

# xfy を用いた数学 Web サービスクライアントの自動生成\*

## Generating A Mathematical Web Service Client With xfy

甲斐 博<sup>†</sup>, 河田 貴幸<sup>†</sup>, 中西 智美<sup>†</sup>, 野田松太郎<sup>‡</sup>, 田村恭士<sup>††</sup>

Hiroshi Kai<sup>†</sup> Takayuki Kawata<sup>†</sup>, Tomomi Nakanishi<sup>†</sup>  
Matu-Tarow Noda<sup>‡</sup> Yasushi Tamura<sup>††</sup>

*Abstract:* Xfy is software for authoring compound XML documents in a WYSIWYG environment. It has extensible architecture with plugin or XML Vocabulary Connection Descriptor (XVCD). In this research, an automatic generation for mathematical web services clients with xfy will be considered. We will show it can be effectively implemented by plugin and XVCD.

*Key words:* web service, computer algebra system, problem solving environments, xfy, XML.

### 1. 緒言

xfy は WYSIWYG 環境で XML 複合文書を編集するためのソフトウェアである。xfy は拡張可能なアーキテクチャを持っており、プラグインもしくは、XVCD (XML Vocabulary Connection Descriptor) により xfy の機能を拡張できる。本研究では、xfy 上の数学 Web サービスクライアントの自動生成について考える。ここで、数学 Web サービスとは、数学分野を対象とした Web サービスによる Lupin[6] の実装を指している。Lupin は低コストでより柔軟な PSE 構築フレームワークとして提案されてきた。数学 Web サービスを利用するためには、そのフロントエンドの開発が不可欠である。従来は Web アプリケーションを用いて開発されてきたが、サーバ側でクライアント画面が生成されるため、計算結果を得るために多くの通信回数が必要であった。また XML でデータが送受信されるが、ブラウザのほとんどが XML を編集・処理する機構を持っていない。本論では xfy を用いることにより数学 Web サービスのクライアントが効果的に実装できることを示す。

### 2. 数学 Web サービス

低コストでより柔軟な PSE 構築フレームワークとして Lupin[6] が提案されている。特に数学分野を対象と

---

\* H. Kai, T. Kawata, T. Nakanishi, M.T. Noda, Y. Tamura, Generating A Mathematical Web Service Client With xfy, ACM SIGSAM Bulletin, Vol 41, No 2, June 2007, pp.38-39 の内容に加筆・修正を加えたものである。

<sup>†</sup> 愛媛大学大学院 理工学研究科 電子情報工学専攻 情報工学コース

<sup>‡</sup> 愛媛キャンパス情報サービス

<sup>††</sup> 株式会社ジャストシステム

<sup>†</sup> Computer Science Course, Electrical and Electronic Eng. and Computer Sc., Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, Matsuyama, Japan.

{kai, kwttkyk, nakanishi}@hpc.cs.ehime-u.ac.jp

<sup>‡</sup> Ehime Campus Information Service, CO., LTD., Matsuyama, Japan.  
noda@ecis.co.jp

<sup>††</sup> Justsystems Corporation, Tokushima, Japan.  
Yasushi.Tamura@justsystem.co.jp

平成 19 年 8 月 31 日 受付, 平成 19 年 10 月 31 日 受理

した Web サービスによる Lupin の実装は数学 Web サービスと呼ばれる。PSE とは、対象とする問題領域において必要となる全ての計算機資源を提供するシステムである。PSE の特徴として高度な問題解決方法の提供、解法の自動または半自動選択機能、新しい解法を容易に組み込める事などがあげられる。

