

人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開
2018 年度採択研究代表者

2021 年度 年次報告書

篠田 裕之

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
教授

実体化映像による多次元インタラクション

§ 1. 研究成果の概要

そこに実体があるかのような触感を伴う高精細な 3D コンピュータ映像を実現し、機械学習の最新成果を活用しながら操作インタフェース、コミュニケーション、創造活動や心身の支援まで、幅広い応用を展開する研究を進めている。

超音波触覚提示技術においては、前年度に見いだされた圧覚生成法に基づいて、多様な触感を生成する技術基盤を確立することができた。さらに反射・遮蔽物体の存在を前提とした素子駆動の高速計算アルゴリズム、人間の手指を自由な 3 次元位置に誘導する触覚提示手法、超音波の反射を利用して、モバイル端末の表面付近に空中触覚像を形成する技術などを実証し、実体化映像の実現と活用拡大に向けて大きく進展した。

3次元視覚ディスプレイの主な進展として、時分割パララックスバリア式立体表示における消費電力を抑えた輝度向上と、時分割指向性バックライト式裸眼立体表示による同時に2人がそれぞれの固有視点からの立体像をハイビジョンの解像度で観察できるシステムの実現を行った。また、色多重化時分割表示による垂直方向・水平方向に視差を持つ超多眼表示システムにおいて、液晶パネルのリフレッシュレートを向上することにより、瞳孔に入射させる光線数を増やし、より自然な焦点ボケを再現することに成功した。

機械学習の進展として、中～高次元の問題において所望の応答に対応する触覚刺激をリアルタイムに生成することを目指し、特徴の解きほぐし技術を開発するとともに、その有効性を理論的および実験的に示した。また、触覚等の曖昧なデータの分類における損失関数設計に関する理論、入出力対応関係が未知のデータからの学習アルゴリズム、実験データ生成過程の因果構造を利用したデータ拡張技術、ユーザの嗜好などの順序データからの半教師付き学習アルゴリズム、過去の実験データを効果的に再利用できるワンショット転移学習アルゴリズムなどを開発した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 篠田グループ

① 研究代表者: 篠田 裕之 (東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授)

② 研究項目

- ・ 力学的相互作用デバイスの開発
 - 超音波デバイスの開発
 - ウェアラブル触感デバイスの開発
- ・ 3次元視覚システムの開発
 - 頭部搭載型視覚システムの応用開発
- ・ 実体化インタラクションモデル
 - 物理的相互作用の基礎開発
 - 部分的情報からのモデル生成
- ・ 統合と応用システム
 - プラットフォームの確立
 - 応用システム

(2) 杉山グループ

① 主たる共同研究者: 杉山 将 (東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授)

② 研究項目

- ・ 実体化インタラクションモデル
 - 機械学習基盤技術の構築
 - 部分的情報からのモデル生成

(3) 掛谷グループ

① 主たる共同研究者: 掛谷 英紀 (筑波大学システム情報系知能機能工学域 准教授)

② 研究項目

- ・ 3次元視覚システムの開発
 - 裸眼立体ディスプレイの開発
 - リアルタイムCG表示の実現

【代表的な原著論文情報】

- 1) Tao Morisaki, Masahiro Fujiwara, Yasutoshi Makino, and Hiroyuki Shinoda, “Non-vibratory Pressure Sensation Produced by Ultrasound Focus Moving Laterally and Repetitively with Fine Spatial Step Width,” IEEE Transactions on Haptics, 2021.
- 2) Masahiro Fujiwara, Yu Someya, Yasutoshi Makino, Hiroyuki Shinoda, “Reflection Pattern Sensing for Valid Airborne Ultrasound Tactile Display,” Proc. 2021 IEEE World Haptics Conference (WHC), pp. 121-126, Montreal, Canada, Jul. 6-9, 2021.

- 3) Mitsuru Nakajima, Keisuke Hasegawa, Yasutoshi Makino, and Hiroyuki Shinoda, “Spatiotemporal Pinpoint Cooling Sensation Produced by Ultrasound-Driven Mist Vaporization on Skin,” *IEEE Transactions on Haptics*, Vol. 14, No. 4, pp. 874–884, 2021.
- 4) Arata Jingu, Takaaki Kamigaki, Masahiro Fujiwara, Yasutoshi Makino, and Hiroyuki Shinoda, “LipNotif: Use of Lips as a Non-Contact Tactile Notification Interface Based on Ultrasonic Tactile Presentation,” *Proc. 34th ACM User Interface Software and Technology Symposium (UIST2021)*, Virtual, USA, Oct. 10–14, 2021.
- 5) Borjigin, G. and Kakeya, H., “A backlight system using a novel interleaved Fresnel lens array that attains a uniform luminance and two-dimensional directional light control,” *Optics Letters*, Vol. 47, No. 2, pp. 301–304, 2022.
- 6) Yamane, I., Honda, J., Yger, F., & Sugiyama, M. Mediated uncoupled learning: Learning functions without direct input-output correspondences. *Proceedings of 38th International Conference on Machine Learning (ICML2021)*, pp. 11637–11647, online, Jul. 18–24, 2021.