

組織的な大学院教育改革推進プログラム 平成19年度採択プログラム 事業結果報告書

教育プログラムの名称 : 複合システムデザインのためのX型人材育成
 機関名 : 大阪大学
 主たる研究科・専攻等 : 工学研究科 機械工学専攻
 取組代表者名 : 田中 敏嗣
 キーワード : 熱工学、流体工学、設計工学、知能機械学、計算力学

1. 専攻の概要・目的

1. 機械工学専攻の組織

機械工学専攻の組織は、力学を基盤として複合・連成問題への展開を担当する**複合メカニクス講座**、ナノテクノロジーやバイオテクノロジーに関連した展開を担当する**マイクロ機械科学講座**、制御とその関連分野を担当する**知能機械学講座**、さらに、統合デザイン力におけるシンセシスについての教育研究を展開する**統合デザイン工学講座**の4基幹講座と接合科学研究所の2協力講座から構成されており、基幹講座の教授総数は19名である。この4基幹講座制は、大学院カリキュラムにおいて、機械工学の広範な内容を系統的に取り上げるための基盤であり、シンセシスからアナリシス、マクロからマイクロに至る多様な局面やスケールのもとでの複合システムのデザインについての教育研究を連携して総合的に展開する体制である。中でも、領域横断的な現象解析を標榜する複合メカニクス講座はマルチフィジクス解析力に係わる教育を展開するための起点でもある。

なお、機械工学専攻の学生定員は、学年当たり、博士前期課程が55名（平成23年度以降は適正規模の見直しにより80名とすることが決定済）、博士後期課程が21名となっており、平成21年度における在籍者数は、博士前期課程が187名、博士後期課程が49名となっている。教員数については、平成21年5月の時点では、教授が専任18名；兼任3名；招へい1名、准教授が専任15名；兼任1名；特任1名、講師が兼任1名；特任2名、助教が専任14名；兼任3名；特任1名；招へい2名、合計で専任47名；兼任8名；特任4名；招へい3名となっている。

2. 人材育成における目的

大阪大学は、その教育目標として「**教養**」「**デザイン力**」「**国際性**」を掲げ、社会に開かれた教養のもとでの判断力を養い、モノ・人・社会のありかたを構想する柔軟な構想力を培い、異文化の人たちとの交流のなかで活躍できる人材を育成することを目指している。そのもとで、平成16年度から21年度までの中期目標における大学院教育に関する項目において、教育の成果に関する目標を「**柔軟な発想と論理的思考に基づいて課題を探求し展開する能力を磨くとともに、高度で豊かな知識、応用力、国際性、複合型学際的視野を兼ね備えた研究者・指導者、高度専門職業人を養成する**」と定め、また、教育内容等に関する目標において、**授業科目を系統的に配置したカリキュラム編成を行うこと、学生の多様性に配慮した複数の履修方法を提示すること、学問的専門能力と社会的応用力の涵養を図ることを具体的な事項として掲げている。**

機械工学専攻では、上記の教育目標のもとで、総合工学である機械工学の立場から、**人類に貢献するモノづくりを通じて豊かな未来の発展に貢献することを使命とし、それに応えることのできる創造性豊かなリーダーとなる工学研究者・技術者の育成を目指しており、シンセシス(総合)系からアナリシス(解析)系に至る多様な履修モデルを通じて、知識基盤社会のもとで新たな創造性を発揮し、我が国の製造業を価値創出型の新しいかたちへと変革していく上で鍵となる働きを担う人材の育成を目指している。**

3. これまでの教育研究活動の状況

機械工学専攻では、上記の人材育成目的の実現に向けて、魅力ある大学院教育イニシアティブ(平成17年度～18年度)に採択された「**統合デザイン力教育プログラム**」および組織的な大学院教育改革推進プログラム(平成19年度～21年度)に採択された「**複合システムデザインのためのX型人材育成**」での取り組みを進めてきた。それらを通じて、博士前期課程では、**基礎的素養を培うための基盤科目群、専門的知識を習得するために分野ごとに科目類として編成された専門科目群、専門応用能力を涵養するための展開科目群から構成される体系的なカリキュラム**

を構築し、また、博士後期課程では、それらの上により高度な内容や実践的な内容を取り上げるコースワークを導入することによって、大学院教育の組織的な展開のための体制を整えた。シンセシス(総合)系からの構想力についての実践的な教育としては、「統合デザイン力教育プログラム」の取り組みにおいて、設計方法論の教示と産業界からの課題によるPBL(Project Based Learning)型演習を連係させた授業科目「プロダクトデザイン」とその関連科目を導入した。また、アナリシス(解析)系からの総合的な課題設定能力や問題解決能力についての実践的な教育としては、「複合システムデザインのためのX型人材育成」の取り組みにおいて、博士前期課程と後期課程に一連の新規実践型科目を導入することにより、その具体化を進めてきた。

II. 教育プログラムの概要と特色

1. 教育プログラムの背景と目的

今日の社会や生活は様々な機械や装置などの製品によって支えられており、それらは高度に発展した科学技術のもとで複雑に構成されて高い価値を生み出す一方で、成熟社会における多様なニーズや市場競争のグローバル化、環境問題をはじめとする制約の顕在化のもとにある。このため、製品の実現に向けた基礎研究から設計開発のあらゆる局面において、従来にはない横断的な視点のもとでの課題解決を総合的かつ迅速に行い、複合化したシステムを構成している各側面に対応する様々な知識を総合化しつつ優れたデザインをつくりだすことが求められている。そのような領域毎の部分最適を越えた複合的な全体システムに対する大域最適を実現するには、デザインの全体像を描き出すための構想力とその内容を具体化するための解析力が必要であり、加えて、各方面での知識をX字型に交差(decussate)させることができる新たな能力が不可欠となっている。

本プログラムでは、総合工学である機械工学を起点として、高度な価値を創出する複合システムのデザインを担うことができる創造的な研究者・技術者、すなわち多様なX型人材を育成するための教育システムを構築することを目的とする。その目的に向けて、構想力については既に深い専門に対する俯瞰的な課題設定能力を意図したT型人材・π型人材などの論点から様々な取り組みがなされ、定着も進みつつあることを踏まえ、本教育プログラムでは、「複合システムにおける領域間の相互作用とトレードオフに着目し、深い専門を相互に交差させながら、総合的な課題設定や課題解決を行う能力」を涵養する授業科目の整備に重点を置いた教育プログラムの構築を行う。それに向けて、様々な物理現象が複雑に連成している問題(マルチフィジックス問題)の本質を的確にモデリングし解析する能力、連成に伴う相互の影響を掌握できる能力を開発するために、マルチフィジックス問題解析力の高度化に着目した一群をなす実践的教育科目を新たに整備し、それらと連係させて専門教育科目や研究指導プロセスの充実を行う。

