

宇宙実験のビジネスへの利用 ～宇宙ステーションをあなたの課題解決に 使ってみませんか？～

宇宙航空研究開発機構 有人宇宙技術部門
きぼう利用プロモーション室

坂下 哲也

目次

1. 国際宇宙ステーションと「きぼう」
日本実験棟
2. 宇宙環境の特徴
3. 宇宙実験の例
4. 「きぼう」利用の枠組み

✓ 「きぼう」は、研究者だけでなく
企業等にも御利用いただけます。

これまでの利用成果をヒントに、企業の方にも直接、課題解決に役立てていただきたい。

宇宙に関連した新事業・新サービスを創出する民間事業者の取組みを後押しし、**国民生活の質を向上させ、持続的な産業発展**と雇用機会の創出に貢献する。
(「宇宙基本計画」より)

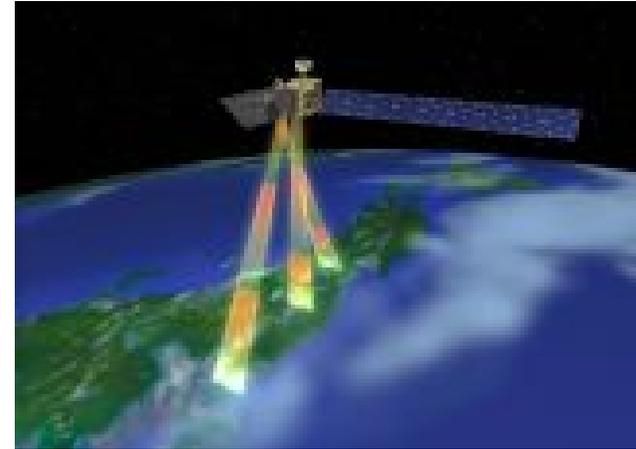
ロケット・輸送システム

次期基幹ロケットH-Ⅲ等の開発



人工衛星・地球観測

人工衛星の開発と利用
—地球環境と社会安全に貢献



国際宇宙ステーション 有人宇宙活動

宇宙環境利用

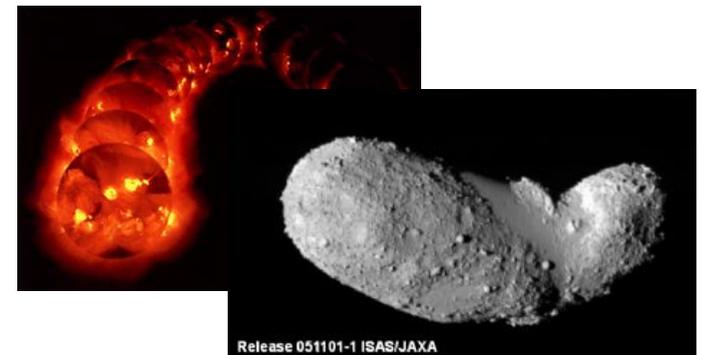


宇宙航空に関する 基礎基盤研究



宇宙科学研究

太陽系探査
宇宙の進化を探る天文観測



有人宇宙技術部門について



宇宙環境の特徴を使った実験などの成果で、暮らしを豊かにしたり、日本の産業競争力を高めたりすることなどを目指しています。

- **宇宙環境を利用した研究や実験、観測、** そのための装置や実験技術の開発
- 国際宇宙ステーション（ISS）「きぼう」日本実験棟の開発、運用
- 宇宙ステーション補給機「こうのとり」の開発、運用
- 将来の有人宇宙探査に向けた技術開発
- 宇宙飛行士の養成、訓練、健康管理



「きぼう」利用の新たなステージへ

これまでの「きぼう」利用

探索・選択フェーズ (2008～現在)

- 「きぼう」利用の可能性を広く探索
 - 科学的知見の蓄積
 - 実験技術の確立
- 実験テーマを分野毎に都度個別に募集。



今後の「きぼう」利用

開発・実証フェーズ (現在～2020年)

