

## 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	： 機械工学フロンティア創成
機 関 名	： 東北大学
主たる研究科・専攻等	： 工学研究科・航空宇宙工学専攻
取組代表者名	： 吉田 和哉
キ ー ワ ー ド	： ものづくり実践教育、目的達成型プロジェクト研修、学生主体の国際交流

### I. 研究科・専攻の概要・目的

東北大学大学院工学研究科は、本学の伝統である「研究第一主義」を理念として掲げ、最先端の研究が遂行できる教員等と施設・設備を備えている。その中で、人間と自然に対する広い視野と深い知識を基本としつつ、安全で豊かな社会の実現を目指して、自ら考えて研究を遂行し、将来の科学技術の発展と革新を担うことができる創造性と高い研究能力を有する人材教育並びに高度な専門知識を有する技術者育成を教育の目標としている。

具体的には、前期課程においては、研究を遂行する上で必要な幅広い基礎学力を習得し、研究課題を独自の発想により展開させ、論文としてまとめて学会にて発表する能力を備えるとともに、広い視野に立って、専門分野における研究能力、あるいは研究・技術指導のための基本的能力と高度技術を備えた人材を育てることを教育目標としている。

さらに後期課程においては、社会的ニーズを視野に入れて研究課題を開拓し、独自の発想からその課題を進展させ、国際水準の論文をまとめて国際会議にて発表する能力を有するとともに、研究経験をもとに関連の専門分野においても主体的に研究が遂行できるだけでなく、将来とも自己啓発しながらリーダーとして広い視野に立って研究を指導できる人材を育てることを教育目標としている。

本教育プログラムは、工学研究科・航空宇宙工学専攻を主たる専攻として実施されたが、教育の実施にあたっては、以下に示す「機械系」と呼ぶユニットを構成し、大学院教育カリキュラムを一体化し、有機的、体系的な教育プログラムを実践している。

#### ◎主たる研究科・専攻：工学研究科・航空宇宙工学専攻

学生数（博士前期課程：136名、博士後期課程：33名）、教員数：24名

#### ◎教育プログラムの実施単位：「機械系」

工学研究科 4 専攻（機械システムデザイン工学専攻、ナノメカニクス専攻、航空宇宙工学専攻、バイオロボティクス専攻） ＋ 情報科学研究科 3 専攻（情報基礎科学専攻、システム情報科学専攻、応用情報科学専攻）のうち機械系関連分野

学生数（博士前期課程：406名、博士後期課程：147名）、教員数：128名

「機械系」におけるこれまでの教育研究活動の状況は以下の通りである。

#### (1) 専攻横断型共通基盤教育と専攻独自高度専門教育の実施

高い専門性と広い基礎知識を有する人材を養成することを目指し、共通基盤と高度専門の 2 層からなる体系的カリキュラムを実施してきている。各専攻に共通する横断的な基盤技術、知識の教育を「専門基盤科目」と位置付け選択必修として履修させ、これに加えて、各専攻独自の高度専門教育を「専門科目」として履修させている。

## (2) 国際化教育

英語によるコミュニケーション、論文発表等の実践能力を高めるため、さまざまな機会を捉えて教育の国際化を推進している。たとえば、外国人講師による特別講義、一部講義の英語化、海外インターンシップや学生相互の国際交流、海外の大学とのダブルディグリー制度の整備をすすめている。

## (3) 高度技術者育成教育

博士前期課程1年の学生を対象に企業インターンシップ（夏季休暇を中心に2～4週間）を実施しており毎年95%以上の学生が受講している。また、博士後期課程の学生を対象に、研究開発マネジメント論、ベンチャー企業戦略、知的財産権論など、起業準備となる教育を実施している。

## (4) 分野横断的な研究支援

研究が広い視野で進行していることを確認し、分野横断的な研究支援を行うため、博士前期課程1年、博士後期課程1、2年終了時点（基本的に毎年3月）に、研究の進捗状況と今後の研究計画を発表する中間報告会「分野セミナー」を実施している。本セミナーでは、指導教員は参加せず、他分野の複数の若手教員が、研究方法や推進方法について、それぞれの視点でアドバイスを行っている。

## II. 教育プログラムの概要と特色

本大学院教育プログラムでは、従来型の「研究力」涵養の教育方針に加え、社会において即戦力となりうる「実現力」体得の視点を含めた教育方針へと拡大し、鍛え抜かれた優れた人材を国際社会・産業界・学術機関のフロンティアへ送り出すことを目指し、機械工学の各分野を包括した分野融合と、評価基準の多様化を軸とした新しい体系的な大学院教育を実施する。

