

経営工学教育の授業

1. コアカリキュラムを意識した教育の到達目標

経営工学教育は、企業の経営資源である人、物、金、情報の有効な活用法をシステム（仕組み）として工学的に捉え、組織・工程・設備や物の流れと情報の流れを科学的に計画・設計・マネジメントできる専門知識、技能、態度を身に付けることを目標としている。

経営工学分野におけるコアな教育・学習領域としては、工程管理、資材管理、品質管理、作業管理（IE含）、設備管理、原価管理、物流管理、人間工学、数理・統計解析・シミュレーションの基礎、ITマネジメントとがあり、また、周辺領域としては、事業戦略、製品開発・設計、生産技術、財務管理、マーケティング、販売・流通、サービスマネジメント、プロジェクトマネジメント、安全・環境、知的財産マネジメントなどがある。表1に学部卒および修士修了における人材像とスキル・素養の要件について例示した。

表1 経営工学系人材のキャリアプランニング（提供：日本経営工学会 企画・行事委員会）

	人 材 像	スキル・素養の要件（知識・技術・態度）
学部卒： 現状問題の 把握力、調 査・解析 力、現場改 善力	現状の「業務プロセス」と、それを取り巻く 周辺技術を理解し、担当している現場におい て基本的な管理技術を駆使しながら、1）問 題調査、2）問題解析と問題の構造化、3） 改善ができる。 特に、現場管理に関する基本的な知識を修得 していること、技術者マインドをもっている ことをアドバンテージとして、ヒト・モノ・ 情報そしてカネの流れを関連付けた現場マネ ジメントができる。	固有技術に対応させて、製品の生産やサービ スを提供する業務の基本知識と、その業務プ ロセスに対応した管理技術・改善技術および IT基礎技術を修得：1）オペレーショナル・ マネジメントの基本知識と基本技能（特に、 QCDES、4 M）、2）プロセス志向・システ ム設計志向、3）SCMおよびロジスティッ クス、4）数理・解析による調査法・データ 解析の技術、5）ITの基本知識と技術、6） ドキュメンテーション能力、7）コミュニケ ーション能力・プレゼンテーション能力
修士修了： 問題解決 力、応用 力、モデル 化およびシ ミュレーシ ョン検証力	あるべき「業務プロセス」を企画・設計でき、 そのプロセスに対応させた管理技術を適応化 する理論と技法と技術を修得した上で、1） 問題解決、2）問題の構造化とモデル化、3） シミュレーションおよび検証・評価、4）論 理的な意思決定、5）改善提案ができる。 アドバンテージとして、システム統合化を指 向して、エンジニアとマネージャのインターフ ェース役となる。	プロダクトイノベーションとプロセスイノベ ーションを統合化する専門理論と専門技法を 応用することができる知識と技能：1）問題 解決力、2）総合的な俯瞰力、3）モデリン グ力、4）シミュレーション応用力および検 証・評価力、5）論理的・システム思考的な 意思決定力、6）ディスカッション能力・デ イバート能力

2. 教育現場での課題

(1) 現実問題への取り組み不足

学習した問題解決方法を現実の問題に反映できない。学習内容は単純化された問題の解決法であることが多い。現実の問題は制約条件が多く、複雑に絡み合っており、学んだ結果だけでは適用できないことも多い。教員側でも理論的モデルの研究を好み、企業や社会が抱えている現実問題への取り組みが進まない。一つの領域を対象とした研究が多く現実の問題から遠のいている場合も見受けられる。

(2) 人的交流不足による総合的アプローチが困難

学生と教員、教員間、教員・学生と企業の間での交流が乏しい。現実の経営的問題を解決する場面では、管理技術だけでは解決できない問題が多い。人的交流がないことで、多くの知識、経験、手法を適用した多方面からの総合的なアプローチが困難となっている。

(3) 体験不足の解消

経営上あるいは生産管理上の問題を教室という閉ざされた空間の中だけで理解することが難しい。実務に即した分野であるため、実務を知らない学生が理解することは困難であることが多い。

3. 教育改善のための授業設計・開発・運営の方向性

企業側が希望する人材要件の一つとして、「問題解決力の優れた人」、「問題発見能力の優れた人」があげられている。この要件と教育現場での問題点を総合すると、これからの経営教育の改善には、問題解決力の養成による「実践力」と問題発見力の養成による「フィールド体験」が極めて重要な要因であることに鑑み、これら2つの視点から教育改善の方向性を考察する。

(1) 実践力を身に付ける授業改善の方向性

理解度に則した授業の実現

学生が問題を理解し、そのための知識、技術、態度を身に付けるプロセスにおいて、学生自身がどれだけ理解しているのかを把握しなければならない。事前、事後の学生アンケートや試験、レポートではその時点でしか学生の状態を捉えていないため、即座に授業に反映できない。また、小テストは、特定項目に対する知識の理解度は把握できるが、学生の学習状況についてわかるわけではない。PDA（個人向け携帯情報端末）を利用してリアルタイムに状況を把握する方法が有効である。いくつかのシナリオを用意しておき、学生の反応により説明の方法を変えられるので、一方的な授業から双方向的授業が可能となる。

プロジェクト型方式による問題解決能力の向上

企業における複雑な問題に取り組む意欲と能力を身に付けさせるには、プロジェクト型のチームによる演習が不可欠である。学生自ら問題を発見し、問題解決のための課題を整理する。その上で課題ごとの役割分担の中で学生それぞれが調査や自己学習を行い、その結果を持ち寄ってチームで教え合いをする中で学生一人一人が自己学習の理解度を確認し、全員による学びの知恵を総合化することで解決策を作成する。いわゆるプロジェクト・ベースド・ラーニングの導入が望まれる。それには、問題を発見する時に必要な知識を助言するティーチング・アシスタントが複数人必要である。教員は答えを教えるのではなく、答えを導くためのコーチとしての役割に徹することが重要である。

