

## 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 : シミュレーション科学を支える高度人材育成  
 機 関 名 : 京都大学  
 主たる研究科・専攻等 : 情報学研究科・数理工学専攻  
 取組実施担当者名 : 中村佳正  
 キーワード : 数理工学, 計算機システム, アルゴリズム, シミュレーション工学

## 1. 研究科・専攻の概要・目的

平成13年に刊行された情報学研究科「自己点検・評価報告書」では、情報学研究科は、高度情報化社会の健全な発展のためには、その理念を支える学問的基礎とともに実現を可能にする情報基盤システムを産み出すことを旨とする「情報学」を確立する必要があるとしている。さらに、同じ報告書には、数理工学専攻の目的について

数理工学は、最先端の数理工学の研究を通して大規模システムの数理構造を解明し、グローバルで、体系的・論証的な視野で情報化社会の基盤を支える技術科学を探究することを目指して教育研究を行う。

としている。

数理工学専攻は、応用数学、システム数理、数理物理学の基幹講座（3講座6分野）の教員（平成19年5月1日現在、教授6名、准教授4名、講師2名、助教6名の計18名）の他、産業界における実問題への応用研究をカバーする連携ユニット（連携教授1名、連携准教授1名）を設けている。これらが相互に協力し大学院生（平成19年度には修士課程在籍者数48名、博士課程在籍者数13名）の教育にあたっている。

設立当時の情報学研究科では、各専攻がそれぞれの専門科目を開講していた。数理工学専攻では、応用数学、オペレーションズ・リサーチ、制御理論、統計物理に関する専門教育が中心であった。平成12年度に実施された情報学研究科自己点検・評価の結果、カリキュラムの一部見直しが行われ、情報学の広がりや修得させる「研究科共通基礎科目」として選択必修の「情報学展望1,2,3」が開講された。

さらに、平成16年度の学生アンケート、平成18年度の修士生アンケート、企業人事担当者アンケートにおいて、情報学研究科の教育と人材育成に関する幅広い調査が行われた。授業科目としては、従来はほとんどが一方通行の講義形式の科目であったが、アンケートへの回答では実践的内容をもつ大学院科目の新設を求める学生・

修了生、企業関係者が少なくなかった。実践の中身は多岐にわたる。例えば、工学部出身者は計算機演習などの科目を学部時代に履修しているが、他学部出身者では必ずしもそうではない。多くの修士論文の中でシミュレーションや数値実験が実際に行われているが、プログラミングスキルやシミュレーションソフトウェアの利用技術の習得は研究室単位、個人単位の努力に任せられ、シミュレーション実践力を保証するカリキュラムは用意されてこなかったのである。これらのアンケート結果は研究科ウェブページで公開されている。

## 2. 教育プログラムの概要と特色

おりしも、平成17年秋には、我が国の科学技術力の将来を支えるため、平成22年を目標とした、いわゆる汎用京速スーパーコンピュータ計算機の開発が決定した。問題の大規模化に伴って計算機の高度利用の必要性が高まる中、ゲノム解析や高速データ検索では米国に水をあけられるなど、危機感が高まっていたことがその背景にある。もちろん、科学技術立国をめざすには、単体のパソコンがあればそれでよいというものではなく、計算科学、計算機科学の極めて高度な研究・開発水準の維持とともに、シミュレーション分野における高い水準をもつ層の厚い人材が必要とされるようになった。

本教育プログラム「シミュレーション科学を支える高度人材育成」の構想時に参考にしたのが、米国大統領情報技術諮問委員会の提言：Computational Science: Ensuring America's Competitiveness, PITAC Report (2005/06)である。この中で、「アメリカ合衆国の今後20年間にわたる持続的な発展のためには計算科学が極めて重要である」とし、そのためには従来型の細分化された教育・研究体制では役に立たない。大学は「アルゴリズム・モデリング・シミュレーションソフトウェア」、「計算機科学・情報科学」、「計算インフラストラクチャ」が三位一体となるよう合理化と再編を進めねばならないとしている。

