機械工学教育の授業

1．コア・カリキュラムを意識した教育の到達目標

機械工学系における教育の目標は、社会的に有用な高品質の製品を研究、開発、設計、製造するために必要な基礎学力、応用技術を養成するとともに創造性を高め、機械工学関連分野での問題の発見、解決に取り組むことのできる技術者を養成することである。

教育目標を達成するための到達目標としては、現象等を的確に表現するためのモデルを設定し、モデルを用いて解析・結果を出すことができる能力の習得、得られた結果をもとに工学的判断ができる能力の習得、これらを前提に工業製品の開発・研究を行うことのできる能力の習得、製品開発・研究に関して統括的に考えることのできるセンスの養成が必要となる。また、併せて専門基礎知識の習得、関連の演習問題を解くことができる能力の習得、関連の図書・文献を調査・理解できる能力の習得、さらに、技術者倫理、コミニュケーション・スキル、知的財産に関する知識の習得も必要である。

本協会の機械工学教育ＩＴ活用研究委員会では、到達目標を検討するため、機械工学教育におけるコア・カリキュラムを設定した。詳細は資料編に示すが、このコア・カリキュラムは、専門基礎科学、専門基礎技術、専門数理基礎、および技術者として必要な社会通念や感性を取得するための知識に大別して作成されている。

2．教育現場での課題

（1）学生側の課題

① 基礎学力の低下、興味やモチベーションの低下、集中力・忍耐力の低下、学生の気質の変貌などがあげられる。基礎的な勉学時間の減少やゆとりの教育の影響により、最近は学力の低下や集中力・忍耐力の低下が著しい。また、入学しようとする分野の興味やモチベーションも非常に低くなってきている。

② さらに、学生の資質が大きく変貌してきており、最小努力で最大の効果を狙うような価値観を持つ学生が増えてきている。卒業単位ぎりぎりで卒業したり、苦労はするが実りの大きい研究室は避けたりする。自分の学力・実力を上げることよりも、GPAの点数を上げることに奔走する学生が多くなってきている。その結果、教員が求める能力が学生の身に付いていないことが多く、両者のギャップが拡大しつつある。

③ これらの課題を克服するためには、学生に演習や実習およびグループ学習等、実際に作業をさせる中で学習指導することが有効であるが、これも授業時間の制約から難しいのが実情である。

（2）大学側の課題

① 危機意識を持った教員は多いが、実際に教育的工夫を行っている教員は少ない。教育努力に対応した成果が顕著に現れないことも原因の一つであるが、個々の教員の教育に対する評価体制が明確でないことにも大きな原因がある。

② 教育は、教員の重要な職務であると認識しない限り、この問題は解決されない。教員および大学管理者がこの考え方の共通の土俵に立って、ファカルティ・デベロップメントが達成できる体制を確立していくことが重要である。また、大学として教員と職員が協調した教育体制を整備していくなど、特にソフト面での整備が急務である。

3．教育改善のための授業設計・開発・運営の方向性

理工系の教育では、図１に示すように、教員がテキスト等をもとに板書を用いて講義し、学生はノートを取り、与えられた課題等を行う方式が一般的である。最近では、必要に応じＯＨＰ、パワーポイント等のマルチメディアが利用されることも多いが、授業の進行速度が速くなるので、ノートが取れない、ついていけない、眠くなる等の現象を引き起こし、かえって学習効率が低下している面もある。これには、学生の興味やモチベーションの低下、集中力・忍耐力の低下も大きく関与している。

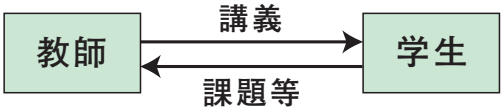

図１　従来型教育

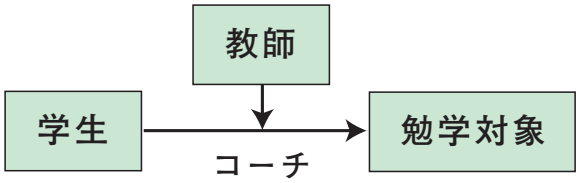

図２　協調型教育

これらを改善するためには、例えば１回の授業を幾つかの小テーマに分割し、短時間の講義をした後、その内容を学生に整理・総括させる作業の繰り返し、小テストの実施、常に何かの作業をさせながら授業を進行することが有効であることが分かってきた。また、ＩＴを利用することにより、これを支援することができることも分かってきた。

これをさらに進めると、図２に示すように、学生が勉学対象に対して常に自主的に学習できる状況を設定できれば、非常に有効であると考えられる。ここでは、教員は、学生に対し一方的に講義を行うのではなく、自主的学習をコーチングする役割を果たしながら教育することになる。ｅラーニングやインターネット等のＩＴ技術は、これを支援する上で非常に有効である。教員と学生が相互に交流することになるので、協調型教育と呼ぶことができる。

これらを前提に、教育改善のための授業設計・開発・運営の方向性を示す。

（1）導入教育

専門教育を行う前提として、基礎学力が非常に重要である。必要な学力レベルに達していない学生には、可能ならば入学前教育をすることが望ましい。また、入学後も必要な学力レベルに達していない学生には、導入教育を行うことが必要である。高校で選択しなかった科目について、大学での学習についていくための最低限の学力を持たせたり、選択したが十分な学力を有しない者の学力を一定レベルまで引き上げるには、ビデオ教材等の利用が有効である。入学後教育では、ｅラーニングシステムの利用が有効である。

（2）モチベーション向上策

大学教育では、入学直後の動機付けは非常に大切である。調査によると、１年生でモチベーションが高くなり、学習の意欲と習慣がついた学生は、上級生になっても学習意欲が持続し、目標に対する達成度が高いようである。そのため方策としては、

