

数式表記タグ MathML をつけたウェブ

金沢工業大学 中村晃、江見圭司

n.akira@neptune.kanazawa-it.ac.jp

1.はじめに

インターネットの技術の進化と普及にともない、多種多様な知識情報が World Wide Web 上に公開され多くの方に利用されている。理数教育の分野においても多くの教育者の取り組みによりウェブ教材が作られている。しかしながら、現在ウェブページ作製で主に使われている HTML では数式表記が容易でないため他の分野に比べ発展が遅れているのが現状である。また、現在よく用いられている画像ファイルによる数式表記方法等では、ウェブ上の数式情報を別のソフトに引き渡して処理をする事ができず、デジタル情報にすることの利点が活かされていない。

理数教育は本来、数値計算、グラフィック出力、シミュレーション等ができるコンピューターとの親和性が高いはずである。よって、数式表記の課題を解決できれば非常に学習効果の高い数理教育用ウェブサイトを構築できると考えられる。そこで、新技術である数式表記タグ MathML^[1]を使ったウェブサイトの構築を試みた。その結果を報告する。

2.数式表記の現状

ウェブ上での数式表記方法は大きく分類すると 3 つある。表示例として 2 次方程式の解の公式を用いる。

1) テキストを用いた方法

表示例： $(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}) / (2a)$

を sqrt と記述するなど、表示方法は統一されておらず、数学ウェブサイトにより異なっている。作製側の問題点は特にないが、ウェブ利用者側としては視認性が悪く、数式の内容を理解するのに時間がかかる。

2) 画像ファイルを用いた方法

表示例：
$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

数式エディターソフトを使って数式を画像ファイルに変換、あるいは描画ソフトにより数式の画像ファイルを作製し、数式を画像として HTML に組み込む方法である。この方法では、数式の視認性は問題ない

が、数式が多くなると、画像ファイルが多くなりサイトの更新などの管理に非常に手間がかかる。また、画像ファイルにするとウェブページから数式情報を他のソフトに引き渡せないという課題が生ずる。

3) 数式を含む文書全体の PDF ファイル化

TEX、ワードで作製した数式を含む文書全体を PDF ファイルにして、ウェブ上に公開する方法である。作製者側としては、非常に簡便であるが、ウェブの利用者側としては、PDF リーダーを立ち上げる必要があり、数式情報を他のソフトに引き渡すこともできない。また、リンクを張っていることもまれで使いにくい。しかし、印刷する場合は非常に優れている。

以上のように各方法は一長一短がありウェブ上の数式表記は課題が多い。

3.数式表示タグ MathML の特徴

ウェブページでの数式表記の課題を解決するために、XML ベースの数式記述言語 Mathematical Markup Language (MathML)^[1]が 1998 年 4 月に W3C 勧告として公開された。MathML では数式の表示を制御する要素からなるプレゼンテーションマークアップと数式の数学的意味を示す要素からなるコンテンツマークアップの 2 種類が用意されている。

1) プレゼンテーションマークアップ

タグの一例

mo : 演算子を記述する要素
mn : 数字を記述する要素
mi : x , y などの変数を記述する要素
mfrac : 分数を表示するための要素
等

表示例： $ax + b$

上記表示を実現するためのタグ

```
<mrow>
  <mrow>
    <mi>a</mi>
    <mo> &InvisibleTimes; </mo>
    <mi>x</mi>
  </mrow>
  <mo>+</mo>
  <mi>b</mi>
</mrow>
```

2) コンテントマークアップ

タグの一例

cn : 数字を生成するための要素

ci : 変数を生成するための要素

apply : 数式をグループ化する要素

plus : 「+」演算子を生成するための要素
等

表示例 : $ax + b$

上記表示を実現するためのタグ

```
<apply>
  <plus/>
  <apply>
    <times/>
    <ci> a </ci>
    <ci> x </ci>
  </apply>
  <ci> b </ci>
</apply>
```

数式がタグで記述されているので、表示だけでなく、数式情報の引き渡しなどが可能となり、他のアプリケーションとの連動が可能になる。しかしながら、課題がないわけではない。

