

平成 20 年度グローバル COE

プログラム名称「現象数学の形成と発展：モデル構築における新たな展開」
Formation and Development of Mathematical Sciences Based on Modeling
and Analysis

拠点リーダー：三村 昌泰

(明治大学先端数理科学インスティテュート・所長)

1. はじめに

我々を取り巻く社会に現れる複雑現象の解明に向けて、絶え間なく発展、深化している現代数学の貢献に強い期待が寄せられています。これに応えるためには、現代数学の各分野の発展が要求されますが、それが充分力を発揮するためには、現象と数学の掛け橋となる数理科学である「現象数学」が重要な役割を果たさなければならないと考えています。すなわち、実験家・実務家・フィールド研究者との共同研究の実績を有し、現象の本質を見抜く能力があり、なおかつ複眼的視野をもつ数理科学の研究者が参加することによって、数学との融合を具体的に推進することが今求められています。広く世界に目を向ければ、独・仏・米など現象数理の教育研究を重視し、拠点形成に成功しつつある国家は少なくありませんが、わが国では、個人レベルの研究水準はかなり高いのですが、その方面での教育研究基盤が形成されていないため、諸科学と数学の融合を進める人材育成が大幅に立ち遅れているのが現状です。このような状況を克服することこそ、現象数学がいま果たさなければならない使命であり、今回のプログラムに掲げた現象数学の拠点形成はこれに応えるものであり、社会のさまざまな分野で国際的指導者たりうる若手研究者を輩出することを目的とし、その教育研究成果は、社会に還元されるのみならず、数学界へもフィードバックされ、現代数学の裾野が広がり、さらに社会に目を向けた新しい数学の確立も期待できると確信しています。それを標語的に挙げれば

- 現象と数学の掛け橋となる現象数学の創成、
 - 学界と産業界において、モデル構築という数学的記述力を持ち、幅広い高度な数理科学的素養を身につけた数理科学に精通したディレクターの育成、
 - 成果の数学界へのフィードバックによる現代数学の裾野の広がり和社会に目を向けた数学の確立、
 - 国内大学院数理科学博士課程教育の革新と学部教育への波及
- であります。

多くの大学でのグローバルCOEプログラムの活動は研究科あるいは専攻が母体となっていますが、本学では附置研究機関である先端数理科学インスティテュートが教育研究の基盤となっています。その理由は「現象数学」は自然、社会、生命等に現れる複雑現象に対してモデル構築を主とする学際的な数理科学であることから、既存の研究科、専攻独自では対応することが出来ないからです。そしてこれが申請プログラムの特徴になっています。

2. 先端数理科学インスティテュート

本学における教育研究におけるマネジメント体制の整備を強化するために、「世界的水準の研究を推進するため、重点領域を定めて研究拠点の育成を図り、研究の国際化を推進するとともに、その成果を広く社会に還元することを目的とする」との設立目的のもとで、学長を機構長とする研究・知財戦略機構が設置されています。機構の元に社会、人文、自然科学分野関連で50以上の特定課題研究所が活動していますが、その一つに、2005年、研究課題「自然と社会における現象の数理」を掲げて「数理科学研究所」が発足しました。所員は理工学部数学科、学内において現代数学及び数理科学を専門分野とする教員そしてポストドク、助手などの若手研究者から構成されており、代数学・幾何学・解析学という伝統的な現代数学に、工学・生物学・経済学・社会学など諸分野のインターフェースとなる現象数学という新たな学際的な数理科学分野が加わった研究が活動内容です。2006年、研究知財戦略機構は、本学の将来構想の必要な柱となる重点領域を定めて国際的な研究拠点の育成を強化する仕組みとして、機構直属の「特別研究推進インスティテュート」を設置しました。そして本大学の将来構想の重要な柱となる重点研究拠点の1つとして、自然科学、社会科学に現れる複雑現象の解明に向けた現象と数学の掛け橋となる数理科学の振興を取り上げ、2007年特定課題研究所の中から先端数理科学インスティテュート (Meiji Institute for Advanced Study of Mathematical Sciences (MIMS)) を附置研究機関として選定致しました。こうして設立されたインスティテュート (MIMS) は、これまでのヴァーチャルな特定課題研究所と異なり、学校法人全体の総意として本大学の教育研究拠点の最重点領域と決定されたものであり、人事・予算・組織の面でも、全面的に支援する体制が確立されていることがインスティテュート (MIMS) の特徴です。

先端数理科学インスティテュートの設置目標は「社会とのかかわりを重視した数理科学の普及・発展を図るとともに、先端数理科学の分野における傑出した国際的研究拠点を形成し、もって本学の研究・教育の発展に寄与すること」、つまり一言で言えば、「社会に貢献する数理科学」の展開であります。構成メンバーは、所長 (1名)、副所長 (3名)、運営委員 (5

