研究論文

３次元CAD用e-Learningコンテンツの開発

Development of e-Learning contents in 3D-CAD operation training

加藤暢宏*　藤井雅雄*　田口晋也**　清水隆紀**
*近畿大学生物理工学部
**三菱電機エンジニアリング株式会社

Abstract: Although 3D-CAD is a widely used and highly effective tool in design, it also has its drawbacks: mastery of 3D-CAD skills is rather complex and time-consuming. In an attempt to simplify the learning process and cut down on learning time, we have developed e-Learning contents for the 3D-CAD operation skills. For the contents, we have selected items for exercises that are familiar to the learners, such as a train, so that the learners can easily visualize the finished model and not feel frustrated. The contents are designed in such a way that learners work on a part of a complete model in each exercise and that the entire model is completed at the end of all exercises to give the learners a sense of accomplishment. Each exercise is also designed to provide opportunity to learn various operation skills. During exercises, a window that provides explanation and another window for the 3D-CAD software are displayed simultaneously on the screen to provide easy viewing. The effectiveness of this program has been observed in two case studies so far. One case study confirmed that the learning time was cut down dramatically when the subjects used the program as a preview material. Another study confirmed that this program was as effective as live lectures in terms of the learners ’mastery of the target operation skills, based on the results of the skill test.
Keywords: 3D-CAD, e-Learning, contents development

１．はじめに

３次元CADは1990年代半ばから機械設計のための有用なツールとして注目を集めるようになった．３次元CAD上では設計対象を立体モデルとして取り扱う．そのため，設計経験が浅く，読図能力に長けているとは言い難い技術者でも比較的容易に設計対象の全容が把握できる．このことは，プロパーの設計者でなくとも，ある程度３次元CADを操作できる能力があれば誰でも設計作業に参加できることを意味している．しかし一方で，３次元CADは高機能なアプリケーションソフトであるため，複雑な操作が要求される．また, 単なるモデリングツールとしてではなく, 設計ツールとして３次元CADを使用するために必要な操作スキルを的確に教授する教材が絶対的に不足しているのが現状である．

Nobuhiro Kato* and Masao Fujii　Kinki University
Shinya Taguchi and Takaki Shimizu　Mitsubishi Electric Engineering Co. LTD.
*E-mail:nkato@waka.kindai.ac.jp

我々は，これまでに３次元CADを設計ツールとして数人のグループで同時進行的に設計を進める設計演習を行ってきた[1]-[3]．この演習を行う中で，３次元CADの操作スキルをより効率的に修得させる方法を模索してきた．従来，紙媒体のテキストを使用して操作演習を行っていたが，各受講者の情報リテラシーの習熟度によって大幅な進度差を生じ，グループ設計演習に支障をきたすことが多かった．そこで，個人のペースに合わせて自学自習可能な教材とすべくe-Learningコンテンツを産学協同で開発した．

２．開発目標と仕様

我々は以下に示す五つのコンセプトに沿って仕様を策定し，コンテンツを開発した．製作に当たっては近畿大学側が基本コンセプトを提示し，三菱電機エンジニアリング（株）側がこれを実装，両者でレビューを加えるとともに，学生諸君の協力による，検証を繰り返し行った．

