

「理数学生応援プロジェクト」受託事業
「東京農工大学 SAIL プロジェクト」
最終報告書

平成24年3月28日
東京農工大学

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、国立大学法人 東京農工大学が実施した「東京農工大学SAILプロジェクト」の4年間の成果を取りまとめたものである。

はじめに

1. 事業の趣旨

本学は、研究者はもとより、産業界にも嘱望される革新的な職業人を養成することを目標としている。そのような職業人が高度な科学技術系人材として求められるのは、単に既成の技術に熟達した技能者としての能力だけでなく、現実の状況において未知の問題に直面したときに、問題を切り分け、整理し、解決策を見出して、実行に移せるという総合的な問題解決力である。その問題解決力は以下の4つの能力に基づいている：

【論理的発信力(Logical Presentation)】

新しい分野開拓のために、多分野の研究者と円滑に意思疎通できる能力が重要である。一方通行の発信力ではなく、相手の論点を的確に理解して素早く明確に回答できる、論理的な「応答力」が求められる。

【企画設計力(Innovative Design)】

現実の社会では、ある課題に直面した時に、その解決のためにどのように取り組むべきかをゼロから組み立てられる能力が極めて重要である。解決方法を考案するだけでなく、実際に装置の設計、組み立て、測定などの一連の作業を自ら企画設計・実行できる必要がある。

【分析力(Analysis)】

課題を発見し、整理し、解決に導く過程は、客観的なデータに基づいて論理的に分析する力に基づいている。実体験によって得られた結果が、一般的な法則として整理できることを理解していることが重要である。

【学習力(Study)】

客観的なデータに基づいて論理的に分析する作業は、その対象に対する興味・関心が原動力となる。興味を持った対象に、観察や実験を通じて直接触れて、自然現象に対する興味・関心が学習の出発点であることを知るのが重要である。

これらの能力は、現在の学士課程においては、特に卒業論文研究や大学院での専門研究を通じて養成される場合が多い。

しかしながら、最近の学生は、受験勉強が知識を暗記する型の学習に偏りがちであるために、大学入学時には理科も暗記科目であるという認識が強い。その認識が改まらないまま大学の講義演習を進めていった学生は、卒業研究を始

これでは明らかに手遅れである。したがって、大学入学時の暗記型学習から大学院での解決型の実践へ速やかに移行するための教育システムの構築が求められる。

スーパーサイエンスハイスクールを含む高大連携の蓄積から、高等学校でも、自然現象を体験することに強い興味をおぼえ、試行錯誤を積み重ねながら課題をこなしていく生徒が少なからずいることがわかっている。このような生徒は、はじめから解決型の資質をもっており、高度科学人材としての潜在能力が高いはずである。

しかしながら残念なことに、そうした生徒でも受験勉強を意識し始めると、学習の効率にとらわれて、試行錯誤的な課題研究に時間を割けなくなるという現状がある。それゆえ、解決型の資質をもっている生徒を積極的に受け入れる特別プログラムへの要望を多く聞いた。

そこで、本学では、潜在能力のある理数高校生を大学院にまで速やかにつなげるための統一的なシステムを設計実行することを目的として本事業を立ち上げた。具体的には学部入学から大学院進学までの課程で、「既成の枠にとどまらず、自ら様々な知識や技能を統合発展させ、新しい分野を創出する能力」の基礎となる①学習力(Study)、②分析力(Analysis)、③企画設計力(Innovative Design)、④論理的発信力(Logical Presentation)の獲得を4つの段階的な到達点として設定した。これらは、科学者・技術者としての船出(SAIL)に必要な能力であり、これが「SAIL」プロジェクトという名称の由来である。そして、学部入学から大学院進学までの課程でこれら4つの能力を養成するために、潜在能力のある理数系高校生を受け入れるための特別入試(SAIL入試)制度と学士課程1～3年次におけるSAIL科目群を設定した。

本プロジェクトの特別プログラム(SAILプログラム)を受講する学生は、標準で開講される1～3年次の科目群に加え、SAIL科目群(1年次後期「特別ゼミ」、2年次「自由課題実験」、3年次「研究室体験配属」)を履修する。SAILプログラムを所定の成績で修了した学生には、SAIL科目群の単位を通常の4年

本学では、これまで、①学習力と②分析力の養成を効果的に進める施策を特色ある大学教育支援プログラム（特色G P）「興味と経験から学びを進化する基礎教育－S E E D－」において行ってきた。一方、上記の4つの段階を修了した学生が高度科学技術人材として飛躍するための施策は大学院教育改革支援プログラム「科学立国人材育成プログラム」において推進してきた。本事業はこれら二つの事業の中間に位置し本学の一貫戦略における学士専門課程の骨格をなすきわめて重要な事業である。そこでは、革新的職業人の育成のために、ある課題に直面した時にその解決のためにどのようにアプローチすべきかをゼロから組み立てられる「企画設計力」の養成を中心課題とする。

以上のコンセプトに基づき、本学は文部科学省の「理数学生応援プロジェクト」の委託を受け、平成20年度から平成23年度までの4年間にわたり本事業を実施してきたが、この度、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記した報告書を取りまとめた。



SAIL プロジェクトの概念図

2. 事業の概要

本事業の目的は、潜在能力のある理数系志望の高校生を積極的に受け入れて

①SAILプログラムへの特別選抜制度として、SAIL入試及び内部選抜制度の整備を行い、順次実施した。

平成20年度は、平成23年度入試でのSAIL入試実施に向けて、SSH（スーパーサイエンスハイスクール）指定校を中心に広報活動を行うとともに、既存の推薦入学I制度を運用して平成22年度入試においてSAIL入試の実施形態を試行するための準備を行った。また、一般選抜で入学した学生の中から意欲ある学生を発掘してSAILプログラムへの参加を認める内部選抜制度を実施するために所要の規則改正を行った。

平成21年度は、SAIL入試を平成21年3月に公示して平成22年9月に実施する計画で全学の制度改正を進めるとともに、SSH指定校を中心に広報活動を行った。また、平成21年度入試で推薦入学I制度を運用して実施した試行結果とその合格者の追跡調査を行い、有効なSAIL入試のあり方を再検討した。一方、平成20年度の所要の規則より内部選抜制度に関する規則改正が有効になり、導入基礎教育の平均GPAを選抜基準として内部選抜を実施した。

平成22年度は、高校での活動において「実験等で得られたデータを基に客観的に分析し、その原理を推論するという思考の流れ」「課題を系統的に捉え、システムを設計する能力」を身につけた高校生を優先的に受け入れることを目標にSAIL入試を実施したが、結果は志願者が情報工学科5名、物理システム工学科0名、入学者がS科4名、P科0名であった。内部選抜では、最初の選抜科目となる1年次後期の特別ゼミの受け入れ上限を学科定員の30%とすることをしていたが、SAILプログラムの普及を図るため、定員の半数近い34名を受け入れた。

平成23年度は、SAIL入試の志願者が少なかった前年度の反省から、過去5年間のSAILプログラム実施学科への入学者出身校とSSH指定校との対照リストを作成、組織的に受験生を発掘する広報活動を強化し、SAIL入試を実施した。

②SAIL 科目群として導入基礎科目(力学入門、電磁気学入門、熱物理学入門)、特別ゼミ、自由課題実験、計測制御回路、研究室体験配属の各科目の開発・整備を行った。

平成20年度は、平成19年度につづいて、企画設計力の養成のために自ら研究の企画設計書を仕上げる過程を学ばせる自由課題実験の試行的に実施した。論理的発信力の養成を目的として、自由課題実験の結果に基づくショートプレゼンテーション付きのポスターセッションを行うととし、それを効果的に取り入れて評価方法の確立を図った。また、平成19年度に試行した自由課題実験を受講した学生を対象として、研究室体験配属を試行し、自由課題実験で培った企画設計力がさらに新分野開拓へと活用できるような制度を構築を試みた。

平成21年度より制度改正によってSAILプログラムを学部の正式なカリキュラムとして施行した。それに伴い、物理システム工学科では、SAILプログラム中の自由課題実験Ⅰ～Ⅳと卒業論文とを選択必修とする教育規則の改定により3年次修了時の早期卒業を可能とし、SAILプログラム受講生の早期大学院進学への環境を整えた。物理システム工学科1年次生を対象に、現代でも未解決な問題に挑戦する意識を初年次のうちから高めることを目標として、特別ゼミを開講した。このゼミは、英語を含む専門的な文献講読授業である。自由課題実験の効果測定を系統的に行っていくため、ショートプレゼンテーション付きのポスターセッションに客観的な評価項目を設定し実施した。平成20年度に実施した研究室体験配属により、計測や制御に関するスキルが不足しているという問題が露見したため、それを身につけさせるための計測自動制御の実習科目をSAILプログラム生は必ず履修するように指導することとした。

平成22年度より、自由課題実験及び研究室体験配属では、論理的発信力を向上させるため、海外交流・海外進出を目標とした英語レポートの作成指導を行うこととし、英語教師を補助者として配置することとした。また、大学院生のチューター制度を整備し、指導補助の他、ポスターセッションの評価者としても参加させることとした。

平成23年度は、情報工学科においても SAIL 科目群（先進情報工学演習Ⅰ、Ⅱ、先進情報工学実験Ⅰ～Ⅳ）を整備し、施行した。

第1章 「東京農工大学 SAIL プロジェクト」のこれまでの

取組

1. 入試・選抜方法の開発実践

(1) 内容

A. SAIL 入試

高校での活動において「実験等で得られたデータを基に客観的に分析し、その原理を推論するという思考の流れ」「課題を系統的に捉え、システムを設計する能力」を身につけた高校生を優先的に受け入れることを目標に、SAIL プロジェクトの趣旨に合致した高校生の選抜を行う。

SAIL 入試合格者が、合格発表から大学入学までの間にさらに理数系の特別な活動に取り組める環境を維持できるように、入学前教育として、SAIL 入試での評価結果を合格者にフィードバックするとともに、1年次導入基礎教育のための予習教材を送付した。教材は作業形式の添削課題とし、受入れ学科の教員が添削して返却した。

SAIL 入試の概要は以下の通りである：

◎工学部物理システム工学科

募集人員 5名

出願要件 次のすべてに該当する者

- ①学習成績が優秀の者（志願者評価書を学校長を通じて提出）
- ②本学物理システム工学科における勉学を強く志望し、第一志望とする者

選抜方法 第1次選考及び第2次選考により合格者を決定

①第1次選考

志望理由書、自然科学に関する特別活動レポート、および出身学校調査書の内容を総合して書類選考を行う。志願者評価書は参考資料とする。

②第2次選考（第1次選考合格者のみ）

特別活動レポートの内容に関するプレゼンテーション（10分）と特別

◎工学部情報工学科

募集人員 5名

出願要件 次のすべてに該当する者

- ①学習成績が優秀の者（志願者評価書を学校長を通じて提出）
- ②本学情報工学科における勉学を強く志望し、第一志望とする者

選抜方法 第1次選考及び第2次選考により合格者を決定

①第1次選考

志望理由書、志願者評価書、情報科学に関する特別活動レポートおよび調査書の内容を総合して、書類選考を行う。

②第2次選考（第1次選考合格者のみ）

特別活動レポートの内容に関するプレゼンテーションおよび質疑応答を含む面接と簡単な基礎学力テスト（数学または情報）を実施して、特別活動に対する理解や論理の進め方など、情報科学に対する潜在的な能力を総合的に評価する。

