

VRML を利用した統計グラフ表現

山本 義郎¹・垂水 共之²・佐藤 義治³

(受付 2001 年 4 月 12 日; 改訂 2001 年 10 月 16 日)

要 旨

Web での統計サービスが一般的となりさまざまな方法で提供されているが、統計グラフについてはほとんどが静的なものである。動的なグラフ表現は Java により可能であるが、他にも動的・対話的な機能を実現するための方法としてプラグインを利用するものがある。そのようなインターネットテクノロジーを活用することにより、簡単に高度でインタラクティブな機能を利用できる統計グラフ表現が可能となる。

VRML (Virtual Reality Modeling Language) は VRML ブラウザや Web ブラウザのための VRML プラグインを利用することにより仮想空間を実現するモデリング言語である。本論文では、VRML を利用して実現可能な統計グラフ表現を考察することにより新たなテクノロジーを効果的に利用することの有効性を示す。また、VRML 統計グラフを作成する際の補助となるよう、統計グラフのプロトタイプを作成しホームページ上に公開するとともに、VRML グラフを作成するための Web アプリケーションを構築した。また VRML の短所を考察することにより、この種の方法を利用する上での留意点を示す。

キーワード：VRML, 3D 統計グラフ, 対話的グラフ手法。

1. はじめに

インターネットの普及により、多くの統計情報が身近に扱えるようになるとともに、様々な統計サービスがインターネットを介して利用可能となっている。WWW (World Wide Web) で利用できる統計サービスについては、WWW が普及しはじめた初期は単なる情報の提供がほとんどであったが、マルチメディアやインターネットテクノロジーの発達・普及に伴い、さまざまなアプリケーションによる対話的なサービスやマルチメディアを利用したサービスも徐々にではあるが公開されるようになってきている。そのようなマルチメディアの要件を満たすアプリケーションは統計解析システムにおいても有効に働くものと考えられ、Mittag (2000) で行われているようなマルチメディアを統計教育に活用する取り組みが国内外において重要視され実際に利用され始めている。また、Web 上での対話的な解析を可能にするための方法も、CGI による方法や Java アプレットによる方法だけでなく、クライアントサーバ型のアプリケーションを構築した XploRe (Härdle et al. (1999)) などのアプリケーションも見られるようになってきている。本論文は、ブラウザのプラグインを利用することにより対話的な機能をもつ統計グ

¹多摩大学 経営情報学部：〒206-0022 東京都多摩市聖ヶ丘 4-1-1

²岡山大学 環境理工学部：〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1

³北海道大学大学院 工学研究科：〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8

ラフを Web 上に表現できる方法を紹介する．その実装としては，3D モデリング可能な VRML (Virtual Reality Modeling Language) という言語を利用して，その特徴を効果的に利用できる統計グラフを考察する．実際に実用例を示すことにより，このような新たなテクノロジーを利用することによる統計グラフ表現の可能性について考察を与える．

2. インターネットテクノロジーを活用した統計グラフ表現

ホームページを利用して統計情報を提供したり，統計処理を行うサイトが一般的になっているばかりでなく，多くのソフトウェア同様に，統計解析ソフトも Web ブラウザから利用できるようになってきている．しかしながら，統計グラフィックスにおいては，一般の統計ソフトウェアでは非常に多彩なグラフ表現が可能であり，インタラクティブにグラフ表現を変更することが可能であるにもかかわらず，Web 上で見られるグラフ表現にはそのような高性能なものはあまり見られない．

これは，HTML の仕様に起因するものである．すなわち，Web ブラウザにおいて表示できるイメージは GIF, JPEG といった静止画のフォーマットでなければならない (GIF はアニメーションも可能ではあるが) という制約のためであり，通常は Web 上のグラフ表示はこれらのフォーマットの静止画で表示されている．山本・垂水 (1998) にあるように CGI を利用して，統計解析に対応するグラフ表現を与える場合にも，表示されたグラフは GIF などの静止画であり，インタラクティブに扱うことは不可能である．その対処方法として，Java を用いてダイナミックグラフィックスを実現するものも増えてはいるが，高度なプログラミングテクニックが必要となるため簡単には利用できないのが現状である．