（受付：2005年7月2日，受理：2005年10月1日）

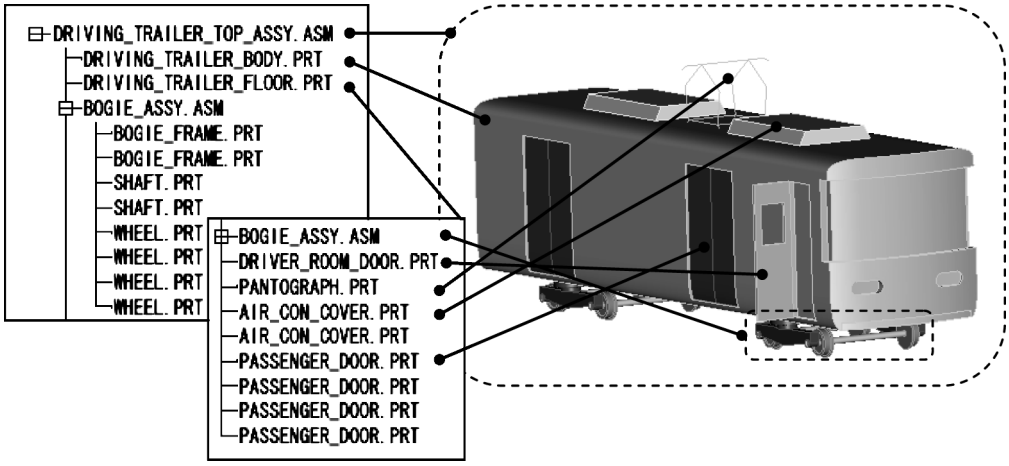

図１　演習モデル（列車）

(1) 興味深く受講させ，達成感を与える

本コンテンツでは全体を通じて，統一されたアセンブリ（部品を組み合わせて機構や製品全体を構成したもの）を取り扱う．題材には「列車」（図１参照），「飛行機」，「船」などの具体的にイメージしやすいものを選定する．モデル各部を基本的なコマンドを用いてモデリングし，最終的にある程度の規模のアセンブリモデルとして全体を完成させるシナリオとする．個々の操作が集積され，最終的に一つのモデルが完成する．これにより受講者のモチベーションを高い状態に維持し，終了時にはモデルを完成させたことによる達成感を与え，以降の自主学習に弾みを付けることを意図としている．既存の３次元CAD用のe-Learning教材は各コマンドの操作解説を網羅することに主眼を置いており，受講者のモチベーションを高めるような配慮を行っているとは言い難い．

(2) 演習途中で放棄させない

個々のコマンド操作は難しいものではないが，仮に一つの操作が完了できなくても，次の課題を行う際に支障のないように，各段階の予備モデルを用意しておき，必要に応じてダウンロードできるようにする（図２参照）．これにより，演習の途中放棄を極力なくすよう配慮する．また，既修範囲は演習中の任意の時点で見直すことができるようにする．

図２　予備モデルのダウンロード

(3) 不要なストレスを与えない

コマンドの操作演習では，最初に図３のような「作業イメージ」を提示し，受講者に目的意識を持たせた後，段階を経て操作方法を説明し，演習を行う構成を取る．ただ指示されるまま，操作を行うのではなく，以降の操作によりどのような結果が得られるかをあらかじめ知ることで，先を見通しつつ，演習を進めることができる．

コンテンツが受講者の操作に対して遅延なく反応し，不要なストレスを感じさせないよ

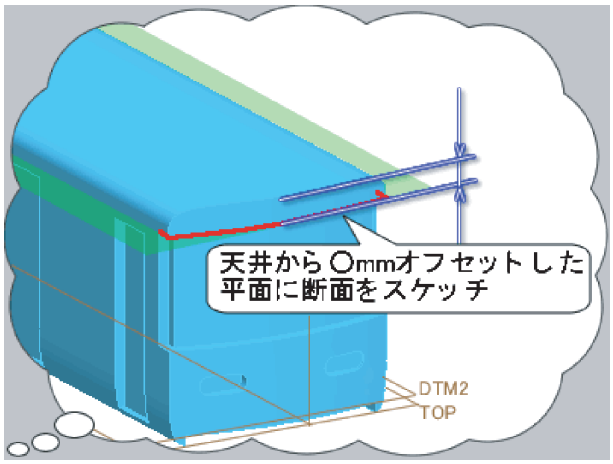

図３　作業イメージ

図４　e-Learning操作画面の配置

うに配慮する．アプリケーションのレスポンスを最優先させるため，説明は全て静止画で行い，あえて動画や音声を使用したリッチなコンテンツにしない．これにより，クライアント・サーバ間のトラフィックを軽減することができる．

