

CTA 報告57:

CTA 大口径望遠鏡のためのAMC 開発

野里明香 **A**，千川道幸**A**，奥村暁**F**，加賀谷美佳**E**，片桐秀明**E**，峪中良介**A**，周小溪**A**，田中駿也**E**，手嶋政廣**B,C**，中嶋大輔**C**，馬場浩則**E**，林田将明**G**，柳田昭平**E**，山本常夏**D**，吉田龍生**E**

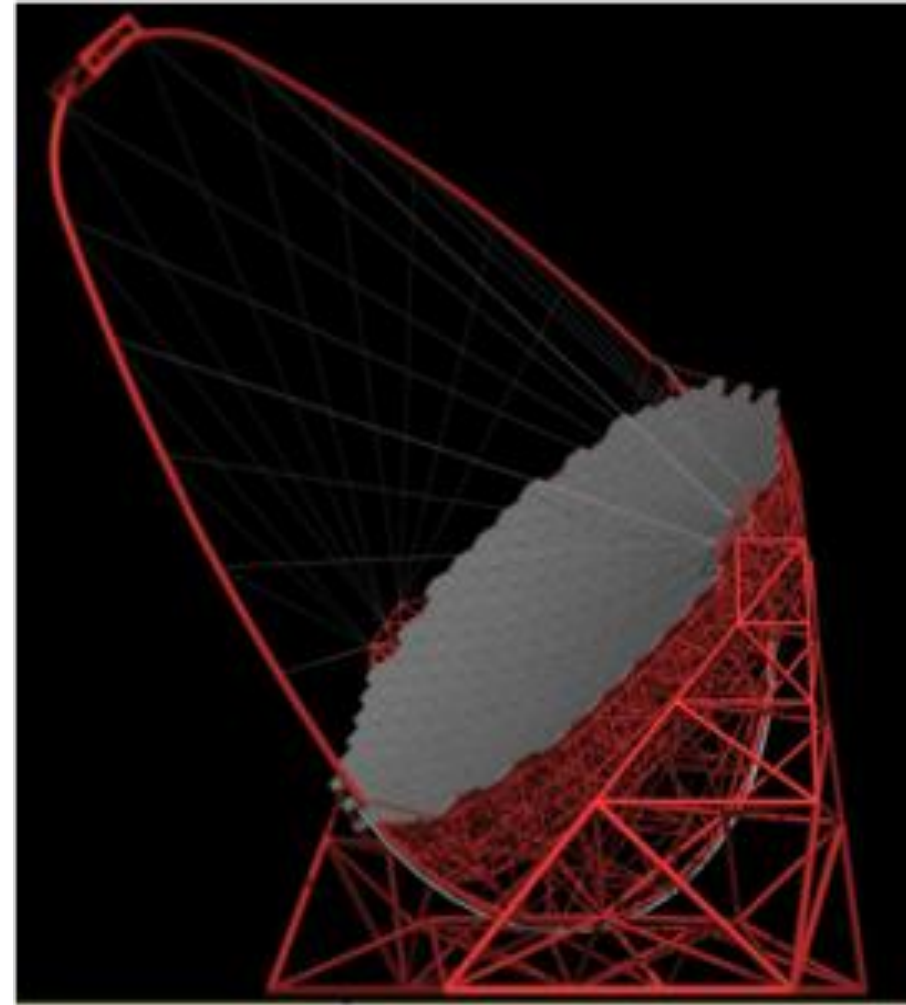
近畿大理工 **A**，東大宇宙線研**B**，Max-Planck-Inst. fuer Phys. **C**，甲南大理工**D**，茨城大理工**E**，名大STE 研**F**，京都大理工**G**

目次

- LST要求仕様
- AMC(Active Mirror Control)システムのR&D
 - 実験目的
 - 光軸のずれ量検出
 - 概要
 - 近畿大学での画像処理
 - アクチュエータ
 - 概要
 - zurich大学のシステム
 - 実験装置
 - 制御方法
- まとめ
- 今後行う実験

LST要求仕様

- 口径: 23m
- 鏡総面積: 407 m²
- 焦点距離: 28m , F/D = 1.2
- 総重量: 50t
- 鏡形状: Parabolic
- Active Mirror Control
- 視野: 4.5 degrees
- カメラpixelサイズ : 0.1 degrees
- 回転速度: <180 deg/20 sec



