

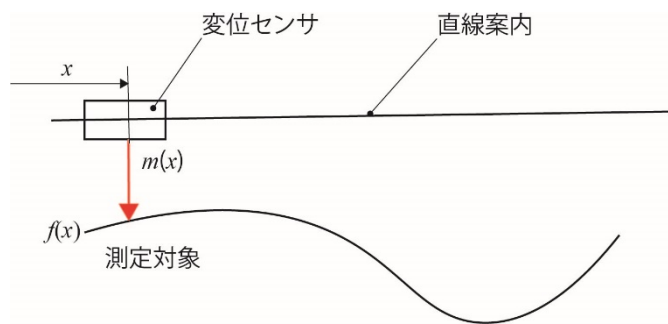
半径方向に定量シ した微分干渉計

東京電機大学 工学部 先端機械工学科
教授 古谷 涼秋

2019年10月24日

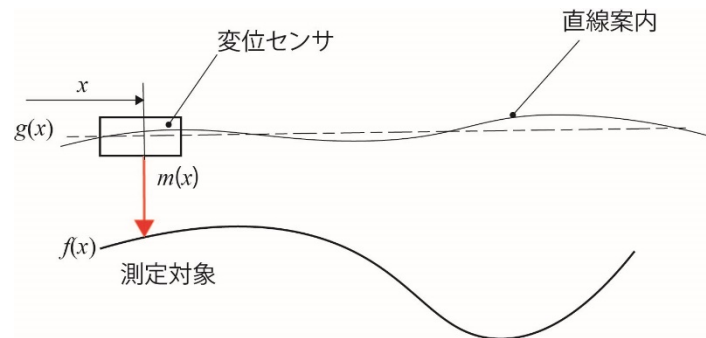
形状測定法の問題点(1) – 移動機構のある場合

理想的な移動機構



$$f(x) = m(x) + ax + c$$

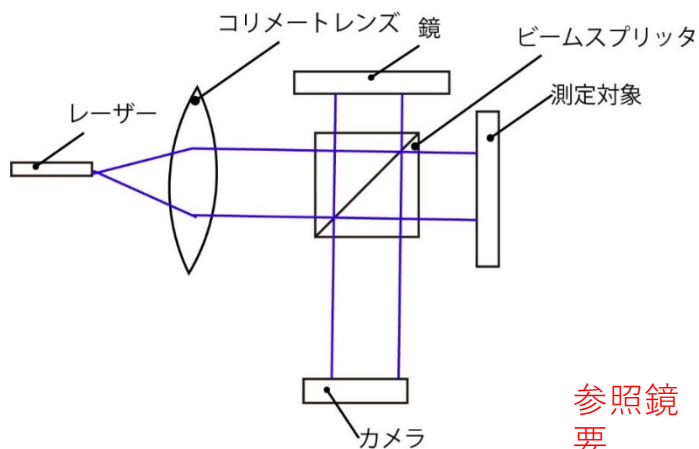
実際の移動機構



$$f(x) = g(x) + m(x) + ax + c$$

形状測定法の問題点(2) - 干渉測定

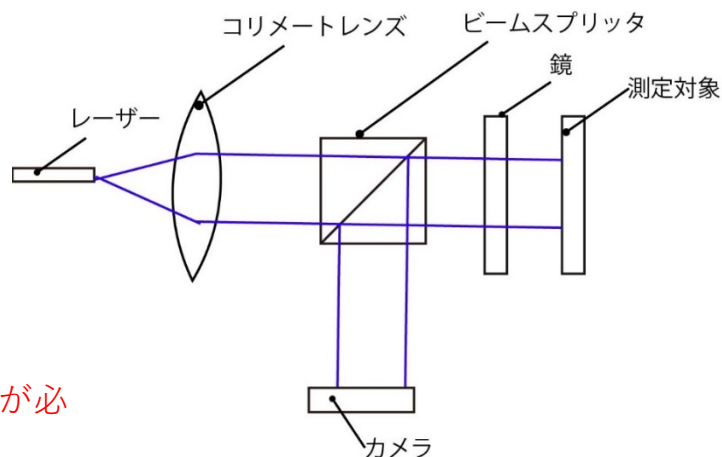