(4) 操作スキルを確実に修得させる

e-Learningコンテンツと演習対象のアプリケーションを同一ディスプレイ上の別ウィンドウで同時に実行し，解説を参照しつつ実際に３次元CADを操作させる（図４参照）．これにより，操作スキルの確実な修得を可能にする．これは，本コンテンツの最も特徴的な点である．一般的なe-Learningコンテンツはソフトの操作習得用であっても，学習対象のソフト自体を同一画面で操作させることは希である．実際にアプリケーションを操作して試行錯誤しつつ演習を行わなければ，十分にその機能を理解することはできない．

また，最低限の演習時間を確保するために，簡単な章末テスト（図５参照）を設けて，これに合格しない場合は次の章に進むことができないようにする．

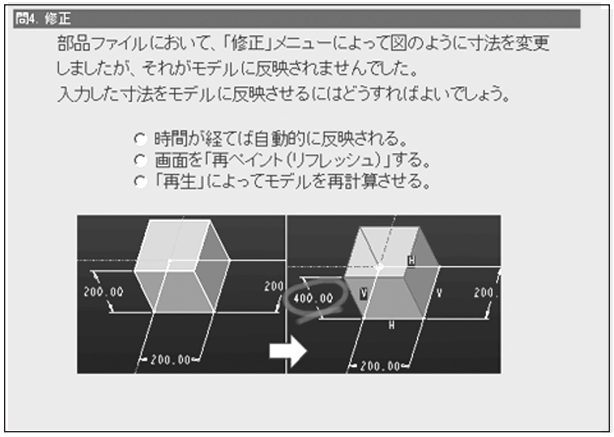

図５　章末テスト

(5) 進捗管理を可能にする

コンテンツはLearning Management System（LMS）で管理する．これにより，個々の受講者の学習の進み具合を学習管理者が随時把握できる（図６参照）．学習進度の遅い者に対しては，アドバイスや叱咤激励をすることで落伍者を出すことなく，受講者全員に演習を完了させることができる．また，コンテンツはサーバ上にあるため，不具合があった場合は随時メンテナンスを行うことができる．

以上のような仕様を満たすために，本コンテンツはShareable Content Object Reference Model（SCORM）規格[4]に基づいて製作した．これにより本コンテンツはLMSを選ばない汎用性がある．インターネットに接続可能で，LMSに有効なアカウントがあり，Pro/ENGINEER® 2001[5]が動作する端末を用意できれば，本コン

