

# 分割主鏡シミュレータ III (安定性シミュレーター)

岡山新技術望遠鏡グループ

平成 22 年 6 月 29 日

## 目次

1	概要	1
2	仕様の定義	1
2.1	ギャップセンサー配置データ	1
2.2	出力	2
2.3	オフセット初期値	2
2.4	乱数生成器	2
2.5	逆解析	2
3	実装と利用方法	2
3.1	コマンドラインオプション一覧	2
3.2	乱数生成器	3
3.3	乱数分布	3
3.4	出力	3
4	添付ソフト	4
4.1	actuator-eps.pl	4

## 1 概要

分割鏡動作パラメータの把握 I, II では、分割主鏡の動作パラメータについてアクチュエーター制御量からギャップセンサー読み出し量への変換行列を求め、その変換行列の特異値や特異ベクトルの分布を見ることで、どのようなセグメントの変形モードが退化して判別できなくなるかやギャップセンサーの配置の最適化が行えないかどうかを検討した。

ここでは、これらの特異値や特異ベクトルを利用した実際の制御で行うような変換が、どの程度ノイズに対して安定であるかどうかをシミュレートできるようなシミュレータを構築する。

## 2 仕様の定義

### 2.1 ギャップセンサー配置データ

ギャップセンサー配置データは以前の特異値解析ソフトで定義したデータ形式に従うものとする。

## 2.2 出力

モンテカルロシミュレーション的に多数回モデル計算を繰り返し、各回でのギャップセンサーノイズとしての入力値と制御系へ渡す値であるアクチュエーター移動量についての統計量を出力する。

出力する統計量は、各回のギャップセンサーノイズ値もしくはアクチュエーター移動量全体における平均値・分散・最大絶対値に対して、多数回の全試行での平均値と分散とする。

また、オプションで、アクチュエーター制御量を出力できるようにしておく。この出力値はノイズ入力があった場合に変換ルーチンの耐性の欠落から反応してしまう量といえる。

## 2.3 オフセット初期値

実機上では、アクチュエーターもしくはギャップセンサーが完全にゼロ点から駆動するということはありませんので、オフセット量を与えられる機構を追加する。

アクチュエーター駆動量からギャップセンサー読み出し値への変換は、望遠鏡画移動した際の望遠鏡主鏡セルの機械変形を考えなければ線形変換で表されることがわかっている。このため、アクチュエーター原点をゼロ点でない値に設定できるようにし、シミュレーターの入力となるギャップセンサーノイズに対してバイアスとして付加する。このとき、出力されたアクチュエーター駆動量は、理想的には元のアクチュエーター駆動量へのバイアス分がノイズへの応答に足された値になっているはずである。よって、このバイアス分を引いた入力・出力値をシミュレーター系の応答と解釈する。

## 2.4 乱数生成器

乱数生成器は、GNU Scientific Library のモジュールを利用し、各種アルゴリズムをコマンドラインオプションで選択できるようにする。

また、乱数の分布についても、一定分布、ガウス分布など各種の分布を同様に選択できるようにしておく。

## 2.5 逆解析

得られたアクチュエーター制御量を再度ギャップセンサー読みの値に変換し、制御量を適用した際にどの程度の残差が残るか<sup>1</sup>を調査できるようにしておく。この残差については、各試行毎に平均・分散・最大絶対値を出力可能にしておく。

# 3 実装と利用方法

## 3.1 コマンドラインオプション一覧

コマンドラインオプションは 1 のようになる。短形式は'-'を、長形式は'--'を前につける。なお、すべての長さを示す値は、nm 単位であることを注意。

表 1: コマンドラインオプション一覧

短形式	長形式	引数	既定値	設定内容	備考
a	actuator	文字列	—	アクチュエーター制御量出力先	verbose でのみ有効
b	bias	数値	0	バイアスオフセットの値	0 で利用せず
c	check	—	—	逆解析を行う	
d	offset	数値	0	ランダムオフセットの制御値	乱数生成器はほかと同じ、0 で利用せず
e	limit	数値	0.0001	縮退とみなす特異値の閾値	0 以下ですべて利用