トワイマングリーン干渉計



参照鏡（平面）が必要

外乱に弱い

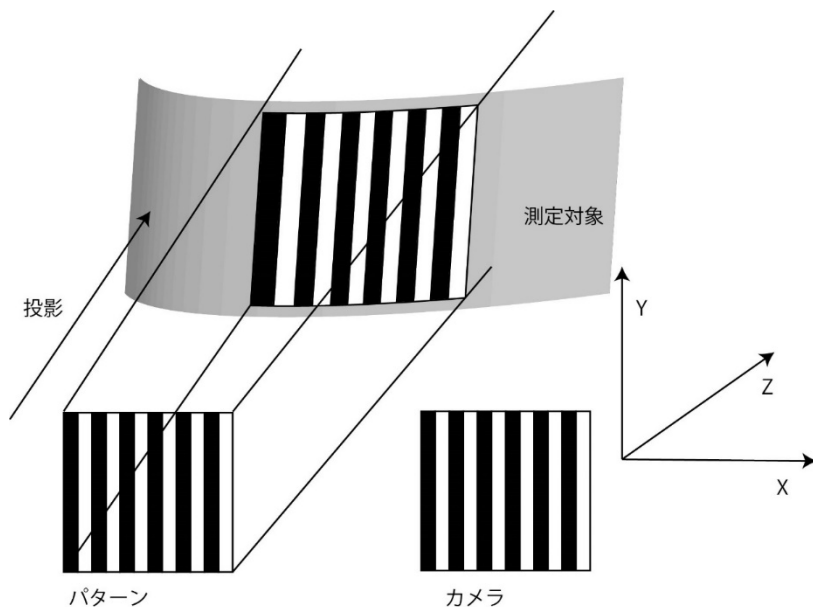
フィゾー干渉計



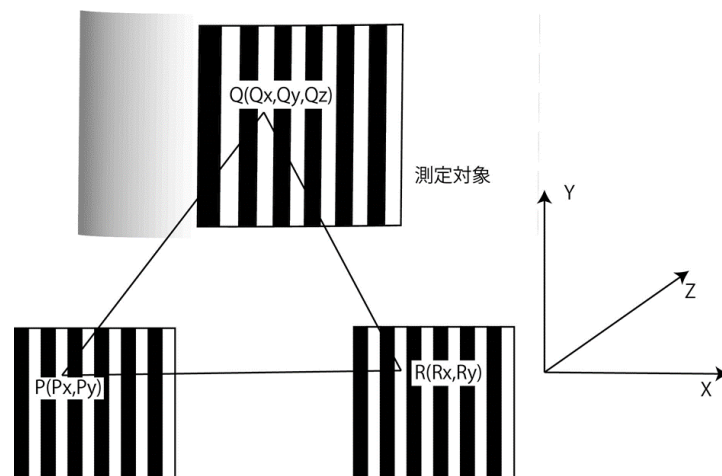
外乱に強い

形状測定法の問題点(3) – パターン投影の場合

• パターン投影



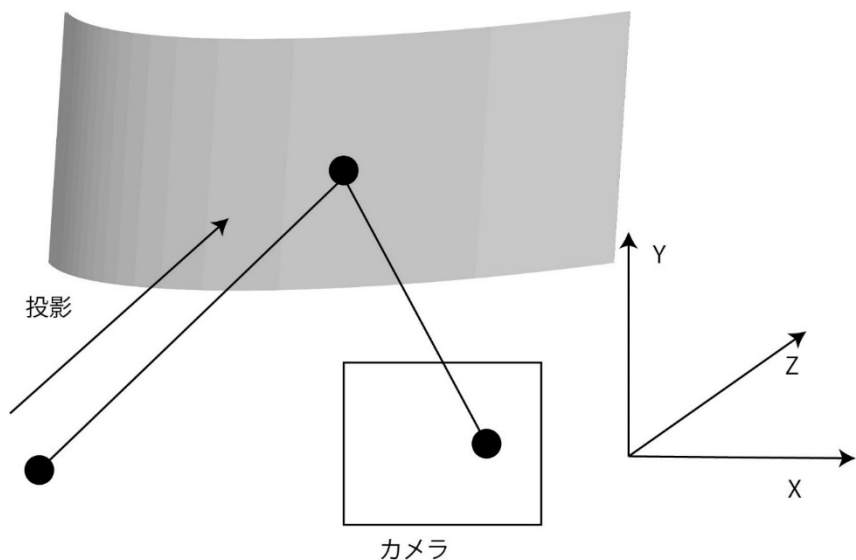
• 三角測量



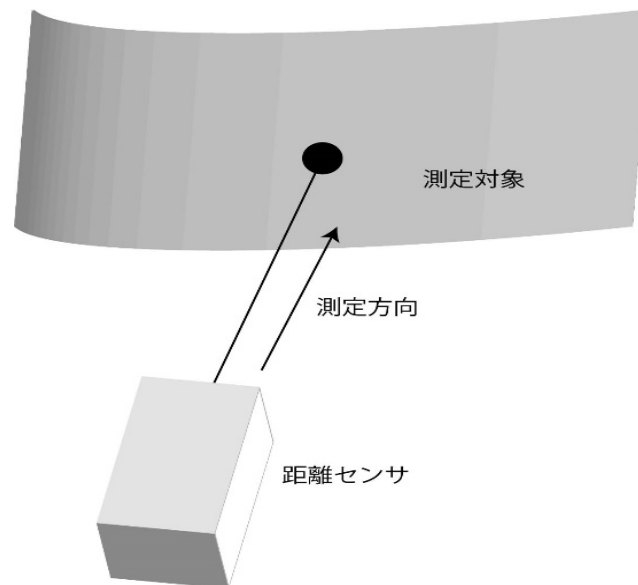
横分解能がパターンの密度に依存し低い

形状測定法の問題点(4) – レーザレーダーの場合

三角測量

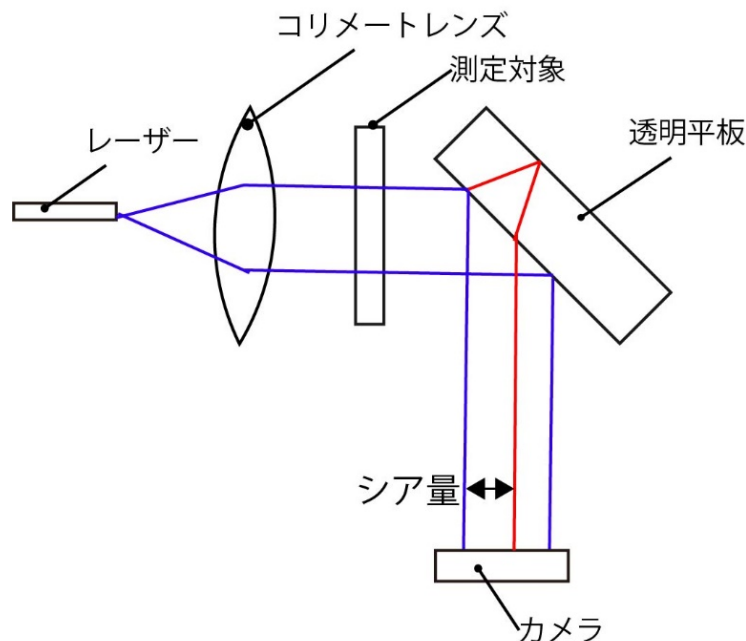


