

# 日産科学振興財団 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 3 回 助成期間：平成 18 年 11 月 1 日～平成 19 年 10 月 31 日

テーマ： 物理科学の初歩に関する公開 e-Learning の構築

氏名： 松浦 執 所属： 東海大学

## 1. 課題の主旨

近年、高等学校では物理学の履修率が減少し、理系志望者でも物理学の基本知識を学ぶ機会のない若者が多い。また、初中等教育で学ぶ物理概念も高学年に繰り上げられたものが多く、大学は未学習者のための補助教育制度の整備に追われているのが現状である。

導入的段階の科学教育では、実験・観察や、図像描画の実習を伴う、教師との対面教育が最重要である。そして、その理解を補強し、発展させる段階で重要になるのが、書籍や各種メディアなどの情報環境である。e-Learning には、動的表現、対話性、学習記録にもとづく個別学習支援などのメリットがある。加えて中学、高校生の自宅学習においてもインターネットでの情報検索はますます日常化する傾向にある。

本課題は、これまで初年級大学生をターゲットにして作成してきた教材をもとに、中学、高校生にとっても、より易しく物理の本質の理解に役立つ教材と、知識の系統的吸収と定着を助ける e-Learning システムの開発・公開をすすめ、一般の利用に供することを目的としている。

## 2. 準備

本研究では、電子教材と e-Learning システムの両方をオリジナルに作成している。双方が一体となってサービスを形成するので、コアとなる部分については互いに独立ではなく強く関連しあう要素があると見られる。

システム：従来の学部授業に即したスケジュール型の講座構造を脱して、様々な興味関心や動機を持つ利用者に対して、知識構造の把握支援を供し、学習の展開を誘導することが本課題におけるシステム開発の大きな目的である。このために、知識構造を明瞭に表示するトピックマップ技術を導入したシステム開発を行う。

教材：中高生が物理の基本を理解することを助ける目的では、微積分のような数学に形式的にはあまりよらず、しかしその数学で表現される内容は伝わるようにすること、そしてその一方で、数学では抽象化されてしまう実際の物の量の数量的表現には慣れ親しむことができるようにすることの 2 点が大きなポイントである。

## 3. 指導方法

1. 学習記録の自動解析にもとづくアドバイス機能を活用するために、利用者ごとに ID とパスワードを設定して登録する。この際、本名を含む個人情報は一切不要とする。ただし、学内授業を含め、特定の集団で利用、管理することも可能なように、「学生証番号」登録も可能とした。

2. 学習コンテンツのポータルは、解説テキスト、および記述、選択肢、計算、自由形式の各タイプのドリルに対するトピックマップで表示した。トピックマップページでは、知識を主題名で表示し、個々にボタンをあて、ボタンを連結する線で知識の連関を表示した。連関のタイプは、前提知識と直接の応用知識であり、学習順を暗示するものでもある。学習した項目は既習としてボタン色を変えた。また、ドリルポータルでは、ドリルの学習履歴に応じて再

学習の優先度をボタン色および文字色で表示した。このポータルにより、学習の展開、基礎知識再確認などの動きを、知識構造をもとにして自己判断できると考えられる。

3. 4月から9月までを春期間、10月から翌3月までを秋期間として、「基礎数理」「力学」「熱」「振動・波動」「電磁気」の各領域のコンテンツに概略の学習スケジュールを設定して、トピックマップポータルに表示した。

4. 選択肢ドリル、計算ドリルについては、正答率を自動測定し、各回解答後から閲覧時までの経過時間を変数として含む重みつき累積正答率を用いた評価関数を考案して、これにもとづいて再学習の優先度を測り、トピックマップポータルに表示した。これにより、理解が不十分なもの、学習後の経過時間が長く記憶が薄れ始めていると評価できるものを優先的に再学習するように表示した。

4. 各コンテンツ、ドリルには質問・意見収集機能をつけた。特にドリルの質問に関しては教師側からの回答、解説をその当該ドリルの下部に自動表示した。これにより、多くの学習者が共通に迷う点などを、学習者からの実際の質問に基づいて補強解説できるようにした。また、質問掲示板をもうけ、適当なタイミングで回答を行っている。

