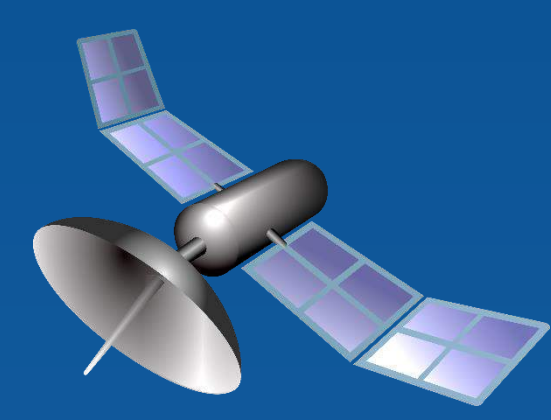




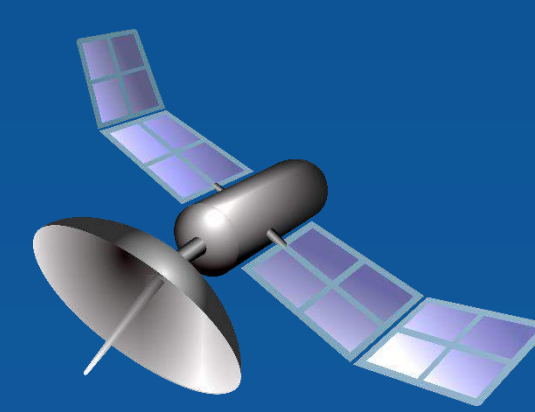
CHUBU UNIVERSITY



中部大学 工学部 宇宙航空理工学科

研究紹介(1/2)





高効率で安全性の高い小型電動航空機の開発

<どんな研究？>

航空機需要が益々高まる中、地球温暖化の要因とされる温室効果ガスを排出せず、運用コストが小さい電動航空機の開発が期待されています。

まずは無人航空機を対象とし、現在マルチコプタ等で多用されているリチウムイオンポリマー二次電池(Li-Po)に加え、エネルギー密度の高い燃料電池或いは太陽光による発電を活用した、高効率電動プロペラ推進とモーフィング制御機能付き固定翼を有効に組み合わせた、空力的に高効率（低燃費）で安全性の高い小型電動航空機の概念形状の策定を行います。

これにより、無人航空機での長距離・長時間・安全輸送システム成立性の目処付けを行い、人々の生活の利便性向上に供する無人機の運用範囲の拡充を図ります。

また、将来の有人電動航空機への道筋をつくります。

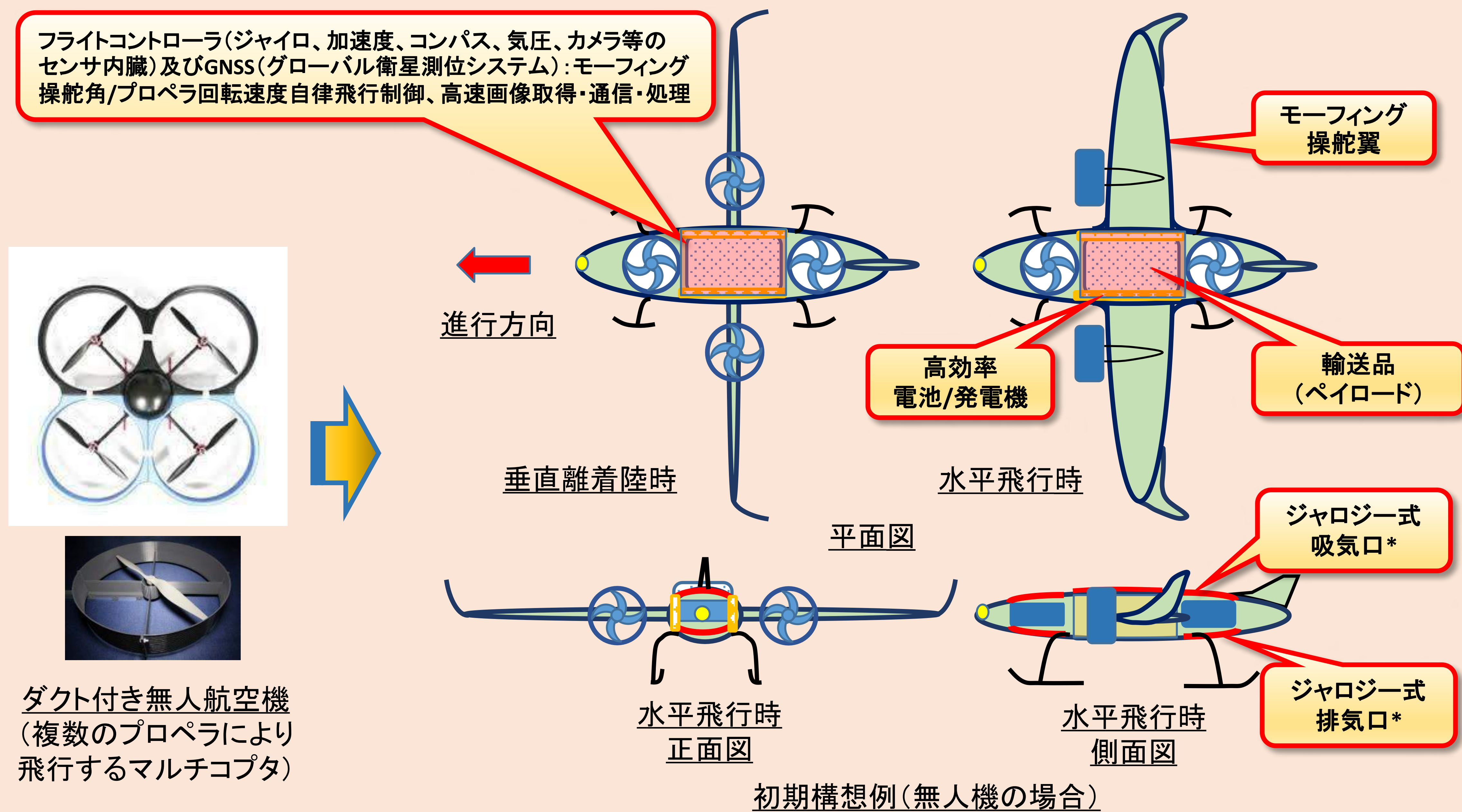
そのために、以下の研究を行います。

<研究テーマ（案）>

- ・マルチプロペラの母機との空力干渉による推進効率の影響
- ・ニーズに対応した配送品重量及び所要移送時間に対する固定翼の揚力効果
- ・プロペラと固定翼の有効配置による飛行性能、操縦安定性への影響（他の研究室との協業）
- ・リモートセンシングによる位置制御向上効果（他の研究室との協業）
- ・モーフィング翼の小型航空機への適用性（他の研究室との協業）
- ・燃料電池のエネルギー密度向上効果（他の研究室との協業）

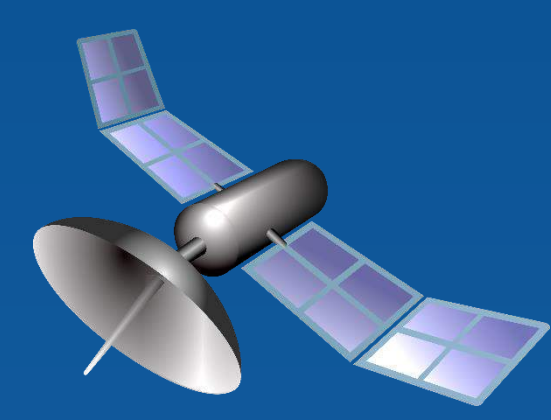
無人航空機の長距離・長時間・安全輸送システム実現へ

飛行効率及び安全性向上のためのコンセプト形状を提案し、空力性能改善システムを創造します



* 垂直離着陸時:全開/水平飛行時:開度を速度に応じて調整し、前方から吸気し後方に排気





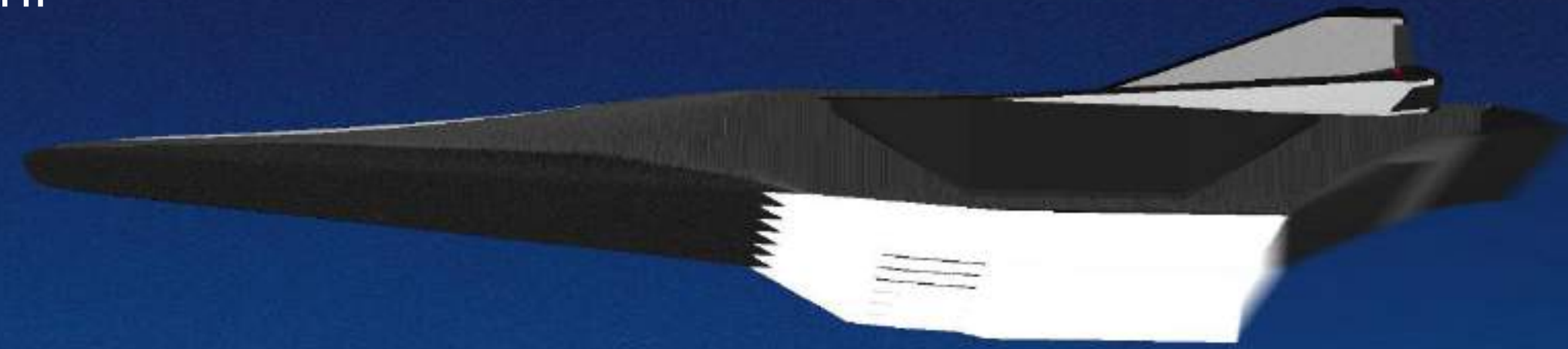
ロケットエンジン・ジェットエンジンの研究

今日もロケットが人工衛星を打ち上げています。ロケットの質量の7割は液体酸素が占めています。飛行中、空気中の酸素を利用して液体酸素を減らし、もっと多くの荷物を運ぶことができるように、ジェットエンジンとロケットエンジンを組合わせた新しいエンジンの研究と、このエンジンを使うスペースプレーンの研究をしています。

現在使われているロケットエンジンも、実は分からないこと、改良するところが沢山、残っています。燃焼器の異常燃焼問題、燃料ポンプ用タービンの流れの問題などです。このような問題を解決して、信頼性が高く経済的なエンジンを作ります。

