

P-205 大型高精度光学架台に関する研究：

伸展式光学架台の高精度化とポインティング制御技術の開発

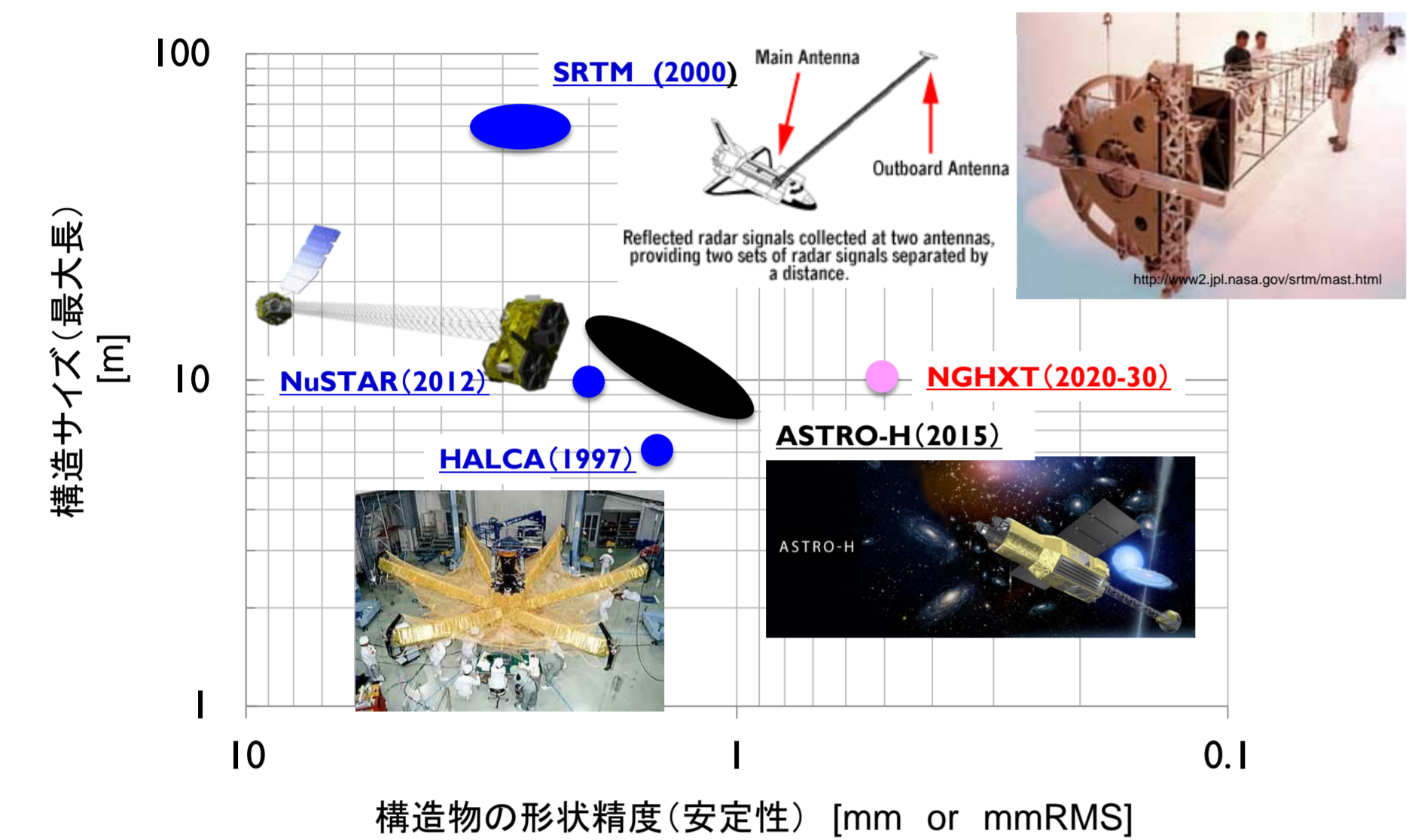
石村康生, 河野太郎, 岡崎峻, 馬場満久, 後藤健, 小川博之, 石田学, 前田良知, 岩田直子, 柴野靖子, 村田泰宏 (JAXA) 秋田剛 (千葉工大), 仙場淳彦 (名城大), 山川宏, 宮下朋之, 飯野晶, 旗持天 (早大), 田中宏明 (防衛大学校) 鳥阪綾子 (首都大), 嶋田岳史, 小山遼 (東大)