2. コースワークにおける取り組みの概要と特色

図1に本教育プログラムの全体像の概略図を示す。上記の人材育成目的を達成するために本教育プログラムで実施する取り組みは、大学院における教育カリキュラムの体系化と新規に導入するコースワークの整備からなるコースワークにおける取り組みと、提案型研究プロジェクト支援やFD活動などのコースワーク以外の取り組みからなる。まず、ここではコースワークにおける取り組みについて述べる。

大学院の各課程でのコースワークによる教育は、それぞれ、以下のように行う。

【博士前期課程】カリキュラムは、以下の基盤科目・専門科目・展開科目、国際性と境界領域を含む幅広い知識を修得させる選択科目から、系統的に構成する(図2)。

基盤科目は、大学院での高度な専門的知識の修得に向けた基礎的素養を涵養することを目的に、アナリシス系2科目、シンセシス系1科目、共通系4科目の3分類・7科目(12単位)を設けて、4科目以上を履修させる。

専門科目は、幅広く深い専門的知識を修得するための科目群であり、**専門分野別に8科目類**に編成し、その中から2つの科目類を選択して重点的な履修を行わせる。各科目類は5-7個の講義科目(各2単位)からなる。科目類は各分野での一定の内容を一定の広がりをもって系統立てて履修させるための制度であり、各学生には、修士論文のための研究に関連する分野、さらに、それ以外の分野についても系統的な履修を行わせる。この複数の科目類についての重点的な履修のしくみにより、X型に交差させる複数の高度な専門的知識を修得させる。

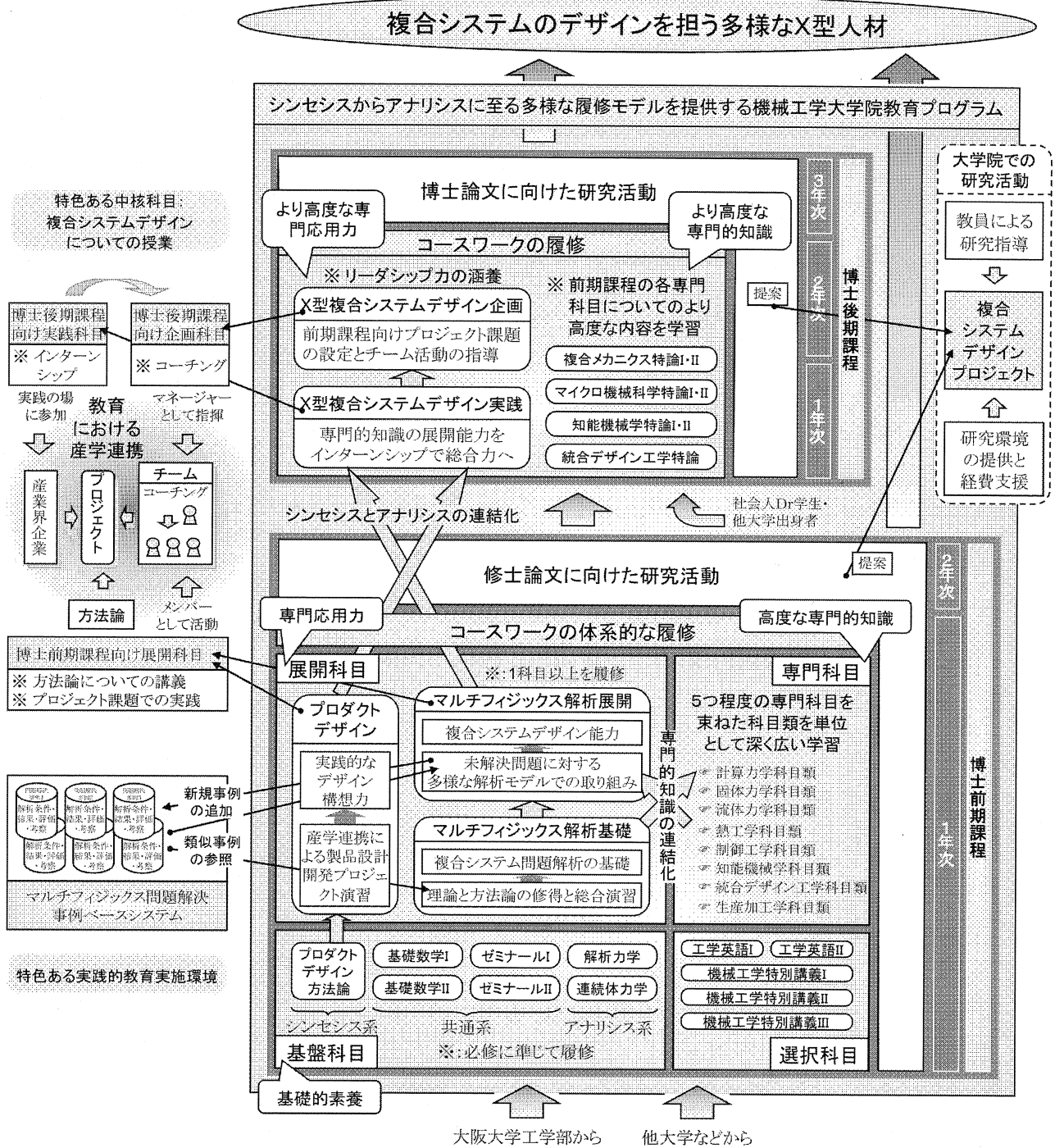


図1 履修プロセスの概念図

展開科目では、専門的知識の**専門応用能力**を実践的に養成する科目であり、**アナリシス系**および**シンセシス系**の2分類・3科目(8単位)を設け、1科目以上を履修させる。各科目は方法論の講義と少人数チームでの演習あるいは**PBL型プロジェクト演習**とから構成する。

