



主鏡制御関係進捗状況

下農 淳司

アジェンダ



1. その他

- a. PSMTアカウント配布中
- b. 望遠鏡・観測装置用ライブラリ 1.4.0

2. 分割主鏡シミュレータ

- a. シミュレータの概略 (アップデート)
- b. セグメント並進・回転の実装と評価
- c. ギャップセンサー最適配置の決定
- d. 位相差でのZernike 0,1次モードの合成
- e. 制御インデックスの構築とそれによる評価
- f. 現状と課題

3. 今後

PSMTアカウント



- oao-core ml加入者
 - ナノオプト関係者
- 向けにアカウントを発行しました。
アカウントの紙を配布しています。

2011/4/28 23:59 JST

までにパスワードを変更してください。

望遠鏡・観測装置用ライブラリ



目的

- ・ 望遠鏡・観測装置制御用の汎用ライブラリ
開発段階でのテストコード用
望遠鏡制御に必要な通信系など
- ・ 実験・開発段階で必要となった機能を実装
- ・ シンプルな利用しやすいライブラリとして実装

最近の状況

- ・ 分割主鏡シミュレータ向けのコードを統合
- ・ 昔作成した観測装置用のライブラリを統合
Kyoto3DII用とか、、、
- ・ シミュレータなどでかなりの実運用が行われた

望遠鏡・観測装置用ライブラリ



libastro-inst ver 1.4.0 が次期バージョンです。

- ・カラーバー出力関数 (graphics::ColorBar)
- ・システムプロファイラ (system::Profile)
- ・シリアル通信 (system::Serial)

が追加されました。

- ・汎用リングバッファ (utils::buffer::Ring)
- ・RIFFマニピュレータ (utils::sound::Riff)
- ・Mutex (system::mutex)

を作成・検討中。

分割主鏡シミュレータ



目的

開発段階での利用

- ・ 分割主鏡の位相あわせ時の振る舞いを把握
- ・ ギャップセンサー配置などへのフィードバック
- ・ 制御アルゴリズム開発用データ収集

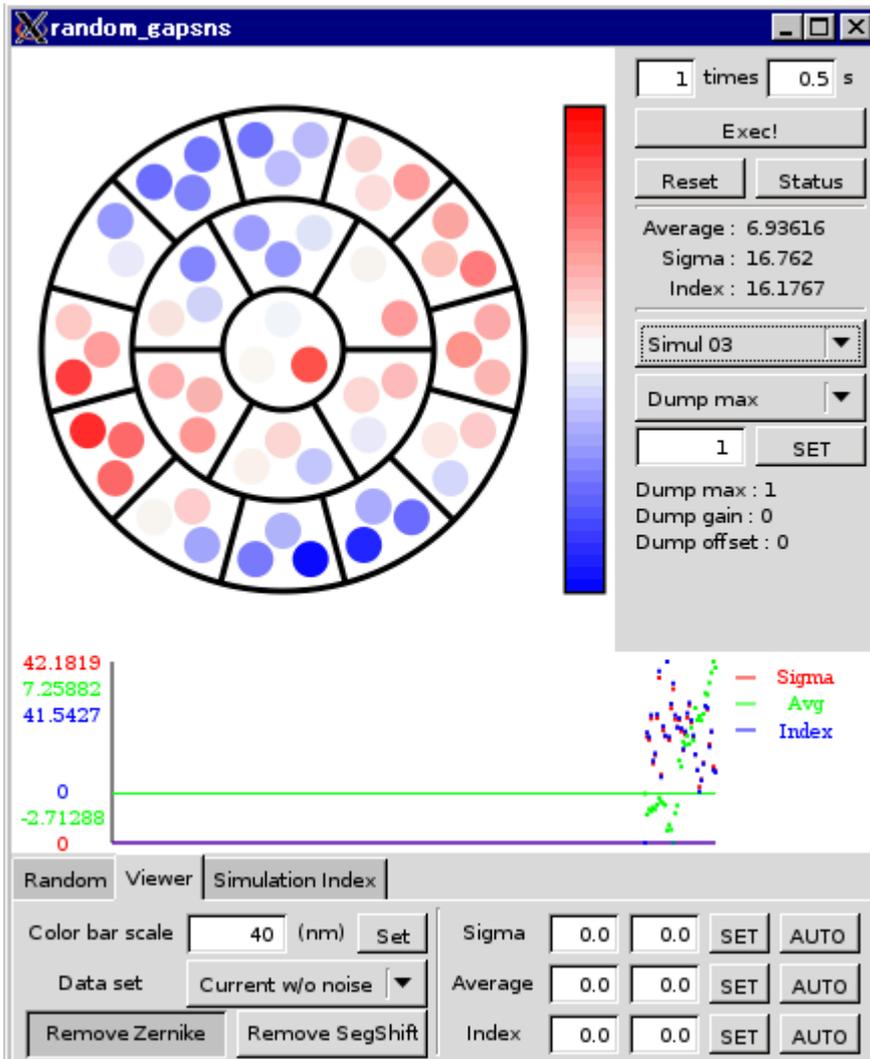
運用段階での利用

- ・ ソフトウェア更新時の実運用前試験ベンチ

分割主鏡シミュレータ - シミュレータの概略



GUI化しました。(Linux/GTK+)



