

# 京大岡山3.8m望遠鏡計画

## 副鏡計測技術の開発

京都大学宇宙物理学教室

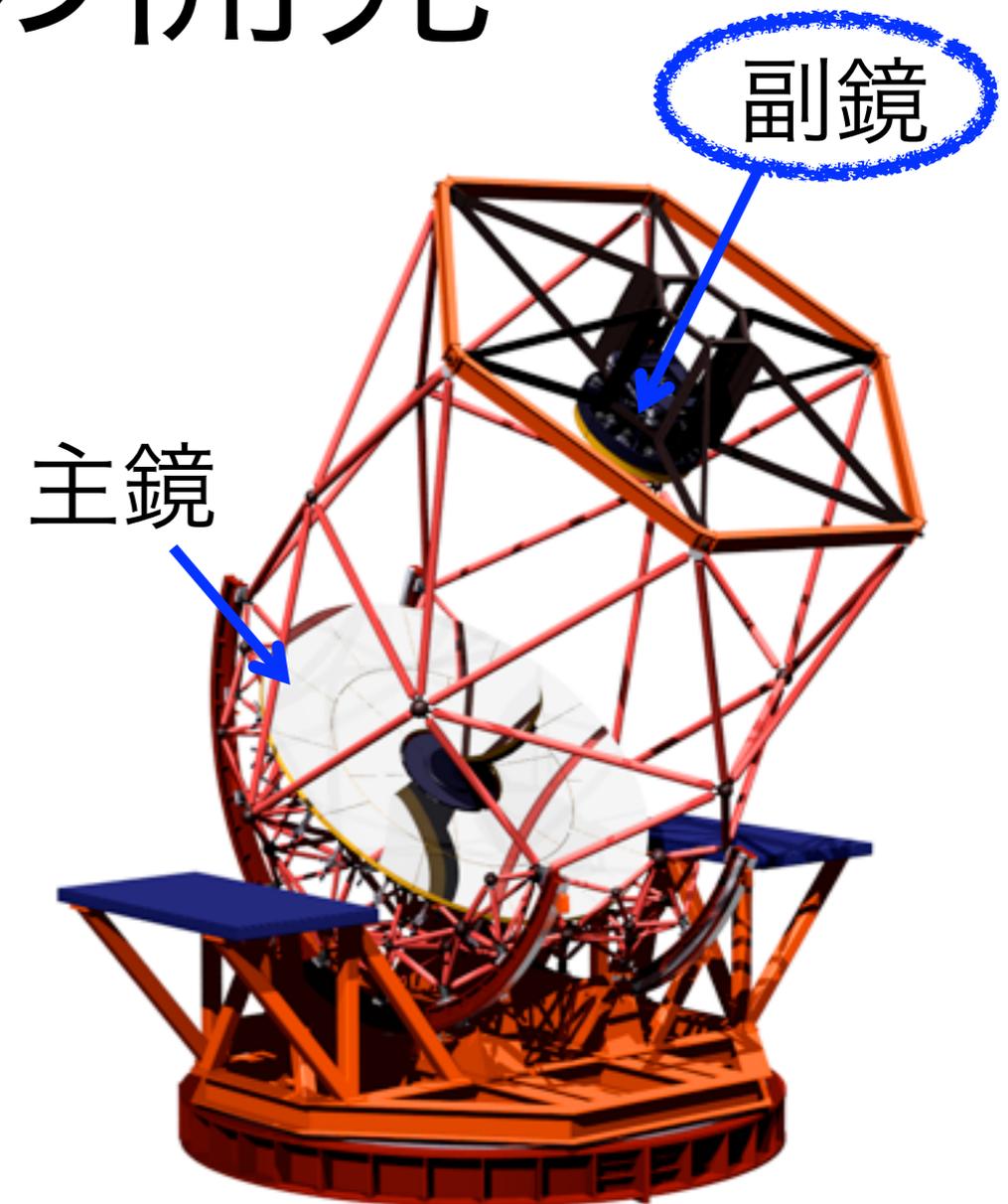
江見直人

下田智文

栗田光樹夫

2014.12.4

第4回可視赤外線観測装置技術ワークショップ

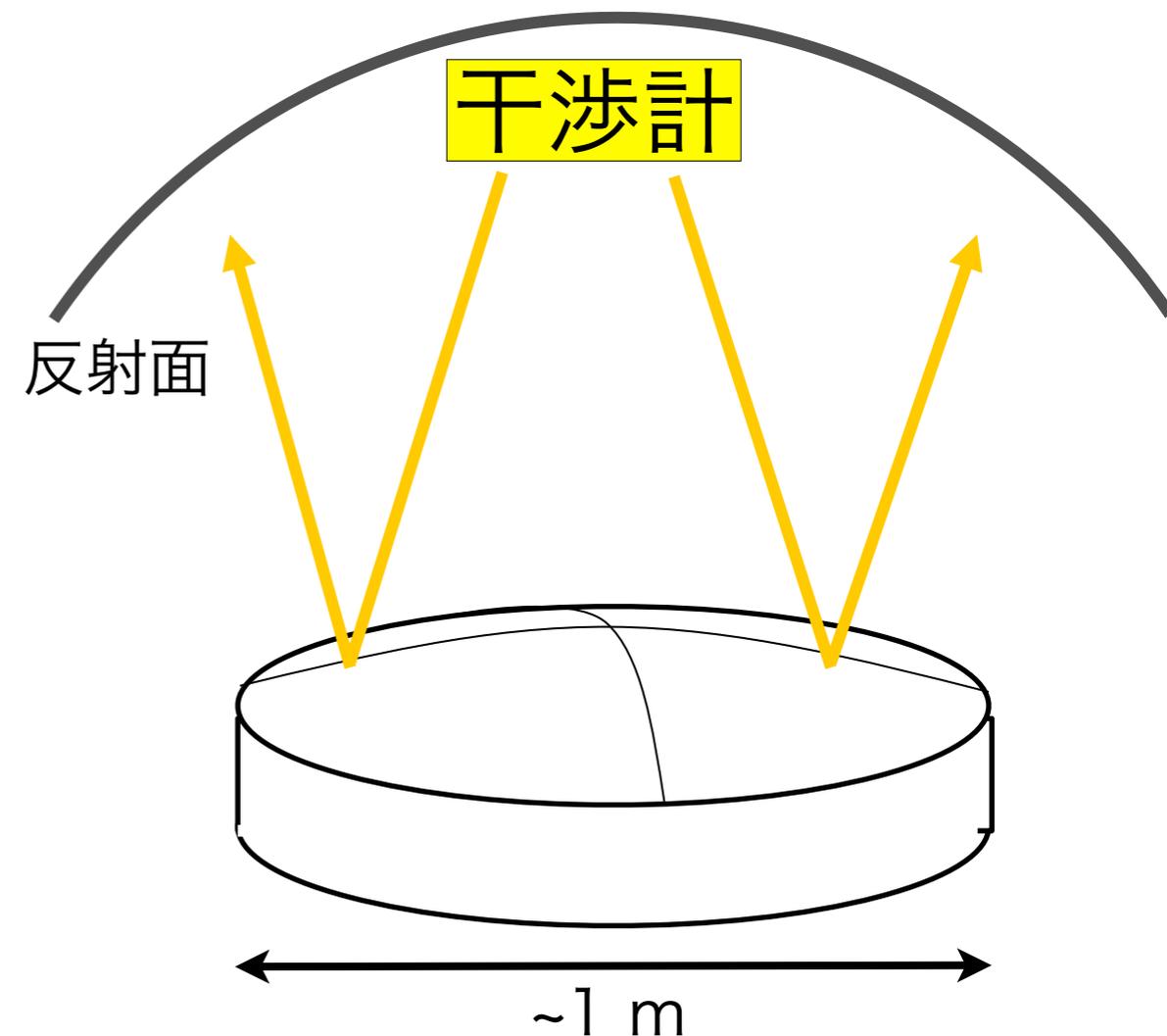


