

経営工学分野の授業

1. 経営工学の教育目標と問題点

2001年に制定されたJISによれば、経営工学とは「経営目標を定め、それを実現するために、環境（社会環境及び自然環境）との調和を図りながら、人、物（機械・設備、原材料、補助材料、及びエネルギー）、金及び情報を最適に設計し、運用し、統制する工学的な技術・技法の体系」と定義されている。さらに「時間研究、動作研究など伝統的なIE（Industrial Engineering）技法に始まり、生産の自動化、コンピュータ支援化、情報ネットワークの中で、制御、情報処理、ネットワークなど様々な工学的な手法が取り入れられ、その体系自身が経営体とともに進化している」という説明がされている。経営工学が扱うシステムの対象として人間が含まれているために、社会科学、自然科学の両方の方法論を持つことになる。さらに、対象領域も製造業だけでなく、販売、流通、サービス、金融、保険、医療、行政など、その適用範囲が広がり続けている。

以上のような内容を持つ経営工学の多様性を、高校生や大学の新生に画一的に伝えることは非常に難しい。また、経営工学の発展のもととなった応用場面での多様性を、応用場面の経験が少ない学生に伝えることは極めて困難である。応用場面を抜きにして方法論や技術論を学習しても学生の理解は希薄になり、学んでいる内容が適用できる範囲を明確に持てないという状況が発生している。さらに、多くの大学で経営工学の授業が現実の問題から離れ、抽象化されてきたため、学習内容に飽き、学習意欲が低下しているという問題点も抱えている。

一方、国際的に通用する技術者を作り出していこうという目的で、日本技術者教育認定機構（JABEE）が発足した。「大学など高等教育機関で実施されている技術者教育プログラムが、社会の要求水準を満たしているかどうかを外部機関が公平に評価し、要求水準を満たしているプログラムを認定する」制度が本年度から本格的に始まった。各高等教育機関では、この動きに対応して要求水準を確保しながら、学生に興味を持たせる教育・学習方法を開発していく必要に迫られているという状況にある。

2. 授業改善のためのIT活用の意義

上記の問題状況を考慮し、応用場面において経営工学がどのように役立っているのかを学生に示し、経営工学に興味を持たせることを目的とした授業モデルを作成することを試みた。「経営工学入門」と題した、入学したての学生を対象にする授業とした。この授業をネットワーク上で公開できるようになれば、高校生に対しても経営工学に興味を持たせることが可能となる。

工学は、科学的な知識を実務の中で応用することが必要であるため、それぞれの知識体系が社会のニーズ（要求）にどのように答えるのか、あるいは答えられるのかを明確にする必要がある。そのためには、ニーズが発生している現場をよく知る必要がある。特に経営工学は、社会との結びつきの多さゆえ、他の工学分野よりも現場を重要視する必然性があり、その紹介に情報技術の活用は有効であると考えられる。さらに、学生に対してここで取り上げる入門教育の動機付けをするためには、以下の通り様々なメディアの活用方法がある。

生産現場と教室を衛星によるネットワークで結び、現場の状況を会社の方に説明してもらう。その状況を見て問題を検討し、その結果を現場に戻し具体化に結びつける。

コンピュータ上にバーチャルの生産現場を作成し、物の流れや人の動きを検討する。

会社の代表者が画面に登場し、学生に経営工学の会社における役立ちを話してもらう。

現場の問題状況と経営工学の考え方を応用した結果の両方を比較できるようにする。

経営工学に関連する社会的な事件、事故を事例としてネットワークを通じて検索し、問題状況を知り、解決方法を検討する。

3. IT活用の課題

ITを学習のために利用する際に以下に示すような課題がある。

(1) 大学の授業改善に対する認識

学生にどのような学習をさせていくかというポリシーを大学全体として必ずしも持っていないため、旧来の授業形態が変わらない。

教員自身も自己点検は行うものの、授業改善に向けての活動に結びつかない。例えば、学生の授業評価項目で自己点検と授業改善では質問の内容が異なるはずである。自己点検の項目はあっても、授業改善のための項目が不足している場合がある。

(2) 大学の組織体制のあり方

教員個人が様々な情報技術を活用しようとしても、利用できる場や人を提供できる組織がない。コンピュータを使用して授業を行うときに、授業中援助してくれる人材が不足している。学習内容を企画しても、技術的な支援をしてくれる組織がないために作成できない。大学あげて教育支援するための組織、体制を早急に整備することが必要である。

利用できるコンピュータ、OS、ブラウザが整備されていない。ネットワークを利用する場合に制限がある。例えば、ダウンロードに時間がかかる、同時に多人数で同じソフトウェアにアクセスできない。回線が混雑するので、ソフトウェアを毎回ダウンロードしなければならないなどの状況が発生している。

(3) 授業改善に対する教員の評価

授業改善に関する成果が業績に結びつかないことから、教員評価の中に授業改善に対する教育業績を評価に加え、教員の意識を変革することが必要である。

授業改善についての発表の場が少なく、論文として認められにくい。各学会で授業改善事例、コンテンツ作成方法論などの発表の機会が少ない。その対策の一つとして、私立大学情報教育協会の情報教育方法研究発表会による外部評価に期待する。

(4) 他の組織との連携

他大学あるいは学外者との共同作業が必要となるプロジェクトを企画したときに、場を提供する組織を探すことが難しい。他大学との遠隔授業を行うときに、他大学がどの程度授業の情報化を進めているかを把握することが難しい。さらに、企業の現場での撮影などに限界があるが、企業として大学教育への支援に協力が得られるよう理解を求めていくことが必要である。この方策の一つとして、本協会のサイバー・キャンパス・コンソーシアムの活動に期待する。

(5) 双方向授業実現のための環境整備

双方向のアクセスに対しては、セキュリティの問題があり、開放して利用することが難しい場合がある。ネットワーク管理者が常駐しており、きめ細かな運用ができないと実現が難しい。

相手先の教育用情報基盤を利用する場合に、手続きや人的資源、機械設備の利用が必要となるが、契約方法、利用料金設定などの取り決めが必要となる。相手先のソフトウェアを利用する場合にも同様の問題が起きる。

(6) 教材の共同利用のためのコンテンツ仕様

個別の分野で学習内容を決めていく際の共通事項として、できる限り内容をモジュール化し、原則として一つのモジュールは5分程度とすることが望ましい。学習内容をモジュール化することにより、次のような効果が期待できる。

- * 1つのモジュールが短時間に区切られるため、授業に対して学生が飽きることが少ない。
- * 個々のモジュール単位で授業に資することができるため、利用する担当教員の授業の構築方法に合わせて、一部のモジュールだけを利用することができる。
- * 講義の順序をモジュール単位で変更することができる。
- * 内容をモジュール単位で更新できるため、更新時に全ての内容を作り変えずに済む。

4. ITを活用した授業モデルの設定

これまで、経営工学の入門的な授業は、「経営工学入門」、「経営工学概論」、「経営工学序論」などと題して、多くの関連学科で行われている。授業形態として、複数の教員が交代でその得意分野を紹介したり、一人の教員が自分の専門に近い範囲で授業内容を構成していることが多い。それは、経営工学の対象領域の広さや多様性から、各教員の専門分野が狭いものになっているためである。この結果として、自分の専門分野から離れた内容は学習項目に入れることが難しい状況にあった。

