

高精度大型宇宙構造システムの開発研究

スマート構造システムの開発

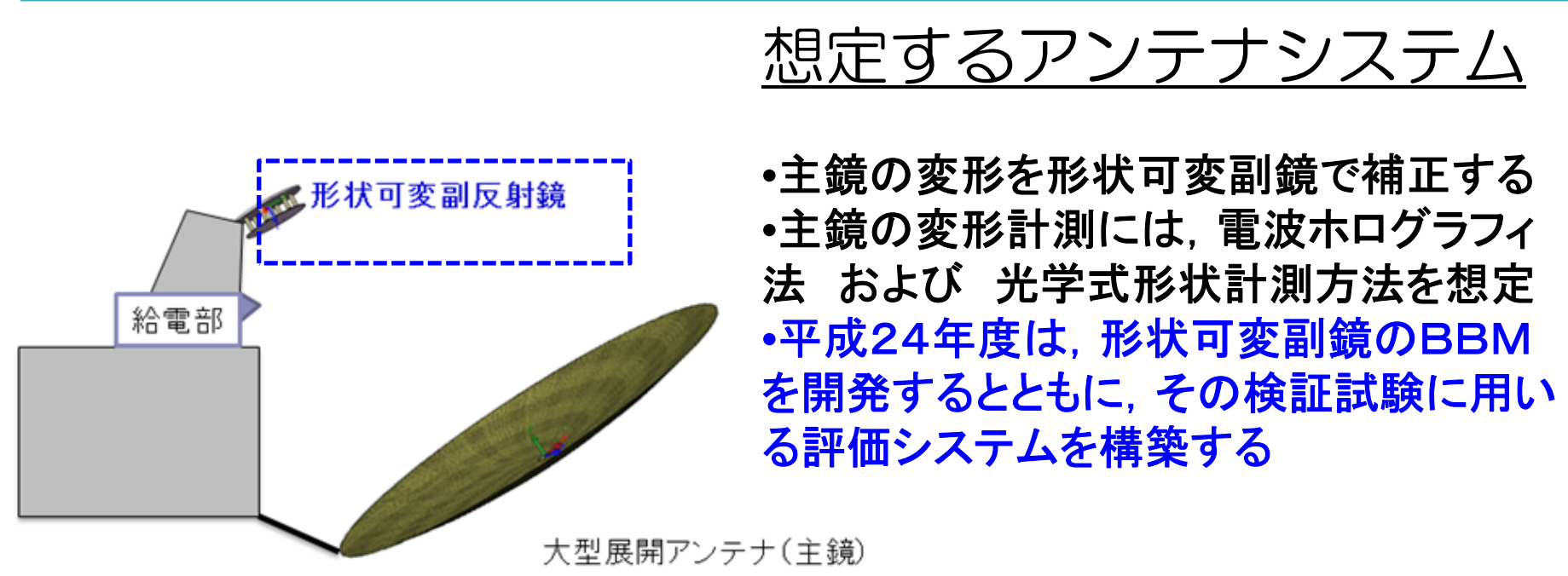
田中宏明（防衛大）石村康生、後藤健、朝木義晴、佐々木要（JAXA/ISAS），神谷友裕（JAXA/ARD），古谷寛、坂本啓、佐藤泰貴（東工大），池田忠繁、仙場淳彦（名大），小木曾望、南部陽介（大阪府大），荻芳郎、川口健一、岡部洋二、斉藤一哉（東大），秋田剛（千葉工大），岩佐貴史（鳥取大），宮崎康行（日大），槇原幹十郎（東北大），鳥阪綾子（青学大），勝又暢久(早大)

目的：サブミリ波クラスに対応できる高い鏡面精度を有するアンテナシステムの実現に向け、スマート形状可変鏡BBMを設計・開発するとともに、その設計法や形状制御法など関連する技術課題に取り組む