京大岡山3.8m望遠鏡完成イメージ図

# 凸面鏡の計測

## ❖ 干渉計を使った光学的な計測

- ・ 広範囲を同時に計測できる
- ・ 大型化すると設備コストが大きい



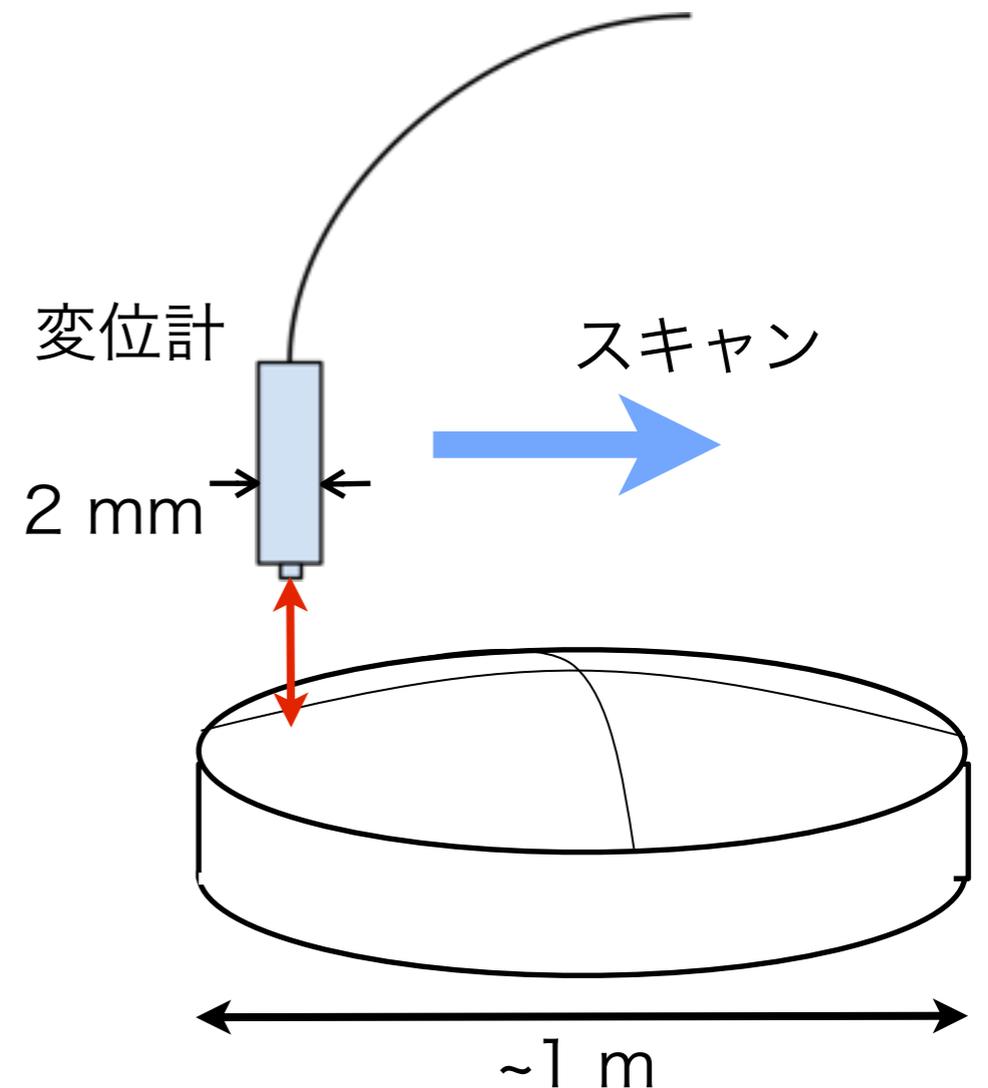
# 凸面鏡の計測

## ❖ 干渉計を使った光学的な計測

- ・ 広範囲を同時に計測できる