ほかにも新しいアイデアを使った、新しいエンジンの研究を行います。

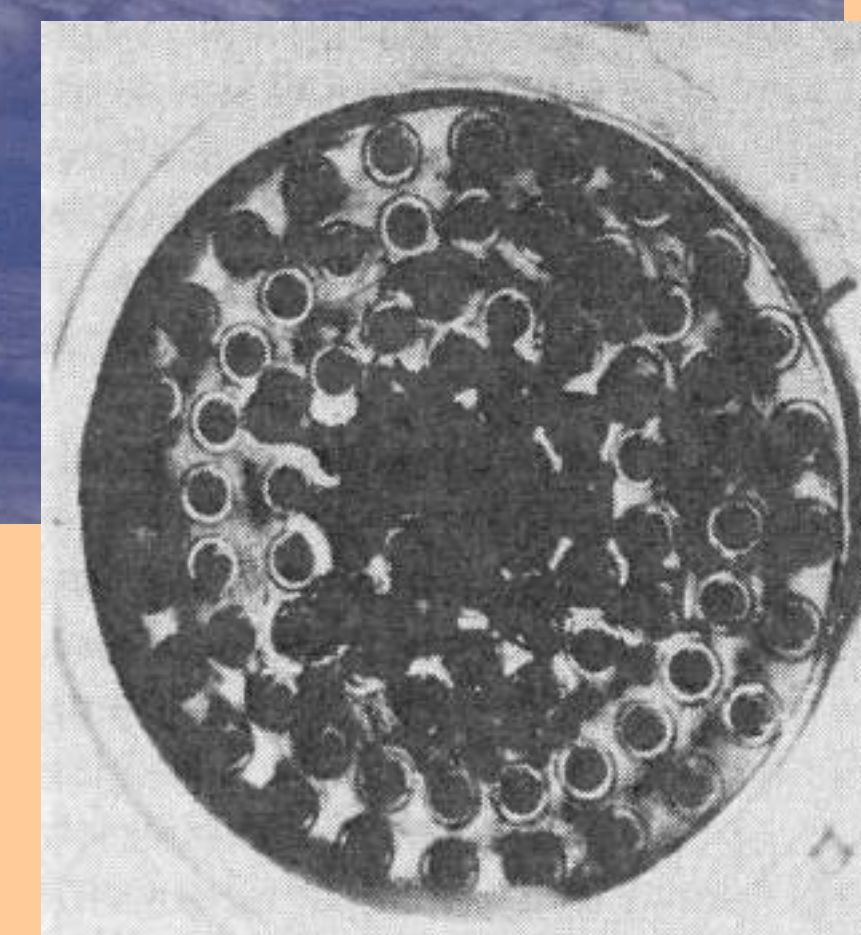
@K. Tani



スペースプレーン機体側面に、新しいエンジンであるロケット複合エンジンを搭載しています。低速から超高速、宇宙まで飛行するので、飛行性能や制御性能、安定性などに、いろいろな工夫を凝らしています。



JAXAでのロケット複合エンジン試験。



異常燃焼で溶けたロケットエンジンの燃料噴射器。(アメリカ航空宇宙学会テキストより)

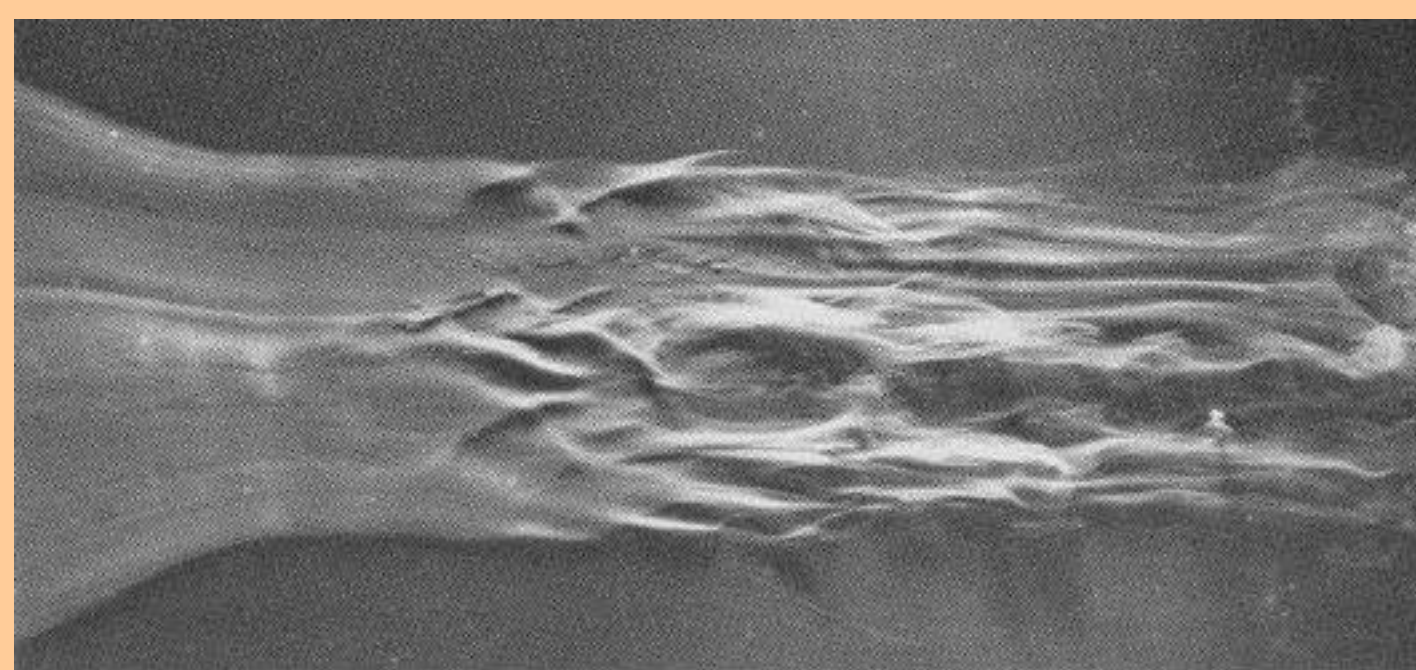
基礎的な現象の研究とその成果の応用

ロケットエンジンやジェットエンジンの研究では、流れや燃焼の基本的な問題に立ち返って考えてみる必要があります。例えば空気や水などの流れは、だんだん速くなってくると、ある速度を境に抵抗などの流れの様子が大きく変わります（乱流遷移）。この現象は飛行機、船、ゴルフボールなど、いろいろな場面で現れます。乱流への切替り条件は長い間分かりませんでした。最近、理論的な予測方法が見つかりました。

