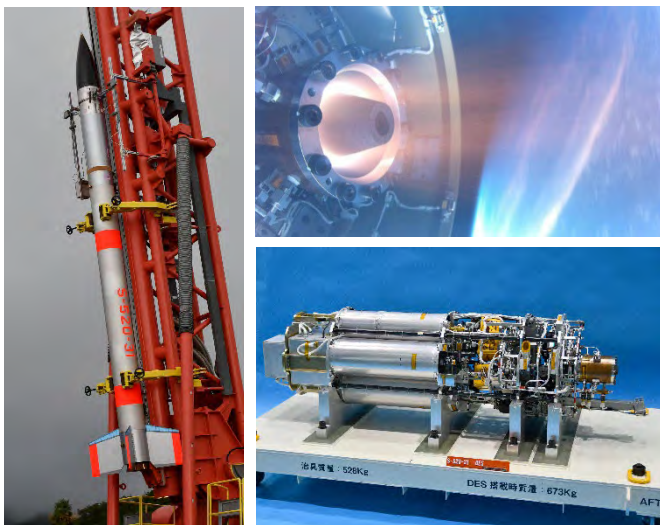


參考資料

動的・液体推進剤回転デトネーションエンジン物理解明： 弾道・軌道上フライト実証展開

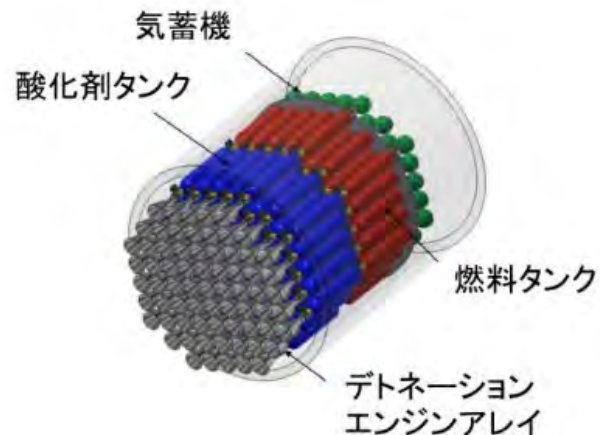
ライトフライヤー(1903)を越える**新航空宇宙システム創造インパクト**

笠原 次郎(名古屋大学)
松尾 亜紀子(慶應義塾大学)
船木 一幸(JAXA宇宙研)
松岡健・川崎央(名古屋大学)



第2回観測ロケット弾道実験
(2024.7)

基礎物理
の解明

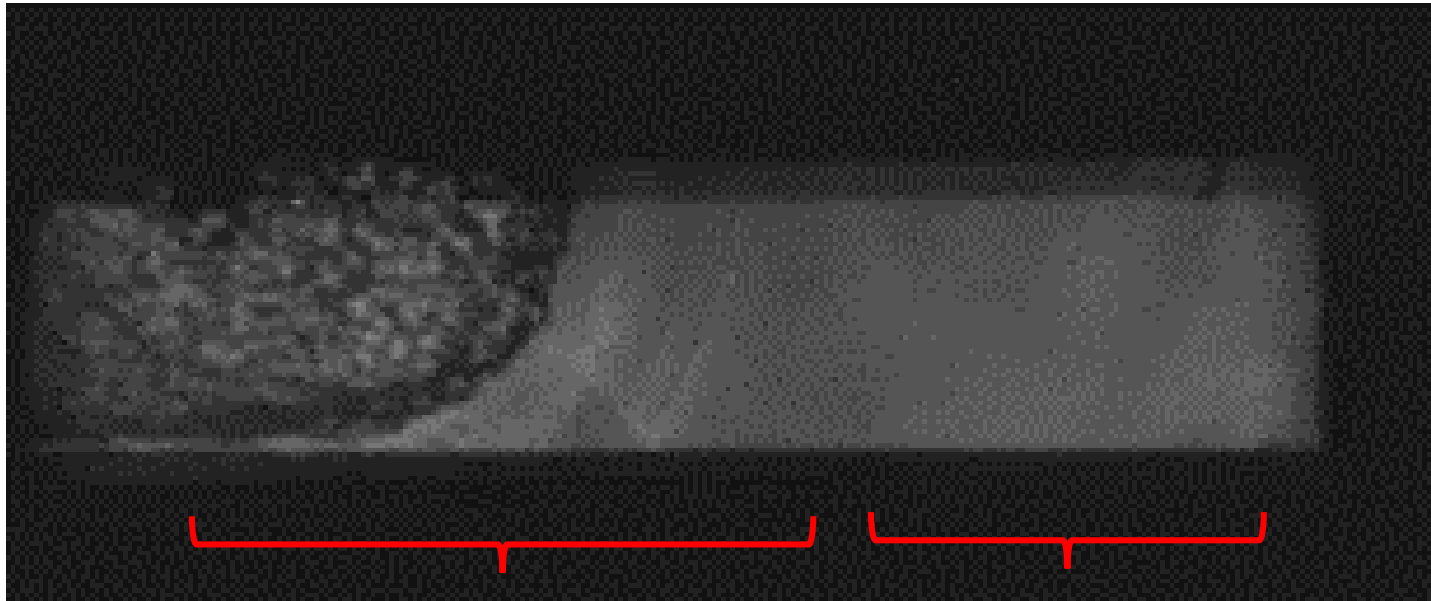


軌道投入用
デトネーションクラスター
キックモーター(2030)



デトネーションは圧縮・超高速燃焼を可能にする

秒速2000m程度で伝播するデトネーション

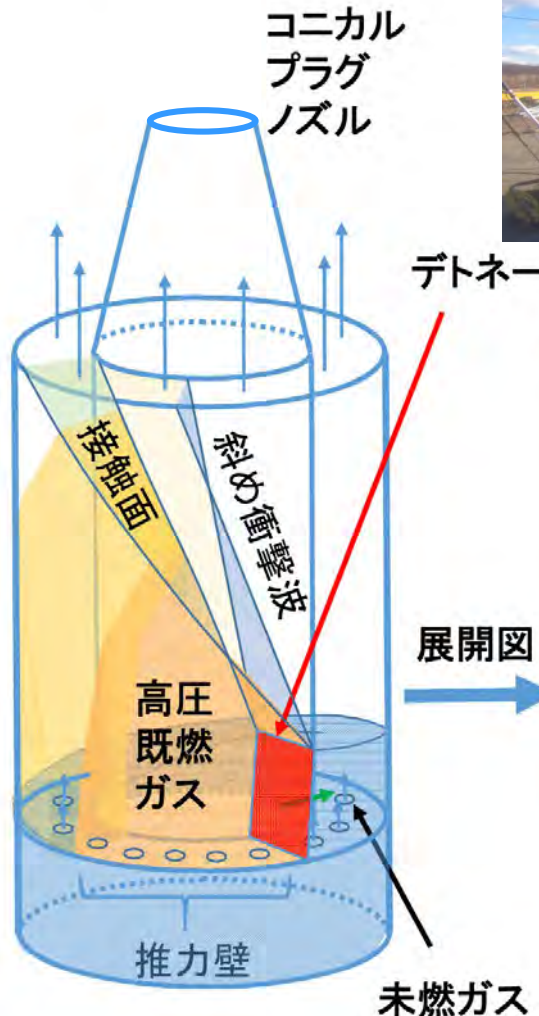
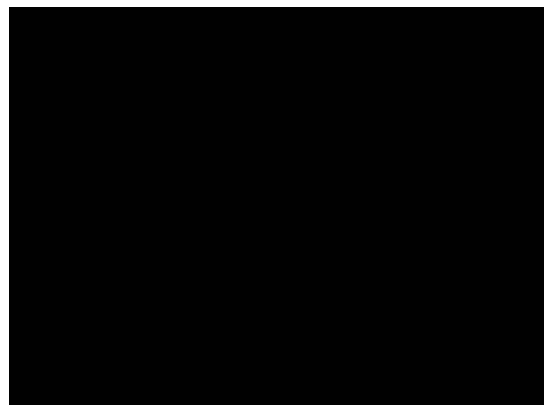