- ・ 大型化すると設備コストが大きい

## ❖ 変位計をスキャンさせる 機械的な計測

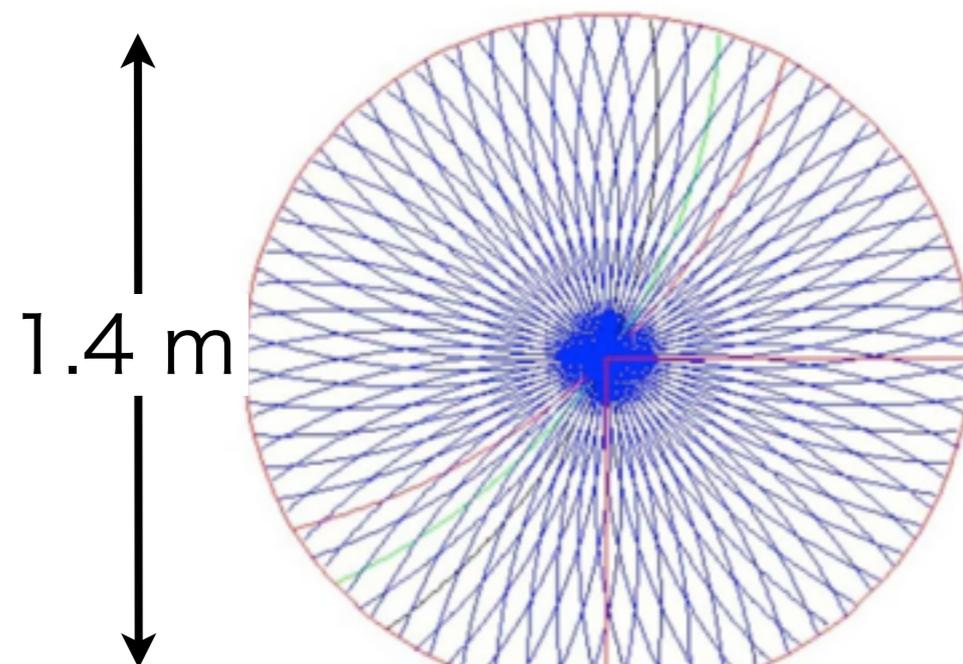
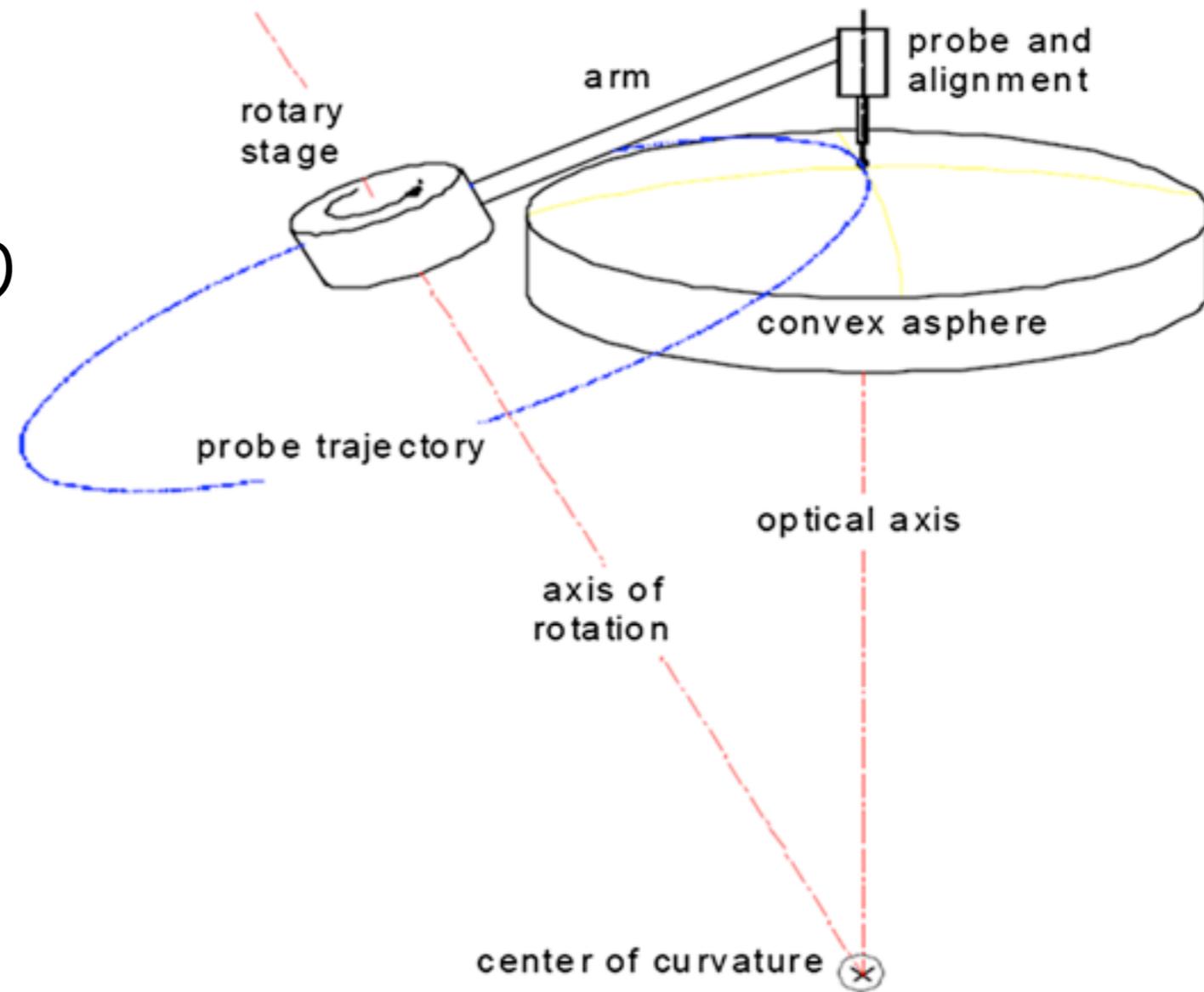
- ・ 大掛かりな設備が不要
- ・ 精密な機械案内が必要



