

X線映像を利用した推進薬の燃焼速度測定法

Measurement of Burning Rate using an X-ray image of Propellant

長谷川 克也, 川崎 朋実, 小林清和

Katsuya HASEGAWA, Tomomi KAWASAKI and Kiyokazu KOBAYASHI

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 飛翔体技術グループ

Space Vehicle Development Group/Technology Development Department/ISAS/JAXA

1. はじめに

固体推進薬の燃焼速度は基本性能を決定する重要な要素のひとつである。従来から燃焼速度はさまざまな方法を用いて測定されているが、本研究では X 線を利用した燃焼速度測定方法の検出方法に改良を加え、燃焼中の推進薬を X 線映像化し映像データを解析することで面内の燃焼速度分布を測定することができたのでここに報告する。本法で開発した実験装置は汎用性を重視し計測部分と燃焼器を分離設計することで燃焼器の設計自由度を増しさまざまな実験目的に対応できるようにした。映像化装置部分に拡張性を持たせたことで、測定データの精度と分解能の要求に対してコストパフォーマンスの高い実験装置を構成することが可能となった。

2. 実験装置

装置の概略を Fig.1 に示す。棒状の固体推進薬を用い燃焼器内に配置する。X 線発生源から照射された X 線は燃焼している固体推進薬を燃焼面に垂直に透過し経路上の推進薬量に応じ減衰する。燃焼中推進薬の厚みの情報を持った X 線は映像化装置内部で X 線-光変換を行った後カメラとフレームグラバで映像化と数値化を行い、収録解析装置にデータが送られ収録・解析される。映像化装置は本実験装置に汎用性をもたせるためモーターケースと独立して設計し、目的に合わせたモーターケースを設計することで大気圧下の実験から高圧、減圧条件下にも対応できる。今回の実験では解析方法の確立に必要なデータを得るために、大気圧条件下で実験を行った。

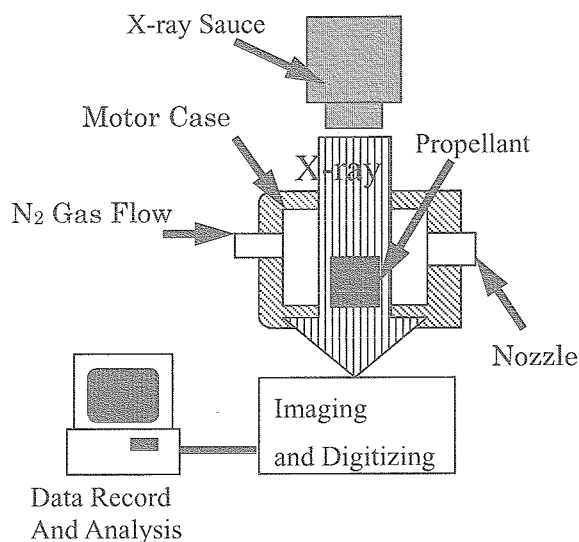


Fig.1 Test System

3. イメージングシステム

3.1 X線-光変換

X 線映像を光変換し濃淡映像にするため通常速度の実験では安価で取扱いの簡単なシンチレータを用いるが、過渡現象の把握目的の実験では高速度カメラを使用するためシンチレ

一タでは光量不足により S/N が低下し十分なデータを得る事ができなかった。X-I.I.を用いることで光量不足は解決できるが、市販の X-I.I.はノイズ対策のため 100ms 程度の残光特性をもたせてあり高速撮影を行っても有効なデータが取得できない。今回、本計測システム高速化のため低残光型の X-I.I.を開発したことで 1000fps の撮影が可能となった。

3.2 映像—数値変換

本装置では得られた濃淡映像を数値データ化するためのセンサーとしてカメラを使用している。基本的なシステムでは NTSC 規格のものを用いるが実験の要求により空間分解能、時間分解能、ダイナミックレンジの各性能を高いものを使用することで実験目的にあわせたシステム構築が可能となる。その基本性能を Tab.1 に示す。

Camera Type	Standard	High Speed	High Resolution
Frame Rate	30fps	1000fps	60fps
Camera Resolution	512X384	256×256	1360×1024
Camera Definition (Dynamic Range)	8Bit(48dB)	8Bit(48dB)	14Bit(84dB)
X-ray to Luminous signal Transfer Device	Scintillator	High Speed Type X-ray Image Intensifier	Scintillator
Output	NTSC Signal (Analog)	Digital (LDVS)	Digital (Text Data)

Tab.1 Imaging System Spec

4. 実験結果

推進薬試料は 20×20×40mm で側面にリストレクタを塗布し上面から一次元的に燃焼させ大気圧条件下で実験を行なった。実験により得られたデータの一例を Fig.2 に示す。燃焼面内全域で 1.0～1.2mms⁻¹の範囲である。得られたデータはノイズが多くそのままでは燃焼速度を求めることができないが、必要な信号処理を行うことで面内の燃焼速度分布の計測が可能となる。

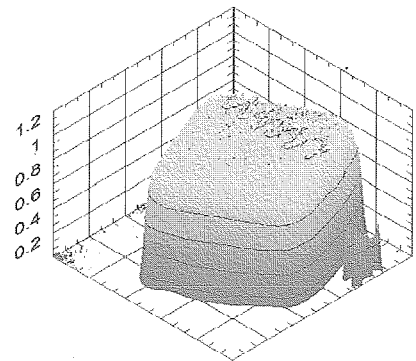


Fig.2 Burning rate Distribution within Burning Surface

5. まとめ

X 線映像を利用した推進薬の面内の燃焼速度測定に成功した。低残光型 X-I.I.の開発により過渡現象の測定が可能となった。映像化装置の設計に汎用性を持たせることで一つの計測装置で目的の異なる実験に対応が可能となった。新しく開発した解析法によりノイズ中の信号を効率よく抽出することに成功した。今後は非正常燃焼試験や微細面積内での燃焼特性試験を固体推進薬燃焼の解明に応用する予定である。