利用者側の課題としては、MathML に対応したブラウザの準備が必要なことである。ブラウザの対応状況としては Windows では IE 6.0+ と MathPlayer^[2] プラグイン、Netscape 7.0+ など、対応が進んでいる。作製者側の課題としては、効率よくウェブページを作製するためのソフトがまだ存在しないことである。しかし、これらの課題は MathML が普及してくれば解決されると考えられる。

4. MathML を用いたウェブの利点

筆者は KIT 数学ナビゲーション^[3] という MathML を用いて数式を表記している実用的なウェブサイトを構築中である。その経験をもとに MathML の利点を述べる。

1) ウェブページの修正が容易

数式の修正も、タグの修正だけでよいので、簡便である。

2) ウェブサイトの管理が容易

数式を多く含んでも、ウェブページのファイルの中にタグとして組み込むことができるので、従来のように膨大な数式の画像ファイルを必要としない。よってウェブサイトの管理が簡単になる。例えば、ファイルのディレクトリーを変更しても、数式画像ファイルがないので、手間がかからない。

MathML を含むウェブページの作製は、MathML ビューアーのプラグインソフトを無償で提供している Design Science 社の MathML Test Site^[4] を参考

にした。数式を表す MathML のタグの作製は Design Science 社の Mathtype を利用した。実際に、MathML で作製した数理教材のページの一部をキャプチャーして取り込んだものを図 1 に示す。

楕円の方程式(標準形)は

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (a > b > 0)$$

と表される。

焦点 F_1 の座標は $(-f, 0) = (-\sqrt{a^2 - b^2}, 0)$ 、

焦点 F_2 の座標は $(f, 0) = (\sqrt{a^2 - b^2}, 0)$

長軸の長さ = $2a$ 、短軸の長さ = $2b$ となる。

図 1 MathML で作製した教材の表示状況

日本語の部分は HTML で、数式の部分は MathML で記述している。「焦点 F_1 の座標は」の F_1 という記号も MathML で記述している。その部分のタグを以下に示す。太字の部分 MathML のタグである。

```
<p>焦点
<math xmlns="http://www.w3.org/1998/
  Math/MathML">
  <mrow>
    <msub>
      <mtext>F</mtext>
      <mn>1</mn>
    </msub>
  </mrow>
</math>
&nbsp;   <math>の座標は
```

図 1 を見てもわかるように表示上 HTML と MathML の境界はスムーズで全く問題ない。このように、任意の数式を含む文章をウェブページとして作製することが可能である。

次に他のアプリケーションソフトとの連携について述べる。MathML 対応のブラウザを検討した結果、Mathplayer をプラグインした Internet Explore は MathML タグのコピー機能があり、Mathematica 等の MathML の入力をサポートしているソフトとの連携が容易であることがわかった。

また、CGI による数式の書き換え、音声変換、数式検索などいろいろな応用が考えられている。Mathplayer2.0 では音声変換機能がついており、数式を右クリックして Speak Expression を選択すれば英語で数式を読み上げる。さらに、Mathplayer 対応の音声変換ソフトを使えば数式を含む文章を音声変換できるようだ。

5. 実用的な数理教育ウェブサイトの実現

学習効果の高い数理教育用ウェブサイトを実現するには、(1)教育者が簡単に学習効果の高い教材を作製でき、(2)利用者間で意見交換が可能で知識の共有化が図れることが重要である。さらに、(3)数理教育では空間のベクトルなど3次元を扱う場合は、空間認識を手助けする3次元グラフィック技術も有効であると考えられる。

1) Mathematica の活用

学習効果の高い数理教育ウェブ教材を簡単に作製するには、MathMLの入出力をサポートしている Mathematica を利用するのが有効であると考えている。実際に、数値計算だけでなくグラフを描くことも出来るため Mathematica が多くの学校で既に数理教育に導入されている。

以下にウェブと連携した Mathematica の利用方法の事例について簡単に示す。必要な環境は、Windows マシン、Mathplayer をプラグインした Internet Explore、MathML の入出力サポート対応済みの Mathematica である。