# Swing-Arm

( Su et al. 2012 )

- アリゾナ大学が開発
- **超精密な機械運動**をする  
アームの先に変位計を取り  
付け、鏡表面をスキャン



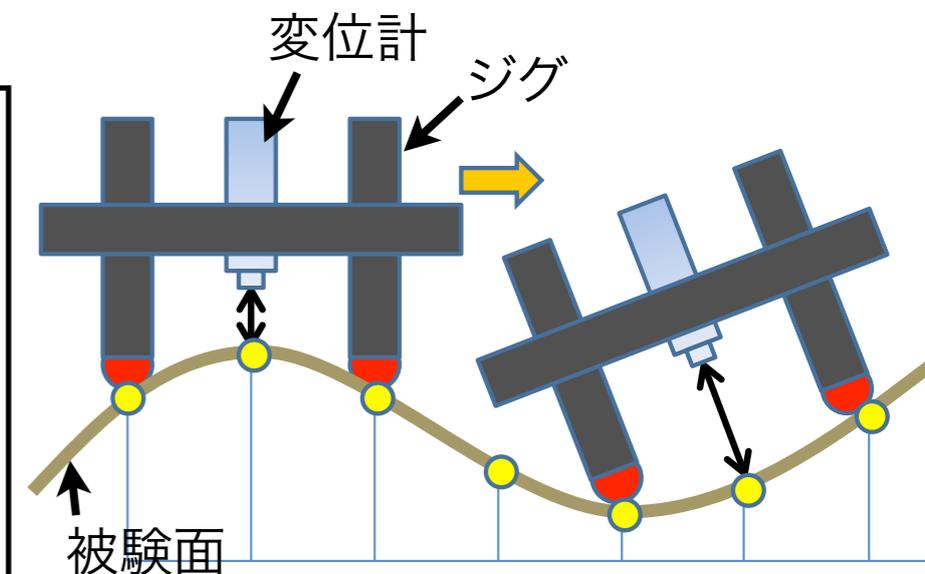
スキャンパス

# 我々の方法 ~引きずり逐次3点法~

直線上等間隔に並んだ3点の相対位置から被検面のローカルな曲率を計測し、それを順次繰り返すことで断面形状を算出する。  
変位計を固定するジグに足を付け、被検面と接触させたまま加工機で引きずることで曲面に沿って計測する。

## 既存の技術と比較して優れている点

- 精密な機械案内が不要  
→ 既存の鏡加工機を使ってスキャン可能  
→ 低コスト
- 自由曲面の計測が可能
- 計測範囲の制限がない → 大型の鏡に対応可
- 機上計測が可能