Lupin のアーキテクチャを図 1 に示す。Lupin では、Web からアクセスできる計算機資源を Lupin サービス

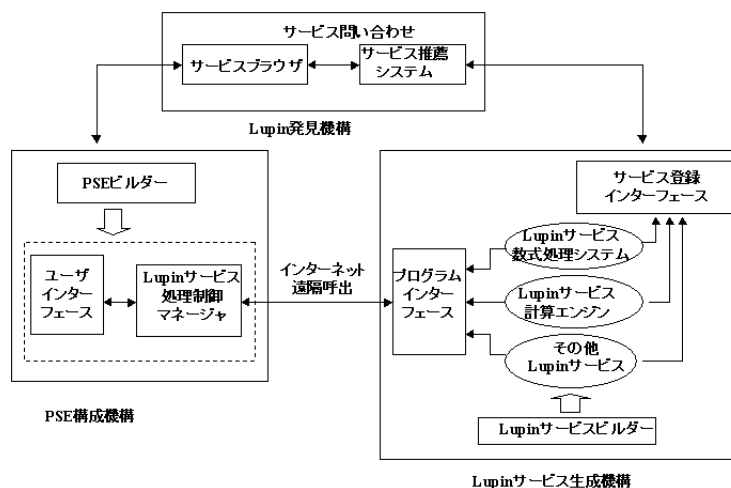


図 1 Lupin のアーキテクチャ

と呼び、Lupin サービス生成機構、Lupin 発見機構、PSE 構成機構から構成される。Lupin サービス生成機構は、サービスの作成、配置を行い、そのサービス情報を Lupin サービス発見機構に登録する。Lupin 発見機構はサービスの登録、検索を行う。PSE 構成機構は必要なサービス情報を Lupin 発見機構から検索し、サービスを利用することにより PSE を構築する。以下これら 3 つの機能の実装について述べる。

- Lupin サービス生成機構における Web サービスの呼び出しは SOAP を使って行われる。現在、数学 Web サービスとして、数式処理サービスや、数値計算サービス、グラフ表示サービス等を開発している [1, 5, 8]。Web サービスでは通常 WSDL がサービス登録に用いられるが数学的情報を記述できない。そこで、我々は数学的情報を記述するために、OWL-S を用いることを提案している [9]。
- Lupin サービス発見機構の実装は UDDI を用いて行うことができる。問題を与えるとそれを解決するサービスを検索する。問題の記述は MathML や OpenMath を用いて行う。より高度な推論を行うため、MONET や GAMS で開発された数学オントロジと登録されたサービスとの関連づけを行っている。これにより、親子関係にあるサービスの検索が可能になる [9]。
- PSE 構成機構は数学 Web サービスのクライアントにあたる。これまで Web アプリケーションを利用して実装してきたが、対話的な処理には向いていない。これを xfy[10] を用いた技術に置き換えていくことを検討する。

### 3. xfy

xfy[10] は、XHTML や SVG 等のあらゆる XML ボキャブラリが組み合わせられた XML 複合文書の編集を目的としてジャストシステム社で設計・開発された統合 XML アプリケーション開発プラットフォームである。

また、そのユーザインタフェースに関する特徴として、XML 文書の編集を WYSIWYG で行うことができる。また、xfy では、xfy コンポーネントによる機能拡張を可能にするプラグgable・アーキテクチャを採用しており、あらゆる状況において XML 文書の最適な編集環境を実現する。

xfy コンポーネントとは、XML 文書の編集、XML 部分木に対する加工や計算、ファイル入出力等の機能をそれぞれ個別に実装したものである。xfy コンポーネントは主に Java で開発される。xfy には、予め基本的な機能を提供する xfy コンポーネントが用意されており、XML 文書の閲覧・編集ができる。また、新規に xfy コンポーネントを開発することにより、既存の xfy コンポーネントと組み合わせて利用することも可能である。

xfy における XML 複合文書の処理の流れを図 2 に示す。この例では XHTML と SVG が XML 複合文書に含まれている。xfy における XML 複合文書処理の流れは次の通りである。