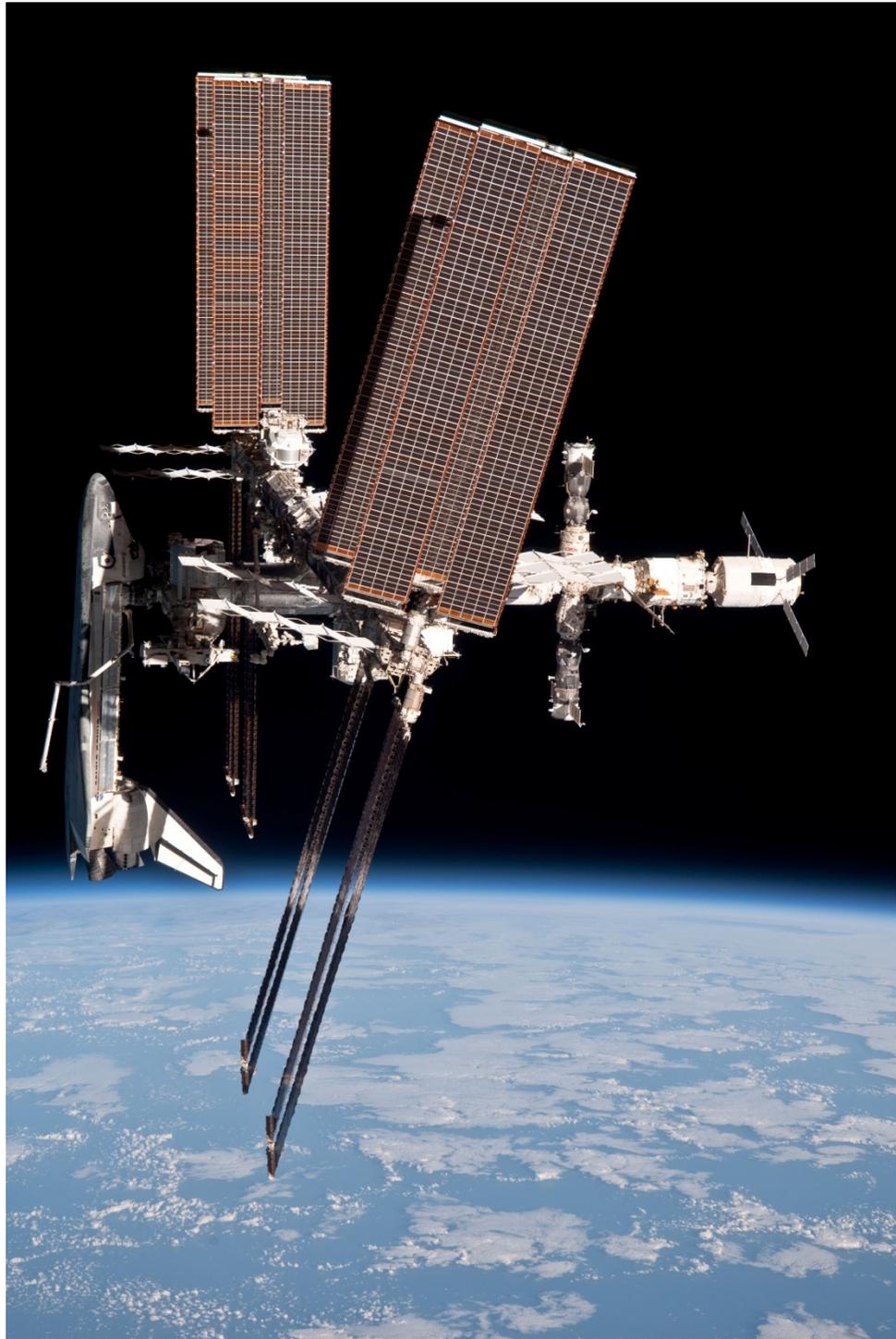
- **国の戦略的施策に沿った**課題解決型の研究への貢献
- **民間企業が「きぼう」の価値を認めた**（投資判断された）**事業**を促進。
- 募集の長期スケジュール、頻度、実験回数等を広く利用者に紹介し予見可能性を向上。



国際宇宙ステーションと 「きぼう」日本実験棟



2011年3月7日の国際宇宙ステーション



国際宇宙ステーション

質量: 420トン

大きさ: 109m × 73m × 51m,

質量: 約420トン,

容積: 916m³(与圧), 388m³(居住)

軌道: 400km (高度), 51.6度 (傾斜角)

速度: 7.8km/秒, 90分/周回, 16周回/日

搭乗員: 6名(通常時)

109m

73m

進行方向



ベルギー



カナダ



デンマーク



フランス



ドイツ



イタリア



日本



オランダ



ノルウェー



ロシア



スペイン



スウェーデン



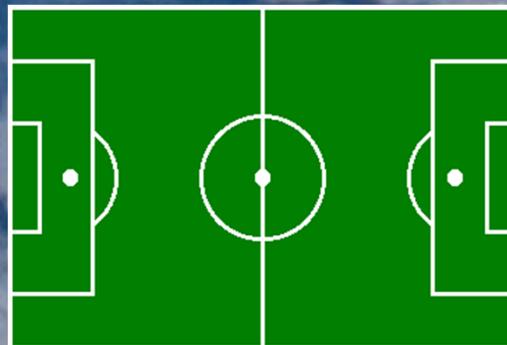
スイス



イギリス



アメリカ



「きぼう」日本実験棟

- 2024年までの参加が確定
- 2024年以降については、今後の国際調整による

ロボットアーム

船外実験
プラットフォーム

船内保管庫

エアロック

船内実験室

船外実験装置

「きぼう」日本実験棟



筑波宇宙センターの展示





宇宙環境の特徴

宇宙環境の特徴

宇宙環境の最大の特徴は

「無重力」(微小重量環境) $10^{-6} G$

- 落下・沈降しない／漂う
- 温度差・濃度差による浮力が生じない
 - 自然対流が発生しない
 - クーロン力, 表面張力等の弱い力が卓越
- 静圧勾配が発生しない

無重量空間で起こる物理現象



ものの「重い」「軽い」がない

→ 無沈降

地球上
(1G)



