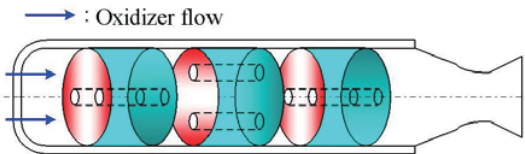


理工連携の裾野を広げるための課題

北海道大学大学院工学研究院 永田晴紀

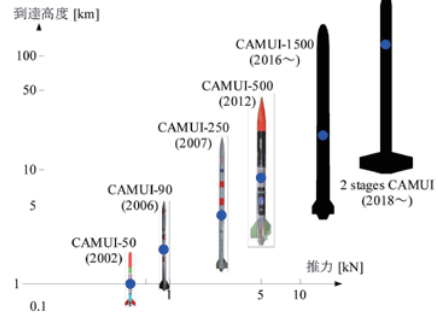
E-mail: nagata@eng.hokudai.ac.jp

CAMUI型ハイブリッドロケット



- ◆ 衝突噴流熱伝達の利用により、固体燃料のガス化を促進し、推力を増強。
- ◆ **Cascaded Multistage Impinging-jet.**

CAMUI型ハイブリッドロケットのラインナップ



小型ロケットを用いた宇宙工学研究

- 安全管理コストは機体の規模にあまり依存しないため、ロケットを小型化するほど割に合わなくなる。
- CAMUI型ではポリエチレンと液体酸素を推進剤とし、火薬類や危険物を使用しないため、安全管理コストの大幅な削減が可能。その結果、小さくしただけ安くなる。
- 安価な小型ロケットの需要は高く、JAXAが実施する基盤研究の中でもCAMUIロケットの需要が多くある。

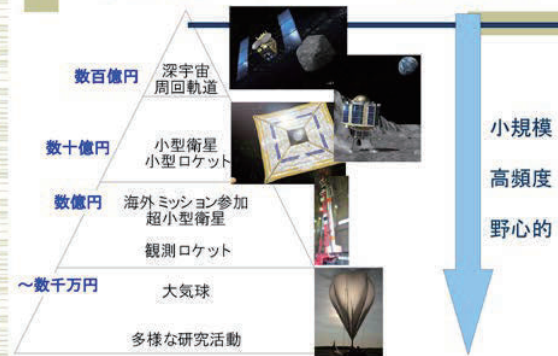
JAXA-北大、「複合サイクルエンジンのエジェクタモード飛行実験(JAXA所内研究)」(H20~H21)

JAXAプレスリリース「CAMUI型ハイブリッドロケットを利用したエジェクタ飛行実験結果について」(H21/3/16)
http://www.jaxa.jp/press/2009/03/20090316_camui_j.html

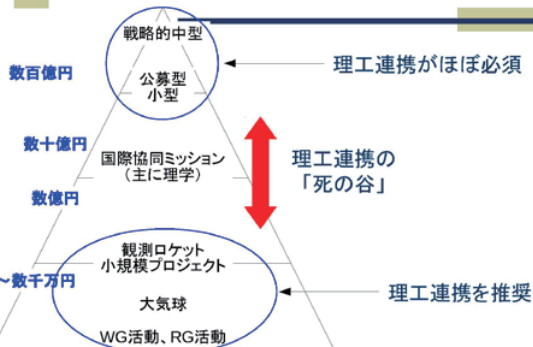
JAXA-北大、科研費基盤A「スペースプレーン技術の極超音速飛行実験システムの開発研究」(H25)

JAXA-九大-北大、「有翼型再使用宇宙往還機の開発(JAXA所内研究)」(H21~H24)

宇宙科学ミッションの階層構造



JAXA宇宙科学研究所の活動



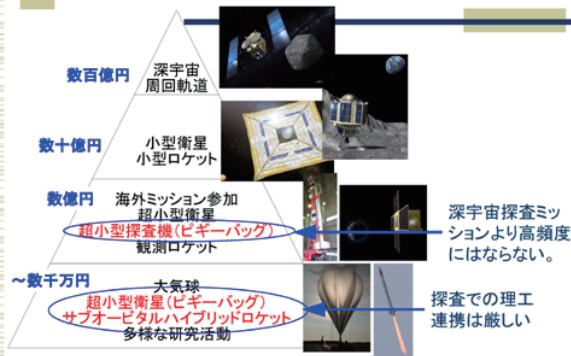
年度	平成 27年度 (2015年度)	平成 28年度 (2016年度)	平成 29年度 (2017年度)	平成 30年度 (2018年度)	平成 31年度 (2019年度)	平成 32年度 (2020年度)	平成 33年度 (2021年度)	平成 34年度 (2022年度)	平成 35年度 (2023年度)	平成 36年度 (2024年度)	平成 37年度 以降
25 宇宙科学 探査	はやぶさ2の運用										
	X線天文衛星 (ASTRO-H)										
	開発										
	運用										
	水星探査計画 (BepiColombo) [ESAが打ち上げ担当のプロジェクト]										
	開発										
	運用										
	シオスベナス探査衛星 (ERG)										
	開発										
	運用										
	戦略的に実施する中型計画に基づく衛星(10年で3機)										
	水星探査衛星/ESAの調査研究										
	戦略的中型1										
	運用										
	戦略的中型2										
運用											
公募型小型計画に基づく衛星(2年に1回)											
小規模月着陸探査機の開発											
運用											
公募型小型2											
運用											
公募型小型3											
運用											
公募型小型4											
運用											
多様な小規模プロジェクトの豊富な実行、人材の育成											
※本調査探査科学分野については、ボトムアップの探査だけでなく、プログラム化された探査も集める											
※以上すべて文部科学省											

