

機械工学分野の授業

1. 機械工学系教育の目標と問題点

機械工学系における教育目標は、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。

しかし、最近では、機械工学系の教育においても理科離れの影響は深刻である。従来は、機械工学系の分野に進学しようとするものは、機械いじりが好きであるとか、将来自分で何かを設計して造ってみたいとか、機械系の勉学にかなり強いモチベーションを持った者が多かったが、今日では、機械いじりをした経験もなく、特に強い興味がある訳でもなく、ただ何となく将来就職等も有利であろうくらいの軽い動機で進学してくる者がかなりの部分を占めるようになった。

このような状況のもとでの教育は、学生に機械工学の勉学に対するモチベーションを与えることから始める必要がある。また、物事を理解するための忍耐力も減ってきているので、教育の内容はできるだけポイントを絞って印象深く教える必要がある。

2. 授業改善のためのIT活用の意義

(1) 授業における活用

教室での授業は、印象深く後に残る授業を行うことが大切である。工学系の授業では、板書による授業はやはり効果的である。思考プロセスの説明、方程式の導出、計算などを説明する場合には、板書は有効であるとともに、ノートをとること自体良い学習となるので、その効果は大きいものがある。しかし、図を描くのに時間がかかる、正確な図が描けない、色彩表示が難しい、動画が描けないなどの欠点もある。

OHP、プロジェクター、ビデオ等マルチメディア機器を利用すると、瞬時に正確な図を示せる、色彩が可能、動画が可能などの長所があり、インパクトが大きく印象に残る可能性が大きい。しかし、部屋が暗いので寝始める、ノートが取りにくい等の欠点もあり、結果的に大事な内容があまり残っていないことも多い。マルチメディア等を利用する場合には、講義の後でも再度それらを見たり聞いたりできるように、使用したメディアを学生に提供することが必要である。

また、パソコンやWebを用いて実際の現象のシミュレーションをさせることは、自分の経験したこととのリンクや未経験事項の推測のために有効であり、興味を高め、印象を強くしたり、創造性を高めるのに有効である。

さらに、Webサイト等を用いて外部の研究室や企業と結び、研究・開発の様子を見せたり、現場で面白く仕事をしている人の話を聞かせることは、モチベーションを高めるために有効である。

結局、板書を中心として、適宜OHP、プロジェクター、ビデオ、パソコン、Webサイト等を援用することにより授業の効果を上げ、モチベーションを高め、印象深く後に残る授業をすることが重要であると考えられる。

(2) 予習における活用

講義のモチベーションを高めるための例題の活用

Webサイトを利用して実例、動画、シミュレーションを見せることにより、機械工学に対するモチベーションを高めることができる。他の大学や企業を含めると、この目的のために良い例題

は数多く準備できる。産・学・官が協力して、このような例題を用意し、充実させていくことが重要である。

講義の前提知識を配布

講義には、前提知識の予習が不可欠である。Webサイトを利用して配布し、学生がいつでも自由に入手できることにより、効率よく予習を行うことが可能となる。

(3) 復習における活用

講義の内容を定着させるための演習

講義の内容を定着させるためには、復習が不可欠であるが、演習は特にその効果が大きい。学生が自由に演習を行い、その効果を確かめることができるよう、Webサイトを利用した出題、解答、集計システムの活用が望ましい。

より興味をかき立てるための情報の提供

講義の内容を定着させ発展させるために、より興味をかき立てるための情報提供が不可欠である。このためには、Webサイトを利用して情報の概要と在処を教えたり、Webサイトで関連の大学・研究所・企業へリンクすることが必要となる。

(4) 長期休暇中における活用

長期休暇中は、休暇以前の勉強内容の定着や、休暇以降の勉強に対する準備を行わせる絶好の期間であり、Webサイトを中心としたマルチメディアの活用が有効であると考えられる。

3. IT活用の課題

(1) 環境の整備

マルチメディア環境の整備

授業を効率よく行うためには、マルチメディア教室やパソコン教室の整備が望まれる。また、外部と交信しシンクロナスに授業を行うことが不可欠であるので、高速インターネットやテレビ電話・会議システムの設置も重要である。また、マルチメディア機器を操作する上での教員の負担はできるだけ軽い方が良いので、使い勝手がよく、システムの変更が容易なソフトが望まれる。

職員を含む共同支援体制の樹立

ハード面・ソフト面での環境の整備はもちろんであるが、これらの活用を支援する人的体制の整備が不可欠である。教員と職員が一体となったチームワーク作りが重要である。米国の例等に見られるように、授業援用を専門とする職員の配備や学生アシスタント、ティーチングアシスタント制度の有効利用が必要となろう。

教材の共同利用環境の整備

すべての教員が自作で教材を作るのは負担が大きく非効率である。類似分野の多くの教員が開発した教材をプールして、共同利用できるシステムを開発することが不可欠である。一つの試みとして、本協会の機械工学情報教育研究委員会では、ビジュアルな計算結果を多く見せることが学生の理解を助け想像力を増し、創造性を高めるために重要であると判断し、資源を共有するために、計算力学の事例データベースを本委員会のWebサイト上に構築した。今後、広く呼びかけ協力者を増やし、充実したデータベースとしていく予定である。

(2) 授業方法の研究

教員は、ITを活用することで授業を興味深くしたり、効率化することの大きな可能性を十分に認識すべきである。それには、マルチメディア活用の可能性およびその活用法に関する積極的な研究と授業への適用が必要である。また、これにより、教員が講義をし学生が聞いて理解するという従来の方式から、学生の授業への積極的な参画に重点を置く方式に変化していくと思われるので、成績の評価法に関しても十分な研究が必要である。

(3) 授業の評価システムの整備

授業が実際に学生のためになるという公正な評価が必要である。このためには、学生や外部の機関等を含めた授業評価が必要となろう。JABEEや医学系のコアカリキュラムの例のように、今後は授業内容に対し、一定の基準が求められるようになってくると思われる。また、優れた授業に対して、教育業績として評価されるよう教員評価システムの整備が不可欠である。

(4) 学生の学習意識の向上

いつでも、どこでも学習することが可能なWebサイトを構築することにより、授業を支援し勉学意欲を刺激する有用な学習情報を容易に入手し、主体的に学ぶことの重要性を学生に十分認識させる努力が必要である。

(5) 大学の運営者の意識改革

大学の運営者は、ITの活用が教育内容、教育方法に根本的な変革をもたらしつつあることを十分に認識し、教育改革の一環として取り入れていくことが必要である。現場の教員も大学の運営者に対し、情報の提供など理解の促進に向け努力することが肝要である。