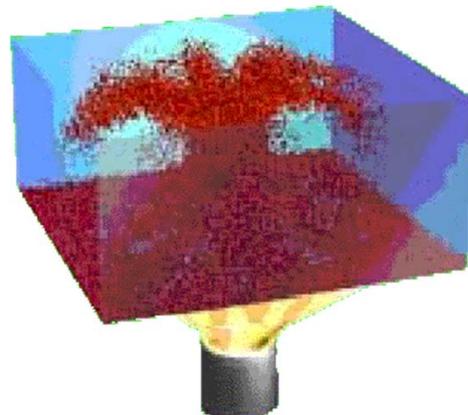
無重力
(0G)



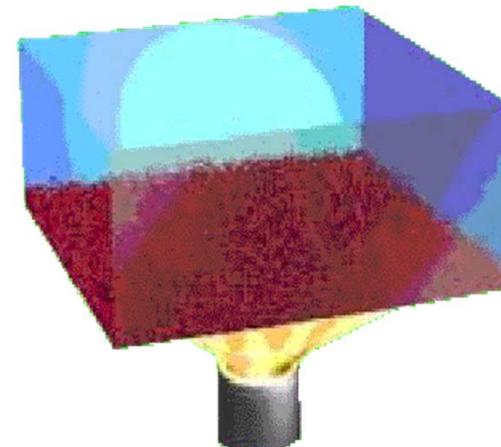
熱対流, 密度差対流が起きない

→ 無対流

地球上
(1G)

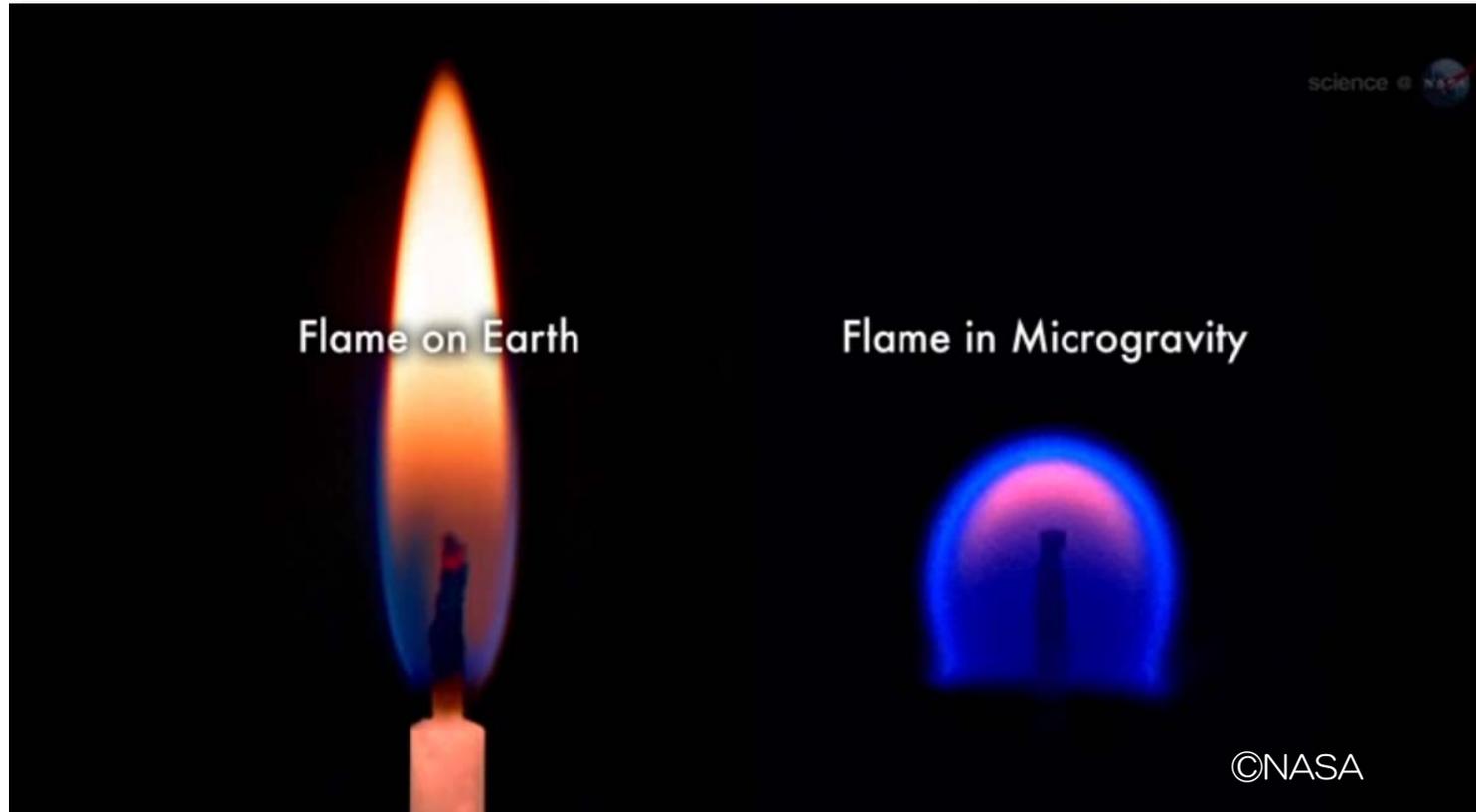


無重力
(0G)