“大型（10mオーダー）”かつ“高精度（1秒角オーダー）”な光学架台の実現にむけて、以下の成果を得た。

- 伸展式光学架台の高精度化のために、伸展機構に特有な非線形要素のモデル化、各部の剛性寄与度の評価と設計へのフィードバック、ラッチ機構の改良を実施した。
- ポインティング制御技術の開発として、人工的な熱膨張を利用したアクチュエータ評価、長距離変位計測システムの耐宇宙環境性評価、ポインティング制御機構の設計を実施した。

研究背景

支持構造(マスト)の傾向：“大型化”および“高精度化”



展開型支持構造(マスト)

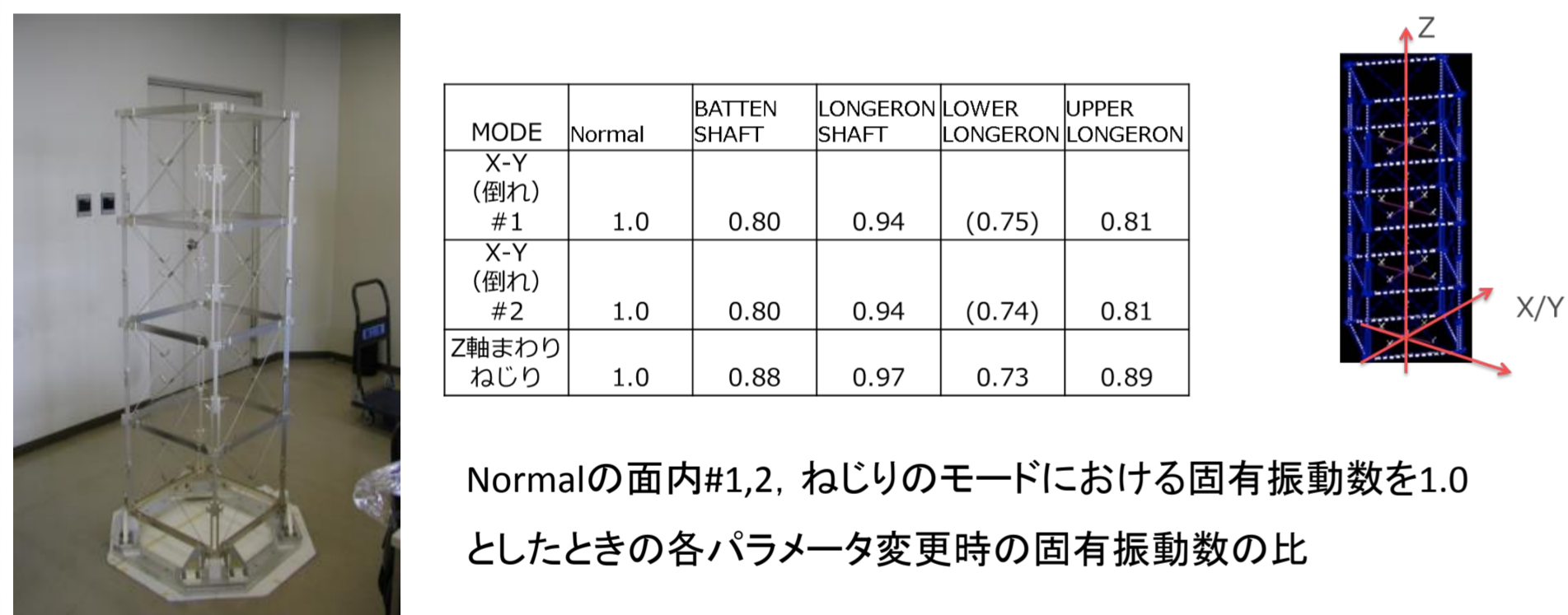
	多関節マニピュレータ	望遠鏡	インフレータブルビーム	コイラブルマスト/Astro Mast	STEM系	CTM系	トラス型(弾性変形利用)	トラス型(関節型)
展開信頼性(部品点数, 摺動部数)	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	○
収納効率	△	△	◎	◎	◎	◎	○	○
剛性	○	○	△	△	△	△	○	◎
展開再現性(形状精度)	○	△	△	○	△	△	○	◎
質量	△	○	◎	◎	◎	◎	○	△