名)そして所員そして研究員(学外からは客員研究員)から構成されています。所員,研究員は本学教員だけでなく,学外の数理学分野の研究者も参加しており,現在,所員は27名,研究員は31名で,研究部門は

- (1) 基盤数理部門(代数学・幾何学・解析学)
- (2) 現象数理部門(データ解析・シミュレーション解析・数理解析)
- (3) 教育数理部門(数学史,数学教育)
- (4) 先端数理部門((1),(2)及び(3)に関連するプロジェクト研究)

の4つに分かれており,活動は,所長,副所長,運営委員で構成される運営委員会のもとで統括され,主な活動は

- (1) 各種研究活動の推進;
- (2) 研究課題となるプロジェクトの公募及びそれに基づいた研究活動;
- (3) 数理学研究者及び高度専門職業人の養成;
- (4) 本大学及び地域社会からのニーズに基づく支援活動及び啓発教育活動;
- (5) 学内外の研究機関等との連携活動;
- (6) その他インスティテュートの目的達成のために必要な業務。

です。この他にも,インスティテュートの活動を学外に広め,活発に推進するために,独創的な研究プロジェクト計画を国内外に公募しています(援助額1件100万円~150万円程度)。採択されたプロジェクト計画のメンバーはMIMS研究員(部門(4))になり,活動を展開します。このようにプロジェクト計画は,全国共同利用機関である統計数理研究所や京都大学附置数理解析研究所では実施されているのですが,通常の大学(特に私立大学)研究機関で行うのはユニークであると思っています。規定等についてはMIMSホームページをご覧ください。

この他にも若手研究者の育成のためにインスティテュート独自のMIMSポスドク制度があり,2009年度は3名の方が採用されています。

更に,インスティテュートは単に研究機関として活動するだけではなくて,大学院との連携強化・一体化を図ることから,博士後期課程全研究科横断型カリキュラムとして「先端数理学インスティテュート科目群」を開設しています。講義科目に対してインスティテュート所員,研究員そして海外で活躍している研究者を招聘することから,講師チームを作り,日本語および英語によるオムニバス講義を行うことで,インスティテュートによる研究成果を大学院教育に活用し,博士後期課程における若手研究者の育成を行っています。昨年度の講義科目群として,日本語による講義は文理融合に視点をおいた

先端数理科学1（日本語）「芸術の中の数理」

先端数理科学2（日本語）「感性と情報」,

英語による講義は物理, 化学, 生物系に現れる非線形非平衡科学現象のモデリングとシミュレーションの視点をおいた

Advanced Mathematical Sciences I “Nonlinear dynamics and pattern formation”

Advanced Mathematical Sciences II “Modeling and Simulation of Complex Systems”

を開講致しました. このように, インスティテュートは制度としては研究科ではないのですが, 研究活動を推進するとともに, 数理科学分野の若手研究者の育成にも力を入れています.

MIMSの活動内容はホームページ<http://www.mims.meiji.ac.jp/index.html>をご覧ください.

3. 数理科学分野のこれまでの大学院教育

今回の申請プログラムの大学院教育は下記の活動が土台となっています.

(1) 理工学研究科基礎理工学専攻数学系を基盤に, 平成17年度文部科学省採択プログラム「魅力ある大学院教育」イニシアティブ「社会との関りを重視したMTS数理科学教育」を実施しました. 更にこれを発展させる形で, 平成19年度から文部科学省大学院教育改革支援プログラム「社会に数理科学を発信する次世代型人材創発」を実施しています. 詳しくは<http://gp.math.meiji.ac.jp/> をご覧ください.

(2) 上記の「社会との関りを重視したMTS数理科学教育」と「社会に数理科学を発信する次世代型人材創発」プログラムを通じ, 社会経済活動の実践面における数理科学教育を補強するため, 本大学においてグローバル化・自由化・技術革新などの経済環境の変化に対応できるように, 金融数理科学分野に堪能な人材を輩出しているグローバル・ビジネス研究科との教育連携を実施しています.

(3) 理工学研究科に2008年設置された新領域創造専攻数理ビジネス系との連携のもとで, 数理科学的訓練を受けた, 人文・社会・理工学融合型の新しいタイプの人材を育成しています.

(4) 平成19年度広島大学数理分子生命理学専攻と共同申請した文部科学省大学院教育改革支援プログラム「数理生命科学融合教育コンソーシアムの形成」を通じて, 生命科学と数理科学の融合を目指す数理生命科学の大学院教育を実施しています.

今回のグローバルCOEプログラムはMIMS教育研究活動そして上で述べました大学院教育の経験・実績に基づいて作られたものです.