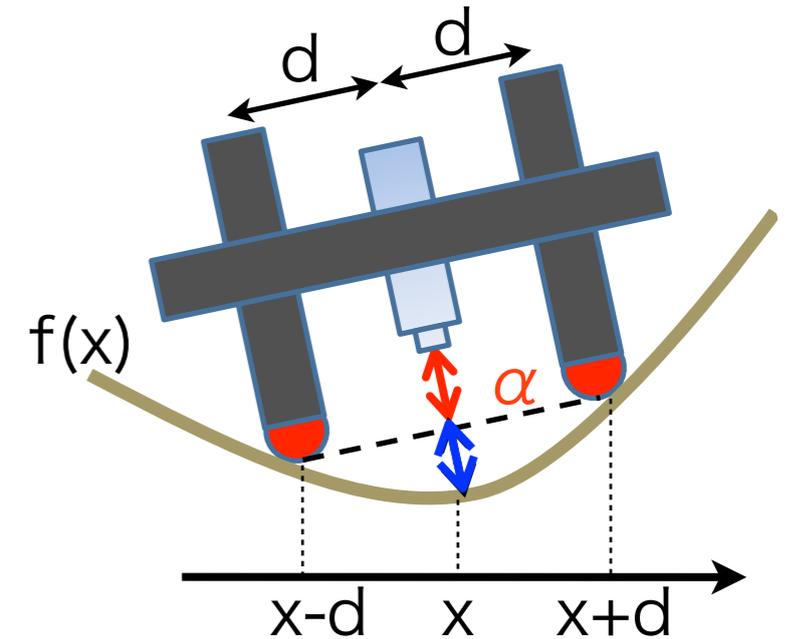
# 測定原理

変位計の測定値 $s(x)$ は以下で表される。

$$s(x) = \frac{f(x-d) + f(x+d)}{2} - f(x) + \alpha$$

$$= \frac{1}{2} \left[ (f(x+d) - f(x)) - (f(x) - f(x-d)) \right] + \alpha$$

(  $f(x)$  : 真の形状、  $\alpha$  : ゼロ点誤差 )



2階の微分方程式を解いて $f(x)$ を求めると、

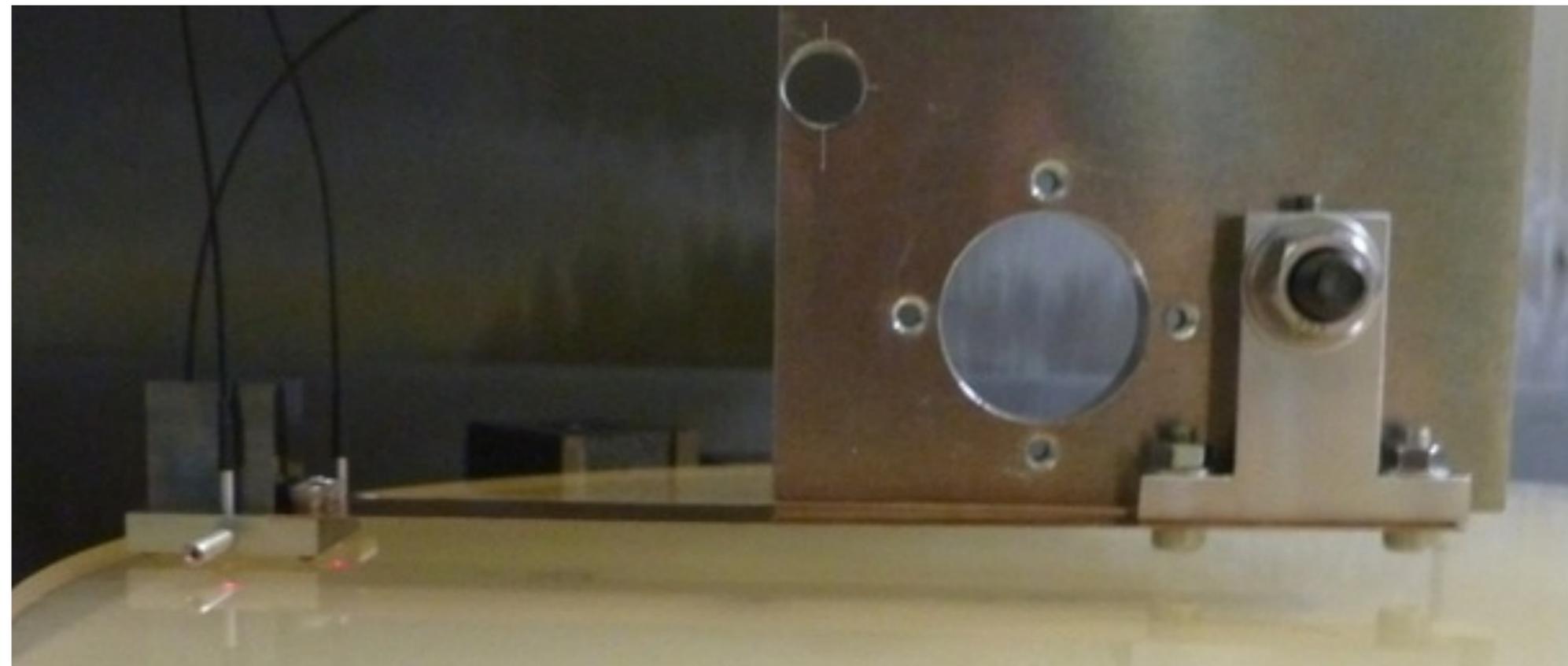
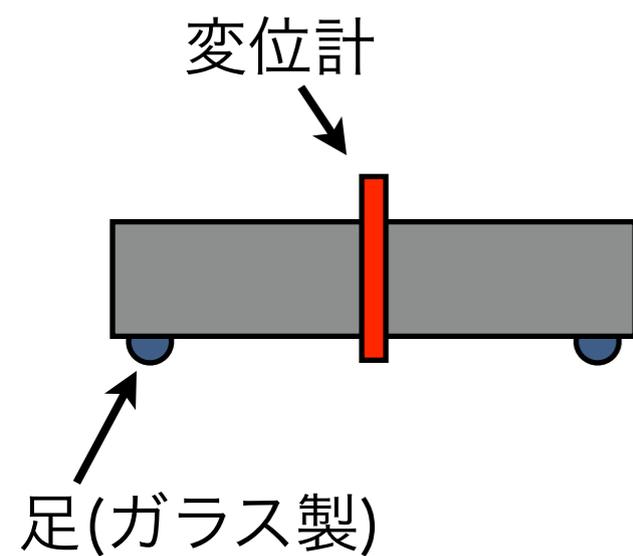
$\alpha x^2$ に比例した項が現れるため**形状の2次成分は不定**となる。

