

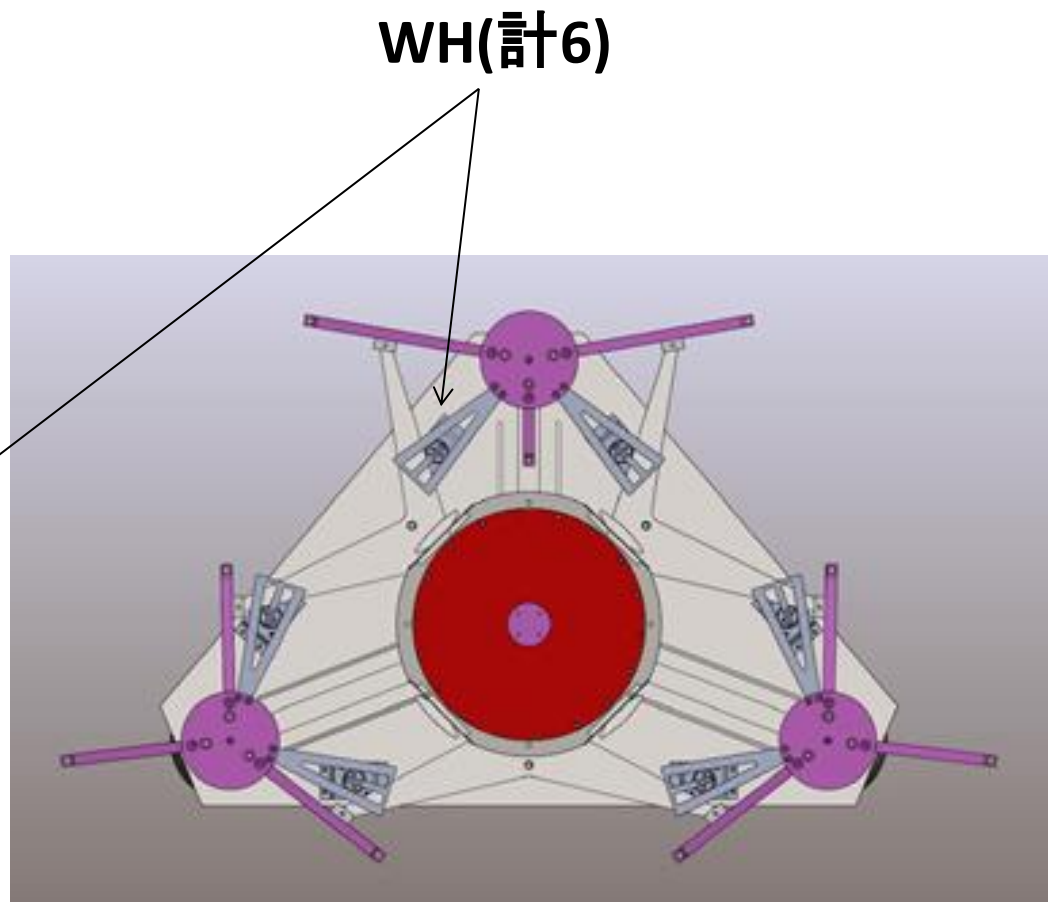
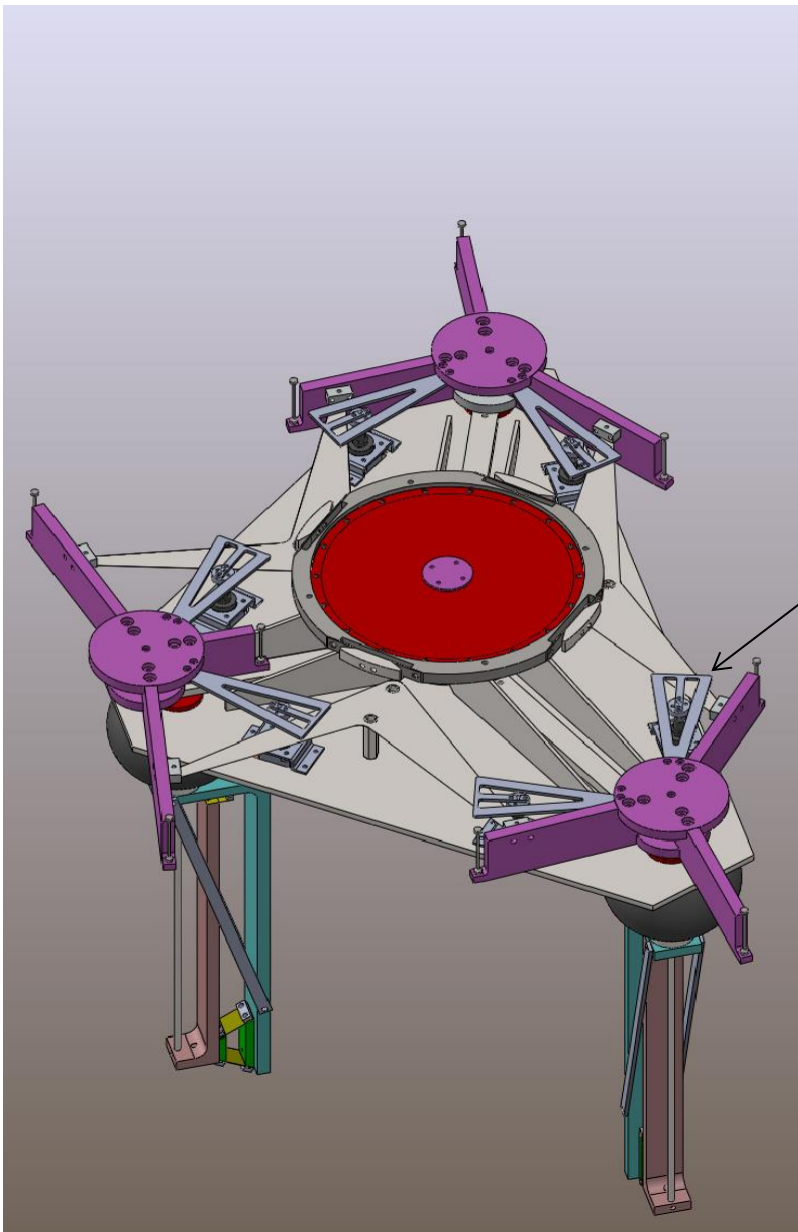
支持機構