このような理由から、本協会の経営工学情報教育研究委員会では、各委員が専門としている代表的な分野において、それぞれ1時限(80分から90分)のモデル授業を構築し、それらを統合して全体の授業構成とした。

生産系では「インダストリアル・エンジニアリング」、「製造データベース」の内容、数理系では「品質管理」、「オペレーションズ・リサーチ」の内容、経済系では「経済性工学」、「価値工学(Value Engineering)」の内容、人間系では「人間工学」、「行動科学」を作成することとした。

各教員が担当分野を決めて作成することは、適用分野をさらに広げられる、個々の内容の一部が古くなくても、他分野に影響を及ぼさずに更新できる、各教員の責任において各分野の内容の管理ができる、などの利点がある。すなわち、現場のニーズに俊敏に対応できる体制にしておくことが必要である。

ここで紹介する授業モデルは、その中で「生産システム入門授業」、「生産管理演習授業」、「オペレーションズ・リサーチ授業」、「人間工学入門授業」とした。

「**生産システム入門授業**」は、製品の生産工程を中心に生産システムを解説するマルチメディア教材と専門用語を視覚的に解説する教材によるリアル映像を使用した授業モデルであり、「製造データベース」のコンテンツを利用している。

「**生産管理演習授業**」は、高校卒業後間もない学生に電子教材としてマルチメディアによる映像と解説を提示して、概念理解と現場感覚を演習を通じて理解させる授業モデルであり、「価値工学」のコンテンツを取上げている。

「**オペレーションズ・リサーチ授業**」は、線形計画法で使用する式の具体的なイメージおよび解説、生産計画問題の課題に対して学生各自に解の探索を試行させるミュレータを配布し、学習させる授業モデルである。

「**人間工学入門授業**」は、人間と機械、環境を関係付けられるよう対象とする実体のイメージを理解させるためにスライド、写真、ビデオなどの映像を活用した授業モデルである。

各分野では、できる限り具体的な応用場面をその内容の中に入れ、静止画、動画、音声を中心とし

た情報技術を利用することに心がけた。応用場面が示しにくい分野、例えば経済性工学あるいは数理系のORの分野などでは、できる限り図やグラフ、静止画の利用を行うこととした。なお、参考までにモデル授業の進め方の一例を下表に示す。

回数	内容	回数	内容
1	ガイダンス	8	数理系のまとめ
2	生産方式・生産形態・生産システム	9	経済性工学
3	IE	10	VE
4	生産系のまとめ	11	経済系のまとめ
5	品質管理(1)	12	人間工学
6	品質管理(2)	13	行動科学
7	OR	14	人間系のまとめ

表1 モデル授業の進め方例（太字の時間に今回開発したコンテンツを利用する）

以下に、授業モデルの詳細を紹介する。

IT授業モデルの紹介

事例1 . マルチメディア教材を活用した生産システム入門授業

1 . 授業のねらい

生産システムの入門教育は、生産システムについて現実的知識や体験のない学生に、生産工場はどのように構成されているか、製品はどのように作られているか、生産システムで使われる用語は具体的に何を指すかを現実的に理解させる。

実際の生産システムは、対象とする品目や製品、生産規模・生産形態の違いにより多様な側面をもち、実態を理解するには様々な生産現場を見学することが重要であるが、日常の授業で実施することは事実上、困難である。このような状況において、学生が必要に応じて自由に選択し、視聴できるマルチメディア教材（「リアル映像による生産システム」）を提供することにより、教科書で学ぶ専門的技術や知識を補完し、より具体的に対象問題や適用手法を学ぶことが可能になる。

2 . 授業の運営

(1) 教材を使用するための前提条件

教材を利用する場合、以下に示すようなパソコンと必要なソフトウェアを前提にしている。今後のパソコン性能の向上と普及状況を想定し、できるだけ高品質な教材を開発しようとした。なお、データはかなり大容量であるため、当面、その配布はCD-ROMを利用し、すべてのファイルをパソコンのハードディスク上に保存してあるものとしている。

- CPU Pentium III 600MHz以上、メモリは、128MB以上のパソコン
- XGA（1024×768ドット）以上の解像度を持つディスプレイ
- OSは、Microsoft社Windows98、Windows ME、Windows2000
- ブラウザは、Microsoft社Internet Explorer5.0以上
- Apple社QuickTime4.0とMacromedia社Flash Playerを使用

(2) 利用法の想定

教材は、自習を可能にするよう開発しているので、学生が自宅、大学のパソコンを用いて各自のペースで自由に参考資料として活用することができる。もちろん、講義においてこの教材を中心として利用することも、適宜参照することも可能である。

(3) 授業のシナリオ

教材を中心に展開する授業構成例

教材を中心として利用する1コマ授業(90分)の構成を表2に例示する。その際、教材の操作は教員がすべて行うことも、また適当な時間を区切りながら、各学生に任せることも可能である。

番号	各セクションのテーマ	使用時間	累計時間
1	生産システムの概要説明	10分(説明)	0~10分
2	「専用ラインによる連続生産システム」	10分(本マルチメディア教材)	10~20分
3	学習ポイントの解説	5分(説明)	20~25分
4	「手作業による生産システム」	10分(本マルチメディア教材)	25~35分
5	学習ポイントの解説	5分(説明)	35~40分
6	「多品種少量の生産システム」	10分(本マルチメディア教材)	40~50分
7	学習ポイントの解説	5分(説明)	50~55分
8	生産システムに関する用語の解説	10分(説明)	55~65分
9	「運搬機器」、「検査」、「旋盤」、「フライス盤」、「NC旋盤」、「マシニング・センター」、「フレキシブル生産システム(FMS)」	20分(本マルチメディア教材)	65~85分
10	授業のまとめ	5分(説明)	85~90分

表2 「リアル映像による生産システム(2000年版)」を用いた授業内容

教材を授業の一部に利用する授業構成例

次に、この教材を講義の一部として活用する授業を以下に例示する。それぞれの授業では、テーマに合う映像資料をこの教材から適宜選択して利用する。

[授業のテーマ] : 「生産工程における加工や運搬の設備」

- * (20分) 工程の種類と機械加工の概説
- * (30分) 「リアル映像による生産システム - 専門用語の解説編 - 」
- * (40分) 各工作機械とその他の加工運搬設備の解説

[授業のテーマ] : 「ファクトリー・オートメーション(FA)とは」

- * (30分) ファクトリー・オートメーションの概説
- * (15分) 「リアル映像による生産システム - 専用ラインによる連続生産システム編 - 」
- * (45分) 各構成要素と設計・計画・運用上の諸問題に関する解説

[授業のテーマ] : 「手作業工程の設計」

- * (20分) 手作業工程の特長の概説
- * (15分) 「リアル映像による生産システム - 手作業による組立工程編 - 」
- * (55分) 手作業工程の条件、設計方法と効果の解説