地上

無重力

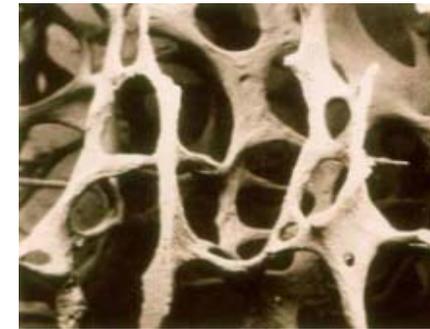
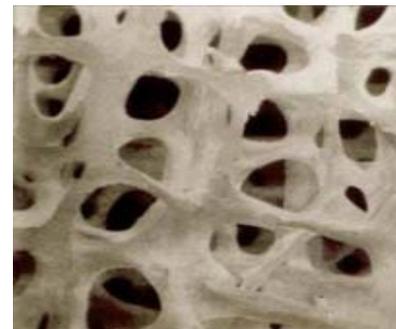


炎の周りの空気は**高温**になる。
↓
浮力（軽いものは上へ）により、
上向きの流れができる。
↓
細長い炎になる。

炎の周りには**高温**であるが、
上向きの流れは生じない
↓
球状の炎になる

宇宙環境の特徴

- 人体の生理的変化
 - 身長が伸びる
 - 体型が変化する（上半身：膨張／下半身：萎縮）
 - **筋力の低下（筋萎縮）**
 - **骨密度の減少**
 - **免疫力の低下**
- 心理的な側面
 - 閉鎖／隔離状態
 - 拘束状態
 - 定常的なリスク
 - 居住空間の狭さ，異文化



骨密度減少の例

加齢加速モデル
ストレスモデル

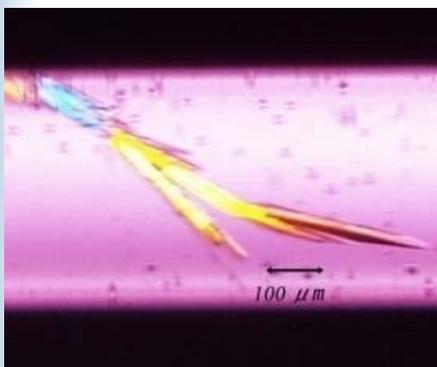
宇宙実験の例

高品質タンパク質結晶生成

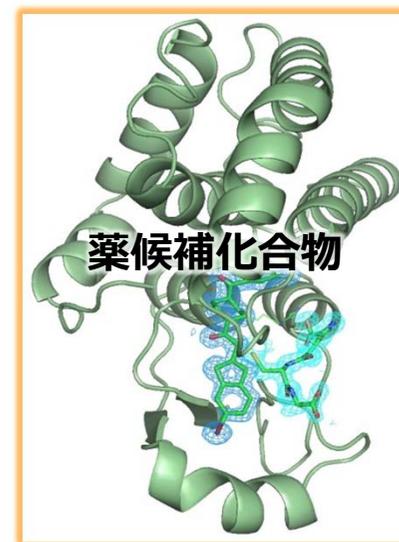
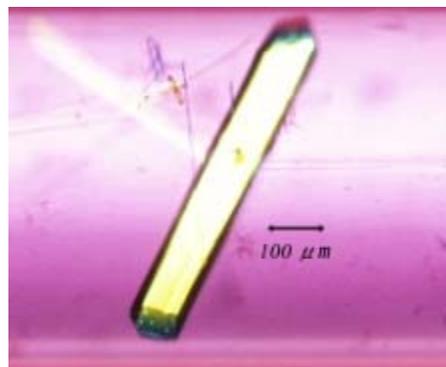
10年以上に亘る技術開発を通じて、微小重力環境を利用したタンパク質の高品質結晶化技術を確立。

