

# 授業設計を取り入れた数学 e-Learning コンテンツ作成\*

中平勝子<sup>†</sup>, 福村好美<sup>‡</sup>, 鈴木泉<sup>§</sup>, 安藤雅洋<sup>¶</sup>

長岡技術科学大学<sup>||</sup>

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1

e-mail: katsuko@vos.nagaokaut.ac.jp, fukumura@oberon.nagaokaut.ac.jp,

suzuki@kjs.nagaokaut.ac.jp, ando@konomi.nagaokaut.ac.jp

## 概要

昨今の大学入試の多様化により、入試未履修・学力不足の科目を多く抱える学生が増えている。この状況を改善するため、各大学では補修や e-Learning による補完授業を行っている。本発表では、その中でも授業内容がほぼ恒久的に同じであると考えられる数学に対して、ADDIE の授業設計プロセスに従って、大学での数学リメディアル教育用コンテンツを開発した。コンテンツの特徴は、音声情報を重視してテキスト化、関数の基礎概念を Flash を取り入れた動的表示、テストの多用と誤解答時の処理フローである。

## 1 はじめに

近年、大学内においてユビキタスな学習環境の提供として e-Learning を利用した授業の推進がなされている。その目的や体制は様々であるが、以下の様に分類される。

### 1. 正規学生に対して提供する学習環境

自学自習、予習・復習、単位互換協定に基づく授業配信、協調学習、遠距離学生に対する教育機会の提供

### 2. リメディアル教育 ([2])

大学入学時、あるいは大学カリキュラム履修時に生じる学力差の補完教育

### 3. リカレント教育を含めた社会人に対する教育機会の提供

各種目的に応じた教育を提供する際、受講対象者の年齢層や質により、提供すべき e-Learning サービス内容は変動する。

正規学生に対して提供する e-Learning を考えるならば、自学自習しやすい授業提供を検討しなければならない。また、単位互換協定に基づく授業配信を行う場合には、配信先の授業規格にも合わせなければならない。

リメディアル教育の一環としての e-Learning を考えるならば、学習内容に対して受講者のレベルに格差があることを考慮しなければならない。そのため、学習者の興味を引く様なコンテンツ作成を行うと同時に、教授者が提示する学習目標を学習者が確実に会得できる様にしなければならない。

リカレント教育を念頭に置くならば、受講者は基本的に学習意欲の高い者が集まっているので、需要にあわせた内容を提供することが肝要である。

本実践では、授業設計 (インストラクショナルデザイン, 以下 ID, [1]) の手法を取り入れた、リメディアル教育指向の数学教材作成を試みた。第2章では本実践における ID に基づいた基本的な設計方針を述べ、第3章ではコンテンツ設計ならびに実装

\*Mathematics e-Learning Contents Creation Take in the Instructional Design

<sup>†</sup>Katsuko T. Nakahira

<sup>‡</sup>Yoshimi Fukumura

<sup>§</sup>Izumi Suzuki

<sup>¶</sup>Masahiro Ando

<sup>||</sup>Nagaoka University of Technology

の概要を述べ、第4章では開発手順に対する評価を行う。

## 2 基本的な設計方針

### 2.1 適用授業

適用授業は、「経営情報数学I」である。本授業は、「経済，経営，社会科学，および情報システム科学に必要な数学を学習する。これらの数学的手法の基礎が完全に使いこなせるようになることを目標とする」とあり、授業項目には

1. 基礎の復習（集合，方程式とグラフ，関数），
2. 線形代数と行列，
3. 線形計画法，
4. 微分法（基礎）

が含まれている。適用授業は「はじめの方では高校の復習を兼ねた内容を多く取り入れ，順次大学レベルまで引き上げる」という方針を提示しており，リメディアル教育を指向したものとなっている。従って，学習者は高校レベルの内容から大学レベルまでの幅広い単元を学習する。