協調学習によるロールプレイング

協調学習は、共通の学習目標を持つ複数の学習者が、コミュニケーションを取りながら相互に学習を助け合い、問題を解決していくという比較的新しい学習形態である。特に、コミュニケーション手段として情報ネットワークを利用することで、遠隔地にいる学習者同士が連携し合えることになる。さらに、実務と結びつけそれぞれの学習者に実業上の役割を与えることで、より実践的な演習が可能になる。とりわけ、ラーニング・マネージメント・システムを介してチャットによるコミュニケーションをとりながら問題解決を進めていく方法もある。チャットに記入することにより、問題解決のプロセスが記録でき、内容が自由に参照できるという利点がある。また、問題解決の中での役割を与えることにより、それぞれの責任が明確化され、より実務的な体験が可能となる。

(2) フィールド体験を導入した授業改善の方向性

より実業的な問題発見力や問題解決力を身に付けるためには、フィールドの体験は必要不可欠である。フィールドにおける体験は、管理のサイクルと呼ばれているPDCA（計画、実行、評価、対策）を実務の場で回すことに対応すると考えられる。JABEEではエンジニアリングデザインという概念に着目している。技術者としての問題解決プロセスであり、例えば問題の認識、問題の定式化（モデル化）、アイデアの導

出、実行案の選択（最適化）実施、評価、確立（手順化）のプロセスにより問題解決を図るという考え方である。特に、課題として解が一意に決まらない問題を設定し、プロジェクトを通じて解決していくことが重要であると捉えている。以下に、フィールド体験を行うための施策を掲げる。

インターンシップ

企業が主体となり、学生を受け入れて企業における業務を体験するプログラムである。課題内容を企業側で決めることが殆どであるため、学生あるいは大学側の希望する課題とのミスマッチが発生する可能性が大きい。これを避けるためには、通常より大学側の教職員が特定の企業と連携し、課題の設定から結果の報告までのプロセスを整備しておく必要がある。

産学共同研究における企業内実習

教員と相手先企業とが共同して研究する課題を見出し、対等な立場で研究を進める方法である。授業としては、卒業研究や大学院生の研究として位置付けることができる。企業から派遣された社会人大学生の受入は、産学共同研究を推進する一つのきっかけにもなる。また、複数の教員（研究室）が共同で研究することにより、広範囲な問題に対応が可能となる。このような共同研究は同じ大学内に留まらず、複数の大学間にまで広げることで、学生間のコミュニケーション能力の向上や学生相互の刺激による自主学習能力の向上が期待できる。

フィールドのデータをもとにした実態調査研究

主として大学側が主体となり、社会や企業などの協力を得ながら資料を収集し、課題を解決する方法である。対象者あるいは対象企業へのアンケート調査、現場でのデータ収集などにより、情報を集め、その中から結論を出し、提案・報告する。提案内容の実施まで伴わないことが多いが、提案を実行し、評価まで得られれば、より効果的な学習に結びつくと考えられる。

フィールドと教室をインターネットなどにより直接結び、現場の様子を見ながら課題解決を行う方法もある。このような授業を実現するためには、企業側の協力が必要であり、これが最大の難点となっている。しかし、この方法も一つの擬似体験であり、現場に行ってみることによる情報量の差は比べものにならない。経営工学が実務に直結した分野である以上、現場を忘れてはならないであろう。

DVD-ROMを活用した生産システムの課題授業

1．授業のねらい

この生産システムの課題授業では、企業における環境問題とその取り組みを学ぶために、資源を再利用するリサイクル活動における問題、自動車メーカーの環境活動への取り組み、家電リサイクル法とメーカー環境活動の3つのテーマを取り上げ、各企業での実態を理解させることに目標をおいている。教室や自宅でフィールド体験を擬似的に行えるようeラーニング教材を独自に制作し、これを学生に配布している点に特色がある。

2．授業のシナリオ

授業は、2年生を対象とした2単位の選択必修科目である。開講数は後期15回、授業規模約120名である。ここでは、15回のうちの12回目の授業を紹介する。

この授業は、生産企業における環境への取り組みに限定し、90分1コマの講義とその自学自習を想定し、そのための自己主導型（Self-Directed Learning）教材を提供している。

授業構成は、表1のとおりである。講義では、主に基本概念や問題の所在と解決方法を解説し、宿題とする自習教材のポイントとレポート課題を説明する。配布教材だけでもパソコンを利用して自習は遂行可能である。インターネットの接続環境があれば、関心に応じてタイムリーな生きた情報に触れたり、さらに多くの関連知識を獲得できるようWebリンクも教材に組み込まれている。

表1 授業構成

時間配分	授業内容	教材と方法
講義 90分間	生産システムにおける環境問題とそのアプローチ	・板書とスライドを主体とした講義形式 ・講義資料、参考書
自学自習 45分間	ガラスビンのリサイクル	・学生主導型の課題学習 ・課題レポート ・自習用の配布DVD-ROM
	自動車メーカーの取り組み	
	家電メーカーの取り組み	

3. IT活用の詳細

生産システムにおける環境問題への取り組みに限定しても、視点を変えると様々な分類が可能であり、また問題設定やアプローチにも種々の捉え方があり、経営工学的な話題も豊富にある。授業では、テーマを絞った以下の3つの教材によって、テーマごとの実態と技術を具体的に理解した上で、問題の発見とその対策を学ぶことに主眼をおいている。学生は講義の聴講後、配布DVD-ROMに収録された教材を各自のペースで操作し、映像や解説の動画・スライドなどを視聴して、閱讀しながら、興味に応じて関連するWebサイトを参照したりして、レポート課題に取り組むわけである。

(1) ガラスビンのリサイクル

「ガラスビンのリサイクル」をテーマとした循環型生産システムのケースである。ビンの製造工場に始まり、ガラスビンを使う飲料メーカーの生産と流通を経て、消費された後、業者による空きビンの回収・洗浄・再利用という複数の企業に亘る一連のリサイクル活動の様子を取材し、ビデオカメラで撮影して、編集している。ナレーションを聞きながら進行する部分と学習者が選択しながらコンテンツを閲覧する部分とが有機的に複合している。これによってガラスビンという製品を通じて、原材料調達・ガラスビン生産・ガラスビンを組み込んだ飲料製品の生産・流通・消費・回収・再利用といった観点から循環型生産システムが説明されている。なお、知識を深めるために、用語解説や担当者のインタビューなども含まれている(図1、図2)。



