

数式表示可能なブログを用いた数学教材のインストラクショナル・デザイン

後藤 洋信 坂本 雅洋 江見 圭司
京都コンピュータ学院・京都情報大学院大学

数学教育をウェブ上で行う場合、数式表示が課題となる。2008年5月に「数式表示可能なウェブ上でのコミュニケーションシステムの構築」と題して発表した。今回は数式表示可能なブログを用いた教材開発の一端について報告する。ブログによる教材の提供は、通常のウェブと同様の操作性で利用することができ、コミュニケーション機能も備えているので、学習者・指導者の双方にとって有効な e-Learning システムとして活用することができる。また、ブログは無料提供されている場合が多く、システム構築の作業が軽減される。本研究では、ブログなどのコミュニケーションシステムを用いたインストラクショナル・デザインについて述べる。

Instructional Design for Math with Blog Sytem That Can Display Math Equations on the Web

Hironobu GOTOH, Masahiro SAKAMOTO, and Keiji EMI
Kyoto Computer Gakuin / The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

When we carry out math education on the Web, it is necessary to display math equations on Web pages. Formerly, we had a report whose title is "Constructioning communication system that can display math equation on the Web". We have developed math communication system, such as Bulletin Board System, Wiki and Blog. We are going to discuss about instructional design for math with blog sytem that can display math equation on the Web.

1. はじめに

インターネットの発達により、e-Learning によるウェブでの教育が行われるようになった。ウェブ上で教材を配信する場合、大きく分けて2つの役割が必要となる。1つは、コンテンツで、もう1つはコミュニケーションの機能である。コンテンツは、教材そのものとなる本文や、問題集、テストなどである。

数学教育の場合、本文に数式を表示する必要があるが、ウェブ上で数式を表示することは難しく、既存のサイトの多くは、PDF や、画像形式で本文を扱って表示している[1]。

効果的な学習のためには、コミュニケーションの機能の充実が必要となる。一般的なウェブサイトの場合、文字や、画像、映像、音

声などを扱うが、数学教材を配信する場合は、数式の表示が必要である。特に、学習者と指導者間のコミュニケーションを行う場合は、メールや掲示板などの文中に、数式を表現する必要がある。そのようなコミュニケーションシステムで、数式を表現する場合、テキスト形式で入力されているのが現状である。ウェブ上で数式を扱う手法と、それをコミュニケーションシステム内で実現する必要がある。

また、ウェブ上で教育を行う場合、学習者・指導者ともに顔を合わせる機会が少ないので、対面授業に比べてもより学習者のニーズを十分に分析し、インストラクショナル・デザインに基づいた教材の提供が必要である。

2. ウェブ上での数式の扱い

2.1.従来の数式表示

既存の数学教材を提供するウェブサイトでは、コンテンツに PDF や画像を使って数式を表現し、コミュニケーションシステム内ではテキストを使うケースが多い。コンテンツを作成する場合は、MS Word や、ジャストシステム社の一太郎などで作成した文書を HTML 形式で保存し、数式部分が画像データとして保存される(図 1)。この場合、のちに修正箇所が発生した場合の編集に問題が生じる。また、文書全体を PDF 形式で保存し、ウェブで公開する場合、印刷媒体として使用する場合は視認性が高いが、編集をする場合の工程が増え、作業効率が悪い。

<解答> (1)
$$\begin{cases} x+y=24 \\ 150x+120y=3210 \end{cases}$$

(2)
$$\begin{cases} x+y=24 & \dots\text{①} \\ 150x+120y=3210 & \dots\text{②} \end{cases}$$

② \div 30-① \times 4より
 $5x+4y=107$
 $\rightarrow \underline{4x+4y=96}$
 $x=11$

① $x=11$ を代入して、
 $11+y=24$
 $y=24-11$
 $=13$

(答え) 150円の串揚げ11本
120円の串揚げ13本

図 1 画像形式による数式の表現

コミュニケーション機能としては、メールや掲示板を用いることが多い。この場合、数式の記述はプログラミング言語に準じたテキスト表記方法を用いるが、明確なルールがなく、視認性が低い。特に図2のような「行列」は、テキスト形式で表現しにくい数式の一つだといえる。コミュニケーション機能に、メールの添付ファイルとして、画像や PDF を使った数式の表示も可能であるが、メール本文中に数式を表示することが困難であり、容量も多くなるので、コミュニケーションに適し