① 入学直後に大学での授業がどのように役に立つかの例示を授業で行う。
② 産業界や社会と連携した授業を実現し、産業界や社会との繋がりを明示する。
③ モチベーションを鼓舞するため、専門家による豊富な経験をミニ講義として導入する。

などの方法が有効であり、実社会の専門家による現場情報、体験情報などをデータベース化するし、授業の素材として共有・利用できるようにアーカイブ化することが重要である。

（3）理解を深め強く印象に残る授業方法の工夫と実施

最近の学生は、集中力や持続力が低くなってきているので、それを高めるために、次のようなＩＴを利用した各種メディアやシステムを整備利用することが有効である。

①　パワーポイント教材、静止画、動画、シミュレーションソフトの利用

分かりやすいパワーポイント教材、静的なものには分かりやすく色分けされた静止画、動くものには代表的な動きを説明するための動画、パラメータにより異なる現象にはパラメータを変更してシミュレーションが可能で、必要に応じて結果を静止画、動画で示すソフトなどの利用が有効である。

②　ＩＴ教材の共同開発・共同利用体制の整備

ＩＴ教材の作成は、多くの労力と時間を要するので、共同開発・共同利用体制を整備することが重要である。機械工学教育ＩＴ活用研究委員会では、各自が作成したパワーポイント教材、静止画、動画、シミュレーションソフト等のコンテンツを拠点校に自動登録し、インターネットを介してオープンに利用し合うことを目的に、Webサイトによる機械工学教材データベースの開発・整備を行っている。（http://www.juce.jp/senmon/kikai/database/index.html）により利用することができる。）

③　ｅラーニングシステム

学生一人々の理解度に温度差があることと、単位の実質化を図るため教室外での自学自習を徹底するには、ネットワーク上で自学自習が可能な習熟度を考慮したｅラーニングシステムが必要である。それには、学生が理解度の程度を自己診断できる小テスト機能、理解できない部分をフォローアップするためのコンテンツ、学習状況を把握する機能、教員による個人指導などの機能が必要となる。

（4）学習意欲を喚起、持続・向上させるための方策

学生の気質等を配慮して、学習意欲を高め、持続・向上させて行くには、教員をコーチとする協調型教育が教育効果を上げると考えられる。学力の確認と学力の補習は、習熟度別方式を採用することで実効を上げることができる。授業の内容をビデオに収録し、習熟度別に編集して補習に用いるなどは有効な方策である。基礎学力を修得した３年・４年の学習では、座学と体験を組み合わせた授業が必要である。実社会と連携したプロジェクト型学習、チーム学習において、学生自身に不足している学習を気付かせ、自発的学習を誘導するとともに、学びの重要性および社会での通用性を認識させることで、学習意欲の持続・向上が可能となる。また、併せて卒業後の進路や実務教育との連携のために、授業と連動したインターンシップ、資格取得等が有効である。

（5）授業後のモチベーション向上策

各授業では、授業終了後にその授業が実際に使われている場面や学習で得た内容をより発展させて行くための情報を提示することが、モチベーションアップや学習成果の持続のために有効で、そのためのWebサイトの構築が望まれる。

（6）評価方法

教育は教員の職務であることを認識して、教育を行わせることが重要である。それには、次のような具体的な評価法を確立していくことが重要である。

① 学生の成績評価法

図１の従来型教育では、試験の結果のみによって学生の成績の評価を行っている例が多い。図２の協調型教育では、学生の授業参加や実際の成長をもとに多元的な尺度で評価することが重要である。ｅラーニングシステムによる小テストの結果、質疑応答の内容、学習成果などが考えられる。学生の成績評価は、実際に学生の学力を付けていくためのファカルティ・デベロップメントの一環ととらえ、これにより教育効果を測定し、常に教育方法を見直し・改善していくことが重要である。

② 教育内容の質の評価・保証

学生による授業評価、教員による相互評価、学外の専門家による評価が重要である。教育の対象は学生である。授業に対する学生からの声に耳を傾けることは非常に大切で、授業アンケートを通して、学生からの意見を真摯に受け止め、常に学生のニーズも意識しながら授業を行うことが重要である。また、教授法の点検に関しては、自分では気づかないことが多いので、内容が分かる同僚教員数人でグループを構成し、お互いの授業をモニターしてフランクに意見を言い合える体制をつくることが重要である。また、授業内容の質の保証をするために、学外の同じ分野の教員からなるピア・レビューによる相互評価体制を設け、常に改善を心がけていくことが必要である。

４．ＩＴを活用した授業モデルの事例紹介

産学連携による数値計算技術の遠隔授業

１．授業のねらい

この数値計算技術の授業は、大学で学んだ有限要素法、機械力学、設計など数値計算技術が、社会で実際にどのように役立つかを知り、学習意欲や職業意識を高めることを目的とした共同実験授業である。企業の第一線技術者と豊かな経験を持つ退役技術者により、数値計算技術を用いた製品開発の現状と実際経験について産学連携によるミニ講義を行った。また、本協会の機械工学教育ＩＴ活用研究委員会が、授業での共同利用を目的として構築している教材データベースについて、授業で相互利用する実験もあわせて行った。

２．授業のシナリオ

この授業は、ネットワークによる遠隔合同授業で、４大学（上智大学、武蔵工業大学、金沢工業大学、神奈川工科大学）の３、４年生を対象とした６０分間の実験授業とした。表１は、授業シナリオをまとめたもので、産学連携ミニ講義、大学間共同利用の私情協教材データベースの事例紹介、質疑応答等で構成されている。

