

構造力学学習のための e-Learning システムの構築

An e-Learning system for learning structural mechanics

三上市蔵¹・本郷奈保²・君嶋三恵³

Mikami Ichizo, Hongo Nao, and Kimijima Mie

抄録： 構造力学は大学や高等専門学校では必修科目となり、多くの単位と時間が割かれている。しかし多くの学生は、構造力学は抽象化され具体性に欠けることから、敬遠する科目になりがちである。また社会人になってからも、構造力学の知識は必要であるが、本人の自己研鑽によるしかない。さらに、社会人は仕事をもつかわら学習しなければならず、時間と場所の制約が生じる。したがって、構造力学学習を行うために適した環境を構築する必要がある。本研究では、構造力学を学習する者が構造力学の知識を正確に習得するために、時間や場所を選ばず個人のペースで学習できる e-Learning システムを開発した。

キーワード： e-Learning, 構造力学, 静定構造, 不静定構造

Keywords : e-Learning, structural mechanics, statically structure, statically indeterminate structure

1. まえがき

構造力学は基礎的かつ重要な科目であるにも関わらず、学習者から敬遠される科目になりがちである。これは学習者側、教育者側において様々な問題点があるためである。第一に、学習者側の問題を挙げる。学生の立場で考えると、1) 授業の理解度には個人差が生じる、2) 個人差を授業で埋めることは困難、3) 必要学習量に比べて講義時間が少ない、4) 抽象化されているため、具体性にかけるので講義についていくことができない¹⁾ことが考えられる。また社会人の立場で考えると、自己研鑽のために学習しようとしても、学習に十分な時間を取ることができない。そして第二に教育者側の問題を挙げる。講師は一人の講師に対して複数の学生を従来の教育方法で理解させることに限界を感じている。

これらの構造力学学習の問題に適した学習環境構築には、学習者個人のペースで学習でき、時間的な負担を軽減するとともに、場所の制約を受けない環境が望ましい。

本研究では、これらの問題点を解決するために e-Learning²⁾³⁾に注目した。e-LearningとはIT技術を用い、「いつでも、どこでも」という利便性を活かした総合的教育ネットワークシステムである。コンテンツと呼ばれる教材を使用し、活字だけでは習得できない視覚的学習を行うことが可能であり、自主的に学習を進める教育方法である。WWW(World Wide Web)を利用するので、いつでも、どこでも受講可能で一旦配布してもすぐにコンテンツを更新できるという利点を持つ。また、HTML(Hyper Text Markup

Language)を利用することで、ブラウザがインストールされてさえいれば、どのようなパソコンでも見ることができる。ここ数年、e-Learning システムの開発が進むとともに、開発の手法や手順に関する研究も進んできた^{2),3)4)}。これらの研究成果によれば、学習者の特徴の分析、学習環境の分析、スキルの習得目標の設定、スキル習得状況の評価方法の設定が必要である。また、教材の設計にあたって、講座の目的の設定、習得目標の設定が必要となる。そこで本研究では、システム開発手法に則ることにより、学習効果の高いシステムを構築した。システム開発には事前分析⁵⁾、教材の構成設計、システムの設計を行った。

本研究では、この e-Learning を用いて構造力学を学習する者が、構造力学の知識を正確に習得でき、学習意欲を持続させる e-Learning システムを開発した。そしてプロタイプである構造力学静定構造編 e-Learning システムを基に、学習者がより意欲的に学習できるように工夫をした構造力学不静定構造編 e-Learning システムの開発を行い、e-Learning 構造力学教材として完成させた。

2. 事前分析

システムを開発する前に事前分析を行った。まず、学習者の要求分析を行い、学習方法とメディアの選定を行った。そして、教材の設計および学習画面の設計を行った。

(1) 要求分析

・要求分析では、対象学習者、学習者の特徴およびニーズ、学習者の学習環境について分析する。

1 : フェロー 工博 関西大学 教授 工学部都市環境工学科

(〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35, Tel 06-6368-1111, E-mail : mikami@civil.kansai-u.ac.jp)

