

平成 21 年 6 月 15 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19700414
 研究課題名（和文）高次元ボリュームマップ生成
 ～高次元データの探索ナビゲーションシステム～
 研究課題名（英文）High-dimensional Volume Map
 ～Navigation System for Exploring High-dimensional Data Space～
 研究代表者
 宮村 浩子（MIYAMURA HIROKO）
 日本原子力研究開発機構・システム計算科学センター・研究員
 研究者番号：20376859

研究成果の概要：本研究では、1枚の画像を観察するだけで、3次元時系列医用画像データの情報を確認することができる情報提示法を提案した。大量のデータを診断する必要がある医療の場において、少ない枚数で精度良く診断できることは大変有意義である。本研究成果を用いることで、複数方向から観察したときに得られる情報や、時間変化を伴う情報を1枚の静止画から得られるので、少ない枚数で精度良い診断を実現する。また、この静止画像を「ボリュームナビゲーションシステム」として利用することで、適切な可視化結果を得て、診断できるフレームワークも提案した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	0	2,200,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	330,000	3,630,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：可視化、医療・福祉、画像・文章、音声等認識、幾何学、情報工学

1. 研究開始当初の背景

臓器の運動異常や、腫瘍の変化などの診断は、経過を追って観察する必要がある。これは診断に手間と時間を要するだけでなく、対象をどの方向から、どの組織に着目して観察するかなど、多数の表示パラメータを注意深く設定する必要がある。この設定に不備があると病気を見落とすおそれがあり、早期発見のためにも適した表示の検討は必要である。

そこで、本研究課題では、3次元形状をもつ臓器や腫瘍の時間変化データ、つまり4次

元データに代表される高次元データを、医師が観察しやすい2次元空間に射影した高次元ボリュームマップを生成する。これを用いることで、時間軸を伴う高次元データの異常発見を2次元画像の観察で実現できる。

本提案システムは、大量の画像を診断する必要がある医療の分野において、効率的かつ高精度な診断を実現するものであり、さらに大量の画像を閲覧して観察する必要がある数値シミュレーションなど多方面の分野でも利用されるものである。

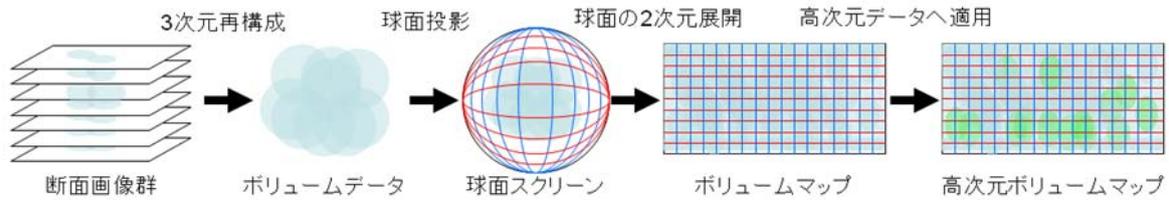


図 1 高次元ボリュームマップ生成手順

2. 研究の目的

本研究の目的は、臓器の運動異常や、腫瘍の変化などの4次元空間に散在する情報を1枚の画像である高次元ボリュームマップで表現し、医師の診断の効率化、高精度化を実現することである。

従来、医師は表示マテリアル（ここでは、皮膚、筋肉、血液など）の選定、観察する方向の設定、観察する時間の特定など多くのパラメータを調整しながらデータを観察する。そのためパラメータの変更に伴い、逐一変化する可視化結果を注意深く観察し、診察に利用する。しかし、大量のデータを対話的に操作しながら観察することは非常に手間と労力を要する。また、可視化結果が逐一変化するような画像から詳細な特異領域を発見することは非常に困難である。これは、ヒトの視覚能力が動く物に対して弱いという特徴による。そこで、高次元情報を2次元の静止画像として表現することは、診断の効率化、異常発見の高精度化につながると考えられる。

つまり、本研究で達成すべき目的は、医用データのような高次元情報を情報の欠落を極力抑えながら2次元画像である高次元ボリュームマップに投影し、診断に利用できる精度まで高めることである。

