

ロボット研磨と計測

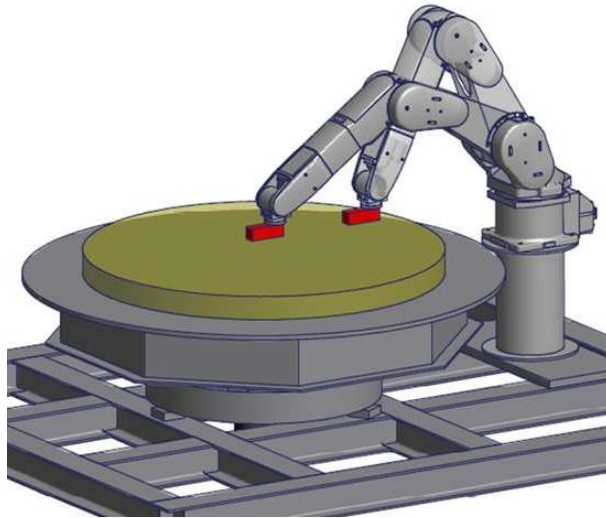
所仁志、栗田光樹夫

第45回望遠鏡および観測装置会議

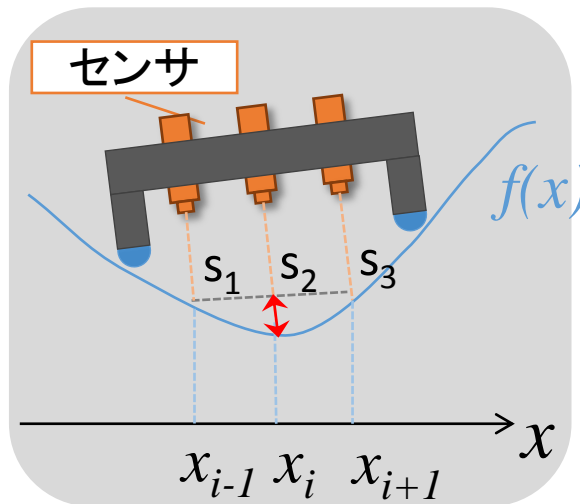
180106

キャンパスプラザ

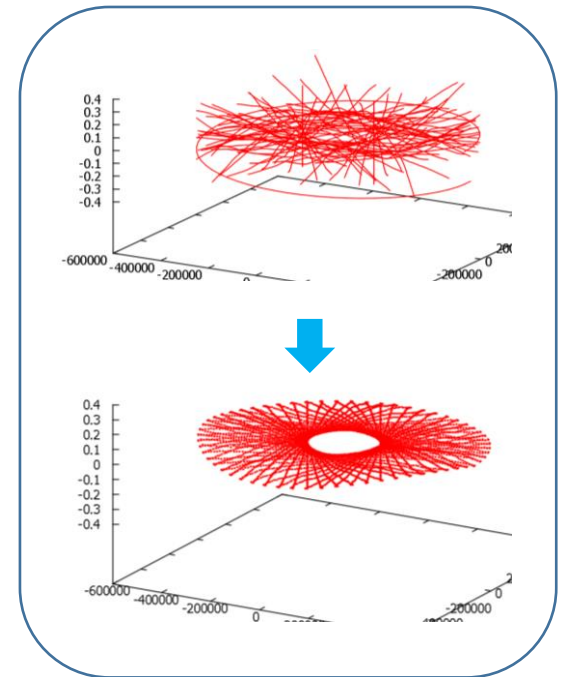
概要



ロボット研磨+計測器

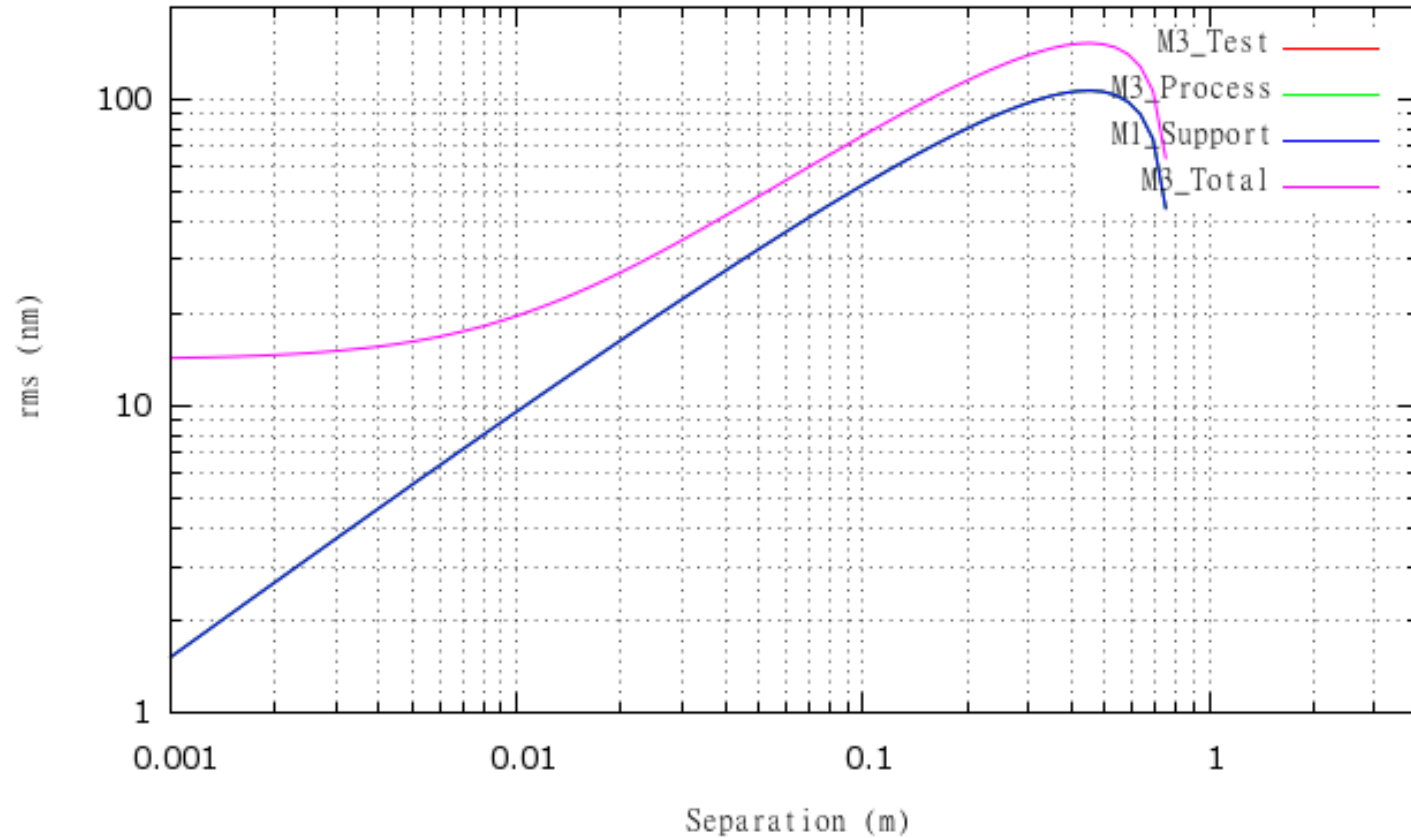


計測原理=3点法



データ処理