図1 製ビン工場の製造工程



図2 空ビン商の作業工程

(2) 自動車メーカーの環境活動

教材は、自動車のリサイクル活動の現状、自動車のライフサイクルにおける環境問題へのアプローチ、確認クイズの3部で構成している。まず、図3の基本的な自動車リサイクルの現状を学ぶ。次に、数社の主要自動車メーカーの事例を通じて、製品設計、材料購買、加工・組立の生産、輸送、販売、廃棄、再資源化の各段階における環境問題に対するメーカーの取り組みを学習する（図4）。最後にJAVAによる確認クイズで、HTMLベースのやや文字数が多い解説に関する理解度を各自確認する。

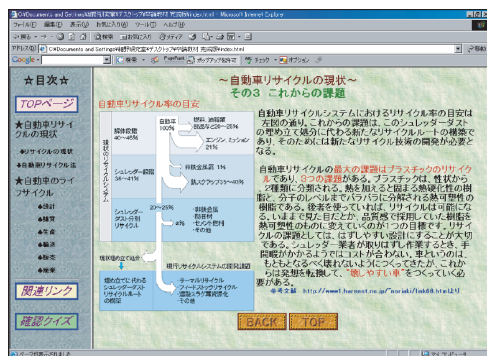


図3 自動車リサイクルに関する知識

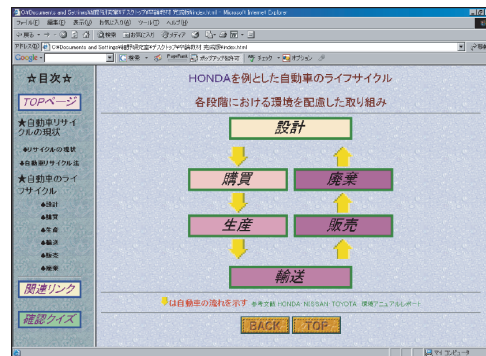


図4 自動車のライフサイクル

(3) 家電製品メーカーの環境活動

2部構成の本教材は、企業や使用者を取り巻く枠組みを知るために、日本の環境問題の現状と取り組み、家電リサイクル法等の関連法規の概要等を解説（図5）。2部は、代表的電気製品メーカーでの環境活動の実態を取り上げた。家電製品の場合、原材料や部品、製品の種類が膨大であり、回収しにくい廃棄物も多い。各メーカーは環境方針を計画し、企業活動の重要事項に位置付けて環境マネジメントに取り組んでいる。メーカーの家電リサイクルに対する活動理念、製品および生産における環境配慮という3つの視点から解説している。なめらかな操作感が得られる動画作成ソフト、Flashを利用し、全体的に画像や写真を主体にコンテンツを絞り込んで視覚的に分かりやすい教材を目指した（図6）。



図5 家電リサイクル関連法規



図6 家電製品の生産における環境活動

4. 授業効果

実際の授業で使用した結果、板書や教科書による講義を補う顕著な学習効果や長所・短所が再確認され、ほぼ所期の目的は果たせた。上記（1）の教材は、シナリオの完成度を高めた映画的な制作のため、学習者の理解度や満足度は最も高いが、どれだけ長期に記憶に残るかが心配である。読み下す部分が多い教材（2）は、話題の密度が高く豊富なため、興味をもつ学生にとってはかなり高い評価が得られた反面、一部の学生に苦痛を与えたようで低い評価もみられた。比較的さらさらと進行する教材（3）は、商用Webページで使われるFlashを利用したことと内容を絞ったため、大多数好評であ

ったが、内容をより充実させると、全体を通じたシナリオは相当しっかりしたものにしていく必要があるだろう。

5. 問題点・課題

講義の中で説明しにくい実際の適用場面を理解できるような自習教材は、学生へのよい動機付けになり、現実を意識した学習へとつながる。問題発見や問題解決へのアプローチが重要となる経営工学において、対象領域の課題をできるだけリアルに学べる教材の開発には様々な工夫が必須で、教育者側に授業に関する企画力やITを含む教育技術力を如何に研鑽していくかが、今後ますます重要な問題となると思われる。

協調学習によるシミュレーション演習授業

1. 授業のねらい

このシミュレーション演習の授業は、企業経営における情報システムの利活用に関する知識の習得をねらいとしている。その中でもシミュレーション演習は、動機付けの一部分として、シミュレーション技術を活用することにより、例えば、生産システム、流通システム、SCM等を理解し、創造し、表現できる能力を養うことを目的としている。

2. 授業のシナリオ

専門演習は、3年生を対象とした2単位の選択必修科目であり、授業規模は約60名である。授業回数は15回であるが、ここでは15回のうちの3回を占めるシミュレーション演習を紹介する。この授業の特徴は、eラーニングにより、時間的、空間的制約にとらわれない自発的な学習を支援する学習環境を実現し、さらに、eラーニングを協調学習へと展開することにより、さらなる学習効果を引き出すことを目指している。授業内容、時間配分、教材および使用環境を表1に示す。教材は講義ノートのみならず動画資料も併用する。

表1 授業構成

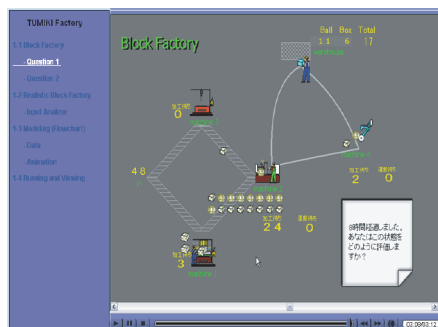
No.	授業内容	時間配分	教材および使用環境
1	シミュレーションの概要	90分	・ 動画資料（学習の場） http://www.nuis.ac.jp/tohko/tumiki_factory/tumiki_factory.html
2	モデリングの練習	90分	・ 講義ノート（学習の場、ファイル名：0531.pdf） http://www.nuis.ac.jp/tohko/2005c/L4.htm
3	問題の提起 解決策の立案	90分 + 時間外	・ 講義ノート（学習の場、ファイル名：200606283.pdf） http://www.nuis.ac.jp/tohko/2005c/L4.htm ・ 意見交換（交流の場） http://www.nuis.ac.jp/tohko/2005c/L3.htm ・ 講評（発表の場） http://www.nuis.ac.jp/tohko/2005c/L6.htm