これまでに東北大学「機械系」は一体となって、体系的に専攻横断型の共通基盤教育と専攻独自の高度専門教育を実施し、着実な「基礎力」に裏付けられ卓越した「研究力」を持って機械工学の最先端の課題に挑戦し、国際舞台で活躍できる研究者・エンジニアを育成してきた。一方産業界からは、高度専門知識に基づいた研究能力に加えて、プロジェクトを企画遂行する能力や問題解決能力を持った人材が強く求められており、本プログラムではこれらの能力を「実現力」と名づけ、実現力を体得する新しい教育取り組みを実施する。

取り組みの第一点として、修士（前期課程）1年次においてプロジェクト研修である「機械工学フロンティア」（新規科目）を機械系専攻共同で実施する。同科目の前半では企業や研究機関の第一線で活躍するエンジニア、研究者を講師として招き、社会において求められる実現力とは何であるかを、学生に明確にイメージさせる。次いで、学生がチームを組んで具体的な「ものづくり」を行う、機械システム創造プロジェクトに挑戦させる。具体的なプロジェクト・テーマとして「航空宇宙」「ロボティクス」「ナノテクノロジー」「バイオ」「医工学」などをキーワードとして複数分野を横断・融合し、新たな価値の転換を促すシステム統合型の課題を、教員が提示する候補の中から学生が選択、あるいは自主的に提案させ、それぞれの分野を専門とする複数の教員が指導を行う。

取り組みの第二点として、1年次の夏休み以降に、従来から実施している国内企業へのインターンシップに加えて、海外インターンシップ、国際コンペティションへの参加、国際共同学生プロジェクトなどの多様な選択肢を提供し、「機械工学フロンティア」においてモチベートされた学生が、当人の希望と適性に応じて様々な可能性へチャレンジすることを、体系的に支援する。

取り組みの第三点として、大学院修了のための評価基準を多様化し、

- ・ 専門領域における基礎・応用研究を軸とし、新たな価値創造に基づく研究論文型の論文作成を重視する「研究力重視型」（従来からの「修士研修」8単位）に加え、

- ・プロジェクトの自主的な企画、立案、遂行、および問題解決を通じて、既存の価値を転換する能力も評価する「実現力重視型」(新規科目「イノベーション創成研修」8単位)のいずれかを、選択可能とする。

以上の取り組みの根底にあるものは、「自ら手を動かして挑戦し、小さな失敗の中から大きなものを学ぶこと」が工学教育の原点であるとの認識であり、それを体得させるために、本教育プログラムでは目的達成型のプロジェクト研修を効果的に大学院教育に取り入れ、評価する体制および環境を整備する。

これらの活動を通して、本教育プログラムでは、高度専門知識に裏付けられた「研究力」と実学に根ざした「実現力」をバランスよく身につけ、国際社会において活躍できる人材の育成を行う。