### 2.2 リメディアル教育対応

次に，e-LearningにおけるIDとリメディアル教育との接点について考察する。

現在行われているe-Learningは，大きくわけて同期型遠隔授業と非同期型授業に大別される。このうち非同期型授業はビデオオンデマンドをはじめとするコンテンツ蓄積型授業配信なので，学習者は何度でも繰り返し学習することができる。また，元来初等・中等教育機関においては，学習指導案作成という形で従来授業設計が取り入れられているが，これは対面授業を前提としているため，学習者の学習活動を見ながら柔軟に対応できる構造となっている。また，学習者の反応に対し，即座に対応できることから，授業提供時の教育マネジメントは教授者自身で容易に行える。

しかし，e-Learningでは教授者が常に学習者の学習活動をモニタリングできないため，教授者不在のまま学習活動が行われることになり，授業提供時の教育マネジメントは体系的に行わねばならない。そのため，予測できる学習者の学習活動を考慮した授業を提供しなければならない。

この点において授業設計をe-Learningに導入することは有効なe-Learningを行う上で不可欠である。

IDの手順は，その教育対象によって様々であるが，基本は図1にあるIDプロセスモデルの一般形として知られるADDIEモデル（分析，設計，開発，実践，評価）をルーチン作業とすることにある。教材改良の評価を有効に利用することで，より受講者ニーズに即したコンテンツを作成することが可能となる。

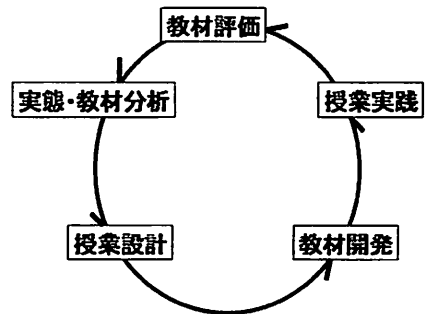


図1 一般的なIDのフローチャート

一方，リメディアル教育の特徴は，

1. 短期間で受講者に確実な基礎知識をつけること，
2. 学力差の大きい学習者群を相手にすること，

であり，これらの環境において学習者の学習効果が期待できる教育を行うには学習効率のよい教材と繰り返し学習できるシステムが必要である。

この点においてリメディアル教育にe-Learningならびにe-Learningで用いられている手法を取り入れることはその本来の役割を遂行する上で有益であり，e-Learningによるリメディアル教育の導入を始めた教育機関も増加している。

これらのことより今後の e-Learning 教材は、配信目的により単純に「授業をそのまま」提供するという簡便な方法から「授業を設計」して提供するという方法を検討しなければならないことがわかる。

## 2.3 教材作成に関する分析

本実践を行うにあたり、担当教員と教授内容の分析を行った結果、受講者へのコンテンツ提示に対して

1. 基礎から確実に学力を定着できるコンテンツ作成,
2. 受講者に対し、内容に集中させるための工夫
3. コンテンツ途中随所での確認テスト導入,
4. 学習者の実態を把握するための事前テスト導入,
5. 学習活動内容明示のための各章毎に学習目標設立,
6. 音声品質の補完機能

の6要素が必要であるとわかった。

表1 高等教育 IT 活用推進事業における授業配信評価

動画の質はどうか	0.13
音声の質はどうか	-0.20
機器の操作はどうか	-0.20
授業内容は理解できましたか	-0.20
授業内容に関するトピックスに興味はありましたか	0.53
授業を受けた実感はありましたか	0.14
対面授業と比較して本授業での理解はどうか	0.07
本授業を全体的に評価してください	0.40