#### 4. 実践内容

「指導方法」に記したトピックマップポータル型の e-Learning, “初歩の物理 Everyday Physics e-Learning”を、Web サイト <http://nkiso.u-tokai.ac.jp/EP/PhysElearning.html> に公開した。また、コンテンツおよびドリルは利用登録しなくとも単体で利用できるよう、申請者のホームページ <http://nkiso.u-tokai.ac.jp/phys/matsuura/> からアクセスできるようにした。さらに e-Learning の方法論や学外出前授業などの教材もこのページからアクセスできるようにした。検索サイトから検索によって教材に到達する場合には、web サイト上で直接閲覧できるようにしておく必要がある。その上で、単体教材にアクセスした際にも、e-Learning を用いれば系統的に利用できることがわかるようにして、利用の促進を図った。以上について、今後も活動を継続する。

#### 5. 成果・効果

本 e-Learning システムの(ID とパスワードを設定する形式を持つものの)前身は、学外からの登録利用を2005年度から公開しており、2007年10月の助成終了期間までにおよそ680名の登録があった。このうち、本助成期間ではおよそ400名程度の新規登録があり、その半数以上は学外利用者である。さらに、検索サイトなどからの単体教材へのアクセスは非常に多く、e-Learning への登録はこのアクセスに較べればごく一部の利用形態である。しかしながら、本助成の期間に登録利用者の増加率は高まってきている。

本助成期間にトピックマップポータルを立ち上げてから1年間の利用状況解析から次のことが見られている。

①開拓的学習:学内授業利用者では、授業で扱うコンテンツの範囲を超えた自主学習を行うことが盛んになってきた。これはトピックマップポータルの基本的効果と認められる。授業受講者はシラバスに沿った学習をするという枠組みをはじめから設定されているので、枠を外れた学習にはかえって戸惑いがある。実際に、受講者からは、受講初期にトピックマップポータルの e-Learning ではどれをやっているか分からないとの不安の声もあった。しかし、実際に利用すると慣れてしまう。はじめから学習の枠組み制限のない、授業外利用者の場合には、このような初期不安もないので、トピックマップの開拓的学習への適合性はより有利に作用すると期待される。

②知識の系統性:さらに、トピックマップ上の教材利用の軌跡を解析すると、2006年春から2007年春にかけて、マップ上を基礎知識から応用へとたどる動きにポジティブフィードバックがあることが分かってきた。これは、マップ上に可視化された知識関連を活用する動きとして評価できる。マップ上ではランダムな学習も可能であり、ランダム学習も学習の開拓性の源泉となる。しかし、実際の学習行動を見ると、自主的に基礎から応用へと系統的

にアクセスする傾向が顕著であることがわかった。

以上は、トピックマップポータルが自主的開拓的学習を系統的に進める上で効果的であることを示唆する。

## 6. 所感

本助成に基づく研究で得られたトピックマップポータルを持つ e-Learning の成果は、e-Learning システムの開発方向において大きな意味を持つと思われる。現在、トピックマップを e-Learning に導入する試みは、国際的には一部に行われはじめている。これは大規模な e-Learning で、多様な知識リソースを活かすために導入されているものである。本研究でのトピックマップの活用は大規模リソースの検索ではないが、学習アドバイス機能と併せることにより、入門レベル物理という単一の分野の学習においても、学習のスタイルに望ましい影響を及ぼすことがわかってきた。また、本助成では、助成金をもつばら教材づくりのための資料収集に活用し、特に、いわゆる物理の参考書の枠組みにとどまらず、気象そのほかの知識応用面、人間や生命の問題、さらには今後の産業社会のあり方に関して貴重な情報を多量に得ることができた。これを物理教材に反映させていくことで、物理を学ぶことを、よりひろい問題につなげていく転換点を迎えつつある。さらに、e-Learning の公開により、中高生からのさまざまな質問などがとどき、教材づくりと更新において非常に有益な情報が得られている。役立つ教材に結びつけるには、こうした広い利用者とのコミュニケーションが不可欠であろう。