[授業のテーマ] : 「多品種少量生産の問題」

- * (20分) 多品種少量生産の概説
- * (15分) 「リアル映像による生産システム - 多品種少量の生産システム編 - 」
- * (55分) 多品種少量生産の特質と対応策に関する解説

3. 教材のシナリオ

(1) 教材の構成

「リアル映像による生産システム（2000年版）」は、図1のように、製品の生産工程を中心に生産システムを解説するマルチメディア教材と生産システムに関する専門用語をビジュアルに解説するマルチメディア教材とから構成されている。

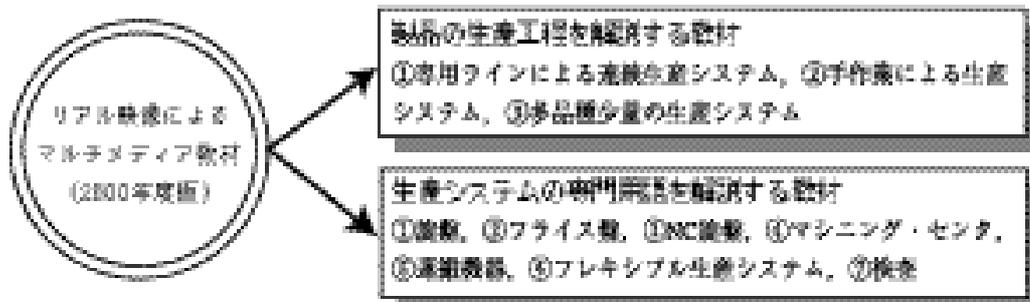


図1 リアル映像による生産システム（2000年版）の構成

マルチメディア教材「リアル映像による生産システム（2000年版）」は、表3に示すファイルで構成されている。

作成ファイル名	時間	サイズ	内容
top.html	-	2KB	全体のトップページ
index.html	-	1KB	教材のトップページ
term.html	-	1KB	専門用語のトップページ
union.mov	5' 46"	198MB	手作業による生産システム
ham.mov	7' 57"	196MB	多品種少量の生産システム
beer.mov	7' 03"	154MB	専用ラインによる連続生産システム
fms.mov	2' 06"	66MB	フレキシブル生産システム
lathe.mov	0' 50"	33MB	旋盤
milling.mov	1' 18"	35MB	フライス盤
mc.mov	1' 40"	42MB	マシニングセンタ
nc.mov	1' 43"	121MB	NC旋盤
mh.mov	3' 08"	72MB	運搬機器
inspection.mov	1' 30"	37MB	検査
合計	33' 07"	953MB	

表3 本教材で作成されたファイル

教材は、製品の生産工程の解説、専門用語の解説、どこからでも自由に開始できるようビデオ・オン・デマンドの教材として構成されているので、目的に応じて必要な箇所だけを直ちに閲覧することができる。全体の入り口は、図2のように表示されたページであり、このページから各製品の生産工程の解説へ直ちに移動できる。専門用語の解説を閲覧するためには、このページから図3に示す専門用語を選択するページへ行くことになる。したがって、教材の階層構造は、多くとも3段階であり、シンプルな構造としている。なお、教材のデモ版は、巻末添付のCD-ROMを参照されたい。



図2 教材の開始ページ

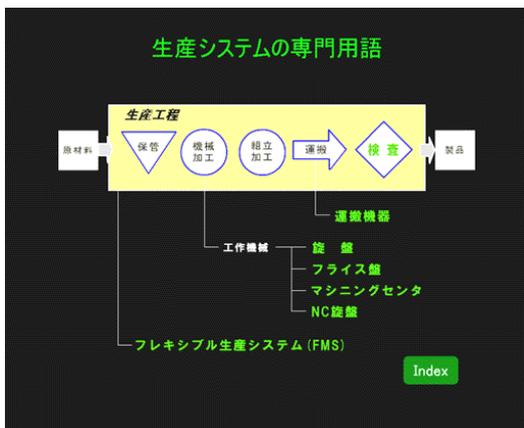


図3 専門用語の選択ページ



図4 手作業による生産システム

(2) 製品の生産工程を解説する教材

製品の生産工程を解説する教材では、製品として「ビール」、「医療機器（低周波治療器）」、および「ハンム・ソーセージ」が取り上げられている。それぞれ、「専用ラインによる連続生産システム」、「手作業による組立工程」、「多品種少量の生産システム」の事例として解説されている。

これらの教材は、いずれも次のように構成されている。

- * 原材料と製品（Input-Process-Output）の説明
- * 工程経路図の表示
- * 各工程の説明
- * 用語の解説

製品の生産工程を解説する教材の動画の時間規模は、次のとおりである。

- * 「専用ラインによる連続生産システム」 （7分3秒）
- * 「手作業による生産システム」 （5分46秒）
- * 「多品種少量の生産システム」 （7分57秒）

図4に、製品の生産工程を解説する教材の中から「手作業による生産システム」の1コマを示す。

(3) 生産システムの専門用語を解説する教材

生産システムの専門用語を解説する教材では、加工設備の例として「旋盤」、「フライス盤」、「NC旋盤」、「マシニング・センタ」、「フレキシブル生産システム(FMS)」の五つの用語が、また、その他の工程にかかわる用語として「運搬機器」と「検査」が取り上げられている。それぞれの用語は、映像を中心に、ナレーションとテロップやイラストを用いて、比較的手短に構成されている。製品の生産工程を解説する教材の動画の時間規模は、次のとおりである。

* 「旋盤」	(50秒)	* 「マシニング・センタ」	(1分40秒)
* 「フライス盤」	(1分18秒)	* 「フレキシブル生産システム」	(2分6秒)
* 「NC旋盤」	(1分43秒)	* 「運搬機器」	(3分8秒)
		* 「検査」	(1分36秒)