大型（10mオーダー）かつ高精度（1秒角オーダー）な光学架台の実現には、高い剛性および形状再現性が必須
→ トラス型の展開支持構造は、国内では、日本飛行機製 HIMAT（6mの実績）
→ 大型高精度伸展式光学架台には、さらなる軽量・高剛性化・形状精度の向上に向けた技術開発が必要

伸展式光学架台の軽量・高剛性化および高精度化

軽量・高剛性化に向けた技術課題

固有振動数に対する各部材の剛性寄与度/質量寄与度の解析評価



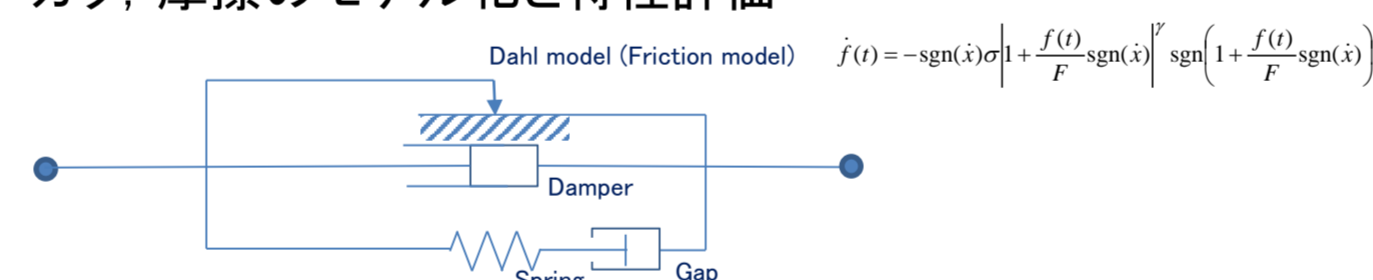
Normalの面内#1,2, ねじりのモードにおける固有振動数を1.0としたときの各パラメータ変更時の固有振動数の比

→ 剛性寄与度および質量寄与度の評価結果を元に構造最適化を実施予定
解析と実機の固有振動数の差異に対する支配パラメータの同定

高精度化に向けた技術課題

形状誤差要因の評価

- 製造・調整残差
- 伸展再現性 → メカニズム(ガタ・摩擦)の同定
- 軌道上荷重に対するヒステリシス → メカニズム(ガタ・摩擦)の同定
- 微小擾乱 → 軌道上の動特性同定
- 軌道上熱変形 → 各部の寄与度の評価と改良
- 膨潤変形(CFRP利用の場合)
- 振動・衝撃負荷時の変動
- 非線形性(ガタ・摩擦)の影響評価
- ガタ, 摩擦のモデル化と特性評価