デフラグレーション (亜音速燃焼) デトネーション (2000 m/s) (超音速燃焼 = 衝撃波 + 燃焼)
圧縮

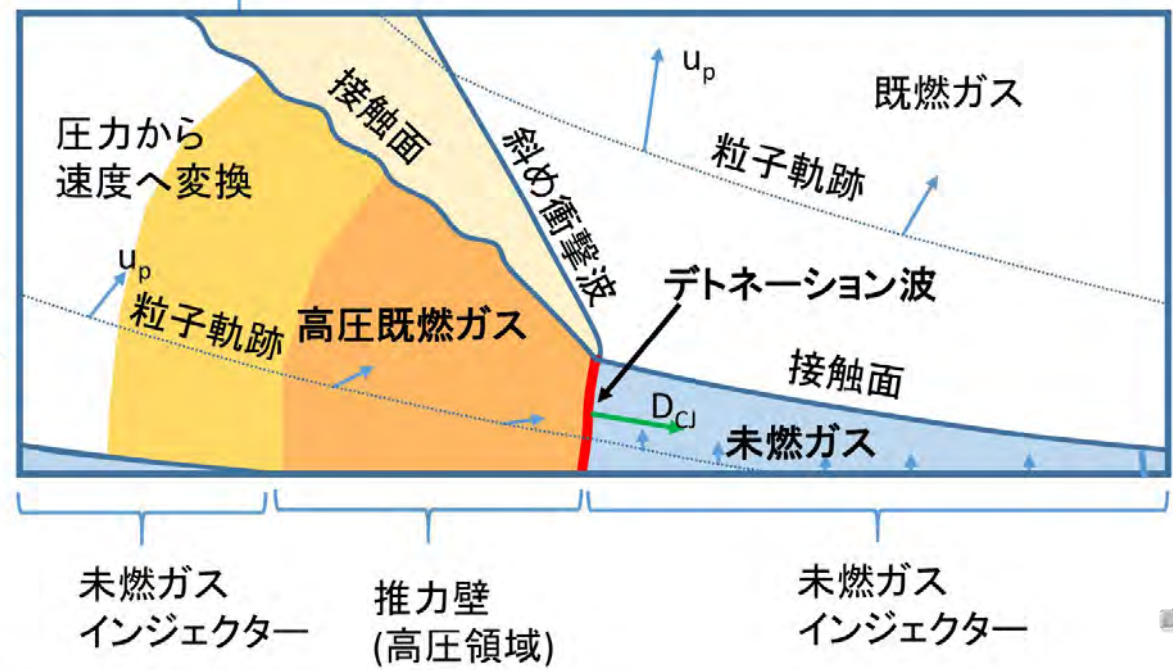
K. Matsuoka, M. Esumi, K. B. Ikeguchi, J. Kasahara, A. Matsuo, and I. Funaki,
Combustion and Flame, Vol. 159, 2012, No. 3, pp.1321-1338.



回転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

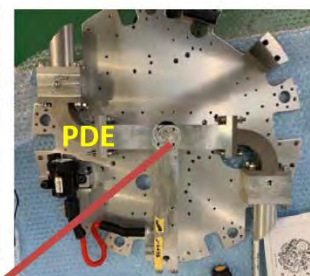
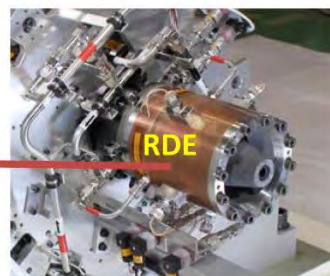
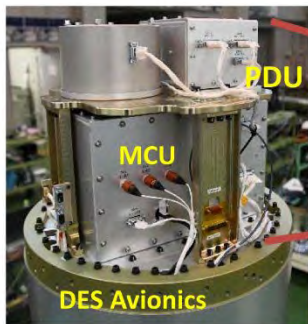


展開図



日本(本申請者)が世界に先駆けて、ISAS観測ロケットS-520-31号機による宇宙飛行実証に成功 (2021年7月27日: エクストラサクセス)

EMは名古屋大学博物館が収蔵



安定作動を宇宙実証し、論文発表

Goto et al., JSR 2022

Buyakov et al., JSR 2022

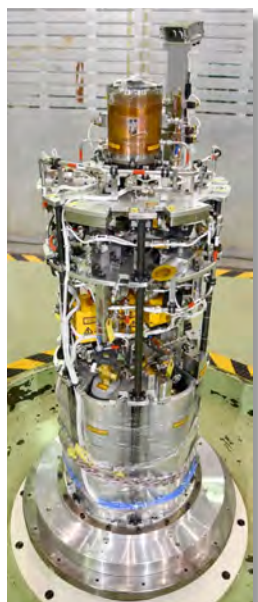
米国航空宇宙学会 PGC Best Paper Award 2022

ダイナミック
バランステスト

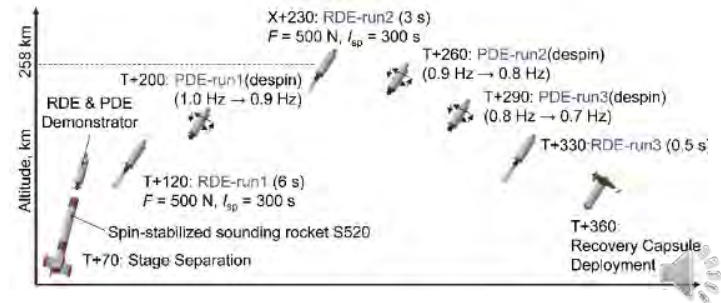
振動
衝撃テスト

推進剤充填
地上運用

地上燃焼試験



インフレータブル
カプセルで
大容量データを
回収



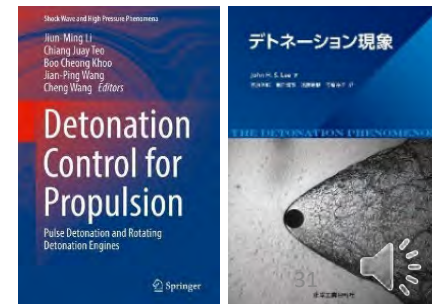
- ・専門国際会議 (IWDP, ICTDCW, ICPCD) 等国際会議は超満員。
- ・研究者数: 日本50名, 北米300名, 中国500名, EU100名, 他200名。5年前の3倍以上。
- ・大型専用設備: 名大(科研特別推進研究, NEDOエネ環), ENSMA, Purdue U., AFRL, NASA。
- ・日本(本申請者ら)が世界に先駆けて、ISAS観測ロケットS520-31号機による宇宙飛行実証プログラムを推進し成功(2021.7打ち上げ)。
- ・米国航空宇宙学会(AIAA)内にデトネーションエンジン(PGC)技術委員会が設立・NASA等国立研究所、全航空宇宙機エンジンメーカー、大学多数(委員数規定越)。

AIAA SciTech2023でデトネーションエンジンセッション数は15(過去最多, 5日間)。
 2016, 2017, 2019, 2021で、申請者らの飛行実証のための滑走試験、燃焼試験、飛行試験が AIAA Year in Reviewに掲載。

