

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

後藤洋信, 坂本雅洋, 江見圭司

京都情報大学院大学

概要：数式表示タグ MathML を用いた数式表示可能なウェブシステムの構築を行った。MathML は視認性に優れる表示方法だが入力に困難を伴う。そこで、作業効率を向上させた数式コミュニケーションシステムを構築した。e ラーニングにおけるコミュニケーションとしての本システムの利用について述べる。

Constructioning communication systems that can display math equations on the web

Hironobu GOTOH, Masahiro SAKAMOTO, and Keiji EMI

The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

We have built communication systems that can display math equations with MathML. The visibility of MathML is very good but its input is a little difficult. We constructed easy to use systems. We are going to take about the use of this communication systems in e-learning.

1. はじめに

1.1. ウェブ上でのコミュニケーション

現在、ウェブ上でコミュニケーションの利用者が増加しており、コミュニケーションを行うためのシステムの開発も盛んになってきている。例えば、掲示板やチャット、メッセージなどテキストベースでのコミュニケーションを行うツールをはじめとし、最近ではそれらを発展させた Wiki や SNS といったシステムが登場している。

1.2. eラーニングのコミュニケーション

コミュニケーションのシステムはインターネットの様々な場面で利用されているが、ここでは、インターネットを介してウェブ上で学習する e ラーニングを例に挙げる。

e ラーニングは大きく 2 つの機能があるといえる。1 つは、教材そのものである問題集や、用語集、公式集などのコンテンツの部分であり、もう 1 つは、受講者から講師への質問と講師から受講者への応答やフィードバック、受講者同士のディスカッションなどのコミュニケーション部分である。e ラーニングにおけるコミュニケーションで使うデータとしては、テキストデータはもとより、画像、映像、音声など様々な形式でのデータのやりとりがされている。例えば、金沢工業大学の数学教材では、受講者がつまづいた問題を携帯電話でカメラ撮影し、文章による質問に加えて添付ファイルとして撮影した画像をメールを使って講師に送信する e ラーニングのコミュニケーション方法が運用されている[1]。

1.3. ウェブ上での数式表示の難しさ

従来のウェブ上で数式を表示する方法として、主に3種類挙げられる。1つ目にテキストデータで表示する方法である図6。プログラミング言語に準じた表記方法であり、いくつかの掲示板[2][3]で使用されている。視認性は悪い。2つ目には、数式に GIF 画像を用意するものである。マイクロソフト社の Word やジャストシステム社の一太郎などのワープロソフトで数式を使った文書を HTML で保存するとこのようになる。三つ目には PDF ファイルを用意する方法である。印刷原稿そのままなので視認性はよくても、数式を加工するなどができないため、掲示板などのコミュニケーション手段には使えない。他にも、mimeTeX [4]というフリーのツールの利用によっても数式表示ができる。mimeTeX は TeX 形式で書かれた数式を解釈し即座に GIF 画像を生成する。数式を埋め込むページのディレクトリ内に mimeTeX の CGI プログラムを設置することで実現する。これは、複雑な数式を簡単に入力することが可能で、視認性も高い。また、サーバ上で動作するプログラムなので、ユーザ環境の違いによる問題はほぼ発生しない。しかし、テキストよりもファイルサイズが大きく、コミュニケーションで発生する大量のデータを管理するのには適しているとはいえない。

このように、数式をウェブ上で表示するには様々な方法があるが、中でも応用範囲が広いと思われるのは MathML という数式表示タグである。MathML は W3C で定義された規格[5]というのにもかかわらず普及する傾向がない。これを用いたサイトはほとんどなく、MathML を用いたコミュニケーションシステムを導入しているサイトは皆無といえる。それどころか、MathML の存在自体があまり知られていないのが現状である。