図5と図6に、専門用語を解説する教材の中から「フレキシブル生産システム」と「運搬機器」とのそれぞれ1コマを示す。

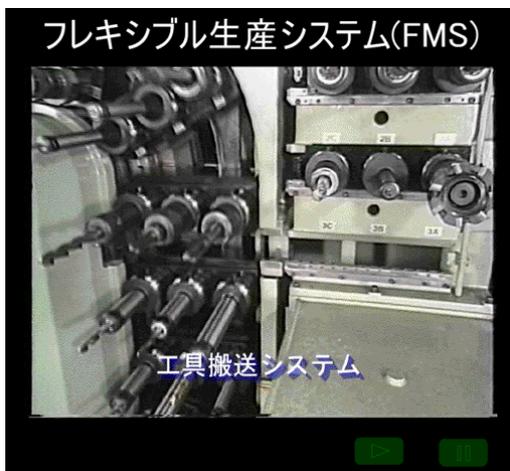


図5 フレキシブル生産システム

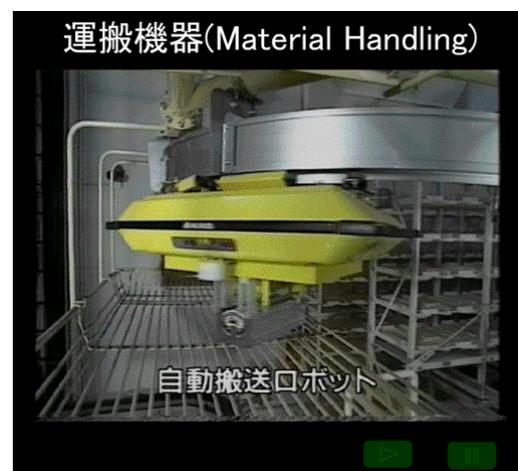


図6 運搬機器

4. 授業の効果

「生産システムの実態が理解されたか」との設問に、「非常によく理解した」と「よく理解した」と回答したのは約36%（「ふつう」を含めると90%）を越えた。「新しい発見があったかどうか」は、約68%（ふつう95%）である。マルチメディア教材に対する満足度は、56%（ふつう89%）となり、初めての試みである教材としては、概ね良好な評価が得られていると思われる。学生からの感想は、「動画を見て、実際に工場見学に行ったのと同じ感覚を味わえたのがとても良かった」、「教科書などで学ぶのと違い、作業の流れ、現場の雰囲気、ナレーションのタイミングなど、飽きずに見ることができて楽しかった」、「生産工程がこんな風になっていたとは正直、三つとも驚き、とても知らないことばかりだった。人の努力というものをいろんな意味で感じた」などがあつた。しかし、再生に必要なコンピュータの能力や前提とするパソコン環境が高度な水準であったため、自宅や大学のパソコンでは満足に再生できないという回答も少なくなかつた。

教材は、画質を優先したため、全体にパソコンにかかる負荷が大きく、高性能なパソコン環境を要する点や、説明の量・方法、画面デザイン・音質・音量などにおいて工夫や改良の余地が残されている。

マルチメディア教材を授業に利用する効果は、一般的に大きいと言えるが、題材を適切に選択し、提供しうる教材を見やすくまとめるには多くの時間と労力、ハードとソフトの準備とそれらを使いこなすスキルや知識が必要になる。

5. 今後の課題

(1) パソコンのプラットフォームの統一

秒進分歩といわれるマルチメディア分野で、前提とするパソコンのプラットフォームをどのように決定するかは困難である。たとえば、教材を使用するパソコン環境は、大学の施設か、学生のパソコンか。OSはWindows、Mac、UNIXか。WebブラウザはInternet Explorerだけか、Netscapeにも対応させるか、そのバージョンをいくつ以上とするか。Plug-inソフトウェアをどの程度まで前提とするか、メディアの配信・提供形態をどのように設定するかなどである。

マルチメディア教材を編集し作成する際、映像や音声の処理に関する規格が乱立し、各種のソフトウェアとハードウェアを連携させなければならず、しかも実際にかなり高い技術力が要求されるので、パソコンや関連機器、ソフトウェアの適切な選択と構成が経済的・技術的に難しい。

(2) 教材開発の体制作り

マルチメディア教材の開発に関する知識と技術をもつスタッフの育成と協力が不可欠で、大学としての対応は必ずしも容易でない。特に、取材や各種情報提供の面で産業界や学協会を含む各種団体の協力が不可欠である。しかし、生産拠点が海外に移されたり、クリーンルームや無人化工場での生産が増えたため、現場に入り込んだ撮影が困難になったり、企業の個別的事情等のため、教材のもとになる生産現場の撮影や映像の確保が難しくなりつつある。

事例2 . マルチメディアを活用した生産管理演習授業

ここでは、生産管理に関連した管理技術であるI E（インダストリアルエンジニアリング：industrial engineering）及びV E（価値工学：value engineering）を学習するために作成した、マルチメディアを活用した教材について、V Eの事例を中心に報告する。I Eの構成はV Eの構成とほぼ同じである。

1. 授業のねらい

「V E入門」は、全体として以下の3段階によりV Eの概要を知り、演習を通じてその内容を体験することを目指している。特に、シラバス全体の目標として掲げた、高校卒業直後の学生の理解を深めるために、企業における管理技術の応用事例を示すことが重要な要件である。

段階1：V Eとは何かを理解し、企業での役立ちについて知る。

段階2：V Eの問題の定式化とその解決法について学ぶ。

段階3：V Eの事例に基づき、V Eの基本ステップを学び、応用ができるようになる。

2. 授業の運営

(1) 教材運用の環境条件

教材を使用する環境は、次の通りである。

C P U：Pentium プロセッサ450MHz

メモリ：64MB

H D D：12GB

本 文：Internet Explorer5.0またはNetscape Navigator4.6にて再生可能である

動画像：MediaPlayerなどのMPEGの画像が再生可能であるか、Internet Explorer5.0などのJPEGの画像が再生可能である

静止画像：Excel、PDFまたはJPEGの画像のいずれかが再生可能である

(2) 授業の構成

上記の段階をもとに、表1に示す、8セクションからなる授業内容を設定した。プレゼンテーション全体の標準正味時間は60分であり、残りの時間を「前回のレポートの解説」、「今回のレポートの説明」、「VEに関する補足説明」などに用いる。自習した結果を身の回りの事例に適用し、レポートとして提出し、採点を行い、評価してこの単元の授業が完了する。場合により、提出されたレポートの解説を次の時間に行えば授業の効果が上がる。そのため、セクション4以下では、事例に基づき、適用手順を説明している。

番号	各セクションのテーマ	使用時間・内容	累計時間
1	VEの概要	5分(説明)	0～5分
2	企業におけるVEの適用事例その1ー会社説明と商品紹介ー	10分内約3分ビデオ画像	5～15分
3	企業におけるVEの適用事例その2ー問題状況と解決プロセスー	20分内約10分ビデオ画像	15～35分
4	VEの対象選定(基本ステップその1)	5分ワークシート1枚	35～40分
5	VEの機能定義(基本ステップその2)	5分ワークシート1枚	40～45分
6	VEの機能評価(基本ステップその3)	5分ワークシート2枚	45～50分
7	VEの改善案の作成(基本ステップその4)	5分ワークシート6枚	50～55分
8	VEの提案と実施(基本ステップその5)	5分ワークシート1枚	55～60分

表1 VE入門授業構成

3. 授業時間の学習内容

ここでは、作成した画面例とともに各セクションの学習内容を示す。なお、実物の教材は、巻末添付CD-ROMを参照されたい。

(1) VEの概要

経営工学分野でのVEの位置付けを理解することを目標にする。内容は、VEとは何か、VEの必要性という2項目から構成されている。画面の構造として、標題(テーマ)、目的、方法という項目分けにより1ページを構成することを基本とした。

The screenshot shows a Netscape browser window displaying a webpage titled "VE概要". The page content includes:

- 1 VEとは何か**
- 【目的】**
VE(価値工学)とはValue Engineeringの略で、製品やサービスの価値を向上させるために用いられる管理手法です。企業において、最も先決されることのひとつとして、利益の確保があります。そのために、コストを下げたり、値上げをしたり、売上げをおおたりという方法があります。VEはこのような問題を解決するための方法です。ここでは、VEの基本的な考え方を説明します。
- 【方法】**
VEは製品やサービスの価値の向上を目的とします。それでは、価値とはどういうものなのでしょう。VEでは価値をそのものがもたらす利益と、そのものを生み出すコストで表わします。
- Formulas: $V(\text{価値: Value}) = \frac{F(\text{機能: Function})}{C(\text{コスト: Cost})}$
- Text: この式が、VEでは一番重要となります。この式の価値(V)を向上させることがVEの目的です。この価値を向上させるためには、機能とコストの関係が、次のようになります。
- Diagram: A table with 5 columns and 2 rows. The first row is labeled ① through ⑤. The second row is labeled F and C. Arrows indicate the direction of change: ① (F up, C down), ② (F right, C down), ③ (F up, C right), ④ (F up, C right), ⑤ (F down, C right). A large 'X' is drawn over the ⑤ column.

