VRML を使った弾性波の 3 次元粒子運動表示システム

正 員 永 野 宏 治 (室蘭工業大学)

非会員 八 鍬 慶 一 (室蘭工業大学)

Network Graphics System for Three-Dimensional Particle Motion of Seismic Waves using VRML

Koji Nagano, Member, Yoshikazu Yakuwa, Non-member (Muroran Institute of Technology)

We made a network graphics system for three dimensional particle motion of seismic waves using Virtual Reality Modeling Language (VRML). This graphics system is made on a personal computer in which particular hardwares are not installed. A VRML viewer and a web browser are used to analyze and manipulate 3D image of particle motion.

キーワード：Virtual Reality Modeling Language, 地下弾性波計測, 3 成分弾性波計測, 3 次元粒子運動

1. はじめに

地下き裂や地層境界などの地下構造の評価と岩盤の強度評価は安全な社会基盤を造るうえで極めて重要である⁽¹⁾。また、石油等の地下資源や地熱エネルギーを採取する時に地下構造の評価は不可欠である⁽²⁾。地下構造の評価には弾性波計測が広く行われている。弾性波計測には即時性があり、しかも、弾性波は電磁波に比べて地中で減衰しにくい。そのため、弾性波計測は地中の遠隔計測に優れている。そして、現在の弾性波計測では、弾性波の速度、偏波方向、周波数スペクトル、分散性などの様々な伝搬特性を利用した計測法が成果をあげている⁽²⁾。

弾性体中を伝搬する弾性波は 3 次元空間の波動現象である。つまり、弾性波の情報は本質的には 3 次元の粒子運動にある。そして、この原理は地下の弾性波計測においても利用されている。例えば、S 波スプリットング解析では、横波の振動方向による伝搬速度の違いを評価して配向き裂群による伝搬媒質の異方性を推定する⁽³⁾。また、坑井内 3 成分弾性波計測では縦波の 3 次元空間での振動方向と縦波と横波の入力時間差に基づいて音源の位置を標定する。坑井内 3 成分弾性波計測は深さ数 km の地下構造の計測で成果をあげている⁽²⁾。これらのように、地下を伝搬する弾性波を解析する時 3 次元粒子運動の解析が重要かつ不可欠である。

3 次元粒子運動の特徴を把握するためには、その 3 次元イメージを直接観察することが基本である。3 次元イメージの表示には、これまで回転ダイヤル等の特殊なハードウェアを使った専用の画像処理装置が用いられていた。このような特殊なハードウェアを必要とする専用画像処理装置は、コストと解析手法の一般化において問題の 1 つになっている。

現在、仮想現実空間技術が格段に発展、汎用化している。

そして、パーソナルコンピュータの低価格化と高性能化により、この仮想現実空間技術が一般のパーソナルコンピュータでも実現可能になってきた。このような仮想現実空間技術の 1 つに Virtual Reality Modeling Language (VRML) がある⁽⁴⁾。VRML は「動く仮想空間」を記述する言語である。さらに、VRML はネットワークにも対応した言語であるため、VRML で記述したシステムはインターネット上でも利用できる。

本報告では、VRML を使った 3 次元粒子運動の表示システムについて述べる。本表示システムにより、特殊なハードウェアがない一般のパーソナルコンピュータで容易に弾性波の 3 次元粒子運動解析が可能になる。また、本表示システムはクライアントーサーバ型の構成をしネットワーク上でも利用できるようにしてあるため、インターネット上の複数の計算機で 3 次元粒子運動を解析できる。

