

未来社会創造事業（探索加速型）

「次世代情報社会の実現」領域

終了報告書（探索研究）

令和3年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:石川 正俊]

[東京理科大学・学長/総合研究院・教授]

[研究開発課題名:高速ビジョンによる多次元デジタルツイン計測と再構築]

実施期間：令和3年10月1日～令和6年3月31日

§1. 研究実施体制

(1) 石川正俊 グループ(東京大学)

①研究開発代表者:石川 正俊(東京大学 情報基盤センター、特任教授)

②研究項目

- ・超高速3次元形状計測システムの開発
- ・センサフュージョンによる3次元形状の高精細化手法の開発
- ・高速駆動光学系および高速ロボットの制御と校正手法の開発
- ・時系列の3次元形状データのリアルタイム統合手法の開発
- ・超高速ダイナミックプロジェクションマッピング(DPM)システムの開発
- ・人間の知覚特性を利用したDPMによるテクスチャおよびダイナミクス再現手法の開発

§2. 研究開発成果の概要

本研究の探索研究期間では時間軸を含めた動的デジタルツインの計測と再構築を目指し、対象のダイナミクスに応じたセンシングおよびディスプレイ技術の確立に取り組んだ。

動的デジタルツインの計測に向けたセンシング技術として、高速3次元形状計測を実現する独自の構造化光パターンと高速解析アルゴリズムを開発し、1,000fpsの高速性を保ちながら従来手法を超える解像度と精度を達成する3次元形状計測技術を確立した。さらに、深度と法線のセンサフュージョンによって、取得した3次元形状データをリアルタイムに高精細化する手法および、時間的に密な時系列3次元形状データをリアルタイムに統合する手法を開発し、時間軸を介したデジタルツインの品質向上を実現した。

また、この高速性を有効に活用するため、リアルタイムに応答する光学的または機械的システムを構築し、センシング系と連携するための校正手法やトラッキング手法を開発した。

さらに、動的デジタルツインの再構築に向けたディスプレイ技術として、計測から画像処理を介して投影に至るまでを全て1,000fpで実行し、運動や変形を伴う動的対象にプロジェクションマッピングを施すダイナミックプロジェクションマッピング技術を開発した。また、この高速性と人間の知覚特性を利用することで、対象のテクスチャだけでなくダイナミクスを仮想的に再現するシステムを実現した。この知見をリアルタイムのCGレンダリングに応用し、ディスプレイモニタ上においても対象のダイナミクスを低遅延で再現可能な技術を開発した。

これらの成果により、対象が持つ様々な情報をリアルタイムに計測しながら時間軸を通して統合し、多次元デジタルツインを構築および再現する枠組みを確立することができた。

【代表的な原著論文情報】

1. Leo Miyashita, Satoshi Tabata, Masatoshi Ishikawa: High-speed and Low-latency 3D Sensing with a Parallel-bus Pattern, International Conference on 3D Vision (3DV2022), Proceedings, pp. 291-300 (2022)

2. Leo Miyashita, YohtaKimura, Satoshi Tabata, Masatoshi Ishikawa: High-speed Depth-normal Measurement and Fusion Based on Multiband Sensing and Block Parallelization, Journal of Robotics and Mechatronics (JRM), Vol.34, No.5, pp.1111-1121 (2022)
3. Leo Miyashita, Kentaro Fukamizu, Masatoshi Ishikawa: Simultaneous Augmentation of Textures and Deformation Based on Dynamic Projection Mapping, SIGGRAPH Asia 2021, Emerging Technologies, Proceedings Article 16 (2021)