図1 VE概要の画面構成

(2) 企業におけるVEの活用事例 [テ - マ : 会社説明と商品紹介]

VEを適用している会社での具体的な事例を紹介する。まず、会社説明をビデオにより行い、今回の対象製品についてその特長を説明する。詳しい会社説明が必要な場合には、会社概要をあげ、さらにホームページを参照できるように設定してある。製品説明では写真を中心にして対象製品の特長や機能を説明する。



図2 製品の説明画面

(3) 企業におけるVEの活用事例 [テ - マ : 問題状況と解決プロセス]

前半に対象としている製品の問題点をビデオ、写真により紹介する。次に、VEを適用することにより得られた新製品をビデオにより紹介する。特に、新製品は旧製品と比較し、どこが変更されたのかを明示している。さらに、この製品がどのようなアプローチにより設計されたのかを示すために、会議の一部をビデオにより紹介しながら説明している。



図3 VA課題の検討画面の表示

(4) VEの対象選定 (基本ステップその1)

これ以下のセクションでは、どのような手順でVEの手法が構成されているのかを、事例を基にして紹介している。初めに、基本ステップ全体を説明し、次に手順ごとの詳細な解説を行う。基本ステップその1では対象の選定および活動計画について説明する。

(5) VEの機能定義 (基本ステップその2)

基本ステップその2では、製品の機能定義について、情報収集、機能の定義、対象の整理という項目について説明する。説明に必要なワークシートは、Excel形式、PDF形式、HTMLによる画像2種(大きい画像と小さい画像)の合計4種類を用意してあり、できるだけブラウザの影響を受けないようにした。

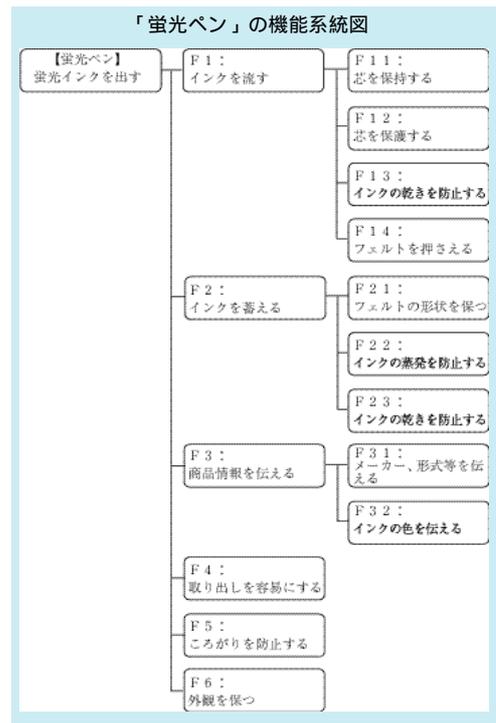


図4 機能系統図のPDF画面

(6) VEの機能評価(基本ステップその3)

基本ステップその3では、製品の機能評価について説明している。詳細な内容として、機能別コスト配分、機能の評価についてワークシートを用いて説明する。前のセクションまでに示されたワークシートとの関係を示すために、ワークシートの用語にリンクし、すぐに参照できるようにした。

(7) VEの改善案の作成(基本ステップその4)

基本ステップその4では、改善案の作成について、アイデアの発想、アイデアの具体化、具体案の評価について詳細な説明を行っている。それぞれ二つの機能について取り上げているため、ワークシートは各2枚ずつ用いている。

(8) VEの提案と実施(基本ステップその5)

基本ステップその5では、提案と実施について、改善案の提案及び実施のフォローについて説明する。改善案の提案では、提案書に必要なワークシート類を再度このページから参照できるようにリンクし、また、最終提案書の様式例をワークシートにより示してある。

すでに述べたように、セクション5～8は自習用の教材でもあり、これに基づいてレポートを作成できるような構造としてある。レポート作成時の対象物は、自分自身の身の回りにあるものとし、VEの基本ステップを適用してその結果をレポートにしてまとめる。

4. 授業の効果

アンケートによれば、この教材を見て初めてVEの内容について理解できたという学生が8割程度いた。また、この内容を学び、VA/VEを理解した学生は9割を超えていた。この理由として、

これまでは講義中心の授業であったが、今回はパソコンを利用する授業であったため、学習内容の印象が強くなった。

自分のペースで理解して学習ができた。

レベルが高いレポート課題であったので、内容をよく理解しないと書けなかった。

などが考えられる。

なお、評価が良くなかった項目について紹介する。

ビデオ画像については、音声小さく聞こえにくい、画像が小さい、ダウンロードしたときの画像の鮮明さが欠ける、などであった。画面はMPG方式を用いてビデオから取り込んだので、ビデオ画像のブラウザと表示画面の大きさに影響される。今後は、ビデオ画像取込みソフトの性能向上も期待できる。さらに、自宅でも見ることが出来る媒体の利用を考慮する必要がある。

画面の文字数については、文字が小さく量が多い。画面1ページに入れる文字の数を減らし、一部はテキストまたはプリントで配布する方法も考慮する必要がある。特に読んで欲しい部分については手元に置いて見ることが出来るものを用意することを考えたい。

講義形態については、文字、写真、動画(ビデオ)、図表を総合的に利用した。文字部分の音声化は行っていないため、ビデオ画像以外は音声がない。また、これまでの授業形態と全く異なり教員と向かい合っただけの授業ではなかったため、不安感を感じた学生もいた。このため、文字部分の音声化を図ることによって、不安感の解消が期待できる。

習得時間については、最小で0.75時間、最大で3時間というばらつきが出た。これは、マイペースで学習を進めることができ、理解度の向上という観点からはよい結果であるといえる。しかし、授業時間中にこのシステムを使うと習得時間に大きな差が出てくることを意味している。授業時間内でこの内容を学習する場合には、授業の途中で説明や個人指導をきめ細かく行っていく

必要がある。上記の音声によるガイドを行えると、学習時間のばらつきは減ることが予想される。

レポートの課題内容は身の回りにあるものを対象にして、VEの手順を適用することであった。身の回りのものとはいえ、個々の部品ベースでのコストが調べにくいことがわかった。比較的容易に調査できるのは料理の素材であるが、こちらを対象とした場合には機能を決めることが難しい。したがって、コストについては判る範囲で調査することとし、アイデアを出すことおよび整理することを中心とした内容でよい旨、学生に話しておいたほうが良い。