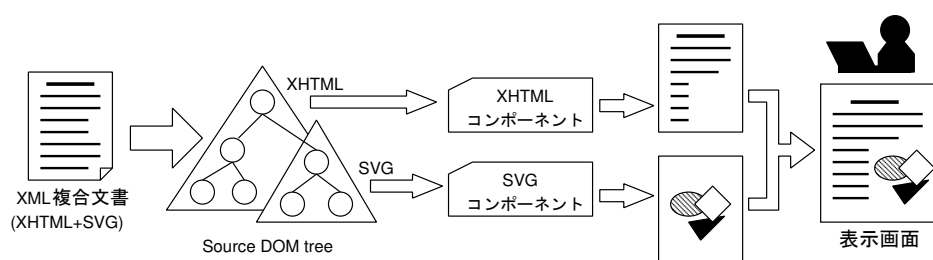


図 2 xfy における XML 複合文書の処理の流れ

**Step1** XML 複合文書から DOM ツリー (ソース DOM ツリー) を生成する。

**Step2** それぞれの名前空間により DOM ツリーを区画化し、対応するボキャブラリコンポーネントによりそれぞれの処理を行う。

**Step3** Step2. で行われた処理結果を統合し、XML 複合文書として表示する。

xfy では、XML 複合文書のシームレスな処理を目的としているため、文書構造に関する多くの情報を取得し、利用する機会が多く、また、必要に応じて要素の並び替えや、文書内の任意位置に要素の移動、追加、削除を行わなくてはならない。そのため、xfy では XML 文書の汎用的な処理のための API である Document Object Model (DOM) を利用している。

xfy はボキャブラリコネクション (VC) と呼ばれる特徴を持っており、ソース XML とデスティネーション XML の各要素間を互いに結合する。VC は XVCD により定義される。XVCD はスクリプト言語であり、XSLT の拡張である。XSLT とは異なり、XVCD では編集も可能である。

xfy コンポーネントは、Java プラグインもしくは XVCD により開発される。Java プラグインは API が非公開なので開発が不可能である。一方、XVCD は仕様が公開されている。さらに、一般には XVCD は Java プラグインよりも簡単にボキャブラリ編集機能を開発できる。我々は、数学 Web サービスクライアントを XVCD を用いて実装する。

XVCD による XML 文書の変換は次のように行われる。xfy は XML 文書に対する DOM ツリー (ソース DOM ツリー) を保持しており、XVCD によって XML 文書を変換することで新たな DOM ツリー (デスティネーション DOM ツリー) を得る。デスティネーション DOM ツリーの表示は xfy コンポーネントにより行われ、ユーザは XML 文書の閲覧が可能となる。またユーザがデスティネーション DOM ツリーに対する編集を行うことで、その編集による変更は直ちにソース DOM ツリーに反映される。このように XVCD は XML 文

書のユーザ独自の表示と編集のためのプラットフォームである。

## 4. xfy によるクライアントの作成

数学 Web サービス [4][6][7] は、インターネット上の科学技術計算をサポートするための重要な研究課題である。その中でも、Web サービスのクライアントの生成は、数学 Web サービスで命令を実行したり結果を得たりするために必要なステップである。一般には、Java や Web 技術を用いて Web サービスクライアントを開発する技術がいくつか存在する。

例えば、Eclipse の Web Tools Platform (WTP) [2] は、WSDL (Web Service Description Language) を基礎として Java スタブファイルを生成する。スタブファイルは適切な Web サービスクライアントを生成するために編集し、コンパイルされ、クライアントを作成する。もう一つの方法は、Web サービスクライアントを WSDL ファイルを基礎として実行時に動的に生成する方法である (例えば, [3])。この方法では、Web サービスは Web ブラウザを利用してアクセスされる。Web サービスに接続するためには、2つのステップが必要である。最初に、ある WSDL ファイルからサーバ側で Web サービスクライアントが生成される。クライアントページがクライアント側に送られ、Web サーバで表示される。次に、パラメータが生成されたクライアントページを使って入力し、Web サービスが実行される。