コンテンツ提供に関する予備調査は、本学において昨年度末まで実施された高等教育 IT 活用推進事業の授業配信に関する評価を行った結果を参考にした。当調査では、

1. ユーザビリティ  
動画の質、音声の質、アクセス頻度、機器操作

2. 授業のクオリティ  
内容の是非、内容理解、トピック、難易度

3. 授業のリアリティ  
是非、リアリティ、理解度

4. コミュニケーション  
コミュニケーション是非、質問投稿、担当講師とのコミュニケーション、電子コミュニケーション

について調査を行い、とても良い(2点)、良い(1点)、普通(0点)、少し悪い(-1点)、悪い(-2点)の5点法で評価するアンケートを行った。各項目における素点合計をあらわしたグラフを表1に示す。

ユーザビリティについては学習内容や映像については平均またはそれ以上の評価が与えられているのに対し、音声については平均以下の評価となっている。これは、音声を伴うコンテンツの場合、動画や図表表示と同程度、あるいはそれ以上に音声品質が要求されることを示している。本実践ではこの障害を解決するため、音声補助として音声内容をテロップ表示することとし、音声パケットが寸断されたとしても授業内容を極力損ねることなく受講者に提供できる様つとめた。

## 2.4 授業設計

これらの分析結果を取り入れ、適用授業におけるコンテンツ閲覧フローを図2の様に定めた。

受講開始時には必ず事前テストが見える様にしておく。事前テストの得点率によってその後の授業を受けるか否かを判定する。受講の判定を受けた場合には、各解説コンテンツを閲覧し、章毎に設置された小テストを解く。このフローを教材最終章まで繰り返し、最終章まできたら単元末テストを受講し、終了となる。

また、授業内容のIDについては図3の項目を詳細に設定することで対応した。図3の各項目は、左から順に「コンテンツを学習するのに要する時間」「学習目標、並びに学習評価の対象」「コンテンツ作成時の注意点」、「シナリオ(音声内容)」「小テスト問題」「小テストの合格基準」である。

ている解説・演習テスト型を採用した。

### 3 コンテンツ設計・実装

前章での該当授業に対する分析結果を受け、以下の方針にて授業コンテンツを作成した。

#### 3.1 コンテンツ構成

本実践において作成されたコンテンツは、次の点を意識してFlashにより作成した。

まず、授業内容に集中させるため、音声による解説に集中できるための工夫を行った。例えば、音声による解説を聞く上で、画面のどこかに集中しなければならない。本実践では、[3]をはじめ、コンテンツの多様性に対して実績のあるFlashコンテンツを併用し、音声に対する解説図の表示を多様化した。特に、数式・グラフの表示を動的に行うことで、学習者の印象に変化をもたらす様配慮した。更に、本実践におけるリメディアル教育は、単に計算させるだけでなく「基本的な概念を理解させる」ことに重点を置いているため、Flashコンテンツの各種図は数学的思考を多く取り入れた構成とした。

次に、リメディアル教育を行う観点からすると、学習者が学習するべき内容を常に認識することで、教材から学ぶべき事柄が何かを把握できる。これを実現するために、学習目標は常に画面上に表示させることとした。

最後に、音声による解説は、ネットワーク不良、その他の要因により音声断絶が起こる可能性を否定できない。前章の分析においても音声断絶は学習者に良い印象を与えず、これが原因で学習障害が起こりえる。この障害を防ぐために、教授者が話す内容全てに対してテロップを作成した。

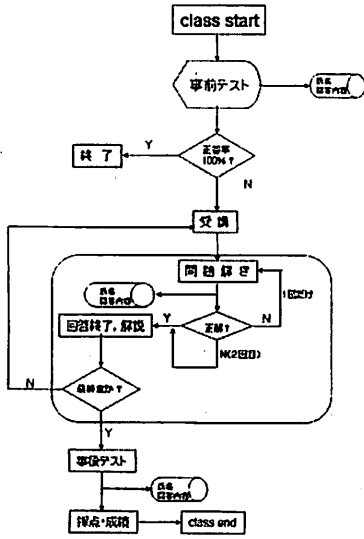


図2 今回用いた学習フローチャート

時間 (分)	学習目標 評価対象	コンテンツ 作成の注意 点	シナリオ	小テスト 問題	合格 基準
15	..... .....を 理解する.	視覚的に理 解できる様 .....	経営情 報数学1 の授業 .....	次の関 数の内, .....	完全 に合 格す ること
15	.....	.....	.....	.....	.....

