

# 国際共同大気球太陽観測実験SUNRISE-3: 近赤外線偏光分光観測装置(SCIP)に搭載するスキャンミラー機構の性能評価試験

大場崇義<sup>1</sup>, 清水敏文<sup>1</sup>, 勝川行雄<sup>2</sup>, 久保雅仁<sup>2</sup>, 田村友載<sup>2</sup>, 篠田一也<sup>2</sup>, 納富良文<sup>2</sup>, 浦口史寛<sup>2</sup>, 都築俊宏<sup>2</sup>, 原弘久<sup>2</sup>

1: 宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所    2: 国立天文台

SUNRISE-3は、2022年に飛翔が計画されている国際共同大気球太陽観測実験である。日本は、SUNRISE-3に搭載する近赤外線偏光分光観測装置(SCIP)を開発し、光球・彩層における精密な3次元磁場構造の観測を目指している。本講演では、SCIPのスリットスキャン機構の役割を担うスキャンミラー機構の性能評価試験の結果を報告する。本試験により、ミラー駆動に関する各要求性能(線形性:<0.2%; 安定度: $3\sigma < 1''$ ; スキャンステップ応答時間:<32msec)を達成していることを実証している。また、スキャンミラー機構と他観測機器(波長板・カメラ)との同調制御が有効であったことも実証できている。

## 1. 概要

### 国際共同大気球観測実験: SUNRISE-3

口径: 1m (飛翔体太陽望遠鏡では最大)  
飛翔航路: スウェーデン/キルナ → カナダ  
飛翔高度: 37km (シーイングフリー)  
飛翔機関: 1週間  
放球予定: 2022年6月