SAIL 入試の制度開発にあたっては、本事業の対象となる学科の学生がどのような試験制度で入学したかということと、入学直後の導入基礎科目の成績との関係を検討した。1年次における導入基礎科目の成績が後述のように内部選抜の基準となっているため、それとの比較が重要だからである。

従来実施していた選抜方法は主に4通りあり、特に学力試験として課されるのは、以下の項目である：

【推薦Ⅰ】小論文および口頭試問

【推薦Ⅱ】センター試験のみ

【前期日程】センター試験及び個別学力試験

【後期日程】センター試験及び個別学力試験

平成21年度に在籍した1～4年次の学生について比較した結果が以下の表である。

	推薦Ⅰ	推薦Ⅱ	前期日程	後期日程
対象人数	13名 (5.4%)	15名 (6.2%)	159名 (66.0%)	54名 (22.4%)
導入基礎科目の平均 GPA (4 学年分)	3.06	2.77	2.44	2.70
標準偏差	0.50	0.72	0.74	0.64

推薦Ⅰ入学者の平均 GPA が 3.06 と高く、標準偏差も 0.50 と小さいことが極めて特徴的である。4 学年にわたる平均であるから偶然ではない。推薦Ⅰ入学者は、主に口頭試問で選抜している。一般的には、筆記学力試験を受けていない入学生に対する基礎学力の不安が指摘されているが、本プロジェクトにおける導入基礎科目は、入学者の多様性に十分対応できている。

以上の考察により、本プロジェクトでは、むしろ口頭試問による入学者に高い潜在能力を見いだせる可能性を示唆している。そして、SAIL 入試においては、本プロジェクトで設定した到達段階のうち、導入基礎科目の狙いとしている「学習力・分析力」に適性のある生徒を選抜することが重要という結論である。

B. 内部選抜

工学部物理システム工学科では、導入基礎教育の平均 GPA を選抜基準として、一般入試の合格者からも SAIL プログラムにふさわしい学生を積極的に受け入れる。最初の選抜科目となる 1 年次後期の「特別ゼミ」は、受け入れ上限を学科定員の 30%とした。

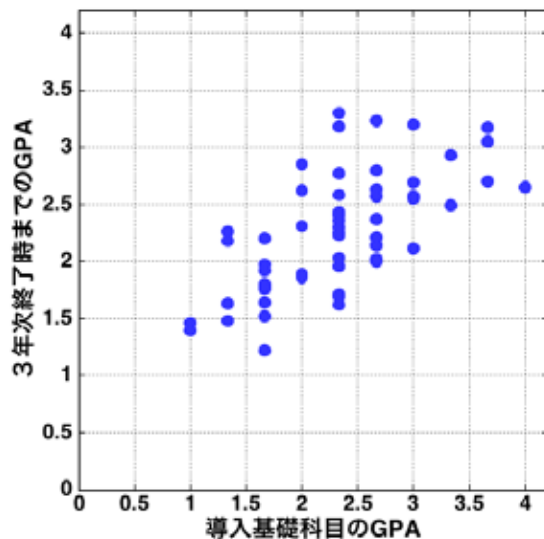
物理システム工学科では「学習力・分析力」の養成科目として、主に大学初年次前期に導入基礎科目 3 科目「力学入門」「電磁気学入門」「熱力学入門」を開講しているが、そこでは、講義中に実験を大型スクリーンで演示しながら、板書で原理を解説していく形式の体験型講義を実践している。これらの科目は、学生の知識不足を補うのが目的ではなく、「客観的データをもとに、論理的に推論を進めて、法則や原理を導き出す」という自然科学の基本的な方法論を学ばせるものである。したがって、この導入基礎科目 3 教科の平均 GPA が高いということは、SAIL プログラムの適性にあったものと判定できる。



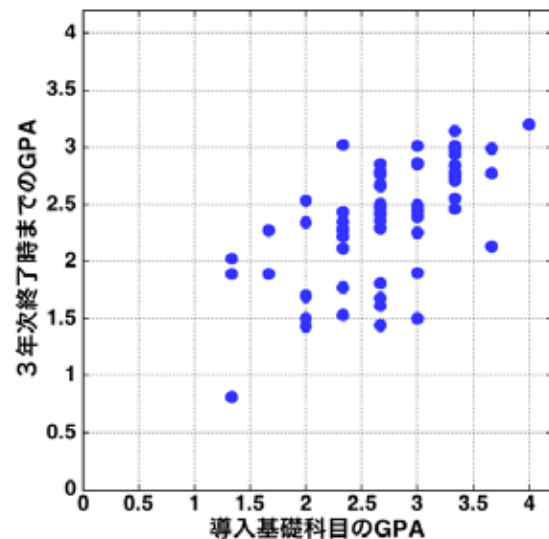
学習力・分析力養成科目

次の図は「導入基礎科目と3年次時までGPAの相関」を2学年分それぞれ比較してみたものである。相関係数は0.66あるいは0.62と、どちらの学年とも強い相関があることが認められる。

平成18年度入学（相関係数 0.66）



平成19年度入学（相関係数 0.62）



したがって、この図から、1年次の「学習力」および「分析力」の養成が、学士課程を通じて大きな影響を与え、最終的な学生の実力も1年次の段階で予測がつくものと結論できる。

(2) 成果

A. SAIL入試を実施した各学科の実績は以下の表の通りである（平成20年度、21年度は、推薦入学I制度を運用してSAIL入試に準じる実施形態で特別選抜

を行った)。

学科	平成20年度		平成21年度		平成22年度		平成23年度	
	志願者数	入学者数	志願者数	入学者数	志願者数	入学者数	志願者数	合格者数
工学部 物理システム工学科	3名	2名	6名	2名	0名	0名	11名	7名
工学部 情報工学科	0名	0名	3名	1名	5名	4名	5名	3名

物理システム工学科では、平成22年度のSAIL入試志願者数が0名であった。内部選抜制度により、SAILプロジェクトの遂行に支障はないものの、新しい入試制度が高校生に受け入れられていない現状については、重点的に対策を行った。具体的には、従来から行ってきた高大連携事業をさらに強化し、首都圏を中心に本学に入学実績のある高校を個別訪問して、直接的に宣伝活動を行った。さらに、募集要項に入試の合格判定基準を明記し、受験生が準備をしやすいように便宜を図った。その結果、平成23年度の志願者数は11名となり、7名を合格とした。

SAIL入試受験生を増やす目的で実施した高大連携事業は、参考資料1の通りである。

B. 内部選抜の結果は以下の表の通りである。

学科	平成22年度		平成23年度	
	志願者数	受け入れ数	志願者数	受け入れ数
工学部 物理システム工学科	37名	34名	42名	30名

受け入れ上限を学科定員の30%とすると、18名ということになるが、22年度は特別ゼミの担当教員を従来の5名から7名に増やして対応した。これは、2年次以降の自由課題実験および研究室体験配属で脱落する割合が多いため、1年次における意欲向上が重要な課題と考えたことによる。この特別ゼミに優秀な成績を挙げた学生には、次年度の自由課題実験への参加を強く促した。

(3) 課題

特別入試を実施する上で、最も重要な課題は、受験生の確保である。SAIL 入試では、特別活動レポートの提出を求めているが、一般に高校では実験後のレポート作成の指導までは行っていない。したがって、特別活動レポートとしてどのようなものを要求しているか、実際にどのように作成したらよいかを、具体的に提示する必要がある。受験生を送り出す高校側からみると、「SAIL 入試を受験するためには、通常の入試勉強とは異なる特別の勉強や指導が必要となる」ことから、受験を積極的に勧めないことが予想される。SAIL 入試においては、入試要項の補足説明として、特別活動レポートの書き方を説明した文書を添付した。

また、特別活動レポートの評価基準もあらかじめ明示しておく必要がある。傾向と対策がわからない限り、受験を控えることが予想されるからである。SAIL 入試においては、評価基準として入試要項の補足説明に以下のように記載した。

自然科学や技術に興味を持っているか、新しい発見をしたいという意欲を持っているか、論理的に考える力を持っているか、を提出された特別活動レポートから判断します。ですから、高度な実験や観察を行ったレポートが高い評価を得るわけではありません。具体的には以下の観点に沿ってレポートを評価します。

- ・ *自然科学や技術への興味・好奇心が伺えるか。*
- ・ *結果から結論に至る道筋が明確に示されているか。*
- ・ *自分の言葉でわかりやすく書かれているか。*

課題としては、このような SAIL 入試に関する具体的な情報を広く周知させることである。

2 . 教育プログラムの開発・実践

(1) 内容

潜在能力のある理数系高校生の学部入学から大学院進学までの課程 1～3 年次において、これらの能力を養成するために、SAIL 科目群を配置している。

SAIL 科目群の概要は以下の通りである：

【(1) 学習力(Study)、(2) 分析力(Analysis) 養成科目】

大学入学直後は、興味を持った対象に、観察や実験を通じて直接触れて、自然現象に対する興味・関心が学習の出発点であることを知ることが重要である。強い動機付けを持った「学習力」を養成するための導入基礎科目を初年次に開講している（「力学入門」、「電磁気学入門」）。この導入基礎科目を学科所属の学生全員に受講させ、その平均 GPA を SAIL プログラムへの内部選抜の基準として利用する。

科学技術者の基本は、客観的なデータに基づいて論理的に分析する力である。そのためには、実体験によって得られた結果が、一般的な法則として整理できることを学ぶことが重要である。科学的原理を定量化して、基本法則を導出するための基礎実験をあわせて開講している。

【(3) 企画設計力 (Innovative Design)、(4) 論理的発信力 (Logical Presentation)】

SAIL プログラムの大きな特徴は、「解決方法を考案し、装置の設計、組み立て、測定などの一連の作業を自ら企画設計するプロセスを学ぶ」ことにある。その目的で、2年次前後期に「自由課題実験ⅠⅡ」、3年次前期に「計測制御回路」、3年次後期に「研究室体験配属（科目名は自由課題実験ⅢⅣ）」の計5科目を開講している。

自由課題実験では、企画設計力の養成を狙って、自ら研究の企画設計書を仕上げる過程を学ぶ。企画設計書に基づき、学生の漠然とした興味や好奇心を、ゼミの議論や具体的な実習を通じて、具現化していく過程を重視する。