ここで示す我々の方法は、後者に似ているが、クライアントページの生成は xfy 技術によりクライアント側で行われる。つまり、通信の数が後者の例と比較して少ない。例えば、Ajax などの最近の技術により Web サービスクライアントの自動生成を行うと、同じような性質を持つクライアントを作成できるかもしれないが、MathML などの XML ボキャブラリを WYSIWYG 編集する環境を新たに作るには大変な作業が必要である。xfy は豊富な XML ボキャブラリをサポートする数学 Web サービスクライアントを実現するための方法である。

### 4.1. 基本的構成

本研究ではプライベート XML をクライアントのために定義する。そのプライベート XML を、WSCL (Web Service Client Language) と呼ぶことにする。

WSCL は XVCD を用いて一つのワークスペース上で表示される。ある Web サービスについて WSDL を選択すると、プライベート XML は入力を編集するためにクライアント側で書き換えられ、入力のために適切なプラグインが呼ばれる。入力すると、Web サービスが SOAP プラグインにより実行され結果を得る。すべてのこれらの実行が同じワークスペース上で行われる。つまり、Web サービスクライアントは XVCD で次のように作成される。

1. WSCL が xfy 上で準備される。WSCL は XVCD で XHTML に変換され xfy 上で表示される。
2. WSDL が URI により指定され WSCL に埋め込まれる。埋め込まれた情報は XVCD により表示される。
3. Web サービスのオペレーションが選択されると、WSDL の情報により入力形式が生成され、入力形式の名前空間により適切な編集プラグインが呼ばれる。
4. 数学 Web サービスが SOAP プラグインにより実行され、結果が WSCL 中に埋め込まれる。2に戻る。

ここで必要な通信は、WSDL ファイルと Web サービスへの接続だけが必要であり、クライアント生成に必要

な手順は全てクライアント側で処理される。

## 4.2. ユーザインタフェース

数学 Web サービスクライアントでは、数学 Web サービスを利用するための自然なインタフェースを備えるべきである。ここでは数式処理的なコマンド入力による計算クライアントの実現を検討した。

クライアントで用いることができる数式処理の命令は、ソース XML 中の `wsdluri:root` 以下の要素にあらかじめ登録されているものだけが利用できるものとする。この要素には、実行可能な命令の名前、実行エンジン、WSDL の URI、例題、説明などを記述する。

このように実装する利点には次のようなものがある。

- 命令の名前をユーザが設定することにより、数式処理の命令体系が統一できる。数式処理の命令は、システムが異なればまったく異なる。例えば、Maple や Mathematica では因数分解の命令は `factor` や `Factorize` である。
- 命令を実行する Web サービスをユーザが設定することにより、望ましい数式処理エンジンを利用することができるようになる。つまり多種多様な数式処理システムや数値計算ライブラリなどを `xfy` という一つのフロントエンドで共有して利用できるようになる。

コマンドは WSCL に登録される。現段階の実装においては、数式処理の命令やサービスの選択は、`xfy` クライアントのダイアログ (図 3) を利用して、ユーザにより追加・編集・削除が可能である。

