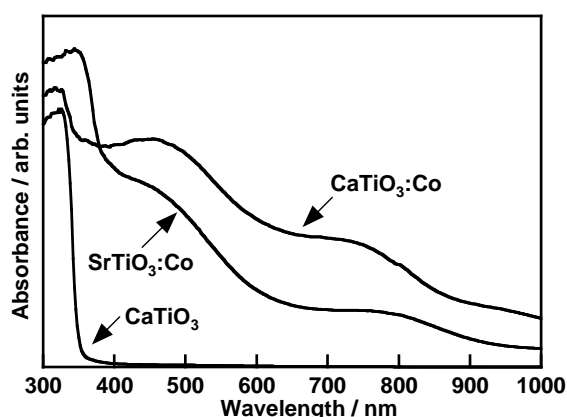


Fig.1 DRS of $\text{ATiO}_3:\text{Co}(1\%)(\text{A}=\text{Ca},\text{Sr})$.

1) R. Niishiro, A. Kudo, *Solid State Phenom.* **2010**, 162, 29.

2) 榑淳子, 新城亮, 齊藤健二, 工藤昭彦, 第 102 回触媒討論会, (P005), (2008).

光電子分光法による金の価電子帯スペクトルの測定とバンド計算との比較



齋藤研究室プレ配属 1508004 阿部 真之介
1508031 大山 みづほ

目的

あらゆる物質の多様な性質は物質中の電子に起因する。物質の電子構造を解明することは多様な物性の解明には必要不可欠である。本研究では電子構造を直接観測する手法として光電子分光法を用いて、フェルミ統計に従う電子の性質を観察する。また、基準となるフェルミエネルギーの測定を行う[1]。

測定物質



Fig. 1 Auの結晶構造

- ・Auは原子番号79、第11族元素で電子配置は[Xe](4f)¹⁴(5d)¹⁰(6s)
- ・結晶構造は面心立方構造(Fig. 1)
- ・Auは、6s部分状態密度がフラットなのでfittingにより正確なフェルミエネルギーを測定することができ、標準試料として用いられる。

結果・考察

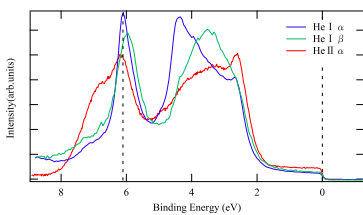


Fig. 3 He I α , I β , II α 線のスペクトル

He I α 線, I β 線, II α 線のスペクトルのピークがほぼ一致している。光線によってピーク位置が若干異なるのは、光線の光子エネルギーの違いによってイオン化断面積の大きさが異なるためであると考えられる。 E_F から4 eV付近までは主に6sバンドの強度が現れ6 eV付近では5dバンドの強度が現れている。

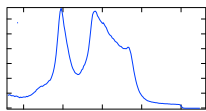


Fig. 4 He I α 線のスペクトル

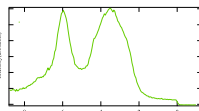


Fig. 5 He I β 線のスペクトル

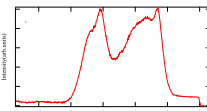


Fig. 6 He II α 線のスペクトル

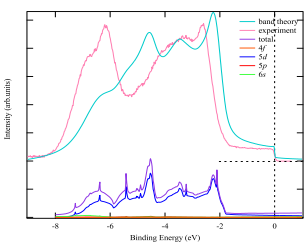


Fig. 7 He I α 線の実験とバンド計算のスペクトル

He I α 線の実験結果とバンド計算との比較をFig. 7に示す。バンド計算(青線)が実験結果に対して E_F 側にシフトしているが、これはバンド計算で電子相関による影響を考慮していない為と考えられる。