→ 以下、形状の評価は3次以上の成分で行う。

# 計測実験

- ナガセインテグレックス製の研削盤に変位計を取り付け、平面の直線パスを引きずり逐次3点法で計測した。
- 断面形状を算出し、Zygoの干渉計の結果と比較した。

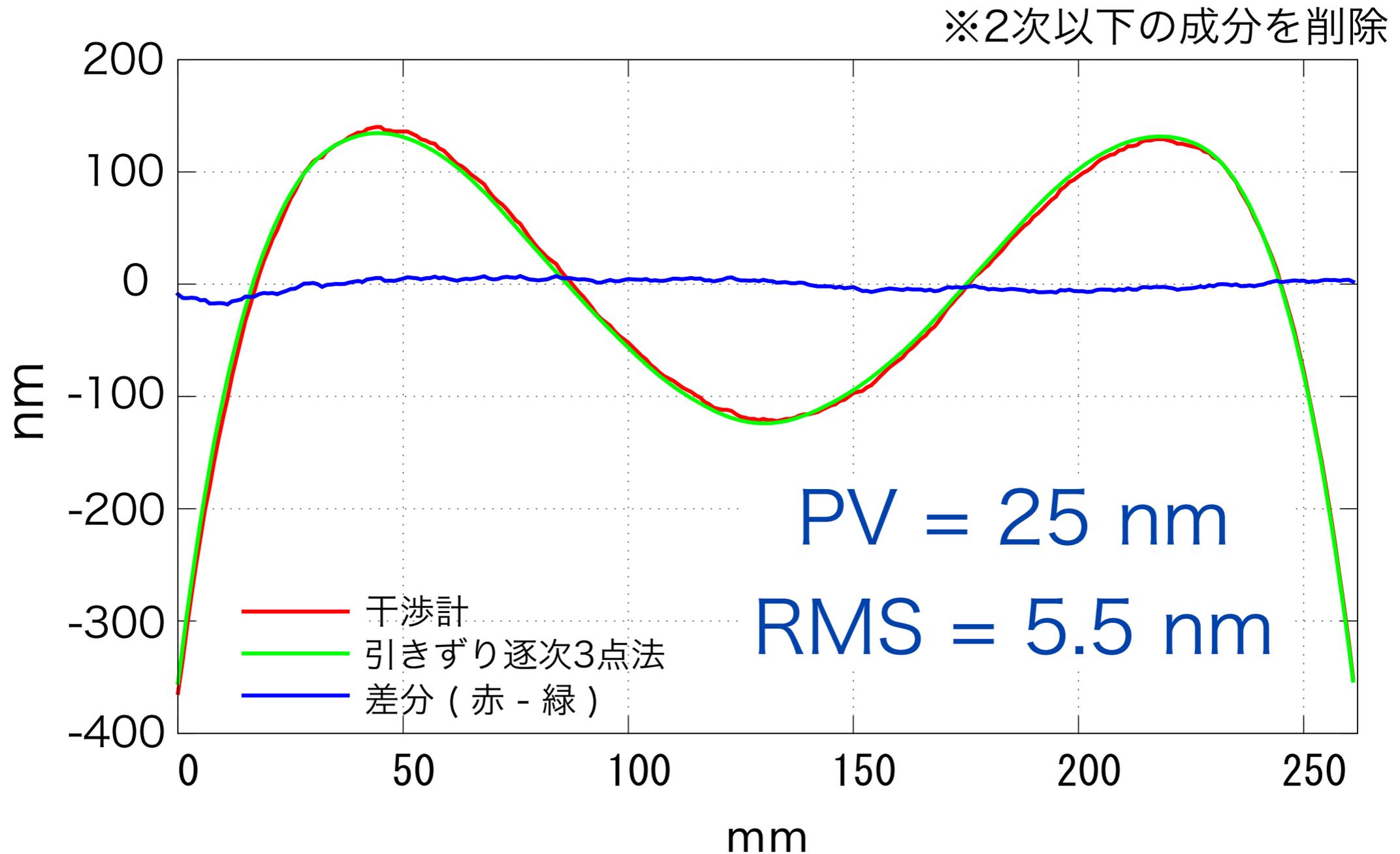
被検面	測定長	温度	走査速度
平面(研磨面)	260 mm	一定( $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ )	1200 mm/分