3. IT活用の詳細

教育環境として、対面による講義とWebによる学習、交流、および発表できる場を整備した。イメージによる動機付け、反復学習による知識の定着、意見交換による問題意識、問題解決能力の向上、および講評による自信と達成感の創出を実現した。以下に授業内容の詳細を示す。

(1) シミュレーションの概要（シミュレーションの有効性の認識）

はじめに、PC上に構築した仮想の生産システムを使い、シミュレーションの有効性をイメージとして意識させる。さらにこのイメージを知識として定着させるために、穴埋め式の講義ノートを使用し、目の前で起きた現象を文字として表現させる。いずれもWeb教材として提供している（図1参照）。



講義ノート

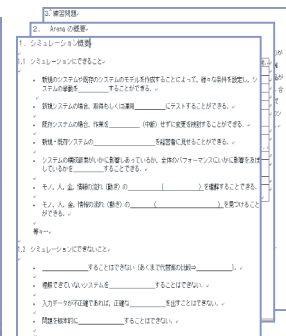


図1 動画資料および講義ノート

(2) モデリングの練習

シミュレーションの有効性を理解した後、シミュレーションモデルの構築の練習をする。この授業で使用するのは、離散系シミュレーションソフトウェアの「Arena」である。言葉だけは伝えにくく伝わりにくいシミュレーションモデルの構築方法や操作方法などの動作を動画資料として提供することで、導入部の違和感を軽減させた。シミュレーションの概要と同様、Web教材として提供しているため、いつでもどこでも反復学習が可能である（図2参照）。

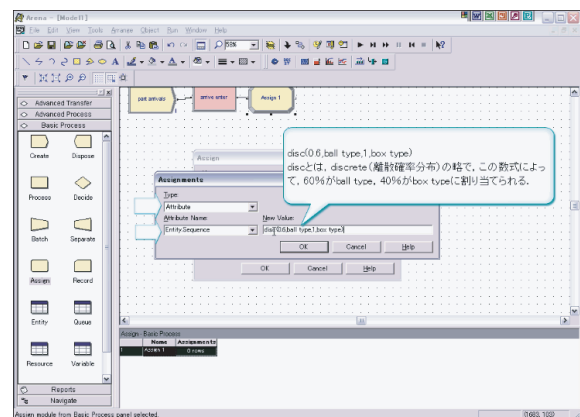
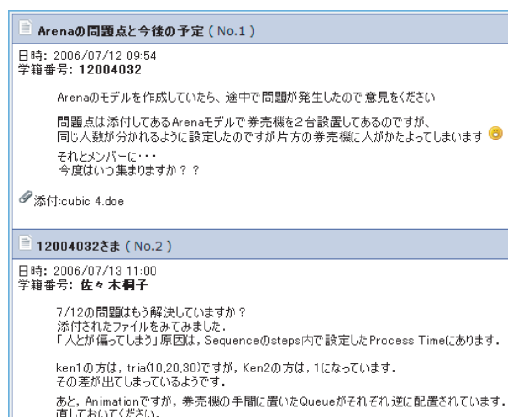


図2 Arenaによるシミュレーションモデル構築のための動画資料

(3) 問題の提起および解決策の立案

シミュレーション技術が現実の世界のどんな場面に応用できるのかを熟考させる。さらに5人ないし6人で編成されたチームで課題（問題）を発見し、目的・目標・対象範囲を明確にし、代替案を提起し、解決策を立案・決定する。これら一連のプロセスをチーム内およびチーム間で共有（可視化）することで問題意識を向上させ、さらなる問題解決能力の向上を図った。また、授業時間外でのチーム内の交流を促進するために、Webによる掲示板機能（交流の場）を活用し、成果はWeb上（発表の場）に公開した（図3参照）。また個人の役割を明確にすることでチーム内の負荷を分散させた。

交流の場



発表の場

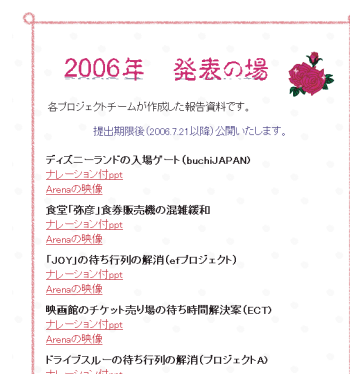


図3 交流の場および発表の場

4. 授業効果

演習は、今回を含め3回実施された。しかし、実施形態や学習単位、課題の提示方法が異なるため、それぞれ学習効果に違いがある。表2にその違いを示す。解決手法としてシミュレーションモデルを構築することを条件に、各チームで課題を発見させた2006年度は、従来のようなあらかじめ課題を提示する方法に比べ、創造性と独創性をはっきりと認識することができた。またチーム内、チーム間交流が促進される（コミュニケーション能力が向上する）ことによる、問題意識、問題解決能力向上の効果は非常に大きいことも確かめられた。

また、はじめの概要を説明する講義以外は全てチーム単位で学習をするため、ここでの教員は学生を先導するのではなく、あくまで学生を支援する立場である。

表2 各年度の実施形態およびその効果

年度	2004	2005	2006
実施形態	一般教室での講義 学習の場(Web)	一般教室での講義 学習の場 (Web) 交流の場 (Web) 発表の場 (Web)	一般教室での講義 学習の場 (Web) 交流の場 (Web) 発表の場 (Web)
学習単位	個人	個人	チーム
課題	提示	提示	発見
教育効果	・シミュレーションによる経営工学分野への動機付け。 ・反復学習による知識の定着（Webによる学習の効果）。	・意見交換による問題意識および問題解決能力の向上（Webによる交流の効果）。 ・自信と達成感の獲得（Webによる発表の効果）。	・チーム内、チーム間交流による問題意識、問題解決能力、コミュニケーション能力の向上（協調学習およびWebによる交流の効果）。 ・信頼と自信と達成感の獲得（協調学習およびWebによる発表の効果）。
授業評価 （自由記述アンケートより抜粋）	・今までにない心に残る課題だった。 ・シミュレーションモデルを作るのは大変だったが、動いたときは本当に感動した。 ・できたときの達成感がたまらなかった、など。	・「交流の場」の活用がとてもよかった。 ・「交流の場」で自分と同じエラーを確認しながら修正することができた。 ・「交流の場」と「発表の場」がよくできていて、使いやすかった、など。	・自分達で問題を探しそれをモデル化して解決策を出しまとめるという一連のプロセスを学べたことは、非常に大きな成果だった。与えられた問題と解決策をモデル化するだけ、というのよりずっと意味を感じられた演習だった。 ・チームで動いて物事をやり通すことにとても充実感と達成感があった。また、個人評価だけではなく、チームの一員としての責任感があった。 ・かなり難しい課題で大変だったが、みんなと悩みながら一緒に課題をやるのは楽しかった、など。