アナリシス系の「**マルチフィジックス解析基礎** (以下、MP解析基礎)」(1年次、1学期、2単位)では、マルチフィジックス問題の**モデリング力**と**基礎的解析力**の育成に重点を置き、それらについての基礎の講義、典型的課題による総合演習を行う。「**マルチフィジックス解析展開**(以下、MP解析展開)」(1年次、2学期、2単位)では、「MP解析基礎」で修得した知識のもとで、あらかじめ答えの用意されていない**マルチフィジックス問題**に対するプロジェクト演習を行う。両科目の演習では、同一課題に対する**チーム間での競争**や**報告会でのディベート**などを通じて、様々なアプローチの存在を認識させ、より最適なアプローチの探索を行わせる。また、目的に応じたソフトウェアやハードウェアを選択的に活用させたり、独自に構築する**問題解決事例データベースシステム**により類似事例を参照させたりすることを通じて、総合的で実践的な解析展開力を涵養する。また、これらの新設科目と専門科目との連係

により有機的な教育効果を導く。

一連の科目の導入にあわせて、上記のようなマルチフィジックスについての教育を円滑に実施できるシステム環境の整備、グループワークのための教育用コラボレーションシステムの導入などの教育環境の整備を行う。

シンセシス系の「**プロダクトデザイン**」(1年次、通年、4単位)では、基盤科目「**プロダクトデザイン方法論**」で教授される方法論をもとに、産業界から提供される製品設計開発課題についてのプロジェクト演習を行うことにより、デザインの構想力と総合力を涵養する。

【**博士後期課程**】前期課程の各科目で修得した能力を実践力にまで高めるために、「**複合システムデザイン実践**」(1年次、2単位)を設け、**インターシッ**形式で国内外の企業・研究機関での実践的課題に取り組ませることにより、総合力を養成する。

また、リーダーシップ力を涵養するために、「**複合システムデザイン企画**」(2年次、2単位)を設け、獲得済みの知識や能力、「**複合システムデザイン実践**」での経験のもと、博士前期課程の「**MP 解析展開**」および「**プロダクトデザイン**」でのプロジェクト課題の立案、チーム活動の指導を行わせて、**企画・管理・指導能力**を養成する。別途、より高度な専門的知識を修得させる。

3. 研究活動を通じた教育などの概要と特色

学位取得に向けた研究指導は、従来は研究室などの単位を基本として進められてきた。資金的な援助などを含めて、この枠組みのもとで、国内外の学会での発表が促されてきた。本取組に先立つ「**統合デザイン力教育プログラム**」の取り組みでは、これらの活動を発展させ、**提案型研究プロジェクト支援**、**研究活動の国際化の推進**など、専攻レベルでの研究を通じた人材育成の活動、TAの教育への積極的参加を促す活動など、学生の自発性を促進する活動などが行われ、成果を挙げてきた。本取組でも、これらの**研究指導プロセスを通じた人材育成**、**学生の主体的な自己研鑽を通じた人材育成**を継続して推進する。また、教育改善のためのFD活動も実施する。

III. 教育プログラムの実施結果

1. 教育プログラムの実施による大学院教育の改善・充実について

(1) 教育カリキュラムの体系化と実践型科目の新規導入による大学院教育の改善・充実

① **教育カリキュラムの体系化と実践型科目の導入**：本教育プログラムの中核をなす**新規実践型科目**(「**MP 解析基礎**」、「**MP 解析展開**」、「**複合システムデザイン実践**」、「**複合システムデザイン企画**」)と**教育カリキュラムの体系化の推進**(図2)は、平成20年度入学生からの教育課程表に正式に導入した。

② **新規実践型科目のための教育調査と科目設計**：「**MP 解析基礎**」および「**MP 解析展開**」の科目設計、教育システム構築などの調査のため、海外の教育・研究機関を中心とした**教育調査**を実施した。平成19年度は、「**MP 解析基礎**」および「**MP 解析展開**」で使用予定の**計算機ソフトウェア統合環境**である**MATLAB**(米国、Mathworks社製)および**COMSOL Multiphysics**(スウェーデン、COMSOL社製)を実際の授業で用いているスウェーデン王立工科大学(KTH)、英国のマンチェスター大学およびスウェーデンのCOMSOL社に当該授業担当予定教員3名を派遣し、その具体的な使用方法や授業内容などについて調査を行った。その結果、上記ソフトウェアを用いて当該科目について当初の目的どおりの授業カリキュラムの構成が可能であるとの結論を得た。本教育調査の結果を踏まえて以下の当該科目の授業設計を行った。なお、本調査結果は平成20年度第1回FDセミナーにおいて報告と議論が行われるとともに、他の当該授業担当教員を含めた専攻教員の間で情報共有を行った。

その後の教育調査として、以下の派遣を行った。

1) ドイツのカールスルーエ大学およびカイザースラウテルン工科大学、平成20年度、准教授1名、目的：

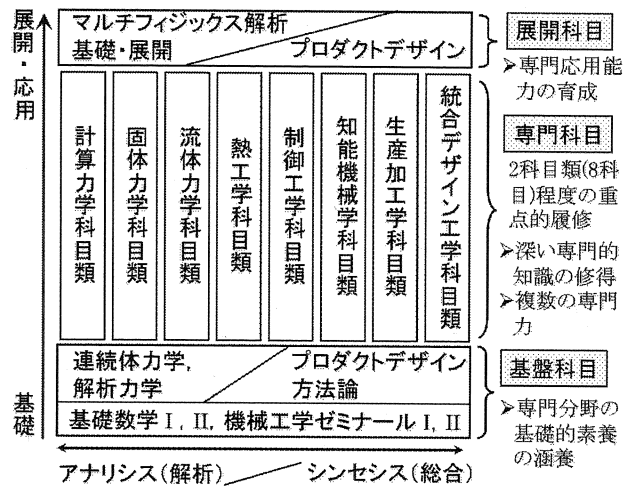


図2 博士前期課程のカリキュラム(選択科目を除く)

大学院実習型科目などを含めたカリキュラム、授業の進め方、成績評価方法、教材の種類、TA の活用などについての調査

- 2) インドネシアのバンドン工科大学および UAI (Universitas Al Azhar Indonesia)、平成 20 年度、教授 1 名・准教授 2 名、目的：本教育プログラムを通じた教育連携の可能性などについての調査
- 3) 韓国の昌原大学校、平成 20 年度、教授 1 名、目的：教育カリキュラムおよび研究指導プロセスに関する調査
- 4) 韓国のソウル大学および高麗大学、平成 21 年度、教授 1 名・准教授 1 名・特任准教授 1 名、目的：数値計算に関する教育活動やコースワークの関連性などに関するカリキュラム調査

③ 「MP 解析基礎」の科目開発と実施：「MP 解析基礎」(博士前期課程 1 年次、1 学期、2 単位)の授業は、平成 20 年度および平成 21 年度の 2 回の実施を行った。各年度の受講者数は、それぞれ 58 人、65 人である。授業の課題は、材料力学、流体力学、熱力学など様々な分野に及ぶため、9 人の教員が担当し、2 人の TA の補佐を得て実施した。