ステップシミュレータ機能
GUIからモジュール切り替え
モジュールオプション設定
ステータス表示用画面
擾乱パラメータ設定

統計情報グラフ表示 (300点)
アクチュエータのカラー表示

分割主鏡シミュレータ - セグメントの並進・回転



セグメントが理想位置からずれた時の影響の把握

並進・回転でどの程度の位相差分布が出るか
特異ベクトル・特異値の変化の様子

アクチュエータで補正できない位相差分布

=> 特異ベクトルの変化を見ることでギャップセンサーの配置への制限が追加される可能性

評価基準

特異ベクトル：基準系でのベクトルとの内積値

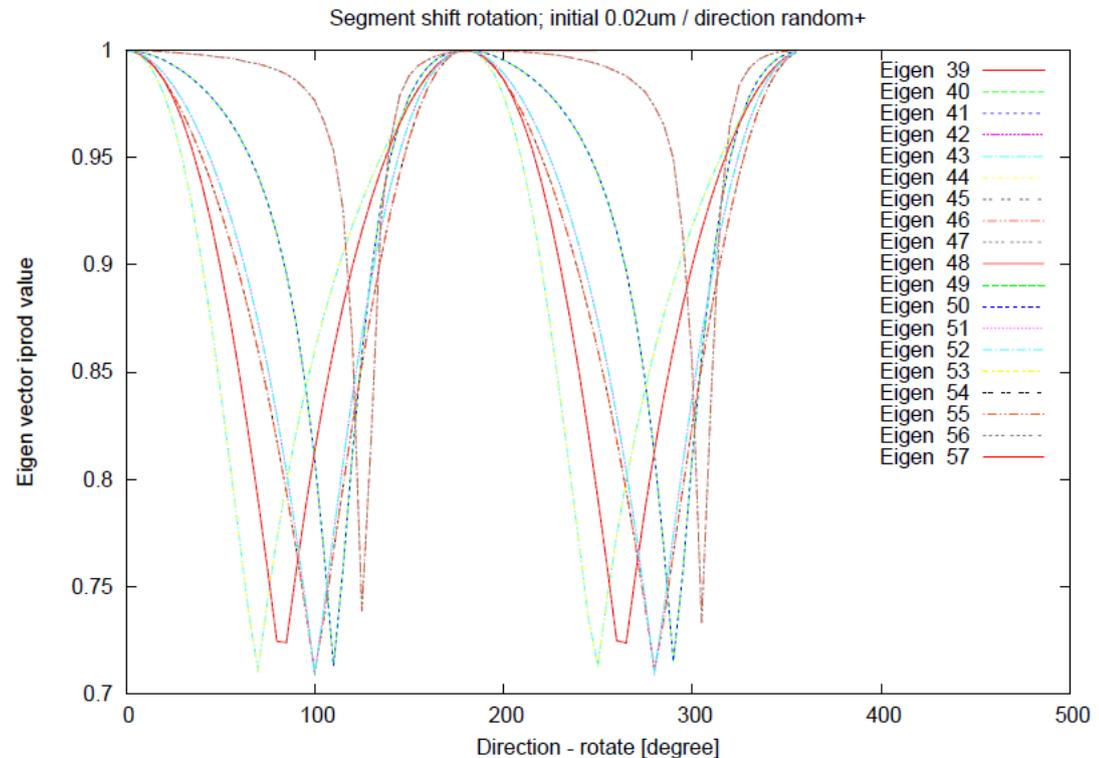
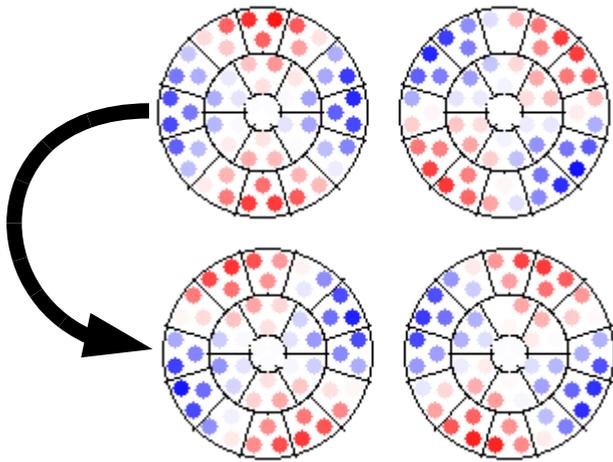
特異値：基準系での値との比

