

機械工学分野

第1節 機械工学教育における学士力の考察

機械工学は、安全・安心で持続可能な社会生活の向上を目指して、人間や社会に有益な機械・システムを提供し、活用できるようにすることを使命としており、産業基盤から身のまわりに至るあらゆる領域の技術革新に強い影響を与えている。

科学技術の急速な発達、社会のニーズの多様化、生活の質の向上が求められる中で、これからは自然との調和、利用者の視点に立った「モノづくり」「システムづくり」に安全性や倫理性が強く求められている。

これらの要求に応える機械工学教育は、機械工学の基礎的な知識と技術の修得とともに、周辺の関連分野の知見、地球環境への配慮及び社会からのフィードバックなどを含む多面的な観点から、社会の変革に関与できる人材育成を目指す必要がある。今後は機能面だけではなく社会・人間への精神面での影響をも考慮したイノベーション的発想ができる教育が望まれる。

そこで、機械工学教育における学士力の到達目標として、以下の四点を考察した。

第一に力学系、熱・エネルギー系、材料系、制御系、数理・情報系などの基礎知識を理解し、機械・システムを解析・設計できること、第二に機械・システムを製造するための基礎知識や情報基礎技術を理解し、それらを設計課題の成果物の試作に利用できること、第三に技術者として、自然との共生、安全性や倫理性などに十分配慮することができること、第四に人間や社会に有益な機械・システムの提案ができることとした。

【到達目標】

- 1** 力学系、熱・エネルギー系、材料系、制御系、数理・情報系などの基礎知識を理解し、機械・システムを解析・設計できる。

ここでは、様々な機械製品の開発、保守や関連する問題を解決するために必要な基礎知識を修得させねばならない。そのため、機械系と数理・情報系の主要な専門分野の全体像を把握した上で各分野の基礎技術を学ばせ、主要な機械・システムの原理や仕組みを説明できるようにする。その上で、基本的な課題に対し、必要となる機械・システムを自ら解析し、設計できることを目指す。

【コア・カリキュラムのイメージ】

数学・物理・化学・情報の基礎、材料・機械・流体・熱力学、エネルギー変換工学、材料工学、計測・制御工学、メカトロニクス、数値計算法、プログラミング、機械設計法、CAD*・CAE*など

【到達度】

- ① 機械工学における基礎的な知識を用いて、機械・システムの原理や仕組みが説明できる。
- ② 基礎的な課題に対して、機構設計、機能設計、強度計算、図面作成ができ、そのプロセスでCAD・CAEの技術を利用できる。

【測定方法】

- ①は、筆記試験、面接試験、プレゼンテーション、ディスカッションなどにより確認する。
- ②は、基本的な機械・システムの設計課題に取り組みせ、その解決法、解決プロセス、成果物などにより確認する。

【到達目標】

- 2** 機械・システムを製造するための基礎知識や情報基礎技術を理解し、それらを設計課題の成果物の試作に利用できる。

ここでは、要求に基づいて機械・システムを具体化するために知識や技術を体系的に修得させねばならない。そのため、基本的な機械・システムの製造プロセスを体験させ、加工、製造の基礎知識と関連付けさせた上で、現実の課題に活用できる技術として修得させることを目指す。

【コア・カリキュラムのイメージ】

加工学、機械要素、設計・製図、工作実習、CAM*など

【到達度】

- ① 設計した機械・システムを試作・製造するための方法やプロセスを立案できる。
- ② 工作機械、CAMなどの技術を用いて設計課題の成果物を試作し、その評価ができる。

【測定方法】

- ①は、そのための方法やプロセスを立案させ、報告書やプレゼンテーション・質疑応答などにより確認する。
- ②は、設計したものを試作させ、その過程や成果物により確認する。

【到達目標】

3 技術者として、自然との共生、安全性や倫理性などに十分配慮することができる。

ここでは、作り出した製造物が社会に大きな影響を与えていることを理解させて、環境破壊や災害・事故を引き起こすことを防止するためのリスクアセスメントを理解させねばならない。そのため、機械・システムの自然・社会との適応性、倫理性、安全性に配慮することの重要性を実例をあげて分かりやすく説明できることを目指す。

【コア・カリキュラムのイメージ】

環境工学、安全工学、技術者倫理など

【到達度】

- ① 環境面・安全面・倫理面に関する知識や考え方を理解できる。
- ② 具体的な機械・システムの設計に環境・安全・倫理などの観点を反映できる。

【測定方法】

- ①は、筆記試験や口頭試問などにより、基礎的知識を確認する。さらに、機械・システムについて自然・社会との適応性、倫理性、安全性に対する意見を述べさせ理解度を確認する。
- ②は、機械・システムの設計・評価の結果を通して確認する。