5. 問題点・課題

協調学習によるシミュレーション演習は、課題発見能力、課題解決能力、さらにコミュニケーション能力が養われることは実感できた。しかし、これらの能力が向上したことを示す指標は今のところ構築できておらず、自ずと定量的な評価が非常に難しいものとなっている。これらの効果を実証できるステップを構築する必要がある。さらに、チーム単位で成果が報告されるため、個々の能力の変化を、成果物のみで評価するのは必ずしも適切ではない。個々の能力の変化は、解決に至るまでのプ

プロセスの中に存在し、そのプロセス全体を通して評価できなければならない。そのためには、「解決に至るまでのプロセス全体を可視化し、証跡を残すこと」が有効であると考えられる。演習で利用したWebによる掲示板機能もその一例といえる。また、現実の世界同様、1つに限定されない解を追い求める難しさも存在する。

リアルタイム授業評価を取り入れた「プロジェクトとモノづくり」授業

1. 授業のねらい

「プロジェクトとモノづくり」授業では、プロジェクトエンジニアが具現すべき人格条件に、「積極性、協調性、迅速性、ねばり根性、社会的責任感、勤勉性並びに社交性」があげられており、能動的態度ならびに忍耐力の育成を養成する学習を目指している。このため、新しい学習スタイルを導入するとともに、よりフィードバック効果を高めることを目的として、授業時間内に複数のルートを計画（Plan）し、その一つを実施（Do）しつつ学生の集中度、理解度をリアルタイムで計測（See）することで、ルート変更によって授業のスコープを満足する（Check）ようにPDSCサイクルを回し続ける授業形態をサポートするシステムを開発した。

2. 授業のシナリオ

授業は、1年生を対象とした必修科目、2単位、後期、授業回数は15回である。2クラス編成で授業規模は合せて約180名である。なお、チーム制を採用しており、1クラスにつき、学生を1チーム6名、計13～14チームに分割している。

(1) 授業スタイル

能動的態度と忍耐力の育成を目的として、次のように授業を設計した。

能動的態度への対応としては、チーム制による連帯責任、正解の無い課題の提示による解答プロセス重視への意識転換、

忍耐力への対応としては、講義45分＋作業45分の二部構成による興味の持続、チーム制による適性に合わせた役割・負荷分担とした。

(2) 講義内PDSCサイクル

学生の反応を詳細に捉え的確に反応していくために、経営工学が業務改善のために提唱しているPDSC（Plan-Do-See-Check）サイクルを適用した。図1に適用フレームワークを示す。ここでは、講義とは「講師と学生が共にPDCAサイクルを適用する場」としてしている。

講師側：教材を開発した後は、講義時間内で講義→理解度確認→スコープ確認→修正→講義のPDCAサイクルを実施する。

学生側：出席した後は講義時間内で受講→理解度表明→理解度確認→修正→受講のPDCAサイクルを実施する。

この2つのPDSCサイクルを1授業時間内に常に廻し続けることで、講師と学生双方の集中度と理解度を高めるとともにその状況をリアルタイムに観察し、授業内容の修正を行いつつ、モチベーション向上を図ることが可能であると考ええる。

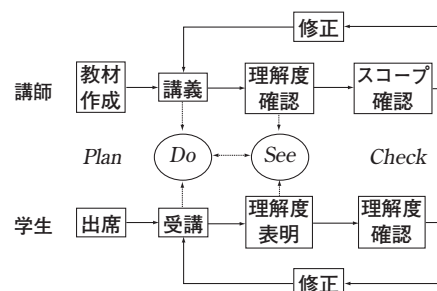


図1 PDSCサイクル適用フレームワーク

3. IT活用の詳細

講義内でPDSCサイクルを適用するための要求事項は、以下の3点である。

- * DOとSEEにおける講師と学生との情報共有
- * 講師・学生双方でDOに対するSEEを同期させ、リアルタイムに状況を把握
- * 講義内容を修正し講義の反映するには授業シナリオの変更（DO）をサポート

このため、次の3つのサブシステムからなるリアルタイム授業評価システムを開発した。システム全体の構成は図2に示す。

(1) 講義管理サーバシステム

Webアプリケーションサーバとして構成されており、Apache+Tomcatで動作している。このサーバの主な機能は、受講者の設定と管理と応答の収集と管理である。

(2) プレゼンテーション管制システム

パワーポイント上のVBAとして構成されており、次の機能を有している。

[2画面表示機能]

PC側に講演者用管制画面、PCに接続した液晶プロジェクタにプレゼンテーション用画面を表示

[シナリオ管理と指定ページ表示機能]

パワーポイントで作成された講義シナリオが含んでいるページをボタン表示し、任意のボタンを押すとそのページに切り替わる機能（図3）

[表示ページの講義管制システムへの通知機能]

ボタンを押してページが切り替わる毎に講義管理サーバシステムに通知する機能

(3) 学生用クライアントシステム

クライアントシステムは講義管理サーバシステムが提供しているWEBページへのアクセスを行うシステムである。実際の講義では、LAN接続と入力の簡便性を考慮して無線LAN機能とタッチパネル機能を有するPDA（WEBへアクセスできるPC、携帯、無線LAN機能を持つゲーム機も可）を使用している。