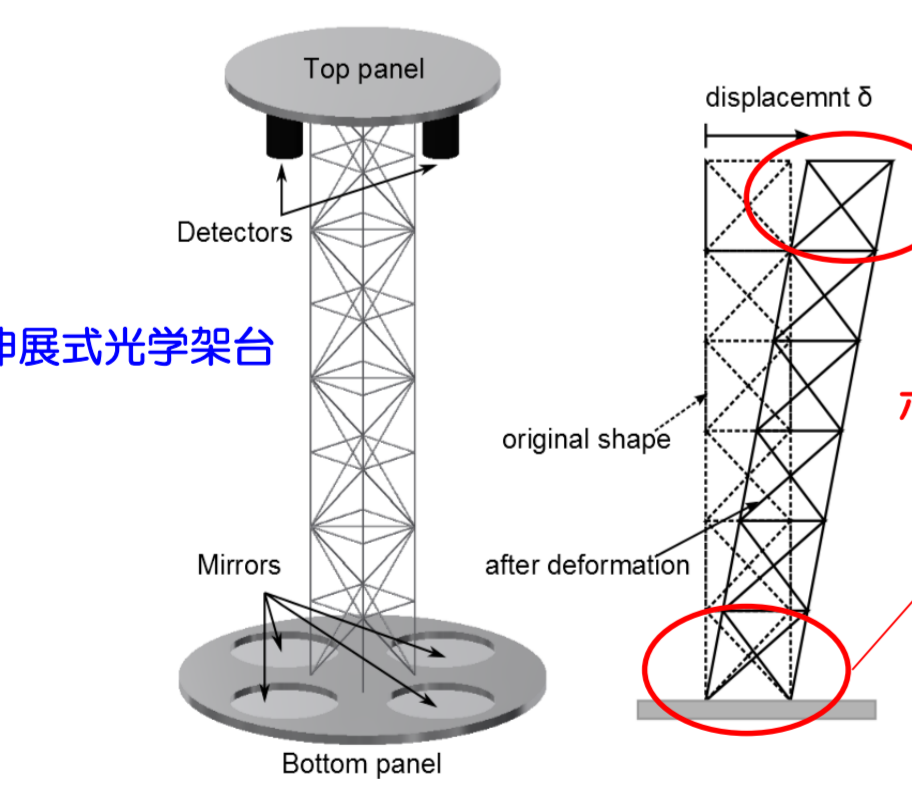
軌道上熱変形の抑制

トラス下端のラッチ部拘束の改良(3-2-1自由度拘束→2-2-2自由度拘束)

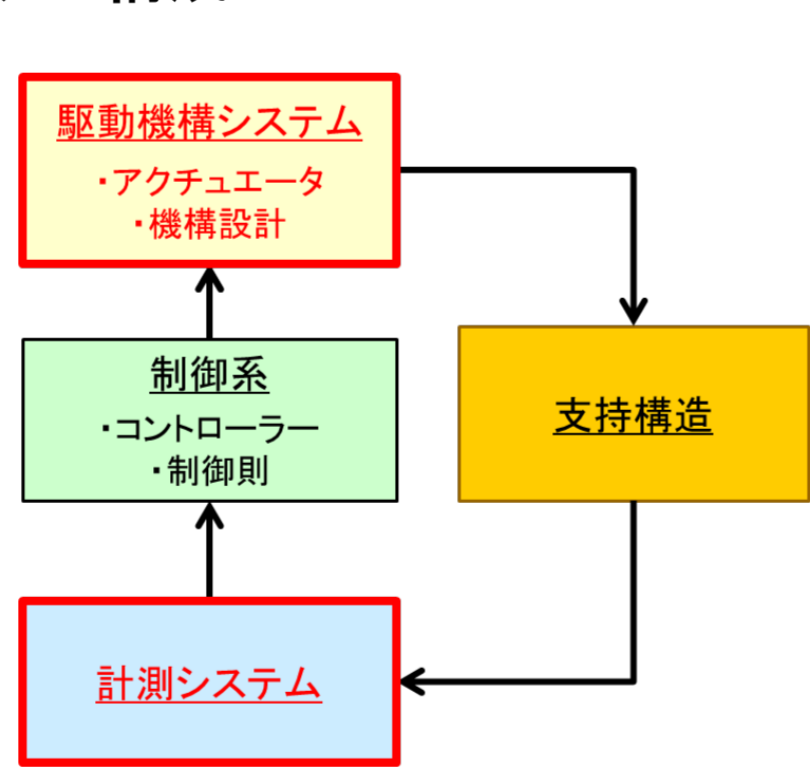
3-2-1自由度拘束の場合は、面内熱変形の不動点が3自由度拘束点であるため、三角形中央からオフセットしている。
2-2-2自由度拘束の場合は、面内熱変形の不動点が三角形中央に存在するため対称性が維持される。そのため、熱変形によるトラスの並進変位が抑制される。