申請者らの軌道投入用デトネーションキックモーターはライトフライヤー以上のインパクト有り。

本申請者が航空宇宙システムで米国(NASA)を圧倒的に牽引する状況(戦後初にして最高の機会)。

- ・ここ3年で燃焼学・推進工学分野で権威ある学術誌C&F4本, PCI5本, JPP3本, AIAA J2本, JSR 3本の論文掲載(detonation engine分野トップ)
- ・共同研究中: Caltech, Purdue U., MHI, IHI, JAXA, 他多数
- ・世界初のデトネーションエンジンテキストを執筆済み
- ・「Detonation Engine – Basics to Space Flight Experiments」Springer社を研究代表者が単著で執筆中。
- ・Lee教授のテキスト(Cambridge U. Press)邦訳出版。



国際的評価・受賞・とりまく状況

2018年7月には米国機械学会(会員12万人)のMechanical Engineering magazine 特集ページにて本プロジェクトが見開き写真で紹介。
(ASME Mechanical Engineering magazine 2018 July)



申請者のデトネーションエンジン滑走試験
「革新的なエンジンサイクル登場」
というキャッチコピー

とりまく状況

申請者は5年ごとに欧米学会に
大きな学術インパクトを与え、牽引してきた



しかし、全米チーム+欧州の追い上げ
苛烈(NASA MSFCが2021年より
本格研究開始。AFRLがDARPA
プログラムで2025年にフライト実証計画)



本申請グループが不可逆的にリードする
ために決定的に斬新な学術展開が必要

学術成果に関連した学会からの受賞

AIAA Pressure Gain Combustion Best Paper Award 2022

IDERS Rem I. Soloukhin Award

日本衝撃波研究会 Glass Memorial Lecture Award

一般社団法人機器研究会 流体科学研究賞

日本機械学会宇宙工学部門宇宙賞

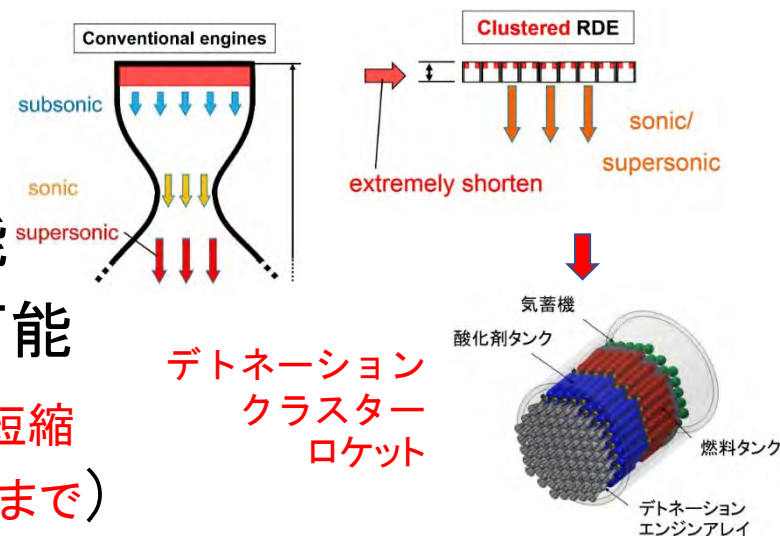
宇宙科学振興会宇宙科学奨励賞等

日本燃烧学会美しい炎の写真展最優秀作品賞2020, 2021

デトネーションエンジンの利点と課題

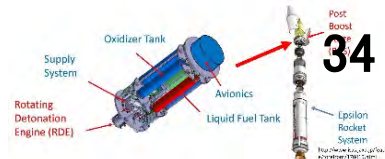
- 利点**
- ① 燃焼器圧力を大幅に増加できる
 - ② 液体推進剤を極めて短距離で燃焼可能
 - ③ 新弾道飛行システム創造が可能
 - ④ 新軌道上飛行システム創造が可能
(革新的に信頼性向上、開発サイクル短縮
スケーラブル・初段からキックモータまで)

圧縮機・ポンプなしの
クラスターロケットが実現



- 課題**
- ① 10-1000倍昇圧「動的」エンジンの限界の物理が不明
 - ② 液体推進剤エンジンの詳細物理が不明
 - ③ 新弾道飛行システムの要素・要素間物理が不明
 - ④ 新軌道上飛行システムの要素・要素間物理が不明





2018年度以前 | 2019年度 | 2020年度 | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 2024年度 | 2025年度 | 2026年度 | 2027年度

2027年度イプシロン軌道投入物理説明ミッション実施

NEDO研究にて静的エンジンの限界説明 回転型の高速パルプ研究 回転トルク計測 内部空力利用型実験 浮遊回転型エンジン実験 自己圧縮型エンジン実験

①「動的」な回転 detonation エンジンの物理解明

②液体推進剤のエンジン性能の物理解明

エンジン単体燃焼試験

エタノールN2O実験開始 ジェクター・微粒化・気化・燃焼の detonation モデル LOX実験 メタン-LOX実験

観測ロケット S520-31号機による飛行実証

観測ロケット ミッション採択

エンジン単体燃焼試験2

BBM燃焼試験

PFM燃焼試験

観測ロケットS-520-34号機 システム物理飛行実証

エンジンシステム研究 強真空下システム物理創造 フライト実験

③観測ロケットを用いた宇宙弾道飛行物理の実証

Hydrogen-Oxygen Rotating Detonation Engine (RDE)

Reaction Control System (RCS)

BBM真空燃焼試験

滑走試験

酸素水素真空燃焼試験

④地球周回軌道上でのフライト物理の実証

H3軌道上・イプシロン軌道投入物理ミッション採択

H3軌道上物理ミッション実証

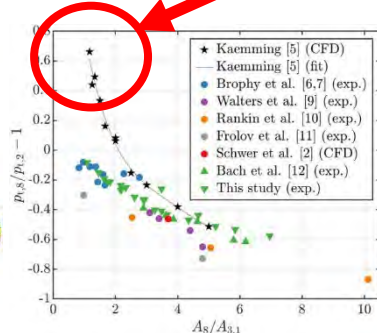
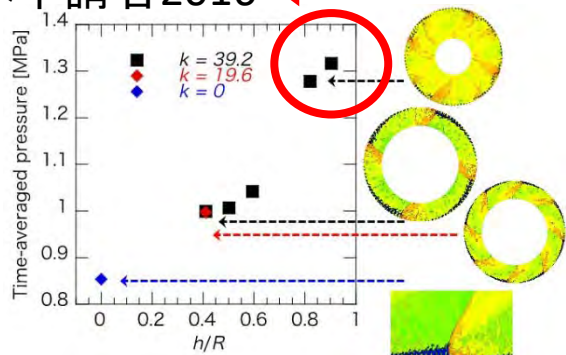
酸素水素フィルム冷却実験開始 比推力415秒到達 軌道上フライトシステムの物理解明 高真空下 システム創造の物理 フライト実験

バルブを用いない、「静的」な回転デトネーションエンジンに関しては、その最大値は、本グループが報告していた**130%近傍**であることが、世界的にコンセンサスを得る段階になっており、本グループの先見性が証明されている。

「静的」な回転デトネーションエンジンに関して大きな限界が見えており、極めて理想的な条件でも**1.6倍**の昇圧が限界。

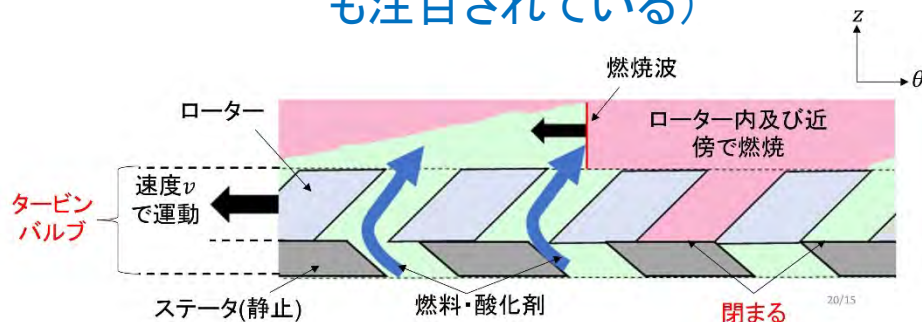
NEDO研究
本申請者2016

Bach et al. PCI 2021



10~1000倍といった昇圧には、「動的」な回転デトネーションエンジンが必須。
(申請者の主張は欧米学会でも注目されている)