この方法を実験で検証しながら、新しい装置や道具を作る研究をします。

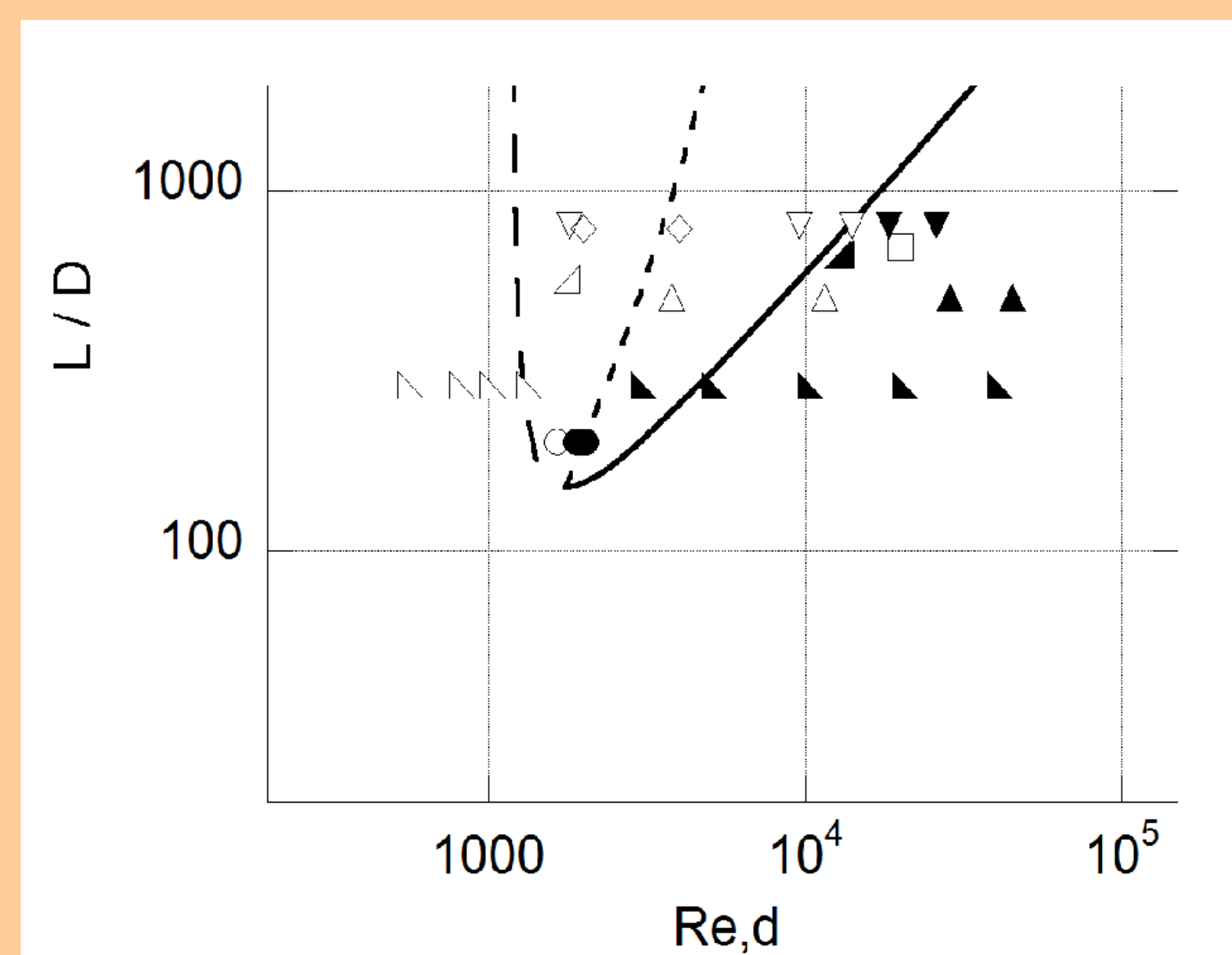
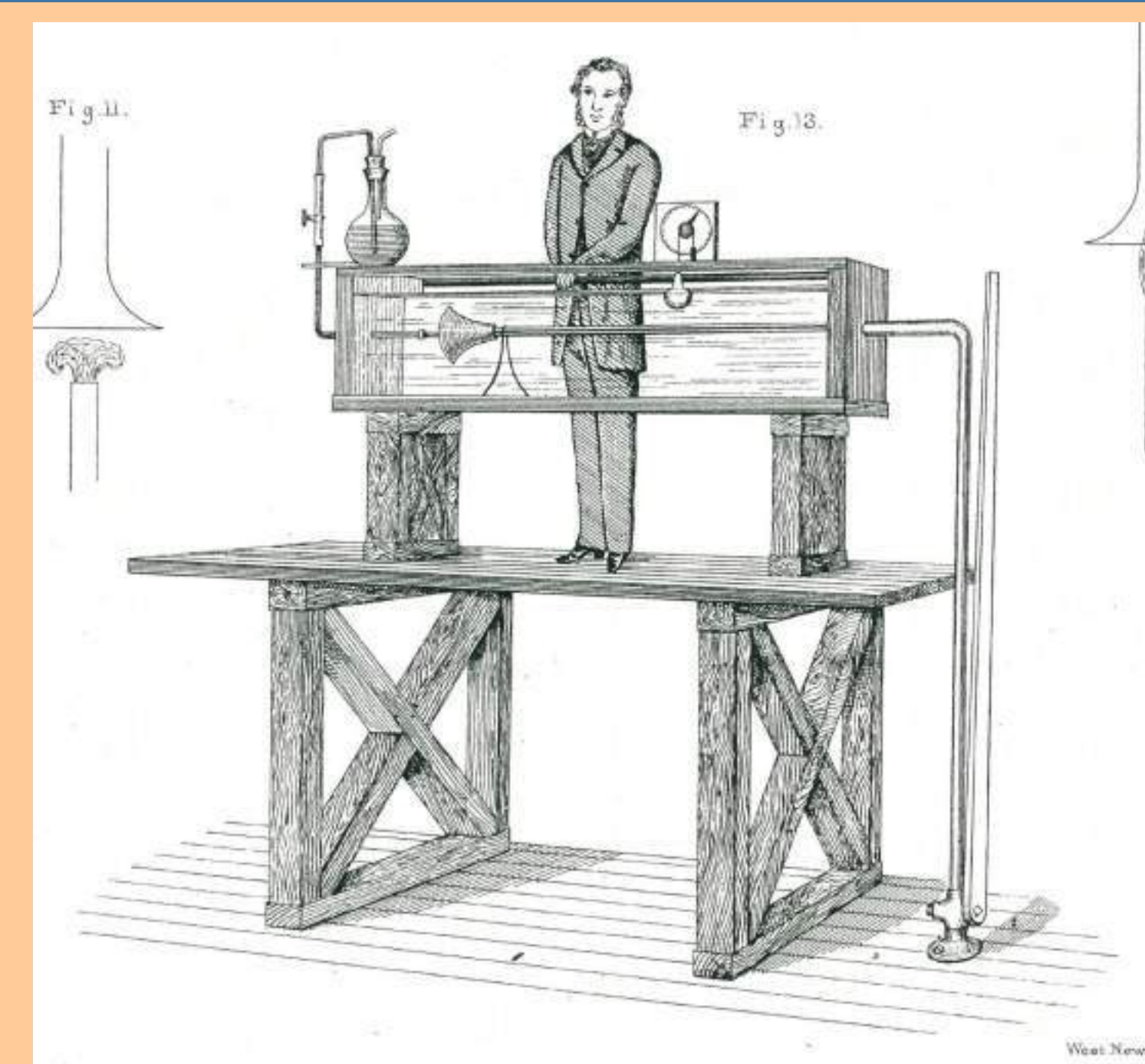
他にも液体と気体の区別がなくなる臨界点近くでの伝熱など、エンジンから少し離れた研究も行います。

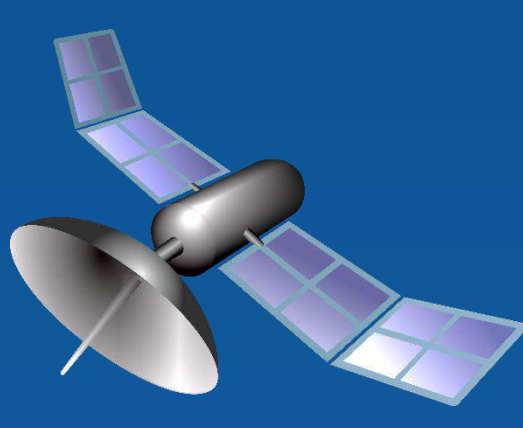
19世紀のレイノルズによる乱流遷移についての初めての報告の中の挿絵。(Phil. Trans. Roy. Soc. A, 186, 1883)



層流から乱流へ変わる様子。(Van Dyke "An Album of Fluid Motion")

力の釣合いを見直すことで、パイプ内で乱流遷移を起こす条件（実線）を計算することに成功しました（白は層流、黒は乱流）。平板上の流れでは、物質が保存されることを考えて遷移条件の計算に成功しました。(Trans. JSASS)





スマート材料の構成方程式の提案

〈どんな研究〉

形状記憶合金や圧電材料のような周りの環境の変化に応じて、形状や内部の特性が変化するスマート材料の変形挙動を表す方程式の提案を行っています。

提案した方程式は、スマート材料を使った構造物の設計や制御、現象の理解に使います。

〈参考文献〉

- T. Ikeda, et al., Smart Materials and Structures, 13 (2004), pp. 916-925.
- T. Ikeda, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 19 (2008), pp. 533-540.
- M. Akita, et al., Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 2 (2008), pp. 1172-1183.
- 池田ほか, 日本機械学会論文集A編, Vol. 75 (2009), pp. 41-48.
- 丹羽ほか, 日本機械学会論文集, 80 (2014), smm0310(17p).
- T. Ikeda, Archives of Mechanics, 67 (2015), pp. 275-291.

形状記憶合金の構成方程式

1. 相変態条件

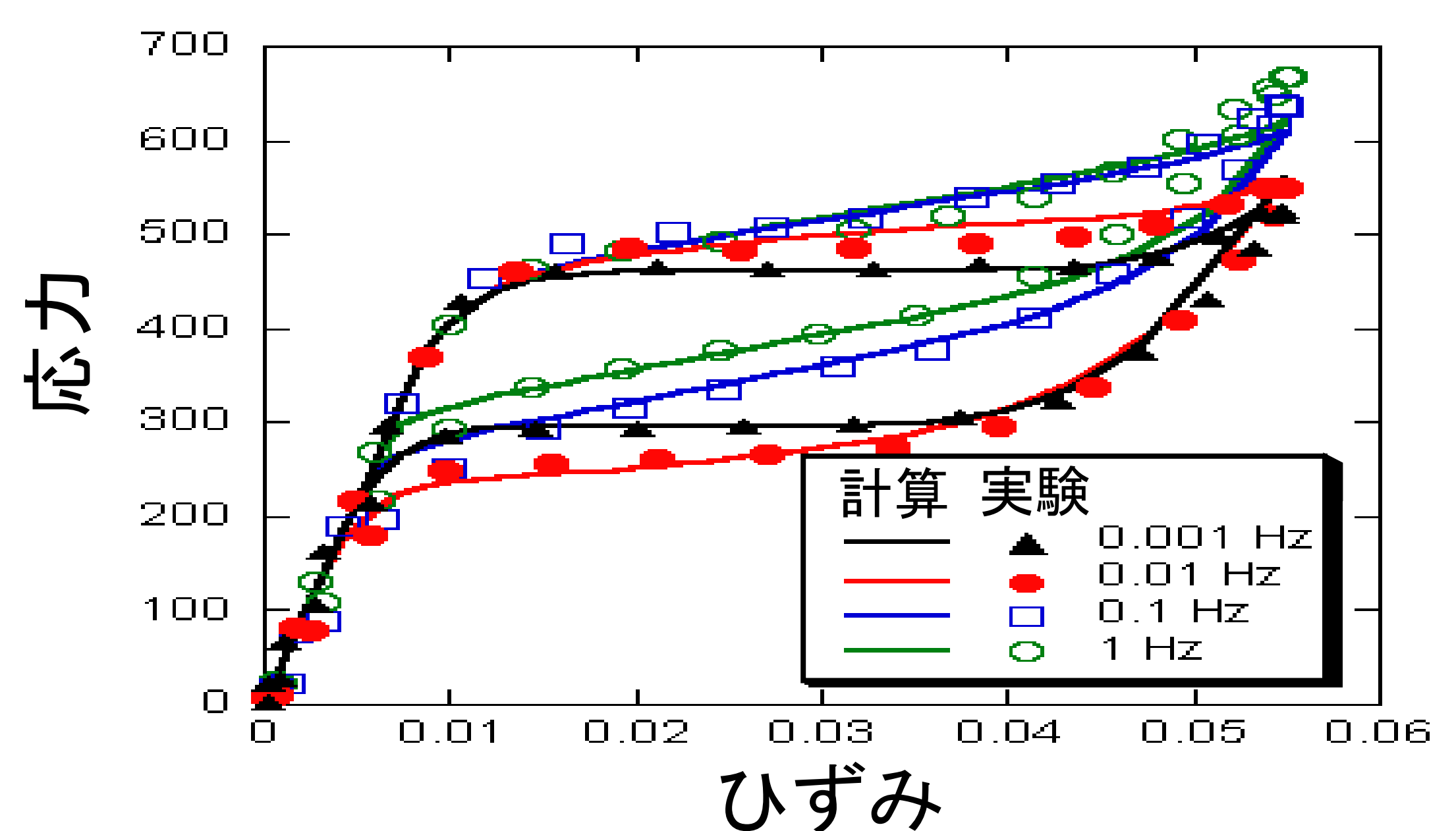
$$\frac{1}{2}\sigma^2\left(\frac{1}{E_\beta}-\frac{1}{E_\alpha}\right)+\sigma(\varepsilon_\beta-\varepsilon_\alpha)+(s_\beta-s_\alpha)(T-T_{\alpha\leftrightarrow\beta})=\Psi_{\alpha\rightarrow\beta}[z_{\alpha 1}]$$