- 1.WHの動作実験と有限要素法解析
- 2.WH動作およびツリーへの鏡設置
に対する鏡形状の再現性

2015年1月24日

京都大学理学部4年生 細野俊介

支持機構とWarping Harness

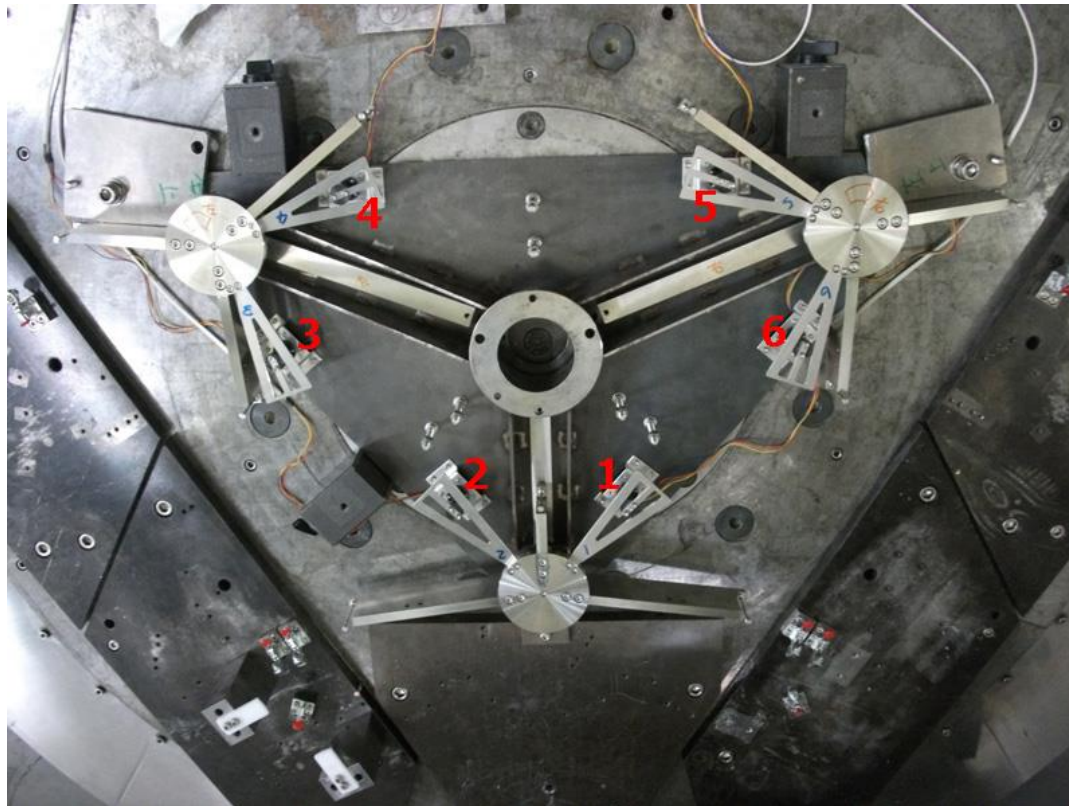


1.WH動作実験と有限要素法解析

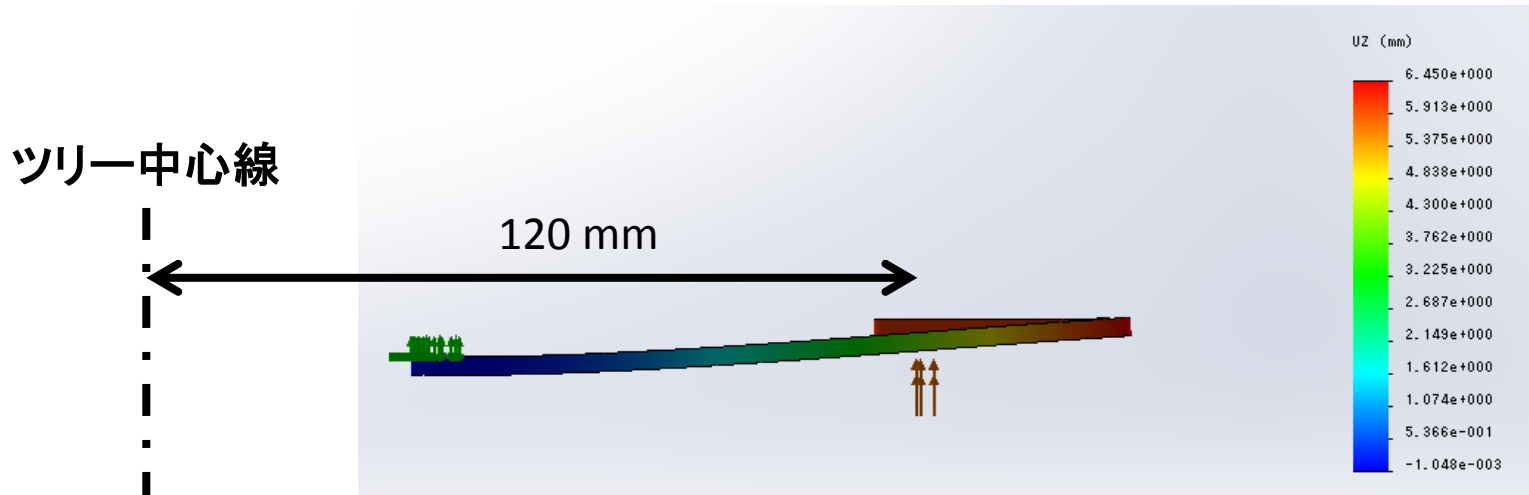
- WHを動かすことによって生じる鏡面形状の変化を計測する
- FEM解析による結果と上記の測定結果を比較して、形状の変化が正しいかを確認する

WH動作実験の概要

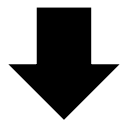
- ひとつのWHを+5mm動かす(ほかのWHは中点)によって生じる、鏡面のz変位(鏡に垂直な方向の変位)を計測した
- WH1~6について、同様に行った



WH動作により分割鏡にかかるトルク



- WHのバネ定数 = 11.4N/mm
- WHのトルク定数 = 1.37Nm/mm

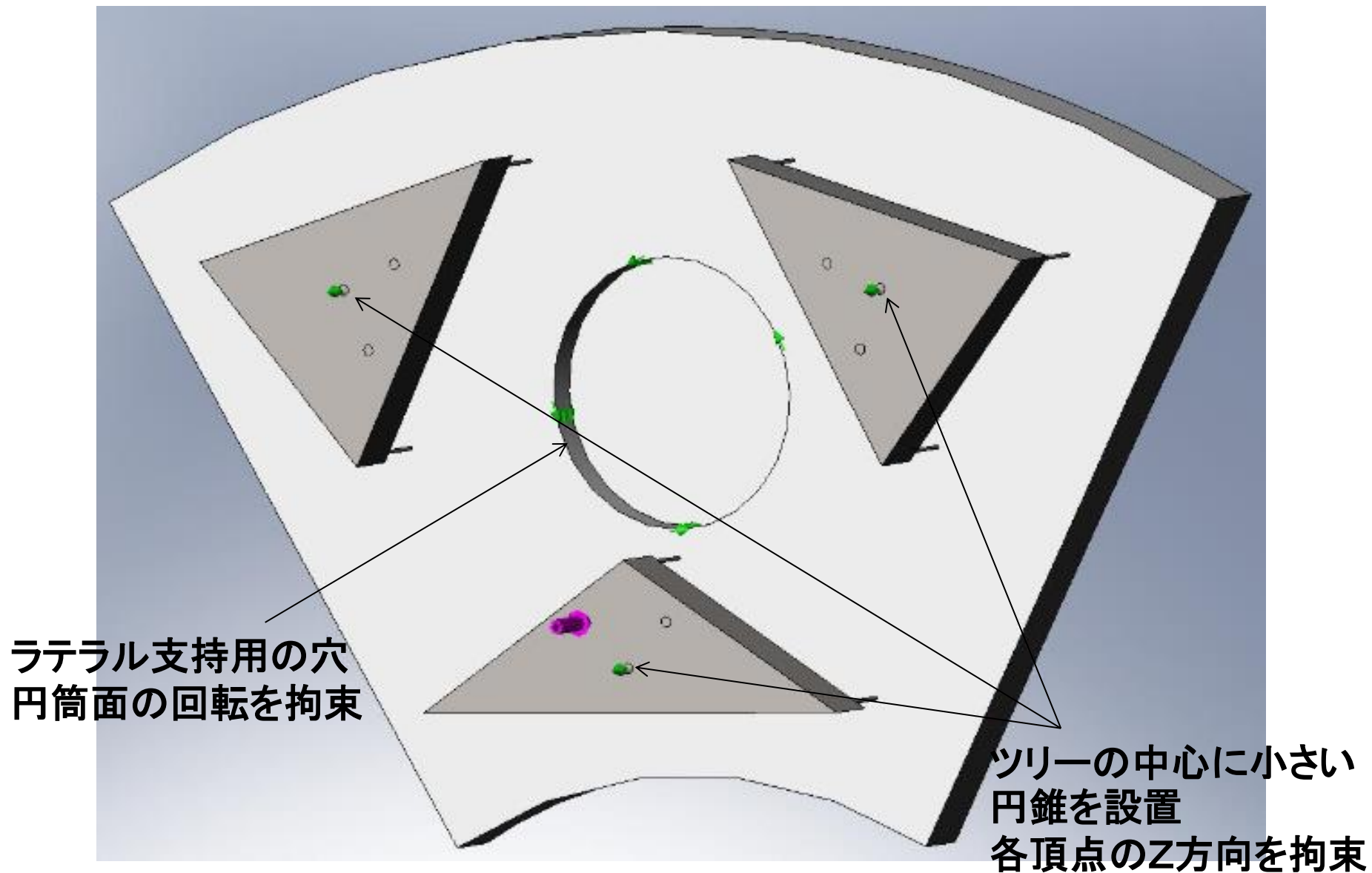


5mm動かしたので、かかるトルクは6.85Nm

FEM解析の概要

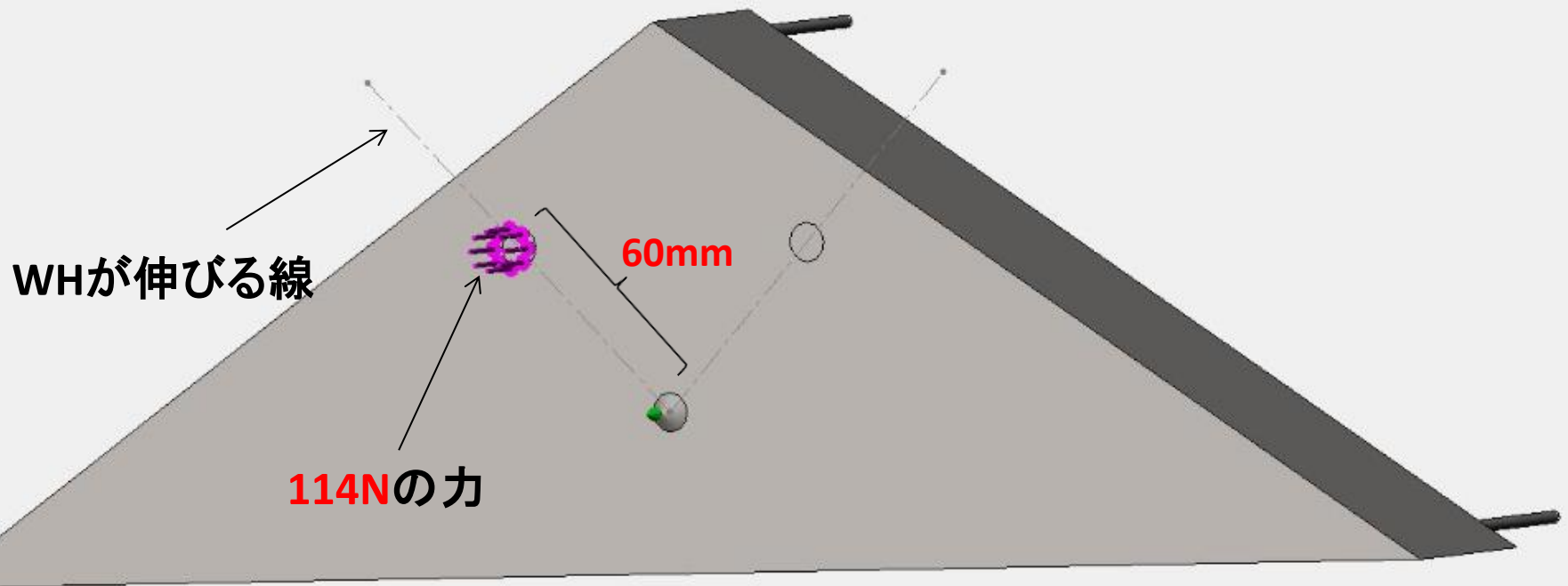
- 分割鏡と簡略化したホイップルツリーのモデルを作った
- ツリー上の小領域に力を加え、分割鏡モデルの形状変形(z変位)を調べた