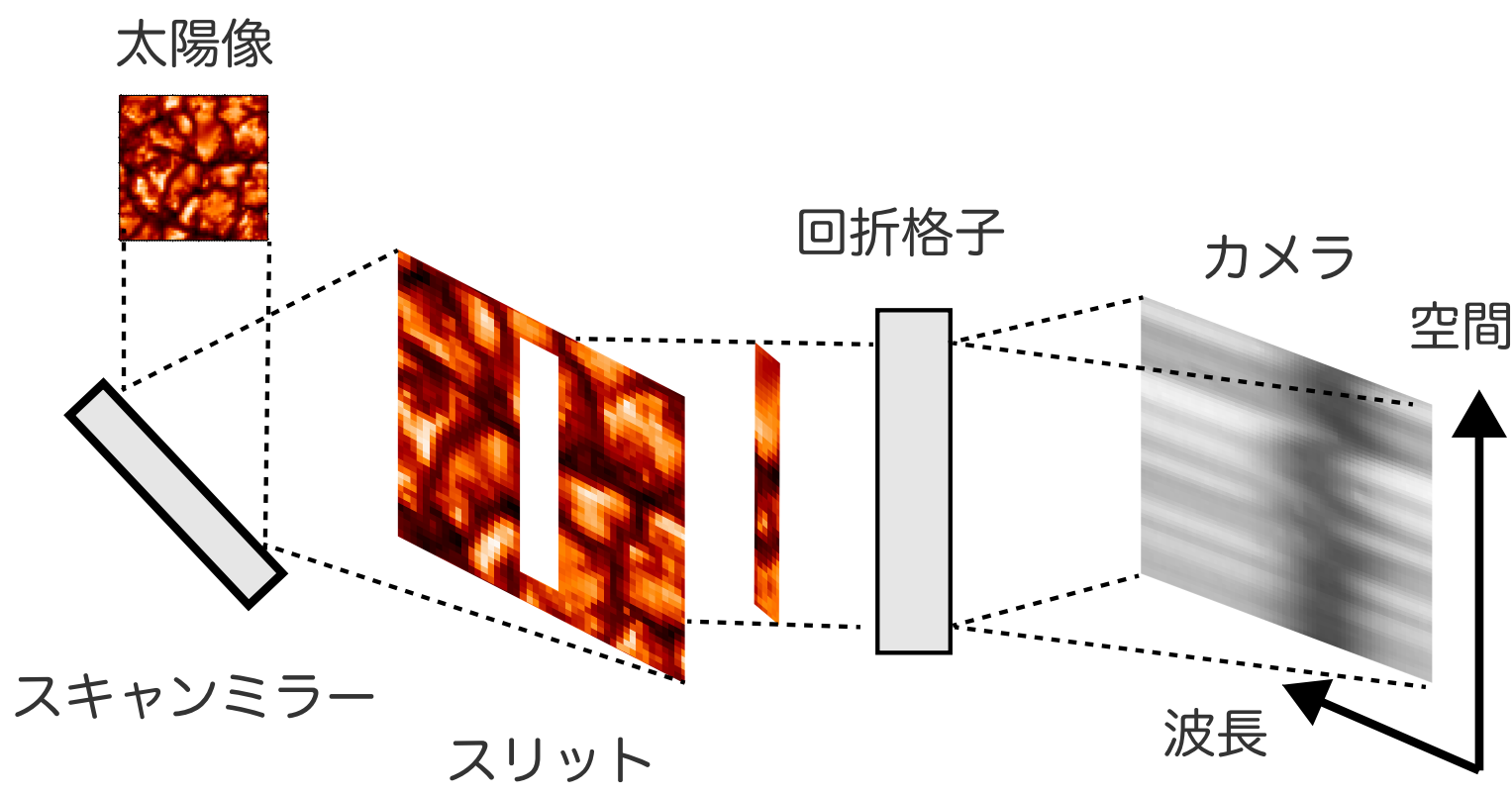
※2009, 2013年に飛翔実績有り

### 近赤外線偏光分光観測装置(SCIP)

SUNRISE-3に搭載。日本が主導で開発。近赤外線帯(770nm・850nm)をスリット偏光分光観測し、太陽彩層大気の3次元磁場構造を診断

### スキャンミラー機構の役割

SCIPに導光するスリット像を走査させることで、2次元空間スキャンマップを作成