表1　産学連携の4地点遠隔授業の概要

内　容	講　師（敬称略）
本実験授業の趣旨説明	上智大学教授　曽我部潔
産学連携ミニ講義 「製品開発と機械工学」 「工業製品の開発と数値計算技術」 「鉄道構造の開発と数値計算」	 本田技研元副社長　篠崎隆 神奈川工科大学教授　田辺誠 鉄道総合技術研究所室長　松本信之
教材コンテンツの大学間共同利用 私情協教材データベースと数値計算事例の紹介 事例紹介「パラボラアンテナと新幹線の解析」 事例紹介「自動車の衝突」 事例紹介「デザードシステムの運動解析」 事例紹介「原子レベルのシミュレーションによる金属材料の塑性変形」	 上智大学教授　曽我部潔 神奈川工科大学教授　田辺誠 武蔵工業大学教授　森沢正旭 上智大学教授　曽我部潔 金沢工業大学教授　高野則之
質疑応答とまとめ	司会：神奈川工科大学教授　田辺誠

3．ＩＴ活用の詳細

(1) 遠隔授業の情報環境

４地点遠隔授業では、商用のＴＶ会議システムを用い、上智大学をキーステーションとして４大学の教室をBフレッツ回線で結び、互いに双方向送受信を行った（図１）。各教室では、４教室の様子を４分割表示するスクリーン（図２）と、講演者や講演に使用の画像(パワーポイントファイル等)を表示するスクリーンを並列使用して、４会場の全体の状況と講義の状況を同時表示した。

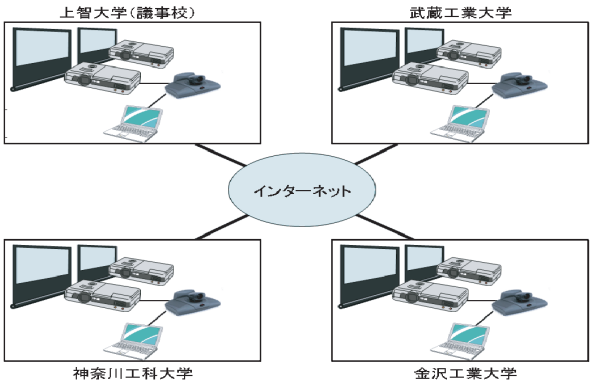

図１　4地点遠隔授業で用いたTV会議システム

図2　4教室表示の4分割スクリーン（右上）とネットワークを通して講師に質問する学生

(2) 産学連携ミニ講義

産学連携のミニ講義では、本田技研元副社長篠崎隆氏から、製品設計のポイントとその中で機械工学の果たす役割を本田技研でのオートバイの開発技術者としての経験をもとに、ネットワークを通して４教室の学生にわかりやすくミニ講義された（図３）。次に、鉄道総合技術研究所構造力学研究室長 松本信之氏から、新しい鉄道軌道の開発における数値計算技術の利用について、実際の計算事例を見せながら、わかりやすく紹介が行われた。ここでは、数値計算技術によって開発中の耐震性能を向上させた軽量高剛性の次世代高架橋のカラー写真（図４）とシミュレ―ション結果の動画がネットワークを通して配信された。

図3　産学連携ミニ講義

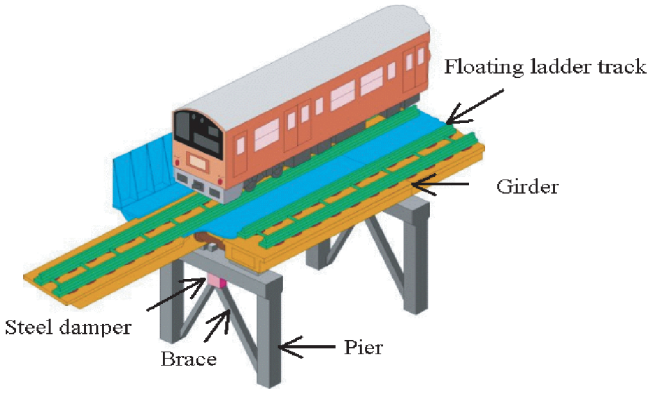

図4　次世代高架橋

(3) 教材コンテンツの大学間共同利用

教材コンテンツの大学間共同利用では、本協会の機械工学教育ＩＴ活用研究委員会で開発し、同協会のWebサイト（http://www.juce.jp/senmon/kikai/database/index.html）から閲覧できる機械工学教材データベース（図５）の概要紹介の後、各大学の教員からネットワークを介して教材データベースのコンテンツを配信しながら事例紹介があり、最後に４教室の学生によるネットワークを介した質疑応答が行われた。各講演者の講演内容に対する学生たちの関心は高く、大幅に時間を超過して討議が行われた。最後に、篠崎氏と松本氏から、学生に大学で学んでいることが優れた製品の開発にあたって役立つこと、また、学生が自ら学ぶことの重要性を、励ましを含めつつ語りかけが行われた。

図5　私情協機械工学教材データベース

4．授業効果

① 授業の重要性、学習意欲が高まる

自動車、オートバイ、鉄道などの交通機械は、機械工学系の学生が特に興味を持つ分野であるが、通常はなかなか開発の実際の話を聞くことは困難で、本田技研でオートバイの設計を担当され数々の製品を生み出された篠崎隆氏からの実際の経験談に（図３）、学生達は大変興味を持ち傾聴していた。鉄道総合技術研究所の松本氏のシミュレーション結果を用いた実際の鉄道橋の開発話は、大学の授業で聞くことができない情報から学生の関心は高かった。

② 多様な授業が受講できる

他大学の事例に学生達は予想以上の関心を示し、質疑応答時間が予定の２倍程度と幅広い質問があった。通常は他大学の状況を知る機会が少ないことから、また、同年代の学生同士で大学と地域の差を越えて授業を共有できたことを高く評価している。