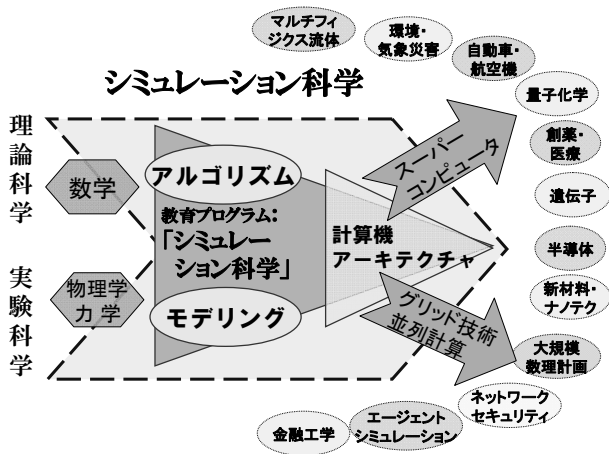


図1. 教育プログラム「シミュレーション科学」

幸い、情報学研究科には、この計算科学の必須3要素が設立時から備わっている。アルゴリズムとモデリングが盛んな数理工学専攻、シミュレーションを多用する複雑系科学専攻、スパコンを含む計算機アーキテクチャを研究するシステム科学専攻、通信情報システム専攻があり、未整備なのは、研究科を横断する「シミュレーション科学」の専門教育・人材育成の枠組みだけである。そこで、実績のあるモデリングやアルゴリズム研究を足場に、グリッド技術や並列計算技術などの計算機アーキテクチャを加えた新構想の教育プログラム(図1参照)を設定し、他部局や他大学、企業・研究所等の協力のもとに、シミュレーション科学を支える高度な人材育成を開始することとなった。

これは、科学技術、産業に強力な基盤を提供する「シミュレーション科学」をキーワードに、情報学を構成する多くの要素研究を一貫した教育理念のもとに統合を図るもので、誕生以来8年を経て、情報学研究科が教育面でも本来の機能を発揮する起点となる教育プログラムと位置づけられる。スーパーコンピュータの実践的教育を情報系独立研究科で行うという試みは従来はなかった。本教育プログラムを契機として、京都大学情報学研究科において、シミュレーション科学を支える

- (1) スーパーコンピュータの高度な利用技術をもつ人材
- (2) シミュレーションにより問題解決する研究者・実務家
- (3) 大規模シミュレーションプロジェクトを設計し、リーダーとなる人材

の育成を開始する。一言でいえば、「シミュレーションを科学し、シミュレーションで科学する」人材の育成である。

具体的には、まず、学外アドバイザーの協力のもと「シ

ミュレーション科学セミナー」(図2参照)を始めとする様々な施策を開始し、シミュレーション科学に関する教員と学生の興味を醸成し、理解を深める。また、教務委員会と打ち合わせて研究科カリキュラムの改訂を進め、「研究科共通専門科目」のカテゴリーを新設し、研究科横断的な実施体制に基づく実践的な授業科目「シミュレーション科学」の科目設計を行なう。

2年目(平成19年度)には単位科目として「シミュレーション科学」を開講し、授業評価を経て、可能であれば研究科の予算措置を獲得して、本プログラム終了後も継続してシミュレーション分野の人材育成を行うことのできる教育システムを構築する。

	修士課程	特徴ある指導方針	博士後期課程	
入学前	専攻説明会 入学試験	アドミッション・ポリシー FD報告の公開	専攻説明会 入学試験	入学前
1~2年次	履修指導・シラバス 専攻基礎科目 専攻専門科目 他専攻推奨科目 他専攻科目 「シミュレーション科学セミナー」(新設) 研究指導科目	基礎→応用をカバー 階層性ある教育課程 複数アドバイザー制 <b>アルゴリズム モデリング 計算機アーキテクチャ シミュレーション科学 セミナー</b>	履修指導・シラバス 「シミュレーション科学セミナー」(新設) シミュレーション科学・履修モデル 研究指導科目	1~3年次
修了	修士論文	学会発表 論文発表	博士論文	修了

図2. 「シミュレーション科学セミナー」の位置付け

本教育プログラムでは、「シミュレーション科学セミナー」と「シミュレーション科学」を受講した結果、スパコンを自らの研究に生かしたいという大学院生が少しでも増え、これまで汎用ソフトウェアを使って計算機実験を行ってきた研究室においてもスパコンが気軽に使われる雰囲気醸成したいと考えた。1年半の限られた期間では盛りだくさんではあるが、以上が本教育プログラムの目標であった。

### 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

##### 教育プログラムの実施状況

本プログラムでは、京都大学情報学研究科においてシミュレーション科学における高度人材育成を行うため、「シミュレーション科学セミナー」と授業科目「シミュレーション科学」を毎週開講した。これらの具体的な目的は以下の通りである。

- A) 計算機アーキテクチャとパフォーマンスの観点から計算アルゴリズムとプログラミング技法への理解を深める。
- B) シミュレーションによる問題解決について共通理解に達する。
- C) スーパーコンピュータを教員・学生にとって身近な数値実験の手段とする。
- D) 若手教員と博士課程学生 RA の運営参加を通じてリーダーシップを養成する。