## 7. 今後の課題や発展性について

1. システムについて:トピックマップは、同じ主題でも粒度やレベルの異なる教材を系統的に扱う場合にも有効と見られる。例えば、主題を選択するとき、同じ主題のもとにレベルの異なる知識や詳細知識をサブトピックとして表示する方法が考えられる。さらに、下述のように応用面の知識のコンテンツを系統的に扱う場合にもトピックマップの方法によれば有機的な知識表示が可能である。このような知識リソースの系統性の可視化は、今後の重要な課題である。また、トピックマップでは主題の関連の作り方が重要な問題である。今回は暫定的に、申請者の通常講義が立脚している論理を反映したものだだったが、今後は、学習者の論理認識を反映させることも含めて、学習のために効果的な論理構造についても検討していく必要がある。

2. コンテンツについて:本助成期間は、現在までに作成してきた初等物理を広くカバーする内容を、高校生向にもスムーズに学べるように修正していくことが中心であった。その際にも、通常の教科書などで学べる内容をそのまま電子化するのではなく、書籍の内容の理解を補完する側面を重視していた。今後は、より進んだ知識への導入や、人間、環境、社会と物理的知識とをつなぐ教材の開発が求められる。本助成により集積した知識リソースを今後の教材開発にさらに反映させていくことが必要である。また、海外からの利用にも対応するための英訳への着手に関しては、今回の期間では実施に至れなかった。今後の課題としたい。

## 8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

1. S. Matsuura “Development of Contents and a System for Physics e-Learning” Proc. International Conference on Physics Education 2006 (in press). 2. S. Matsuura “Learning Trajectory on a Topic Map of Introductory Physics e-Learning” Proc. Asian Topic Maps Summit 2007 (in press). 口頭発表:松浦執「トピックマップを活用した初等物理 e-Learning での学習機会増進」日本物理学会 2007 年春季大会. 松浦執「トピックマップによる知識構造表示を軸とした初等物理学 e-Learning システムの開発と運用」第 13 回大学教育研究フォーラム. 松浦執「e-Learning での知的インタラクションの形」日本リメディアル教育学会第 3 回全国大会. 松浦執「e-Learning におけるトピックマップ上の学習軌跡の特徴」日本物理学会第 62 回年次大会.

## 【教材制作方法】

- 実施内容が教材開発の場合、ここから1～2ページ使って、教材の制作方法を記載願います
- 実施内容が教材開発でない場合、このページ以降を削除願います

### 1. Flash と HTML

Adobe Flash は、テキスト、画像、動画、シミュレーションを統合的に開発する開発環境である。Flash コンテンツは閲覧者のブラウザに Flash Player がインストールされているときにブラウザ上に表示可能になる。Flash Player が利用者の PC とサーバとの通信などを行うので、Flash をベースにすれば学習管理システムとの通信まで統合した学習コンテンツを作成できる。本研究の e-Learning システムはシステム全体を Flash で作成している。教材では、Flash の最も基本的なレイヤー構造とフレーム送りの構造を活用した。Flash にはオブジェクト指向開発言語 ActionScript が備えられており、これを用いてシミュレーション、各種のインタラクション、サーバとの通信などのプログラミングを行った。

一方、HTML 教材は作成・編集が容易であり、JavaScript, VBScript などを埋め込むことによりサーバとの通信も可能である。HTML 教材も Flash 教材を補完するために積極的に作成している。

### 2. 開発した教材の構造

図 1 は教材画面の例である。中段が解説スペースであり、上端には各ページへのプルダウンメニューと、ページ印刷のボタンを配した。教材画面の下端に意見収集フォームとページ送りボタンを配した。意見収集フォームのボタンをマウスクリックすると、データベースに記入内容が記録される。

図 2 に Flash の編集画面の例を示す。図の上側がレイヤー構造を表示している。作成した教材フォーマットでは、上から、①デバッグ用のスクリプトのレイヤー、②ボタンやメニューに対するイベントハンドラや印刷制御などのプログラムを含むページ表示制御のスク립トレイヤー、③ページ送りボタンレイヤー、④印刷ボタンレイヤー、⑤動画やシミュレーションの制御プログラムを含む説明画面レイヤー、⑥メニューとページ表示に関する予備レイヤー、⑦意見収集フォーム、およびサーバとの通信スクリプトレイヤー、そして⑧背景描画要素レイヤーの 8 層構造としている。