2. ひずみ関係式

$$\varepsilon=\sigma\sum_{\alpha}\frac{z_{\alpha}}{E_{\alpha}}+\sum_{\alpha}\varepsilon_{\alpha}z_{\alpha}+\alpha_T(T-T_s)$$

3. 熱エネルギー方程式

$$C\frac{dT}{dt}+\sum_{\alpha\rightarrow\beta}(s_{\beta}-s_{\alpha})T\frac{dz_{\alpha\rightarrow\beta}}{dt}+\alpha_T T\frac{d\sigma}{dt}=-h\frac{A}{V}(T-T_s)+\sum_{\alpha\rightarrow\beta}\Psi_{\alpha\rightarrow\beta}\frac{dz_{\alpha\rightarrow\beta}}{dt}$$



形状可変構造/複合材料構造

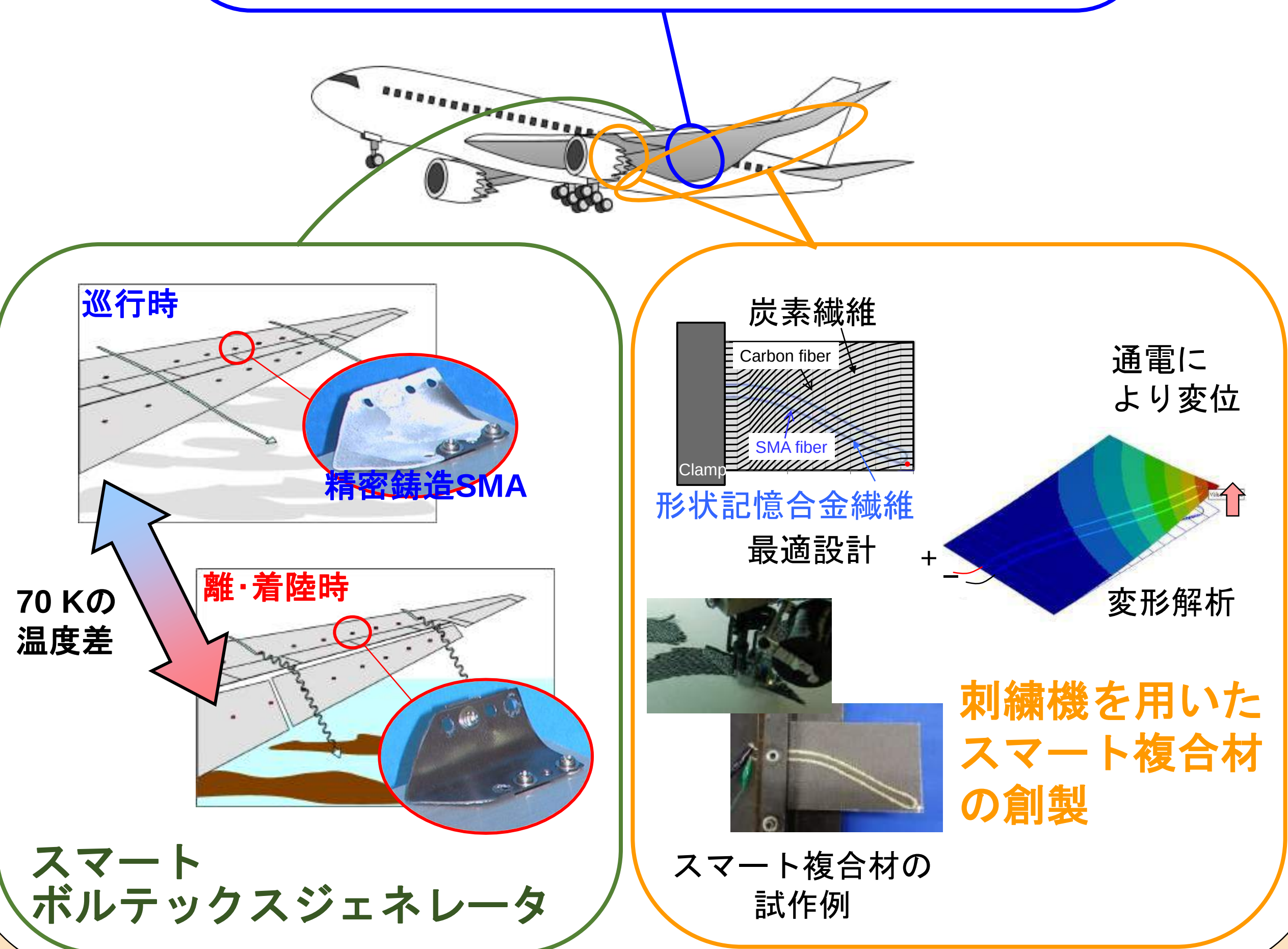
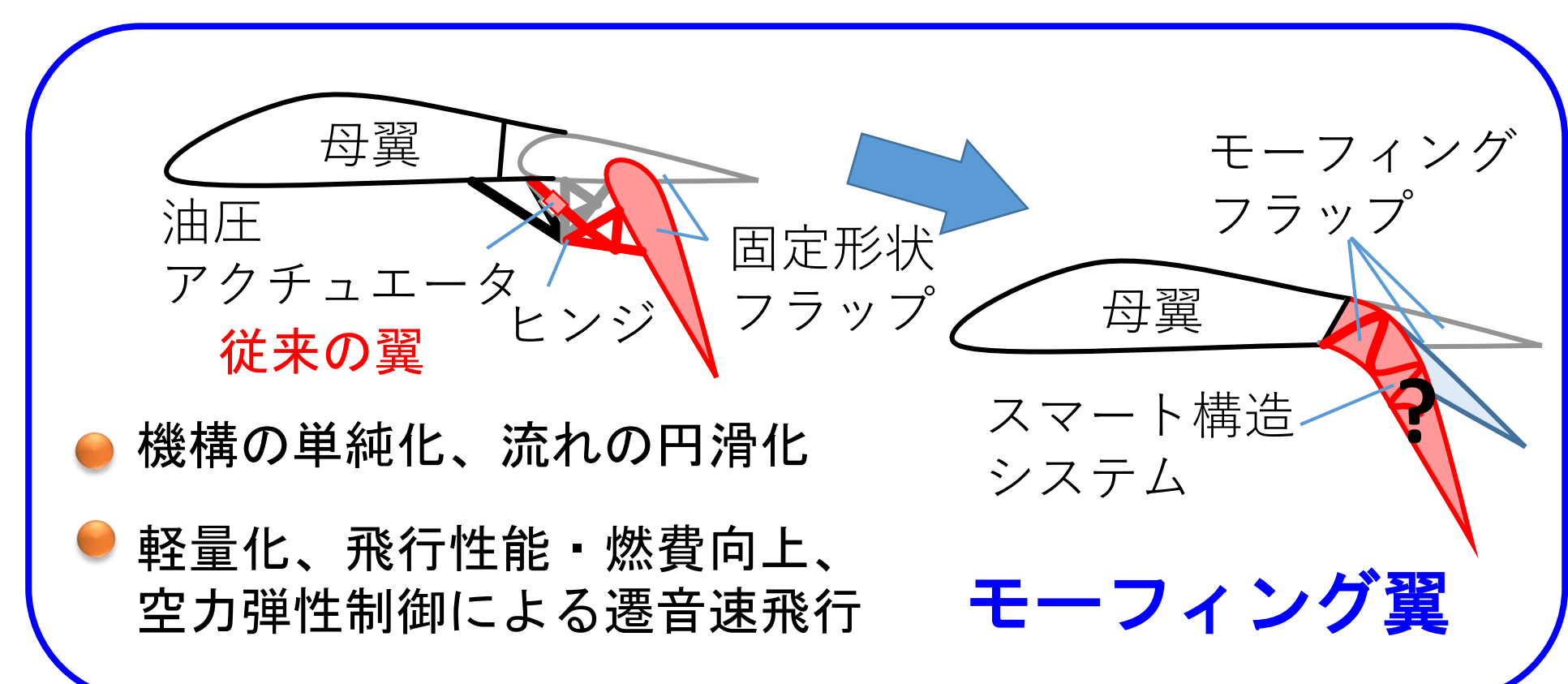
〈どんな研究〉

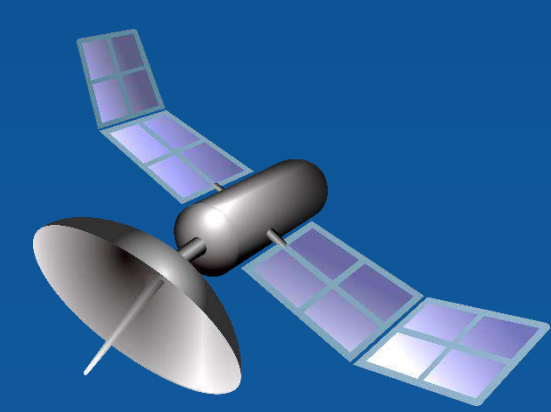
スマート材料や方向によって強度や剛性が異なる複合材料を用いて、状況に応じて形状が変化したり、振動、騒音を抑制する構造物の研究を行っています。

軽量で多機能・高性能な構造システムとして航空宇宙機への応用が期待されています。

〈参考文献〉

- Y. Matsuzaki, et al., Smart Materials and Structures, 14 (2005), pp. 343-348.
- 池田, PCT/JP2005/024290, 特許第4940434号, カナダ 2622938, 米国 US8256720B2.
- 池田, 日本機械学会誌, 114 (2011), pp. 14-15.
- 岡ほか, 日本複合材料学会誌, 40 (2014), pp. 10-16.
- T. Ikeda, et al., 29th ISTS Special Issue, Transactions of JSASS/ Aerospace Technology Japan, 12 (2014), pp. Pc_69-Pc_74.
- T. Kojima, et al., APISAT 2016 Special Issue, Transactions of the JSASS/Aerospace Technology Japan.