ているとはいえない。

メッセージ

送信者: M08W0015 後藤 洋信 ゴトウ ヒロノブ
送信先: すべてのセクション教員
CC:
件名: 行列に関する質問

(a b
c d)

図 2 テキスト形式による数式の表現

2.2.MathMLを使った数式の表示

画像や PDF など従来のウェブ上での数式表示の方法には、視認性や編集の手間や、記憶容量など作業効率に問題があった。それらを解決する手段として、MathML の使用が挙げられる。MathML は W3C 規格のマークアップ言語である。MathML で記述されたウェブページは、Microsoft Internet Explorer や、Mozilla Firefox, Opera などに対応している。ただし、Internet Explorer で表示する場合は専用プラグインの Math Player[2]をインストールする必要がある。Mozilla Firefox の場合は、IE のように MathPlayer のインストールが不要であるが、MathML フォント[3]のインストールが必要である。MathML は、図3のように、HTML のタグ内に直接 XML ベースのタグによって数式を記述することができるので、編集作業や記憶容量などの問題は軽減される。

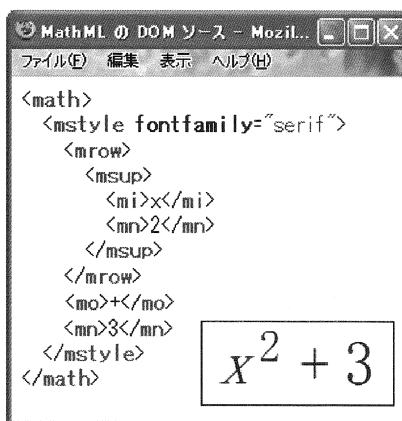


図 3 MathML による数式の表現

2.3.MathMLタグの生成方法

MathML を使用するとタグが長くなり(図 3)、コミュニケーションには不適であるが、無料の数式エディタや、ASCIIMathML の導入によって、タグを自動生成することができる。MathML のタグが生成可能な無料数式エディタは、Open Office Math や以前のバージョンでは InftyEditor などがある。これらのソフトウェアは、GUI ベースで数式入力を行うことで、MathML の形式のタグを保存することが可能である。しかし、これらのエディタはウェブブラウザと連携していないので、生成した MathML タグを一度クリップボードにコピーして、ウェブページ内に貼り付ける必要があり、作業に手間がかかる。ことから、MathML による入力の効率を高めた方法として、ASCII MathML[4]がある。ASCII MathML はフリーで公開されている専用の JavaScript のライブラリで、TeX 形式で入力した数式をもとに、MathML タグを生成することができる。これによって、ウェブ上のテキストエリアから入力可能なので、文中に数式を入力することが容易である。そこで筆者らは、今回実装したコミュニケーションシステム内の数式の扱いに、ASCII MathML を用いた。表 1 に数式の入力方法と、視認性や編集のしやすさの関係についてまとめた。

表 1 数式の入力方法一覧

	画像	PDF	テキスト	MathML
視認性	高い	高い	低い	高い
編集のしやすさ	低い	低い	高い	高い

3. 数学教材配信の学習環境

3.1.LMSを使った教材配信

e-Learning を実装する仕組みとして、LMS (Learning Management System) がある。ここでは、LMS として、ブラックボード社の Blackboard 学習システム(旧 WebCT)[5]における例を取り上げる。Blackboard 学習システムでは、教材の配信とコミュニケーション、アセスメント(テストやクイズ、アンケート

