

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21700110

研究課題名（和文） 拡張現実感インタフェースと物理シミュレーションによるインタラクション技術の確立

研究課題名（英文） Study of Interaction Technology with Augmented Reality Interface and Physics Based Simulation

研究代表者

藤澤 誠（FUJISAWA MAKOTO）

筑波大学・図書館情報メディア系・助教

研究者番号：90508409

研究成果の概要（和文）：物理法則に基づくシミュレーションと拡張現実感技術を使ったインタフェースを組み合わせることで、これまで専門家でなくては使えなかった流体シミュレーションなどの技術を一般の人でも使えるようにすることを目的とし、そのための基礎技術として一般的な PC 上でも高速に実行できる物理シミュレーション手法、鏡面反射も用いた拡張現実感のための位置あわせ手法などを開発した。

研究成果の概要（英文）：Our purpose is to develop a fundamental technique that people who is not expert can make use of numerical simulations (e.g. fluid simulation) by combining physics based simulations with augmented reality interfaces. We have developed a method for real-time physics simulations with a PC and a pose estimation method using specular highlights.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

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：物理シミュレーション，拡張現実感，AR インタフェース，コンピュータグラフィクス

1. 研究開始当初の背景

物理法則に基づくシミュレーション(以下、物理シミュレーション)を用いたコンピュータグラフィクス，コンピュータアニメーションは，現実世界の現象をグラフィックスで再現するための手法として，近年盛んに研究されている。また，この物理シミュレーションをリアルタイムで実行し，デザインや手術シミュレーションなどの分野で応用されることが期待されている。しかし，これらの応用

分野では単なるコンピュータアニメーションと異なり，人間とのインタラクションが発生するため，そのユーザーインタフェースをどのように設計するかという問題が残っている。また，このインタフェースはユーザーの使いやすさだけでなくシミュレーション結果をユーザーにどのように伝えるかという点も重要となる。

我々は過去にペーパークラフトのリアルタイム組み立てシミュレーションや，ユーザ

ーに視覚的な情報だけでなく力覚的な情報も返すハプティックデバイスを用いたインタラクティブモデリングシステムなどを開発し、リアルタイム物理シミュレーションのためのユーザーインタラクションの道を探ってきたが、ユーザーに与える映像はすべてコンピュータグラフィックスで生成されるため、たとえ3次元入力可能な入力デバイスを用いても、3次元空間での奥行き感の欠如や視線方向との不一致などにより、ユーザーがその操作に違和感を感じる結果となった。

ヘアスタイリングや車のボディの設計などのデザイン分野ではデザイナーは必ずしもPC用のインタフェース(マウスやキーボードを使った入力)に熟練しているわけではなく、そういった人たちにとって、現実物体を直接接触して形状を変化させるという普段行っている作業となるべく同じ入力方法となる方がより直感的である。

2. 研究の目的

現実世界の映像と仮想世界のコンピュータグラフィックスをつなぎ合わせる手法として、拡張現実感インタフェースが提案されている。拡張現実感インタフェースは現実世界の映像を3Dコンピュータグラフィックスなどで拡張し、それをインタフェースとして応用した物であり、実際に見ている映像を元にしていないため、3次元空間での奥行きなどは非常につかみやすい。さらに拡張現実感インタフェースとしてカメラを搭載したヘッドマウントディスプレイなどが用いられており、ユーザーの視線の変化に合わせて映す映像を変化させることができる。我々は拡張現実感インタフェースと物理法則に基づいて現実世界の現象を捕らえる物理シミュレーションと融合し、新しいユーザーインタラクション技術を確立する。

3. 研究の方法

本研究ではリアルタイム物理シミュレーションと拡張現実感インタフェースによるインタラクション技術を確立するための最初のシステムとして、流体シミュレーションシステム、髪シミュレーションモデルを用いた3次元ヘアスタイリングシステムを開発する。システムは提示するグラフィックスの動作を計算する物理シミュレーション部分とそれをコンピュータグラフィックスで描画する3DAPI部分、そして、ユーザーへ情報を提示し、また、その入力を物理シミュレーション部分に渡す拡張現実感インタフェースで構成される。本研究ではリアルタイム実行のための高速なシミュレーション手法の開発と実装し、そのシミュレーションをベースとして拡張現実感インタフェースを開発

する。さらにインタフェース作成に必要な拡張現実感基礎技術も開発することで、最終的にこれらを組み合わせ、物理シミュレーションと拡張現実感インタフェースを使ったインタラクション技術の確立を目指す。

4. 研究成果

本研究では物理シミュレーションと拡張現実感インタフェースを使ったインタラクション技術の確立のために、高速なシミュレーション技術として、(1)リアルタイム流体シミュレーションシステム、(2) Super Helices に基づく対話的な髪のシミュレーションを開発し、さらに拡張現実感インタフェースのために、(3)拡張現実感インタフェースのための鏡面反射を用いた位置あわせ技術を開発した。以下でそれぞれの成果について述べる。

