

平成 22 年 6 月 1 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20700108
 研究課題名 (和文) バーチャルリアリティのための高精度リアルタイム流体シミュレーション開発
 研究課題名 (英文) Development of high resolution real-time fluid dynamics simulation for virtual reality.
 研究代表者
 有賀 清一 (ARIGA SEIICHI)
 桜美林大学・総合科学系・講師
 研究者番号：00401240

研究成果の概要 (和文)：流体力学を用いた表現によるアート作品として、メディアアートを1点作成し、好評を得た。手足の動きにあわせて流れが変化する様子をヴァーチャルな環境で可視化することで、自分の環境に興味を持つきっかけとなる作品であった。リアルタイムで流体の挙動を提示することは、流体の理解につながると考え、ノートパソコンでも実行可能な流体シミュレーションによって、空調などの流体が関係する身近な現象について、専門家でない人であっても簡単なシミュレーションを実行しながらも意思決定を行うことが可能になった。

研究成果の概要 (英文)：We created a new media art called “Knowledge of Wind” which utilizes this simulation to visually experience a flow around user’s body. Also, real-time fluid dynamics simulation using GPGPU enabled simulation of air conditioner to show effectiveness of each machine easily for non-professional people.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

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：流体力学、シミュレーション、VR、グラフィックス、メディアアート

1. 研究開始当初の背景

流体とは、普段身近に存在しつつも、実際に詳細な流れを目にすることはあまりない。しかしながら、流体は人間の生活において重要な役割を果たしており、自然現象を理解するうえで流体を「見る」ことができるということは有益である。また、流体の動きは多彩

であり興味深く、シミュレーションによって流体の動く様子を見ることは単純に面白いと考えている。以上のことから、流体シミュレーションを手軽に実行し、流れを可視化できることは、流体に関する設計等の意思決定の段階において、有益であると考えた。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、3次元流体シミュレーションを用いた空間内の空気の流れを可視化し、空間の設計者や利用者に分かりやすく提示することで、より快適な体験を可能にすることを旨とした研究に関するものである。人間の体の周りには空気等の流体が常に存在する。しかしながら、人間は流れを直接見ることはできず、多くの場合その存在や挙動を想像することによって、理解の代わりとしている。もちろん、専門家であれば実験やシミュレーション、その他の知見によって流れを理解することが可能であるが、専門家でない人々にとって、流れを理解することは容易ではない。

(2) 本研究の最初の目的は、リアルタイム流体シミュレーションによって、身近な風の流れを擬似的に体験できるようにすることである。これにより、自然現象の理解を促進することができると思われる。

(3) 本研究の二つめの目的は、リアルタイム流体シミュレーションをインターフェースを含めて開発し、簡単にシミュレーションを実行することができるようにすることで、流体に関係する設計や説明等をとおして、意思決定に役立てるためのアプリケーション技術を開発することである。

3. 研究の方法

(1) 高速に計算を実行するために、CPUのみではなくGPUも使って計算を行っている。これにより、計算格子ごとにNavier-Stokes方程式の各項の計算をスレッド化し、GPUが持つ大量の演算器で並列に計算することが可能になる。結果として、今回のシミュレーションでは計算速度は約60倍となった(CUDAのGPU上での実行速度と、CPUでのエミュレーションとの比較)。現在はGPUとしてnVidia GeForce 8800GTおよびnVidia Quadro FX1700を使用して、 $64 \times 64 \times 64$ の格子点数の場合、描画まで含めて約30FPSで実行できることが確認された。また、このシステムを持ち運ぶ場合にはモバイル環境で実行できることが必要になるため、そのためのGPU、nVidia Quadro FX1600Mの場合、約20FPSで実行される。計算には、GPUから直接アクセス可能なメモリー領域(VRAM)を使うことになるが、今回の計算では約256MBを使用している。また、現在のハードウェアの制約から、計算には単精度浮動小数点を用いている。

GPUでの計算のためのミドルウェアとしてCUDA 2.0を使用し、3Dグラフィックの描画にはOpenGLおよびGLUT、GLUIを用い

ている。また、Linux上ではコンパイラにGCC4.2、WindowsではVisual Studio 2005を使った。一部で”#ifdef”によってプラットフォーム依存のヘッダファイル読み込みを行っているが、描画・計算部分については、CUDAが対応しているハードウェアおよびカーネルを持ったLinux、Windowsであれば、コンパイルおよび実行が可能である。

(2) メディアアートの展示においては、カメラによって取得した利用者の形状の周辺に仮想的な流れをシミュレーション上で作り出し、そのシミュレーション結果をプロジェクターでスクリーン上に提示した。図1、2にメディアアートとしてオーストリアにおけるARS Electronica 2008において展示を行ったときの様子を示す。この展示においては、流体を身近に感じることのできる作品として、好評を得た。特に、作品を体験するために画面の前方において飛び跳ねるなどの激しい動きをする利用者も見られた。



図1 展示の様子



図2 展示の様子 (若い利用者の場合)

