

VR技術を用いた非構造格子に基づく 流れの対話的可視化システムの構築

山崎輔¹ 檜山和男² 陰山聡³ 大野暢亮⁴

¹中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻 ²中央大学理工学部土木工学科

³神戸大学大学院 ⁴(独)海洋研究開発機構

1. はじめに

近年、三次元流れ現象の予測および把握のために、三次元数値計算が行われている。そして、この計算結果の三次元的構造を可視化により正確に把握するためにVR (Virtual Reality)技術が利用され始めている。現在、VR装置の形態として、CAVE (CAVE Automatic Virtual Reality Environment)に代表される没入型VR環境が注目され、多くのソフトウェアが開発されている。その中で陰山らは数値解析結果から観察者視点の可視化データをリアルタイムで生成し、かつ対話的な可視化を実現することが可能なソフトウェアであるVFIVE¹⁾を開発した。しかしVFIVEは、構造格子にのみ対応しているため、VFIVEで非構造格子に基づくシミュレーション結果を可視化する場合には、別途可視化用の六面体の構造格子を用意して補間を行う必要があった。そのため、複雑形状を有する問題の場合には、領域形状を正確に考慮した可視化を行うことは困難である。

そこで本研究では、VFIVEを基に、四面体要素に基づく非構造格子に対応した対話的可視化システムの構築を行った。また、新たな可視化手法として、定量的可視化手法としてVR空間におけるグラフ可視化手法の構築を行った。なお、システムの構築には、OpenGLとCAVEライブラリを使用した。非構造格子に基づく数値解析例を通じて、可視化処理における計算精度についてVFIVEとの比較を行い、本可視化システムの有効性を検討した。

2. 可視化システムの構築

本可視化システムは、四面体による非構造格子に基づいて解析された三次元ベクトル場及びスカラー場の結果を、対話的に三次元可視化するソフトウェアである。図1は、本可視化システムにおける可視化処理工程を示したものである。本可視化システムは前処理の後、描画スレッドと計算スレッドに分かれてリアルタイムで可視化処理を行う。処理はスレッド毎に独立して行われるが、処理に用いる変数データは共有メモリを利用することにより共有して使用されるため、計算スレッドにおける結果を描画スレッドへ瞬時に反映させることが可能となっている。計算スレッドにおける可視化処理工程の詳細を以下に示す。

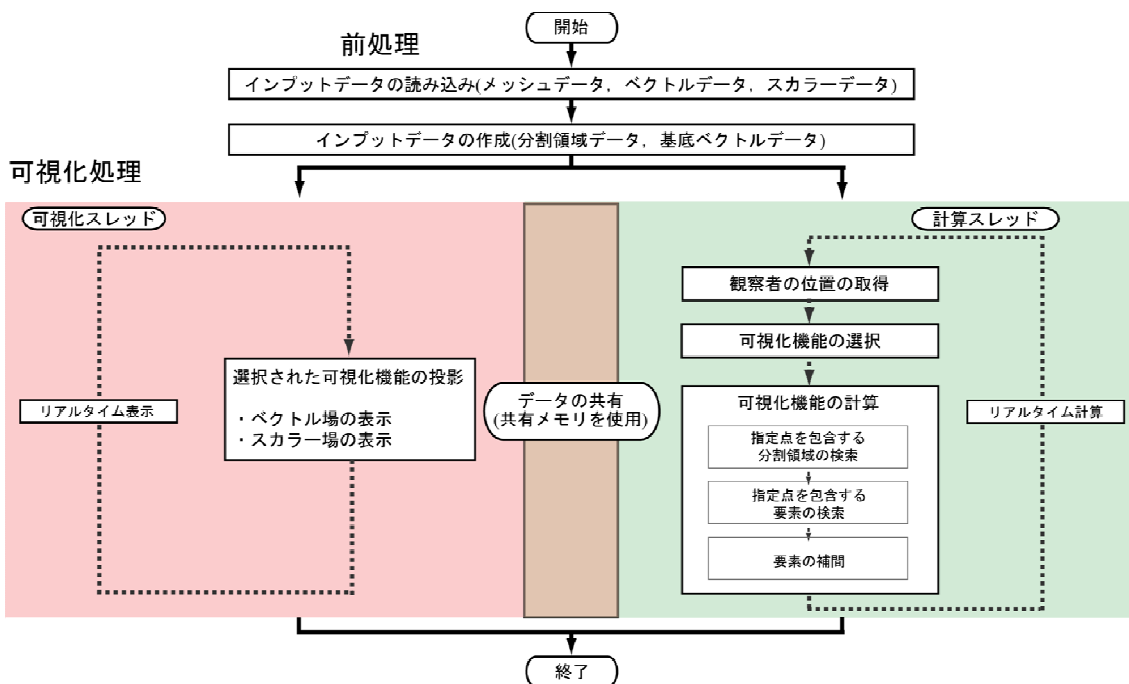


図. 1 可視化処理工程

For Vector data	For Scalar data
<i>Field Lines</i>	<i>Isosurface</i>
<i>Particle Tracer</i>	<i>Local Slicer</i>
<i>Local Arrows</i>	<i>Ortho Slicer</i>
<i>Spotlighted Particle</i>	<i>Volume Rendering</i>
<i>Stream Surface</i>	<i>Probe&Graph</i>
<i>Line Advecting</i>	
<i>Probe&Graph</i>	

図.2 可視化機能

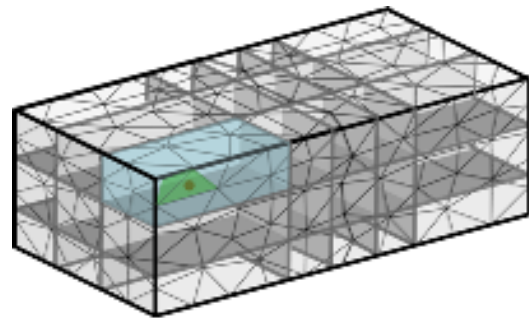


図.3 バケット法に基づく領域分割

2-1. 観察者の位置の取得

本可視化システムは、CAVEライブラリを使用することで、液晶シャッター眼鏡、及びコントローラに装着されているモーショントラッキングマーカーの位置情報から、観察者の視点情報、位置情報をリアルタイムに取得している。取得したこれらの数値データは、可視化処理を行う際の投影位置に用いられる。同時に、観察者の使用するコントローラの操作情報を取得することで、VR空間内を自由に移動する事が可能となっている。

2-2. 可視化機能の選択

図2は本可視化システムで利用可能な可視化機能を示したものである。本システムにおける可視化機能は流線の表示機能やベクトルの表示といったベクトル場の表示機能と、等値面分布やボリュームレンダリングといったスカラー場の表示機能の二つに大別され、観察者がシミュレーション結果を直観的に理解し易いように表示するために、VRの構成要素である立体感や対話性、没入感等の特徴を利用した様々な可視化手法を持つ。VR空間に没入した観察者はコントローラを操作することにより、VR空間上に表示されたインターフェイスから対話的にこれらの可視化機能を選択することが可能となっている。

2-3. 非構造格子に基づく可視化

観察者が選択した可視化機能を表示する際、指定した位置（指定点）における物理量を非構造格子の節点値（入力データ）を用いた補間によりリアルタイムで算出する必要がある。しかし、非構造格子の場合、全ての要素に対して検索を行うと処理に多大な時間を費やし、リアルタイムに計算を行うことが困難である。そのため本システムでは、図4のように、計算領域を荒いボクセル領域に分割し段階的に検索を行うバケット法を用い、要素検索処理の高速化を行った。なお、要素検索手法は一般化座標系に基づく検索²⁾を、補間精度は一次精度を採用しており、流線表示機能(Field Lines, Particle Tracer等)においては、粒子の次点探索における積分精度に6次ルンゲ-クッタ法を採用している。要素検索、補間処理の詳細は参考文献3)を参照されたい。

3. 三次元柱状流れ場による計算精度の比較

ベンチマーク問題として、 $5 \times 5 \times 5$ の粗い立方体要素を用いた、解析領域中心からy軸を基軸として45度傾斜した柱状の回転流れ場(図4・図5参照)に適用し、計算精度の検証を行った。

図6はVFIVEと本可視化システム、及び従来の可視化システムにおいて、同一点から流れる粒子が4回回転した際の粒子の軌跡を比較したものである。なお、本可視化システム・従来の可視化システムは補間を一次精度、VFIVEは補間を三次精度で計算し、次点の探索の積分は従来の可視化システムは一次精度、VFIVE・本可視化システムは6次ルンゲ-クッタ法を採用して計算を行っている。図6より、本可視化システムは同一円周上を流れ続けており正確な可視化を行えていることが分かる。

4. 定量的可視化機能の追加

数値シミュレーションの可視化において、定量的な可視化を行うことは、そのシミュレーション結果を把握するために有効な手段である。VFIVEでは、定量的可視化手法として観察者が指定した位置のベクトル量及びスカラー量を数値表示する可視化機能「Probe」がある。本研究では、この「probe」機能に、指定した2点間のベクトル量及びスカラー量の分布をグラフにより表示する可視化機能を追加した。

5. VR空間への投影

可視化適用例として、都市域における大気環境流れ問題へ本システムを適用した。なお、適用地域は日本橋周辺の気流解析を行った領域の一部である(図7の立方体領域)。なお、領域内の総節点数は98,387、総要素数は469,055である。可視化装置は没入型VRシステムHoloStageを使用した。HoloStageの詳細については参考文献3)を参照されたい。図8はシミュレーションモードで・図9はVR空間上で構造物後方における渦領域において、観察者が任意に指定した二点間のベクトル量をグラフにより可視化したものである。これにより、より定量的な評価をVR空間上で行えることが確認できた。