Designed by MPI Munich and MERO

AMC(Active Mirror Control)システムのR&D

LSTの変形、CCDカメラのずれが生じる原因



- 自重(zenithangle)
- 風圧
- 温度依存性

実験目的

- AMCシステムの開発
 - 構造体の歪みによる分割鏡の光軸のずれ
 - 光軸のずれ量の検出
 - レーザー、カメラ→画像処理
 - ずれ補正のための制御
 - アクチュエータ制御システム
- Zurich大学のAMCシステムを参考

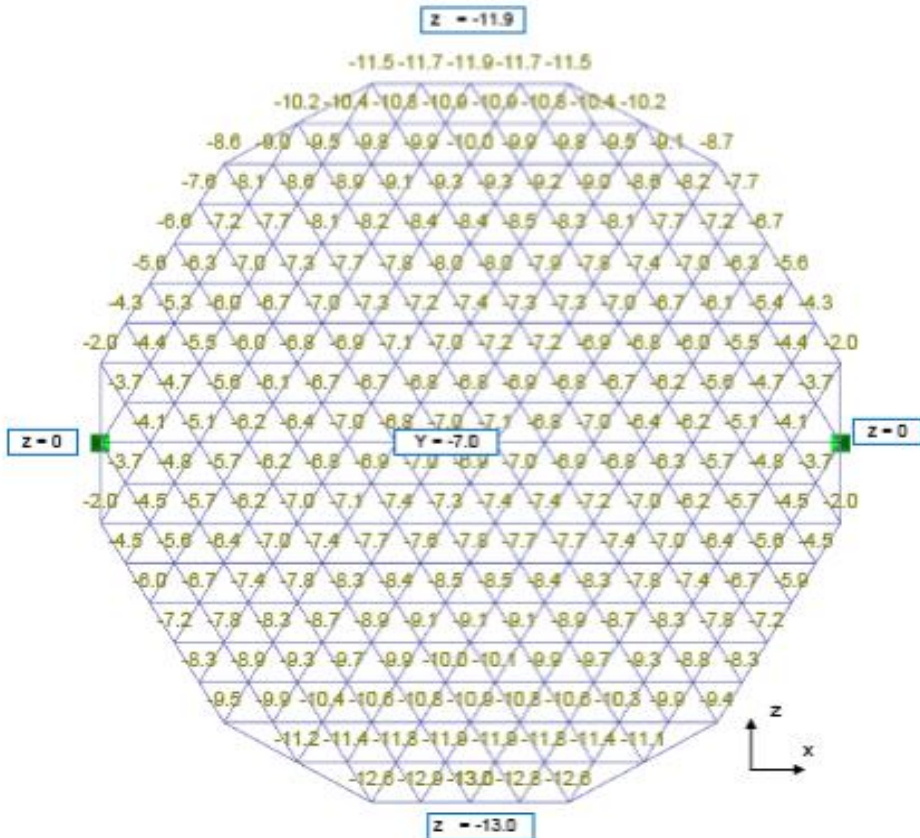
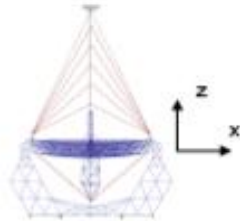
重量による歪み量 (シミュレーション)