研究室体験配属では、先端実験機器が必要となるような、さらに高度な企画設計を実現させていく。

また、自由課題実験の一環として、簡潔に必要な十分な内容を伝えるためのショートプレゼンテーションと、複数の聴衆と徹底的に質疑応答するためのポスターセッションを開講している。ここでは、一方通行の発信力ではなく、相手の論点を的確に理解して、求められている回答を素早く明確に提示することのできる、論理的な「応答力」を養成することに重点を置く。

SAIL プログラムに参加する学生は、導入基礎科目（「力学入門」、「電磁気学

入門」、「熱物理学入門」)を含む標準で開講される1～3年次の科目群に加え、1年次後期に「特別ゼミ」、2年次に上記の「自由課題実験ⅠⅡ」、3年次に上記の「研究室体験配属(自由課題実験ⅢⅣ)」を履修する。これら SAIL 科目群を所定の成績で修了した学生には、自由課題実験Ⅰ～Ⅳの単位を通常の4年次で履修する卒業論文に代えて、早期に大学院に進学する可能性を与える。

	科目	開講年次			21年 人数	22年 人数	23年 人数	開始 年度
S, A	導入基礎科目	1年次	前期	必修	65	57	57	18年度
S	特別ゼミ	1年次	後期	選択	22	34	30	21年度
A	基礎実験	1年次	後期	選択	65	57	57	18年度
I, L	自由課題実験Ⅰ	2年次	前期	選択	14	13	8	19年度
I, L	自由課題実験Ⅱ		後期	選択				
I	計測制御回路実習	3年次	前期	選択	24	32	18	20年度
I, L	研究室体験配属 (自由課題実験Ⅲ)	3年次	前期	選択	8	0	3	21年度
I, L	研究室体験配属 (自由課題実験Ⅳ)		後期	選択				

a . 特別ゼミ

特別ゼミは、現代でも未解決な問題に挑戦する意識を、初年次のうちから高めることを目的に、数名の学生と1名の教官で文献講読を行うゼミである。SAIL 科目群では、課題解決型の実習科目が多数であるので、この特別ゼミでは、文献を輪講する形式をとる。文献は、現代的な進んだ内容の書物、特に英語文献も奨励している。学期はじめに担当する複数教員から講読文献の内容を掲示し、SAIL プログラム参加者がその内容を選んで参加するゼミに希望を出す。

b . 自由課題実験、研究室体験配属

自由課題実験は、2、3年次生を対象として開講する。解決方法を考案し、装置の設計、組み立て、測定などの一連の作業を自ら企画設計するプロセスと

しての「企画設計力」を養成することを目標とする。

研究室体験配属は、自由課題実験受講済みの3年次生を対象とし、前・後期にそれぞれ1つずつの研究室に配属する。専門に特化する前に視野を広げること为目标とする。2年次生の自由課題実験から一歩進んで、先端の実験機器が必要となるような、さらに高度な企画設計を実現させていく。

受講者は、背景の勉強、担当教員や他の受講者、配属された研究室の先輩との議論、必要な予備実験や検証実験の実施を繰り返しながら、自ら選んだ課題を解決するための企画設計書を半期を使って仕上げる。企画設計プロセスにおける思考錯誤の過程を振り返ることができるように、また、次の作業を明確化させるために、実習時には毎回日報（ログ）を記録する。さらに、毎回自己の到達状況を数値化して評価し、常に自らの位置を確認できるようにする。

さらに、「論理的発信力」を向上させるため、各期の最後に自らの企画についてのポスタープレゼンテーションを行う。

海外交流・海外進出を目標とした英語レポートの作成指導を行うために、科学英語教師を補助者として配置する。

c . 計測制御回路

研究室体験配属の準備段階として、「計測制御回路」という科目を設定し、講義と実習さらには自由課題を効果的に組み合わせた授業を開発した。本科目の目標は、「自由課題実験」で培った企画設計力がさらに新分野開拓へと活用できるような応用力を付けることである。

この科目は、半期の前半で基礎知識と基本技能を講義し、後半は講義で扱った内容を応用して実習する、形式とした。これは、課題を教員の側で設定する従来の学生実験と、課題を自ら開拓する「自由課題実験」との中間的な位置づけである。

以下に、本科目のシラバスを挙げる。

1. センサーを使った物理計測	第1回 物理量とセンシング、 アナログ量とデジタル量
	第2回 センサーの実例 1

	(光センサー、音センサー) 第3回 センサーの実例2 (温度センサー、磁気センサー、その他) 第4回 信号計測機器 (オシロスコープ、ロックインアンプ)
2. メカトロニクス	第5回 制御出力信号 第6回 駆動回路の実例1 (パルスモーター) 第7回 駆動回路の実例2 (ピエゾアクチュエーター) 第8回 パソコンを使った計測自動制御
3. 自動制御	第9回 自由課題のシステム設計 (グループ分け) 第10回 自由課題実習1 第11回 自由課題実習2 第12回 自由課題実習3 第13回 自由課題実習4 第14回 自由課題実習5 第15回 自由課題実習まとめ

d. 早期大学院進学

本学では以前から、3年以上の在学期間で卒業できる早期卒業制度を設けていた。しかしながら、従来工学部では4年次に開講する卒業論文8単位を必修科目としていたために実質的に早期卒業及び早期大学院進学の途は閉ざされていた。そこで、SAILプログラムの学生が3年後学期終了時に早期卒業認定を受けられる環境を整備するため、SAIL科目群のうちの3年次までに開講される自由課題実験2科目(各2単位)及び研究室体験配属2科目(各2単位)と4年次に開講される卒業論文(8単位)を選択必修科目とするカリキュラム改定を行った。SAILプログラムの学生が3年次終了時に早期卒業認定を申請するためには、2年次終了時に以下の条件をすべて満たして早期卒業予定者として事前認定される必要がある:

- ・2年次までに配当された以下の全科目を修得済みであること
情報工学科…先進情報工学実験Ⅰ～Ⅲ

物理システム工学科…特別ゼミ及び自由課題実験 I、II

- ・ 80 単位以上を修得していること
- ・ 2 年次後学期までの全学期において GPA が 3.0 以上であること
- ・ 2 年次後学期までの必修科目はすべて修得済みであること

(2) 成果

参加学生

	平成 21 年度		平成 22 年度		平成 23 年度	
	人数	実施方法等	人数	実施方法等	人数	実施方法等
導入基礎科目	65 名	必修科目	57 名	必修科目	57 名	必修科目
特別ゼミ	22 名	導入基礎科目の平均 A 以上	34 名	導入基礎科目の平均 A 以上	30 名	導入基礎科目の平均 A 以上
自由課題実験 I・II	14 名	希望者全員	13 名	希望者全員	8 名	希望者全員
計測制御回路実習	24 名	希望者全員	32 名	希望者全員	18 名	希望者全員
研究室体験配属	8 名	希望者全員	0 名	希望者全員	3 名	希望者全員

a. 特別ゼミ

平成 22 年度は次に挙げた 7 クラスを 1 年次後期に開講した。

担当者	文献	受講者
生嶋健司	R. P. ファインマン教授が語る「物理学と周辺科学」原著英文	6 名
谷 俊朗	The Feynman Lectures on Physics: Volume 3. Quantum mechanics	3 名
内藤方夫	統計物理 (ライフ、バークレー物理学) マックスウェルの悪魔 (都筑卓司、講談社)	3 名
三沢和彦	相対性理論 (アインシュタイン、岩波文庫)	10 名
箕田弘喜	量子工学の創造 (別冊日経サイエンス)	2 名
室尾和之	数学ガール (結城浩、ソフトバンククリエイティブ)	4 名
森下義隆	Conceptual Physical Science Explorations (P. G. Hewitt 他、Addison Wesley)	6 名

平成 23 年度は次に挙げた 7 クラスを 1 年次後期に開講した。

担当者	文献	受講者
生嶋健司	R. P. ファインマン教授が語る「物理学と周辺科学」原著英文	5 名
谷 俊朗	The Feynman Lectures on Physics: Volume 3. Quantum mechanics	1 名
内藤方夫	メンデルスゾーン「絶対零度への挑戦」(ブルーバックス)	2 名

畠山 温	「光と物質のふしぎな理論 私の量子電磁力学」 ファインマン, 岩波書店	5名
村山能宏	「物理学とは何だろうか (上, 下)」 朝永振一郎著, 岩波新書	6名
室尾和之	数学ガール (結城浩、ソフトバンククリエイティブ)	5名
森下義隆	Conceptual Physical Science Explorations (P. G. Hewitt 他、 Addison Wesley)	5名

平成21年度～平成23年度はSAIL入学者が0名であり、特別ゼミの受講者は、内部選抜者のみである。

受講生に対するアンケート調査により、高度な理数科目に挑戦する意欲が向上したことが見て取れた。このことから、本特別ゼミが理数学生の修学意欲向上に効果があったと考える。特筆すべきは、自分の学力向上に対する自己評価において、「考える力」「意見を述べる力」を挙げた学生が圧倒的に多数であったことである。SAILのコンセプトにおける学習力と分析力の必要性を学生自身に自覚させるためのきっかけとなっていると期待できる。

この授業を通常の講義と比べたときの違い

- ・ 全員が理解するまで議論できたので、1度の授業内でも得られるものが大きかった
- ・ 原理を考える時間が与えられた点
- ・ 自分で考えることを必要とするので、疲労度が高かったが、積極的に参加できた
- ・ 少人数で質問しやすい
- ・ 自分の意見を出して議論できること

この授業で自分の学力は向上したかの自己評価

- ・ 考える力が少しはついたのではないか
- ・ 物事の原理や過程を大切に考える考え方
- ・ 考える習慣はできた
- ・ 考え方や自分の意見を述べる力
- ・ じっくり考えたり議論したりすることでよりよく理解できた
- ・ 自分で理解したつもりになっていたことへの反省

- ・ 筋道がしっかりした説明が少しはできるようになった

この授業を受けて、さらに勉強してみたいと思ったこと

- ・ 相対性理論について、もっと先まで知りたい
- ・ 量子力学
- ・ 他の分野の英語の文献を読みたい
- ・ どうすれば自分の意見を簡潔に述べられるか
- ・ 相手に自分の考えをきちんと伝えられるようになりたい

b . 自由課題実験、研究室体験配属

①企画設計力の養成

自由課題実験の受講生は、正規カリキュラムに組み込まれる以前の準備段階も含めると、現在までに延べ54名にのぼる（各学生の具体的な研究テーマを参考資料2に示す）。通常の講義や実験とは異なる形で運営されるこの実習は、試験やレポートでは分かりにくい学生の多くの弱点を浮かび上がらせてきている。注意深くこれらを観察してみたところ学生の弱点にはある傾向が見られ、これらの大部分は本質的に同じ問題が様々な形で現れているだけとみなせる場合が多いことが分かってきた。以下に、自由課題実験に参加した学生に共通する典型的な弱点のリストを挙げる。いくつかの項目を、類似した観点から分類した。