FEM解析モデルと拘束条件



解析における荷重

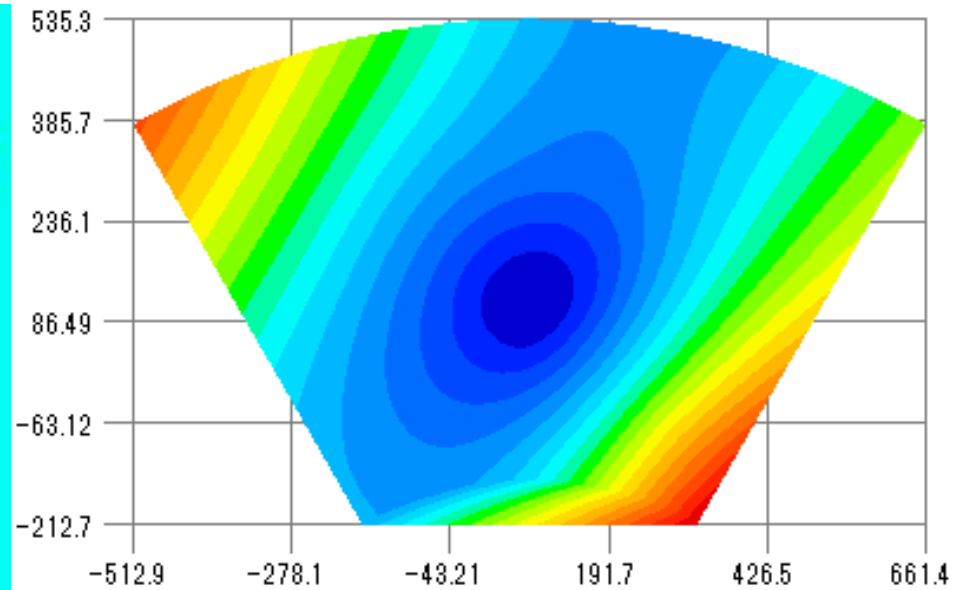
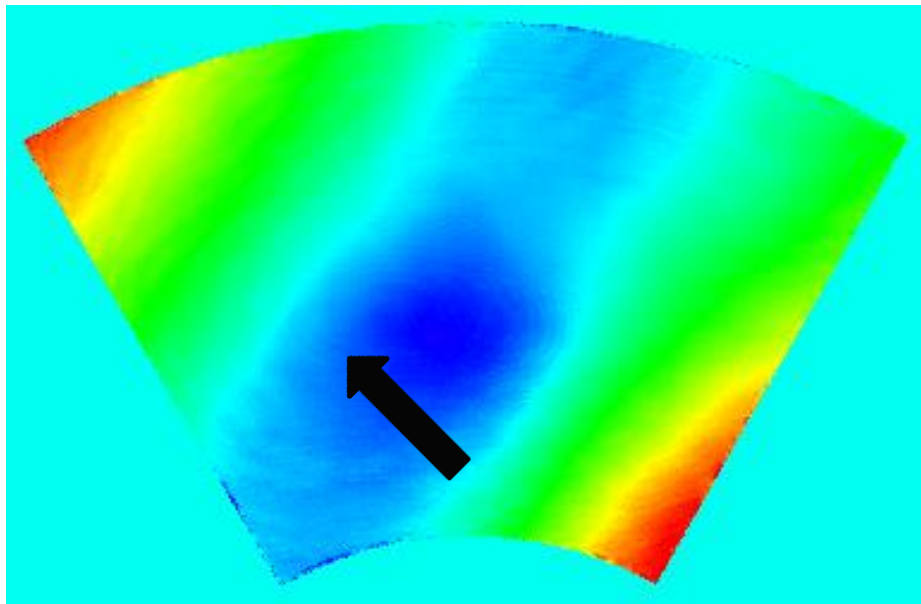
- 動作実験と同じ量のトルク(6.85Nm)がかかるよう、ツリー上の小領域に力を加える