(1) リアルタイム流体シミュレーションシステム

複雑な流体现象(煙や炎などの気体、波や川の流れのような液体など)のCGアニメーションを作成するために流体シミュレーションが広く用いられている。本研究ではより現実感のあるCGアニメーションのために、乱流を含む流れの挙動をリアルタイムで計算する手法を開発した。

我々は粒子法による液体シミュレーションにGPUにより高速化したウェーブレット解析とウェーブレットノイズを用いることで、乱流を高速に計算する手法を提案した。バックグラウンドグリッド等を用いず近傍粒子から直接、エネルギースペクトル値を計算し、ウェーブレットノイズによる乱流速度場を追加する。さらに図1に示すようにパーティクルをサブパーティクルに分割することにより、粒子法によるシミュレーションだけでは再現できない乱れを含んだパーティクルの動き、表面を生成する手法を提案した。この手法は個々のパーティクルまで問題を分割できるためGPUでの並列処理に適したものであり、結果として30万パーティクル相当を用いた場合で8fps程度の計算速度を成し遂げた。このときの結果画像を図2に示す。

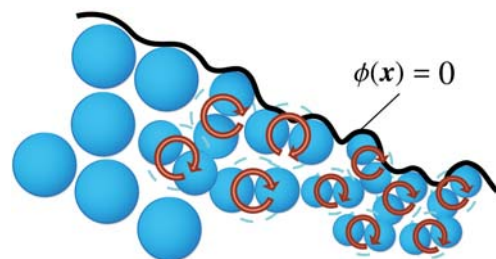


図1 サブパーティクル分割

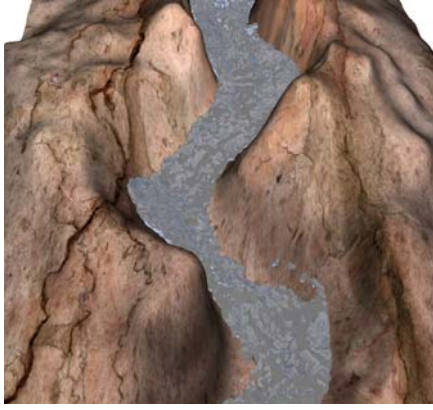


図2 乱流シミュレーション

(2) Super-Helices に基づく対話的な髪のシミュレーション

コンピュータに人間のヘアスタイルを取り込み、自在にスタイリング・モデリング可能なヘアスタイリングシステムを構築するには、現実の髪のパラメータをコンピュータに取り込み、対話的な速度で写実的な髪のアニメーションを生成し、インタフェースからの入力によってカットやパーマなどのインタラクションを実現する必要がある。

本研究ではシステムの基礎となるリアルタイム髪シミュレーションシステムを構築した。Super-Helices 法をベースに、ヘアスタイリングシステムの構築に必要とされるような、対話的な速度でカールなどの複雑なヘアスタイルも表現可能な髪のシミュレーションを実現する方法を提案した。提案法はGPUなどの並列演算機向けに最適化されており、これにより高速な実行を可能とした。

図3は従来のSuper-Helices法と計算時間を比較したグラフである。髪を離散化した際の分割数であるセグメント数が大きい際に提案手法が有効であるという結果が得られた。図4にシミュレーションした結果をCGで描画した結果を示す。カールのような複雑な形状の髪でもうまく再現できている。

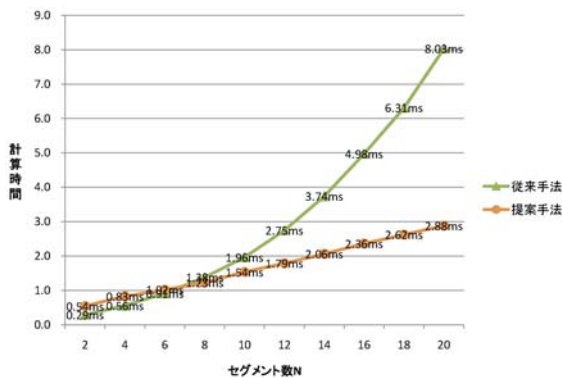


図3 計算時間の比較

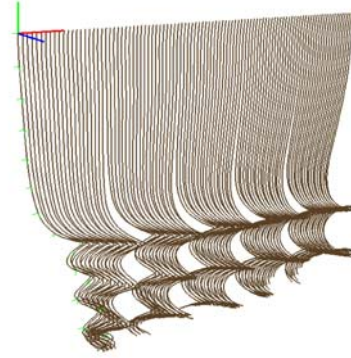


図4 レンダリング結果

(3) 拡張現実感インタフェースのための鏡面反射を用いた位置あわせ技術

拡張現実感インタフェースにおいて欠かせない基礎的な技術が位置あわせである。カメラ映像から空間における視点位置を推定する。推定された位置は3D CGを重ねて描画する際の座標値の決定に用いられる。