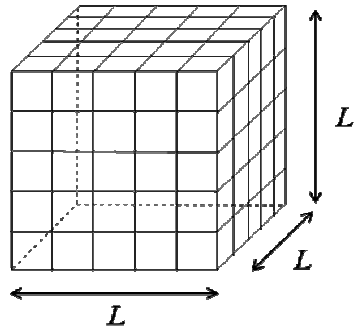


図.4 可視化例1 (メッシュ図5×5×5)

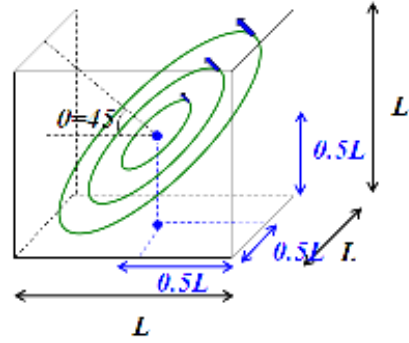


図.5 可視化例1 (三次元柱状流れ場)

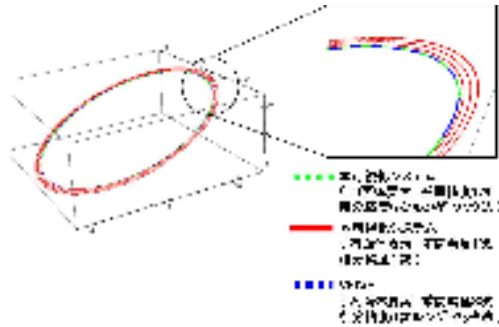


図.6 計算精度の比較

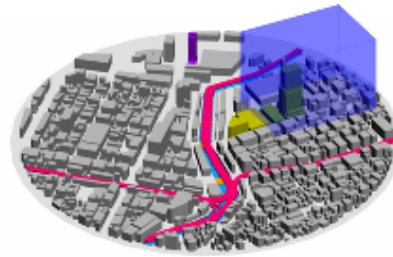


図.7 可視化例2 (日本橋周辺気流解)

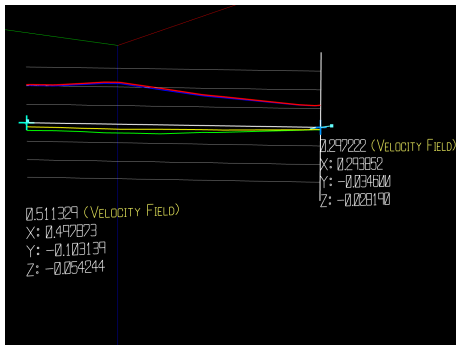


図.8 ベクトルデータのグラフ可視化

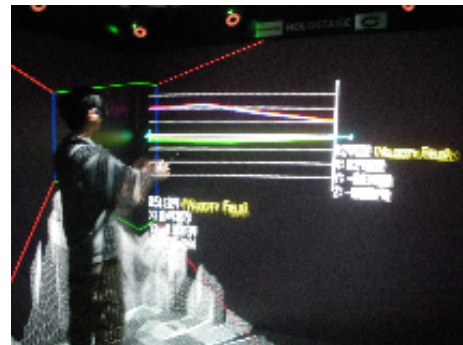


図.9 VR 空間への可視化

5. おわりに

本研究では、複雑な領域形状を持つ流れ解析の可視化を正確に行うために、VR 技術を用いた非構造格子に基づく対話的可視化システムの構築を行った。本システムの妥当性と有効性を検討するため、計算精度についてVFIVE との比較を行い、以下の結論を得た。

- 複雑な領域形状を有する大気環境シミュレーション結果に適用したところ、本システムは領域形状を正確に考慮した可視化を行えていることを確認できた。
- 回転流れのベンチマーク問題に対して適用したところ、粗い分割にもかかわらず、本手法はVFIVE と同等の可視化精度を与えた。
- VR 空間において二点間のベクトル・スカラー量を対話的にグラフ可視化する機能を追加することで、より定量的な評価が可能となった。

今後は、システムの利便性・操作性の向上とともに、新たな可視化手法の構築について検討する予定である。

参考文献

- 1) 陰山聡, 大野暢亮: パーチャルリアリティを用いた対話的3次元可視化ソフトウェアの開発とその応用, *J. Plasma Fusion Res.* Vol. 84, No. 11, pp.834 - 843, 2008.
- 2) 白山晋: 知的可視化, 計算力学レクチャーシリーズ, 丸善, 2006
- 3) 山崎輔, 榎山和男, 陰山聡, 大野暢亮: VR技術を用いた非構造格子に基づく流れの対話的可視化システムの構築, 第24回数値流体力学シンポジウム講演論文集, 講演番号F8-7, 2010.

VR技術を用いた要素細分化手法に基づく メッシュ修正システムの構築

宮脇崇行¹ 山崎輔² 檜山和男³

¹中央大学理工学部土木工学科 ²中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻

³中央大学理工学部都市工学科

1. はじめに

近年コンピュータの性能の向上により様々な力学現象に対して有限要素法による数値解析が行われている。有限要素法による数値解析を高精度かつ安定に行うためには、高品質な有限要素メッシュを生成し用いる必要がある。一般に、メッシュ生成には自動メッシュ生成ソフトが用いられるが、対象とする問題の幾何形状が複雑な場合、メッシュの品質を確認・修正することが難しい。これは、可視化に起因する問題であり、一般に三次元データを投影変換により二次元化してディスプレイ等に表現することにより奥行方向の形状を正確に把握することが困難となることにより生じる問題といえる。

そこで既往の研究¹⁾においてはVR（バーチャルリアリティ）技術に注目し、OpenGLとCAVEライブラリーを用いて、ユーザがVR空間においてメッシュの歪みの大きい要素に近づき、コントローラのボタン操作によりメッシュを構成している節点を任意の位置に移動させることでメッシュ形状の品質改善を行うシステムを提案した。しかし、このシステムでは修正方法が要素節点の移動による修正しか行えないため十分なメッシュの品質の改善には限界があった。そこで、本研究ではこの問題点を解決するために、要素の細分化機能を追加し、節点移動による方法との併用によりメッシュの品質改善を効率的に行うシステムの構築を行った。

2. 有限要素法メッシュ修正システム

図1は本システムで修正を行う際のフロー図である。まず、対象のメッシュデータを読み込む。次に全ての要素に対してあらかじめ設定した品質評価式²⁾を用いて品質評価を行う。評価式は以下ようになる。

$$Ar = \frac{\left(\frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 Li^2\right)^{\frac{3}{2}}}{8.47967V} \quad (1)$$

ここに、 Ar は品質評価値、 Li は四面体を構成する各辺の長さ、 V は四面体の体積である。上式に従うと、要素の品質が最も良いとする正四面体の時に評価値が最小値の1となり、歪みが大きくなるにつれて評価値も増大する。そして評価後に、全体メッシュ及び品質の悪い要素等をVR空間においてメッシュの描画を行う。次にユーザがコントローラ操作でメッシュの修正を行う。メッシュの修正方法としては従来の節点移動による方法と今回追加した要素の細分化による方法を選択することが可能である。修正が行われると要素の再評価がリアルタイムに行われ、全ての修正が完了するとメッシュデータを新たにファイルに書き出してシステムは終了する。

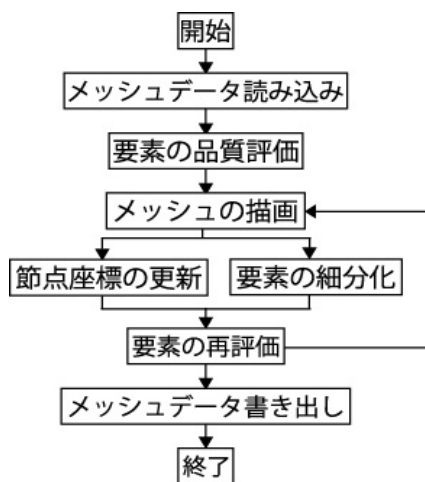


図1 本システムのフロー図



図2 システムを使用する様子

なお、CAVE環境としては中央大学のHolostageを用いた。Holostageの概要については参考文献1)を参照されたい。図2は本システムを使用している様子である。

3. 要素細分化機能

本研究では既存のシステムに、要素細分化を行う要素分割機能を追加した。図3は要素の細分化部分の具体的な内容（フロー図）である。以下、これらについて説明する。

3-1. データファイル読み込みと要素の品質評価値の表示

まず、メッシュデータのファイルや要素の捕捉に必要な反変基底ベクトルファイルを読み込む。反変基底ベクトルファイルは後述する指定点の要素に対する内外判定時に用いるデータファイルであり、節点数や要素数が増える度に新たに更新する。続いて、メッシュデータを用いて、式(1)の評価値を計算し、メッシュ形状の悪い要素をVR空間上で赤色により区別して表示する（図2参照）。