2. MathMLの概要と既存のシステム

2.1. W3C標準規格

MathML は XML ベースで数式を記述するマークアップ言語である。

図1 は MathML で数式を表示したものと、そのタグである。MathML のタグは冗長であり、手作業による入力は効率が悪い。

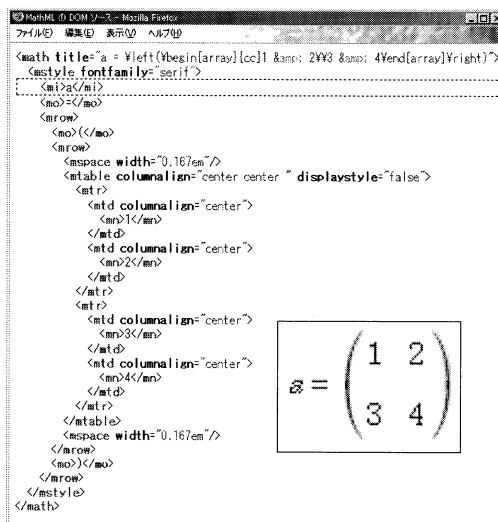


図1 MathML タグと表示される数式

2.2. MathML使用のメリット

MathML を使用することで、従来のウェブ上での数式表示の問題を解決することができる。テキスト入力の場合は、視認性が悪く、表記方法が異なるなどの問題点があった。画像による表示はファイルサイズが大きくなり、数式の修正が難しく、PDF の場合は解像度が低く、PDF リーダーが必要などの問題があった。そこで、MathML を使用することで、データ量を抑えつつも視認性が高い数式を表示することができる。また、修正箇所の編集においては、MathML 文書の修正は、Word 文書の修正比べて2.5倍の速度で作業ができたとの実験結果があり[6]、MathML 文書のメンテナンス性の優位性を示す結果である。

2.3. ブラウザによるタグの違い

W3C 勧告の標準規格の MathML を表示するウェブブラウザとしては、Netscape Navigator, Firefox (いわゆる Mozilla 系) などがある。マイクロソフト社の IE (Internet Explorer) で閲覧する場合、プラグインソフトウェア MathPlayer[7]が必要となる。この場合はウェブブラウザに表示された MathML の数式を右クリックしてコピーすると MathML タグを抽出図2 し、数式の再現を簡単に行うことができ便利である。

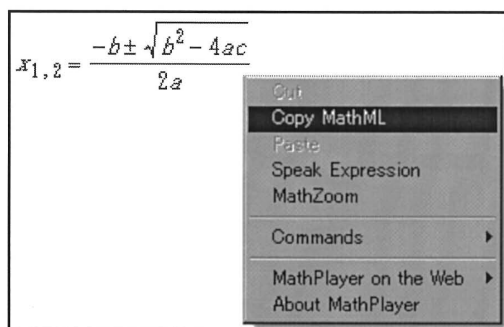


図2 IE+MathPlayer による数式表示

Firefox には標準で MathML を表示する機能があり、IE のように MathPlayer をインストールが不要である。ただし、初期設定では図3 のように正しく表示されないので、MathML フォントをインストールが必要である。Firefox の数式タグは図4 のように、数式上で右クリックすれば、MathML のソースを表示することができる。

図3 数式表示 (フォント未インストール)

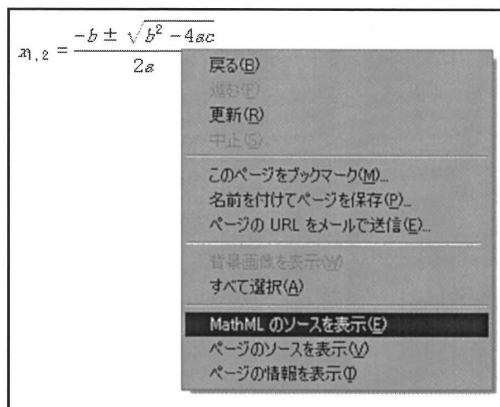


図4 Firefox での数式のタグ表示

また、IE と Firefox では MathML のタグの文法が若干異なる[8]。IE で表示する場合は<head>タグの中に以下のソースコードを追加することで数式が表示される。

```
<object id="mathplayer"
classid="clsid:32F66A20-7614-11D4-BD11-0
0104BD3F987">
</object><?import namespace="m"
implementation="#mathplayer"?>
```

Firefox で表示する場合は、XHTML 文書中でないと数式が表示されず、MathML 以外の部分もすべて XHTML に準拠した記述をする必要がある。よって、IE と Firefox の両方で閲覧可能にタグを記述することは難しい。しかし、ASCII MathML を利用することで、それらを解決することができる。

2.4. TeX形式からMathMLタグへの変換

ASCII MathML[9]という JavaScript のライブラリを利用することで、図5 のように TeX で入力した数式をブラウザごとに適切なタグを生成することができる[10]。さらに、MathML のタグで入力した場合、ブラウザ依存による問題を解消することができる。