2. 表示システム

図 1 にように、3 次元粒子運動の表示システムはサーバとクライアントからなる。本システムはネットワークに接続された環境に対応しているが、スタンドアローンの環境でも動作できる。サーバには 3 成分弾性波信号の波形データベースと表示システムの制御ソフトウェアがある。クライアントではウェブブラウザと VRML ビューアを使い、3 次元粒子運動のイメージを表示・操作する。3 次元イメージの回転・拡大等の操作は、全てマウスを使ってウェブブラウザや VRML ビューアのボタンで行う。したがって、本システムは特別なハードウェアを使わずに 3 次元粒子運動のイメージを操作できる。しかも、クライアントで使うウェブブラウザと VRML ビューアは広く一般化しているため、容易に手にはいる。

図 2 に波形表示システムの構造を示す。Perl で記述した

図 1 ネットワークに対応した 3 次元粒子運動表示システム。

Fig. 1. Concept of a network graphics system for 3D particle motion.

図 2 3 次元粒子運動表示システムの構造。

Fig. 2. The network graphics system.

サーバの処理を同図にしたがってまとめると、

- 波形データのファイルリストを提示する。また、波形データがショットマーク信号を含む 4 成分信号の場合データのフォーマットを選択する。
 - クライアントに 3 成分波形を表示する環境を作成し、3 成分波形の表示を準備する。
 - 3 成分波形及び拡大区間と VRML 表示区間を指定するボタンを表示させる。また、時間軸を拡大した 3 成分波形のデータを作成する。
 - 指定した範囲の 3 次元粒子運動のイメージを VRML で作成し、そのデータを VRML ビューアに送る。
 - 指定した区間の振動方向を Polarization Filter⁽⁵⁾ を使って計算する。
- である。一方クライアントでは、
- 指定したディレクトリにあるファイルのリストを表示する。
 - 3 成分波形を表示する。
 - 3 成分波形の時間軸を拡大する区間と VRML を使って 3 次元粒子運動のイメージを表示する区間を指定する。
 - VRML ビューアが起動し、指定した範囲の 3 次元粒子運動のイメージを表示する。

の処理が行われる。(g)(h)(i) は Java で記述されている。

図 3 に本システムを実行した時の様子を示す。同図の左のウィンドウが 3 成分の波形を表示している。中央と右のウィンドウでは、VRML ビューアが 3 次元粒子運動のイメージを表示している。本システムでは、同図のように複数の VRML ビューアを同時に起動することにより、複数の時間帯の 3 次元粒子運動を比較観察できる。

3. ま と め

本報告では、VRML を使った弾性波の 3 次元粒子運動表示システムについて述べた。地下き裂の計測では、Acoustic Emission の震源 (AE 源) の位置標定が広く行われている⁽²⁾。本システムは今後、VRML を使った AE 源の 3 次

図 3 実行の様子。

Fig. 3. Screen shot of the graphics system.

元分布表示システムと統合する予定である。

謝辞 本研究は、NEDO 国際共同研究助成「次世代型地熱発電のための貯留層の統一的理解 (Murphy Project)」の一環として行われました。関係各位に謝意を表します。

(平成 11 年 11 月 25 日受付)

文 献

- (1) 佐々宏一、芦田譲、菅野強：建設・防災技術者のための物理探査，森北出版，1993。
- (2) 新妻弘明：“A E・微小地震解析による地熱貯留層キャラクタリゼーション”，資源と素材，vol. 113, no. 5, pp. 301-307, 1997。
- (3) Stuart Crampin: “Seismic Wave Propagation through a Cracked Solid: Polarization as a Possible Dilatancy Diagnostic”, Geophys. J. Roy. Astr. Soc., vol. 53, pp. 467-496, 1978。
- (4) 例えば、田中克己：“VRML と 3 次元空間データベース”，Computer Today, No. 75, pp. 4-9, 1996。
- (5) James F. Montalbetti and Ernest R. Kanawich: “Enhancement of Teleseismic Body Phase with a Polarization Filter”, Geophys. J. Roy. Astr. Soc., vol. 21, pp. 119-129, 1970。

永野 宏治 (正員) (電学論 C, Vol.118, No.11 参照)

八嶽 慶一 (非会員) 室蘭工業大学情報工学科。