以下は、目的ごとの具体的な実施状況である。

#### 目的 A) シミュレーション科学への理解：

「計算機アーキテクチャとパフォーマンスの観点から計算アルゴリズムとプログラミング技法への理解を深める」目的で取り上げた題材に、並列化による高速計算とその演習、多倍長計算による丸め誤差の問題の解決、キャッシュヒット率の向上による計算の高速化、とりわけ、高速な行列演算のための BLAS (Basic Linear Algebra Subprograms) の開発者後藤和茂氏 (テキサス大学) による機能・最適手法の解説等がある。平成 19 年 3 月に実施した、新しいアーキテクチャ Cell のプログラミングセミナー (写真 1.) は学外からの問合せが相次ぐなど大好評であった。計算機アーキテクチャから計算数学の可能性が広がりつつある印象である。



写真 1. Cell プログラミングセミナー

平成 19 年 9 月に開催された MATLAB 講習会は、既に多くの研究室でよく使われ、京都大学がライセンス契約をしているソフトウェア MATLAB について、初学者からエキスパートまでが参加可能とした試みであった。シミュレーション科学において汎用ソフトウェアに頼り過ぎるのは問題かもしれないが、優れたシミュレーションソフトウェアのユーザを増やすことで、シミュレーション分野の裾野を広げる効果はあると考える。

#### 目的 B) 「シミュレーション科学セミナー」：

「シミュレーションによる問題解決について共通理解に達する」ための試みとしては、連立代数方程式の数式処理、モンテカルロタイプの離散事象シミュレーション、エージェントシミュレーション、高速多重極法の工学応用等の講義がある。ここでは海外からのアドバイザーについて簡単に紹介する。



写真 2. R.Varga 教授

数値線形代数のあゆみについての御所 R. Varga 教授 (ケント州立大学、オハイオ、写真 2.) の講義では、自身が開拓した不完全コレスキー分解による連立一次方程式の反復解法や、行列固有値の存在範囲の見積もりに関する最近の結果について、78 歳という年齢にもかかわらず参加者に熱く語りかけ、深い感銘を与えた。

また、数値線形代数のデータマイニングへの応用について Moody Chu 教授 (ノースカロライナ大学、写真 3.) が確信に満ちた語り口で講義をした。Chu 教授は米国工業応用数学会 (SIAM) を舞台に活躍する著名な研究者でありながら、Best Teacher Awards を何度も受賞しており、教育に対する真摯な姿勢でも教員にも大いに刺激を与えた。



写真 3. M.Chu 教授

この他にも、精度保証数値計算についての S.M. Rump 教授 (ハンブルグ工科大学)、有限要素法の大家 C. Carstensen 教授 (フンボルト大学) の講義も、学生向けとはいえ、研究の最前線までをわかりやすく解説し、少し分野が離れた研究者にも大いに参考になるものであった。

これまで他専攻で行われている研究を、学会・研究会ではなく、学内で聴講することは、ほとんどありえないことであったが、「シミュレーション科学セミナー」の事例研究報告を通じてそのような機会を定期的にもつことができた。しかも、セミナーは主に修士課程 1 年次生を対象としたものだけに、要点を押さえながら、かつ、細

部にこだわらず、よく準備された講義が多かった。教員であっても、専門を少し離れたところの知識や経験はなかなか持てないものである。普段は研究室という閉じた世界で力を蓄えているが、事例研究報告の結果、他専攻、他研究室で行っているシミュレーションについて教員相互の理解が深まったのは、本教育プログラムにとっては望外のことであった。

ヒアリングの際に用いたプレゼン資料(図 1.2.)からもわかるように、「シミュレーション科学」は一つの研究科に閉じているものではない。「モデリング、アルゴリズム、計算機アーキテクチャの機能的統合」とともに、大規模計算を必要とする様々な分野への適用・進出もまた視野に入れている。このため、平成 19 年度後期は、他部局・他大学・他機関との連携をさらに進めるため、金融工学、生命科学・医療、地球流体力学・気象学などにおけるシミュレーションの専門家をアドバイザーとして次々と招いてセミナーを開催した。これらの分野においてどのようなシミュレーションが実際に行われているかだけでなく、情報系の出身者がどのような役割を期待されているかについても触れてもらった。この他、研究員と博士課程 RA の企画によるセミナーのシリーズも設けた。これらの記録は本教育プログラムのウェブページで直ちに公開され、報告書冊子にもまとめられている。