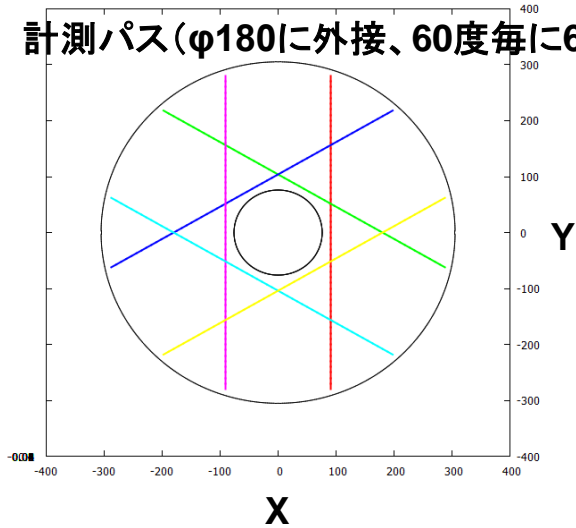
要求される計測精度



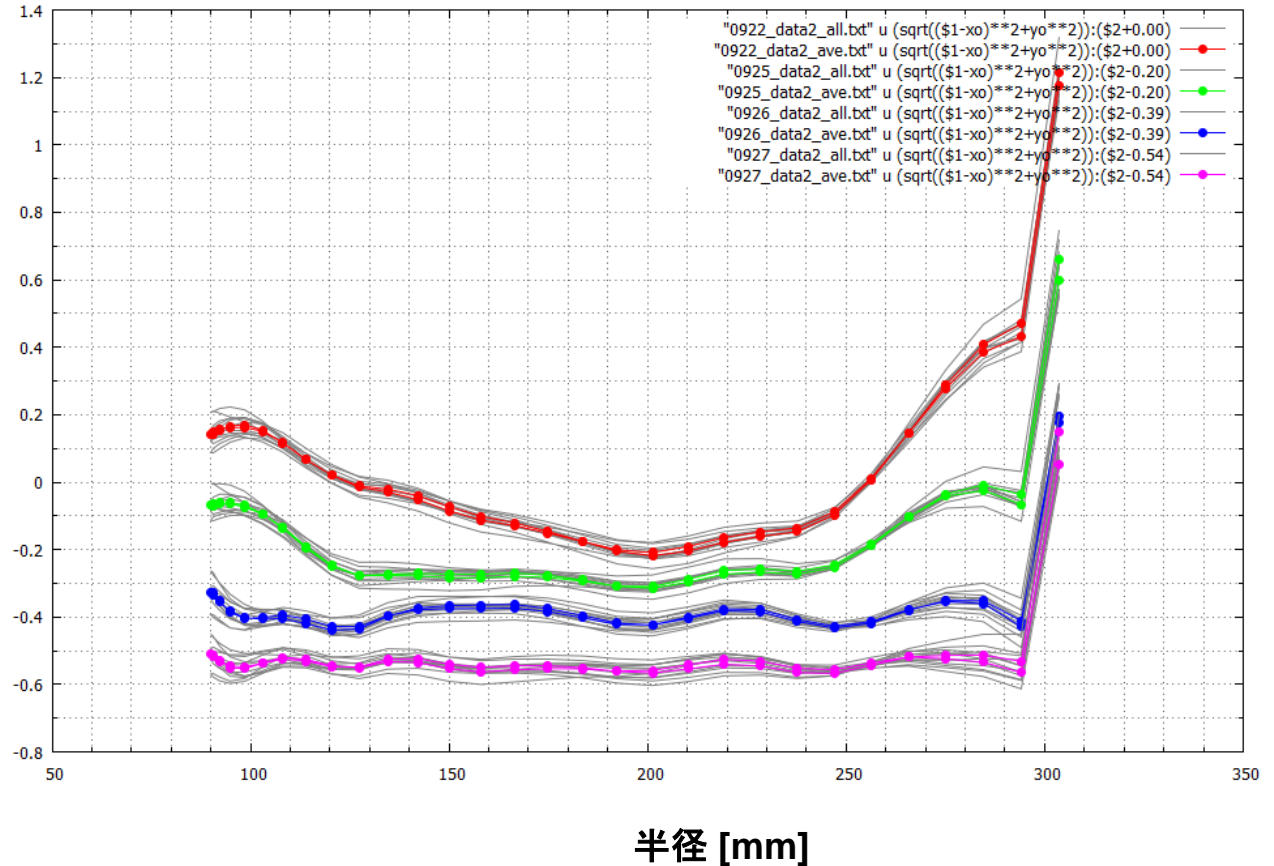
ざっくり言うと、
長さ10cmを測るときはrms=50nm、1mでは100nm

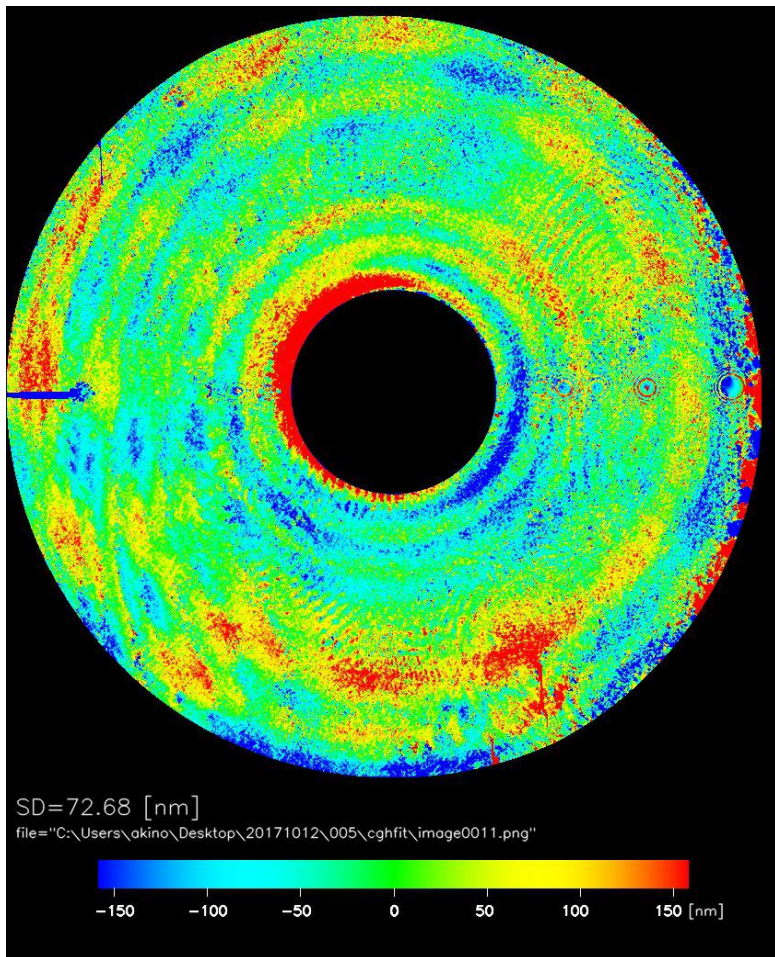
Φ600放物の研磨

計測パス(φ180に外接、60度毎に6本)

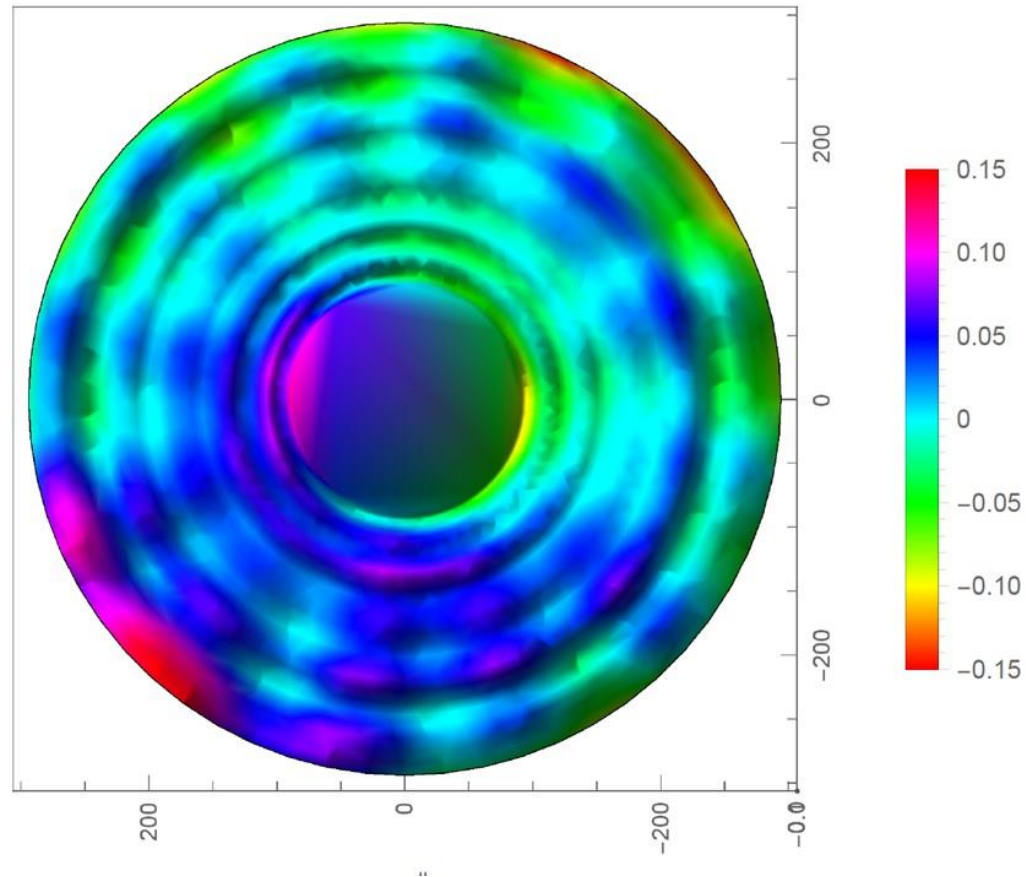


形状誤差 [um]