【到達目標】

4 人間や社会に有益な機械・システムの提案ができる。

ここでは、安全・安心で持続可能な社会・生活の向上に有用な機械・システムを発想・提案できるようにするため、関連分野の知見を統合し、より良い機械・システムを創り出すための思考法・発想法を修得させねばならない。そのため、常に身のまわりの機械・システムなどが社会の要請に合致しているか否かを考察させ、その適合性の評価に基づいて改善策に発展できることを目指す。

【コア・カリキュラムのイメージ】

課題調査研究、卒業研究、インターンシップなど

【到達度】

- ① 身のまわりの機械・システムに関し、問題点や課題を把握できる。
- ② 問題点や課題に対する改善案や代替案を提案できる。

【測定方法】

①と②は、問題点や課題について調査・研究させ、面談、プレゼンテーション、ディスカッション及び学外の専門家の評価などにより確認する。

第2節 到達目標の一部を実現するための教育改善モデル

機械工学教育における教育改善モデル【1】

上記到達目標の内、「力学系、熱・エネルギー系、材料系、制御系、数理・情報系などの基礎知識を理解し、機械・システムを解析・設計できる」を実現するための教育改善モデルを提案する。

1. 到達度として学生が身につける能力

- ① 機械工学における基礎的知識を用いて、機械・システムの原理や仕組みが説明できる。
- ② 機構設計、機能設計、強度計算、図面作成ができ、そのプロセスでCAD・CAEの技術を利用できる。

2. 改善モデルの授業デザイン

2.1 授業のねらい

機械系学科では、その有用性と重要性からコンピュータ支援技術の利用度が高まりつつあるが、力学モデルや数値計算の考え方などを十分理解できないまま使用することで、エンジニアリングセンスを十分養うことができない。

ここで提案する授業では、この問題を解決する一つの方法として、コンピュータ支援技術の有用性と重要性を認識させ、簡単な構造解析プログラムの設計・作成を通じて解析実習を行う中でコンピュータ支援技術を実践的に使用する基礎力を身につけさせる。

2.2 授業の仕組み

ここでは、初年次の力学などの基礎科目からプログラミング、設計系科目、卒業研究に至るまでの4年間を通じた連携教育の仕組みが必要である。その上で、コンピュータ支援技術の重要性を認識させながら、座学・実習などを含めた統合的な学修を行い、基礎的な知識・技術の定着を図り、プロジェクトや卒業研究などを通じて到達度を評価する(図)。