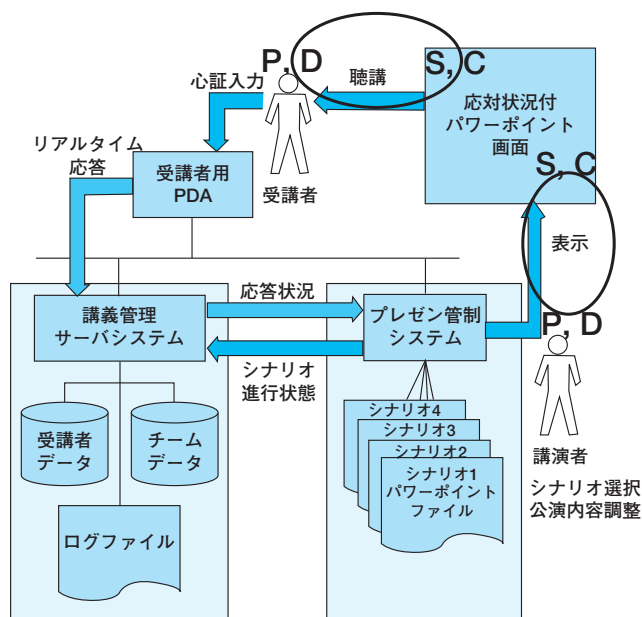


図2 システム構成



図3 管制画面とプレゼンテーション用画面



図4 授業場面

4. 授業効果

(1) 授業内での理解度変化

スケジューリング手法の一つであるPERTに関して講義した際の27台のPDA（概ね3名に1台、1チーム2台支給）からの45分間にわたる応答を図6に示す。講義開始後約10分間は、前回の復習（シナリオ1）を行っている。次の10分から35分にかけて、PERTの説明を行うシナリオ2を用意しており、ページ1から6にかけて、PERTの由来、スケジュールの表現方法等を説明している。ページ7でネットワーク図の表記方法を説明した後に、具体的なスケジュール作成法の解説をページ8から12にかけて行っている。

ページ1から6にかけては理解度（“分かる”と応答した%を理解度とする）が高いが、具体的な手順の解説に入った途端に理解度が急速に下降していることが分かる。このため講義では、説明の速度を緩め、ページ8の説明に4～5分をかけ、学生にパワーポイントで示している図と同様の図を自ら描き、説明のトレースを自ら行うように促している。PERTは実際に自分で手順をトレースすれば、単純な足し算、引き算で構成されていることに気づくことから、ページ9では理解度が急速に回復し、ページ10から12にかけて維持される。その後、シナリオが変わり課題（タスク数が13個のPERTの完成）の説明が行われているが、理解度は高い状態で推移していることが分かる。このことから、学生が自身の理解度低下を認知し、講師が理解度回復に努めている事を認めた場合、回復以後は学生は講義に集中しているものと考えられる。

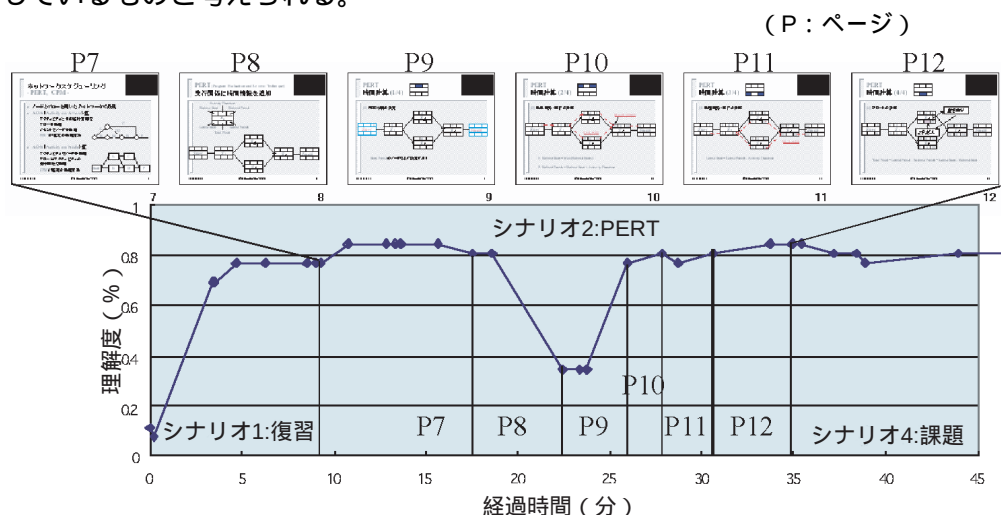


図6 理解度の時系列変化例

(2) 理解度と試験結果

本システムを15回の講義中5回に使用した際のチーム平均理解度と試験結果を図7に示す。この図より、以下が読み取れる。

- * 理解度が高ければ、期末試験の点数が良い。（実線で囲った部分）
- * 理解度が低いからといって、期末テストの点数が悪いわけではない。（点線で囲った部分）

これは試験が、講義毎に十分理解をすれば高得点が期待できるが、試験対策を別途行っても高得点が得られる内容である可能性が高い。したがって、PDSCサイクルを動かし、講義時間内は講義内容に集中することが重要であると理解させるには、試験内容の再検討も必要となる。

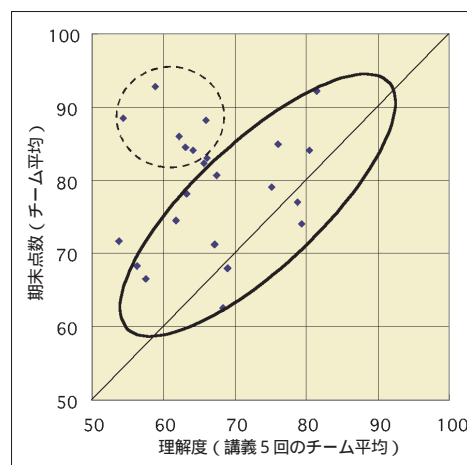


図7 チーム平均理解度と試験結果

5. 問題点・課題

このシステムを用いることで、学生と講師が協働して自身の理解のために講師側が即応する状況を創出し、双方に文脈に基づく理解を促す効果は、大きいと実感する。しかしながら、学生が受講した内容を咀嚼して知識に基づく理解につなげ、さらに知識と経験による理解へと高めるには、以下の検討がIT技術を含めて不可欠であると考える。

リアルタイム評価に適した授業コンテンツの設計方法

知識に基づく理解のチェック方法とそのリアルタイム評価方法

知識と経験による理解のためのケース設定方法とそのリアルタイム評価方法

ケース等で講師の多面的な目となるTA担当学生とのリアルタイム・コミュニケーション方法

LMSを活用した協調学習による生産システム設計授業

1. 授業のねらい

この生産システム設計の授業は、インダストリアルエンジニアリング（IE）の分野における生産システムの知識とライン生産の考え方や設計方法の修得を目指している。具体的には、生産形態に関する知識、ライン編成についての知識、単純な生産モデルについてのライン編成ができるようになることを目標としている。

