

VRML を用いた地震カタログのための 3 次元可視化ツールの開発

鶴 岡 弘^{*†}

Development of a three-dimensional visualization tool for earthquake catalogs using VRML

Hiroshi TSURUOKA^{*†}

Abstract

The system was developed which does three dimensional visualization of earthquake catalog using VRML language. As this system cooperate with a catalog database, high-level three dimensional visualization of hypocenters is possible for many users who use this system. Displaying VRML source file on VRML viewer, we can directly and visually understand the details of seismic activity and plate structure. Furthermore VRML source files made by this system are utilized in outreach activity of the Earthquake Research Institute.

Key words : VRML, 3D, database, earthquake catalog, outreach

はじめに

近年, 科学技術のさまざまな分野で可視化ということばを頻繁に聞くようになった. ビジュアライゼーションと言われることもある. 可視化は観測データや, シミュレーション結果をわかりやすく視覚化してデータの背後にある物理を直感的に読み取れるようにすることである. 例えば地震の分野では, 地震カタログから地震活動を解析するために GUI を活用した解析ソフトウェアが数多く開発されている(宮武他, 1984; 石川他, 1985; 岡田, 1988; 関口, 1993; 額部・吉井, 1994; 鶴岡, 1995; 横山, 1997; 鶴岡, 2005) が, これらは地震活動に特化した 2 次元可視化ツールといってもよいであろう. 同様に波動伝播やマントル対流などを可視化することも頻繁に行われており, 最近の動向として, 研究はもちろん広報やアウトリーチ活動などのニーズにおいて, 可視化の重要性はますます高まっていると考えられる. 本報告では, 地震カタログの可視化に着目し, 地震活動の詳細構造やプレート構造が直接的に観察可能となる 3 次元可視化システムの開発を行った. 地震予知情報センターでも OpenGL を用いた EarthquakeHistoricalView という地震カタログ 3 次元可視化ソフトウェア

(EIC ニュースレター No. 30, 2003) を開発したが, 2006 年 3 月の EIC 計算機機種更新の際にハードウェアおよびソフトウェアの移行が主にコスト面から見直され継続されなかった. OpenGL は, Silicon Graphics 社が中心となって開発した 3D グラフィクスのためのプログラムインタフェース(ライブラリ)である. オープン仕様として公開されており, 現在は幅広い処理系に対応しているため広く一般に普及しているが, ユーザがプログラムコードを作成・コンパイルする必要がある. また, 同様に汎用の可視化ソフトウェアとして商用アプリケーションである AVS なども一般に広く利用されている. ただし, 地震カタログの 3 次元可視化を行うためには, ユーザは AVS の豊富なモジュールをうまく使いこなす必要があり, 簡単とはいえない. そこで, WWW 上に 3D 空間を実現することを目的に開発された VRML というバーチャルリアリティ研究のためのプログラミング言語を用いた地震カタログの 3 次元可視化システムを開発したので報告する.

VRML とは

VRML では, VRML ソースで 3D を記述し, 専用のビューワや VRML プラグインをインストールした Web ブラウザに VRML ソースを読み込むことによって表示する. つまり, 複雑な物体等の 3 次元記述をテキストエディタ等で簡単に作成することができることを意味している. 現在, VRML ビューワ(プラグインを含む)は, 多数開発

2007 年 11 月 5 日受付, 2007 年 11 月 16 日受理.

[†] tsuru@eri.u-tokyo.ac.jp

* 東京大学地震研究所地震予知情報センター.