### 広い視野を高精度・高速で走査させるスキャン機構が必須

彩層は、微細な磁気要素が広く空間構造を形成しており、ダイナミックであるため

## 2. スキャンミラー機構

### 機器構成

#### SMM-TM (Tip-tilt Mirror)

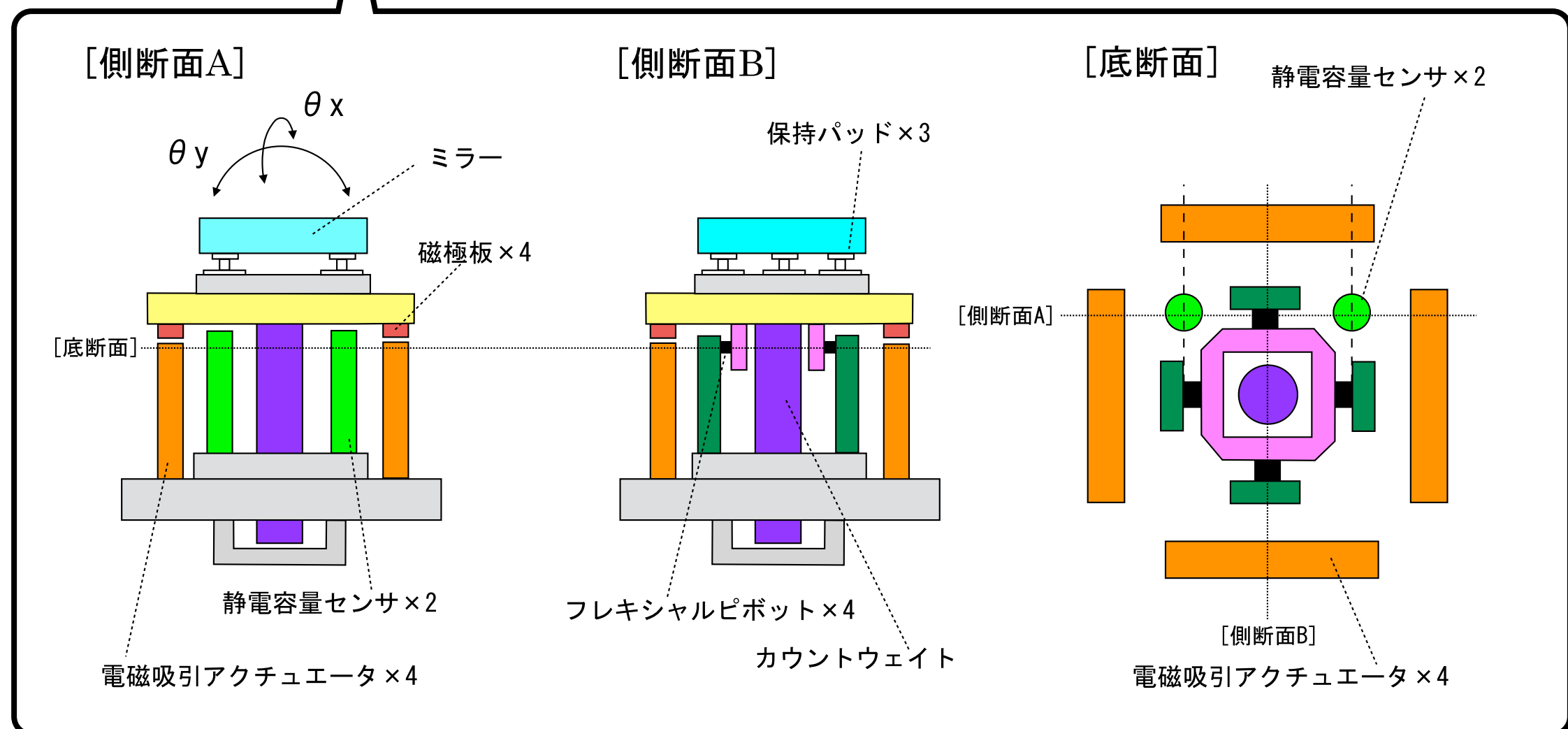