宇宙・航空機用の材料研究

<どんな研究>

航空機やロケット・人工衛星など、空を飛ぶためには、軽量で高強度を示し、耐環境性に優れた材料が求められます。特に航空機は材料の進歩と共に高性能化が進みました。

材料を選定するために必要な材料データは、材料試験を行わなければなりません。そこで環境基準、安全性の確保するためにも、状況に応じた材料試験を行います。

<研究の特徴>

軽量の金属材料や複合材料を使って、宇宙・航空機用断熱容器の開発に取り組んでいます。実験試料を室温や液体窒素温度（-196℃）の状態にして、機械的特性や熱的特性などを測定しています。

また実験では、数nm程度の構造を観察するために走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）を使用し、試料表面や破断面の観察を行います。特に金属材料では、結晶構造解析を行うためにX線回折装置を使用します。

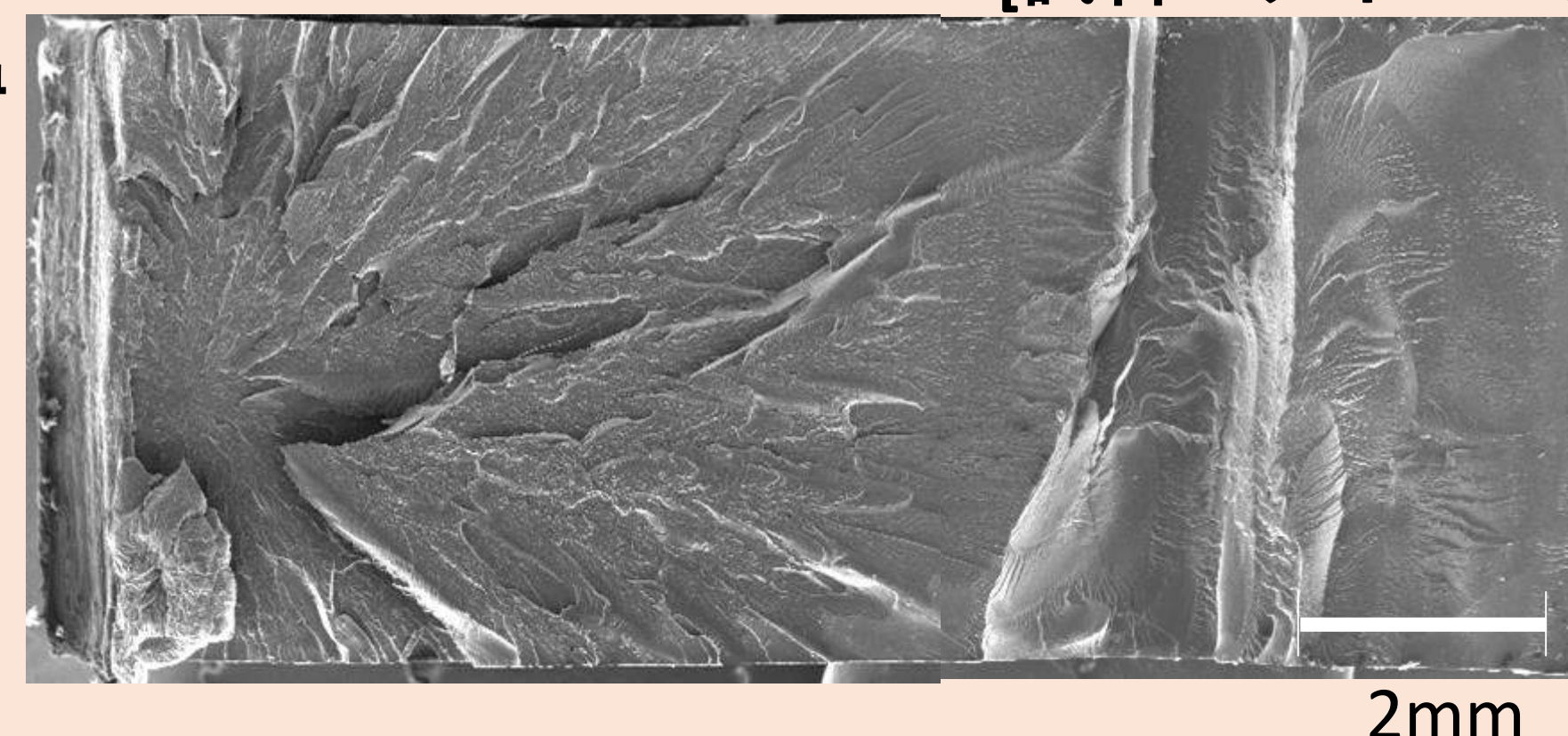
[参考文献]

■M. Kanda, et al., 日本金属学会誌, 70 (2006) 945-949.

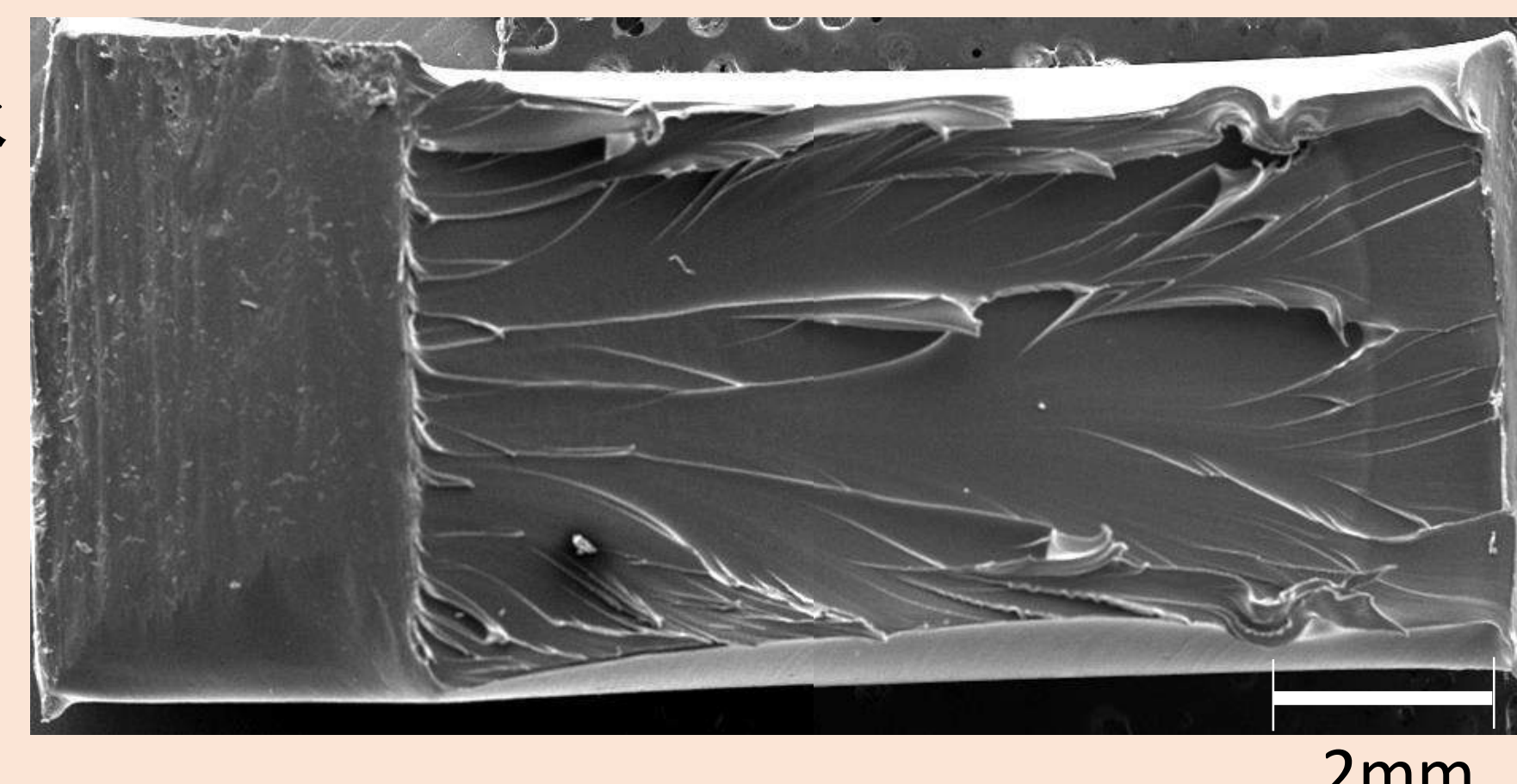
■M. Kanda, et al., Materials Transactions, 50 (2009) 177-181.

[試料：ナイロン6]