4. プログラム内容

本拠点は学長のリーダーシップのもと、本大学の将来構想の重要な重点教育研究拠点の一つとして選定された附置研究機関である先端数理科学インスティテュートを教育研究の基盤として、連携先機関である広島大学大学院理学研究科数理分子生命理学専攻、そして連携大学院である海洋研究開発機構・地球シミュレータセンターと相補融合することから、現象数理学の形成と発展を目指します。具体的には、社会、自然、生物現象等に現れる複雑なシステムの解明に焦点をしばりつつ、現象の本質を見抜き、理解する抽出モデルの構築を柱とする現象数理学を形成するプログラムを展開するものです。それを実行するために、現象と数理を広く捉えることのできる柔軟で複眼的視野を持つ研究者が事業推進担者として参集し、次の3つの班を構成しています。

- モデリング班（実験家・実務家・フィールド研究者のみならず、シミュレーション、数理解析の専門家との共同研究の実績がある）
- シミュレーション班（計算機シミュレーションおよび可視化法を専門にするだけでなく、現象・モデリングの本質を理解し、高度な計算機技術も持ちあわせている）
- 数理解析班（数学・応用数理学の分野で教育研究活動実績を持ち、上の2つの班を基盤数理の視点から支援する）

今回のプログラムでは、新しい学問分野である「現象数理学」の形成と発展だけでなく、現象数理学の方法と技術を習得した人材を輩出することにも特に力を入れています。そのために、博士課程後期学生育成のために既存の研究科にまたがった独自の「MIMS PhDプログラム」を開設しています。

5. MIMS PhDプログラム

グローバルCOEプログラムの大学院博士後期課程教育の中心となるのは先端数理科学インスティテュート（MIMS）におけるPhDプログラムです。本プログラムは、本大学院の「MIMSコースワーク科目」と連携大学である広島大学大学院数理分子生命理学専攻博士後期課程における「提案型研究」への参加及び「MIMS研究指導プログラム」により構成されています。MIMSコースワーク科目は、本大学院に横断的に設置されている「博士後期課程プロジェクト系科目」と「研究科間共通科目」をその柱としています。「博士後期課程プロジェクト系科目」には、すでに上で述べましたように、MIMS所員、研究員がコーディネートする「先端数理科学インスティテュート科目群」が設置され、非線形非平衡系及び非線形時系列の各現象数理学について高度で専門的な知識・技術を日本語及び英語により教授し複眼

的視野を養います。また、研究科間共通科目「国際系科目群」には、学術英語コミュニケーション及び英文学術論文研究方法論が設置され、ネイティブによる英語表現能力の強化科目を設置し、国際的にも通用する研究者の育成を目指します。また任意に在学中の数ヶ月間、広島大学大学院への国内留学を実施し、学生が自分自身で研究課題を企画立案し、その成果を報告するという「提案型研究」がオプションカリキュラムとして用意されています。本プログラムにおいて特に力を入れているのが研究指導です。現象数理学を習得するために、研究テーマに応じて、現象の数学的記述であるモデリング、その解析であるシミュレーション、数理解析の連結・融合が要求されます。それを研究指導法に導入したのが複数指導体制です。これまでのように、一人の指導教員に複数の学生が参加するという形式ではなく、学生の研究テーマに応じてモデリング、シミュレーション、数理解析の分野で活躍している先端数理解析科学インスティテュート（MIMS）所員、研究員からそれぞれ1名が選出され、3名がチームフェローとして研究指導に携わります。主たるコースは、生命・生物現象を主とする「非線形非平衡系コース」、経済・金融・自然現象を主とする「非線形時系列コース」です。学生は、これらのコースに属し、現象数理学「横断教育プログラム」と「実践プログラム」を段階的に学んでいきます。チームフェロー指導体制の例を紹介します。

研究テーマ：「細胞情報処理システムの理論解明」

モデリング担当：(実験家との共同研究の実績を持ち、専門は数理生命科学)

シミュレーション担当：(専門はシミュレーション科学)

数理解析担当：(専門はネットワーク解析学)

研究テーマ：「株価のダイナミクス解析および予測可能性」

モデリング担当：(実務家と豊富な共同研究の実績を持ち、専門は金融工学)

シミュレーション担当：(専門は計算機支援解析法、画像処理)

数理解析担当：(専門は時系列解析)

研究テーマ：「自然界における自発的な構造形成」

モデリング担当：(実験家との共同研究の実績を持ち、専門は非線形非平衡現象のモデル構築)

シミュレーション担当：(専門はモデルシミュレーション解析)

数理解析担当：(専門は非線形解析学)

