

xfy における幾何図形編集コンポーネント

高村 基文† 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

近年, e ラーニングマネジメントシステム (LMS) の開発および教育現場での利用が活発になってきている。数学教育において幾何学に注目すると, 幾何図形を取り扱う様々なソフトウェアが開発されており, LMS とは異なった独自の発展を遂げている。

例えば幾何学図形の対話的編集が可能なソフトウェアとしては Cabri[1], C.a.R.[2], GeoProof[3] などが挙げられる。しかしこの種のソフトウェアは保存データが独自フォーマットであることが多く, LMS のコンテンツとして利用するというようなある種の連携を考えた場合, 扱いにくいという問題が生じる。

そこで, 本論では XML ベースの幾何ソフトウェアを提案し, それを xfy 上で実装した。XML を表現形式として持つような LMS のコンテンツ中に幾何図形のデータを埋め込み, それを対話的に編集・利用できることを示す。

2. xfy

xfy[5] は株式会社ジャストシステムによって開発された汎用 XML 編集ソフトウェアである。コンポーネントにより拡張可能であり, 特に複数の語彙を含む複合 XML 文書を WYSIWYG 環境でシームレスに表示・編集することができるという特徴がある。

コンポーネントは Java または XVCD で開発され, 個々のコンポーネントは XHTML・SVG・MathML あるいはユーザーが独自に定義した語彙を表示・編集するための機能を xfy に提供する。xfy では取り扱う XML 文書に含まれる各語彙について, 名前空間を基に適切なコンポーネントを選択・利用することで様々な種類の XML 文書を適切に取り扱うことができる。

XVCD は XSLT[6] を拡張したスクリプト言語である。XSLT の各種機能に加えて xfy 上での XML の編集や表示に関する機能が追加されており, XVCD を用いることで手早くコンポーネントの開発を行うことができる。

3. 作成したコンポーネントの利点

xfy には標準で SVG[4] 用コンポーネントが含まれており, ベクターグラフィックスの表示・編集を行うことができるものの, 幾何学的な制約に基いた編集を行うことはできない。例えば円に内接する三角形を作成し, 三角形の 1 点を移動した場合, その点が円周上に沿って移動することはない。これは各図形が独立しているため, 各種操作は単一の図形にしか影響がないからである。

一方, xfy には他のコンポーネントと組み合わせることで複合 XML 文書をシームレスに編集可能という特徴があるため, xfy 上で幾何図形編集機能を実現することにより, XML を基盤とした数学分野における様々な応用ができると考えられる。例えば e ラーニングマネジメントシステムの教材コンテンツ作成で図形と数式を扱う必要が出てきた場合, xfy を用いることで両者を別々に扱うことなく統一的に扱うことができる。

XML ベースの幾何図形編集環境 igs.xvcd を xfy 上で

実装した。これは SVG に対するコンポーネントとして作成され, XVCD を用いて開発されている (XVCD については 4. 節で詳述する)。マウスをベースとした操作で, 対話的な幾何図形の編集を行うことができる。本コンポーネントの実行画面を図 1 に示す。これは円に内接する三角形を作成し, その円周角が直角であることを示したものである。

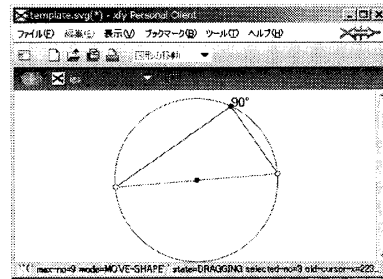


図 1 igs.xvcd の実行画面

igs.xvcd は幾何図形のデータフォーマットとして SVG を利用している。しかし SVG にはベクターグラフィックスの表示に関する語彙しか含まれていないため, SVG のみでは幾何図形編集を行うにあたって不都合が生じる。そこで図形を表す各要素へ幾何図形編集に必要な情報を付加することで解決している。どのような構成になっているかは 5. 節で詳しく述べる。

この方式の利点としては, igs.xvcd により作成されたデータがそのまま SVG としても扱えるという点が挙げられる。データフォーマットに独自形式のものを用いる場合, 既存の e ラーニングマネジメントシステムの教材コンテンツとして利用するためにはデータの変換や, e ラーニングマネジメントシステム側での対応が必要となるが, この方式ではそのような手間が不要になるという利点がある。また, 作成したデータの閲覧だけであれば SVG をサポートしている任意のソフトウェアで行うことができるという利点もある。

4. 実装方法

xfy で新たな語彙の XML 文書を扱うためには, その語彙を処理するためのコンポーネントを用意しなければならない。特定の語彙について一から専用の表示系や編集インターフェースを開発するには手間がかかるが, xfy には XHTML の表示と編集に関する機能が組み込みで備わっているため, ある語彙について, その XML 文書を XHTML に変換して表示し, また表示に対するユーザーからの操作に応じて変換元の XML 文書を編集することができれば, コンポーネントを容易に開発できるようになるだろう。

実際, xfy ではこのような

- ある XML 文書を別の XML 文書に変換し,
- 変換された XML 文書を表示し,
- 表示された XML 文書に対するユーザーからの操作に応じて変換元の XML 文書を編集し,
- 変換元 XML 文書の編集結果を表示に反映する

