爆発現象の 2 方向同期撮影

High-speed Photography of Explosion by Synchronized Cameras

■ はじめに
Introduction

さまざまな産業分野の基礎的開発において衝撃波の可視化が試みられていますが，特に航空・宇宙産業においては，高速で発生・伝播していく衝撃波の挙動を掴むことは非常に重要なテーマです。例えば，航空機が高速で飛行している状態において，翼表面でどのようなメカニズムで高速な波が発生し，その挙動がどのようなものであるか解析することは，航空機の安全にかかわる重要な基礎データとなります。

島津高速度ビデオカメラ「HyperVision　HPV-2 形」(Fig.1 に外観を示す) は，細孔撮影速度 100 万コマ/秒という超高速撮影を，312×260 ピクセルの高解像度で行うことが可能なため，超音速で伝播する衝撃波の観察には最適です。

今回は同期させた 2 台のカメラを用い，爆発現象を捉えた事例を紹介します。

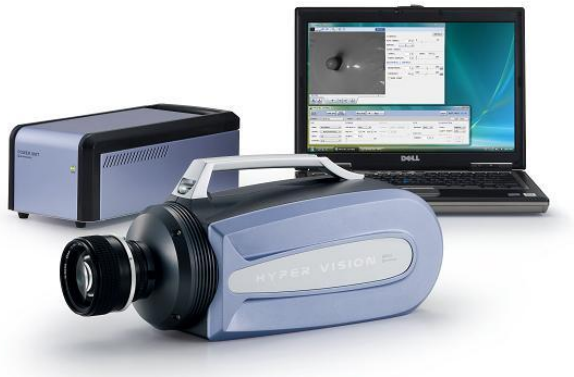


Fig.1　島津高速度ビデオカメラ HPV-2 形 外観
Overview of SHIMADZU High-speed video camera Model HPV-2.

■ 観察実験系
Experimental set-up for observation

衝撃波は，通常目視による観察ができないため，Fig.2 に示すようなシュリーレン光学系やシャドーグラフ光学系などの特殊な撮影光学系を用いて可視化することが必要となります。 今回の実験では，シュリーレンとシャドーグラフ光学系の観察方向を 90°ずらして配置し，2 台の HPV-2 を同期させることによって，円筒形の爆薬の正面と側面からの撮影を行いました。

微量の火薬はパルスレーザーの照射により起爆させ，それにより音速を超える速度で空気中を伝播する衝撃波が発生します。

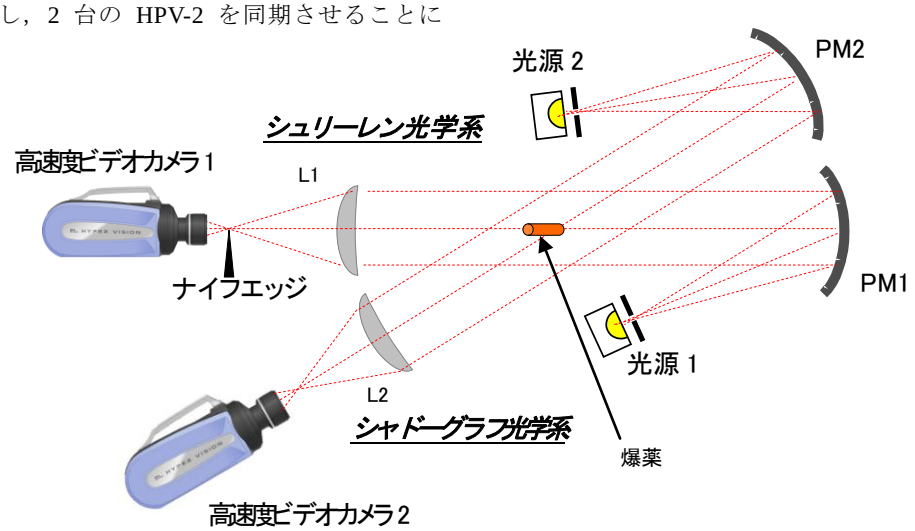


Fig.2　衝撃波の可視化撮影光学系
Schematic layout of the setup for the visualization of the shock wave propagation.