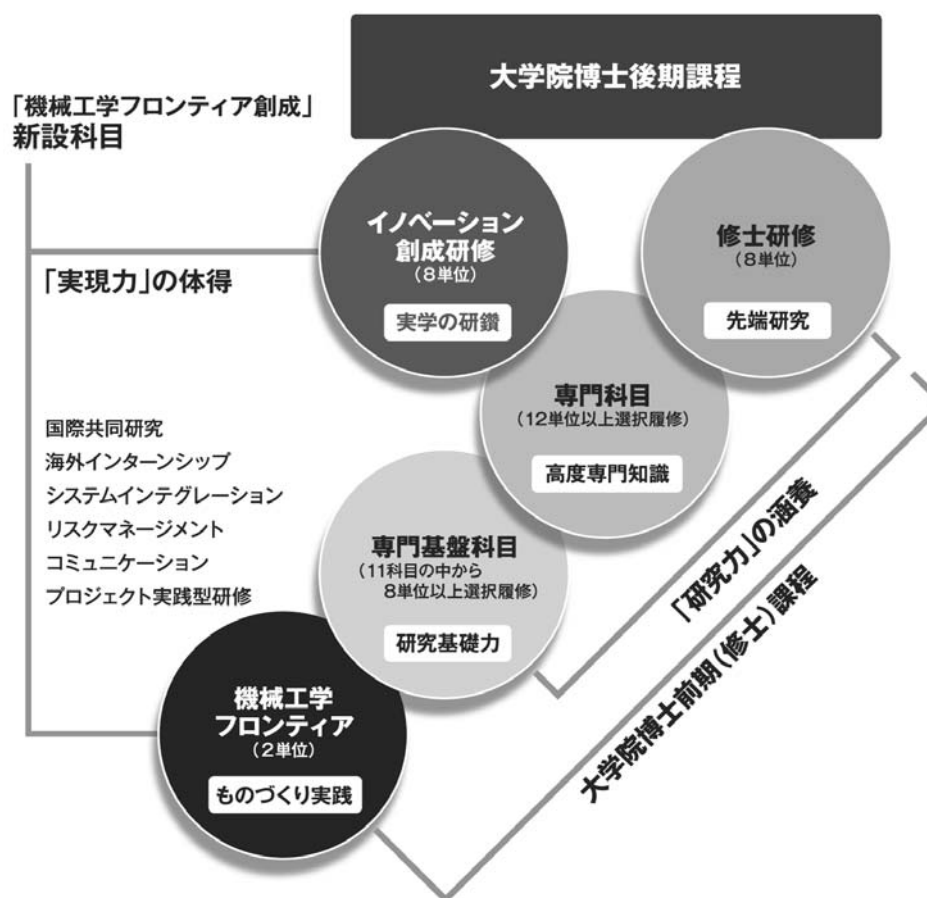


図 1：履修プロセスの概念図

### 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) 教育プログラムの実施計画が着実に実施され、大学院教育の改善・充実に貢献したか

本教育プログラムの特徴である新規科目「機械工学フロンティア」を博士前期課程の1学期に開講し、平成19年度50名（航空宇宙工学専攻のみで開講：受講生は同専攻のほぼ全員）、平成20年度131名、平

成 21 年度 118 名の学生が受講した。同授業科目では、学生が「ものづくり」を主体としたプロジェクト研修を行う。実際に開講された研修テーマの一覧を表 1 に示す。研修実施のおおまかなスケジュールを図 2 に示す。

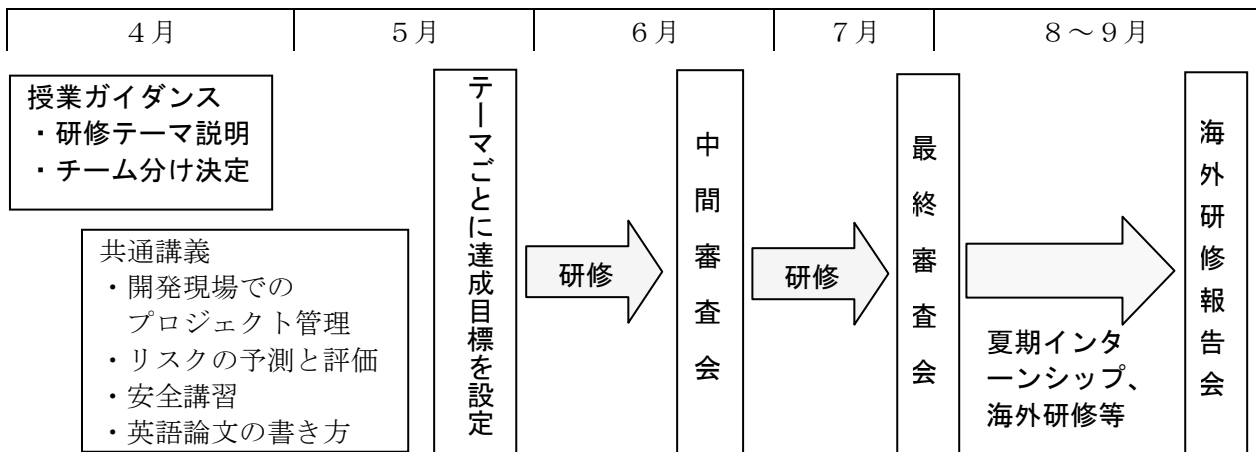


図 2:「機械工学フロンティア」履修の流れ

「機械工学フロンティア」の個々の研修内容について詳しく紹介することは、限られた紙面では困難であるので、いくつか代表的なものをピックアップしてその活動成果を記す。

#### 【平成 20 年度】

「原子レベルシミュレーションに基づく新機能材料と試作評価」では、カーボンナノチューブを樹脂に分散させたひずみセンサを開発し、その特性を評価した。夏休みには、MIT（米国）にてワークショップを開催し、同大の学生と研究交流を行った。（写真 1）

「固体酸化物燃料電池システムと材料評価」では、1000 度 C 近い作動温度が必要な固体酸化物燃料電池を、より低温で動作させる課題に挑戦し、今後のイノベーションにつながる基礎データを得た。日韓学生シンポジウムをソウル大学にて開催し、学生 8 名を派遣し研究発表および研究交流を行った。

「航空ロボットの開発と飛行実験」では、自律制御機能を搭載した模型飛行機を製作し、自動離発着および自律的な経路追従飛行の実験を行い大きな成果をあげた。飛行実験には、東北大学青葉山キャンパス内の実験フィールドおよび宮城県南部にある角田滑空場を用いた。（写真 2）

「自律探査ロボットとフィールド実験」では、最高時速 15km/h 以上で走行する重量 1kg の小型自律走行ロボットを開発し、米国ネバダ州で開催された国際競技会(ARLISS)にて優勝を果たした。（写真 3）