3. 研究の方法

高次元データを2次元画像に投影した高次元ボリュームマップ作成に際して、以下の項目を達成することを目指す。

- 内部情報を全て2次元空間に投影
- 全方向情報を2次元空間に投影

そのために、以下の手順で高次元ボリュームマップを生成する(図1)。まず、2次元画像群を3次元化し、内部にも情報をもつボリュームデータを生成する。次にボリュームデータを覆い囲むように球面スクリーンを設置し、球面上から球の中心に向かって情報を取得し投影する。投影の際には、データの中心に到達するまですべての情報を格納する。そしてこの球面スクリーンを2次元平面に展開する。最後に2次元画像を時間軸方向に並べ、重ね合わせることで高次元ボリュームマップを生成する。

(1) 球面スクリーンへの投影

まず、観察対象のボリュームデータを囲むような球面スクリーンを用意する。次に、球面上の全方向からレイキャスティングし、球面スクリーンにボリュームデータの情報を投影する(図2)。この際、視線方向に沿ったレイは球面スクリーン上から、球の中心に向かう方向に設定する。レイ上には一定間隔でサンプリング点を設置し、そこでのボクセル値を取得して積算する。このサンプリング点上のボクセル値は、サンプリング点とボクセルが一致した場合はそのボクセルの値、一致しない場合は、近接する8点のボクセル値から補間して求める。このようにしてサンプリング点のボクセル値を求め、積算しながらレイを進め、レイが球の中心に到達した時点で処理を終了する。最後に、各レイでのボクセル積算値を球面スクリーン上に色にマッピングして表示する。

本研究では、ボクセル値だけでなく、ボリューム内部データの奥行き情報も呈示するために、レイを球面スクリーン上から中心へ進める過程で、最大値(最大不透明度)の値を得たときのスクリーンからの距離を保存する。そして、このスクリーンからの距離を球面スクリーン上の明度にマッピングする。つまり、スクリーンに近いところに物体が存在する場合は明るく、遠いところに存在する場合は暗く表示する。これにより、臓器の運動や肥大・萎縮などの情報を可視化結果に反映させる。このようにして、ボリュームデータ内部の情報、分布の様子を可視化する。

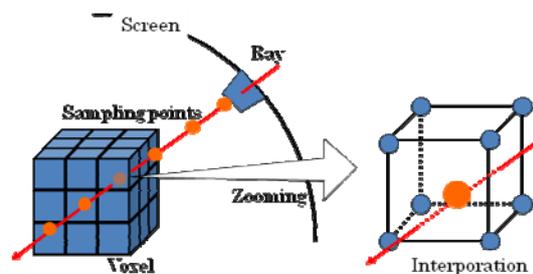


図 2 球面投影とレイキャスティング

(2) 2次元スクリーンへの展開

ボリュームデータの情報を載せた球面スクリーンを2次元スクリーンに展開する。ここでは、球面上の座標を以下の式で設定している。

$$\begin{aligned}x &= r \cos(\beta) \cos(\alpha) \\y &= r \cos(\beta) \sin(\alpha) \\z &= r \sin(\beta)\end{aligned}$$

式中の r は球面スクリーンの半径、 α は経度、 β は緯度を表す。この α を x 座標、 β を y 座標に置き換えることで、2次元空間に展開する。この方式では、距離や面積に関する情報が不正確になるという問題が発生するが、対象となるボリュームデータを観察する際の案内図的な利用を想定しているため、補正などの処理は行なわない。

ユーザはこのボリュームマップから、観察すべき対象物を発見し、その対象に対して適した可視化パラメタを設定するための指標を得ることができる。例えば図3左に示すように、まずボリュームマップから特徴領域を発見する。その座標から、球面スクリーン上の緯度・経度が求まる。この球面スクリーン上の点を視点、球面スクリーン上の点から物体の中心に向かった方向を視線の方向ベクトルに設定することで、発見した領域を適切に観察できる視線情報を設定できる。また、ボリュームマップ上の色相、明度から、適した伝達関数を予測してボリュームレンダリングすることもできる。