申請者らは、すでに**回転型**の高速バルブの研究に成功し、**秒速1500 m/s**での開閉するバルブの原理(ステータ・ロータの翼列数に微差をつける)実証に成功している。**摩擦トルク計測(JPP 2022)**に成功している。



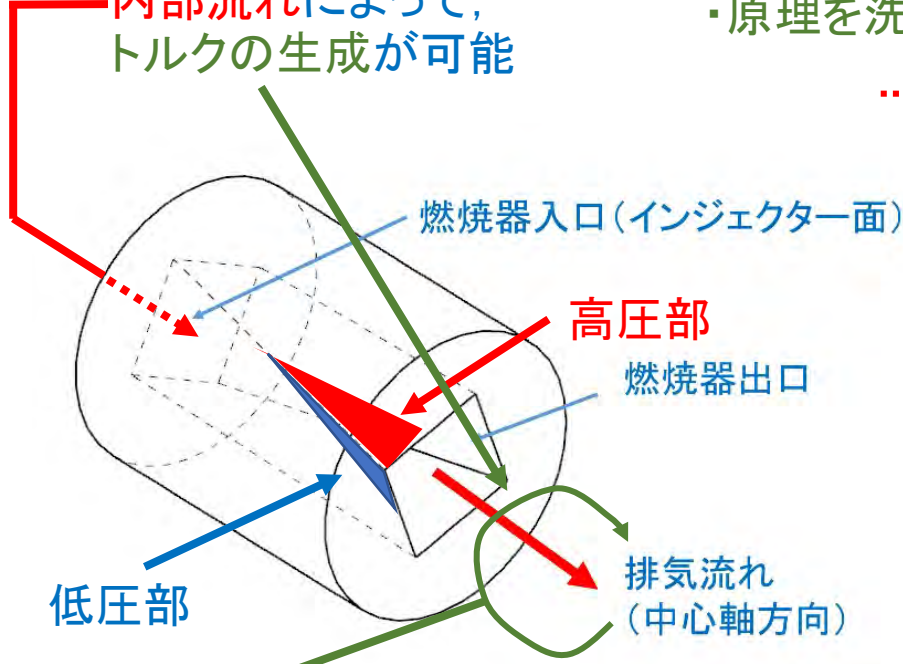
**内部空力利用型の
「動的」な回転 detonation エンジン**

**浮遊回転型の
動的な回転 detonation エンジン**

回転 detonation エンジン
の場合は、
内部流れによって、
トルクの生成が可能

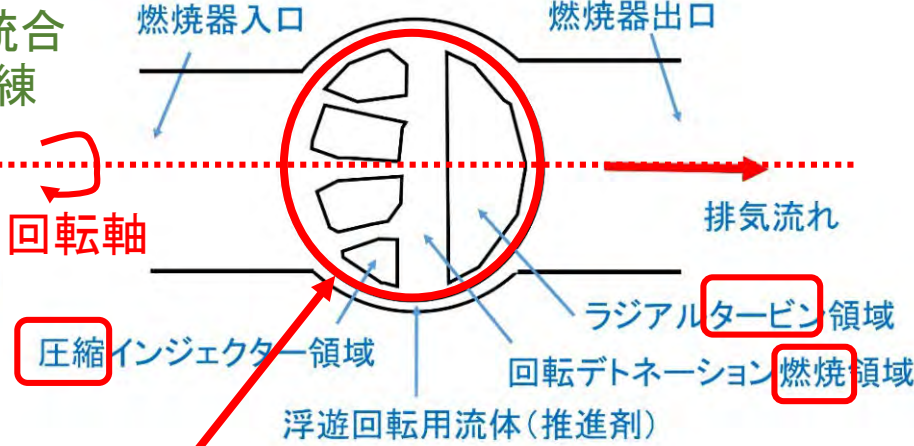
圧縮機とも統合
・原理を洗練

100倍レベルの昇圧燃焼



回転トルクが圧縮機を駆動
するに十分であれば、燃焼
器とタービンが完全統合

単純な構造で
10倍レベルの
昇圧燃焼

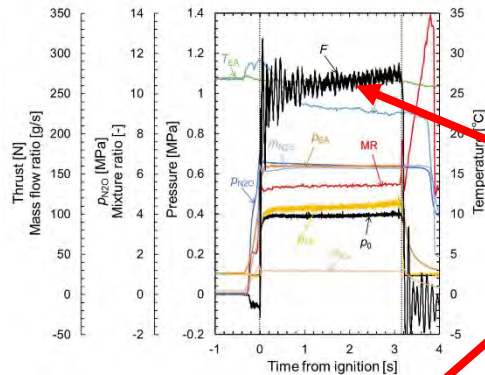
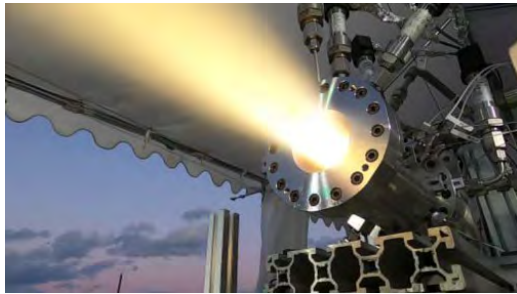


浮遊回転型

多段化
1000倍レベルの
昇圧燃焼

「自己圧縮型」の動的な回
転 detonation エンジン
= 極限まで人工的な回転
機構を削減





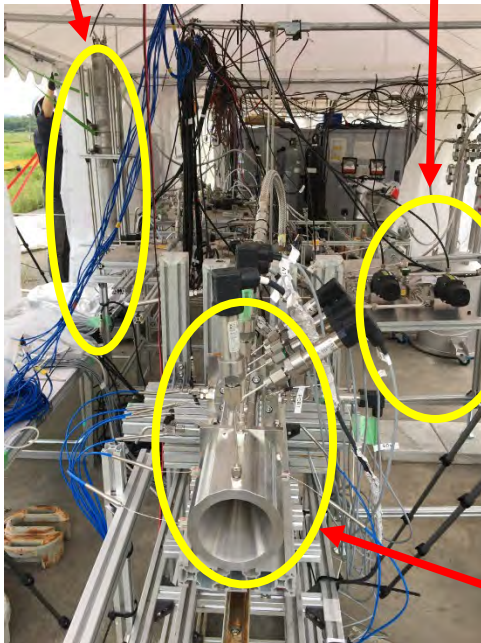
実用上、必ず必要となる、
液体推進剤でも回転デトネーションエンジン
は申請者らは作動可能を確認済み
(常温では世界初。博論化)