<sup>1</sup>実際にはどの程度のノイズ成分が無視されるか？

表 1: コマンドラインオプション一覧

短形式	長形式	引数	既定値	設定内容	備考
f	fixed	数値	—	固定アクチュエーター点	ID:0 から、複数指定可
g	generator	文字列	—	乱数生成器形式	指定なしは mt19937
h	help	—	—	ヘルプ表示	
i	inner	—	—	内周リングを定義するか	
l	loop	数値	1000	ループ回数	
m	method	文字列	—	乱数分布形式	指定なしは uniform
o	output	文字列	—	特異ベクトル出力先	
r	random	数値	1	乱数の制御値	モジュールにより解釈が異なる
s	segment	文字列	—	ギャップセンサー定義ファイル	必須
v	verbose	—	—	verbose オプション	複数つけるとレベルアップ

### 3.2 乱数生成器

すべて GSL で定義されているものそのまま。

**mt19937** Mersenne Twister で、 $2^{19937} - 1$  の周期と 623 次元をもつ乱数生成器。

**ranlxs0, ranlxs1, ranlxs2** RANLUX アルゴリズムの 24bit 乱数生成器。 $10^{171}$  の周期を持つ。

**ranlxd1, ranlxd2** RANLUX アルゴリズムの 48bit 乱数生成器。

**ranlux, ranlux389** オリジナルの RANLUX アルゴリズムの 24bit 乱数生成器。

**cmrg**

**mrg**

**taus**

**taus2**

**gfsr4**

### 3.3 乱数分布

**uniform** 一様分布。制御値  $\gamma$  に対して  $(-\gamma, \gamma)$  に一様分布する乱数を返す。

**gaussian** ガウス分布。制御値を標準偏差とする正規分布をなす乱数を返す。

**exponential** 指数分布。制御値  $\gamma$  に対して  $\exp(-x/\gamma)/\gamma$  に分布する乱数を返す。(ただし  $x > 0$ )

**laplace** ラプラス分布。制御値  $\gamma$  に対して  $\exp(-x/\gamma)/2\gamma$  に分布する乱数を返す。

**cauchy** コーシー分布。制御値  $\gamma$  に対して  $(\gamma\pi(1 + (x/\gamma)^2))^{-1}$  に分布する乱数を返す。

**rayleigh** レーリー分布。制御値  $\gamma$  に対して  $x/\gamma^2 \times \exp(-x^2/(2\gamma^2))$  に分布する乱数を返す。(ただし  $x > 0$ )

### 3.4 出力

ラベルの後ろに値が二つついた形式の行が出力される。二つの値は、前が平均値、後ろが標準偏差となる。なお、すべての値は、nm 単位であることに注意。

**Offset of actuat** アクチュエーター制御値へのバイアス (オフセット)

Offset of gapsns ギャップセンサー値へのバイアス (オフセット)

Average of input ギャップセンサー値への入力乱数の平均値

Sigma of input ギャップセンサー値への入力乱数の標準偏差

Maxim of input ギャップセンサー値への入力乱数の最大絶対値

Average of result 出力されたアクチュエーター制御値の平均値

Sigma of result 出力されたアクチュエーター制御値の標準偏差

Maxim of result 出力されたアクチュエーター制御値の最大絶対値

なお、アクチュエーター制御値に変換する際に退化した特異値を 0 でつぶしている場合は、ギャップセンサー値の組に対応するアクチュエーター制御値は空間内で平面を構成するが、この逆変換ルーチンでは原点に最も近い平面上の値をとってきていることに注意。この場合、出力された制御値の平均はほぼ 0 に近づき、計算誤差によりその標準偏差が無効値になる場合がある。

## 4 添付ソフト

### 4.1 actuator-eps.pl

引数を一つもしくは二つとる。一つ目の引数は `-a` で出力されたアクチュエーター制御量のデータファイル名。二つ目の引数は表示における色の倍率で、アクチュエーター制御量にこの倍率をかけた値がカラーの濃さとして利用される。制御量プラスは青、マイナスは赤で表示される。

出力は EPS ファイルとして作成され、54 データごとに 1 ファイル、"データファイル名".シークエンシャル ID".eps というファイル名で作成される。