

xfy における MathML 編集機能の開発

甲斐博 宮本敦史 久米正起

HIROSHI KAI ATSUSHI MIYAMOTO MASAKI KUME

愛媛大学大学院理工学研究科

GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING, EHIME UNIVERSITY

河田貴幸 富成泰介 田村恭士

TAKAYUKI KAWATA TAISUKE TOMINARI YASUSHI TAMURA

愛媛大学工学部情報工学科 ジャストシステム

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE, EHIME UNIVERSITY JUSTSYSTEMS CORPORATION

野田松太郎

MATU-TAROW NODA

愛媛キャンパス情報サービス

EHIME CAMPUS INFORMATION SERVICE, CO., LTD.

1 はじめに

xfy は株式会社ジャストシステムにより開発された XML 編集ソフトウェアであり、複合 XML を一つのワークスペース上で編集できることが特徴である。また、プラグインや XVCD を用いて未対応の XML の編集機能を追加し、xfy を拡張できる。W3C により開発されている、Amaya でも複合 XML の編集やプラグインによる拡張は可能であるが、XVCD のようなスクリプト言語による拡張機能を持たない。XVCD により誰でも簡単に任意の XML についてユーザ独自の編集環境を開発できる。

Java によるプラグイン開発と比較して、XVCD による編集機能の開発の利点は、XSLT の知識があれば比較的的理解しやすく開発が容易である点である。また、他のスクリプト言語と比較した場合、XVCD で開発することにより複合 XML による様々なボキャブラリを組み合わせた数学文書の編集が可能になる点が新しい。

現在、xfy の特徴を生かした科学技術文書の編集方法について研究しており、数式の再利用・再計算やグラフ表示などといった高度な編集環境の実現を目指している。XML による数式表現には MathML や OpenMath が提案されている。MathML には数式表記の構造を表すための presentation markup と数学的意味の構造を表すための content markup がある。本研究では、xfy により提案された XVCD による presentation markup の編集機能 (EditableMathML) の開発について検討する。

2 xfy

xfy は一つの XML 文書の中で MathML や SVG などを含むような複合 XML 文書を一つのワークスペースで編集するソフトウェアである。xfy では未対応の XML ボキャブラリを編集するために、プラグインと

XVCD が用いられる。

xfy はボキャブラリコネクションと呼ばれる特徴的な機能を持つ。これは、ある XML を別の XML に双方向の関連付けを行うというものである。変換前の XML を source XML といい、変換後の XML を destination XML という。ボキャブラリコネクションを XML 文書に適用するために XVCD と呼ばれる言語が用いられる。XVCD も XML により記述される。XML 間の関連付けを行う言語としては XSLT があるが、XVCD はこれを拡張したものである。

例えば、source XML を独自に定義したプライベート XML とし、destination XML を XHTML とする。XVCD によりプライベート XML のタグを XHTML の表を表すタグに関連付けを行う。プライベート XML に XVCD を適用することで、xfy 上でプライベート XML を XHTML で表示できるようになる。XHTML の表示は XHTML プラグインが行う。双方向の関連付けが可能なので、XHTML の要素に変更が与えられ、対応するプライベート XML の要素を変更することも可能である。このようにして未対応の XML を編集環境を作成できる。

destination XML の表示は適切なプラグインで処理される。プラグインは Java で開発され、XML の名前空間によりどのプラグインが適用されるか識別される。もし destination XML が複合 XML の場合は、複合 XML を一つのスクリーン上で表示するために、複数のプラグインが適用される。

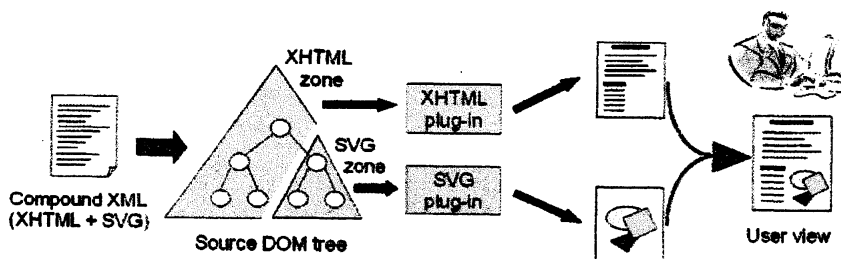


図1 xfyにおける複合XMLの処理

図1は複合XMLがどのように処理されるかを示す図である。この場合、XHTMLとSVGが一つのXMLに混在している。xfyは複合XMLに対するDOM木をメモリ中に保持する。名前空間の内容によりXHTMLに関する部分木はXHTMLプラグインにより処理され、SVGに関する部分木はSVGプラグインにより処理される。xfyはその結果を結合し、XML文書全体の表示を行う。