レーザー距離センサ



横分解能が投影機構に依存する．測定にかかる

シアリング干渉計の原理



光の透過する測定対象を透過した光が、透明平板に入射し、表面で反射する光（青）と平板内部へ屈折する光（赤）に分かれる。

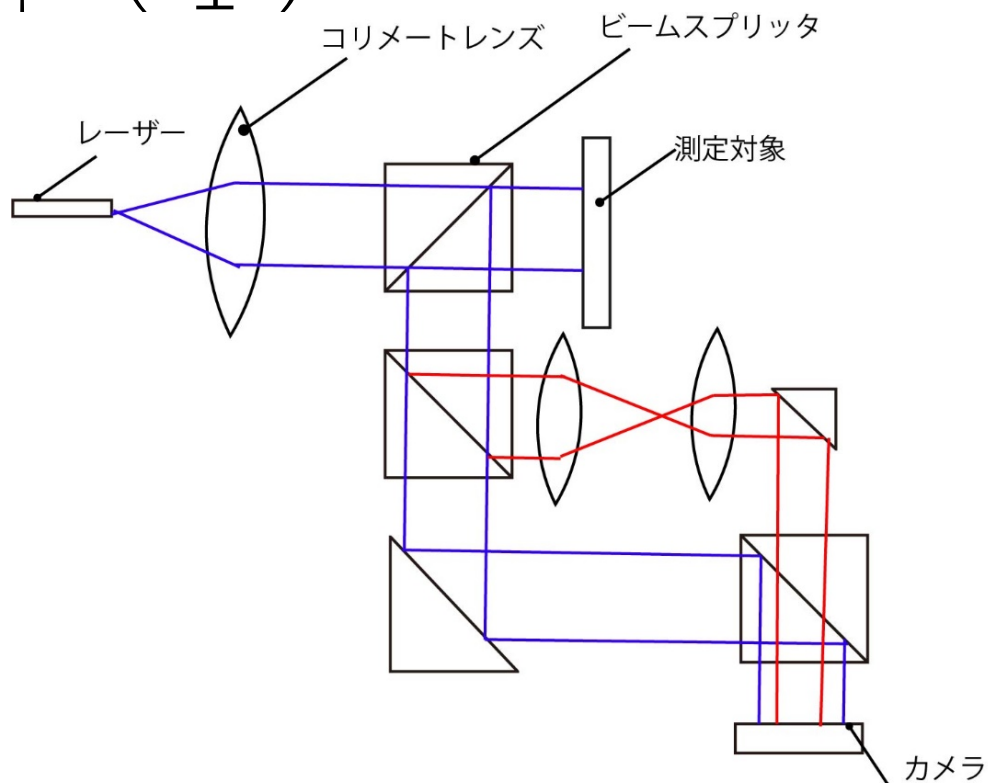
平板内部に入射した光は、平板の裏面で反射し、透明平板から出射する。

この時の屈折により、横方向に位置がずれる。このずれをシア量という。

また、赤と青の光では光路差が生じている。

光路差は、測定対象の屈折率分布及び測定対象の厚さに依存するので、カメラで観察する干渉縞は、測定対象の屈折率分布の横方向微分となる。

これまでの半径方向シアリング干渉計 (1)