5. 今後の課題

(1) 授業形態にあったコンテンツの検討

今回の授業内容のように、知識の伝達が主要な場合には、対面式授業と自主学习とで授業内容に差異をつける必要はない。ただし、自主的に学習する場合の質問に対してはできるだけ早く答えられるような仕組みが必要である。

(2) ネットワークを利用したときの動作環境の整備

高速LANを用いる場合と一般のWebを利用する場合とでは、通信速度に大きな差が出る。特に、ビデオ画像による動画を再生したいときに、一般のWebではかなり時間がかかってしまう場合がある。授業時間内に同時にアクセスする場合には、ダウンロードに時間がかかることもあるので、できる限り速い通信速度が実現できることが望ましい。

(3) 副読本、テキスト、実物を利用した遠隔学習

この授業では、遠隔自主授業となった。このような場合でも、情報として副読本やテキストを使用したほうがよい場合がある。また、手を動かしてグラフや図を作成することも必要である。工学教育の場合には単に画面だけでなく、目の前にものを提供して操作することを積極的に取り込んでいく必要がある。

(4) ネットワークを利用した学習

アイデアを出す場面がコンテンツの中に出ている場合には、複数の学生がグループで作業を行う体験も必要になる。遠隔学習では、同時にそのような学生が複数いるという条件下で、ネットワーク内でグループを組んで学習することができるようネットワーク基盤の整備が必要不可欠になる。

事例3 . シミュレーションを活用したオペレーションズ・リサーチの授業

1. 授業のねらい

オペレーションズ・リサーチ(OR)の授業は、具体的な例から問題の本質を見極め、単純化し、モデル化(対象から重要な性質を抽出し、単純な関係式で表現する)し、問題を解決する能力を身につけることをねらいとしている。

2. 授業の概要

講義の前半では、最も多く実用化されていると言われる線形計画法を最初に取り上げている。そこでまず、適用分野の事例をいくつか簡単に説明し、問題をどのように定式化するかの説明から始め、続いて解法であるシンプレックス法、二段階シンプレックス法、双対シンプレックス法などの解法を

講義し、感度解析を説明している。また、後半では、ネットワーク理論を取り上げ、最短路問題や、最大流問題を講義している。授業時間は24コマとして構成してある。

学生は、問題を単純化し、定式化することに慣れていないので、定式化の前に問題の挙動関係を明らかにしておく。これには、従来の板書による講義よりも、具体的な事例を提示して、定式化のプロセスをマルチメディアを活用して説明する方が学生の理解を助ける。このようにシミュレータをマルチメディア教材の一つとして開発した授業を以下に紹介する。

(1) 教材の目的

このシミュレータは、線形計画法をはじめて学ぶ学生を対象とし、問題の定式化に至る理解を助けることを目的としている。

(2) 推奨するパソコン環境とソフトウェア

CPU、メインメモリとも制約はないが、本シミュレータは、IBM ThinkPad 240で開発し、NEC LaVieNX 20/40、DOS/V 機 (Intel Celeron 400MHz、メインメモリ64MB) で稼働している。

解像度は、800×600以上のディスプレイを用いている。

OSはLinux 2.2.16を用いている。

ライブラリとして、GTK+ 1.2.8を使用している。

シミュレータ (線形計画法) の大きさは、約5.2MBである。

3. 授業の運営

このシミュレータは、自由に再配布可能であるため、プロジェクターを使ってスクリーンに投影し、線形計画法の講義に利用する他に、学生に配布し、生産計画問題などの課題を与え、各自で操作し、解の探索を試行させることができる。解の探索を試行錯誤的に解決させることにより、制約条件の働きなどを理解させることができる。解の良さや発見までの試行回数などを競わせることもできる。

以下に、90分1コマの授業を想定した場合の授業内容の例を示す。

[授業のテーマ] : 「線形計画問題入門」

授業の始めに線形計画問題がどのような分野に適用できるかをシミュレータを利用して説明する。

番号	各セクションのテーマ	使用時間	累計時間
1	線形計画法の前提知識としての線形代数	10分 (板書)	10分
2	実際の問題と線形近似	10分 (板書)	20分
3	モデルに現れない実際の仮定	10分 (板書)	30分
4	ダイエット問題の説明	15分 (シミュレータ)	45分
5	生産計画問題の説明	15分 (シミュレータ)	60分
6	用語の定義	20分 (板書)	80分
7	まとめ	10分 (板書)	90分

表1 「線形計画問題入門」の授業内容

[授業のテーマ] : 「線形計画法入門」

生産計画問題の捉え方や定式化の方法、生産計画の改善法を説明する。

番号	各セクションのテーマ	使用時間	累計時間
1	適用分野の解説	10分(板書)	10分
2	生産計画問題の説明	10分(板書)	20分
3	シミュレータ(図1)の各要素の説明	10分(シミュレータ)	30分
4	生産数量と制約条件の関係を説明	15分(シミュレータ)	45分
5	生産数量と目的関数の関係を説明	15分(シミュレータ)	60分
6	感度解析と各パラメータ関係を解説	30分(板書)	90分

表2 「線形計画法入門」の授業内容

[授業のテーマ] : 「標準形の構築」

生産計画問題の定式化から、標準形の構築法、最適値や最適解の考え方を説明する。

番号	各セクションのテーマ	使用時間	累計時間
1	記号付シミュレータ(図2)による定式化	15分(シミュレータ)	15分
2	標準形の構築	15分(板書)	30分
3	正準形の構築	15分(板書)	45分
4	用語の解説	15分(板書)	60分
5	目的関数と最適値の判定	15分(板書)	75分
6	解の種類(不定の場合、存在しない場合)	15分	90分

表3 「標準形の構築」の授業内容

4. 教材の構成

シミュレータを起動すると図1の「カレーライス」、「肉じゃが」、「シチュー」の線形計画問題の画面が表示される。

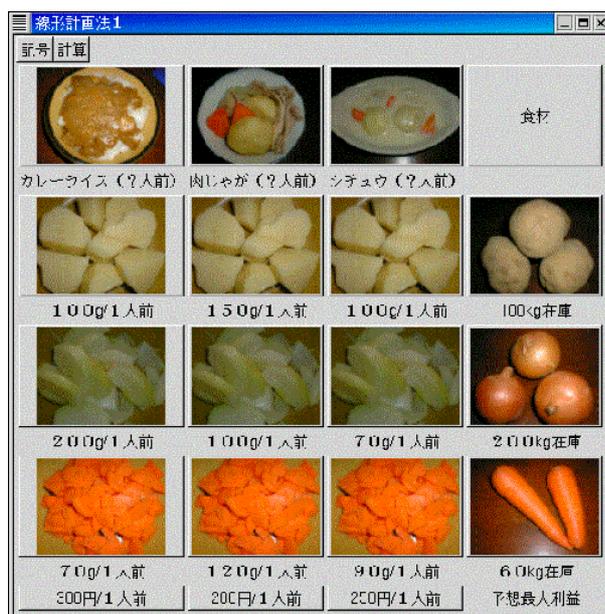


図1 線形計画法のシミュレータ操作画面

画面左上は、選択ボタンであり、現在は、「記号」と「計算」のみとなっている。「記号」ボタンをクリックすると、図2のように各写真に記号が付いた画面が現れる。記号付の画面は、線形計画法の定式化を行う際の係数や変数の対応を説明するときを利用する。「計算」ボタンをクリックすると、次に説明する生産量や製品1単位当りの原料に基づいて、利用原材料や予想利益を算出する。

