

## 日独共同大学院プログラム 事後評価結果（平成26年度採択課題）

領域・分科（細目）	数物系科学・数学（数学解析）
日本側実施機関名	早稲田大学基幹理工学研究科
日本側コーディネーター （職・氏名）	基幹理工学研究科 教授 小藺英雄
プロジェクト名	流体数学
実施期間	平成26年4月1日 ～ 平成30年3月31日
ドイツ側実施機関名	ダルムシュタット工科大学

## 1. これまでの交流を通じて得られた成果

共同課程の整備、継続的協力関係、教育研究効果等への成果

<b>評 価</b>
<input checked="" type="checkbox"/> 十分成果があった <input type="checkbox"/> 概ね成果があった。 <input type="checkbox"/> ある程度成果があった。 <input type="checkbox"/> ほとんど成果が見られなかった。
<b>コメント</b>
<p><b>【共同課程の整備】</b></p> <p>英語プレゼンテーション・論文作成指導からなる「広域的学際性養成プログラム」、基礎および流体数学の専門科目の開講および課題解決型セミナーによる「実践的研究能力強化プログラム」、毎年双方の大学で開催される国際研究集会での研究発表や報告書の作成による「情報発信能力養成・国際的リーダーシップ強化プログラム」といった、研究者養成における3つの段階を強力に後押しするプログラムが整備されており、双方の大学の教員が熱心に取り組んでいたことが認められる。特に、流体数学の研究を国際的に牽引する日独両大学の教員による専門講義、論文直結型セミナーは、その内容からして実践的研究能力強化プログラムの実施カリキュラムとして高く評価できる。</p> <p>組織の構成と人数については、日本側が少し多い程度でほぼ同じで、全体としてバランスが良い。双方2回ずつ大学院生向けの集中講義を実施し、更に毎年交互に若手研究者用のポスターセッションを含む国際研究集会を開催しているなど、非常に丁寧にプロジェクトを遂行していることが伺える。</p> <p><b>【継続的協力関係】</b></p> <p>毎年14名から18名の教員・大学院生の相互訪問により研究交流を促進し、相互の大学院生の指導をしていること、毎年相互に国際研究集会を開催していることから、プログラム期間中十分な協力関係が築かれていたことがうかがえる。すでに双方のコーディネーターにより採択された他の公募事業による共同セミナーがあり、今後は学内に本プログラムを継承する運営責任母体が発足する予定であることなどから、交流継続への強い意志が感じられる。特に双方の次世代を担う若手・中堅の教員の交流など客観的に優れた交流の実績があり、今後更に協力関係が深まることが期待される。</p> <p>事業終了後には、日独双方のプログラム参加者による自己評価と、国内外の有識者・専門家による外部評価により、継続する事業形態を検証しようとしている点は妥当である。学内、学外からの資金獲得により、今後も継続的協力関係は維持されると期待できる。</p> <p><b>【教育研究効果】</b></p> <p>ドイツの実施機関において、最大正則性定理など近年進展している最新の数学理論についての科目と、乱流や電磁流体なども対象とする計算流体についての科目が開講されており、ドイツにおいてこれらの科目を学び、研究指導を受けることで、理論および応用の両面から流体に関する体系的知識を学ぶことができたと考えられる。流体现象の解明は、大型計算機の性能向上により、計算科学的な方法が広く使われている一方、流体现象の根幹</p>

である乱流の解析には、流体運動の基礎方程式であるナビエ・ストークス方程式を現代解析学の方法により考察することが重要という認識は、近年、国際的に高まっている。ナビエ・ストークス方程式の理論と数値解析の両面について著名な研究者を有する日独両大学の本プログラムにより、我が国の大学院生は流体数学の広範かつ先端的学術情報を収集する機会が与えられた。また、本プログラムにより開催された国際研究集会において、世界トップレベルの研究者の研究に接し多くの知見を得たものと考えられる。

大学院生の発表論文や口頭発表のデータを見る限り、教育研究効果は大きかったと言える。偏微分方程式論を研究対象としている全国の大学院生が合宿形式で年1回参加する「発展方程式若手セミナー」での参加様態が大変好ましいことがその裏打ちになっている。これはセミナー終了後に発行される報告集を見ると明らかであり、修士課程の学生によっても、この事業によって得られた深い知識がいかに多く披露されていることが確認できる。

