

符号化シャッタによる圧縮センシングに基づく 高速三次元計測技術

[1] 組織

代表者：宮崎 大介

(大阪市立大学大学院工学研究科)

対応者：香川 景一郎

(静岡大学電子工学研究所)

分担者：

森口 幸志郎 (大阪市立大学大学院工学研究科)

望月 風太 (静岡大学工学研究科)

[2] 研究経過

近年、工業生産、医用計測、生体計測、マシンビジョン等、様々な分野で対象物体の3次元的位置や形状の情報を取得する技術が利用されている。光飛行時間法は、変調光を測定対象に照射し、その反射光がセンサに入射するまでの時間を計測することにより距離情報を取得する手法である。本プロジェクトでは、メガヘルツレベルの周波数で光飛行時間法に基づく距離画像取得技術の開発を目的としている。

本プロジェクトは、本年度が初年度であるが、昨年度採択された研究プロジェクトから内容を継続している。昨年度は、ブロックごとに異なる電子シャッタの開閉パターンを与えることができる新しい高速撮像素子を提案し、試作を行うことで100MHzの走査周波数でのシャッタ変調動作を確認した。実験により、アパーチャごとに異なるシャッタパターンを与えて撮像が行えることを確認した。さらに、作製したマルチアパーチャ撮像システムに対して正弦波変調光を入射し、その変調光の位相変化を測定できることを確認した。そこで本年度のプロジェクトでは、高速動作が行える計測システムを作製し、ビデオフレームレート以上の周波数で距離画像計測が行えることを実証した。

以下、研究活動状況の概要を記す。

静岡大学電子工学研究所においてセンサの設計を行い、センサや周辺装置の作製は9月末までに完了した。大阪市立大学では高速変調光源の準備を行った。2014年10月3日に、静岡大学電子工学研究所において研究計画とイメージセンサの利用方法に関

する打ち合わせを行った。作成したイメージセンサを用いて、大阪市立大学において、光の飛行時間を測定する実験を行った。として、半導体レーザによる変調光を計測システムに入射し、その位相変化を計測する実験を行った。研究成果に関して、2nd Asian Image Sensors and Imaging Systems Symposiumなどの国際会議、国内会議にて成果を報告した。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

まず第1に、高速撮像が可能なマルチアパーチャ撮像システムの構築を行った。本研究で使用したマルチアパーチャ撮像システムにおいて、撮像素子が5×3の複数のブロックに分かれており、個別に露光パターンを制御することができる。各ブロックは64×108画素で構成され、画素サイズは11.2μm×11.2μmである。ブロックごとに一つのレンズを割り当て、マルチアパーチャ構造とすることで一回の撮影で複数の像を取得することができる。

イメージセンサの各画素は、1つの受光器に対して二つの電荷蓄積部を持ち、それぞれのゲートをオンオフすることで、そのオンオフのパターンに応じて光検出によって発生した電荷を両者に振り分けることができ、高速なシャッタパターンの時間的変調を可能にした。ブロックごとに異なる電子シャッタの開閉パターンを与えて、一回の撮像において時間的な符号化が行われた複数の情報を得ることができる。この撮像システムで出力される画像は、露光時間中にシャッタがオンになっているタイミングで取得された画像が重畳されたものとなる。そのため、各シャッタータイミングで取得される画像の集合と出力画像との関係は、線形方程式で表わすことができる。取得画像から逆問題を解くことで、圧縮センシングの原理に基づいてセンサ自体のフレームレートを大幅に超えた周波数で画像を取得することが可能となる。

第2に、作製したマルチアパーチャ撮像システムを利用して、光飛行時間法に基づく距離画像計測を

行えることを実験により確認した。光飛行時間法は、測定対象に対して時間変調光を投影し、その反射光の到達時間を計測することで距離を得る。原理確認実験として、センサのフレームレートよりも高い周波数で変調された光を異なる奥行き位置に配置された物体に照射し、それぞれの距離に応じた変調光の位相の変化より二つに物体間の距離を測定した。実験系を図1に示す。二つの物体間の距離は3.5 mとした。波長532 nmのレーザビームを音響光学変調器により周波数5 MHzで強度変調を行った。レーザ光の変調信号はセンサのクロックと同期させた。