「ロボットアームの運動制御実験／移動ロボットの運動制御／人間の運動計測・解析」の 3 テーマでは、それぞれのロボットを実現する基礎技術の開発に取り組み、これらの研修を行った計 8 名の学生は、フランスで開催された国際会議に出席し、またベルサイユ大学等を訪問して研究発表、研究交流を行った。

「エンジニアのための分子細胞生物学・解剖生理学の実体験プログラム」では、医工連携教育を進めている REDEEM プロジェクトと連携して解剖実習を含む研修を行い、カリフォルニア工科大学で開催されたサマースクール研修に参加した。

また、「イノベーション創成研修」では、博士後期課程進学希望の学生を、それぞれ、フランス・ストラスブール大学、スイス・ローザンヌ工科大学、ドイツ航空宇宙研究所へ長期派遣し、共同研究活動を行った。



写真 1 : MIT における研究交流会 写真 2 : 航空ロボットの飛行実験 写真 3 : 米国ネバダ州での ARLISS 大会

### 【平成 21 年度】

「要救助者情報収集ロボットの開発とフィールド実験」では、地震等の災害時に瓦礫や倒壊した建物内の被災者を発見するロボットの、自律・遠隔制御システムの開発を行った。開発されたロボットを携えて、2009 年 7 月にオーストリアにて開催された「ロボカップ世界大会」に参加し、4 部門において優勝もしくは準優勝の成果を挙げた。(写真 4)

「火星探査のための飛行システムと制御法の検討」では、火星を取り囲む希薄大気中で飛行探査を行う飛行体の基礎研究として、プラズマアクチュエータを用いた飛行制御方式を検討し、模型飛行機を用いた飛行実験により有益な基礎データを得た。

「全日本学生室内飛行ロボットコンテストへの挑戦」では、競技ルールに則した超軽量模型飛行機を製作し、コンテストに参加した。また、上記「火星探査・・・」のチームも合わせた学生の中から選抜チームを募り、米国パデュー大学に派遣し、無人飛行ロボットの関する先端技術について研究交流を行った。(写真 5) なお、米国パデュー大学とは、平成 17 年度以来このような学生交流を深めている。

「超音波計測融合シミュレーションの実験による検証」では、動脈瘤と血流の関係を明らかにするために、頸動脈の実形状モデルを製作し、超音波により人工血液の流れを計測するシステムを開発し、シミュレーション結果との比較検討を行った。また、同分野で先端的な成果を挙げている米国シラキュース大学を訪問し、研究交流を行った。

「イノベーション創成研修」では、博士後期課程進学希望の学生を、それぞれ、韓国機械技術院、米国カーネギーメロン大学、フランス・ストラスブール大学へ 1 ヶ月間派遣し、共同研究活動を行った。



写真 4 : ロボカップレスキュー世界大会参加チーム(左)と 4 つのトロフィー(右) 写真 5 : 米国パデュー大学での研究交流

表 1: 「機械工学フロンティア」研修テーマ一覧

## ■ 平成 19 年度 11 テーマ 50 名

航空宇宙工学専攻	
1	空撮機グループ・wind5 チーム
2	空撮機グループ・GONASU チーム
3	展開翼グループ・V-flight2007 チーム
4	空中展開グループ・KHM チーム
5	航空ロボットグループ・ART チーム
6	航空ロボットグループ・ARK チーム
7	可変翼グループ・チーム結城(C)
8	ロケットチーム
9	探査ロボットグループ・wellstone チーム
10	探査ロボットグループ・Team - U23 チーム
11	微小重力実験チーム

## ■ 平成 20 年度 31 テーマ 131 名

機械システムデザイン工学専攻	
1	機能性表面の創成と評価装置の開発
2	固体酸化物燃料電池システムと材料評価
3	風洞実験データ処理システムの開発
4	三百年前の熱機関の再現と熱効率測定
ナノメカニクス専攻	
5	衝撃力計測用センサの開発とその評価
6	高校生のためのハイテク導入教育プログラムの作成プロジェクト
7	原子レベルシミュレーションに基づく新機能材料設計と試作評価
8	究極のトップダウン加工が拓く革新的ナノデバイス・ナノ構造
航空宇宙工学専攻	
9	ロケットの打上げ・分離・回収
10	空撮機チャレンジ II
11	縦型飛行船の上昇・下降方法の開発と離着陸実験
12	機体搭載型プラズマアクチュエータの開発と飛行実験
13	モーフィング翼機体の開発と飛行試験
14	要救助者情報収集ロボットの開発とフィールド実験
15	自律探査ロボットの開発とフィールド試験
16	衛星追跡管制のための国際地上局ネットワークシステムの開発と運用実験
17	航空ロボットの開発と飛行実験 (Team ARL / Team ARR)
18	微小重力実験カプセル開発とフィールド落下実験
19	輸送システムの超省エネルギー化に関する研修
20	太陽電池駆動に向けた模型飛行機製作
バイオリボティクス専攻	
21	マイクロ流路チップの開発とバイオ操作・計測実験
22	新生児用中耳疾患診断装置の開発
23	エンジニアのための分子細胞生物学・解剖生理学の実体験プログラム
24	ロボットアームの運動制御実験 / 移動ロボットの運動制御実験 / 人間の運動計測・解析
25	マイクロ流路チップの開発とバイオ操作・計測実験