これまでの半径方向シアリング干渉計（２）

PROS

- 横分解能が観察系の分解能
- 反射光，透過光で測定できる
- 実時間で微分・差分画像が得られる．
- 光学系が簡単

CONS

- シア量（差分量）が半径に比例する．
- 中心から離れるにしたがって情報が粗になる．
- 干渉信号の復調が困難

定量シア・シアリング干渉計

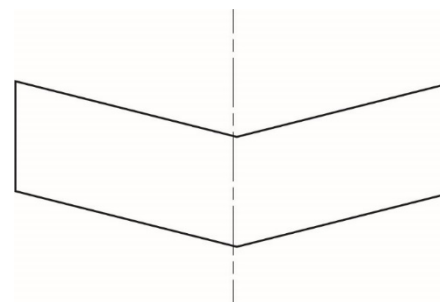
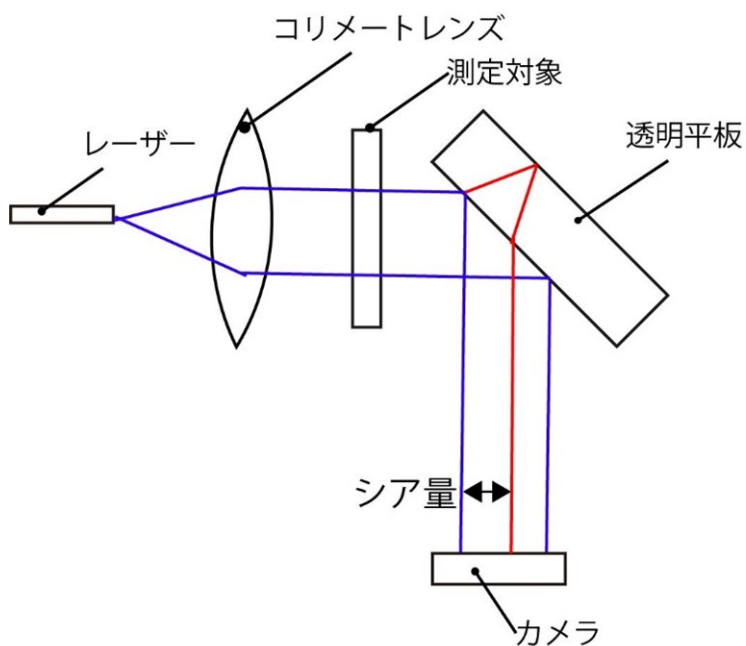
PROS

- 参照面を必要としない
- 横分解能が観察系の分解能
- 反射光，透過光で測定できる
- 実時間で微分・差分画像が得られる。
- アキシコンレンズを使った簡単な光学系

CONS

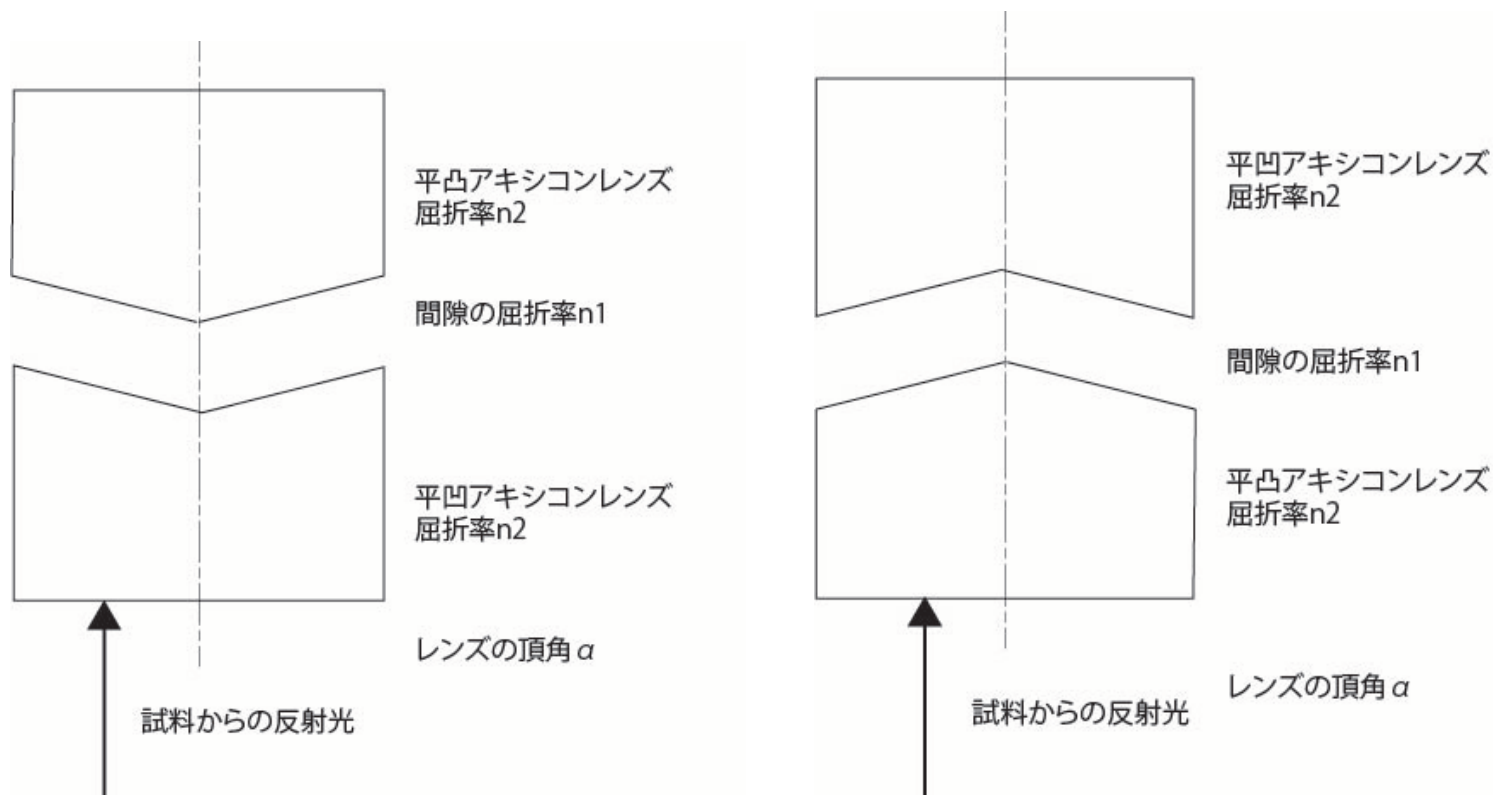
- アキシコンレンズが必要
- 位相画像から3Dへの復調が必要
- 2π の位相範囲内で測定しないと位相が跳ぶ