条件を整えれば、**約6割の確率**で、地上より良質なX線回折構造データを取得できます。

地上結晶 (クラスター)
~1.5 Å分解能



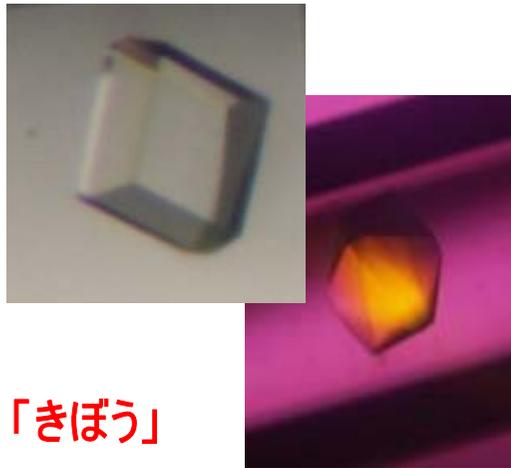
宇宙結晶 (単結晶)
~1.1 Å分解能



造血器型プロスタグランジンD合成酵素 (H-PGDS) の例

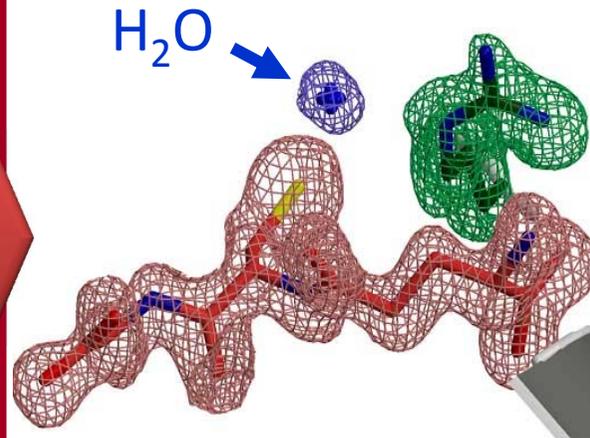
精緻なタンパク質構造データ：新薬研究開発を効率化

宇宙で高品質結晶作成
(原子間の距離がわかる
結晶構造データ)



「きぼう」

これまで見えなかった
分子構造を発見



「スプリング8」

病因タンパク質の反応部
(カギ穴)の構造を把握。
形にあう薬(鍵)を効率よく
探索。



「医薬品設計」

- ①投与量を少量化
- ②副作用の減少
- ③短期開発、低コスト化

(具体例):

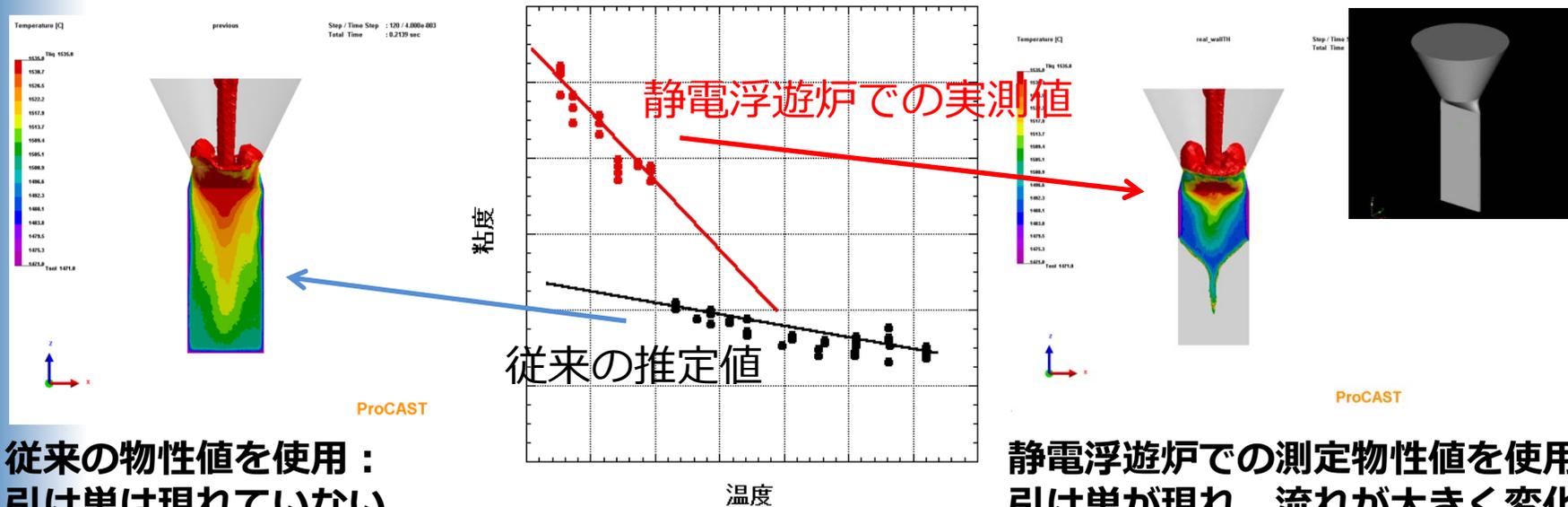
筋ジストロフィー,アルツハイマー,インフルエンザ等

(その他)酵素の設計・開発にも適用

- ・非食料系由来バイオ燃料生産
- ・プラスチック分解

高精度超高温物性計測

シミュレーション結果改善例



■ 耐熱合金の鋳造シミュレーションで、流れに起因する欠陥（湯まわり不良）の発生を予見し、鋳造前の対策検討に貢献。



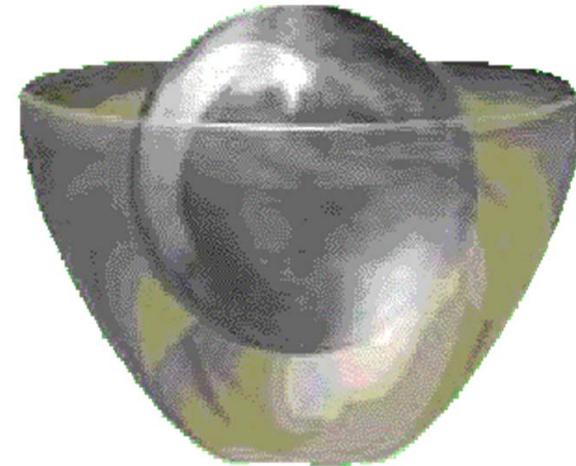
燃焼効率の向上を目指した耐熱タービンブレードの製造
鋳造シミュレーションによる工程の最適化／試行錯誤の低減