分割主鏡シミュレータ - 並進の影響



特異値・特異ベクトルへのセグメント並進の影響

ペアを構成する特異ベクトルのみ、ペアで変化
並進の量のみ変化させてもあまり変化はない
方向変化ではペア中で回転、特異値は $<0.1\%$

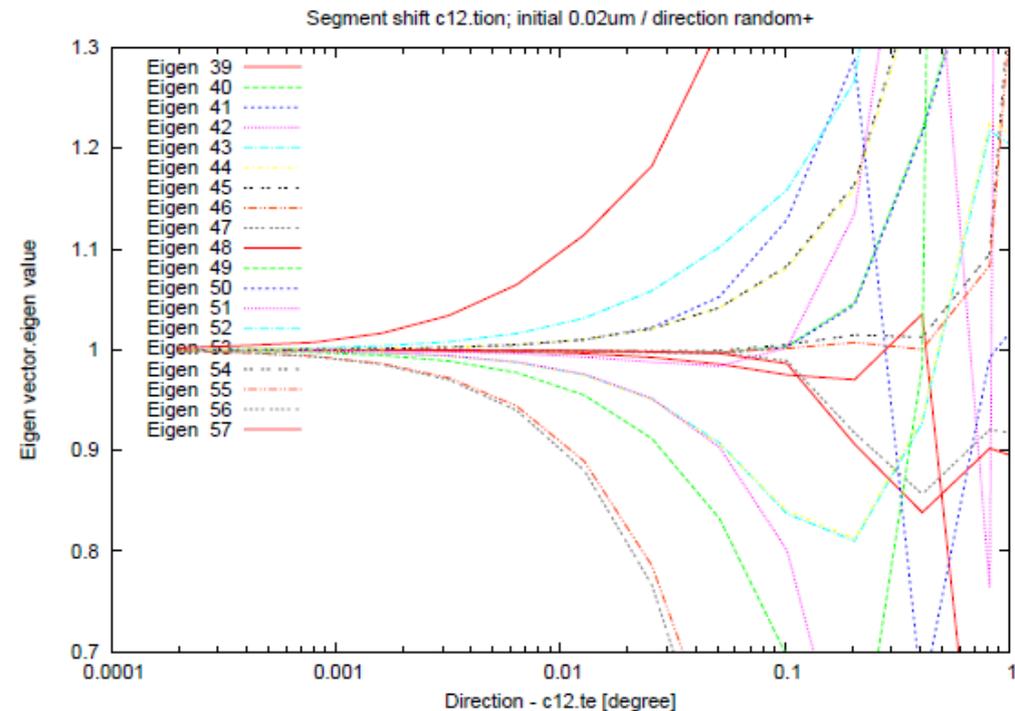
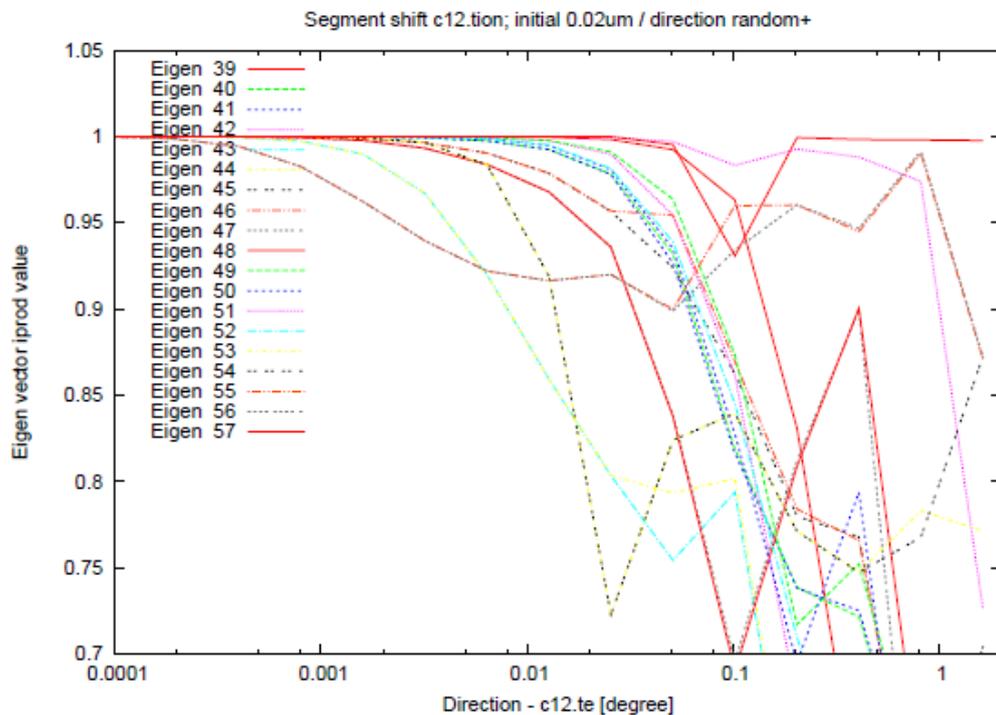