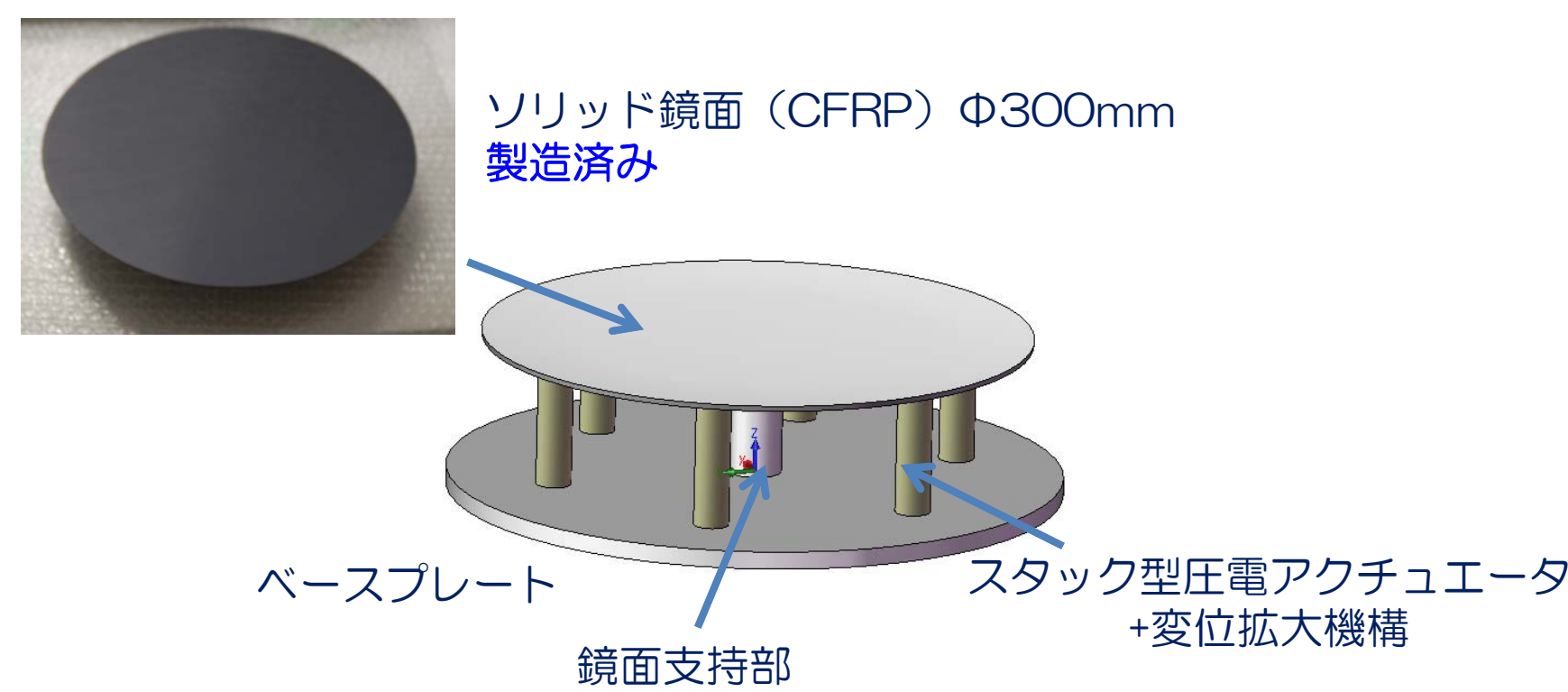
関連研究課題

- ・形状可変鏡BBMの開発・評価（開発中、経過報告）
- ・スマート構造システムとしての検討 / アクチュエータの最適配置の検討 等
- ・形状可変アンテナシステムとしての検討/ 主鏡部の変形モードに関する研究計測・評価方法と組み合わせた形状制御方法の検討 等