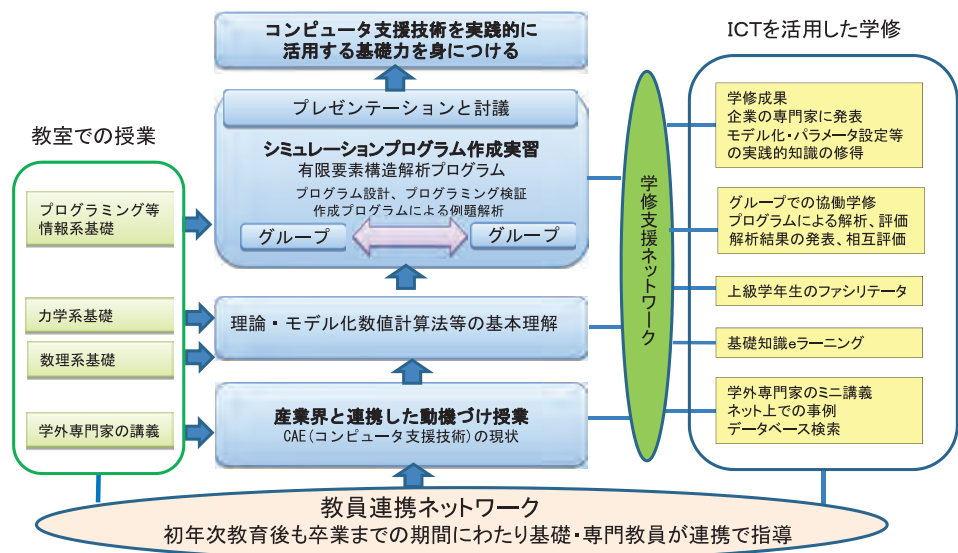


図 授業の仕組み

2.3 授業にICT*を活用したシナリオ

以下に授業シナリオの一例を紹介する。

- ① 産業界での様々な機械製品の開発のなかでのコンピュータ支援技術の利用例などを学外の専門

家のミニ講義、ネット上での調査・発表などを通じて理解させ、学びの動機付けを図る。

- ② モデル化や数値計算法などのコンピュータ支援技術の基本的な考え方を座学やeラーニング*で学ばせる。
- ③ グループを編成し、簡単な課題を設定して、プログラムの設計・作成を行わせる。
- ④ このプログラムを用いて、学生が興味を持つ問題の解析を行わせ、結果をネット上で報告させ、相互に評価させる。
- ⑤ ネットなどを通じて学外専門家の意見・助言を受け、振り返りを行わせ、学修成果に反映させる。

2.4 授業にICTを活用した学修内容・方法

以下に学修内容・方法の一例を紹介する。

- ① 有限要素法を用いて設計している企業現場からミニ講義による情報提供を受け、それをデータベース化して学びの動機付けを行う。
- ② 簡単なトラス構造を例にとり、有限要素構造解析プログラムを数名のグループで作成させる。
- ③ 作成したプログラムを用いて、身のまわりの簡単な構造物の解析を行わせ、その結果に対する評価をネット上でグループ間相互に行わせる。
- ④ 上記の結果に対して、現場で実際に使用している専門家から意見を受け、モデル化やパラメータの設定方法などに関する知識を身につけさせる。

2.5 授業にICTを活用して期待される効果

- ① コンピュータ支援技術が機械製品の設計に利用されている現状を理解し、学ぶ意欲を高めることができる。
- ② グループ内で協力しながら、プログラムの作成とそれを使用した解析実習を行うことで、コンピュータ支援技術の基礎力を自ら実践的に身につけることができる。
- ③ 学修成果をネット上に掲載し、相互評価することで多面的な学修効果が期待できる。
- ④ ネットを通じて学外の専門家の評価を受けることで学びの振り返りを行い、自らの継続的な学修につなげることができる。

2.6 授業にICTを活用した学修環境

- ① 企業現場からのミニ講義と解析事例のデータベースの構築が必要である。
- ② 企業のコンピュータ支援技術をWebなどを通じて検索できる産学連携の環境が必要である。
- ③ プログラムの作成や解析実習を支援するファシリテーター*として、企業の退職者を含む技術者と学生目線のファシリテーターの併用が必要である。

3. 改善モデルの授業の点検・評価・改善

この改善モデルの点検・評価は、各種の授業評価活動を通じた学生の達成度データをもとに担当教員間で行う。改善は、基礎科目と専門科目の教員が連携してキャリア形成や生涯学修につなげるようにカリキュラムの在り方を含めた見直しを行う。

4. 改善モデルの授業運営上の問題及び課題

- ① 4年間の学びを通してコンピュータ支援技術の基礎力を身につけさせるため、関連科目間及び教員間の連携の仕組みを大学として構築する必要がある。
- ② 学びを支援するファシリテーターを大学として雇用する制度が必要である。
- ③ ミニ講義や事例などのデータベースの構築、教材開発、学外専門家による学生の成果発表の評価など、大学間や産学連携での学びを支援する仕組みが必要である。

機械工学教育における教育改善モデル【2】

上記到達目標の内、「人間や社会に有益な機械・システムの提案ができる」を実現するための教育改善モデルを提案する。

1. 到達度として学生が身につける能力

- ① 身のまわりの機械・システムに関し、問題点や課題を把握できる。
- ② 問題点や課題に対する改善案や代替案を提案できる。

2. 改善モデルの授業デザイン

2.1 授業のねらい

最近の機械工学系教育では、教養科目と専門科目、専門科目間の関連付けが弱く、このため社会・環境や安全・安心に配慮したモノづくり教育が十分になされていない傾向がある。

ここで提案する授業では、実社会における機械・システムの仕組みやその課題を十分に理解するとともに、様々な観点からのベネフィット・リスクアセスメント*を通じて、環境にやさしく社会に有益な機械・システムを提案できることを目指す。

2.2 授業の仕組み

ここでは、機械工学系の基礎知識と情報基盤技術を設計課題の試作に応用できる素養を身につけ、技術者倫理を修得していることを前提とする。その上で、モノづくりの過程において社会・環境や安全・安心へ十分に配慮し、機械工学の基礎知識を活用できるようにするため、学内外の様々な分野と連携して課題を抽出し、その解決策から課題解決に向けた議論、評価を実践する。併せて地域社会や国際社会からの意見も取り入れることで、身のまわりの機械・システムに関する課題や安全対策を提案できる力を身につけさせる（図1）。