3-2. 細分化要素の指定と捕捉

次に、細分化を行う対象要素を指定する。ユーザは細分化する要素をコントローラから発するビームの先端で指定して表示し、その点の位置が含まれる要素を捕捉する。捕捉には、すべての要素に対して、指定点が含まれるか否かの判定を、一般化座標を用いた点位置検索³⁾による判定手法により行う。具体的には、図4の物理空間において指定点Pがある着目する要素の内外判定を行う際に、一般化座標（図4（右））に変換して判定を行う。点Pが着目する要素内に存在する場合には、次式が成立する。

$$(0 \leq \xi_P \leq 1) \cap (0 \leq \eta_P \leq 1) \cap (0 \leq \zeta_P \leq 1) \cap (\xi_P + \eta_P + \zeta_P \leq 1) \quad (2)$$

3-3. 要素の分割

要素の細分化は、捕捉された要素の重心を算出しそれを新たな節点として図5に示す方法により細分化を行っている。細分化後は、新たなメッシュデータ（節点座標と結合情報）をファイルに保存する。

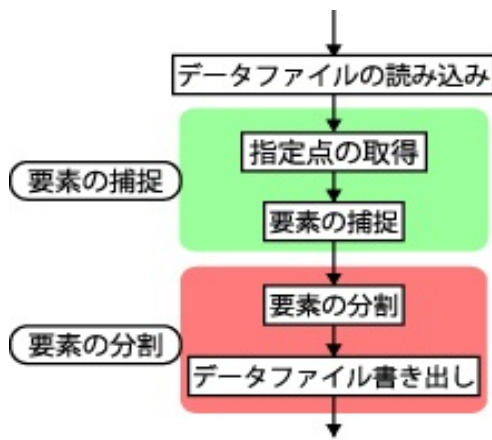


図3 要素分割を行うまでのフロー図

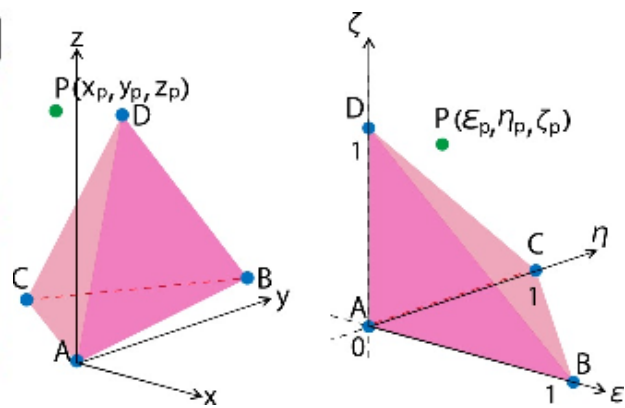


図4 物理空間(左)と計算空間(右)

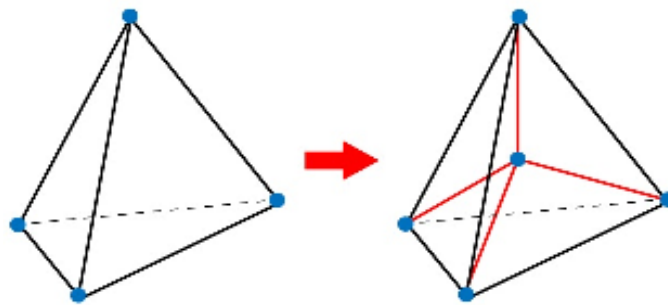


図5 要素細分化パターン

4. 適用例

本研究において、追加した要素細分化の機能の有効性を示すため、適用例として日本橋周辺を再現したメッシュデータの品質改善問題を取り上げる。使用したメッシュは四面体1次要素（節点数77, 173, 要素数329, 162）である。メッシュ全体の外観を図6に示す。修正には従来の節点の移動による修正方法と、今回構築した要素分割による修正方法を併用し、修正の基準として閾値を30に設定して修正を行った。図7は細分割を行った要素の一例である。

メッシュの修正前後の品質評価値の分布を図8に示す。修正前は閾値である30を超える要素が約150個あったのに対し、修正後は閾値を超える要素が0個になったのがわかる。

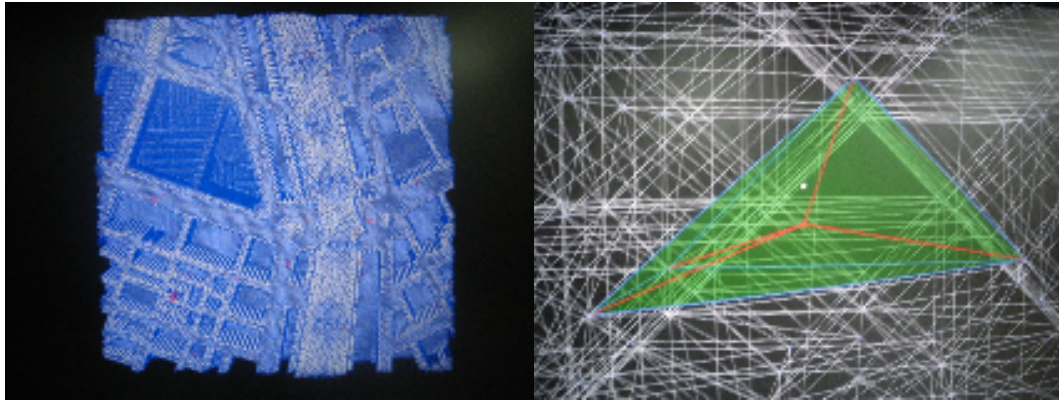


図6 日本橋周辺メッシュ全体の外観

図7 細分割を行った要素

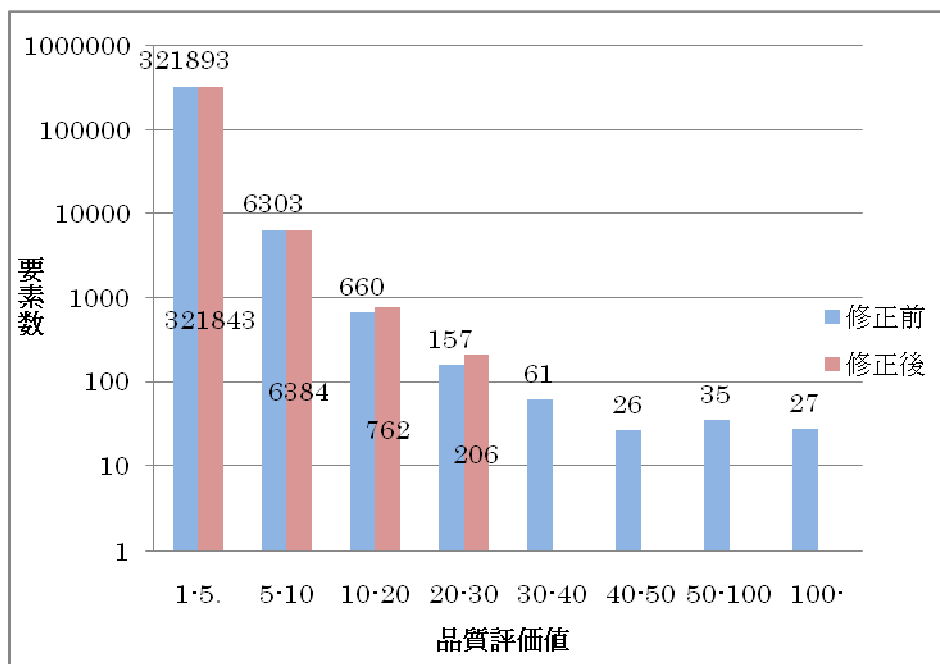


図8 品質評価値分布

5. おわりに

本論文では、既存の節点移動に基づくメッシュ修正システムに要素分割機能を追加した。その結果、要素の修正方法の選択の自由度が広がり、より効率的な修正が可能となった。

今後は、本システムによる計算精度の向上について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 林田 憲治, 樫山 和男, 山崎 輔, 陰山 聡, 大野 暢亮: VR技術を用いた有限要素メッシュの対話的修正システムの構築: 計算工学講演会論文集 Vol. 15, pp. 219-222, 2010
- 2) Lori A. Freitag, Patric M. Knupp: Tetrahedral mesh improvement via optimization of the element condition number: Int. J. Number. Methods. Eng., Vol. 53, pp. 1377-1391, 2002
- 3) 白山晋: 知的可視化, 計算力学レクチャーシリーズ, 丸善, 2006

VR 技術を用いた江戸時代における水道橋地域の CG 再現

加藤泰寿¹ 檜山和男² 山本徹³ 牧野優作⁴

¹中央大学理工学部土木工学科 ²中央大学理工学部土木工学科

³株式会社ダイナモピクチャーズ ⁴中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻

1. はじめに

江戸時代における当時の建築物や街並みの様子は、古地図や浮世絵など、現代に残っている資料から知ることができる。そして、近年、当時の建築物や街並みの様子をCGにより忠実に再現する試みが行われている¹⁾。しかし、3次元形状を投影変換により2次元表示することが一般的で、奥行方向の様子を正確に把握することが困難である。

そこで、本研究ではVR技術に着目し、高い没入感を得ることができるCAVEに代表される没入型映像投影技術を利用し、当時の街並みを再現する事を試みた。具体的には、中央大学後楽園キャンパス周辺において、水道橋という地名の由来となった神田上水を通す水道橋(御茶ノ水の懸樋)およびその周辺地域を再現した。

2. CGの作成

CGの作成にはAutodesk社が開発した3ds Maxを使用した^{2),3)}。3ds Maxは曲線の多いオブジェクトへの対応やオブジェクトの修正が容易であり、3次元CGモデリングに有効なソフトである。

