

大型高精度光学架台に関する研究：高精度支持構造構築法

気球搭載用サブミリ波望遠鏡主鏡の試作

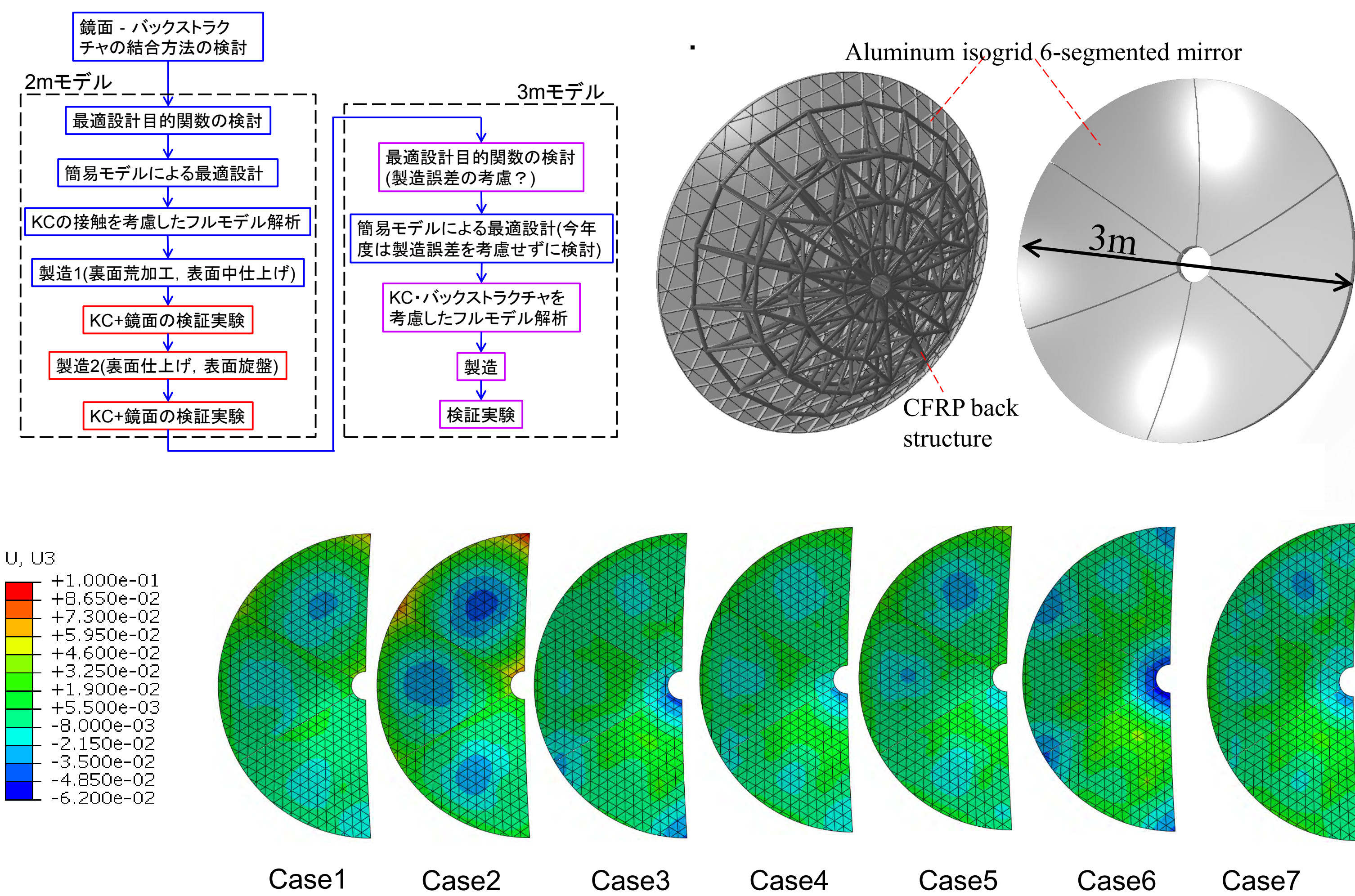
土居明広(宇宙研), 田中宏明(防衛大), 石村康生(宇宙研), 小木曾望(大阪府大院工), 木村公洋(大阪府大院理), 岡田望(大阪府大院理), 荻芳郎(Oxford Space Systems), 仙場淳彦(名城大理工), 鳥阪綾子(首都大), 馬場満久(宇宙研), 河野裕介(国立天文台), 中原聡美(総研大), 樋口健(室蘭工大), 坂本啓(東工大理工), 村田泰宏(宇宙研), 勝又暢久(室蘭工大)