画面1行目は、生産するカレーライスなどの3種類の製品を表示している。

製品の写真をクリックすると、生産量を入力するウィンドウが現れるので入力欄をクリックして適当な値を入力する。値は、整数でも実数でも良いが、計算は実数化して行われる。入力した値は、画面2行目に表示される。

画面の3行目から8行目は、製品を作るための材料の写真（じゃがいも、玉ねぎ、ニンジン）と材料の量を表示している。これら画面の1列目から3列目までが材料の写真と製品を1単位作るための量を示している。4列目は、材料とその利用可能量（在庫量）が表示されている。

これらの写真をクリックすることにより、製品を作るための材料の割合や利用可能量を変更することが可能である。変更結果は、それぞれ写真の下に表示される。最下行の左の3列は、製品1単位当りの利益を表している。ボタンをクリックすることにより、利益率を変更できる。変更した値は、ボタンに反映される。

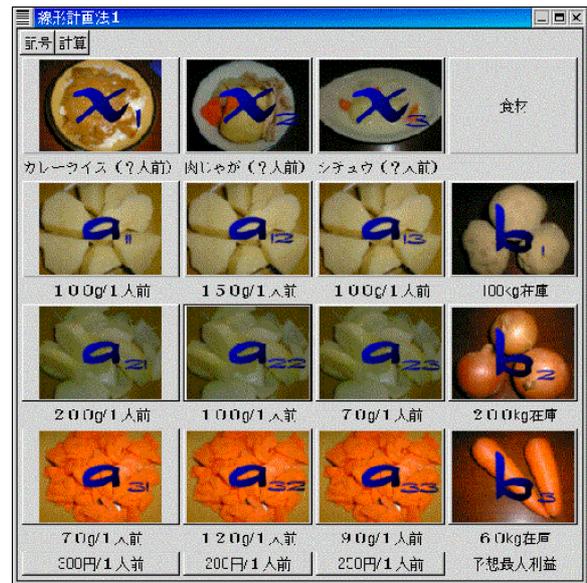


図2 記号付画面

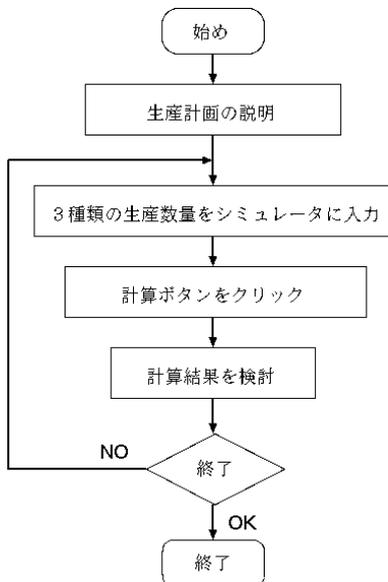


図3 図1の利用手順

最下行の右端は、総利益を表示する。総利益の算出は、画面1行目の計算ボタンをクリックすると実行される。

さらに、計算ボタンのクリックにより、各材料の総利用量も算出されるので、計画が実行可能かどうかの判断や最適解かどうかの判断を行うことが可能である。

すべてのボタンは、順番がないので説明の都合で、自由にクリックして利用できるが、図3のような授業における利用手順を想定して作成してある。初期値については、指定されているが、利用目的に応じて任意に変更できる。（線形計画法のシミュレータ操作法については、巻末添付のCD-ROMを参照。）

5. 教材の効果

この教材は、線形計画法で使われる式の具体的なイメージを持つことを助け、応用する力を修得させることを目的にしている。従来の授業では、式の証明と手計算による計算法の修得に多くの時間が費やされていたが、計算については、フリーのソフト（scilabやoctaveなど）もあり、実際はあまり重要ではない。また、表計算ソフトを掃出し、法に適用した例がいくつかの本で紹介されている。むしろ、定式化や感度解析などに力点を置いたほうが実務的であり、応用力を養うことができると考えられる。

学生の評価は、板書による説明では、数式がどのようにしてできあがったか良く分からなかったが、シミュレータを使った説明では、製品や資源などのイメージが写真で表現され、式の変数や係数との対応が具体的に取られているので、式の成り立ちが良く分かったということである。

6. 今後の課題

教材を開発する上で問題になるのは、開発の手間と技術力不足の問題である。企画、素材の作成や準備、構成、修正や改善など製作に関わることは自分で作るしかない。素材の作成には、写真、イラストや動画、3Dグラフィックス、効果音、GUIプログラミングなど、およそ講義とは関係のない知識や技術が要求され、大きな負担となっている。また、Webサイトで公開しようとする、サーバーの管理技術であるCGI、HTML、PHPなどにも精通することが要求され、ますます困難と思えてくる。共同で開発するにも、現在のように研究業績中心では協力をお願いすることも用意ではない。

このように考えると、教材開発は教員には無謀とも思えてくる。しかし、簡単に理解できて、迅速に調べることができて、場所を選ばない学習環境の構築は、インターネットによる次世代型教育として必須と思われる。どの教材を開発する場合にも直面する問題であるので、教材開発の支援を専門的にかつ組織的に進めるための体制を学内をはじめ、補助金を活用して関係企業による協力の中で、また本協会の仲介も含めて整備されることが期待される。

事例4 . マルチメディアによる人間工学入門授業

1. 授業のねらい

人間工学入門の授業では、学生に人間工学の理念と実体を理解させることをねらいとしている。

この分野は、対象が大小の製品、システムが多岐に亘り、多様な側面を持っている。そのために、実体を理解するためには、種々の適応分野を見学することが必要であるが、日常の授業ではこれを実施することは極めて困難である。したがって、学生が容易にイメージできるように、PowerPointによるスライドと写真・ビデオの教材で専門的な状況を補完し、より具体的に対象を理解することができる。

2. 教材の構成

この教材は、人間工学について初めて学ぶ学生を対象に、基本理念と応用分野を網羅して作成された。PowerPointによるスライドと写真・ビデオによるマルチメディア教材である。

図1に示すように基本編と応用編の二つのステップで構成されている。基本編で学習者の人間工学の輪郭ベースを作り、その上に実際に応用されている分野の中から、特に人間と機械・環境を関係付けられる三つの応用問題を取り上げる。PowerPointによるスライドを基本骨格として、写真、ビデオの独立したファイルが用意されている。これらを授業時間と学生のレベルに整合させれば効果的な授業ができる。

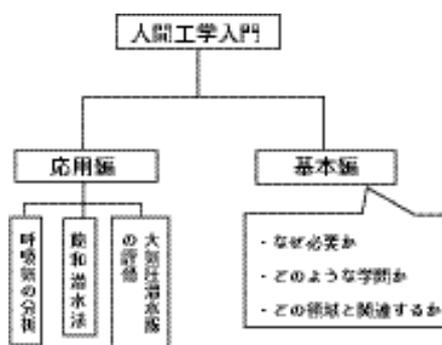


図1 教材の構成



図2 教材の表紙

(1)[基本編]