など)やコース管理、ユーザ管理などの機能が装備されている。コンテンツは、HTML や PDF などの文書や、映像、音声、FLASH などのマルチメディアを配置することができる。コミュニケーションの機能では、数式の入力が可能である。しかし専用の数式エディタを起動して入力する方法であり、修正箇所があると新規作成しないとイケないため効率が悪い。数式の保存は添付ファイルのような形式であり、受信側で再編集することができない(図 4)。数式を文中に使用することができないので、学習者が指導者間のコミュニケーションは適していない。また、一部の数式入力に対応しておらず、例えば、連立方程式のように 2 行にわたる数式を入力することができない。

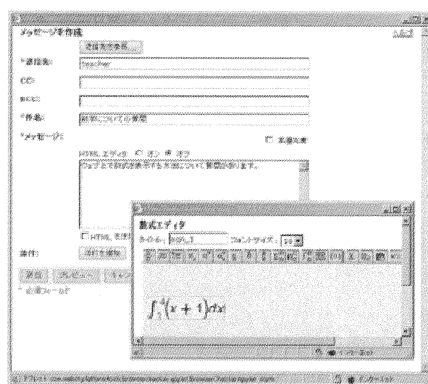


図 4 LMS のコミュニケーション機能

また、LMS の使用には導入や管理にコストがかかり、一般的なウェブサイトよりも操作が複雑なため、LMS を導入することによってかえって指導者の作業効率を低下させてしまう可能性もある。よって、学校内などで全教員、全科目に導入することは困難である。

3.2.掲示板およびWikiを使った教材配信

筆者らは 2007 年 5 月に、数学教育用のコミュニケーションシステムとして、数式表示可能な掲示板および Wiki を構築した。このコミュニケーションシステムは ASCII MathML に

よる数式表示を実現しており、掲示板や Wiki の文中に、TeX 形式で数式を入力することを実現した[6]。掲示板は、学習者が指導者に質問し、それに対する回答を指導者から学習者に提供するなどのコミュニケーションとして利用することができる。Wiki は、コミュニケーションとしてもある程度使用できるが、複数の人間でコンテンツを構築するなどのアーカイブとしての使用が可能である。これらのコミュニケーションシステムは、通常のウェブと同様の感覚で使用することが可能であるため、LMS を十分に使いこなせない初心者でも容易に使用することができる。ただし、通常の掲示板と比べて Wiki は入力方法に慣れが必要であり、LMS のようなアセスメントの機能や、ユーザ管理などを行うには、大幅なカスタマイズが必要となり、LMS の代替システムとして用いるには不十分である。

4. Blogを使った数学教材配信

4.1. Blogによる教材配信

Blog を作成する場合は、指導者が自前でサーバを準備してインストールする方式と、プロバイダなどにレンタルできるサービスの主に 2 種類の方法がある。いずれのサービスも Blog のシステムそのものは無料で利用できる場合が多く、基本的なシステムの仕組みは同じである。自前でサーバを準備する方式の場合カスタマイズ性が高いが、設定や管理などのスキルが必要であるが、レンタルの場合は、プロバイダなどのサーバスペースを利用するので、サーバ管理などのスキルは不要である。かつてこのようなレンタル方式のサービスは、カスタマイズ性が低いといわれていたが、最近では、「クラウドコンピューティング」の概念が定着し、Google 社の提供する Blogger[7]などの、カスタマイズが高いレンタルサービスもある。そこで、Blog 構築にあたっては、Blogger のサービスを利用し、ASCII MathML のスクリプトファイルを読み込ませることで、数式を TeX 形式で入力することを可能とした(図 5, 図 6)。

Blog は通常のウェブサイトと同様の操作で扱え、コミュニケーション機能が装備されているので、e-Learning システムとして有効である[8]。Blog は、日記のような感覚で記事を投稿することが可能であり、基本的な本文の記述、コメントの記述、トラックバックの機能などがある。また、Blogger は、ユーザ管理機能を備えており、専用ユーザのみのアクセス制限が可能である。よって、Blog は LMS としての機能を持つことができる。

2009年1月28日
連立方程式の応用問題

【数学検定4級 問題より】
しずからんは、家族4人でとんかつ屋さんへ串揚げを食べに行きました。串揚げは1本150円と120円の2種類がありました。4人で串揚げを24本食べ、代金として3210円払いました。