3 EditableMathML

EditableMathMLは直接キーボードなどを使って操作する直接操作エディタとして設計を行っているが、テンプレートなどによる入力も可能である。以下では、XVCDを用いたEditableMathMLの実現方法および編集機能について述べる。

3.1 XVCDによるMathML編集機能の実現

EditableMathMLは、source XMLをpresentation markupとし、destination XMLをXHTMLとする。具体的には、Presentation markupを、XHTMLの表要素で表示している。以下ではXVCDを用いた表示および編集方法について検討する。

例として、 x^2 をpresentation markupで記述したものを図2に示す。XML文書に適用するXVCDは2行目のように指定する。ここでは、EditableMathML.xvcdという名前のXVCDファイルが用いられ

る。MathML の名前空間は <http://www.w3.org/1998/Math/MathML> であるが、実験上ここでは特別に http://jp.ac.ehime_u.cs.hpc/emml を用いている。

```

1 <?xml version="1.0"?>
2 <?com.xfy vocabulary-connection
3 href="EditableMathML.xvcd" ?>
4 <math xmlns="http://jp.ac.ehime_u.cs.hpc/emml">
5 <mrow>
6 <mrow>
7 <msup>
8 <mrow>
9 <mi>x</mi>
10 </mrow>
11 </mrow>
12 <mn>2</mn>
13 </mrow>
14 </msup>
15 </mrow>
16 </mrow>
17 </math>

```

図2 x^2 の presentation markup

文単位の編集を行うために、EditableMathML で書かれる presentation markup には、`<mrow>` を冗長に持つ。この文書を xfy で表示すると、図3のようになる。

図3 EditableMathML による x^2 の表示

EditableMathML では `<mrow>` と `</mrow>` をそれぞれ `|_` と `_|` と表示しており、これを編集記号と呼ぶ。編集記号をマウスなどで選択することにより、編集記号で囲まれた部分全体を選択できるようになる。例えば、編集記号の選択により、 x^2 全体を一度に削除したり指数部のみ削除したりできる。

ここで presentation markup の編集に用いる EditableMathML の一部（指数に関する編集部分）を図4に示す。

```

1 <!-- emml:msub (下付), emml:msup (上付),
2 emml:mssubsup (上下付) に対する処理 -->
3 <xvcd:template
4 match="emml:msub | emml:msup | emml:mssubsup">
5 ...
6 <table border="0" cellspacing="0" cellpadding="0"
7 align="center">
8 <tr>
9 <xvcd:apply-templates select="*[1]">
10 <xvcd:with-param name="FONT" select="$FONT"/>
11 <xvcd:with-param name="T" select="2"/>
12 </xvcd:apply-templates>
13 <xvcd:choose>
14 ...
15 <xvcd:otherwise>
16 <td valign="top">
17 <table border="0" cellspacing="0" cellpadding="0">
18 <tr>
19 <xvcd:choose>
20 <xvcd:when test="self::emml:msup">
21 <xvcd:choose>
22 <xvcd:when test="$FONT=1 or $FONT=2">
23 <xvcd:apply-templates select="*[2]">
24 <xvcd:with-param name="FONT" select="2"/>
25 <xvcd:with-param name="T" select="3"/>
26 </xvcd:apply-templates>
27 </xvcd:when>
28 ...
29 </xvcd:choose>
30 </xvcd:when>
31 ...
32 </xvcd:choose>
33 </tr>
34 </table>
35 </td>
36 </xvcd:otherwise>
37 </xvcd:choose>
38 </tr>
39 ...
40 </table>
41 </xvcd:template>

```

図4 XVCD

図4は、presentation markup に `<msup>` を含むとき適用されるテンプレートである。`<msup>` の第一要素と第二要素が、それぞれ9行目の `*[1]` と23行目の `*[2]` に対応する。いずれかの要素（例の場合、 x もしくは2）が xfy の画面上で削除されると、XVCD により `[?]` を挿入し、入力が必要であることを表示できる（図5）。

図5 要素の削除

例えば $\langle mn \rangle$ 要素の内容が書かれていない場合、この処理は図6のようなXVCDにより実現されている。8行目がその処理にあたる。select="."が内容が無い状態をさしており、その場合filler="["?"]"により挿入される。

```

1 <!-- emml:mn (数字) に対する処理 -->
2 <xvcd:template match="emml:mn">
3 <xvcd:param name="T"/>
4 <td valign="middle">
5 ...
6 <span class="mn">
7
8 <xvcd:text-of select="." filler="["?"]"/>
9 </span>
10 </td>
11 </xvcd:template>