2 : 学生会員 関西大学大学院工学研究科土木工学専攻博士課程前期課程 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)

3 : 正会員 日立電子サービス(株) 日立エンタープライズサーバ事業部 (〒259-1392 神奈川県秦野市堀山下 1)

表-1 学習内容

静定構造編	章	講座名
第Ⅰ編 構造力学で扱う構造	第1章	構造要素としての棒
	第2章	荷重
	第3章	支点と支点反力
	第4章	棒構造
第Ⅱ編 力のつりあい	第5章	外的静定構造
	第6章	断面力
	第7章	部材のつりあい
	第8章	要素のつりあい
	第9章	ヒンジを有する構造
第Ⅲ編 曲げ部材	第10章	せん断力図および 曲げモーメント図
	第11章	静定ばりの断面力
	第12章	断面力の影響線
第Ⅳ編 軸力部材からなる 構造物	第13章	静定トラスの部材力
第Ⅴ編 曲げ・軸力部材からなる 構造物	第14章	静定ラーメンの断面力
第Ⅵ編 断面の性質	第15章	静定アーチの断面力
	第16章	断面の諸量
第Ⅶ編 応力	第17章	応力とひずみ
	第18章	断面力と応力
	第19章	曲線部材と応力

不静定構造編	章	講座名
第Ⅷ編 弾性変形	第20章	変位とひずみ
	第21章	直線部材の変形
	第22章	弾性荷重法
	第23章	弾性床上の直線部材
	第24章	曲線部材の変形
第Ⅸ編 不静定構造	第25章	構造物の変形
	第26章	静定と不静定の判別
	第27章	不静定構造解析法の原理
第Ⅹ編 エネルギー法	第28章	仕事とエネルギー
	第29章	仮想仕事の原理
	第30章	エネルギー原理
	第31章	カステリアノの定理
	第32章	相反作用の定理
第Ⅺ編 変位法による不静定解析	第33章	エネルギー法による解法
	第34章	有限要素法
	第35章	基礎微分方程式による解法
	第36章	たわみ角法
第Ⅻ編 応力法による不静定構造 解析	第37章	エネルギー法による解法
	第38章	静定基本形による解法
	第39章	3連モーメント法
第Ⅼ編 幾何学的非線形	第40章	2次理論
	第41章	圧縮部材
第Ⅽ編 材料非線形	第42章	梁の極限解析
第Ⅾ編 複合非線形	第43章	柱の弾塑性座屈

a) 対象学習者

学習者は構造力学を学んだことのある学生や社会人、もしくは構造力学を学習する必要のある人とする。また構造力学学習を従来の集合学習や自己学習では理解できず、学習方法に限界を感じている人を対象とする。

b) 学習者の特徴およびニーズ

- ・ 学生で講義に参加しても理解できず他の受講者との間に格差が生じること。
- ・ 既に仕事している人でもう一度構造力学の基礎知識を学びたいと思っているが十分な時間がないこと。
- ・ 大学における学習量と同等の知識を得ること。
- ・ 場所に束縛されることなく、どこからでも学習できること。
- ・ 時間に束縛されず、個人のペースで学習できること。

c) 学習者の学習環境

学習者は自宅に個人のインターネットに接続できるパソコンを所有し、自由な時間に利用できる環境で学習する。もしくは、学校・職場のインターネットに接続できるパソコンを利用し、学習する。

(2) スキル習得目標と評価方法

学習者が構造力学の文章・専門用語・公式を理解し、問題を解くことをスキルの習得目標とする。習得スキルの評価方法としては、テストを設け、学習者が取得した点数で教材の内容を理解しているかを評価する。

(3) 教育方法の選定

教育方法には「インストラクター主導型」と「学習者主導型」がある。「インストラクター主導型」とは指導者が定めた

スケジュールに基づいて学習を導いていく教育方法であり、「学習者主導型」とは学習者のペースで、自主的に進めていく教育方法である。学習者のニーズとして、個人にあったペースでの学習および学習者が職場もしくは自宅で自由な時間での学習が挙げられるため、学習者主導型を選択した。