2. 授業のシナリオ

本授業「数理工学実験」は、2年生を対象とした2単位の必修科目である。学生規模は80名程度で、1コマ90分の授業が半期15回開講される。この授業は3名の教員が異なるテーマを取り上げるオムニバス形式で進行されるが、ここではその1つとして90分×2時限×2日間を用いて実施している「生産システム設計」の授業を紹介する。なお、講義・演習のタイムテーブルは表1の通りである。

表1 「生産システム設計」

日 程	時 限	内 容	課 題
1 日目	1 時限目	1. ライン生産方式とは	小テスト4題
	2 時限目	2. ライン設計の基礎	小テスト3題、実習①状態推移図、実習②先行順位図(宿題)
2 日目	3 時限目	3. ライン設計手順	小テスト3題、実習③試行錯誤法によるライン編成
	4 時限目	4. ラインバランスの技法	実習④協調型総合演習

本授業は、青山学院大学AML プロジェクトの「サイバーマニュファクチャリング演習」において開発された授業モデルを実践している。このモデルの他に、「サイバーマニュファクチャリングの世界」、「生産設計とプロセスエンジニアリング」、「レイアウト・マテリアルハンドリング」、「作業システム設計」、「需給マネジメント」、「生産計画（MRP）システム」、「エージェントベース・エクストラネットプロダクション」、「プロジェクトマネジメント」の7つの授業モデルがあり、複数の大学の教員がそれぞれの得意な分野を共同担当して開発した。各モデルは講義と演習から成り立っており、講義の途中で行う学習項目確認のための小テストでは、LMSにより解答がリアルタイムに把握できる。また、演習においては協調型演習の授業スタイルとして、「問題解決学習」、「体験学習」および「協調学習」の3つの学習からなるブレンディット・ラーニングを採用した。特に、協調学習につい

ては、複数の学習者がコンピュータを利用してコミュニケーションをとりながら問題を解決していく学習形態を採用している。

3 . I T 活用の詳細

講義部分はパワーポイントを中心としたデジタル資料を参照しながら行う。また、各章ごとに、青山学院大学のLMSを用いて小テストを実施し、学習者の理解度をリアルタイムに把握した。以下に各時限の学習内容およびI Tの活用方法について示す。

(1) ライン生産方式

生産システムの構成要素とその関係を示し、生産システムの実例についてWebを用いて紹介する。装置型生産システムではキリンビバレッジ、組立型生産システムではトヨタ自動車がそれぞれ公開しているものづくりの具体的な方法を示し、生産のイメージを持たせる。企業のWebを直接参照するために、学生のパソコンを外部ネットに接続しておく必要がある。次に、連続生産、ロット生産、個別生産の特徴や見込生産と受注生産の違いを示し、こうした生産を具体化する一つの方法としてライン生産の事例をマツダのWebを用いて説明する。最後に、ライン設計を行う上での用語であるサイクルタイム、作業ステーション数、要素作業時間と生産量、生産期間の関係を学ぶ。

(2) ライン設計の基礎

ライン設計のツールとして、組立分解図、先行順位図、状態推移図について、モデルとしてチョロQを配付し、具体的なものを用いて説明する。ラインバランシングの必要性については、簡単な3Dシミュレーションモデルにより、ライン編成の良し悪しを目で観ながら検討する。シミュレータとの接続がオンラインでできればよいが、本事例ではシミュレーション結果の動画を事前にサーバ上に用意した。シミュレーション結果と結びつけながら、ライン編成の評価方法としてバランス効率、バランスロス、平滑度指数を紹介し、計算方法を説明する。

(3) ライン設計手順

前日の復習も兼ねて、ライン編成の手順を追いながら小テストによりバランス効率、バランスロス、平滑度指数の計算を行う。ケーススタディとして、「試行錯誤法」を用いて評価値が高くなるようなライン編成を試みる。本単元用にCGIによるウェブアプリケーションの学習ソフトウェアであるライン編成シミュレータ(図1参照)を開発した。本ソフトウェアは、操作を容易にするため、学習に必要な最小限の機能を持たせ、教員が学習者の学習状態を把握するため、シミュレーション結果をサーバで一元管理できるようにした。このソフトウェアを用いることで、効率的なライン編成案の作成、保存、検索が可能になっている。

本授業では、製造業における各工場の生産計画者と生産管理者の役割を学習者に与え、各工場グループは、教室内で離れて着席し、チャットを利用して協働で学習ソフトウェアによる仮想業務プロセスを体験できるようにした。協調学習は、学習者が役割分担をして協働して課題に取り組む教育方法である。東京、大阪の2箇所の工場で生産量を分担し、作業ステーション数の和が小さくなるような生産方を求める問題を行う。図2に示したように、各工場に生産計画担当者と生産管理担当者をおき、2名1組の学習者がその役割を担当する。2工場の生産計画担当者間でチャット機能を用いて生産計画に関するコミュニケーションをとる。生産計画量が決まったら、生産管理担当者が学習ソフトウェアを用いてライン編成を行い、作業ステーション数を求める。このコミュニケーションを複数回

行い、最終生産計画とライン編成を決定する。チャットの記録をログとして残し、自分のグループのログを後日参照できるので、レポートにまとめる際にはこの情報も利用可能である。