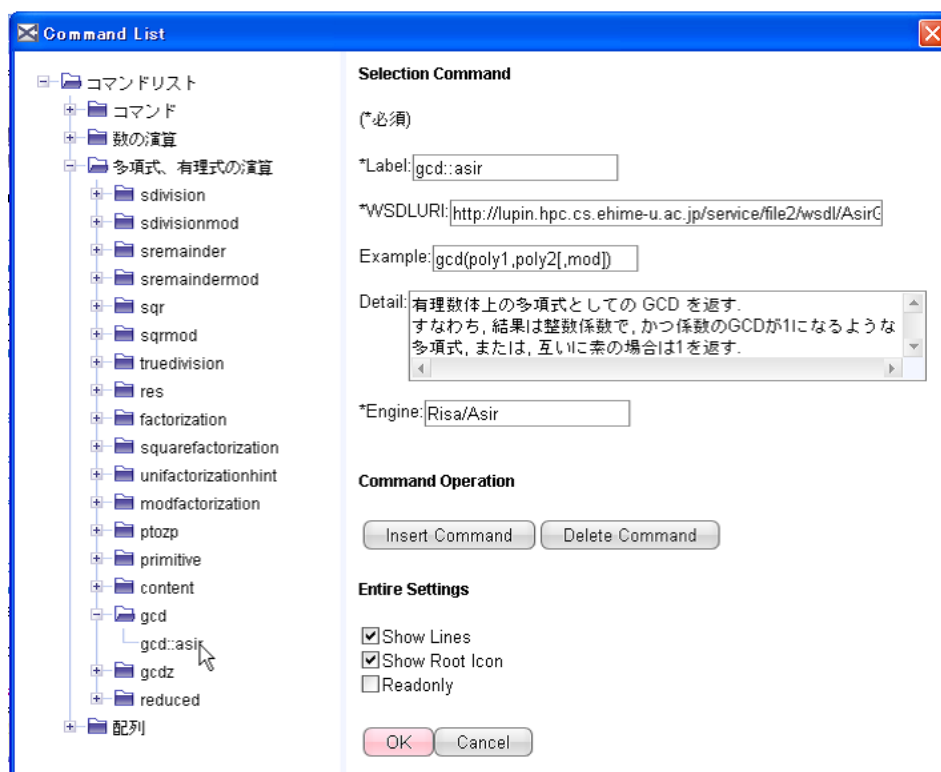


図 3 数式処理の命令リスト

```

<?xml version="1.0"?>
<?com.xfy vocabulary-connection href="xfyWebServiceClient.xvcd" ?>
<wsc:webservice xmlns:wsc="http://jp.ac.ehime_u.cs.hpc/webservice">
  <wsdluri:root xmlns:wsdluri="http://jp.ac.ehime_u.cs.hpc/webservice/wsdluri">
    <wsdluri:function name="数の演算">
      <wsdluri:function name="factorization">
        <wsdluri:function name="factorization@asir"
          engine="Risa/Asir" operation="fctr" id="44" ex="fctr(poly)"
          detail="poly を既約因子に分解する"
          file="http://localhost:8080/axis/asir/file/wsdl/AsirFctrService.wsdl"/>
          . . .
          . . .
        </wsdluri:function>
        . . .
        . . .
      </wsdluri:function>
    </wsdluri:root>
  <wsc:default engine="Risa/Asir"/>
  <wsc:service engine="Risa/Asir" input="コマンド選択">
    <wsc:command>
      <wsc:func />
      <wsc:exp />
    </wsc:command>
    <wsc:uri />
    <wsc:wsdl />
    <wsc:operation />
    <wsc:message />
  </wsc:service>
</wsc:webservice>

```

図4 Web サービスクライアントのXML

### 4.3. WSCL の要素

WSCL の例を図4 に示す。WSCL で用いられる要素は次の通りである。

`wsc:webservice` WSCL のルート要素。

`wsdluri:root` xfy 上の数式処理で実行可能な関数リストのルート要素。将来的には外部ファイルに記述する予

定であるが、現在はソース XML 中に記述し参照を行う。

**wSDL:uri:function** 実行可能なコマンドを表す。コマンド名、実行エンジン、オペレーション名、実行例、コマンドの説明などが属性として記述される。例えば、**factorization** のコマンド名には、複数のエンジンを登録できる。Risa/Asir の **factorization** の場合は **factorization@asir** というコマンド名を **factorization** の中に定義する。また、Maple の **factorization** を呼ぶ場合は、**factorization@maple** を **factorization** の中に定義する。

**wSDL:default** 現在選択されているデフォルト実行エンジン名が属性として記述されている。例えば、コマンド名として **factorization** と入力した場合は、デフォルト実行エンジンが Risa/Asir の場合は、**factorization@asir** がサービスとして選択される。