FEM解析の実行と、動作実験との比較

- 解析によって得られたデータから、鏡自身の傾き成分を引く
- 各々の変位データを2次元カラーマップで表示する

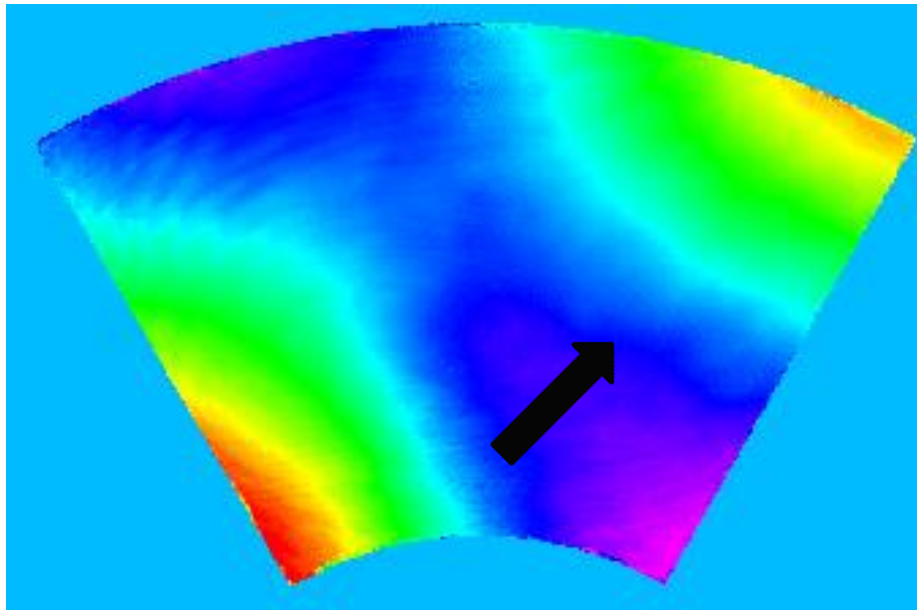
WH1を動かした場合



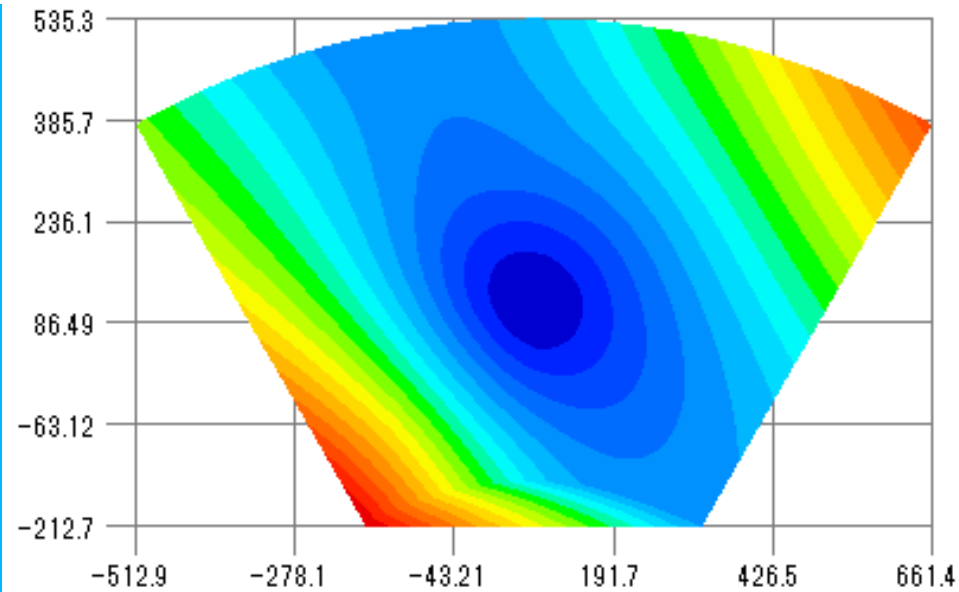
動作テスト結果

FEM

WH2を動かした場合

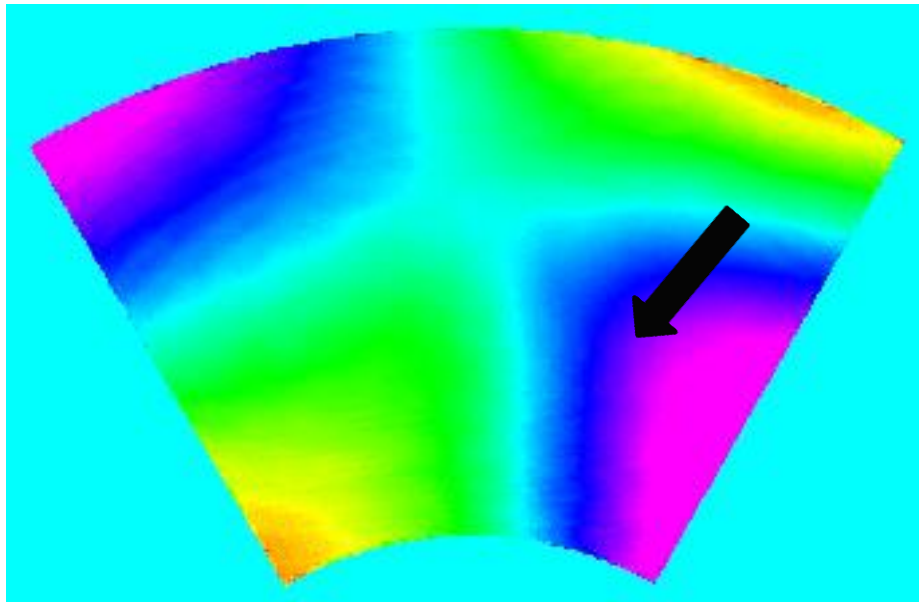


動作テスト結果

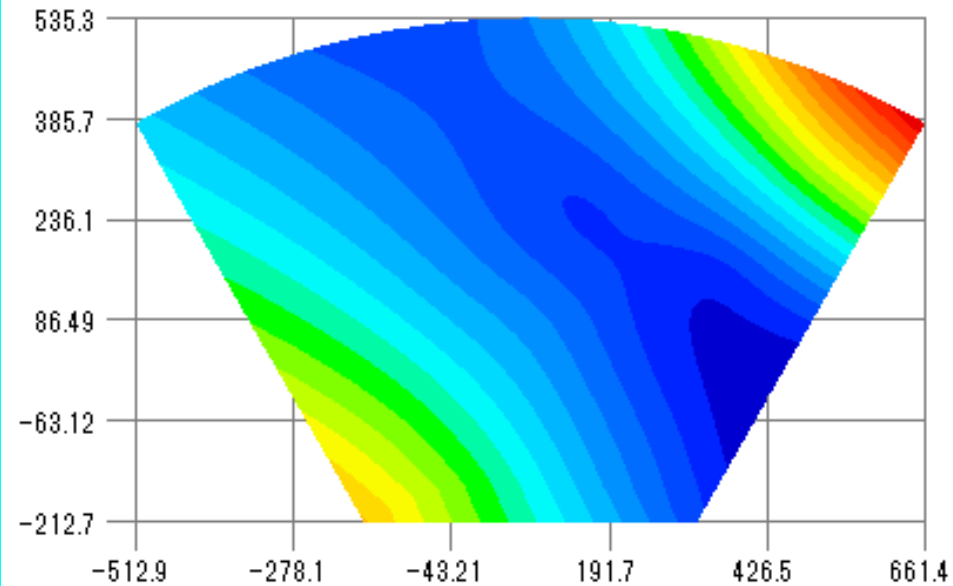


FEM

WH3を動かした場合

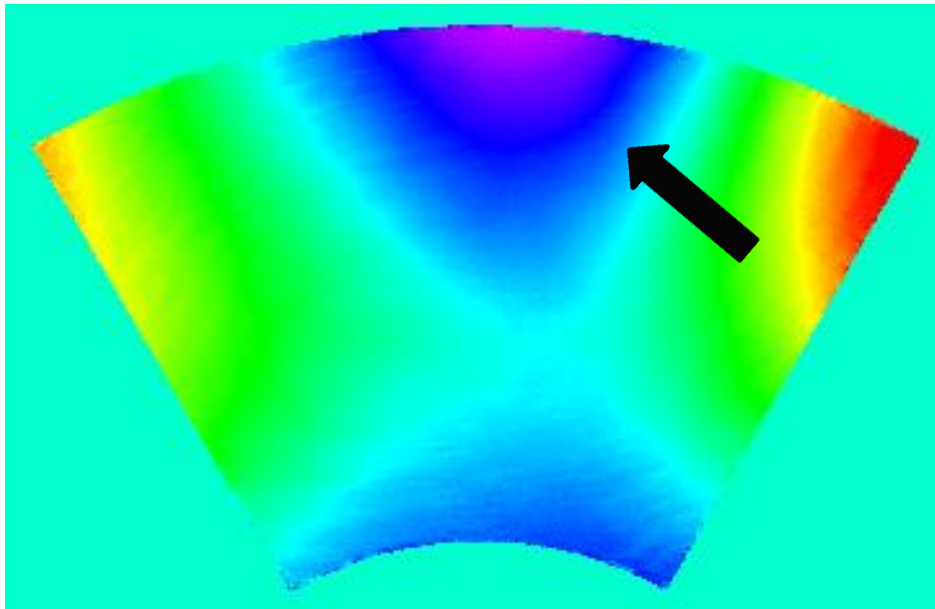


動作テスト結果

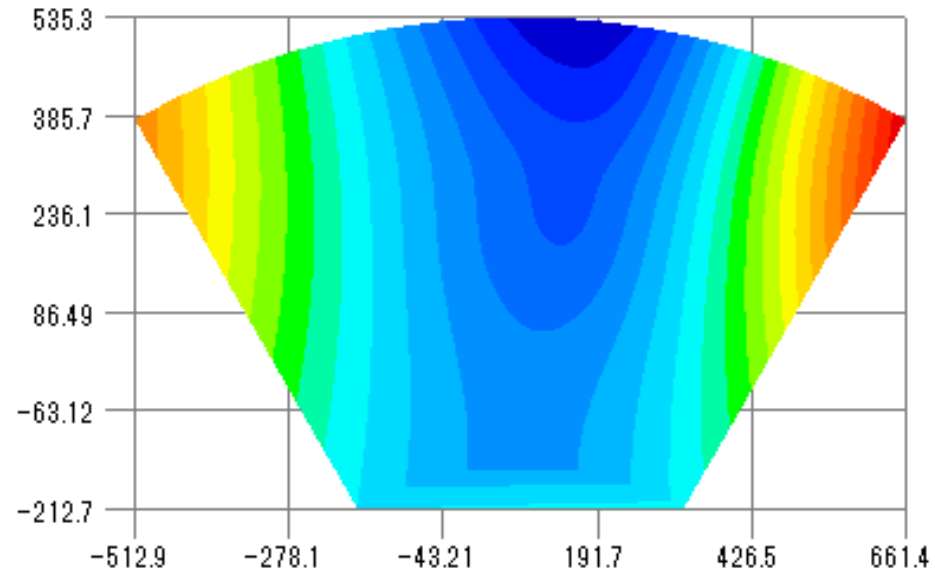


FEM

WH4を動かした場合