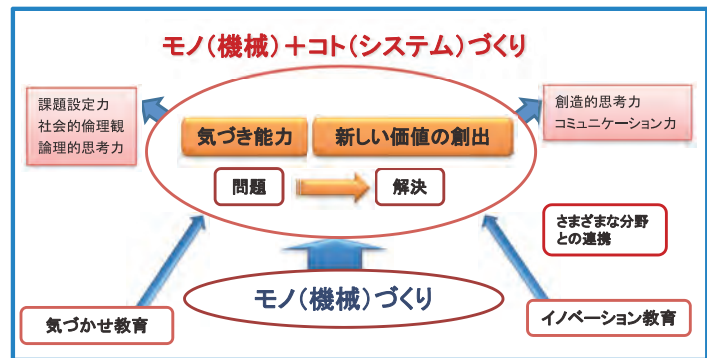


図1 授業の仕組み

併せて地域社会や国際社会からの意見も取り入れることで、身のまわりの機械・システムに関する課題や安全対策を提案できる力を身につけさせる（図1）。

2.3 授業にICTを活用したシナリオ

以下に授業シナリオの一例を紹介する（図2）。

- ① 少人数グループを構成し、身のまわりの機械・システムに関して問題点や課題を抽出させる。
- ② 抽出された課題に対してグループ内で議論させ、安全対策に必要な機械・電気・制御工学などの基礎知識を適切なタイミングで理解させ、基礎知識と実学との関連付けを意識させる。
- ③ 改善案を検討する上で、必要な関連分野の最新情報をネットなどで調査させ、改善策をまとめさせる。
- ④ 学生の提案した改善策について、

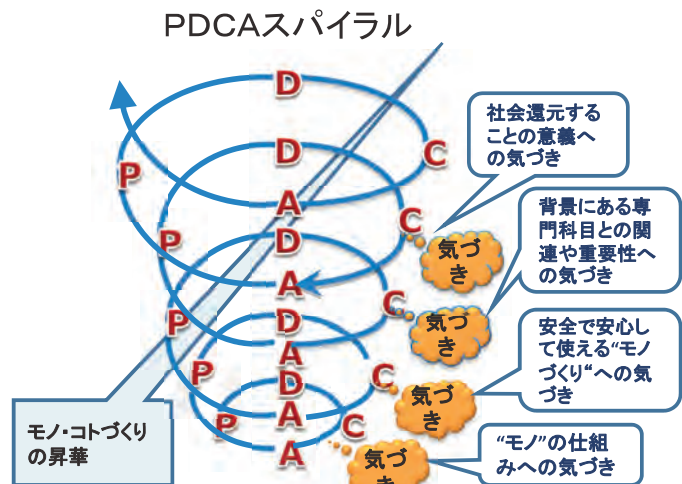


図2 授業にICTを活用したシナリオ

対面やネットを通じて様々な分野や観点から専門家の意見を取り入れ改善案や代替案を再検討させる。

- ⑤ 達成度を評価するために定期的な中間報告会を実施し、教員や外部専門家に加えて地域社会や国際社会の意見も取り入れ、より現実的な対策・改善案に結び付ける。

2.4 授業にICTを活用した学修内容・方法

以下に学修内容・方法の一例を紹介する。

- ① グループや協働で身のまわりの機械・システムに関する課題の検討を行ない、人や自然との共生に配慮した改善案を検討する上で必要な関連分野の最新情報をネットなどで調査させる。その上で課題の要因分析と抽出を通じて基礎知識と実学との関連付けを行わせる。
- ② 抽出された課題をマインドマップ*などの思考支援ツールを活用してグループで議論を行い、課題の明確化と対策のアイデアを検討させる。
- ③ 課題の検証のために、数値解析ソフトや計測・信号処理ソフトを活用し、現象分析を実施させる。
- ④ 改善策の提案は、学修ポートフォリオ*やガントチャート*でまとめさせ、学内での相互評価やネットでの中間報告会を通じて外部の専門家の意見を聞く中で振り返りを行わせる。
- ⑤ 到達度の評価は、学修成果をネット上に公表し、学外の専門家や地域社会、国際社会の意見も取り入れて行う。