まず、Mathematica に入力する数式を MathML で記述しウェブ ページに掲載する。ウェブページを開き入力する数式上にカーソルを当てて右クリックすると、図2に示すようにメニュー画面が現れるので、Copy MathML を選択して数式をコピー（実際には、MathML のタグをコピーしている）する。

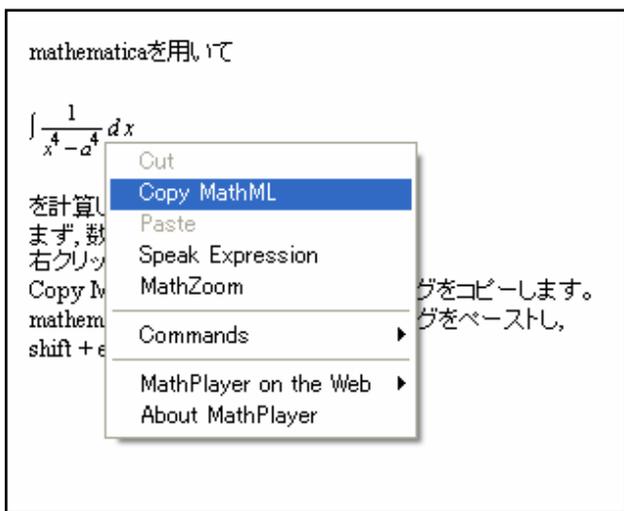


図2 ウェブページから数式をコピーしている場面

次に、Mathematica の入力セルを選択しペーストする。すると、図3のように数式を Mathematica に入力することが出来る。

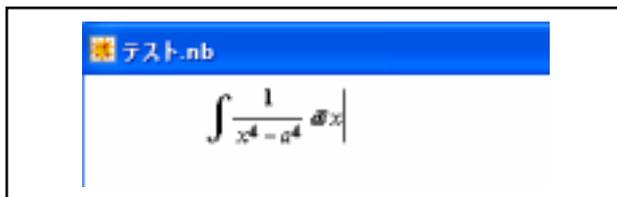


図3 Mathematica に数式を入力した状況

最後に、Shift + Enter を押すと計算が実行され、図4のように表示される。

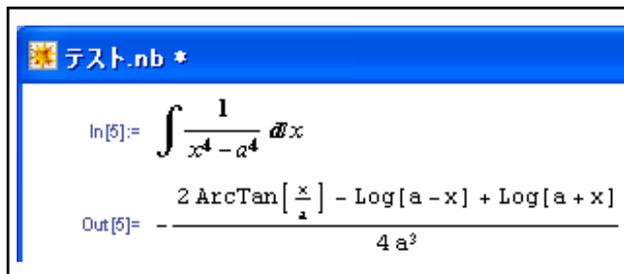


図4 mathematic による計算結果

また、Mathematica は数式エディターとしても使えるので、ペーストした数式の一部を変更してから計算を実行することも可能である。

このようにブラウザから数式をコピーしてペーストするだけで、数値計算やグラフの作製が可能となり、今まで以上に学習効率が上がると考えられる。

さらに、計算した結果を図5に示すように、MathML の形式でコピーすることが可能である。



図5 Mathematica の計算結果を MathML 形式でコピーする場面

このように、Mathematica は MathML に十分に対応しているので、MathML を用いた数理教育用ウェブの作製と活用に非常に有効であるといえる。

さらに、Webmathematica を導入すれば双方向性のある学習効果の高いウェブ教材が実現できる。実

際に Mathematica を開発している wolfram research 社が提供している MathML Central^[5]では Webmathematica を用いて、数式の MathLM タグ入力による積分の計算、関数のプロットをウェブ上で実現している。

2) MathML 対応掲示板

知識を共有化する手段として、ウェブの世界では掲示板がよく使われている。掲示板では現在、テキスト形式で数式を表現するしかない。例えば、掲示板で 2 次方程式の解の公式の求め方を説明すると以下のようなになる。