Web 上でのマルチメディアを実現するための方法としては，Macromedia Flash (<http://www.macromedia.com/jp/software/flash/>) などのようにプラグインを利用して多彩な表現力を実現する方法も一般的となり，Web 上でもさまざまな方法によりインタラクティブな表現が可能となってきた．そのようなテクノロジーとして，VRML (<http://www.vrml.org/>) や Alice (<http://www.alice.org/>) などの 3D モデリング言語がある．この言語を利用すると容易に 3D グラフィックスを構成でき，プラグインの利用によりインタラクティブに操作することが可能となる．本論文では，VRML の特徴やそれによって実現されるグラフ表現を紹介することで，この種のテクノロジーを取り入れることによりもたらされる Web 上の統計グラフ表現の可能性について考察を与える．

2.1 VRML とは

VRML とは 3 次元グラフィックスをインターネットにおいて利用可能にするため，転送するデータ量が少なくすむように考案されたモデリング言語である．HTML 同様にテキストベースで記述し，VRML ブラウザや Web ブラウザのプラグインにより 3 次元仮想空間を実現するものである．また，多くの VRML ブラウザでは単に 3 次元の空間を構成するだけでなく，視点を変更したり，その空間内を自由に動き回ることが可能である．図 1 に簡単なソースファイル (左) とそれをブラウザで表示した例 (右) を与えた．

ここで簡単に VRML による 3D モデリングの記述方法を紹介する．まず，ファイルは `wrl` の拡張子である必要がある．ソースコードの先頭行

```
#VRML V2.0 utf8
```

は，この記述が VRML2.0 の仕様で UNICODE で記述されていることを表しているヘッダーであり，必ず宣言が必要である．

```
#VRML V2.0 utf8
Background {
  skyColor 1 1 1
}
Shape {
  appearance Appearance {
    material Material {}
  }
  geometry Box {size 4 2 2}
}
```

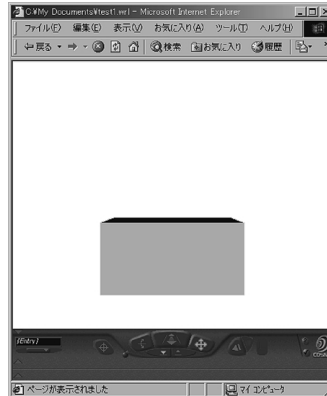


図 1. VRML による箱の表示. (左)ソースファイル. (右)実現された図形.

```
Background {
  skyColor 1 1 1
}
```

は、背景色を設定する．色は RGB に対して 0 から 1 の値で大きさを表し，1 1 1 は白を，0 0 0 は黒を表す．デフォルトは黒であるため物体が見えないので，ここでは白を指定している．配置する物体としては，VRML には箱 (Box)，円錐 (Cone)，円柱 (Cylinder)，球 (Sphere) といった基本立体モデルとテキストがあり，これらを組み合わせることにより多様な 3 次元物体を構成できる．例における

```
Shape {
  appearance Appearance {
    material Material {}
  }
  geometry Box {size 4 2 2}
}
```

はサイズが $4 \times 2 \times 2$ の Box をデフォルトの材質で配置することを意味している．このファイルを VRML プラグインが導入済みのブラウザ (ここでは Cosmo Player Plug-in : <http://www.cai.com/cosmo/> を導入済みのインターネットエクスプローラ) で開くと図 1 の右のような表示が現れる．表示された空間内は，ブラウザの下に現れているコックピットのような部分で動作を設定し，マウスドラッグにより移動や回転が可能である．