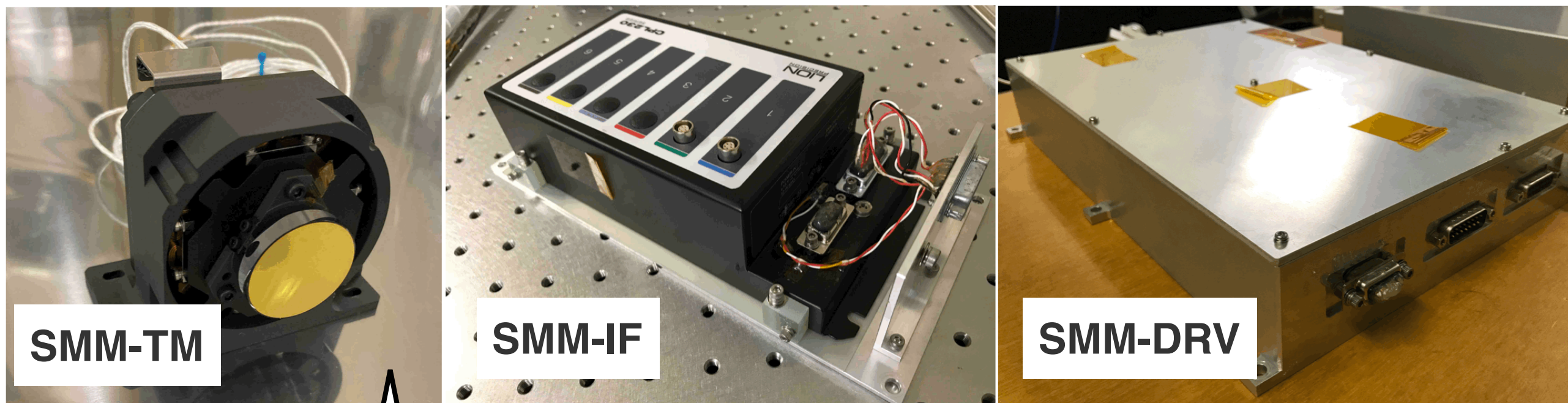
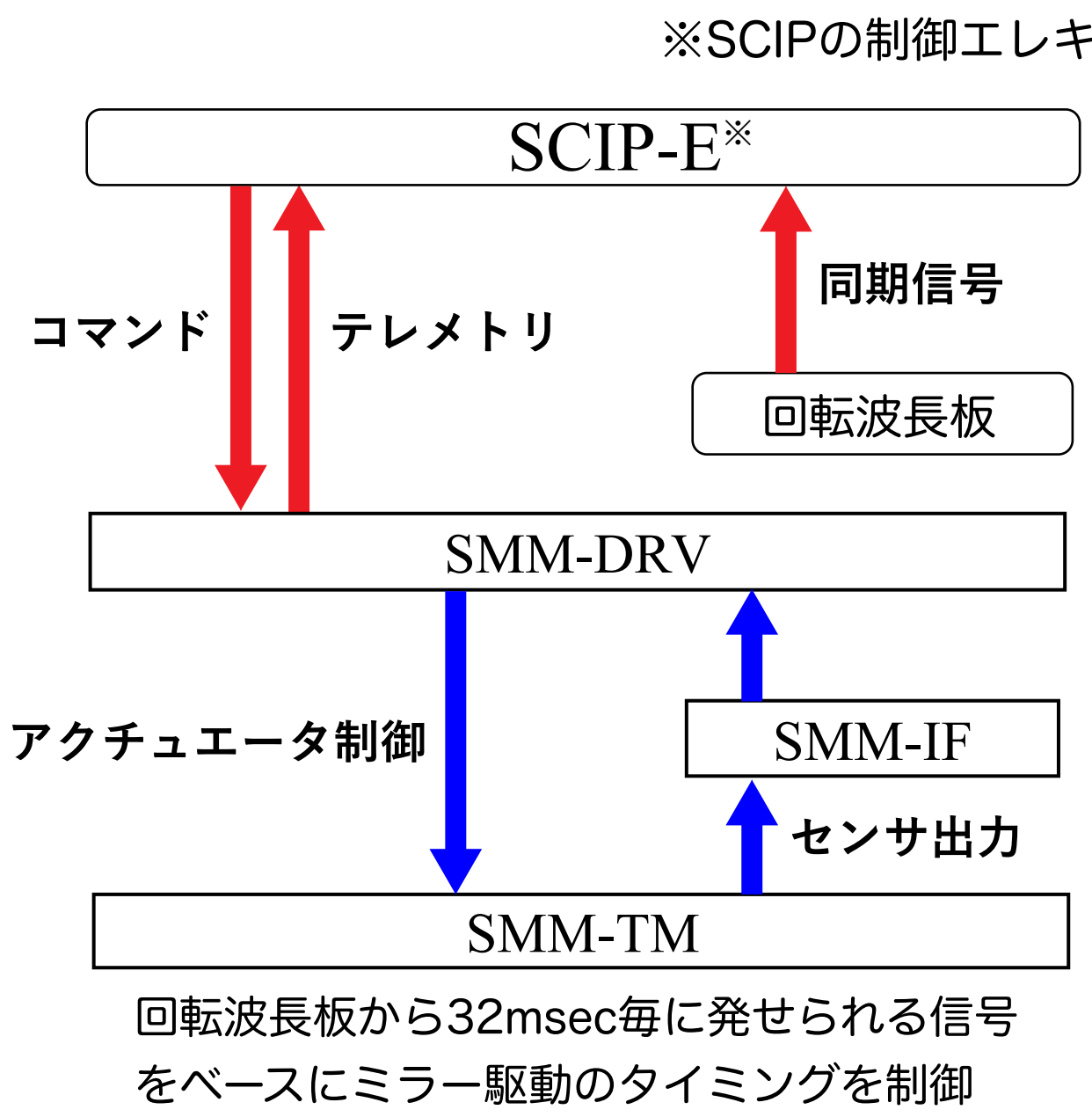
電磁吸引アクチュエータ(コイル)に電流を流すことで、ミラー背面に設置された磁極版を吸引し、ミラーを傾動。静電容量センサによって検出されたミラー角度をフィードバックさせることで(閉ループ制御)、ミラー傾動の高精度化を実現