dish

→ Eigengewicht

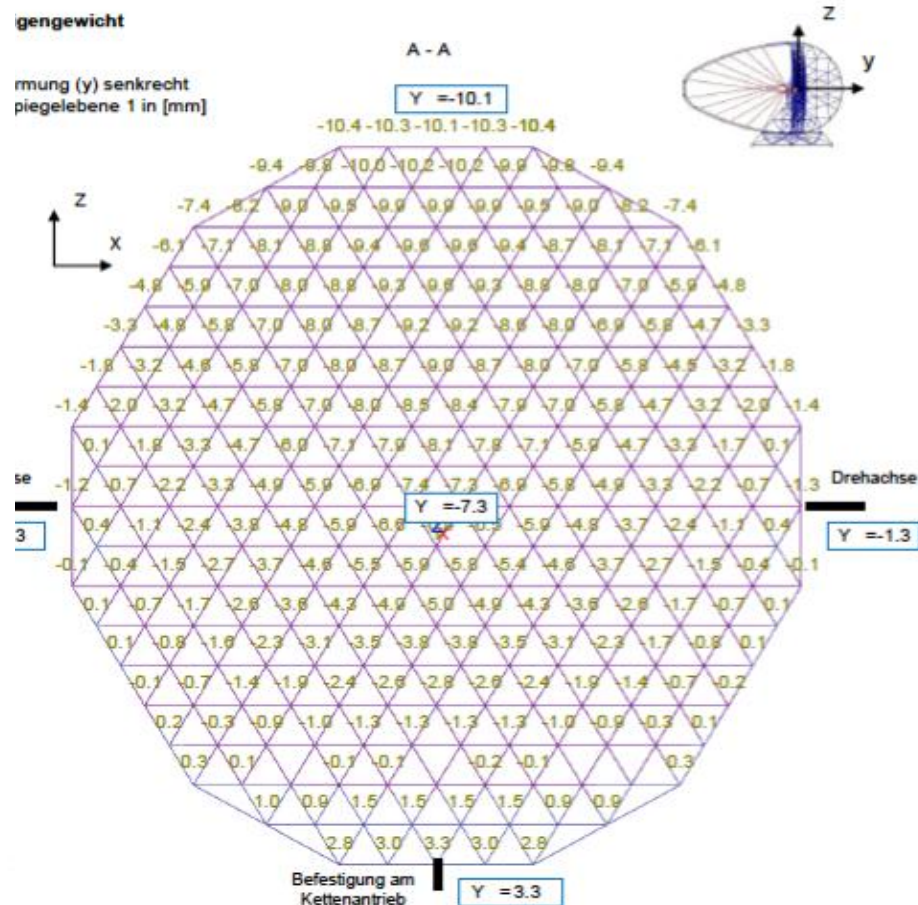
Achtung: Vertikallager an Drehachse
gesetzt !!!

Verformung (z) senkrecht zur
Spiegelebene 1 in [mm]

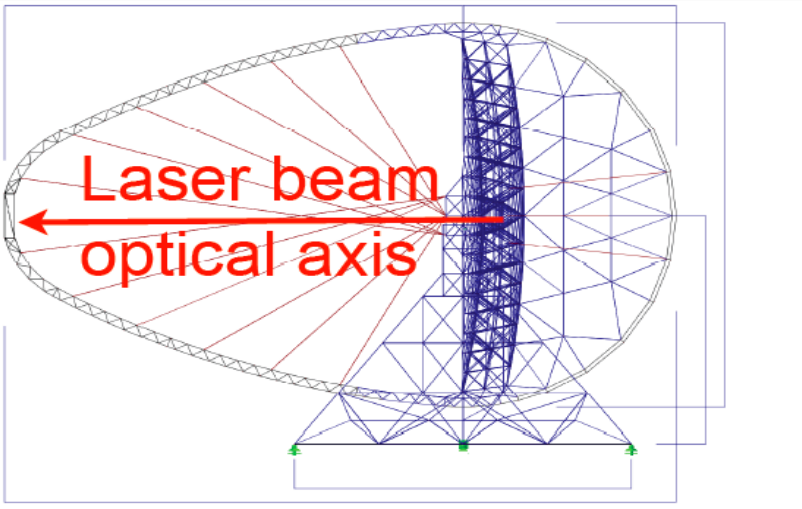


Eigengewicht

Verformung (y) senkrecht
piegelebene 1 in [mm]



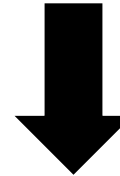
光軸のずれ検知システム(検討中)



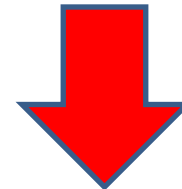
光軸を決定 (IRレーザーを鏡の中心から発射させる)