VRML では配置する物体は大きさや材質 (色や透明度など) が指定でき，表面にテクスチャーを貼ることもできる．また物体に対してリンク (HTML の <A> タグの HREF パラメータによる指定に相当) を指定でき，説明 (ALT パラメータでの指定に相当) を記述することが可能である．VRML2.0 では動きやサウンドへの対応も行われ，アニメーションを設定することも可能であり，大きなファイルに対する zip 圧縮もサポートされネットワークを経由した利用も考慮されている．VRML のオーサリングツールも存在するが，VRML の作成は HTML 同様にテキストエディタで可能であり，確認のための VRML ブラウザがあればよい．そのため，誰でも手軽に作成・利用でき，作成された VRML ファイルは各種 OS において VRML ブラウザやプラグ

インのもとで利用できる．

2.2 VRML による統計グラフの構成

前述の特徴をもつ VRML により統計グラフを作成する利点として，(i) 3 次元空間のモデリングのみ行えばよく，空間内の移動等の処理をプログラミングする必要がない，(ii) ブラウザの利用によりインターネットにおいて利用可能，(iii) プラットフォームに依存しない，などがあげられる．更に，VRML の特徴である物体の透明度の指定が可能であることやタイムセンサーによるアニメーションやタッチセンサーによるインタラクティブな効果が実現可能である．

VRML の記述は，テキスト形式であることから，VRML により表現されたグラフがあれば，そのソースファイルのデータ部分を編集するだけで，同様のグラフ表現を他のデータに対して行うことが可能である．このことから，プログラムの出力結果として VRML 形式のグラフを記述することは，ある程度のテンプレートがあれば容易に実現できる．

図 2 に VRML の特徴を利用して構成した 3D 散布図を与えた．この散布図は，データ点を球で，座標軸を円柱で，軸ラベルをテキストで構成し，座標平面を半透明の平面で記述している．左図が初期表示であり，プラグインの動作モードが回転であるためマウスのドラッグにより回転することができる(マウスポインタは回転の状態を表している)．動作に関しては全くプログラミングの必要はない．回転後のプロットの 1 点にマウスポインタを合わせたものが右図である．このデータ点にはアンカー(リンク)が施されており，データ点にマウスカーソルがあったときに座標が表示(ブラウザの左下のステータスバー上に)され，データ点をクリックするとデータ点に関する記述ファイルが表示されるように設定されている．半透明の座標平面を利用できるため，どの象限にデータ点があるか認識できる．このように VRML の特徴を利用して Web 上で効果的に利用できるグラフ表現が実現できる．

VRML ではユーザ定義ノードを利用してプロトタイプを作成できるため，同様の形状の物体に関してはデフォルトの性質を定め，変更点のみを記述することにより複製が可能である．統