#### 目的 C) , D) スパコン演習と博士後期課程学生の参加 :

C) 「スーパーコンピュータを教員・学生にとって身近な数値実験の手段とする」についてはスパコン演習(写真 4.)の開始早々に課題が見つかった。ハイパフォーマンス・コンピューティングの分野において長らく標準言語である FORTRAN は今や学部のプログラミング演習では扱われていないため、研究室とスパコンとを近づけるためのエクストラの工夫が必要であった。平成 18 年後期にこれに気付き、C++によるスパコン演習に切り替えるべきか本プログラムの若手教員と博士後期課程 RA で検討したが、結論は、並列計算やキャッシュヒット率等に関する教育的見地やライブラリの充実度から、あえて FORTRAN を使おうというものであった。これは目的 D) 「若手教員と博士後期課程学生 RA の運営参加を通じてリーダーシップを養成する」にかなったものである。直ちに、各研究室に数冊の各種 FORTRAN テキストが配布され、解説プリントがウェブページに用意された。平成 19 年前期、正規のカリキュラムの中で単位科目化された「シミュレーション科学」では、スパコン演

習の導入部でこの解説プリントを用いた FORTRAN 入門が行われた。さらに、効果的なスパコン演習を助けるものとして、若手教員と RA だけでなく、数名の TA も雇用することにした。

平成 19 年前期の「シミュレーション科学」には、研究科内部だけで 75 名、他研究科からも履修登録者があり、急きよ、スパコン演習を 3 か所に分けて実施することにしたが、十分な数の TA, RA が確保できていたため、なんとかこれを乗り切ることができた。TA, RA は、教えることで自らの理解を深め、リーダーシップを身につけていくという効果もみられた。また、前期に「シミュレーション科学」のスパコン演習を受講した学生のスパコンの使用契約を後期も継続し、そのままスパコンのアカウントを与えることで、研究室に居ながら自らの研究でスパコンを使うことを可能とした。



写真 4. スーパーコンピュータ演習

#### その他の実施状況

その他の活動としては、学生の自立した研究活動を支援するため、シミュレーション分野における英文論文のネイティブスピーカーによる校閲を支援した。また、学生と若手教員のシミュレーション分野での学会発表を、国内、国外出張を問わずサポートした。教育プログラム運営委員長、副委員長(2名)宛にサポート申請すれば、委員長・副委員長で協議の上、数日のうちに採否が回答され、学会発表がサポートされる。後日、報告書の提出を求めるという方式である。このような中、システム科学専攻 M2 の出宮健彦君が、カナダで開催された 2007 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing で行った講演で、

Golden Paper Awards の3論文のうちの1つに選ばれるという栄誉を得ている。

**教育プログラムの成果**

本教育プログラムでは、授業科目「シミュレーション科学」で学んだシミュレーションの理論と技術を研究室に持ち帰り、学位論文の準備などにおいて、各自の研究の進展に生かすことをねらった。以下では「シミュレーション科学」授業評価などを記載する。

**成果1. 学生の授業参加：**

まず、平成19年4月に開講した「シミュレーション科学」の参加登録数とスパコン演習や事例研究に関する6回のレポート提出を経て単位取得した学生数をまとめる。平成19年4月に情報学研究所に入学した193名のうち75名がこの科目を専門科目として授業登録した。登録率は38.9%で、他の専門科目が最大でも20%程度であることと比べて著しく高い。とりわけ、登録率の高い数理工学専攻、システム科学専攻、複雑系科学専攻とその他の専攻に分けた登録学生数と単位取得学生数は図3の通りである。単位取得者は67名(89%)である。不慣れなFORTRANによるスパコンの並列計算という高度な内容の演習にも関わらず、最後までレポート課題に食いついてきた学生の割合は予想外に高いものであった。なお、このグラフには現れないが、工学研究科、理学研究科からの受講生もいた。

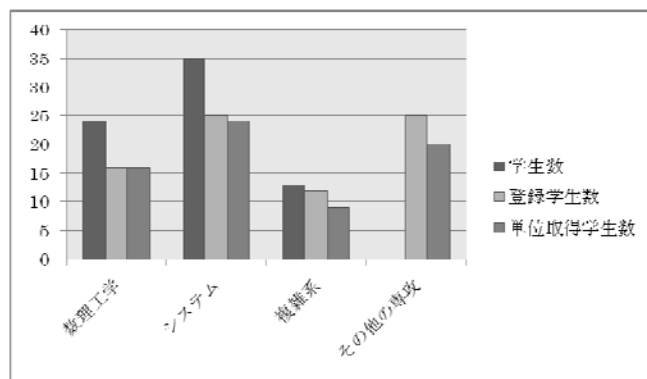


図3. 平成19年度「シミュレーション科学」登録学生数と単位取得学生数

**成果2. 学生の満足度：**

平成19年7月18日の最終回の「シミュレーション科学」で実施した受講生による授業評価の結果は図4の通りである。8つの調査項目の中で、「あてはまる」と「ややあてはまる」を合計した学生の満足度はどの項目とも60%から90%を記録しているが、とりわけ、

