

平成18年度「魅力ある大学院教育」イニシアティブ 採択教育プログラム 事業結果報告書

教育プログラムの名称 : 国際的リーダーシップをもつ物理学者の養成
 機 関 名 : 東京工業大学
 主たる研究科・専攻等 : 理工学研究科・基礎物理学専攻
 取組実施担当者名 : 細谷 暁夫
 キーワード : 素粒子・原子核・宇宙物理・物性物理

1. 研究科・専攻の概要・目的

本学の基礎物理学専攻と物性物理学専攻は自然界の基本法則、宇宙と物質の根源的理解を目的として研究し、そこで培った知識と方法を活用することのできる人材を教育し社会に送り出すことを目的としている。

2. 教育プログラムの概要と特色

先端的国際共同研究を主導的に担っている本学物理2専攻の教員・研究者が、その専門知識と研究の現場に携わる者の人的なつながりを活用して、国際的研究遂行力を学生に伝えて「世界に通じる人材の育成：国際的リーダーシップを発揮できる、創造性豊かな人材の育成」を行うところに特色がある。

本教育プログラムは、学内では通称「物理学リーダーシップ・プログラム」と呼び、下図のようにコースワークを設定した。

3. 教育プログラムの実施状況と成果

(1) 教育プログラムの実施状況と成果

物理学リーダーシップ・プログラムは先端的国際共同研究を主導的に行っている基礎物理学専攻、物性物理学専攻の教員・研究者がその専門知識と人的なつながりを活用して、国際的な共同研究を主体的に進める能力を学生に伝えることができるように工夫されている。

その実質化として、

- ① 国際研究集会企画演習
- ② 国際研究実地演習
- ③ 研究企画演習
- ④ 英語理学講義

の4科目を単位化した。

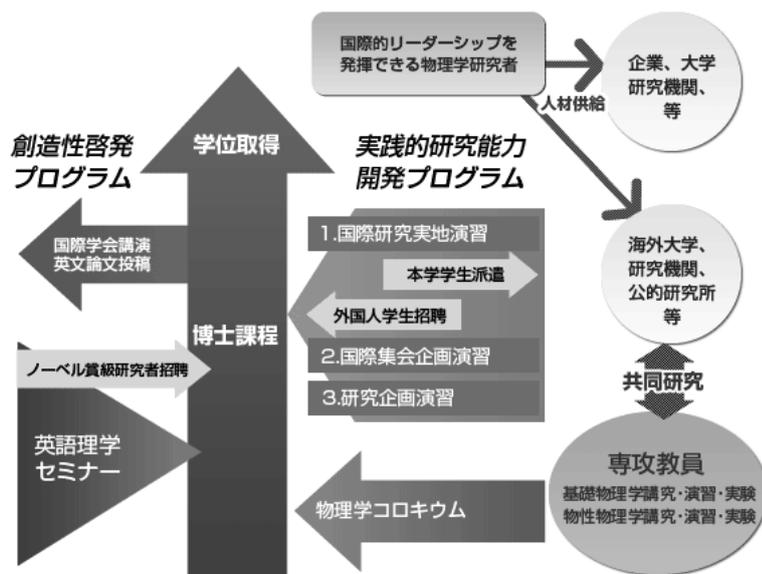


図1 「教育プログラムの構成」

まず、年度ごとの実施状況と成果を述べる。

【平成18年度の成果】

この年度は8月ごろに本教育プログラムがスタートした。

① 国際研究集会企画演習

大学院生が中心となり、国際研究集会を企画・立案し本学で開催した。

- 1) Interational Work shop on 'Recent Topics in Hadron and Nuclear Physics' (9月15日)
- 2) International work Shop on 'High Energy Radiation from the Compact Object' (3月16日)



写真 1

「大学院生が企画した国際研究集会の一こま」

② 国際研究実地演習

大学院学生を海外の重要な研究機関の現場等へ派遣し、自分の研究を発展させた。派遣は14名で、内訳は、アメリカ6名、ドイツ5名、スペイン1名、フランス1名、韓国1名である。