26	PVA による血管モデルの開発
27	カーボンナノチューブ配合セラミクス材料の電磁・機械特性評価
28	微小流路内の流れの超音波計測と数値解析
システム情報科学専攻	
29	実践的リアルタイム画像処理システム開発研修
応用情報科学専攻	
30	要救助者情報収集のための能動スコープカメラの開発
31	レスキュー用探査クローラロボット Kenaf の開発と評価

■ 平成 21 年度 27 テーマ 118 名

機械システムデザイン工学専攻	
1	機能性表面の創成と評価装置の開発
2	固体酸化燃料電池システムと材料評価
3	突風風洞コントロールシステムおよびデータ計測・処理システムの開発 (GT-PLOT / 突風風洞チーム)
4	クリープおよび低サイクル疲労損傷を受けた Ni 基超合金の高感度非破壊評価システムの開発
5	三百年前の熱機関の再現と熱効率測定
ナノメカニクス専攻	
6	岩石のひずみ計測
7	超精密運動と 3 次元微細形状の精密ナノ計測
8	ガスタービン用耐熱合金設計と試作評価
航空宇宙工学専攻	
9	エンジンモデルの地上およびロケット打上げ実験
10	STOL 機チャレンジ
11	火星探査のための飛行システムと制御法の検討
12	モーフィング翼機体の開発と飛行試験
13	金星ミッションへ向けての搭載機器開発と地上試験
14	自律探査ロボットの開発とフィールド実験 (ポプリ / Team SLIM)
15	空気浮上テストベッドの製作
16	航空ロボットの開発と飛行実験 航空ロボットの自動離着陸の研究 (Team CCV) 航空ロボットの開発と飛行実験 CCV 航空ロボットの研究 (LAV チーム)
17	HASTIC 50 m 落下塔を用いた微小重力熱流体実験
18	全日本学生室内飛行ロボットコンテストへの挑戦
バイオロボティクス専攻	
19	細胞活性評価のためのブドウ糖/酸素の多点センシング
20	人間の技能解析に基づくロボットアームの運動制御系構築
21	自立支援型移動ロボットの運動制御系構築
22	マイクロ流路チップの開発とバイオ操作・計測実験
23	人と人工物の QOL 向上のためのセンサ・アクチュエータの要素研究
24	超音波計測融合シミュレーションの実験による検証
システム情報科学専攻	
25	ビジュアルサーボ実践とアクティブビジョンシステムの開発
26	画像処理をベースとした実世界コンピューティング環境の構築
応用情報科学専攻	
27	要救助者情報収集ロボットの開発とフィールド実験 (ASC チーム / K21 チーム)

なお、特筆すべき国際交流活動として、東北大学にて採択されている下記のプログラム等と連携して、2009年9月1～11日の期間、フランス・リヨンにて「東北大・リヨンサマースクール」を開催し、流動ダイナミクス、材料科学、脳神経科学などの幅広い分野で、日仏の学生主体の研究交流を実施した。

(写真6:右)



- グローバル COE 「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
- グローバル COE 「材料インテグレーション国際教育研究拠点」
- グローバル COE 「脳神経科学を社会へ還流する教育研究拠点」
- 日本学術振興会 「Core-to-Core Program」
- 大学院教育改革支援プログラム 「機械工学フロンティア創成」

以上の教育活動の結果、平成19年度15名、20年度43名、21年度31名の学生を海外派遣し、学生主体の研究交流を積極的に推進した。

## 2. 教育プログラムの成果について

### (1) 教育プログラムの実施により成果が得られたか

(a) 本教育プログラムの実施により得られた成果について、まず、別途資料として提出する「大学院学生の動向等」に基づいて、定量的なデータを要約する。

博士前期課程の定員充足率は、平成18年度の130%から平成21年度の110%へと連続的に推移している。これは、大学院定員管理に関する文部科学省からの指導に基づくものであり、入学志望者については平成19年度以降大きな変動はない。他大学からの入学志望者は常に40%前後の高い値を保っており、学部卒業生にとって魅力的な大学院であるということが出来る。また、海外からの入学志願者について、まだ絶対数は少ないものの、増加傾向にある。

博士後期課程の定員充足率については、年ごとの変動があり、この4年間で83%～100%の範囲で上下している。本プログラムの最終年度である平成21年度では、充足率100%である。