問題解決の取りかかりが掴めない

- ・ やりたいこととやっていることが違う、あるいはやっていることは本来の課題を解決しない。
- ・ 思考が特定の具体的な物にとらわれてしまい、問題を広く捉えられない。
- ・ トラブルが起きたときに何が起きているのか分からず、とにかく装置が動かない、手がかりもない、という認識にとどまってしまう。
- ・ 今何をやるべきかの確に判断できない。

問題解決の条件出しが不適切

- ・ 単純な実験条件から始めず、難しい実験条件から開始して混乱する。

- ・ 副次的な問題にとらわれて本来の目的を見失う。
- ・ 実験条件を定める基準が恣意的で、網羅的でない。

物事を論理的・構造的に捉えられない

- ・ 1つの物事や概念を別の物事や概念と関連付けて考えることをしない。また、依存関係、包含関係、排他関係、抽象化と具体化などの関係性についての理解が不足している。
- ・ 複雑な問題を簡単な問題に分割して考えることをしない。
- ・ 飛躍した結論を導いたり、関係の無い実験結果を論拠にしたりする。

教育・訓練を受けた科学者・技術者と学生との一番大きな違いは物事を抽象的にとらえ構造化して整理することができるかどうかであろう。この違いが、上記の典型的弱点の原因であると考えている。そこで、SAIL のコンセプトをより具体的に実現するための指導方針として、「抽象化・構造化」というキーワードのもと、「物事を抽象的にとらえ構造化して整理する思考方法」を、実例を示しながら指導することとした。従来のプロジェクトベースラーニング(PBL)にありがちな、その場その場で見出された問題に対する対症療法的な指導を改め、早い段階からより本質に近いところでの対策をとることとした。このような物事の思考方法は、初年次学生用の SAIL プログラム科目である導入基礎科目でも強調している。

実際には、自由課題実験を構成している「課題設定 - 課題分析 - 設計 - 製作 - 実験 - 考察 - まとめ - 発表」の局面のうち、課題分析および設計の段階において、思考内容を整理すること、および他者に分かりやすく伝えることを学ばせることにした。具体的には、SAIL プログラムの特徴の一つである企画設計書に加えて、学生に課題分析図や概念設計図の作図を課した。まず、設計しているシステムがどのような動作をするのか、的確に記述することから始める。次に、そのシステムを構成する構成要素に分解し、それぞれのはたらきを整理する。最後に構成要素間の関係を理解し、全体の動作原理を把握する、という手順である。

以下に、本指導方法に基づく指導を受けた 2 年次学生の振る舞いの事例を挙げる。

- ・パイプオルガンの製作をしていた学生が自発的に必要な空気の流量のオーダー推定を行い、メーカーのスペックシートを参考にしながらコンプレッサーを選定した。
- ・文献に書かれていた電子回路を、機能部位に分割して理解し、各部位ごとに製作・試験することで困難なく装置を完成・稼動させた。
- ・静電気を扱う実験装置を作成したところ期待通りに動作しなかった。その原因が粒子の帯電状態にあると分析し、それを測定する装置を考案して研究を進めた。
- ・真空技術の教科書の内容を少しずつ実際の装置に適用しようとし、自発的にリーク量等の測定をして解析を行った。

まだまだ事例は少ないが、徐々に学生が物事を整理して理解できつつあるとの手ごたえを感じている。この成果を受けて、次年度以降は、企画設計書の様式を大幅に改変し、学生が整理しやすいように配慮することにした（参考資料3～5）。

②学生自身による自己評価

学生の能力を伸ばすには、何が求められているかという評価基準をあらかじめ学生に示し、学生が自分自身で達成度を自己評価していくことが効果的である。そこで、自由課題実験の受講生に、自己評価表（参考資料6）を配布し、授業時間ごとに記入させることを考えた。評価項目は、SAILプロジェクトでこれまでに確立してきたルーブリック（参考資料7）に基づき、一貫性を保っている。この自己評価表を活用することにより、学生自身がPlan-Do-Check-Actionのサイクルをまわすことが可能となる。

③英文要旨の作成指導

自由課題実験に組み合わせた英文要旨の作成指導を夏期15コマ、冬期27コマ、春期18コマの計60コマ実施した。自由課題実験専任の日本人教員と外部委託の外国人教員とが組になり、個々の受講生と研究内容について質疑応答を繰り返しながら、学生自身が研究要旨を英文で作成していった。日本語で作成した要旨と比べて、外国人教員との対話により作成した英文要旨の方が、完成度が高い結果となった。このことより、この英文要旨作成指導は、単なる英文

添削にとどまらず、受講生自身が自らの研究活動を論理的に再構築するのに、大いに効果があったと結論できる。

英文要旨の評価は、以下の各項目について1-4の評点を付けた。

1. 背景と目的：	その研究をなぜ行うのかが明確に示されているか (この設問は読者層や文の長さによる)
2. 対象範囲：	本研究の対象となる範囲が目的として明確に示されているか
3. 研究戦略：	目的と方法と結論とがそれぞれ対応しているか
4. 手法：	方法が明確に過不足なく示されているか
5. 実験条件：	その結果を得るために必要な実験条件が明確に示されているか
6. 実験結果：	結論に至るために必要な実験結果が明確に示されているか
7. 考察：	実験結果から結論に至る筋道が明確に示されているか

また、参考として、委託した外部講師による本クラスの評価報告書の一部を和訳して載せる。外部講師も SAIL プロジェクトの趣旨をよく理解している様子が伺える。

「要旨とプレゼンテーション」クラスの趣旨

要旨作成法の授業は、要旨を書くための原則を学ぶことを通じて、学生が明確に論理的に考えるのを助けることを目的とする。学生は、これまでに、筆記学力試験の重視に偏った制度を経験しており、試験で良い点を取るために、できるだけ多くの情報を暗記することに慣れてきた。しかし、これらの多くの情報を、より広い文脈に照らして有機的につなぎ合わせるができないように見える。そして、多くの問題について自分の意見を提示するのに消極的である。この授業の成果として期待されているのは、(必要に応じて、正しい英語の科学用語を使用して) 読みやすい形式で論理的なプロセスを示す、簡潔な要旨の作成である。

しかしまた、学生が以下のような作業を行うことを支援するのも目的のうちである。

1. 自らの実験をより広い文脈で捉え直すこと。

なぜそれをやるのか？何がその技術の背景となっているか？なぜそれが必要/重要なのか？

2. 材料と手順について自問自答すること。

なぜ、その材料を用いるのか？他の材料で、より効率的なものはないだろうか？異なる実験は、どのように相互に関連しているか？

3. 実験の展望について推測すること。

さらにどのような詳しい研究が有益か？同じ分野の他の技術と比べて有利か？将来どのような発展がもたらされるか？

上記のすべての項目については、学生自身が単に座学の上だけではなく、自分自身の個人的な学習体験として、研究内容の相互の関係や前提と帰結の推論などを実践する必要がある。もし学生が、このような上記の設問に答えることや、そのような考え方を進めることに慣れていない場合は、この授業でもうまくコミュニケーションがとれないであろう。

このような観点から、英会話クラスも非常に有益である。英会話クラスから始めることは、会話に必要な文法や語彙を増やすだけではなく、このような環境で同じ教員と繰り返し話すことで、後半の要旨作成クラスを円滑に進めるのにも役立つ。他人数のクラスでは、スキルレベルに応じて、いくつかクラスに分割することが必要となろう。

受講生に対する評価

参加学生が完成させた英文要旨から判断すると、このコースは成功しているといえよう。学生 A および学生 B は、前項 1 の「自らの実験をより広い文脈で捉え直すこと」の訓練に集中できていた。特に学生 A は、「背景」と「今後の展望」の両方の観点から、自らの実験をより広い文脈で説明することができた。一方、学生 B は、自分の実験の前後関係がまだ十分把握しきれていなかった。最終的に彼らが完成させた要旨は、目的と方法を適切に説明し、実験に論理的なつながりを与えるものであった。

実験の種類や英語力のレベルに応じて、学生一人当たりに必要な時間が異なるであろう。何人かの受講生は、コミュニケーションの時間が未だ十分でなく、さらに何コマか継続することで改善すると思われる。十分時間が取れた学生は、

特に学生Cなど、飛躍的な上達が見られた者もいた。

④ポスターセッションによる学生成績の評価

のべ2時間のポスター掲示時間のうち、教員、上級生、同級生など合わせて20～30名の参加者が各発表者のブースで議論を行なった。

	H21 前期	H21 後期	H22 前期	H22 後期	H23 前期	H23 後期
実施日	7/22	2/3	7/21	1/28	7/20	1/25
出展数	11件 (15名)	7件 (7名)	9件 (9名)	4件 (4名)	7件 (9名)	2件 (2名)

前年度同様、「本科目の効果測定を系統的に行っていくため、ショートプレゼンテーション付きのポスターセッションに客観的な評価項目を設定し実施する」という計画に対応して、次の評価項目を設定した。これは、前述の英文作成要旨に関する観点から抜粋した項目と、ポスターという発表形式に即した追加項目である。

背景と目的：	1. やろうとしていることを理解しているか
手法：	2. 実験手法を理解しているか
実験条件：	3. 実験手法や着目している物理量は適切か
考察：	4. 論理的、定量的な考察が行えているか 5. 次にやるべきことを理解しているか
質疑応答：	6. 要点を押さえて論理的な説明ができているか 7. 質問に対して適切な回答ができているか
ポスター：	8. 図、表、グラフの表示方法は適切か

これらは、SAILの基本コンセプトのうち、学習力・分析力の2つが、企画設計力・論理的発信力の基礎となっているかを評定するものである。これらの評価基準を定めた評価シートを作成し、教員5名と学生チューター6名がSABCの評点を付けて採点した。この結果として、SAILプログラムで重要な企画設計力・論理的発信力を定量評価できるようになった。実際に、この評点で科目の学業成績を付与した。

ポスター発表会の後に、発表した自由課題実験受講生と評価した教員とで反省会を行い、自由課題実験を通じて学生が学んだことの聞き取り調査を行った。以下がその時に出た意見を整理したものである。

【企画・設計の授業について】

- ・ゼミの討論でアドバイスを受けることで、自分の考えに方向性が与えられた。
- ・他の人から、自分と違う考えをたくさん聞くことができて参考になった。
- ・条件設定がはじめから与えられていないことがよかった。
- ・思った通りにいかないことを経験できたのが貴重だった。
- ・問題を自分で設定する訓練が、早くから必要だと思った。

【SAIL プログラムで自分が進歩したこと】

- ・講義で習ったことを実際に自分で確かめることができたので、理解が深まった。
- ・工作ができたのがたいへん有意義だった。
- ・他の参加者のレベルの高さに刺激を受けた。
- ・アイデアを具体化する上で、実際の値を調べたり計算したりするのに苦労した。
- ・インターネットで調べるのは安易だが、結局は役に立たないことがわかった。
- ・頭で考えるのと、実際にやるのとでは大きく違うことがわかった。

