

インターネットを用いた高速等値面表示システム

5Q-4

伊藤貴之 小山田耕二 林雅彦 室橋茂雄

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

{itot, koyamada, murohasi}@trl.ibm.co.jp, hayashi@sfc.wide.ad.jp

1 はじめに

科学技術計算の結果をグラフィックス表示する可視化技術は、非常に活発な研究開発が進んでおり、近年ではパソコン等で作動する可視化ソフトウェアも増えている。一方、近年の科学技術計算の分野では、スーパーコンピュータや並列計算機などの大規模な計算機を用いた、大規模な数値解析の機会が増えている。これらの数値解析結果のボリューム・データの規模は、100MB、1GB レベルに到達することも多い。しかし、これらの大規模なボリューム・データを、パソコン等の小規模な計算機で可視化することは困難である。また、遠隔地の大規模な計算機を用いている場合には、そのボリューム・データ全体をネットワークを介して転送することが難しい場合も多い。本報告では、科学技術計算結果の一部を等値面生成によって抽出し、それをインターネット等のネットワークを介して転送し、パソコン等の小規模な計算機でグラフィックス表示するシステムの開発例を示す。等値面の幾何データ量は、ボリューム・データ全体のデータ量に比べて非常に小さいので、対話的な操作で連続的に等値面を生成表示することが可能である。

2 等値面生成

等値面は、ボリューム・データ中における、下記の等式を満たすスカラー値をもつ点の集合である。

$$S(x, y, z) - C = 0$$

等値面は本来は曲面であるが、一般的には図1に示すように、ポリゴンの集合で近似されることが多い。等値面を生成する際には、ボリューム・データ中の要素と等値面との交差判定を実行し、交差すると判定された要素について、その交差部分をポリゴンで近似する。

等値面生成の高速化手法として、等値面と交差しない多くの要素との交差判定を省く手法が、数多く報告されている。筆者らは、画像認識の分野で用いられている細線化処理を用いた高速化手法[1]を提案している。この手法では、図2に示すように、細線化処理によって、ボリューム・データ中の極大点および極小点を連結する、要素の線列群で構成されるボリュームの骨格を形成する。この骨格は、ボリュームのトポロジーを保持し、任意の等値面と交差することが示されている。等値面を生

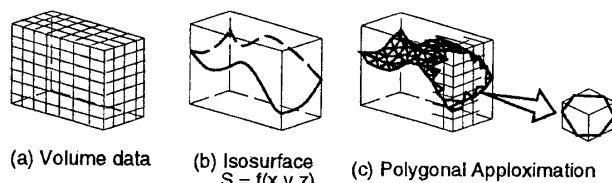


図1: 等値面生成

成する時には、ボリュームの骨格を形成する要素と等値面との交差判定を実行する。続いて、抽出された交差要素を出発点として、隣接する交差要素を再帰的に処理することで、等値面が生成される。この手法における等値面生成の処理量は、一般に $O(n^{2/3})$ 前後である。よってこの手法は、特に大規模なボリューム・データにおいて、効率的に等値面を生成する。

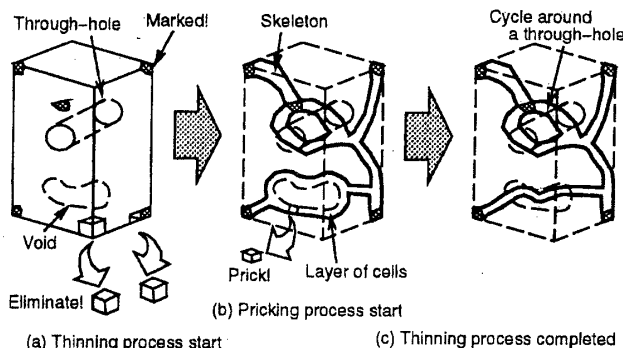


図2: ボリュームの細線化処理

3 インターネットを用いた高速等値面表示システム

本システムの概要を図3に示す。本システムは、等値面の生成/送信モジュール、受信モジュール、表示モジュールの3つで構成される。

サーバー側で稼働する生成/送信モジュールは、数値解析結果のボリューム・データをあらかじめ入力した上で、等値面の生成と送信を連続的に実行する。数値解析の過程をグラフィックス表示する際には、数値解析のプロセスから等値面生成/送信モジュールを子プロセスとして稼働することも考えられる。

A System for Browsing Isosurfaces via Internet
Takayuki ITOH, Koji KOYAMADA, Masahiko HAYASHI,
and Shigeo MUROHASHI
Tokyo Research Laboratory, IBM Japan

クライアント側で稼働する受信モジュールと表示モジュールは、共有メモリを用いて等値面データを共有する。本システムでは、等値面の生成中、送信/受信中においても、ユーザーは対話的に視点変更等の操作を行なうことができる。