[8] 総合的に意味のある授業だった

[1] 授業に参加しているという感覚がもてたが90%に近く、

[5] 授業にワクワクする感覚をもった

[7] 関連分野に興味や関心が深まったが80%でそれに次いでいる。スパコン演習を体験した充実感や様々な分野のシミュレーション事例研究に興味をもった様子がうかがえた。一方、

[3]自分の専攻する領域にとって重要な内容

[4]自分の将来の進路に役立つと思ったでは、満足度は60%前後に止まった。

2007年度シミュレーション科学 講義について  
(2007.07.18実施アンケートより)

□あてはまる □ややあてはまる □あまりあてはまらない ■あてはまらない

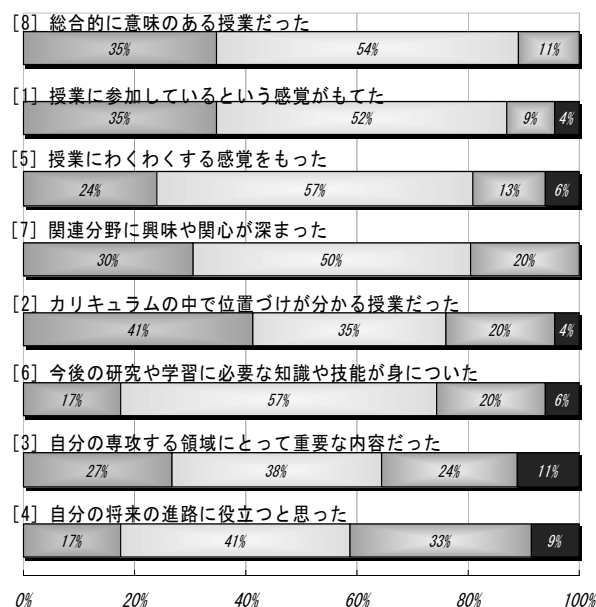


図4. 平成19年度「シミュレーション科学」授業評価

近年、情報学・計算機科学において計算機ハードウェアやプログラミングに対する学生のイメージは悪化している。既に計算機ネットワークが社会基盤となってしまったことによるフロンティア感覚の喪失、ITビジネスの負のイメージ、物理学離れに代表される実世界への理解や興味の低下、発展途上国におけるプログラマーの大量生産などイメージ悪化には様々な要因が関係していると考えられる。授業科目「シミュレーション科学」を通じて広くシミュレーション科学という分野には興味をもったけれども、プログラミングを必ずしも自分の職業にしたいわけではない、という学生の本音がみえる授業評価結果で

あった。

しかし、授業にわくわくする感覚や関連分野への興味や関心を 80%の学生がもてたということは、シミュレーション科学のもつ可能性を実感できたということでもある。その可能性の実現のためには必要なプログラミングを厭わないこと、そして、ベースとなる数学、物理学など基礎科学の重要性を再認識することなどを「シミュレーション科学」を通じて学ぶことで、本教育プログラムは情報学研究科における教育改革や人材育成機能の強化に直結した重要な役割を果たしうると考えられる。

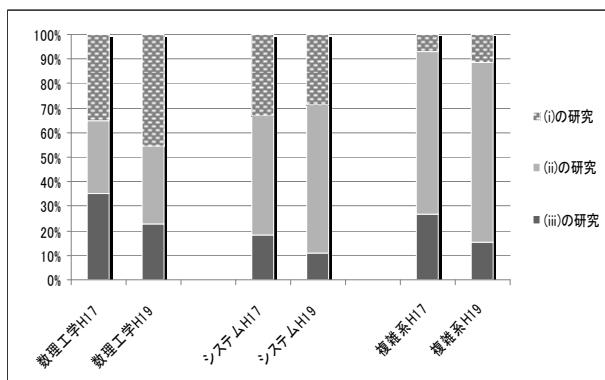


図5. 平成17年度と19年度修士論文における「シミュレーション科学」の変遷

### 成果3. 修士論文の質的変化：

本教育プログラムの実施が研究室における研究の進め方をどれくらい変えたかを検証するため、「シミュレーション科学」に関連した修士論文の割合が、プログラム実施の1年半でどれくらい変化したかを数え上げてみた。具体的には、

- (i) シミュレーション・数値計算の手法そのものを研究テーマとする修士論文の割合
- (ii) シミュレーション・数値実験を利用した推論を行っている修士論文の割合
- (iii) シミュレーション・数値実験を行っていない修士論文の割合