An Interactive Geometry Component on xfy
† M.Takamura, H.Kai・Ehime University
‡ Y.Tamura・JustSystems Corporation

という機構を持っており、これをボキャブラリーコネクション (以下 VC) と呼ぶ。VC を利用することで、XML 文書を表示するための変換規則と、ユーザーからの操作に応じて変換元 XML 文書をどう編集するかについての規則を記述するだけで容易にコンポーネントを作成することができる。XVCD とはこの規則を記述するためのスクリプト言語である。

igs.xvcd の場合、xfy に SVG の表示機構が組み込みで備わっているため、VC を利用して幾何図形データを SVG に変換することで幾何図形を xfy 上で表示・編集可能にしている。ただし元々のデータフォーマットとして SVG を利用しているため、表示に際しての変換はほぼ一対一の対応となっている。

5. 内部構成

SVG の仕様では `<svg:metadata>` という要素が定義されており、任意のメタデータを付加するために利用することができる (ここで `svg:` は SVG の XML 名前空間接頭辞である)。igs.xvcd ではこれを利用して図形を表す各要素について幾何図形編集に必要な付加情報を持たせている。`<svg:metadata>` 下に含まれる情報の一例を以下に示す。ここでは付加情報の語彙の XML 名前空間接頭辞として `g:` を用いる。

- `<g:type>`
図形の種類についての情報を表す。例えば SVG には点そのものを表す要素がなく、円や四角形といった他の図形で表現しなくてはならない。仮に点を円で表現するとした場合、対応する要素は `<svg:circle>` となるが、この要素だけでは図形としての円を表しているのか図形としての点を表しているかが表現として円を用いているのかが区別できない。この問題を解決するために用いられる。
- `<g:dependency>`
図形同士の依存関係についての情報を表す。例えば線分は両端点とそれを結ぶ線の 3 つの要素で構成される。このとき、片方の端点が移動された場合、線を表す要素についても適宜移動する必要がある。また端点の片方が削除された場合、線分を構成する必須要素が欠けるため、線を表す要素も削除する必要がある。このように個々の図形には他の図形との依存関係があり、各種編集操作に際しそれが必要となる。
- `<g:no>`
個々の図形を識別するための番号を表す。各種編集操作では関連する図形に対して処理を行うことが多く、その際に個々の図形を識別できる必要がある。

例えば図 1 で円の直径となっている線分の場合、対応するデータは図 2 のように表現される:

この場合、`<svg:line>` で表現される線は:

- 線分を表す (`<g:type>`),
- 識別番号が 3 であり (`<g:no>`),
- 識別番号が 1 と 2 の図形 (この場合は線分の両端点に相当する) に依存している (`<g:dependency>`)

ことを表している。

6. 応用例

作成したコンポーネントの応用例として、XML ベースの教育コンテンツを編集する様子を図 3 に示す。ここでは XHTML で記述された文章中に igs.xvcd を用いて作成された幾何図形が埋め込まれている。xfy を用いる

```
<svg:line x1="100" y1="200" x2="300" y2="190">
  <svg:metadata>
    <g:no>3</g:no>
    <g:type>segment</g:type>
    <g:dependency>
      <g:on no="1"/>
      <g:on no="2"/>
    </g:dependency>
    ...
  </svg:metadata>
</svg:line>
```

図 2 線分を表す要素の XML 表現の例

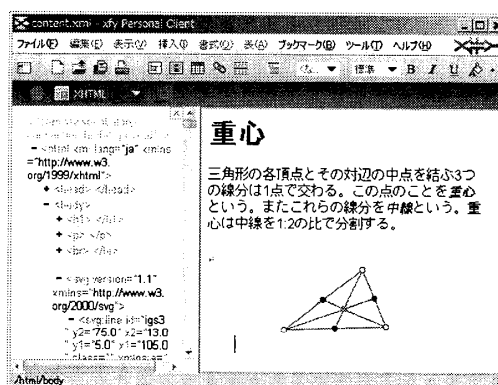


図 3 XML ベースの教育コンテンツの編集の様子

ことで両者をシームレスに編集することが可能となっている。

7. おわりに

本論では xfy 上で幾何図形編集環境を実現するコンポーネントを作成した。これにより e ラーニングマネジメントシステムにおいて、教材コンテンツ作成の補助や、学習者が自ら対話的に幾何図形を編集することで理解を促すなどの応用例が考えられる。

しかし、既存の幾何図形編集ソフトウェアと比較すると、

- 取り扱うことができる図形の種類が少ない。
- 動作速度が遅い。
- 実装の簡便さを優先しているため、ユーザーインターフェースにおいて使いにくい点がある。

という問題点が挙げられる。実際の利用を考えた場合はこれらの点が問題となるため、その改善が今後の課題として挙げられる。

参考文献

- [1] "Cabri": <http://www.cabri.com/>
- [2] "C.a.R.": http://mathsrv.ku-eichstaett.de/MGF/homes/grothman/java/zirkel/doc_en/
- [3] "GeoProof": <http://home.gna.org/geoproof/>
- [4] "Scalable Vector Graphics (SVG)": <http://www.w3.org/Graphics/SVG/>
- [5] "xfy": <http://www.xfy.com/>
- [6] "XSL Transformations (XSLT) Version 1.0": <http://www.w3.org/TR/xslt>