形状可変鏡BBMの開発・評価



形状可変鏡BBMの概要



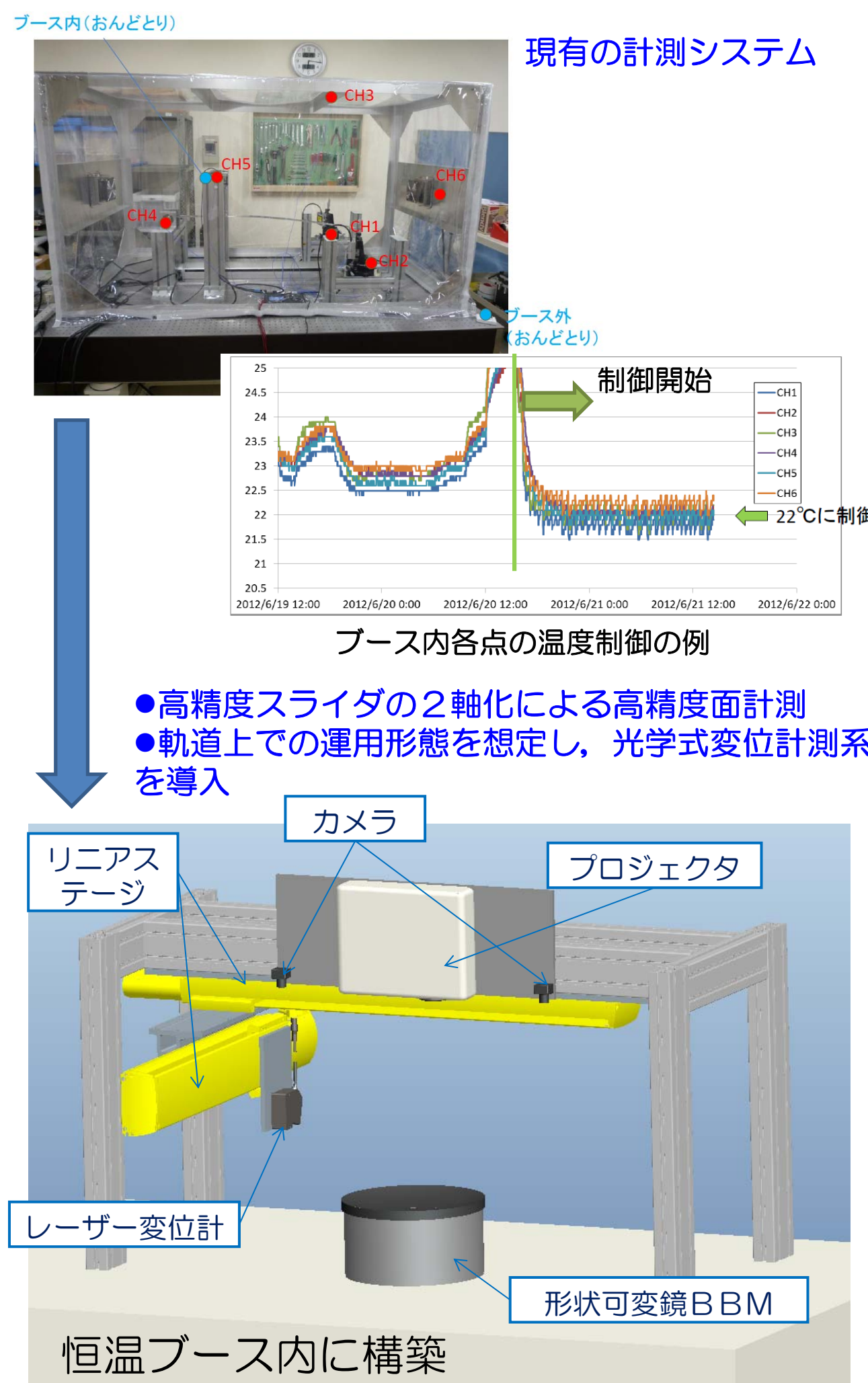
形状可変鏡BBMのスペック

項目	概要
鏡面部	直径290mm以上 (CFRP製の反射鏡を支給)
鏡面調整機構(ピエゾアクチュエータを利用) 電力やサイズの大幅な変更なしに宇宙環境での仕様が可能な仕様への変更が可能なものとする	
個数・位置	6か所以上／設置位置は下図のように36か所から選択可能
ストローク	0.6mm以上
精度	0.01mm以下の調整位置精度
保持力	100N以上(支持点に相当する所定の変位を拘束した状態において)
駆動電圧／電力	150V以下／待機電力 100mW以下

平成24年度末の完成を目指し開発を進めている

高精度変形評価系の構築

平成23年度に整備した高精度形状評価システム(恒温ブース、高精度レーザー変位計+1軸スライダ)を拡張し、形状可変鏡システムの形状制御評価に利用できる計測システムを構築する。