* Earthquake Information Center, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

```

リスト1. 直方体を表示する VRML ソース
#VRML V2.0 utf8
#box.wrl

Shape {
  appearance Appearance {
    material Material{}
  }
  geometry Box{ size 3.0 1.2 2.0 }
}

```

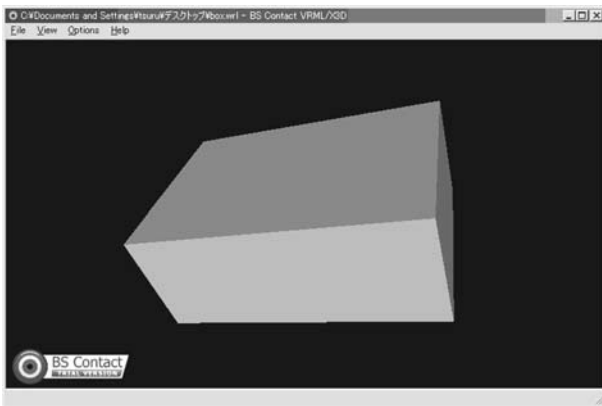


図1. リスト1のVRMLソースをVRMLビューワで表示した例

されており、Windows, Mac, Unix (Linux 等を含む) のマルチプラットフォームに対応している。また、VRMLでは、ユーザ側に特殊なハードウェアを必要としないので、VRMLソースを記述することにより、3次元グラフィクスを容易に表現できる。リスト1に直方体を表示するVRMLソースの例と図1にそれをVRMLビューワで表示した例を示す。VRMLのソースの拡張子は、通常wrlであり、VRMLビューワでは「回転」、「歩行」、「ズームイン」、「ズームアウト」などの3次元操作が簡単に実行可能である。

地震カタログのための3次元可視化ツールに 要求される機能

震源の3次元表示については、防災科学技術研究所のWebページ (<http://www.hinet.bosai.go.jp>) に「VRMLによる3次元震源分布表示」のためのVRMLソースがすでに公開されている。また、Flashを用いた3次元震源分布表示システム(鳥海・鷹野, 2007)も開発されているが、簡便な利用のためには、不足している機能もあるし、改善あるいは機能強化すべき部分もある。地震カタログの3次元可視化ツールには、現時点では、以下の機能が必要であ

ろう。

- VRMLの知識が不要であること
地震カタログの3次元可視化のためにVRMLで記述するが、ユーザにはこの言語の知識が不要であること
- データベース連携機能
地震カタログに対して任意の領域・期間に対して3次元可視化できること。また、これらの設定が簡単に行えること。複数の地震カタログが利用可能であること。また、表示に対して色等のカスタマイズが可能であること。
- Webブラウザによるアクセス
データベース機能との連携を考慮して、Webから利用できること。WebブラウザはユーザのPCには、ほぼインストールされているので、アプリケーションのインストールが不要になるメリットがある。
- VRMLソースファイル出力機能
ネットワークに未接続のマシンからも震源の3D表示が可能になるので、デモ等に利用可能である。
- 無償で利用できる開発環境およびソフトウェアから構成されること
商用のソフトウェア等の利用は、長期にわたる利用が困難になる場合がある。
- 将来にわたり利用可能であること
計算機環境は日進月歩であるので、この実現は難しいが、5年程度は利用可能であることが望ましい。

システム概要および特徴

本システムは、要求項目を実現するため、1) Webブラウザ、2) Webサーバ、3) CGIスクリプト、4) VRML作成ソフトウェアから構成した。図2にシステム構成図を示す。3)のCGIスクリプトは、フォームの解釈および4)のVRML作成ソフトウェアの起動を行うPerlの簡単なスクリプトであり、400行以下のコンパクトなプログラムである。また、4)は、GNUのGCC (GNU Compiler Collection) で開発した。具体的には、gccおよびg77の言語を使用した。なお、地震カタログのデータベース化については、TSEIS Web version (鶴岡, 1998) を活用して、今回は主に4)のソフトウェア開発を行った。

このソフトウェアは、地図と震源のVRML化から構成され、基本幾何ノードとして、地図は線 (=IndexedLineSet)、震源は点 (=PointSet) で構成した。なお、地図や震源のデータベースは、緯度、経度、深さの情報を持っているが、VRML化にあたって、これをkmを単位とする3次元座標に変換を行った。なお、日本全域の地震活動を3次元可視化する場合には、地表面が球面であることを考慮する必要がありその変換もソフトウェアの中に組み込んでいる。また、地震のデータベースは、気象庁一元化震源の