を問題とし、プログラム開始前の平成17年度修士論文（平成18年2月提出）にみられる割合が、平成18年後期の「シミュレーション科学セミナー」に参加した修士課程1年次生が、1年後の平成20年2月に提出した平成19年度修士論文では、どのように変化したのかをみた。調査対象は、「シミュレーション科学セミナー」に比較的多くの学生が参加した数理工学専攻、システム科学専攻、複雑系科学専攻の3専攻である。結果は図5.の

通りである。

3専攻に共通するのは、(ii)シミュレーション・数値実験を利用する修士論文の割合の増加と、(iii)シミュレーション・数値実験を行っていない修士論文の割合の減少である。平成18年度入学生の在学期間の大半が本プログラムの実施期間と重なっている。本プログラムの1年半の間に、シミュレーションによる問題解決の方法が、京都大学情報学研究科の修士課程学生の間広がったことがわかる。

### 成果4. 専攻の目的の明確化：

平成19年12月に刊行した情報学研究科平成19年度「自己点検・評価報告書」では、数理工学専攻の目的が大幅に改定され

数理工学は、人々がより良質な情報を求める知識社会が到来する中、健全な知識社会を維持発展させることを目的として、知識の解析と知識を扱う数理的方法論のデザインのための数理モデリング、最適化、制御、それらの基礎となるシミュレーション手法とアルゴリズム開発などの研究を行う。

と記されている。本教育プログラムが実施したシミュレーション科学は、数理工学専攻の目的の中核に位置づけられている。前出の平成12年度の「自己点検・評価報告書」において、どのようにして数理工学専攻が「情報化社会の基盤を支える」かの記述はなかった。本教育プログラムの実施を経て、教員間の理解が深まり、平成10年の情報学研究科の創設以来の課題であった数理工学専攻の教育研究における目的の明確化が実現した。

#### (2) 社会への情報提供

専用のサーバを立ち上げて本教育プログラムのウェブページを開設し、「シミュレーション科学セミナー」と「シミュレーション科学」で用いた全ての講義資料アーカイブを公開した。特に、スパコン演習の前に行った「並列計算とそのプログラミング」など3回の講義については、スライドと音声と映像が一体となったビデオを制作し、学生の自習や復習を助けるとともに、シミュレーション関係者に役立つ資料としてウェブページにおいて公開した。

また、活動全体をまとめた資料集を常時備え、以下の機会において関係者に配布した。

1. 「大学教育改革プログラム合同フォーラム」、パシフィコ横浜（平成18年11月13日）

2. 国際高等研究所フォーラム「多階層連結シミュレーション」(平成19年6月22日-23日, 10月12-13日)
3. 兵庫県立大学大学院新研究科基本構想策定委員会、兵庫県庁(平成19年10月、平成20年1月、3月)
4. 大阪大学工学研究科FDシンポジウム(平成19年12月4日)

さらに、本教育プログラムの活動状況について以下の著作物が公開された。このうち6.については情報学研究科ウェブページで、8.については「シミュレーション科学」のウェブページにおいて、それぞれ、pdfファイルが一般に公開されている。

5. 京都大学学術情報メディアセンター全国共同利用版広報, Vol. 6, No. 2(2007), 49-52, 「シミュレーション科学人材育成の試み」
6. 京都大学情報学研究科広報, No. 9(2007), 28-29.
7. 京都大学情報学研究科広報, No. 10(2008), 印刷中
8. 「魅力ある大学院教育」イニシアティブ、シミュレーション科学を支える高度人材育成プログラム報告書(平成20年3月31日) pp.1-87.

#### 4. 将来展望と課題

##### (1) 今後の課題と改善のための方策

平成19年6月13日の授業科目「シミュレーション科学」のスパコン演習の最終回に実施したアンケート調査の結果の一部を紹介する。まず、それまでの6週のスーパーコンピュータにおける並列計算の基礎や計算の高速化、誤差と精度に関する基礎的な授業や3週にわたるスパコン演習を通じて、シミュレーション科学と自分との距離がどうなったかについては、円グラフのように80%が縮まった、または、大きく縮まったと回答している。