難易度高

インジェクター特性・微粒化特性・
気化特性・混合特性と、デトネーション波
(衝撃波)との相互作用は極めて複雑。

ただし、最近の実験から、微粒化・気化特性が
作動可否と最も関係していると理解。

窒素で加圧された N₂Oのランタンク 窒素で加圧された エタノールのランタンク

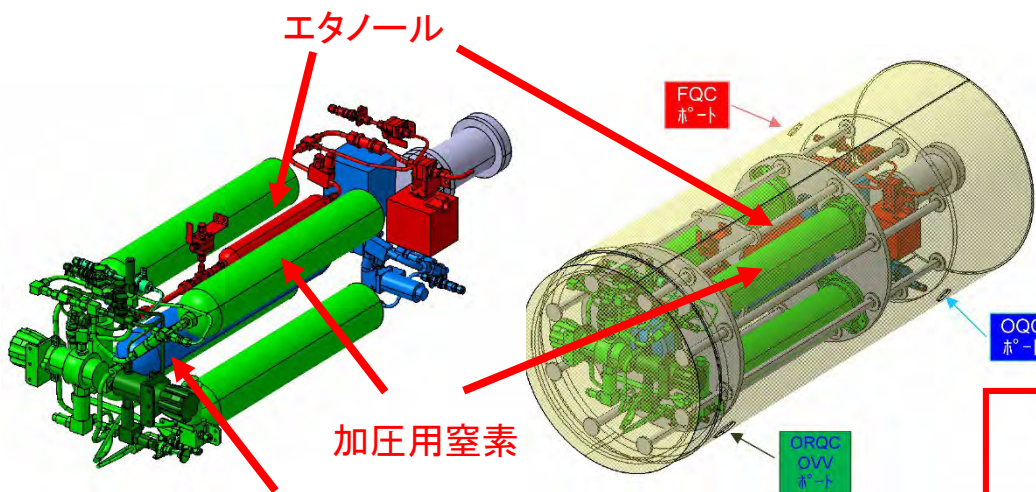


高速度カメラでの
デトネーション波の可視化に成功

エタノール-N₂O
ノズル付き回転
デトネーションエンジン

- ・被加圧液体(エタノール, N₂O, LOX, メタン)の圧力、温度、サブクール度、臨界状態からの距離、蒸発潜熱
- ・インジェクター直径・衝突角・配置・ルーペ数
- ・燃焼器壁面(金属・複合材)との熱交換

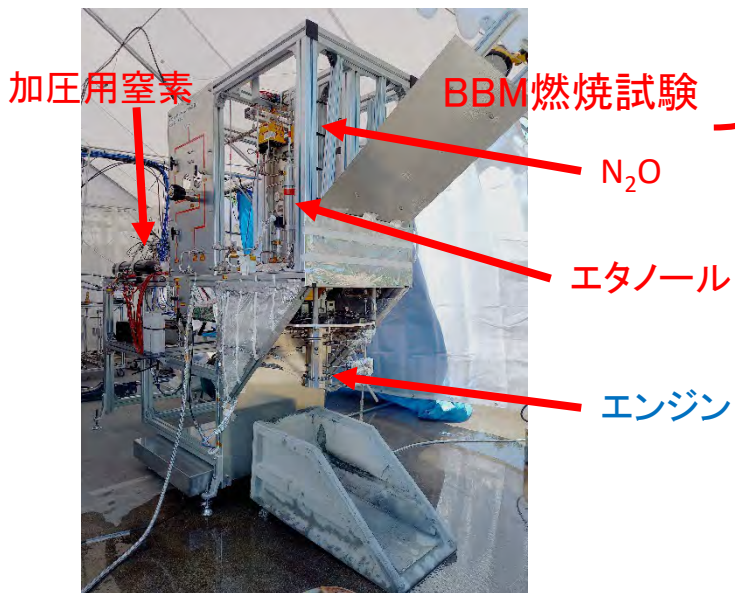
と微粒化・気化特性との関係を
中心に実験・数値解析的に研究する



観測ロケットS-520-34号機での宇宙空間での液体エンジンミッションが採択済み。

システムの地上でのBBM燃焼試験、PFM燃焼試験の準備が進められている。

しかしながら、フライト(振動・衝撃・熱・真空の極限環境下となる)システムの各コンポーネントは物理的に完全に統合の必要がある。

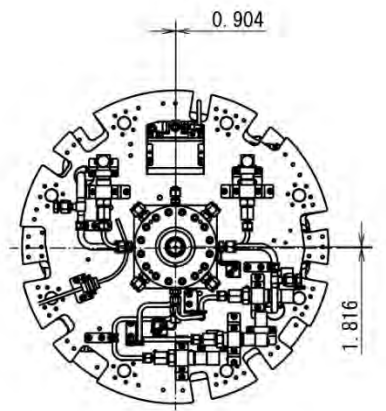
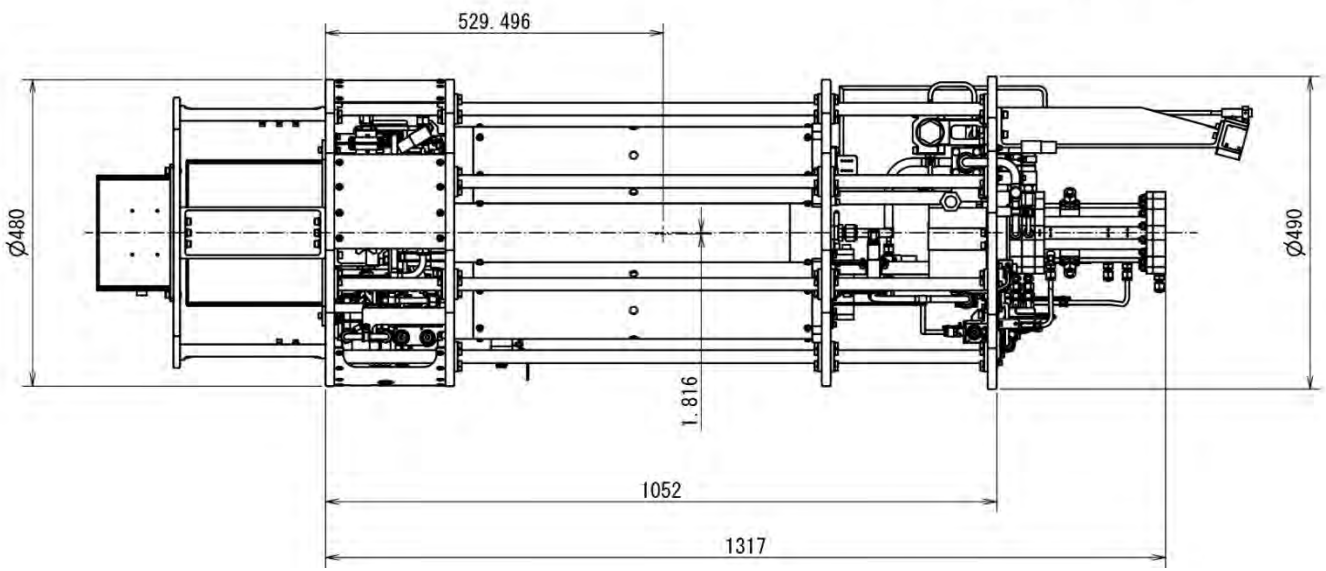
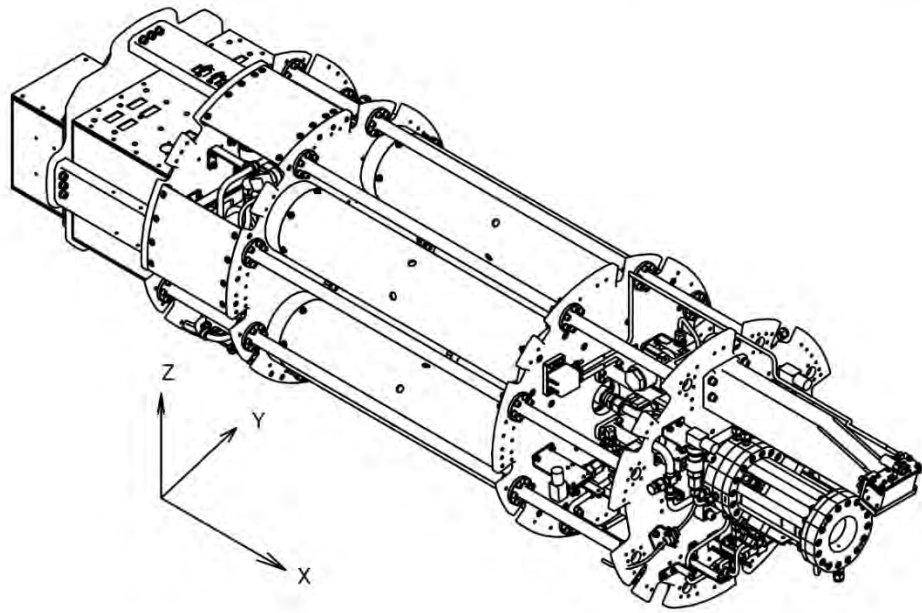