ほか、地震地殻変動観測センターで検測・震源決定されている関東・和歌山・広島等の震源データもデータベース化して利用可能とした。ユーザはデータベースの選択と HTML フォームに可視化したい領域、深さ、マグニチュードなどのパラメータを入力して SUBMIT ボタンをクリックするだけである。フォームには、あらかじめパラメータが入力されているため、ユーザはこのパラメータの値を修正するだけで震源の可視化が実現できる (図 3)。なお、地震の発生時期で色分け表示する場合には、色分けの期間数、期間ごとの色をリスト 2 に示す入力フォーマットで指定するだけとなっている。また、地震カタログの VRML 変換は高速に行われ、Web サーバに IBM x306 (Pentium 4 3.2GHz, メモリ 1GB), クライアントに WindowsXP (Pentium4 3.0GHz, メモリ 512MB) を地震研究所の LAN (1000 Base/T) で接続された環境における応答速度は、数秒から 10 秒未満と非常に高速である。

利用の実例

本システムを動作させるためには、まず、Web ブラウザに VRML のプラグインをインストールする必要がある。この作業は、非常に簡単であるが、OS のバージョンアップやセキュリティアップデートにビューワの対応が間に合っていない場合がある。例えば、Windows OS について

言えば、WindowsXP までの環境においては、Cosmo Player が様々な VRML サイトでの定番プラグインであったが、Windows Vista 上では、動作しない。またこのプラグインは開発も終了しているため、他のプラグインを使う必要がある。Windows Vista 上で利用可能なプラグインは、Cortona・BS Contact・Flux Player 等がある。なお、スタンドアロンでは、Cosmo Player をベースに開発された Pivron Player も Windows Vista 上で動作可能であるので、デモ等の利用には動作が軽いので利用を推奨したい。実際の利用画面を示そう。図 4 は 2000-2006 年に発生したマグニチュード 2 以上の関東地方における震源の可視化例である。太平洋プレートの沈み込みがよくわかり、伊豆・新潟県中越の地震活動の様子が顕著であることもすぐわかる。図 5 は伊豆東方沖の 1995-1998 年の活動を 1 年ごとに色分けして可視化した例を示している。紙面ではわかりにくいが見点を自由に移動すると 2次元にプロットした場合と比較して地震活動の様子を簡単に把握可能である。

おわりに

VRML を用いて地震カタログを非常に容易に 3次元可視化を行うシステムを構築した。このシステムは、これまでに開発されてきた地震活動解析ソフトウェアの基礎技術

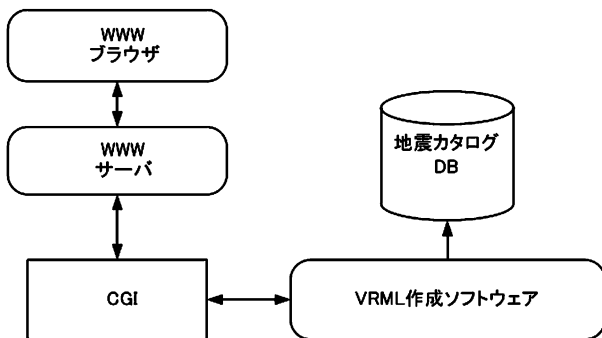


図 2. システム概要

リスト 2. 期間色分けの際のパラメータ入力例

```

4
1995 1 1 0 0
0 255 0
1996 1 1 0 0
255 255 0
1997 1 1 0 0
0 0 255
1998 1 1 0 0
255 0 0
1999 1 1 0 0
  