2.5 授業にICTを活用して期待される効果

- ① 実際には訪問調査が難しい企業現場の情報をICTを活用して調査することで、現場実態を踏まえた課題検討や改善策の提案が可能になる。
- ② ICTを活用して多様な分野の専門家と議論、評価を受けることで、モノづくりの過程における社会・環境や安全・安心へ配慮することの重要性を理解させることができる。
- ③ 課題の調査から改善策にいたる対面やネット上でのグループ学修を通じて、プロジェクト実践力の向上が図れ、要因分析、可視化、情報共有化などの手法の活用力を高めることができる。

2.6 授業にICTを活用した学修環境

- ① 統計解析ソフト、思考支援ツール、数値解析ソフト・CAE、計測・信号処理用ソフト、計測機器、ネットコミュニケーションツールなどの環境が必要である。
- ② 学外の専門家や地域社会と連携のためのプラットフォーム*が必要である。

3. 改善モデルの授業の点検・評価・改善

この改善モデルの点検・評価・改善は、授業の内容やマネジメント・教育効果などについて、担当教員が他分野の教員と外部の専門家の意見も取り入れて行う。また、必要に応じて外部のコンソーシアムの意見を考慮に入れ、プロジェクト授業の目的・進め方、産学連携・大学間連携による教授陣構成などについて改善を図る。

4. 改善モデルの授業運営上の問題及び課題

- ① 授業時間以外にも学修を可能とするICT環境と最新の計測機器、実験設備が共存する作業場所を整備する必要がある。
- ② 学外の専門家との組織的連携や産官学の協力体制を推進する取り組みが必要になる。
- ③ 社会的に有為な機械技術者を輩出するため学内外の専門家と共通認識となるインストラクショナルデザイン*の開発と達成度評価指標の確立が必要である。

第3節 改善モデルに必要な教育力、FD*活動と課題

【1】機械工学教員に期待される専門性

- ① 豊かな人間社会を実現するための機械・システムなどに、強い使命感と倫理観を有していること。
- ② 自然現象、社会活動、経済活動などの観点から、機械・システムの構築を複眼的・統合的に捉えることができること。
- ③ 他の専門領域や地域社会と連携し、協働して課題に取り組ませられること。
- ④ 社会インフラとしての機械・システムの重要性を気づかせ、興味・関心を持って、主体的に取り組ませられること。
- ⑤ ICTなどの教育技法を駆使して、参加・実践・発信型の教育ができること。

【2】教育改善モデルに求められる教育力

- ① 当該授業のカリキュラム上の位置付けを十分に理解させ、教育方針に沿った授業を実施できること。
- ② 他分野との関連付けの重要性を社会の実践例などから理解させられること。
- ③ モデル化や数値計算法の重要性を十分に認識させ、実施させられること。
- ④ プログラムの開発やコンピュータ支援技術の利用に関して十分な経験を有し、論理的・実践的な指導ができること。
- ⑤ 適切な課題を抽出し、プロジェクトを構築・実践するマネジメントができること。
- ⑥ 学外の専門家・研究者・教員などの協力を得るためにコーディネートができること。
- ⑦ 目的達成のためにコミュニケーションツールとしてICTを有効に利用させられること。
- ⑧ 学修の振り返りの場を適切に設定し、学生とともに学ぶ意識を持つことができること。

【3】教育力を高めるためのFD活動と大学としての課題

(1) FD活動

- ① 学修目標に対する学生の意識・動機づけを行い、主体性を引き出し伸ばす工夫が必要である。
- ② 教員間の連携のもとに、授業内容とカリキュラムポリシーとの整合性の確認を継続的に行う必要がある。
- ③ 基礎の担当教員と応用科目の教員間で協働して学修支援を考察する場を定期的に設ける必要がある。
- ④ オープンな授業参観や教育方法研究会などを持ち回りで定期的に行い、授業改善案を作成し、学内に公表する仕組みを設ける必要がある。
- ⑤ 内外の会議で積極的に発表や討論を行い、エンジニアリングセンスを高める必要がある。
- ⑥ 外部評価による振り返りを行わせる指導法について、専門家を招くなどの研究会を実施する必要がある。

(2) 大学としての課題

- ① FDの専門家を大学として育成する必要がある。
- ② FD活動の基盤情報を充実するために、授業の録画、教材コンテンツ作成、ネット上のディスカッションなどを大学として積極的に支援・推進する組織と財政的支援が必要である。
- ③ 大学を超えた組織で教育改善に取り組むために、ICTを用いた教育方法、教材、評価方法・基準などのプラットフォームを整備する必要がある。
- ④ 学修ポートフォリオとティーチングポートフォリオ*を実効あるものとするために、大学としての取り組みと支援が必要である。