

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

年次報告書（本格研究）

令和6年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:宮下 令央]

[東京理科大学 研究推進機構 総合研究院・准教授]

[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6年4月1日～令和7年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1) 研究開発代表者グループ(東京理科大学)

- ① 研究開発代表者:宮下 令央 (東京理科大学 総合研究院・准教授)
- ② 研究項目
 - ・3次元形状情報と画像情報のワンショット同時高速計測手法の設計
 - ・多重露光を用いた高速スピン計測手法の開発
 - ・高速度と高解像度を両立する階層化トラッキングシステムの構築
 - ・高速3次元計測を利用したロボットアームのフィードバック制御
 - ・高速走行中の車載カメラ画像を利用した3次元的検査の原理検証

(2) 共同研究グループ A(広島大学)

- ① 研究開発代表者:石井 抱 (広島大学 大学院 先進理工系科学研究科・教授)
- ② 研究項目
 - ・AI を用いた高速・低遅延認識アルゴリズム
 - ・低遅延 AI ステレオカメラを用いた対象追跡
 - ・ToF カメラとステレオ連動した高速ボリュメトリック撮影

(3) 共同研究グループ B(宇都宮大学)

- ① 研究開発代表者:山本 裕紹 (宇都宮大学 工学部・教授)
- ② 研究項目
 - ・赤外線を用いた空中ヒーター光学系のシミュレーションと設計検討
 - ・立体映像を空中に提示するための 3D 空中表示光学系の構築
 - ・顔画像の空中表示による回転錯視とデジタルコスメ応用の原理実証

(4) 共同研究グループ C(群馬大学)

- ① 研究開発代表者:奥 寛雅 (群馬大学 情報学部・教授)
- ② 研究項目
 - ・高速駆動光学顕微鏡初期試作の設計
 - ・機械学習モデルの高速推論に基づくトラッキングアルゴリズムの開発

(5) 共同研究グループ D(東京科学大学)

- ① 研究開発代表者:渡辺 義浩 (東京科学大学 工学院 情報通信系・准教授)
- ② 研究項目
 - ・高速 3 次元計測モジュールの高精度化
 - ・高速 3 次元計測モジュールの高解像度化

- ・視覚情報を構成する要素の分離計測
- ・視覚情報を構成する要素の計測と3次元計測の統合

§2. 研究開発成果の概要

研究代表者グループでは、多次元デジタルツインの構築に向けて、対象の3次元形状情報と画像情報を単一のカメラで同時に高速計測する手法を設計した。高速ビジョンでも計測が困難な超高速の回転運動に対しては、符号化した多重露光を利用した計測手法を確立した。また、複数の計測システムを協調的に動作させ、高速運動に対する頑健なトラッキングと高解像度での計測を両立する階層化トラッキングのフレームワークを構築した。これら計測システムの具体的な産業応用に向けて、3次元情報に基づくロボットアームのフィードバック制御と走行車からの検査タスクの原理検証を行った。

共同研究グループ A では、低遅延化した AI 認識アルゴリズムを組み込んだ高速ステレオカメラの開発に着手し、超高速ミラーと連動して複数人物の顔をリアルタイムに追跡・撮影するとともに、ToF カメラと連動したステレオ撮影により、振動マシン上での人のバランス動作を高精度に 3D 可視化する高速ボリュメトリック撮影を実現した。

共同研究グループ B では、再帰反射による空中結像技術を応用し、顔へのデジタルメイク投影や回転錯視による 3D 顔像提示、赤外線輻射による温度感覚提示の原理実証を行い、没入型・多感覚対応の投写型ディスプレイ構造を設計した。

共同研究グループ C では、生命科学や医療への応用を目指した高速駆動光学顕微鏡を実現するために、(1) ライトフィールドに基づく光学系の設計を行い、その中の基本的な要素を抽出した実験用試作機を設計するとともに、(2) 対象の高速画像認識を実現する機械学習モデルの高速推論手法を構築した。

共同研究グループ D では、時系列の複数画像を用いた 3 次元計測において、運動物体の高精度な計測が困難であった問題に対し、ニューラルインバースレンダリングを用いて、物体の運動と 3 次元形状を同時に推定することで、同問題を克服する 3 次元計測を実現する新たな手法を設計した。

【代表的な原著論文情報】

- [1] 浦川 雄気, 渡辺 義浩: ニューラルインバースレンダリングによる位相シフト法を用いた運動物体の 3 次元計測の高精度化, 第 75 回複合現実感研究会, MR2025-1, 2025.
- [2] Tomohiro Sueishi, Himari Tochioka, and Masatoshi Ishikawa: High-speed Spin Measurement System for Dotted Table Tennis Ball Using Single-frame M-sequence Multi-exposures, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, Vol. 18, Issue 1, pp.1-11 (2025)
- [3] Q. Li, S. Hu, K. Shimasaki and I. Ishii, "An Ultrafast Multi-object Zooming System Based on Low-latency Stereo Correspondence," *2024 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2024, pp. 11552-11557, doi: 10.1109/IROS58592.2024.10802734.
- [4] Takumi Watanabe, Hiroki Takatsuka, Shiro Suyama, Hirotsugu Yamamoto, "Viewing zone of aerial hollow face illusion evoked by use a 3D object as a light source for AIRR optical system," *Opt Rev.*, Vol. 32, pp. 178-189 (2024). (<https://doi.org/10.1007/s10043-024-00937-w>)