前ページ図2の表紙から始まり、人間工学の歴史的発展を考えながら、「なぜ必要か」、「どのような学問か」、「どの学問分野と関わり合っているか」について説明する。

(2)「応用編」(動画を含む実物は巻末添付のCD-ROMを参照)

応用編は三つのパートから構成されている。

応用編 では、「大気圧潜水服」を紹介し、安全性と効率性を評価する。

応用編 では、深海の作業で用いられる「飽和潜水法」を紹介し、高圧環境下で働く人間の生体反応を評価する。

応用編 では、「呼吸気の実験」によるAT値および代謝エネルギーの測定システムを紹介する。

(3)教材に必要な環境

CPU Pentium 600MHz以上、メモリは 128以上のパソコン

XGA(1024×768ドット)以上の解像度を持つディスプレイ

OSはMicrosoft社Windows98, Me, 2000

Microsoft社のPowerPoint2000

Windows media player

MGI photosuite, またはペイント

(4)教材を構成するファイル

表1に示す。ここで、ファイルの拡張子、pptはPowerPoint、Mpgはmedia Playerに対応する。また、bmpはビットマップファイルである。このファイルの表示はPowerPointに貼り付けるか、またはMGI photosuiteで表示する。

	ファイル名	容量、時間	備考
基本編	基本編.ppt	10.4MB、10分	人間工学の導入、ナレーション入り
応用編(1) 大気圧潜水服	潜水服.ppt	5.5MB、8分	大気圧潜水服の意義・評価
	歩行実験.mpg	7.2MB、18秒	水中での歩行
	sensui3.mpg	5.6MB、16秒	大気圧潜水服の全容
	sensui4.mpg	11.4MB、50秒	大気圧潜水服のコントロール
	sensui7.mpg	2.8MB、6秒	海底都市
応用編(2) 飽和潜水	飽和潜水.ppt	12.5MB、8分	飽和潜水の基本的な原理
	sdcbmp	225KB、1枚	潜水シミュレータの写真
	sennsui101.mpg	4MB、15秒	高圧環境下の呼吸
	sensui105.mpg	8.5MB、30秒	エックスカーション
	sensui202.mpg	4.0MB、15秒	加圧・減圧、減圧症
	sensui203.mpg	4.2MB、15秒	圧力による物の破壊
	sensui204.mpg	4.4MB、15秒	潜水シミュレータ
	sensui9.mpg	4.6MB、15秒	呼吸特性の計測
呼吸気の実験	mass.ppt	1.0MB、4分	呼吸分析システムの構成
	at.ppt	7.2KB、3分	AT値と運動能力
	metab.ppt	6.9KB、3分	代謝エネルギーの測定

表1 教材のファイル

3. 授業の運営

新入学生に対して経営工学概論の授業は、各科目の教員が1コマ90分ずつガイダンス的に行っている。90分1コマの授業を想定した授業内容の一例を表2に示す。教材の基礎編と応用編を網羅して1コマにおさめた。

各題目のテーマ	使用ファイルと時間	累計時間
準備時間	5分 (パソコン、プロジェクタの設定)	5分
理念：1)なぜ必要か、 2)どのような学問か、 3)どの領域と関連するか。	10分 基本編.ppt	15分
要約と質問	基本編.ppt	25分
応用(1)「大気圧潜水服の評価」	10分 潜水服.ppt、歩行実験.mpg、 sensui3.mpg、sensui4.mpg、 sensui7.mpg	35分
要約と質問	10分 (PowerPointスライド、動画、写真)	55分
応用(2)「飽和潜水法」	10分飽和潜水.ppt、sdc.bmp、 sensui101.mpg、 sensui105.mpg、sensui202.mpg、 sensui203.mpg、sensui204.mpg、 sensui9.mpg	
要約と質問	10分 (PowerPointスライド、動画、写真)	65分
応用(3)「呼吸気の分析」	10分 mass.ppt、at.ppt、metab.ppt	75分
要約と質問	10分 (PowerPointスライド、動画、写真)	85分
後片付け	5分	90分

表2 90分入門授業のプログラム

4. 教材の内容

本教材は基本編、応用編から成り、その内容は次の通りである。

(1) 基本編

PowerPointのスライドと写真により容易に理解できるように説明した。また、スライドにはナレーションが挿入され、必要に応じて復習などに利用しやすいようにした。以下に、内容を紹介する。

【なぜ必要か】

産業革命以後、機械文明の進展に伴い、機械は人間の作業効率と利益の向上のためのものとして認識されていた。しかし、第2次世界大戦に突入すると、パイロットの事故が急増し、その対策として、「読みやすい計器」、「疲れない椅子」などのデザインが研究的になった。この時から、人間と機械を一体化したシステム、すなわちマン・マシンシステムとして捉え、人間にとって快適な機械設計をするアプローチが必要になった。

【どのような学問か】

マン・マシンシステムの考え方は、人間にとって使いやすい、機械を設計するアプローチとして評価されるようになった。それ以前は、技術進歩に重点を置いたあまり、人間を無視した結果、人間が機械に適合できなくなった訳である。したがって、この適合性を検討し人間本意の機械・環境を創るのが人間工学の役割である。すなわち、人間の特性に合わせた機械・環境をデザインするための学問である。

【どの領域と関係するか】

人間工学の固有の手法はないので、これらに関係する他の分野の手法を利用しなければならない。このために、多くの分野との連携が必要となる。人間工学の対象領域は非常に広いので、一言で表現することはできないが、特に深い関係にあるのは、システム工学、生理学、経営工学、制御工学、心理学などである。

(2) 応用編

人間工学の応用編として、「大気圧潜水服の評価」の適用例を示す。なお、「飽和潜水法」、「呼吸気分析」については、巻末添付のCD-ROMを参照されたい。

[大気圧潜水服の評価]

大気圧潜水服は、人間と機械・環境を最も端的に説明することのできる教材と考えられる。海難事故では、ロボットによる調査・作業よりも、人間が実際に深海に潜り、目で確かめて判断する方が的確な場合が多い。近頃、深海に潜る潜水服がカナダで開発され、NewSuitの名で商品化されている。この潜水服は内部では、1気圧にコントロールされ、最大深度300mまで潜ることができる(図3)。

この潜水服では、巧緻性はどうか、操作性は、どのような作業ができるか、安全性は？このような問題について評価する。



図3 大気圧潜水服で歩行実験

5. 今後の課題

マルチメディアによる教材は、授業の都度改善が試みられ、さらなるマルチメディアのファイルが追加され、自由にこれらのファイルを組み合わせることによって、柔軟な授業に対応することができる。

対象とする範囲が広いことから、多くの教材を学生に提示することが必要となるが、それには大学で既に作成されてきたコンテンツをできるだけモジュール化し、素材として組み合わせて利用できるように大学間での連携が必要となる。また、製品などの撮影には企業の協力が必要である。教育を支援する体制として、本協会のサイバー・キャンパス・コンソーシアムおよび経済団体、政府関係機関などとの連携も必要となる。