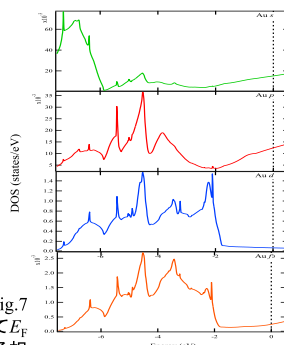


Fig. 8 Auのバンド計算

Fermi-Dirac分布関数

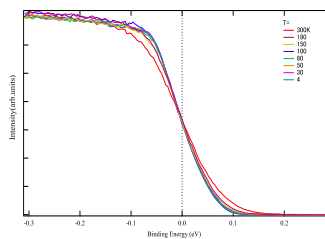


Fig. 9 E_F 近傍でのスペクトルの温度依存

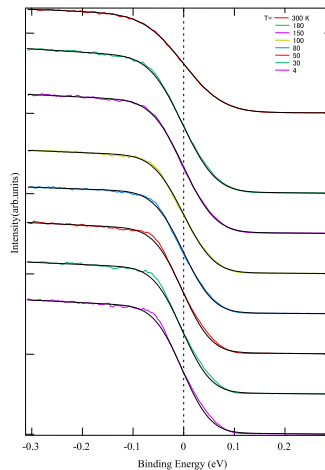


Fig. 10 E_F 近傍でのスペクトルの温度依存とFermi-Dirac分布関数の計算

$$f(\epsilon) = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon-\mu)} + 1}$$

Fermi energy
He I α 線での $E_F=16.80$ eV
He I β 線での $E_F=18.67$ eV
He II α 線での $E_F=36.39$ eV

$$\beta = k_B T$$

$$T = 0 \text{ における } \mu = E_F$$

E_F 近傍で温度が上昇するとスペクトルがなだらかになっている。これはFermi-Dirac分布関数が温度上昇につれてぼけていくフェルミ統計の性質を実験的に表していることが確認できる。

金属中の伝導電子の系は、相互作用のないFermionの集まりとして近似できる。Fermi分布関数は低温では階段型の関数に近づく。本実験では温度上昇につれてゆるやかに近づいたが、低温では階段型にならなかった。これは装置の分解能の設定が大きすぎたためであると考えられる。

Fig. 10はFig. 9の実験結果の温度依存性をFermi-Dirac分布関数の計算値と比較したものである。黒線が計算結果である。全温度領域でほぼ一致しており、とくに高温領域では良く一致している。

Auではfittingにより実験的な E_F が求められて、分解能が評価することができる。分解能が最大限良い場合には温度を求められ、また装置の評価も可能である。同族のCuやAg、10族のPtも同様の性質を持つが、化学反応性が高く酸化銅や硫化銀になってしまい、平坦な状態密度が E_F を横切らなくなる。そのため、Auが標準試料に用いられることが多い。

実験

場所	齋藤研究室
装置	SES-100
Photon Energy	He I α 線 ($h\nu=21.21$ eV) He I β 線 ($h\nu=23.08$ eV) He II α 線 ($h\nu=40.81$ eV)
温度	4 K, 30 K, 50 K, 100 K, 150 K, 180 K, 300 K
試料	Au
分解能	10K: 13 meV, 300K: 25 meV
Vacuum	3.8×10^{-6} Pa (Base Pressure: 8.0×10^{-8} Pa)

結論

光電子分光法で電子帯のどの軌道から電子が放出されているかを考えることで試料の電子構造を解明することができる。今回の実験ではAuの5d,6sを観測できた。実験値とバンド計算を比較すると電子相関の影響が考えられ、Fermi-Dirac分布関数の計算から実際には試料表面の状態が影響することが確認できた。

参考

- [1] Saitoh Group (<http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/~tsaitoh/>)
[2] 小林俊一編 物性測定の進歩 II

リサーチフェスタ 2010 活動報告概要

代表者氏名	大槻 太毅	大学・学部	東京理科大学 理学部
プロジェクト名 (20字程度)	理科大自主学习セミナー		

注) 合計 4 ページに収めること。活動代表者氏名はエントリーシート代表者名と一致させること。

1. 活動内容

理数学生応援プロジェクトにおける、主な活動内容（参加学生の人数と学年・活動場所なども含む）を説明してください。また、活動の特色、工夫点、実施するに当たり困難だった点などもあれば、説明してください。（写真、図を用いてよい。）

1-1. 活動内容

スーパーサイエンティスト育成プログラムの参加者を中心に物理系の学部生で自主的なセミナー活動(勉強会)を行った。具体的には、分野ごとにテキストを決め、予習をし、その内容について週に1、2回集まって担当者が発表を行い、議論する。参加人数は、学部二年生から三年生までの全15名である。活動場所は、主に輪講室や講義室を利用した。

1-2. 活動の動機

活動の経緯としては、スーパーサイエンティスト育成プログラムの学部二、三年次に行うアドバンス実験や研究室プレ配属、オープンキャンパスでの発表を通じて知り合った学生同士でより物理に対する理解を深め、刺激し合える具体的な機会を設けたいと考えたからである。また、このような学部生の自主的なセミナー活動がスーパーサイエンティスト育成プログラムの参加者だけでなく、学年、学科を問わず活発に行われるその雛形になればと考えたからである。