本研究では従来、位置推定において精度を低下させる要因の一つとされていた鏡面反射のハイライトを用いて位置姿勢推定を行う方法を提案した。前フレームの位置姿勢を用いてCGでハイライトをレンダリングし、そこから入力画像のハイライトと似たようなハイライトがレンダリングできる位置姿勢を追跡することで、カメラの位置姿勢推定を行った。CG画像を入力画像としたシミュレーション実験で、理論上位置姿勢推定が可能であることを示し、また、その精度や追跡可能な動きはそのシーンで観測されるハイライトに依存することも示した。そして、実際のビデオ映像を用いた実験結果(図5)から拡張現実感インタフェースを構築するのに十分な精度が得られることを確認した。

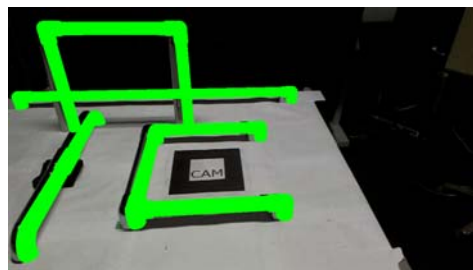
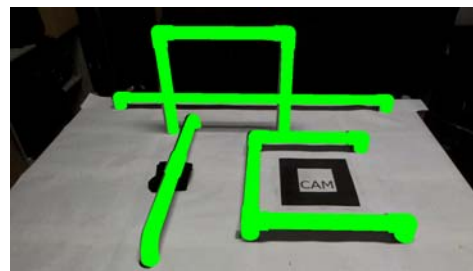


図5 ビデオ映像からのマッチング結果

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 1 件)

- ① 藤澤 誠, 三村 豪, 天野 敏之, 宮崎 純, 加藤 博一, 粒子法とウェーブレットを用いたサブパーティクルスケール乱流の高速なシミュレーション, 情報処理学会論文誌, 査読有, 53 巻 7 号, 2012.

[学会発表] (計 8 件)

- ① Makoto Fujisawa, Go Mimura, Toshiyuki Amano, Jun Miyazaki and Hirokazu Kato, A Fast Simulation Method Using SPH and Wavelet for Sub-Particle-Scale Turbulent Flow, In Proceedings of Pacific Conference on Computer Graphics and Applications - Short Papers, September 22, 2011, Kaohsiung, Taiwan.
- ② 三村 豪, 藤澤 誠, 天野 敏之, 宮崎 純, 加藤 博一, 粒子法におけるサブパーティクルスケールの乱流を考慮した液体表面生成手法, グラフィックスとCAD/Visual Computing 合同シンポジウム 2011, 2011 年 6 月 26 日, くにびきメッセ, 島根.
- ③ Makoto Fujisawa and Hirokazu Kato, LBR: A Fast Simulation Method Using SPH and Wavelet for Turbulent Flow, 20th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2010), December 2, 2010, Adelaide, Australia.
- ④ 光武 雅人, 藤澤 誠, 天野 敏之, 宮崎 純, 加藤 博一, Super-Helices に基づく対話的な髪シミュレーション, ビジュアルコンピューティングワークショップ 2010, 2010 年 11 月 26 日, 館山寺, 静岡.
- ⑤ 三村 豪, 藤澤 誠, 天野 敏之, 宮崎 純, 加藤 博一, 粒子法における乱流を考慮した流体表面の改良, 情報処理学会 グラフィックスとCAD研究会 第140回研究発表会, 2010 年 9 月 9 日, 熱海, 静岡.
- ⑥ 藤澤 誠, 加藤 博一, 粒子法とウェーブレット解析によるリアルタイム乱流シミュレーション, グラフィックスとCAD/Visual Computing 合同シンポジウム 2010, 2010 年 6 月 26 日, 神奈川工科大学, 神奈川.
- ⑦ Taichi Okamoto, Makoto Fujisawa, Kenjiro Miura, Interactive Simulation of Flying Japanese Kites, Sandbox 2009: ACM SIGGRAPH Video Game Proceedings, pp.47-53, New Orleans, August 3-7, 2009, New Orleans, LA, USA.

- ⑧ Makoto Fujisawa, Hirokazu Kato, Interactive Fluid Simulation Using Augmented Reality Interface, Proc. HCI International 2009 (Virtual and Mixed Reality), pp.431-438, July 19-24, 2009, San Diego, CA, USA.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤澤 誠 (FUJISAWA MAKOTO)

筑波大学・図書館情報メディア系・助教

研究者番号 : 90508409