ポインティング制御：ポインティング制御システム全般

ポインティング制御システム概要



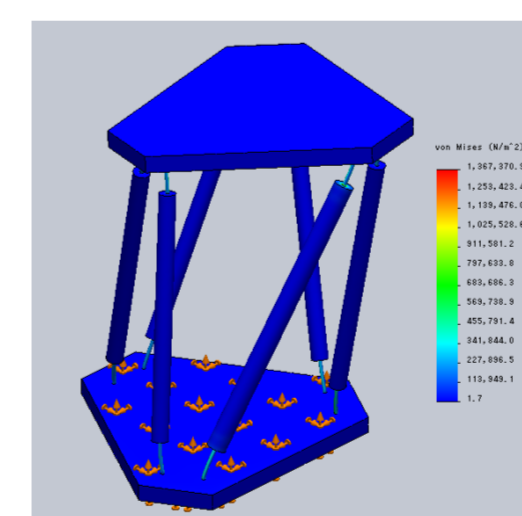
システム構成



提案システムの特徴

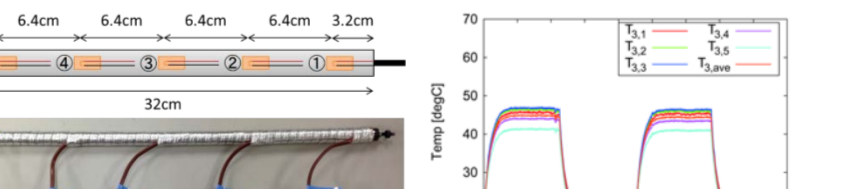
基本機構：スチュワートプラットフォーム + 人工的熱膨張アクチュエータ + 弾性ヒンジ

6つのリニアアクチュエータによって、6自由度制御が可能



リニアアクチュエータとして人工的熱膨張を利用する。振動部がない高い信頼性を有するシステムの実現が期待される。

昨年までの研究開発で、部材温度の非一様性(部材内でのΔT)に対して約10%による制御精度悪化が判明した。

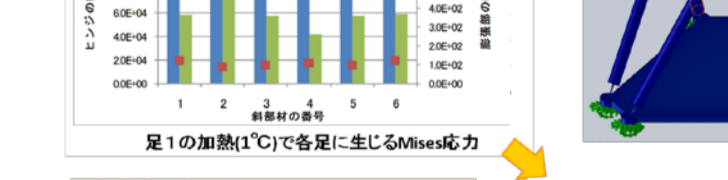


→ 部材として可変コンダクタンスヒートパイブを利用し、部材の温度一様性の向上および効果的な温度上昇の実現を目指す。

弾性ヒンジ

ヒンジ部に振動部がない弾性ヒンジを採用する。高い信頼性とヒステリシスの抑制が期待される。

スチュワートプラットフォームの設計例(高さ0.2m)