分割主鏡シミュレータ - 回転の影響



特異値・特異ベクトルへのセグメント回転の影響

すべての特異ベクトルが変化 (ペアは維持)
回転角が大きくなると影響大
特異値も変動する



分割主鏡シミュレータ - 結論



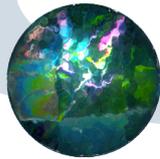
ギャップセンサー配置への制限

ペアを崩すような配置は行うべきでない
ベクトルが回転しても同じ特異値ならOK
補正できない位相変化の大きな所は避ける

セグメント並進・回転の固定への制限

並進量はあまり大きくならなければ大丈夫
回転量は0.04-0.1deg位に収まればいいな

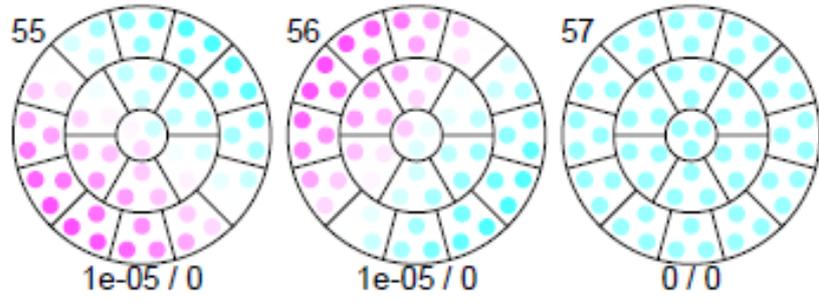
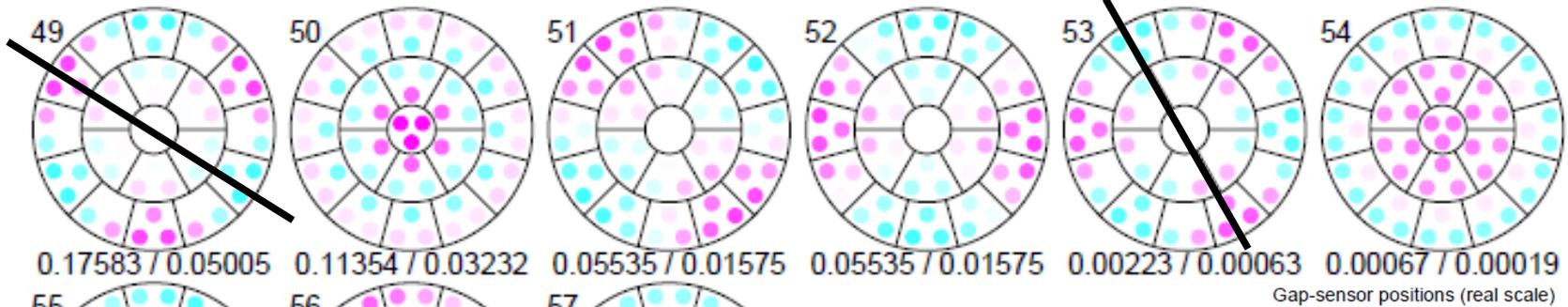
分割主鏡シミュレータ - 最適配置