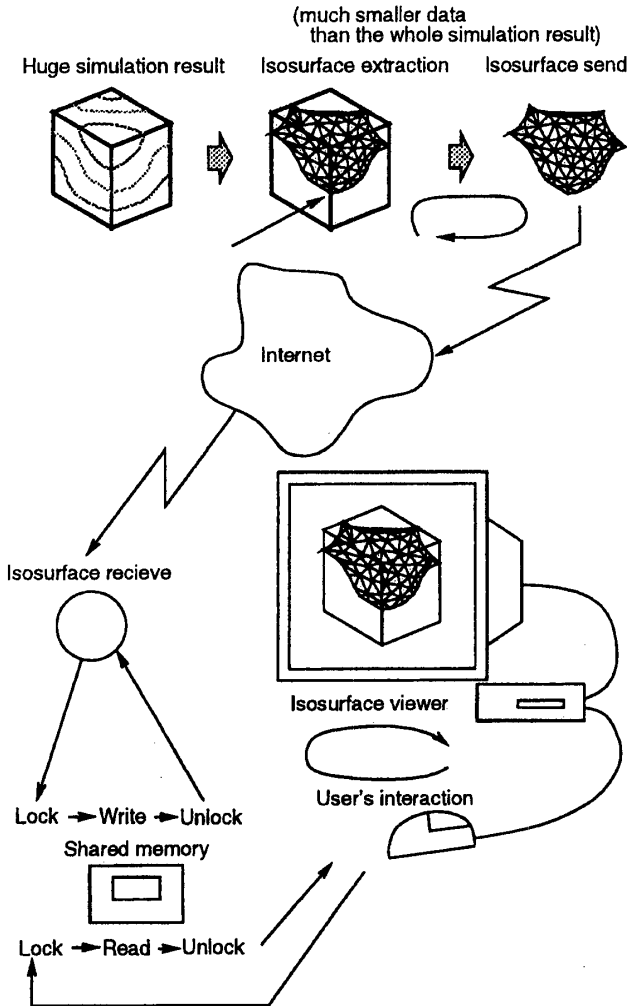


図 3: インターネットを用いた高速等値面表示システムの概要

以下、各モジュールについて述べる。

等値面の生成/送信モジュール

本モジュールは、ボリューム・データのあるサーバーにて作動する。本モジュールでは、まず前節で述べた手法により、等値面を生成する。続いて、等値面の頂点座標、頂点における法線ベクトル、ポリゴンの頂点番号を、ひと続きのバイナリーデータにして、プロセス通信により送信する。以上の処理は、ユーザーから停止コマンドが与えられるまで反復される。

等値面の受信モジュール

本モジュールは、クライアントにて作動する。本モジュールでは、まず等値面のバイナリーデータをプロセス通信により受信する。続いて、クライアントで確保された共有メモリをロックして、バイナリーデータを共有メモリに書き込み、共有メモリのロックを解除する。

等値面の表示モジュール

本モジュールでは、まず共有メモリをロックして、バイナリーデータを共有メモリから読み込む。続いて、共有メモリのロックを解除し、等値面を表示する。上記の処理は一定の間隔をおいて反復され、最も新しく届いた等値面が表示される。筆者らのシステムでは、等値面の座標変換、陰面消去、輝度算出に OpenGL を用いている。また、視点変更等の操作はマウス移動のイベントを拾うことで実現している。

4 実行例

本システムを IBM PowerStation RS/6000 上で開発し、等値面を生成・表示した例を示す。実行例として、33220 個の要素頂点と、28887 個の六面体要素をもつボリューム・データを用いた。このボリューム・データは、最低でも 1817 KB のメモリ使用量を要する。一方、このボリューム・データから抽出された等値面のバイナリーデータは最大で 234KB 前後であり、ボリューム・データよりも大幅に小さいことがわかる。また、筆者らの環境では、ワークステーションのサーバーで等値面を 1 枚あたり 1 秒程度で生成し、その受信に 16Mbps 程度のネットワークを介して最大 1 秒程度を要した。このことから、本システムは少なくとも筆者らの環境では、特定のモジュールがボトルネックにならないことがわかった。

5 むすび

本報告では、インターネットを介して等値面を生成することにより、遠隔地にある大規模な数値解析結果を、パソコン等で可視化するシステムの開発例を示した。なお、本システムは、Internet World Expo '96 において、韓国のクライアントで日本のサーバーにあるボリューム・データを可視化するデモとして稼働している。

謝辞

高速等値面生成手法について御討論下さった、東京大学山口泰助教授に感謝致します。

参考文献

- [1] 伊藤, 山口, 小山田, 細線化処理を用いた高速等値面生成手法, 情報処理学会グラフィクスと CAD シンポジウム論文集, pp. 41-50, 1995.