【改善点】

- ・ポスター発表をより広く公開した方がよい。
- ・実習時間をもっと多く取りたい
- ・普段から未解決の問題を意識させるような講義が望ましい。

受講生の反応を見ると、本実施項目の目標である、受講生が「プロジェクトの課題を発掘してから具体的な形にするまでの具体的な方法論」を身につけるといふ目標は達成されたことが明らかである。

本実施事項の目標は、聴衆との質疑応答による論理的なディスカッション能力の養成である。のべ2時間のポスター掲示時間のうち、教員、上級生、同級

生など合わせて20～30名の参加者が各発表者のブースで熱心な議論を行なった。ポスター発表会の後に実施した反省会で、ポスター形式による評価方法について、意見交換を行った。以下がその時に出た意見を整理したものである。

【受講生】

- ・ポスタープレゼンテーションの方が、口頭発表より落ち着いて発表できた。
- ・ポスタープレゼンテーションの方が、議論が深まった。
- ・ポスター発表では、製作した実験装置を直接見せて説明ができたのがよかった。
- ・発表で貴重な意見をもらえたのがよかった。

【教員】

- ・実習を通じて理解したことだけを発表するので、内容がたいへんよく伝わった。
- ・ポスター発表の方が質問しやすく、発表者の理解度を試すのに適切であった。
- ・実習結果だけでなく、実習における思考の過程を質疑するのに、効果的であった。

上述のように、受講生にとっては、「議論を通じて、自らの理解を深める」という方法論を学ぶことができたと考えられる。このことより、聴衆との質疑応答による論理的なディスカッション能力を養成するという目標は達成されている。また、評価する教員の側からは、本プロジェクトの目的である「ある課題に直面した時に、その解決のためにどのようにアプローチすべきかをゼロから組み立てられる能力」の測定には、ポスター発表形式が最適であるとの同意を得た。

c . 計測制御回路

平成21年度から平成23年度の計測制御回路の受講者は平均して学年の半数が受講している。計測制御回路は、半期の前半であらかじめ選定された計測回路や制御回路について実演を交えた講義があり、後半はそこで紹介されたものの中から学生に応用回路を自由に設計させるという手順を踏んでいる。プロ

プロジェクト型の授業が学生に有効に受け入れられる方式として、「計測制御回路」の形式は一つのモデルケースとなったと考えられる。

d. 早期大学院進学

平成21年度入学生から新カリキュラムを適用した物理システム工学科では、制度上は平成23年度終了時よりSAILプログラム生の早期卒業が可能となったが、平成21年度入学生には早期卒業の基準を満たして早期卒業を希望する者がなかった。また、平成22年度入学生も早期卒業予定者としての認定基準を満たして認定を希望する者がなかった。

(3) 課題

	H21	H22	H23
特別ゼミ受講1年生	21	26	27
特別ゼミ受講2年生	—	8	3
うち自由課題実験 受講者	2/21	5/34	—
うち計測制御回路 受講者	4/21	7/8	—
うち研究室体験配属 受講者	0/21	1/8	—

平成21年度の特別ゼミ受講生21名のうち、2,3年次の自由課題実験を受講したのが2名のみ、さらに平成23年度前期の計測制御回路を受講したのは4名のみであった。平成22年度の特別ゼミ受講生34名のうち自由課題実験を受講したのは延べ6名にとどまった。一方、平成22年度の2年生8名のうち7名が計測制御回路を受講している。

自由課題実験では、計測制御回路の形式と異なり、最初から最後まで学生のアイデア主導が求められる。自由度が高すぎて、逆に何をやったらよいのか分からないために近付き難いという学生が増加しているものと分析される。今後は、2年前期の自由課題実験Iについても、限られたキーワードから徐々に教員が誘導していく方式に切り替えていくことも検討する必要があるだろう。

平成22年度は研究室体験配属の受講者がなかった。すでに自由課題実験を受講した学生に研究室体験配属の受講も促したところ、興味はあるが、時間的・精神的な拘束が大きすぎて、通常の講義科目の履修に差し支えるのではないかと

という心配をする学生ばかりであった。実際に当該年度の3年次生全体のGPA水準が例年に比べて低い傾向にあり、SAILプログラム自体が学生を強く淘汰する性質をもつことがわかった。学生全体の学力低下傾向に合わせて、通常の講義科目のレベルも年々下がりつつあるため、SAILプログラムのレベルを下げてもっと多くの受講者を受け入れるか、現状のような淘汰を許容するか、検討しなければならない。

3. 意欲・能力を伸ばす工夫した取組の実践

(1) 内容

a. チューター制度

SAILプログラム受講経験のある大学院生にリーダーとしての自覚を促すとともに、後輩学生が先輩のよい手本を参考にしながらますます修学意欲を上げる、というサイクルをシステム化することを目標とし、自由課題実験や研究室体験配属で指導を補助し、またポスターセッションでは評価者としても加わるチューター制度を導入した。

b. 博士修了者による講演会

SAILプロジェクトの主旨である、「優秀な理数系学生を速やかに大学院教育へ送り出し、革新的な産業人を育成する」ことを効果的に実践するには、学生に対して、産業界に嘱望される人材とは何かを知り、早い時期から社会人としての自分をイメージする機会を与えることが重要である。

そこで、学生の学習意欲の向上と将来への展望を持たせることを目的として、SAILプログラムで潜在能力を発揮した学生が将来的にどのようにそのキャリアを生かしていくかのガイダンスを行う。本学博士課程修了生の企業における成功体験を伺うことで、産業界に嘱望される人材とは何かを知り、早い時期から社会人としての自分をイメージする機会を提供する。

(2) 成果

a. チューター制度

SAILプログラム受講経験のある学生チューター6名がポスターセッションの評価に加わった。評価項目を明記した評価シートを教員と共通で使用したため、

何が評価基準かを学生チューター自身が学ぶよい機会となった。特に、学生チューターの1人は、その後、所属学科の最優秀卒業論文賞を獲得するに至った。その学生は、導入基礎科目のGPAは4（全科目S）、自由課題実験Ⅰ～Ⅳを全て履修（成績の定量化はなし）、計測制御回路S、大学院入試の口頭試問成績3.6である。別の1人は、国際シンポジウムでポスター奨励賞を受賞した。この学生は、導入基礎科目のGPAは3.33（S, A, A）、自由課題実験Ⅰ～Ⅳを全て履修（成績の定量化はなし）、計測制御回路S、大学院入試の口頭試問成績3.4である。

これらは、SAIL科目群を順調に履修し、素晴らしい成果を挙げた理想的なモデルといえる。このように、チューター制度は大学院生の研究者養成プログラムの一環として有効である。

b. 博士修了者による講演会

平成20年度後期に本学博士修了者2名を迎え、講演会を実施した。

当日は、約100名の参加があり、熱気溢れる講演会となった。講演終了後、30分以上にわたって博士号への志望が垣間みえる活発な質疑応答が行われ、参加した学生からは「博士の先輩の言葉に感激した」との感想も寄せられる等、予想以上の成果があった。この結果を鑑み、次年度以降も定期的実施することを計画に組み入れた。



平成20年度及び21年度の参加者は以下の通り：

	(参考)平成20年後期	平成21年前期	平成21年後期
実施日	12月3日	7月15日	11月25日
参加者数	99名	49名	52名

(プログラム等を参考資料8に示す。)

講演会を複数回開催した結果、会場で学生から出る質問は、

- ・潜在的に研究者を志望しているが、どうしたらなれるか
- ・研究者を志したときの将来に不安を持っているが、どのように克服したか

という2点に集約されることがわかってきた。一方、この講演会は、本学博士課程修了生による講演であるため、学位を取得することの意義が強調される傾向にある。主な点は、

- ・論理的思考力がつく
- ・本質を見いだす分析力がつく
- ・自分で物事を進める裁量と主導権が得られる

ということであった。

このように、研究者が社会に対して示すことのできる役割や価値を、学部学生のうちから伝えることにより、情報が不足することで不必要に不安になっている現状を回避することができると思われる。

なお、SAILプロジェクトで企画した進路講演会が好評であるため、平成21年度からは、工学部の進路・就職指導委員会の主催とすることになった。このため、対象は、SAILプログラム生に関わらず、全学科全学年に広げられた。

(3) 課題

ポスターセッションの8つの評価項目について、GPAに換算した結果を教員とチューターとで比較した。

	教員5名	学生チューター6名
平均値	2.67	3.02
平均偏差	0.12	0.35

教員5名の評価は、AとBの中間ぐらいが基準となっており、ばらつきも小さい。それに対して、学生チューター6名の評価は、Aが標準となっていて評価が甘めである。しかも、評価した学生によってばらつきが大きく、評価基準が定まっていないということがわかる。したがって、先輩学生が下級生の評価に

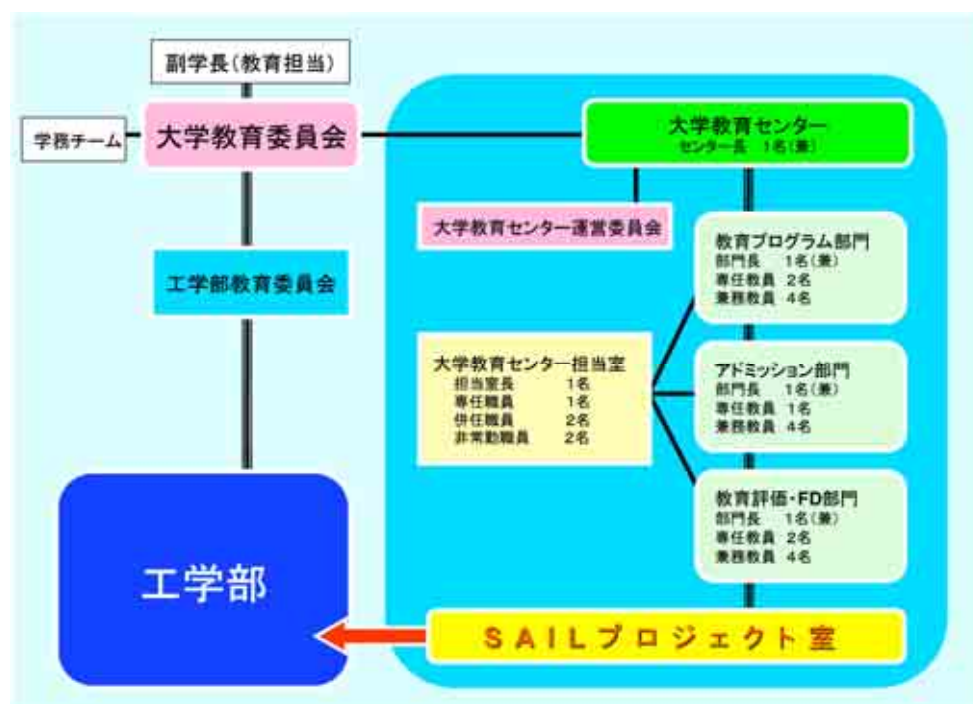
参加することによって、先輩学生自身が評価基準を自覚するように促す必要があろう。

4 . 実施体制

(1) 内容

本プロジェクトは、カリキュラムを改定して SAIL 科目群の単位をすべて卒業単位とすることによって、該当学科の通常教育の一部として実施されている。したがって、該当学科のスタッフ全員が関与する実施体制となっている。その結果、本事業の終了後も本プロジェクトを同じ体制で継続していくことが可能である。