「工程表」実行のために必要な費用

戦略的中型	3機/10年	300億円/機	900億円/10年
公募型小型	5機/10年	100~150億円/機	625億円/10年
小規模プロ	10件/10年	10億円/件	100億円/10年
基盤経費		75億円/年	750億円/10年
合計			2375億円/10年 (235~240億円/年)

実情は200億円/年に満たない予算額。戦略的中型と公募型小型のロットを維持するために、その他の経費が圧迫されている。

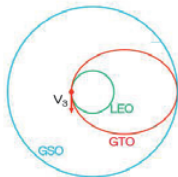
JAXA外での動き



GTOから惑星遷移軌道へ投入に必要な増速度 (ΔV)

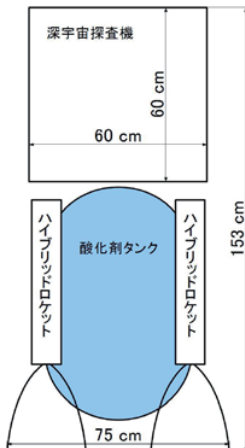
- 火星や金星の遷移軌道投入には1km/s強の増速度が必要。
- 現実には、もう少し大きなΔVが必要になるが、おそらく1.4~2km/sで十分。

目標惑星	必要な増速度
水星	3.10 km/s
金星	1.06 km/s
火星	1.15 km/s
木星	3.88 km/s
月	0.7 km/s



※LEOからGSOへの遷移軌道 (GTO) における近地点での値 (図中のV₂)

* 東京大学 杉田先生による検討結果



設計案 (ΔV = 1200 m/sの場合)

推力:	400 kgf (100 kgf × 4)
燃焼時間:	41 秒
推重比:	2.4(初期) → 3.7(燃え切り)
総重量:	166 kg
探査機	70 kg
推進剤	57.7 kg
	亜酸化窒素 50.4 kg
	ポリエチレン 7.2 kg
ドライ重量	38.4 kg (探査機含まず)
	酸化剤タンク 13.9 kg (容量125 L)
	燃焼室 4 kg (4本分)
	ノズル 5.8 kg (4個分)
	構造重量 2.5 kg
	補器類 5 kg
	予備重量 7.2 kg

宇宙理工学委員会での議論

いままで

- ・カテゴリA (10億~100億)
海外衛星, JEM暴露部, ピギー衛星, 観測ロケット, 大気球
- ・カテゴリB (1億~10億)
海外衛星, JEM暴露部, ピギー衛星, 観測ロケット, 大気球
- ・カテゴリC (0.5億~1億)
観測ロケット, 大気球, ISS, JEM暴露部, ピギー衛星

2016年2月理工学委員会で議論

今後の方針案

- ・戦略的海外協同計画(戦略的国際プロジェクト参加)
- ・小規模計画(多様な飛翔機会を用いたプロジェクト)

GTOピギーバック+ハイブリッドキックモータ = 高頻度・超小型深宇宙探査機

- ◆ 液体酸素 (cryogenic) → 亜酸化窒素 (storable)
- ◆ 技術課題
 - 亜酸化窒素での燃焼特性データ(燃焼速度等)
 - 亜酸化窒素供給系
 - 運用(点火シーケンス、姿勢制御。。。)
 - 高空燃焼試験(簡易型?省略?)
- ◆ 有利な点
 - 真空比推力
 - 重力損失、空力損失無し
 - 推重比が小さくても良い(CAMUI型じゃなくてもよい?)

ΔV = 1.2 km/s の場合

- ◆ ペイロード重量はプロキオンクラス(70 kg)
- ◆ 亜酸化窒素(N₂O) - ポリエチレン
- ◆ 有効比推力: 287秒(燃焼室とノズルで2%ずつの損失)
- ◆ 構造係数: 0.4
- ◆ 推力: 400 kgf (100 kgf モータを 4 本クラスタ運用)
- ◆ 酸化剤タンクは共用。分岐管を使用。
- ◆ 燃焼時間: 41秒
- ◆ 推重比: 2.4(初期) → 3.7(燃え切り)

まとめ

- ◆ 「宇宙基本計画工程表」の内容と予算とのギャップ
- ◆ 「理工連携」の「死の谷」をどう超えるか
- ◆ 超小型探査機のピギーバックスロットを増やしたい
- ◆ ピギーバック用ハイブリッドキックモータ
- ◆ 探査機と同重量のキックモータで火星到達が可能
- ◆ 皮切りとして月を目指したい
- ◆ 月フライバイの利用で、設計がもっと楽になる可能性