本授業では、上記の教育調査の結果も踏まえて MATLAB を採用して実施した。まず、平成 20 年度の実施を行い、その終了後に受講生へのアンケート調査を実施し、その結果と担当者による検討に基づいて種々の改善を加え、平成 21 年度の実施を行った。

平成 21 年度の実施スケジュールを

表 1 に示す。MATLAB の導入教育後、全体を大きく常微分方程式と偏微分方程式に分け、それぞれ前半に講義、後半に演習を行った。講義ではそれぞれの方程式によって振る舞いが記述される物理現象の代表的な例や、それらに適した数値解法や数値解析を実施する際の基礎的事項について講述した。演習においては、上記の講義で得た知識を基礎として、提示された課題に対して数値計算を行い、実践的な物理現象の数値計算の一連の流れを体験させた。演習では 1 グループを 3 ～ 4 名とするグループワーク形式を採用し、レポートの作成、プレゼンテーションの作成・実施を行わせた。

表 1 平成 21 年度「マルチフィジックス解析基礎」実施スケジュール

授業回数	分類	通常コース	アドバンストコース
1	オリエンテーション・MATLAB 導入	オリエンテーション・MATLAB 導入教育 1	
2		MATLAB 導入教育 2	
3	常微分方程式により表される物理	講義	
4		課題説明・演習 1	
5		演習 2	
6		演習 3	
7		演習 4・レポート作成	
8	偏微分方程式により表される物理	講義 1	方針説明・演習 1
9		講義 2	演習 2・中間プレゼン準備
10		課題説明・演習 1	中間プレゼン
11		演習 2	演習 3
12		演習 3	演習 4
13		演習 4・最終プレゼン準備	演習 5・最終プレゼン準備
14		最終プレゼン	

平成 21 年度の具体的な実施課題例を次に示す。

常微分方程式課題：コーヒーの冷却問題、座りこぎブランコの振動問題、パラシュート問題、バッタの増殖問題、摩擦のあるベルトコンベア上でのバネ質点系の運動問題

偏微分方程式課題 (通常コース)：音波の伝播問題、汚染物質の拡散問題、ぶら下がった鎖の振動問題、衝撃成波の物理に関する問題 (「計算流体力学」との連携課題)、キルヒホッフ板の変形問題 (「非線形構造力学」との連携課題)

偏微分方程式課題 (アドバンストコース)：電子線誘起超音波現象における非フーリエ熱伝導・熱弾性・圧電効果の連成解析

これらの演習課題では、そのモデリングの過程を物理的視点から詳しく説明することにより物理現象のモデリング力の育成を行った。また、数値解析を研究テーマとしている学生も一定数受講しているため、平成 21 年度から、常微分・偏微分方程式課題ともに、発展課題として物理モデリングの要素を含む課題を

与えた。さらに、偏微分方程式では、受講生自らが演習課題を提案し、設定できるアドバンスコースを設け、希望者が選択できるようにしたところ、1名が本コースを選択した。

さらに、平成 21 年度から、偏微分方程式課題の中に、専門科目「数値流体力学」、「非線形構造力学」との連携課題を設定し、当該専門科目との連携を行うことにより、専門的知識を学びながらその専門応用能力を育成し、同時に本授業によって専門科目に関する興味や理解を促進しながらさらに深い専門的知識を修得させる、という有機的ならびに相補的効果を引き出す仕組みを構築した。

授業終了後のアンケート調査結果によれば、受講生は授業内容に興味をもって取り組んでおり、多くが就職や進学後には役立つと評価している。平成 20 年度の実施で明らかになった学習時間が過大になる問題は、平成 21 年度にはグループワーク範囲を拡大することにより改善された。また、グループワークの効果については、回答の約 8 割が問題に関する理解を深める上での有効性を認めている。

以上のように、2 年間の実施と、評価改善の取り組みを通じて、当初に予定したマルチフィジックス問題の基礎としてのモデリング力と基礎的解析力育成を行い、さらに専門科目との連携を通じて有機的な教育効果を導く授業の構築に一定の成果を得ることができた。

④ 「MP 解析展開」の科目開発と実施: 「MP 解析展開」(博士前期課程 1 年次、2 学期、2 単位)では、まず、平成 19 年度に、旧カリキュラム下で 20 名の受講者を得て、試行的な実施を行った。ここでは、MP 解析展開のために用いる汎用計算機ソフトウェアとして短時間の導入教育でマルチフィジックス問題の取扱が可能な COMSOL Multiphysics を採用・導入し、授業コンテンツの開発・構築と、本格実施に向けた問題の抽出を行った。さらに、COMSOL Multiphysics のソルバーで採用されている有限要素法の導入教育、COMSOL Multiphysics 導入教育、基礎演習、グループワークによるプロジェクト課題への取り組み、最終報告会から構成される基本的な授業の枠組みを構築した。さらに、平成 19 年度には、機械工学専攻大学院演習室内に、グループディスカッションを通じたグループワークを円滑に実施できる計算機利用環境を整備し、平成 20 年度以後の「MP 解析展開」の授業で用いた。さらに、グループワークのためのコラボレーションシステム、および本授業での各チームによる取り組みを登録し、授業で参照する問題解決事例ベースシステムの導入・整備を行った。

以上による試行の実施、計算機ソフトウェアおよびハードウェアの整備、大学院演習室の授業実施環境整備を受けて、平成 20 年度と平成 21 年度に正式実施を行った。平成 19 年度の試行実施後の担当教員団の議論により、プロジェクト演習に取り組む時間が不足していることが明らかとなり、平成 20 年度の実施では、基礎演習を廃止し、プロジェクト演習の時間を拡大した。また、問題解決事例ベースシステムには、平成 20 年度からの各チームの取り組み事例の登録を行い、インターネットで公開するとともに (<https://mech-db.mech.eng.osaka-u.ac.jp/>)、授業での活用を行った。以下では、支援期間における最終年度である平成 21 年度の実施内容と結果について報告する。

平成 21 年度の実施スケジュールを表 2 に示す。平成 20 年度の正式実施を経て、プロジェクト演習の時間のさらなる拡大、教員によるグループワークを行う各チームの進行状況の把握と密接な指導が必要、との認識を得