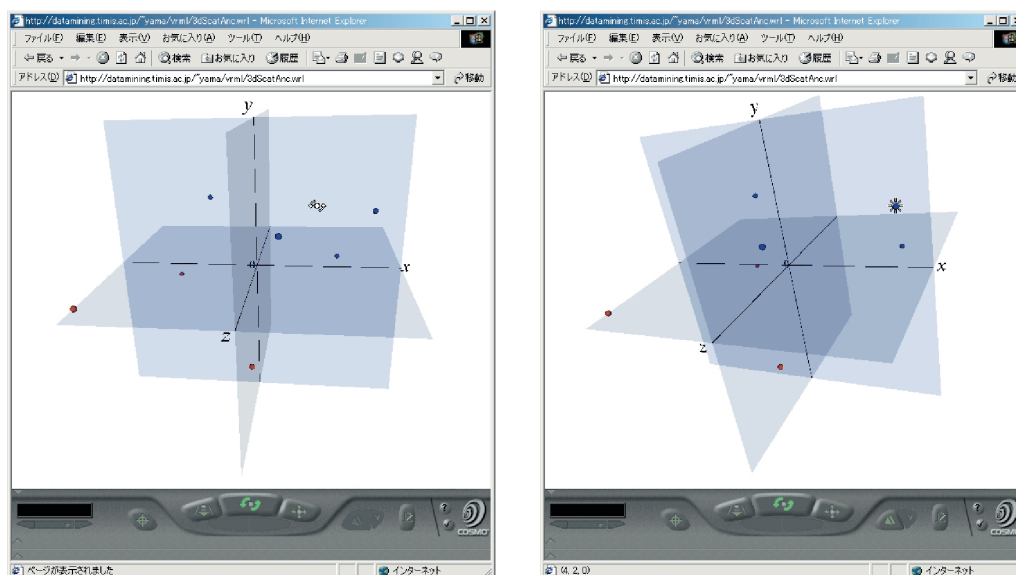


図 2. VRML プラグイン上に実現された 3D 散布図(左:回転前; 右:回転後)．

```

PROTO MyPoint[
  field SFVec3f pTranslation 0 0 0
  field SFCOLOR pColor 0 0 1
  field SFFloat pRadius 0.1
]{
  Transform {
    translation IS pTranslation
    children Shape {
      appearance Appearance {
        material Material {
          diffuseColor IS pColor
          specularColor 1 1 1
          shininess 1
        }
      }
      geometry Sphere {
        radius IS pRadius
      }
    }
  }
}

MyPoint {
  pTranslation -6.331 -1.542 6.805
}

MyPoint {
  pTranslation -3.826 4.386 1.057
}

Transform {
  translation -6.331 -1.542 6.805
  children Shape {
    appearance Appearance {
      material Material {
        diffuseColor 0 0 1
        specularColor 1 1 1
        shininess 1
      }
    }
    geometry Sphere { radius 0.1 }
  }
}

Transform {
  translation -3.826 4.386 1.057
  children Shape {
    appearance Appearance {
      material Material {
        diffuseColor 0 0 1
        specularColor 1 1 1
        shininess 1
      }
    }
    geometry Sphere { radius 0.1 }
  }
}

```

図 3. プロトタイプを用いた記述(左)と用いない記述(右).

計データにおけるデータ値の表示など、位置や色のみを変更したい場合には、プロトタイプの利用によりコードの記述が簡単となる。プログラムにより作成する際にも、最初にプロトタイプを定めることが有効であることがわかる。図 3 に散布図の点をプロトタイプを利用せず記述したソース(左)と、まずプロトタイプを設定し記述したソース(右)を与えている。この双方の記述は図 2 のような散布図のうちの 2 つのデータ点を表示する記述である。プロトタイプを利用した記述においては、プロトタイプ規定部(上の 21 行)は長くても、その後の点は 3 行(実質 1 行程度)で記述できるが、右の記述では個々のデータ点に対して 13 行を要するため、データ点の数が増えればどの程度の記述量の違いになるかは容易にわかるであろう。散布図のようなグラフの場合には特にプロトタイプが有効であることがわかる。更に、このソースのプロトタイプを 2 次利用する際に、VRML の詳細を知らずとも利用が可能であることがわかるであろう。

これらの特徴を活用して、再利用の利便性を考慮し、プロトタイプを利用して構成した統計グラフのテンプレートをホームページに公開している(<http://dataminig.timis.ac.jp/~yama/vrml/>)。それらは VRML グラフ作成の補助になると考えられるため、ソースコードも公開している。図 4 に見られるように、現在のところ 3D 散布図と 3D 棒グラフ、3D 折れ線グラフの簡単なテンプレートと地図グラフ作成のヒントとなる地図や地図グラフのテンプレートを与えている。更に高度なプロトタイプを作成する場合には田中・小林(1999)などを参考にするとよいが、基本的なものはこのホームページに準備した部品により構成が可能であろう。

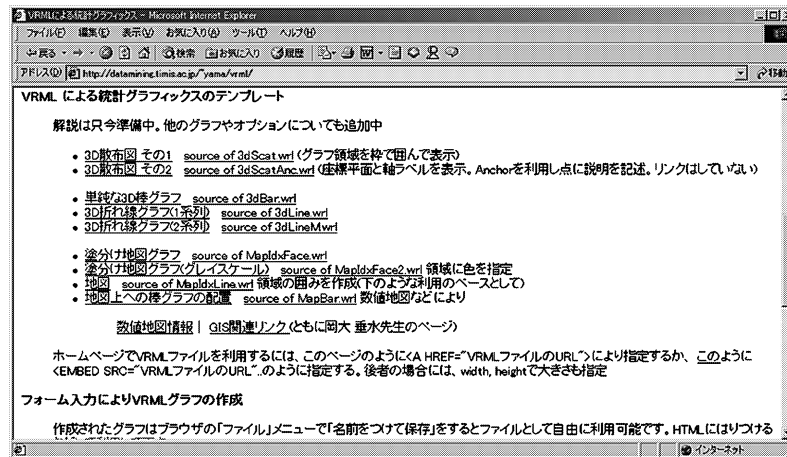


図 4. ホームページでのテンプレートの提供.