4. ITを活用した授業モデルの設定

授業モデルの設定は、「有限要素法」、「計算力学」、「3次元モデリング」とした。

「ネットワークを活用した有限要素法」の授業モデルでは、動機付けを主な目的とした。学生に難解な有限要素法を学ぶことの重要性を理解させるために、企業の技術者にテレビ電話システムやインターネットで教室に登場し、設計に利用されている現状などの生きた情報を入手したり、他大学の教員から専門的な知見を通信回線を介してミニ授業を受けるなどして、学生に動機付けと学習意欲を高める。

「計算力学」の授業モデルでは、資料提供や動画再生をすべてWebサイトで行うことにより、授業運営の省力化を図るとともに、双方向通信によるインタラクティブな授業展開を目指した授業である。データ入力、計算プログラムの実行、計算結果の表示と確認、計算結果に対する考察の提出の計算実習のすべてをWebサイト上で行えるようにした。

「3次元モデリング」の授業モデルでは、「空間認識能力の向上」と「図面の理解および3面図と立体の関係の理解」を目的とした。大型の3次元モデリングソフトは、使用法も複雑で、学生が自由に使用できるようになるまでかなりの時間と労力を要するが、この自作ソフトは、短時間で習熟できるので、学生は多くの時間を実際のモデリング等自分のアイデアを創作するために用いることができ、創造性を高めることができる。

次に、ITを活用した授業モデルの一部を紹介する。

IT授業モデルの紹介

事例1．ネットワークを活用した動機付け有限要素法授業

1．授業のねらい

有限要素法は、各種の工業製品が十分な強度を有しているか、あるいはその振動はどうか等の、製品の使用時に考えられる様々な力学現象をコンピュータを用いて数値的に解明する手法であることから、広範囲な産業分野で工業製品の設計の数値解析手段として、日常的に利用されている。

この授業は、学生が、有限要素法の基本的な考え方、理論、数値計算法や様々な適用例を理解し、各種製品の設計に応用できる基礎能力を身に付けることを目的とし、より刺激的でおもしろく、学生の興味を引き出し、学ぶ意欲を向上させることをねらっている。

2．シラバスと授業の運営

表1は、13回の有限要素法の授業概要を表したものである。

第1回目の授業では、「有限要素法とは」と題してその概要の紹介を行う。最初に有限要素法の紹介の後、簡易なTV会議システムにより、教室と日産自動車の設計のオフィスを接続し、その技術者から自動車分野における有限要素法の活用の現状について、20分程度のミニ講義が行われる。ここでは、学生が車の開発の中で有限要素法がどのように利用されているかを知ることにより、その興味と学ぶ意欲を高めることをねらっている。

第2回目から12回までの授業では、有限要素法による静的構造解析について、2次元トラス構造を具体例にとりながら、その基礎理論から応用までを、教室での講義やパソコン教室での様々な実習を通して学ぶ。

最終の第13回目の授業では、有限要素法の研究に携わっている学外の教授をTV会議システムで教室と接続し、教授から有限要素法の研究の現状について20分程度のミニ講義が行われる。ここでは、教室の学生からの質問にも答える対話的な授業を構成し、学生の今後の勉学や研究に対するモチベーションを高めることをねらっている。

回次	授業内容	時間	場 所
1	有限要素法とは 1) 有限要素法の歴史、産業界での応用 2) 企業の有限要素法利用の現状 (企業からのミニ講義) 3) 管組技術活用による製品開発	30分 30分 30分	教室 大学-企業TV会議 教室
2	有限要素法によるトラス構造解析概要		
3	有限要素法によるトラス構造解析の定式化		
4	トラス構造解析プログラムの設計		
5	入力データの処理ルーチンのプログラミング		PC教室
6	要素剛性方程式の作成、全体剛性方程式の確立、 境界条件の導入、全体剛性方程式の求解のアルゴリズム		
7	要素剛性方程式の作成、全体剛性方程式の確立、		PC教室
8	境界条件の導入、全体剛性方程式求解ルーチンのプログラミング		
9			
10	ひずみ、応力の計算ルーチンのプログラミング		PC教室
11	課題解析実習1		PC教室
12	課題解析実習2		
13	有限要素法の研究の現状と今後の課題 1) 一般構造に対する有限要素法構造解析 2) 他大学教授によるミニ講義 3) 有限要素法の研究の現状と今後の課題	30分 30分 30分	教室 大学-大学TV会議 教室

表1 授業の概要

3. IT活用授業の内容

ここでは、第1回目の授業と最終の第13回目の授業を紹介する。

(1) 企業の技術者と結んだ第1回目の授業

第1回目の授業では、有限要素法の歴史と、有限要素法の各種の工業分野における製品設計の応用について、教室での講義の後、自動車産業での有限要素法の活用の現状を知るため、簡易TV会議システムで、日産自動車の設計のセンターである同テクニカルセンターに接続し(図1)、その技術者から、日産自動車での車の設計における有限要素法利用の現状について、ミニ講義がなされた。

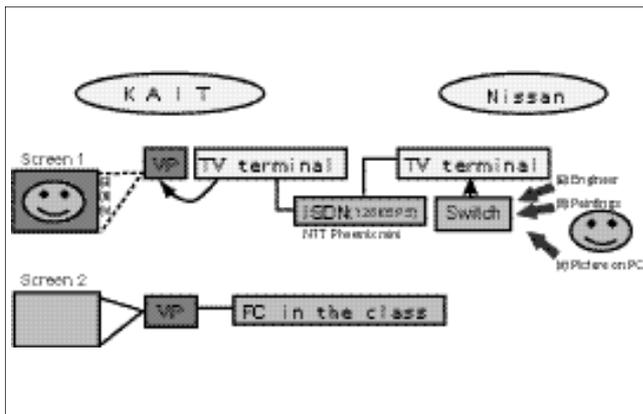


図1 簡易TV会議システムによる
教室と日産自動車技術者の接続

講義内容	時間	備考
1) 有限要素法の歴史と現状	30分	教授
2) 日産自動車企業からのミニ講義	30分	技術者
・車の開発における有限要素法活用の現状		
・活用事例	30分	
・Q&A		技術者 学生
・技術者から学生への励ましのメッセージ		
3) 情報技術の活用による製品開発	30分	教授