⑤の説明画面のレイヤーだけが多フレームであり、各フレームが説明の 1 画面分に相当する。画面内用を改変する場合には、この各フレームの内容を編集する。

コイルスプリングの画像のように、教材内でさまざまな描画設定条件のもとで多用される描画要素は外部クラスファイルを作成して、教材のコンパイル時にコンパイルされるようにした。編集時に画像が表示できない不便さはあるが、実行時の描画スタイルの統一もできるので、閲覧時には見やすくなる。

本研究ではナレーションは導入していない。また、アニメーションは部分的な利用に止まる。動画はノートに書き写すことが困難であるので、学習者はただ眺めるだけで終わってしまいやすい。重要な部分は、誰でも描けるような簡易な静止画で表現するようにした。また、静止画についても可能な限り図

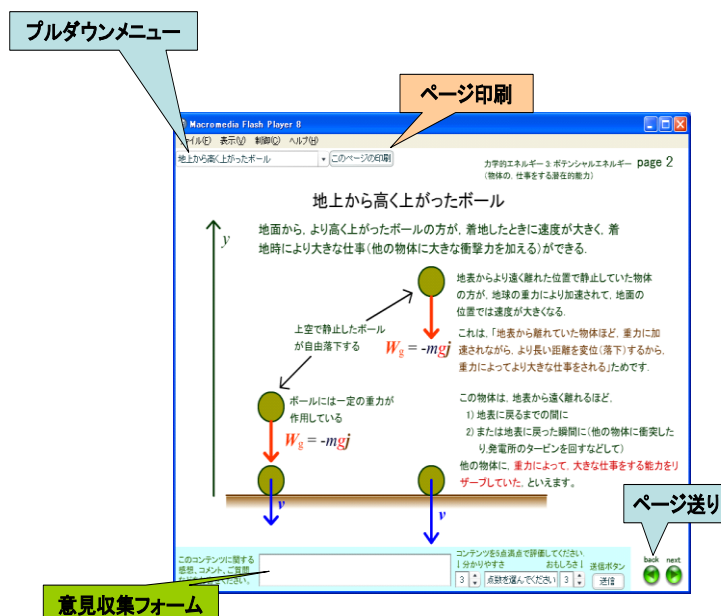


図 1



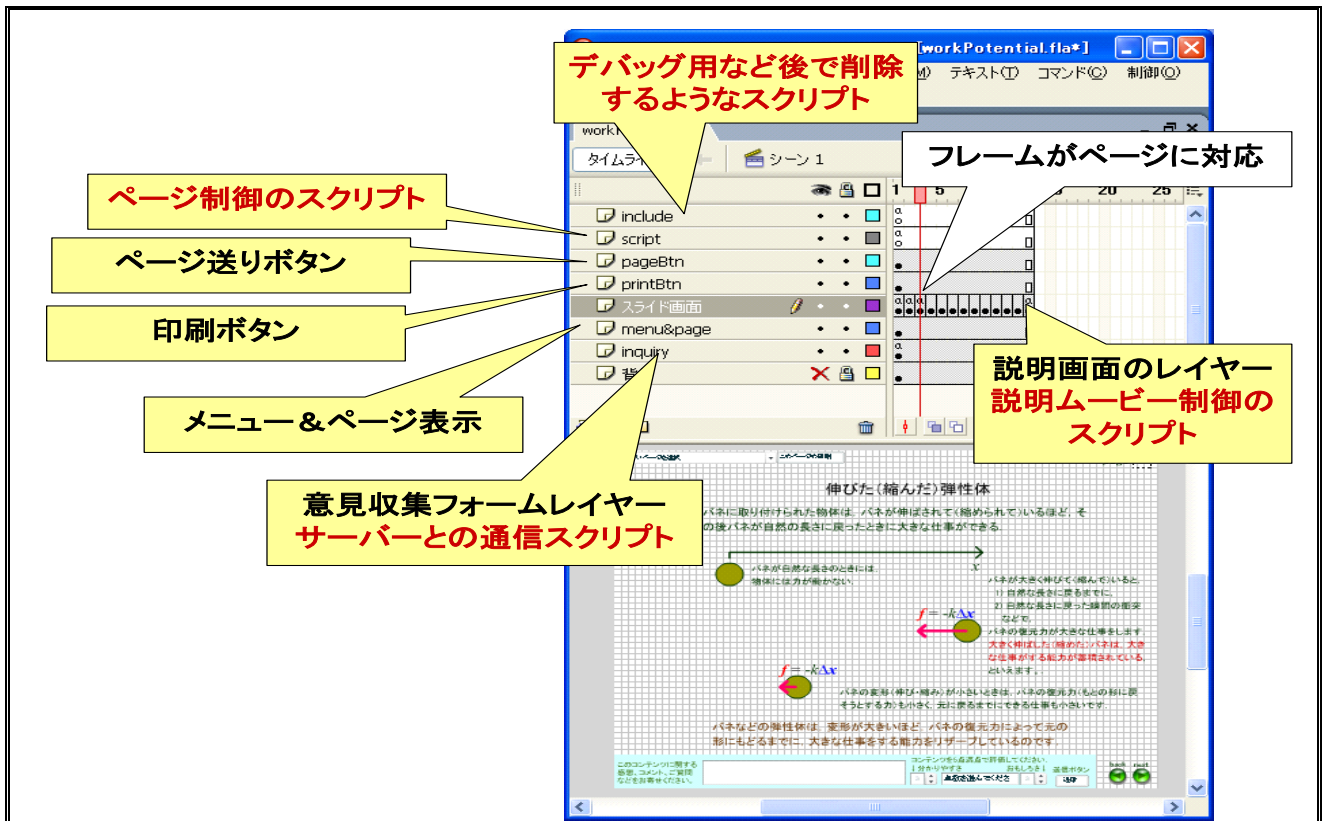


図 2

の標準化，すなわち同じ内容をあらわす図は同じデザインの図を用いることに注意した。

画面内の画像や式などには，必要に応じて画像近傍に説明を表示するため，その画像にマウスを合わせるとテキストが表示される機能を作成した．また，1 ページ内の説明を限定して，できるだけひとつの内容だけを示すことで，画面内に関連性の低いものが並列しないよう注意した。