表 2 平成 21 年度 MP 解析展開実施スケジュール

実施内容	回数	提出物
【講義】 ガイダンス(授業目的、マルチフィジックス問題)	0.2	
【講義】 有限要素法の基礎	0.8	レポート
【演習】 ソフトウェア導入教育	1	
【プロジェクト演習】 マルチフィジックスモデリングと解析方法の検討	2.5	
【中間報告会 A】	0.5	
【プロジェクト演習】 マルチフィジックス問題の数値解析による検討	4	
【中間報告会 B】	1	
【プロジェクト演習】 マルチフィジックス問題の数値解析による検討	3	
【最終成果報告会】	1	レポート、プレゼン資料

た。これを受けて、有限要素法の講義時間の削減と自学習の強化への移行、平成20年度に実施した1回の中間報告会を平成21年度は2回とするなど、支援期間中においてアンケート調査と担当教員団による議論に基づく継続的な改善を行った。

平成21年度は19名の受講者を得、これを1チーム当たり3〜4名からなるチームに編成し、プロジェクト演習の課題として次に示す3つの課題を与え、このうち1つの課題に取り組ませた。

[課題1] 熱ほふく流の数値解析(「非線形非平衡流体力学」との連携課題):1チーム

[課題2] マイクロアクチュエータの高性能化:2チーム

[課題3] μ TASにおける混合促進:3チーム

上記では各課題の右端にその課題に取り組んだチーム数を示している。このように、1つの課題に複数のチームが取り組むことで、競争的な状況が生まれ、プレゼンテーションを通じて、同じ課題に対して視点の異なるモデリングやアプローチが存在することを認識させることができるという教育効果を与えた。なお、この効果は各年度の授業終了後のアンケート調査結果でも確認している。

いずれの課題も、問題設定、物理モデリングの段階から大きな自由度を有し、複数の物理が連成するマルチフィジクス問題となっている。熱ほふく流の数値解析課題は、講義科目「非線形非平衡流体力学」との連携課題であり、「MP 解析基礎」の項で述べたのと同様に専門科目との連携による有機的ならびに相補的效果を得るため、平成21年度から導入した。

中間報告会Aではマルチフィジクスモデリングと解析方針の検討結果を、中間報告会B(図3)では、その後の検討内容ならびに数値解析結果を報告させた。

中間報告会Bおよび最終成果報告会では、全教員ならびにTAは、各チームに対して質問・指導意見のコメント用紙への記入を行い、各報告会終了時に即座にコメント用紙を各チームへ手渡すことにより、意見の迅速なフィードバックを行った。また、最終成果報告会では発表に対する評価を行い、最優秀のチームを表彰した。また、最終成果報告会での質疑・コメントを考慮する形で、最終成果報告会の1週間後に、各チームから1部のレポートを提出させた。

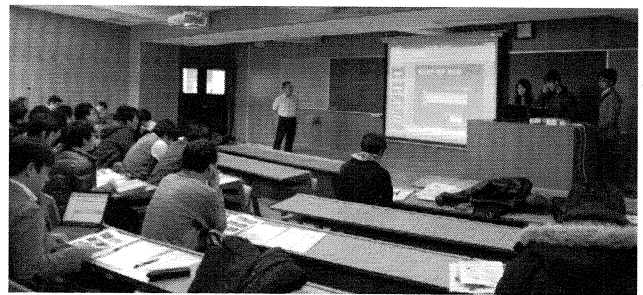


図3 「マルチフィジクス解析展開」中間報告会

最終成果報告会での発表および成果報告書によれば、チームにより、マルチフィジクス現象における連成の物理モデリングに重点をおいたもの、数値解析を道具として使い、最適設計に重点をおいたもの、実現しようとする機能の実現可能性を調べようとするものなど、多様な視点からの取り組みが行われた。これは、上で述べたように、与えられた課題の自由度が大きく、限られた時間内で取り組みを行うためである。これらの多様なアプローチは、中間報告会および最終成果報告会を通じて、受講者全員参加のもとで議論を行うことにより、マルチフィジクス問題の要素となる物理現象の理解の深化、物理モデリングから最適設計問題まで、幅広い教育効果が期待できるものとなった。

平成20年度および21年度の授業終了後に実施したアンケート調査結果によれば、授業の教育効果として、課題設定能力、マルチフィジクス問題汎用ソフトを道具として使いこなして設計に役立てる力、マルチフィジクス問題のカップリングに関する理解、マルチフィジクス問題に対して与えられた環境と時間的制約の中で答えを出すためのモデリング力、課題に含まれる物理の理解、コミュニケーション力、などが強化されることが確認できた。また、中間報告会と質問・コメントのフィードバックについては、ほとんどの受講生が有用と認めており、誤った理解や方針の修正、より望ましい方針や方法へ導く上で役に立ったと答えている。また、最終報告会に関して多くの受講生から、異なる視点の課題設定あるいはモデリングがあること知って勉強になった、マルチフィジクスのカップリングの方法が参考になった、との感想を得た。

以上のように、当初の教育目的を達成する授業の構築に一定の成果を得ることができた。

⑤ **博士後期課程の科目開発と実施:**「複合システムデザイン実践」(博士後期課程 1 年次、1 学期あるいは 2 学期、2 単位)では平成 19 年度に単位認定要件を策定し、平成 20 年度に 2 名の試行、平成 21 年度に 1 名の正式実施を行った。平成 21 年度の博士後期課程学生による正式実施の事例を次に示す。

期間:2010 年 1 月 19 日(火) ~1 月 29 日(金)

派遣先:英国、Teddington、国立物理学研究所(NPL)、東京大学工学研究科および産業技術総合研究所

実施内容:マイクロ部品の 3 次元計測技術に関する調査と研究フレームワークの構築

博士後期課程のインターンシップは、単位認定のために受け入れ先での実施実績を認定する必要があるため、双方の合意を形成することに課題があり、まだ実施実績は多くない。今後は、構築した本コースワークの枠組みのもとで、積極的な履修を促進していく。

「複合システムデザイン企画」(博士後期課程 2 年次、2 単位)では、シンセシス系の「プロダクトデザイン」に対するコーチング、プロジェクト指導を行うものとして、平成 19 年度に 2 件の試行実施、平成 20 年度に 2 名の正式実施、アナリシス系の「MP 解析展開」に対するものとして、平成 20 年度の 2 件の試行実施を行った。ここで、正式実施のものは、博士前期課程で指導対象科目(「プロダクトデザイン」または「MP 解析展開」)の履修経験があるものを指す。シンセシス系での実施結果より、試行実施では、履修経験がないため十分なリーダーシップを発揮できなかったが、**正式実施は履修経験のある科目の指導であるため、余裕をもってコーチング、プロジェクト指導を担当できることが確認できた。**この結果を踏まえて、アナリシス系においても、今後は「MP 解析展開」履修経験者が博士後期課程に進学してくることを受けて、正式実施による教育を具体化していく必要がある。