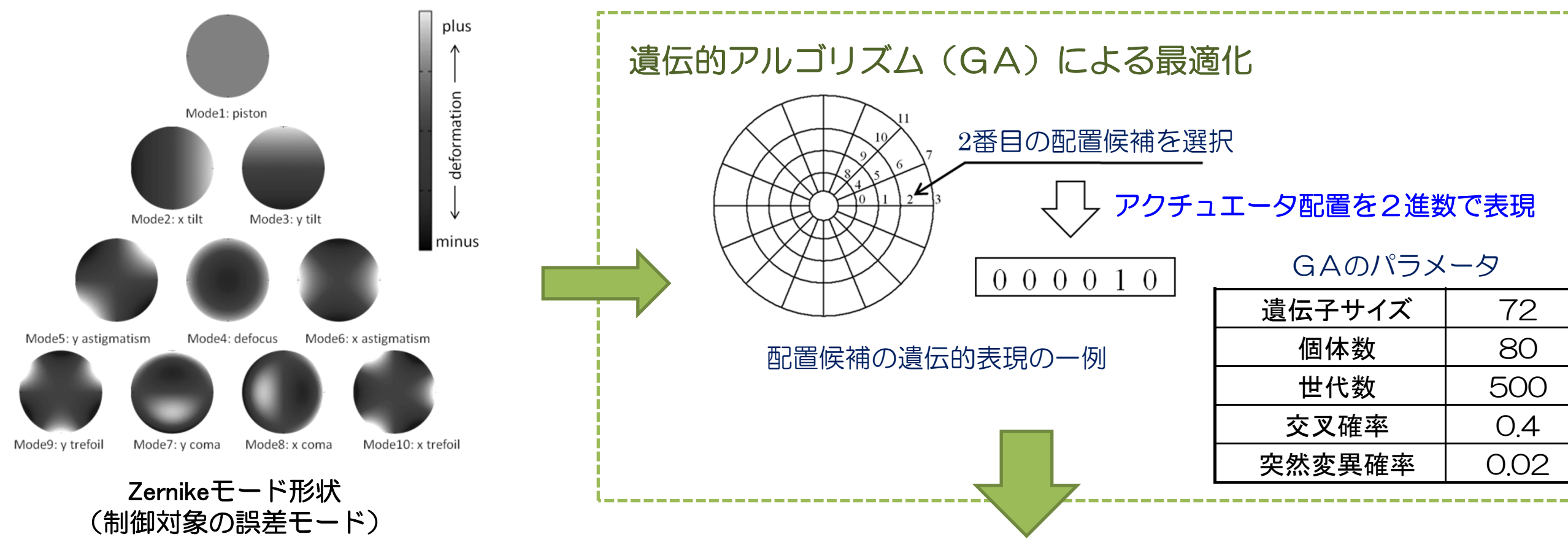


●高精度スライダの2軸化による高精度面計測
●軌道上での運用形態を想定し、光学式変位計測系を導入

スマート構造システムとしての検討

アクチュエータの最適配置の検討

- ・リフレクタ性能の評価において有効なZernike多項式を利用したモード分解の手法を、スマートリフレクタの最適設計に適用し、各モード形状に対する、アクチュエータ配置の最適化と、制御性能の評価を行う
- ・解析モデルは現在開発中の形状可変鏡BBMを想定



アクチュエータの最適配置と形状制御効果

残留変形RMS値／形状制御前RMS値 [%]

最適配置パターン				
誤差形状	モード4	5.88%	57.03%	55.83%
	モード6	2.75%	1.88%	7.47%
	モード8	30.26%	54.38%	12.51%
	モード10	15.41%	24.49%	14.13%
	配置別平均	13.58%	34.42%	22.49%

佐々木要，他：モード分解の手法に基づくスマートリフレクタのアクチュエータ最適配置，第54回 構造強度に関する講演会，3A11，(2012)