ASCII MathML は、配布サイトからダウ

ンロードし、<head>タグの中に以下のソースコードを追加すると利用可能である。

```
<script type="text/javascript"
src="./ASCIIMathML.js"></script>
```

ASCII MathML は表記させる数式の色を変えることができる。プログラム中の `mathcolor="Red"` の部分の "Red" を変えることで色を指定することができる。今回作成した数式コミュニケーションシステムでは黒にしている。

TeX のような形式の数式を ASCII MathML を介して表記するには、表記したい数式を "\$" で囲む必要がある。

図5 ASCII MathML を使った TeX の数式

ここで、テキストによる入力例と、TeX による数式の入力方法を図6 示す。

画像	テキスト	TeX
$\frac{m-3}{n-5}$	(m-3)/(n-5)	<code>\$\frac{m-3}{n-5}\$</code>
$(x-3)^2$	(x-3)^2	<code>\$ (x-3)^2 \$</code>
$\int_1^4 (x+1) dx$	[1→4] (x+1) dx	<code>\$\int_1^4 \left({x + 1} \right) dx\$</code>
$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$	((a,b)(c,d))	<code>\$ \left(\begin{array}{cc} a & b \\ c & d \end{array} \right) \$</code>
$\sqrt{x-4}$	√ (x-4)	<code>\$\sqrt{x-4}\$</code>
$\overrightarrow{AB}$	↑ AB	<code>\$\vec{AB}\$</code>

図6 数式の入力方法

2.5. GUIによる数式入力

数学や物理学の分野など、TeX による数式入力に慣れている場合は容易な入力が可能であるが、TeX に不慣れな場合は TeX のタグの入力方法を習得しなくてはならない。そこで、GUI による数式の入力方法を紹介する。MathML 形式で保存できる数式作成ソフトとしては、Sun Microsystems 社の OpenOfficeMath を挙げる。OpenOffice[11] はワープロソフト、表計算、プレゼンテーションソフト、データベース管理などの機能を持つオープンソースソフト群であり、その一部として数式作成機能を持つ OpenOfficeMath が公開されている。OpenOfficeMath は、図7 のように GUI ベースで数式入力を行うことで、MathML のタ

グが生成される。編集しながらリアルタイムで結果数式が表示されるという利点があるが、操作には若干の慣れが必要である。

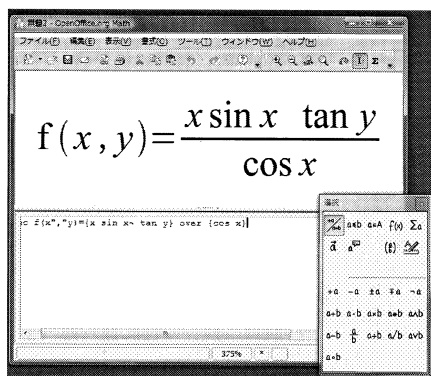


図7 OpenOfficeMath による数式作成
GUI ベースでの数式入力としては、OpenOfficeMath 以外には InftyEditor[12]があ

る。InfyEditor は図8 のように数式や文字、画像などが混在した文書を容易に作成することができる。手書き数式入力など、高機能なソフトである。シェアウェアであるが30日の試用ができる上に、フリーのアカデミック版もダウンロードできる。MathType で作成した数式は MathML 形式で保存することができる他、MicrosoftOffice にインポートすることも可能である。

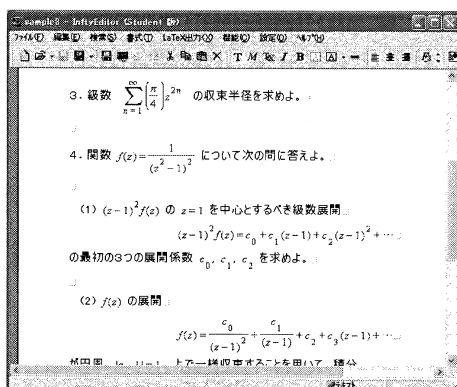


図8 InfyEditor のキャプチャ画面

2.6. WebCTにおける数式入力

CMS (Course Management System) のプラットフォーム社の WebCT[13]におけるコミュニケーションツール図9 では、数式入力が可能である。