CGH干渉計の結果
(株式会社ササゴより提供)



3点法の結果
60本計測+データステッチ

概ね似ているが、大きな構造では差が大きい

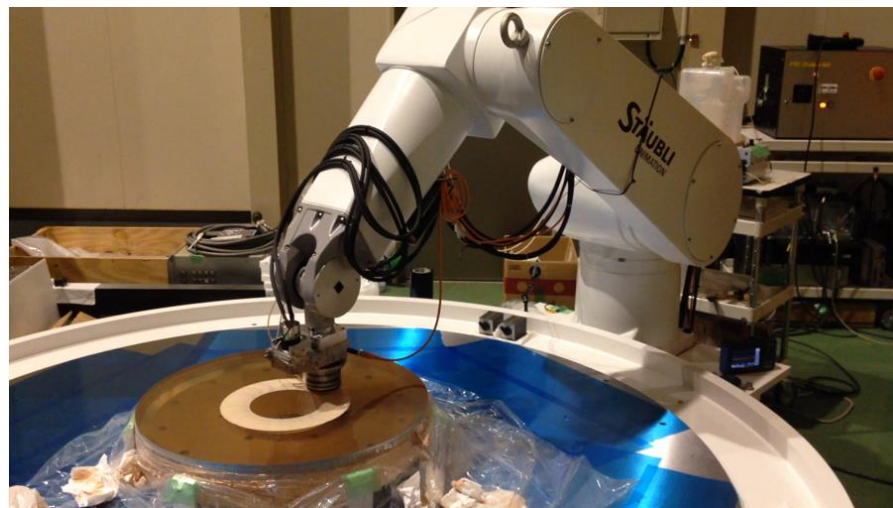
クリーンルームの導入

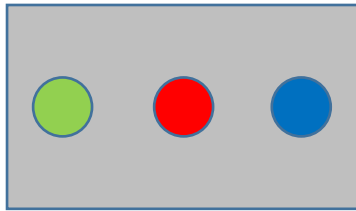
- これまで
 - センサのデータロストが頻発する問題
 - 原因が引きずりによる振動と汚れによる反射光ロスの切り分けができなかった。
 - 汚れであれば、クリーンルームの導入の価値あり

