HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	CGにおける流体映像の効率的な生成に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	佐藤, 周平
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11306号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55574
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Syuhei_Sato_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　　氏名　佐藤　周平

審査担当者　主　査　准教授　土橋 宜典
副　査　教　授　荒木 健治
副　査　教　授　長谷山 美紀
副　査　教　授　山本 強

学位論文題名

CG における流体映像の効率的な生成に関する研究
（A Study on Efficient Generation of Fluid Animation in Computer Graphics）

近年, コンピュータグラフィックス (CG) において煙や水などの流体現象を流体解析によりシミュレーションする研究が盛んに行われている. また流体現象は, 映画やゲームなどの映像において重要な要素の一つであり, 様々な場面で利用されている. これらの映像制作では, リアルかつ映像を制作するアニメータ (ユーザ) の意図に沿うような流体映像の生成が求められる. しかし, リアルな映像を生成する場合, 流体シミュレーションは非常に計算コストが高い. また, 流体シミュレーションを用いて映画やゲームにおける映像を制作する場合, 以下のような点が問題となる.
(1) ユーザの意図した映像を作成するためには, シミュレーションのパラメータを試行錯誤的に調整する必要がある.
(2) 試行錯誤的なパラメータの調整により, 計算コストの高い流体シミュレーションを繰り返し行うと, 映像制作までに膨大な時間が必要である.
(3) さらに, 戦争映画などで見られるミサイルによる複数の爆発や村全体の火事の様子など, 複数の流体映像を作成する場合, その全てをパラメータ設定とシミュレーションの繰り返しにより作成する必要があり, 非常に多くの時間と労力が必要となってしまう.

本論文は, 上述のようなビジュアルシミュレーションにおける特有の問題, すなわち, 物理的な正確さ・リアリティとユーザの意図の反映という相反する要求に応えるという問題についてその解法を議論したものである. 流体の動きに関する支配方程式 (ナビエ・ストークス方程式) の数値解析を映像制作の道具として捉え, 制御手法や周波数分析, 主成分分析などの数学的手法を導入することでリアリティとユーザの意図の反映の両者を実現する新たな手法を提案している.. 本論文の成果を要約すると次のようになる.

(1) の問題については, 特に, 流体を文字や動物など特定の形状として表現したい場合に, 大きな問題となり, パラメータの調整のみでこれを実現することは, 非常に困難である. この問題に対する解法として, 従来, 煙や水に対する手法は存在する. しかし, ビジュアルシミュレーションにおいて重要な要素である爆発対する手法が存在しない. 爆発の表現は多くの映像に使用されるため, そのための手法の開発が強く望まれている. そこで論文では, 世界に先駆けて, 爆発を所望の形状へ制御するための手法を提案している. 提案手法により, 爆発をドクロ形状やハート型など特定の形状に制御することを可能とする.

(2) の問題については, 低解像度のシミュレーション結果を高解像度の結果へと自動変換する手

法を提案している. 低解像度のシミュレーションは, 精度は低いが高速に計算が可能であるため, ユーザは自由に所望の映像を作成することができる. 提案法は, そのような低解像度によってデザインされた流体の動きを保ったまま高解像度の映像へ変換することができる. 高解像度な映像への変換は, 事前に計算された速度場に対して主成分分析を適用したデータベースを用いており, 高コストのシミュレーションを実行せずに, リアルな映像を作成することができる. 提案手法により, リアルかつユーザ所望の映像を効率的に作成することができる.

(3) の問題については, 流体シミュレーションにより作成された単一のデータセットから 複数の類似したの流体映像を, シミュレーションを再実行することなしに自動生成するための方法を提案している. 流体シミュレーションにより作成された速度場に対して, ラプラシアン固有関数を用いた周波数分析を行い, 周波数変調を施すことでさまざまな流体映像を自動的に生成する. ラプラシアン固有関数を用いることで流体の重要な特性である非圧縮性を保った映像を効率的に生成することができる.

以上を要するに, 著者は, 流体のビジュアルシミュレーションにおけるユーザの負担を軽減するため, 爆発の動きの制御, 速度場の超解像手法, 類似した複数の速度場の自動生成手法なる三つの手法を提案している. このような研究は過去に例がなく, 流体解析を利用したビジュアルシミュレーションにおける新たな一分野を切り開くもので, 情報工学, とりわけ, ビジュアル映像表現処理の発展に寄与するところ大なるものがある. よって, 著者は北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格があるものと認める.