⑥ 研究活動などを通じた教育の実施

表 3 に提案型研究プロジェクト支援の実施実績を示す。支援のための方法としては、提出された申請書の内容を精査の上、複数の審査員(5 名)の書類審査を経て、各年度上位 20~25 件程度のプロジェクトを採択し、助成を行った。表に示すように、研究プロジェクト支援には国際会議派遣支援が含まれており、**国際性の育成**も行った。

表 3 提案型研究プロジェクト支援実施実績

	2007 年度		2008 年度		2009 年度	
	応募	採択	応募	採択	応募	採択
研究経費助成	62 件	26 件	68 件	22 件	60 件	19 件
うち、国際会議派遣		2 件		9 件		9 件
RA 雇用	10 人	10 人	12 人	12 人	9 人	9 人
採択者総数		26 人		28 人		22 人

また、「MP 解析展開」の授業実施および提案型研究プロジェクト支援のために**高度コンピューテーションシステム**を導入し、これの利用を支援する**高度コンピューテーションシステム利用研究支援**を平成 20 年度より行った。本研究支援は半年ごとの募集を行い、審査の上、その内容が本支援の主旨と一致するものを採択した。支援期間中の採択数の実績は、平成 20 年度第 1 学期:14 件、第 2 学期:12 件、平成 21 年度第 1 学期:17 件、第 2 学期:15 件、である。このうち多くのテーマで、各年度の年間を通じて申請・採択が行われている。

上記 2 種類の提案型研究支援では、研究プロジェクトの申請、年度末における最終報告書の提出、最終発表会でのポスター発表を義務づけている。これにより、1 年間という比較的短い期間で、研究プロジェクトの申請、推進、報告という一連のプロセスを体験させることができ、**研究立案能力、プロジェクト推進・管理能力、プレゼンテーション能力を育成**するとともに、大学院における**学位論文作成に向けた研究指導プロセス**をより充実したものとすることができた。なお、上記提案型研究支援のポスター発表は同時に実施し、専攻教員全員による審査により、評価の高い発表に対して優秀発表賞を与えた。なお、採択研究一覧と平成 21 年度分の報告書は、最終報告書に記載している。

また、**国際性の育成**に加えて、学生が**マルチフィジックス問題の最先端の研究に触れる機会**を与えるため、次に示す 2 回の**国際セミナー**を実施した。

① 熱流体国際セミナー(日時:2008年9月22日(月) 10:00~17:00、場所:大阪大学吹田キャンパス内 銀杏会館、講師:5人 [うち、海外3人])

② 熱工学国際セミナー(日時:2009年11月25日(水) 16:15~18:30 & 11月30日(月) 15:00~17:15、場所:大阪大学吹田キャンパス内 機械系 M4-201 教室、講師:4人 [うち、海外3人])

国際セミナー実施後、参加学生に行ったアンケート調査結果により、これらの国際セミナーはマルチフィジックス問題の重要性を大学院生に認識させるとともに、国際力としての英語運用能力の重要性を比較的早い時期に認識させるなどの効果のあることが確認できた。

⑦ 学生の主体的な自己研鑽を通じた人材育成

学生が自発的に企画および運営、実施、報告書の作成までを行う**学生企画講演会**の開催支援を行うことにより、学生の主体的・積極的な**行動力、交渉力、運営能力**の育成を行った。年度毎の開催回数、講師数は次の通りである。平成19年度:4回(講師6人)、平成20年度:5回(講師5人 [うち、海外2人])、平成21年度:5回(講師5人 [うち、海外1人])

学生による実施報告書によれば、ほとんどの学生が、講演会の企画・実施が非常に良い経験になったという感想を述べている。特に3回の講演会を企画した博士後期課程学生は研究活動においても優れた実績を残しているなど、本活動と研究の促進との間に相関が認められた。

同様に、学生の主体的活動を促進する取り組みとして、授業コンテンツ開発に参加し、その後、その授業のTAを担当させる**TA活動**の支援も行っている(平成19年度:2件、平成20年度:2件、平成21年:3件)。

⑧ ファカルティディベロップメント(FD)の推進

教員の教育に関する意識の向上と教育手法の改善、さらに本教育プログラムで構築するカリキュラムおよび授業開発のための情報収集などのため、**FDセミナー**を中心としたFD活動を実施した。

FDセミナー 平成19年度:(i)「シミュレーション科学を支える高度人材育成と京都大学情報学研究科の大学院教育改革」(京都大学、中村佳正)、(ii)「平成17年度-18年度魅力ある大学院教育イニシアチブ—ものづくり型実践的研究人材の戦略的育成—事業成果報告」(九州大学、浜本貴一)、「産学連携のあり方と企業が期待する大学院教育について」(三菱重工、六山亮晶)、(iii)「教育改善がもたらす学生・研究の質の向上—北大工学部のあるコースでの実践報告—」(北海道大学、恒川昌美)

平成20年度は5件(講師5人)、平成21年度は3件(講師6人)のFDセミナーを開催した。本FDセミナーは、なるべく教員の出席が容易な午後の遅い時間からの開催とし、教員に対するアンケート調査の実施により教員の興味の喚起や、FDセミナーへの要望の調査を行うことにより、平成19年度に36%、平成20年度に40%、平成21年度に42%の専攻教員の平均出席率を得た。

マルチフィジックス解析教育ワークショップ (日時:2010年1月13日(水) 13:00~16:50、場所:大阪大学吹田キャンパス内 機械系 M4-201 教室、講師:4人)

2. 教育プログラムの成果について

(1) 新規実践型科目の履修実績に関する定量的成果

まず、本取組で導入した博士前期課程の展開科目群における各科目の受講者数の実績を表4に示す。平成20年度よりカリキュラムを改正し、修了要件として展開科目群から少なくとも1科目の履修を課したため、ほとんどの学生が「MP解析基礎」か「プロダクトデザイン」のどちらかを履修した。また、平成20年度、21年度ともに、「MP解析基礎」の履修者のほぼ3分の1が引き続いて「MP解析展開」

表4 展開科目群の受講者数実績

年度	H19	H20	H21
マルチフィジックス解析基礎	-	58人(58%)	65人(77%)
マルチフィジックス解析展開	20人(22%)	21人(21%)	19人(23%)
プロダクトデザイン	18人(20%)	40人(40%)	25人(23%)