大型研削盤

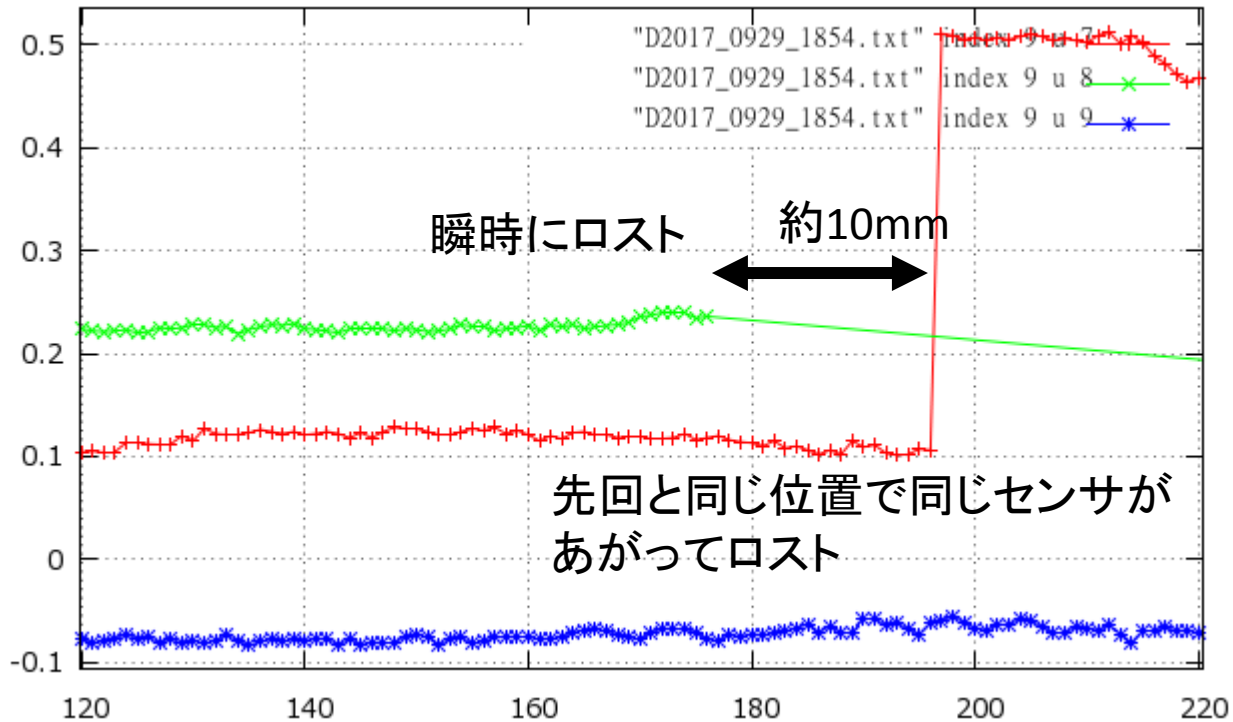
大型クレーン

ロボット

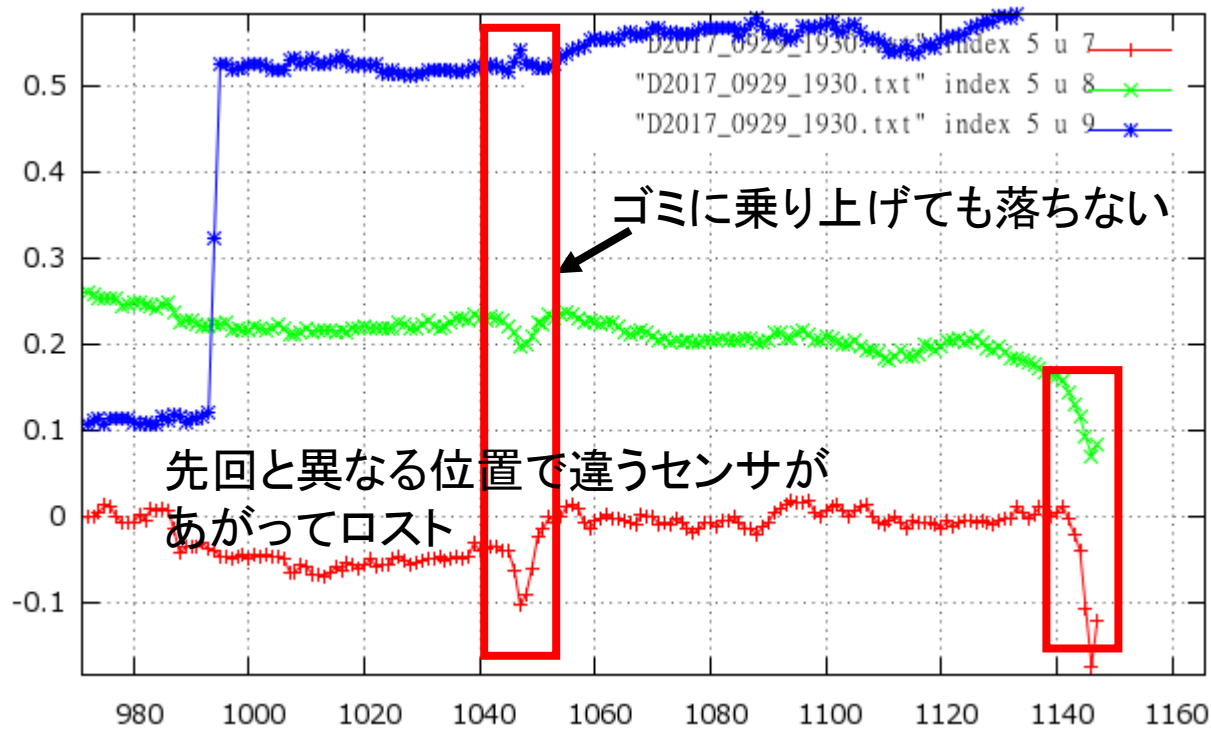




→ 走査方向



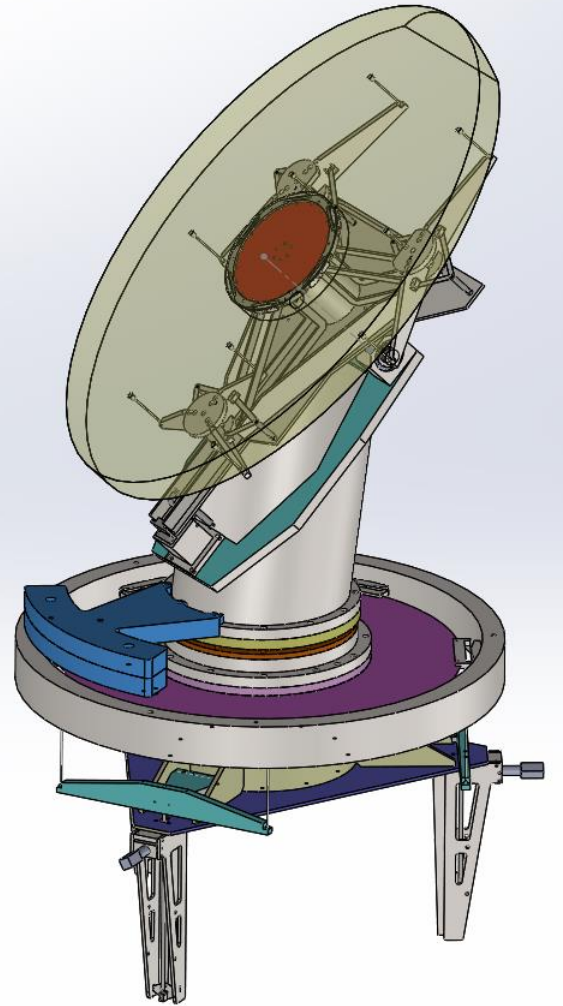
同じ場所で異なるセンサがデータロストしているなので、汚れの可能性が高い



通常の振動にくらべて1桁程度大きな速度変化が起きてもデータロストしていない

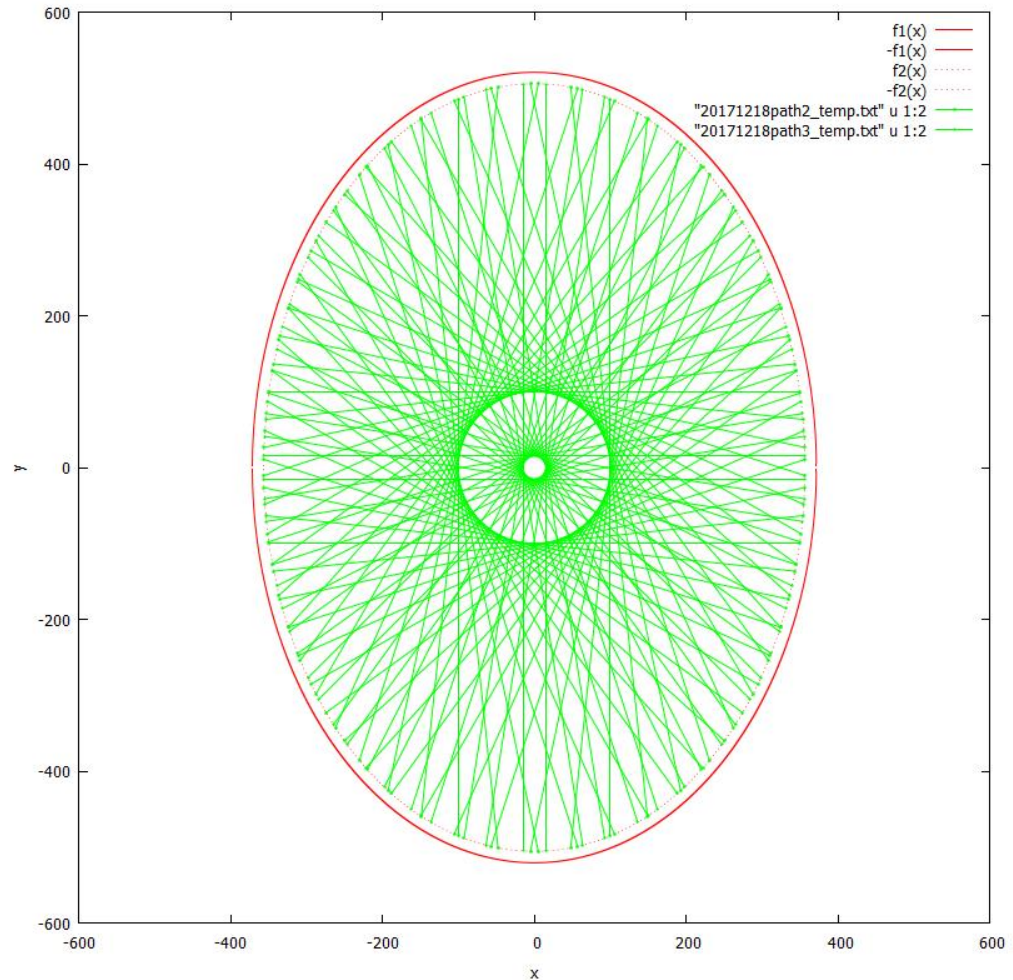
引きずりによる振動より、鏡面上の汚れ等が原因と推定できる。
クリーンルームの導入は有意義

第三鏡（平面） の計測と加工



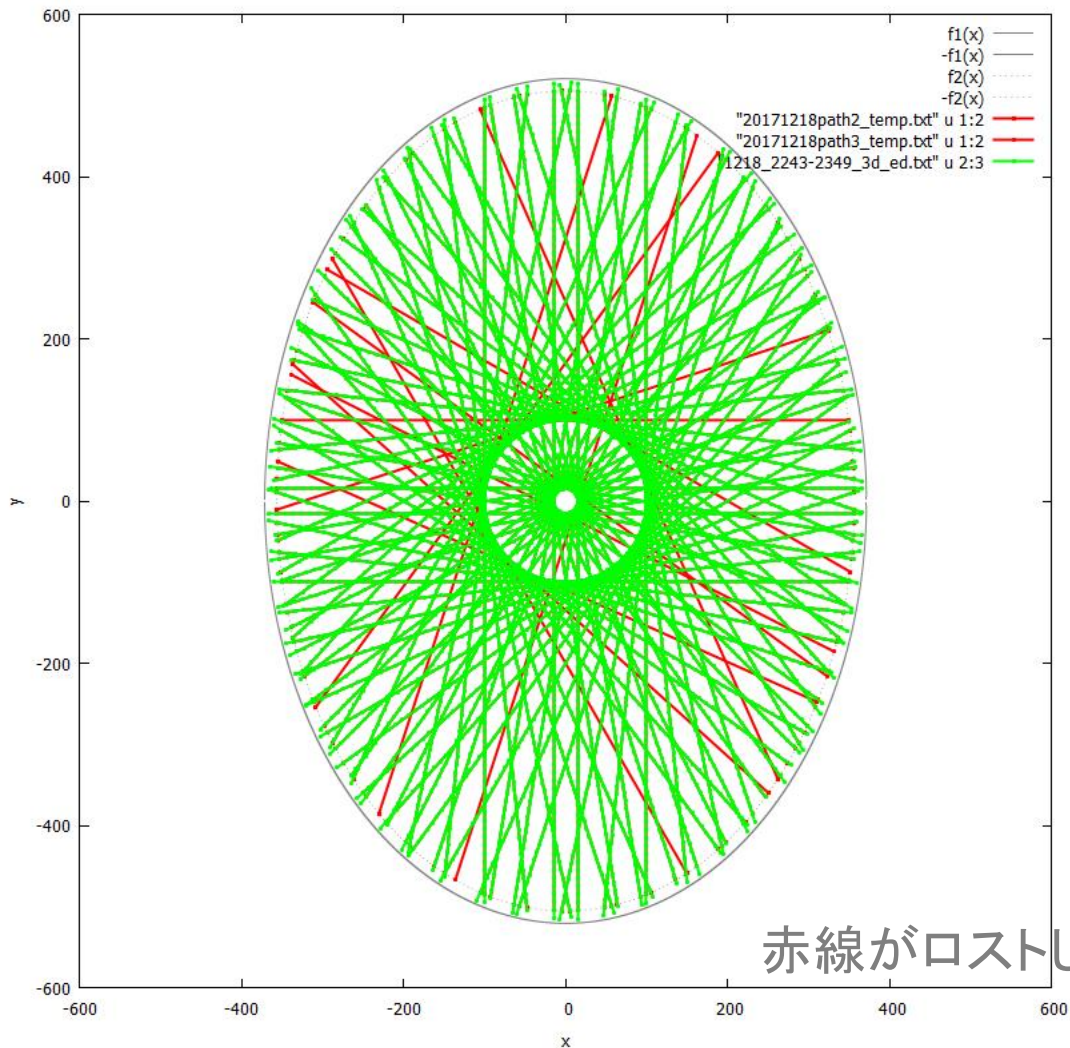
計測

- 研削後のフラッシュ研削を行った平面鏡(M3)
- 計測開始点・終了点での中央のセンサの位置は縁から15 mm内側
- $\phi 100$ に外接する60本、 $\phi 15$ に外接する40本の合計100本