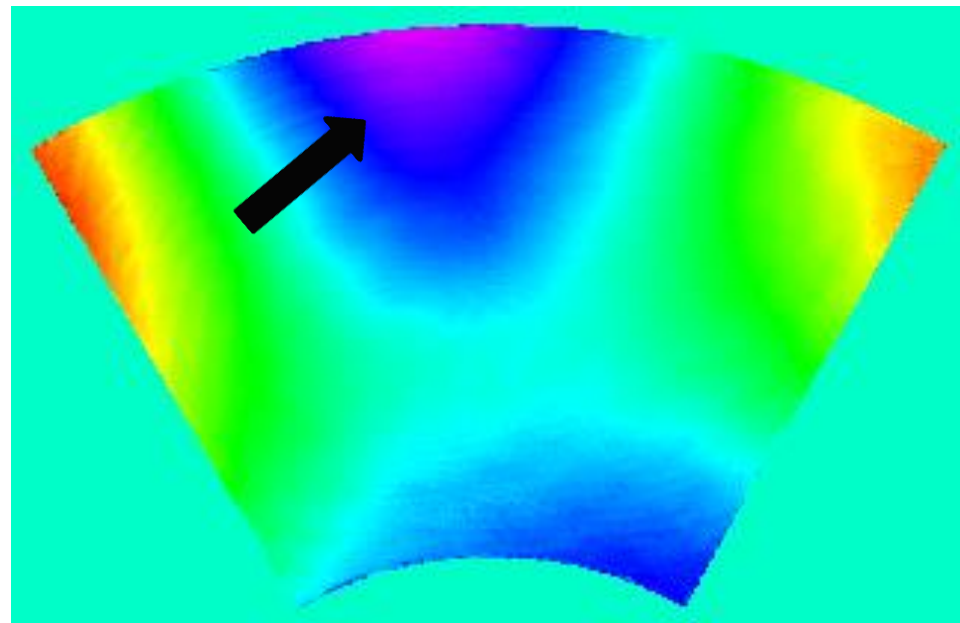


動作テスト結果

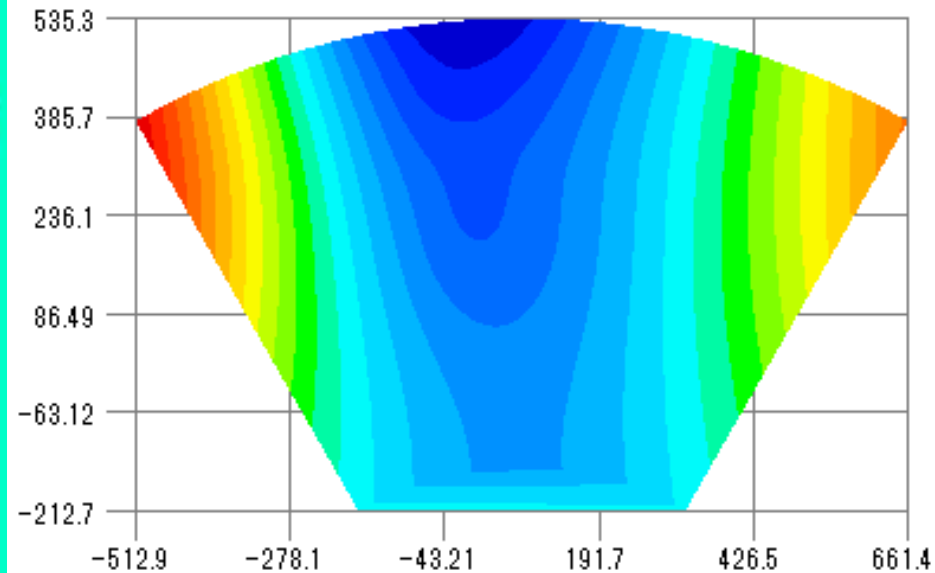


FEM

WH5を動かした場合

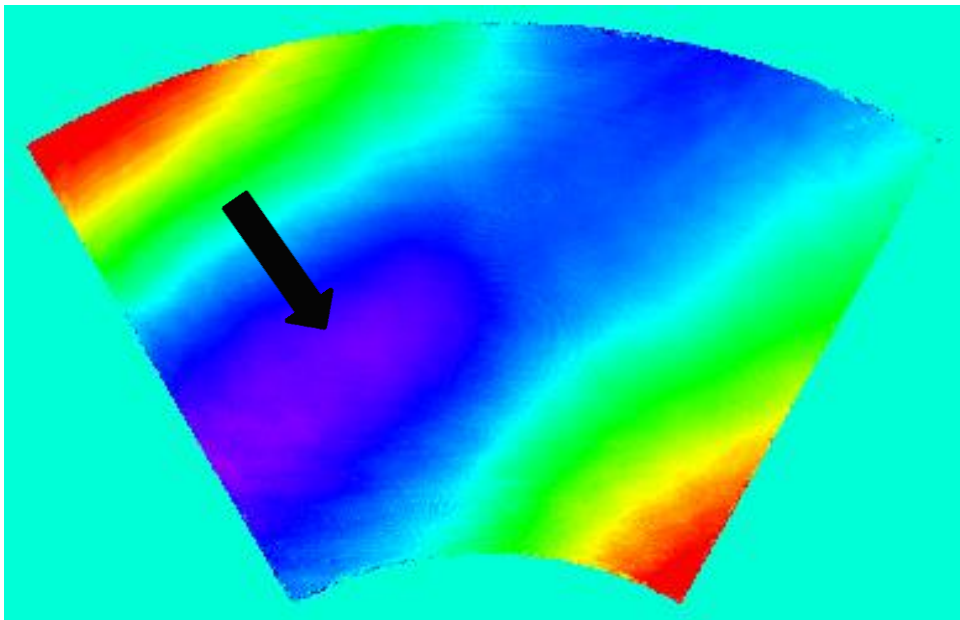


動作テスト結果

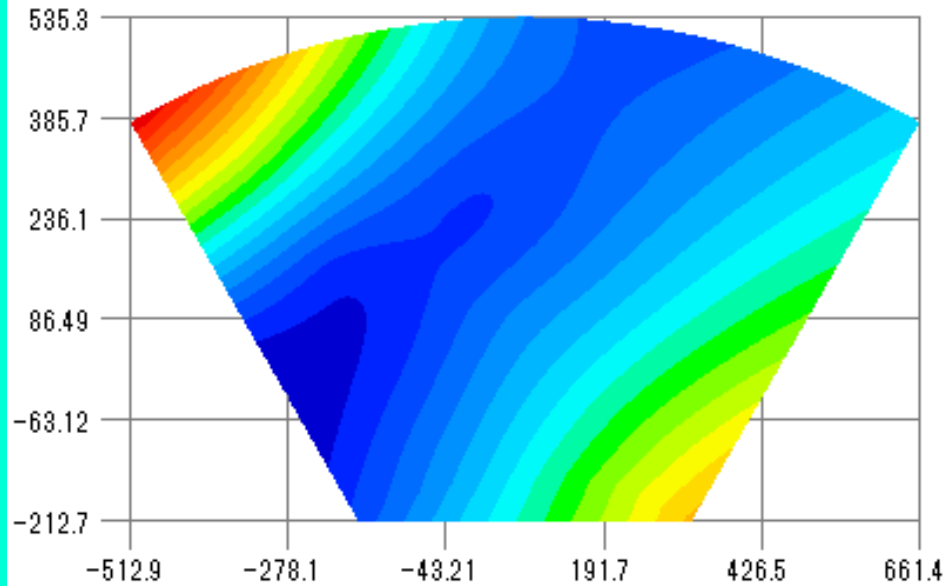


FEM

WH6を動かした場合



動作テスト結果



FEM

まとめ1

- 実験結果とFEM解析において、WH3を除き、概ね形状変化の傾向と大きさが一致した
- WH3における不一致は、WH3の動作が上手くいかなかったことが原因だと考えられる

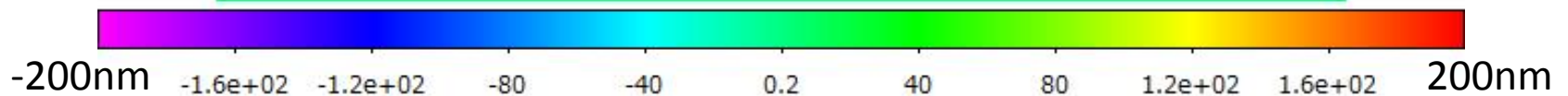
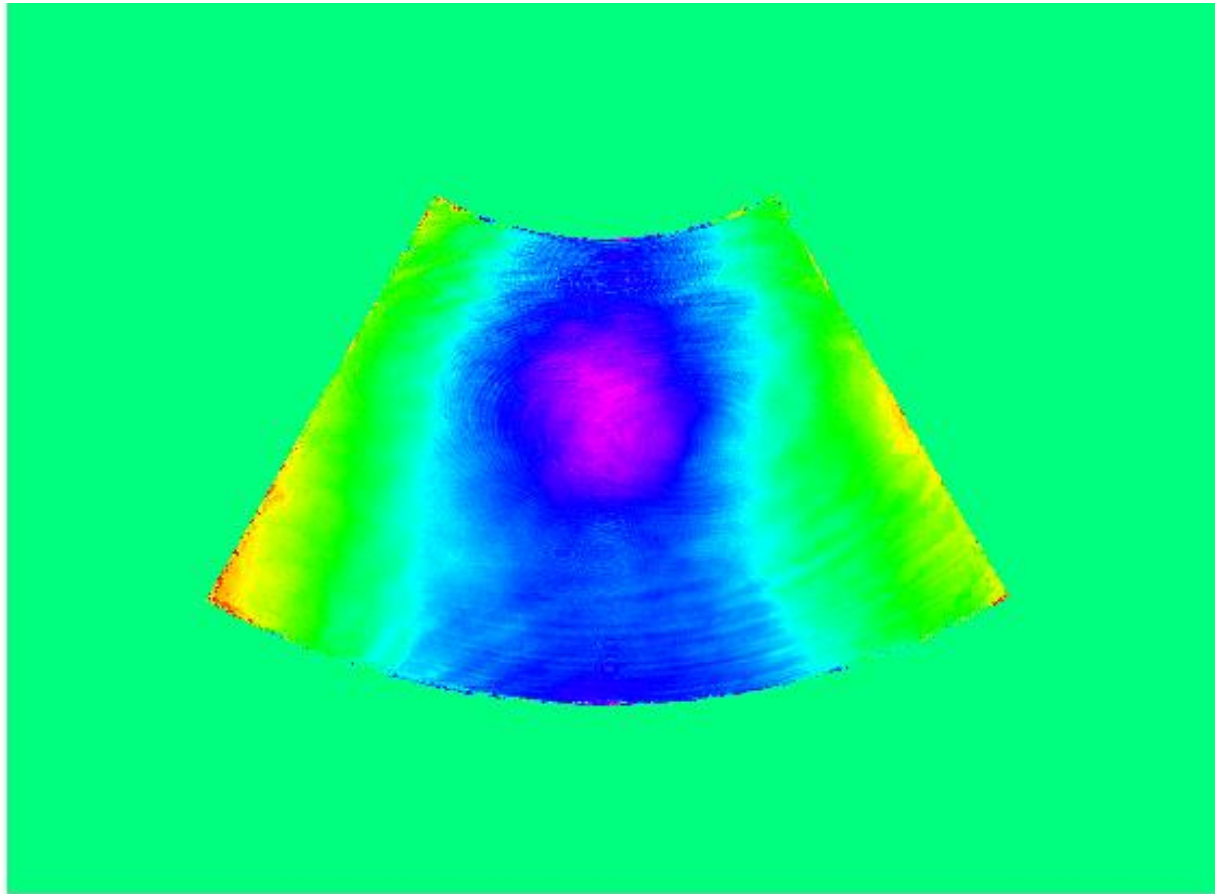
2. WH動作およびツリーへの鏡設置 に対する鏡形状の再現性