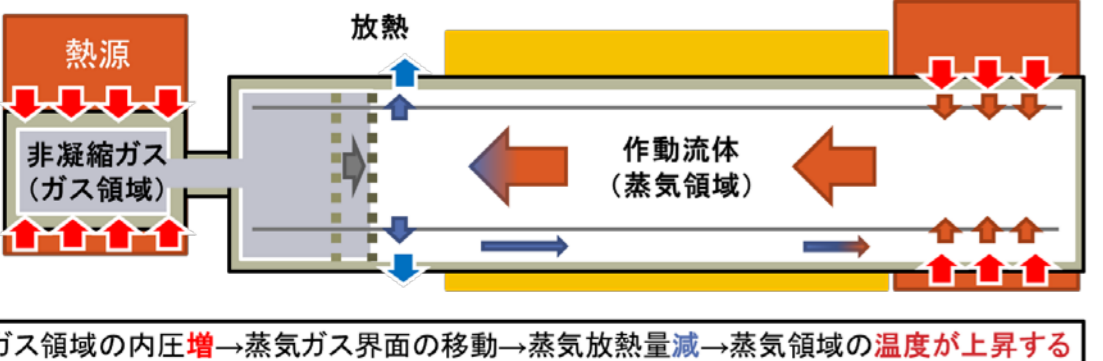
可変コンダクタンスヒートパイブの性能比較
ΔT=80Kにおいて、断面270mm、厚み100μmの包層に発生可能な熱流束は約100W/cm²と判明