# 干渉計との比較

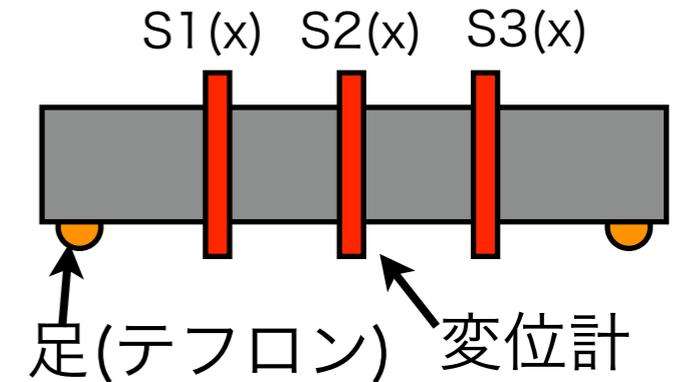
緑：引きずり逐次3点法で算出した形状

赤：干渉計で計測した同一直線の形状



# ジグの改良

- 足を樹脂(テフロン)製に変える。
- 3つの変位計でローカルな曲率を求める。



	メリット	デメリット
改良前	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 測定レンジが狭くて良い</li> <li>• 角度レンジが狭くて良い</li> <li>• 超精密なガイドが不要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 姿勢変化に弱い</li> <li>• 足の摩耗の影響を受ける</li> <li>• 被検面にキズをつける可能性がある</li> </ul>
改良後	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 同上</li> <li>• 足が摩耗しても大丈夫</li> <li>• 姿勢変化に強い</li> <li>• 被検面にキズをつけない</li> <li>• 系統誤差を小さくできる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ランダム誤差が大きくなる</li> <li>• 変位計のコストが3倍</li> </ul>

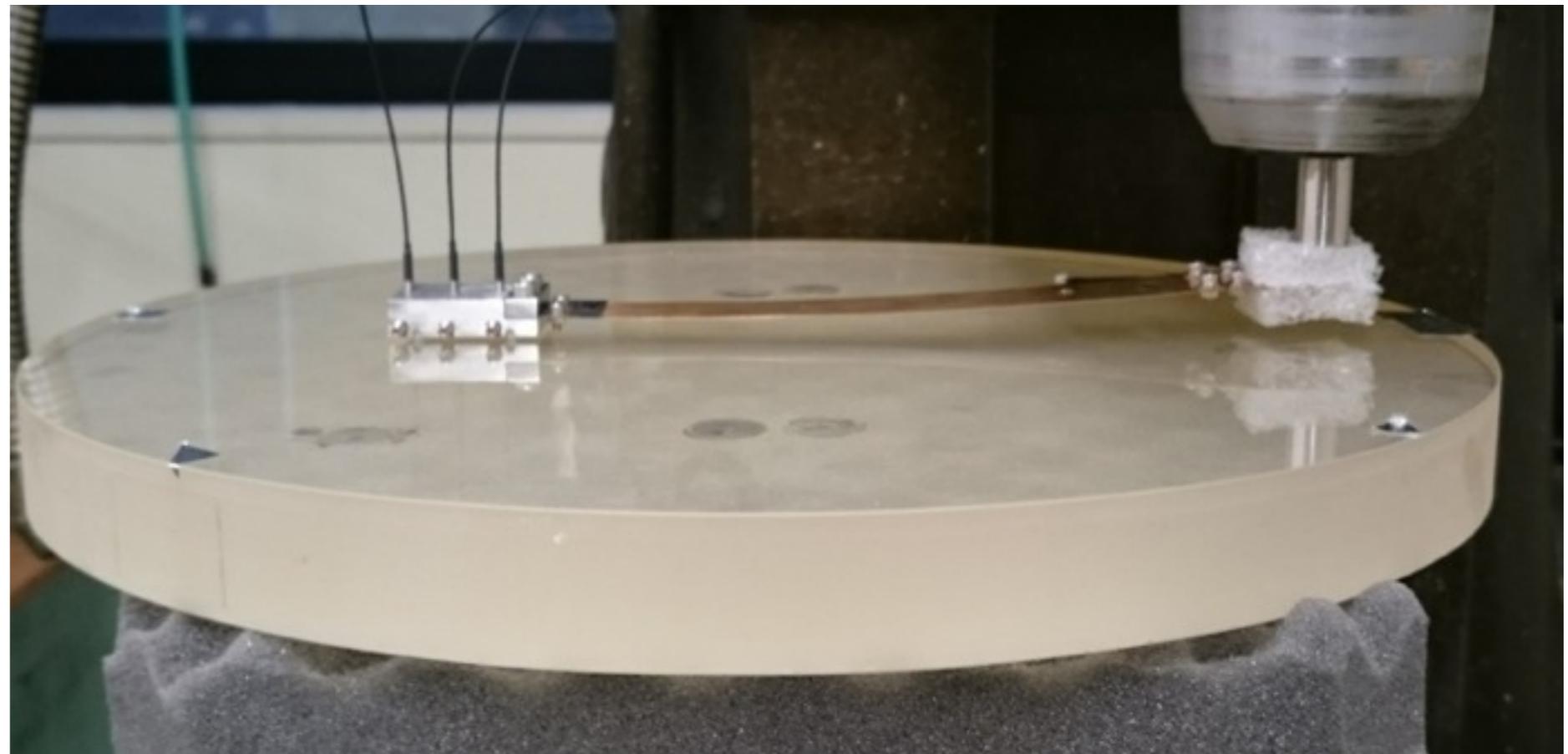
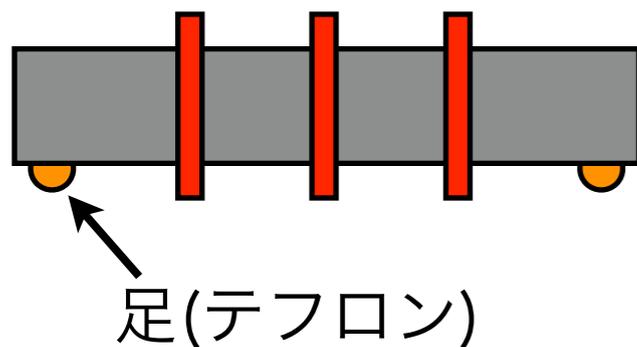
変位計3つのときの局所曲率を求める式

