

## xfy における数式編集環境の改良

片岡 正彰<sup>†</sup> 甲斐 博<sup>†</sup> 宮本 敦史<sup>†</sup>

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

### 1. はじめに

近年、文書の電子化や e-Learning システムの普及に伴い、数学文書を Web 上で取り扱う機会が増加している。これらの情報資源を有効に活用するためには、文書中の数式を再計算・再利用可能な形にしておく必要がある。そのためには、正確な数式の意味情報を取り扱えることが重要となる。

これを実現するための技術としては MathML[1] が存在している。MathML content markup (以下、content MathML と呼ぶ) を用いれば数式の意味的な構造を正確に保持できるため、数式検索や数式の再計算といった文書中の数式の二次利用の幅を広げることができる。と期待される。

我々は複合 XML 統合編集環境 xfy[2] 上で動作する content MathML 編集ツールである content markup editor の開発を行っている。xfy 上で content MathML を含む複合 XML 文書を編集することで、正確な意味を保持した数学文書を作成することが可能となる。

論文などの数学文書の作成において、我々は、計算や描画のために数式処理ソフトウェアや数値計算ライブラリを利用する。xfy 上の数学文書編集環境における複雑な数式処理結果の利用を容易にし、より良い数学文書編集環境を実現するために、本研究では content markup editor に数式処理機能の組み込みを行った。これまで、TeX や XHTML を対象とした数式の再計算・再利用を可能にする数学文書編集環境の試みはあったが、複合 XML 文書を対象にしたものはない。本論では改良後の編集コストの比較も行う。

### 2. 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が可能な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 を表示・編集することが可能である。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することができる。

xfy における複合 XML 文書の処理の流れを図 1 に示す。図 1 の例では、XHTML と SVG の複合 XML 文書の処理を行う場合について述べている。

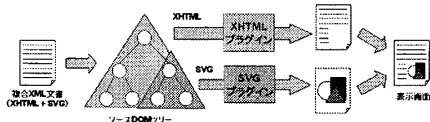


図 1 xfy による複合 XML 文書の処理

- step1 対象の XML 文書から DOM ツリーを生成  
step2 名前空間により DOM ツリーを区画化し、各プラグインが担当部分をそれぞれ処理  
step3 step2 の結果を統合して表示

Improvement of the MathML content markup editor on xfy  
<sup>†</sup>M.Kataoka, H.Kai · EhimeUniversity  
<sup>‡</sup>A.Miyamoto · JustSystems Corporation

我々は、xfy 上で content MathML の編集を行う content markup editor の開発を行ってきた [3]。content markup editor と xfy 既存のプラグインを組み合わせることで、数式の正確な意味を保持した数学文書を xfy 上で生成することが可能となる。

### 3. content markup editor

content markup editor (以下、本エディタと呼ぶ) は xfy 上で content MathML の WYSIWYG 編集を可能にするためのプラグインである。

入力方法としては、既存の数式編集エディタでもよく採用されているテンプレート入力をベースとしており、キーボードによるオーバーレイ入力にも対応している。出力は 2 次元表記によって編集結果の数式が得られる。その他、フォーカスによる領域選択やコピー & ペーストなどの数式編集エディタの備えるべき入力インターフェイス [4] は備えている。図 2 に本エディタの編集画面を示す。

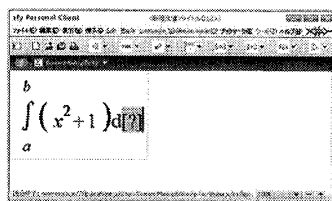


図 2 content markup editor の編集画面

本エディタと xfy 既存のプラグインである XHTML を組み合わせることで、数式の意味を正確に保持した文書を作成できる。作成した文書は電子的な文書の交換や Web 上での公開・閲覧などに利用できる。

文書中で本エディタを呼び出す方法はドラッグ&ドロップを行うだけであり、呼び出した後は、本エディタ単独で使う場合と同様の手順で編集が行える。図 3 に、実際に作成した数学文書の例を示す。

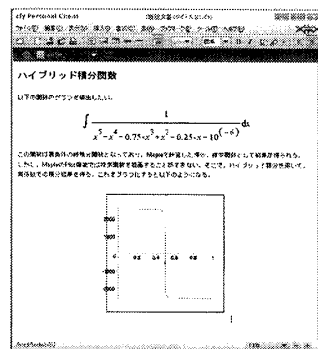


図 3 本エディタを用いて作成した数学文書の例

### 4. content markup editor の改良

従来、数学文書に数式の演算結果を掲載したい場合、他のシステム上で処理を行った結果を見ながら、数式エディタを用いて再編集する必要があった。しかし、この場合、再編集時に入力ミスが発生する可能性があり、利用するシステム全ての操作を習得している必要もある。

文書編集環境上で数式処理が利用可能なシステムとしては、**TeXmacs**[5]や Moodle と連携可能な **WIRIS**[6]がある。**TeXmacs** は処理結果の数式を **TeX** 形式の数式としてシームレスに文書に取り込むためのシステムであり、**WIRIS** は Moodle や **HTML** 編集環境と連携し、処理した数式を属性付きのイメージとして文書中に取り込むことが可能なシステムである。**WIRIS** ではイメージ化された数式の再編集をイメージに付加した属性を用いることで可能にしている。これに対し、本研究では文書全体を複合 **XML** 文書として扱うことで、処理した数式を正確な意味と共に **XML** 文書中にシームレスに取り込むシステムを検討する。

