

xfy における数式処理フロントエンドの開発とその応用

片岡 正彰[†] 甲斐 博[†] 田村 恭士[‡]

(愛媛大学大学院理工学研究科電子情報工学専攻[†], 株式会社ジャストシステム[‡])

1. はじめに

現在、数式を含む技術文書を作成する際には、数式表記可能な TeX や Word などの文書編集システムを使用するのが一般的である。どちらの場合も、数式は特別な方法で記述するため、他の文書編集システム上での再利用には手間がかかるという問題がある。また、保持する情報は数式の表記構造のみで、意味は持っていない。数式から曖昧な数学的意味情報しか得られないため、数式検索や再計算といった再利用までを考慮した編集には適さない。

このような問題に対して、数式処理システムの処理結果を直接編集し、技術文書内に取り込む TeXmacs[1] と呼ばれるシステムが開発されている。TeXmacs は文書編集だけでなく、同じワークスペース上で数式処理のフロントエンドを動作させることが可能であり、数式処理システムでの再計算などができる。しかし、TeXmacs にも数式の意味の曖昧さに関する問題が残っており、文書中の数式を再利用する際には注意が必要になる。

本研究では MathML[5] を用いた文書編集システムの構築を検討する。我々のシステムでは、文書編集には XHTML を使い、数式表現には MathML content markup を用いる。このような複合 XML 文書を編集するための技術として xfy[6] を使用する。xfy 上に数式処理フロントエンドプラグインを実装することで、複合 XML 文書を編集しつつ、数式処理システムなどで式の再利用可能なシステムを構築することができる。

2. TeXmacs とその問題点

TeXmacs は LaTeX 文書を WYSIWYG 編集可能なエディタであり、同時に数式処理システムのフロントエンドとしても利用できる。しかし、TeXmacs の扱う形式では数式の数学的な内容が一部欠落してしまう可能性がある。表 1 に TeXmacs における記述と本研究で使用する MathML における記述を示す。

表 1 上付き文字の記述法の比較

数式	TeXmacs	MathML
$\int_b^a f(x)dx$ の上限の表現	<code><rsupla></code>	<code><uplimit></code> <code><ci>a</ci></code> <code></uplimit></code>
x^a のべき a の表現	<code>x<rsupja></code>	<code><apply></code> <code><power/></code> <code><ci>x</ci></code> <code><ci>a</ci></code> <code></apply></code>

表 1 から、TeXmacs では 2 つの異なる意味を持つ数式の表記が同じ表記になっていることがわかる。表記を解釈するのが人間であれば、前後の式や文脈から数式の意味を判断することが可能である。しかし、数式処理システムなどで数式を解釈し、再利用することを考えた場合、同じ記述で 2 つの意味を持ってしまうと、正しく再利用することができない。そこで MathML

content markup を使用して数式の作成段階であらかじめ正しい構造と意味を定義することを行う。

3. xfy 上での数式処理フロントエンドの開発

3.1. xfy

xfy はジャストシステム社が開発した複合 XML 文書を統合的に扱うことのできるソフトウェアである。ここで、複合 XML 文書とは、異なる種類の XML を含む XML 文書のことを指す。xfy は任意の複合 XML 文書を WYSIWYG で編集できるようにするための機能を持っている。その一つは xfy プラグインであり、編集したい XML ボキャブラリに対応するプラグインを追加することで様々な XML を編集・表示できるようになる。プラグインは Java により開発することができ、どのような XML に対しても柔軟に対応し、編集することができる。

図 1 に、xfy による複合 XML 文書の処理の流れを示す。xfy では図に示すように木構造を内部に持っており適切なプラグインが処理し表示・編集を行うことができる。xfy では、図に示す XHTML や SVG の他、MathML presentation markup などプラグインが標準で存在する。

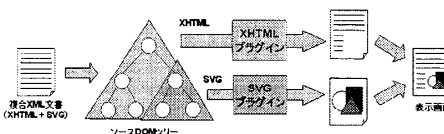


図 1 xfy による複合 XML 文書の処理

我々は、数式の意味構造を記述するために MathML content markup の編集エディタ (Content Markup Editor と呼ぶ) の開発を行ってきた [3][4]。XHTML による文書と MathML content markup による数式を含む複合 XML 文書を利用することで、正しく意味づけされた数学文書に対する文書処理システムを実現できる。さらに、数式処理フロントエンドとしての機能を追加することで、TeXmacs のように数式処理の結果を同じワークスペース上で直接編集できる環境を実現することが可能である。

3.2. 数式処理フロントエンドの開発

数式処理フロントエンドとしての機能を追加するにあたって、数式処理を行うための計算エンジンが必要となる。この場合、xfy と数式処理システムの間でのデータ交換のため、数式処理システムが備えるべき機能として次の 2 点があげられる。

- MathML content markup による入出力が可能
- Java により計算エンジンを呼び出し可能

本研究では、これらの要件を満たす数式処理システムの一つとして Maple[8] を使用する。Maple は MathML content markup による数式の入出力や MathML presentation markup による数式の出力・表示を MathML パッケージにより行うことができる。また、OpenMaple と呼ばれる機能により外部のソフトウェアから Java や C 言語を用いて Maple の計算エンジンを利用することが