シミュレーション科学と自分自身の距離

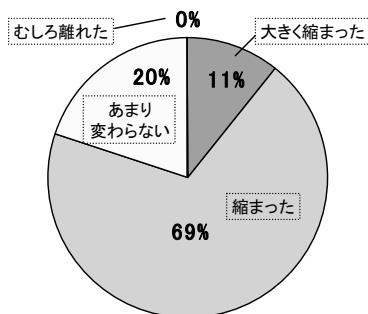


図6. シミュレーション科学と自分との距離

しかし、履修開始時に習得していたコンピュータ言語と履修後に更に習得したいと考える言語については、次

の折れ線グラフの結果となった。上側の線は習得したいと回答した学生数の総和を表す。プログラミング言語全

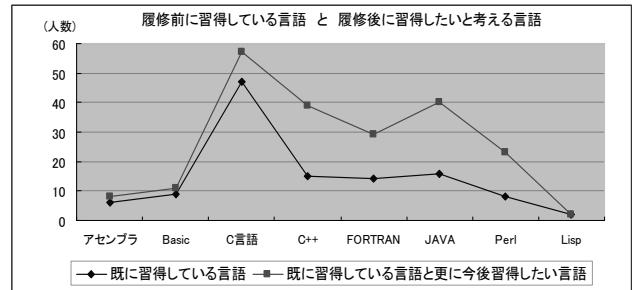


図7. 習得したい計算機言語

体への関心が高まっていることがうかがえるが、回答した学生55名のうち、スパコン演習で使ったFORTRANを更に習得したい学生は15名で、情報科学一般で必要とされることが多いC++やJAVAの24名には及ばず、学部情報学科の計算機演習でFORTRANが扱われていないというハンディを解消できていない。これ自体は、C++でスーパーコンピュータを走らせれば済むため、さして問題ではないが、充実したライブラリの存在からFORTRANの必要性は明らかである。新しいプログラミング言語が必要となったときに、必ずしも多くの学生がそれにチャレンジしようとしなことが浮き彫りになった。成果2.の授業評価で、設問「[4]自分の将来の進路に役立つと思った」では満足度が60%前後に止まったことと合わせると、授業科目「シミュレーション科学」を通じて広くシミュレーション科学という分野は身近なものになったけれども、慣れない言語でのプログラミングが必要とされる分野を進んで自分の職業にしたいくはない、という学生がまだ少なくないことがわかる。

シミュレーション科学を自らの研究に生かしたいという大学院生が少しでも増え、これまで汎用ソフトウェアを使って計算機実験を行ってきた研究室においてもスーパーコンピュータが気軽に使われる雰囲気醸成したい、という本教育プログラムの目標はほぼ達成された。後述するように、一歩進んで、シミュレーション科学の教育を継続していくためのカリキュラム等教育システムの構築にも成功した。

その先には、シミュレーション科学の振興によって「我が国の今後20年間にわたる持続的な発展を支える」という大きな目標がある。この実現のためには、本教育プログラム終了後も、授業担当者の変わらぬ熱意と情報学研究科の予算面での支援のもとでスパコン演習を含む授業

科目「シミュレーション科学」を継続し、さらに発展させ、学生にシミュレーション科学の面白さと有用性を日常的に伝えていくことが不可欠と考えられる。

工学研究科や理学研究科からの学生の自主的な参加や学外アドバイザーの大きな貢献にみられるように「シミュレーション科学」は一研究科、一大学に止まる教育プログラムではありえない。従って、本教育プログラムの実施で獲得したノウハウを他研究科、他大学と共有し、より多面的な展開を行うことこそ、「我が国の今後20年間にわたる持続的な発展を支える」具体的な方策であると考えられる。これが本教育プログラムの将来展望である。

この方向では、世界最高速を目指す次世代スーパーコンピュータの神戸ポートアイランドにおける建設に呼応して関係大学間で始まっているスパコン教育を柱とする人材育成計画において、本プログラムの成果を積極的に利用することが想定される。また、平成20年において、京都大学を含む3大学のT2Kと呼ばれる方式でのスパコンのリプレイスが行われる。これは「シミュレーション科学」の全学的な展開の好機である。

このような地の利、時の利を生かすことが、終了後もなお本教育プログラムが果たすべき課題であろう。

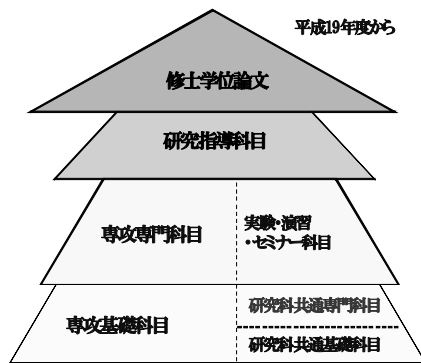


図8. 情報学研究科カリキュラムの変化

(2) 平成20年度以降の実施計画

本報告書の冒頭で述べたように、従来、修士課程における研究科横断的な授業科目としては、研究科共通基礎科目の「情報学展望1,2,3」のみであった。本教育プログラムの実施を契機として、平成18年度情報学研究科教務委員会において「研究科共通専門科目」という新たな科目カテゴリーを設定し、平成19年前期には単位科目の「シミュレーション科学」を開講した。この結果、平成20年度以降の継続的なシミュレーション人材育成の基礎が築かれた。「研究科共通専門科目」が加わった修士