ポインティング制御：人工的熱膨張アクチュエータ

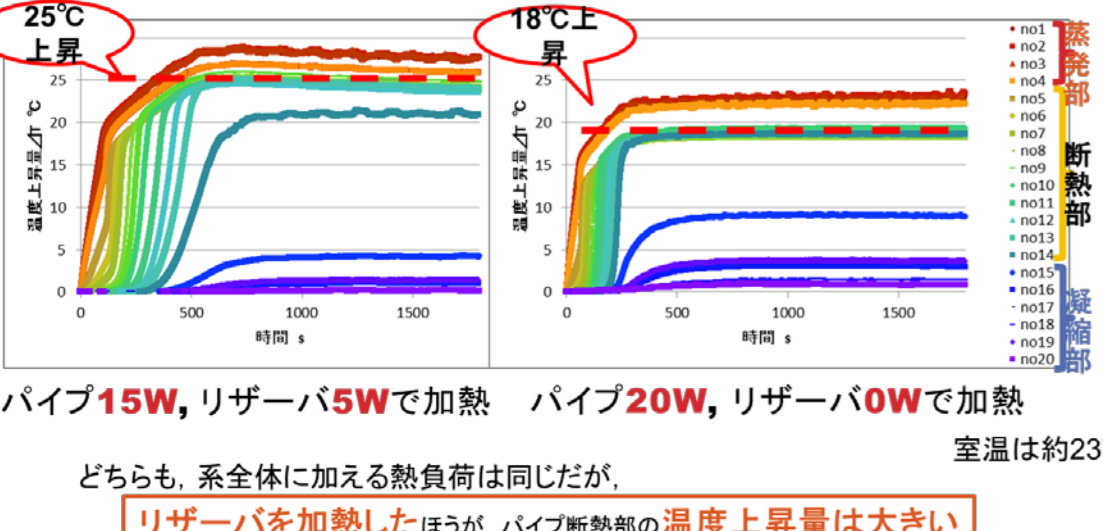
VCHPについて

VCHPとは？
凝縮性の液体(作動流体)と非凝縮性ガス(蒸気)を封入したHP
この2種類の流体が作動することで、熱コンダクタンスが可変となる

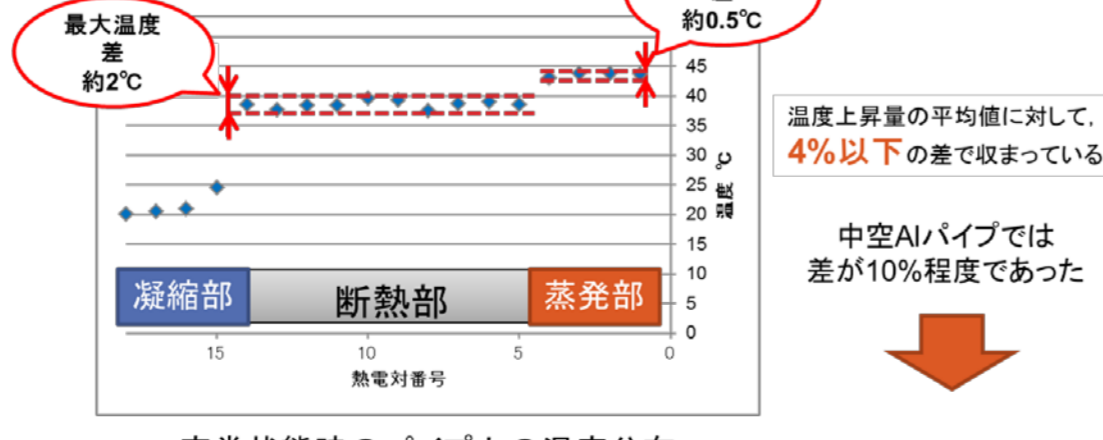
VCHPの新しい使い方 リザーバの温度制御を行い、コンダクタンスを制御



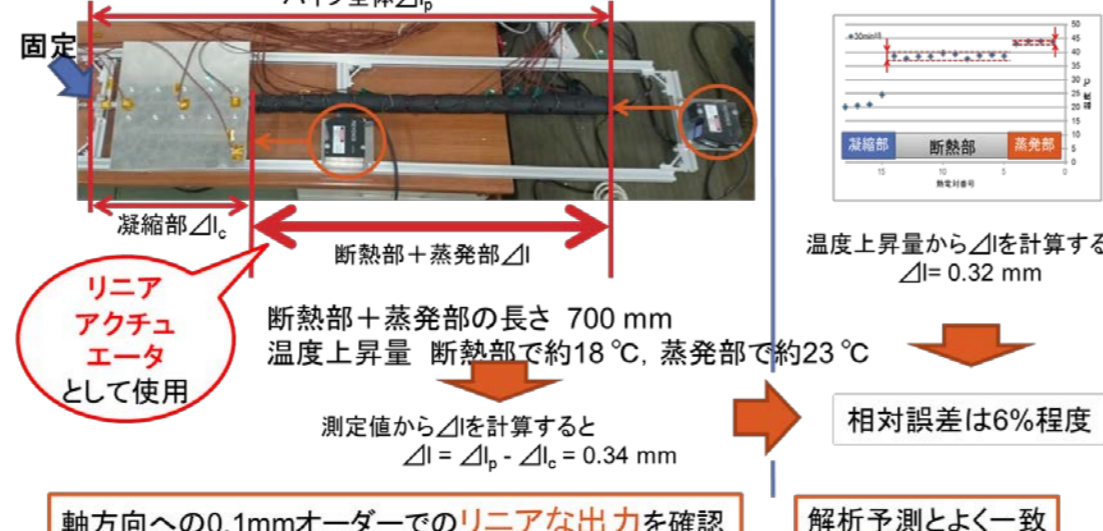
実験(単位加熱量に対する温度上昇量の検討)



実験(温度均一性の確認)