```



図 3. HTML フォームによる対話処理を用いたパラメータ入力

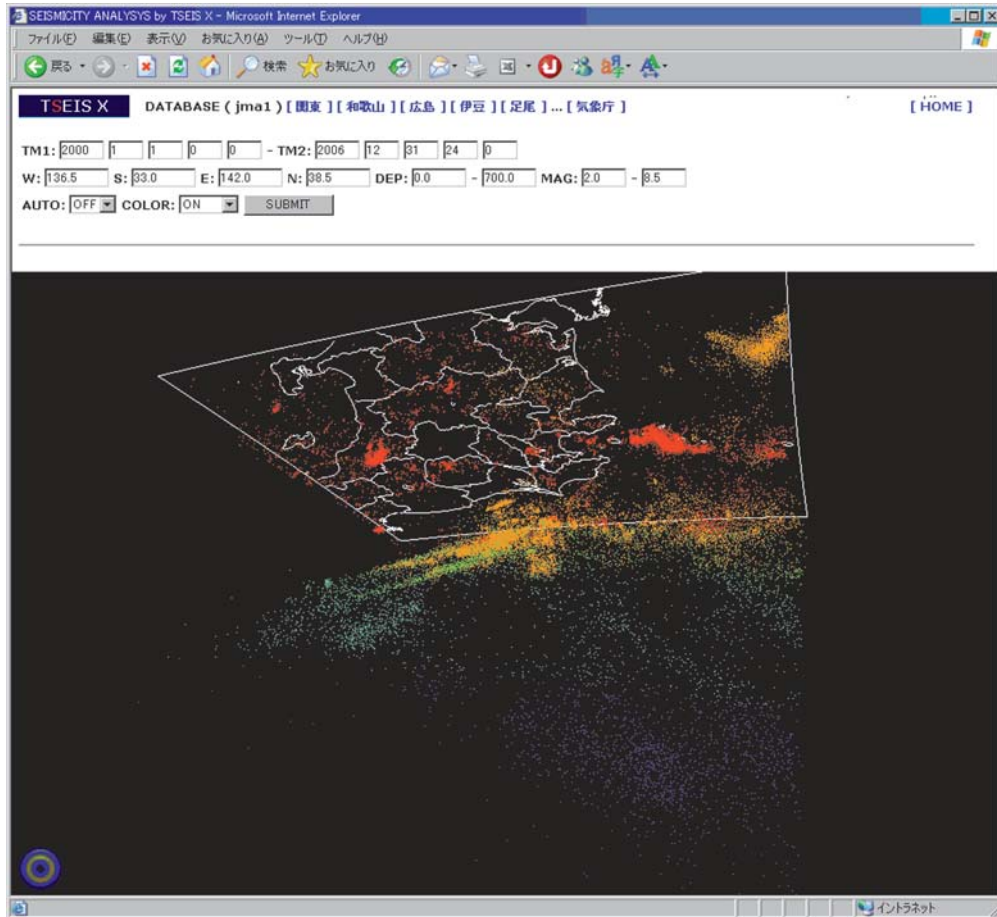


図 4. 利用例 1 (深さによって色分けした場合の出力)