表2 第1回目授業の構成

表2は、第1回目授業のシナリオをまとめたものであるが、最初に、まずテクニカルセンターの紹介の後、日産自動車での車の設計における有限要素法利用の現状について、開発中の車のフレームや各種の部品の有限要素法による強度解析、振動解析の結果のカラー画像、アニメーションを用いて、迫力のあるミニ講義がなされた。その後、教室の学生と技術者との間で質疑応答が行われ、最後に技術者から学生によく勉強するようにとの暖かな励ましがなされた。図2はその教室の風景で、学生がスクリーン上の技術者の講義に集中している様子が見える。また図3は、学生がスクリーン上の技術者に質問している写真である。このミニ講義の後、教室と技術者との接続が解除され、教室では残りの時間で、このミニ講義を引用しながら、有限要素法などの情報技術を用いた製品開発の現状について通常の講義が行われた。



図2 日産自動車技術者によるミニ講義
昼食後の眠くなる時間帯だが、全学生がスクリーン上の技術者に集中



図3 学生の質問に耳を傾けるスクリーン上の技術者

(2) 学外教授と結んだ最終回の授業

第2回から12回の授業を通して、講義室あるいはパソコン教室で有限要素法に関する理論、数値計算法、構造解析プログラムの設計、プログラミング、例題解析等について学んだ後、最終の13回目の授業では、この授業で学んだ骨組み構造以外の連続体構造の構造解析概要について講義をした後、有限要素法の研究の現状に触れ、有限要素法を用いて研究を行っている著名な学外の教授に接続し、教授から流体問題における有限要素法を用いた研究状況についてコンピュータグラフィックスの動画による解析事例 (www.tamagawa.ac.jp/gakubu/kougaku/mecheng/ouyou/menu2.htm) を示しながら (図4、詳しくは、巻末に添付のCD-ROMを参照)、20分程度のわかりやすいミニ講義を行った。その後、教授と学生との間で質疑応答が行われ、最後に教授から学生に、有限要素法とその研究に対する興味を持つような暖かい励ましの言葉が伝えられた (図5)。この後、教授との接続が解除され、教室では、教授の講義を引用しながら有限要素法の研究の現状と今後の課題についての後半部分の授業が続けられた。

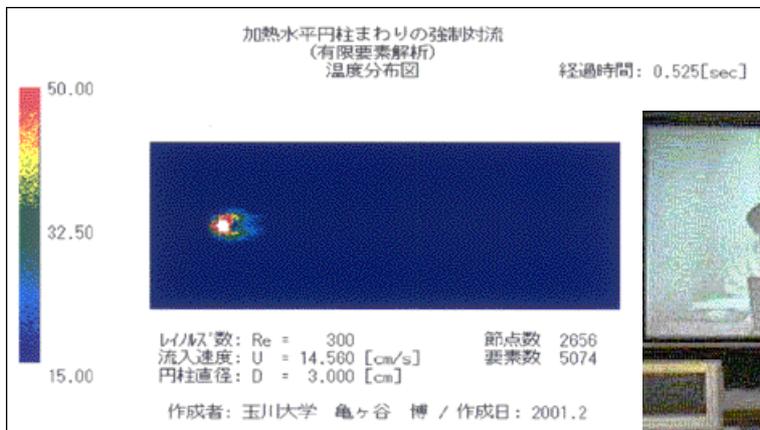


図4 加熱水平円柱まわりの強制対流の有限要素法によるシミュレーション結果



図5 スクリーン上の教授からのミニ講義

4. ITを活用した授業の効果

授業が刺激的で、興味深くなるのが学生の反応から判明した。今までに学んだ内容を、開発現場の第一線の技術者、あるいは著名な学外教授から、ネットワークにより教室のスクリーンを通してリアルに知ることができた。学生たちは、熱心に聞き、また即座に専門家にたくさんの質問をし、同期的(synchronous)で対話的(interactive)なディスタンスラーニング(distance learning)を実現することができた。学外の専門家とネットワークで結んだ授業は、学生にとって有意義で、当初の目標である、学生の興味を引き出し、学ぶ意欲を高める目的は達成され、学生と教員とが協同して生きた授業を創り出せることが体験できた。

5. 今後の課題

工学教育は、今、正に社会から高い技術水準の教育を期待されている。大学が社会からの期待に応え、社会に通用する教育を行うには、教室に授業に必要なあらゆる現場情報、体験情報、最新の技術情報などをネットワークで、国内外から支援を受けることが不可欠となる。教員1人で授業を運営することには限界がある。そこでは、教員はネットワークで教材や素材を収集し、学

生の理解力に即したWebサイトを中心とした学習環境を構築し、学生が利用できるようにする。その上で、コーディネータもしくはコーチとして、学生の相談者として学生一人一人にネットワークでコミュニケーションをとり、自主的な学びが実現するよう新たな教育努力が必要とされる。

大学、企業や社会の様々な分野の専門家の協力を得る上でのポイントは、授業に貢献していただける専門家の人材の確保である。社会の第一線で現在活躍中の専門家に加え、かつて様々な研究や開発に貢献された豊かな経験のある専門家の人材バンクを形成することが必要である。大学のOBはじめ教員、大学を取り巻く関係企業と授業支援の人的ネットワークを形成することが重要であろう。

学生は、次の世代の社会を担う重要な人材である。学生達を社会の様々な人々が連携して、社会として支援し励ますことは自然なことで、この豊かな経験者の人材バンクは、学生の自らの学ぶ意欲を高め、また学生を励ます上で大きな役割を果たすものと考えられるし、また、学生は、社会が学生を支え励ましていることを知ることで、より一層学ぶ意欲を高めることにつながるものと思われる。

様々な分野の専門家が、インターネットに接続し、職場や自宅等のどこからでも教室に登場して、鮮明な画像や音声により、その豊かな経験を学生に伝え、学生を励ますようにするには、それを可能にする高速なインターネットの整備や、また学外の専門家が、手持ちのパソコンから画像と音声を容易に送れる安価で手軽な教育用キットの開発が重要である。また、このITインフラの整備に加えて、運用面でティーチングアシスタントの配置などITを用いた授業の学内支援体制が必要である。

事例2 . Webサイトを活用した計算力学授業

1 . 授業のねらい

計算機性能の向上とそれを取り巻く環境の進歩により、数値計算は実験・理論に続く第三の研究手段として、理工学の諸分野で欠かすことのできないツールへと発展した。機械工学においても計算機が果たす役割は重要で、実験や理論の説明という従来の枠組みの中にとどまらず、最近では新素材を生み出し新しい現象を発見するための創造的役割さえ期待されるようになってきている。