2 次方程式

$$ax^2+bx+c=0 \dots\dots$$

の解を求める。

を以下のように式を変形する。

$$a(x^2+(b/a)x)+c=0$$

$$a(x+b/(2a))^2-(b^2)/(4a)+c=0$$

$$a(x+b/(2a))^2=(b^2)/(4a)-c$$

$$a(x+b/(2a))^2=(b^2-4ac)/(4a)$$

$$(x+b/(2a))^2=(b^2-4ac)/(4a^2)$$

$$x+b/(2a)=\pm \sqrt{(b^2-4ac)/(4a^2)}$$

$$x=-b/(2a)\pm \sqrt{(b^2-4ac)/(4a^2)}$$

$$x=(-b\pm \sqrt{b^2-4ac})/(2a)$$

よって、解の公式は

$$x=(-b\pm \sqrt{b^2-4ac})/(2a)$$

内容を理解するには忍耐が必要であることが理解できると思う。MathML に対応した掲示板を導入すれば、数式の理解が素早くでき数式を含む情報交換に非常に役立つ。そこで、MathML に対応した掲示板の開発に取り組んでいる。

3) XVL^[6]…簡易ウェブ 3D 方式

イーロンティア社の Shade で作製した 3 次元図面を XVL という形式でウェブ上で見ることが出来る。そのためには、XVLPlayer のインストールが

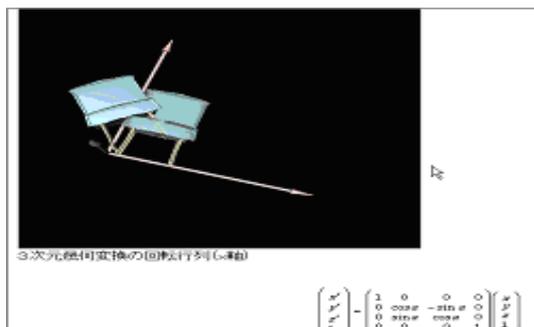


図 6 XVL 3D と MathML の数式表示

必要である。図 6 に XVL 3D と MathML を組み合わせた教材例を示す。

マウス操作で簡単にいろいろな方向から眺めた空間の状況を把握することができ(図 7)、数式の理解に非常に役に立つと考える。

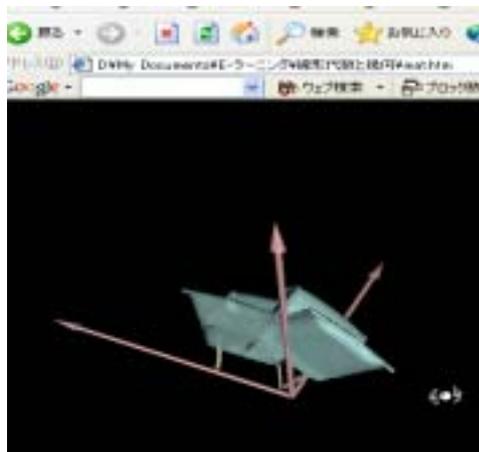


図 7 XVL 3D のオブジェクトの回転 (右下の白い印が回転を表す。)

6. おわりに

MathML はまだ一般的には認知度は低いが、数理教育分野に限らず、数式を扱うウェブ分野において非常に有効である。Mathematica や Mathtype など数式を扱うソフトの多くが MathML 対応になってきており、MathML を利用する環境は整いつつある。今後、多くの教育者が簡単にウェブページを制作出来るような MathML をサポートしたウェブページ制作ソフトなどが一般化して、作製環境が整えば、MathML を用いた数理教育用ウェブサイトが数多く作られウェブを活用した数理教育が大いに発展すると考えられる。

参考文献, サイト

- [1] <http://www.w3.org/Math/>
- [2] <http://www.dessci.com/en/products/mathplayer/>
- [3] <http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/>
- [4] <http://www.dessci.com/en/reference/MathMLTestSuite/index.html>
- [5] <http://www.mathmlcentral.com/>
- [6] <http://www.xvl3d.com/ja/index.htm>