括弧内は当該年度の博士前期課程1年次総人数に対する割合を示す。

を履修した。以上の履修実績より、21～23%の学生に対してマルチフィジックス問題に対する基礎的実践力から現象のモデリング、設計の最適化までを含むアナリシス系の専門応用能力を、20～40%の学生に対してデザインの構想力と総合力を含むシンセシス系の専門応用能力を育成することができた。

(2) 就職率・入学志願者数・定員充足率・学生の活動量に関する定量的成果

まず就職率に関しては、本専攻では、従来より、博士前期課程、後期課程ともに、修了者に関してほぼ全員が就職と進学を果たしており、就職率は本取組の成果を計る指標とはなり得ない。

入学志願者数および定員充足率の年度ごとの推移を、本専攻での前大学院 GP 開始の平成 17 年度から本取組の支援期間終了翌年の平成 22 年度までについて、表 5 に示す。平成 17 年度の実績は大学院 GP の効果が現れる以前のものであることを考慮すると、大学院 GP の活動実施以後、入学志願者数および定員充足率に関して高い水準を維持しており、本取組の十分な成果が認められる。

表 5 入学志願者数・定員充足率の推移

入学年度	博士前期課程(定員:H23年度以降80人)						博士後期課程(定員:21人)					
	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H17	H18	H19	H20	H21	H22 [#]
志願者数(人)	125	140	133	144	140	130	8	15	20	19	12	18
入学者数(人)	78	83	89	100	84	81	7	15	18	17	11	17
定員充足率*(%)	98	104	111	125	105	101	33	71	86	81	52	81

*)博士前期課程の定員充足率はH23年度以降の定員による。 #)4月入学者のみのデータ。

学生の活動量に関するデータは別添資料の「大学院学生の動向等」に示すとおりである。学会発表数および論文発表数ともに高い水準を維持している。とくに平成 21 年度は、学会発表数 413 件（うち国外の学会発表数 152 件）、論文発表数 100 件と、顕著な成果を挙げており、本取組の十分な成果が認められる。

3. 今後の教育プログラムの改善・充実のための方策と具体的な計画

(1) 今後の課題と改善・充実のための方策および支援期間終了後の計画

本教育プログラムにおける取り組み全体に対しては、本学名誉教授 1 名、国立他大学教授 1 名、企業 2 名、官公庁 1 名、海外大学教授 1 名の計 6 名からなる外部評価委員会を組織し、次に示す 2 回の外部評価委員会を開催することにより、本教育プログラム支援期間中および支援期間終了後の課題を明らかにしてきた。

- ① 中間外部評価委員会(日時:2008年9月24日(水) 10:00～17:00、場所:大阪大学吹田キャンパス内 機械系 M4 棟 3 階会議室、参加者数:13名[外部評価委員 6 名、機械工学専攻教授 7 名])
- ② 最終外部評価委員会(日時:2010年1月15日(金) 10:00～17:30、場所:大阪大学吹田キャンパス内 機械系 M4 棟 3 階会議室、参加者数:13名[外部評価委員 6 名、機械工学専攻教授 7 名])

平成 20 年度前半までの取り組みについては、中間外部評価委員会で評価を受け、その評価結果をもとに改善を行っている。最終外部評価委員会の評価結果において改善を要するとの指摘を受けた項目は、今後の改善のための方策が必要な点である。また、その他に、それぞれの取り組みで独自に実施した参加者からのアンケート調査結果や実施担当者の総評に基づいた改善・充実を要する項目も存在する。本教育プログラムを確実なものとし、さらに優れたものとするための今後の方策と具体的な計画を以下に示す。

- ① 博士前期課程のコースワーク:「MP 解析基礎」および「MP 解析展開」の各授業に関しては、今後もアンケート調査結果に基づく実施内容、実施方法の継続的な改善に取り組み、発展を進めていく。
- ② 博士後期課程のコースワーク:「複合システムデザイン実践」については、支援期間中に構築した枠組みのもとで、さらに、配当時期の見直しや柔軟な履修期間への対応を図って、継続的な改善と発展を進めていく。
- ③ 提案型研究プロジェクト支援:支援終了後は期間中と同様の研究費助成を実施することはできないが、その効果を踏まえて、外部予算による学生対象の国際会議参加支援や研究助成への応募を継続的に促していく。また、高度コンピューテーションシステム利用研究支援は、導入した設備のもとで、継続して実施して

いく。

- ④ **その他**: 学生の主体的な取り組みを支援する学生企画講演会は、参加者からの評価が高く教育効果が大きい。自己資金と専攻教員による運営により活動を継続する仕組みを構築する。また、支援期間終了後の各種サーバーおよび教育コラボレーションシステムの管理・運営の仕組みを構築する。

4. 社会への情報提供

(1) 学術雑誌などへの掲載

- ① 田中, “大学院教育改革支援プログラム「複合システムデザインのための X 型人材育成」,” 生産と技術, Vol.61, No.2, (2009-3), pp.84-86.
 ② 藤田, “設計工学分野の教育を考える,” 機械の研究, Vol.62, No.1, (2010-1), pp. 160-168.
 ③ 田中, “機械工学専攻における大学院 GP「複合システムデザインのための X 型人材育成」の取り組みについて,” 大阪大学工業会誌テクノネット, No.550, (2010-10), (掲載予定).

(2) 口頭発表

- ① 日本機械学会関西支部第 83 期定時総会講演会(平成 20 年 3 月)でのフォーラム「課題設定解決能力の育成を目指す工学教育」での講演、②平成 20 年度工学・工業教育研究講演会(平成 20 年 7 月)での講演、③日本機械学会 2008 年度年次大会(平成 20 年 8 月)でのフォーラム「21 世紀における機械工学ディシプリン」でのパネリスト、④COMSOL カンファレンス 2009 東京(平成 21 年 12 月)でのキーノートレクチャー、⑤立命館大学理工学部で開催された招待講演(平成 22 年 3 月)、を行っている。

なお、④のキーノートレクチャーは COMSOL カンファレンス教育プロジェクト最優秀賞を受賞した。

また、本教育プログラムの取り組みの一環として平成 22 年 1 月に開催した「マルチフィジックス解析教育ワークショップ」⑥、機械工学専攻が社会連携活動の一環として機械工学関連企業を対象に実施している大阪大学機械工学系技術交流会においても平成 20 年 7 月⑦と平成 22 年 2 月⑧に活動紹介の講演を行った。