特異値が小さなモード = 変化が滑らかなモード

対称な形との兼ね合いで曲率・6次は2種類に分裂

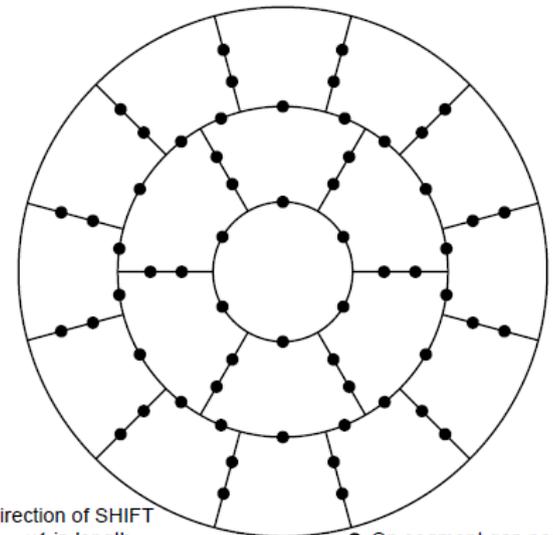
6次A 曲率A 4次 4次 6次B 曲率B



傾き

傾き

並進

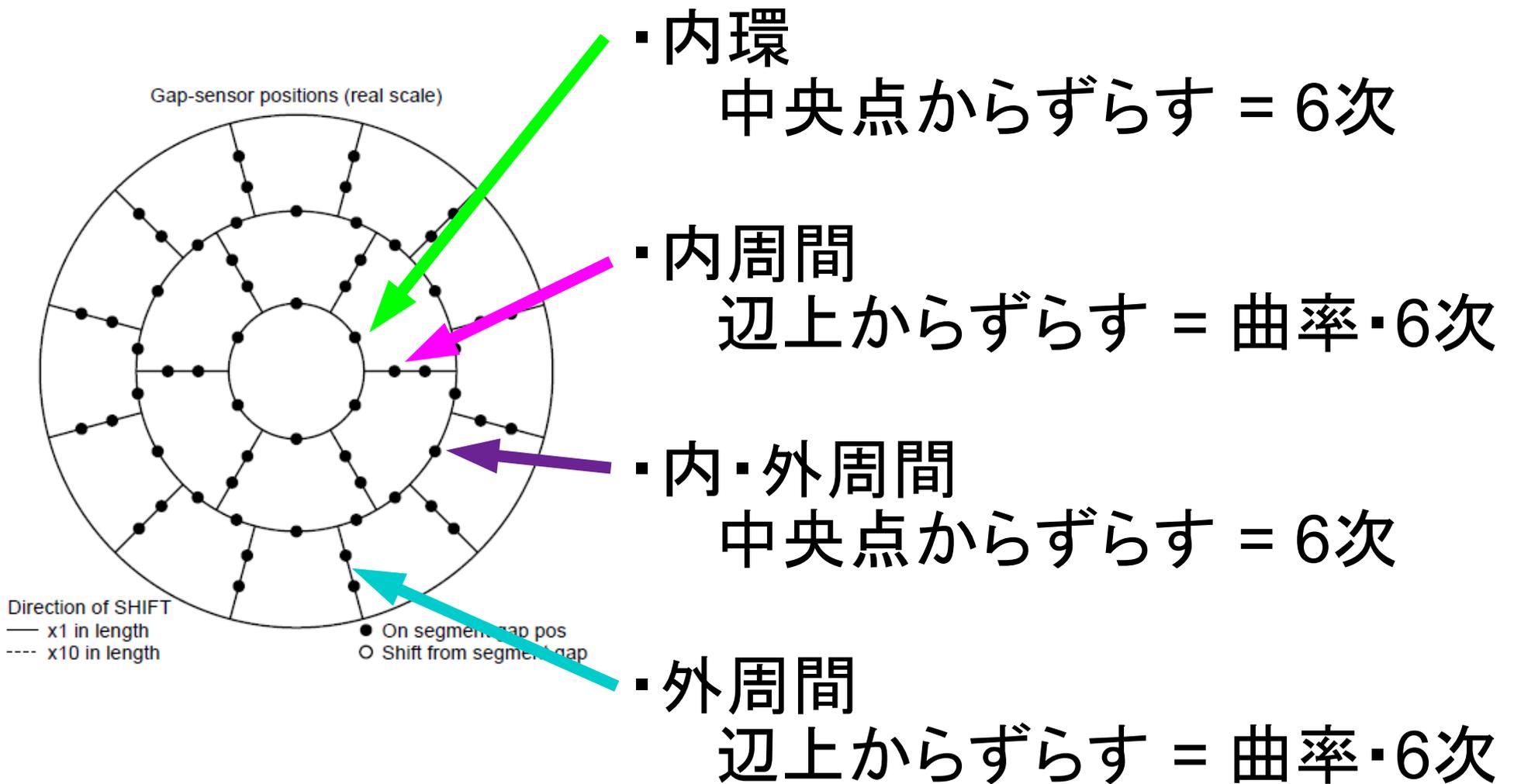


分割主鏡シミュレータ - 配置と特異値の関係



センサー配置の対称性を崩す

=> 対応する特異ベクトルの特異値が向上する



分割主鏡シミュレータ - 最適配置

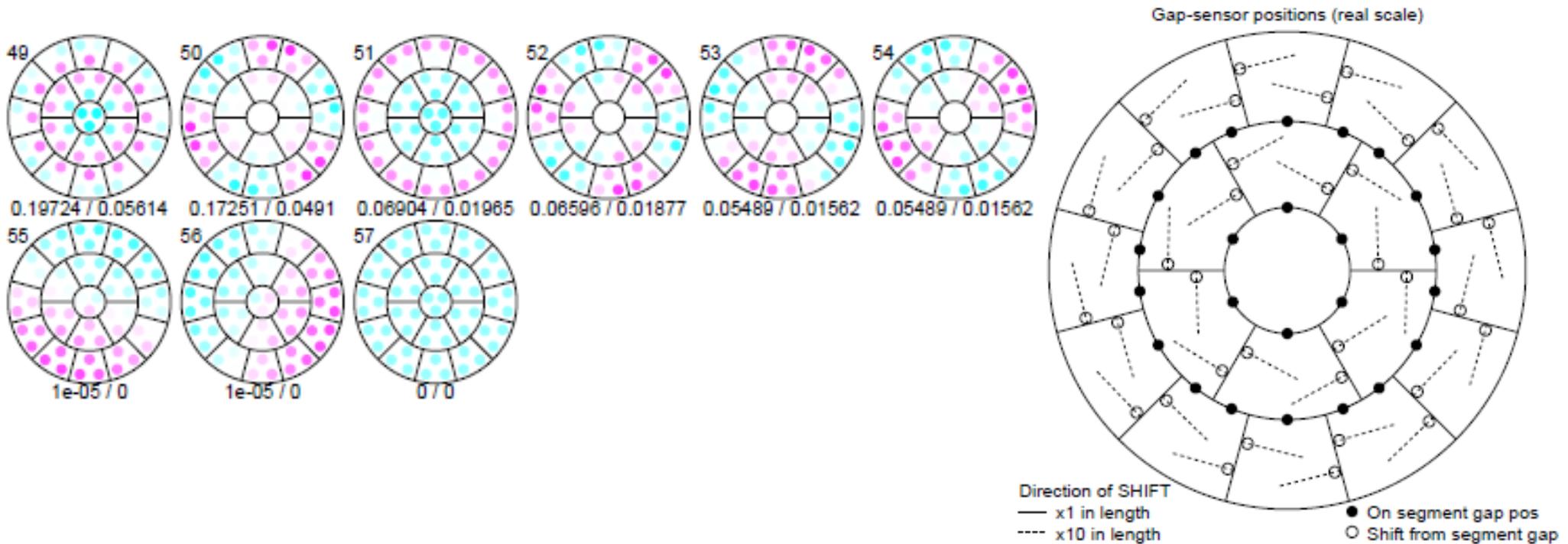


ただし、制御性から対称形から崩すことはだめ

60度ごとの回転対称

ペアになる特異ベクトルが分離していく

(後述の)セグメントの並進・回転時に悪影響



分割主鏡シミュレータ - 制御Indexの構築



制御モジュールの評価を行うため

評価関数となるIndexを構築する！

このために必要な検討項目は

- ・ 他の機構で補正可能な量は除外
- ・ セグメント並進の逆補正量は制御量から除去

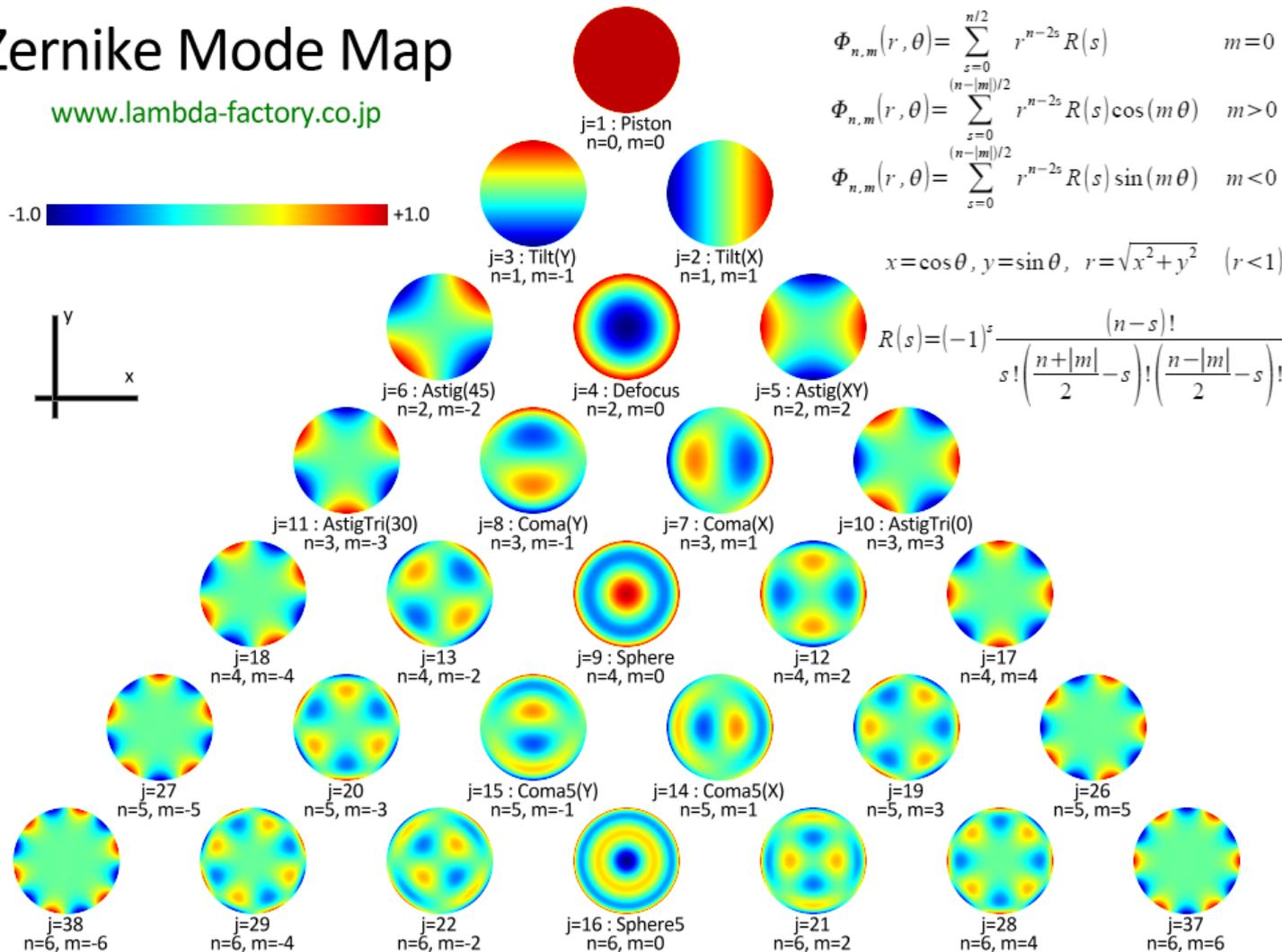
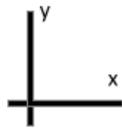
分割主鏡シミュレータ - Zernikeモード



Zernike多項式のモードはPSFに直結

Zernike Mode Map

www.lambda-factory.co.jp



$$\Phi_{n,m}(r, \theta) = \sum_{s=0}^{n/2} r^{n-2s} R(s) \quad m=0$$

$$\Phi_{n,m}(r, \theta) = \sum_{s=0}^{(n-|m|)/2} r^{n-2s} R(s) \cos(m\theta) \quad m>0$$

$$\Phi_{n,m}(r, \theta) = \sum_{s=0}^{(n-|m|)/2} r^{n-2s} R(s) \sin(m\theta) \quad m<0$$

$$x = \cos \theta, y = \sin \theta, r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (r < 1)$$

$$R(s) = (-1)^s \frac{(n-s)!}{s! \left(\frac{n+|m|}{2} - s\right)! \left(\frac{n-|m|}{2} - s\right)!}$$