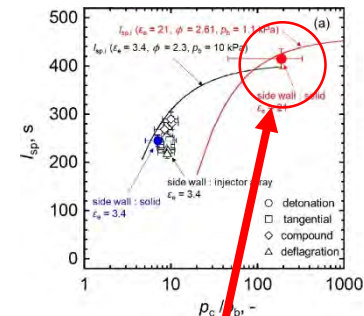
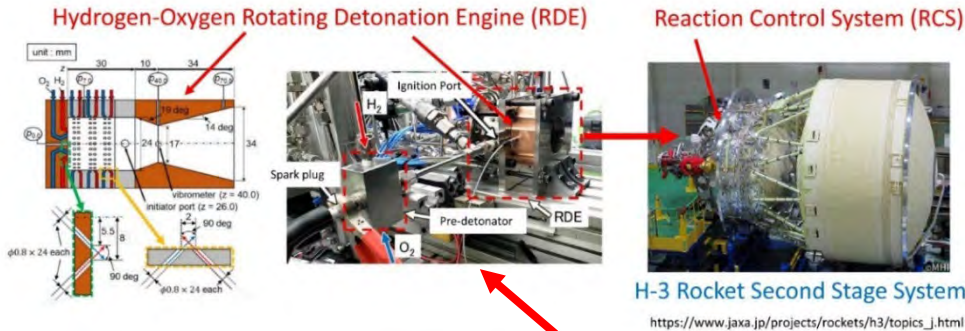
本研究では、主に以下の(1)~(4)の物理と、それらの**相互作用の物理**を学術的に解明する。

- (1) エンジンの強真空・微小重力下での作動の物理 (特にリテンション液体供給・点火・作動過程)
- (2) 飛行中の供給系の物理 (加圧液体の運動・加圧時状態変化・ロール運動時の液面揺動)、
- (3) アビオニクス系の物理 (制御、電源、電氣的I/F)
- (4) 機体系の物理 (振動、衝撃、機械的I/F)



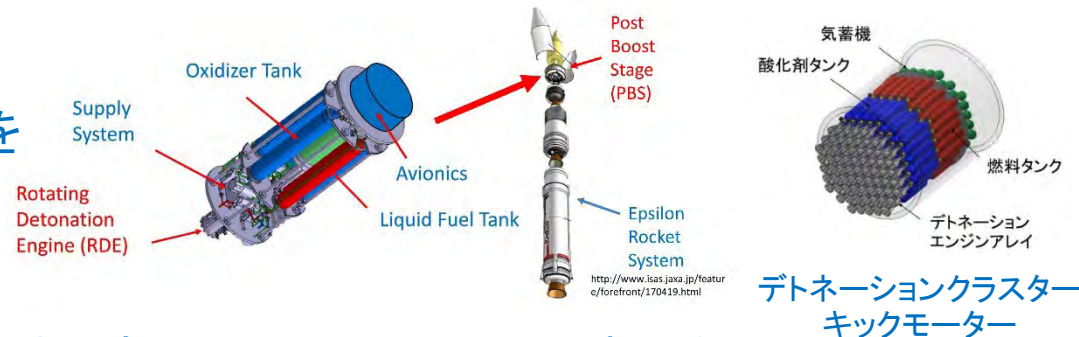
PFM





申請者は、三菱重工との共同研究にて、H3高度化のための気体の水素-酸素を用いた回転デトネーションエンジンの研究を実施。最高で比推力値415秒に到達している。

JAXA宇宙研との共同研究にて、イプシロン最上段(PBS)をエンジンを小規模計画として2025年に提案。



JAXA研開本部との共同研究にて、軌道間輸送機用エンジンとして実用化する。

本研究では、以下の(1)、(2)の物理を学術的に解明する。

- (1) H3リテンション・RCS、イプシロンPBS、軌道間輸送機用デトネーションエンジンの作動の物理及びシステム統合のための物理
- (2) 新しい軌道上システム創造のための物理(デトネーションの統合適合性を利用した要素と要素間相互作用、例えばタンク・供給系・エンジンの全体統合の物理)

しかしながら、デトネーションを利用した全く新しい軌道上システムとして、求められる物理が未解明である。



①動的「Dynamic」回転
 デトネーションエンジン
 実験 名大笠原
 松岡・川崎
 数値解析慶応大松尾

 研究協力者
 ポスドク・院生・学部生

②「液体推進剤」回転
 デトネーションエンジン
 実験 名大笠原
 松岡・川崎
 数値解析慶応大松尾

 研究協力者
 ポスドク・院生・学部生

③観測ロケット
 フライト物理実験
 実験 名大笠原
 松岡・川崎
 数値解析慶応大松尾
 システム検討船木
 研究協力者・特任教員
 ポスドク・院生・学部生

④H-3, イプシロン等
 軌道上物理実証
 実験 名大笠原
 松岡・川崎
 数値解析慶応大松尾
 システム検討船木
 研究協力者・特任教員
 ポスドク・院生・学部生

↑共同研究・ワークショップ(半年毎)

MHI・IHI

Caltech

JAXA研究本部

共同研究

- ・Caltech J. E. Shepherd 教授
- ・JAXA研開本部 川島博士、丹野博士、沖田ユニット長
- ・NETS 中村社長
- ・MHI 佐藤グループ長(社会人博士を派遣)
- ・IHI 長尾博士、伊藤博士
- ・Purdue大 Paniagua 教授、Meyer教授

AIAA PGC委員会ワークショップ

- ・NASA D. Paxson 博士
- ・GE V. Tangirara 博士
- ・Aerojet Rocketdyne S. Clafin博士
- ・ポワチエ大学 R. Zitoun博士
- ・MBDA F. Falempin博士
- ・釜山大学 C.-J. Choi教授
- ・テキサス大 F. Lu教授、他(規定数50名越)

↑ S-520観測ロケット飛行実験WG

デトネーションキックモーター
 観測ロケット軌道投入実証WG(JAXA宇宙研)

デトネーションキックモーター

観測ロケット軌道投入実証WG(国内 2018.12~)

- ・名古屋大 笠原教授、松岡准教授、川崎助教
- ・慶應大 松尾教授
- ・JAXA宇宙研 船木教授、羽生教授、丸准教授、竹内准教授、山田(和)准教授、戸部助教、荒川氏、増田氏
- ・室蘭工大 中田准教授、内海教授
- ・広島大 遠藤教授、横浜国大 石井教授
- ・九州工大 北川准教授
- ・埼玉工大 福地教授

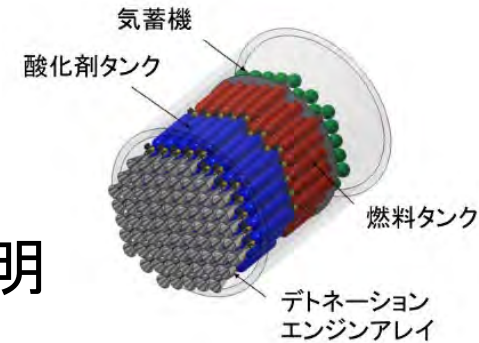


＜まとめ＞本研究の目的と期待される成果

＜本申請の目的＞

デトネーションエンジンシステムの基礎物理解明とフライト実証：

- ①「動的」エンジンの昇圧の限界の物理
- ②「液体推進剤」エンジンの物理の解明
- ③観測ロケットフライトシステムの物理解明
- ④地球周回軌道上フライトシステムの物理解明