#### SMM-DRV (Driver)

SMM-TMの電磁吸引アクチュエータに流れる電流量を制御することで、ミラー駆動を制御する電気回路

#### SMM-IF (Interface)

SMM-TMに内蔵された静電容量センサの出力に対するアンプ



### 要求性能

	仕様	
ステップ分解能	2.857'' @機械角 <sup>※</sup> (=0.0936''@天空角 <sup>※</sup> )	
駆動範囲	±1006''@機械角 (=±33''@天空角)	
線形性	<0.2%	→ 3-1: 線形性測定試験
安定度	1'' [3σ] @機械角 (=0.035''[3σ]@天空角)	→ 3-2: 安定度測定試験
応答時間	<32msec	→ 3-3: 応答速度測定試験
同期精度	<1msec	→ 4: 同期制御測定試験

※機械角: 天空角に光学倍率30.52を乗じた値

## 3. 性能評価試験

### 光学試験による性能実証

#### アフォーカル光学系

SMM-TMによって反射されたレーザー光の位置ずれを検出器(PSD)<sup>※1</sup>によって測定

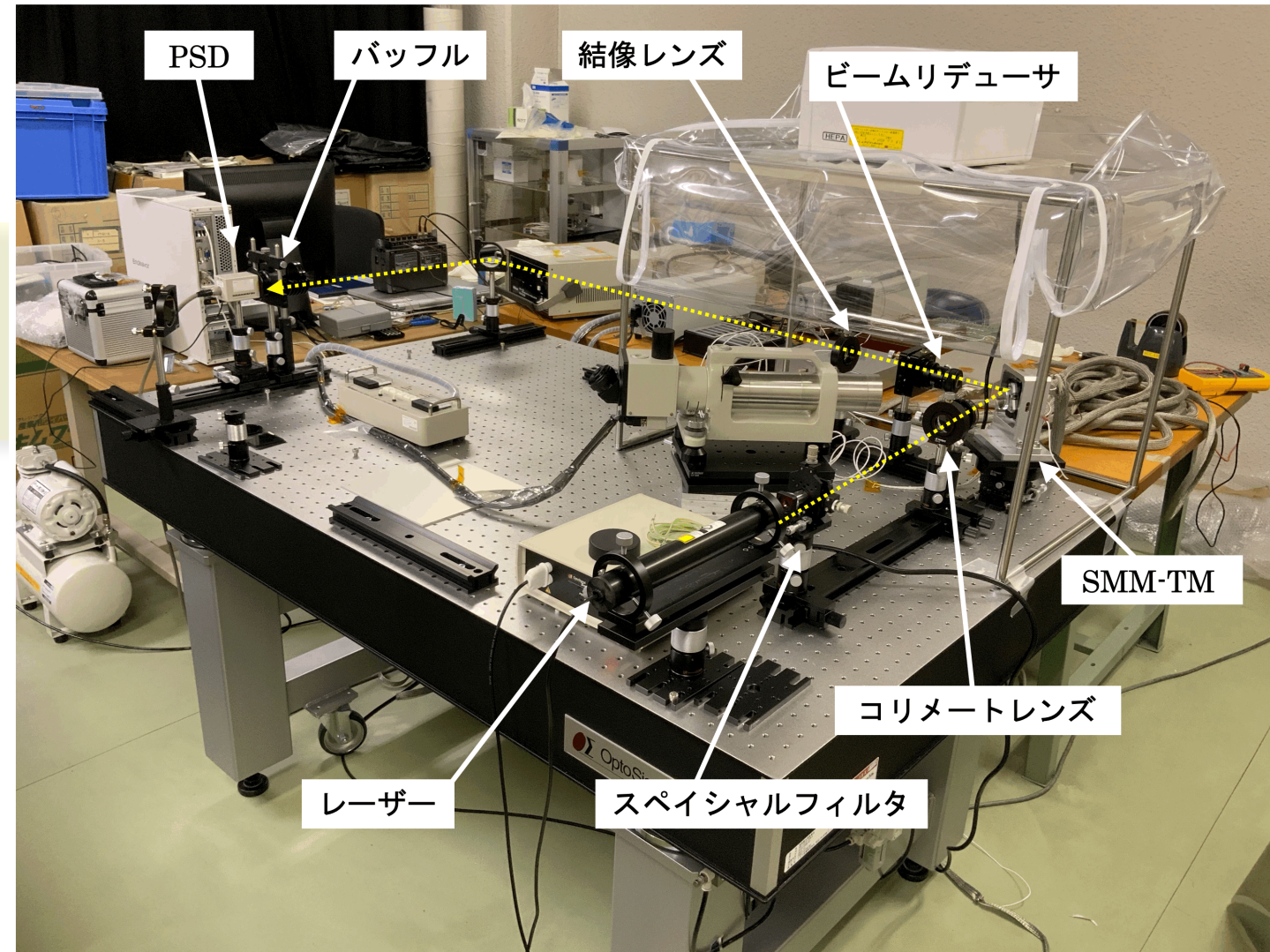
→ 安定度・応答時間の測定

※1. 浜松ホトニクス: S1880

#### オートコリメータ<sup>※2</sup>の配置: SMM-TMに正対

→ 線形率の測定

※2. TRIOPTICS: TAUS300-57

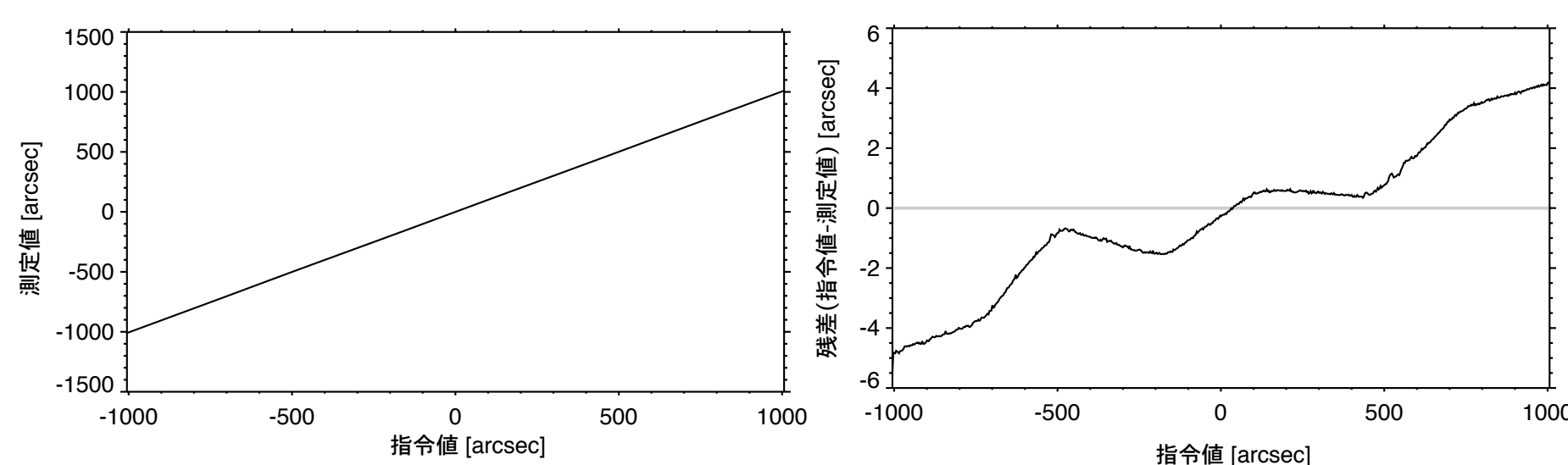


※測定時は暗室環境において実施

#### [3-1] 線形性

0.08% (全視野に対する角度ズレ量)

