

機関番号：34506

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19700122

研究課題名（和文） リアルタイム干渉判定機能を有した没入型VRシステムにおける
設計支援環境の構築研究課題名（英文） Construction of Design Support System with Real-time Interference
Detection Function in Immersive Virtual Reality Environment

研究代表者

田村 祐一 (Yuichi TAMURA)

甲南大学・知能情報学部・准教授

研究者番号：50311212

研究成果の概要（和文）：

非常に大きな装置を設計・製造するとき、特にすでに完成された構造物に新たに部品を追加するとき、部品同士が干渉するか否かを事前に把握しておくことは非常に重要なことである。近年様々な分野で利用されている 3D CAD などに干渉判定を自動的に行ってくれるものもあるが、3 次元的に構造を把握できるわけではないので、十分に干渉を理解できない。そこで、本研究ではバーチャルリアリティシステムを利用したバーチャル空間内にバーチャル組み立てシステムを構築した。本システムではユーザーが立体視しながら 3 次元構造を把握できるとともに、ポリゴン単位でのリアルタイム衝突判定機能をつけ、高精度・高速での衝突判定機能のある組み立て支援システムを構築した。

研究成果の概要（英文）：

When we design and construct a large-scale device, it is very important to confirm the interference among its parts. We might need to confirm not only the interference among the parts that are designed at the start but also the interference with some parts that are added after construction. However, sometimes even on using 3D CAD, we cannot detect the interference or the collision among parts, particularly when these parts form a complex 3D shape. On the other hand, virtual reality devices have been used in various fields such as design support systems; however, real-time collision detection among complex parts has been difficult to achieve. We constructed a system that can detect collision and interference in real time in a virtual reality system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,000,000	0	1,000,000
2008 年度	600,000	180,000	780,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,500,000	450,000	2,950,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 メディア情報学・データベース

キーワード：

バーチャルリアリティ, 没入型ディスプレイ, 衝突判定, 設計支援, 温度感覚ディスプレイ

1. 研究開始当初の背景

近年、様々な産業分野で直感的に全体を見渡すことができる利点のある 3 次元 CAD の利用が一般的になってきた。一方で、さらに直感的な設計方法が模索されており、CAVE に代表される没入型バーチャルリアリティ (VR) 装置を利用した設計の試みも様々な分野で行われ始めている。設計に VR システムを使う主たる目的は、2 次元で表示されているイメージを 3 次元空間に拡張し、より自然に物体形状を理解しようとするところにある。しかし、高度な設計での VR の利用を考えた場合、3 次元で観察できるのみでは実用的でない。なぜなら、形状を観察するだけでは 3 次元 CAD を補完するだけにとどまり、あえて VR 技術を利用する理由が少ないからである。設計に VR を有効に利用するためには、直接 3 次元空間内で設計作業を行い、試作モデルを作成する環境を構築することや、空間的な部品の移動を模擬する必要がある組み付け行程を表現することなど、立体空間ならではの作業を模擬することが重要となってくる。前者の 3 次元空間内での設計に関しては様々な研究が報告されているが、後者についてはほとんど報告がない。一方、核融合研究では、大規模な装置を 10 年単位の年月をかけ建設していく。また、構築された装置に様々な装置を組み付け、性能向上を行う研究もまた 10 年単位で行われる。このようなシステムでは、設計時に後に設置される装置を全て把握することは不可能であるため、組み付けシミュレーションが初期設計と同程度に重要となってくる。そこで、本研究では、核融合炉設計を主たる題材として、部品組付け工程を模擬可能な環境の構築を目的とする。特にリアルタイムで精度の高い衝突・干渉判定機能を有したシステムを構築してい

く。

2. 研究の目的

本研究課題では、没入型 VR システムに凹多面体の干渉判定および干渉解消可能なポリゴンベースの衝突・干渉判定エンジンの開発および、設計支援システムの構築することを目的とした。

ポリゴンベースの衝突・干渉アルゴリズムの従来研究は凸多面体同士の干渉を扱ったものであり、非凸形状の干渉を考慮していない、もしくは非凸形状のオブジェクトを凸形状オブジェクトに分割し、干渉計算を行ったものである。一方で現実のモデルはほとんどが非凸オブジェクトであり、凸多面体同士の干渉計算手法だけでは厳密な解が得られないという問題がある。そこで、非凸オブジェクトの干渉であっても処理可能であり、かつ没入型 VR 装置でも利用可能な速度で判定可能なエンジンの構築を行う。さらには、実利用可能なシステムの構築のため、様々なインターフェイスの開発を行った。

