

令和元年6月6日現在

機関番号：13302

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H06574

研究課題名（和文）スケッチによる複雑流体のデザイン支援

研究課題名（英文）Sketch-based Design of Complex Flows

研究代表者

謝 浩然（XIE, HAORAN）

北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・助教

研究者番号：40789898

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、コンピュータグラフィックスおよびヒューマンインタラクション研究分野において複雑現象の影響を受ける創造活動支援のユーザインタフェースの提案開発を目指した。特に、複雑流体のシミュレーションとデータ学習に着目し、データ駆動型手法を用いて空力設計や流体デザインのフレームワークを構築した。さらに、一般ユーザに向けて日常生活の活動支援のためのユーザインタフェース開発を実施した。その成果は、研究分野のトップカンファレンスに採択し、有名な国際論文誌に掲載された。本研究成果が高い評価を得て研究奨励賞が授与された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、流体力学、空気力学、機械工学等の分野を融合し、様々複雑現象に関わるデザイン支援に取り組むことができると考える。すなわち、本研究はデザインインタフェースの新たな基盤技術として位置付けることができ、データ学習より複雑流体のデザインを低コストでかつリアルなデザインを支援するシステムの技術基盤を提供するものである。本研究は、従来のデザインのリアリティを向上させるばかりでなく、対話的な速度でデザインインタフェースを可能にするものである。本研究の発展成果より、一般ユーザ向けの創造活動支援手法の確立に貢献できると考える。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to propose the user interfaces for creativity activity support under the influence of complex phenomena, in both computer graphics and human-computer interaction research fields. We have constructed the frameworks for aerodynamics designs and fluid animation design based on the effective wake estimation and neural networks. We also developed the user interfaces for our daily-life usage in activity support purpose. The final results have been accepted in the top conferences and international journals. In addition, a research award for young scientists was earned from these efforts.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：ユーザインタフェース シミュレーション 複雑流体 生成モデル 空力モデル

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

近年コンピュータグラフィックス（CG）およびヒューマンコンピュータインタラクション（HCI）分野にて流体デザイン手法が多数提案されている。例えば、流体の粒子システムに対して、キーフレームを用いた流体システムがスケッチした軌跡に沿ってシミュレーションする手法がある。簡単な流体シミュレータによるスケッチシステム、テクスチャ合成手法等が挙げられている。しかし、これらの提案手法は、流体デザインがリアルなシミュレーションと、簡単な入力による自由なデザインを実現することはできてない。

従来の流体解析手法は、有限要素法等の数値計算手法を用いて複雑流体のモデルを解析することが多い。例えば、計算流体力学 CFD の専門ソフトウェア ANSYS Fluent。従来手法には、流体力学等の専門的な知識や技術が不可欠であるので、一般のユーザにとって非常に使いにくい欠点がある。さらに、インタラクティブデザインのシステムには、計算コストが長時間に行うべきであるが、従来手法はそれらを満たすことができない。他の対話型の商用シミュレーション・ツールが存在しているが（DATCOM 等）、これらのシステムは実験データが必要であり、シミュレーションの正確性を保障できない。

2. 研究の目的

本課題では、複雑流体の影響に焦点を当てたデザイン支援のユーザインタフェースの研究開発を目標とした。既存のデザインシステムでは、複雑流体の影響を考慮することの難しさや計算コスト等の研究課題があり、リアルかつリアルタイムな物理シミュレーション手法が実現できていない。また、ユーザの入力したスケッチに沿うような動きを生成するという意図的な制御は複雑で困難である。さらに、提案手法がユーザの日常生活を支援するユーザインタフェースの開発を目的とし、他の研究課題に向けて手法の発展が期待できる。本研究ではこれらの研究課題を解決し、流体解析、感性分析およびユーザインタフェースの研究を行う。

