

マルチタップ CMOS イメージセンサとマルチアパーチャ光学系 によるコンピュータショナルイメージング

香川景一郎¹

概要: マルチタップ CMOS イメージセンサは、画素内に複数の信号電荷メモリと読出し回路（タップ）をもつ。これは主に間接型光飛行時間(TOF)イメージセンサに利用されているが、露光パターンの制御・アクティブ照明との組み合わせによるコンピュータショナルイメージングへの応用も研究されている。本講演では、静岡大学の川人・安富らが開発しているラテラル電界制御電荷変調器(LEFM)を応用したマクロ画素構造をもつ時間圧縮型超高速イメージセンサを紹介する。これは、超高速カメラや TOF カメラを高機能化、高機能化することができる。圧縮センシングにより、イメージセンサがもつメモリ数よりも多くの枚数の画像を一度に撮影することができる。圧縮は光電荷領域で行い、回路が介在しないため、小面積化とフレームレートの向上に適している。今までに 2 億枚毎秒以上のフレームレートをもつ単発現象の超高速撮像と、TOF における計測レンジの拡大・マルチパス干渉の分離を実現した。また、アクティブ照明を用いた同期撮像にもマルチタップ CMOS イメージセンサは有効である。正弦波パターンを投影し、その振幅反射率から生体の吸収・換算散乱係数分布を取得する空間周波数領域イメージング(SFDI)は、暗室内で患者が静止している必要がある。4 タップまたは 7 タップ CMOS イメージセンサを利用することで、これらの問題を解決した多波長 SFDI システムを開発している。また、イメージセンサ上にレンズアレイを配置したマルチアパーチャ光学系により、波長分割多重撮像により複数の計測手法を同時に適用する小型マルチモーダル生体計測カメラを実現する。

キーワード: マルチタップ CMOS イメージセンサ, 圧縮センシング, 光飛行時間距離画像計測, 時間分割多重撮像, 波長分割多重撮像, 生体イメージング

Computational imaging with multi-tap CMOS image sensors and multi-aperture optics

KEIICHIRO KAGAWA^{†1}

Abstract: Multi-tap CMOS image sensors are equipped with multiple signal charge memory elements and readout circuits referred to as a tap. They are mostly used in indirect time-of-flight (TOF) image sensors. Furthermore, applications for computational imaging with exposure control and active illuminations are explored. In this talk, macro-pixel-based temporally compressive ultrafast CMOS image sensors, which utilize lateral electric field charge modulators (LEFM) developed by Kawahito and Yasutomi at Shizuoka University, are explained. My approach can enhance the performance and functionality of ultra-high-speed cameras and TOF cameras. By using compressive sensing, the number of filmed images can be more than the number of memory elements on the chip. Because the signal compression is performed in the photogenerated charge domain and there are no dedicated circuits for compression in the pixel, the proposed sensors are suitable for speeding the frame rate. I have demonstrated frame rates faster than 200M frames per second in ultra-high-speed imaging of single events and extension of the measurable range and signal decomposition in multi-path interference. Multi-tap CMOS image sensors are also useful for synchronous imaging with active illuminations. Spatial frequency domain imaging (SFDI) is a quantitative imaging method that measures absorption and reduced scattering coefficient maps from the amplitude reflection for a projected sinusoidal pattern. However, the measurement should be performed in the darkness and the patient have to stay still. I have solved these problems with 4- or 7-tap CMOS image sensors, and multi-wavelength SFDI systems are being developed. With multi-aperture optics, a compact multi-modal tissue camera based on SFDI and other optical measurement methods will be realized.

Keywords: multi-tap CMOS image sensor, compressive sensing, time-of-flight range imaging, time-division multiplexed imaging, wavelength-division multiplexed imaging, tissue imaging

¹ 静岡大学
Shizuoka University