(3) 意思決定のためのアプリケーション作成においては、持ち運ぶことを前提とし、ノートパソコン上で実行可能なものとした。こ

の場合であっても、前述のように毎秒 20 回の計算実行が可能であり、十分にシミュレーションとして利用可能なものとなった。図 3 にシミュレーションの実行画面を示す。ソフトウェアは、中央にシミュレーションの実行結果をリアルタイムで提示する画面が存在し、左右に流入風速やシミュレーション実行時間などの物理量の設定インターフェースや、モデルの位置や数量などを決定するためのインターフェースを配している。図 4 はシミュレーションを動作させたときの流れの様子である。天井にある空調の吹き出し口から空気が流れ込み、部屋の中に気流を作り出していることを示している。図 5 に同じシミュレーションを上方から見た場合の画面を示す。このシミュレーションは、・部屋の大きさの設定、・モデルの個数、位置の設定、・流入口、排気口の個数と位置設定・流入風量（排気風量）の設定の 4 段階によって実行可能であり、設定開始から流れの可視化まで全体で 5 分程度で実行可能である。

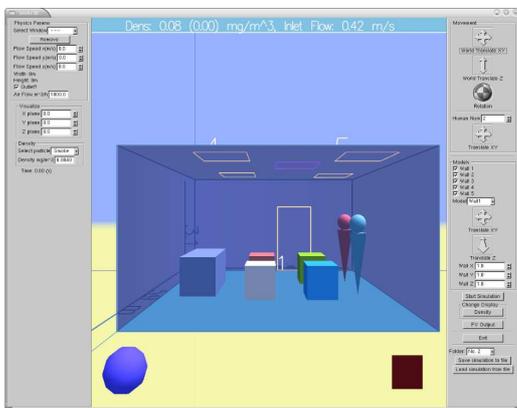


図 3 シミュレーション実行画面

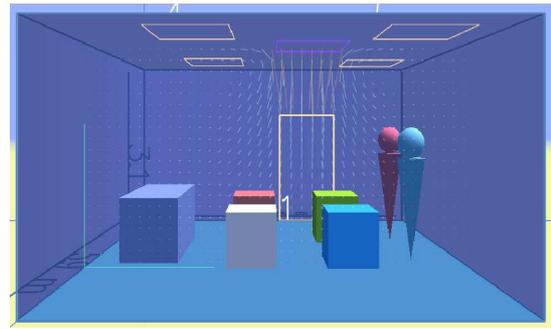


図 4 流体の速度ベクトルの表示

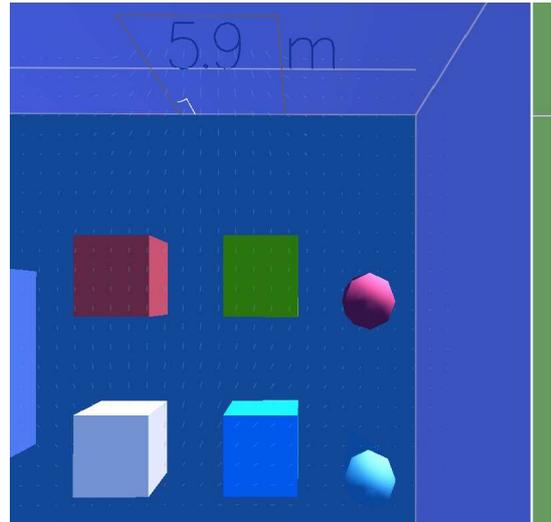


図 5 上方から見た部屋の様子

4. 研究成果

(1) 本研究は、流体力学を用いたアート表現のための、リアルタイム流体シミュレーションを開発することを目的としている。流体とは、普段身近に存在しつつも、実際に詳細な流れを目にすることはあまりない。しかしながら、流体は人間の生活において重要な役割を果たしており、自然を理解するうえで流体を「見る」ことができるということは有益である。また、流体の動きは多彩であり興味深く、シミュレーションによって流体の動く様子を見ることは単純に面白いと考えている。昨年度、流体力学を用いた表現によるアート作品として、メディアアートを 1 点作成し、オーストリアで行われた ARS Electronica に出展し、好評を得た。手足の動きにあわせて流れが変化する様子をヴァーチャルな環境で可視化することで、自分の環境に興味を持つきっかけとなる作品であった。

(2) 上記の作品制作から得られた知見から、リアルタイムで流体の挙動を提示することは、流体の理解につながると考え、シミュレ

ーションにおいては、計算機による解析を高速化させる目的で、コンピュータグラフィックス上で任意の計算を実行させる技術である、GPGPU (GPU による汎目的計算) 手法のひとつである、CUDA を用いた。これにより、3次元のシミュレーションを毎秒30秒以上の更新頻度で実行することが可能となることが確かめられた。また、乱流モデルとしてレイノルズ平均モデルをリアルタイム性を損なわずに用いることが可能であった。ノートパソコンでも実行可能な流体シミュレーションによって、空調などの流体が関係する身近な現象について、専門家でない人であっても実際に予想される流体の流れを見ながら意思決定を行うことが可能になった。

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)

有賀清一、 “風力タービン設置のための景観評価法開発”、 桜美林論考 自然科学・総合科学研究、 創刊号、 pp. 31-38、 2010、 査読有り

[学会発表] (計1件)

有賀清一、 “物理シミュレーションを用いた意思決定”、 日本情報経営学会、 2008年7月31日、 東京富士大学

[その他]

Seiichi Ariga, Eriko Shiraya, Makoto Iida, Chuichi Arakawa, 作品「Knowledge of Wind」展示発表、 ARS Electronica 2008、 2008年9月、 ホームページ等
<http://www.youtube.com/watch?v=-jYN0k0TnRI>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

有賀 清一 (ARIGA SEIICHI)
桜美林大学・総合科学系・講師
研究者番号：00401240

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：