８８名の全受講者の中で、８割が産業界の実際や他大学の状況を知ることができたと答えた。産業界の現場情報、他大学の事例を授業に取り入れることの有用性が、本実験授業を通して確認することができた。なお、この遠隔共同授業は、平成１７年１２月４日ＮＨＫ総合テレビ「おはよう日本」などで、産学連携によるＩＴを活用した大学教育の新しい試みとして紹介された。

５．問題点・課題

① 学習成果を産学連携で評価する仕組みの構築

動機付けを持続させ、学生が自ら積極的に学び、力をつけるようにするには、評価する仕組みを持つことが重要である。それには、学生の学習成果を企業等の専門家（退役者を含む）の前で発表し、講評を受けるシステムの構築が望まれる。

② 多地点遠隔授業の支援体制の整備

４地点をネットワークで結んだＴＶ会議システムは、遠隔地間で表示遅れが生じ、特に動画表示は荒いものとなることに注意が必要である。また、地点間の接続の準備に多くの時間と労力が必要で、実際の授業で日常的に行うにはシステムの改善が望まれる。積極的に共同授業や産学連携授業を取り入れるには、このネットワークインフラと授業支援体制の整備が不可欠である。

③ 産業界による授業支援

産業界から大学の授業支援を得るには、専門家の確保やネットワーク利用による情報のセキュリティについて企業等の理解と協力が必要である。

④ 教材データベースの充実

各大学が保有する事例は、一般に実用事例が少ないことから、大学間および産業界との連携を通して、さらに実際事例の収集・登録を働きかけ、コンテンツの充実を図る必要がある。

オンデマンド方式による力学解析演習授業

１．授業のねらい

この力学解析演習の授業は、力学的なものの見方とそれを表現し、解析するための計算能力を修得するため、数多くの具体例に接し、自らの手で問題を掘り下げていくことができるよう、豊富な演習問題を通して、実践的な解析力の向上を目指すことを目的としている。

２．授業のシナリオ

１年次後期、選択科目、２単位で１コマ９０分、１５週で、学生規模は１５０名程度である。

毎週の授業は、「基本事項の説明」、「演習問題の実施」、「問題の解説の流れ」を中心に組み立てているが、学生の理解度や習熟度に幅があるので、限られた授業時間内に教員一人で様々な学力レベルの学生に対応することは事実上不可能に近い。学生側にも初歩的な解説や問題を望む声がある一方、発展的内容の講義を期待する声もあり、何らかの対応が必要となった。このような状況の改善に向けた対策として、Webベースでの習熟度別オンデマンド授業を構築した。

正規の授業を標準レベルとして実施した上で､応用レベルと基礎レベルの授業コンテンツも用意し、それらをネットワーク経由で配信することにより、オンデマンド方式の習熟度別授業を実現するものである。

3．ＩＴ活用の詳細

(1) 授業のビデオ撮影とコンテンツ化作業

授業のビデオ収録に用いる機材は、動画コンテンツ作成用のオーサリングツールがインストールされたノートPC、デジタル・ビデオカメラである。ビデオカメラで撮影した映像は、８mmテープへ録画すると同時に、カメラからノートPCに画像信号・音声信号として出力され、ハードディスク上に保存される。ノートPCに取り込まれた信号は、オーサリングツールによって逐次デジタルムービーに変換され、講義終了時には授業１回分の動画コンテンツが自動的に生成される。講義内容を習熟度別・単元別という区分に整理して公開する必要があるため、授業コンテンツとして利用する部分を分割して取り出し、コンテンツの構成要素となる動画を用意した。

(2) 習熟度別授業コンテンツの製作

以上の手順に従って、撮影された講義ビデオの中から「基本事項の説明」「例題の説明」「問題の解説」に相当する部分を抽出した。このようにして用意された動画は約５０本、一動画の再生時間は平均２５分程度であり、これらを講義内容と難易度に応じて分類し、項目別・習熟度別にコンテンツが配置されたWeb ページを作成した。実際に公開したWebページの一部を図１に示す。標準・基礎・応用のカテゴリーに従って、講義ビデオを配置していることが確認できる。また、講義で使用した資料やテキストについても、関連するカテゴリーと対応付けて、PDFファイルの形式で掲載している。このようにすることで、資料を参照しながら講義ビデオが閲覧できるように配慮した。

図１　習熟度別オンデマンド授業のWebページ

4．授業効果

① 一般に公開してからまだ日が浅く、その効果については未検証な部分が多い。しかしながら、授業アンケートの自由記述では、「問題が簡単すぎる、もっと大学らしい問題に取り組みたい」、「内容が易しいかと思う」、「演習の時間がもう少しほしい、もっと練習問題がほしい」といったように、応用レベルの講義や演習量の豊富化を要望する声も寄せられており、習熟度別オンデマンド授業が機能すれば、学力向上に十分貢献できると考えられる。

② 教員側としてもコンテンツ作成過程で授業の全体像を総合的に俯瞰することになるため、講義の構成や関連性を別の視点から把握できるという利点がある。

５．問題点・課題

① 自主学習を基本とするｅラーニングの形態をとる以上、学生自身がコンテンツを利用せざるを得ないような学習環境の仕組みにも力を注ぐ必要がある。

② 習熟度別授業コンテンツの構想、製作作業には、ファカルティ・デベロップメントとしての取り組みが必要となる。

③ 講義のビデオ配信を行うケースは近年増加しているが、それらを相互に関連付けて総合的な授業コンテンツを構築している例は、現状では少数にとどまるものと推測される。公開される講義ビデオが質・量ともに向上すれば、それらを有機的に組み合わせることによって、単独の講義では成しえない魅力的な授業コンテンツの出現が期待されるであろう。