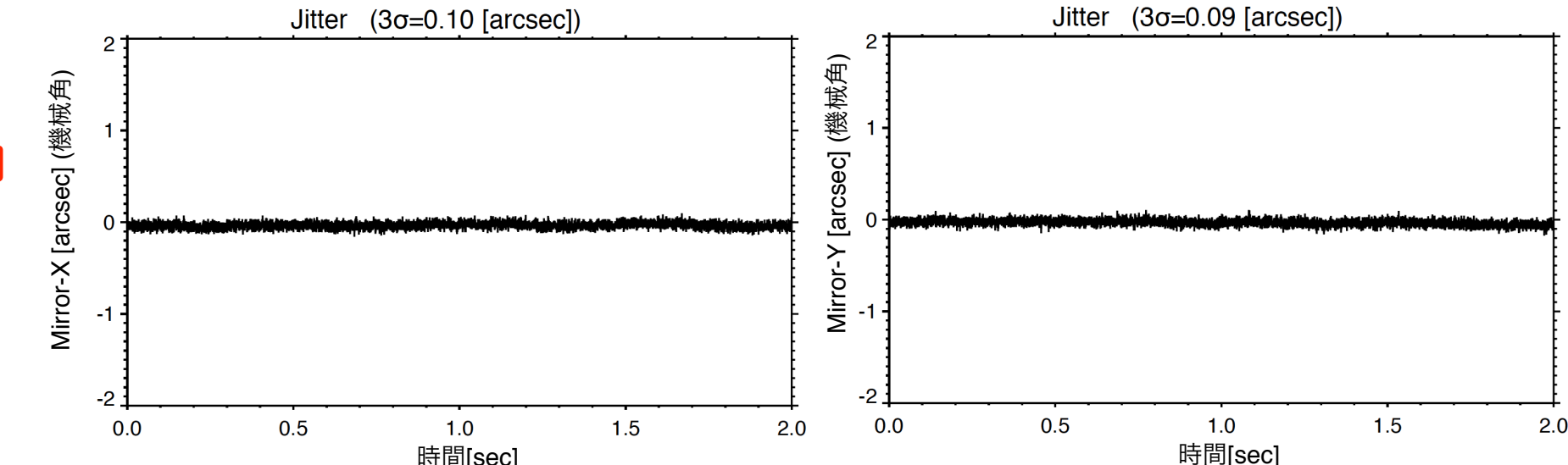
→ 要求値(<0.2%)を達成



#### [3-2] 安定度

$3\sigma = 0.10'', 0.09''$  ( $\theta_x, \theta_y$ )@機械角

→ 要求値( $3\sigma < 1''$ )を達成

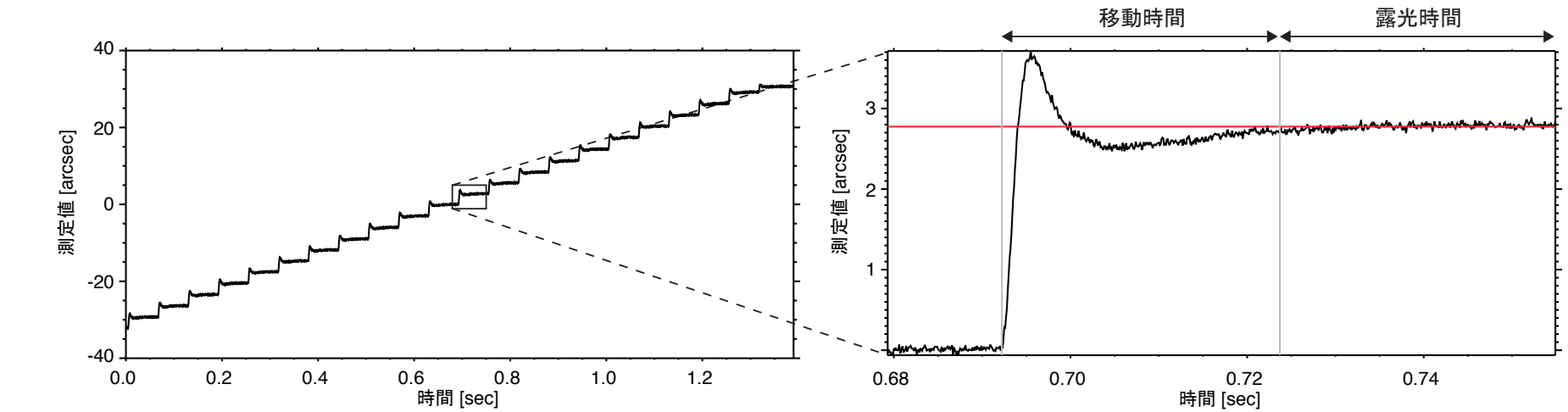


#### [3-3] 応答時間<sup>※</sup>

26.1 msec

→ 要求値(<32msec)を達成

※応答時間の定義: ミラー角度が2.757''に到達した時間