アクチュエータ配置の最適化法を構築，有効性を検証

形状可変アンテナシステムとしての検討

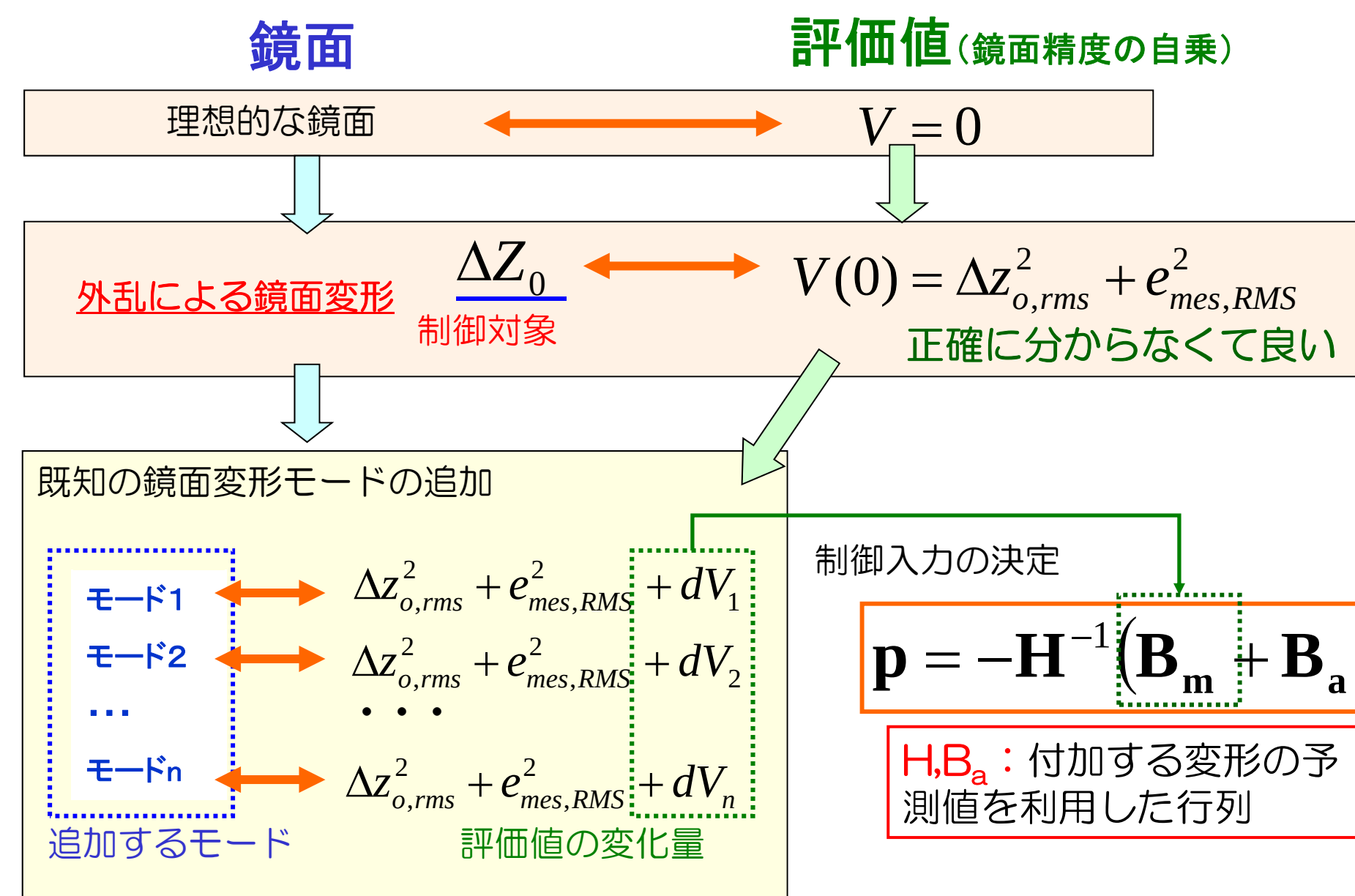
計測・評価方法と組み合わせた形状制御方法の検討

多点計測が可能な光学式変位計測システム(DLT法やステレオ視法など)を用いた，新しい高精度な形状制御方法を開発

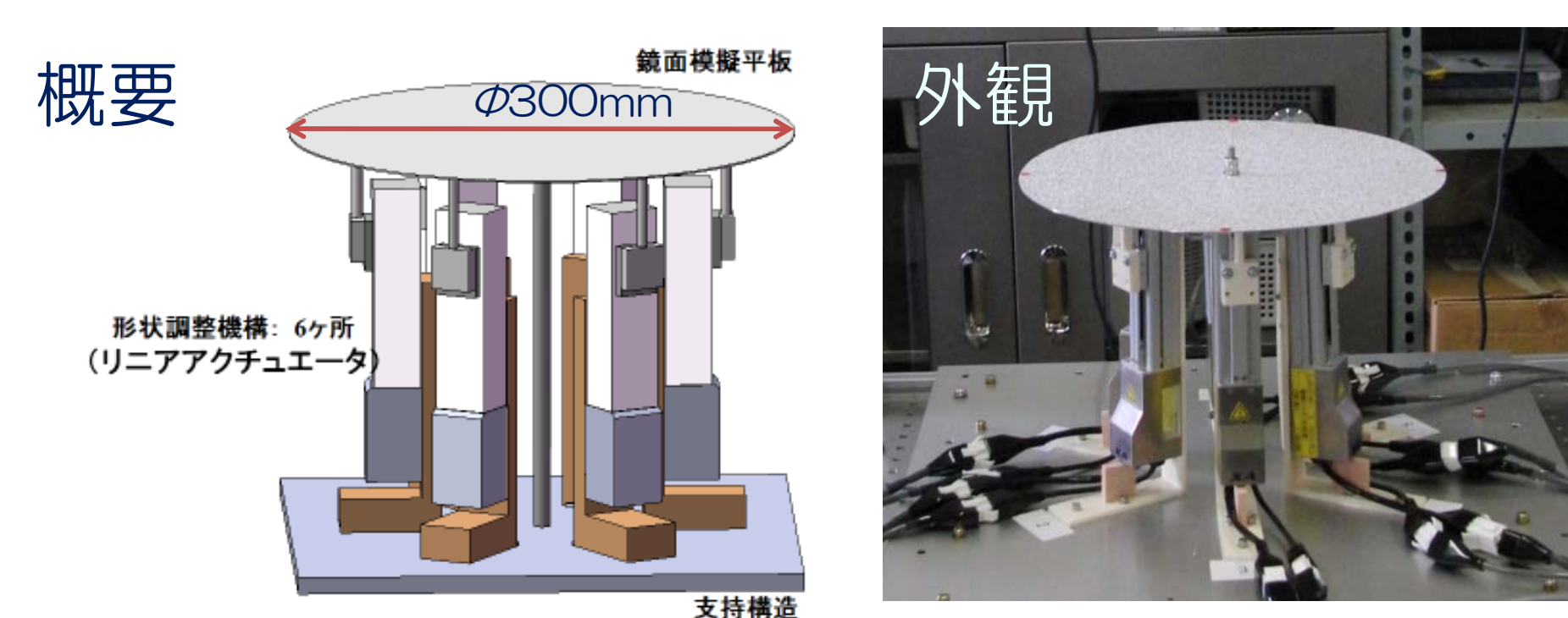
特徴：鏡面精度評価値のバラツキが計測点数を増やすことにより小さくなる(評価値自体は誤差を有するが，その誤差量のバラツキが小さくなる)ことを利用することで，形状制御の高精度化を行っている。