SAIL 科目群をカリキュラムに組み込んだ結果として、SAIL 科目群を担当する非常勤講師を通常の予算で雇用することも可能となっている。実際に、当初は本事業の予算による外部委託の形で試験的に実施した外国人教員の自由課題実験への参加が効果的であったため、平成 23 年度後学期からは外国人教員を通常の予算で非常勤講師として雇用することとした。



実施分担

事業推進代表者

三沢 和彦 東京農工大学・工学部・教授

自由課題実験担当

佐野 理 東京農工大学・工学部・教授

仁藤 修 東京農工大学・工学部・教授

室尾 和之 東京農工大学・工学部・准教授

本橋 健次 東京農工大学・工学部・助教

鈴木 隆行 東京農工大学・工学部・助教

太田 寛人 東京農工大学・工学部・助教

研究室体験配属担当

三沢 和彦 東京農工大学・工学部・教授

谷 俊朗 東京農工大学・工学部・教授

鵜飼 正敏 東京農工大学・工学部・教授

森下 義隆 東京農工大学・工学部・教授

生嶋 健司 東京農工大学・工学部・准教授

芦原 聡 東京農工大学・工学部・准教授

畠山 温 東京農工大学・工学部・准教授

導入基礎教育担当

三沢 和彦 東京農工大学・工学部・教授

香取 浩子 東京農工大学・工学部・教授

箕田 弘喜 東京農工大学・工学部・准教授

特別ゼミ担当

谷 俊朗 東京農工大学・工学部・教授

内藤 方夫 東京農工大学・工学部・教授

森下 義隆 東京農工大学・工学部・教授

生嶋 健司 東京農工大学・工学部・准教授

入試広報担当

梅田 倫弘 東京農工大学・大学教育センター・センター長

佐藤 友久 東京農工大学・大学教育センター・教授

佐野 理 東京農工大学・工学部・教授

仁藤 修 東京農工大学・工学部・教授

鵜飼 正敏 東京農工大学・工学部・教授

高大連携担当

佐藤 友久 東京農工大学・大学教育センター・教授

三沢 和彦 東京農工大学・工学部・教授

村山 能宏 東京農工大学・工学部・准教授

プロジェクト専任

島田 紘行 東京農工大学・工学部・特任助教

庄司 雅彦 東京農工大学・工学部・特任助教

事務

河田 直人 東京農工大学・大学教育センター・担当室長

柴 雅和 東京農工大学・大学教育センター・担当室長

事務補佐

岩見 綾香 東京農工大学・工学部・事務補佐員

爲永 暁子 東京農工大学・工学部・事務補佐員

第2章 4年間を通じての事業全体の成果

本 SAIL プロジェクトは、以下の4つの方針を特徴としている。

1. 学部入学から大学院進学までの一貫カリキュラム
2. 特別入試だけに頼らず、内部選抜制度の充実
3. 評価指標の確立と、定量的評価の積極的導入
4. 国内外での競争力（学生／プログラム自体）を意識

以下に各項目についての事業全体の成果を述べる。

1. については、本年度で SAIL 科目群のすべてを定常的に実施できるようになり、また、正規のカリキュラムとして整備も完了した。研究者、技術者として傑出した学生を養成するには、「問題解決の取りかかりが掴めない」「問題解決の条件出しが不適切」「物事を論理的・構造的に捉えられない」といった、学生に共通した弱点を初年次のうちから改善していく必要がある。このような学生共通の問題点を抽出できたことは、本プロジェクトの大きな成果である。喫緊の課題である若手人材の養成には、もはや従来のようなイベント的な企画では、抜本的な解決は望めないことは明らかであり、本プロジェクトのように、教育方針や手法そのものを科学的に分析することが不可欠となっている。

2. については、どんなに理数系に興味と関心がある学生を集めても、SAIL コンセプトにおける学習力と分析力を、初年次からの基礎教育として手当てしておかなければ、飛躍的な成長は望めないと考えている。同時に、特別選抜によらなくても、理数学生応援に特化した初年次教育により、一般選抜の入学者からも潜在的能力を見いだせる可能性を示している。特別選抜によって少ない母集団を取り合うのではなく、新しい教育プログラムによって新しい母集団を発掘すべきである。ただし、入学時の志望動機の高さとその後の伸びとは強い相関があることも確かめられており、新しい入試選抜制度を設計する上では、単なる筆記学力試験のみに頼らず、志望動機の高さを真に測る選考が必要である。

3. については、本プロジェクトは、教育プログラムの従来常識と反して、定量的評価がきわめて重要であると考えている。たとえば、本プロジェクトでは、

プロジェクトベースラーニング (PBL) の科目において、客観的な評価基準を設定し、定量的な評点を付ける制度を確立した。口頭試問における論理的発信力も定量的な評点を付けられるようにしている。定量的に比較できる客観的な評点がなくては、教育効果を適正に図ることはできないと考える。本プロジェクトは、GPA やルーブリックなどの評点を有効に活用してきた。

それに加えて重要なのは、評価基準と評価の方法を学生自身に示し、学生が自己評価する姿勢を身につけさせることである。本プロジェクトでは、その趣旨に沿った自己評価表を作成した。社会に出て役立つ技術者・科学者とは、自ら学習する力をもつ者のことである。学習した結果だけを計るのではなく、学習のための指針を自分の中に確立することが、真の教育といえよう。

4. 本プロジェクトでの成果は、国内外での講演や論文発表により、外部の評価を受ける機会を多く持っている。教育プログラム自体が、国際的な競争力がなければ、そのプログラムで育った学生にも国際競争力がつくはずがない。以下に、これまでの発表リストを掲げる。

“教育なくして研究なし”，日本物理学会誌 66(11)，809，(2011)

“理工系大学における学部入学から大学院進学までの統一カリキュラム - 4つの到達段階 SAIL-”，UEC パスポートプログラム キックオフミーティング、10月28日、電気通信大学 (2011)

“大学現場が高校教育に望むもの”，SSH 物理授業研究会、10月13日、市川学園 (2011)

“体験型基礎教育「SEEDモデル」-東京農工大学の事例” 「IDE 誌」特集テーマを深める会、7月23日、桜美林大学(2011)

“学生の思考方法に着目した SAIL「自由課題実験」の新しい指導方針”，大学の物理教育 17(2)，80-83，(2011)

“理工系大学における学部入学から大学院進学までの統一カリキュラム - 4つの到達段階 SAIL-”，電通大 FD セミナー、12月10日、電気通信大学 (2010)

“Four Developmental Stages for Cultivation of Interdisciplinary Scientists and Engineers II -Correlation between Analytical Abilities

and Logical Presentation Skill- “, K. Misawa, H. Shimada, M. Shoji, H. Minoda, K. Muroo, O. Nitoh, and O. Sano, International Conference on Physics Education 2010, 2010/8, Reims (2010)

“東京農工大学 SAIL プロジェクトにおける「自由課題実験」と「研究室体験配属」の実施”, 大学の物理教育 16(2), 112-115, (2010)

“専門教育を活かす物理導入基礎教育の実践”, 大学の物理教育 16(2), 88-92, (2010)

“東京農工大学における SAIL プロジェクト”, 理数学生応援プロジェクト特別講演、6月16日、熊本大学 (2010)

“専門課程教育を活かす物理導入基礎教育の実践”, 日本物理学会物理教育シンポジウム、4月4日、東京 (2010)

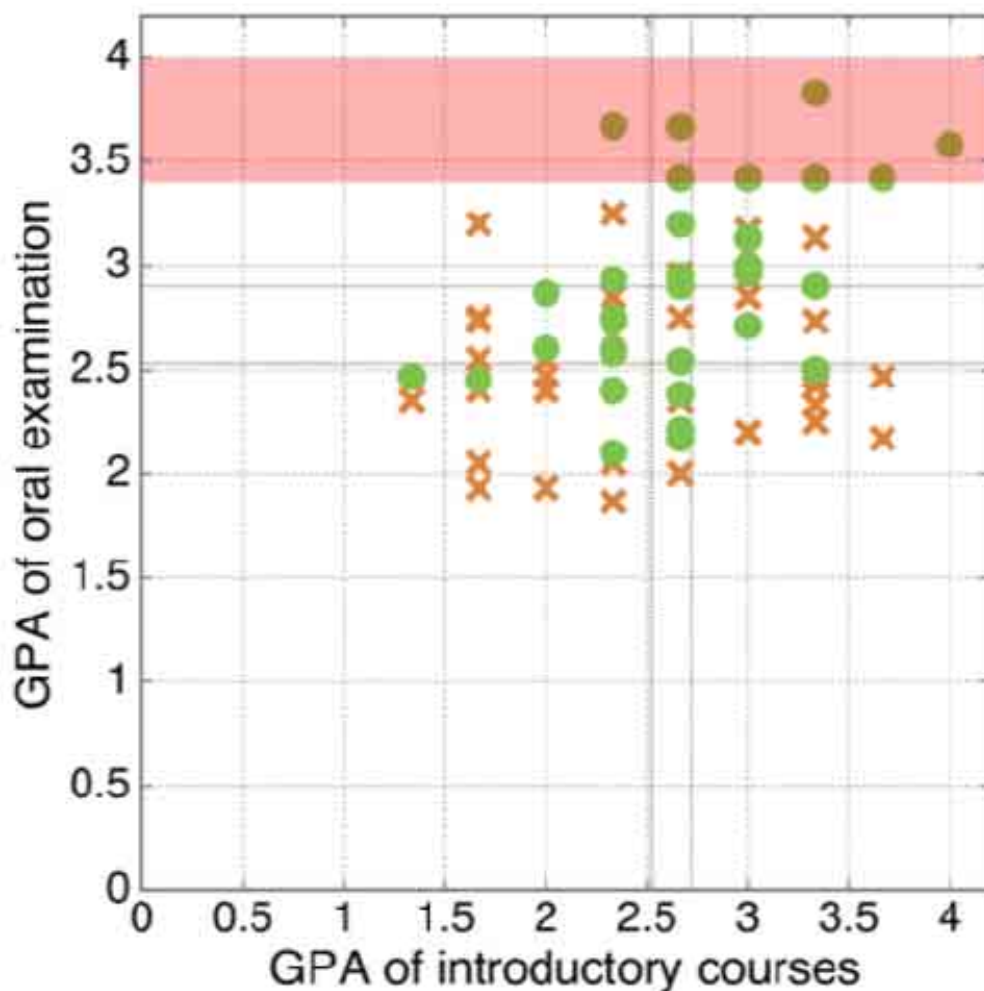
“革新的職業人を養成するための4つの発達段階 - S A I L -”, 群馬大学シンポジウム、3月8日、群馬大学 (2010)