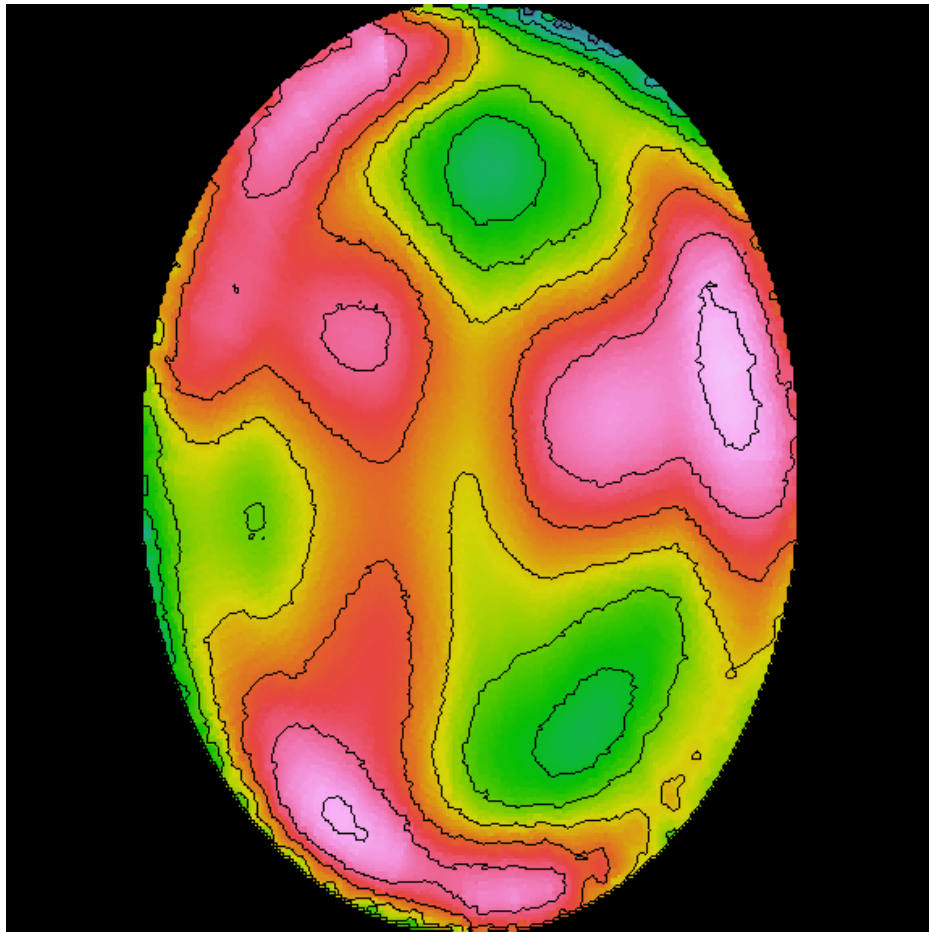
12/18の計測

10本がロストしたので90本でステッチング



赤線がロストした計測ライン

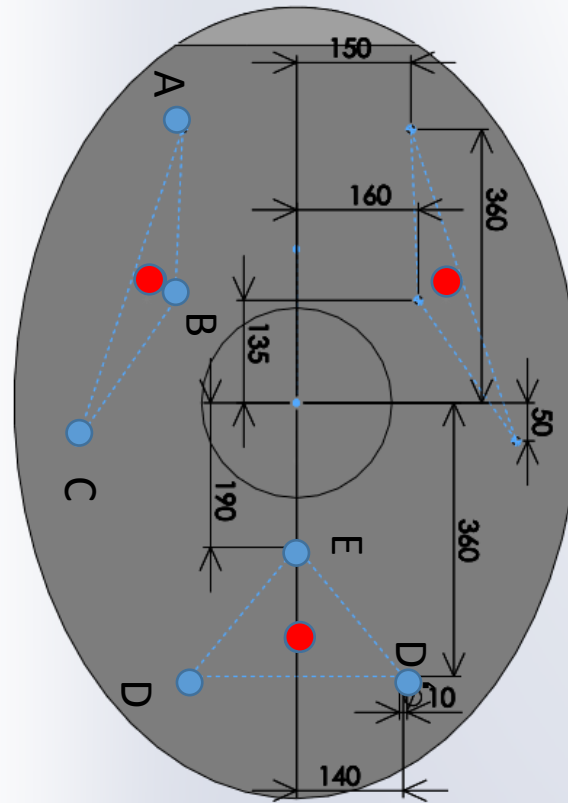
結果 12/18



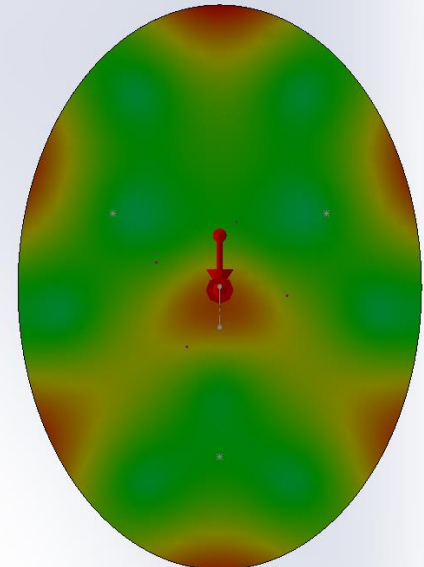
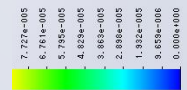
-1.3 μm