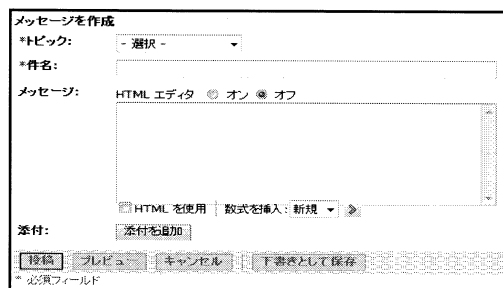


図9 WebCT のコミュニケーションツール

このコミュニケーションツール内で専用の数式エディタを起動し(図10)，数式を

入力することができる。入力した数式はメッセージ上ではコードとして表示される(図11)が、このコードは数式を表現するタグではなく、一時保存した数式のデータの通し番号を表記しているに過ぎない。つまりメッセージの添付ファイルとして数式を表示しているのである。これは、数式の修正箇所が発生した場合に、新たに数式を新規で作成する必要がある、作業効率が悪い。この WebCT の数式入力方法はコミュニケーションに適しているとはいえない。

よって、コミュニケーションに適した数式を入力し、表示するシステムの構築が求められる。

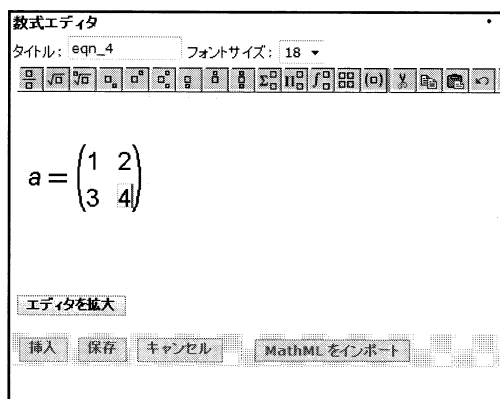


図10 WebCT のコミュニケーションツール。タイトルの eqn_4が数式番号である。

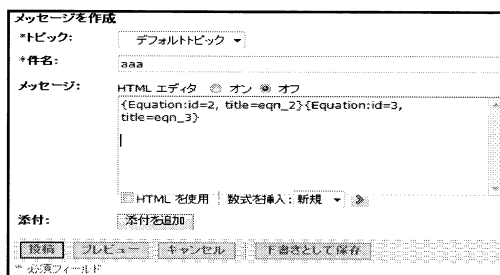


図11 WebCT のコミュニケーションツール

3. 数式コミュニケーションシステム

3.1. ウェブ上での数式コミュニケーション

ンの手段

今回、ウェブ上での数式表示可能なシステムとして、掲示板および、Wiki を実装した。開発言語はいずれも PHP である。PHP はウェブプログラミングの中でも開発がしやすい言語であるといえる。他のウェブプログラミング言語として、Perl が挙げられるが、Perl はサーバ環境によって、ヘッダ情報を変更する必要がある[6]。一方 PHP はサーバ環境の違いによるヘッダ情報の変更が不要なので、作業軽減を図ることができる。

3.2. 数式掲示板

数式掲示板はオリジナルのシステムを実装した。数式は ASCII MathML を利用して、TeX 入力によって投稿できるようにした。書き込んだ文字はテキストデータに書き込まれるように設定している。これによって、後の編集や検索を容易に行うことができる。投稿の際は、完全に書き込む直前に確認画面が表示されるようにしている。これは、入力した TeX の数式が正しいかどうか確認するためのものである。実装した数式掲示板のキャプチャ画面を図12，図13，図14 に示す。