(4) 学習方法の選定

習方法には「同期型」と「非同期型」がある。「同期型」とは全ての受講者が同じ時間に同じ活動を行うことであり、「リアルタイム」や「ライブ」型学習方法とも言える。逆に「非同期型」とは講座の受講者が自分の好きな時間に受講できる学習方法である。本研究では、学習者のニーズから非同期型学習方法を選択した。

(4) メディアの選定

本システムの構築にあたっては、理解度に合わせた学習内容の提示が行える教材やテスト、様々な角度からの学習者の進捗管理機能を容易に作成できることが望ましい。そのため、プラットフォームには、成績管理機能などを有する富士通インフォソフテクノロジ製の LMS (Learning Management System) である Internet Navigware を使用する。Internet Navigware は e-Learning 普及の為に定められた、WBT コンテンツの国際標準規格 SCORM (Shareable Content Object Reference Model)^{W1)} に準拠している。学習内容の制御機能、成績の管理機能などを備え、システム開発者は簡単に e-Learning コンテンツを作成できる。

3. システム設計

(1) システムの利用体系

本システムの関係者には、管理者と開発者と学習者が

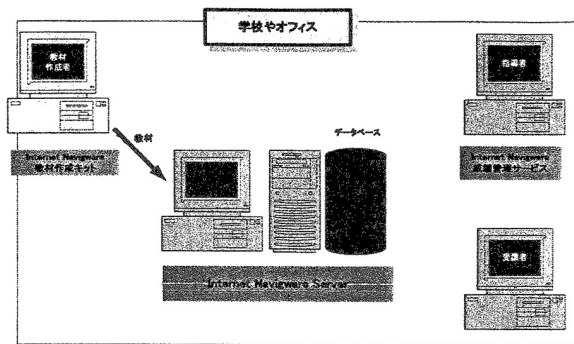


図-1 システムの利用体系

存在する。

a) 管理者

管理者はサーバとシステムの管理を行う者である。管理者は講座を新規に開設する権限と、講座を公開するかどうか決定する権限を持つ。さらに、成績参照機能により学習者全員の進捗状況や学習時間の合計を学習やテストごとに把握できる。

b) 開発者

開発者は講座の内容を作成する者である。開発者は講座のコンテンツを HTML で作成する。そして、WWW(World Wide Web)を用いて端末からサーバに講座のコンテンツを送信する。動作時に不備があれば開発者は講座のコンテンツを修正し、管理者が講座の更新を行う。

c) 学習者

学習者は本システムを用いて、実際に学習を行う者である。

指導者は、管理者と開発者の両方の役割を担う。管理者は教材をサーバに載せて、学習者がサーバにアクセス

して学習する。開発者は学習者の進捗状況を参照し、教材の更新を行う。システムの利用体系を図-1 に示す。

(2) 学習内容と学習の流れ

構造力学の知識を正確に習得できるように学習内容を構成する。学習内容は学習者が学習項目を選択できるように、各編ごとになるべく独立して学習できるよう構成した。本講座の学習内容は表-1 に示すように、静定構造編、不静定構造編併せて全 15 編、43 章で構成する。学習者は静定構造編、不静定構造編どちらか学習する編を選択し、学習する項目を学習する。静定構造編、不静定構造編の学習の流れを図-2 に示す。

講座は、学習者が構造力学を学習するための「学習」と理解度を確認するための「テスト」の二つで構成する。まず、自分自身の構造力学の理解度を事前に確認するために「確認テスト」を行う。確認テスト後、学習したい編に進み、学習内容を受講する。各章の学習を終えると演習問題を受け、正解率 100%で次の章に進む。不合格の場合、その章を再度学習する。学習者が各編における全ての章の学習を終了するとその編の「総合テスト」を行う。そのテストは正解率 80%で合格とする。合格の場合、学習者は次の編の「学習」に入るためのパスワードを取得する。不合格の場合にはテスト結果のヒストグラムを参照しながら不得意な分野を再受講し、理解していない部分を学習する。同様の手順で第 XV 編のテストに合格すると本講座の学習が終了となる。