分割主鏡シミュレータ - Zernikeモード

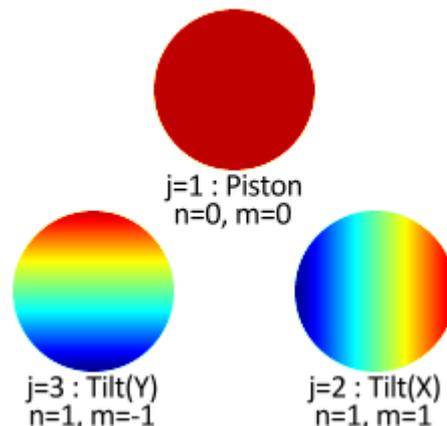


位相差分布でのZernike多項式の各モードはPSFに直結する

が！モードによってはM1以外で補正できる

Zernike 0次：M1-M2間距離を変える

Zernike 1次：AGで望遠鏡指向方向を変える



分割主鏡シミュレータ - Zernikeモード



二つの間の変換(最適解導出)モジュールを作成

- ・ 位相差分布上でのZernikeの0,1次モード
- ・ アクチュエータ駆動量分布

これで求まる分布をアクチュエータ制御位置から除去することで、必ずM1で修正する必要があるモードの残差を求められる。

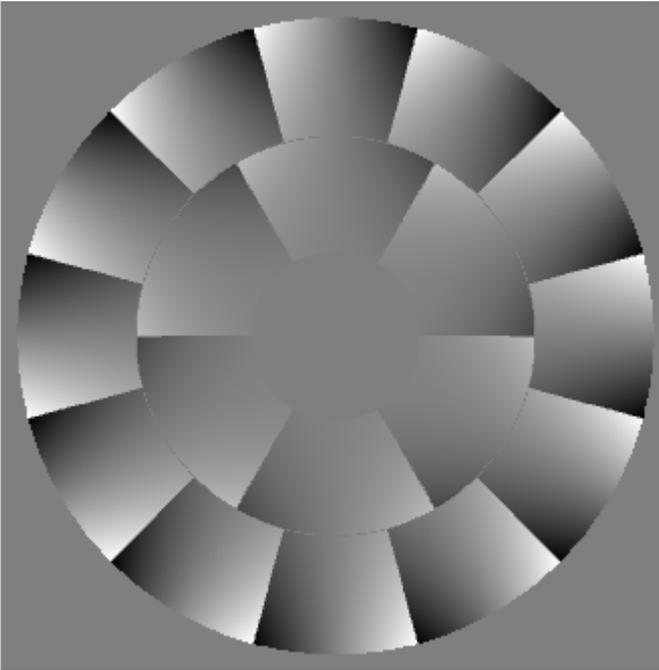
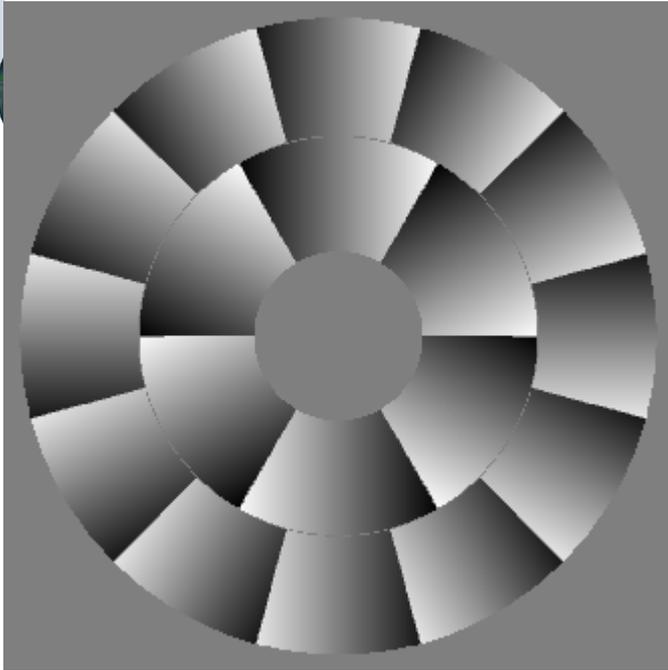
分割主鏡シミュレータ - 並進の逆補正



セグメント並進によって発生する位相差分布から、アクチュエータの駆動により実現可能なピストン・傾き成分のみを(数学的な)近似で求め、シミュレータ内部でもつ現在の(理想的な)セグメント並進量からアクチュエータの逆補正值を計算するモジュールを作成する。

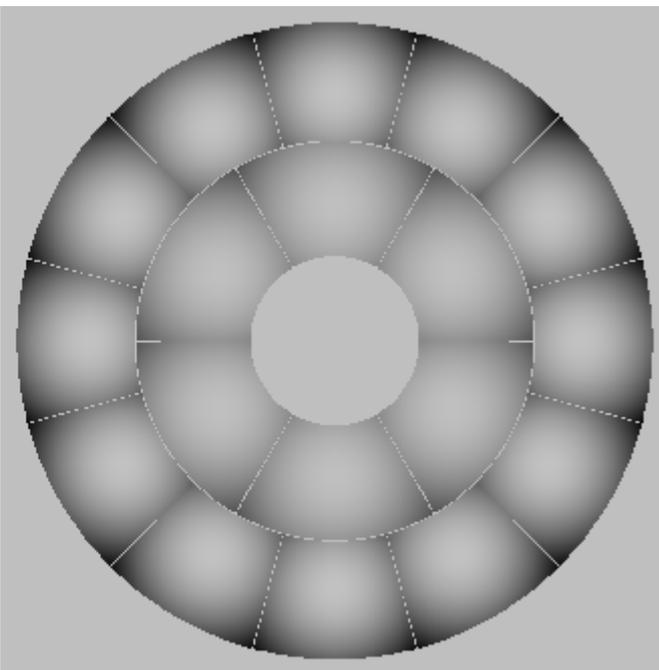
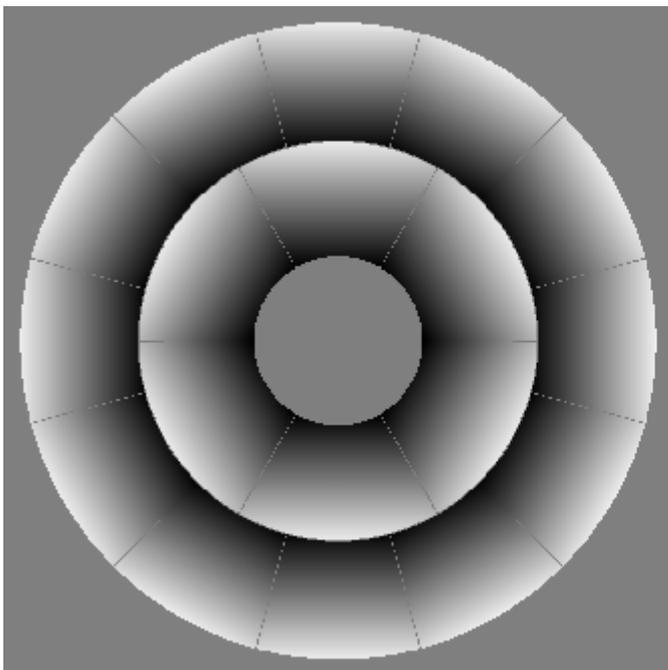
ただし、アクチュエータの駆動方向と位相差が発生する方向が同じ方向でないことに注意して3次元的にすべてを計算する。