田中 宏明：光学式形状計測による鏡面精度評価を介した高精度形状制御，第56回 宇宙科学技術連合講演会，1008 (2012)。

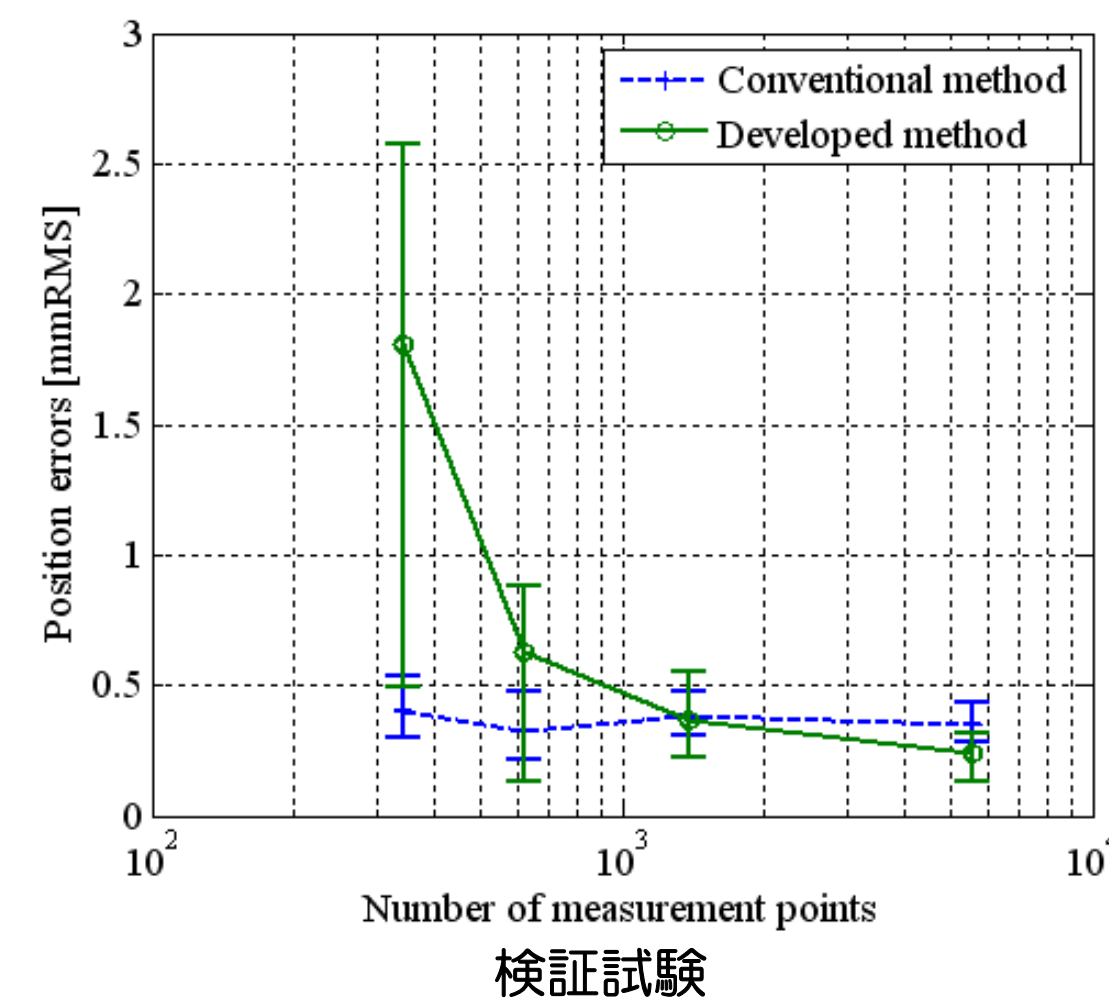
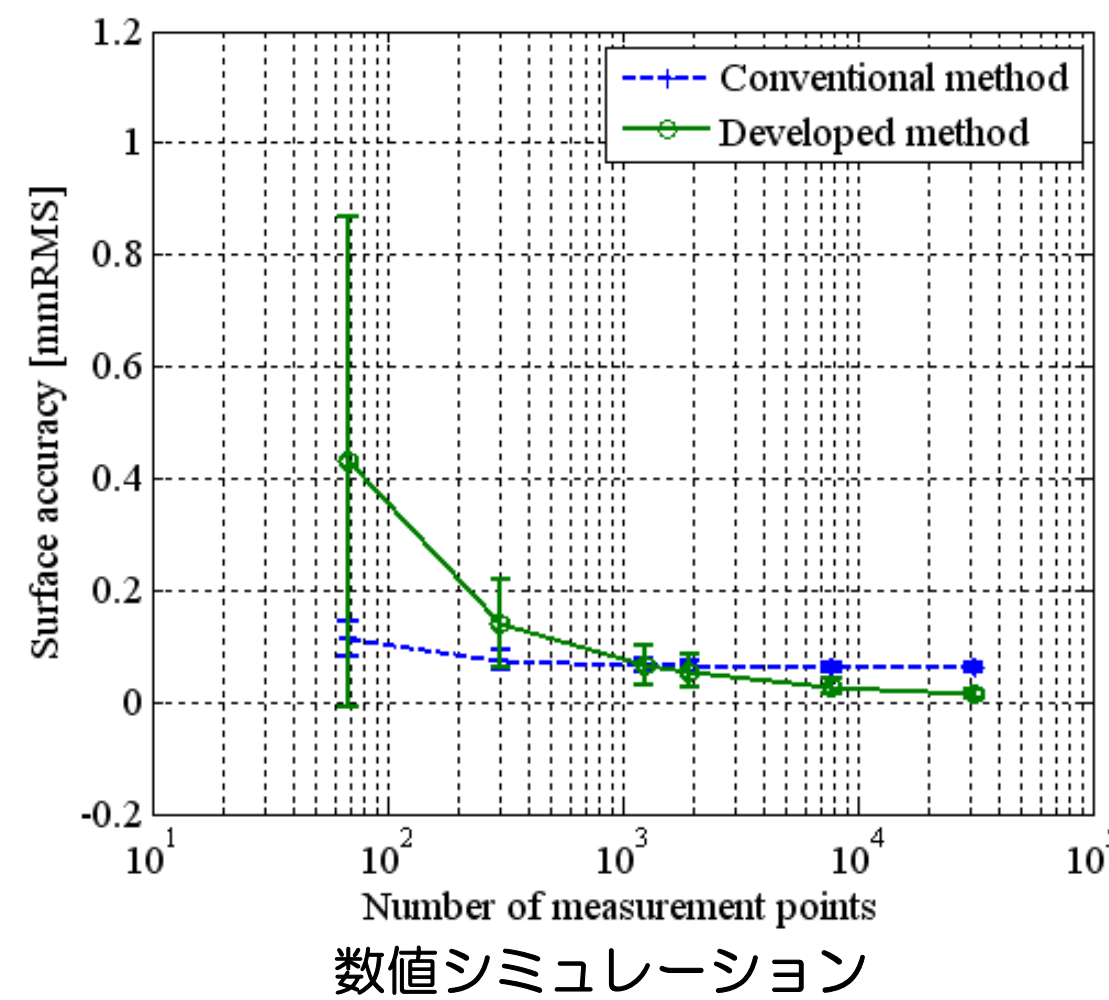
提案手法の概要



