

## ユーザーフレンドリーな流体生成、操作及び編集技術に関する研究

丸山, 哲

<https://hdl.handle.net/2324/7157355>

---

出版情報 : Kyushu University, 2023, 博士 (芸術工学), 課程博士  
バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)

氏名	丸山 哲		
論文名	ユーザーフレンドリーな流体生成、操作及び編集技術に関する研究		
論文調査委員	主査	九州大学	教授 鶴野 玲治
	副査	九州大学	教授 竹之内 和樹
	副査	九州大学	准教授 牛尼 剛聡

## 論文審査の結果の要旨

本研究はCG(コンピュータグラフィックス)においてリアルタイム、インタラクティブ、かつ時系列編集を可能にする2D数値流体造形モデルを実現するものである。一般にCGで流体を扱う際にはCFDに基づくシミュレーション計算が用いられる。しかし処理コストが大きく制御が難しいため厳密性よりも演出性を優先した簡略化法を適用することも多い。このような背景のもと学位申請者は流体の二次元パターンから局所ごとの特徴を抽出、CFD計算を幾何学的計算や機械学習に置き換える方法を提案している。処理コストを下げることで計算時間の短縮やインタラクティブ性を上げるとともに、タイムシーケンシャルなパターン変化を局所時系列に適応させ、動的変化映像の編集にも対応させている。提出された学位論文にはこの一連の研究がまとめられている。

第一章では序論として全体の導入として研究課題を3つに分類し構成と流れを説明している。(1)流体渦場の幾何学的計算方法、(2)GANによる推論、(3)流体渦場パターン推移のGUI操作編集システムである。このうち(1)(2)は渦場を有する二次元流体パターンの生成方法の提案で、(3)はこれらの手法によって実現されるインタラクティブ性を前提とした動的流体パターンの編集環境である。

第二章では、幾何学的計算による流れ模様の生成とそれを扱う方法を提案している。多くの先行研究では粗いグリッドの際にディテールの損失が発生するためシミュレーションベースではない方法を選択している。二次元非圧縮流体を二次元有界閉領域で定義し、その中の各サンプル流れ場(渦場)を二次形式のマップとして近似する。2.4節で二種類の近似手法、テイラー展開と最小二乗法による結果を比較したあと、2.5節で二次形式係数と渦度場の関係性を推測し、2.6節で流体模様の幾何学的性質と物理的性質との関連性を検討している。結果は2.7節に示され、物理的特徴量と幾何学的特徴量を比較しており、本手法の有効性を示している。本研究の最終目標であるインタラクティブな編集機能の実現に有効な方法であると認められる。

第三章では機械学習をベースにした生成方法を説明している。流体形状を得るためにはタイムシーケンシャルな方程式計算によって動きを追跡する必要があるため、初期状態から時間経過後の任意の瞬間の状態を求めることは極めて困難である。この章では任意の瞬間の流体パターンにユーザー入力によるストローク情報を与えて動的変化を操作する方法を提案している。ストロークから流体画像への変換には条件付きGAN、特に画像対画像変換ネットワークの組み合わせを採用、さらにDistance Transform及び画像変換ネットワークを利用した生成流体模様画像のニューラルスタイル変換を行い、スタイル画像の視覚的特徴を持った流体模様の生成、および乱流スケールの調整を行っている。多くの検証結果画像が示され、その有効性を示している。

第四章には上記の方法を応用した流体の動的編集の可能性と基本機能を示している。編集の基本機能を任意領域での渦場の操作と考えている。速度場をいくつかの小領域に分けてベクトル場を求

め、流体場を局所的に近似していく。次に求めた近似流体場と幾何学的特徴とを実際の流体シミュレーションと比較し、機械学習を用いてシミュレーション計算結果に近づけていく。任意の領域や時刻で流体の幾何学的特徴を操作できるため、ユーザー操作インターフェースの設計の手がかりになるとしている。なお、本論文で全般にわたり二次元渦場を想定しているが、三次元への拡張も可能と考えられる。

以上のように本論文は調査、問題提起と解決のための仮説、実践的検証など、一連の研究が論理的にまとめられ記述されており、内容についての新規性、信頼性、応用発展の可能性なども十分と認められる。以上のことから本論文は博士(芸術工学)の学位に値すると判断できる。