アキシコンレンズ（1枚）による干渉計

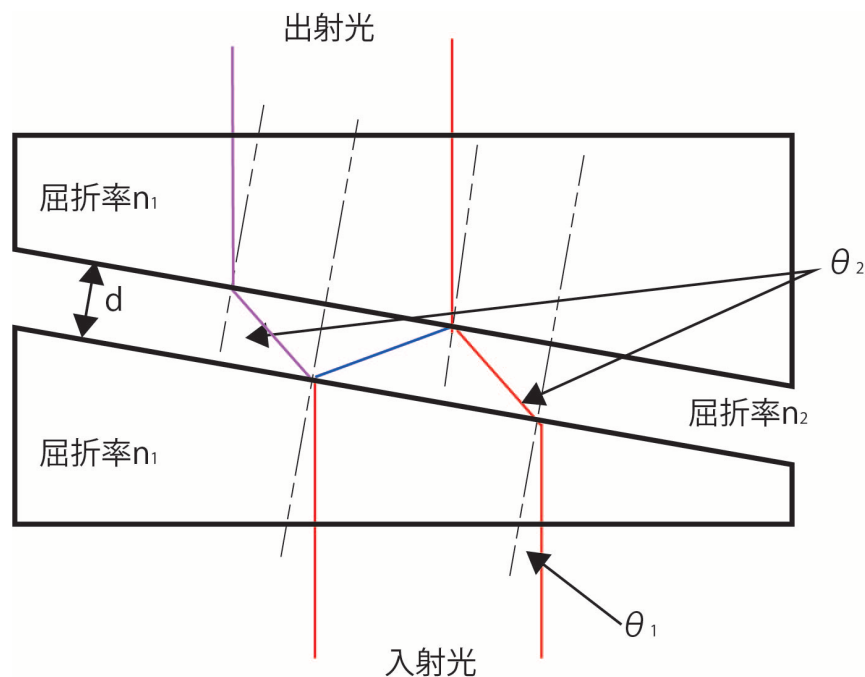


- 透明平板を回転して得られる形状
- 2枚の平行円錐面から構成される.
- アキシコンレンズ1枚で、微分干渉計が実現可能

アキシコンレンズの組み合わせによる干渉計



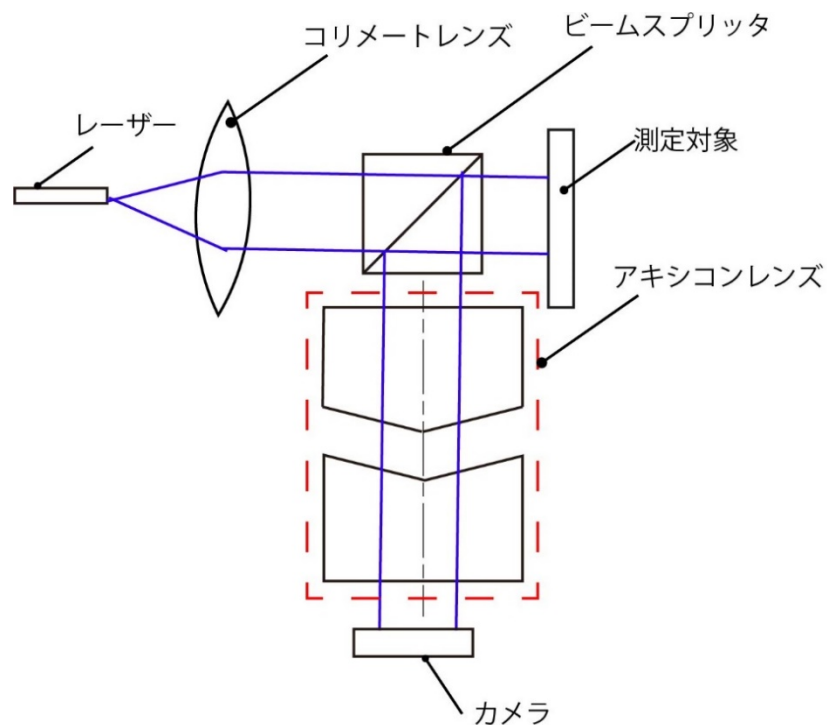
アキシコンレンズによる干渉計の原理



$$\text{光路差} = 2dn_2\cos\theta_2$$