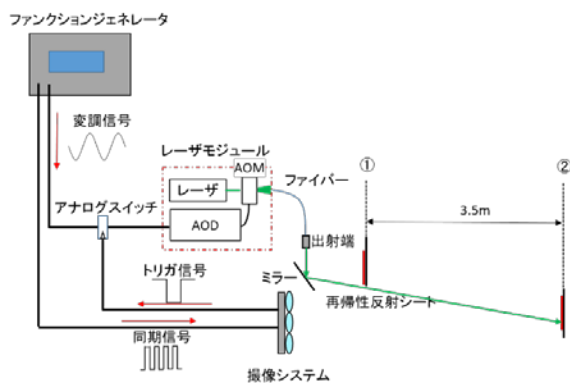


図1 実験系

シャッタパターンとして、周波数5MHz、デューティ比1/4の周期的なオンオフパターンを利用した。図2に示すように、4つのアパーチャにそれぞれに対して位相が4分の1周期ずつずれた4通りのパターンを割り当てた。異なるシャッタパターンを持つ4つのアパーチャで取得される画像は、変調光の周期に対して1/4周期ずつシフトされたタイミングで得られる。

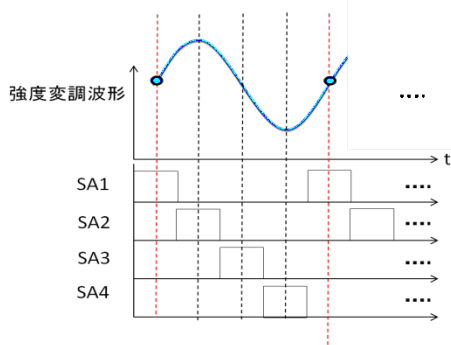


図2 強度変調光の波形の例と各アパーチャのシャッタパターン

各アパーチャの光強度は正弦波の平均値で正規化した。変調光の位相は位相シフト法に基づいて得た。変調光の初期位相を変化させて、二つの物体からの

反射光の変調信号の位相をそれぞれ測定した結果を図3に示す。それぞれの物体に対して、変調光の初期位相の変化を計測できていることがわかる。また、二つの物体間の距離の差に応じた位相差が生じている。この位相値から計算した二つの物体間の距離を図4に示す。距離測定の誤差は最大測定距離の約1%であった。

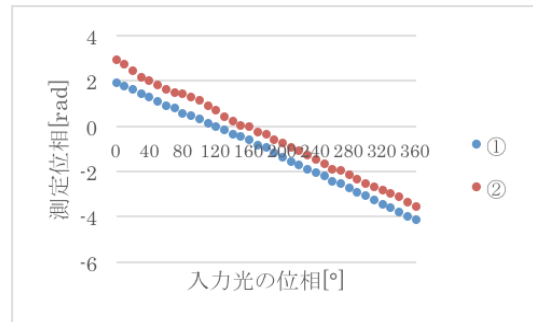


図3 変調光の初期位相を変化させたときの二つの物体(1,2)からの反射光の変調位相計測結果

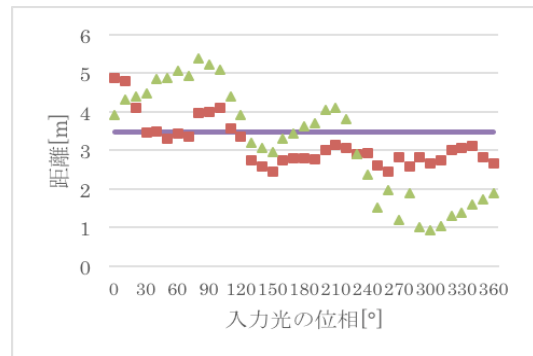


図4 二物体間の距離測定結果。△:測定変調光の平均値による正規化なし。□:測定変調光の平均値による正規化あり。

(3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトによって、学外研究者との交流が飛躍的に活性化し、本プロジェクトの研究者が研究共同研究者として科研費申請を行う研究プロジェクトを立ち上げることができた。

本プロジェクトでは、マルチアパーチャ構造の高速イメージセンサにより光飛行時間法による3次元計測が実行可能であることを明らかにした。この成果は、長時間計測が可能な高速3次元計測という新しい研究領域の開拓に結びつくことが考えられ、今後の発展が期待される。

[4] 成果資料

(1) K. Moriguchi, D. Miyazaki, K. Kagawa, F. Mochiduki, "High-speed three dimensional measurement by exposure time coding and time of flight with a multi-aperture imaging system," 2nd Asian Image Sensors and Imaging Systems Symposium (2014) 24.

出張報告

氏名：宮崎大介, 森口 幸志郎

所属：大阪市立大学

期間：2014年10月3日

用務先：静岡大学電子工学研究所

用務内容：研究打ち合わせ

主たる対応者：香川景一郎