WHの動作に対する再現性

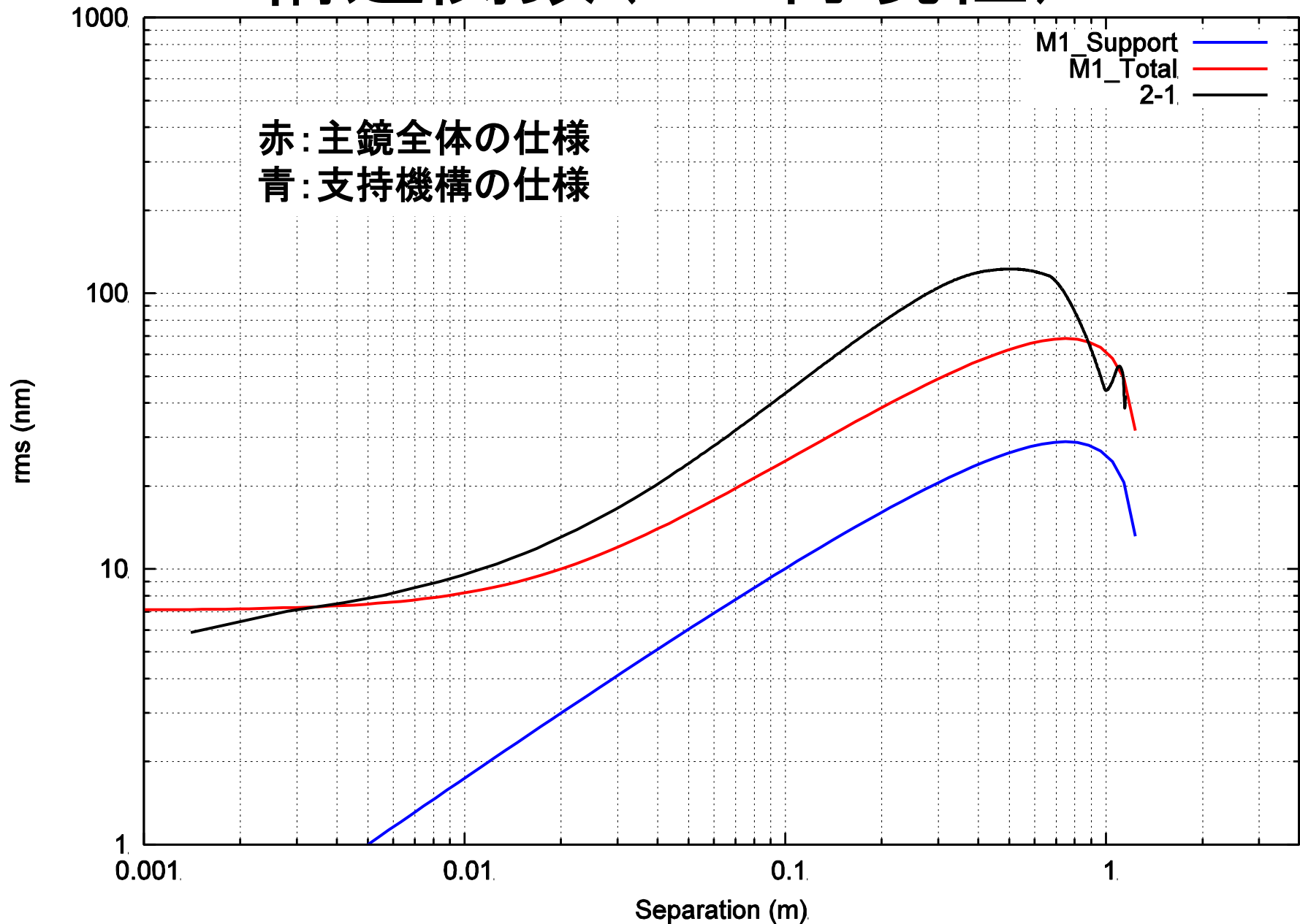
- WHを動かす前後での、鏡形状の再現性
- 鏡を設置し、WHを動かす前の状態(すべてのWHが中点)における鏡面の変位データ・・・①
- WHを一通り5mmずつ動かした後、すべてのWHを中点に戻したときのデータ・・・②
- ②－①

WH再現性の結果

- およそ-200nm～200nmで形状変化、**P-V400nm**



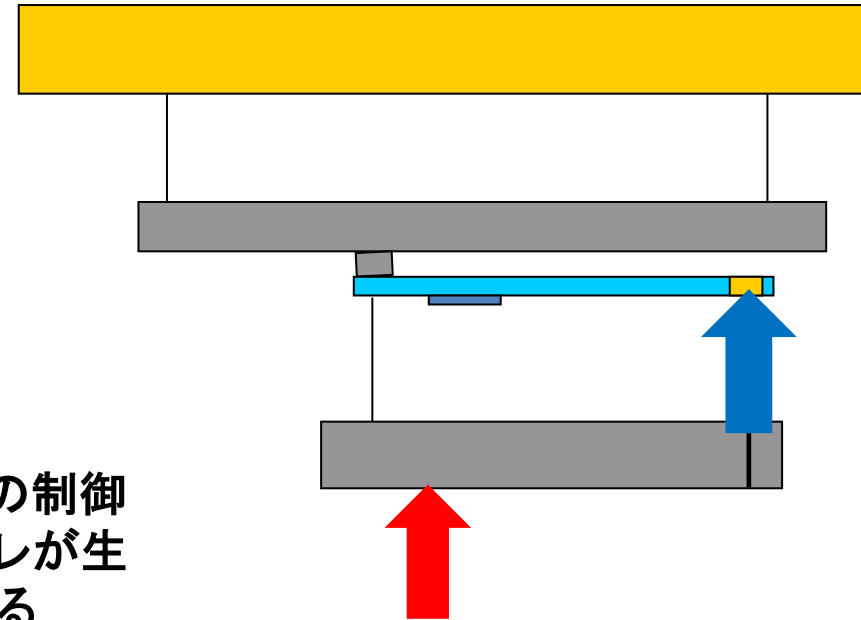
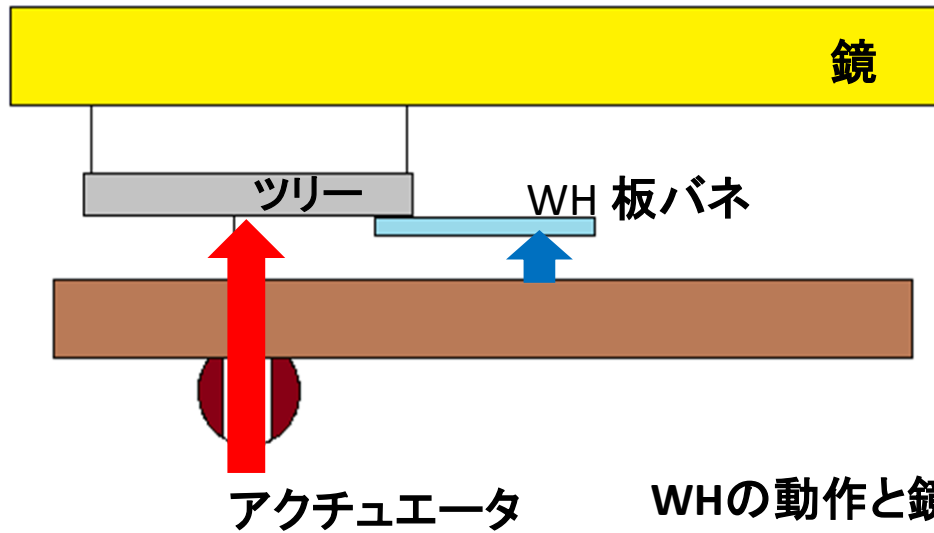
構造関数 (WH再現性)



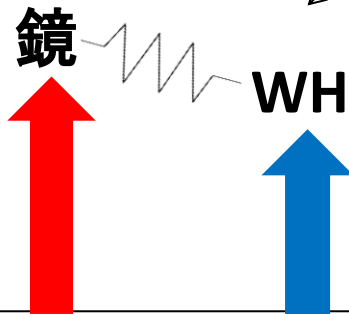
WH動作と鏡の制御

3.8m

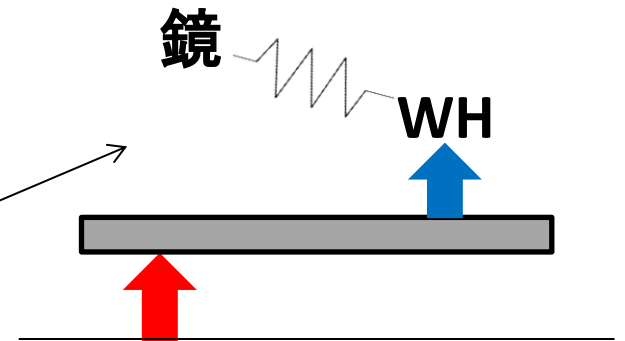
TMT



WHの動作と鏡の制御に、**0.1mm**のズレが生じる可能性がある



WHの動作と鏡の変形が対応

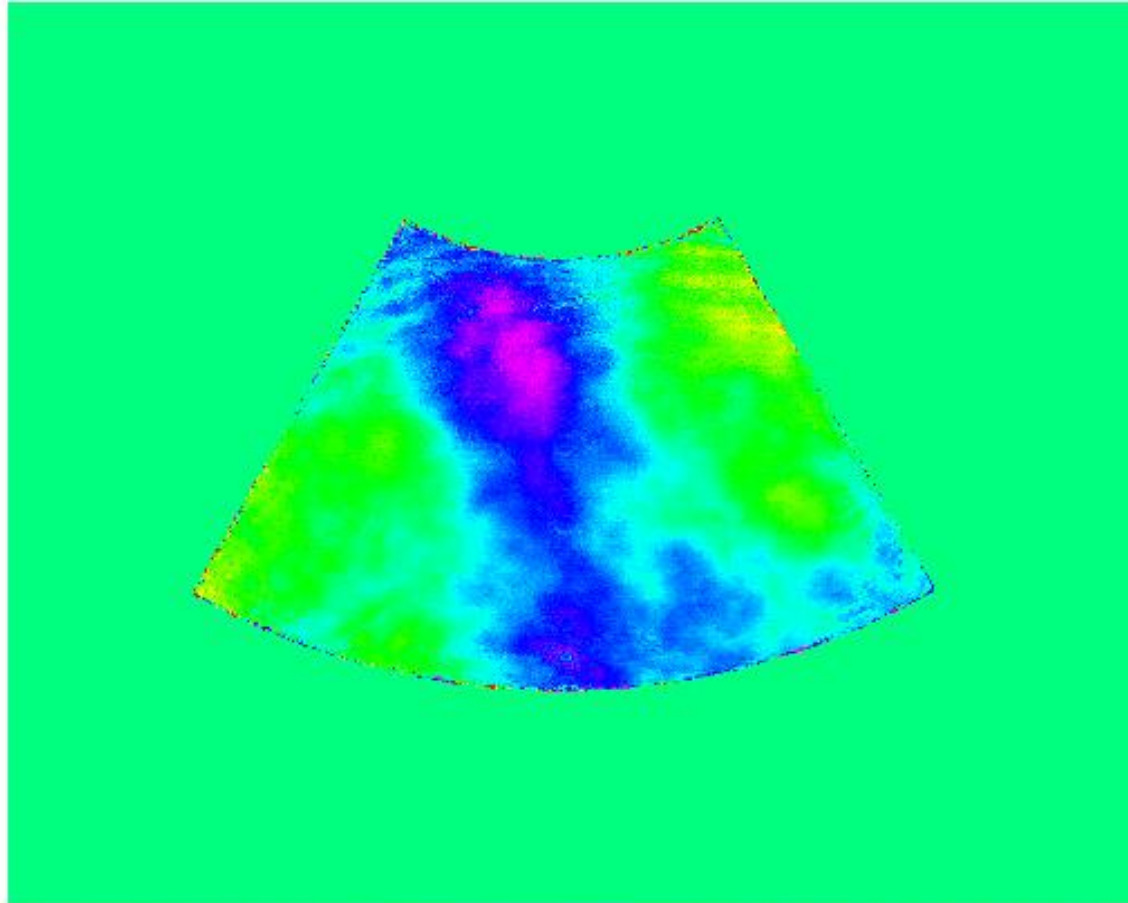


WHを0.1mm駆動した場合の形状変化

- WH6のみ-5mm動かし、ほかのWHは中点にある状態での鏡面の変位データ・・・③
- ③の状態から、WH6を-0.1mm動かしたときのデータ・・・④
- ④－③