3. 研究の方法

1) ポリゴンベースの衝突・干渉判定エンジンの構築

ポリゴンベースの干渉判定エンジンの構築を進める。衝突判定エンジンは、これまで、すでに様々な研究成果が発表されており、計算速度の向上が進められてきた。この部分のアルゴリズムを最初から構築するのは非効率であるため、予備的実験において、モデルの形状によるばらつきが少なく、比較的安定した結果が得られた Lin-Canny アルゴリズムを用いた SWIFT++ をベースとして構築する。

2) オブジェクト形状前処理アルゴリズムの構築

ポリゴンベースの干渉判定エンジンは OpenGL 等の描画エンジンと親和性が高いという利点がある反面、干渉を適切に行うために様々な前処理を行う必要がある。特に、高速に衝突判定を行うには構成している全てのポリゴンが閉じていることが条件となる。しかし、三次元 CAD 等から直接データを読み込んだ場合、全てのポリゴンが閉じておらず、重複頂点や重複している辺を適切に除去・統合する等の前処理が必要となる。そこで、前処理をある程度自動化するアルゴリズムの構築を進める。

3) 干渉判定エンジンの評価および核融合炉設計への適用

核融合炉設計への適用について、構成部品同士の干渉や、新しい部品と以前からある部品との整合性の確認を簡単に行うためのシステムを構築する。この部分については、核融合科学研究所の大型ヘリカル研究部と協力して進める。

4) 組み立て支援システムに適したインターフェイスの開発

上記システムをより利用しやすくするためのディスプレイおよび触覚インターフェイスの開発を行う。

4. 研究成果

1) ポリゴンベースの衝突・干渉判定エンジンの構築

衝突判定エンジンとしては、モデルの形状によるばらつきが少なく、比較的安定した結果が得られた Lin-Canny アルゴリズムを用いた SWIFT++ をベースとして構築して構築を進めた。特に、SWIFT++ では非凸多面体での

干渉を扱うことができず、凸多面体に分割して衝突判定を行う必要があったため、干渉を解除する精度に問題があった。そこで、本研究では非凸多面体のままで干渉深度計算が可能なアルゴリズムを開発した。開発の結果、最も遅い場合でも 0.1 秒程度の処理時間で処理を行うことができた。この処理に関しても、連続して起こるのではなく、ある瞬間に生じる現象のため、操作性に支障を与える程度ではなかった。したがって、十分実用的なシステムを構築できたと考えている。

また、本研究の最終目標である組み付け環境では、物体同士の干渉が起こった後に現実に即して、適切に干渉を解消するアルゴリズムを構築する必要があった。例えば、オブジェクト同士が衝突した場合に、オブジェクトを貫通させることによって干渉を解消する等の処理が行われては現実的ではないし、実用的でもない。そこで、このような状況が起こらない様、最短の位置から干渉を解消するといった従来の手法を用いるのではなく、干渉が起こった位置・方向を考慮した干渉深度計算アルゴリズムを構築した。

2) オブジェクト形状前処理アルゴリズムの構築

上述したように、ルゴリズムを高速に実行するためには、ポリゴン群が閉じている必要がある。また、閉じていることを保障することで、物体間に予期せずに隙間が開いているという不具合を除去することが可能となる。そこで、自動的に閉じたポリゴン群を作成可能なプログラムを作成した。

3) GPU を使った陰関数曲面による描画システムおよび衝突・干渉判定エンジンの構築

GPU の高速性を利用し、陰関数曲面を直接レンダリングする手法の検討を行ったが、

GPUのメモリの問題、また処理量の多さから、大規模なデータを処理しきれていない状況である。陰関数曲面を生成するのにまず分オーダーの時間がかかり、またリアルタイムでのレンダリングを考えると、数10万ポリゴン、数10万点の点群からなるような大規模システムへの適用をリアルタイムで行うためには、さらなるアルゴリズムの改良とハードウェアの高速化が必要であることがわかった。

一方で、組み付け支援システムにとって、リアリティの高いレンダリングよりより正確・高速な処理が求められており、レンダリングの向上よりは以下に述べるような、より直感的なインターフェイスの開発の方が重要であることがわかった。

4) バーチャル空間内のインターフェイス開発

核融合炉の中の温度勾配は非常に大きく、応用を考えた場合、温度情報を直感的に提示することは重要である。そこで、ペルチエ素子を使用した温度感覚呈示デバイスの開発を行った。特に、温度変化情報を伝える素子を独立に設けることで、高速に温度変化情報を認識させることが可能なデバイスを提案した。