2-1. 建築物の作成

東京都水道歴史館の模型や当時の写真などを参考に懸樋、水道橋、建物を作成した^{4),5)}。図-1-3は再現する際に用いた資料の一部である。これらにより、水道橋及びその周辺の建物の配置に関して把握することができる。

懸樋内部は水道となっており、懸樋端部に水道からの取り出し口がついている。その他、橋脚など細部における作成を行っている。図-4に、作成したCGを示す。

2-2. 地形の作成

地形の作成には、当時の写真や塗り絵を参考に等高線を描き、それに沿ったサーフェスメッシュ(図-5)を作成した。

また、作成した地形をより参考にした資料に近づけるため、樹木などの配置も行った。

2-3. CGデータの合成、変換

作成した建築物と地形のデータの合成を行う。図-6は建築物と地形のデータを合成し、テクスチャを設定することにより質感を表現したものである。さらにこのデータをVR用可視化ソフトウェアVR4MAXの独自形式であるVMX形式データへ変換しVR装置への投影を行う。



図-1 江戸名所図会⁴⁾

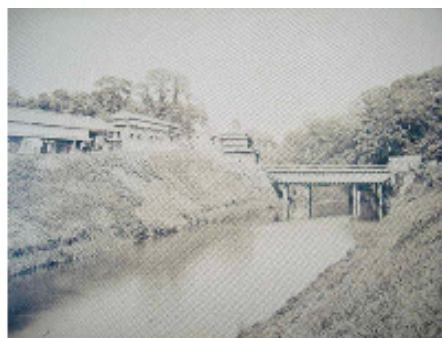


図-2 明治初期の写真



図-3 東京都水道歴史館の模型

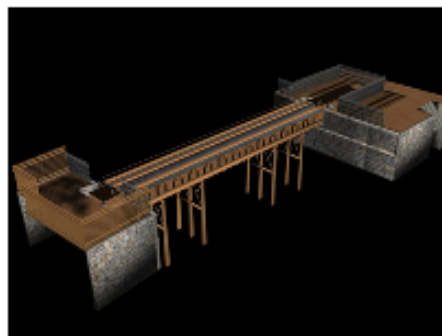


図-4 御茶ノ水の懸樋のCG

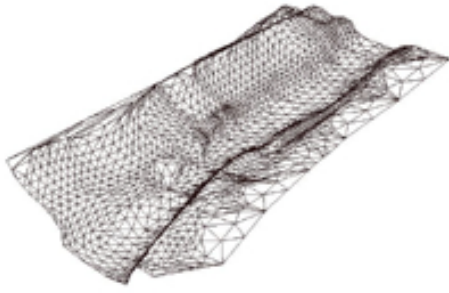


図-5 サーフェスマッシュ

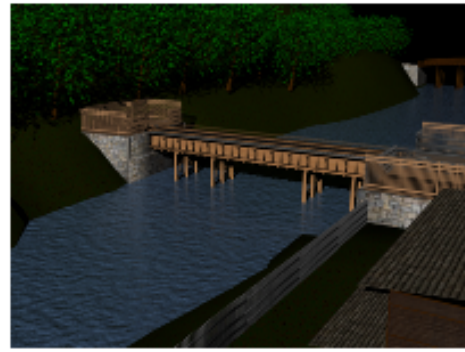


図-6 完成したCG

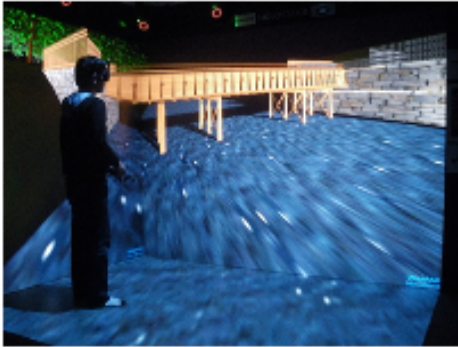


図-7 VR空間に投影している様子



図-8 解析結果（水位分布図）

2-4. VR空間へ投影

完成した三次元CGを、中央大学都市環境学科所有の没入型VR装置（Holostage）を用いて投影した。この装置は、三面の大型平面スクリーンと、それぞれに対応する高性能プロジェクターで構成され、ユーザは液晶シャッターメガネと呼ばれる特殊なメガネをかけることで立体映像を見ることが可能となる。また、ユーザはコントローラを操作することによりVR空間内を自由に移動することが可能であり、実スケールで建造物の細部について確認することができる。図-7は、ユーザが再現された御茶ノ水の懸樋および周辺地域を観察している様子である。

3. おわりに

本研究では御茶ノ水の懸樋および周辺地域を再現し、VR技術を用い立体投影を行い、当時の風景を実スケールかつ高品質に体感できるコンテンツを作成した。実スケールでVR空間に立体映像を投影することで、2次元表示媒体による表示では確認できなかった建造物の細部を観察することが可能となった。

今後は、より広範囲な地域を対象としたCGの作成、またより臨場感を高めるため、数値解析による川の流れのアニメーション結果を合成する予定である。図-8は図-5のメッシュデータから有限要素法に基づく数値解析により得られた川の流れの水位分布図である。

参考文献

- 1) 清水英範, 布施孝志: 再現江戸の景観, p. 151, 鹿島出版会, 2009
- 2) 高橋拓也, 石埜昌幸, 林田豪元, 伊勢田誠治: 3ds Max オフィシャルトレーニングブック, WORKS CORPORATION, 2005
- 3) 川上理恵: 3ds Max 教科書基礎編, Born Digital, 2006
- 4) 斎藤月岑: 江戸名所図会, 1834, 1836
- 5) 東京都水道歴史館: <http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/water/pp/rekisi/index.html>

ヘッドトラッキングと人間の視野を利用した レイトレーシング法の詳細度制御

An Efficient Ray Tracing with LOD Control by Head Tracking and Human Eyesight

奈良 陽介† 牧野 光則†

†中央大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻

概要

本研究では、没入型立体視ディスプレイでのレイトレーシング法の計算の高速化を行うために、没入型ディスプレイでの人間の視野を利用したレイトレーシング法の詳細度制御手法を提案する。提案手法では、視点から発せられるレイが視野のどの領域に属するかを判定し、レイごとに詳細度を設定する。この詳細度に従い、計算量に強く影響を及ぼすレイの数、物体のポリゴン数を制御することで計算量の削減を図る。

1 序論

コンピュータグラフィックス (CG : Computer Graphics) は、現在様々な分野への応用も含めて研究されている。CG の利用技術の一つに、バーチャルリアリティ (VR : Virtual Reality) がある。VR の中でも CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) [1] のような没入型立体視システムは、臨場感や没入感を得ることができ、3次元映像や視覚的情報などの情報理解にも有効である。今後も没入型立体視システムの需要の拡大が予想されるが、文化財の可視化など忠実な質感再現が求められるコンテンツも増えており、仮想空間を現実的に表現することが重要な課題の一つとなっている。

レイトレーシング法 [2] は、CG 技術の中でもよく知られているレンダリング手法である。レイトレーシング法は、視点から視線 (レイ) を飛ばし、人間の目に入る光線を順次逆追跡していくことで描画する手法であり、光の反射・屈折や陰影を伴う CG 画像を生成できる。光の反射・屈折などを忠実に再現できることから、高質感な画像や写実的な画像を生成する際によく用いられる。このようにレイトレーシング法は写実的に表現することに適しているが、より写実的な画像を生成するには多くのレイを追跡する必要があるため、計算量が多くなる。また、レイの数は主に解像度や画像の対象となる物体数に依存する。これにより、インタラクティブな操作が求められる VR システム、特に複数のディスプレイで構成されることが多い没入型立体視ディスプレイでのレイトレーシング法の利用はあまり見られない。

一方で、広範囲な没入型立体視ディスプレイの描画領域に対して、人間の視野範囲は狭いため、操作者の視野外、または注視していない領域が存在する。この領域を注視領域と同等の画質で描画せずとも、操作者にとって違和感のない画像生成が可能である。

写実的な画像を生成できるレイトレーシング法を没入型立体視ディスプレイで利用することは、質感の忠実な再現、没入感や臨場感の向上に有効である。しかしながら、VR システムではインタラクティブな操作が求められるので、リアルタイムで描画することが望まれる。そのため、レイトレーシング法を利用するには、操作者にとって違和感のない画像を表示しつつ、計算の高速化を行う必要がある。

よって本研究では、没入型立体視ディスプレイでのレイトレーシング法の計算の高速化を行うことを目的とする。この目的を達成するために、没入型ディスプレイでの人間の視野を利用したレイトレーシング法の詳細度制御手法を提案する。提案手法では、視点から発せられるレイが視野のどの領域に属するかを判定し、レイごとに詳細度を設定する。この詳細度に従い、計算量に強く影響を及ぼすレイの数、物体のポリゴン数を制御することで計算量の削減を図る。

2 人間の視野 [3]

真正面の 1 点を注視した状態で、はっきりしなくても見える範囲を視野という。人間の視野は視線方向との間の角度で例えられる。

人間の視野は、視力特性などの機能面と情報探索特性から、中心視野、周辺視野に分類できる。中心視野は眼球運動だけで注視、瞬時に情報受容ができる領域である。また、周辺視野は識別能力が低下するが、視覚情報に基づく主観的な空間座標系に影響を及ぼし、臨場感などの心理的な効果が引き起こされる領域である。視野の広さは個人差はあるが、日本人の平均では上方約 $\frac{1}{3}\pi\text{rad}$ 、下方約 $\frac{7}{18}\pi\text{rad}$ 、鼻側約 $\frac{1}{3}\pi\text{rad}$ 、耳側約 $\frac{5}{9}\pi\text{rad}$ の範囲となっている (図 1)。