3. VRML 統計グラフの実用例

前節で VRML を使って対話的な機能をもつ Web 上で利用可能な統計グラフが実現できることを示した. 本節では, VRML によって実現することにより効果的に利用できるとされる 2 つのグラフ表現と, Web 上で 3D 散布図を作成するアプリケーションについて紹介する.

3.1 VRML による地図グラフ

VRML により実現される地図グラフは, 3D グラフ同様に効果的に活用できると考えられる. というのも, VRML による地図グラフでは面倒な移動などのプログラムをすることなく, 自由に興味のある地点に移動することが可能であるからである. また, 2.2 節の図 2 で利用しているようにグラフ要素 (棒やデータ点など) にリンクを張り, グラフに関する説明とリンクすることにより更に効果的な利用が可能である.

VRML はイメージファイル (GIF, JPEG, PNG 形式が利用可能) を利用できるため, 図 5 に示しているように地図のイメージファイル上に VRML オブジェクトを配置し地図グラフを実現することもできる (この例では地図イメージは GIF 形式である). この方法は非常に簡単であるが, 現状ではイメージファイルを利用した場合, 移動の際の書き換えに多くのメモリを費やし CPU 性能を要求する. これらは PC の高性能化により解決されていく問題であると考えられる.

別の地図グラフの表示法として, VRML で地図を作成してグラフを構成することも当然可能である. その場合, 数値地図をもとに VRML の地図ファイルを作成し, それを 1 つの VRML オブジェクトとして保存しておくといふ. というのも, VRML は他の VRML オブジェクトをファイルとして読み込めるため, そこにグラフ要素を追加的に配置することにより利便性が向上するからである. 図 6 の右の 2 つの図は札幌市の地図を構成した VRML 地図ファイル (左図: sapporo.wrl) を読み込み作成したものである.

これらの地図グラフは, 近年の情報公開の名の下に公官庁などがホームページ上に公開するに至った地域に関する情報 (多くは Excel ファイルで公開されている) を地図上にグラフ化する際に効果的である.

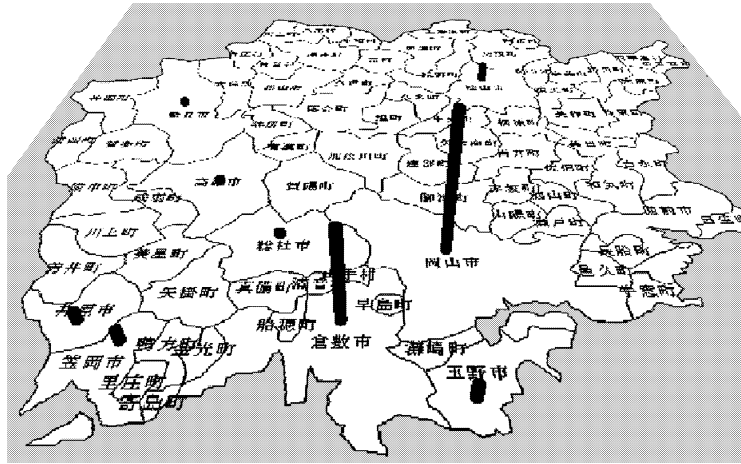


図 5. 地図のイメージファイルを用いた地図グラフ（岡山県の市町村人口）.