これについて、次の問いに答えなさい。ただし、消費税は価格に含まれているので、考える必要はありません。

(1) 150円の串揚げをx本、120円の串揚げをy本食べたとして、上の関係を連立方程式で表しなさい。

(2) 150円と120円の串揚げをそれぞれ何本食べたかを求め、単位をつけて答えなさい。この問題は、計算の途中の式と答えを書きなさい。

【正解を読む】

図 5 数式 Blog (応用問題)

$$(1) \begin{cases} x + y = 24 \\ 150x + 120y = 3210 \end{cases}$$

$$(2) \begin{cases} x + y = 24 & \cdots \textcircled{1} \\ 150x + 120y = 3210 & \cdots \textcircled{2} \end{cases}$$

$\textcircled{2} \div 30 - 1 \times \textcircled{1}$

$$\begin{array}{r} 5x + 4y = 107 \\ -14x + 4y = 967 \\ \hline x = 11 \end{array}$$

$\textcircled{1}$ に、 $x = 11$ を代入して、

$$\begin{array}{r} 11 + y = 24 \\ y = 24 - 11 \\ = 13 \end{array}$$

(答え) 150円の串揚げ11本、120円の串揚げ13本

<解説>

(1) 150円の串揚げと120円の串揚げの合計24本食べたのだから、 $x + y = 24$ (円)立つ。

150円の串揚げx本の値段150x(円)と120円の串揚げy本の値段120y(円)の合計が3210円だから、 $150x + 120y = 3210$ (円)が成り立つ。

(2) (1)での連立方程式を解いて、x、yを求めろ。

【参考ウェブサイト】
連立方程式「数式のたまご」
Excel活用した連立方程式の計算
投稿者 gotoh1212 時刻: 1:43

図 6 数式 Blog (応用問題・解答と解説)

5. Blogを用いたインストラクショナルデザイン

5.1.インストラクショナルデザイン

ウェブ上で教材提供をする場合、学習者・指導者ともに顔を合わせる機会が少ないので、対面授業以上に学習者のニーズを分析する必要がある。このような教材提供においては、インストラクショナルデザイン (ID) に基づいた学習環境の提供が必要である。ID の原理として、ガニエの9教授事象や、ARCS モデルなどがあるが、これらのモデルでは概念が細かすぎるため、本研究では ADDIE モデルに基づいた教材作成を試みた。

ID の ADDIE モデルは、教材開発の基本プロセスのひとつの概念で、5 段階のステップから構成される[9]。図 7 は ADDIE モデルの各ステップの構成要素の結びつきである。

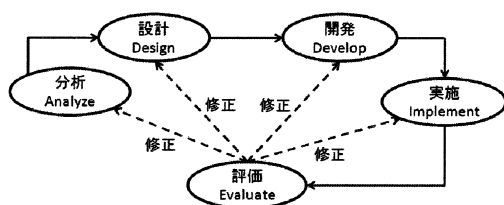


図 7 ID の ADDIE モデル
(文献[9]より)

5.2.ADDIEモデルとBlog教材

Lee & Owens によって提唱[10]されている ADDIE プロセスによると、教材の提供を、分析、設計・開発、実施・評価の 3 段階に時間軸で分割した場合、それぞれに全体の 3 分の 1 の時間を要するべきと提唱している(図 8)。

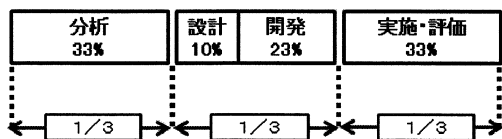


図 8 ADDIE モデルプロセスの時間軸
(文献[10]より)

