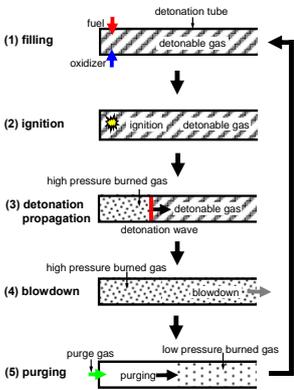


回転バルブを用いた単気筒パルスデトネーションロケットエンジン(PDRE)の推力特性

○松岡 健, 江角 元貴, 池口 健ブライアン, 笠原 次郎 (筑波大), 松尾 亜紀子 (慶應義塾大学), 船木 一幸(JAXA)

① パルスデトネーションエンジン(PDE)



間欠的にデトネーション波を発生させることで推力や動力を得る推進器がPulse Detonation Engine (PDE)である。

Advantage of a PDE

- PDEサイクルの理論熱効率率は、従来の定圧燃焼サイクル、定積燃焼サイクルよりも高い。
- デトネーション波によって推進剤圧縮を行うため圧縮機構がなくとも、円筒燃焼器で推力、動力を取り出すことが可能である。

Propulsion application of a PDE

- Air-breathing PDE (air for oxidizer and purge gas)
- Pulse Detonation Rocket Engine (PDRE) (helium for purge gas)



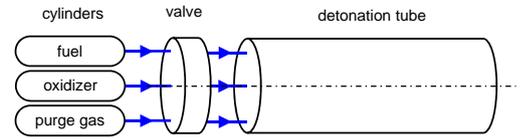
PDRE「TODOROKI」
Gliding test at Jul. 28. 2006



PDRE flight model
First flight test at Jan. 31. 2008

② 研究目的 (推力重量比の向上)

Pulse Detonation Rocket System



PDEは間欠燃焼サイクルであるため、時間平均推力が小さく、推力重量比が低い。そのため、システム(シリンダー、間欠流生成バルブ、円筒燃焼器)の軽量化、高周波数作動(エンジン省容積化)、大流量化(大推力化)を達成する必要がある。

高周波数作動および大流量化の実現は、間欠流生成バルブ性能に大きく依存し、回転バルブは適している。

回転バルブ式PDREの作動特性・推力性能を把握する必要がある。

③ PDRE用回転バルブの開発

schematic of rotary valve

cross-section of rotary valve

• PDREに必要な三種類のガス(燃料, 酸化剤, パージガス)を一つの円盤で供給可能。

• 漏れ防止の対策

- 1) トップカバー, ケーシングの吸排気ポートにオーリングを設置
- 2) ラビリンス機構
- 3) 回転摺動面にシリコンオイル

• 円盤1回転で、PDREサイクルを2回行う。

disk position at each PDE cycle

④ 実験概要 (推力測定実験, 可視化実験)

schematic diagram of thrust measurement apparatus

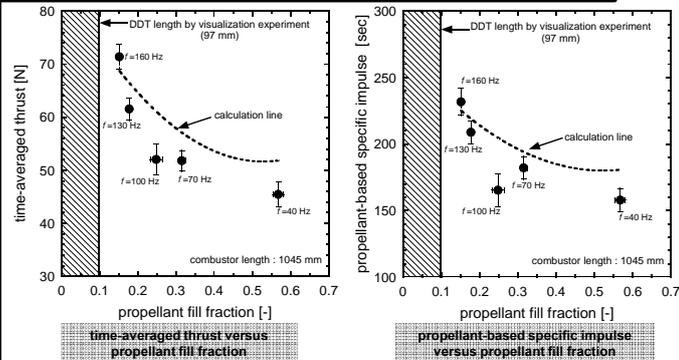
experimental condition of thrust measurement				
shot number	operation frequency	propellant supply pressure	operation time	times
	f_{exp} [Hz]	$P_{s,p}$ [MPaA]	[msec]	[-]
1	40	2	1500	3
2	70	2	1500	3
3	100	2	1500	3
4	130	2	1500	3
5	160	2	1500	3

Legend:
 ○ : pressure gauge
 ⊙ : thermocouple
 M : solenoid valve
 X : air actuator
 --- : piping
 - - - : wiring

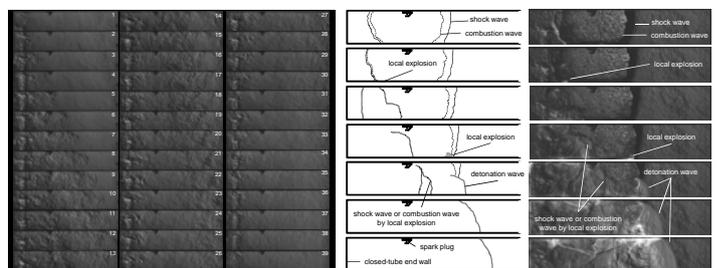
• 推進剤質量流量一定で、回転数を変化させ、PDE作動周波数を40~160 Hzの条件で実験を行い、推進剤充填量の変化に対する推力性能を評価する。

• 160 Hzでの条件で、可視化実験を行い、デフラグレーションからデトネーションへの遷移(DDT)過程および連続作動時の燃焼器内流体場を確認する。また、両実験から、DDT距離と推力性能との関係を明らかにする。Photron FASTCAM SA5 使用 (FPS : 300k, exp. time 370 nsec)

⑤ 実験結果 (推力測定実験, 可視化実験)



- 全ての条件での安定作動およびPDE特有の部分充填効果による比推力増加を確認した。全ての条件で、計算値の81%~103%の値を得た。
- 最高作動周波数160 Hzにおいて、最大時間平均推力71.4 Nおよび最大比推力231 secを得た。



sequence of schlieren photographs of propellant filling (C₂H₄-O₂ propellant, Δt = 100 μsec)

schematic and sequence of schlieren photographs of DDT process (C₂H₄-O₂ propellant, Δt = 3.33 μsec)

- 推進剤充填、パージ過程およびDDT過程を連続写真で確認した。
- 推力測定実験と同様の条件で行った可視化実験において、DDT距離は97 ± 8mm程度であった。
- 推進剤の約60%がDDTに使われたとしても、ほぼ計算値と等しい比推力を得られることが確認された。