

高速度ビデオカメラの開発

研究者：須川 成利 東北大学

未来科学技術共同研究センター 教授

開発企業：山本 靖則 株式会社島津製作所 代表取締役 社長

(推薦者：長坂 徹也 東北大学 副学長)



須川 成利 氏



山本 靖則 氏

1. 技術の背景

材料科学や、燃焼、爆発、マイクロマシン技術、宇宙開発の分野において、新規材料や、衝撃波、プラズマ、放電などに伴う物理現象を解明するために、0.1マイクロ秒(10^{-7} 秒)オーダーの超高速の撮影装置が必要とされている。また、医療分野や産業分野においても、マイクロバブル、インクジェット、燃料噴霧など、微小な領域で起こる超高速現象を拡大して観察したいという要求が高まっている。

従来のイメージセンサでは、撮影速度が速くなると解像度が低下したり、撮影画像の画質が悪化したりするなどの問題があり、これらの超高速現象を正確に捉えるのは困難であった。

このような要求に応えるためには、撮影速度はもとより、画素数、撮影コマ数の基本的な三性能のバランスがとれており、さらに、広い光波長範囲で高い光感度を有し、高速撮影時に強い光が照射されても画像に悪影響を及ぼさず、消費電力が少なく特別な冷却装置なしに動作可能であり、撮影速度と露光時間を独立に設定できるなどの技術的課題を解決した高速度ビデオカメラを開発することが求められていた。

2. 技術の概要

本技術は、東北大学須川成利教授が長年培ってきた高性能CMOSイメージセンサ技術と、島津製作所が有する高速度ビデオカメラ技術を融合させて上記の要求をすべて達成し、世界で初めて1,000万コマ/秒の高速撮影を、高解像度、多記録枚数かつ室温動作で実現した革新的な高速度ビデオカメラ技術である。

本技術で開発されたCMOSイメージセンサ「FTCMOS」の最大の特徴は、センサチップ内に画像蓄積メモリを設け、画素から高速に読み出した信号を既定のコマ数分一時保存し、撮影後にメモリからチップ外部に読み出すことである(図1)。この技術により、解像度を保ったまま、最高撮影速度1,000万コマ/秒の高速撮影を実現している。

また、画像蓄積メモリを、画素領域から離れて十分に遮光された周辺部に設けることで、撮影中に強い光で照射されても、メモリに光が漏れこむことなく、劣化の無い高画質な撮影画像を得ることができる(図2)。

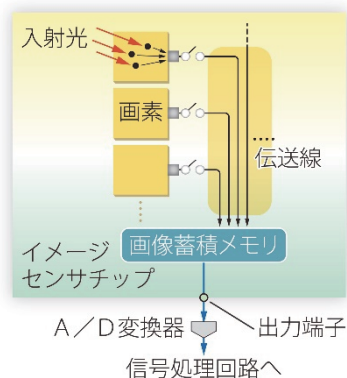


図1 FTCMOSセンサの動作原理

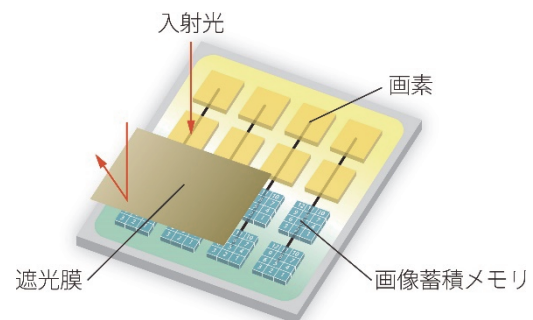


図2 画像蓄積メモリの配置

2012年には、最初の製品となる、FTCMOSを搭載した高速度ビデオカメラ「Hyper Vision HPV-X」を発表し、さらに、2015年には、光感度を大幅に高め消費電力も低減した高速CMOSイメージセンサ「FTCMOS2」を搭載した高速度ビデオカメラ「Hyper Vision HPV-X2」を製品化し、顕微鏡下のような暗い撮影対象でも対応できるようになった。(図3、表1)



図3 FTCM0S2センサとHyper Vision HPV-X2

表1 高速度ビデオカメラ Hyper Vision HPV-X2の主な仕様

	撮影モード	
	HP モード※ ¹	FP モード※ ²
最大撮影速度	1,000 万コマ/秒	500 万コマ/秒
記録枚数	256 枚	128 枚
解像度	5 万画素	10 万画素

