

質の高い大学教育推進プログラム 実施状況報告書

| | | | |
|-------------|---|-------|------|
| 大 学 等 名 | 東京工業大学 | | |
| 取 組 名 称 | 新入生科目「機械工学系リテラシー」の革新 | | |
| 申 請 区 分 | 教育方法の工夫改善を主とする取組 | | |
| 取 組 期 間 | 平成20年度～平成22年度（3年間） | | |
| 取 組 学 部 等 | 工学部第4類 | 取組担当者 | 岩附信行 |
| W e b サ イ ト | http://www.3mech.titech.ac.jp/MEliteracy/jp/index.html | | |
| 取 組 の 概 要 | <p>機械系新入生の高校理数系から大学工学系への意識改革を支援する創造性育成授業「機械工学系リテラシー」の継続的革新を図る。具体的に、(1)教育効果の定量的・客観的評価、(2)設計・製造技術の進歩に伴う実習内容の進化、(3)工学理論に根ざして深い考察を誘引する実習の深化、(4)自己を主張し他者を理解するコミュニケーション力の向上、を目的とし、実習内容を革新して教育効果の内部・外部評価を行い結果をフィードバックする。</p> | | |

1. 取組の実施状況等

①取組の実施状況 【1ページ以内】

(1) 取組の実施体制

本取組は、当該組織の工学部第4類主任を代表者とし、教員（教授・准教授）24名、非常勤職員3名からなる運営委員会の下、教員（教授・准教授）21名、技術職員5名、大学院生TA22名が授業を担当している。また、大学本部から、副学長を室長とする教育推進室の支援、経理については研究推進部研究資金管理課研究資金契約グループの支援を受け、取組を実施している。

(2) 取組の実実施計画に掲げた内容

本取組は、創造性育成授業「機械工学系リテラシー」の継続的革新を目的として、教育効果の定量的・客観的評価の実施ならびに工学技術の進歩に伴い、コミュニケーション力向上を目指す実習内容の改革を行う。全体スケジュールとして、教育効果の評価については第2年次に学内外の有識者からなる評価ボードを設立し評価を実施するとともに、実習内容の改革については各年次に2実習、3箇年で全6実習の改革を行う。さらに、国内の新入生教育改革の取組組織との情報交換を行い、その成果発表のために創造性育成シンポジウムを開催する。各年次の主たる実施計画は以下の通りである。

平成20年度：

①評価ボードの設立、②実習「ものの情報を伝える」の革新（3次元CAD/RPによる立体の認識）、③実習「ものを動かす」の革新（環境・エネルギーに関する専門家講義と演習）、④他組織の取組の見学と意見交換（金沢工業大学・東北大学）

平成21年度：

①評価ボード会合と教育効果評価の実施、②実習「ものの形を創る」の革新（運動解析に基づく機械部品設計）、③実習「ものを操る」の革新（マイクロコンピュータによるジャイロ自転車の制御）、④他組織の取組の見学と意見交換（静岡大学・九州大学）、⑤創造性育成シンポジウムの開催

平成22年度：

①評価ボード会合と教育効果評価の実施、②実習「グループで考え発表する」の革新（ディベート実習の導入）、③実習「ものを加工する」の革新（CNC加工機による機械加工実習の導入）、④他組織の取組の見学と意見交換（宇都宮大学・京都大学）、⑤創造性育成シンポジウムの開催

以上の取組に対して、毎年約240名の学生（工学部第4類新入生）と授業担当教職員・TA約50名ならびに運営委員28名が参加している。

(3) 社会への情報提供活動

本取組の活動詳細は公式WEBサイトで常時情報提供している。また、志を同じくし学生の創造性育成の取組を行っている多くの教育組織とともに、創造性育成シンポジウムを開催した。さらに、取組の概要が文部科学時報に掲載されるとともに、(社)日本機械学会、(社)日本設計工学会、(社)日本工学教育協会、OECD-AHELO ワークショップ等の各種講演会における講演発表6件、他組織のGPシンポジウムやファカルティディベロップメント研修会における招待講演2件を行い、情報提供を行っている。

②. 取組の成果 【1 ページ以内】

本取組の直接的な教育活動の実績・成果は以下の通りである。

(1) 教育効果の定量的・客観的な評価

「機械工学系リテラシー」の教育効果の定量的・客観的評価を行い以下の成果を得た。

1) 過去10年にわたる工学部4類所属学生の1年次から卒業までの理工系基礎科目，専門科目などの成績の推移を調査した結果，専門科目の成績平均が上昇していることがわかり，教育効果が定量的に認められた。下左図に，ある学科の入学年度に対する2年次以降の専門科目の平均点の推移を表す。「機械工学系リテラシー」開始後に専門科目の成績が向上していることがわかる。