③ 研究企画演習

非常勤講師を招き、「研究企画と研究マネジメント」について集中講義を行った。

④ 英語理学講義

外国人講師9名を招聘し、以下のタイトルで英語による講義を行った。

- 1) Discovery of the EMC effect
- 2) Exact Renormalization-Group Theory on Hierarchical Lattices with Applications to Quenched Random Systems
- 3) New Directions in Nuclear AstroPhysics
- 4) Hypernuclei as a gateway to new forms of strange matter
- 5) e+e- annihilation into hadrons
- 6) Magnetic Dipole Moments as Probes of Nuclear Structure Far From Stability
- 7) Search for New Physics around the CKM
- 8) Physics of extra spatial dimensions
- 9) Critical supersaturation of superfluid 3He-4He mixtures and quantum kinetics of first-order phase transitions

大学院
英語理学講義4
(基礎物理学専攻)

「物理学リーダーシップ」の一環として行っています。

第1回

標題: Discovery of EMC Effect
講師: Klaus Rith 教授、ドイツ・エアランゲン大学
日時: 2006年9月28日(木) 午後3時~4時30分
場所: 本館1階、H111講義室

内容:
 高エネルギーのミュオンと核子の深非弾性散乱の断面積は、核子がfreeの場合(水素、重水素標的)でも、核子が原子核の中にある場合(原子核標的)でも、同じであろうと予想されていた。ミュオンとクォークの弾性散乱だからである。しかし、EMCグループは1982年に、核子が原子核の中にあると断面積が変化することを発見した。これをEMC効果と呼んでいる。原子核の量子色力学(QCD)研究に大きな問題提起をした。

この発見がどのようにしてなされたか、その後の実験によってどう進展したか、理論的にどう解釈されているか、をEMC効果の発見に中心的な役割を果たしたRith教授が解説します。

講義は、60分の発表と30分の質問/討論からなります。
問い合わせ先 柴田

・大学院生は「英語理学講義4(基礎物理学専攻)」を履修科目に忘れずに登録してください。 ・学部4年生の聴講も歓迎します。

図2 「英語理学講義の一例」

⑤ 4科目に加えて、FGIP:Foreign Graduate Students Invitation Programを行った。

外国の博士課程の大学院生を招聘して、本学大学院生との共同研究を推進した。滞在は2週間~1ヶ月である。招聘は7名で、内訳は、ドイツ2名、アメリカ2名、イタリア2名、オランダ1名である。

また、基礎物理学専攻と物性物理学専攻にまたがる運営委員会を立ち上げて、運営方針を決定した。

テレビ会議システム4台などのインフラ整備も納入が終わり、稼働が可能になった。

【平成19年度の成果】

プログラムの目的のために、昨年度単位化した4科目をさらに発展させた。

① 国際研究集会企画演習

大学院生が中心となって国際研究集会を企画・立案し、本学において開催した。

- 1) Workshop “Recent Development of Hadron Physics” (4月25日) 15名参加
- 2) Symposium-school “Frontiers and Perspectives of Nuclear and Hadron Physics” (6月11～12日) 67名参加
- 3) Workshop “Spin and Proton Structure” (10月23日) 20名参加
- 4) Workshop “Advance in Physics with ISOL-based/Fragmentation-based RI Beams” (2月20～2月21日) 71名参加
- 5) Spring School “New challenges in Nuclear Physics and Related Fields” (3月5～6日) 51名参加
- 6) Workshop “Orbital Motion and Spin of Partons inside the Nucleon” (3月14日) 18名参加



写真2「ワークショップでの講演風景」



写真3「ワークショップでの質問風景」

② 国際研究実地演習

大学院学生を海外の重要な研究機関の現場等へ派遣し、自分の研究を発展させた。

派遣は延べ31名で、内訳(派遣国)は、アメリカ11名、ドイツ6名、フランス4名、イタリア3名、イギリス2名、スペイン2名、カナダ2名、スイス1名、メキシコ1名、ボリビア1名、オーストラリア1名、国内1名である。