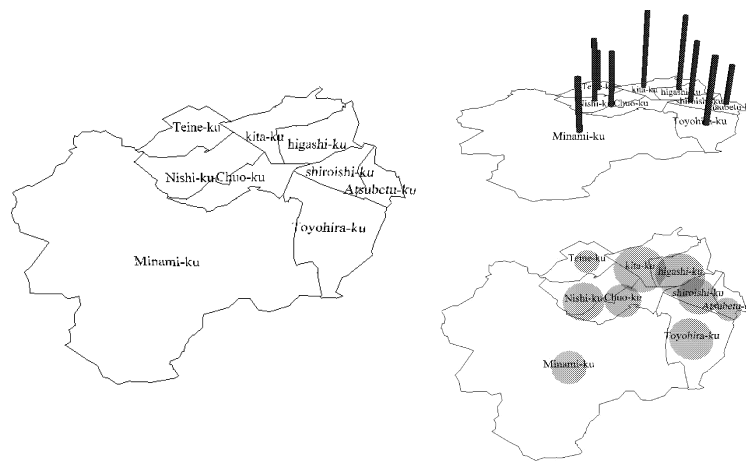


図 6. VRML による地図（左）を使った 2 種類の地図グラフ（札幌市の区民人口）.

3.2 データマイニングにおける解析結果表示法への応用

データマイニング手法のうち、POS データの同時購買の傾向を解析する手法は、マーケットバスケット分析と呼ばれている。この手法では商品の同時購買のされやすさが相関ルール (association rule) として得られる。一般に相関ルールは $X \Rightarrow Y$ という形式で構成されており、ルールの前件部をルールヘッド、後件部をルールボディと呼ぶ。相関ルールを抽出する方法は、項目の可能なすべての組合せを作ることが基本になる。そして、解析者が設定したレベルにより抽出された結果から意味のあるルールを確認する。ルールを絞る際に、解析者が設定するパラメータとして、支持度 (support) と信頼度 (confidence) がある。支持度は、トランザクション T のデータベース全体の中から検出される相関ルール ($X \Rightarrow Y$) の出現度を示し、信頼度は相関ルールを含むようなトランザクション内でルールがどれだけ当てはまるかを示す尺度である。以上の 2 つのパラメータが相関ルールの評価基準として使用される。

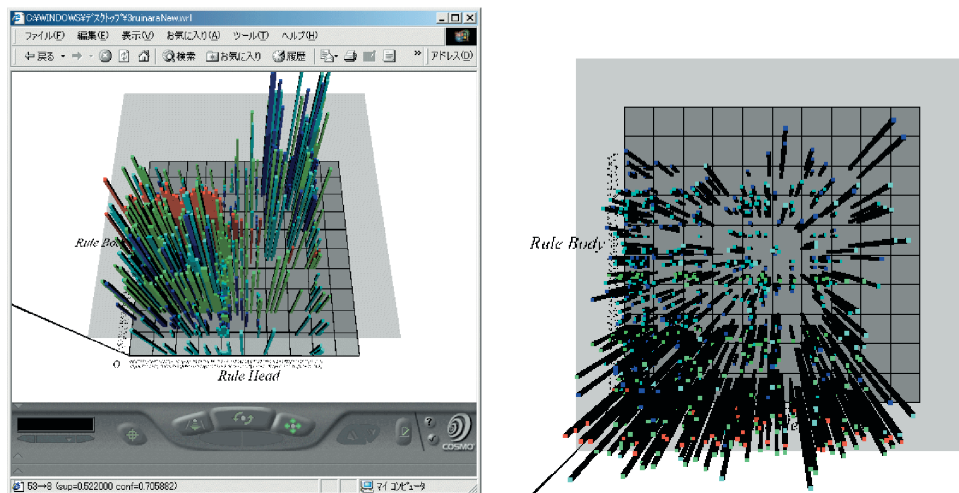


図 7. 数量化 III 類にもとづく相関ルールの表示 .