・流体解析. 空力設計には複雑流体を考慮し、まわりの流れからの空力影響が提案した事前計算行列を用いて流体シミュレーションに応用する手法を提案する。

・感性分析. 深層学習よりユーザが流体の動きに対するスケッチの感性知識を学習し、新たなユーザ入力より生成モデルを用いて自由な流体デザインの手法を提案する。

・ユーザインタフェース. これまでの研究成果を展開し、流体解析と感性分析から得た研究成果を用いて一般ユーザの創造活動を支援するインタフェースを提案する。

3. 研究の方法

本研究課題を達成するあたり、大きく分けて以下の3つの研究を実施する。

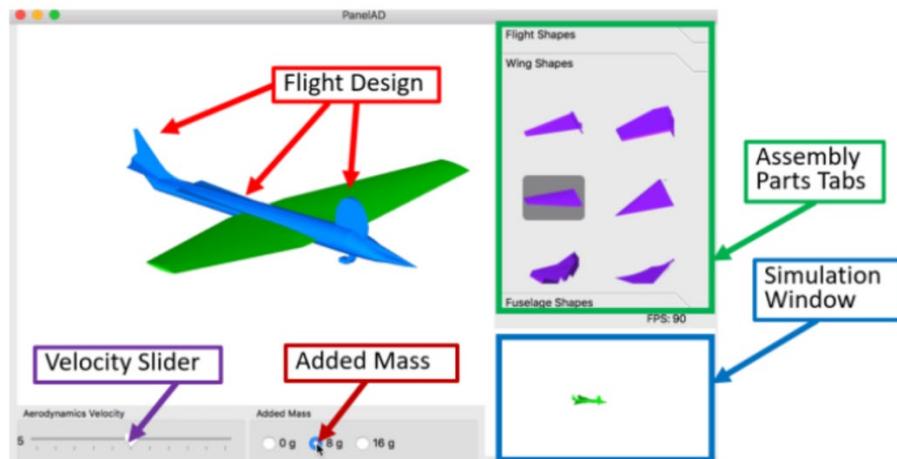


図1 提案した空力設計のユーザインタフェース

(1) 空力設計のためのユーザインタフェース

本課題は、ユーザの対話的な飛行機の形状設計を支援するように、一般化したパネル法に基づくアセンブリのデザインインタフェースの実現を目指す(図1)。まず、実験で実際に飛べる飛行機の3次元モデルのデータベースを構築する。各3次元モデルに対して、モデルの翼部分を認識し、支援乱流の影響を飛行機の翼後縁より乱流メッシュを生成し、これまでに提案してきた数値解析手法に拡張した境界要素法の乱流モデルを提案する。本提案手法は、アセンブリモデルの前計算処理によって、高速で対話的な飛行機デザインに応用できる。本研究の技術的な特徴は、空力計算が抗力係数と揚力係数より、幾何モデルにしか依存しない係数行列を提案する点である。各アセンブリモデルの係数行列を前計算で処理し、ランタイムの計算量を大きく軽減する効果がある。これにより、飛行機のデザインの実時間シミュレーションが可能にな

る。対話的デザインを支援することで様々な良く飛ぶ飛行機の形状設計を可能にする。

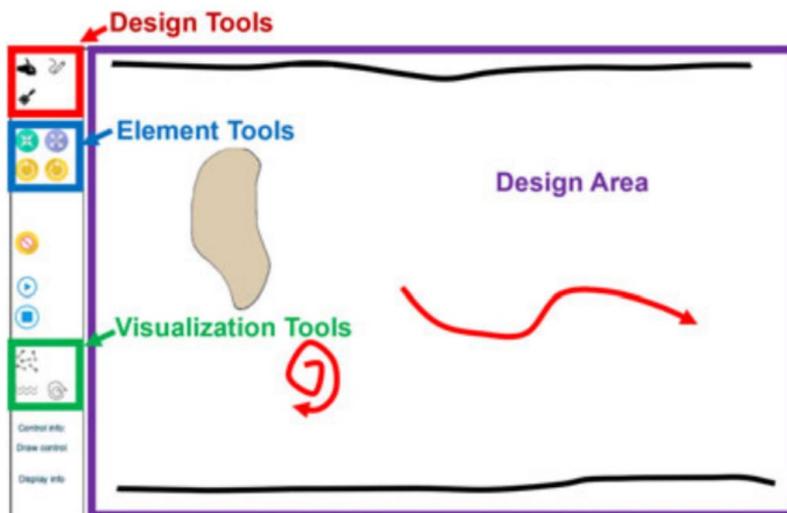


図2 提案した流体デザインのユーザインタフェース

(2) 流体デザインのためのユーザインタフェース

本課題は、ユーザの対話的な流体デザインを支援するように、敵対的生成ネットワークを用いてスケッチ入力から流体の速度場を生成するインタフェースの実現を目指す(図2)。提案ユーザインタフェースでは、デザインツール、流体要素ツールおよび可視化ツールをユーザに提供し、流体シミュレーションが埋め込み境界法を用いて流体とオブジェクトの連成問題を解決する。ユーザがスケッチを描画した後、生成モデルGANを利用して速度場を生成し、セミラグランジュア手法より最終のシミュレーション結果が得られる。本提案手法は、ユーザのスケッチデータから速度場とスケッチの関係学習によって、実時間の流体デザインを可能とする。

(3) 日常活動支援のためのユーザインタフェース

本課題は、一般ユーザの創造活動支援のため、提案した流体解析と感性分析の研究成果に基づいてインタフェースの実現を目指す。具体的には、流体の影響を考慮した樹木のアニメーション技術、クラウドソーシングによるユーザの感性知識を分析する自撮り支援システム、プロジェクションマッピング技術を用いて制作支援のシステム、およびユーザの感情を推定するシステムの開発を実施する。本課題はこれまでの研究成果を展開し、一般ユーザに向けての複雑現象を考慮したデザイン支援を達成できるように実施する。

4. 研究成果

(1) 空力設計手法は、力学および、情報学の分野に関わる学際的な研究である。力学分野では、流体力学、空気力学、分子動力学と関連している。従来手法では、空力モデルとスプレーモデル、ナビエ-ストークス方程式などを利用しているが、膨大な計算量が必要である。紙飛行機やドローンのデザインに関する既存研究では、簡易な空気力学モデルを利用しているので、乱流現象に関わるシミュレーションは困難である。本研究では、従来手法では未解決とされている乱流現象のデザイン要素を表現し、多分野の知識を統合して乱流モデルや事前計算による空気力学モデルを利用するため、対話的なデザインインタフェースが可能になり、リアルタイム性を確保しつつより正確なシミュレーションを行うことが可能となる。提案するハイブリッドな手法は現在まで提案されておらず、今後の研究分野への貢献も大いに期待できる。