```

図6 [?] の挿入

EditableMathMLにより、これをXHTMLへ変換すると次のようになる。

```

1 <?xml version="1.0"?>
2 <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
3 <head>
4 <title>EditableMathML</title>
5 <link href="EditableMathML.css" type="text/css"
6 rel="stylesheet" />
7 </head>
8 <body style="font-size:16pt;">
9 <table cellpadding="0" cellspacing="0" border="0">
10 <tr>
11 <td valign="middle">
12 <table align="center" cellpadding="0" cellspacing="0"
13 border="0">
14 <tr>
15 <td rowspan="2" valign="middle">
16 <span class="mi">x</span>
17 </td>
18 <td valign="top">
19 <table cellpadding="0" cellspacing="0" border="0">
20 <tr>
21 <td style="font-size:50%" valign="middle">
22 <span class="mn">2</span>
23 </td>
24 </tr>
25 </table>
26 </td>
27 </tr>
28 <tr>
29 <td style="font-size:50%">&#xFEFF;</td>
30 </tr>
31 </table>
32 </td>
33 </tr>
34 </table>
35 </body>
36 </html>

```

図7 XHTMLによる表現

図7で示すXHTMLがプラグインを利用してx_{fy}上で表示される。また、表示されたXHTMLの変更は、ポキャプラリコネクションを利用してMathMLを変更する。

3.2 エディタとしての特徴

直接編集エディタの備えるべき特徴としては、Padovaniらの研究[4]を参考にした。7つの特徴があり、EditableMathMLはほぼ全ての特徴に対応できる（現状ではカットアンドペーストができないなど実装において不十分な点がある）。但し、Model Navigationという特徴は文書構造を表示しそれが編集できるというものであるが、x_{fy}ではXMLの構造を表示はできるものの編集を許していないため実現するのは難しい。その他6つの特徴は以下のように満たされている。

Edit Points カレットの表示を行うことができる。これはx_{fy}のAPIで実現されている。

Slots presentation markup で必要な要素がない場合はそれを表示する。EditableMathMLでは、上で説明したように[?]による表示を行っている。

Geometric Navigation WYSIWYGによる編集環境を備えている。

Content Navigation 部分式単位での編集ができる。上で説明したように $\langle mrow \rangle$ の挿入により実現している。

Selection 数式として意味を持たない式（例えば $a++$ など）の編集ができる。presentation markup の編集環境なので可能である。

Editing カレット位置により編集できる操作が限られる。例えば、カレット位置により記号に対して文字飾り（`msub` や `msup` など）の入力ができないなど適切な入力制限を行っている。

図 8 に EditableMathML の編集画面を示す。

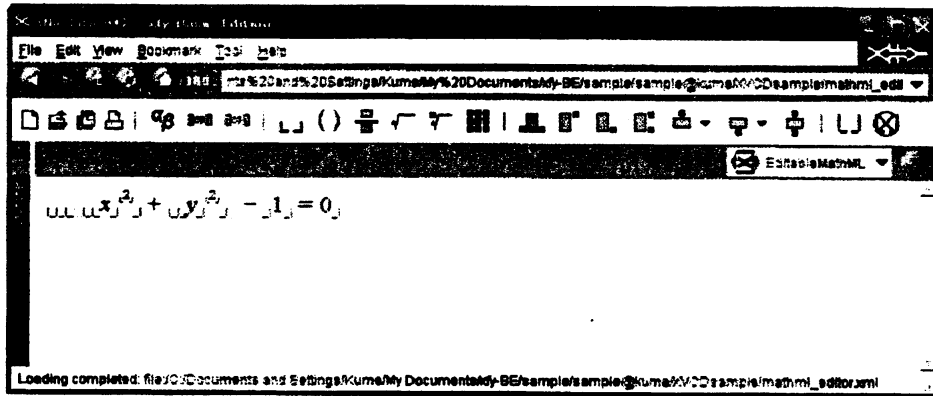


図 8 EditableMathML の例

このように WYSIWYG で編集できるエディタを XVCD を使って作成できる。ツールバーに表示されるアイコンは、例えば上付き文字の場合、

```
<ui:tool-button label="Power/Superscript" command="sup2" icon="icon/icon_sup.gif" />
```

の命令により実装できる。アイコンがクリックされると `sup2` が実行される。 `sup2` は次のような XVCD になっている。

```

1 <!-- 「上付」ボタン、CMenuの【規定指定】→【上付】を選択          9 </instruction:when>
2   したときの MathML 変換 -->                                     10 <instruction:when test="xvcd:caret-char-count()&#62;0
3                                                                    11   and not(xvcd:caret-char-offset()=0
4 <xvcd:command name="sup2">                                         12   and count(xvcd:caret-node()/../preceding-sibling::*=0)">
5 <instruction:choose>                                               13   ...
6 <instruction:when test="xvcd:caret-node()='|_\'                    14 </instruction:when>
7   or xvcd:caret-node()='|_\'>                                     15 </instruction:choose>
8   ...                                                             16 </xvcd:command>
```

