

# 光をスローモーションで捕らえる 1兆フレーム/秒ビジュアライゼーション

米マサチューセッツ工科大学メディアラボの研究チームは、光速の光子でさえスローモーションで捕らえる、1兆フレーム/秒 (fps) ビジュアライゼーションに利用できる各種ストリークカメラを開発した<sup>(1)</sup>。

光の検出と測距(ライダ)、あるいは他の超高速分子撮像などの用途に活用されている最高速度の飛行時間型ゲート制御インテンシファイアドCCDまたはICCD撮像技術は、明らかにされるのは一般に被写界深度または深度イメージングデータである。それに代わって、MIT メディアラボの技術はストリークカメラの2次元の狭開口を使用して、スリットの方向と一致する1次元空間情報をキャプチャし、偏光の度合いに対応する2次元データから時間情報を得る。

## 超高速実現の要因

超高速の光源、検出器、光学系などを使って実現された改良ストリークカメラは、約 $0.5 \times 10^{12}$ fpsの速度(2ピコ秒の時間解像度)で672×1000ピクセルの解像度で完全な2次元動画を再構成するのに必要とされる画像を取得する。

795nm、600mWの超高速Ti:サファイアレーザは50フェムト秒パルスを75MHzの繰り返し速度でそのシーンに供給する。そのビームの一部をガラススライドで分離し、光検出器を浜松ホトニクス製のC5680ストリークカメラと同期させた。このカメラは1nsの持続時間と1次元の視野で512サンプリングの時間分解能と672ピクセルの空間分解能を持つ。

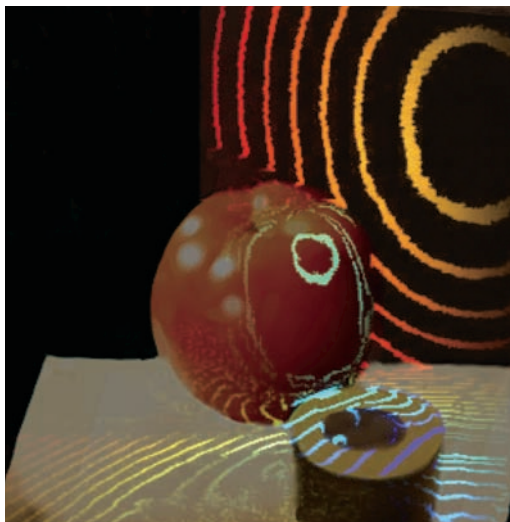


図1 球面状の光パルス前面がトマトとロールテープを照明する。各着色バンドは撮影中に進行する光パルスを表す。各バンドの間隔は約20psである。

ストリークカメラはそのシーン内の瞬間的に発生する1本線(1次元動画)しか提供しないので、ミラーシステムによってカメラの視界を光景に沿って走査させて、2時間周期で最高1000画像までの一連の画像を捕らえ、レーザとカメラが同期しているため2次元動画が作成される。

MIT メディアラボのラメシュ・ラスカー准教授は、「1ns長さのビデオ用の全データを収集するのに約1時間かかるため、私たちはこれを『世界で最も遅い最高速度カメラ』と呼んでいる」と言う。「しかし、このカメラは異方性媒質やフォトニック結晶中の光伝搬などの超高速現象を捕らえることができ、例えば、埋め込まれた欠陥を検出し、あるいはシーンに侵入せずにシーン内

の物質を分析するなどの材料分析に有用であろう」と付け加えた。

## 1兆フレーム/秒の動画

この超高速の1兆fpsセットアップを使い、研究チームによって、水で満たされたソーダボトルを通過する光パルスの多重反射光伝搬と表面下散乱を撮影した動画が作られた(<http://youtu.be/EtsXgODHMWk>を参照)。

もう1つのビデオにおいては、光パルスが出現した際のトマトとロールテープを撮像している(<http://youtu.be/P-HqKjBgLPM>と図1を参照)。このパルスはシーン右側の拡散散乱面によって反射され、球状のパルス前面として出現するバーチャル光源を形成する。このパルスが左から右にシーンを横切って移動するとき、多少の迷光が最初にトマトにあたる。拡散体に当たった後、光はシーン全体にあふれる。

シーンの間接的に照明された部分(トマトの上部とロールテープの内部)には、1次の直接光波が到達することはないが、散乱波による間接光がそれらに達した後にだけライトアップされる。影は照明後に現れ、シーン背面の壁にあたった直接光はトマトに向けて後方反射され、表面下散乱によってトマトの表皮下に閉じ込められ、そこで弱まりながらグローを放つ。

(Gail Overton)

## 参考文献

(1) L. Hardesty, "Trillion-frame-per-second video," MIT News Office, <http://web.mit.edu/newsoffice/2011/trillion-fps-camera-1213.html> (Dec. 13, 2011).