PMT側にLEDを設置
各分割鏡にレーザーを取り付け



鏡の中心にHRカメラを設置
IRレーザーと星の位置を観測



(カメラのLEDの位置) - (光軸の位置) = **カメラのずれ**
(鏡のレーザーの位置) - (光軸の位置) = **鏡のずれ**

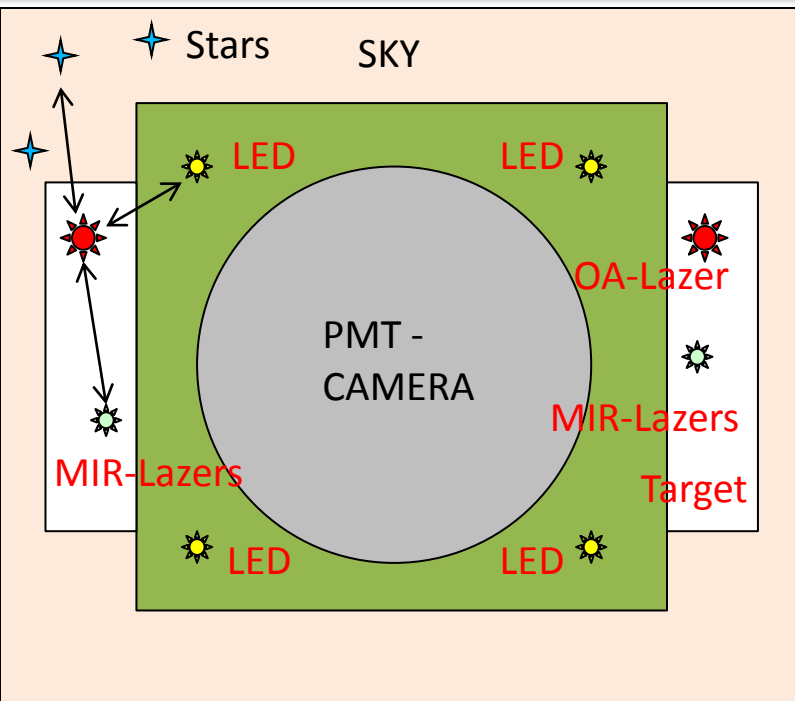


IMAGE with HR CCD Camera

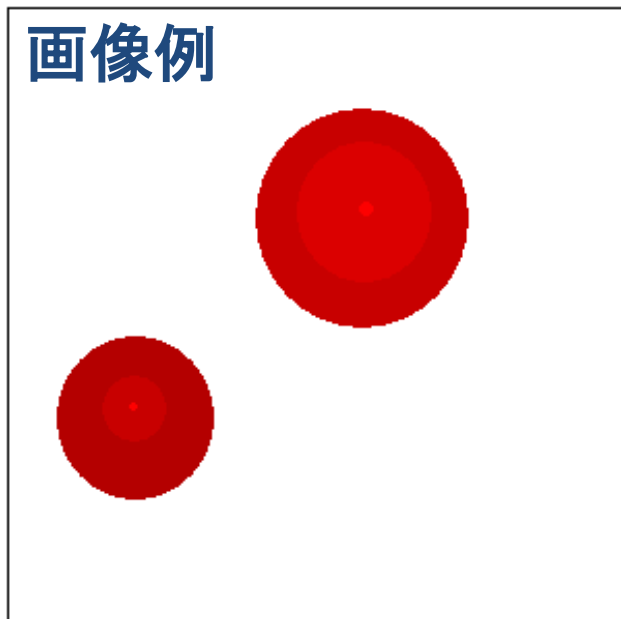
近畿大学で行っているレーザー位置検出画像処理実験

1.輝点の中心を決定 (ある基準点からの距離を計算)