0.1mm駆動の結果

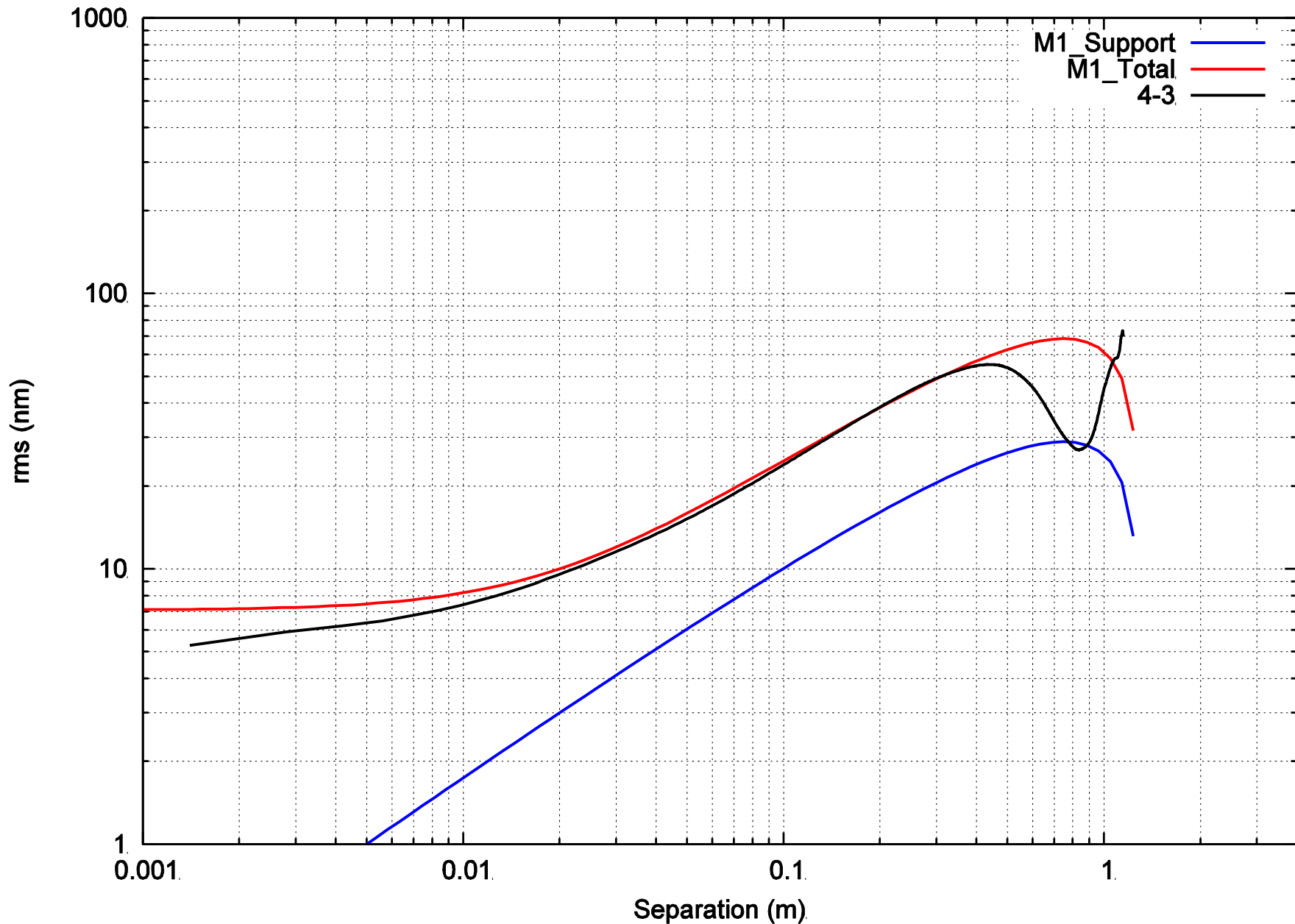
- およそ-100nm～70nmで形状変化、**P-V170nm**



-100nm -80 -60 -40 -20 0.098 20 40 60 80 100nm

※WH6の5mm駆動では、P-V1100nmほど

構造関数 (0.1mm駆動)