計算力学の授業は、このような背景からの計算機を活用した問題解析能力を養うこと、数値計算というアプローチを通じて機械工学に現れる物理現象の本質を理解することを目的としている。

2 . 授業の運営

ここで紹介する授業は、3年生を対象とし、計算機を使って実際に演習を行い、必要に応じて静止画・動画・音声などで様々な事例を紹介していくもので、Webを活用した教材を授業の一部(半期13週のうち初回の講義と後半の講義)に取り入れることにより、資料提示や動画再生をすべてWebで行うことにより授業の効率化を図るとともに、双方向通信によるインタラクティブな授業展開を目指している。13週すべてを対象としなかったのは、計算力学に限らず理工系における授業の大半は、計算や方程式の導出等が教授内容の中心であり、これらすべてをWeb技術でカバーするには限界があると考えたからである。

(1) 利用システムとマルチメディア環境

実習室には、教員用パソコン1台と書画カメラ1台、学生用パソコン110台が用意されている。学生用パソコンの隣には教材提示装置が55台配置され、教卓上の教員用パソコンの画面、あるいは書画カメラで撮影された画像のどちらか一方が表示されるようになっている。また、教卓上のパソコンは学内LANに接続されており、授業中にインターネット上の資源を直接利用し、学生に提示することが可能である。

ブラウザをサポートしている画像形式には様々なものがあるが、静止画はPDF形式で保存しているため、図形の拡大縮小が任意のスケールで行えるようになり、OHP等と比べて画像表示の操作性や画質を向上させている。さらに、PDFではURLを記述することにより、Webサイトとも対応づけておくことができるため、例えばキーワードを軸にした授業展開などが容易になる。

(2) シラバス

Webサイトを利用したモデル授業は第1週と第8週に実施する。このうち、第1週の授業では、受講の動機づけを目的としたイントロダクションを行い、第8週の授業では、板書中心に行われてきた従来型講義との融合を図ることを目的として、Webサイトの有効な利用方法を模索した。ここでは、後半に実施したWeb授業を紹介する。詳細は、巻末のCD-ROMを参照されたい。

回数	授業内容	Webでの公開資料
第1回	Introduction 計算力学の研究対象	計算力学の背景と応用事例 (HTML形式 / 161KB)
第2回	流れの基礎方程式とその性質	偏微分方程式の分類 (HTML形式 / 47KB)
第3回	楕圓数の差分近似	微分方程式と差分法 (HTML形式 / 36KB)
第4回	差分法の種類	差分近似式の導出法 (HTML形式 / 57KB)
第5回	双曲型偏微分方程式の差分解法 (1)	波動方程式の意味とその差分スキーム (HTML形式 / 48KB)
第6回	双曲型偏微分方程式の差分解法 (2)	高次精度差分スキームの構築 (HTML形式 / 41KB)
第7回	誤差解析 (1)	差分スキームの安定性解析 (HTML形式 / 117KB)
第8回	誤差解析 (2)・Webによる実習	※詳細は表2を参照
第9回	放物型偏微分方程式の差分解法 (1)	熱伝導方程式の意味とその差分スキーム (HTML形式 / 44KB)
第10回	放物型偏微分方程式の差分解法 (2)	放物型偏微分方程式の臨解法
第11回	放物型偏微分方程式の差分解法 (3)	(HTML形式 / 47KB)
第12回	実際の流れ場への応用	オイラー方程式への応用 (HTML形式 / 86KB)
第13回	数値積分法	補間法・モンテカルロ法に基づく数値積分 (HTML形式 / 127KB)
第14回	期末試験	2011年度期末試験問題 [参考] 試験結果公表 (HTML形式 / 36KB)

表1

(3) 授業のシナリオ

第8週の1コマ授業について紹介する。表2は、第8週の授業の時間配分・講義内容・Webの利用方法をまとめたものである。基本的な授業の進め方としては、板書（書画カメラ）による説明を行いながら、必要に応じてWebサイトを利用する。後半の授業ということもあり数式を扱う場面が多くなるが、方程式の導出過程などは書画カメラ上で実際に式変形を行いながら順序立てて説明するようにし、Webサイト上で数式を羅列するようなことは避けた。Webの利用は、手書きでは正確さを欠くような複雑な図表や動画の表示に限定し、図表を使用するときだけ書画カメラからWeb画面に画像を切り替えて説明を行った。

この授業では、非定常微分方程式の差分法による数値解析とその誤差評価を取り上げているので、理解を確実なものとするためには、実際の計算結果を提示することが望ましい。したがって、非定常計算の結果から適当な時間間隔で取り出した静止画を、GifBuilderでアニメーションGIFに変換し、これをブラウザ上で再生しながら計算結果の解説をするように努めた。今回用意した画像は単色でシャープな線画なので、ファイル圧縮の際に画質が劣化せず、動画再生時のレスポンスも速かった。もちろん、これらの作業をビデオで代行することも可能であるが、編集作業に伴う労力が軽減されること、ブラウザ上でいつでも再生可能でデータベースとしての利便性に優れていることなどを考えると、ブラウザでの動画再生は効果的な手段であり、最も利用価値の高いWeb機能の一つであった。

時間	内容	方法
5分	・モデル方程式の厳密解と物理的意味	・書画カメラを使用して説明
15分	・差分法による数値解の評価方法 ・安定性解析による誤差評価	・書画カメラを使用して説明 ・HTMLで記述されたグラフをWebで表示
10分	・厳密解と差分法による数値解との比較 ・問題点の考察	・Webで計算結果の動画ファイルを再生
5分	・差分法による数値計算実習 ・問題点の考察	・Webからプログラムを起動して数値計算を実行 ・課題を与えてWeb経由で提出

表2 授業時間の配分とWebの利用方法

3. IT活用授業の内容

(1) Webサイト上での計算実習によるインタラクティブな授業展開

書画カメラとWebサイトを用いて一通り解説を行った後、講義終了までの時間帯を利用して数値計算の実習を行う。

実習では、モデル方程式（1次元移流方程式）を数種類の差分法で解き、その結果を厳密解と比較することで、差分法に対する理解を深めることを目的としている。したがって、できる限り教育効果を上げるために、実習に必要な作業をすべてWebサーバ上で処理するような方式を新たに構築し、従来のシステムでは実行が難しかったインタラクティブ性に富む実習を試みた。

実習プログラムに必要な機能は、計算プログラムの実行、計算結果の確認、計算結果に対する考察の提出に大別される。そこで目的に沿って、 から に至る一連の作業をすべてWebサーバで処理させるため、CGI（Common Gateway Interface）を利用して計算実習用のsh（Bourne Shell）スクリプトを作成した。