この年度からはテレビ会議のシステムが本格的に活用されて、海外に派遣された院生の研究の進行状況をより的確に把握することができるようになった。

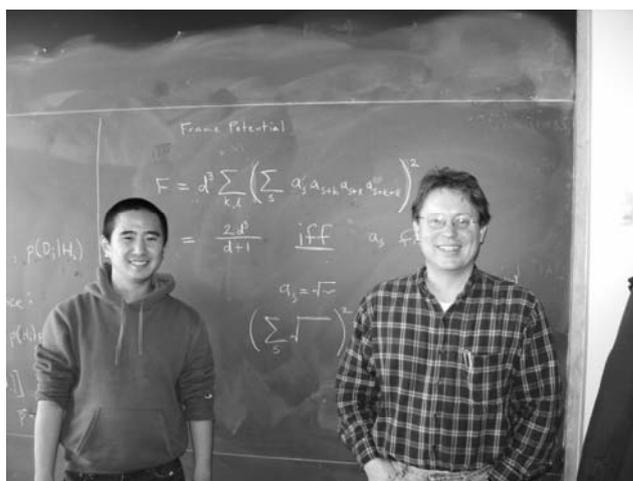


写真4「派遣先での共同研究者とのスナップショット」

③ 研究企画演習

非常勤講師を招き、「研究企画と研究マネジメント」について集中講義を行った。

④ 英語理学講義

外国人講師8名を招聘、特任教授1名を採用し、以下のタイトルで英語による9件の講義を行った。

- 1) Unification of Sciences: Astronomy, Physics, and Chemistry
- 2) The dipole response of neutron halos and skins
- 3) Neutrino-Oscillation Experiments: Quests for θ_{13} and Leptonic CP Violation
- 4) Probing nuclear structure far from stability via reactions
- 5) Nuclear Physics, Astrophysics, and Advanced Technologies with Neutrons
- 6) High energy photon interactions at the LHC
- 7) Physics of ultra high energy cosmic rays and results from Pierre Auger experiment
- 8) Studying nucleon structure with BLAST experiment and future electron-ion collider
- 9) The Neutrino Factory: the physics, the R&D programme, and MICE

⑤ 4科目に加えて、FGIP:Foreign Graduate Students Invitation Programを行った。

外国の博士課程の大学院生を招聘して、本学大学院生との共同研究を推進した。

招聘は15名で、内訳は、ドイツ6名、アメリカ2名、スペイン2名、韓国1名、ベトナム1名、カナダ1名、デンマーク1名、イタリア1名である。

【成果のまとめ】

両年度を合わせると

- ① 招聘外国人学生を交えて、大学院生中心の小規模の国際研究集会を企画・立案、計8件
- ② 実行院生を国内外の主要な研究機関に(国際研究実地演習) 延べ45名を派遣した。
- ③ 研究企画の実際的なノウハウに関する講義が行われた。
- ④ 英語による外国人(18名)の講義。

いずれも単位認定を行った。特に①②については学生から収穫が大きいので続けて、修士まで拡げて欲しいという強い要望があった。③④についても予想以上の成果があった。

更に、外国人博士課程大学院生の短期招待・共同研究プログラム (FGIP) では、2年間で22名が来日した。

以下では、実施状況と成果に関して特筆すべき点を4点述べる。

第1点として、外国人博士課程大学院生の短期招待・共同研究 (FGIP) は、本教育プログラムより一年前に、基礎物理学専攻が学内予算でスタートし、それを本教育プログラムに取り入れたものである。このFGIPで来た学生が、オランダの大学の大学院を修了した後に、学振PDに応募して外国人特別研究員として採用され、本学に勤務中である(2年間)。FGIPがいわば「触媒」となって、若手研究者の長期来日のきっかけとなることを目指しているのだが、その最初の例となった。

FGIPでは、来日した学生と受け入れ担当となった

大学院
英語理学講義5

「物理学リーダーシップ」の一環として
行っています。

第1・2回



**標題: Unification of Sciences:
Astronomy, Physics, and Chemistry**

講師: 岡 武史 特任教授(シカゴ大学天体物理学・化学名誉教授)