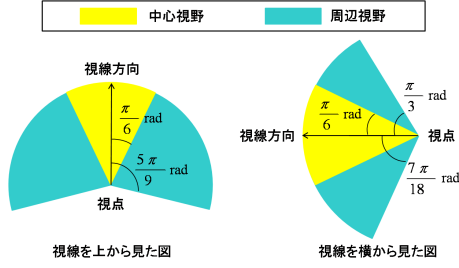


図 1: 中心視野・周辺視野

3 提案手法

3.1 概要

本研究では、没入型ディスプレイでの人間の視野を利用したレイトレーシング法の詳細度制御手法を提案する。先行研究として、松本ら [4] は、人間の視野を利用し、物体の位置と距離によって詳細度を定めることで計算量の短縮を図っている。しかしながら、レイトレーシング法では反射・屈折の表現があり、松本らの手法ではこれに対応できない。よって、本手法では、視点から発せられるレイが視野のどの領域に属するかを判定し、レイごとに詳細度を設定する。これにより、反射・屈折の表現に対応する。また、レイトレーシング法ではレイの数、物体のポリゴン数が計算量に強く影響を及ぼす。両者を詳細度により制御することで計算量の削減を図る。さらにレイトレーシング法の高高速化手法であるバウンディングボリューム階層を適用することでさらなる高速化を図る。

3.2 前提条件・前処理

3.2.1 プログレッシブメッシュ

本手法では、レイごとに詳細度を設定するので、画素間で詳細度の違いが生じ、画素ごとにポリゴン数が異なる物体を表示することになる。できるだけ画素間の物体の差を少なくするために、本手法ではメッシュの連続的多重解像度表現であるプログレッシブメッシュ [5] を用いる。

3.2.2 バウンディングボリューム階層

既存のレイトレーシングの高速化手法は多く存在し、それらを導入できればより高速化を図れる。本手法では物体ごとにポリゴン数を変化させるので、物体ごとに構築可能であり、計算量の大幅低減を期待できるバウンディングボリューム階層 (BVH: Bounding Volume Hierarchy) [6] を適用する。この BVH の構築を前処理として行う。

3.3 詳細度制御法

3.3.1 詳細度の決定

詳細度は視点から放たれるレイごとに設定する。また、視点から放たれるレイから反射・屈折によって生成されるレイには、視点から放たれるレイと同じ詳細度を設定する。

操作者の視点位置と視線方向の情報によって、画素 i を通るレイ R_i の詳細度 $level_i$ を決定する。まず、図 2 に示す二つの角度 $m_{\alpha,i}$ と $m_{\beta,i}$ を視線方向とレイの方向ベクトルから求める。次に、 R_i が中心視野、周辺視野、視野外のどの領域に属するかを判定する。

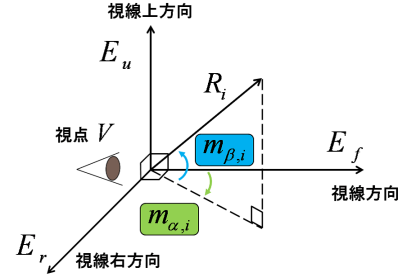


図 2: 視線方向とレイの間の角度

ワールド座標系における R_i の方向ベクトル D'_i を、視点 V を原点、視線方向、視線右方向、視線上方向を軸とするローカル直交座標系のベクトル $D_i(d_{i,f}, d_{i,r}, d_{i,u})$ に変換する。ここで、視線方向を示す単位ベクトルを E_f 、視線右方向を示す単位ベクトルを E_r 、視線上方向を示す単位ベクトルを E_u とする。このとき、 D_i は式 (1) ~ (3) で求まる。

$$d_{i,f} = E_f \cdot D'_i \quad (1)$$

$$d_{i,r} = E_r \cdot D'_i \quad (2)$$

$$d_{i,u} = E_u \cdot D'_i \quad (3)$$

以上で求めた D_i から、 R_i に対する左右の角度 $m_{\alpha,i}$ と上下の角度 $m_{\beta,i}$ はそれぞれ以下の式で求まる。

$$m_{\alpha,i} = \cos^{-1} \left(\frac{d_{i,f}}{\sqrt{d_{i,f}^2 + d_{i,r}^2}} \right) \quad (4)$$

$$m_{\beta,i} = \begin{cases} \cos^{-1} \left| \frac{d_{i,f}}{\sqrt{d_{i,f}^2 + d_{i,u}^2}} \right| & (d_{i,u} \geq 0) \\ -\cos^{-1} \left| \frac{d_{i,f}}{\sqrt{d_{i,f}^2 + d_{i,u}^2}} \right| & (d_{i,u} < 0) \end{cases} \quad (5)$$

2 節に基づき、求めた $(m_{\alpha,i}, m_{\beta,i})$ から、 R_i が視野のどの領域に属するかを決定する。まず、 α, β を軸とした直交座標系における原点から点 $(m_{\alpha,i}, m_{\beta,i})$ までの距離 l_i を以下の式で求める (図 3)。

$$l_i = \sqrt{m_{\alpha,i}^2 + m_{\beta,i}^2} \quad (6)$$

次に点 $(m_{\alpha,i}, m_{\beta,i})$ を通り、原点、周辺視野と視野外の境界を両端とする線分の長さ L_i を式 (7) で求める。

$$L_i = \begin{cases} \sqrt{\frac{(\frac{5\pi}{9})^2 m_{\alpha,i}^2 + (\frac{\pi}{3})^2 m_{\beta,i}^2}{m_{\alpha,i}^2 + m_{\beta,i}^2}} & (m_{\beta,i} \geq 0) \\ \sqrt{\frac{(\frac{5\pi}{9})^2 m_{\alpha,i}^2 + (-\frac{7\pi}{18})^2 m_{\beta,i}^2}{m_{\alpha,i}^2 + m_{\beta,i}^2}} & (m_{\beta,i} < 0) \end{cases} \quad (7)$$

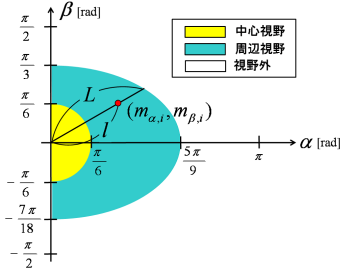


図 3: α, β を軸とした直交座標系

以上で求めた値から R_i は, $l_i \leq \frac{\pi}{6}$ の場合は中心視野内, $\frac{\pi}{6} < l_i < L_i$ の場合は周辺視野内, それ以外なら視野外とする. R_i が属する領域に従い, 詳細度 $level_i$ を以下の式で求める.

$$level_i = \begin{cases} 1.0 & (l_i \leq \frac{\pi}{6}) \\ \frac{L_i - l_i}{L_i - \frac{\pi}{6}} & (\frac{\pi}{6} < l_i \leq L_i) \\ 0.0 & (L_i < l_i) \end{cases} \quad (8)$$

3.3.2 レイの本数・物体のポリゴン数の制御

レイは交差する反射・屈折により最大 2 方向に分岐する. 反射・屈折の回数を n とすると, 1 本のレイから生成されるレイの数は最大 $2^{n+1} - 2$ となる. このことから, レイの本数は反射・屈折の回数に強く依存していることがわかる. よって, 本手法では反射・屈折回数を削減することでレイの本数を制御する. R_i の最大反射・屈折回数 $Reflect_i$ は以下の式で求める.

$$Reflect_i = level_i \times Reflect_{max} \quad (9)$$

このとき, $Reflect_{max}$ は全てのレイにおける反射・屈折回数の最大値である. また, 操作者にとって視野外の領域はほぼ見えないので, $level_i = 0$ の場合はレイの追跡を行わず, 画素 i には背景色を設定する.

同様に物体のポリゴン数によって交差判定の回数が大きく変わることから, 詳細度によってポリゴン数を制御する. 物体 $O_j (j = 1, 2, \dots, n)$ のポリゴン数 N_j は以下の式で求める.

$$N_j = level_i (N_{j,max} - N_{j,min}) + N_{j,min} \quad (10)$$

このとき, $N_{j,max}, N_{j,min}$ はそれぞれ O_j の最大ポリゴン数, 最小ポリゴン数である.

3.3.3 アルゴリズム

本手法による詳細度制御付きレイトレーシング法のアルゴリズムを以下に示す.

- Step 1: 操作者の視点位置と視線方向を取得する.
- Step 2: 画素 i を通るレイ R_i の詳細度 $level_i$ を求める (3.3.1 節). このとき, $level_i = 0$ なら, 以降の Step を行わず画素 i に背景色を設定する.
- Step 3: $level_i$ に従い, 式 (9) により R_i の最大反射・屈折回数 $Reflect_i$ を決定する.
- Step 4: レイ R_i の追跡を開始する. このとき, レイと交差判定を行う物体は式 (10) によってポリゴン数を制御する.
- Step 5: 交差する物体がある場合, 輝度値を求める. ない場合は追跡を終了する.
- Step 6: 反射・屈折がある場合, 反射・屈折方向に詳細度を $level_i$ とするレイを生成し, Step 4~6 を行う. 反射・屈折がない場合, または反射・屈折回数が $Reflect_i$ を超える場合は追跡を終了する.