要旨

次世代の天文衛星においては,その大型化がひとつの大きな潮流であり,その実現に向けて高精度な大型光学架台の実現が渴望されている。本開発研究は, 戦略的開発研究費採択課題「大型高精度光学架台に関する研究」のサブカテゴリ「高精度支持構造構築法」の枠組にて, ISAS/JAXAおよび大学の構造・材料研究者および電波天文研究者により組織された研究グループで推進されている。適用先として 300 GHz 帯で稼働できる気球利用VLBIに使用する光学架台を想定し、その技術的な見通しを得ることを目的としている。

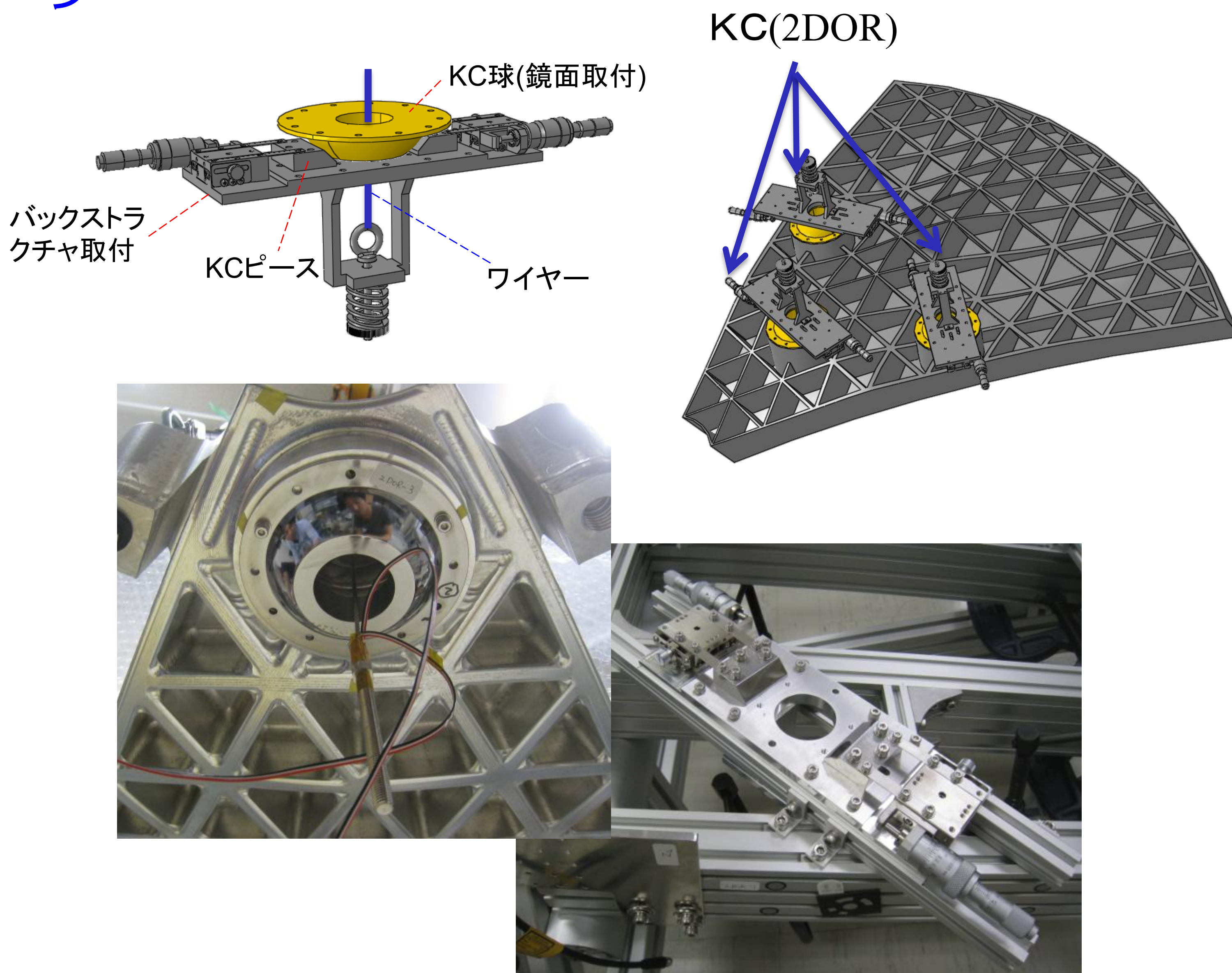
キネマティックカップリングを用いた高精度組立再現技術に関する検討を中心として、大型面構造に対するラッチ構造を含めた大型かつ高精度な構造構築技術を検討するとともに、口径3メートル・鏡面精度30ミクロンを想定した電波望遠鏡のためのテストベッドとなる試作モデルの設計・製作をおこなっている。昨年以降、気球搭載用のサブミリ波電波望遠鏡の主鏡面について、アルミ材からの切削による試作をおこない、3次元形状計測による評価をおこなった。これは口径2m6分割鏡であり、各々がキネマティックカップリングにより3箇所支持される。成層圏環境における熱変形および重力変形を最小化する最適設計をおこなっていた。今回の試作により、残留応力によると思われる歪みが、要求精度に抵触する程度の大きさに発生していることがわかった。そこで、母材候補テストピース群について残留応力を比較評価する実験をおこなった。