“Four Developmental Stages for Cultivation of Interdisciplinary Scientists and Engineers”, K. Misawa, H. Shimada, M. Shoji, H. Minoda, K. Muroo, O. Nitoh, and O. Sano, International Conference on Physics Education 2009, 2009/8, Bangkok (2009)

このような広報活動の結果、本プロジェクトの基礎をなす問題意識を共有するようになった大学は少なくなく、例えば、工学分野で活躍する研究者・技術者に必要不可欠な「自ら課題を設定し、自由な発想力でその解決にあたる」ための3つの研究力「発想力」「課題設定力」「データ分析力」を養成する名古屋工業大学の「TIDA プログラム」や、自主研究等を通して専門分野の展開・発展能力と他者への説明・討論能力の2つの要素からなる総合的な能力である『突破力』を系統的・体系的に養成する電気通信大学の「UEC パスポートプログラム」等の取組みが始まっている。

以上は本プロジェクト全体の成果であるが、より具体的に個別の学生を見ると、実際に SAIL 科目群を受講した学生は、大学院入試における口頭試験（本プロジェクトの趣旨に沿って作成された基準に従って4点満点で採点）で非受講者よりも高得点を得る傾向にある。下図は、平成18、19年度の学部

入学生についての「大学院面接試験成績」と「導入基礎科目 GPA」との相関図である（●印は2年次以上の SAIL 科目群を受講したことがある学生、×印は全く受講したことがない学生）。



中でも高い得点を得た学生数名に注目してみると、彼らはその他にも以下のような成果を残している：

SAIL 1 期生（H18 年入学：現 M2）

A さん：計測制御受講

大学院口頭試験結果 3.67→優秀卒業論文賞→D 進学→学振 DC1

B さん：計測制御／自由課題実験／研究室体験配属受講

大学院口頭試験結果 3.83→D 進学→学振 DC1

SAIL 2 期生 (H19 年入学 : 現 M1)

C さん : 計測制御 / 自由課題実験 / 研究室体験配属受講

大学院口頭試験結果 3.58→優秀卒業論文賞

D さん : 計測制御 / 自由課題実験 / 研究室体験配属受講

大学院口頭試験結果 3.42→国際シンポジウムポスター賞

第3章 今後の取組について

1．入試・選抜方法の開発実践

すでに特別選抜入試として正式に制度化した SAIL 入試を継続して実施する。SAIL 入試を実施している工学部物理システム工学科と情報工学科でそれぞれ5名の定員をおいている。

2．教育プログラムの開発・実践

すでに教育規則として正式にカリキュラム化した SAIL プログラムを継続して実施する。SAIL 科目群は各学科2単位5科目の計10単位を設定している。

3．意欲・能力を伸ばす工夫した取組の実践

すでに進路支援事業として正式に行事化した進路説明会を継続して実施する。毎年夏と冬の2回の予定。

これまで、各学期の終了時にプレゼンテーション力養成及び評価のために自由課題実験と研究室体験配属についてのポスターセッションを学科内部で実施してきたが、今後はそのようなポスターセッションのみならず、電通大等と合同でのポスターセッション開催など学生同士の研究交流の場を設けることによって学生が外部からの刺激を受けられる機会を提供していく予定である。

4．実施体制

SAIL 入試は工学部入試委員会特別選抜部会、SAIL プログラムは工学部教育委員会、進路説明会は工学部進路支援委員会が所掌する。実際の実施内容については、SAIL プロジェクトを実施している工学部物理システム工学科と情報工学科の各担当学科が責任を持つ。

第4章 他大学が類似の取組を実施する際の留意点

高校生の進路を決める上で、高校の進路指導教員の影響が少なからずあるので、高校側との信頼関係が重要である。本プロジェクト全体の狙いと、SAIL 入

試のアドミッションポリシーを十分理解してもらうことが、SAIL 入試の受験生を増やすために最も有効であるという感触を得ている。実際、数年にわたり高大連携事業を行っている高校からは、平成 22 年度には 2 名が SAIL プログラムに加わり、特別ゼミおよび自由課題実験を受講している。

やる気のある学生に不必要な不安を与えないことも、この種のカリキュラム開発に重要であるとわかった。好奇心を刺激する適度に選抜された環境は必要だが、ハードルの高さを負担に感じさせないように配慮することも重要であり、そのバランスが成否を握っていると考えられる。

自由課題実験は、他でも多く試みられているプロジェクト型授業とは異なり、受講生が「プロジェクトの課題を発掘してから具体的な形にするまでの具体的な方法論」を身につけることが大きな目標である。したがって、評価においても、結果の完成度は問わず、成功にしろ、失敗にしろ、試行錯誤の過程を重視する必要がある。

4 年計画の理数応援プロジェクトにおいて、3 年次を修了した段階で、制度は確立できた。実際は、平成 18 年度からの自主的取り組みも含めて、5 箇年かけて完成したことになる。今後は、本 SAIL プロジェクト受講生が、博士後期課程に進学し、より高度な能力を発揮していけるように、効果を検証していく必要がある。

本プロジェクトにおいて、特徴的な教育プログラムが遂行できたのは、委託事業費の支援により、高い能力を持つ特任教員や外国人講師を採用できたのが最大の理由である。次年度は、理数学生プロジェクトが最終年度を迎えるが、今後、このような人材を継続的に雇用していく方策（特に財源）を考えていくのが喫緊の課題となる。外国人教員への委託業務を非常勤講師枠でまかなうなどがその一例である。

(参考資料1) SAIL 入試の広報のために行った高大連携の具体的な取り組み

日 時：平成 21 年 7 月 23 日

場 所：東京農工大学工学部物理システム工学科

参加者：市川学園高校市川サイエンス受講者 11 名

実施概要：

○講義 三沢和彦 教授

「社会に役立つ物理学の学び方」というテーマで講義した。また、農工大 SAIL プロジェクトについて紹介し、課題研究の進め方について解説した。課題研究の目的は、主体性・自主性の促進、学習・研究の意義付け、失敗から学ぶ、向上心の刺激などであることを示した。

○生徒実験

地球と月の距離はどうやって測ったか？の発問から始まり、コーナーキューブのしくみや反射時間の測定など生徒に考えさせて問題点を見つけ出させた。実際にコーナーキューブとレーザーを光学台に設置して、オシロスコープの波形のずれから距離を測る実験を実施した。最後に、生徒各自が解析した結果を発表させ、その結果について討論した。

日 時：平成 21 年 7 月 27 日

場 所：東京農工大学工学部物理システム工学科

参加者：都立戸山高校SSH物理受講者 11 名

実施概要：

○講義 仁藤 修 教授

小林・益川理論をテーマに、素粒子研究は宇宙の謎を解くことにもなること、CP 対称性の破れ、宇宙に存在する 4 つの力（重力・電磁気力・強い力・弱い力）、何故宇宙から反物質は消えたのか、などについて解説した。

○生徒実験

特殊相対論に関するアインシュタインの原論文を導入として、陰極線、ローレンツ力、発電のしくみ、電磁誘導などについて実験を通して理解させた。さらに「回路が静止し磁場が運動する場合の起電力」と「磁場が静止し回路が運動する場合の起電力」について自作したコイルで実験を行い、特殊相対論の「相

対性原理」の意味について考察させた。

日 時：平成 22 年 6 月 2 日

場 所：東京農工大学工学部物理システム工学科

参加者：市川学園高校市川サイエンス受講者 14 名

実施概要：

○生徒実験

電磁気学の基本的な部分を体験するとともに、それを注意深く観察することにより、相対性理論などの高級な内容に発展していくことを実感させることで、学問に関する理解が深まり、意欲が向上すると考えた。

(講義内容)

アインシュタイン 1905 の論文紹介

電磁誘導

ローレンツ力

電場と磁場の相対性

(実験内容)

コイルを使った電磁誘導と相対性の実験

引率教員の考察：

- ・ 初歩的な内容であったが、生徒達には難度が高かったようで、所々論理を失っていた用である。
- ・ 逆に易しい例題から入り相対性理論の導入部分の話は理解されたようである。
- ・ 端で見ているより、生徒達の内面に訴える研修であったようだ。
- ・ 文献や歴史的発展など講義として非常に練られた企画であった。
- ・ 生徒の関心を大変向上させた。
- ・ 質問の数が少ないのが気になった。アンケートをみると反省しているので、もっとそれらの心を開かせる日頃の指導が必要であると感じた。

日 時：平成 22 年 7 月 13 日

場 所：都立多摩科学技術高等学校

参加者：1 年生 73 名

実施概要：

○講義 三沢 和彦 教授

「21世紀を支える新しい光『レーザー』」

20世紀最大の発明といわれ、21世紀でも、新しい光としてますます応用分野が拡大している。通信、記録、加工、医療などの分野で、実際にレーザー光がどのように使われているかを具体的に示しながら、レーザーに関する基本原理を解説した。

日 時：平成22年7月27日

場 所：東京農工大学工学部物理システム工学科

参加者：都立戸山高校SSH物理受講者11名

実施概要：

○講義 谷 俊朗 教授

戸山高校OBということ踏まえて高校時代のお話や大学でサイエンスを学ぶ心構えまでを親しみやすく講演した。

○生徒実験

(講義内容)

アインシュタイン1905の論文紹介

電磁誘導

ローレンツ力

電場と磁場の相対性

(実験内容)

コイルを使った電磁誘導と相対性の実験

日 時：平成23年7月19日

場 所：都立多摩科学技術高等学校

参加者：1年生96名

実施概要：

○講義 三沢 和彦 教授

「21世紀を支える新しい光『レーザー』」

日 時：平成 23 年 7 月 27 日

場 所：東京農工大学工学部物理システム工学科

参加者：都立戸山高校SSH物理受講者 11名

実施概要：

○講義 鵜飼 正敏 教授

物理学の総合性と専門性という視点からの話や、社会一般の関心も高い放射線について、わかりやすく解説した。

○生徒実験

(講義内容)

アインシュタイン 1905 の論文紹介

電磁誘導

ローレンツ力

電場と磁場の相対性

(実験内容)

コイルを使った電磁誘導と相対性の実験

日 時：平成 23 年 10 月 14 日

場 所：都立多摩科学技術高等学校

参加者：1年生

実施概要：

○講義 清水 郁子 講師

「あなたのもっと便利！な生活を支える情報工学」

日 時：平成 23 年 12 月 13 日

場 所：都立多摩科学技術高等学校

参加者：1年生

実施概要：

○講義 中森 眞理雄 教授

「社会を動かすアルゴリズム」

(参考資料 2) 自由課題実験及び研究室体験配属で学生が設定したテーマ

平成 20 年度

平成 20 年度前期 自由課題実験
<ul style="list-style-type: none">・レントゲン写真・土中の放射線測定・ガイガーカウンタの作製・オペアンプフィルタを利用した拍手センサー (2名1組)・三半規管を模したジャイロ스코ープ・プリズムを利用した RGB センサー
平成 20 年度後期 自由課題実験
<ul style="list-style-type: none">・超音波を用いた空間距離測定・粘性流体中の波動・1CCD 素子による画像解析のモデル化・太陽電池パネルの傾斜角・方位角と発電量の関係・音から電気を作る・人が受ける熱を減らした照明・光電効果と温度の関係・自動車模型を使った走行性能の評価