さらに、本教育プログラムの方向性と成果を広く公表するとともに大学院教育改革に関する情報交換を行うため、平成 22 年 3 月に、学内外から 4 名の大学院 GP プロジェクトリーダーを招へいして「大学院 GP シンポジウム —複合システムデザインのための X 型人材育成—」を開催し、大学院生による成果発表を含めて様々な取り組みの内容を紹介した⑨。

(3) ポスター発表

- ①平成 20 年 1 月に開催された大学教育改革プログラム合同フォーラム、②平成 20 年 12 月に開催された COMSOL カンファレンス 2008 東京、③平成 21 年 12 月に開催された COMSOL カンファレンス 2009 東京、④平成 22 年 1 月に開催された大学教育改革プログラム合同フォーラム、においてポスター発表を行った。

(4) パンフレット、ニュースレター、報告書の

作成・配布

本教育プログラムのパンフレット (A3 判 2 つ折両面)、ニュースレター (A3 判 2 つ折両面; 1 号から 5



<http://www.mech.eng.osaka-u.ac.jp/spigse/>

図 4 ホームページによる情報発信

号)、2007年度中間報告書(平成20年7月刊、169ページ)、2008年度中間報告書(平成21年3月刊、249ページ)、最終報告書(平成22年3月刊、391ページ)を作成した。それらは、上記のシンポジウム、ワークショップのほか本取組で実施した各種イベントの参加者に配布するとともに、学内外の関連の方面に送付を行った。なお、最終報告書は、それらに加えて国公立大学の工学に関連する研究科などに向けて送付した。

(5) ホームページによる情報発信

平成19年度以来、図4に示すホームページを設けて、プログラムの趣旨や活動内容、取り組みの進捗などを掲載した。

5. 大学院教育へ果たした役割及び波及効果と大学による自主的・恒常的な展開

(1) 大阪大学や今後の我が国の大学院教育へ果たした役割及び期待された波及効果の有無

本教育プログラムで中心となる大学院カリキュラムへの展開型科目群の導入と、展開型科目群から科目履修を課することによりアナリシスからシンセシスにわたる専門応用能力を確実に育成するカリキュラムの構築は、本教育プログラムの特徴的な点であり、この方面の能力育成の実質化のモデルとなりうるものである。「4.社会への情報提供」の項で述べたように、本教育プログラムは様々な方面から注目を集めており、招待講演やパネリスト、キーノートレクチャーなどの招待を受けているほか、1件の受賞も得ている。以上より、本教育プログラムは工学分野における大学院教育の先行的取り組みとして一定の役割を果たし、波及効果も与えているものと考えられる。

また、大阪大学に限っても、本取組における報告書、パンフレット、ニュースレターなどの各種刊行物は工学研究科の全授業担当者、学内では学長、理事ほか他研究科への配布も行っている。また、本取組で実施したFDセミナーの案内はメールリストを通じて工学研究科の全教員に案内しており、各年度とも専攻外からの教員の参加を得ている。さらに、本取組の全体像を紹介した大学院GPシンポジウムでは、全学、工学研究科、本教育プログラムそれぞれの階層のホームページから案内を行うとともに、案内のためのリーフレットおよびポスターを学内全体と他大学の工学関係の多方面へ配布した。その結果、大学院GPシンポジウムには109名の参加者を得、内13名は学外から、7名は工学研究科他専攻から、2名は他研究科からの参加であった。

以上より、本教育プログラムの取り組みは、学内外の大学院教育に対して一定の役割を果たし、波及効果も与えているものと考えられる。

(2) 当該教育プログラムの支援期間終了後の、大学による自主的・恒常的な展開のための措置

本教育プログラムの中心となる取り組みは、博士前期課程にアナリシス(解析)系の実践型科目である「MP解析基礎」および「MP解析展開」を導入すること、さらに、先に「魅力ある大学院教育」イニシアティブの支援のもとで実施した「統合デザイン力教育プログラム」によって構築されたシンセシス系の実践型科目である「プロダクトデザイン」とともに、これら3つの実践型科目からなる展開科目群を新設し、展開科目群からの少なくとも1科目の履修を課することにより、アナリシス(解析)からシンセシス(総合)にわたる専門応用能力を有するX型人材を育成のための教育カリキュラムを構築したことにある。「複合システムデザイン実践」および「複合システムデザイン企画」を導入した博士後期課程も同様である。以上のように、一連の取り組みを通じて、カリキュラムの導入と移行が確実に進んだことから、目的とする教育システムは定着して継続的に発展していくことになる。

また、本取組で導入した高度コンピューテーションシステム利用研究支援、各種サーバーおよび教育コラボレーションシステムの管理・運営、学生企画講演会の実施などについては専攻教員による担当および自己資金の一部をそれらに充てることにより、適切な規模で今後も継続していく。RAやTAについては、全学、工学研究科および機械工学専攻のそれぞれのレベルで支援を恒常的に実施する仕組みが確立されており、今後もその拡充に向けた努力を継続する。FDについても全学レベルでの取り組みが恒常的に実施されている。また、本取組での活動とその発展内容は、今後もホームページ等を通じた情報発信を継続し、学内外への波及を目指す。

組織的な大学院教育改革推進プログラム委員会における評価

【総合評価】
<p><input checked="" type="checkbox"/> 目的は十分に達成された <input type="checkbox"/> 目的はほぼ達成された <input type="checkbox"/> 目的はある程度達成された <input type="checkbox"/> 目的はあまり達成されていない</p>
<p>〔実施（達成）状況に関するコメント〕</p> <p>「シンセシス（統合）からアナリシス（解析）にわたる専門応用能力を育成するカリキュラム構築」という教育プログラムの目的に沿って、プログラムの中核をなす新規実践型科目（「マルチフィジックス解析基礎」、「マルチフィジックス解析展開」、「複合システムデザイン実践」、「複合システムデザイン企画」）が着実に実施されている。</p> <p>またアンケート結果によれば、大学院生は課題設定能力、モデリング力などが強化されたと評価しており、大学院教育の改善・充実に大きく貢献しているといえる。</p> <p>社会への情報公開も、さまざまな機会をとらえて実施内容を公表し、またホームページやニュースレターなど、積極的に公表されている。</p>
<p>（優れた点）</p> <p>マルチフィジックスという概念に整理して、これまでの古典的な問題をとり上げて成果を得たことは、非常に優れている。</p> <p>（改善を要する点）</p> <p>効果と課題について具体的な検討と対応をより一層進めることによって、本プログラムの定着と波及を進めることが望まれる。</p>