このプロセスにおいて、Blog で教材を提供する場合、開発の工程の時間コストを軽減す

ることができる。なぜなら、Blog はあらかじめシステムが実装されているので、静的なウェブページのコンテンツのようなページの構成などの開発作業が不要となる。

また、教材として Blog 記事を投稿する際、本文中に、参考ウェブサイトへのリンクおよび、他のブログ記事にトラックバックを張ることができる。これは、Blog 記事をリンク集のような役割として用いることで、ウェブ上にある既存のコンテンツをベースにした教材の提供が実現する。特に、トラックバックの使用は、ある教材コンテンツの前提知識や、発展的な内容についてリンクさせるなどが可能である。Blog を用いた教材は、一般的な教材よりも、関連するコンテンツを見つけ出しやすい手段である。

掲示板などの一般的なコミュニケーションシステムと比べて Blog はコミュニケーションが活性化しやすいと考えられる。例えば、掲示板で質問を投げかける場合、何もない状態から新しいスレッドを立ち上げる必要があり、「何を質問すれば良いのか判らない」という状況が発生する。学習者が書き込んだ質問に対して、指導者が回答した場合であっても、他の学習者にとっては、どのコンテンツに関連した質問なのかを把握しづらく、質問に対する回答は、質問をした学習者以外にとっては価値が低い。また、指導者にとっては、同じ質問が重複する可能性もあり、「評価」に時間とコストを要してしまう。

いっぽう、Blog のコメント機能は、コンテンツ本文に関連した質問を学習者、あるいは指導者が書き込むことができる。どのコンテンツに関連した質問なのか明瞭なので、コメントが書き込まれた 1 つの Blog 記事全体が Q&A 集として成立する。よって、学習者が質問を多くすればするほど、コンテンツが充実するのである。また、質問の重複が少なく、指導者は重複した回答を行う必要がなくなる。

以上のように、Blog による教材提供は、指導者にとっては、既存のウェブを利用した教材コンテンツを作成することで、教材開発の効率を軽減し、その分、設計や分析、評価な

どに重点を置くことが可能である。学習者にとっては、関連する項目を導きやすく、各人のレベルに合った学習が可能となると考えることができる。

この Blog による教材提供の現時点での課題点としては、ADDIE モデルにおける「評価」の項目を実装することである。Blog 単体では、LMS におけるアセスメント機能を実装できないので、プラグインの導入や、Blog 機能のカスタマイズが必要である。

6. おわりに

筆者らは以前、数式教育におけるコミュニケーションとして、数式表示可能な掲示板、Wiki を構築し、今回新たに、数式表示可能な Blog を構築した。Blog は e-Learning におけるコミュニケーションの機能として利用することができる。それぞれのシステムを活用し、インストラクショナル・デザインに基づいた教材提供をすることで、ウェブ上での効果的な数学教材提供が期待される。

Blog による教材の提供は、一般的な Blog の機能に加えて成績管理（小テストなど）とアセスメントおよび課題提出機能、それを含めた成績表などを構築することで、LMS と同等の e-Learning システムを実現することができる。

参考文献

- [1] (a) 高校数学の自習 <http://lykeion.info/suugaku/>
- (b) 数学のいずみ <http://www.nikonet.or.jp/spring/>
- [2] MathPlayer
<http://www.dessci.com/en/products/mathplayer/>
- [3] MathML フォント
<http://web.mit.edu/atticus/www/mathml/mit-mathml-fonts-1.0-fc1.msi>
- [4] ASCII MathML
<http://www1.chapman.edu/~jipsen/asciimath.xml>
- [5] Blackboard 社 <http://www.blackboard.com/>
- [6] 後藤洋信 他『数式表示可能なウェブ上でのコミュニケーションシステムの構築』情報処理学会 CE94-Vol.2008 No.42 pp.1-pp.8.

- [7] Blogger <https://www.blogger.com/>
- [8] 川原真生 他『教材配信の場としての blog の活用』武蔵工業大学 環境情報学部 情報メディアセンター ジャーナル 2006.4 第7号 pp.21-pp.29.
- [9] R.M.ガニエ 他著・鈴木克明 他監訳『インストラクショナルデザインの原理』
- [10] William W. Lee , Diana L. Owens :
"Multimedia-Based Instructional Design: Computer-Based Training, Web-Based Training, Distance Broadcast Training, Performance-Based Solutions"