

広帯域カメラを用いた固体推進薬燃焼表面可視化の技術開発

宇宙科学研究本部 技術開発部 長谷川克也

1 はじめに

固体推進薬の燃焼中における燃焼表面およびその近傍の光学観測は燃焼を理解するうえで有効な手段である。燃焼中の固体推進薬は表面の Al 液滴の燃焼温度と周囲の燃焼温度差が大きく、撮影時に燃焼温度差が映像輝度差となるため、通常のカメラでは帯域が足りず撮影が難しかった。そのため従来のカメラのダイナミックレンジを大幅に広げ、大きな温度差を持った燃焼表面の可視化を可能とした。

また燃焼中は燃焼煙が発生しているため、可視光による撮影は困難である。そのためカメラに赤外線領域まで感度を持たせ、撮影時には可視光を遮断し赤外線のみを透過するフィルタを使用することで、煙などに対し透過率の高い赤外光による燃焼煙を通した燃焼表面の可視化に成功した。ワイドダイナミックレンジ化と赤外線撮影技術により燃焼表面可視化を可能にするカメラを開発したので報告する。

2 カメラ概要

2.1 ダイナミックレンジ

カメラの撮影可能な一番明るい部分と暗い部分の比をダイナミックレンジをと言い、ダイナミックレンジが広いほどカメラが撮影できる情報量が増える。ダイナミックレンジを表す単位として dB を用い(1)式で表される。

$$dB = 20 \log \frac{b}{a} \quad \dots(1)$$

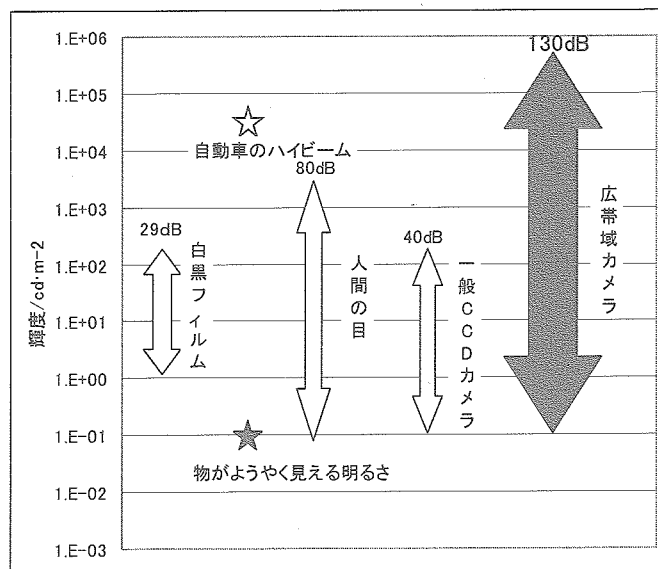
a:限界明輝度 b:限界暗輝度

カメラの撮影では絞りとシャッタースピードで入射光量を調節し必要な被写体の輝度にあわせるが、入射光量の調節を行っても(1)式の a と b が等比で変化するためダイナミックレンジが変化しないため撮影できる情報量は一定である。そのため大きな輝度差を持つ被写体を撮影するためにはダイナミックレンジを拡大する必要がある

2.2 カメラ特性

今回開発した広帯域カメラは撮影素子に広帯域化のはかりやすい C-MOS 素子を用い感度

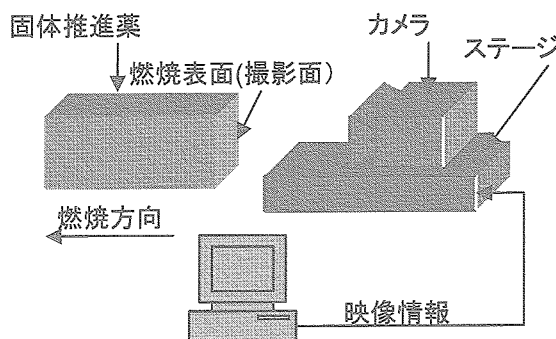
特性を対数にしたことでダイナミックレンジが 130dB と広帯域化を実現し固体推進薬燃焼表面可視化を可能にした。第 1 図に広帯域カメラとその他のデバイスの帯域の差を示す。図のように従来のカメラに比べ 80dB 以上帯域を広げ、人間の目の可視範囲を超える帯域を得ることが可能となった。また、高輝度時に撮影限界を超えた入力があっても、C-MOS 素子の特性で CCD のように周囲素子に影響を及ぼすことが少ないためノイズの少ない安定した映像を得ることができる。



第 1 図 広帯域カメラの感度範囲の比較

3 実験

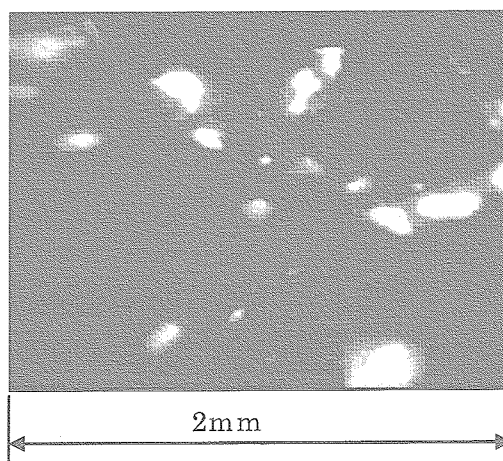
実験は第 2 図のような構成で行なった。チャンバー内部にある 10×10×40mm の固体推進薬を端面燃焼させ撮影窓からカメラで撮影する。撮影時には赤外線フィルタを通して可視光を遮断し、チャンバー内部には窒素ガスを流すことで燃焼煙を燃焼表面に滞留させない工夫を行った。実験により得られた映像を第 3 図に示す。長編約 2mm 画の映像中に高温の Al 液滴と比較的低温のバインダーが明瞭に確認できる。



第 2 図 実験装置概要

4 まとめ

広帯域カメラを開発し固体推進薬燃焼表面の撮影に成功した。赤外線撮影を含む撮影技術を開発することで良好な映像の取得を可能にした。今後カメラの開発を続け、実験装置の改良を行うことで撮影システムの高性能化をはかり、固体推進薬燃焼の解明や高性能化に利用したい。



第 3 図 固体推進薬燃焼表面映像