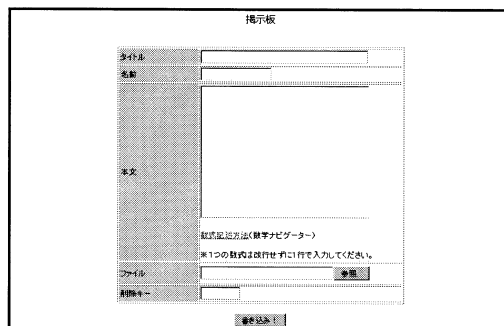


図12 数式掲示板 書き込み画面

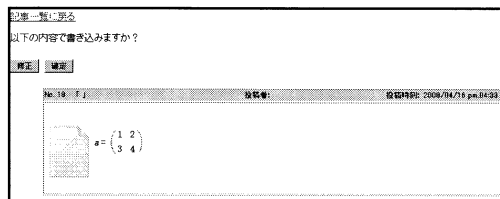


図13 数式掲示板 書き込み確認画面

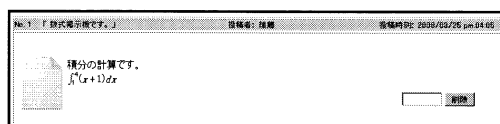


図14 数式掲示板 記事一覧

メール送信によるコミュニケーションは基本的には1:1にとどまるが、掲示板などのウェブ上でのコミュニケーションは複数で情報を共有しながらコミュニケーションが可能である。中でも、掲示板は非同期型のコミュニケーションツールであり、利用者は決まった時間に PC で操作を行う必要がない。掲示板はグループ間のディスカッションに適し、投稿者名や時刻が表示されるので、議事録としても使用可能である。eラーニングにおいては、受講者が講師に質問をする場合と、講師がその質問に対するフィードバックとして利用可能である。また、掲示板の利用は受講者同士でのディスカッションとしての役割も担う。

これらディスカッションの機能を用いて、数式表示を行う場合、画像や PDF では数式の加工やコピーアンドペーストなどが困難である。また、テキスト形式による入力の場合は、ウェブサイトごとに数式の表記方法が異なり、視認性が悪い。利用者は数式の入力に手間取ってしまい、コミュニケーションの効率が悪くなる。以上2点から、数式掲示板において MathML の使用は必須であるといえる。また、MathML において通常の MathML タグの入力では手間がかかり、データ量も大きいので TeX 形

式で入力可能な ASCII MathML の利用によって、入力の容易さを保ちながらも利便性の高い掲示板にしている。

3.3. 数式Wiki

Wiki はフリーで公開されている PukiWiki Plus[14]を使用した。Wiki は掲示板と同様にブラウザ上からウェブページを動的に生成するシステムである。実装したシステムのキャプチャ画面を図15，図16に示す。

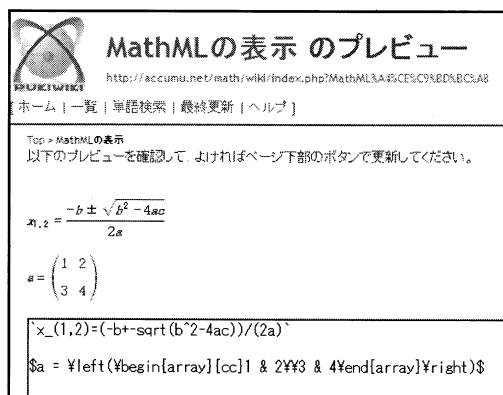


図15 数式 Wiki 編集画面

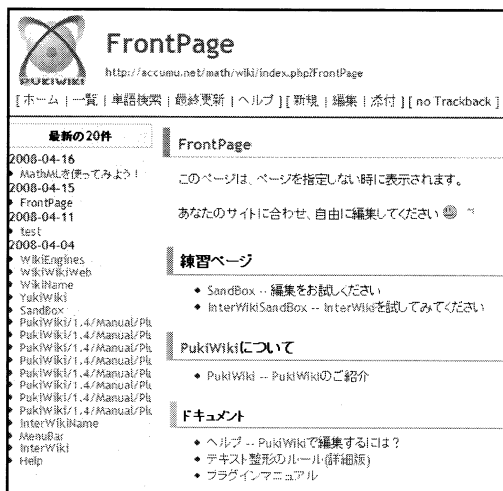


図16 数式 Wiki 画面

掲示板が複数人で時系列に記事を書き込むのに適すの対して、Wiki は複数人で記

事を編集・加筆することに適す。ディスカッションのようなコミュニケーションよりも、プロジェクト活動など複数人で成果物を製作する場合に適している。また e ラーニングにおいては、学習記録のアーカイブとしての機能として利用できる[16]。しかし、記事の書き込みが可能で、複数の学習者で情報が共有できるという点で、掲示板としての機能も内包しているので、ディスカッションとしての利用も可能である。