室温



吸水



液体窒素

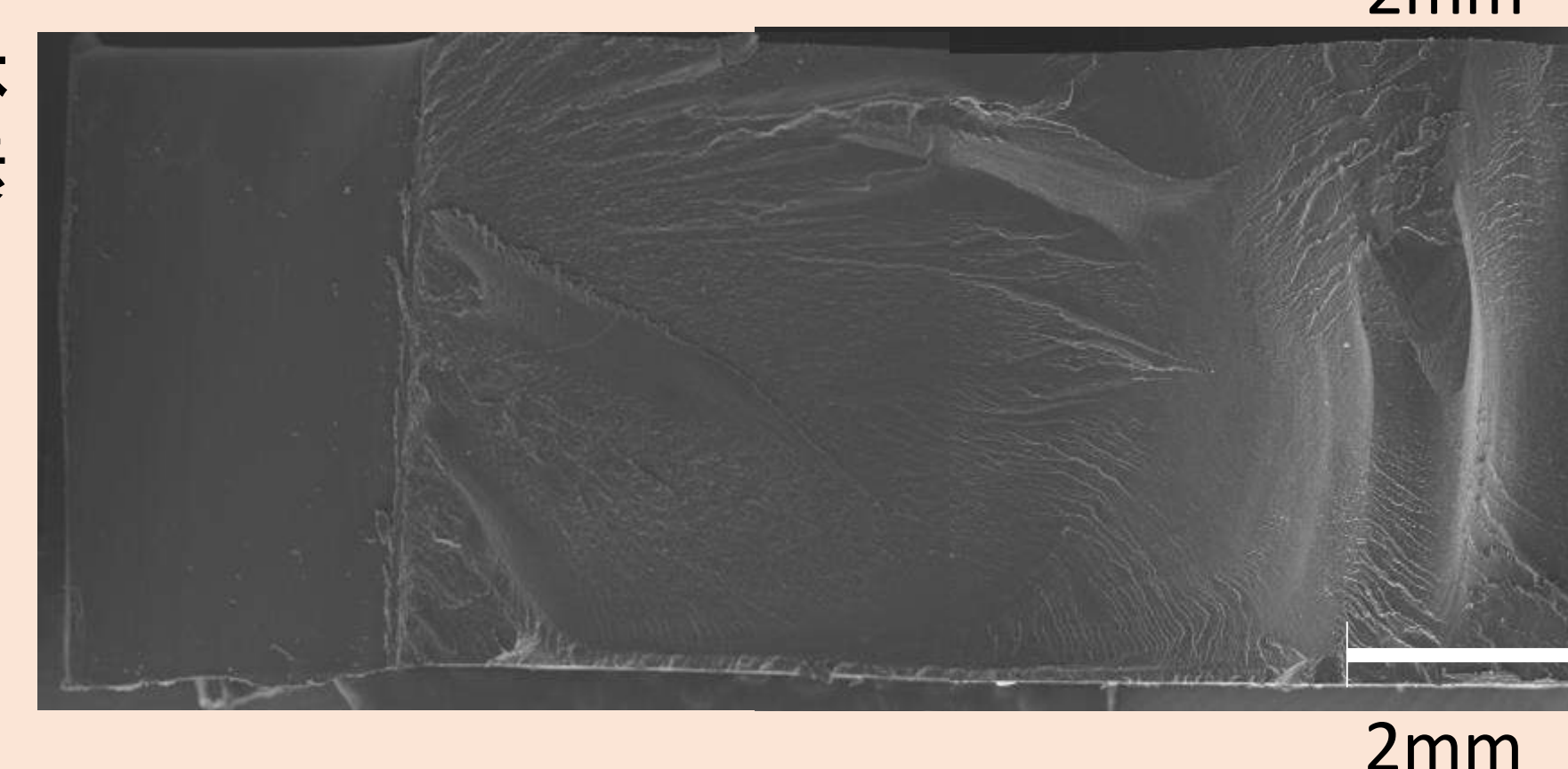


図 シャルピー衝撃試験後のSEMによる破断面観察

航空機の電気化・電動化

<どんな研究>

従来の航空機は主に油圧・空気圧・電気のパワーシステムで構築されていましたが、近年では運航性能（燃費）、整備性、安全性の向上から航空機の電気化・電動化が進んでいます。電気システムは、稼働中も連続的に自己診断が可能となり、システムの作動状態を常に監視できるので安全性の向上につながります。また、大電力でも耐えられるように超伝導技術が注目されています。

<研究の特徴>

低電場で駆動する電歪ポリマー（Electroactive polymer：EAP）の研究を行っています。EAPはセンサやアクチュエータとして注目されていますが、航空機の構造健全性・安全性をリアルタイムで自己検知・診断を行うためのヘルスマニタリング（Health Monitoring）にも期待されています。また、超伝導技術を宇宙・航空機分野へ応用するために必要な材料研究も行っています。

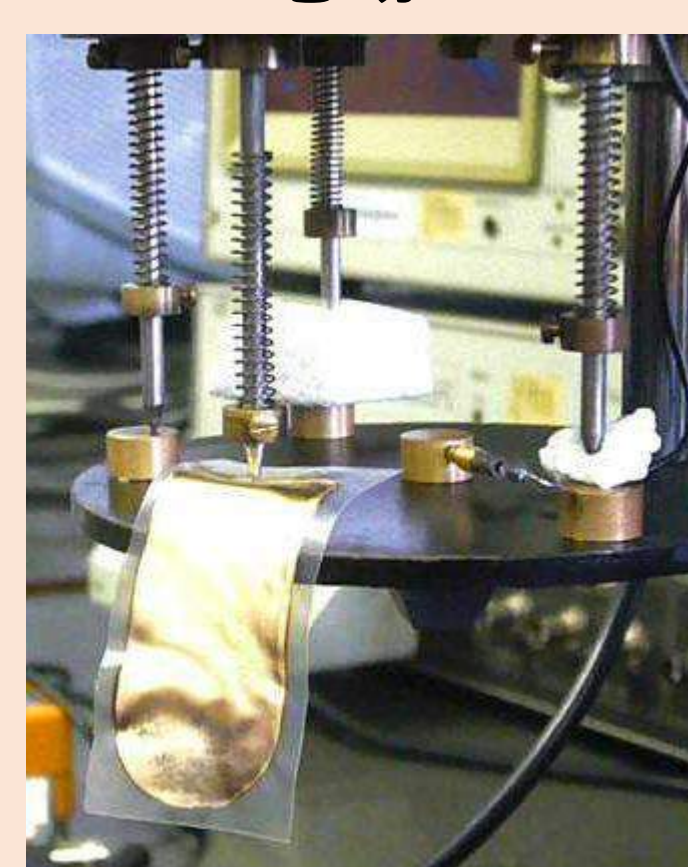
[参考文献]

■D. Guyomar, et al., Journal of Applied Physics, 108 (2010) 114910.

■M. Kanda, et al., Materials Transactions, 53 (2012) 1806-1809.

■M. Kanda, et al., Materials Transactions, 56 (2015) 2029-2033.

電場ON



電場OFF

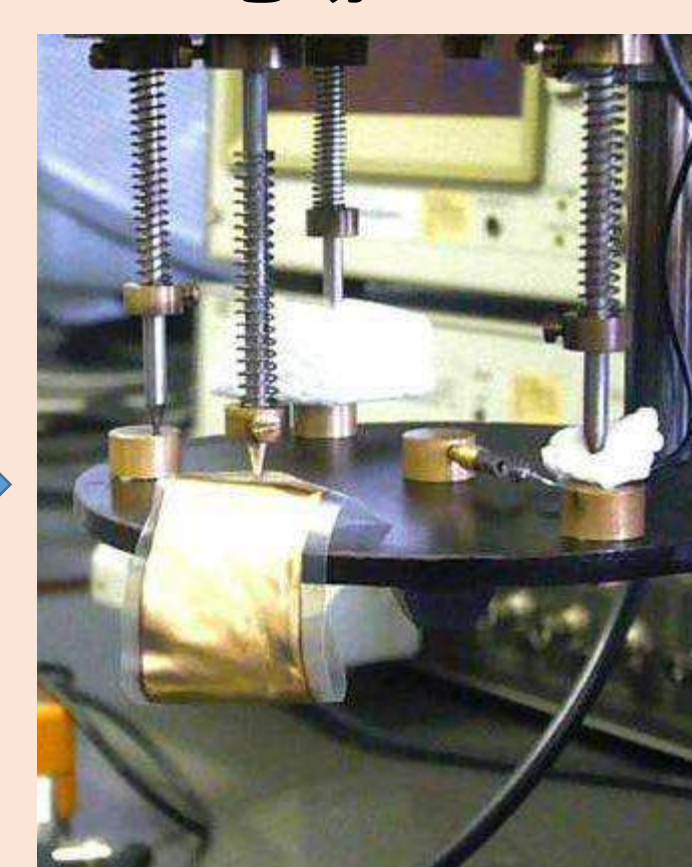


図 電歪ポリマーの駆動の様子（INSA-Lyon, FRANCE）

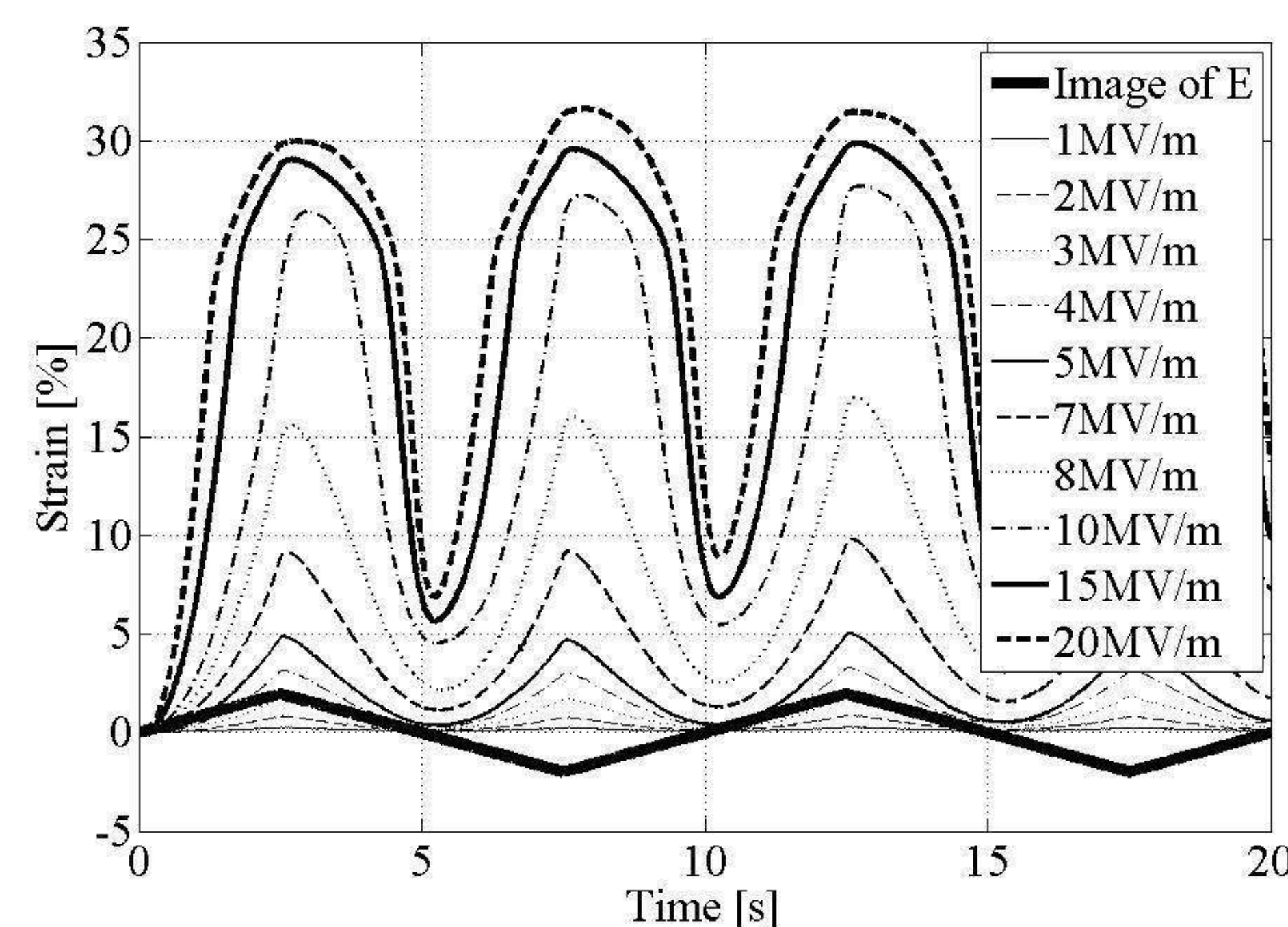
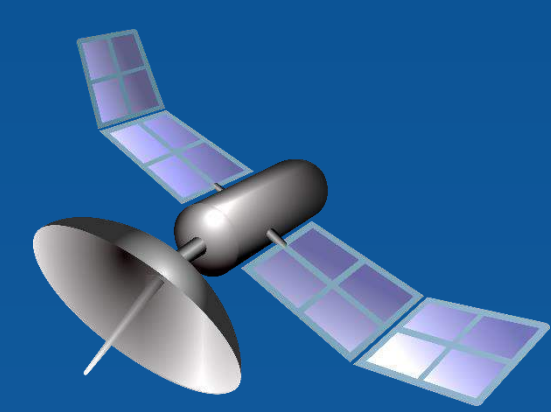


