

デトネーション波を用いた 航空宇宙用推進機関の開発と実証研究

名古屋大学 大学院工学研究科 教授

笠原 次郎



研究の背景

デトネーション波とは、極超音速（秒速2～3 km）で衝撃波を伴って自走的に伝播する燃焼波です。管内に充填された予混合気体（可燃性のガスと空気などの酸化剤を混ぜたもの）を極めて短時間（例えば1 mの長さの管であれば、1000分の1秒以下）・短距離で燃焼させることができます。

このデトネーション波においては、まず波頭にある衝撃波によって、予混合気体を圧縮し、その後に燃焼が開始されます。つまり、予混合気体は衝撃波で断熱圧縮された高温下で化学反応を開始するため、デトネーション波を利用したエンジンの熱効率は高くなります。また、仮に混合が不十分な気体であっても、衝撃波によって混合が促進されます。

このようなデトネーション波は、航空宇宙機用エンジンの性能向上、小型化を可能にするため、エンジンへの応用研究が世界中で活発に行われています。しかしながら、エンジン内でのデトネーション波の基礎物理、とくに波面の維持機構は未解明でした。

研究の成果

本研究では、高速度カメラを用いた可視化研究によって、デトネーション波がどのような条件で安定して発生するかを詳細に調査し、セルサイズや、波の曲率、固体境界面の形状によって現象の一般的な整理を行いました。



図1 パルスデトネーションエンジンの飛行試験

た。その結果、デトネーション波の発生形態を予測できるような知見を得ました。また、その知見をもとにデトネーション波を間欠的（パルス状）に発生させる「パルスデトネーションロケットエンジンシステム」の研究を行い、2013年11月30日には、JAXA/ISASの支援の下で世界初の垂直飛行試験に成功しました（図1）。

さらに、デトネーション波を連続的に伝播させることができる「回転デトネーションエンジン」の研究を行い、このエンジンでも、質量流量、セルサイズ、管形状によって、デトネーション波の波数が予測できることを明らかにしました。さらに、この知見を利用して、図2に示すように、室蘭工業大学の協力の下でシステムの地上滑走試験に成功し、既燃ガスから燃焼器内壁への熱伝達特性を明らかにしました。

今後の展望

本研究によって、デトネーションエンジンが、短距離で燃焼を完結させることができ、高性能かつシンプルな航空宇宙用エンジンとして成立することを確認しました。今後、高性能のロケットエンジンや、高熱効率の航空用ガスタービンエンジンの燃焼器としての実用化をめざし、基礎的研究を着実に進めていきたいと考えています。

関連する科研費

平成21～23年度 基盤研究(B)「デトネーション推進の新展開：デトネーション共振機構と環状エンジンの研究」

平成24～27年度 基盤研究(A)「MHz級デトネーションエンジンの物理機構解明：バルブ共振型と回転爆轟波型エンジン」



図2 回転デトネーションエンジンの滑走試験