図3 ID 作成表

授業方式については、学習者の学習活動を予測の上、提示するコンテンツ形式を決定しなければならない。本実践では知識定着をその目的とするため、協調学習や学習者が何かを生成するといった最近の学習形態を採用することはやめ、古典的チュートリアルを採用した。従って、授業提供法は従来行われ

#### 3.2 コンテンツ表示

これらの要求に即して作成されたコンテンツの画面例を図4並びに図5に示す。図4は、事前テストの画面、図5は講義コンテンツの一例である。コンテンツ画面は最大6画面から構成される。

図5の画面構成について説明する。学習者の理解

を促すために、画面上部に学習目標表示、ならびに学習進捗度表示を行う。また、節選択画面を準備し、節の中において学習者は何度でもコンテンツ間を移動できる様に配慮した。画面中央部にはコンテンツ本体を据え、解説を聞きながら視覚的に学習内容を捉えることができる様にした。音声断絶対策のためのテロップは、音声断絶が起きない状態では不要のため、画面下部に設置した。小テスト回答欄は、必要に応じて別画面表示させることとした。

Web上のレイアウトはHTMLで行い、なるべく見やすくする様、配色や文字サイズ、コンテンツサイズにも配慮した。

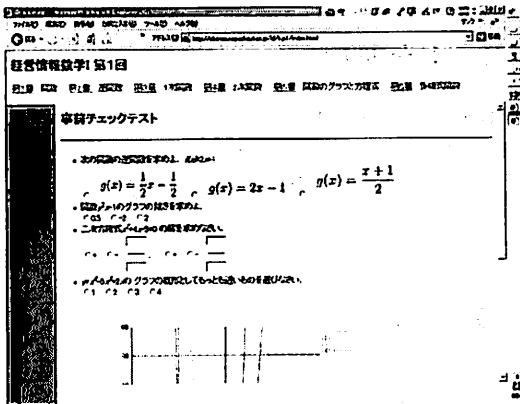


図4 コンテンツ初期画面(事前テスト)

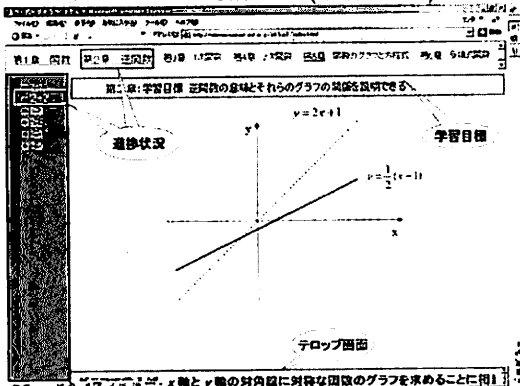


図5 講義画面

### 3.3 小テスト作成

本実践では、知識定着確認のための小テストを随所に設けることとしている。これについては、次の方針とした。

まず、学習活動の前後での知識定着を測定できるように、受講前に受講内容をまとめた事前チェックテストを導入した。この内容は、受講内容に即して作られる。次に、各章ごとにおける受講直後の知識定着を測定できる様、各章の末尾に小テストを設置した。最後に、全章履修後にコンテンツ全体に関する知識定着を測定できる様、事後テストを準備した。

各々のテスト問題は独立ではなく、関連性を持つ内容に設置した。

また、数学 e-Learning における小テスト実施の特性として、計算問題の扱いが考えられる。ここでは、図3の様に計算結果のみを入力させることとし、分数方式によって分母分子は仮分数で数字入力させることとした。符号については、仮分数の前に正負を選択させる部を設けて対応した。