3.4. システムの有用性

数式掲示板の利用は、容易に数式を用いたウェブ上での情報の共有が可能となる。これは今回例に挙げた e ラーニングでの利用にとどまらず、数学や物理学を応用した研究プロジェクトでのウェブ上での情報共有にも利用可能である。また、数式 Wiki は掲示板のような情報共有としての利用にとどまらず、プロジェクトにおける複数人での成果物の製作などに用いることができる。

4. MathMLの普及について

このように MathML は利便性が高い優れた言語にもかかわらず、マイナーな言語の1つにとどまっている。これは、MathML を利用したシステムが少なく、それを利用したコンテンツがほとんど存在しないからだといえる。MathML を利用したシステムが増えるとそれに伴うコンテンツも増え、さらにはその利用者の増加も見込まれる。現在もっとも普及しているブラウザである IE で MathML による数式を表示する場合に必要な MathPlayer は無料でダウンロードできるが、その存在自体があまり知られていないのでインストールしているケースは少ないと考えられる。そこで、今後は MathML を利用したコンテンツの充実と同時に、企業や教育機関などでは MathPlayer

を標準でインストールし、より多くのユーザが MathML を知るきっかけを与えることが求められる。

5. まとめ

今回筆者らが作成した数式表示ウェブコミュニケーションシステムは、MathML と掲示板、Wiki の両方を組み合わせて使うことで1対1, 1対多数でのコミュニケーションが可能となった。このことから2つのツールを使い分けることでコミュニケーションがとれる。また、MathML で数式を表示することでテキスト、画像、PDF などよりも視認性がよくデータ量が抑えられ画像と同じように表記することができる。MathML を使って、各ウェブブラウザで表示するとズレなどが生じたがプラグインソフトウェアを組み込むことで数式表示が違う問題も解消された。今回 PHP で作成したことで、Perl で製作したこれまでのシステムと異なって[6]、サーバ環境の違いによるヘッダ情報の変更が不要なので、作業軽減を図ることができた。このことから本システムを使うことで教育の現場では、場所と時間に束縛されず教員と学生らがコミュニケーションを取り合うことができ、ディスカッション、フィードバック、応答が容易になる。また教育に限らず研究や経営などでも数式を使ったコミュニケーションが必要とされているが、上記の通り、あまり普及していないため、筆者らが作成した数式表示ウェブ上でのコミュニケーションシステムが多くの人々に MathML を使うきっかけとなり、数式を使ったコミュニケーションが頻繁に使用されるだろう。

参考文献

[1] 中村晃「プリント教材と携帯電話用ウェブ教材を連携させた基礎数学の教材開発」私立大学情報教育学会 平成19年度大学教育・情報戦略大会

(2007)

[2] 高校数学の自習室

<http://lykeion.info/suugaku/>

[3] 数学ナビゲーター

<http://www.crossroad.jp/mathnav>

[4] mimeTex

<http://www.forkosh.com/mimetex.html>

[5] MathML に関する W3C 勧告

<http://www.w3.org/Math/>

[6] (a) 江見圭司「数式表示可能な数学の e-ラーニングシステムの構築と実践」, JSiSE 研究会, vol. 21, No1, pp. 49-52, (2006); (b) 江見圭司ほか「数式表示可能な e-ラーニング環境」JSiSE 研究会, vol 20, No. 1, p57 (2005)

[7] MathPlayer

<http://www.dessci.com/en/products/mathplayer/>

[8] MathML in IE and Mozilla

<http://vision.kuee.kyoto-u.ac.jp/~nob/doc/mathml/mathml.html>

[9] ASCII MathML

<http://www1.chapman.edu/~jipsen/asciimath.xml>

[10] 南野公彦・松村初・山西徹・酒井辰也・江見圭司「ベクトル・行列表示のある e-ラーニングの実践」JSiSE 研究会, vol21, No. 6 (2007)

[11] OpenOffice

<http://ja.openoffice.org/>

[12] InfyEditor

<http://www.sciaccess.net/jp/InfyEditor/download.html>

[13] Blackboard 社

<http://www.blackboard.com/us/index.bbb>

[14] PukiWiki Plus

<http://pukiwiki.cafelounge.net/plus/>

[15] Pavi Sandhu, “The MathML Handbook (Internet Series)”, Charles River Media (2002).

[16] 中野情報教育研究会

<http://www.nakano.ac/>