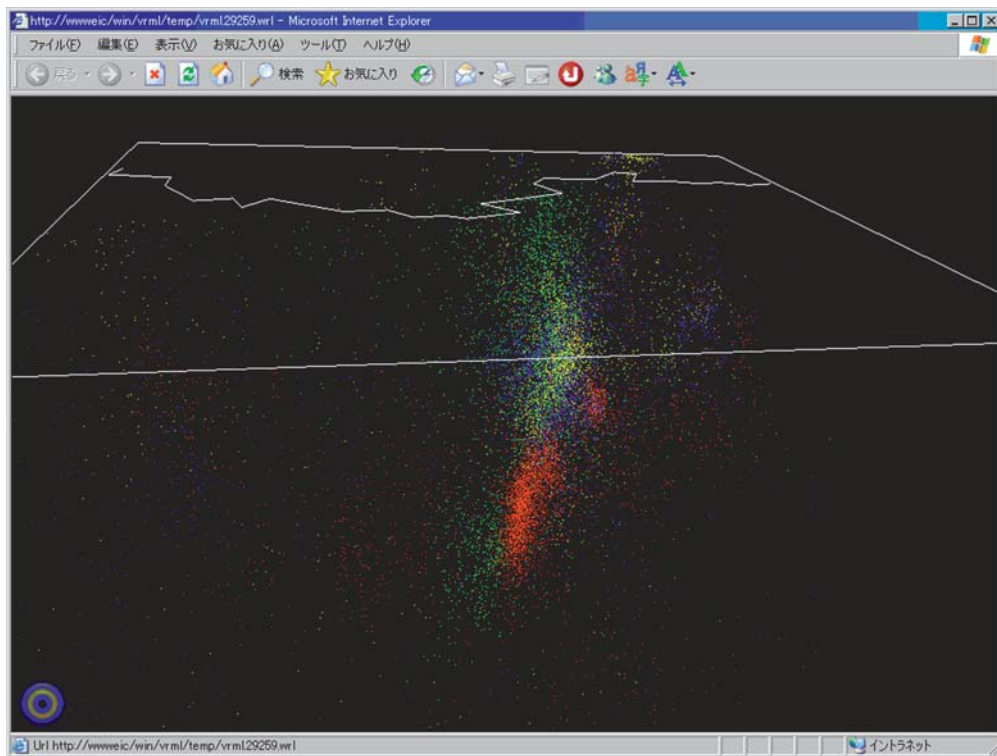


図 5. 利用例 2 (期間で色分けした場合の出力の場合)

の上に、VRML という 3D 可視化技術を導入することによって実現した。ユーザは、Web ブラウザにより、HTML フォームに簡単な入力を行うだけで、震源の 3D 可視化を行うことができる。地震カタログも複数のデータセットがデータベース化されているので、地震活動の詳細活動やプレート構造をより直感的に把握できるようになると考えられる。さらに作成される VRML ファイルは、地震研究所のアウトリーチ活動にも活用されている。(辻他, 2007)。

本ソフトウェアを活用することによって、これまでよりも効率よく地震活動の詳細構造を調査することが可能になると思われる。システムは、現在地震研究所内限定の利用に制限しているが、今後その公開を進めていく予定である。

謝辞：飯高 隆准教授の査読は本稿の改善に役立ちました。ここに記して感謝します。

文 献

EIC ニュースレター No. 30, 2003, <http://wwwweic.eri.u-tokyo.ac.jp/NEWSLETTER/30EICnewsletter/30hp.htm>
石川有三・松村一男・横山博文・松本英照, 1985, SEIS-PC の開

発一概要一, 情報地質, **10**, 19-34.
 瀬藤一起・吉井敏尅, 1994, クライアント/サーバ型地震活動度データベースシステム: SeisView, 地球惑星科学関連合同学会 1994 年合同大会予稿集, I11-P84, 342.
 宮武 隆・瀬藤一起・吉田昌信・安永尚志・鷹野 澄・津村建四郎・宇津徳治・宇佐美龍夫, 1984, 地震データ・ベース利用システムの開発, 地震研究所彙報, **53**, 63-79.
 岡田義光, 1988, 地震データ利用のためのプログラムシステム, 国立防災技術センター研究報告, **41**, 137-151.
 関口渉次, 1993, X-Window 上で動作する地震データ利用プログラム, 防災科学技術研究所報告, **53**, 63-79.
 辻 宏道・古村孝志・鷹野 澄・鶴岡 弘・中川茂樹・塩野入功・向井亨光・藤井崇史, 2007, 対話型リッチコンテンツ表示システムを用いたアウトリーチ活動, 震研技報, **13**, 20-25.
 鶴岡 弘, 1995, ワークステーションにおける地震活動解析ソフトの開発, 震研技報, **2**, 34-42.
 鶴岡 弘, 1998, WWW を用いた地震情報検索・解析システムの開発, 情報学基礎, **49-9**, 65-70.
 鶴岡 弘, 2005, 地震活動解析ソフトのマルチプラットフォーム化, 震研技報, **11**, 39-44.
 鳥海哲史・鷹野 澄, 2007, Flash を用いた 3 次元震源表示, 日本地震学会講演予稿集 2007 年度秋季大会, P3-050, 278.
 横山博文, 1997, X ウィンドウシステムを用いた地震活動解析プログラム, 験震時報, **60**, 37-51.