課程のカリキュラムの階層構造の変化は図8.の通りである。

続いて、平成19年度の研究科企画・評価委員会において、本プログラム終了後の授業科目「シミュレーション科学」について協議され、情報学研究科間接経費から必要額を毎年支援していくことが決まった。研究科から支援の決まった項目は、京都大学学術情報メディアセンターのスーパーコンピュータの年間大口契約料(200万円)、および、学外アドバイザーの旅費と謝金、さらには、10名のTAの人件費(100万円)である。この結果、本プログラム実施期間とほぼ同じ規模で授業科目「シミュレーション科学」が実施され、授業終了後も受講生は各自の研究室にてスーパーコンピュータを無料で利用できる研究環境が維持されることになった。

現在開講中の平成20年度の「シミュレーション科学」シラバスを表1.に掲載する。

表1. 平成20年度「シミュレーション科学」シラバス

シミュレーション科学 / Simulation Science		
【配当学期】	前期(水曜5時間目, 総合校舎213講義室・総合校舎計算室他)	
【担当者】	中村佳正 金澤正憲 船越清明 木村欣司他	
【内容】	計算アルゴリズムによる高精度計算と高速計算, 計算機アーキテクチャに基づく高速計算についての理解のもとで, 大規模な科学技術計算を行うための基本的な理論, 技法, 応用例を教授する。さらに, 担当教員, 補助教員, TAIによる個別指導を取り入れた「スーパーコンピュータ演習」を実施し, 受講生に「シミュレーション科学」についての十分な理解と基礎を修得させることを目的とする。なお, 授業終了後も受講生やTA諸君には, 各自の研究室からスパコンが利用できるよう配慮する。 具体的な授業計画としては以下を予定している。 1) 数値計算における精度と誤差についての講義 2) 数値計算の高速化についての講義 3) 並列計算とそのFORTRANプログラミングの基礎の講義 4) スーパーコンピュータ(京都大学学術情報メディアセンタ)による並列計算演習 5) 流体力学, 最適化, 経済時系列分析等におけるシミュレーション事例研究の講義	
【授業計画】		
項目	回数	内容説明
数値計算	4	計算における精度: 四則演算(中村佳) 多倍長計算(藤原) 計算の高速化: BLAS(木村) 高速多重極法(西村)
計算科学	4	スパコンによる数式処理(木村) スパコンによる並列計算の基礎(金澤, 岩下他)
スーパーコンピュータ演習	4	スパコンによる並列計算演習(金澤・岩下・木村・高橋康)
シミュレーション事例研究	2	最適化シミュレーション(永持) 流体力学シミュレーション(船越)
【参考書】	FORTRANの各種マニュアルについては平成19年度に各研究室に配布済み。 平成19年度の授業記録は「魅力ある大学院教育」イニシアティブ「シミュレーション科学を支える高度人材育成」のウェブページ <a href="http://www-is.amp.i.kyoto-u.ac.jp/initiative/">http://www-is.amp.i.kyoto-u.ac.jp/initiative/</a> にあります。	
【成績評価の基準】	講義内容についての理解やスパコンによる並列計算の技能が獲得されたことを, 提出されたレポートによって評価します。	

なお、本教育プログラムの、それぞれ、全学展開と大学院間展開を目的とした2件の平成21年度特別教育研究経費(概算要求)が、現在、文部科学省ヒアリング中である。平成21年度以降、本プログラムが創始した「シミュレーション科学を支える高度人材育成」はより大きな発展を遂げていくものと期待される。



## 「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〕

シミュレーションを科学し、シミュレーションで科学する人材の育成を目的とし、アルゴリズムやモデリングに関する研究を横断したシミュレーション科学に関する大学院教育の枠組を整備し、「シミュレーション科学セミナー」と授業科目「シミュレーション科学」の毎週開講など計画が着実に実施され、学生の満足度も高く、大学院教育の実質化に貢献している。また、シミュレーション科学に関連した修士論文が増えるなど、学生の参加数、満足度、修士論文への影響等が具体的に分析され、大きな成果が確認されており、波及効果が期待できる。

情報提供については、教育プログラムの展開経過、大学院生の研究成果などが、ホームページ、刊行物、シンポジウムなどを通じて、積極的に行われている。

本取組の結果、専攻の目的の明確化が実現し、シミュレーション科学が中核に位置付けられるなど、今後の自主的・恒常的な展開により、更なる成果が期待される。

## （優れた点）

- ・計画を着実に実施し、大きな成果をあげた結果、「シミュレーション科学」を専攻の目的の中核に位置付け、当該専攻の目的の明確化に貢献したことは、高く評価できる。

## （改善を要する点）

- ・FORTRANの使用が学生に十分に受け入れられるに至らなかった点に対する対策が望まれる。