デジタルエンジニアリングを活用した機械設計授業

１．授業のねらい

この機械設計授業では、機械工学を初めて学ぶ学生の動機付け教育と機械系ものづくり（設計）の過程を総合的、体験的に学ぶために、最近の製品設計に用いられてきたデジタルエンジニアリングの手法を活用し、比較的短時間で技術者に必要な基本的知識を習得させることを目的としている。また、授業で培った製品設計に関するスキルを具体的な専門資格に繋げ、インセンティブを与えると同時に、学生の資質を保証する指標とするため、３次元CAD設計支援ソフトウェアの専門資格対策講座、学内での専門資格試験を実施する形式のキャリアアップ教育も行った。

２．授業のシナリオ

（1）授業の概要

① １年生では、機械系ものづくり動機付け教育として、機械工学におけるものづくりの過程（概念設計→機構設計→機械要素設計→製品加工→組立て→品質管理）でどの様に係わってくるかを体験的に学ばせるため、３次元CADとモデラー（自動切削成形装置）を利用した製品設計とモデル加工の実習授業を行う。

② 専門基礎科目を習得した３年生では、製品製作の過程を体験的に学ばせるために、軽量電動車両などの製品設計から機構解析、強度計算までを３次元CADによって行い、製造・組み立て、性能評価までをグループで行うものづくりプロジェクト授業を行う。

③ 休暇中の集中講座として、３次元CADの専門資格対策講座を開講し、学内での専門資格試験も実施して、学生のキャリアアップ教育も行った。

④ デジタルエンジニアリングを活用した機械設計授業の流れを図１に示すが、大学１年次の動機付け教育の際には、力学、加工学、計測・制御などの興味を喚起させる関連付け教育も盛り込み、２年生～３年生で徹底した専門基礎教育を行うため、ものづくりプロジェクト授業を通じて製品設計実践のためのエンジニアリングセンスが身に付くことになる。

（2）１年生・３年生のシナリオ

① 機械系ものづくり動機付け教育は、１年生の実験・実習の授業に必修科目として組み入れている。１年生１４０名を１組３２名の小グループに分け、４名の教員とティーチングアシスタントによって、次のような全４回のカリキュラムで指導する。

＊　第１週目（90分×２）：３次元CADの基本的使用法と基本モデル作成を用いた操作演習（図２）
＊　第２週目（90分×２）：３次元CADによる携帯電話カバーのモデリング演習
＊　第３週目（90分×２）：より高度な操作と加工データ用ファイル操作演習、加工用データ（STLファイル）の作成（図３）
＊　第４週目（90分×２）：モデラーでの携帯電話カバーモデルの製作実習（図４）

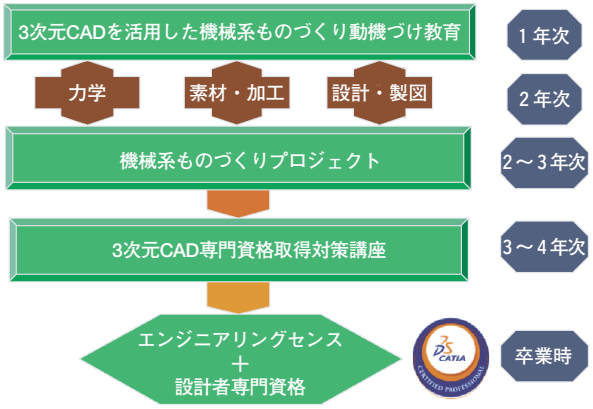

図1　3次元CADを活用したものづくり教育カリキュラム

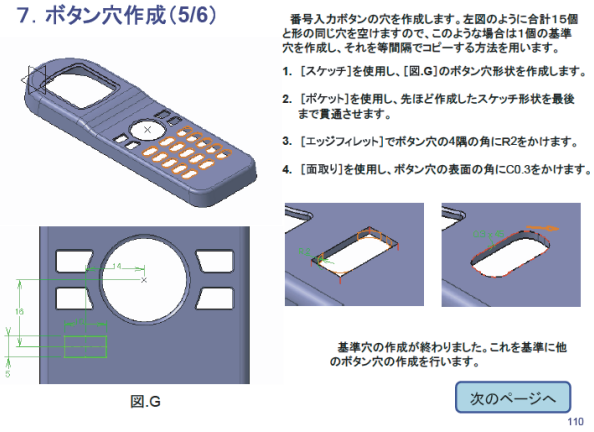

図2　3D－CAD演習教材

図3　操作演習（上図）と課題作品（下図）の例

図4　製品モックアップ加工の様子

②　ものづくりプロジェクト授業は、３年生の後期の選択科目ゼミナールとして運用している。授業規模は８０名～９０名を１０テーマ程度のプロジェクトに参画させ、１グループ８～９名で企画立案から製品製作・評価までを１５回行うカリキュラムである。一例として軽量電動車両のものづくりプロジェクト授業について紹介する。

＊　第１～２週：企画・立案、設計コンセプト（機構、走行性能）の確立
＊　第３～８週：３DCADによる全体・部品図面作成と機構解析ならびに強度計算（図５）
＊　第９～14週：部品製作、部品調達を経て、組付け・組み立て
＊　第15週：車体性能評価（走行試験による最高速度、バッテリー持続時間、運動性能の総合的評価）、CAD図面提出

３．ＩＴ活用の詳細

（1）３次元ＣＡＤを活用したものづくり動機づけ教育

３次元CADソフトを用いた理由は、２次元CADのように三面図の見方などの図学の基礎を習得し

なくても、描画ソフトのイメージで使うことが可能。図２の製品製作用手引書を学内Webサイトに公開し、授業時間内に基礎的使い方を習得し、さらに自学自習で応用範囲を広げられるよう考慮した。３次元CADソフトは学内の情報教育研究センターの演習用コンピュータ８０台に導入し、利用登録した学生は、授業時間以外でも自由に利用できる環境を構築した上で、作成した図面データから製品やモックアップを加工できるモデラーを複数台整備して、作成した３次元モデルを成形できる環境を整えた。