4. 教材のつくりこみ

システム設計に則って「構造力学」の講座を作成する。学習意欲を持続させるために、説明文ばかりにせず視覚的に学習できるようにした。重要な図形を静止画や動画で作成し、アニメーションを用いたり実構造物の写真を使い、

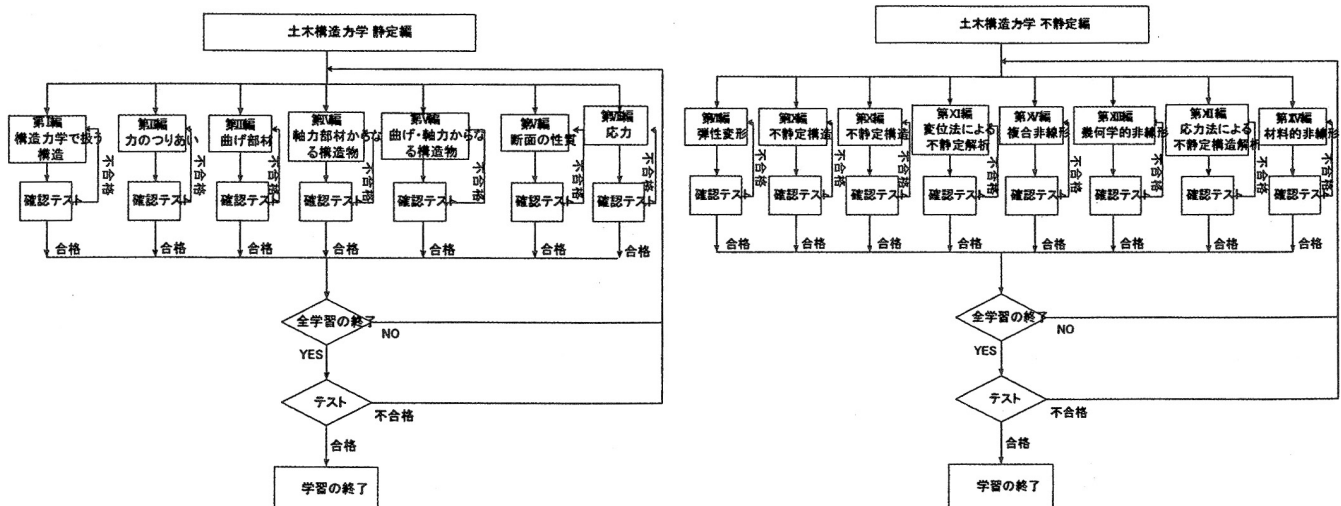


図-2 学習の流れ

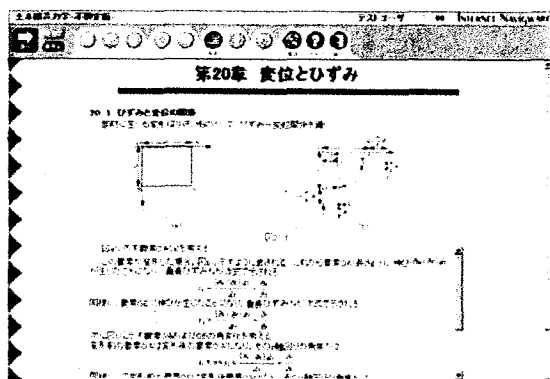


図-3 学習画面

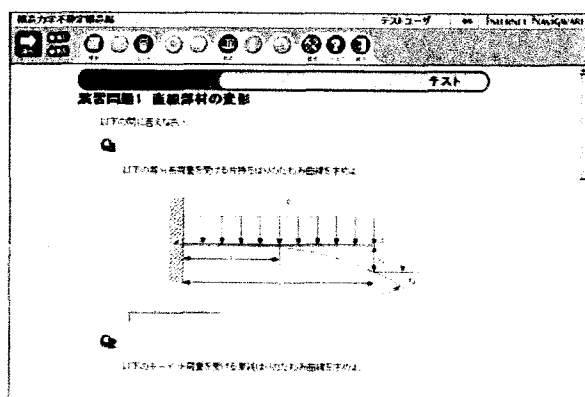


図-4 問題画面

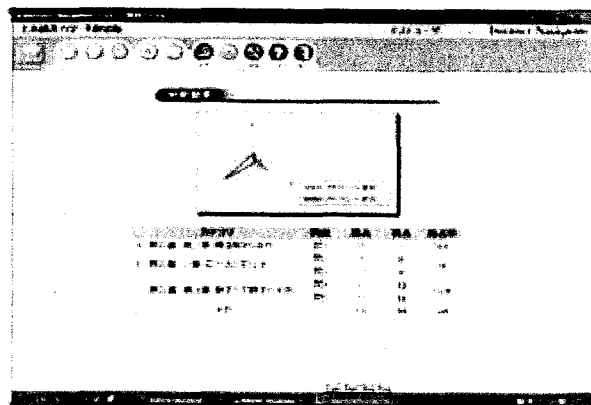


図-5 ヒストグラム画面

学習者の構造力学への興味を引き立てる。

構造力学は非常に抽象化された学問であり、具体性に欠けるため、その概念を理解することが困難である¹⁾。そのため、本講座はコンピュータが可能とする様々な機能を利用することで、説明文を少なくし図を多く用い、学習者がクリックすると文章や画像が変化するなど、動的な画面を構成することで学習者の興味を持続させる内容に努めた。

基礎力の乏しい学生でも理解できるように、多くの図を挿入し、学習者がクリックすると文章や画像が変化するなど、動的な画面を構成することで学習者の興味を失わせないようにした。さらに、各章のページにリンクできる目次ウィンドウを作り、一度学習した内容をすぐに閲覧できるようにした。これらは概念をイメージしやすくさせるだけではなく、学習者の興味を持続させる効果を持つ。学習画面例を図-3に示す。また、問題画面例を図-4に示す。

また学習意欲の持続のためにテスト結果をヒストグラム形式に表示した。他の学習者との成績の比較も行えるので向上力の持続にもつながる。ヒストグラム画面例を図-5に示す。

5. あとがき