■ 主鏡面(Φ2m, 1/6 セグメント分割鏡) の設計



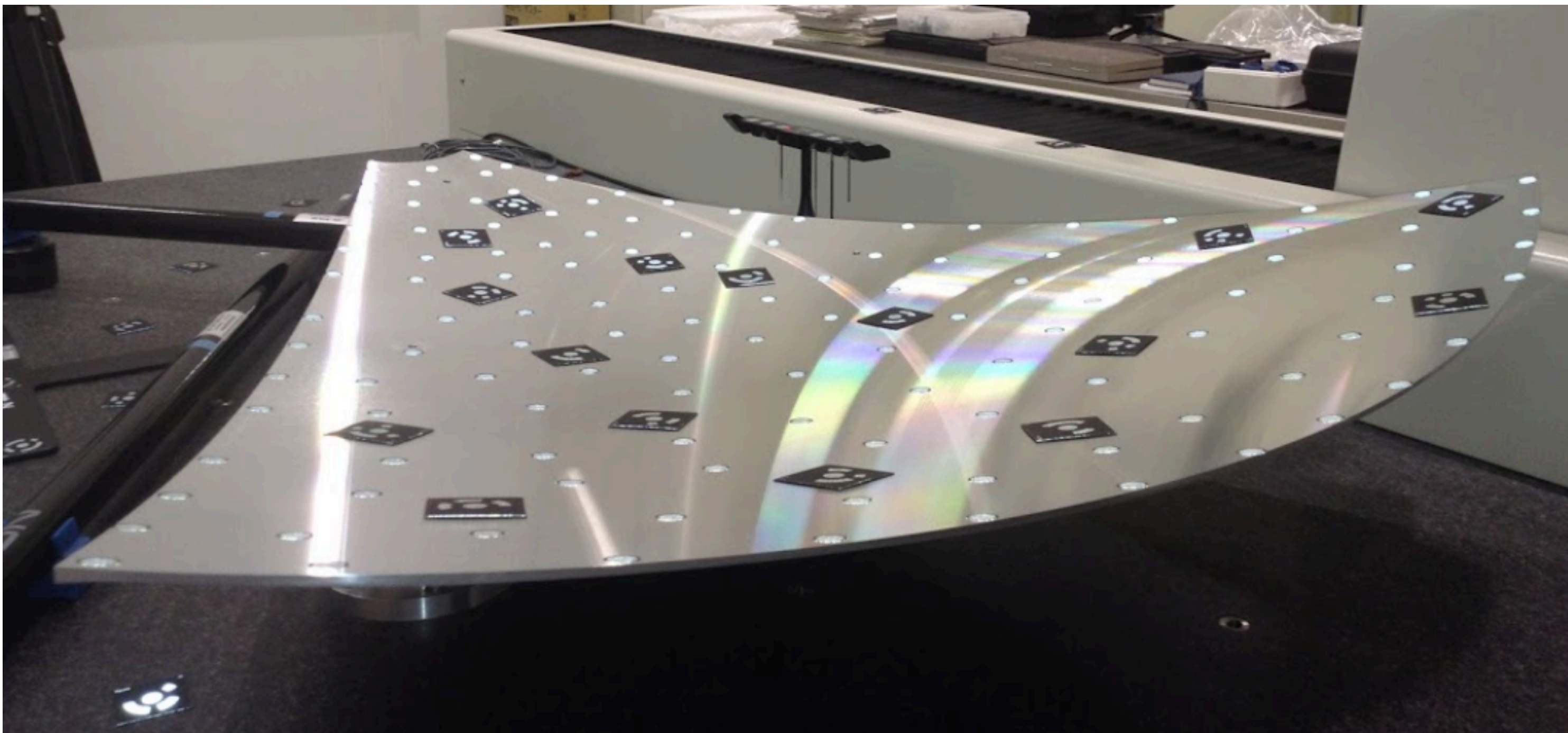