(2) ３次元ＣＡＤを活用したものづくりプロジェクト授業

３次元CADを活用した機構解析と強度計算を習得させるため、各種部品を作成した後に図５に示すような組付け処理と部品干渉チェックの方法、走行中に各フレーム部材に作用する荷重に対して設計条件内の変形と強度を保てるか否かの強度計算も行わせ、図面出力ならびに製造用データ生成を行う。これら一連の作業に３次元CADソフトを活用することで機械設計の効率化が図れる。また、組立て手順や部品組み上がりの精度を考慮した具体的な製造の過程を想定して、ものづくりに臨めることが理解できるよう、中間評価の時間を度々設けた。完成品の性能評価には、キャンパス内に整備された交通総合試験路を活用し、基本走行試験から実際の競技でも行われる制動試験、耐久走行試験まで総合的に評価し、その評価内容を公表した。

(3) ３次元ＣＡＤに関する専門資格試験対策講座と学内考査の実施

３次元CADに関する専門資格試験対策講座は、夏期休暇中９月の１週間を利用し、９０分×１５回の講座を行う。操作方法の習得度合いが一定レベル以上であることを承認する専門資格試験で、高得点を得るための操作演習（図６）が主体となるため、３次元CADソフトのユーザ教育の専門家を外部から招聘するとととともに､資格を取得したティーチングアシスタント１０名を支援にあたらせた。また、学内での資格試験実施に関しては、資格試験用データベースサーバを学内に構築し、閉じられたネットワーク環境での考査が必要となるため、これに対応可能なネットワーク環境を備えたコンピュータ演習室を整備し、資格試験対策講座終了後、一定の自学自習期間を設けた上で学内考査を実施した。

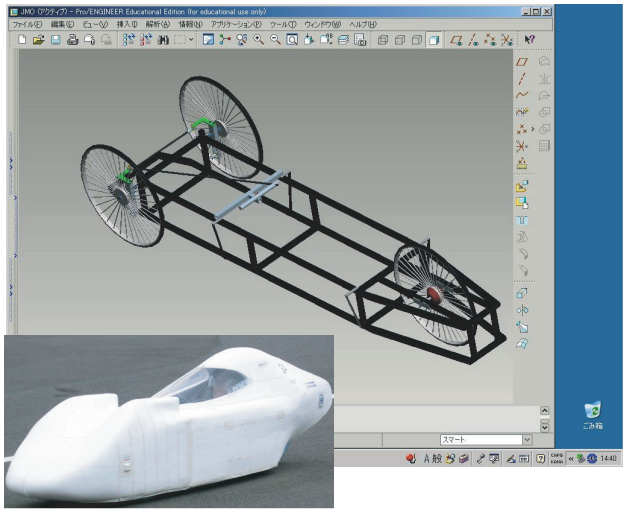

図5　軽量バッテリーカーのフレーム設計

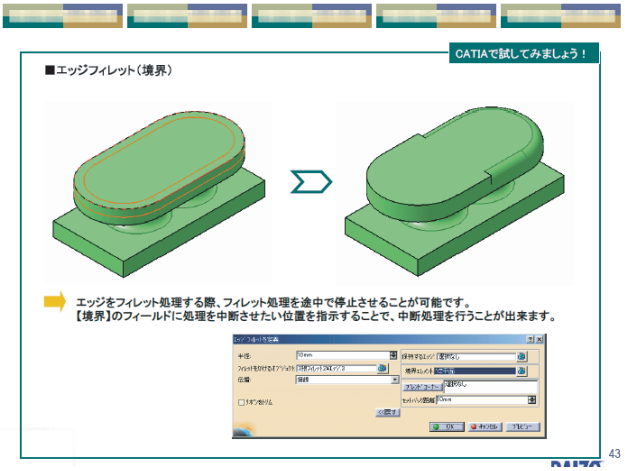

図6　3次元CAD専門資格講座の演習例題

４．授業効果

① ３次元CADを活用したものづくり動機づけ教育

アンケート調査では授業の感想だけではなく、「自らのデザインにどのような工夫が足りなかったか」、「より良い設計を行うには今後どのようなことを学ぶべきか」、「より良い設計を行うには今後どの科目の学習が必要と感ずるか」など調査したが、ほとんどの学生から「機械設計に対する興味が深まった」、「製品ができ上がるまでの流れが良く理解できた」、「機構設計などの応用編の授業を開講してもらいたい」など、教育目標に合致した感想を得ることができた。また、図面作成方法の詳細を習得したい学生のために、応用例を示したチュートリアルを配布しているので、図２の下側に示すように携帯電話を部品ごとに作図し、組立てた状態のモデルまで作成してくる積極的な学生もいた。

② ３次元CADを活用したものづくりプロジェクト

プロジェクト授業にかかわった全員から、「専門科目の授業で習得した基礎知識を活かすことができた」、「機械設計・製造の難しさを実感すると同時に、これまで以上に機械設計に興味が沸いてきた」、「走行試験や性能評価試験を通じて、授業では学べない多くの知見を得た」などの好評を得ている。

③ ３次元CADに関する専門資格試験対策講座

募集人数７０名に対して３００名近い希望があり、３次元CAD専門資格取得に対する学生の意欲の高さを実感した。また、夏期休暇中であったため、講座修了後も操作手順を習得するために自学自習する学生の姿が目立った。さらに、講座修了後もコンピュータ演習室にサポートデスクを設け、学生個別の質疑応答に対応した結果、８割を超える学生が専門資格試験に合格する良好な結果を得た。

