観測ロケットS-520-34号機実験 「液体推進剤回転デトネーションエン ジンシステム飛行実証実験」 概要説明資料

1

2024年11月

実験主任:	羽生宏人(JAXA)
DES2実験代表者:	笠原次郎(名古屋大学)
RATS2実験代表者:	中尾達郎(JAXA)

観測ロケットS-520-34号機の打上げについて (液体推進剤回転デトネーションエンジンシステム飛行実証実験)

観測ロケットS-520-31号機でのデトネーションエンジンシステム(DES)の宇宙実証の成功を踏まえ、液体燃料(エタノール)と酸化剤(液化亜酸化窒素)を用いた旋回型デトネーションエンジンシステム(DES2)を開発し、実際に宇宙空間で作動させ、その推進性能を評価することを目的とする。DES2の作動中に取得された大容量データ(デジタル画像)は、搭載するインフレータブル型データ回収システム(RATS2)にて回収する。



旋回型デトネーションエンジンシステム(DES2) クレジット:名古屋大学/JAXA

【参考】デトネーションエンジンシステム: 燃料と酸化剤の混合ガスが爆発的に反応した際に生じる衝撃波(爆ごう波)を 安全かつ効率良く推力に変換するロケットエンジン技術。 S-520-31号機により、宇宙での飛行実証に世界で初めて成功した。

		Δ
S-520-34号标	幾 諸元	-
全長	9.6 m	
直径	0.52 m	
重量	2.4 t	
到達高度	210 km	
観測機器質量	218 kg	
AXA内之浦≞ 『観測所KS台 Tち上げる	宇宙空 計地から	

打上げ条件:

・ロケットの保安や飛行に影響を与え ない天候時であること



PI-DES2班

2024.11



現在のデトネーションエンジンは、極めて高い周波数(1~100kHz以上)でデトネーション波を発生させることが可能になりつつあり、宇宙用エンジンとして、実用化を視野 に入れた研究開発が日欧米、アジアで活発である。また、地上試験において、その高い推進性能が各国で確認されており、高性能なロケットエンジンとして実用化が期待されている。

さらに、デトネーションエンジンシステムが、打ち上げ振動・衝撃環境に耐え、D/B調整され、高真空・微少重力環境下(スペース)にてエンジンを起動・停止し、かつ、安定作動することが、2021年7月に打ち上げられた観測ロケットS-520-31号機による飛行実験で実証された.

S-520-34号機の実験では、S-520-31 号機での燃料/酸化剤にメタン(CH4)ガス /GOX を用いた旋回型デトネーションエンジンシステム(DES)の宇宙実証の成功を踏ま え、液体の燃料(エタノール)と酸化剤(液化亜酸化窒素)を用いた旋回型デトネーション エンジンシステム(DES2)を開発し、実際に宇宙空間で作動させ、その推進性能を評価 する。



秒速2000m程度で伝播するデトネーション



K. Matsuoka, M. Esumi, K. B. Ikeguchi, J. Kasahara, A. Matsuo, and I. Funaki, Combustion and Flame, Vol. 159, 2012, No. 3, pp.1321-1338.

デトネーションエンジンとは 旋回型デトネーションエンジンでは、秒速2000m程度で伝播する デトネーション波(衝撃波で圧縮+燃焼)にて燃焼を維持する



6

デトネーションエンジンの利点



実験の概要

DES2 には旋回型デトネーションエンジン(Rotating Detonation Engine, RDE)を1 基搭載する。

燃料のエタノール(C_2H_5 OH)と酸化剤の液化亜酸化窒素(N_2 O)は、これらのタン ク上流側より窒素ガス(N_2)で加圧され、RDE に供給される。

RDE の推力発生方向は機軸進行方向であり、推力は約500 N である。

DES2 の作動中に取得された大容量データ(デジタル画像)は、31 号機と同様、 インフレータブル型データ回収システム(RATS2)に記録、回収される。また、 DES2 作動中に取得された高速サンプリングデータ(振動)、低速サンプリン グデータ(圧力・温度)、アナログ画像はリアルタイムに地上へテレメータに よって伝送される。



9

旋回型デトネーションエンジンシステム(DES2)全体概要



©Nagoya University/JAXA

旋回型デトネーションエンジンシステム(DES2)





©Nagoya University ©Nagoya University 旋回型デトネーションエンジン(RDE)写真



©Nagoya University

DES2アビオニクス写真



室蘭工業大学白老試験場での長秒作動試験 2022年12月



エタノール-N2O 旋回型デトネーションエンジン燃焼試験

高速度カメラで捉えたデトネーション波の伝播の様子

Interframe time = 2.5 microsec

Time after ignition = 1250.0 msec-1250.3 msec

Frequency of rotating detonation wave = 13.83±0.04 kHz

Wave propagation speed along to circumferential direction at r=40 mm = 1737.9±4.5 m/s



T. Sato, K. Nakata, K. Ishihara, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, D. Nakata, H. Eguchi, M. Uchiumi, A. Matsuo, I. Funaki, Combustion Structure of Rotating Detonation Engines with Liquid Ethanol and Nitrous Oxide, Combustion and Flame, 2024. <u>https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2024.113443</u>





2023年5月 BBM燃焼試験

©Nagoya University



2023年5月 BBM燃焼試験





フライトシーケンス



©Nagoya University/JAXA

DESの観測ロケット実験と将来目標



(2030年)

Road Map of JAXA & Nagoya U. RDE Space Flight Demonstration Program



©Nagoya University

21

将来展望

(1) H-3: 第2段エンジン用リテンションスラスタ 早期の軌道実証

(2) H-3: 第2段エンジン用RCS

(3) イプシロン: 第3段(PBS)

軌道投入実証

アレイエンジン

による大推力化

(4) 月・火星探査用のオービター・ランダー用エンジン

(5) ロケットの第1段、第2段エンジン



©Nagoya University

<u>インフレータブル型データ回収システム(RATS2)</u>

• インフレータブル型膜面シェル技術を適用した次世代大気突入システム"RATS2"を用い て,旋回型デトネーションエンジンシステム(DES2)の大容量実験データの回収を行う.

RATS2 (Reentry and Recovery module with deployable Aeroshell Technology for sounding rocket experiment #2)

- 観測ロケット実験において、高価な実験機や大容量データの回収要望が存在.
- 2021年S-520-31号機にて実証されたデータ回収機RATSの2号機.

実験内容

- インフレータブル型膜面シェルは収納時は直径16cm程度の円筒内部に収まる、上空でガス注入・展開し直径1.2mまで広がる.
- 軽量で大面積の大気圏突入機は、空気力を効率よく利用することができ、大気圏突入、緩降下、軟着水、海上浮揚の一連の シークエンスをシンプルなシステムで実現可能.



<u>RATS2実験シークエンス・機体概要</u>



機体概要

RATS突入部質量	4.96kg
RATSインフレータブル部質量	2.14kg
RATS突入部収納時サイズ	Ф36cm×17cm
RATSカプセルの直径	16cm
RATSインフレータブル部直径(展開時)	120cm
RATSのフレア角度	70deg

<u>RATS実験の意義</u>

- RATS実験は今後も継続的に実施. 観測ロケットの定常的なデータ回収運用の実現 を目指す.
 - ✔ 観測ロケット実験の価値最大化に貢献
- 定期的に再突入実験を行い、インフレータブル型膜面シェルの製造技術を向上させる。貴重な実飛行データを取得することでリアルフライトにおける知見を蓄積。