※¹ HP モード：撮影枚数を優先した撮影モード

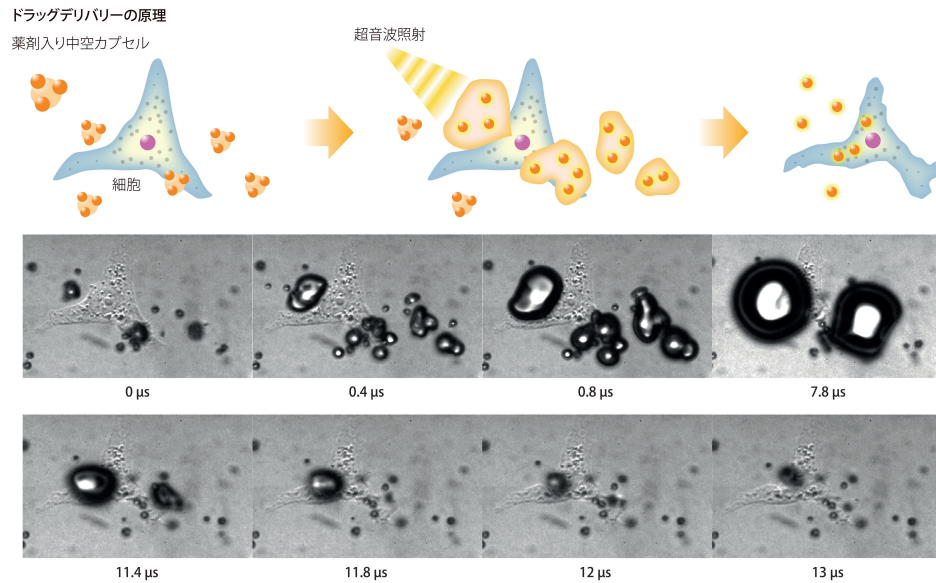
※² FP モード：解像度を優先した撮影モード

3. 効果

開発した高速度ビデオカメラは、これまでにない撮影速度・解像度・記録枚数を同時に達成しており、材料、生命科学、機械、電子、航空宇宙などの研究開発現場で、今までに見ることのできなかった様々な超高速現象を可視化し、基礎研究や、先端技術の開発に大きく貢献している。

最近では、医薬分野における、0.1 マイクロ秒オーダーでのマイクロバブル制御による創薬治療研究に関わる細胞のその場撮影(図 4)など、これまでにない応用分野への展開も拡大している。また、現象の可視化による観察だけではなく、高解像度を生かした画像解析での活用も増えており、2 台のカメラの撮影タイミングを正確に同期させて撮影を行い、その画像から被写体の変化を 3 次元的に計測することも実現している(図 5)。いずれの高速撮影においても、電荷を 0.01 マイクロ秒以内に高速で収集できる独自のフォトダイオード構造を導入した効果が発揮されており、1,000 万コマ/秒の撮影速度でも残像は観測されない。

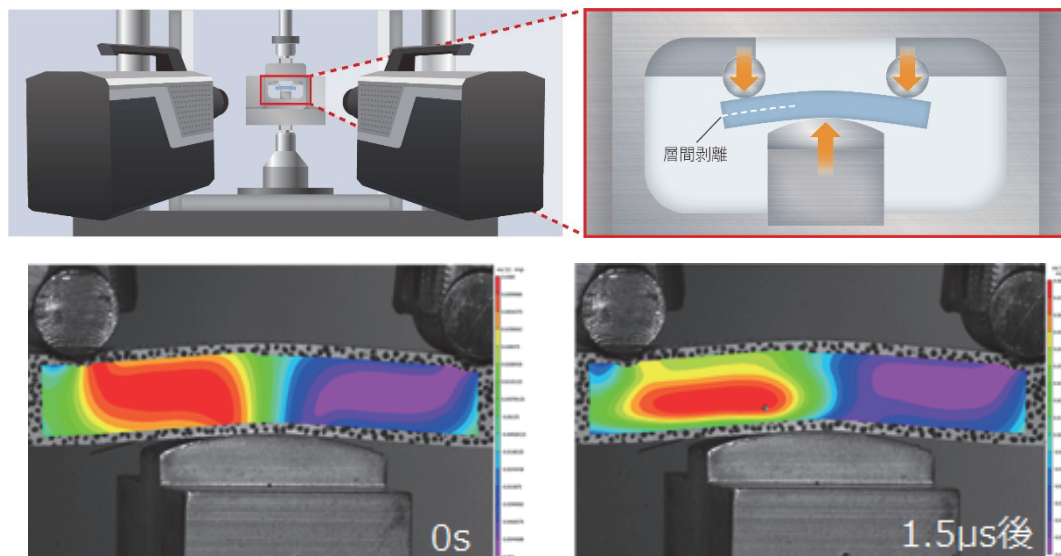
以下撮影事例を紹介する。



(北海道大学 人間情報工学研究室ご提供)

顕微鏡下での高速撮影例。超音波照射に伴い膨張・圧壊するマイクロカプセルにより、細胞が変形し、ダメージを受ける。

図4 ガン細胞とマイクロカプセルの超音波振動



2方向から撮影した画像を3次元解析し、ひずみ分布を可視化した例。CFRP材の3点曲げ試験において、層間剥離の発生によりせん断ひずみが瞬時的に変化する様子を捉えている。

図5 CFRP材の層間剥離によるせん断ひずみの緩和

今後、更なる高速化と使いやすさを追求していくことで、研究からものづくりまで広い分野での超高速現象の可視化により、多くの社会貢献ができると考える。