また、さらに現在力覚デバイスを使って情報を直感的に入力可能なシステムの構築を進めている。

5) 角度可変没入型バーチャルリアリティシステムの開発

研究代表者の所属が変わったこと、および遠隔共有可能なシステムのプロトタイプ構築のため、角度可変没入型バーチャルリアリティシステムを考案した。本システムはスクリーン角度を自由に変更することができ、こ

れにより、実際のスクリーンよりも広い視野を得ることが可能なシステムである。これにより、様々な場所で、提案システムを利用可能となると考えられる。

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9件)

1. “Bracelet-Shaped Thermal Display for Representing Numerical Data”, Y. Tamura, S. Fujiwara, T. Umetani and H. Nakamura, Journal of Electronic Materials, 40 (5), pp. 823-829, 2011, 査読あり.

2. “Molecular Dynamics Simulation of Hydrogen Injection onto Diamond Surfaces”, H. Nakamura, A. Ito, S. Saito, A. Takayama, Y. Tamura, N. Ohno and S. Kajita, Japanese Journal of Applied Physics, 50 (01AB04), pp. 1-4, 2011, 査読あり.

3. “Haptization of Molecular Dynamics Simulation with Thermal Display”, Y. Tamura, S. Fujiwara and H. Nakamura, Plasma and Fusion Research, 5 (S2107), pp. 1-4, 2010, 査読あり.

4. “Comparison with Surfaces of Diamond and Graphite for Adsorption of Hydrogen”, H. Nakamura, A. Ito, S. Saito, Y. Tamura, S. Fujiwara, N. Ohno and S. Kajita, Plasma and Fusion Research, 5 (S2072), pp. 1-4, 2010, 査読あり.

5. “Effect of Molecular Rigidity on Micelle Formation in Amphiphilic Solution”, S. Fujiwara, T. Itoh, M. Hashimoto, H. Nakamura and Y. Tamura, Plasma and Fusion Research, 5 (S2114), pp. 1-4, 2010, 査読あり.

6. “FDTD Simulation on Plasmon in Gold Nanorod Excited by Scanning Near Field Optical Microscopy”, K. Sawada, H. Nakamura, Y. Tamura, K. Imura and H. Okamoto, Plasma and Fusion Research, 5 (S2110), pp. 1-4, 2010, 査読あり.

7. “Haptization on Numerical Simulation of Plasma”, Y. Tamura, H. Ohtani, T. Umetani and H. Nakamura, IEEE Transaction

of Plasma Science, 38 (10), pp. 2974-2979, 2010, 査読あり.

8. “没入型バーチャルリアリティシステムにおける干渉判定機能を有した設計支援環境の構築”, 田村祐一, 松本壮樹, 植木平八, 水口直紀, 電子情報通信学会論文誌D, J90-D (10), pp. 2927-2931, 2007, 査読あり.

9. “Molecular Dynamics Simulation of Micelle Formation in Amphiphilic Solution”, S. Fujiwara, T. Itoh, M. Hashimoto and Y. Tamura, Molecular Simulation, 33 (1-2), pp. 115-119, 2007, 査読あり.

[学会発表] (計 4 件)

1. “Thermal Display for Scientific Haptization of Numerical Simulations”, Y. Tamura and H. Nakamura, Proc. 16th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, pp. 261-262”, 2009.

2. “Angle-Changeable Immersive Projection Display”, Y. Tamura and H. Nakamura, Proc. 18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence, pp. 258-260, 2008.

3. “A Movable-Screen Immersive Projection Display”, Y. Tamura, A. Ito and H. Nakamura, Proc. 15th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, pp. 275-276, 2008.

4. “Construction of Virtual Assembly System with Real-Time Collision Detection”, Y. Tamura, N. Mizuguchi, S. Matsumoto and H. Ueki, Proc. 17th International Conference on Artificial Reality and Telexistence, pp. 284-285, 2007.

[図書] (計 1 件)

1, “バーチャルリアリティ学”, 第 7 章 可視化 (分担執筆: 田村), 工業調査会, pp. 286-292 (全 384 ページ), 2010

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織
(1) 研究代表者 田村祐一
(Yuichi TAMURA)

研究者番号 : 50311212

(2) 研究分担者
()

研究者番号 :

(3) 連携研究者
()

研究者番号 :