本研究では、数式処理システム **Maple**[7] との連携について検討した。**Maple** では **OpenMaple** と呼ばれる **API** を用いることで全てのコマンドを外部ソフトウェアから実行でき、結果を **MathML** として得ることが可能である。これを利用することで、本エディタ上での数式処理機能を提供することが可能になる。また、plot 機能については、得られた **postscript** 形式のグラフを **SVG** 形式のグラフに変換し、**xfy** 上で表示できるように実装した。

図 4 は数式処理機能の利用手順を、図 5 は本システムの概要を示している。

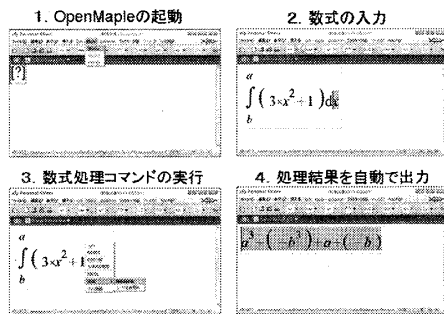


図 4 数式処理機能の利用手順

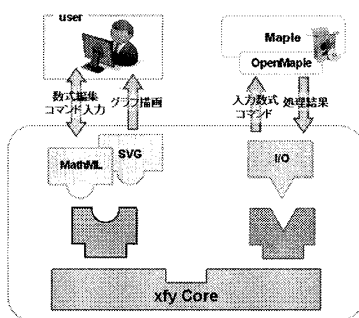


図 5 システム概要

本研究では **Maple** との連携を検討したが、外部ソフトウェアからコマンドを実行できる数式処理システムであれば、理論的にはどのシステムとの連携でも実現可能である。

### 5. 評価実験

本節では本エディタの数学文書作成時における有用性について検証する。

#### 評価手順

テストユーザに課題として問題文・問題の数式・解答の数式がセットになった簡単な数学文書を作成してもらった。そして、文書完成までのタイプ数・クリック数を計測し、それを入力コストとして比較を行う。課

題は解答の形が簡単なものと複雑なものの 2 種類を用意した。一つ目の課題は積分を求めるもので解答の形が簡単になるように設定した。対して、二つ目の課題は多項式展開を行うもので解答の形が複雑になるように設定した。以下の図 6 にそれらの文書を示す。

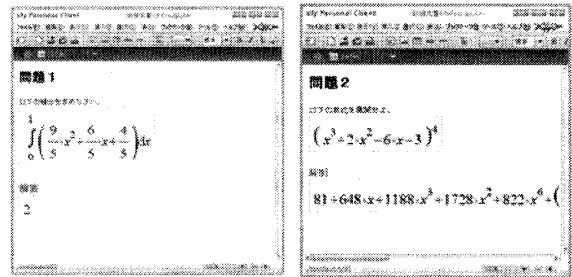


図 6 評価実験課題

比較対象として、**xfy** 既存のプラグインで **MathML presentation markup** 編集用のエディタである **MathML** エディタ [8] と本エディタの改良前のものを用いる。これらのエディタにおける解答の数式の導出には別ウィンドウで立ち上げた **Maple** を使用する。

#### 評価結果

評価結果を表 1 に示す。改良後のエディタは他のエディタに比べタイプ数が減少しているのがわかる。特に、高次の多項式展開では、タイプ数が約 1/2 まで減少しており、複雑で長い数式には高い入力コスト削減効果があることが伺える。

表 1 評価結果

		MathML エディタ	本エディタ (改良前)	本エディタ (改良後)
問題 1 (積分)	タイプ数	155	166	127
	クリック数	30	30	43
問題 2 (展開)	タイプ数	243	291	120
	クリック数	55	30	43

### 6. 結論

本研究では、数式処理システムと連携が可能な数式編集エディタの開発を行った。

本エディタは数式編集作業のみならず、数式処理結果をシームレスに文書中に取り込んだり、文書内の数式情報を正確に保持しておくことも可能にする。また、数学文書作成に用いることで、数式処理機能がより有効に活用できる。

これらのことから、本エディタは数学のテスト問題や e-Learning コンテンツの作成といった数学文書作成と親和性が高く、研究・教育の分野での応用に期待が持てる。

#### 参考文献

- [1] MathML, <http://www.w3.org/TR/MathML/>
- [2] xfy, <http://www.xfy.com/jp/>
- [3] Takayuki Kawata, Hiroshi Kai, Yasushi Tamura, A MathML content markup editor on the xfy, International Conference on Application of Computer Algebra, Special Session Compact Computer Algebra, pp.1-5, 2008.
- [4] Luca Padovani and Ricardo Solmi: An Investigation on the Dynamics of Direct-Manipulation Editors for Mathematics, MKM 2004, Lecture Notes in Computer Science Vol.3119, pp.302-316, 2004
- [5] A.G.Grozin: TeXmacs interfaces to Maxima, MuPAD and REDUCE, Int. Workshop on Computer Algebra and its Applications to Physics, pp.1-9, 2001
- [6] Daniel Marques, Ramon Eixarch, Gloria Casanellas, Bruno Martinez, Tim Smith, WIRIS OM Tools a Semantic Formula Editor, In Proceedings of MathUI' 06, August 2006
- [7] Maple, <http://www.cybernet.co.jp/maple/>
- [8] Mathematical Formula Manipulation with xfy(MathML), <http://www.xfy.com/community/modules/news/article.php?storyid=265>