５．問題点・課題

① 教育支援体制の強化

３次元CADによるものづくり動機づけ教育では、特に個々の進捗に差異が生ずるため個別教育が大変重要である。１回の授業における受講者３２名に対して現在４名の教員とティーチングアシスタントで行っているが、質疑応答の対応が十分とはいえず、いつも授業外時間まで大幅に延長している。５～６名に対して１名の教員やTAが実習指導できることが望ましい。

② 自動切削成形装置（モデラー）の台数の適正化

現在１回の授業で１６名の製品加工を行うカリキュラムを実施しているが、精密な加工には１時間程度を要するため、２人に１台の自動切削成形装置が利用できるハードウェア環境が望まれる。

javaによるシミュレーションを活用した振動工学授業

１．授業のねらい

この振動工学の授業は、振動現象やその解析法を十分に理解し、実際の振動現象の解析や設計に生かしていける十分な学力を得ることを目標としている。振動は動的な現象なので、図などの静止画だけでなく、シミュレーション結果の動画等を用いた方がわかりやすく、学生の勉学意欲の向上も期待できる。また、パラメータを変更して現象を確認できれば、自分の体験とのリンクや未経験事項の確認ができ、非常に学習効果が期待できる。

２．授業のシナリオ

３年前期を対象に、選択科目、２単位、１４回、１コマ９０分で、授業規模は約５０名である。

１４回の講義内容は、１自由度系の自由振動、強制振動、過渡振動、２自由度系の振動、振動の絶縁と制振、連続体の振動、自励振動、非線形振動となっており、ここでは、ＩＴ活用の効果が最も顕著に出せる「２自由度系の振動」の授業を説明する。

９０分授業のシナリオは、以下記の通りである。

０～１５分：２自由度系の振動のポイントの説明
＊　簡単な実験による現象の説明：２自由度系の振動を視覚的に理解しやすい二重振り子のモデルを用いて簡単な実験を行い、２自由度系の振動には固有振動数が二つあり、それぞれに異なる振動モードが対応することを示し、２自由度系の振動の全体像をつかませる。 ＊　二重振り子のシミュレーションシステムの説明と利用：二重振り子のシミュレーションシステムを示し、その概要と使用法を説明し、上の現象はこのシステムを利用したシミュレーションによる動画でも表せることを示す。 ＊　パラメータを変えて色々な現象をシミュレートし、このシミュレーションシステムを利用すると、上の実験装置では出せないような現象もシミュレートできることを示す。
１５～３０分：２自由度系の振動解析法の説明
＊　２自由度のばね質量系のシミュレーションシステムの説明と利用：解析が比較的容易な２自由度のばね-質量系のシミュレーションシステムについて示し、幾つかの現象のシミュレーションをして見せる。 ＊　パワーポイントによる説明：この現象について理解するには、系の運動方程式を誘導し、それをもとに解析する必要があることを示し、その方法を示す。
３０～４５分：固有値問題との関連についての説明
＊　パワーポイントによる説明：上の解析を進めていくと、本解析は数学上の固有値問題に帰着することを説明し、固有値問題の内容と解き方について説明する。
４５～６０分：２自由度系の振動の物理的説明（固有振動数、固有モード他）
＊　パワーポイントによる説明：固有値問題を解き、固有値の平方根が振動系の固有円振動数に、固有ベクトルが固有振動モードに対応することを説明する。 ＊　シミュレーションシステムを用いて、解析結果と現象の対応について説明し、理解を深める。
６０～７５分：演習
＊　パワーポイントによる説明：学生に対し、上と異なる２自由度のバネ－質量系を提示する。 ＊　演習：上で学んだ知識をもとにして、この系の振動解析の演習を行わせる。
７５～９０分：学生による授業の総括
＊　授業内容の定着化をはかるために、以上のことをもとに学生に自分で今回の授業の総括を行わせ、レポートとして提出させる。

３．ＩＴ活用の詳細

（1）システムの開発

この授業では、Webの使用が必須であるので、各学生が１台の端末を利用できるパソコン教室を用いる。動力学の授業では、現象のシミュレーションとその可視化が重要である。これには、通常複雑なシステムが用いられ、その利用も機械依存であることが多い。現象のシミュレーションとその結果の可視化を実現するためには、通常のWebブラウザさえあれば、いつでもどこでもパラメータを変えて現象のシミュレーションとその結果の可視化ができる環境を提供することが非常に有効だと考え、まずこのシステムを開発することを試みた。試行錯誤の結果、JavaのAppletが非常に有効であることが分かったので、これを用いてシステムを開発した。図１の「二重振り子のシミュレーションシステム」、図２の「２自由度のバネ・質量系の固有振動シミュレーションシステム」の二つのシステムを開発した。図１、図２ともに上部にパラメータを設定するためのルーラを配置している。これらのルーラにより、図１では各振り子の長さ、質量の大きさ、初期角度を、図２では各質量の大きさ、ばね