高精度超高温物性計測

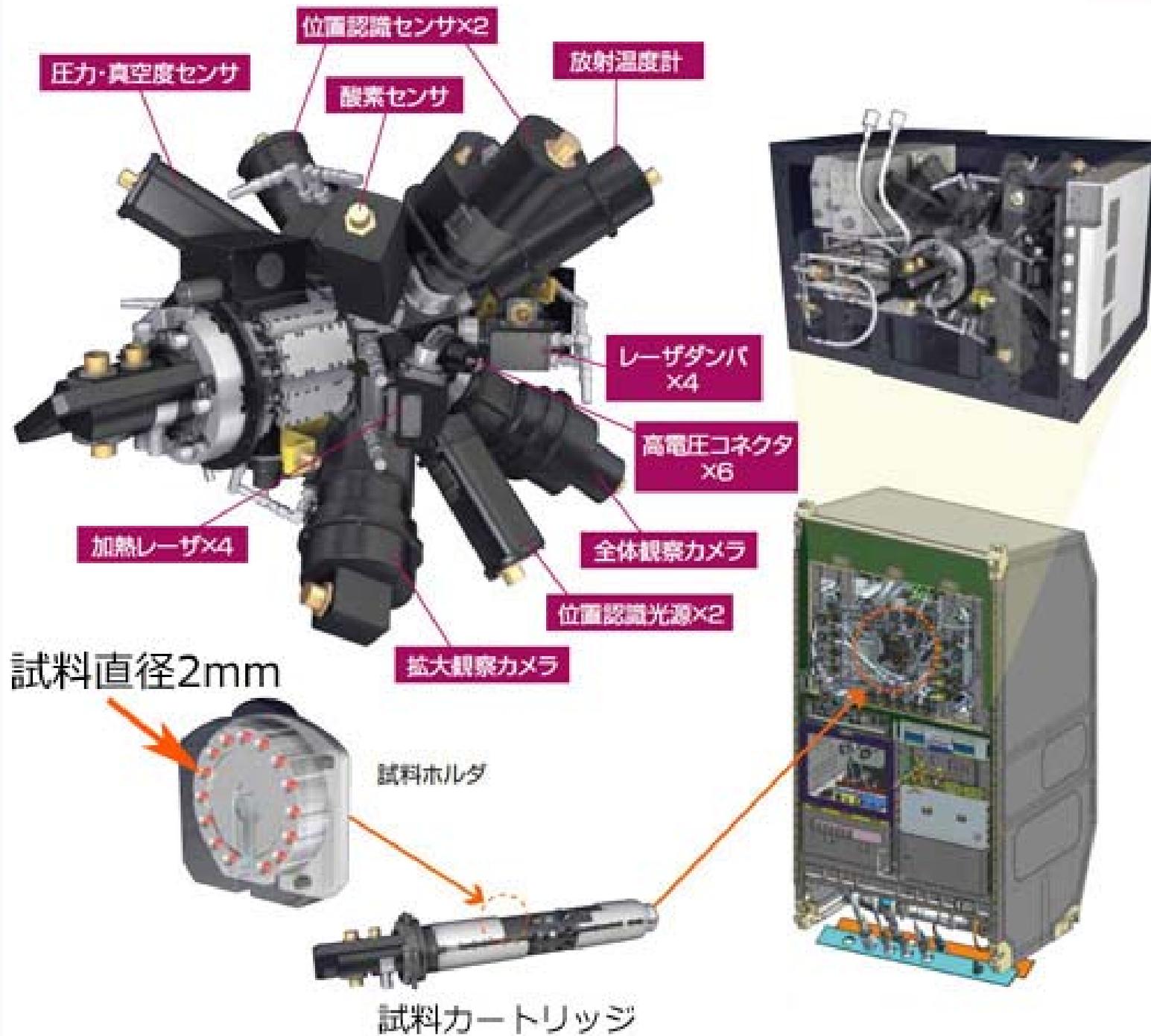
液体を保持するのに → 無容器浮遊
容器が要らない



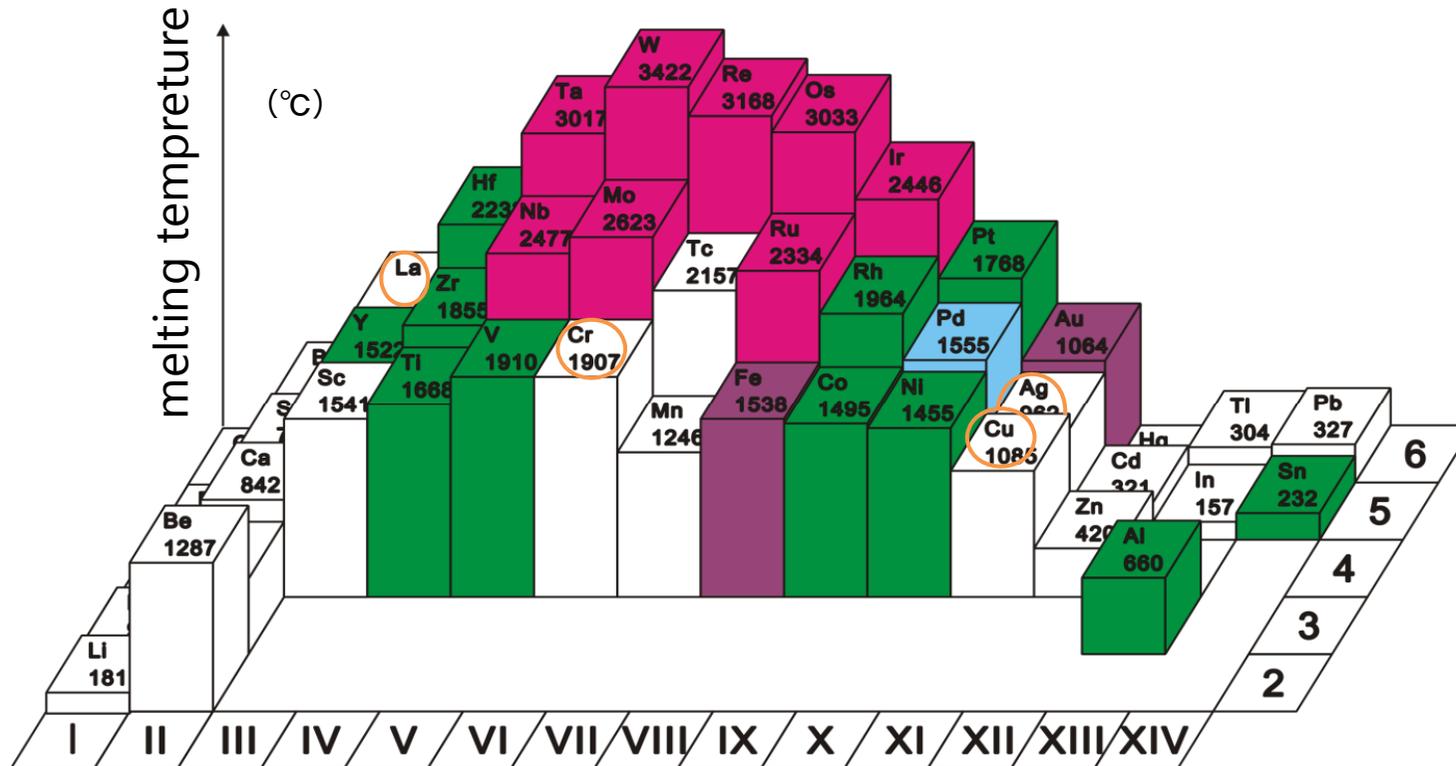
地球上
(1G)



無重力
(0G)



高融点金属単体の高温物性データを取得



浮遊溶融を達成

密度を計測

密度・表面張力・
粘度を計測

左記（緑）に加え、特に粘度は地上静電浮遊炉でしか取得できていない（世界初のデータ）

蒸発などの理由により、実施したが浮遊溶融を達成できていないもの

<JAXAが開発した地上用実験装置で取得した金属元素融体の高温熱物性取得データ>

10年以上にわたり、多くの金属元素について高温物性データを計測。データベースにて公開し、物性物理研究や産業界に寄与。

高精度超高温物性計測

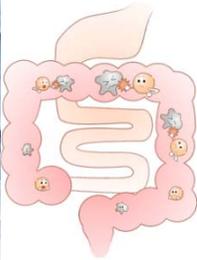


- 3000°Cまでの密度，粘性，表面張力を計測(酸化物，セラミックスにも対応)
- 大深度の過冷却凝固による新材料の探索
- ISSに静電浮遊炉を設置完了(機能確認中)
- 地上設置のガス浮遊炉にて，予備試験を受付中

ISSでの乳酸菌摂取による 免疫機能への影響検討の共同研究



乳酸菌 シロタ株



Yakult



過酷な作業環境で様々な人体リスク

- ・ 乳酸菌による免疫研究のプロ