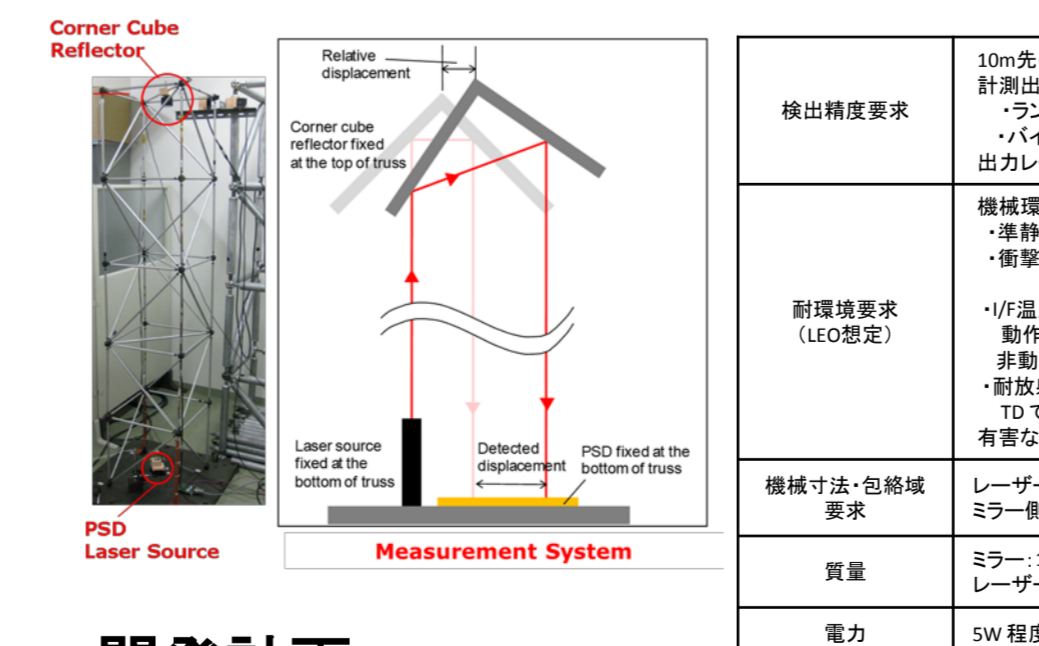


実験(リニアアクチュエータとしての性能試験)



ポインティング制御：計測技術開発

変位計測システムの原理および仕様



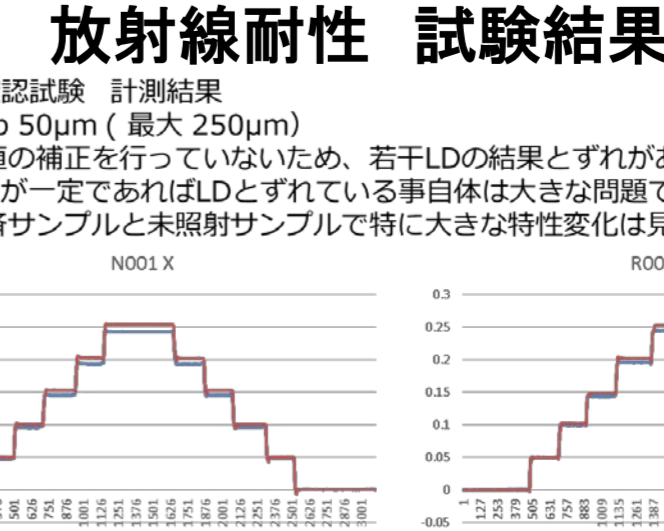
放射線耐性 評価試験条件

検証項目
放射線 (γ線) によるPSDの増悪化やそれに伴う特性変化の有無
照射条件
線種: γ線
照射条件: 1.0 × 10⁴ Rad/h
照射時間: 1時間 (総照射量 1.0 × 10⁴ Rad)
試験設備: JAEA 高エネルギー工学研究所
健全性確認手段
同一ロットで照射済サンプル(4)と未照射サンプル(2)の変位出力特性を比較し、有為な変動の有無を確認。

開発計画



放射線耐性 試験結果



全試験サンプルの結果一覧

Sample No	照射有無	X	Y
R001	照射	0.97	0.97
R002	照射	0.94	0.96
R003	照射	0.95	0.96
R004	照射	0.96	0.96
N001	未	0.95	0.96
N002	未	0.94	0.96

全てのサンプルにおいて、ガンマ線照射による特性変化や劣化は認められず。