定数の大きさ、初期条件を簡単に設定できるようになっている。（図２では１次および２次の固有振動モードの設定も含む）

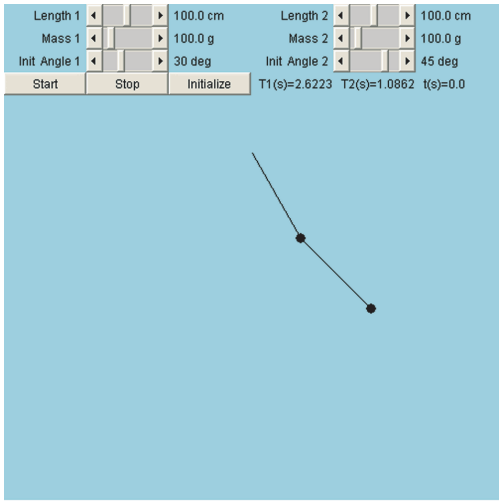

図１　二重振り子のシミュレーションシステム

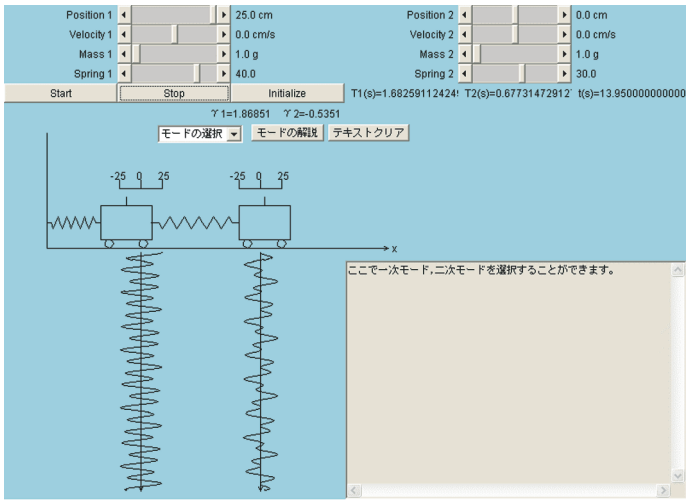

図2　2自由度のバネ・質量系の固有振動のシミュレーションシステム

(2) システムの活用

① 授業では、まず実際の二重振り子を用いて実験を行い、２自由度の振動の全体的な概念を与えた後、図１の「二重振り子のシミュレーションシステム」について説明し、パラメータを適当にセットすることにより、先ほどの実験をソフト上でシミュレートできることを示す。

② 次に、パラメータを変化することにより、実験では出せなかったような現象もシミュレートすることができることを示し、このソフトの有用性について示す。

③ 図２の「２自由度のバネ・質量系の固有振動シミュレーションシステム」について示し、この系に関する幾つかのシミュレーションをしてみせる。

④ ２自由度の現象について理解するには、系の運動方程式を誘導し、それをもとに解析する必要があることを示し、図２の系を対象にその方法について詳しく示す。

⑤ 学生に対し、上と異なる２自由度のバネ－質量系を提示し、上で学んだ知識をもとにして、この系の振動解析の演習を行わせる。

⑥ 最後に、授業内容の定着化をはかるために、以上のことをもとに学生に自分で今回の授業の総括を行わせ、レポートとして提出させる。

４．授業効果

① 振動現象は、パラメータにより現象が大きく異なるので、教科書やパワーポイントの図だけではなかなか理解が難しい。この理解を支援するシステムとして、通常のWebブラウザさえあれば、いつでもどこでもパラメータを変えて現象のシミュレーションとその結果の可視化ができる環境を提供し、現象の理解を分かりやすくした。特に、Web上でパラメータの変更をして容易にシミュレーションができるようにしたことが、大きな特徴である。

② 授業後のアンケートでも、このシステムの利用は２自由度系の振動現象の理解に非常に有用であるとのコメントが多かった。なお、この授業では、javaによるアニメーションシステムのTemplateプログラムについても説明し、学生がこのプログラムを修正して、他の動力学の問題に対しても適用できるように便宜をはかっている。

５．問題点・課題

Webブラウザのみを用いて振動現象をシミュレートできるシステムの整備を試みたので、当初は転送速度、計算速度などを懸念したが、授業等で使用してみた結果、実用上ほとんど問題ないことが分かった。なお、２自由度系の振動以外にも、振動工学に関する幾つかのシミュレーションシステムを作成した。これについては　http://www.me.sophia.ac.jp/~k-sogabe/-sdu-tools.html　から利用することができる。これらのシステムは、初期には不足気味だったコメントもかなり入れられたので、他の教員の利用上もほとんど問題のないシステムになっていると思われる。今後さらにコンテンツの充実をはかっていく予定である。

５．ＩＴ活用に伴う課題

（1）大学運営・管理者の意識の向上

ＩＴの活用は、授業方法の改善と授業内容の質の向上に大きな可能性を持っているので、大学運営・管理者の意識の向上が重要である。社会や技術の変化に合わせて教育システムを常に再構築していく覚悟が必要である。まず、個々の教員からの教育改善報告のピックアップからはじめ、議論・検討の場を設け、教員と事務員とが協調して工夫を重ね、授業を支援する体制を作るなどして、教員が自発的にファカルティ・デベロップメントの一環として授業改善を行っていく気持ちを盛り上げることが重要である。その上で、各大学で、教育貢献の評価の規準を整備していくことが重要である。

（2）教員の意識の向上

直接学生と接する教員の意識の向上が非常に重要である。「教育は教員の職務である」とはっきり認識させる体制作りが必要である。ＩＴの活用は授業の改善に大きな可能性を持っているので、ファカルティ・デベロップメントの一環として、有効に活用して行こうとする心構えを育てることが重要である。

（3）学生の意識の向上

学生自身もＩＴ活用による勉学意欲や勉学成果の向上の可能性について、未だ十分認識をしていないと考えられる。これらに関する適切な知識を与え、十分に活用できるよう誘導すべきである。

（4）環境の整備

教員には知識の習得や教材開発に多くの時間と労力がかかるので、ＩＴ教材の共同開発・共同利用体制の整備など教員相互の協力体制、職員による支援体制を整備して行くことが急務である。ハード面、ソフト面、人的支援の面から、学生が活用しやすい環境を整えていくべきである。

（5）学生の授業内容の定着度のチェック

ＩＴを利用した授業は、見やすかったり聞きやすかったりするので、授業中には学生が分かった気になることが多い。しかし、意外と授業終了後に内容が定着していないということが判明する。授業の途中で理解度を確かめるための質問やミニテストを頻繁に行い、結果を授業にフィードバックするなど、チェックポイントを設定しながら授業を進めることが大切である。