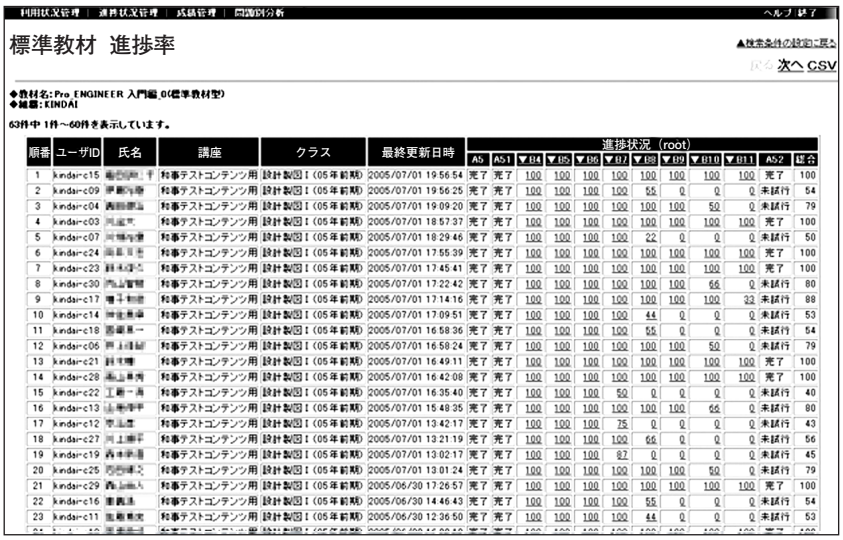

図６　LMS上の進捗管理画面

テンツを用いた演習を行うことができる．

本コンテンツは「ファイル操作管理」「フィーチャ作成の基本」「スケッチ」「データム平面」「サーフェス」「アセンブリ」等の全９章で構成されている．

３．有用性の確認

(1) 産学連携のグループ演習の事前課題として

我々は2002年から毎年，企業内で設計を業務とする社員と学生（大学院生，大学生）の混成グループで３次元CADを用いた全５日間の設計演習を行っている．この演習では，CAD操作自体の講義を行った後，５～６名のチームで設計課題演習を行う．課題は「諸元に基づいてエアコンの室外機を設計し，３次元CAD上にモデルを構築すること」である．まず，仕様書に基づいて構想設計を行う，この段階ではサインペンで模造紙上にポンチ絵を描き，与えられた諸元を満足するように検討を行う（図７(a)参照）．その後，３次元モデルを構成するアセンブリや部品が持つ相互の依存関係を樹系図に書き下す（図７(b)参照）．樹系図に基づいて３次元モデルを構築する（図７(c)参照）．演習の成果物である３次元モデルの一例を図８に示す．各部品は相互に干渉することなく配置され，配管などの高度なモデリングが行われていることが見て取れる．

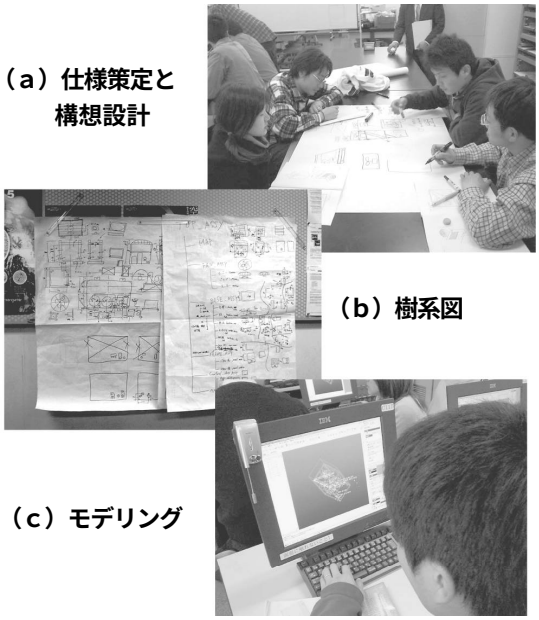

図７　チーム設計演習の様子

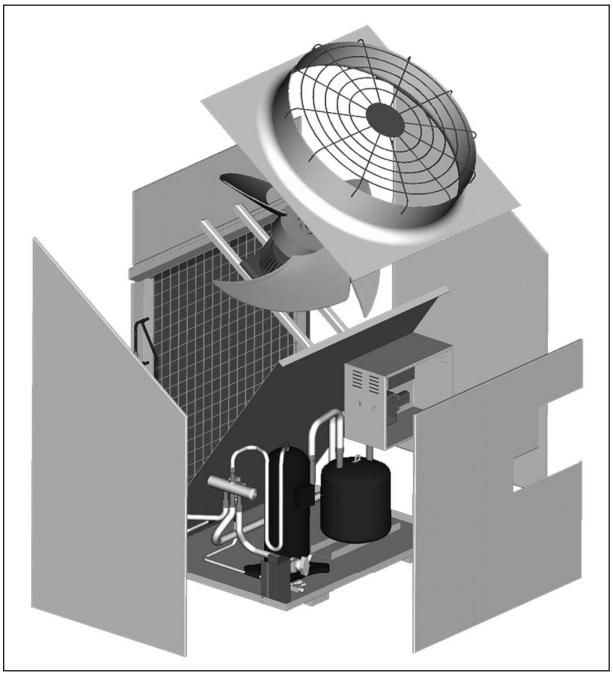

図８　チーム設計演習成果物
室外機３次元モデル

演習の第３回目にあたる2004年に本コンテンツを演習の事前課題として課したところ，講師によるCADの操作説明・演習に必要だった時間が従来の1.5～２日から0.5日に短縮できた．これによりグループ演習本来の目的である設計演習に充てる時間を大幅に増やすことができた．