以上の Step 2~6 を, 全ての画素に対して行う.

3.4 特徴

本手法では, 人間の視野に従い詳細度を決定するため, 操作者の注視している領域では詳細に, 意識があまり向いてない領域では簡略に物体を表示している. この詳細度制御によって, レイトレーシング法の計算量に強く影響を及ぼす交差判定の回数を減らしている. また, レイごとに詳細度を設定しているため, 反射・屈折による表現に対しても適切な詳細度制御を行っている. 一方で, 本手法ではプログレッシブメッシュを前提としており, 事前の準備が必要である. さらに, レンダリング速度を上げるために BVH を構築しているため, 前処理時間を要する.

4 実装

4.1 実装環境

提案手法の実装には中央大学に導入されている CAVE システムを使用する. 中央大学の CAVE システムは, 前面, 右面, 下面の 3 面スクリーンで構成される没入型立体視ディスプレイである. ユーザは時分割液晶シャッタ立体視メガネを利用することで立体視が可能となる. また, トラッキングセンサによって操作者の視点位置や視線方向が測定される. さらに, スクリーン各面の計算, 表示に PC を 2 台ずつ, 合計 6 台使用する. PC の環境を表 1 に示す.

4.2 実装準備

本研究では, 頂点数 2904, ポリゴン数 5804 の 3 角形ポリゴンモデルである, cow モデルを配置した仮想空間を描画することで描画時間を測定する. また, 中心視野内に存在する物体の数や鏡面物体の有無が提案手法による処理時間に影響を及ぼすと考えられる. そこで, 鏡面物体を各スクリーンに均等に映るように配置したシーン (シーン A), 拡散物体を各スクリーンに均等に映るように配置したシーン (シーン B), 鏡面物体を正面スクリーンにのみ

表 1: 実装環境

PC	HP xw9300 Workstation(6 台)
CPU	2.59GHz (Dual Core AMD Opteron(tm) Processor 285)
Memory	4.00GB RAM
Graphics card	NVIDIA Quadro FX 4500
OS	Microsoft Windows XP Professional x64 Edition

映るように配置したシーン (シーン C), 拡散物体を正面スクリーンにのみ映るように配置したシーン (シーン D) の 4 つのシーンを用意する. また, 各シーンは, 物体数が 8, 光源が 1 つ (点光源), ピクセル数が $256 \times 256 \text{pixels} \times 6$ 枚, $Reflect_{max} = 3$, $N_{j,max}(j = 1, 2, \dots, 8) = 5804$, $N_{j,min}(j = 1, 2, \dots, 8) = 500$ である.

4.3 実行結果

視線を正面スクリーンに向けた状態 (状態 1) と下面スクリーンに向けた状態 (状態 2) の時にシーン A を描画した風景を図 4, 5 に示す.

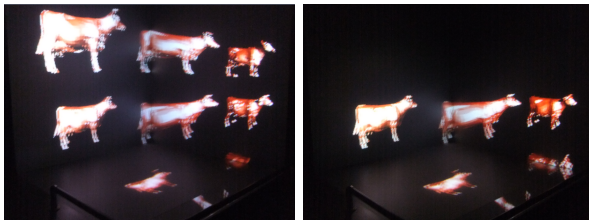


図 4: シーン A, 状態 1 図 5: シーン A, 状態 2

4.4 評価・考察

図 4, 5 から視野外の領域は物体が表示されず, 背景色が表示されていることが分かる. 一方で, 中心視野内の物体は詳細に表示されていることが分かる.

提案手法を適用した場合と適用しない場合 (通常表示) の描画時間を表 2 に示す. 表 2 から状態 1 よりも状態 2 の時の方が描画時間は少ないことが分かる. このことにより, 中心視野外の領域における計算量を削減できたと言える. また, シーンごとに比較すると, 中心視野外に鏡面物体が存在する場合の方が描画時間の削減率が高いことが分かる. このことから, 提案手法を適用した場合, 鏡面物体が多いシーンの方が中心視野外での描画時間の削減率が高いと言える. さらに提案手法と通常表示を比較すると, 最小で通常表示の描画時間の約 27.8% で描画しており, 操作者の視線方向によっては提案手法を用いることで描画時間を短縮できると言える. 一方で物体が各スクリーンに均等に映っている場合の描画時間が通常表示よ

りも大きい. これは物体が各スクリーンに均等に映っている場合, ポリゴン数の変化が大きい物体が多く存在し, ポリゴン数の制御に時間を要したためであると考えられる. よって, 視野による物体のポリゴン数の制御に関しては, アルゴリズムの改良が必要であると言える.

表 2: 描画時間 [s/frame]

	A	B	C	D
提案手法 (状態 1)	2.078	1.109	0.859	0.484
提案手法 (状態 2)	0.751	0.547	0.243	0.203
通常表示 (平均)	1.641	0.969	0.875	0.532

5 結論

本研究では, 没入型立体視ディスプレイでのレイトレーシング法の計算の高速化を行うために, 没入型ディスプレイでの人間の視野を利用したレイトレーシング法の詳細度制御手法を提案した. 提案手法を CAVE で実装し, その有効性を検証した結果, 提案手法を適用することにより, 描画時間を適用しない場合の最大約 70% 削減できることを示した. また, 提案手法は鏡面物体が多いシーンに対して特に有効であることを示した.

今後の課題として, 物体の数や性質, 光源の数が異なるシーンでの描画時間の追加検証, アンケート調査による見目の違和感の評価, さらなる高速化を図るための物体のポリゴン数の制御法の改善や GPU の利用が挙げられる.

参考文献

- [1] Cruz-Neira, C., Sandin, D.J., DeFanti, T.A., Kenyon, R.V., and Hart, J.C., "The CAVE: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment", Communications of the ACM, Vol.35, No.6, pp.65-72, 1992.
- [2] Whitted, T., "An Improved Illumination Model for Shaded Display", Communications of the ACM, Vol.23, No.6, pp.343-349, 1980.
- [3] 三橋 哲雄, 畑田 豊彦, 矢野 澄男, "画像と視覚情報科学", コロナ社, 2009.
- [4] 松本 哲也, 牧野 光則, "視野特性を考慮したポリゴンモデルの詳細度制御と高速表示", 芸術科学会 第 21 回 NICOGRAPH 論文コンテスト 論文集, pp.31-36, 2005.
- [5] Hoppe, H., "Progressive meshes", Proc. of ACM SIGGRAPH '96, pp.99-108, 1996.
- [6] Rubin, S.M., Whitted, T., "A 3-Dimensional Representation for Fast Rendering of Complex Scenes", ACM SIGGRAPH Computer Graphics, Vol.14, Issue 3, pp.110-116, 1980.

高分子材料の粗視化 MD シミュレーションの探索的可視化

萩田 克美

防衛大学校

目的: タイヤゴム材料などのナノ粒子を充填した高分子材料の研究においては、環境問題を踏まえ、燃費性能・ブレーキ性能などのマクロな性質とナノ粒子と高分子の界面における詳細な振る舞いとの関係に、非常に興味を持たれている。マクロな性質を明らかにする大規模な粗視化分子動力学(MD)シミュレーションの結果の中から、興味のある部分(ROI)を探索的(immersive)に可視化することで、ナノ粒子と高分子鎖の特徴的な振る舞いを見出し、メカニズムの解明や次世代材料の設計指針を得たいと考えている。そのために、我々は、AVS/Express シリーズを用い、ナノ粒子が充填された高分子材料の可視化技法とその応用についての検討を行っている。特に、高分子材料の延伸破壊のシミュレーションでは、体積膨張によるボイド形成のために複雑な3次元構造をとるので、その空間認知が問題になる。本研究では、没入型3次元可視化装置 CAVE を用いることで、シミュレーション空間内を探索し、ROI を見つけ出し、例えば、ナノ粒子に結合された高分子の特徴的な振る舞いを、詳細に観察する仕組みを実現することが目的である。

典型的なタイヤゴム材料では、図1に示すように、毛糸のように絡み合う高分子鎖の中に、直径が数十 nm~百 nm のナノ粒子が体積分率 20%の割合で、おおそ無秩序に配合されている。最近の我々の研究により、このような“簡単な描像”を再現した粗視化シミュレーションで重要な性質の説明が見つかることが分かってきた。(1本の高分子鎖を、直径 0.7nm 程度の球が約 1000 個つながったもので表現し、ナノ粒子と多数本の高分子を互いに絡み合わせた系を用いる。)また、長年のタイヤゴム材料の実験的研究から、ナノ粒子の一部を、従来のカーボンブラックからシリカ粒子に置き換えることで、飛躍的に燃費性能が向上することが発見され、応用されている。両者の最大の違いは、図2に示すように、ナノ粒子と高分子の間の結合の有無である。この結合のために、高分子とナノ粒子の動きが変わることは想像に難くない。この詳細挙動の可視化検討が望まれている。

方法: 高分子の粗視化 MD シミュレーションでは、複雑なポテンシャル関数を用いることなく、互いに交差しない紐状の高分子鎖を実現している。(図1参照)紐状の高分子鎖は、排除体積をもつ粒子と、それをつなぐバネで構成される。粒子のポテンシャルは、距離の関数 $U_p(r)$ で与え、バネは、距離の関数 $U_{\text{spring}}(r)$ で与える[1]。

$$U_p(r) = \begin{cases} \frac{1}{2} \epsilon \left(\frac{r}{\sigma} \right)^{12} - \frac{1}{2} \epsilon \left(\frac{r}{\sigma} \right)^6 & r < 2.5 \sigma \\ 0 & r \geq 2.5 \sigma \end{cases} \quad U_{\text{spring}} = \frac{1}{2} k_0 \left(1 - \frac{r}{R_0} \right)^2$$