**wSDL:service** 一つの実行コマンド (Web サービス) を表す。

**wSDL:command** テキスト入力 (直接入力) されたコマンドがそのまま格納される。

**wSDL:func** テキスト入力 (直接入力) されたコマンドの関数名を格納する。例えば、**factorization(x-1)** が入力された場合は、**factorization** がこの要素となる。

**wSDL:exp** 直接入力されたコマンドの引数を格納する。例えば、**factorization(x-1)** が入力された場合は、**x-1** がこの要素となる。

**wSDL:uri** 実行する Web サービスの WSDL の XPATH または URI が格納される。

**wSDL:wSDL** 実行する Web サービスの WSDL ファイルの内容がそのまま格納される。

**wSDL:operation** 実際に呼び出される Web サービスのオペレーション名が入る。

**wSDL:message** `<wSDL:wSDL>` の WSDL ファイル情報によって得られる Web サービスを呼び出すために必要な情報が子要素 `<message:soap>` として追加される。`<message:soap>` には Web サービスのサービス名、`url`、`uri`、リクエスト、レスポンス情報 (SOAP メッセージ) が格納される。

#### 4.4. 数学 Web サービスの実行

実行方法は、ユーザーがコマンドリストからコマンドを選択し、Content MathML エディタによって数式を入力する「コマンド選択」と、直接コマンドを文字列として入力する「コマンド直接入力」を選択できる。

「コマンド選択」が選択された場合は図 5 のようなダイアログからコマンドを選択することにより、Content MathML エディタを用いた入力フォームが自動生成される。出力はどちらの入力方式も Content MathML エディタを用いて表示される。例を図 6 に示す。

この図では、**factorial** がコマンド直接入力を用いている。デフォルトエンジンに Risa/Asir が設定されているので、自動的に Risa/Asir の **fac** コマンドで実行される。**factorization@asir** もコマンド直接入力である。この場合は明示的に Risa/Asir を指定しており、Risa/Asir の **fc** で因数分解が実行される。

**gcd@asir** はコマンド選択により自動的に生成された入力フォームである。そのため Content MathML エディタによって数式を編集することが出来る。**size@asir** もまたコマンド選択により自動的に生成された入力フォームで実行している。