図 9 `sup2` 命令

図 9 の 6~7 行目もしくは 10~12 行目の条件のどれにもあてはまらない場合、`sup2` は実行できない。この時 `xfy` ではアイコンが自動的に黒くなり（図 10 の精円内のアイコン）上付き文字の編集ができないようになる。図 10 は x の左にカレットがあり、冪の入力ができない状態を表している。このように適切な条件を加えることでカレット位置で適切な編集機能を提供する Editing の機能が実現できる。

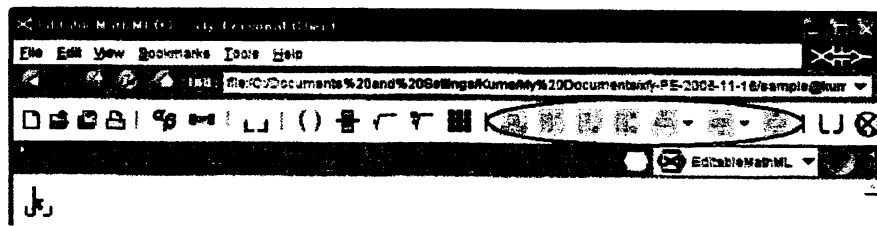


図 9 アイコン選択ができない場合

4 EditableMathML の応用

presentation markup が表す式は、意味の無い式も記述できるので、計算に用いるのは難しい。しかし、数式処理を用いて、文書作成を行うなどといったことが、一つのワークスペース上で行えると便利である。

そこで、presentation markup から数式の意味が記述できる content markup への変換することが求められるが、一つの presentation markup は複数の content markup に対応することがあり問題となる。つまり視覚的に複数の意味を持つので意味があいまいになる。

例えば、 $|x|$ は、線形代数では行列 x の行列式を表すかもしれないが、単純に値 x の絶対値を表すかもしれない。また、集合 x を考える際には要素数を表すこともある。

この問題に対し、MathML では presentation markup と content markup を併記する手法を提案している。現在、我々は、xfy 上で数式の再利用や再編集が容易で、数式としての構造を持つ MathML 編集機能の開発を検討中である。

但し、多項式など簡単な場合のみに限ると、presentation markup でも構文解析を利用して式が構文と一致するかどうかを判定することで計算できるかもしれない。

実際、EditableMathML と構文解析を利用した、対話的な特徴を持つ代数関数の描画機能を作成し、対話的な教育コンテンツの作成への応用を行っている [1]。XML を基礎とした対話的な Web アプリケーション作成技術では、Ajax が注目されているが、xfy はクライアントサーバモデルではなく、XVCD を用いてクライアント側のみで対話的な XML コンテンツ開発ができる。必ずしもネットワークを利用しなくても良いことが利点である。

また、destination XML を表示できるような XVCD を加えることで、MathML から XHTML を得ることもできる。本研究を、元吉らの研究 [3] の発展という文脈で考えるならば、XHTML 出力を MathML 未対応のブラウザで表示し簡易的に数式を表示するための編集ツールとして使うこともできる。但し、ブラウザによる HTML の表示の違いに関する問題は残る。

5 おわりに

xfy は、様々な XML ボキャブラリを一つのワークスペース上で編集できるソフトウェアである。本研究では、XVCD を用いて、MathML presentation markup の編集機能の開発を行った。XVCD は XML で記述されており、XSLT の知識があれば XVCD の理解は比較的簡単である。これにより複合 XML による様々なボキャブラリを含んだ数学文書の編集が可能になる。今後、開発を継続し xfy 上の数式処理などに応用していく予定である。

但し、xfy 上で数式処理を実現するためには、

- presentation markup から content markup への変換方法の開発
- MathML content markup や OpenMath などの数学構造を持つ XML の編集プラグインの開発
- Web サービスなどによる数式処理機能の開発

など多くの課題がある。

尚、現在、EditableMathML を含む 2 次元代数関数描画コンポーネント plot2D を xfy コミュニティ

<http://www.xfy.com/community/>

で公開している。また、xfy もこのサイトからダウンロードして無料で利用できる。

参 考 文 献

- [1] Masaki Kume, Atsushi Miyamoto, Hiroshi Kai, Taisuke Tominari, Matu-Tarow Noda, and Yasushi Tamura, Mathematical documents authoring with xfy, Mathmematical User-Interfaces Workshop, <http://www.activemath.org/~paul/MathUI06/>, pp.1-8, 2006.
- [2] MathML, <http://www.w3.org/Math/>
- [3] 元吉文男, HTML による数式表示, 数理解析研究所講究録 1395, pp.212-217, 2004.
- [4] Luca Padovani and Riccardo Solmi, An Investigation on the Dynamics of Direct-Manipulation Editors for Mathematics, Lecture Notes in Computer Science Vol.3119, pp.302-316, 2004.
- [5] xfy, <http://www.xfy.com/>