ここで、 σ は粒子の大きさの指標、 ϵ は相互作用の強さ、 k_0 はバネ定数、 R_0 はバネの最大値である。また、動力学は、温度に応じたブラウン運動に対応したランダム力を与えることで、実現している。シミュレーションの実施では、小規模な系は、“ソフトマテリアルのための統合化シミュレータ OCTA” の粗視化 MD プログラム cognac[2]を用い、超大規模な系は、各アーキテクチャーや粗視化モデルに応じて最適化可能な独自開発の超並列コード[3]を用いている。

AVS/Express での可視化は、非構造格子(UCD)形式のデータを、球とチューブで表示している。この系では、粒子間のボンドの長さが重要な意味を持つので、ボンドへの色付けが重要であり、その実装をした。また、シミュレーション空間を自由に探索し、特徴的な振る舞いをしている領域(ROI)を見つけ、詳しく観察する方法を検討した。

超大規模系の計算結果の中から ROI の探索をするためには、丸ごと可視化とその断層(スライス)的表示が効果的である。計算結果から可視化画像生成は図3に示す流れで行われる。データのフィルタリングを可視化ソフト内で行うことが、大規模な系の中を自由に探索しながら可視化を行うには有効である。そのために、我々は、並列可視化に対応した AVS/Express PST, PCE 版を用いて、並列処理と並列データ構造の検討を行った[4]。図4に示すように、大規

模系の ROI の候補を絞り込みの後に、CAVE 内で詳細な挙動を観察するために、AVS/Express MPE を用いた CAVE 可視化を行った。

結果: AVS/Express を用いて、可視化した結果を図5に示す。ここで、ナノ粒子は、白い球とボンドで表示している。

(ナノ粒子は、計算コストを下げるために、正20面体フラーレン構造の中空球でモデル化し、中身が詰まった場合と力学的に等価になるようにパラメータを調整している。)また、高分子鎖は、ボンドの長さに応じて色付けを行った。AVS/Express では、ネットワークのプログラミングにより、系全体の計算結果から自由にフィルタリングを行うことができるため、スライス像を簡単に可視化し、スイープや回転等の操作を行うことが可能である。このような可視化から、ナノ粒子と結合した高分子の挙動の特徴的な部分の検出や詳細の観察が容易になる。

次に、超大規模なデータをスムーズに扱うために、並列可視化に用いる並列データ構造の検討を行った。面構造をもつ可視化対象では、並列処理のために空間分割した場合の境界に位置する面の描画が課題となる。しかしながら、高分子系のデータの場合、点と線(球とチューブ)であり、面を含まず、その課題に悩む必要はない。加えて、我々の可視化では、大規模な空間の中から、ROI を探索するために、部分的に切り出した空間の描画を行うことが多い。それらを踏まえ、処理の高速化のために、並列データの持ち方を工夫することが、操作性のポイントとなる。本データについて、局所的な可視化の性能バランスを高めるためには、面を含むデータ行われる単純な空間分割(図6a)ではなく、小さい領域に分割(図6b)した方が良い。ここで、各ノードが担当するデータの配置に注意すべきである。小領域に分割後、並び順に番号をふると、スライス面を切り出したときに、各ノードが担当するデータの大きさの偏りが大きくなる。素朴には、ランダムであれば偏りの軽減が可能であることが容易に思いつく。単純にランダムとした場合には、データの操作性を下げる上に、偏りの最大値が大きくなる可能性もある。そこで、疑似乱数生成の考えに立ち戻り、周期の短い疑似乱数に相当するように、規則的な操作によって、番号並びを変える方法により、スライス操作での偏りの最大値を抑制することとした。結果として、スライス切り出した面の回転時のフィルタリング後のデータ量のインバランスを抑えることができた。加えて、東京大学の AVS/Express PST (64 並列) を用いて、最大約 11 億ポリゴンの大規模データの高精細な描画の可能性と、描画時間について評価した。その結果を表1に示す[4]。大域的な探索のためには、line のみの表示とすることで、高速処理できることがわかる。この場合、並列化のデータ分割をしたことによるオーバーヘッドのために、並列版の方が、性能が悪い。一方で、球やチューブをレンダリングした場合には、並列化の効果が顕著である。特に、球の分割数を大きくした場合には、単一ノードではメモリ不足で処理不能となり、描画速度のみならず、並列化によるメモリ分散という効果も得られる。

CAVE を利用した没入型3次元可視化では、視点の動きに追従した描画を行うため、単純な3次元立体視よりも、没入(immersive)型の可視化により、高い臨場感が得られ、利用者の空間認知の支援に有効であると考えられる。本研究では、大阪大学の CAVE を用いて可視化技法の検討を行った。AVS/Express MPE を用いて、デスクトップの AVS/Express からのシームレスな可視化を行った。本研究においても、他の分野での研究と同様に、高い没入感が得られた。可視化技法の検討の過程で気がついたことであるが、CAVE での表示においては、高精細な可視化よりも、比較的色彩の少ないライン表示の方が迫力ある空間認知ができた。ライン表示では、本来見えない部分の一部が見えるため、3次元構造の概略をうまく把握することができたためと考えられる[5]。このことから、忠実に拘らずに補足情報を加える方向の可視化技法の発展も今後の課題である。AVS/Express シリーズでは、共通の可視化した操作で可視化ができるため、可視化に対する苦労はないが、円滑なデータ処理のために、ROI でデータを切り出しておくことが望ましい。

これらの可視化による検討では、AVS/Express シリーズを用いることで可視化は容易に実現できるが、(可視化対象の回転、拡大、スライス面のスイープ、回転角、回転中心の設定などの)可視化対象の表示上の加工に関する操作性

は十分に良いとは言えない。そこで、我々は、iPadやWiiリモコンなどの位置情報取得と通信機能をもったデバイスを利用した“広い意味での可視化技法”を開始した。この位置情報を、AVS/Expressのモジュールが取り込み、表示に反映させる考えである。加えて、我々は、位置取得情報を基に、高度可視化を伴うインタラクティブなシミュレーションが可能であると考えている。その初めの第一歩として、AVS/Expressを用いて実現するためのフレームワークの検討として、もっとも単純な2次元平面の熱伝導のシミュレーションを作成した。

高度可視化を伴うインタラクティブなシミュレーションの検討として、2次元平面の熱伝導のシミュレーションをAVS/ExpressとCプログラミングを組み合わせて作成した。(図7参照)本フレームワークでは、Cプログラムで1ステップだけシミュレーションを進め、可視化を行う繰り返しを行う。今回は、一例として、マウス位置で接触させる熱源(温度100度)の位置を、インタラクティブに与える場合を考える。実装としては、可視化画面上でのマウスクリックなどで介入データを作成し、シミュレーションの時間発展の前にそのデータを読み込む形とした。2次元マップの表示と同時に、温度の値をz軸とした3次元可視化を行う例を図8に示す。(図8では、インタラクティブにマウスでクリックしたときの熱分布を示している。)AVS/Expressを用いると、NVIDIA 3dVisionを用いた3次元立体視が容易にできることから、研究者以外への教育用コンテンツや効果的なプレゼンテーションとして、理解促進に活用できる。本検討で例題とした問題は簡単なものであるが、応用は広い。例えば、高分子材料の世界では、AFM(原子間力顕微鏡)を用いて摩擦などのフォースカーブを測定する高分子鎖の釣り上げの問題に応用できると考えている。この高分子鎖の釣り上げ実験での釣り上げ成功確率は1割程度言われている。このようなインタラクティブシミュレーションで、ゲーム感覚で成功確率を高める方法が発見できるかもしれない。

当日のデモンストレーションでは、CAVEを用いて、高分子の延伸破壊のシミュレーション結果を示し、2次元ディスプレイや3次元可視化に比べて、高臨場感で空間認知が容易であることを示すとともに、AVS/Expressを用いたインタラクティブなシミュレーションのフレームワークについて、紹介する予定である。

結論: AVS/Expressを用いて、ナノ粒子充填高分子材料の粗視化分子動力学法のシミュレーション結果の可視化技法についての検討を行った。デスクトップ可視化の検討から始め、超大規模なデータに対する並列可視化の検討、および、CAVEを用いた没入型可視化も検討した。これらの検討から、シミュレーション研究者のみならず、実験研究者の設計指針の検討や一般の方への理解促進への活用が期待される。加えて、ユーザー・インターフェース・デバイスを用い、可視化対象やスライス面などの操作性を上げることで、シミュレーション結果の検討をより効率的に行うことができると考えられる。さらに、それらの位置情報を活用したインタラクティブなシミュレーションのフレームワークをAVS/Expressを用いて構築した。今後、これらの成果を、他の高分子系(図9)に限らず、様々な系に発展させる考えである。また、AVS/Expressでは、複数のデータを自在に扱うことができることから、解析や理解に役立つ高度な可視化技法やプレゼンテーションの検討を深めていく考えである。(図10では、結晶軸での投影断面を表示しつつ立体的な質感を持つような可視化の検討例である。)なお、本研究は、平成22年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究の公募型共同研究の一部として行われた検討成果を含んでいる。