2) 過去15年にわたる所属学生の留年率を調査し，「機械工学系リテラシー」の開講後に4類学生の留年率が激減していることが明らかになった。下右図に入学年度に対する工学部4類学生の留年率の推移を示す。「機械工学系リテラシー」開講後，さらに本取組開始後に留年率が減少し，学生のモチベーション維持に貢献していることがわかる。

3) 学内外の有識者からなる評価ボードにより本取組の評価・点検を行っていただき，いずれも高い教育効果があること，独創性の高い取組であるとの評価をいただいた。

(2) 工学技術の進歩に併せた実習内容の進化

実習内容・実習機材の進化を試み，下記の改革を行った。

1) 曲面を含む3次元立体の認識・表現能力を高めるために，実習「ものの情報を伝える」について，新たに3次元RP装置を導入し，3次元CADでの機械部品形状の設計と立体試作実習を行い，3次元立体の情報伝達手法の学習を可能にした。

2) プログラブル制御の体験を加えるために，実習「ものを操る」について，新たにマイクロコンピュータによるジャイロ自転車の制御を導入し，制御実習体験を実現した。

3) 運動解析に基づく設計を体験させるために，実習「ものの形を創る」について，運動解析に基づく部品設計の実習を実施し，これまでの強度・振動解析に基づく形状設計に加えた高度な設計実習を可能にした。

4) CAD/CAMの連動を理解させるために，実習「ものを加工する」について，CNCフライス盤とレーザ加工システムによる数値制御機械工作の実習を可能にした。

(3) 単純なものづくりでない工学基礎理論に根ざした実習

実習の工学的背景を深めるために，実習「ものを動かす」において，専門家講師を招聘して，「エネルギー・環境問題を考える」と題して，「電気自動車の開発」，「地球温暖化現象」，「エコ発電の現状と将来」などに関する講演と演習を実施し，“深い思考を誘因するテーマ”を導入できた。

(4) 語学に限らないコミュニケーション力の向上

学生の語学だけでなくコミュニケーションスキルの向上に資するために，実習「グループで考え発表する」において，ディベート実習を導入し，意見の提示，聴取，討論の基本ルールを学ぶ実習を実施し，“他者を理解し，自らを主張するコミュニケーションスキル”を獲得する実習を実践できた。

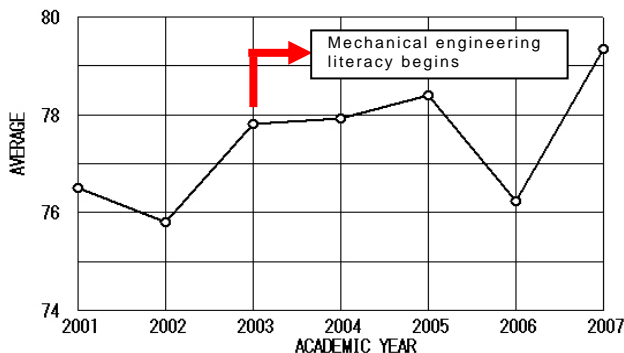
以上，当初計画はすべて実施でき，取組の目的をすべて達成できた。

さらに，本取組の学内外における波及効果は以下のことがあげられる。

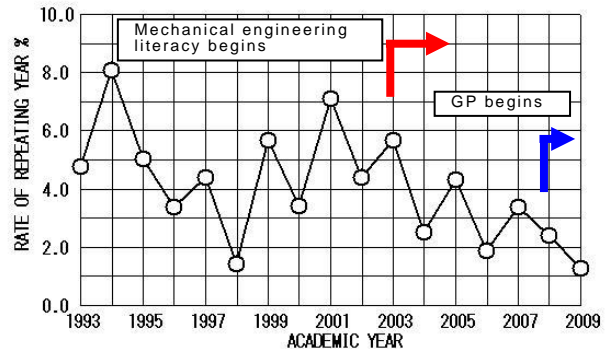
(1) 導入された主要設備，とくに，3次元運動解析ソフトウェア/RPによる設計・試作ならびにCNCフライス，レーザ加工機の加工システムは，学内他組織にも開放されており，各種創造性育成教育に供されている。