## 2. プロジェクトの実施状況

プロジェクトの分野及び発展、コーディネーター及び参加教員の取り組み状況、教育研究環境の整備、経理の合理性

<b>評 価</b>
<input type="checkbox"/> 非常に効果的に実施された。 <input checked="" type="checkbox"/> 概ね効果的に実施された。 <input type="checkbox"/> ある程度効果的に実施された。 <input type="checkbox"/> 効果的に実施されたとは言えない。
<b>コメント</b>
<p><b>【分野及びプロジェクトの発展】</b></p> <p>ドイツとの人的交流・相互訪問により、特に若手研究者の育成・アクティビティの強化が図れたことが伺える。また、調和解析の手法による適切性に関する数学的研究や、最大正則性定理の深化と自由境界問題への適用、計算流体における有限要素法理論の発展などがみられ、基礎理論から応用研究まで幅広い研究が展開されたことが分かる。</p> <p>本プログラムの実施により、無限大、極限といった数学解析独自の手法を身につけつつ、大規模な直接数値シミュレーションにより、大きなスケールでの乱流の普遍原理の確立に数学の観点から寄与しうる人材の養成が可能となった。乱流の解明と密接に関わるナビエ・ストークス方程式を代表とする非線形偏微分方程式の数学理論は、純粋数学の分野でも注目される課題である。非線形偏微分方程式論、さらには巨大自由度の非線形力学系の解明を可能とする人材の育成に向けた理工系大学院教育のモデルが提示されたと言える。</p> <p>事業期間中の出版および出版受理論文が39編、うち、ドイツとの共著論文が9編ある。これは偏微分方程式論の活発な研究者が年1~2編の論文を出版するのが平均的であり、そのうち特別なプロジェクトに割く時間を考慮すると、特別に業績が良いように感じる。それは単に数が多いというだけでなく、数学では国際会議における口頭発表はそのほとんどが招待講演であり、それを行うこと自体が外部に認められている証拠になるとの指摘もある中で、215件に及ぶという点は特筆すべき点である。</p> <p><b>【コーディネーター及び参加教員の取り組み状況】</b></p> <p>コーディネーターおよび中核的教員が毎年精力的に相互訪問を行っており、日本側コーディネーターを含む教員がドイツ側機関校の学位審査の副査を務め、日本側機関校の大学院生とドイツ側コーディネーター教員との共著論文が学位に結びついた。さらにその共著論文が国際専門誌に多数掲載されたことから、十分に密接な協調関係に基づく取り組みがなされたことが伺える。相互の大学院生の学位審査で副査に入るシステムの構築は、組織全員の協力がないと実現できないことであり、各組織内における協力体制の良さが伺える。また、全9回の国際研究集会在が継続的に開催されたことは、コーディネーター教員だけでなく、双方の大学の参加教員が協力的に本プログラムに参画したものと評価できる。</p>

**【教育研究環境の整備】**

両大学の設備・人材がプロジェクトの目的達成のために最大限に供用されたと判断できる。双方の大学間のMOUに基づく単位互換、授業料不徴収、設備使用が行われ、また日本側機関校では当該部局によるビザ取得や居住スペースの確保などのサポートが行われた。このように、留学生のケアや提供施設の状況が極めてよい。院生同士の交流にも重きを置いている。また、学位審査において双方の大学教員が副査に入るなど、両拠点の組織的な体制が整備された。

**【経理の合理性】**

各年度ともに大学院生・教員の派遣に関わる旅費が予算の大半を占めるので、本プログラムの趣旨からして適正と判断する。共同課程の実施には学内予算や外部資金を充てており、予算を適正に使用する意図が強く見られる。

## 3. 今後の展望

実施に際しての要件として挙げている「事業終了後においても本事業において得られたドイツ側大学との協力関係を維持し、さらに発展させること」に基づく継続性

<p><b>評 価</b></p>
<p> <input type="checkbox"/> 大いに期待できる。  <input checked="" type="checkbox"/> 概ね期待できる。  <input type="checkbox"/> 一層の努力が必要である。  <input type="checkbox"/> 期待できない。         </p>
<p><b>コメント</b></p>
<p><b>【共同大学院としての継続性】</b></p> <p>本プログラムで整備された共同課程の3プログラム(「広域的学際性養成プログラム」「実践的研究能力強化プログラム」「情報発信能力養成・国際的リーダーシップ強化プログラム」)について、すでに一部予算措置を伴って継続・発展することが見込まれる。</p> <p>1つ目の「広域的学際性養成プログラム」では、本プログラム参加教員による論文作成指導等が維持されることになっている。また、早稲田大学ではスーパーグローバル大学創成支援を背景に、国際研究集会への派遣がなされる予定であり、英語プレゼンテーション能力の習得に最も有効な英語講演の場への参画を後押しするものとなっている。「広域的学際性養成プログラム」については、学内措置と外部資金の申請・獲得により、比較的継続が容易と思われる。</p> <p>2つ目の「実践的研究能力強化プログラム」では、世界トップレベル研究者らによる集中講義や研究集会付属のミニコースの設置などが計画されている。具体的な人的・予算的措置は未定であるものの、本プログラムの中核を担う指導陣であればその実現可能性は高いと考えられる。ただし、本プログラムの核といえる「実践的研究能力強化プログラム」における、流体数学専門講義、論文直結型セミナーについて、現状と同等のレベルを維持するには、最先端の知識と情報をもつ研究者の招へいが前提となるため、恒常的な外部資金の獲得方法に工夫が必要となるであろう。</p> <p>3つ目の「情報発信能力・国際的リーダーシップ強化プログラム」では、双方のコーディネーターによる二国間共同セミナーが採択されているため、予算的な支援がある程度保障されており、国際研究集会や国際共同研究の継続が担保されている。また、本プログラムや本プログラムに先立つ平成21年度から平成25年度の「流体数学」プログラムで整備された流体関連の講義をまとめた講義録の出版が予定されており、若手研究者の流体数学分野への更なる参入が期待できる。「情報発信能力・国際的リーダーシップ強化プログラム」については、学内措置と外部資金の申請・獲得により、比較的継続が容易と思われる。</p> <p>本プログラムの更なる発展として、日独相互教育制度の充実(ダブル・ディグリー、ジョイント・ディグリー、コチュテル等)は、将に推進すべき事柄である。また、日独流体数学優秀学位賞の設立や、共同指導体制の整備のためのジョイント・ディグリーなどの学位制度の確立については、教員の相互雇用などの体制整備も今後課題となる。すでに9年に渡って共同プログラムを運営してきたことによって整備されてきた種々のプログラムや、そこで培われた経験や人的ネットワーク、信頼関係をベースに、これらの課題を解決</p>