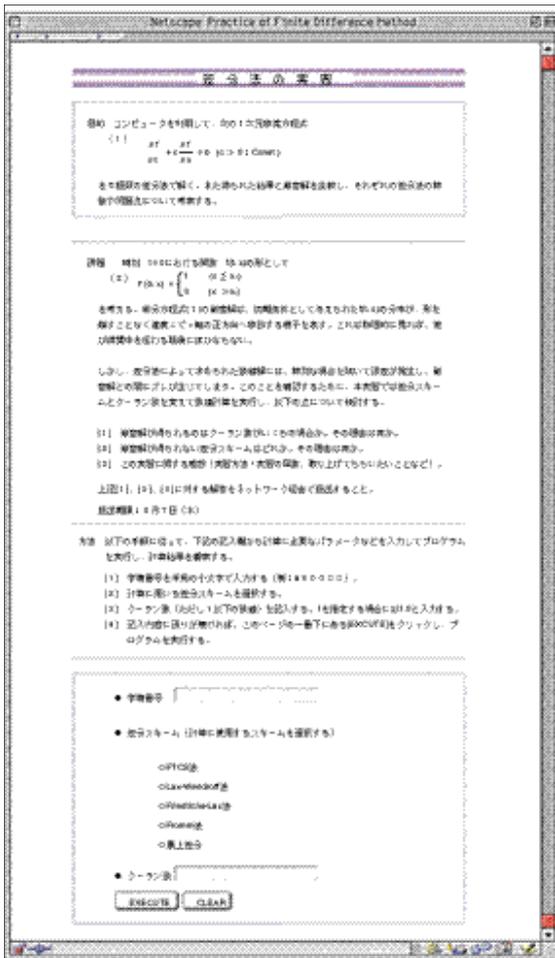


図1 数値計算を実行するためのWebページ

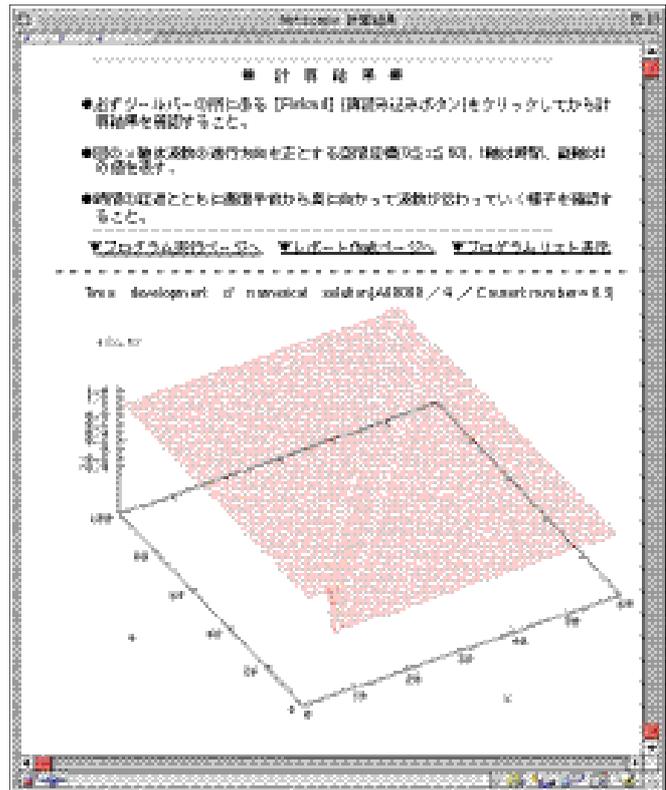


図2 計算結果の表示

図1は、プログラムの実行に必要なデータを入力するためのWebページである。学籍番号の入力はユーザー認証を目的としたもので、すべての作業は、履修者ごとに用意された個人用ディレクトリで行われる。プログラムを実行するためには、いくつかのパラメータ（使用する差分スキームとクラン数）を入力した後、ページの最後にあるEXECUTEボタンをクリックするだけでよい。パラメータを変えて再度計算を実行する場合は、図1のページに戻って入力データを変更する。計算が終了すると、計算結果のグラフをインライン・イメージとして含むWebページ（図2）がCGIスクリプトによって自動的に作成されるので、ユーザーは数値解が時間発展する様子をただちに確認することができる。

以上の操作を繰り返すことによって、各自の設定したパラメータが計算結果にどのような影響を及ぼすのかをその場で視覚的に捉えることができるので、最終的に適切な差分スキームやパラメータを判断する際の手助けとなる。

(2) 実習とレポート提出

正規の授業時間内で実習を完了することは難しいので、授業中はWebページの使い方を説明するだけにとどめ、空き時間を利用して数値計算実習を行うよう指導した。実習では、数値解と厳密解とが一致するような差分スキームとクラン数を調べ、その理由について説明することを課題として与えた。さらに、課題の提出用に図3のようなレポート作成用Webページを設け、ネットワーク経由でレポートを受け付けた。このページから入力された情報（学籍番号・氏名・解答）がサーバーに送信されると、CGIスクリプトが学籍番号と氏名を参照してレポート提出者と提出日時の一覧表をWebに表示するので、学生は提出したデータがサーバーに受信されたことをその場で確認することができる。

また、受信したデータは最終的に図のようなHTMLファイル（Webページ）としてまとめられるが、このファイルに対しては管理者（教員）にのみアクセス権限を与えている。このような処理を施すことによって、教員は提出された解答のチェックをブラウザ上で行うことができる。