＜本申請で達成される成果＞

**4つの基礎物理が解明され、宇宙実証されることで
高性能で革新的なデトネーションエンジンシステムが実現**

**世界に先駆けたデトネーションエンジンの
低軌道上実験は大きな学術インパクトを生成**

日本主導でロケットの革新

ロケットの構成に大変革が、
開発サイクルが短期間となり信頼性が向上

日本主導で航空機エンジン・翼の革新

高熱効率エンジン
翼とエンジン統合で
抵抗低下・揚力増大

戦後初めて日本が航空宇宙工学の主流分野で世界を主導する



最近2年間での査読付き論文(18報):申請者が責任著者

1. K. Ishihara, K. Yoneyama, T. Sato, H. Watanabe, N. Itouyama, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, Visualization and Performance Evaluation of Liquid-Ethanol Cylindrical Rotating Detonation Combustor, *Transaction of JSASS Aerospace Technology Japan* (Accepted for publication, 22th November, 2022)
2. K. Ishihara, K. Yoneyama, H. Watanabe, N. Itouyama, K. Akira, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, K. Higashino, Evaluation of Thrust Performance of Converging Rotating Detonation Engine, *Journal of Propulsion and Power* (accepted 23rd October 2022)
3. H. Sun, A. Kawasaki, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, Experimental Study on Detonation-Diffraction Reflection Point Distances in Hydrogen and Gaseous Hydrocarbon Reactive Systems, *Combustion and Flame*, Vol. 245, November (2022) 112329.
4. K. Goto, K. Matsuoka, K. Matsuyama, A. Kawasaki, H. Watanabe, N. Itouyama, K. Ishihara, V. Buyakofu, T. Noda, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, D. Nakata, M. Uchiumi, H. Habu, S. Takeuchi, S. Arakawa, J. Masuda, K. Maehara, T. Nakao, K. Yamada, Space Flight Demonstration of Rotating Detonation Engine Using Sounding Rocket S-520-31, *Journal of Spacecraft and Rocket*, Vol. 60, No. 1 (2023), pp. 273-285
5. V. Buyakofu, K. Matsuoka, K. Matsuyama, A. Kawasaki, H. Watanabe, N. Itouyama, K. Goto, K. Ishihara, T. Noda, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, D. Nakata, M. Uchiumi, H. Habu, S. Takeuchi, S. Arakawa, J. Masuda, K. Maehara, T. Nakao, K. Yamada, Flight Demonstration of Pulse Detonation Engine Using Sounding Rocket S-520-31 in Space, *Journal of Spacecraft and Rocket*, Vol. 60, No. 1 (2023), pp. 181-189
6. K. Nakata, K. Ishihara, K. Goto, N. Itouyama, H. Watanabe, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, K. Higashino, J. Braun, T. Meyer, G. Paniagua, Experimental investigation of inner flow of a throat less diverging rotating detonation engine, *Proceedings of the Combustion Institute* (accepted for publication August 10th, 2022)
7. K. Nakata, K. Ota, S. Ito, K. Ishihara, K. Goto, I. Noboru, H. Watanabe, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, K. Higashino, J. Braun, T. Meyer, G. Paniagua, Supersonic Exhaust from a Rotating Detonation Engine with Throatless Diverging Channel, *AIAA*, Vol. 60, No. 7 (2022), pp. 4015-4023.
8. V. Buyakofu, K. Matsuoka, K. Matsuyama, A. Kawasaki, H. Watanabe, N. Itouyama, K. Goto, K. Ishihara, T. Noda, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, D. Nakata, M. Uchiumi, H. Habu, S. Takeuchi, S. Arakawa, J. Masuda, K. Maehara, Development of an S-Shaped Pulse Detonation Engine for a Sounding Rocket, *Journal of Spacecraft and Rocket*, Vol. 59, No. 3, 2022, pp.850
9. K. Goto, K. Ota, A. Kawasaki, N. Itouyama, H. Watanabe, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, H. Kawashima, Cylindrical Rotating Detonation Engine with Propellant Injection Cooling, *Journal of Propulsion and Power*, Vol.38, No.3, 2022, pp.410-420.
10. T. Taguchi, M. Yamaguchi, K. Matsuoka, A. Kawasaki, H. Watanabe, J. Kasahara, A. Matsuo, Investigation of Reflective Shutting Detonation Cycle by Schlieren and Chemiluminescence Photography, *Combustion and Flame* (published online 2nd November, 2021)
11. S. Sawada, K. Goto, K. Ishihara, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, Experimental Study of Torque Around the Axial Direction on Rotating Detonation Engines, *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 38, No.1, 2022, pp. 59-7
12. K. Goto, R. Yokoo, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, H. Kawashima, Investigation of the Effective Injector Area of a Rotating Detonation Engine with Impact of Backflow, *Shock Waves*, Vol.31, 2021, pp.753-762.
13. K. Goto, Y. Kato, K. Ishihara, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, D. Nakata, K. Higashino, and N. Tanatsugu, Thrust Validation of Rotating Detonation Engine System by Moving Rocket Sled-Test, *Journal of Propulsion and Power*, Vol.37, No. 3, 2021, pp.419-425.
14. K. Matsuoka, M. Tanaka, T. Noda, A. Kawasaki, J. Kasahara Experimental Investigation on a Rotating Detonation Cycle with Backflow of Burned Gas, *Combustion and Flame*, Vol.225, 2021, pp.13-19.
15. R. Yokoo, K. Goto, J. Kasahara, V. Athmanathan, J. Braun, G. Paniagua, T. Meyer, A. Kawasaki, K. Matsuoka, A. Matsuo, I. Funaki, Experimental Study of Internal Flow Structures in Cylindrical Rotating Detonation Engines, *Proceedings of the Combustion Institute*, Vol.38, No. 3, 2021, pp.3759-3768.
16. H. Sun, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, A Study on Detonation-Diffraction Reflection Point Distances in H₂/O₂, C₂H₂/O₂, and C₂H₄/O₂ Systems, *Proceedings of the Combustion Institute*, Vol.38, No. 3, 2021, pp.3605-3613.
17. M. Yamaguchi, K. Matsuoka, A. Kawasaki, J. Kasahara, H. Watanabe, A. Matsuo, Investigation of combustion modes and pressure of reflective shuttling detonation combustor, *Proceedings of the Combustion Institute*, Vol.38, No. 3, 2021, pp.3615-3622.
18. H. Watanabe, A. Matsuo, A. Chinnayya, K. Matsuoka, A. Kawasaki, J. Kasahara, Numerical Analysis on Behavior of Dilute Water Droplets in Detonation, *Proceedings of the Combustion Institute*, Vol.38, No. 3, 2021, pp.3709-3716.