日時: 2007年10月16日(火)、23日(火)午前10:40-12:10

場所: 南5号館4階、411応物会議室

Science starts from collecting data by experiments and observations. Recent developments of automation have greatly accelerated this process. Overwhelmed by the flood of information, our perspective tends to narrow and compartmentalized. Physicists don't have time to study other sciences. Even among physicists you have little idea on what your friends are doing. Hence the sarcastic definition of an expert as someone who "goes on to know more and more about less and less, and ends up knowing everything about nothing." If this were the only outcome of the development of science, science would be boring. The pleasure of being a scientist is to gain fresh understandings from experiments and observations. Especially inspiring is the moment when all of a sudden two different concepts are unified and lead to a new idea. Just to give an example, the discovery of the battery by Alessandro Volta in 1800 suddenly revealed the deep-rooted close connection between electricity and chemistry. And then came Michael Faraday, the genius of unification! I will discuss those inspiring historical moments and then talk about the ongoing unification of astronomy, physics and chemistry in which, H_2^+ , plays the central role. It might sound paradoxical but I believe striving for unification is the best way to cope with the flood of information.

問い合わせ先 金森(2615)

図3 「英語理学講義の一例」

本学学生の共同研究による共著論文も学術雑誌にすでに発表された例があり、今後更に論文が増えると予想される。共同研究は、帰国後もテレビ会議システムなどを使って継続されており、最初のきっかけとしての訪問はたいへん有効であることがわかった。

FGIPで来た学生には、滞在中に1時間程度のセミナーをしてもらい、これもすべて本学の学生が企画して実施している。そのセミナーの冒頭で、自分の大学や自国の教育システムを紹介してもらうことにしている。ケンブリッジ大学から来た学生は、ケンブリッジ大学の大学院生の半数は外国人(非イギリス人)である、という紹介をして、本学の学生に強い印象を与えた。ベトナムからの学生は、研究環境がまだ十分に整わない中で、どのように工夫をして研究をしているかを紹介して、これも本学の学生の視野を広げることになった。

ほぼ同じ年令の学生同士が国際共同研究をする¹⁾と議論が白熱し、異なる言語・生活習慣・文化を持つ外国人学生と急速に交流してお互いから多くのものを吸収する。国際的な研究者となるために必要な社会性(交渉力、相手の文化に対する理解など)もこの中で身につけることができる。外国から1人の訪問者があると、本学の数人の学生が対応するので、日本側の参加者が多いというのが特徴である。この点が、日本人学生の海外渡航の場合と異なる。

もともと物理2専攻の教員は15カ国の共同研究や5カ国の共同研究などに数多く参加していて、来日する外国人博士課程大学院生を募るのは容易なので、今後も本学大学院生の教育のために、来日のプログラムを活用していきたい。

第2点は、国際研究企画演習が、次第に組織的に運営できるようになったことである。この科目では、学生が5人から15人くらいで組織委員会をつくり、企画を立てて本学で国際会議を開催する。会議プログラムの作成、講演する外国人研究者との事前の電子メールでの交渉・招待、宿舎の確保、学内での会場の確保、ホームページ・ポスターの製作、当日の英語での司会、会議で使われたスライドのウェブでの公開、などの仕事を学生が分担して行う。2年間に8件開催するうちに、その方法が学生の間蓄積され、次第に効率よく組織委員会の運営ができるようになった。

学生から学生へ知識の伝達が行なわれるので、担当教員は適宜助言をするだけで、基本的に学生の力で国際会議を開催できるようになった。

第3点は、本教育プログラムのコースワークとして設定した科目と、マンツーマン教育との関係である。本学の物理2専攻には「基礎/物性物理学講究」という科目があり、学年あたり1人程度の博士課程学生を教員1名が担当して学位論文へ向けてのマンツーマン指導をしている。これと、物理学リーダーシップの科目が、どのように有機的に連携できるかが、実質化の要であった。