大学院学生の活動量については、学会発表の総数については500～600件の値で推移している。これらのうち、国外の学会での発表件数はこの3年間で大きく伸びており、平成21年度では、学会発表の半数弱が国外の学会での発表である。これは、本教育プログラムで学生の海外派遣を推進した成果であるといえる。また、学生の学術雑誌等における論文発表数も着実に増加している。

平成21年度の大学院生の活動量を、博士前期・後期課程の学生在籍者の総数を分母として平均値を計算すると、年間一人あたり1.15回の学会発表を行い、0.50回の国際会議での研究発表を行い、0.54件の学術論文を発表していることとなる。これは、きわめて高い水準であるということが出来る。

(b) 次いで、本教育プログラムで新たに実施した授業科目「機械工学フロンティア」について、授業終了後に学生全員に対して実施したアンケート結果の要約を表2に示す。

同表より、学生たちは限られた時間の中で、目標達成のために試行錯誤を繰り返し、失敗や計画変更、



メンバー間のコミュニケーションの問題に苦心しながら、問題解決のプロセスを実体験し、そしてほとんど全ての学生が、本研修に対して やりがい や満足感を得たことが伺える。本教育プログラムで目指していた「自ら手を動かして挑戦し、小さな失敗の中から大きなものを学ぶこと」を体得させるという目的は、十分に達成されたと考える。

(c) 最後に、外部からの評価として、東北大学機械系における本教育プログラムの実践に対して、平成21年8月、日本工学教育協会より「**工学教育賞・文部科学大臣賞**」が与えられた。これは、本プログラムの成果に対する、最高の客観評価であると受け止めている。

表2:「機械工学フロンティア」受講学生アンケート結果(抜粋)

問. あなたは、どのような動機および達成目標等を持って、本授業科目および研修テーマを選択しましたか?

- ・目標とスケジュールを明確に設定して作業をする体験
  - ・社会で必要になるだろう、チームワークを通じた仕事の進め方を訓練
  - ・一つのプロジェクトをメンバー全員で成し遂げる方法を体験
  - ・協調性や積極的な行動力を向上させたい
  - ・先輩達が作ったものを見て、自分も作ってみたいと感じた
- (その他、個別の研究目標を挙げる人が50%)

問. 本科目で、一番楽しかったこと(うれしかったこと)は何ですか?

- ・実験で新しい現象を確認できたこと
  - ・最終報告会の時に多くの人に来てくれたこと
  - ・自分たちで考え悩みながらも、最初に設定した目標を達成できたこと
  - ・チームで分担して作業を進め、最後に結合してうまく動いたこと
  - ・普段の講義、研究活動では体験できない試験装置をさわれたこと
  - ・作業の結果として出来上がった実物を見ると、やってよかったと感じたこと
  - ・チームメイトとの共同作業が楽しく感じたこと
  - ・最終発表で、一般の人々に興味を持ってもらえたこと
- (その他、個別の研究内容に関して述べる人が30%)

問. 本科目で、一番大変だったこと(つらかったこと、苦労したこと)は何ですか?

- ・性能向上のための試行錯誤
  - ・プロジェクトの方向性について議論がまとまらないこと
  - ・講義や普段の研究活動との両立
  - ・スケジュールを守りながら作業を進めなければならないこと
  - ・予想外のハプニングが出て、計画通りに進めることが難しいことを実感したこと
  - ・グループで役割分担した仕事を統合することの難しさ
  - ・フルサクセスを達成しようと頑張ったが時間切れになったこと
- (その他、個別の研究内容に関して述べる人が30%)

問. 特別講義(第2、3週目に実施)に対する感想

- ・プロジェクトの進め方や物事の考え方を学べた
- ・成功失敗は問題でなく、失敗の質が大事、という言葉
- ・その後のフロンティアやインターンシップ、将来の研究活動で役立つ考え方が多かった
- ・熱意のある講義に、自分のやる気がわいてくるのを感じた

問. 本科目を通して、あなたは何かを得ることができましたか？

- ・チームメンバーとの協力作業で自分の役割を全うした達成感
- ・グループで困難を解決していく体験
- ・人間関係(チームワーク)の構築、コミュニケーション能力の必要性
- ・目標設定等、プロジェクトの進め方、スケジュールの組み方、リスクマネジメント、ミーティング(情報共有)等の重要性を体感したこと
- ・ものづくりの苦勞が具体的に想像できるようになったこと
- ・ものづくりは、やりがいがあることを実感したこと
- ・個々のチームメンバーが持つ考え方や問題解決へのアプローチが異なることを実感したこと
- ・自分の役割に責任感を持って取り組む姿勢が身についたこと  
(その他、個別の研究内容に関して述べる人が 10%)