概念検討モデル(数値シミュレーション，検証試験用)



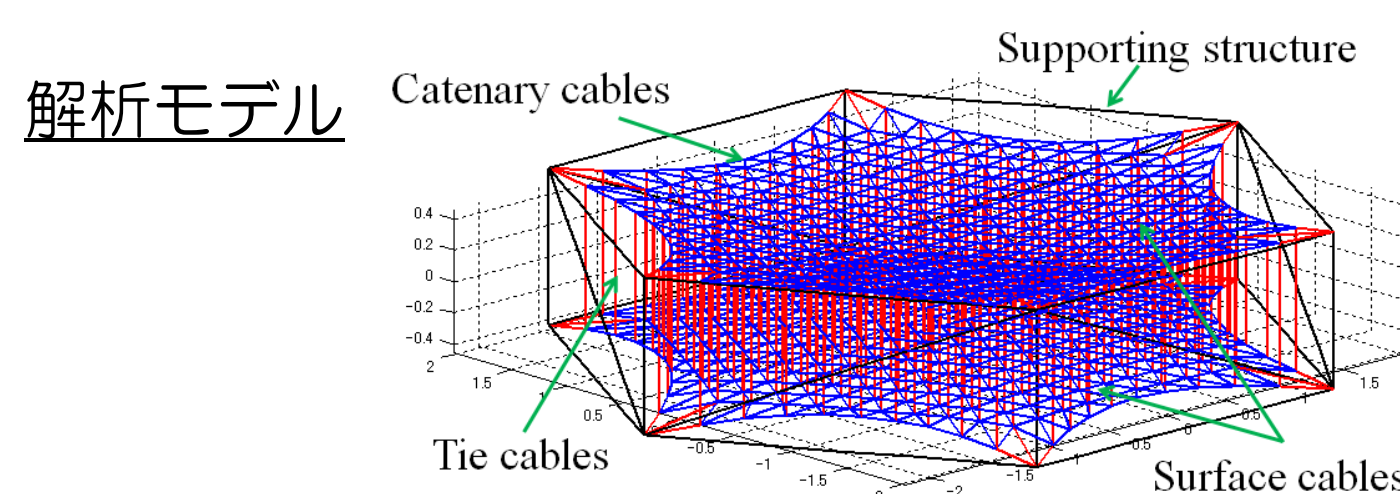
有効性の評価
(数値シミュレーション および 検証試験)



※従来方法としては，各アクチュエータ入力に対する感度の一般逆行列を用いる方法を利用

主鏡部の変形モードに関する研究

高精度形状可変鏡による形状制御の対象とすべき主要な主鏡部の変形モードを洗い出す
※主鏡を含めたアンテナシステム全体の構成については検討のため，まずは広く利用されているケーブルネットワーク-金属メッシュアンテナを対象に検討を実施した。