■ 観察結果
Result of observation

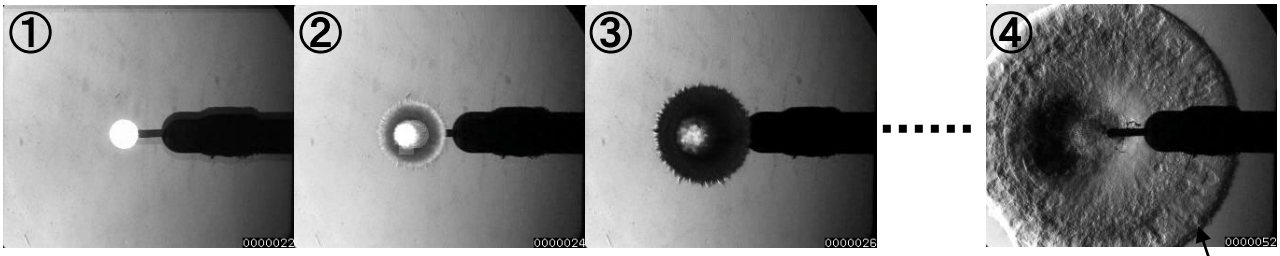
Fig.3に50万コマ/秒で撮影した爆発の画像を示します。 a)はペレット(爆薬)正面から撮影したシュリーレン像，b)は側面から撮影したシャドーグラフ像です。

①・⑤の画像は，撮影開始から22μs経過した起爆の瞬間の画像で，それ以降の画像では爆発により生成したガスが広がっていく様子が捉えられています。これらを見ると，ペレットの形状を反映して正面方向と側面方向とでは爆発の広がり方に異方性があることがわかります。また爆発後の早い段階ではガスの拡散が速いため衝撃波とほぼ重なって広がっていきますが，やがてガスが減速するのにともない，④・⑧のように衝撃波の波面が明瞭に観察できるようになります。

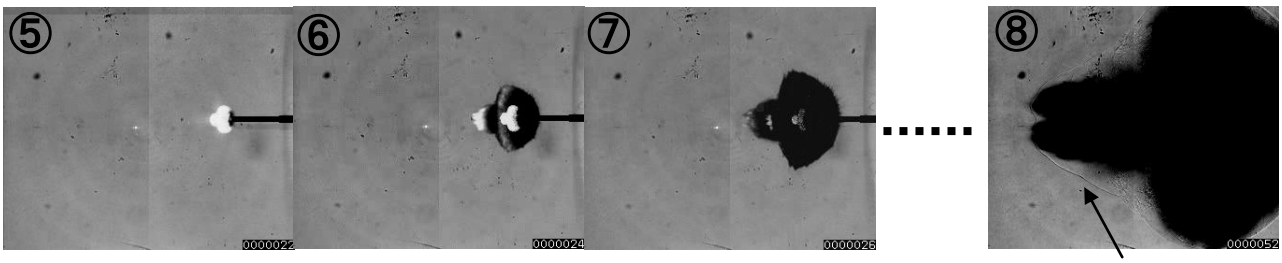
またシュリーレン光学系は，シャドーグラフ光学系に較べて気体の密度変化に対する感度が高いため，両者画像を比べるとシュリーレン像の方が，波面先端のコントラストが顕著にあらわれていることがわかります。

爆発・衝撃波のような非常に早い現象において，多方向からの画像を比較・解析するためには，それぞれのカメラの撮影タイミングが正確にコントロールされていることが重要です。

島津高速度ビデオカメラ「HyperVision　HPV-2形」は，最大4台のカメラを用いた同期撮影を行なうことができるので，このような多方向撮影解析が有効なアプリケーションに最適です。



a) シュリーレン撮影(正面より)；①22,②24,③26,④52μs
Schlieren photography (Front side); at ①22,②24,③26 and ④52μs



b) シャドーグラフ撮影(側面より)；⑤22,⑥24,⑦26,⑧52μs
Shadowgraph photography (lateral side); ⑤22,⑥24,⑦26 and ⑧52μs

Fig.3　爆発の様子(撮影速度50万コマ/秒)
Images of the explosion phenomenon .　(Frame rate: 500,000 fps)

初版発行:2009年2月

島津製作所 分析計測事業部 応用技術部
アプリケーション開発センター
●東京 ●京都
TEL (075)823-1153

※本資料は発行時の情報に基づいて作成されており，予告なく改訂することがあります。改訂版は下記の会員制 Web Solutions Navigator で閲覧できます。
https://solutions.shimadzu.co.jp/solnavi/solnavi.htm

会員制情報サービス「Shim-Solutions Club」にご登録下さい。
https://solutions.shimadzu.co.jp/
会員制 Web の閲覧だけでなく，いろいろな情報サービスが受けられます。