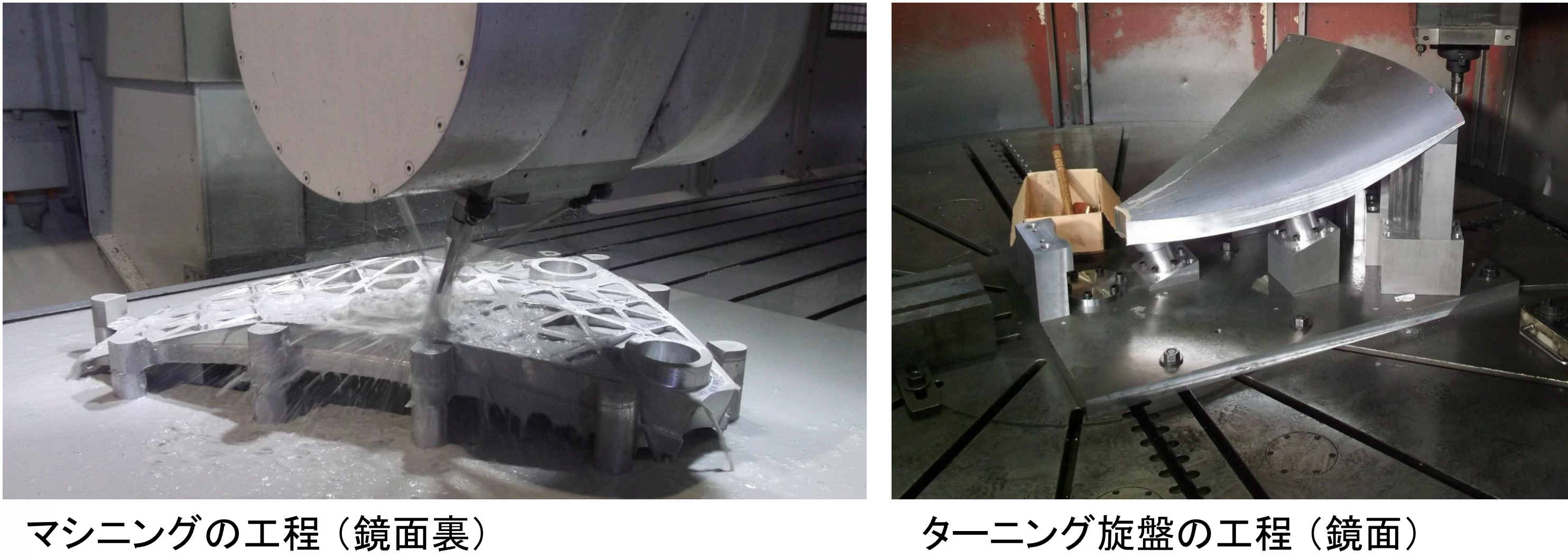
観測高度の環境温度への温度変化による熱歪、仰角に依存した重力変形、および、副鏡の焦点調整機構の故障を考慮した多目的最適設計をおこなった。