図 電場下におけるポリウレタン（28μm）の歪





電気推進機開発

<どんな研究>

宇宙探査機『はやぶさ』に代表される深宇宙探査や今後の火星以遠の有人宇宙探査ミッションでは、探査機重量に占める燃料積載量の問題から打ち上げコスト増大という問題を抱えています。

このため、ロケット打ち上げ時に用いられる化学推進機よりも**高い燃費効率を持つ電気推進機**の使用が不可欠となり、高性能な推進機の研究開発が進められています。

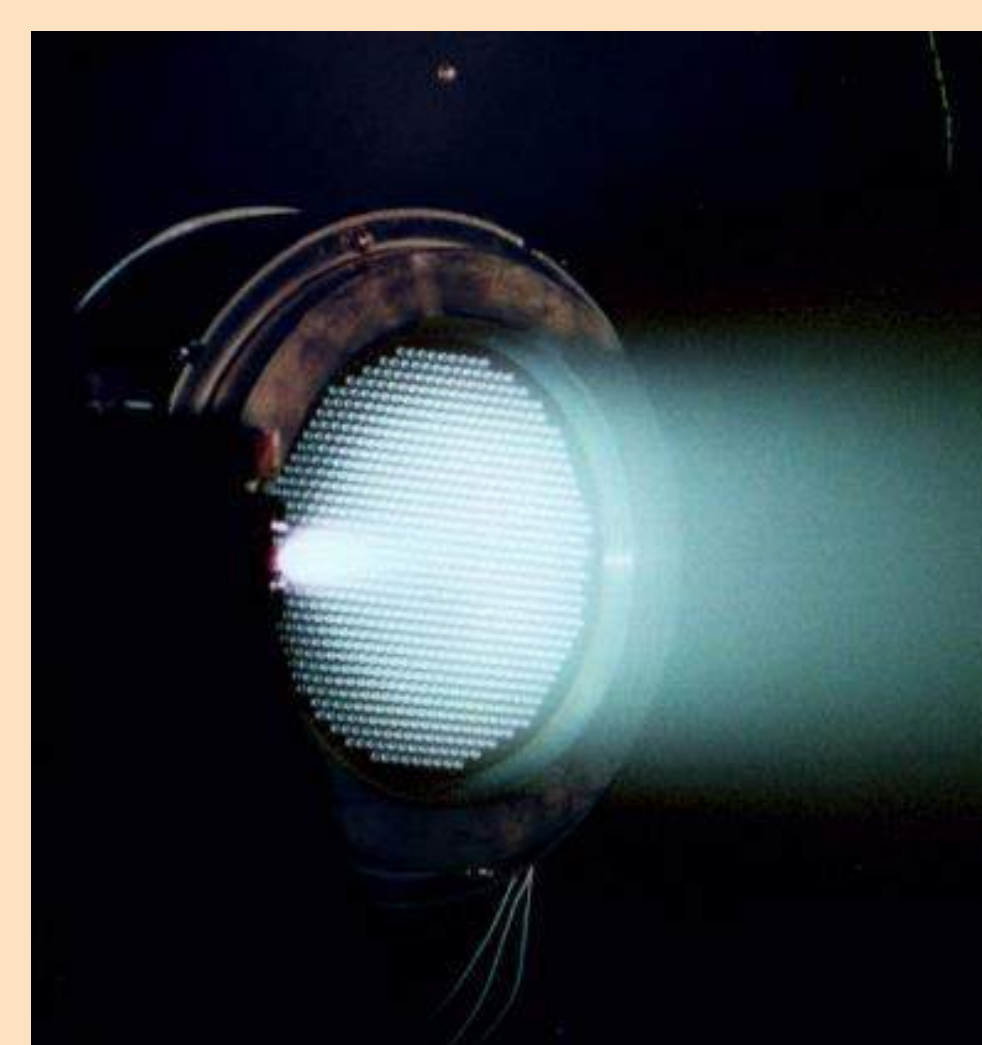
<従来の電気推進機と問題点>

多くの電気推進機は電気エネルギーを使用して燃料を物質の第四の状態と言われるプラズマ状態とし、これを噴射して推力を得ます。この噴射速度が化学推進機と比べて極めて高いため高燃費効率可以实现できます。問題点としては化学推進機と比較して推力が弱いことが挙げられます。このため長時間運用が必要となり長寿命運転が求められますが、現在実用化されている電気推進機はプラズマと接触するプラズマ生成用・加速用電極の損耗により寿命や大推力化が制限されてしまっています。

[1] <http://www.ep.isas.jaxa.jp>



深宇宙探査機はやぶさ^[1]



イオンエンジン $\mu 10$ と損耗した電極^[1]

長寿命電気推進機の開発（ヘリコンプラズマスラスター）

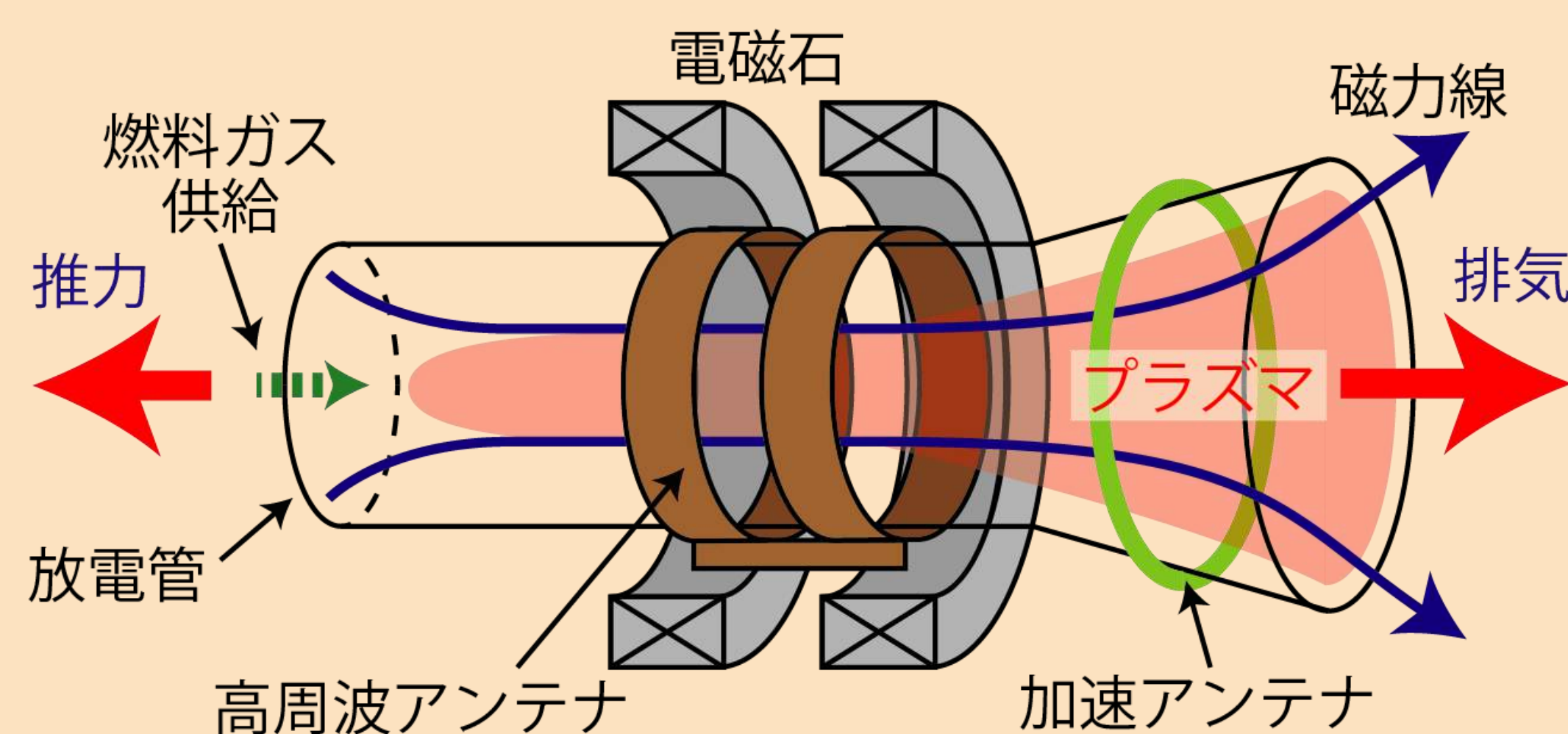
<どんな研究>

電極損耗の根本的な解決法として、プラズマと電極が接触しない無電極方式の電気推進機が提案され、研究開発が進められています。その一つに高周波プラズマを使用するものがあります。これはプラズマと非接触のアンテナから供給される高周波電力により放電管内のキセノン等の燃料ガスをプラズマ化し、排気することで推力を得る方式です。