等高線の間隔: 0.2 μm

0.7 μm

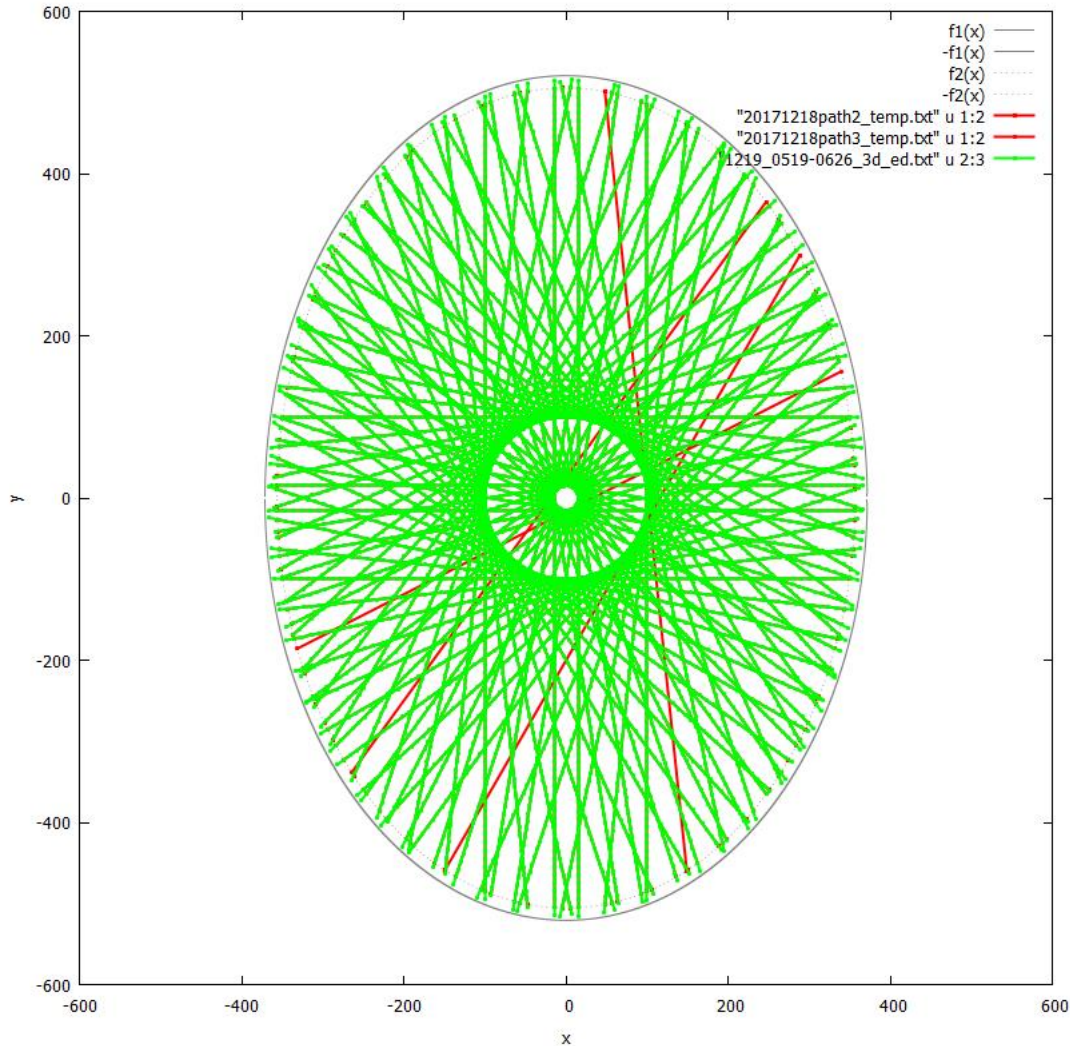


支持機構による変形はP-V=100nm程度のはず



12/19の計測

4本がロストしたので96本でステッチング

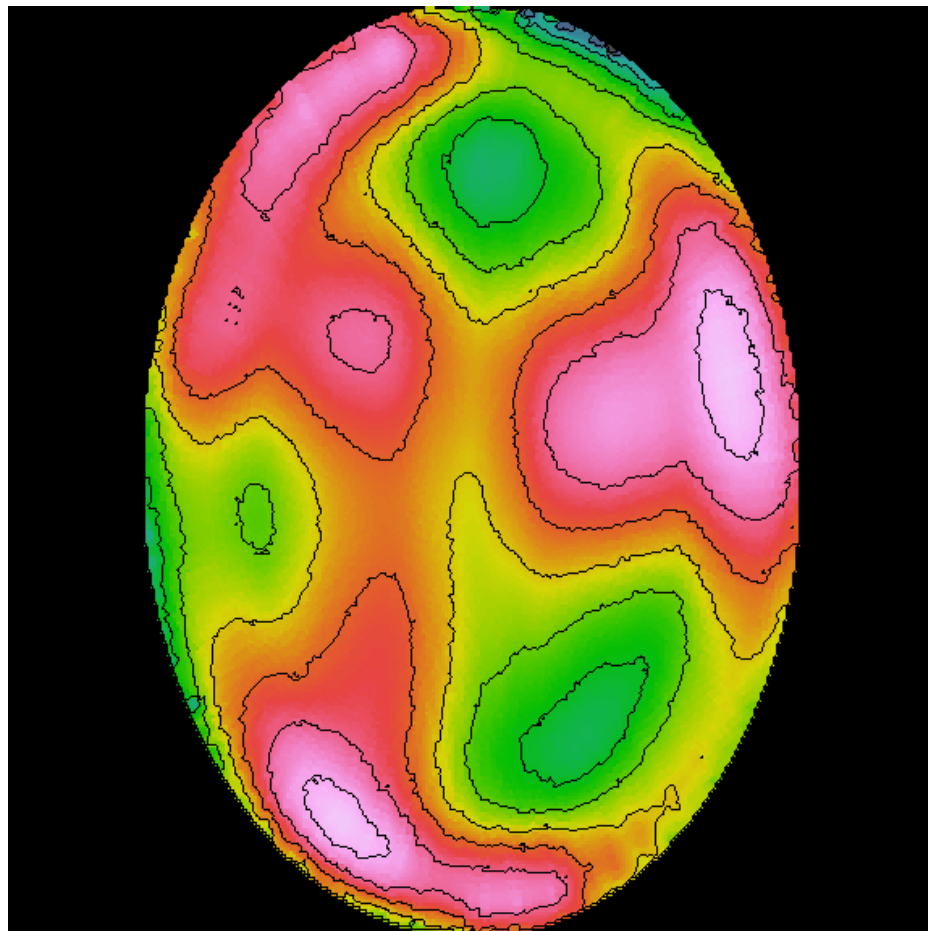
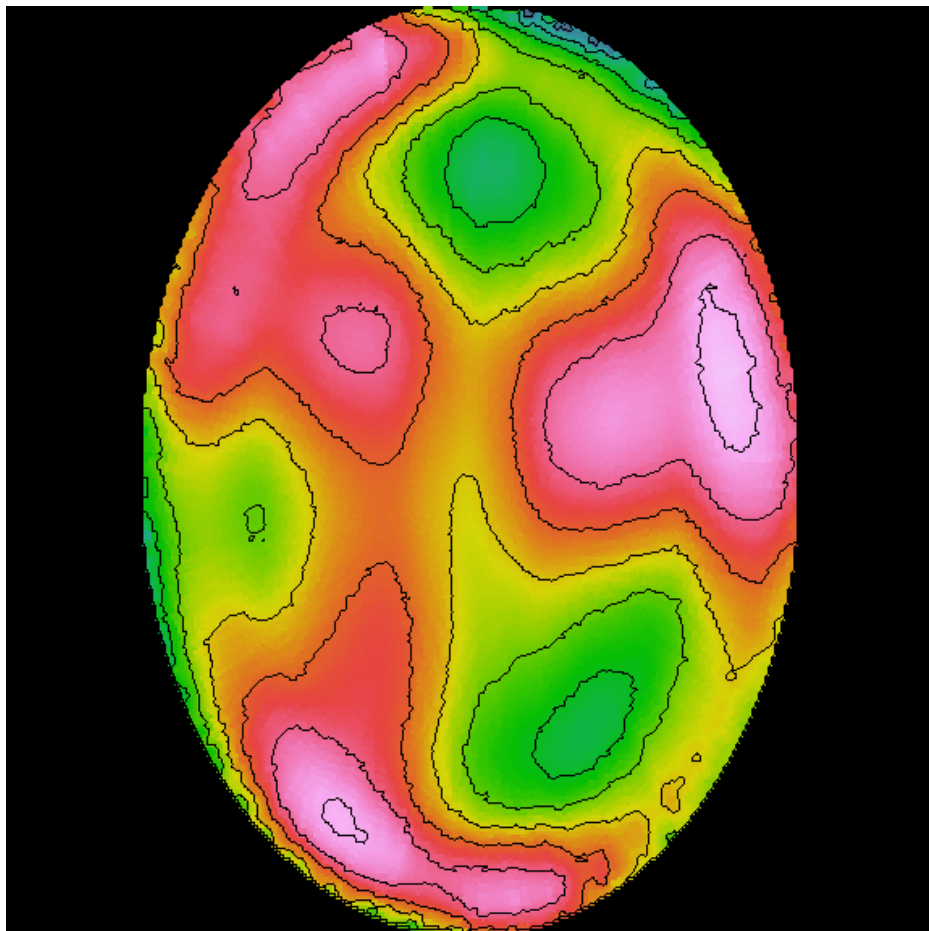