(2) 本取組が工学部学生の新入生教育改革として，4類以外の他類の教育改革への刺激となっており，さらに，大学院の新入生教育への展開への刺激となっている。

(3) 本取組の過程，成果は各種学協会や他大学で公表しており，工学部新入生教育の優れたモデルケースとして認知されている。



2年時以降の専門科目成績の推移



工学部4類学生の留年率の推移

③. 評価及び改善・充実への取組 【1ページ以内】

本取組の評価・改善のために、前述した運営委員会委員ならびに授業担当教職員合同の評価・検討会を各学期終了時に開催し、授業実施報告と実施における課題検討、さらには新たな実習企画を行っている。その際、学生の学習成果と満足度などを測るために、実習グループごとに学生に各週の実習経過を記すポートフォリオを作成するなどし、さらに、学期終了時に学生アンケート調査を実施している。学生アンケート調査は、主に（１）実習課題の難易度、（２）実習作業の難易度、（３）実習を通じた機械工学への興味、（４）実習を通じた自然科学の重要性の理解、（５）その他、実習全般に対する意見、からなり、受講学生の意向を十分吸収している。それらの結果に基づく評価・改善の検討は有効に機能している。その主たる改善項目は以下の通りである。

- 1) T Aの教育システムの改善
- 2) T Aの作業服の統一貸与
- 3) 受講学生の作業服・安全靴・安全眼鏡の貸与と定期的洗浄
- 4) 作業工具の整備・更新
- 5) アイデアドロ잉実習の企画・立案
- 6) 運動解析に基づく設計実習の企画・立案
- 7) C N C加工実習の企画立案

さらに、本取組の客観的な評価とそれに基づく改善を行うために、学内外の有識者からなる評価ボードを設立し、取組の報告、意見聴取を行い、さらなる改善に資している。評価ボード委員は以下の通りである。

学外（5名）:

- 梶谷 誠殿（電気通信大学学長）
- 濱口和洋殿（明星大学理工学部長・教授）
- 久保田裕二殿（東芝研究開発センター 主席技監）
- 中野正樹殿（日産自動車 総合研究所 電動駆動研究所長）
- 深堀聰子殿（国立教育政策研究所 高等教育研究部 総括研究官）

学内（4名）

- 齋藤彬夫殿（東京工業大学 理事・副学長）
- 岡崎 健殿（東京工業大学 工学系長・工学部長・機械制御システム専攻・教授）
- 大即信明殿（東京工業大学 元教育工学開発センター長・国際開発工学専攻・教授）
- 二羽淳一郎殿（東京工業大学 工学系教育企画室・土木工学専攻・教授）

これまでに、平成22年3月11日、3月30日、平成23年3月8日の3回にわたり評価ボード会合を開催し、取組代表者からの取組詳細の説明の後、意見交換を行った。その結果、本取組の内容・成果については高い評価を受けるとともに、さらなる改善のための多くのアドバイスをいただいた。主な意見は以下の通りである。

- 1) 本取組の動機については広く認識されるところであり、取組の実施意義は極めて高い。
- 2) 本取組の実施内容等については多少の意見のあるところもあるが、概ね適切である。
- 3) 卒業生が就職した企業に対するアンケートの実施などの本取組成果の評価法なども期待される。
- 4) 工学の展開のために、女子学生に対する取組のアピールも重要である。
- 5) 技術職員の組織との系統的な連携を促進すべきである。
- 6) G P終了後の取組の継続のため、新たな予算獲得の努力も含め、経済的支援が重要である。

これらの意見に基づき、改善対策として以下を実行した。

- 1) 機械系同窓会と連携をとり、卒業学生の創造性評価システム構築の企画・立案を行っている。
- 2) 本取組の概要を含む類紹介パンフレットを作成し、女子高校を含む全国の高等学校に配布、広報活動を展開している。
- 3) 本授業の実習教室である統合創造工房とその主要設備の維持管理を技術部に委託する改善を行った。
- 4) 大学本部に対して、G P終了後の経済支援を申請した。

④. 財政支援期間終了後の取組 【1ページ以内】

本取組は財政支援期間終了後においても、内容の進化を図りつつ継続する。

実施体制については、現在の運営委員会を授業担当教員と授業革新企画担当教員を含めて適宜交替を行う予定である。このことは、当該授業実施の経験ならびに学生のための革新的授業企画の経験という観点から機械系教員全体で分担・体験することに価値があることと捉えている。さらに、取組の評価を行っていただく学内外の有識者からなる評価ボードについても、適宜、委員の交替を行い、常に新鮮なアドバイスがいただけるよう配慮する。