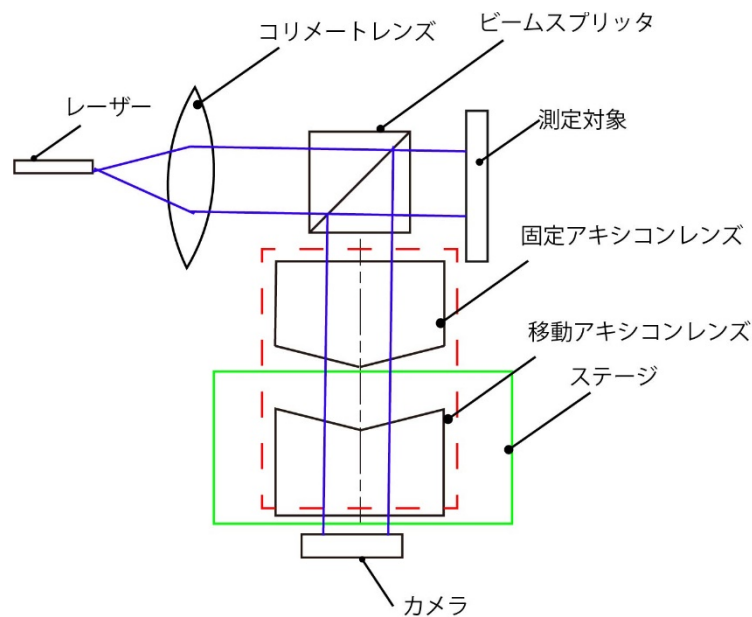
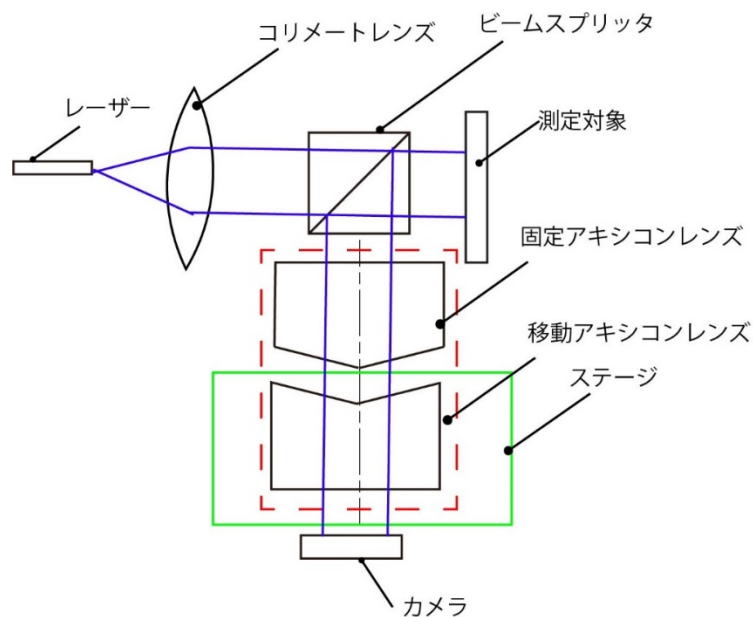
$$\text{半径方向シア量} = 2d\tan\theta_2\cos\theta_1$$

干渉計の例(1) – アキシコンレンズのみ



- 参照面を必要としない
- 横分解能が観察系の分解能
- 反射光，透過光で測定できる
- 実時間で微分・差分画像が得られる。
- アキシコンレンズを使った簡単な光学系