PhDプログラムの入学定員は5名/年ですが、既存の大学院組織ではないので、大学院理工学研究科の入学定員の一部を使っています。すなわち、入学した者は、大学院理工学研究科のいずれかの専攻に学籍を置きながら、実際的には先端数理科学インスティテュート(MIMS) PhDプログラムでの教育及び研究指導を受けることになります。

同プログラムの最大の特徴は、受講する学生に次のような十分な経済的支援、研究環境が保証されていることです。(1) 日本学術振興会特別研究員DC(グローバルCOEプログラム)：本入学試験に合格し入学した者の中から、特に優秀な者1名を日本学術振興会特別研究員DCとして採用します。(2) グローバルCOE博士課程研究員：本入学試験に合格し入学した希望者全員(日本学術振興会特別研究員DCに採用された者を除く)を、グローバルCOE博士課程研究員として採用されます。(3) 学費免除に相当する奨学金が保障されます。

平成21年度 PhD プログラムに対して I 期入試(2008年1月15日)、II 期入試(2009年2月25日)を行い、6名が入学致しました。内訳は2名が社会人、2名が外国人留学生です。彼等に対して5月末までにはチームフェローが決定されることになります。このように、インスティテュートは制度としては研究科ではないのですが、研究活動を推進するとともに、数理科学分野の若手研究者の育成にも力を入れています。

6. 若手研究者の育成

本学は、研究者養成型助手、PD・RA制度等かなりの支援体制をすでに整備しているので、これを有効に活かすとともに、更に、プログラム計画において次のような若手研究者の支援体制を強化することから、国内外からの優秀な学生を集めています。

●MIMS特別研究員の採用：MIMS PhDプログラム学生の中から特に優秀な者を業績・能力に応じて選抜し、日本学術振興会特別研究員DCを上回る待遇を保証する。

●MIMS スーパーPDの雇用(MIMS-PDを採用すると共に、彼等の中から特に優秀な者を業績・能力に応じて選抜し、日本学術振興会特別研究員SPDに準ずる待遇を保証する)。

●現象数理若手プロジェクトの公募(現象数理学を実践する若手研究者育成のため、若手研究者自らがコーディネーターとなって、現象数理学分野の研究者を巻き込んで実施するプロジェクト計画です)。

7. 国際的研究ネットワークの構築

現象数理学の国際的ネットワークを構築する。MIMSはフランス国立科学センター（CNRS）の国際連携研究（LIA197）事業の日本側代表機関としてCNRSとの協定、イタリア学術会議（CNR）応用数学研究所、フランス国立社会科学高等研究院（EHESS）社会数理解析センター、ハノイ数学研究所、台湾国立交通大学数学模建・科学計算研究所とも研究交流協定に向けた覚書を交わしています。これらの実績をふまえて、関連する研究機関と密接な国際的研究ネットワークを構築し、研究交流を推進しながら、現象数理学の世界的拠点となることを目指しています。

8. 自己点検・評価体制

教育研究活動の状況を組織的に把握・改善する仕組み、自己点検・評価体制のために、下記の委員会を設置し、本拠点事業の評価と改善指導を行います。

（1）MIMS自己点検・自己評価委員会：MIMSの教育研究活動について、半年に1度独自に作成した活動チェックシートに記入する形式で自己点検評価を実施し、各班会議を開催し、評価のフィードバックを行い、自ら改善を行う。

（2）研究・知財戦略機構G-COE評価委員会：本拠点の基盤となるMIMSの上部機関である研究・知財戦略機構内にG-COE評価委員会を設置し、年に2回の報告を行い、評価を受ける。

（3）外部評価委員会：本拠点が行う教育研究分野に精通した学外機関の人材を評価委として委嘱し、評価を行う。研究進捗に関する助言や改善方向について意見を聴取し、本拠点における教育研究活動をよりよい方向へ軌道修正することを目指す。

以上のグローバルCOE活動についての詳細は<http://gcoe.mims.meiji.ac.jp/index-e.html>をご覧ください。

9. 最後に

本学は国際的先端研究と産官学連携を促進し、それに関連する大学院教育を全面的に展開する拠点として、2007年8月に、東京都中野区の旧中野警察学校跡地を新キャンパス用地として取得しました。「先端数理科学インスティテュート」をこの新キャンパスの中心的機関として位置づけ、現象数理学における日本を代表する国際教育研究拠点として、その成果を世界に向けて発信すると共に、若手研究者の永続的な育成のためインスティテュートの教育機関として「大学院先端数理科学研究科」を2011年設置し、本学の重点研究を担う

若手研究者育成機能のさらなる強化を図っていく予定です。更に、新キャンパスは本大学の先端研究・情報関連拠点として位置づけ、今後国際的な研究遂行に必要な研究施設、宿泊施設等の環境を重点的に整備し、国際的に卓越した教育研究拠点を形成していきたいと思っています。