た計測ライン

形状の比較

12/18

12/19

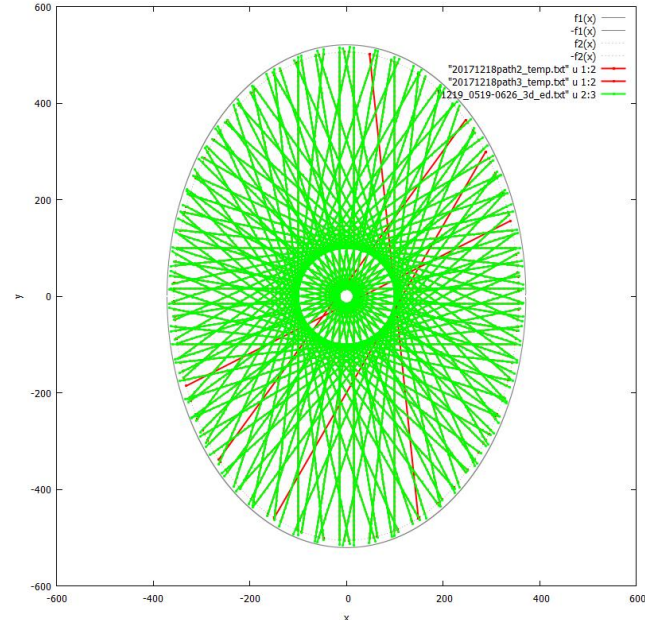
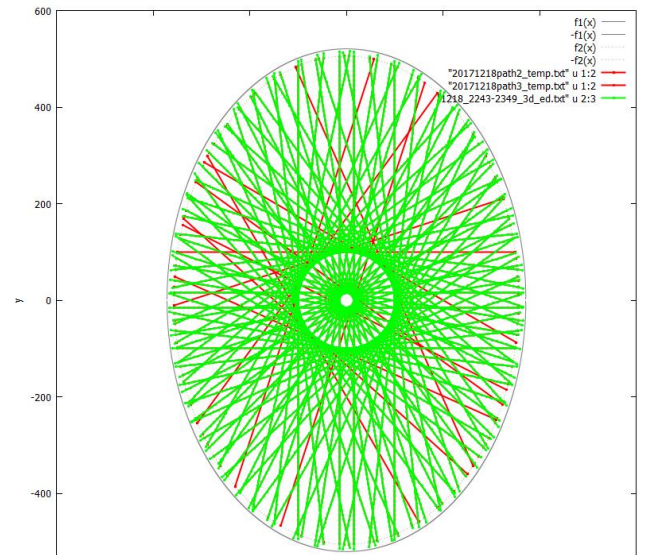
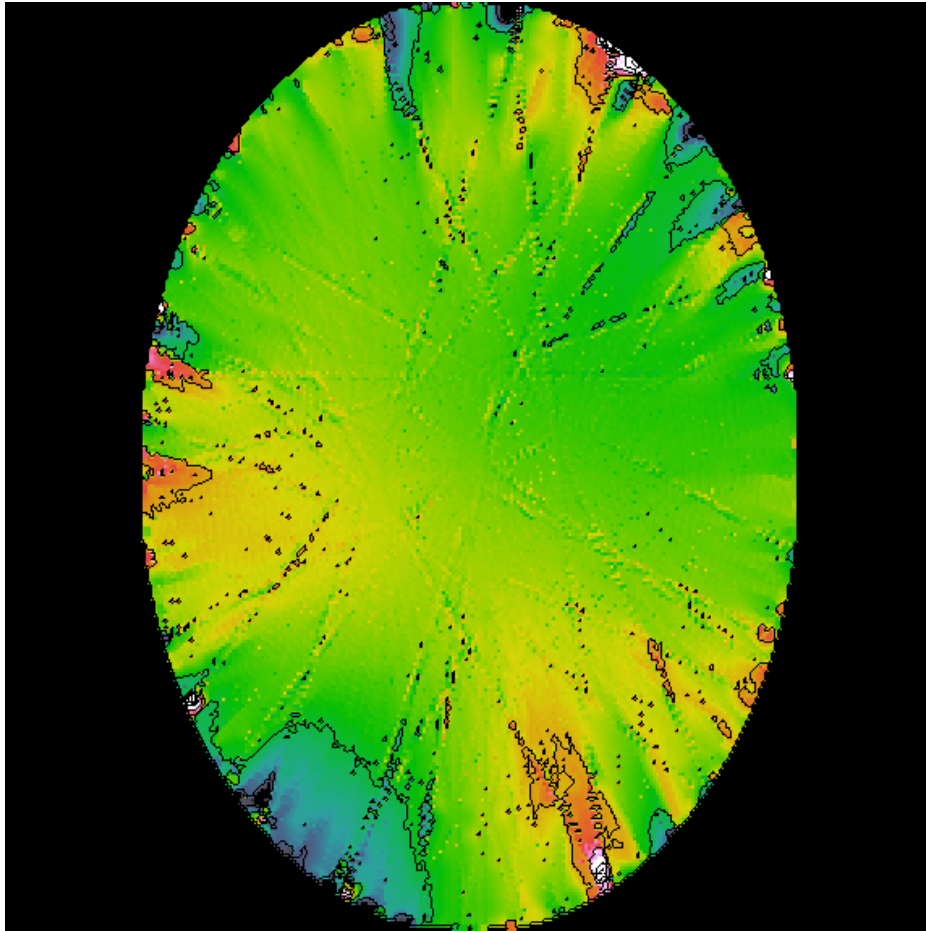


-1.3 μm

0.7 μm

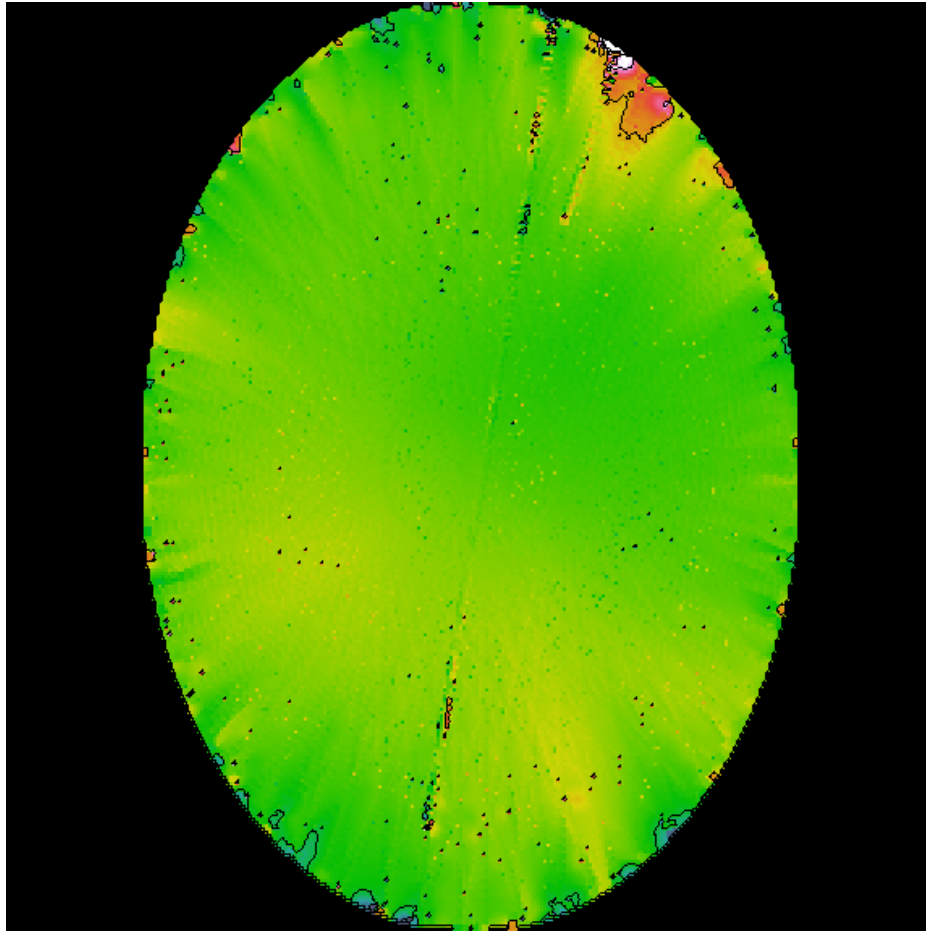
等高線の間隔: 0.2 μm

2回計測の差



ロストした計測ライン付近の再現性が悪い

2回計測の差 (相互にデータ保管)