## 5. 結言

本論では、x<sub>fy</sub> による数学 Web サービスクライアントの自動生成について述べた。クライアント側で生成を

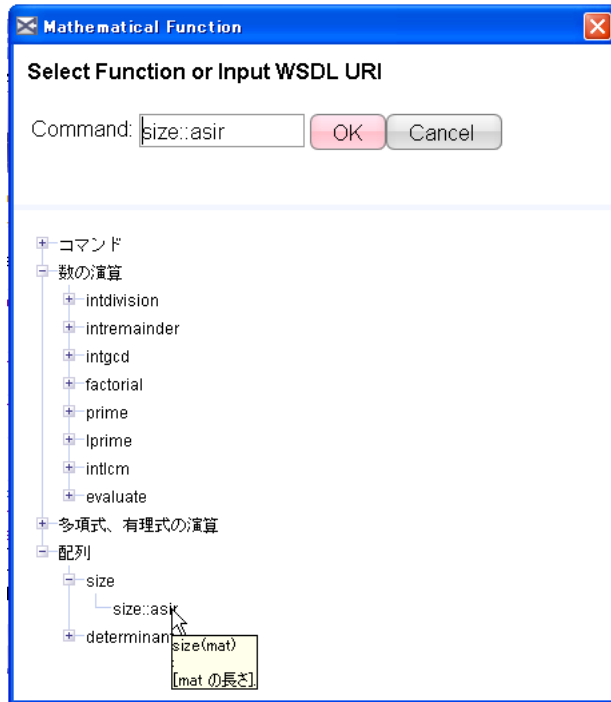


図 5 コマンド選択ダイアログ

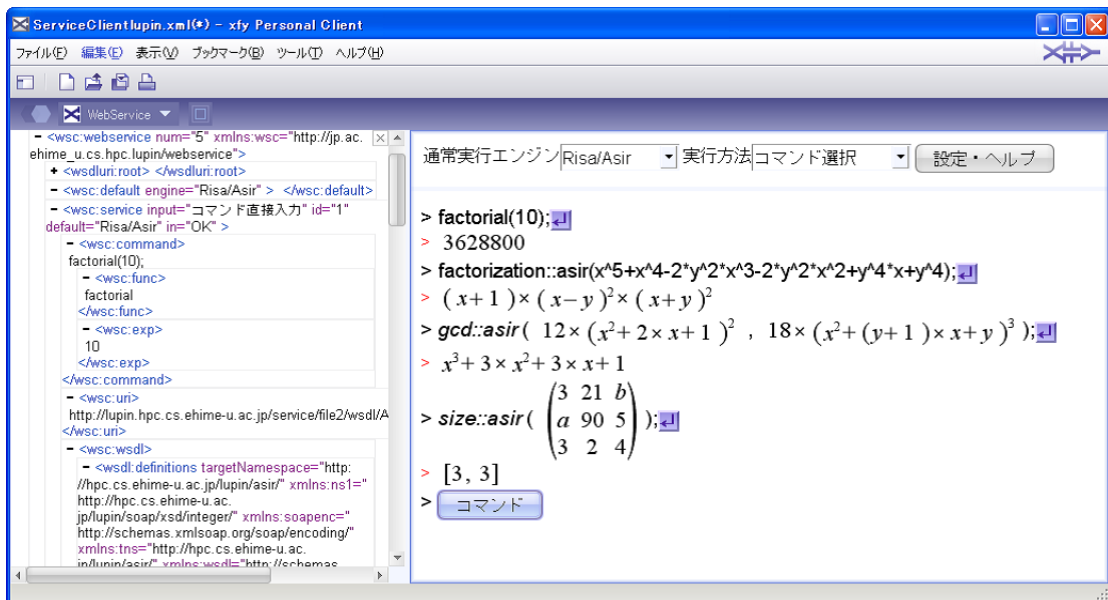


図 6 クライアント画面



行うので、Web アプリケーションを用いた実装よりも通信回数が少ないという利点があげられる。また、xfy 自身がサポートする豊富なボキャブラリ編集機能が利用できるという特徴もある。

また、xfy は XML 複合文書編集ソフトウェアなので、数学 Web サービスによる計算結果を、XML を利用するブログや e ラーニングコンテンツなどの作成に利用できる。我々の手法を他の数学 Web サービスに関する国際的プロジェクト [4][7] で利用するためには、MSDL や WSDL を協調するための機構の開発が必要である。

## 参考文献

- [1] Hiroshi Kai : A plot web service using approximate algebra, Proceedings of The Tenth International Conference on Application of Computer Algebra, Beaumont, Texas, USA, 2004, p.161.
- [2] Eclipse web tools platform Home Page. <http://www.eclipse.org/webtools/main.php>.
- [3] Generic soap client Home Page. <http://www.soapclient.com/>.
- [4] GENSS Home Page. <http://genss.cs.bath.ac.uk/>, July 2005.
- [5] Takumi Watanabe, Ikko Kadota, Yukihiro Morizane, Masahiro Kono, Li Kai, Hiroshi Kai and Matu-Tarow Noda : An implementation of Lupin's plot web service, ISSAC2004, <http://www.acm.org/sigsam/issac/2004/>, 2004, pp.1-3.
- [6] Kai Li, Masato Sakai, Yukihiro Morizane, Masahiro Kono, Matu-Tarow Noda, Lupin : Towards the framework of web-based problem solving environments, In *Proc. ATCM2003*, pages 276–285, 2003.
- [7] MONET Home Page. <http://monet.nag.co.uk/>.
- [8] 渡邊巧, 甲斐博, 野田松太郎 : 数学 Web サービスにおけるグラフ表示サービスとその教育への応用, 数理解析研究所講究録 1456, 2005, pp.77–86.
- [9] 中西智美, 池田理世, 甲斐博 : 数学 Web サービスの実装とプロセス実行に関する研究, 信学技報, vol.106, no.327, KBSE2006-31, 2006, pp.37–42.
- [10] xfy Home Page. <https://www.xfytec.com/>.