2.輝点の一つでなく二つの場合でも計算可能

実行結果

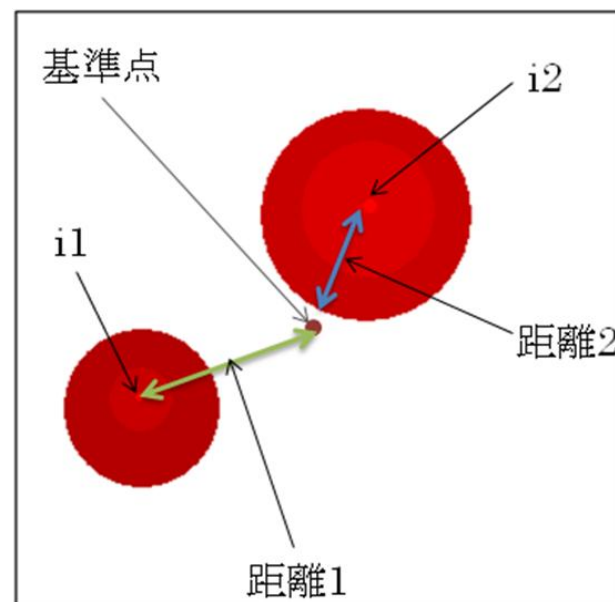
画像例



基準点 $(x,y)=(150,150)$

i1,輝度最大値255,
 $(x,y)=(61, 104)$
距離1=55pixel

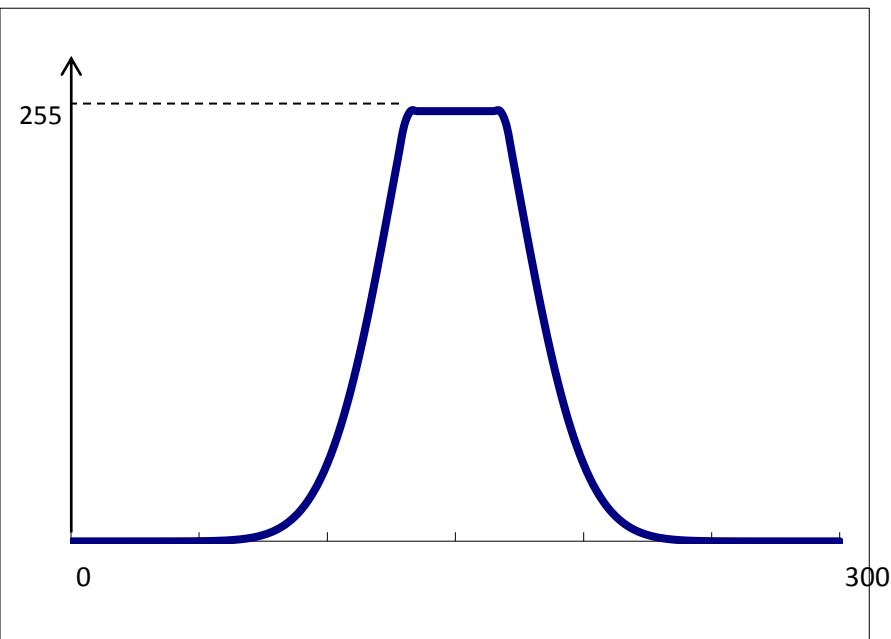
i2,輝度最大値242,
 $(x,y)=(174, 202)$
距離2=196pixel



今後のプログラム改善点

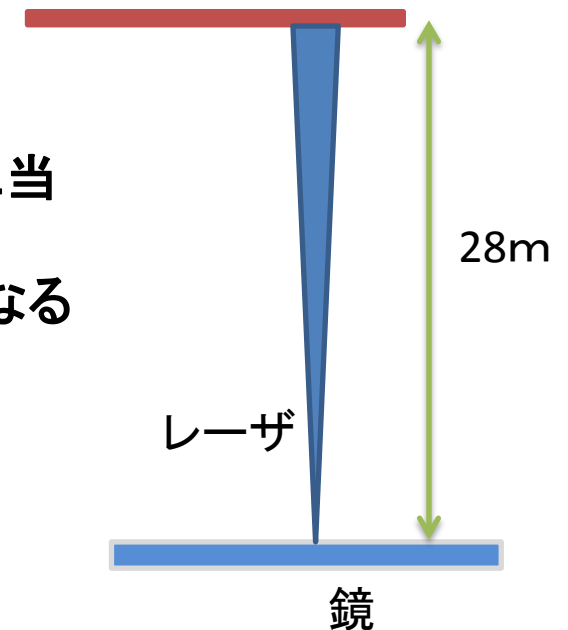
大きさを持つ輝点に対して計算可能にする
(レーザが片側3mradほどの広がり角を持つため)