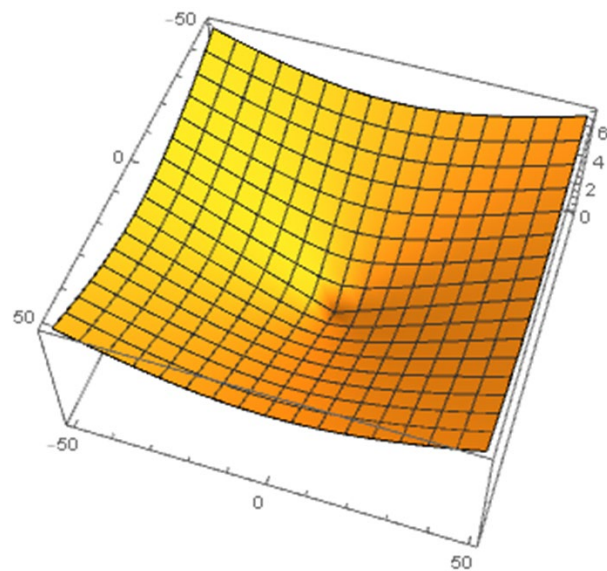
干渉計の例(2) – ステージとの組み合わせ



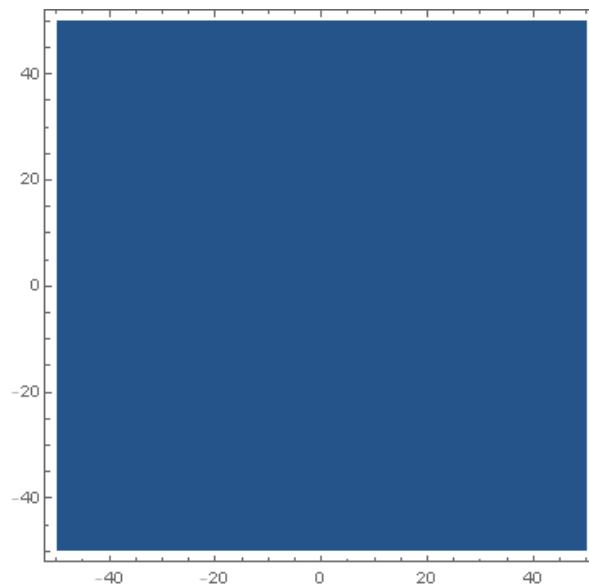
アキシコンレンズ間の間隙を調整することによって、形状の差分量を調整

半径方向シアリング干渉計の 位相信号

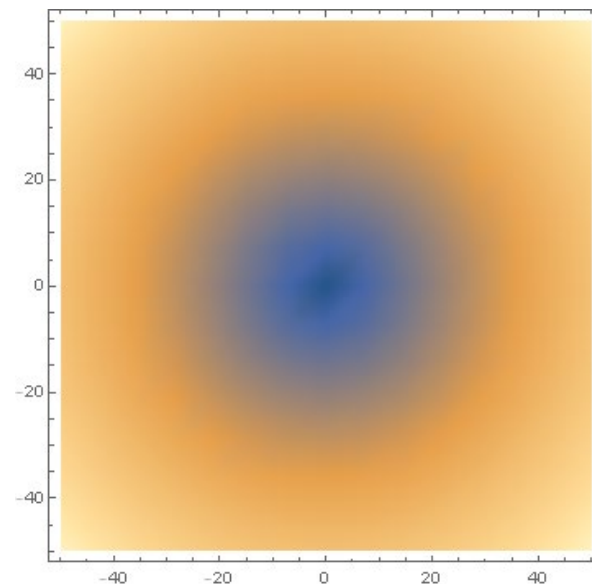
円錐面



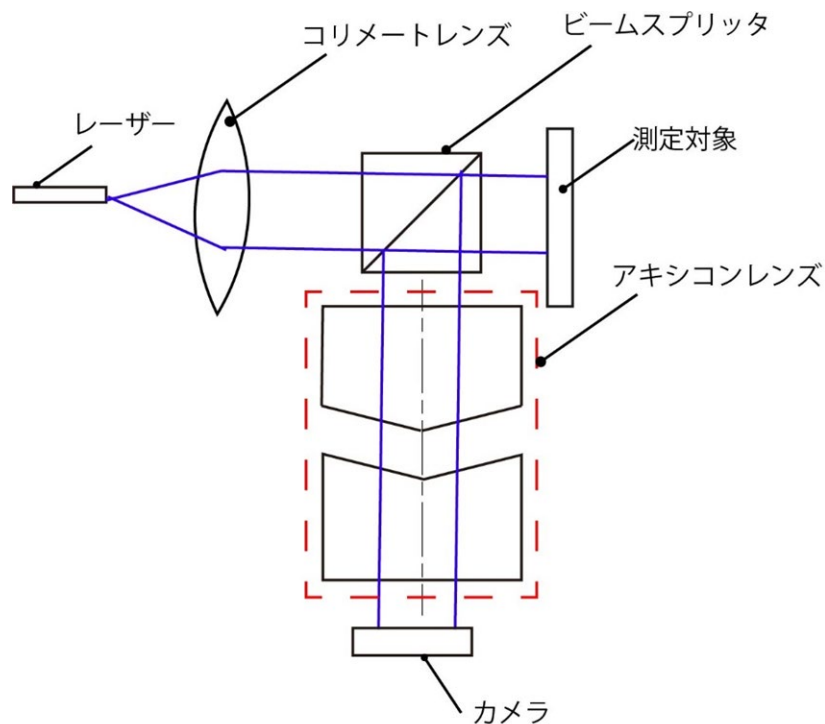
半径方向微分干渉計



半径方向定率差分干渉計

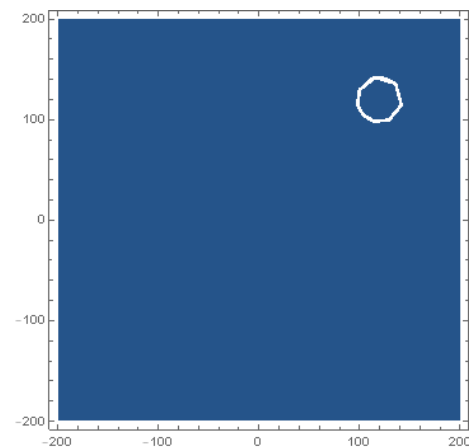
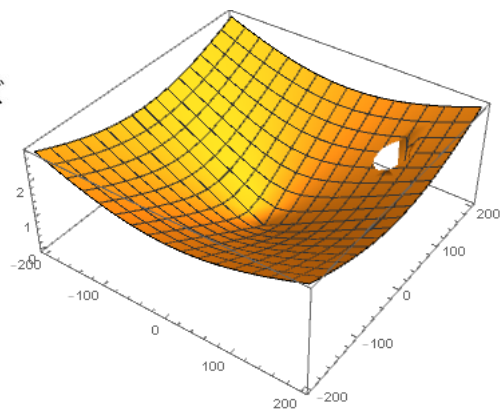
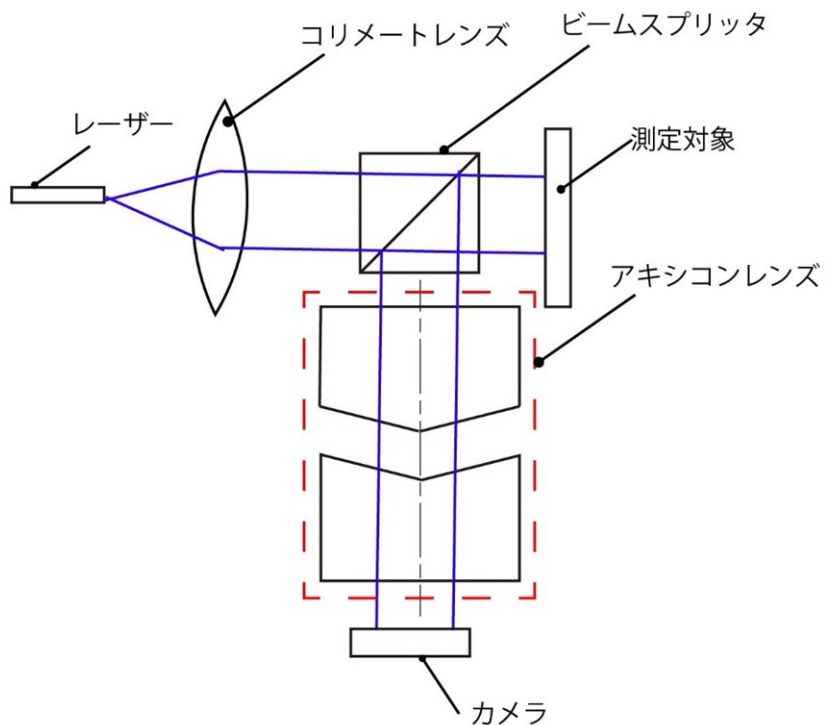


適用事例(1)－形状測定

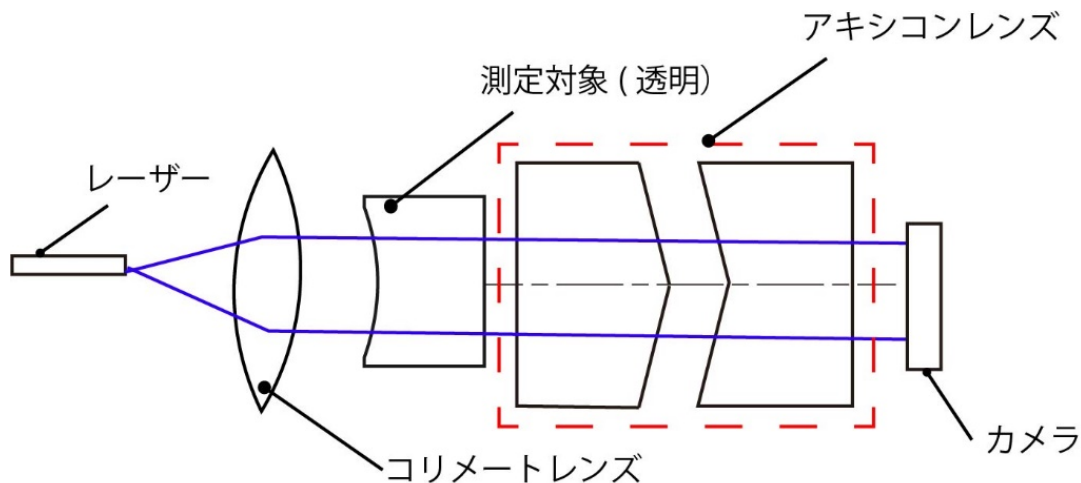


測定対象の形状を同心円状の微分として検出

適用事例(2) - 欠陥検出



適用事例(3) – 透明体の形状測定



透明体の厚さの測定
屈折率分布の測定

透明な生体（細胞など）の **実時間観
察**

実用化に向けての課題

- 二枚組のアキシコンレンズの試作
- 顕微鏡の試作
 - ✓二枚組のアキシコンレンズ＋ステージ＋顕微鏡
- 半径方向＋円周方向 シアリング干渉計

今後の方向性

- アキシコンレンズの試作

- ✓ レンズの表面形状
- ✓ レンズの反射膜・非反射膜コート

- 差分干渉計，微分干渉計の実現

- ✓ 移動ステージとの組み合わせ（横分解能の評価）

- 測定可能な形状の範囲

- ✓ 透明体の屈折率と分解能
- ✓ 表面反射時の表面の傾斜角の限界

- 形状の絶対測定

- ✓ 円周方向シアとの組み合わせ

企業への期待

- 共同研究：測定装置の製作（**レンズ・光学系を含む**）
- 共同研究：**試料の提案**（測定対象に適した光学系の設計）
- 共同研究：**試料の提案**（測定しにくい試料）

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：微分干渉計
- 出願番号：特願2019-114223
- 出願人：東京電機大学
- 発明者：古谷 涼秋

お問い合わせ先

東京電機大学

研究推進社会連携センター 安江準二

TEL 03-5284-5225

FAX 03-5284-5242

e-mail crc@jim.dendai.ac.jp