この研究成果は、コンピュータグラフィックス分野における最難関の国際論文誌 ACM Transactions on Graphics に採択され、コンピュータグラフィックス分野のトップカンファレンスである ACM SIGGRAPH 2018 や国内 CG シンポジウム Visual Computing 2018 等の招待講演を行い、並びにセミナーと合わせて計6件を実施した。その他、研究奨励賞の受賞1件。さらには、研究成果をインターネット上でプロジェクトページを構築し公開された。

(2) 流体デザイン手法は、敵対的生成ネットワーク (Conditional GAN) 手法を用いてスケッチによる2次元流体のデザイン支援のユーザインタフェースを開発した。デザイナーによる流体アニメーションのスケッチデータを収集し、従来の手法よりユーザの意図をうまく合致することを検証した。本研究成果はコンピュータグラフィックス分野における有名な国際会議 Computer Animation and Social Agents (CASA 2019) と国際論文誌 Computer Animation and Virtual Worlds (CAVW) に採択された。

(3) 活動支援の手法は、これまでの提案手法を一般ユーザの日常生活における創造活動を支援するユーザインタフェースを開発した。具体的には、流体の影響を考慮した樹木のアニメーション技術を開発し、この研究成果はコンピュータグラフィックス分野における有名な国際会議 Computer Graphics International と国際論文誌 The Visual Computer に採択された。3次元ユーザインタフェースを提案し大規模のアプリケーション制作支援システムを開発し、この研究成果はヒューマンコンピュータインタラクション分野における最高峰国際会議 ACM CHI2019 に採択され、発展した研究成果が国内 CG シンポジウム Visual Computing 2019 にも採択された。また、一般ユーザの身体能力を拡張するウェアラブルデバイスを開発し、研究成果は人間拡張分野における最高峰国際会議 AH2019 に採択された。ユーザの感性知識を分析し、自撮りを支援するシステムを開発し、研究成果は、ヒューマンコンピュータインタラクション分野における有名な国際会議 ACM IUI 2018 のワークショップに採択された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Zhongyuan Hu, [Haoran Xie](#), Tsukasa Fukusato, Takahiro Sato and Takeo Igarashi. Sketch2VF: Sketch-Based Flow Design with Conditional Generative Adversarial Network, Journal Computer Animation and Virtual Worlds, pp.1-10, 2019. (査読有)
- ② [Haoran Xie](#), Takeo Igarashi, and Kazunori Miyata. Precomputed Panel Solver for Aerodynamics Simulation. ACM Transactions on Graphics. Vol. 37, No. 2, Article 17, pp. 1-12, 2018. (査読有)
- ③ Shaojun Hu, Zhiyi Zhang, [Haoran Xie](#), and Takeo Igarashi. Data-driven Modeling and Animation of Outdoor Trees Through Interactive Approach. The Visual Computer. Vol. 33, No. 6-8, pp. 1017-1027, 2017. (査読有)

[学会発表] (計 6 件)

- ① Zhongyuan Hu, [Haoran Xie](#), Tsukasa Fukusato, Takahiro Sato and Takeo Igarashi, Sketch2VF: Sketch-Based Flow Design with Conditional Generative Adversarial Network, 32nd International Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA 2019), Paris, France, (July, 2019). (査読有)
- ② 吉田匠吾, Yichen Peng, Dazhao Xie, Naiyun Chen, [謝浩然](#), 張家銘, 宮田一乗, 階層的プロジェクトマッピングによる大規模バルーンアート制作支援, Visual Computing (VC 2019), (June 2019). (査読有)
- ③ [Haoran Xie](#), Yichen Peng, Naiyun Chen, Dazhao Xie, Chia-Ming Chang, and Kazunori Miyata, BalloonFAB: Digital Fabrication of Large-Scale Balloon Art, ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2019), LBW, Glasgow, (May, 2019). (査読有)
- ④ [Haoran Xie](#), Kento Mitsushashi and Takuma Torii, Augmenting Human With a Tail, Augmented Human International Conference (AH2019), full paper, Paris, (March, 2019). (査読有)
- ⑤ Naihui Fang, [Haoran Xie](#) and Takeo Igarashi, Selfie Guidance System in Good Head Postures, Proceedings of ACM International Conference on Intelligent User Interfaces 2018 workshop, Tokyo, Japan, (March, 2018). (査読有)
- ⑥ Shaojun Hu, Zhiyi Zhang, [Haoran Xie](#), and Takeo Igarashi, Data-Driven Modeling and Animation of Outdoor Trees Through Interactive Approach, Proceedings of Computer Graphics International 2017, Kanagawa, Japan, (June 2017). (査読有)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：

種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.jaist.ac.jp/~xie/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：