<文献>

- [1] K. Kremer and G. S. Grest: J. Phys. Chem. 92 (1990) 5057-5086.
- [2] <http://octa.jp/>
- [3] 萩田:「フィラー充填高分子の延伸破壊の大規模MDシミュレーション」次世代スーパーコンピューティングシンポジウム2010、神戸(2011.1)他
- [4] 幸谷、黒木、萩田:「高分子系粗視化MDの大規模・高品質可視化手法の検討」次世代スーパーコンピューティングシンポジウム2010、神戸(2011.1)
- [5] Private communication (JAMSTEC 荒木GL)

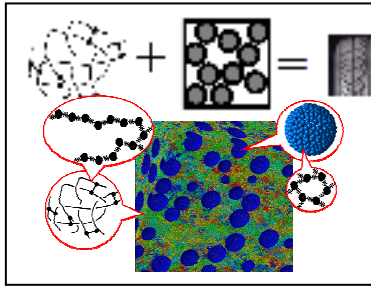


図.1 高分子材料の粗視化模型

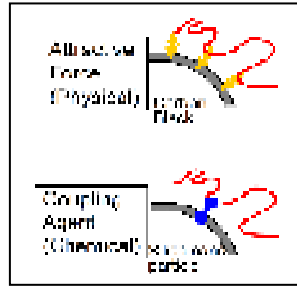


図.2 ナノ粒子の結合様式



図.3 可視化処理の流れと大規模対応

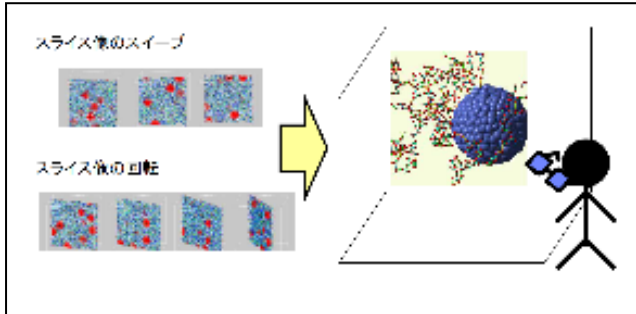


図.4 超大規模データからの ROI 探索の流れ

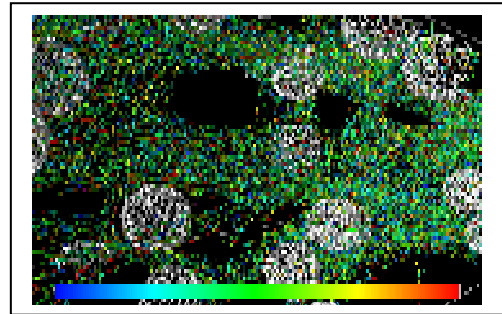


図.5 ナノ粒子充填高分子材料の可視化

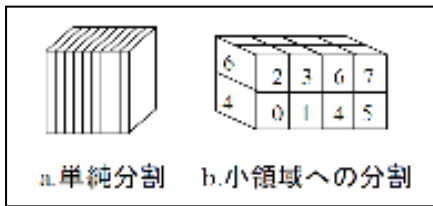


図.6 超大規模データの空間分割イメージ

	Div=50	Div=24	Div=8	球表示なしline表示
Software	×	×	27.4秒	2.3秒
OpenGL	×	×	37.2秒	2.0秒
MPU	438秒	89秒	13.6秒	3.5秒

×は、単一計算機でのレンダリングのため、メモリ不足。

表.1 並列化版 AVS/Express での描画時間

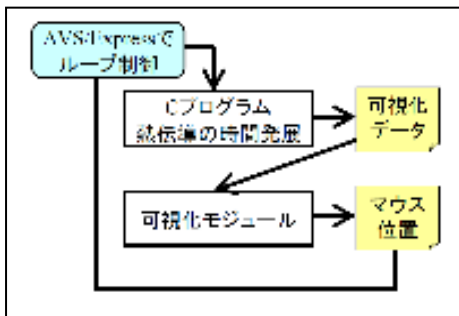


図.7 インタラクティブ計算の流れ

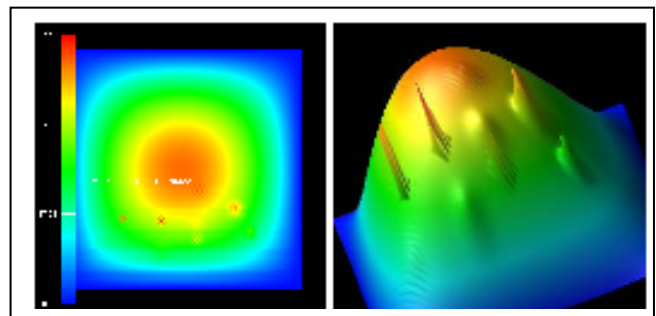


図.8 2次元マップと3D可視化の同時表示

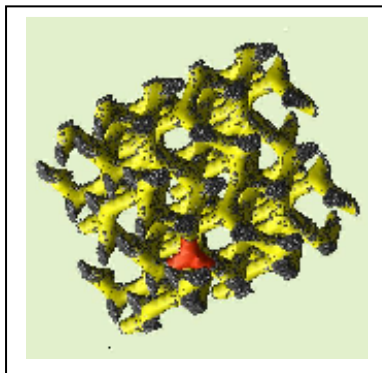


図.9 ダブルジャイロイド構造

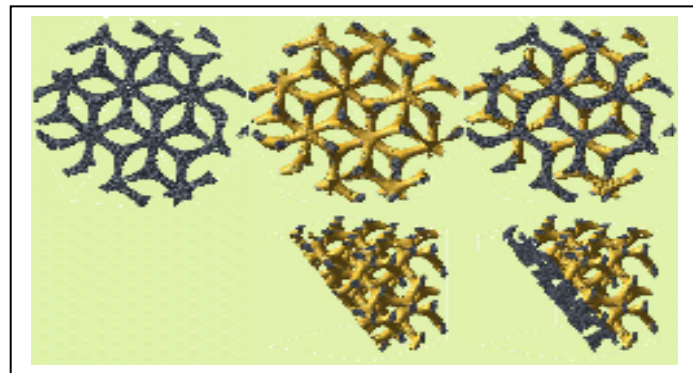


図.10 ダブルジャイロイド構造の可視化の工夫

メディアアートの研究と作品

渋谷 千鶴、白濱 芽衣、羽太 謙一

女子美術大学芸術学部メディアアート学科

プラネタリウム映像の制作: 渋谷 千鶴

相模原市立博物館の依頼を受けて、プラネタリウムで上映する全天周アニメーション映像を制作した。制作にあたっては、テスト上映を繰り返して画面サイズ、ゆがみ補正、注視エリア等を研究しながら作品化した。(図1)

media**bag: 白濱 芽衣

ウェアラブルなコンピュータボードをもちいた、温度を表示するトートバッグ、動きを表示するトートバッグの制作事例を報告する。マイクロコンピュータとセンサー、LED 間は導電糸を用いて刺繍し、電源スイッチにはホックを利用した。(図2)

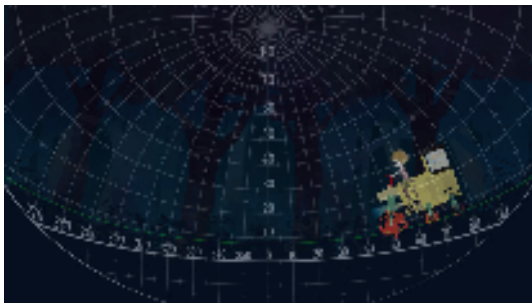


図.1 ゆがみ補正を行った映像



図.2 温度を表示するトートバッグ

MediaArtConstructionKit: 羽太 謙一

C/C++のプログラミングを通してメディアアートを制作する授業の教材として、オープンソースをベースにしたフレームワークを MediaArtConstructionKit としてまとめ、Kit を使用した参考作品を制作した。今回は、OpenCV を使用したリアルタイム顔認識、デプスカメラを使用した物理モデルのコントロール、マーカ認識を利用したリアルタイム音響合成のコントロールの事例を報告する。(図3、4)

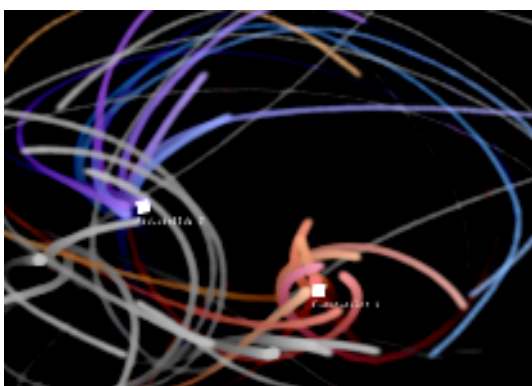


図.3 リアルタイム音響合成のデモ

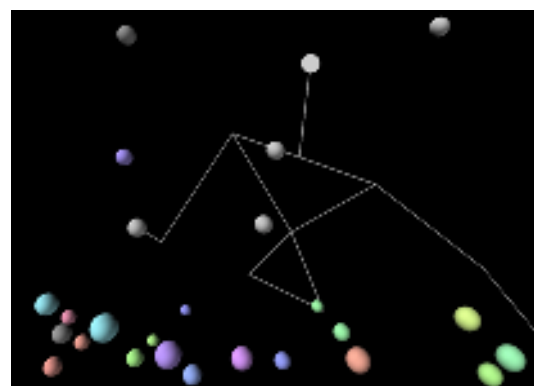


図.4 デプスカメラのデモ