$$\frac{S_1(x) + S_3(x)}{2} - S_2(x)$$

# 計測実験(改良後)

同様のアルゴリズムで計測しZygoの干渉計と比較した。  
引きずるための機械は大学の**フライス盤**を使用した。

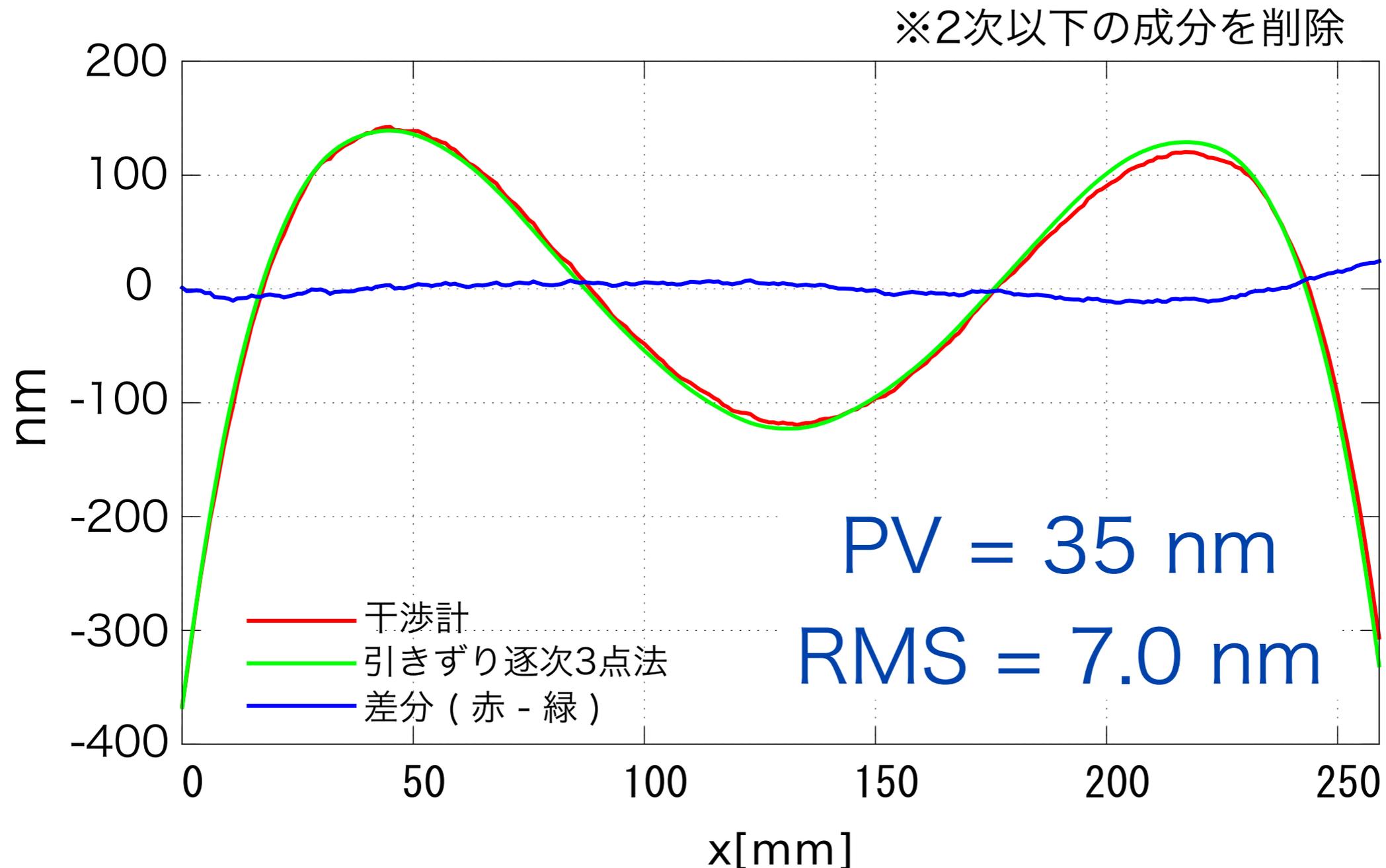
被検面	測定長	温度	走査速度
平面(研磨面)	260 mm	室温(空調なし)	500 mm/分



# 干渉計との比較(改良後)

緑：引きずり逐次3点法で算出した形状

赤：干渉計で計測した同一直線の形状



# まとめ・今後の展望

## まとめ

- 副鏡を加工機を使って引きずり逐次3点法でスキャンし、形状情報を得る方法を開発中である。
- 改良後のジグでフライス盤を使ってスキャンした結果は干渉計と7.0 nm RMSで一致することを確認した。

## 今後

φ750の凹面鏡を全面計測し干渉計と比較する。