することが期待される。

日独のコーディネーターや中核的教員の相互関係が強固であることも強みとなっている。

しかしながら、現時点でこのプログラムに参加している大学院生の数が、日本側 27 人に対し、ドイツ側 18 人とやや開きがある上、9 編ある国際共著論文のデータを見ると、日本の若手とドイツの教授という組み合わせが目につくものの、逆のドイツの若手と日本の教授という組み合わせが一編しかないため、双方向性を高める取り組みを期待したい。

## 4. 総合的評価（書面評価）

<p>評 価</p>
<p> <input type="checkbox"/> 当初の目標は想定以上に達成された。  <input checked="" type="checkbox"/> 当初の目標は想定どおり達成された。  <input type="checkbox"/> 当初の目標はある程度達成された。  <input type="checkbox"/> 当初の目標はほとんど達成されなかった。 </p>
<p>コメント</p>
<p>「流体数学」は、地球環境、大気・海洋、宇宙・航空、エネルギー、防災等の問題の解決に関わる「乱流の解明」につながるものであり、各国が重視する研究課題であるため、多数の研究者が関心を寄せる競争的分野の一つであると考えられている。本プログラムで対象としている流体数学は、対象となる流体现象が広範な理学・工学的な背景を持つように、非常に多岐に渡っており、多くの数学的知識が必要となる。また、現象の解明のためには欠かせない道具となった計算機によるシミュレーション技法にしても、その背景に数学による数値計算理論の整備・深化が必要とされており、幅広い背景をもつ研究者の参画が望まれる分野となっている。それ故、流体数学の研究には、国際的ネットワークにより、敏速かつ的確に、革新的学術情報を収集することが不可欠である。流体運動の基礎方程式であるナビエ・ストークス方程式の理論と数値解析の両面に関して、卓越した研究者を有するダルムシュタット工科大学との継続的共同教育研究活動により、数学解析、応用数学、計算科学、流体力学を相互横断的に促進できる人材の育成が期待できる。</p> <p>本プログラムは、学術的な目標に関して、数学的厳密理論の進展は双方とも専門の教授と若手が組んで成果をあげている。上述のような流体研究へ進む研究者養成プログラムとして、主として流体の数学理論を中心に、数値解析および応用数学に関わる研究者も参画して、理論面および応用面からなる共同課程を双方の大学で整備し、継続的に開講・指導をしている。なかでも実践的研究能力強化プログラムのカリキュラムとして導入された、流体数学専門講義、論文直結型セミナーは、その内容が極めて先端的かつ実用的であり、多くの若手研究者育成に貢献した。更に、論文作成指導や英語プレゼンテーション技術を系統的に指導し、出口となる研究発表の場として毎年相互に国際研究集会を開催し続けてきており、有効な研究者養成プログラムが整備されたことは評価に値する。本プログラムの実施により活発な人的交流が図られ、9本の共同執筆の論文にあるように共同研究が展開したことが分かる。加えて、大学院生への研究教育成果は、学生による積極的な学会講演と、それによって引き起こされる国内セミナーでの招待講演の数の多さにも現れている。この部分のデータをみると他大学を圧倒している印象を受ける。</p> <p>ダルムシュタット工科大学の学位審査に日本側教員が副査を務め、早稲田大学の学位取得においてドイツ側教員との共著論文が主要な部分を占めており、両大学のダブル・ディグリー制度の導入の基礎は築かれてきていると言える。教員の相互雇用（ジョイント・アポイントメント）も望まれ、人件費確保、研究室整備も課題である。今回のプロジェクトで出来たはずの若手研究者同士の国際交流を期待するのは時期尚早ではあるが、平成21年に学位を取得した日本側の講師とドイツ側の大学院生の共著論文もあることから、良い状況である可能性も高い。</p> <p>これらは、双方のコーディネーターだけの努力では実現しないため、本プログラムの遂行により、組織的な課程・設備・体制の整備の他、分野横断的な指導陣の人的交流も進ん</p>



だことも重要な成果であり、よい先例になると考える。

教育・研究の内容は理論的研究と応用的研究があるものの、それらを繋ぐような試みが総じて少ないと思われるため、この点について今後強化を図ることを期待する。