(3) 時系列データの投影

なお、得られたボリュームマップは3次元データの情報を投影したものである。時系列データである4次元データの情報を示すために、ボリュームマップを半透明化、又は輪郭線を抽出して重ね合わせて提示するなどの手法を提案する。

また、元のボリュームデータが大規模であるために、情報が煩雑化し、把握できないという問題も生じる。そこで、大規模データの要素数を、特徴に応じて削減する手法も併せて提案する。この手法をボリュームマップ生成前のデータに適用することで、特徴を残しつつデータサイズを小さくすることができ、処理の高速化、ボリュームマップに投影される情報の簡素化を実現でき、時系列データを用いた高次元ボリュームマップから特徴領域を発見しやすくなる。

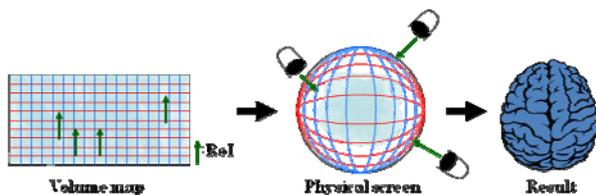


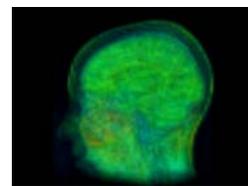
図3 マップから特徴領域の特定

4. 研究成果

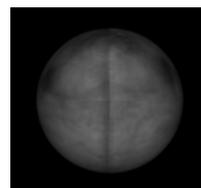
本提案手法を、ヒトの脳のデータ(63×63×61)に適用し、効果を検討する。図4(a)にヒトの頭部データのボリュームレンダリング結果、図4(b)に球面スクリーン投影結果、図4(c)に2次元スクリーンへ展開したボリュームマップを示す。ボリュームレンダリング結果からは、対象の形状を直感的に認識できる。それに対して、ボリュームマップから、直感的な認識は難しい。しかしボリュームデータの概要や、興味ある領域を探索することができる。

次にVolVis(<http://www.volvis.org>)で公開されているAneurismデータ(256×256×256)に適用した結果を示す。Aneurismデータに対しては、ボリュームレイキャスティング、最大値投影のボリュームマップを示す(図5)。動脈の様子を観察でき、注目すべき領域を特定できる。また、図5(b)に示すように、奥行き情報を呈示することで、ボリュームレンダリングで観察する際に設定する伝達関数や、視点などを設定する手がかりとなる。

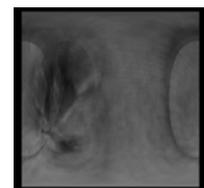
また、観察したい領域を特定した後、ボリュームマップ上の情報を用いてボリュームレンダリングした結果を図6に示す。上段左のボリュームマップから、興味ある領域を特定し、その座標から視線ベクトルを求める。この際、ボリュームマップの色分布の様子から伝達関数を設定できる。ここでは、特定した興味ある領域周辺で最大値(色相:赤)が割り当てられるように伝達関数を設定した。また、上段右のボリュームマップから、奥行き情報を取得し、その奥行き情報をもとにズームする。これによって注目箇所焦點をあてて観察できる。このように、提案するボリュームマップは、ボリュームデータの全体的な特徴の把握だけでなく、詳細な特徴を観察するための案内図として利用することも有効である。



(a) ボリュームレンダリング



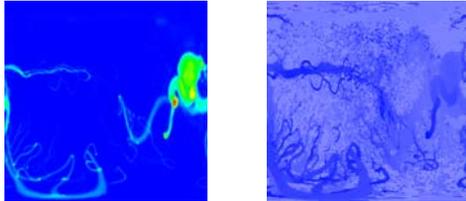
(b) 球面投影



(c) 2次元展開

図4 ヒトの脳データ

高次元ボリュームマップ生成に付随する技術として、大規模ボリュームデータの特徴を考慮しながら簡略化する手法(図7)、さらに、時系列データに適用するために、2次元グラフを半透明化して重ね合わせる技術を開発した(図8)。この技術に関しては、予備実験として単純グラフに適用しその効果を確認した。今後、高次元ボリュームマップに適用し、精度を確認する。