1-3. 学習内容

2009年度は、相対論的量子力学、場の量子論の初歩（その他、統計力学、電磁気学の全3グループでの活動）について学び、2010年度は、物性論の基礎について学んでいる。

1-3-1. 学習目的(相対論的量子力学と場の量子論)

学部二年次で学ぶ量子力学に特殊相対論を持ち込むことで相対論的な量子力学、主に Dirac 方程式について学ぶ。また、それに伴う困難を回避するために現代物理学の手法の一つである場の量子論の入門的な内容について理解することを目的としている。

1-3-2. 学習目的(物性論の基礎)

量子力学や統計力学で学んだことを適応した固体物理について学び、多様な物性の基本的な内容について理解することを目的としている。

1-4. 活動の特色

活動の特色としては、まず学年、学科を越えた幅広い取り組みであるという点である。学年を問わず、スーパーサイエンティスト育成プログラムの参加学生が発起人となり、応用物理学科の枠を越えて物理学科の学生も参加している。次に、この活動が学生主体であるという点である。誰かに言われてやるというものではなく、学びたい意志のある学生が自主的に企画し、活動している。

1-5. 工夫した点

セミナーの回数が増えるごとに内容は、高度になっていく。ある程度まとまった段階で担当者がレジュメを行い、概要をまとめたプリントなどを作成し、理解の手助けになるようにした。これは、読み進めていく段階で概要を見失わないようにするだけでなく、途中からの参加者の補助、発表者の理解度を自覚する上で有用であった。また、より深く突っ込んだ内容や発展、応用的な内容について気になった場合は、テキストから一度離れて、学術論文や他の文献を参照して発表等を行った。

活動代表者氏名 大槻 太毅

2. 成果と展望

理数学学生応援プロジェクトの活動を通じて得られた成果、将来役に立つと考えられる点を記入してください。また、改善点の方が良い点などあれば、記入してください。

2-1. 学習成果

2-1-1. 相対論的量子力学について

- ・非相対論的量子力学への特殊相対論の導入(因果律問題、Klein-Gordon 方程式、Dirac 方程式)
- ・Klein-Gordon 方程式の確率密度の正定値問題と場の量子論の導入による正定値問題の回避
- ・荷電粒子に対する Klein-Gordon 方程式と反粒子の存在
- ・Dirac 方程式に対する軌道角運動量とスピン角運動量
- ・Dirac 方程式の非相対論近似(Foldy-Wouthuysen-Tani 変換)
- ・Weyl 方程式
- ・中心的静電場における Dirac 方程式
- ・静電磁場における Dirac 方程式の非相対論的近似(Schrödinger 近似、Pauli 近似、固有磁気モーメント)
- ・Dirac の空孔理論の導入

2-1-2. 場の量子論について

- ・場の解析力学
- ・Klein-Gordon 場(場の量子化、因果律)
- ・Dirac 場(Dirac 方程式、Dirac 行列と Dirac 場の双対性、場の量子化、因果律、CPT 変換)
- ・相互作用場の導入(ϕ^4 乗理論、QED、Yukawa 理論)
- ・相関関数の摂動展開
- ・Wick 定理
- ・Feynman Diagram
- ・散乱断面積、S 行列
- ・Feynman 則

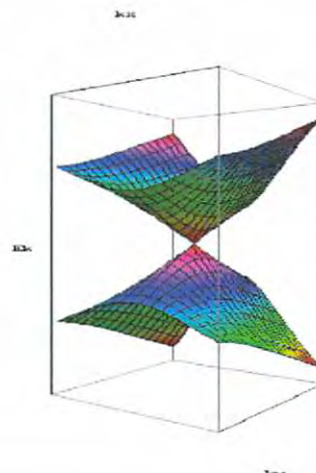
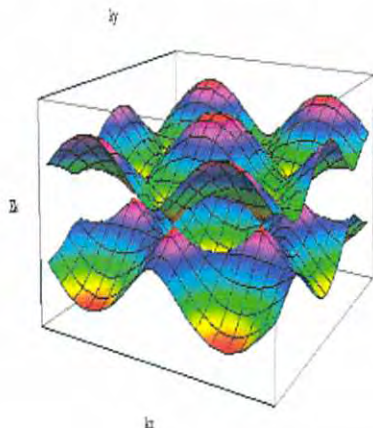
2-1-3 物性論の基礎(固体物理学)について