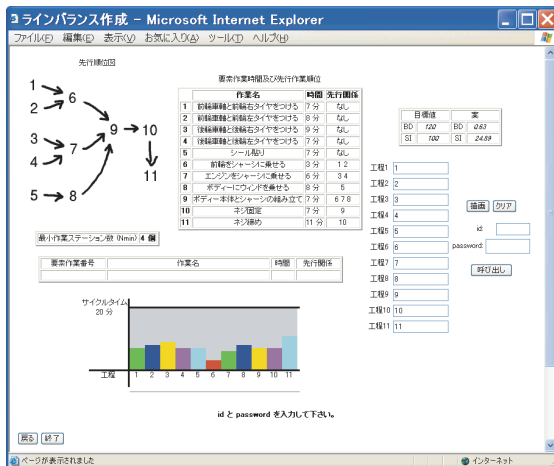


図1 学習ソフトウェアの画面例

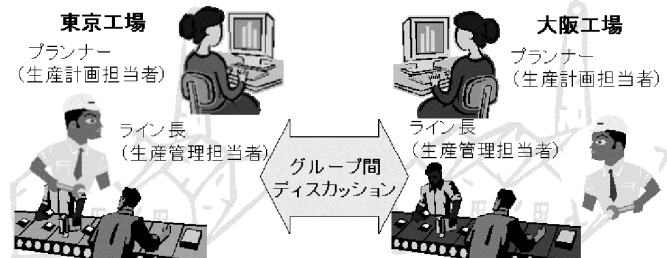


図2 協調学習における学生の役割分担

(4) ラインバランシングの技法

ラインバランシングの技法の一つである「位置的重み付け法」についてその特徴と手順を説明し、「試行錯誤法」との違いについて理解する。この部分は、協調学習に時間を確保したい場合には省略することも可能である。

4. 授業効果

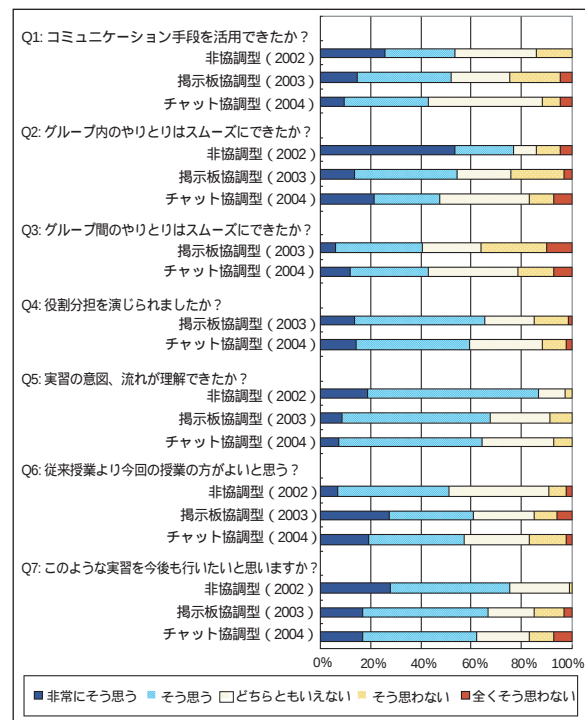
協調学習による設計手法の有効性を検証するため、学生の成績評価および授業後のアンケート評価を行った。表2は、ある大学での2002年の非協調型実習と2003年ならびに2004年に行った協調型実習でのアンケート結果である。

非協調型実習では、役割分担の無い隣席の学生によるフェイス・ツウ・フェイスのコミュニケーションであった。協調型実習では、役割分担のあるグループ内、離れた席にいるグループ間でのやりとりが必要となり、コミュニケーション方法の複雑さのためスムーズに行かなかったという結果になった(Q1、Q2、Q3)。

実習の意図が理解できたかという質問に対して、協調型実習では学生間での複雑なやりとりが必要のため、学生間でのやりとりが少ない非協調型実習に比べ低い評価になったと考えられる(Q5)。

非協調型実習に比べて、協調型実習の方が学生には興味があるとの結果が得られた。自由記述では、1人で考える実習よりメリハリがある、常に授業に参加している意識が保たれたという意見が1割ほどあった。また、60%以上の学生から今後も協調型実習を受けたいとの回答を得た(Q6、Q7)。

表2 授業アンケート結果



5 . 問題点・課題

授業では学生30名につき1名のTAをつけることができた。LMSの使用をはじめ、さまざまなITの形態を用いているため、学生が戸惑いやすく、多くの授業支援スタッフが必要である。次に、今回利用させて頂いた青山学院大学のLMSへの接続作業のための時間が30分程度必要であった。1年生の初めにこのシステムの利用方法のガイダンスがあれば、この時間を省くことができる。したがって、学生が慣れたLMSを利用する必要がある。最後に、学生にとって協調型実習は今回が初めてだったためアンケート評価結果が非協調型よりも低くなった。学生の協調型学習に対する慣れも、学習形態に対する評価に影響を及ぼしていると考えられる。

5 . IT活用に伴う課題

(1) 授業設計・開発・実施・評価に関わるFD・SD研修プログラムの必要性

教員および職員が教授活動やその教育支援活動に従事する上で、次に示すようなFD・SD研修プログラムの開発・研修実施が求められる。

第一に、動機付け授業のシナリオづくりや学習効果の向上をめざす授業設計、

第二に、授業設計にもとづく効果的な教材設計・制作（講義用、実習用、小テスト、レポート、アンケート、試験問題など）をすること、

第三に、授業実施時における効果的なインストラクションなどである。

第四に、それらの結果を評価および改善フィードバックするために、学習履歴データの収集・解析に基づいた、学生の成績評価法、授業の学習効果評価法が必要になる。

(2) IT教育学習システム環境の整備

ITを活用した学習環境を整備するために、達成したい学習目標に応じて次のようなシステムを徐々に整備していくことが必要になる。それは、まず学内ネットワークの整備から始まって、学習管理システム（LMS）を運用するサーバの整備・運用管理、教材を作成するためのオーサリングツールの整備、さらに、学習者側に教材を閲覧するためのソフトの整備、今後、ネットワークのセキュリティの確保や、個人情報保護の対策が求められる。

(3) IT教育支援のための組織作り

教材設計や教材制作や学習システムの運営・管理については、教員一人の技量に頼ることなく、大学としての支援体制づくりが不可欠となる。また、学生一人ひとりの学習活動を支援する教員以外の支援者（メンタの育成）として、TAの再教育プログラムが必要になる。さらに、外部の専門家からの支援も仰ぐことが考えられ、公開コンテンツに対応した著作権処理、専門業務に対する外部委託のサポート体制作りなどがある。

(4) 実践教育実現のための社会等との共同教育の体制作り

教育の社会への通用性、国際競争力ある教育づくりを考えると、次のような施策が求められる。例えば、教室へ社会の現場情報などの取り込みやケーススタディ・データの提供、外部専門家や実務家からの総評さらには授業に対する外部講師派遣、地域・企業との協働による実践授業の設計・開発などが考えられる。