分割主鏡シミュレータ - 並進の逆補正



波長 : 1 μm
分解能 :
3.89mm/pixel

X方向10 μm
左 : ± 1.2 位相
右 : ± 0.0006



Y方向10 μm
左 : ± 0.8 位相
右 : $-0.006 + 0.002$

分割主鏡シミュレータ - Indexによる評価



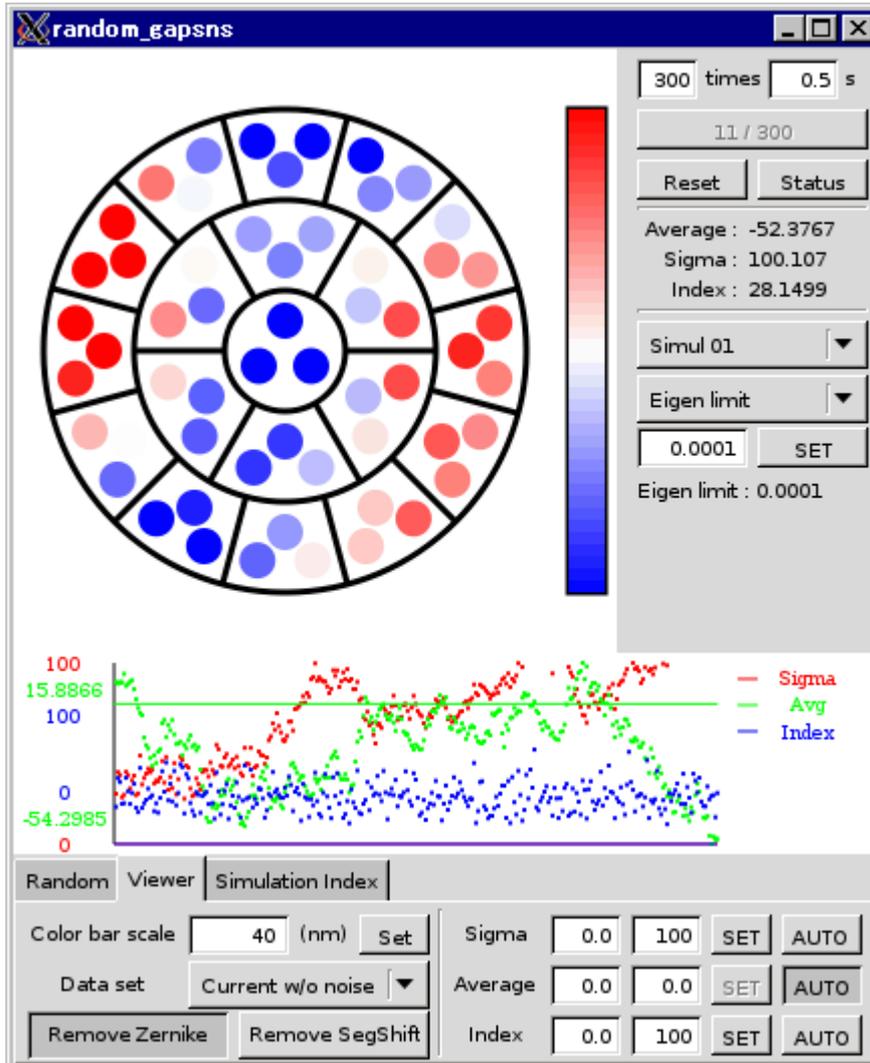
補正モジュールからの補正量入力のもと

- 現在制御位置計算 (制御残差込み、ノイズなし)
- セグメント並進分を逆補正
- Zernike 0,1次モードを除去

=> アクチュエータ分布の”分散”をIndexとする

絶対値平均や二乗平均が望ましいかも？

分割主鏡シミュレータ - Indexによる評価



Index(青)は単純な分散(赤)より有意に小さく安定である

ランダムアクチュエータ変形
(トラス変形) $\pm 100\text{nm}$
センサーノイズ $\pm 20\text{nm}$
を一様乱数で与えた場合

Indexは20-30nm前後で安定

分割主鏡シミュレータ - 現状と課題



今後の課題は

- ・ 実用的な制御モジュールの構築
特異ベクトル分解後の時系列平均(ダンプ)
実際の要求パラメータを目標として構築
- ・ ギャップセンサーノイズの影響を統計的評価
どの程度の鏡面制御残差になるか
- ・ アクチュエータ制御残差とPSFの関係
- ・ セグメント並進・回転時の安定性の評価
- ・ 初期位相あわせ方法に何か提言可能？
- ・ だれか数学とコードをレビューしてください、、
新人教育??

今後 (の実現できればいいなあという目標)



FY2011 Q1

M1制御用試験関係

- ・ アクチュエータ制御ボックス・ライブラリ構築
- ・ 最終的な実機の構成検討？ (担当外？)

シミュレータ

- ・ ノイズの影響を受けないような方策の検討

FY2011 Q2

の頃にはM1制御にめどをつけたい、、気はする



Any Questions?

開発段階のレポートはこちら

<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/~shimono/Kyoto3m/>

図面など一部の資料以外は随時公開しています