(a) 色相：ボクセル値 (b) 明度：奥行き

図5 動脈瘤データ

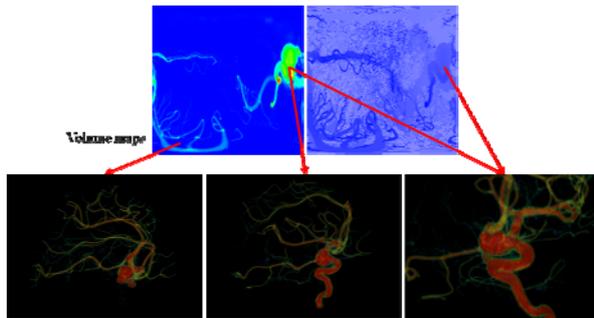
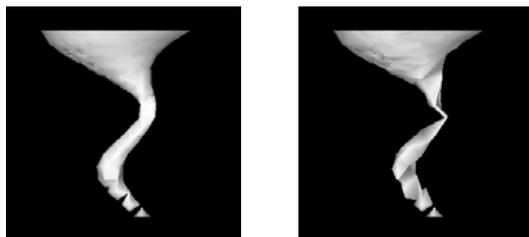


図6 特徴領域の特定



(a) 元データ (b) 簡略化

図7 竜巻データの要素数を半分に削減してから等値面を抽出した例

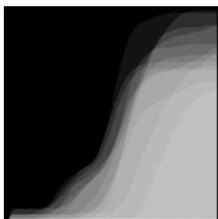


図8 グラフ重ね合わせ

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 宮村(中村) 浩子, 品野 勇治, 宮代 隆平, 七夕 高也, 斎藤 隆文: 分枝限定法における分枝戦略選択のための計算過程の可視化, 情報処理学会論文誌「数値モデル化と応用」, Vol. 2, No. 2, pp.103-112, 2009年3月.
- ② Miyamura, N. H., Fujishiro, I., Takeshima, Y., Takahashi, S., and Saito, T.: Guidelines for LoD Control in Volume Visualization, *Imaging & Visual Computing*, Vol.37, No.4, July 2008.

〔学会発表〕(計7件)

- ① 宮村(中村) 浩子, 品野 勇治, 斎藤 隆文, 宮代 隆平, 七夕 高也: 大規模ツリーグラフの適応的表示, 画像電子学会 Visual Computing 情報処理学会グラフィクスとCAD合同シンポジウム2007, 牧方, 2007年6月.
- ② Miyamura, N. H., Fujishiro, I., Takeshima, Y., Takahashi, S., and Saito, T.: Guidelines for LoD Control in Volume Visualization, *Image Electronics and Visual Computing Workshop 2007*, 4B-1, Cairns, November 2007.
- ③ Saito, T., Miyamura, N. H., Tadasuke, F., and Shinano, Y.: "Compact Display Techniques for Information Visualization," *International Symposium on Advanced Fluid Information*, W5-08-I, Sendai, December 2007.
- ④ Miyamura, N. H.: VAULT: Visualization and Analysis Utility for Large Tree structure, *Kyoto RIMS Workshop on Acceleration and Visualization of Computation for Enumeration Problems*, Koto, September 2008.
- ⑤ 宮村(中村) 浩子, 満倉 靖恵, 球面投影による医用データの可視化, 産業計測制御研究会, 東京, 2009年3月.
- ⑥ Miyamura, N. H., Suzuki, Y., and Takemiya, H., Spatio-Temporal Map for Time-Series Data Visualization, *CCSE Workshop on Advanced Computing Technologies Toward Peta FLOPS*, May 2009.
- ⑦ 宮村(中村) 浩子, 鈴木 喜雄, 武宮 博: 時空間マップによる時系列データの可視化, 計算工学講演会論文集, Vol.14, No.1, pp.157-160, 2009年5月.

〔その他〕
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮村 浩子 (MIYAMURA HIROKO)

日本原子力研究開発機構・システム計算科学
センター・研究員

研究者番号：20376859