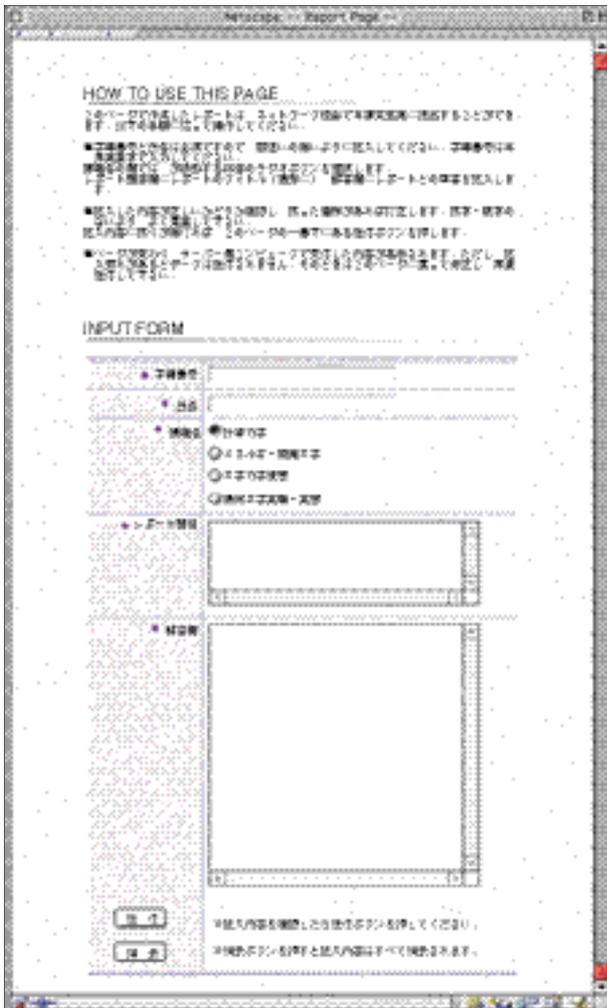


図3 レポート作成用のWebページ

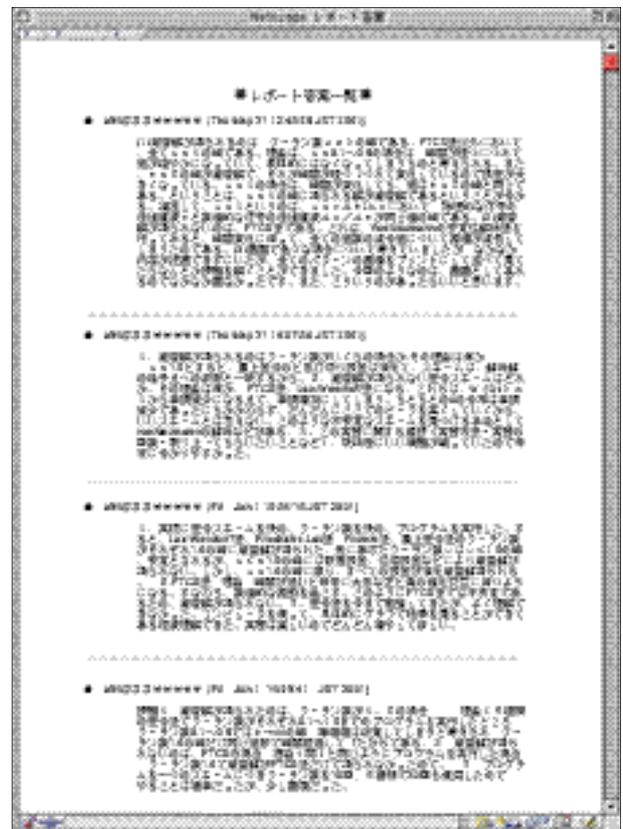


図4 答案一覧のWebページ（教員のみ閲覧可能）

以上のように、実習に関わる作業をすべてWebサーバーで実行した結果、数値計算の体験という本質的な部分に十分な時間を割けるようになり、効率的に実習を行うことが可能となった。また提出されたレポートの処理も容易になり、教員側の負担も軽減された。このようなシステムは、電子メールを利用して構築することもできるが、CGIに代表されるWebサイトの対話機能を利用すれば、目的に応じて細かい処理まで対処することが可能である。但し、Webサイトの入力フォームは、複雑な数式や図表を多用するレポートの作成に対して不向きであるという欠点もあり、当分の間は目的に応じてシステムを使い分けることが必要と考えられる。

(3) 学生の利用状況と評価

午後3時前後をピークとして、午前9時から午後7時までの時間帯にアクセスが集中していることから、講義の空き時間に学内から利用しているケースが大半を占めていることがわかった。

今回導入した方法は、正規の講義以外の時間帯・教室以外の場所で、学生の学習を支援する手段として機能することが確認された。また、図表やアニメーションなど授業中に利用した資料はすべてWebで公開しているので、OHPやビデオなどの専用機器がなくてもデータを閲覧することができ、資料が有効活用される機会も増えたと考えられる。

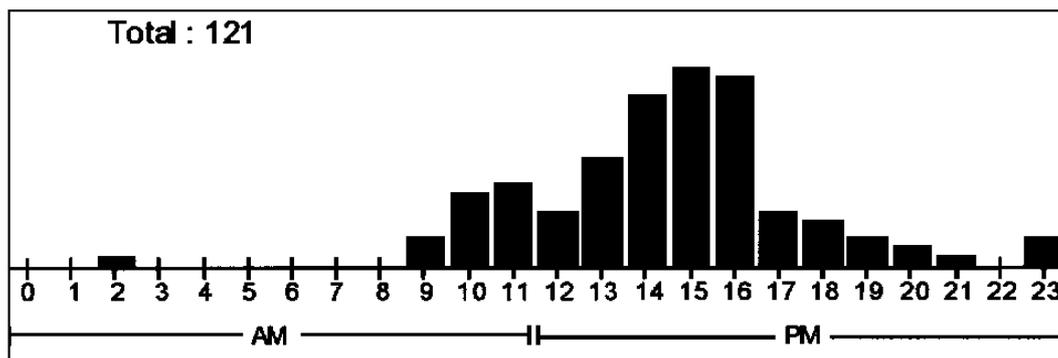


図5 レポート提出の時間帯（2000年度実施分について）

学生の反応はおおむね好評で、最初は戸惑ったものの実際に経験してみるとネットワークの利用は便利であり、理解の手助けになったという意見が多かった。また今回の実習を機会に、プログラミング言語へ興味を持つようになった学生も散見された。一方、コンピュータ操作に不慣れな学生や自宅と大学とをネットで接続できない学生がこちらの予想以上に多く、レポート提出に苦労したという感想も寄せられた。このような学生にとっては、授業の本質とは関係のない部分に多くの時間を割かれてしまうため、かえって学習効率が落ちてしまう危険性もある。この点は、情報リテラシー教育との関連を踏まえて今後検討する必要がある。

4. ITを活用した授業の効果と課題

(1) マルチメディア援用授業の利点

授業運営の効率化

Webサイトの利用は、画像の提示や動画の作成・再生が容易になり、授業を効率的に展開することが可能になった。テキスト・静止画・動画・PDFなど多様な形式のデータがWebブラウザだけで表示できるので、これまでに蓄積されてきた教材や資料をそのまま利用することが可能である。また、ブラウザに対応していない資料も、PDF化することで解決できるケースが多い。