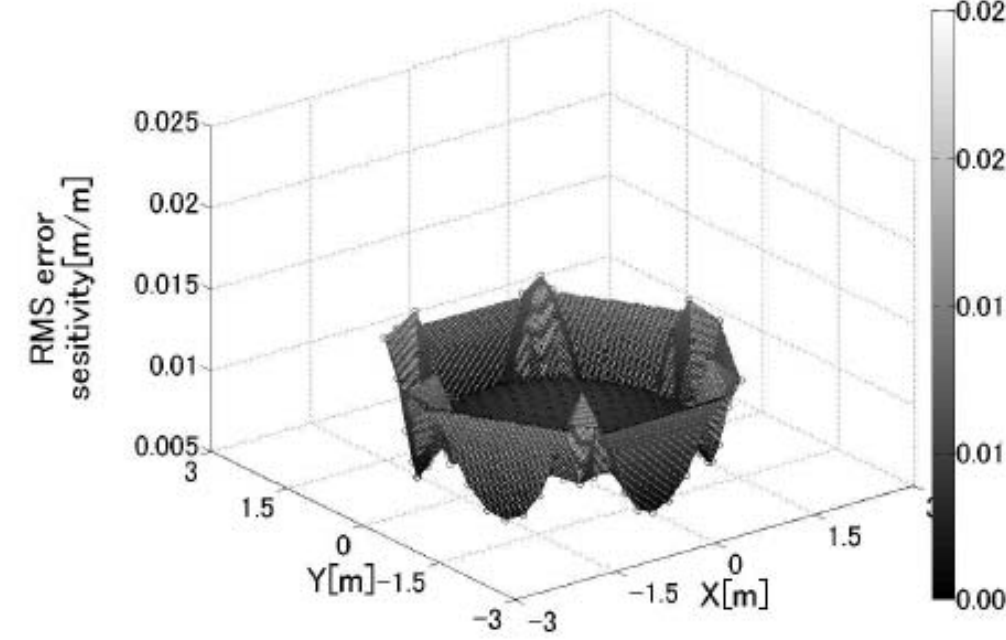


ケーブル特性などが一様に変化した場合

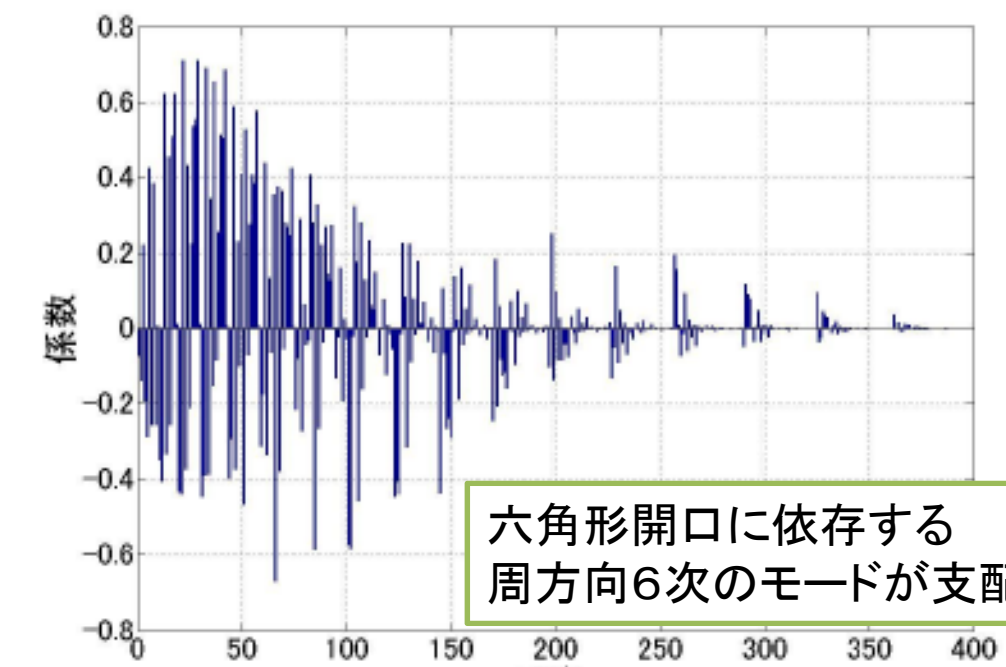
要因例	概要
平面近似誤差	鏡面をファセットで近似することによる誤差
ケーブル剛性変化 タイケーブル，鏡面ケーブルなど	ケーブルの剛性が1%低下した場合の変形を基準の想定とする
ケーブル初期長さ変化 タイケーブル，鏡面ケーブルなど	クリープなどの影響で，ケーブルの初期長さが変化することを仮定。ケーブルの初期長さが0.1%伸びた変形を基準の想定とする
支持構造部材剛性変化	熱サイクルなどによる支持構造部材の剛性変化に対応。部材の剛性が1%低下した場合の形状を基準の想定とする

個別のケーブルがランダムに特性変化

個々のタイケーブルが1%変化する場合は想定



タイケーブルを1%伸長した場合のRMS誤差の分布



変形の主要誤差モードの評価結果

松尾崇宏，小木曾望，他：ケーブルメッシュ構造の不確定解析について，第54回 構造強度に関する講演会，3A14 (2012)。

主鏡部の構造様式により，生じやすい誤差モードが存在する。
これらの誤差モードは形状可変副鏡による制御対象となる。(アクチュエータの配置最適化などで考慮)

計測点数が多い場合に，一般的な形状制御入力の決定法より精度の高い形状制御が実現可能