相関ルールの視覚的表現として代表的な IBM アルマデン研究所の Quest というシステムでは、ルールヘッドとルールボディの項目番号を (x, y) 座標とし、すべての x, y の組に対して棒の色と高さでそれぞれ支持度と信頼度を表現する方法が用いられてる。この方法により、全てのルールに対して支持度と信頼度の値が高いものに注目できる。しかしながら、単純に項目を配置しているため項目同士の近さについては確認しづらい表現となっている。そこで米森 他 (2000) では、項目配置基準として数量化 III 類のスコアを利用する手法を提案し、その表現方法の実装として VRML を利用した。VRML を利用して実現することにより、高性能なシステムがなくても同等の表現が実現できている。図 7(左)では、最低信頼度 0.55 を示す半透明の面をグラフに与えている。また、マウスポインタを合わせた棒が $53 \Rightarrow 8$ というルールで、そのルールの支持率が 0.522、信頼度が 0.705882 であることがブラウザ左下のステータスバーに表示されるよう工夫している。また、回転して上から眺めることにより(右図)数量化 III 類に基づく配置により信頼度が高いもの(長い棒で示されている)が左下から右上への対角線にいくつかのクラスターとしてまとまっていることが確認できる。透明な物体が配置できることと、物体に説明を記述できる性質を利用している点が VRML を利用したメリットとなっている。また、このグラフは、VRML ファイルであるため VRML プラグインを導入したブラウザ上で自由に利用できる。

3.3 VRML 統計グラフ作成アプリケーション

グラフの作成方法としては、所有しているデータに対して簡単に VRML のグラフを描画できるアプリケーションがあることが望ましい。その実現方法の一例として、CGI を利用してホームページ上で、フォームへグラフのタイプやデータを指定することにより VRML グラフを表示する Web アプリケーションを構築した。その結果として得られる VRML ファイルはテキストファイルであることから、当然のことながら VRML ファイルとして保存することにより別途利用も可能である。

図 8 は 3D 散布図を表示する Web アプリケーションである(左: データ入力及びオプション設定用のフォーム; 右: 作成・表示された散布図)。デフォルトは図 2 のようなタイプの散布

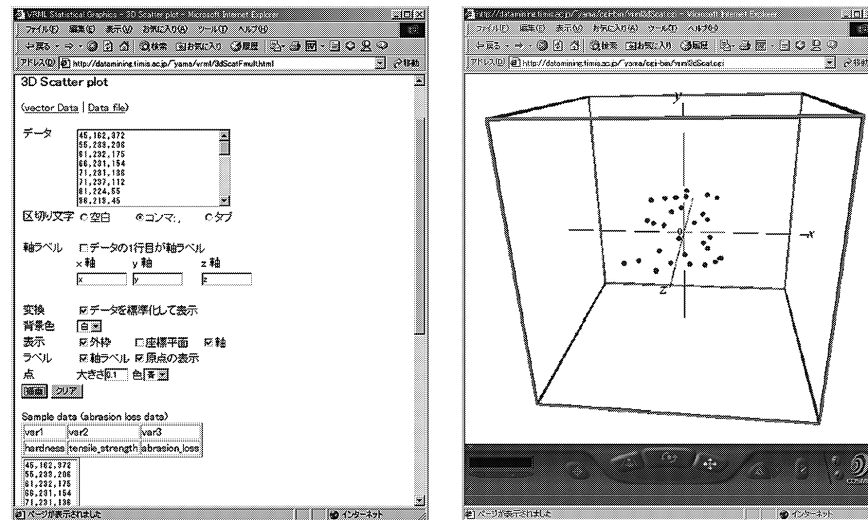


図 8. VRML グラフ作成アプリケーション(左)と作成された 3D 散布図(右)。

図を生成する指定となっているが、ここではデータを標準化して、外枠を描き、データ点を青で表示するように指定している。グラフの表現力を考え、データ点のテンプレートは色と大きさと位置を変更できるように構成し、軸や座標平面の表示・非表示、背景色やデータの色を指定を可能にしている。このプログラムでは、標準化されたデータの表示を行うことも可能であるように構成したため、そのような選択肢もフォームに用意している。このようなプログラムは、S などのプログラム可能な統計ソフトウェアにおいてもテンプレートを利用することにより、容易に関数として作成できる。