## 4. 同期制御試験

### スキャンミラー・CMOSカメラ・回転波長板間の同期精度を実証

#### ローリングシャッター (CMOSカメラ)

第1列目から第2048列目まで、

順々に露光・読み出しを実施

後列ほど露光のタイミングが遅れる

同期精度の要求: <1msec<sup>※</sup>

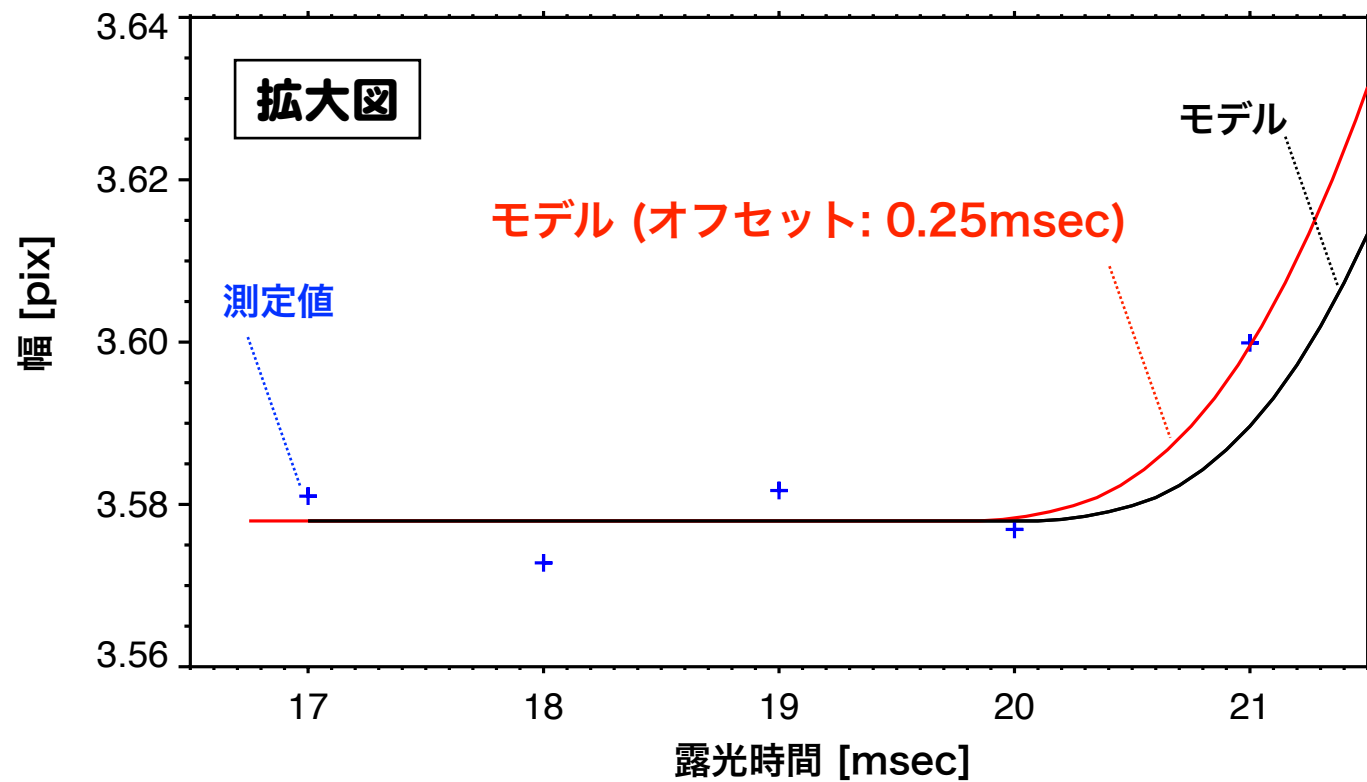
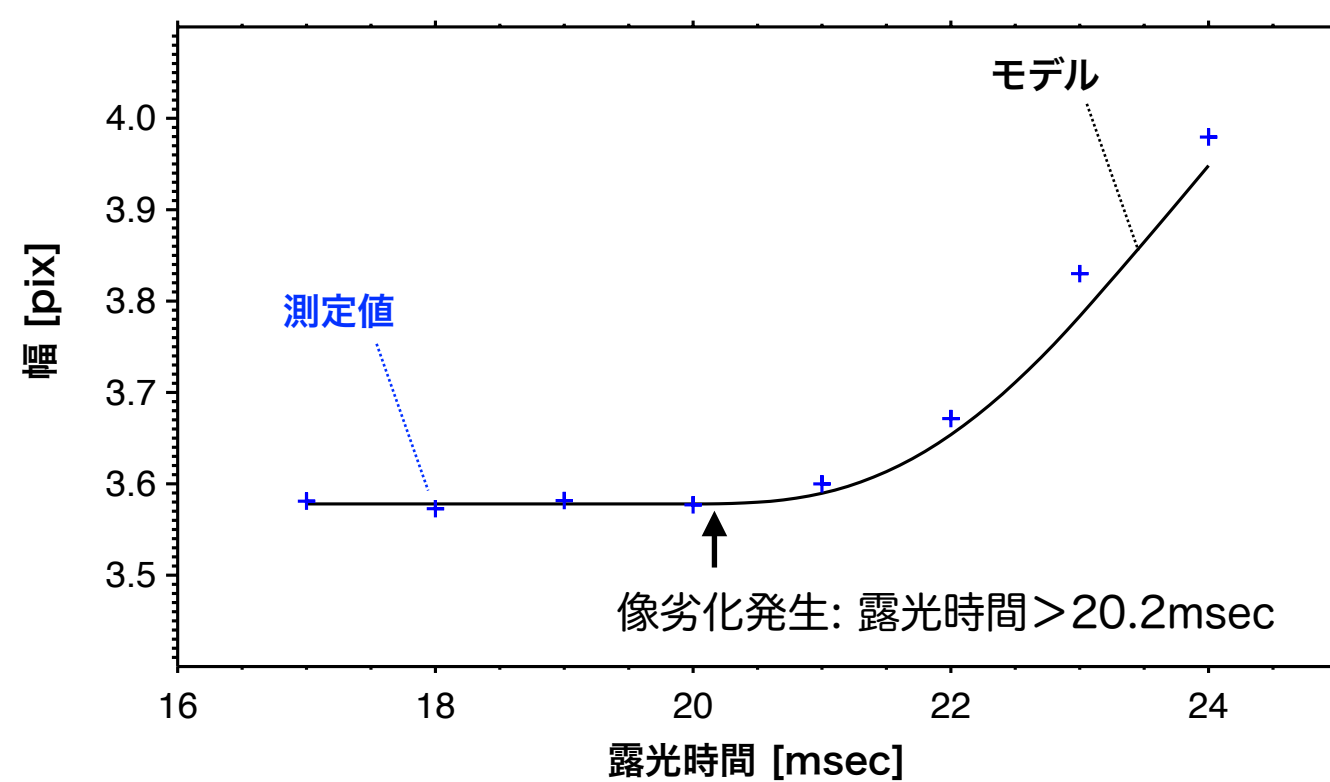
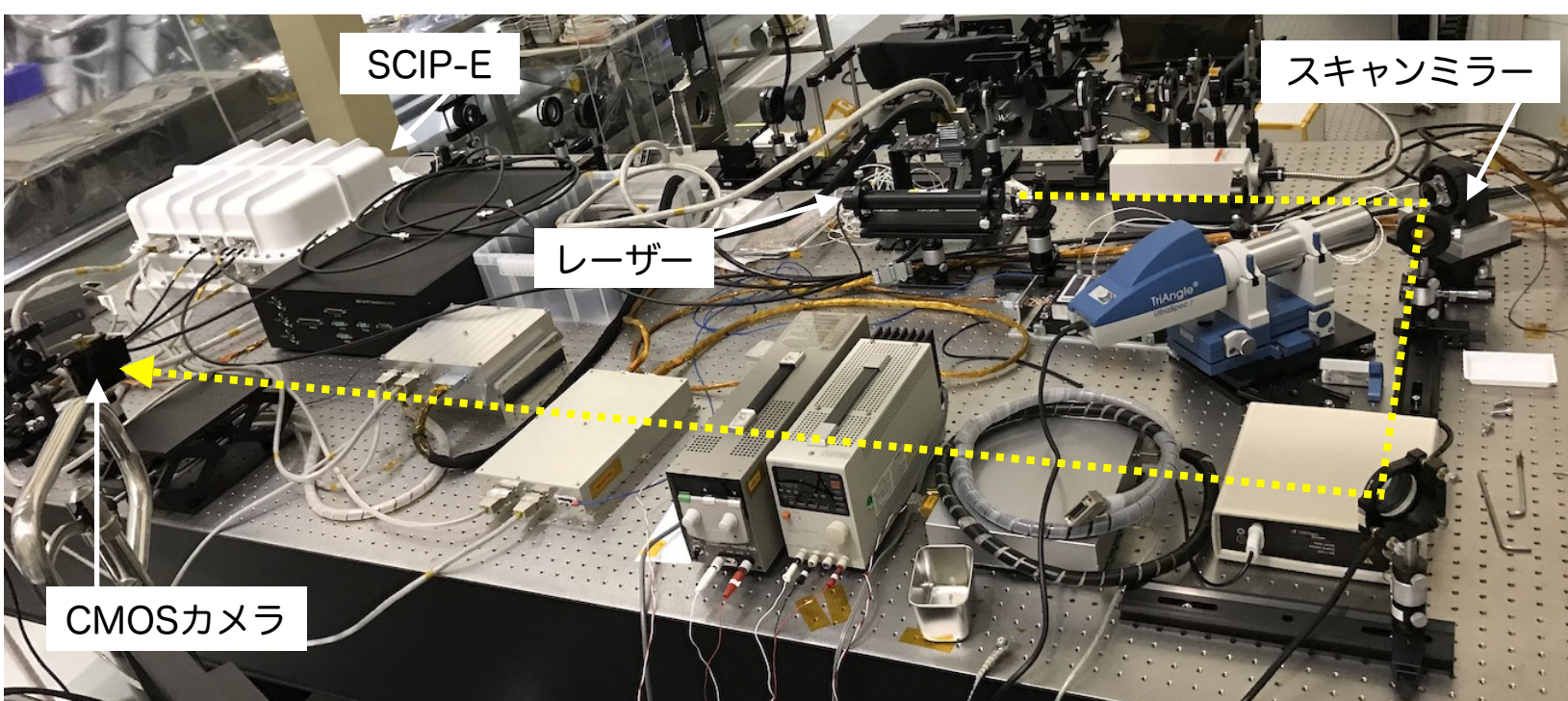