平成 21 年度

平成 21 年度前期 自由課題実験
<ul style="list-style-type: none">・小金井キャンパス内の自然放射線測定・麻雀牌を読み取り点数計算する装置の開発・沸騰と熱対流の関係・温室効果ガスの放熱特性・レーザーによるエネルギー伝送：ビーム形状依存性・圧電素子による発電の研究・レーザーによるエネルギー伝達：散乱の影響
平成 21 年度後期 自由課題実験
<ul style="list-style-type: none">・加速度センサーで色を操る・地球温暖化を調べるための FTIR の試作

- ・磁力で加速しよう！！
- ・FPR 材料の機械的特性

平成 21 年度前期 研究室体験配属

- ・LED 照明の特性測定
- ・圧電素子を用いた音による発電
- ・太陽を追尾する発電装置の製作
- ・光の波動性と粒子性
- ・熱電発電素子の利用

平成 21 年度後期 研究室体験配属

- ・人工眼球の提案
- ・自家発光するシャボン玉の作製
- ・結晶成長の顕微観察

平成 22 年度

平成 22 年度前期 自由課題実験

- ・ローレンツ力を用いた簡易リニアモーターによる金属球の加速
- ・脳波によるリモコンカーの制御
- ・マッハツェンダー干渉計を用いた火炎温度分布の測定
- ・マイクロ波吸収シートの開発
- ・波力発電装置の作製
- ・フラックス法による合成宝石の生成
- ・可視光反応型光触媒を用いた人工光合成・風車の効率に関する研究
- ・静電容量方式のタッチセンサを作る

平成 22 年度後期 自由課題実験

- ・トナーを用いた電子ペーパーの作成
- ・小型パイプオルガンの作成
- ・すぐできる！食品の真空保存
- ・プラズマ発生装置をつくる

平成 23 年度

平成 23 年度前期 自由課題実験

- ジェットエンジン内部の熱流体の状態観察
- 電力伝送のためのアンテナの作成と指向性評価
- 白黒判別による譜面スキャナーの作成
- 歪みゲージによる自転車の出力の測定

平成 23 年度後期 自由課題実験

- 小型インダクタラックの製作
- 粒子加速の可視化・向上

平成 23 年度前期 研究室体験配属

- NaCl 単結晶の高速成長
- 脳波測定のための低ノイズヘッドアンプの作製
- 陽極酸化法による二次元フォトニック結晶の作製

(参考資料3) 自由課題実験の企画提案書の様式

提出日： 平成 年 月 日

自由課題実験 I-IV 企画提案書		
* 学年	* 学籍番号	* 氏名
・真空 ・顕微鏡観察 ・エネルギー変換 ・センサー ・熱対流 ・レーザー計測 ・放射線計測 ・波 (いずれかに)		
課題の名称		
課題の目的		
背景・動機		
課題分析図	(課題を達成するために必要な要素や、その背景となる事柄などを ツリー図やブロック図などで関連が分かりやすいように表現してください。)	
概念設計図	(課題のために設計したシステムの内部構造を、いくつかの機能部位と それらの間の入出力という形でブロック図などで表現してください。 ・機能部位はモノではなく役割に注目 ・入出力は定量的に ・入出力の測定方法も記載)	

(参考資料4) 計測制御回路の企画提案書の書

提出日： 平成 年 月 日

計測・制御回路		企画提案書
* 学年	* 学籍番号	* 氏名
課題の名称		
課題の目的		
背景・動機		
概念設計図	<p>(課題のために設計したシステムの内部構造を、いくつかの機能部位とそれら間の入出力という形でブロック図などで表現してください。機能部位は、特定のモノではなく役割が分かるように書いてください。)</p>	
詳細設計図 回路図	<p>(概念設計図をもとに、それを実現する手段として具体的なモノが分かるように詳細設計図を書いてください。用いる部品の仕様や型番などを必要なだけ詳しく書いてください。また、機能部位間の入出力の仕様を定量的に書いてください。)</p>	

(参考資料5) 毎回の作業内容を記録する日報の様式

日付	・今回調べたこと/ 考えたこと	キーワード:
	・今回わかったこと/ わからなかったこと	
	・次回調べること	
日付	・今回調べたこと/ 考えたこと	キーワード:
	・今回わかったこと/ わからなかったこと	
	・次回調べること	
日付	・今回調べたこと/ 考えたこと	キーワード:
	・今回わかったこと/ わからなかったこと	
	・次回調べること	
日付	・今回調べたこと/ 考えたこと	キーワード:
	・今回わかったこと/ わからなかったこと	
	・次回調べること	
日付	・今回調べたこと/ 考えたこと	キーワード:
	・今回わかったこと/ わからなかったこと	
	・次回調べること	

研究題目

氏名

(参考資料 6) 自由課題実験の自己評価表様式

自由課題実験 自己評価表

- ・別紙の評価基準を参考に、毎回終了時に自己評価を記入してください。
- ・この評価は成績とは関係ありません。
- ・実習の開始時には左の 3 つの項目のみが該当します。
実習が進むにつれて、適宜記入項目を増やして下さい。

日付	実習開始			設計以降		実験以降		考察以降			発表会		
	課題・目的設定	課題分析	情報収集	手法の選択	手法の特性	実験条件	着目したデータ	考察	原理	結論	説明	質疑応答	グラフ等
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-
											-	-	-

(参考資料7) 自由課題実験の自己評価用ルーブリック

自由課題実験 自己評価表					
評価点		1	→ 2	→ 3	→ 4
研究	課題・目的設定	何をしたいのかわからない	→ 何をしたいかは曖昧に把握している	→ 何をしたいかは明確に把握、既存の知識・技術との関連はよく分らない	→ 何をしたいかを明確に把握しており、既存の知識・技術との関連もよく分かる
	課題分析	何をすれば目的が達成できるかわからない	→ 目的達成のために必要な要素をいくつか挙げられる	→ 目的達成のために必要な要素をもれなく挙げられ、それらの関連も理解できる	→ 個々の要素を同様に分解し、実現可能なステップで課題を再構成できる
	情報収集	必要な情報を探し出せない、どのように調べたらよいか分らない	→ 情報は断片的で、それらの関連が分らない、また信頼性も分らない	→ 情報は断片的だが、それらの関連を一部理解、かつ信頼性を検証できる	→ 包括的な情報を入手しそれらの関連も理解、かつ信頼性を検証できる
	手法の選択	どのような手法があるのか分らない	→ いくつかの手法を探し出すことが出来る	→ それらの手法の違いが分かる	→ 何らかの根拠をもとにそれらの手法の中から適切なものを選べる
	手法の特性	用いる手法の特徴がよく分らない	→ 用いる手法の特徴を部分的に把握している	→ 用いる手法の特徴を定性的に把握している	→ 用いる手法の特徴を定量的に把握している
	実験条件	実験条件をよく把握していない	→ 個々の実験条件は把握しているが、実験は散発的でそれらの関連は不明確	→ 実験条件を把握しつつ系統的に実験を行える	→ 作業仮説を立ててそれをもとに実験条件を設定し、系統的に実験を行える
	着目したデータ	どのデータに着目すべきかわからない	→ 結論を引き出すためにはどのデータに着目すべきかが分かる	→ 着目したデータの選択は適切だが結論の根拠としては不十分	→ 実験データは結論の十分な根拠となっている
	考察	考察の内容と、目的や実験データとが関連していない	→ 考察の内容と、目的や実験データとの関連がわかりにくい	→ 実験データに基づいて、目的に対応した主張をしているが、議論に飛躍がある	→ 実験データに基づいて、目的にかなった正確な主張をしている
	原理	背後の原理が分らない	→ 背後の原理を定性的に理解できる	→ 背後の原理を定性的に理解し、対象をモデル化できる	→ 背後の原理を定量的に理解し、対象をモデル化できる
結論	結論を引き出していない	→ 結論と目的・実験結果との関係がよくわらない	→ 結論と目的・実験結果との関係に飛躍がある	→ 考察から得られた結論は実験結果に基づいており、かつ目的と対応している	
口頭	説明	必要な情報を伝えられない	→ 必要な情報を伝えられるが簡潔でない	→ 必要な情報を簡潔に伝えられる	→ 必要な情報を根拠をもとに簡潔に伝えられる
	質疑応答	質問の意図が理解できない	→ 質問の意図は理解できる、答えることは困難	→ 質問の意図を理解し答えたが、相手を納得させられない	→ 質問の意図を理解して答え、相手を納得させられる
ポスター	グラフ等	グラフ・図・表が使用されていない、または不正確	→ グラフ・図・表が不完全、またはわかりにくい	→ グラフ・図・表それぞれの表示は適切だが、結論との関係が明確で無い	→ グラフ・図・表が自然と結論を導くものになっている

(参考資料8) 博士修了者による講演会の内容(本プロジェクトで実施した分)

平成20年度後期

◆日時 2008年12月3日(水)13:30～15:30

◆会場 小金井キャンパス 新1号館L0111教室

◆対象者 全学年(特に学部3年、修士1年)

◆プログラム

開会・趣旨説明[13:30～13:40]

本学先輩の講演[13:40～14:20]

株式会社アルネアラボラトリ

波川 壮智 氏 (電子情報工学専攻 1999年修了)

本学先輩の講演 v

横河電機株式会社 産官学連携・知的財産センター 客員准教授

田口 朋之 氏 (生命工学専攻 2007年修了)

本学奨学金制度 JIRITSU の紹介[15:00～15:15]

質疑応答[15:15～15:30]

平成21年度前期

◆日時 2009年7月15日(水)16:30～18:15

◆会場 小金井キャンパス 講義棟L0026教室

◆対象者 全学年(特に学部3年、修士1年)

◆プログラム

開会・趣旨説明[16:30～16:45]

本学先輩の講演[16:45～17:45]

山形大学大学院 理工学研究科 助教

吉田 健吾 氏 (機械システム工学専攻 2006年修了)

質疑応答[17:45～18:15]

平成21年度後期

◆日時 2009年11月25日(水)16:30～18:30

◆会場 小金井キャンパス 講義棟L0026教室

◆対象者 全学年(特に学部3年、修士1年)

◆プログラム

開会・趣旨説明[16:30～16:40]

本学先輩の講演[16:40～17:20]

東京農工大学大学院 情報工学専攻 特任准教授

未代 誠仁 氏（電子情報工学専攻 2004 年修了）

本学先輩の講演[17:20～18:00]

日本電信電話株式会社 未来ねっと研究所

堀越 建吾 氏（電子情報工学専攻 2009 年修了）

質疑応答[18:00～18:30]