問. 学外(あるいは海外)での研修活動・フィールド実験の楽しかった点、よかった点、ためになった点

- ・模擬災害現場での実験で、消防隊の人など研究者でない人々の意見を聞くことが出来たこと
- ・他大学の人たちと交流したこと、外国の学生たちと交流できたこと
- ・国によって、文化や考え方が違うことを実体験できたこと

### 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) 実施状況・成果を踏まえた今後の課題が把握され、改善・充実のための方策や支援期間終了後の具体的な計画が示されているか

上述のように、本教育プログラムで目指していた目標は達成されたと考えるが、さらなる改善・充実のために、今後の課題として以下の2点について記す。

##### (a) プロジェクト実践型教育の体系化について

近年、プロジェクト実践型教育(Project-Based Learning)の重要性がうたわれ、さまざまな試みがなされているが、学の立場でこれをどのように体系づけていくかについては、十分には明確にされていない。プロジェクトマネジメントについては、企業における実用的なモデルや、システム工学的なツールが紹介されているが、そもそも創造を行うための手法については、基本原理から演繹された理論体系のようなスタイルになじむものではない。むしろ、数多くのケーススタディ(事例)の中から、共通的な法則を帰納法的に見出していくべきものである。幸いにも、本プログラムでは、非常に数多くのケーススタディを積むことができた。これらの事例を整理することにより、社会へ提供できるような教育上の知見を抽出していくことが今後の課題であり、本教育プログラムを今後も継続していく過程で、その中身をさらに深めていくことが可能であると考えている。

##### (b) 大学院の国際化と博士後期課程の充実

今後のわが国の若年人口の減少を考えると、大学院の定員充足率を維持することは容易ならざることが予想される。上述のように東北大学機械系では、博士前期課程 110%、博士後期課程 100%(平成 21 年度)という充足率であるが、学生の質を維持したままこの状態を保つためには、国外から優秀な学生を受け入れていくことが重要である。そのためには、大学院教育が外国人学生の目から見て、魅力的なものでなければならない。東北大学はグローバル 30 プログラムに採択されており、戦略的に大学教育を英語化し、世界に対して門戸を広げていくプロセスを開始している。本プログラムで充実化を図った教育コンテンツについても国際化が不可欠であり、それを実践していくことが今後の課題である。

なお、そのような取り組みの第一歩として、平成 22 年度には、ヨーロッパの複数の本学協定校の学生

を対象に、Tohoku University Engineering Summer Program (TESP) 2010 - Robotics を計画している。同プログラムでは、海外の学生に対して Hands-on Project を課す予定であり、これは「機械工学フロンティア」の国際化版へ向けての取り組みと位置づけることができる。

大学院が国際化され、多くの外国人学生が入学してくることは、日本人学生にとっても「国際的に切磋琢磨する環境で学ぶ」というよい刺激となる。このような切磋琢磨の環境が、博士後期課程の充実につながるものであるといえる。

#### 4. 社会への情報提供

##### (1) 教育プログラムの内容、経過、成果等が大学のホームページ・刊行物・カンファレンスなどを通じて多様な方法により積極的に公表されたか

- ホームページへの掲載

<http://www.astro.mech.tohoku.ac.jp/MechFrontier/>

において、本プログラムの概要および成果を積極的に公開している。

- 活動報告書、パンフレット等の作成・配布

年度ごとに活動報告書を作成し、理工農系で本GPに採択されている各プログラム代表者をはじめとする大学院教育関係者に送付している。特に、平成20および21年度には、パンフレットを兼ねたカラー刷りダイジェスト版の報告書を各年度3000部作成し、学内イベントや学会、大学、高校などのチャンネルを利用し、幅広く配布を行った。またこれと同じ内容を、上記ホームページにおいても公開している。

- 学内刊行物

本教育プログラムの内容、経過、成果については、以下の学内広報誌等の記事として、定期的に公表を行った。

- 機械系同窓会ニュースレター（年1回刊行）
- 青葉工業会誌（年1回刊行）
- 「まなびの杜」（東北大学季刊広報誌）

吉田和哉，「大学教育の潮流・機械系の新しい教育について」，まなびの杜 No.45，2008 秋号

- 学協会刊行物

以下の学協会刊行物において発表を行った。

- 1) 吉田和哉，「航空宇宙フロンティア」，日本航空宇宙学会誌，Vol.56, No.654, pp.184-187, 2008
- 2) 吉田和哉，「21世紀における機械工学ディシプリン：機械工学フロンティア創成」，日本機械学会2008年度年次大会予稿集，2008.
- 3) 吉田和哉，「文部科学大臣賞：大学院教育改革「機械工学フロンティア創成」の実践」，工学教育，Vol.57, No.6, pp.14, 2009.