A Frontend for the Maple Computer Algebra System on xfy and its applications

[†] M.Kataoka, H.Kai · Ehime University

[‡] Y.Tamura · JustSystems Corporation

できる。Maple による計算を行うために Maple プラグインを実装した。

xfy 上で数式処理フロントエンドを実装するにあたり、数式処理の入出力情報を扱う XML が必要となる。そこで、本研究では新しく数式処理フロントエンド用の XML MCML (Maple Client Markup Language) を作成した。MCML は名前空間に「<http://jp.ac.ehime-u.cs.hpc/maple>」を使用する。MCML の例を図 2 に示す。

```
<maple xmlns=
  "http://jp.ac.ehime-u.cs.hpc/maple">
  <engine>Maple</engine>
  <entry>
    <input>1+2</input>
    <output>
      <math>・・・</math>
    </output>
  </entry>
</maple>
```

図 2 数式処理フロントエンド用 XML MCML

MCML で用いられている各要素の詳細を表 2 に示す。input 要素内に数式のコマンドと式を保持する。Maple プラグインはコマンドと式情報を Maple に送り、結果を output 要素内に埋め込む。

表 2 MCML の要素

要素名	内容
maple	ルート要素
engine	使用する計算エンジンを定義
entry	1つの入出力のまとまりを管理
input	入力の内容を管理
output	出力の内容を管理

数式処理フロントエンドでの数式の入力はコマンドライン形式と xfy プラグインの Content Markup Editor による 2 次元入力ができる。数式の 2 次元入力を扱うシステムではテンプレート・オーバーレイ・パーシングのいずれかの仕組みを一つ以上使用することが一般的であるが、Content Markup Editor では正しい数式の意味を保持しておく必要があるため、テンプレートを用いた入力を行う。出力も同様にテキストによる出力と 2 次元表記での出力を行う。得られた出力は、Maple プラグインの実行環境や処理結果を他のプラグイン上で利用することができる。実際に作成したフロントエンドの実行例を図 3 に示す。

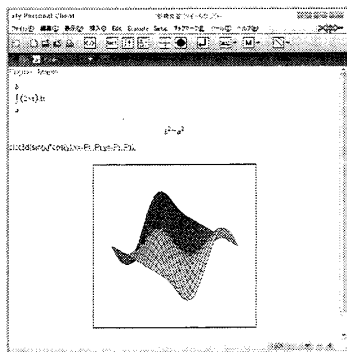


図 3 作成した数式処理フロントエンド

4. 数式処理フロントエンドの文書処理への応用

作成した Maple プラグインと xfy 既存のプラグインを組み合わせることで、図 4 に示すように、1つのワークスペース上で数式処理と文書処理を同時に利用できる。また、XHTML や MathML なので、電子的な文書交換や Web 上で公開・閲覧に利用することができる。作成された文書の例を図 5 に示す。

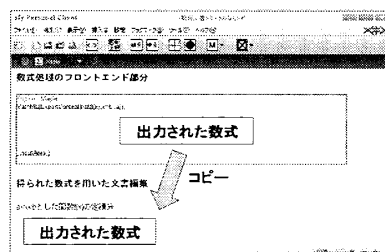


図 4 数式処理を利用した文書編集のイメージ

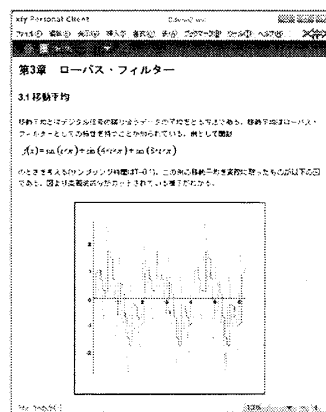


図 5 作成した文書の例

5. 結論

本研究では、TeXmacs における問題点を改良し、正しく意味づけされた数式を扱うことが可能な文書編集システムの開発を行った。このシステムは一つのワークスペース上で文書編集と数式処理の機能を利用することができ、XML 文書を WYSIWYG で編集できる。また、本システムで作成した技術文書内の数式は数学的意味を保持しているため、他の数式処理システムで再計算を行うといった再利用が可能となっている。

参考文献

- [1] A. G. Grozin: TeXmacs interfaces to Maxima, MuPAD and REDUCE, Int. Workshop on Computer Algebra and its Applications to Physics, pp.1-9,2001
- [2] N. Kajler and N. Soiffer: A Survey of User Interfaces for Computer Algebra Systems, J. Symbolic Computation 25, pp.127-159, 1998
- [3] 河田貴幸, 甲斐博, 田村恭士: xfy MathML Content Markup Editor の開発とユーザインタフェース評価, 信学技報, vol. 108, no. 65, KBSE2008-3, pp. 13-18, 2008
- [4] Takayuki Kawata, Masaaki Kataoka, Hiroshi Kai and Yasushi Tamura: A MathML content markup editor on the xfy, Special Session Compact Computer Algebra, Applications for Computer Algebra, <http://www.orcca.on.ca/conferences/cca2008/> pp.1-5, 2008
- [5] MathML, <http://www.w3.org/TR/MathML/>
- [6] xfy, <http://www.xfy.com/jp/>
- [7] XML, <http://www.w3.org/TR/xml/>
- [8] Maple, <http://www.cybernet.co.jp/maple/>