授業のインタラクティブ性

計算を行う際のデータ入力と結果の確認は、インタラクティブな作業であり、Webサイトを活用することによって初めてこのような対話型授業が可能になった。正規の講義以外の時間帯、教室以外の場所において、学生の学習を支援することが可能になった。

(2) 今後の課題

計算力学に関して言えば、国内国外を問わず大学・企業・研究機関等で多種多様なソフト関係、ハード関係のデータベースが公開されており、それらを自由に閲覧できる環境にある。このような状況を考えると、ネットワーク上に分散しているデータをカテゴリーごとに分類し、さらに洗練された利用環境を整えていくことが大切である。また、本協会のような機関がコーディネーターとなれば、民間の企業や研究所から資料を提供していただくことで、より裾野の広いデータベースやリンク集を構築していくことが可能になると考えられる。

事例3 . 創造性を支援する3次元モデリング授業

1 . 授業のねらい

図学は、大学高学年次に行われる設計や製図、CADやCAMの授業の基礎となるもので、「設計や製造技術」に携わる技術者にとっては必須の内容を含んでいる。この授業は、コンピュータを使って3次元モデルを作る過程で「空間認識能力の向上」と「図面の理解および3面図と立体の関係の理解」の2つの能力を学生に身に付けることをねらいとする。さらに、コンピュータによる立体の表現方法を理解し、3次元立体モデルを作成する過程で3次元空間の状態や立体の配置を想像する訓練を積むことも可能である。

2 . シラバスと授業の運営

(1) 授業環境

授業は、1年次前期に配当されている「コンピュータ基礎および演習1（週2時限90分×2コマ）」の後半の6週間（12コマ）で実施した。2コマは連続しており、講義後実習を行うことが便利になっている。なお、学生はこの授業の前半の7週間で情報倫理、日本語入力、ワープロ、表計算、メール、Mathematicaを習得し、前半の内容についての中間試験を実施している。

授業はすべてコンピュータールームで行い、講義主体で授業を行う場合はキーボードをディスプレイの上に片付けて場所を確保した。コンピュータールームは180台のコンピュータを備えており、この授業では約130名に対し講義を行った。学生2人に1台の共通モニターがあり、教員のディスプレイ画面と書画カメラを切り替えて表示し授業を進めることができる。スタッフは教員1名、講師と助手各1名とティーチングアシスタントが3名である。

回数	授 業 内 容	課 題 (宿題)
1	<ul style="list-style-type: none"> ・授業の目的、デモンストレーション、 ・2次元図形と3次元図形の違い、 ・ソリッドモデルとワイヤーフレームモデル、 ・頂点、稜線、面、三次元座標系について、 	最終課題についての説明
2	<ul style="list-style-type: none"> ・ソフトウェアの起動方法、実行方法、 ・基本立体の種類と作り方、 ・基本立体の表示方法、 	(演習1) 任意の基本立体を生成・表示する、
3	<ul style="list-style-type: none"> ・三次元座標系、三角投影法、透視投影、平行投影、 ・視点、注視点、 ・3面図の位置関係と陰線の意味、 	(演習1) 透視図から3面図を描く(図面) (演習2) 3面図から透視図(フリーハンド)を描く(図面)
4	<ul style="list-style-type: none"> ・基本立体の特徴と生成するためのパラメータ ・立体の移動と回転方法 ・位置ベクトル、変位ベクトル、回転ベクトル ・ヘルプの使い方、エラー時の対処 	(演習1) 3面図から透視図(フリーハンド)を描く(図面) (演習2) 課題立体を作る、 (宿題) 課題立体を作る(簡単な家と木々)
5	<ul style="list-style-type: none"> ・立体のコピーと集合演算、立体の色指定 ・陰線処理について ・表示モードおよび表示上の問題点について 	(演習1) 課題立体を作る、
6	<ul style="list-style-type: none"> ・アフィン変換による立体の変形 ・立体モデルの作り方(デッサン,図面作成,プログラム作成) ・アニメーション表示の方法 	(演習1) 課題立体を作る、 (宿題) 身近なものを選んで立体モデルを作れ、着色・回転表示等も行うこと、
7	<ul style="list-style-type: none"> ・グループコマンドと軸コマンドの使い方 ・立体モデルの階層構造 ・複数コピーコマンドの使い方 ・表示画面の保存およびワープロ等への貼り付け方法 	(演習1) 課題立体を作る、
8	<ul style="list-style-type: none"> ・グループコマンドと軸コマンドの使い方 	(演習1) 課題立体を作る、 (宿題) 最終課題の構想と概念設計の提出 (文章と図面提出：フリーハンド可)
9	<ul style="list-style-type: none"> ・グループおよび軸機能に応用した立体の動作表現 ・グループおよび軸機能に応用したアニメーション表示 	(演習1) 最終課題のモデルを作る、
10	<ul style="list-style-type: none"> ・表示画面分割機能 	(演習1) 最終課題のモデルを作る、 (宿題) 最終課題の提出 (プログラム)
11,12	<ul style="list-style-type: none"> ・発表会 (期末試験) ・アンケート調査 	

表 1

(2) 授業の進め方

第1回目の授業で、過去の授業で作成されたモデルを見せてモチベーションを高めるとともに、ソリッドモデルや3次元グラフィックス、3次元CADについて解説する。また、最終課題について説明し、目標とすべきものを意識して授業を受けるよう動機づけを行う。第2回目の90分では、より興味を高めるため、簡単な立体を作成して表示する実習を行う。

紙面による図学教育に相当する部分は第3回目および第4回目の授業で行うが、内容は透視投影と平行投影の違いや3面図の書き方、陰線の意味、座標系とベクトルなど、基本的な内容にとどめた。開発した教育用3次元ソリッドモデラー（Solid Interpreter）を使った演習形式の授業は、授業の前半で基本的な操作方法を説明し、後半では課題立体の生成を中心に授業を進めた。第7、8、9回目の授業では、はじめの30分間程度をソフトウェアの機能の説明やモデルの作り方および課題の説明にあて、残りの時間を実習にあてた。第10回目はすべて実習とし、教員は個別の質問に対応した。第11、12回目は、発表会形式で受講者全員の作品を全員で鑑賞した。発表はPowerPointによる説明とソリッドモデラーの実行により実施した。評価は、試験ではなく提出課題を採点し行った。特に最終課題の配点を高く設定し評価した。学生は自分の作品が見られることを意識してか、他人のコピーなどなく、各自がオリジナルな作品を提出していた。