例えば、国際研究実地演習の場合には、科目の担当教員は学生の申請書の審査や単位の認定を行った。一方、マンツーマン教育の教員は、その学生の研究計画の詳細を学生とともに検討し、申請書にも推薦状を書いた。海外滞在中は、マンツーマン教育の教員がテレビ会議システムなどを用いて各学生の指導・支援を行った。

国際会議の発表のために海外渡航する学生の場合には、渡航前に会議発表のリハーサルをして指導するのはマンツーマン教育の教員である。このように、物理学リーダーシップのコースワークとマンツーマン教育とが横糸と縦糸のように連携して進んだことが、この2年間の成果につながったと言える。本教育プログラムの審査の際には、学生の海外共同研究が親睦の範囲にとどまらず実質的なものになることが大切だ、という指摘があったが、これには十分答えられる成果となったと考えられる。

第4点は、海外にいる本学OBの支援が得られたことで、これは本教育プログラムを計画したときに想定した以上に機能した。例えば、アメリカ・ブルックヘブン国立研究所には本学の博士課程修了者1人が理研基礎特研として常駐しているので本学から渡航した学生を支援した。また、本学に学振外国人特別研究員として滞在したドイツ人1人が今は帰国してドイツにいるので、ハンブルクのDESYを訪問した本学学生を支援した。

このように本学の人々のネットワークが本教育プログラムの実施に重要な役割を果たしたが、本教育プログラムを経て、人の循環が一層加速されると考えられる。

実際、本学の最近の博士課程修了者の中には例えばアメリカ・コロンビア大学の博士研究員になった人もいて、すでに本学の学生の受け入れに協力している。

(2) 社会への情報提供

本教育プログラムでは、社会に対する情報提供に力を入れてきた。ホームページ「魅力ある大学院教育イニシアチブー物理学リーダーシップ・プログラム」<http://www.phys.titech.ac.jp/leadership/> がその中核的役割を果たしている。まず、その中の「何をめざしているか」という項目で、以下のように目的を明示した。

「物理学の研究は、現在では国際共同研究として行う場合が多くあります。10ヶ国以上からの研究者が集まって1つの研究をすることも珍しくありません。このような国際共同研究において日本人研究者がどのくらい貢献できるかは、国際的リーダーシップを持っているかどうか、によって決まります。研究施設や研究資金はむしろ二次的な要素と言えます。物理学リーダーシッププログラムでは、東工大の大学院生に、物理学の専門分野での研究能力に加えて、国際的リーダーシップについての十分な練習・演習の機会を提供し、国際的な舞台での研究企画力、研究集会企画力、英語による情報発信力を身につけて強い自信を持って大学院を修了してもらうことを目的としています。2006年度から始まったこのプログラムは、大学院生が主体となって、教員の助言の下に行っていることが特徴です。博士課程の大学院生は、研究者であるという自覚を持って、国際共同研究に取り組んでいます。修士課程の大学院生は、基礎的な実力を身につけて博士課程への土台を築きます。外国の大学の大学院生と交流する機会が多くあります。研究室の枠を超えた取り組みも数多くあります。大学院生のときに国内外の多くの大学院生と知り合うと、大学院修了後も学術上の交流が続くので、一生の財産であるということができます。東工大の大学院生がこのプログラムを十分に活用することを期待します。」

広報の努力としては、集会などの際には他大学や他機関の人にも広く参加を呼びかけた。集会のアナウンスなどはwebなどで毎回、例えば、

2007. 6. 1 6月13日にFGIP Student Forum by Mathew Smith, Chithra Nair, and Mathias Wagner を開催します。

のように行った。本学で行う国際研究集会の際には、研究者のメーリングリストも使い、学外の500-1000人にアナウンスを送った。国際研究集会で使われたスライドも発表者の許可が得られたものはウェブ上で公開している。