■ キネマティックカップリング(KC) の設計・製作・インテグレーション

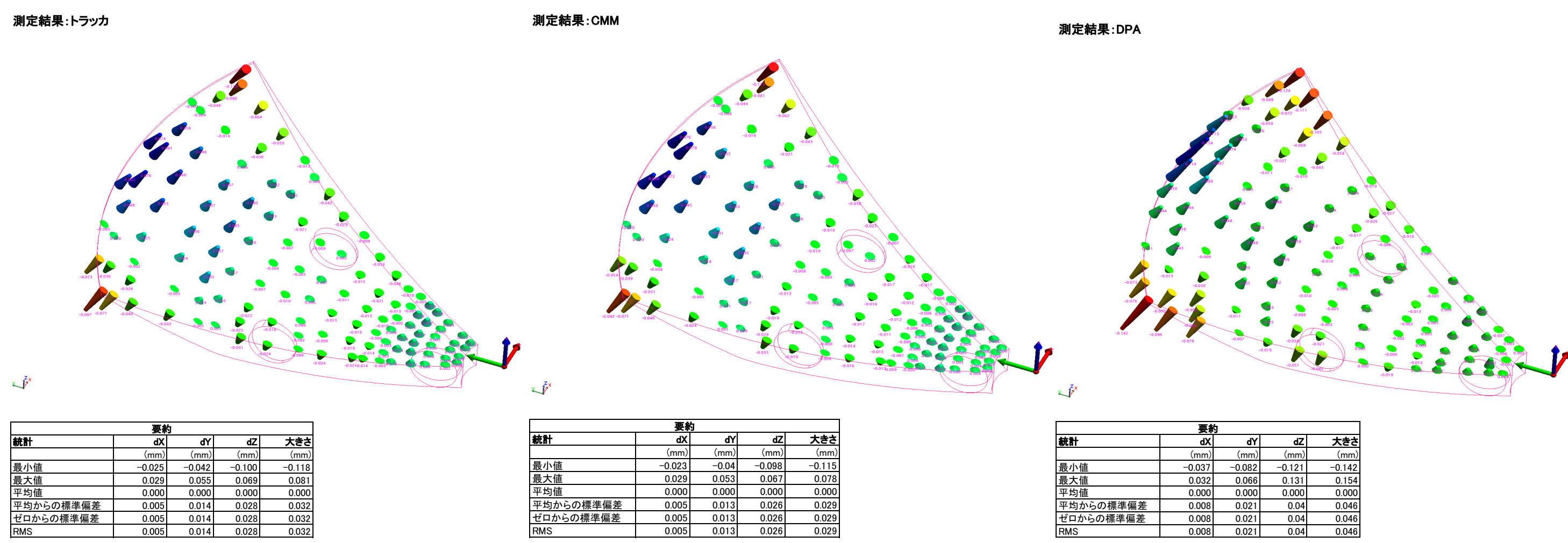


球とそれを受ける斜面ピースの組み合わせによるキネマティックカップリングにより、鏡面を2自由度拘束、3つ利用して6自由度拘束。熱変形の自由度を許し、熱歪が光学系にほとんど影響しないよう設計した。試作をおこない、主鏡に取り付け、設置再現性試験などをおこなっている。