- ・ 腸内環境改善から健康長寿へ

- ・ 宇宙飛行士の免疫低下問題
- ・ 将来の探査に向けた技術獲得

**乳酸菌の摂取による宇宙飛行士の腸内環境や免疫機能の維持・改善。
将来の宇宙探査計画に向けた宇宙健康維持技術と知見の獲得。**



地上生活における乳酸菌商品の改良・効果改善。



機能性宇宙食の開発

**宇宙用の乳酸菌長期保存技術により、地上のストレス環境下
(災害時、高山、深海等) 向けの商品を開発。**

宇宙実験の例

個別に計画されて宇宙実験の例

お酒がまるやかになるメカニズムの解明

<仮説>

水とエタノール等酒類中の成分による**高次分子構造の形成がお酒のまるやかさに寄与**する

<地上での研究結果>

液体の対流を抑制した環境では、お酒の分子構造の高次化が促進され、まるやかさが形成される可能性を示唆

<宇宙実験>

微小重力環境での無対流状態に保管し、お酒のまるやかさへの効果を検証



再生医療に関する研究

平成27年度 国の戦略的研究募集区分

- 臓器立体培養等の再生医療に関する研究
- ヒトの疾患に関連するエピゲノム研究

微小重力環境を活用した臓器創出を 目指す三次元培養技術の開発

- 幹細胞を培養して複雑な形をした立体の臓器を作成するのは難しい
- 地上では重力が働いているため、培養液中の細胞が沈んでしまう
- 細胞を浮遊した状態で培養することができれば、立体的な臓器をつくれる可能性がある