また、現状の実習については、プログラム期間中に革新してきた成果を踏まえて、空白をおくことなく継続実施する。すなわち、(1)ものの情報を伝える：3次元CAD/RPによる設計とアイデアドローイング実習(2)ものの形を創る：運動解析に基づく機構部品設計実習、(3)ものを操る：ジャイロ自転車の製作とアナログ電子回路とマイコンボードによる走行制御実習、(4)ものを加工する：汎用工作機械とCNC工作機械による機械部品加工と加工精度測定実習、(5)ものを動かす：ポンポン蒸気船の設計・試作・航走実習とエネルギーと環境問題に関する専門家講義と演習、(6)グループで考え発表する：ビジネスゲームに基づく問題解決技法とプレゼンテーション実習ならびにディベート実習を実施する。

さらに、実習内容の継続的進化のために、運営委員会メンバーを中核として、現在の各実習について以下の内容改革を企画立案・試行する予定である。

(1) ものの情報を伝える

これまでの実習では、フリーハンドの立体描画を3次元CAD/RPの作画・試作の間にギャップがあり、部品設計における仕様・条件・根幹のアイデアなどの情報を伝達するスキルアップの必要がある。それを可能にするアイデアドローイングと3次元CAD/RPの連動実習を企画・立案する。

(2) ものの形を創る

導入された運動解析ソフトウェアと既存の有限要素解析ソフトウェアの実習を連動させ、機構の運動力学を考慮して、機械要素部品の設計実習を企画・立案する。

(3) ものを操る

これまでのジャイロ自転車に代わる新たな自律移動機構の試作とその運動制御実習を企画・立案する。

(4) ものを加工する

特に2次元、3次元のCNC加工機を活用して、リンク・カム機構による多足歩行機械などの運動機構の部品試作・機構の組立て・駆動試験を行う実習を企画・立案する。

(5) ものを動かす

これまでのポンポン蒸気船に代わる、新エネルギー原理による運動機構の設計・試作を行う実習を企画・立案する。

(6) グループで考え発表する

受講学生に好評なディベート実習の高度化を図るとともに、ビジネスゲームにおける問題解決技法との連携を強化した実習を企画・立案する。

さらに、本授業「機械工学系リテラシー」の教育効果の定量評価に関しては、引き続き工学部4類学生の成績の変動ならびに理工系基礎科目や機械工学系専門科目とくに創造性育成科目の成績どうしの相関についての調査を進めるとともに、卒業生の企業における創造性発揮の能力の評価を行うことを試みる。

さらに、本取組を通じて培った他組織との連携を強化し、適宜、創造性育成シンポジウムなどの情報発信を継続する。

財政措置に関しては、本学工学部機械系学科の法人運営費により充当する予定である。その主たる支出は、TA雇用経費約180万円、工作機械等の実習設備の維持管理費約85万円、実習のための消耗品費約85万円、さらに主たる実習教室の統合創造工房の維持管理を行う非常勤技術職員の雇用経費約300万円の合計年間670万円であり、機械系学科に所属する教員の教育・研究経費の一部を割り、充当する。特に、統合創造工房維持管理のための非常勤技術職員の雇用に関しては、本取組による設備更新の後、その使用・管理体制の確立のための期間2年間程度を予定しており、その後は常勤の技術職員に業務を交替する予定である。総じて、財政的にも本取組の継続は可能であると考えている。

しかしながら、財政的な課題は皆無とはいえない。とくに、本取組継続の財政基盤である大学の法人運営費の経常的な減額である。その中から本取組の経費を捻出しているため、影響は極めて大きい。とりわけ、工学技術の進歩に伴い老朽化あるいは陳腐化していく設備、例えば本取組で使用している工作機械類、パーソナルコンピュータのハードウェアおよびソフトウェアの継続的な更新のための予算確保は至難となる。新しいGPの策定など文部科学省の予算措置が強く望まれる。