4. 将来展望と課題

(1) 今後の課題と改善のための方策

本教育プログラムでは博士課程の学生を主たる対象として大きな成果があったが、**さらに修士課程に拡大し早期に研究の動機付けを行うことが重要である**、と考える。その理由は、本学の物理2専攻の修士課程在学者数は約130人、博士後期課程在学者数は約60人であるが、国際的リーダーシップをもつ物理研究者の養成には修士1年から博士課程修了までの体系的な教育が不可欠だからである。修士課程の学生は、大学院という新しい環境を新鮮に感じていて吸収力が高く、柔軟性もあるので、この時期に魅力ある国際的な研究について丁寧に紹介し、適性がある学生が博士後期課程に進学できるように支援することが大切である。

(2) 平成20年度以降の実施計画

そのために、学内の支援を要請するとともに後継の「大学院教育改革支援プログラム」に応募した。実施内容としては、修士課程の学生のための基礎コースとして「国際研究基本演習」を設けて、次に

- ① 国際研究集会企画演習
- ② 国際研究実地演習
- ③ 研究企画演習
- ④ 英語理学講義

の4科目を継続して行う。新設の「国際研究基本演習」では、テレビ会議システムなどネットワークの利用法や国際基準の物理測定器の使用法、その安全な取り扱い、物理学の研究現場で用いる英語などを、個々の学生の知

識に応じて補完して教え、国際共同研究に参加する準備を整える。

更に、学生が学生を指導する仕組みを体系的に導入する。修士1年から博士課程修了までを含むプログラムになれば、学生の間にも経験に開きがあるので、上級生が下級生に対しリーダーシップを発揮できる仕組みがあることが望ましい。そのモデルケースは、すでに存在するFGIPの学生事務局である。これは年間を通してFGIPを運営する学生側の組織である。受け入れ担当学生は毎回変わるが、事務局の学生は1年間にわたって受け入れ担当学生を指導している。例えば、セミナーのポスターはこれまでにあるものを参考にしてどのようにつくればよいか、を指導している。

これを本教育プログラム全体に拡張して、個々の企画に取り組む学生を総括的に指導する学生がいるようにし、RAとして採用するなど、制度上もはっきり見える形にする。身の周りのことに対するリーダーシップの発揮は、学生の第1歩として重要である。

本教育プログラムの体系的な発展のためには、人の循環、知識の循環が大切で、例えば国際研究実地演習で海外渡航した学生は帰国後、レポートに加えて報告を口頭で英語で行う、というようにするのは一つの方法である。それを聞いた学生がそれを参考にして自分の渡航計画を立てることができる。

最後に、本学には大学院の教育改革の取り組みのプログラムがいくつもあるが、その間の情報伝達のために連絡会をつくる。学内支援を得るためにも、共同の課題があるのでそれを協議する。

このように、本学の物理2専攻に定着した国際的リーダーシップ教育を、修士課程を含めた体系的な教育に発展させることを目指している。

「魅力ある大学院教育」イニシアティブ委員会における評価

【総合評価】

- 目的は十分に達成された
- 目的はほぼ達成された
- 目的はある程度達成された
- 目的は十分には達成されていない

〔実施（達成）状況に関するコメント〕

国際的リーダーシップをもつ物理学者を養成するという目的に沿って、国際研究集会企画演習、国際研究実地演習、外国人の博士課程大学院学生の短期招待・共同研究（Foreign Graduate Students Invitation Program（FGIP））などの計画が着実に実施され、大学院教育の実質化に貢献している。特に、国際研究集会企画演習やFGIPについては、大学院学生の自主性・国際性を涵養する取組として波及効果が期待される。

情報提供については、ホームページで行うとともに、集会・会合の際には他大学などへも広く告知を行い、参加を呼びかけている。

今後、本教育プログラムの実施、成果について評価し、課題等について検証するとともに、その結果をアカデミックライティングなどの個々の取組の改善・充実に活用することにより、自主的・恒常的な展開を図ることが望まれる。

（優れた点）

- ・国際研究集会企画演習やFGIPは国際的リーダーシップをもつ物理学者養成の優れたモデルとして高く評価できる。

（改善を要する点）

- ・本教育プログラムの評価方法やこれまでの成果を検証し、今後の取組にフィードバックし、改善を図る方法の更なる具体化に向けた検討が必要である。
- ・アカデミックライティングの実施状況、成果について明確にする必要がある。