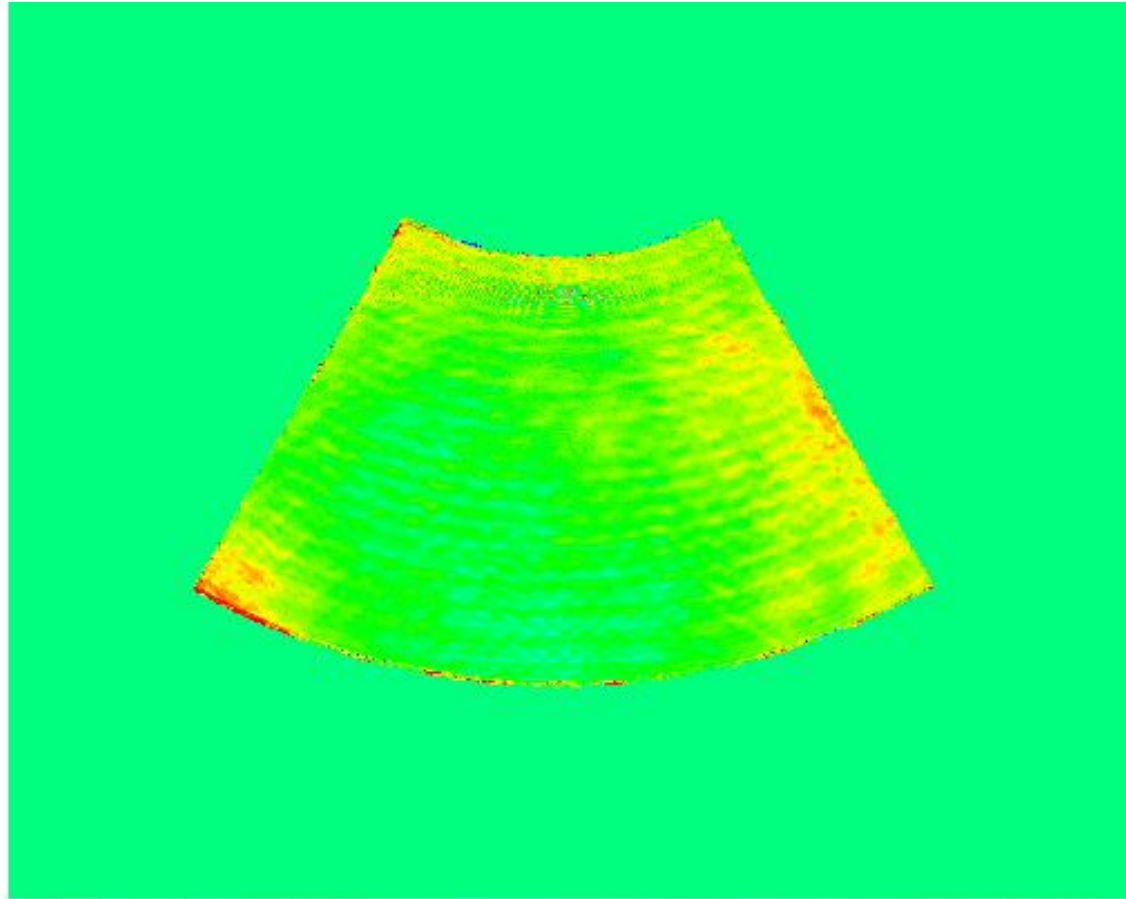


ツリー設置に対する再現性1

- 鏡を支持機構に設置したまま、3時間30分ほど経過した後の形状変化を調べる
- 経過直後のデータから、設置直後のデータを引く

ツリー設置再現性1の結果

- およそ-10nm～100nmで形状変化、**P-V110nm**



-100nm

-80

-60

-40

-20

0.098

20

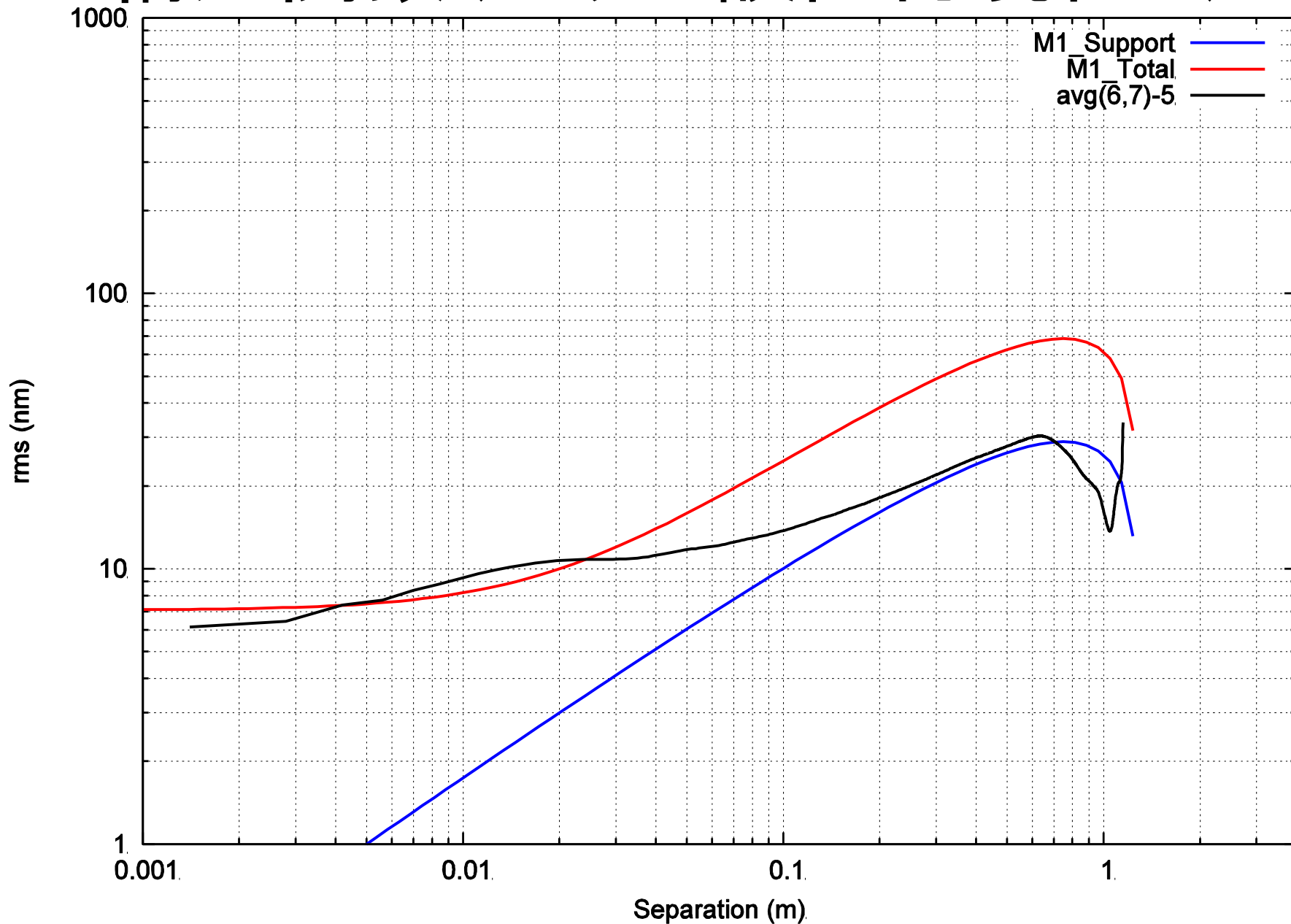
40

60

80

100nm

構造関数 (ツリー設置再現性1)



ツリー設置に対する再現性2

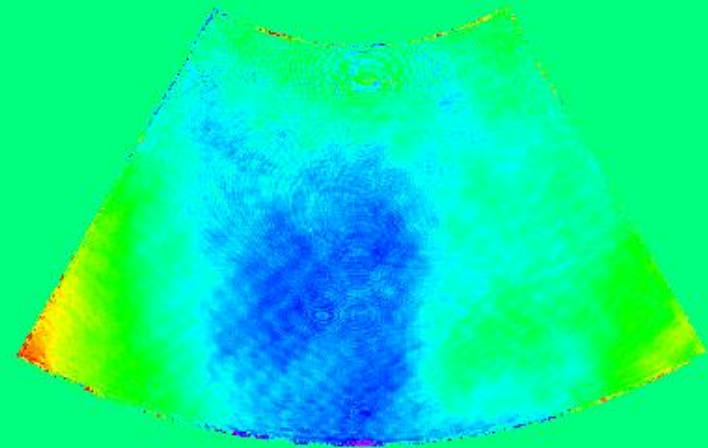
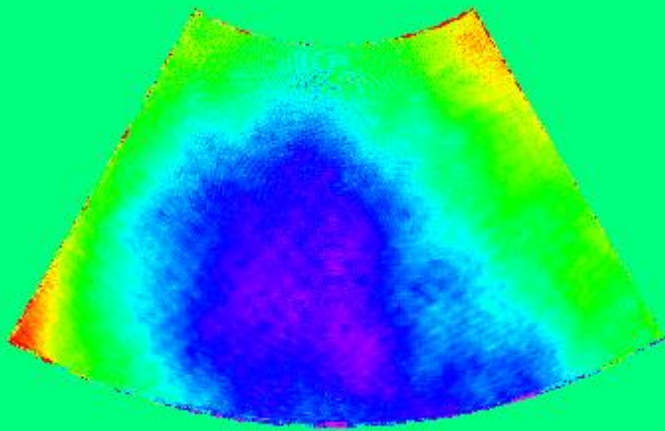
- 鏡を再設置したときの形状変化を調べる
- 鏡をラボジャッキで鏡を上げ下ろしすることで再設置
- 再設置前に2回連続して形状測定・・・⑤、⑥
- 再設置後に形状測定・・・⑦
- ⑦－⑤、⑦－⑥

ツリー設置再現性2の結果

- おおよそ、-80nm～100nmで形状変形

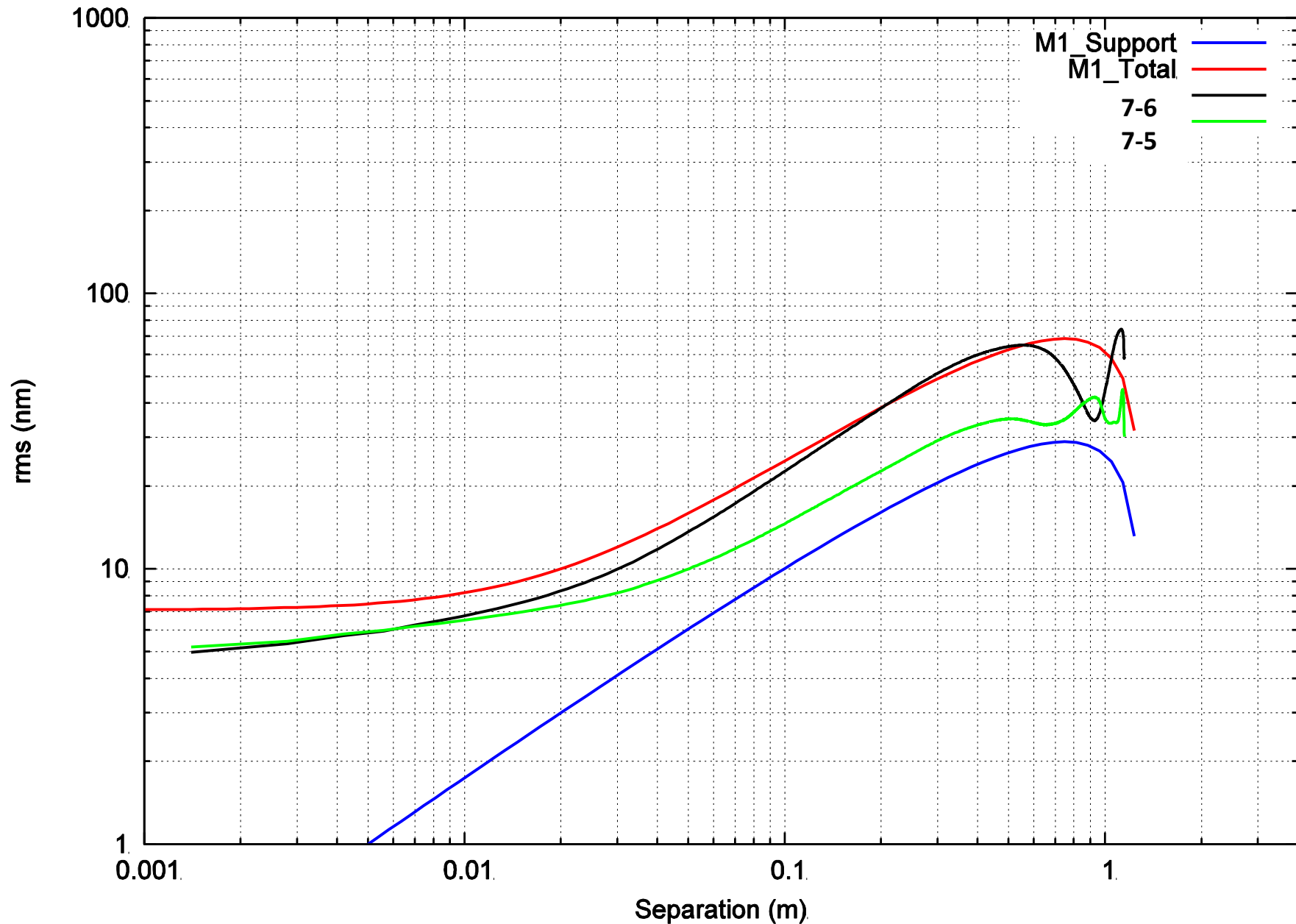
⑦－⑤ P-V180nm

⑦－⑥ P-V150nm



-100nm -80 -60 -40 -20 0.098 20 40 60 80 100nm

構造関数 (ツリー設置再現性2)



まとめ2

- 0.1mm駆動での形状変化が、5mm駆動から予測される値よりも大きかった
 - 平均化に用いたデータ枚数が少なく、大気揺らぎが十分に除外できなかったことが原因
- 「WHに対する再現性・・・(※)」を除き、構造関数は概ね主鏡全体の仕様と、支持機構の仕様の間位置する結果となった
 - (※)で仕様を超えてしまった原因としては、WH3の動作が不良が考えられる