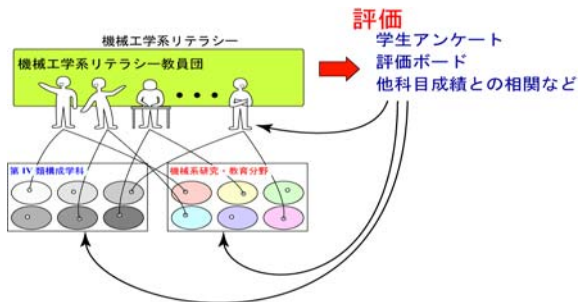
2. 取組の全体像 【1ページ以内】

工学部機械系新入生が高校理数系から大学工学系の教育へのスムーズな接続を支援するための創造性育成実習授業「機械工学系リテラシー」の継続的進化を図るために、下記の4つの目標を設定して、取組を実施した。

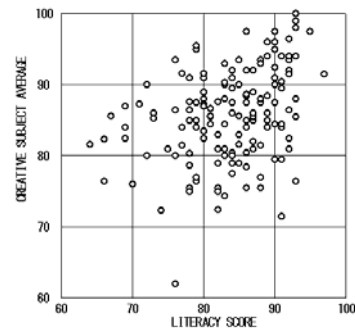
- (1) 教員の自己満足に陥らず、授業の教育効果の定量的・客観的評価を行う。
- (2) 工学技術、とくに設計・製造技術の進歩に伴って実習内容を進化させる。
- (3) 工学理論に根ざして深い考察を誘引するよう実習内容を深化させる。
- (4) 語学力に限定することなく、自己を主張し他者を理解するコミュニケーション力の向上を図る。

まず、目標(1)に対しては、下図に示すように、授業担当教員団に加えて、学内外の有識者からなる評価ボードを設立し、授業ならびに取組の評価をお願いした。教育効果の評価項目としては、特に学生の留年率の推移、「機械工学系リテラシー」の成績と2年次以降の機械工学関連の専門科目の成績の相関を調査し、この創造性育成実習が工学教育に及ぼす影響を調べた。結果として、学生の留年率は6%から1%まで減少し、学生の工学に対するモチベーションの維持に効果があることがわかった。また、授業開講以後、2年次以降の専門科目で平均点で2点以上の向上が見られることが確認された。また、下図に示すように、2年次以降の専門科目とくにロボットコンテストに代表される創造性科目の成績の相関が高いことが確認され、実習授業が創造性育成に貢献していることがわかった。

学内外の有識者からなる評価ボードによる授業・取組の評価については、取組の動機・実施内容について高い評価を受けるとともに、さらなる教育効果の評価方法、取組継続のための財政基盤についてアドバイスをいただいた。

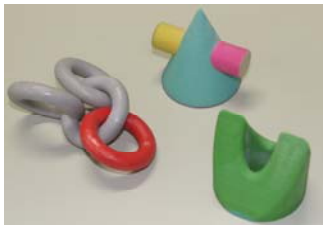


授業・取組の評価体制



機械工学系リテラシーと創造性科目との成績相関

目標(2)については、1) 曲面を含む3次元立体の認識・表現能力を高めるために、実習「ものの情報を伝える」について、新たに3次元RP装置を導入し、3次元CADでの機械部品形状の設計と立体試作実習を行った。2) プログラマブル制御の体験を加えるために、実習「ものを操る」について、新たにマイクロコンピュータによるジャイロ自転車の制御を導入した。3) 運動解析に基づく設計を体験させるために、実習「ものの形を創る」について、運動解析に基づく部品設計の実習を実施した。4) CAD/CAMの連動を理解させるために、実習「ものを加工する」について、CNCフライス盤とレーザ加工システムによる数値制御機械工作の実習を行った。以上の革新された実習の様子を下図に示す。



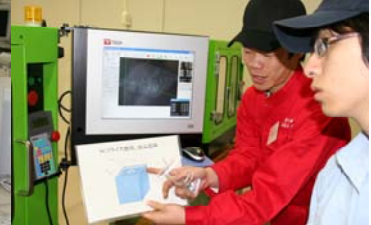
ものの情報を伝える



ものを操る



ものの形を創る



ものを加工する

革新した実習の様子

目標(3)については、実習「ものを動かす」において、環境・エネルギー分野の専門家講義と演習を行い、深い思考を誘因する実習を達成した。また、目標(4)については実習「グループで考え発表する」において、ディベート実習を追加し、自己を主張し、他者を理解する、技術者としてのコミュニケーションスキルを付与することができた。

以上のように、当初計画の教育改革はすべて達成され、その成果は公式WEBや各種講演会ならびに主催した創造性育成シンポジウムで公開しており、高く評価されている。さらに、本取組は、財務支援終了後においても、担当教員の所属する機械系学科群の法人運営費により措置して、継続する予定である。