

2023 年度年次報告書

情報担体を活用した集積デバイス・システム

2022 年度採択研究代表者

香川 景一郎

静岡大学 電子工学研究所
教授

実世界をサブナノ秒光信号で見る電荷領域計算イメージセンサ

主たる共同研究者:

下ノ村 和弘 (立命館大学 理工学部 教授)

長原 一 (大阪大学 データビリティフロンティア機構 教授)

宮崎 大介 (大阪公立大学 大学院工学研究科 准教授)

安富 啓太 (静岡大学 電子工学研究所 准教授)

研究成果の概要

イメージセンサの最も重要なパーツであるマルチタップ電荷変調器の設計と基本特性評価, 電荷領域計算イメージセンサの設計を行った. また, 電荷領域計算イメージセンサを駆動するための露光符号と圧縮信号を復元するとともにデプスマップを推定する深層ニューラルネットワークの同時最適化を行い, シミュレーションと実験によりその有効性を確認した. 応用についても, デモに向けた準備を行った. 以下, グループ毎に成果をまとめる.

【画素・要素回路グループ】第1世代のiToFイメージセンサ開発に向けて, 画素・要素回路の設計を実施した. 多画素化に有利な構成とするため, 設計中の画素においては, フォトダイオード中のビルトイン電界を利用して変調部に集める構造とし, ゲート容量の低減を図っている. また, iToFイメージセンサの性能を決める最終的な変調特性のシミュレーション方法の確立を目指し, 昨年度に引き続きドライバ応答を考慮したシミュレーション手法について検討した. ほぼ同一の変調特性が得られながら, シミュレーション時間を大幅に短縮できた.

【計算撮像素子グループ】電荷領域計算イメージセンサの設計を行った. 露光の自由度を高めるために, 6タップ+専用ドレーンをもつ画素を4画素サブ画素として同時に駆動可能な露光制御回路(SHUTGEN)をVerilogにより開発した. また, レーザー発光タイミングをプログラマブルに遅延させることができるディレイコントローラについても設計した.

【アルゴリズムグループ】符号化露光画像から光のスローモーション画像を復元するニューラルネットワークの構築と, 符号化電荷領域計算イメージセンサの露光符号と復元ネットワークの同時最適化を行った. 符号化露光画像から光のスローモーション画像を復元するネットワークは交互方向乗数法(ADMM)を深層展開したモデルを用いた.

【応用・デモグループ】インタラクティブ立体ディスプレイ応用について, 液晶ディスプレイとレンチキュラーシートを用いた立体表示において, 観察者の両目の3次元位置を距離画像カメラにより測定し, 最適な画素配置を行う画像処理を実現した. ドローン搭載応用について, ドローンハードウェアと制御システムの構築を進めた. まず, 今後開発するカメラを搭載するための作業用ドローンを昨年に引き続き製作した. 社会的に大きなニーズのあるインフラ保守点検作業を目的として, 非破壊検査用ドローンを開発し, 垂直な壁面に対して超音波壁面厚さ計測が可能であることを示した. さらに, 機体前方に取り付けた作業用アームを任意の方向に向けることのできるチルティングフレームドローンを開発した. 蛍光寿命イメージング応用について, 4タップパルス変調方式iToFイメージセンサを用いた計測システムの構築, 自動化を進めた. 拡散光トモグラフィ応用として, 検出光から画像を作成するための, 拡散光トモグラフィの理論を構築した.

【代表的な原著論文情報】

- 1) Anh Ngoc Pham, Thoriq Ibrahim, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito, Hajime Nagahara, Keiichiro Kagawa, “Depth quality improvement with a 607 MHz time-compressive computational pseudo-dToF image sensor,” MDPI Sensors, Vol. 23, Issue 23, Article 9332 (Nov. 22, 2023).
<https://doi.org/10.3390/s23239332>