4. VRML の問題点と今後の統計グラフ表現

VRML において、より対話的な処理を行う(選択したデータ点の色を変更するなど)ことは Java を利用することにより可能である。単純なプログラムはスクリプトノードにおいて Java スクリプトで記述でき、複雑な処理や複雑なコミュニケーションを実装するためには動作をプログラミングした Java クラスファイルを読み込むことが必要である。VRML ではファイル入出力などの処理も行えないため、データファイルの読み込みを必要とする処理では Java を利用することとなる。しかし、高度な対話的な処理を伴う処理を必要とする場合には Java だけでアプリケーションを構成した方がよいだろう。したがって、VRML により構成するグラフは、移動やラベル表示などに関する対話的な処理を必要とするが、より高度なダイナミックな処理を必要としない、3 節に与えたようなグラフが適しているといえる。

VRML の現状としては、VRML ブラウザの主流は Cosmo Player と Community Place (<http://www.sony.co.jp/Products/CommunityPlace/>) であるが、どちらも Windows プラットフォーム用のプラグインがあるだけである。Flash などに比べ、VRML そのものがいまひとつ普及していない点が一番の問題点であるといえよう。実際、インターネットエクスプローラには IE4.0 までは VRML2.0 ビューアがオプションで用意されていたが、それ以降のバージョン用には用意されていない。

イメージデータの描画性能やデータサイズが計算機性能に依存することも現状では問題点

となっている．地図グラフを VRML で作成する際にも，詳細な地図の場合には非常に大きな VRML ファイルとなり描画速度が低下してしまうため，少々粗い数値地図をもとに地図を構成することが好ましい．しかしながら，この速度の問題は計算機の性能が日々向上していることから考えるとそれほど大きな問題ではない．実際，数年前には描画に長い時間を要したのも最新の PC では難なく描画できるようになっている．

本論文で紹介した VRML で実現可能なグラフ表現は，近年 VRML 同様に仮想空間をモデリングするために作られた Alice などの言語や環境において，同様の手法により構築可能であることは想像に難くない．また，他のマルチメディアを利用可能なプラグインなどにより，新しいグラフ表示法が利用できると思われる．したがって，状況に応じて利用できる方法を使い分け，インターネットの普及により始まった新たなインターネットテクノロジーをいかに効率よく利用していくかが今後の Web 上でのグラフ表現の幅を広げるカギになると考えられる．

参 考 文 献

- Härdle, W., Klinke, S. and Müller, M. (1999). *XploRe Learning Guide*, Springer, Berlin.
- Mittag, H.-J. (2000). Learning and teaching statistics in a networked world, 第 68 回日本統計学会講演報告集, p. 269.
- 田中成典, 小林孝史 編 (1999). 『Web 工房シリーズ VRML の達人』, 森北出版, 東京.
- 山本義郎, 垂水共之 (1998). Web 上の統計解析システムの構築——CGI による統計処理とグラフ描画の実装——, 計算機統計学, 11(1), 45–50.
- 米森 力, 山本義郎, 佐藤義治 (2000). データマイニングにおける相関ルールの視覚的表示, 日本計算機統計学会第 14 回シンポジウム論文集, 2–5.

Statistical Graphical Representation in VRML

Yoshiro Yamamoto

(Faculty of Management and Information Science, Tama University)

Tomoyuki Tarumi

(Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University)

Yoshiharu Sato

(Graduate School of Engineering, Hokkaido University)

Even though the statistical services provided on the Web have become general, almost all of the statistical graphics are still static. To provide a dynamic service, we can use Java language. However, there are several plug-ins for Web browsers with dynamic and interactive facilities. It is possible to easily make interactive statistical graphs by using these Internet technologies.

VRML (Virtual Reality Modeling Language) is a modeling language that realizes virtual space with a VRML browser or a VRML Plug-in for a Web browser. By expressing the statistical graphics with VRML facilities, it becomes possible to materialize a method for new graphical application that does not rely on a platform. To make VRML statistical graphics, we have provided prototypes and disclose them to our home page. We have also provided a Web application to make VRML statistical graphics. Finally, we discuss present problems of VRML statistical graphics.