■ Φ2m 主鏡 1/6 BBM の試作と鏡面誤差計測

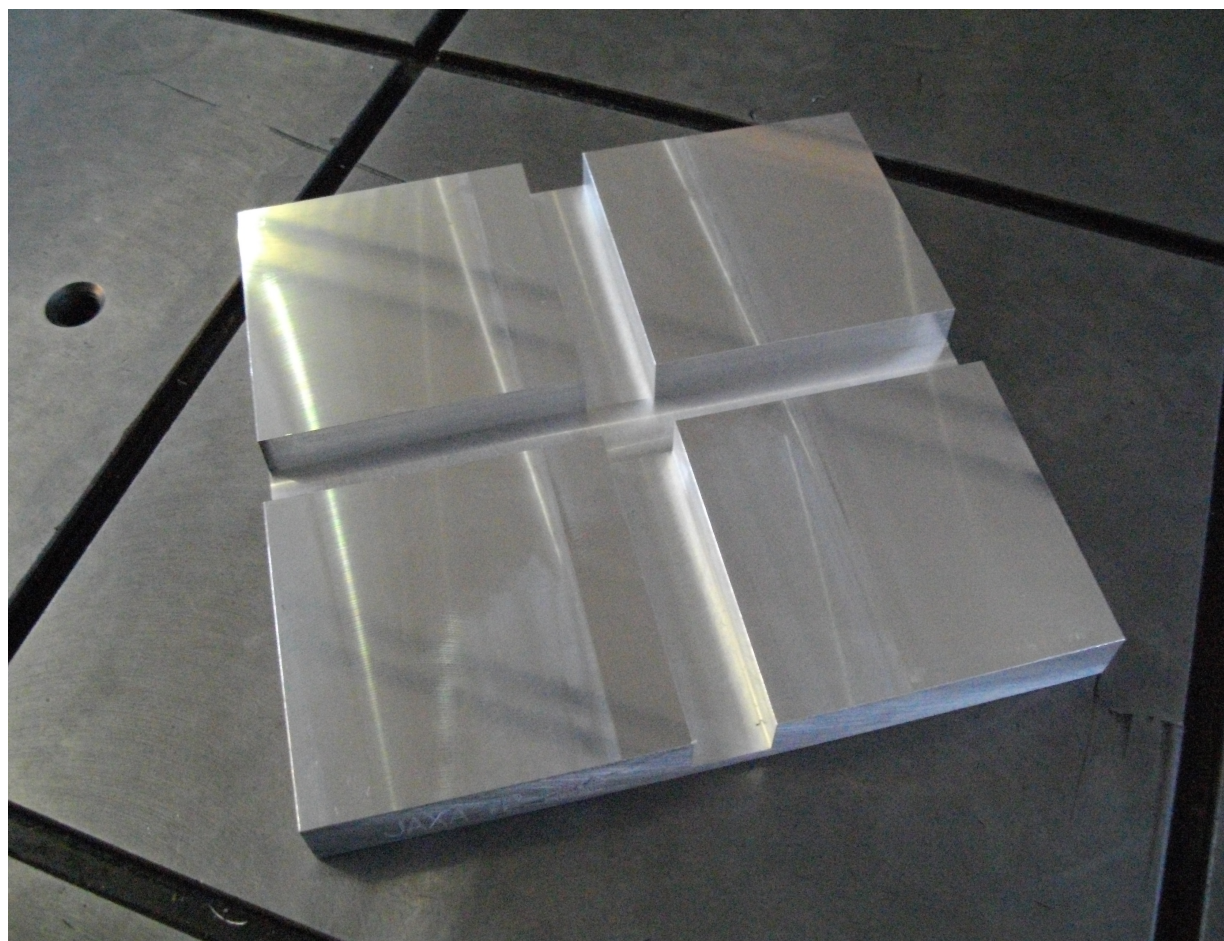


接触式3次元座標計測機に乗った完成品。この台の上で、レーザートラッカー、フォトグラメトリの計測もおこなった。



レーザートラッカー、接触式3次元座標測定(CMM)、フォトグラメトリ(DPA)の三種類の計測方法を用い、計測法の相互検証も兼ねて、評価をおこなった。明らかになった誤差形状パターンはコンシステントであった。誤差は約30ミクロンRMS、外周付近の薄肉部では0.1mmほどのオフセットが見られた。

■ 材料の内部応力による加工歪みの検証(テストピース)



写真のような検証用試験体を切削にて製作し、3次元測定機にて歪み表を測定。まず、以下の5種の材料を調査した。予想したような系統的な違いは見られず、かつ、絶対値が大きい。次の鋳物材の試験を準備中。

材種	メーカー	最大変化量 mm
圧延材	A社	0.041
	B社	0.013
	C社	0.023
スラブ材	D社	0.033
	E社	0.030