「きぼう」で臓器の立体培養を実現に役立つ知見を獲得する



地上で微小重力環境を模擬する装置



- ✓ 「きぼう」は、研究者だけでなく企業等にも御利用いただけます。

これまでの利用成果をヒントに、企業の方にも直接、課題解決に役立てていただきたい。

宇宙工場 → 技術・理論の実証
計算モデルの改善

これまでの開発成果利用



「きぼう」開発，有人宇宙活動向け開発の 成果

- 水・空気再生技術
- 安全・信頼性技術
- 安全性解析，ソフトウェア独立検証手法
- 搭乗員，地上管制員の選抜・訓練手法

「きぼう」利用の枠組み



1. 有償利用：

- 宇宙実験に関する実費は利用者が負担
百万円台から利用できるケースも
- 利用者が利用成果，知財を独占可能
- 随時受付中

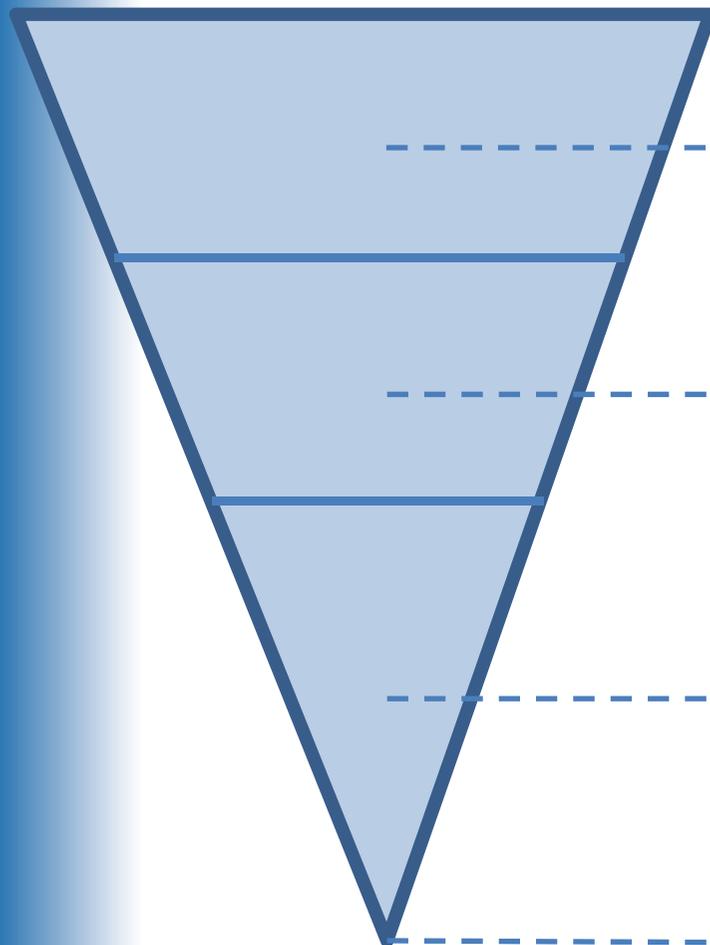
タンパク質結晶生成や高温熱物性計測では、

- 地上での予備実験もお引き受けいたします。
- 無償のトライアルユース制度もあります。

宇宙実験の内容に応じた費用の目安

※費用は研究の内容に応じて、変わります。

※宇宙船による打上げ費（330万円/kg）、回収費(550万円/kg)、宇宙飛行士の作業料(550万円/時間)



1億～数十億円：

新しい装置の開発や宇宙飛行士を被験者とする場合

- 宇宙飛行士を被験者として体の変化を調べます

1千万～数億円：

装置の改修、宇宙飛行士の操作がある場合

- 地上では混ざらないものを混ぜることで新しい材料をつくります

百万～数千万円：

定型化された実験、物品の打ち上げ・回収

- タンパク質の良質な結晶をつくります
- 自社衛星を打ち上げます（300万円～）
- 過冷却状態で、新しい機能を持つ材料を創製します（地上は50万円～）

相談は無料：

まずはJAXAにご相談ください！

「きぼう」利用の枠組み



2. 公募による利用：

- 国の戦略的施策に沿った課題達成研究
- 自由な発想に基づく科学研究
 - 宇宙実験に関する費用をJAXAが負担
 - JAXA外の競争的研究資金を獲得(意義付け+資金)
 - 利用成果は原則公開
 - フィジビリティースタディー提案募集予定

3. 将来の国際宇宙探査に向けた技術の習得

- JAXAの課題ごとに共同研究，開発

発想を重力の鎖から
解き放ってみませんか？

まずは御相談ください。

●お問合せ●

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
有人宇宙ミッション本部 宇宙環境利用センター
きぼう利用プロモーション室
Email: Z-KIBO-PROMOTION@jaxa.jp