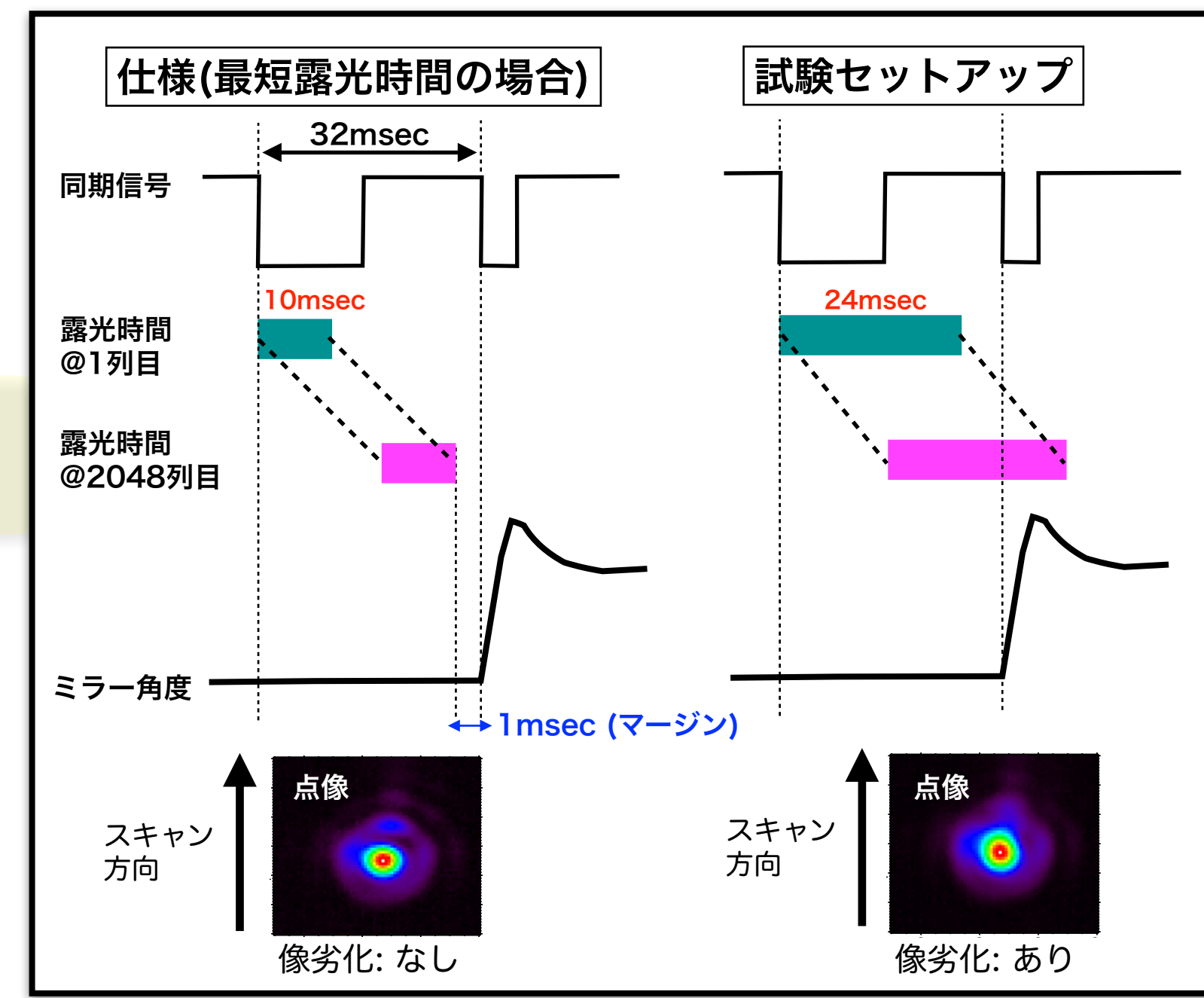
→ 1msec以上ズレると、第2048列目の露光時間中にミラーが動くため、像劣化が生じる

※すべての列を露光・読出するには21msec必要 → 最短露光時間モード: 10msec (1msecのマージン)

#### [試験内容]

像劣化の発生が予想される露光時間と予想されない露光時間を設定。レーザー光(点像)をCMOSカメラに照射し、各露光時間における像の劣化(点像の幅)を評価

※CMOSカメラはフライト実機を使用



結果: 0.25msecズレ → 1msec以内で同期制御されており、像劣化は発生しない