### 3. ドリル

ドリルは，記述ドリル，選択肢ドリル，計算ドリル，自由形式ドリルの 4 種類を作成している．いずれも現在までのところ，データベース上にその内容を記録しており，ブラウザで閲覧するとき，VBScript によってデータベースから読み出し，画面上に配置する形式である．内容をデータベース上に記録するところで修正・更新・解説コンテンツとの関連付けなどの作業を効率化している．しかしドリルコンテンツ単体の独立ファイルにせず，リクエストごとファイル生成する形式であるため，他者への譲渡などには多少不便である．

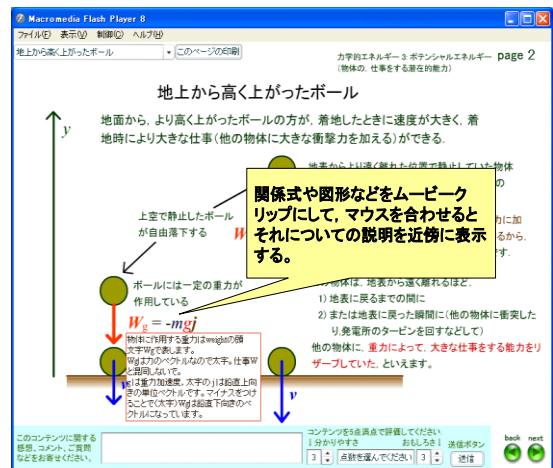


図 3

選択肢ドリルは，各選択肢に，選択時に表示されるアラートに解説を示し，正解・不正解だけでなくポイントの解説を選択肢ごと多角的に理解できるようにしている．計算ドリルは乱数を用いて変数の一部がリクエストごと変動するようにした．また，導入的問題には説明図や，基本式やその変形などを示し，正解できないまま終わってしまわないようにした．計算ドリルは基本的に四則演算の範囲で結果をだせるものに限定している．