- ・結晶と結晶の力学(格子振動、フォノン、比熱、非調和効果)
- ・金属の自由電子(自由電子模型、伝導電子の輸送特性)
- ・バンド理論(準自由電子理論、金属・絶縁体の区別、強束縛電子近似、バンド構造)
- ・磁性(反磁性、常磁性、磁気秩序)

2-1-1~2-1-3 の内容について学んだ。

また、これらの学習した相対論的量子力学や物性論の基礎を用いて、近年物性物理学の中で非常に注目されているグラフェンについて学んだ。具体的には、グラフェンのバンド構造を計算し、物質中のニュートリノと呼ばれる所以を実際に確認し、その物理的な異常性について学んだ。

ex.) Energy Dispersion of Graphene



2-2. 活動成果

①セミナー活動が身近になる

活動を通してセミナー活動が身近なものとなり、“～について勉強したいけど、セミナーやりませんか？”と言えば人が集まり、自然にセミナーが実現するようになった。勉強という一人静かにやるものというイメージがあるが、人が集まり、様々な議論を通じてより理解を深めるという形もあるという認識を持てた。

②議論の重要性

議論をすることで自分以外の人の考え方を知り、様々な視点から物事を考える重要性について学んだ。例えば、「何が問題となっており、何を仮定し、何を導きたいのか」、「この結論をもっと拡張できないだろうか」など一人では気付くことができない多くの視点から物事を見ることが出来た。また、議論の中で自分が如何に理解していないかを身を持って体感する良い機会になった。

③説明の仕方

他人に説明することの難しさを学んだ。どうすればわかりやすく伝えられるかという他人を意識した勉強を行うことが出来た。また、それと関連してプレゼンテーション、資料作成などの伝えるための技術的な面も向上した。

④学科の垣根を越える

応用物理学科と物理学科は、学部一年～三年次の講義、四年次の卒業研究、またその後の大学院でも応用物理学専攻、物理学専攻とほとんど関わりを持つことのない教育課程となっている。しかし、このセミナー活動を機に学科の垣根を越えた交流が盛んになった。現在もセミナー活動やお互いの研究分野を紹介し、各々の知識を交換するなど互いに刺激し合っている。

これら 4 つを主な活動の成果として挙げたが、最大の成果は、このセミナーに参加した多くの学生が“物理が楽しい”と思うようになったことだと考えている。

2-3. 将来に役立つ点

・研究に対して

やや高度な内容を学んだことで広い視野で様々な分野が見えるようになっただけでなく、高度な内容を学んだからこそ基礎となる分野の重要性や理解の再確認を行うことが出来た。これは、今後、研究を行っていく上で役立つと考えている。また、議論の中で自分の中に多くの疑問点や理解不足な点などが顕になる。それに対して、わかったふりをせず、自分が納得できるまで考えるという姿勢の重要性に気付くことが出来た。

・研究以外に対して

わかりやすく説明することを意識して学べたということは、研究や勉強だけでなく、社会生活においても非常に重要であると考えている。相手の考えを理解し、自分の考えを伝えるという基本的なことを学ぶことが出来た。

2-4. 改善点

今回の活動では、応用物理学科、物理学科と物理系の学部生を中心とした活動であった。しかし、大学院生や数学系、化学系の学生も交え、幅広く様々な内容についてセミナー活動が出来ればと考えている。

活動代表者氏名 大槻 太毅

3. 補足

本研究、活動につき、研究概要、活動報告概要の提出日（8/27）以降に、報告すべき進展があれば下記にまとめてみてください。

本活動がきっかけとなり、また新たに規模を拡大してセミナー活動を大々的に行うようになった。今回は、応用物理学科、物理学科の2～3年生の14名の参加であったが、新たに行うセミナー活動は、応用物理学科、物理学科の1～4年生の58名の参加となった。活動内容は、今回、相対論的量子力学、場の量子論、物性論とやや専門的な内容で行っていたが、新たに行うセミナー活動は、量子力学、古典力学、電磁気学、統計力学、熱力学、集合と位相と基本的な内容に絞った。1年生でも学べる内容でしっかりと勉学を身に付け、体系的に各分野をしっかりと理解することを目的として行っている。

活動報告代表者氏名 大槻太毅