3. IT活用授業の内容

(1) ソリッドモデラーを用いた図学授業

ここでは、第3回目の授業内容を紹介する。限られた時間内に全てを盛り込むことは不可能であるため、ここではCADや3次元CGの学習において最低限必要になるとと思われる内容について解説し、方眼紙やノートに3面図や透視図を描く演習を行った。説明は、PowerPointと書画およびソリッドモデラーを併用して行った。課題はWordファイルとして学生に配布した。図1に講義風景、図2に演習課題の図面を示す。実際には簡単な問題と若干難しい問題を演習課題として出している。中学の技術家庭科の授業で3面図や陰線を勉強しており、簡単な問題ではほとんどの学生は正確な解答を出していた。また、解答はモデルのプログラムデータを学生に配信し、各自実行させることで確認させた。

コンピュータを使いながら紙面への描画を課すことに賛否はあると思われるが、学習初期には、紙面に描くことが投影図の理解に効果的と考えられる。また、以後の授業においてもモデル作成の手順として、デッサンあるいは図面を描くことを薦めている。

時間	授業内容	方法
20分	三角投影法の説明、視点と注視点の説明、透視投影と平行投影の違いについての説明	パワーポイントとソリッドモデラー併用
20分	三面図の位置関係と陰線の意味の説明、透視図と3面図の表示例の提示	書画カメラとソリッドモデラー使用
15分	透視図から3面図を描く演習	方眼紙またはノート
15分	解答の解説とソリッドモデラーによる立体の表示	ソリッドモデラー使用
20分	3面図から透視図（フリーハンド）を描く演習	方眼紙またはノート

表2 第3回目の授業内容

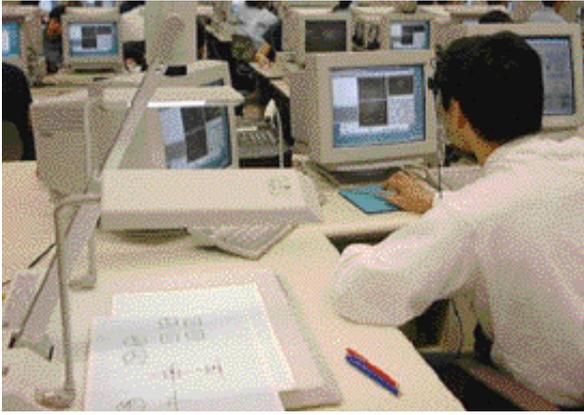


図1 講義風景（書画カメラによる説明）

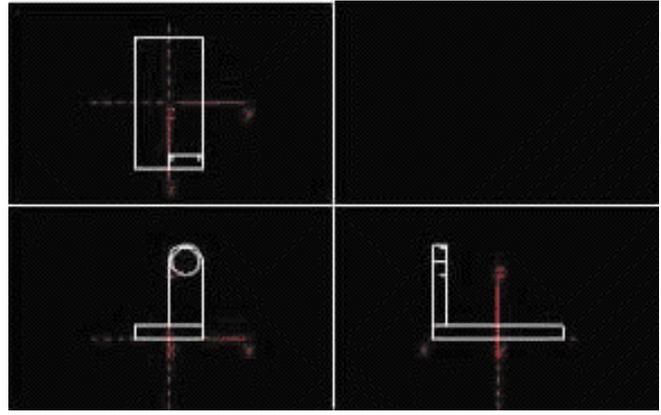


図2 透視図(フリーハンド)を描く演習課題

(2) 最終発表会

授業最終日に発表会形式で最終課題の3次元モデルを発表させた。期末試験を廃止した結果、学生は課題製作に集中でき、教員が予想していた以上の高度なプログラムを作ることができたものと考えられる。Solid Interpreterを使った3次元モデル製作では、各自がユニークな作品を作り、コピーと思われるものはまったくなかった。学生たちの自主性および独創性を養う効果もあるものと確信した。そして、日ごろ学生たちの学力低下を嘆いていた教員も、彼らの能力と可能性を見直す結果となった。図4は発表会の前の週の休み時間の写真である。学生たちは情報交換をしながら、各自オリジナルなモデルの作成に取り組んでおり、お互いに教え合うことで、学習への意欲も高まったと思う。図5に最終課題として提出された作品の一部を示す。これらのモデルは動くように作られている。発表会では、発表者の画面は共通モニタに映され、全員が発表者のマイクによる説明と実行画面を見て評価することができた。



図3 授業風景



図4 学生作品の例

4. ITを活用した授業の効果

1999年度は5週間、2000年度は6週間という比較的短期間に学生たちがソフトウェアの使い方をマスターし高度なモデルを製作したことは、ソリッドモデラーを用いた授業が効果的であったものと確信している。この授業は必修であったことも、学生のモチベーションを高めている要因であるが、過去10年間コンピュータ基礎の授業を担当してきて、この2年間は特に学生のやる気を感じることができたのも確かである。この授業を受講した学生たちはそれぞれ2、3年次生になっており、図学を基礎とする設計製図を担当する教員からは、学生は比較的教えやすいという意見をいただいている。発表会終了後にアンケート調査を実施した結果から、空間把握（認識）能力の向上については、7割りの学生がはっきりと「向上した（よくなったと思う）」と答えており、主観的ではあるが、教育効果があったものと考えられる。

5. IT導入に伴う今後の課題

(1) ソフトウェア等の改良

授業に使用した3次元ソリッドモデラーは、コンピュータグラフィックスやプログラミングの導入教育にも使用できるものと確信している。今後は、プログラムを改良するとともにマニュアルや教育方法などを整備する必要がある。機能限定版であるが、教育に十分使用できるソフトウェアを巻末添付のCD-ROMに収録している。また、ホームページ <http://cyber-solid.com/> からダウンロードすることもできる。ぜひ、試用してみていただきたい。

(2) 授業支援の充実

授業はコンピュータールームで行ったため、学生の中には教員の説明に集中できず、ソリッドモデラーを勝手に起動して実行したり、場合によっては、インターネットなど授業に関係ない操作を行う者もいた。このような操作を防ぐため、コンピュータ操作をさせたくない場合はキーボードを片付けて授業を進めたが、提示画面に集中できない学生がいくらかいた。コンピュータールームでの授業は対面授業でないため、学生の表情や理解度を確認することが難しい。130名の学生を3名の副手に手伝ってもらっていても授業運営は困難であった。

(3) 著作権の対応

学生の作品をWebサイトに掲載することも条件を明記して許諾を取る必要がある。さらに、開発した教材をWebサイトで公開し、利用を広める際に基本ソフトウェアの使用が含まれていれば使用契約との関係で制限されるので注意が必要である。