RMS=11 nm

P-V=490 nm

94%P-V=30nm

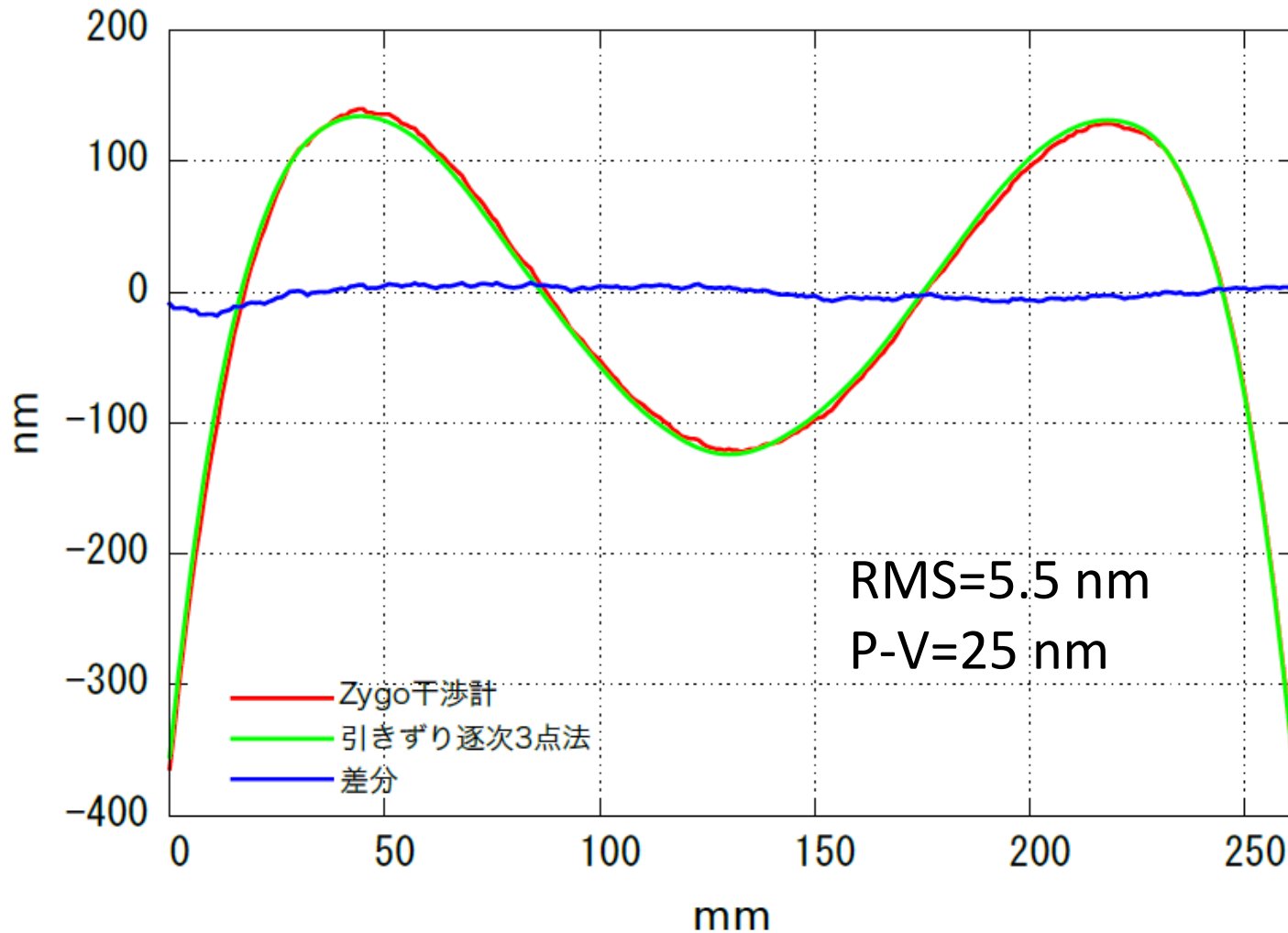
(曲率のみ減算)

-0.1 um

0.1 um

等高線の間隔: 0.05 um

捕捉 独立計測 (Zygo) との比較



第三鏡の仕様変更 について

栗田光樹夫

第45回望遠鏡および観測装置会議

180106

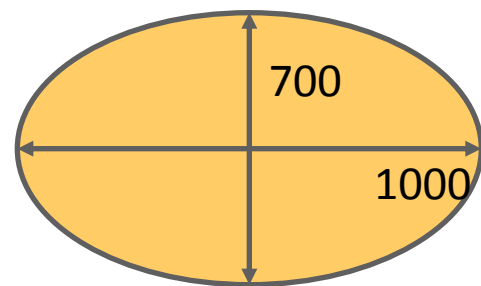
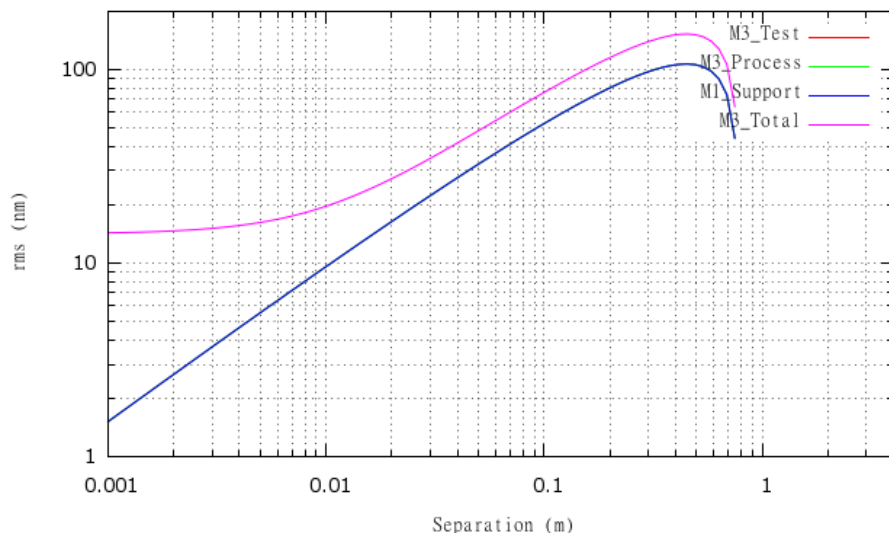
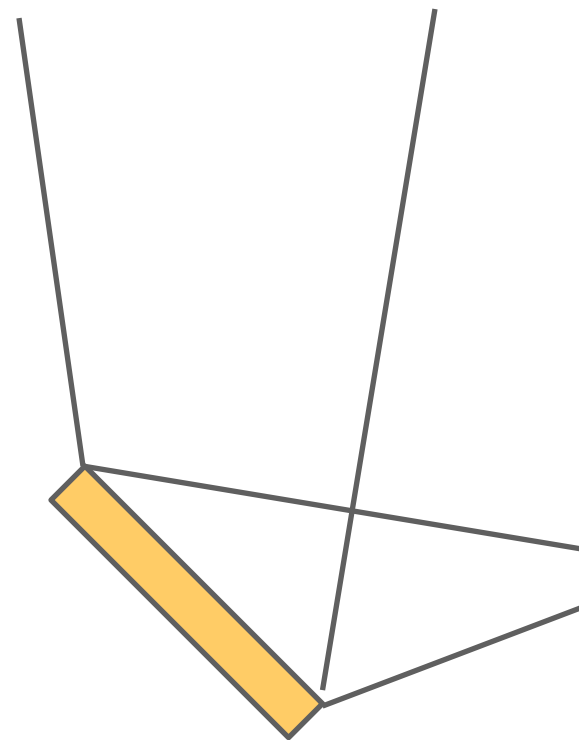
キャンパスプラザ

• 45度入射を考慮してなかった

: 斜入射の分だけ緩和する

: 投影面に対して構造関数を再定義するため、長軸方向は厳しくなる

→ 長軸方向の仕様に変更なし、短軸方向に $\sqrt{2}$ 倍緩和



M3の仕様(構造関数)

仕様定義

形状修正機構の無い場合の構造関数

$$\text{Mirror Specification} = \sqrt{D(r)} = \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^2 6.88 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{\frac{5}{3}} \left[1 - 0.975 \left(\frac{r}{D}\right)^{\frac{1}{3}}\right] + 2\sigma^2}$$

TMTの副鏡

$$D(x) = A \left[10.60 \left(\frac{x}{d}\right)^{5/3} - 13.75 \left(\frac{x}{d}\right)^2 + 3.42 \left(\frac{x}{d}\right)^3 \right] + 2B^2$$

Where:

D(x) is the structure function in nanometers squared

$$A = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{500nm}{2\pi}\right)^2 \left(\frac{30m}{r_0}\right)^{5/3}$$

A = Leading coefficient = 65989

B = High frequency surface roughness = 2 nanometers

x = Separation between point pairs

d = Diameter of beam footprint = 3.046 meters

r₀ = Quasi-Fried's parameter = 3.20 meters

TMTの第三鏡

$$D(x) = A \left[10.60 \left(\frac{x}{d}\right)^{5/3} - 13.75 \left(\frac{x}{d}\right)^2 + 3.42 \left(\frac{x}{d}\right)^3 \right] + 2B^2$$

Where:

D(x) is the structure function in nanometers squared

$$A = \cos(45^\circ)^2 \left(\frac{500nm}{2\pi}\right)^2 \left(\frac{30m}{r_0}\right)^{5/3}$$