本研究では、構造力学の学習においてe-Learningを導入した学習システムを開発した。導入にあたり事前分析をおこない、事前分析に基づき構造力学を学習するためのシステムを構築した。システムは管理者、開発者、学習者の三体系で構成した。そして、学習者が構造力学への興味と意欲を持ち続けることが可能な講座を作成した。

参考文献

- 1) 三上市蔵:図解土木構造力学の学び方静定構造編, オーム社出版局, 1998.3.
- 2) 先進学習基盤協議会(ALIC)(編):e ラーニング白書 2002/2003 年版, オーム社, 2002.7.
- 3) 先進学習基盤協議会(ALIC)(編):e ラーニング白書 2004/2005 年版, オーム社, 2004.8.
- 4) 香取一昭:e ラーニング経営-ナレッジ・エコノミー時代の人材戦略-, エルコ, 2001.6.
- 5) 山崎将志:e-Learning-実践的スキルの習得技法-, ダイヤモンド社, 2001.1
- 6) 大島淳俊:図解わかる!e ラーニング, ダイヤモンド社, 2001.5.31.
- 7) 平井一男, 水田洋司, 内谷保:構造力学入門
- 8) 小西一郎, 高岡宣善:大学課程土木構造力学, オーム社出版局, 1996.4.
- 9) 村岡正, 吉村虎蔵, 彦坂熙:構造力学(1), コロナ社, 1994.11.

参考 Web Page

- 1) 日本イーラーニングコンソシアム
<http://www.elc.or.jp/index.htm>
- 2) 力学教育研究に関する小委員会 委員会報告:大学における力学教育
<http://www.civil.tohoku.ac.jp/~bear/edu/edu4/ed-rept2.html>
- 3) 学内 IT 支援のためのリソース集
<http://www.nime.ac.jp/~fdfl/resources/menu.html>