### 3.4 コンテンツ作成の工程分析

コンテンツ作成を行う上において、以下の工程が必要であった。

1. ID に従ったカリキュラム作成
2. 仕上がったカリキュラムに沿ったコンテンツ作成
3. 音声・映像収録
4. 音声・映像を Flash と合わせる
5. 合わせた Flash ファイルに HTML タグを付加し、サーバに設置

総工程時間に対する各工程の時間割合を図6に示す。



図6 総工程時間に対する各工程の時間割合

総工程時間は約 55 時間で、時間配分は次の通りであった。1. については、数学担当教員と、5 月中旬から 7 月中旬まで 9 回行い、全工程の 16% を占めている。この中で、まず ID とは何かを担当教員に対して簡単に説明し、ID に従ったカリキュラム表、図コンテの作成、ならびに小テスト問題作成を行った。また、音声収録内容をテロップで流すため、講義で話す内容の電子化を行った。その際、HTML タグを知らなくても簡単に HTML 記述が可能な「Netscape Composer」を利用した。図コンテ・小テスト問題作成・テロップ作成に、全工程の 4% を要した。

2. および 4 については、1. で仕上げた図コンテに従って Flash アニメの作成を行った。このコンテンツ作成ならびに音声・映像とのあわせ作業に全工程の 65% を要した。

3. については、本学に設置されているスタジオを利用して頂いた。収録に要した時間は概ね 5% である。

5. については、ユーザービリティの問題や見易さの問題もあり、フォーマットを決めるのに、全工程の 10% が必要であったが、一度決めてしまえば自動化が可能である。本実践では自動化スクリプトまでは作成しなかったがいずれは簡易化される。

この様に、本実践においてもっともウェイトを占めるのは Flash コンテンツ作成と音声・動画と Flash コンテンツのタイムラインあわせである。

## 4 開発結果の評価

本実践において、これまで漠然としていた e-Learning コンテンツ作成に関する事象が明確になったので、ここに述べる。

教員側の負担について、ID の実施はコンテンツ作成における全工程時間に対して殆ど大きな割合を持たない。このことは、少なくとも ID の概念をきちんと提示しておくことを前提に、コンテンツ作成において ID を導入することで教員に過度の負担がかからないことを意味する。

一方、Flash をはじめとするコンテンツ作成については全体の 7 割弱を占めるため、これを「誰が行うか」により、教員の負担度合いは大きく変わる。本実践におけるコンテンツ作成は、教員に絵コンテ

概要作成を行い、各コンテンツを「コマ」と捉えた詳細な設計図を元にコンテンツ作成を行った。「コマ」指定を行う工程は全工程の 1 割にも満たず、教員の負担は過度にかからない。

むしろ細かい指示に従ってコンテンツを作成する部分がコンテンツ作成の大部分を占めた。

また、懸案となる集録についても、予め話す内容を作成の上、それを読み上げるだけで、かつ顔も殆ど映さなかったことから、純粹に読み上げ間違いのみに気をつければよく、かつて大変と思われた集録時間を大幅に短縮することができた。

これらのことを勘案すると、ID の導入により、結果的に教員の負担の大部分を削減することに成功している。

ただし、コンテンツ作成そのものについては、人的担保、もしくは簡易作成ツール、テンプレートなどが必要である。

## 5 おわりに

本実践では ID に基づいてリメディアル教育指向の数学教材の分析・設計・開発を行った。該当科目は 2 学期開講のため、今後開発教材の実施、ならびにその評価・再設計を行う予定である。

## 参考文献

- [1] ウィリアム W. リー & ダイアナ L. オーエンス, 日本 e ラーニングコンソーシアム訳, “インストラクショナルデザイン入門”, 東京電機大学出版 (2003).
- [2] 小笠原正明, “リメディアル教育の動向”, 高等教育ジャーナル (北大), 第 1 号, pp, 54-56 (1996) .
- [3] 小松川浩, “E-Learning による理数系基礎学力向上の取組”, 大学の物理教育, 2003-3, pp 44-47(2003).