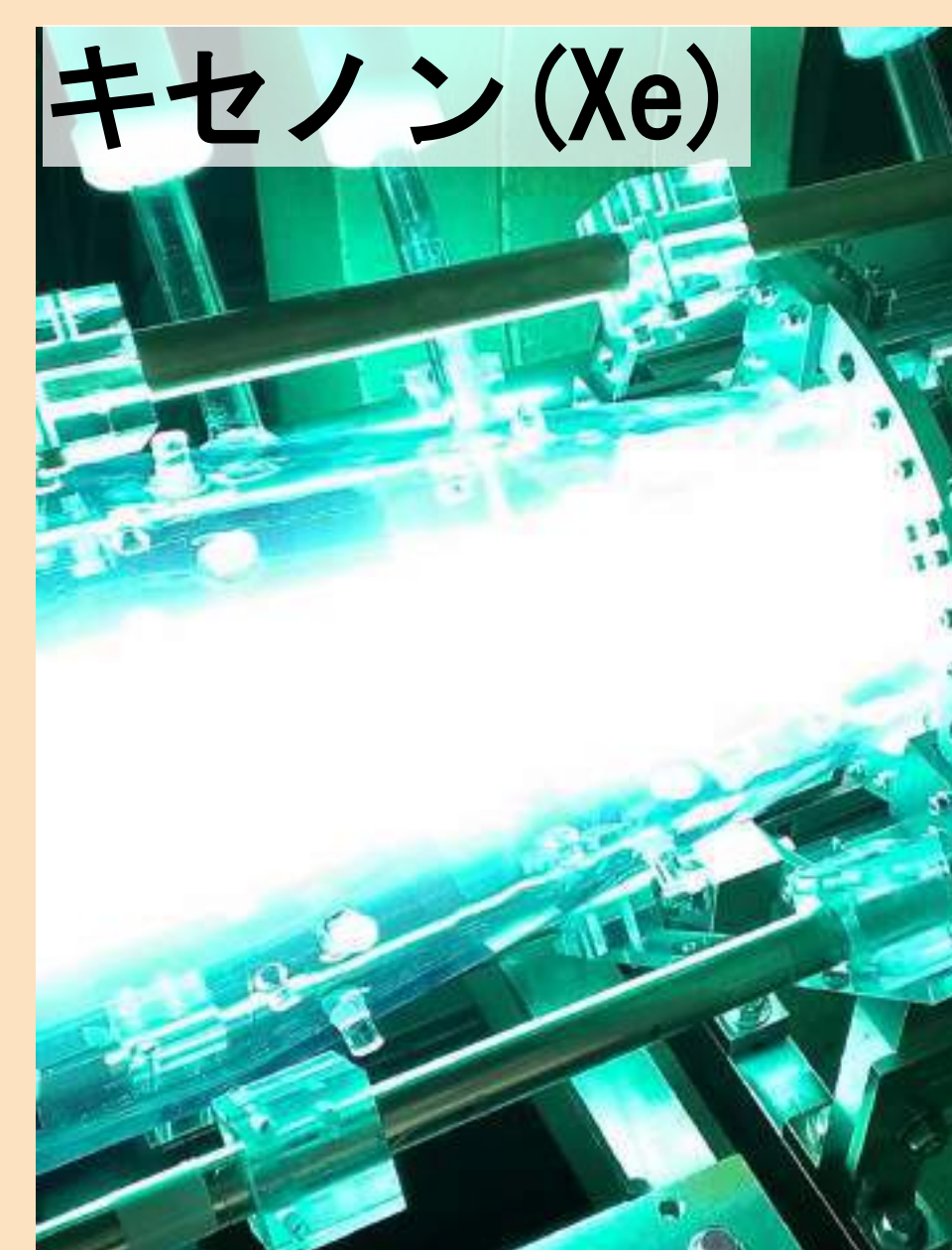
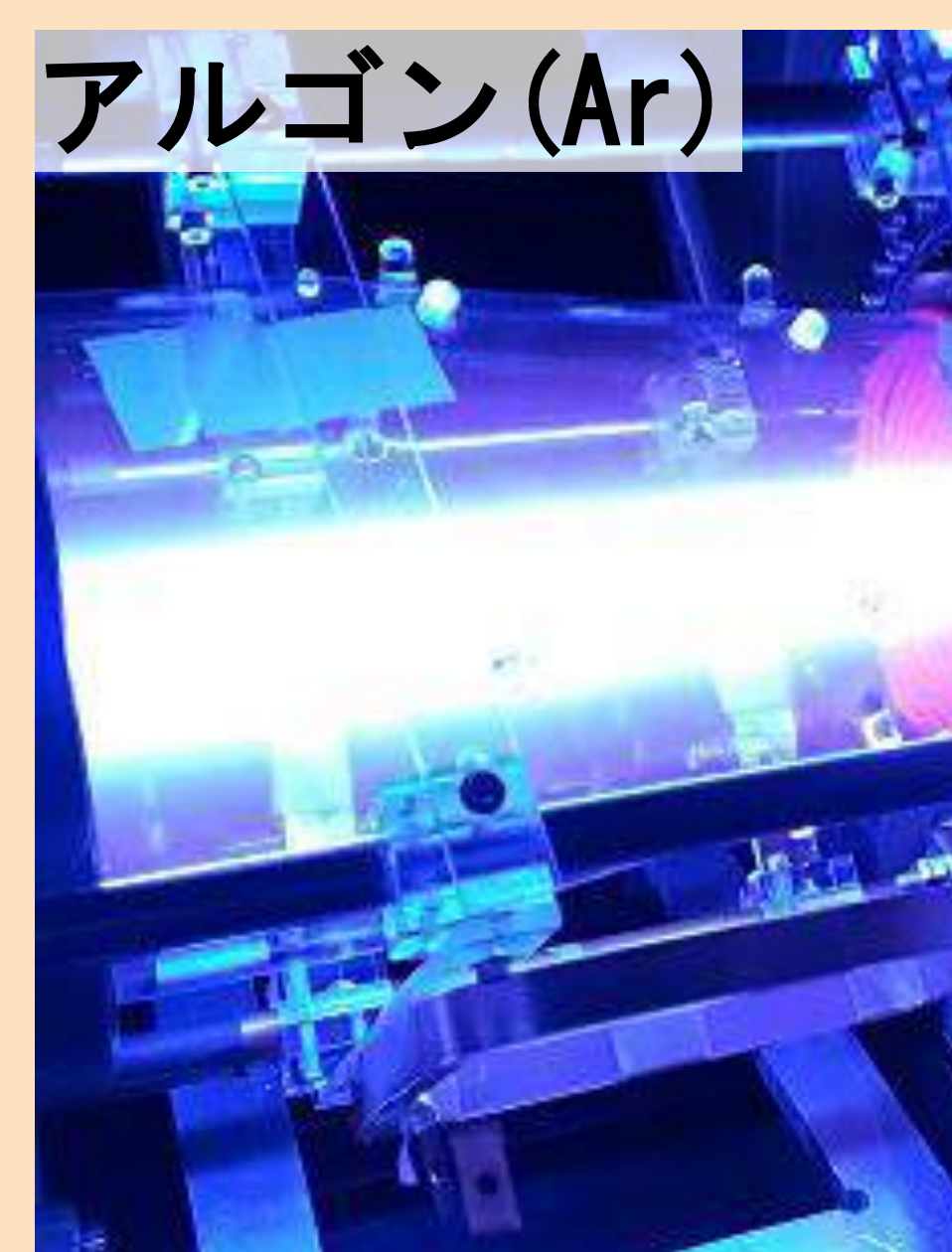
<ヘリコンプラズマスラスター>

高周波プラズマの中でもプラズマ化効率が高く、高い電子密度が広い運転領域で得られる**ヘリコンプラズマ放電**を利用した**ヘリコンプラズマスラスター**^[2]の実用化研究を行います。本方式は無電極であるため電極損耗がなく耐久性が高いため、将来の有人宇宙探査機で求められる大推力メガワット級推進機の実現も夢ではありません。実用化に向けて、更なる高効率化のためにプラズマ生成と共に無電極でプラズマを加速する無電極・電磁加速法等の研究開発とそのプラズマ診断を進めます。

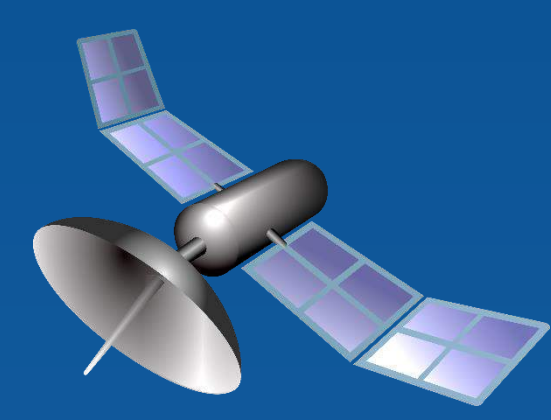
[2] S. Shinohara et. al., IEEE Trans. Plasma Sci. 42 (2014) 1245.



ヘリコンプラズマスラスター原理図



ヘリコンプラズマ放電の様子



高周波電磁場によるプラズマ生成と加熱

宇宙の星や太陽のプラズマを地上で実現する研究です

○広い周波数範囲の高周波電磁波が使用されている

(高温加熱は、数10MHzから100GHz、
核融合科学研究所との共同研究)

・電磁波による加速と加熱技術

核融合装置に高温プラズマを作る技術。
磁場中の粒子のサイクロロン運動に共鳴した電磁波による共鳴加熱法を用いて核融合装置のプラズマにエネルギーを与える。

・新しい高電力アンテナ開発

導波管を用いたカットオフモードの低周波数アンテナの計算を行い、新しいアイデアのアンテナを開発。

○ミュオン触媒核融合の応用

・加速器からのミュオン粒子による触媒核融合をミラー磁場装置に適用する研究。

○静電慣性核融合の医療応用

・ホウ素中性子捕捉療法への応用

○大気圧プラズマの生成とその応用

(数10kHzから)

・大気圧プラズマを用いた材料の改良と航空機構造材への応用

○エネルギーと社会

・緑波長を使った色素増感太陽電池発電システムの研究

2000万度1時間プラズマ

124579



大電力高周波加熱装置