(2) 大学の講義における演習教材として

正規のカリキュラムの一環として，学部３年生約100名を三つのグループに分け，本コンテンツを用いた演習を行った．グループAには講義開始以前に本コンテンツを自習課題として与えた．グループBには３次元CADの概念を説明した後，自習課題として与えた．グループCに対しては本コンテンツを教科書として用いて，詳細に説明を行った．演習を終了した後，実技試験およびアンケートを行った．

実技試験の結果を表１に示す．評価は100点満点で行った． AとB，AとCの間には有意な差が見られる．このことから，３次元CADの操作のようなまったくの新しい知識を教授する際は，対面講義で基礎的な概念をまず形成することが重要であることが分かる．一方で，BとCは同程度の成績である．これはCADの操作のようなスキル教育に関しては，e-Learningによる自習が講義と同レベルの学習結果を達成できることの証左といえる．

表１　実技試験の結果

グループ	A	B	C
方　法	自習 予備知識なし	自習 予備知識あり	教材として 使用
平　均	41	57	51
標準偏差	20	16	19

アンケート結果では，演習モデルに関する設問に対して受講者全体の74%が「身近なもので，イメージしやすかった」，68%が「徐々にモデルができあがるのが楽しかった」と回答しており，開発コンセプトが受講者によく伝わっていることが伺える．しかしながら，理解度の自己評価を問うた項目では「一通り理解したが，今回の演習と違うものを製作できるかは分からない」と答えた者が47%,「書かれているままに作業しただけなので，理解できたかどうか自信はない」と回答した者は35%おり，本コンテンツの演習終了後に再度自己学習が必要であるという認識が大勢を占めた．

アンケートの結果を受け，改良を行った最新のコンテンツでは最後に復習課題を設けた．ここでは，課題の提示のみを行い，操作方法は学習者に主体的に考えさせることにより，学習の定着度をさらに高める工夫を行っている．このように，本コンテンツにはアンケートから意見や改善の要望をくみ上げ，様々な改良を加えている．つまり受講者自身も本コンテンツの開発に参加し，より学びやすいコンテンツを開発する仕組みを実現している．

４．おわりに

本研究における「産学連携」とは一方が他方を御するのではなく，相互に補完し合うことを意味する．「産」にはコンテンツの実装能力が，「学」には教育に関するノウハウと毎年更新される学生によるテスト環境がある．本研究ではこれらを活用して，３次元CADの自習教材として，解説と演習を同一画面上で可能にするe-Learningコンテンツを開発した．コンテンツの仕様策定・実装に当たっては，身近な題材を使い，受講者に不要なストレスを感じさせないなど，コンテンツの学習自体がモチベーションを高めるよう配慮した．

本コンテンツをグループ演習の事前課題として使用したところ，操作教育にかかる時間が大幅に短縮できた．また，学部３年生の演習教材として３通りの使用方法で導入効果を測定した結果，自習教材であっても，ある程度の事前知識を与えることで対面講義と同等の学習効果が得られることを確認した．

本コンテンツが実践的かつ魅力的な教育コンテンツであり続けるためには，足早なソフトウェアの開発に歩調を合わせて常に最新のコンテンツを供給する必要がある．コンテンツをより効率良く作成するスキームを確立することが，今後の課題である．

参考文献および関連URL

[1] 藤井雅雄, 加藤暢宏, 清水隆紀, 里見研一:産学連携した３次元CAD設計教育の取り組み.近畿大学生物理工学部紀要 14, pp.101-108, 2004.
[2] 藤井雅雄, 加藤暢宏:近畿大学における３次元設計教育の一事例. 設計工学 38, pp.377-382, 2003.
[3] 機械設計, 日刊工業新聞社, 48, 1, pp.42-44 2004.
[4] http://www.elc.or.jp/scorm/scorm_top.htm
[5] http://www.ptc.com/

Pro/ENGINEERは，米国およびその他の国における Parametric Technology Corporation およびその子会社の商標または登録商標.