最近2年間の招待講演(国際7件、国内7件)

1. J. Kasahara, Detonation-Engine-System Space Flight Experiments and Future Roadmap, the 34th International Symposium on Shock Waves, Seoul, 2023.7.16-19 (Keynote Speaker).
2. J. Kasahara, Sounding-Rocket Space Flight Experiments of Detonation Engine System, The 11th Asian Joint Conference on Propulsion and Power (AJCPP2023), Kanazawa, 2023.3.15-18 (Invited Talk).
3. 笠原次郎, 宇宙航行の力学シンポジウム, デトネーションエンジンの観測ロケット実験とその将来宇宙探査ミッションへの応用展望, 宇宙科学研究所, 2022年12月13日(特別講演)
4. J. Kasahara, Detonation Fluid Dynamics Phenomena and Its Application to Aerospace Propulsion, ICFD2022, Sendai, Japan, 10th November, 2022 (受賞記念講演) .
5. J. Kasahara, Flight Experiment of Detonation Engine System By Using Sounding Rocket S-520-31 and Future Flight Experiments, 2022 Silk Road International Conference on the Cooperation and Integration of Industry, Education, Research and Application, 9th November 2022, Xian, China.
6. 笠原次郎, 民間主導の将来宇宙輸送システム開発に対する大学のデトネーションエンジン研究開発による貢献, 第66回宇宙科学技術連合講演会, 熊本城ホール, 2022年11月1-4日
7. 笠原次郎, デトネーションエンジンの研究と観測ロケットを用いた宇宙飛行実験, マイクログラビティ学会, 2022年9月14-16日.
8. J. Kasahara, Fundamental Research of Detonation Engine and Its Space Flight Experiment Using Sounding Rocket, 28th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems, June 19-24, 2022, Naples, Italy (Plenary Lecture).
9. 笠原次郎, 観測ロケットS-520-31号機を用いたデトネーションエンジンシステムの宇宙飛行実証と今後の展開, 宇宙工学部門 2021年度部門賞・一般表彰 記念講演会, 2022.3.29 (受賞記念講演) .
10. 笠原次郎, デトネーションエンジンの観測ロケット宇宙飛行実験と今後の展開, 日本衝撃波研究会Glass Memorial Lecture Award 受賞特別講演, 2021年度衝撃波シンポジウム, 日本衝撃波研究会, 2022.3.10, 立命館大学, 滋賀, Online (受賞記念講演) .
11. J. Kasahara, The Space Flight Experiment of Detonation Engine System Using The Sounding Rocket S-520-31, International Colloquium on Shock Waves, Australia, 2021. 12. 8. Virtual Event.
12. 笠原次郎, 観測ロケットを用いたデトネーションエンジンの宇宙飛行実証研究, 伝熱学会東海支部講演会, 2021. 12. 3
13. 笠原次郎, 観測ロケットを用いたデトネーションエンジンの宇宙飛行実験～新しいロケットエンジンを生みだそう!～, あいち宇宙イベント2021愛知県立愛知総合工科高等学校専攻科, 2021年8月29日.
14. J. Kasahara, Challenges and Successes of Harnessing Detonation-Based Combustion for Propulsion Applications, Technical Panel, PDC-01, AIAA Propulsion and Energy, Aug. 9-11, 2021, Virtual Event.

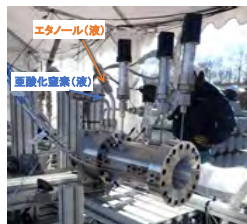
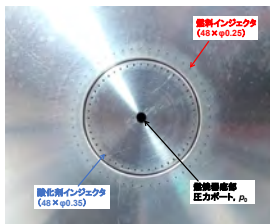
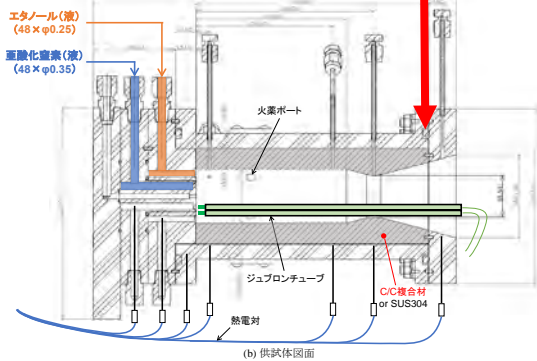
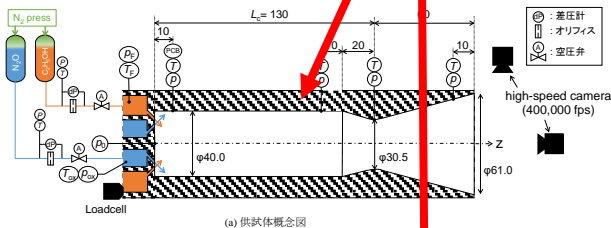
大型研究費獲得実績(デトネーションエンジン関連研究)

- (1)(令和元～5年度)自律圧縮型デトネーション推進機の物理解明:高次統合化観測ロケット宇宙飛行実証展開
経費 JSPS科学研究費補助金特別推進研究
観測ロケットによる学術実験, 国際賞3, 国内賞4
- (2)(令和元～4年度)デトネーションキックモーター観測ロケット軌道投入実証,
経費 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙工学委員会戦略的研究費
観測ロケット実験用PIの開発, 真空燃焼試験・滑走試験等本格システム研究
- (3)(平成26～28年度)革新的な高熱効率を有する自発予圧縮機構付き回転デトネーションエンジンの研究開発
経費 NEDOエネルギー・環境新技術先導プログラム
事後評価(極めて優れている) 自律圧縮150%を達成
- (4)(平成26～31年)観測ロケット・ランダー用革新的デトネーション推進機構の研究
経費 独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙工学委員会戦略的研究費
宇宙での実用化(観測ロケット・ランダー用)研究を展開
- (5)(平成24～28年)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轟波型エンジン
経費 JSPS科学研究費補助金基盤研究(A)
平成24年度日本燃焼学会論文賞受賞
- (6)(平成21～26年)革新的デトネーション推進機構の研究
経費 独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙工学委員会戦略的研究費
世界初のデトネーションエンジン小型ロケット「Todoroki II」の飛行実験成功
- (7)(平成15～18年)パルスデトネーション機構を用いた小・中規模発電用高効率
エンジンシステムの実用化研究
経費 NEDO産業技術研究助成事業
パルスデトネーションタービンエンジンの実証に成功
平成26年度日本航空宇宙学会奨励賞を受賞.
- (8)(平成14年～平成15年)デトネーション利用高熱効率燃焼器及び推進用エンジンの開発
経費 経済産業省 中小企業地域新生コンソーシアム研究開発事業
本格的なPDE実験開始・世界最高精度の熱伝達モデル構築
- (9)(平成12年～平成14年)デトネーション利用環境適応型高効率エンジンの開発
経費 NEDO産業技術研究助成事業
日本初のPDEの実験成功・PDEの基本性能モデルの構築

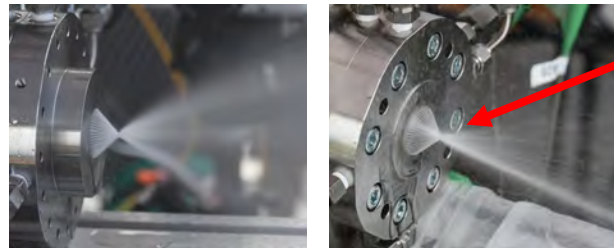
液体推進剤のエンジンの最新研究状況

液体推進剤デトネーションエンジンの作動特性実験を実施し、BBM, PFM用燃焼機部を製造し、単体試験。デフラグレーションモードで最大15秒の燃焼を達成した。液流し試験で流量係数を決定し、作動タイミングの最適条件を決定し、燃焼機-供給系の相互作用を理解した。

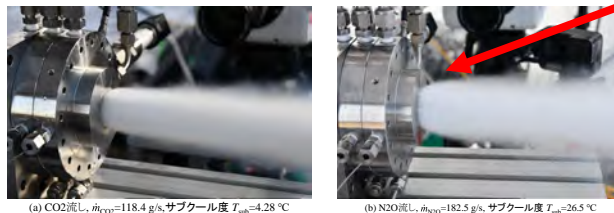
BBM、PFMに向けた燃焼機
の設計を完了(インジェク
ター除く)



液流し試験にて流量係数決定



エタノール



N₂O

フライトと同等
の15秒燃焼
を達成

液温を変化させた
実験で、燃焼機と
供給系の相互作用
を理解。

作動タイミングの最適条件を決定した。