- 依頼講演，招待講演

以下の依頼講演，招待講演を行った。（一部予定）

- 1) 吉田和哉，「21世紀における機械工学ディシプリン：機械工学フロンティア創成」，日本機械学会2008年度年次大会特別企画，2008年8月5日，横浜国立大学
- 2) 吉田和哉，「文部科学大臣賞受賞者あいさつ：大学院教育改革「機械工学フロンティア創成」の実

- 践」, 日本工学教育協会年次大会, 2009年8月7日, 横浜国立大学
- 3) 吉田和哉, 「大学院 GP 事例発表: 機械工学フロンティア創成」, 大阪大学大学院G P シンポジウム, 2010年3月8日, 大阪大学
- 4) 吉田和哉, 「東北大学機械系におけるプロジェクト実践型教育の試み」, 東北工学教育協会特別講演会, 2010年5月27日, 東北大学 (予定)
- 5) Kazuya Yoshida, “Projected-Based Hands-on Education in Tohoku University”, 日本工学教育協会年次大会国際セッション, 2010年8月20日, 東北大学 (予定)

## 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) 当該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が得られたか

本教育プログラムでは、東北大学機械系においてこれまで組織的・体系的に実施してきた「専門基盤科目」「専門科目」「修士研修」をベースとする大学院履修カリキュラムに加えて、目的達成型のプロジェクト研修を主眼とする新設科目「機械工学フロンティア」「イノベーション創成研修」を効果的に取り込み、これら全体を通じて、「基礎力」「研究力」「実現力」を体系的に涵養する教育モデルを構築することができたと考える。その成果は、日本工学教育協会工学教育賞・文部科学大臣賞という形で、客観的・社会的にも評価していただくことができた。

東北大学機械系は、128名の教員、54の研究分野、400名超の博士前期課程学生、およそ150名の博士後期課程学生を擁する大規模組織であり、本プログラムは大学院教育改革として日本全国をリードする大きな挑戦であったといえる。社会への情報発信も積極的に適切に行われており、わが国の大学院教育への貢献および、その波及効果はきわめて大きいと考える。

### (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が示されているか

本教育プログラムの特徴は、(a)目的達成型のプロジェクト研修を主眼とする授業科目「機械工学フロンティア」「イノベーション創成研修」を推進し、(b)学生主体の国際交流を組織的に支援することにより、国際社会において活躍できる人材を教育・輩出することであり、本学としてもこの教育活動を積極的に維持・発展させていく所存である。

(a)については、これまで3年間の取り組みを通して、教育実施のためのインフラ整備はほぼ完了しているといえる。「機械工学フロンティア」については平成22年度の授業は既に開講しており、100名弱の学生が受講している状況である。プロジェクト研修を実施していくためには、消耗品費等が定常的に必要となるが、総長裁量経費、研究科長戦略的経費など学内資金を活用することにより、教育活動を発展的に継続していく予定である。

また(b)についても、その重要性は今後も変わることはない。世界リーディング・ユニバーシティを目指す東北大学は、グローバル30プログラムに採択され、また、さまざまな機会を捉えて国際交流のための補助金を得る努力を行っている。(たとえば、工学研究科は「組織的な若手研究者等海外派遣プログラム」に採択。) これらの資金を積極的に活用して、世界と切磋琢磨する環境で大学院生の教育を行うこと、および、学生に最も近い立場で教育を担当する若手研究者を海外に派遣して研究・教育の経験を積ませるなどのプログラムを、推進していく予定である。

## 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

<p>【総合評価】</p> <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>社会において即戦力となりうる「実現力」の育成という教育プログラムの目的に沿って、「機械工学フロンティア」、「イノベーション創成研修」、「国際共同学生プロジェクト」を中心に各取組が着実に進められている。</p> <p>実施された研修テーマとその数の推移、博士後期課程の大学院生の充足、論文発表数の増加、大学院生の評価等のデータから、計画が確実に実施され大学院教育の改善・充実に大きく貢献していると評価できる。特に、研修プログラムが教育プログラムとして定着し教育改善に結びついており、大学院生のアクティビティの増加に結びついている。</p> <p>また、本教育プログラムは、平成 21 年 8 月、日本工学教育協会より「工学教育賞（文部科学大臣賞）」が与えられていることも注目される点である。</p>
<p>（優れた点）</p> <p>機械工学フロンティアには、対象となる 400 名の大学院生のうち 100 名以上が参加しその成果を海外で発表するなど、プロジェクト型実践教育のモデルとなる質の高い取組を実施している。</p> <p>（改善を要する点）</p> <p>成果の学内への波及、本取組の継続・充実のための更なる計画の具体化を期待したい。</p> <p>また、博士前期課程の研究活動とプロジェクト活動のバランス、相乗効果についても検討・検証が望まれる。</p>