輝点の中心が1pixelに納まらない場合



光電子増倍管

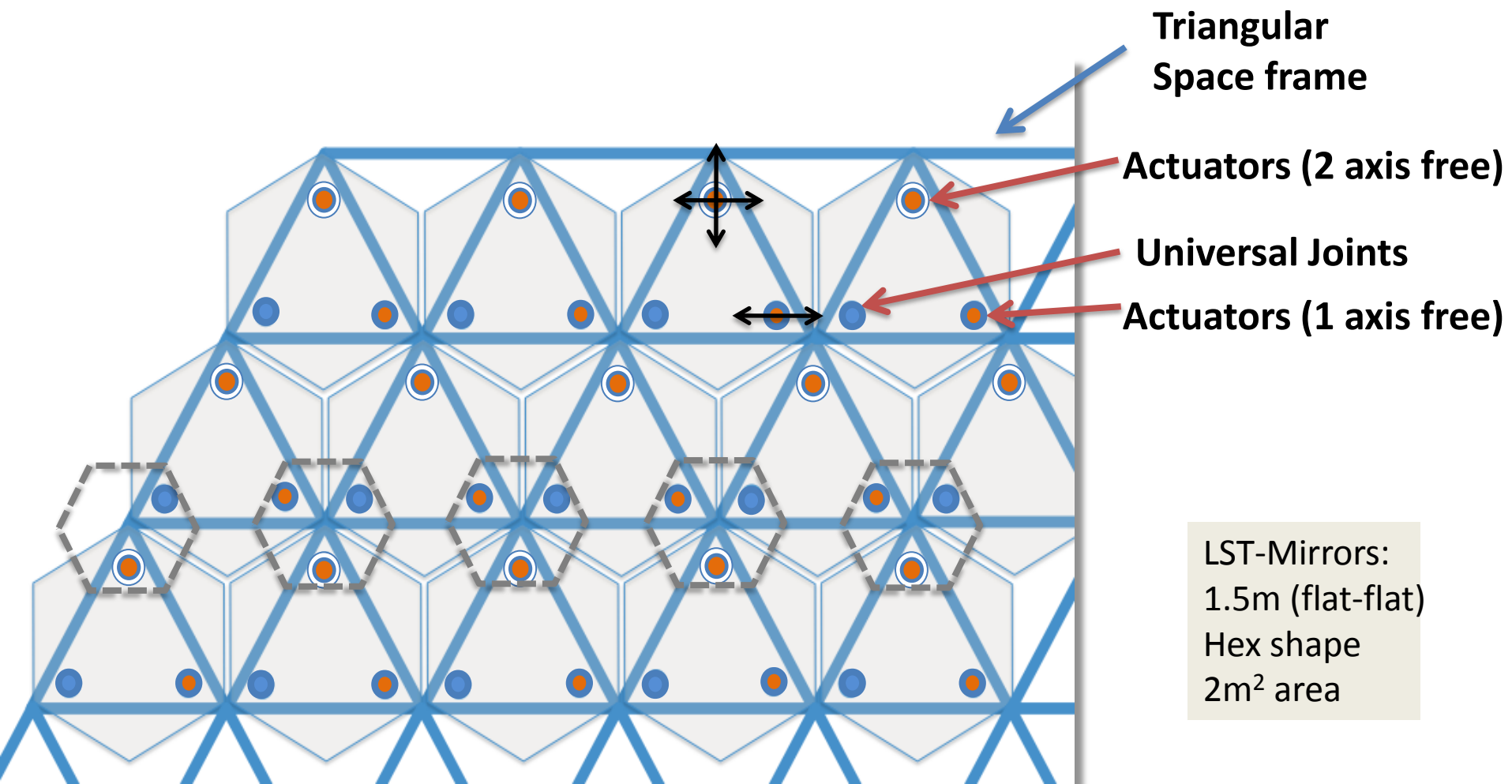
光電子増倍管に当
たるレーザは
直径120mm程になる
と考えられる



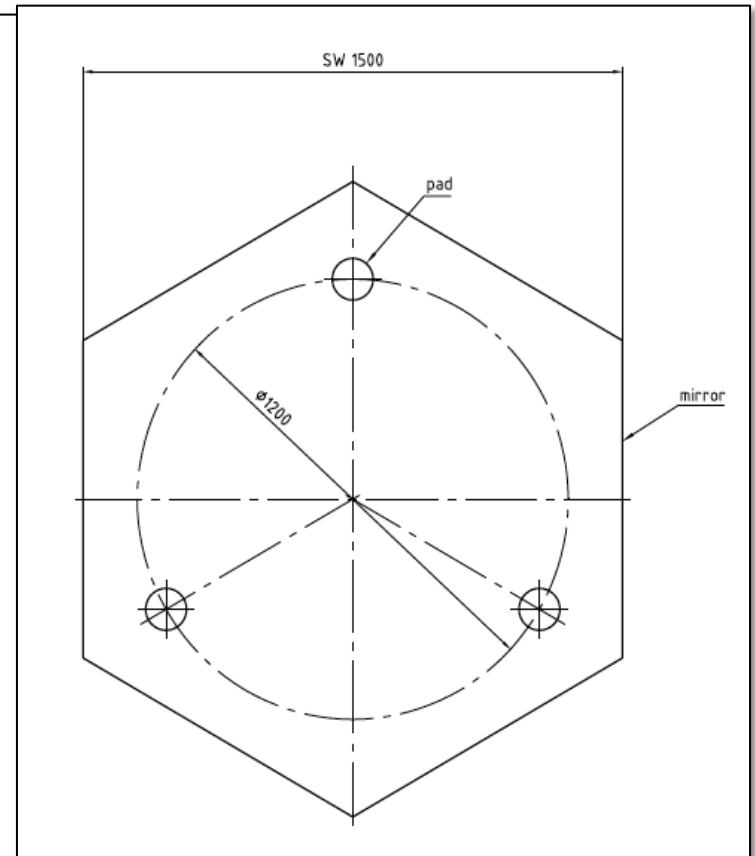
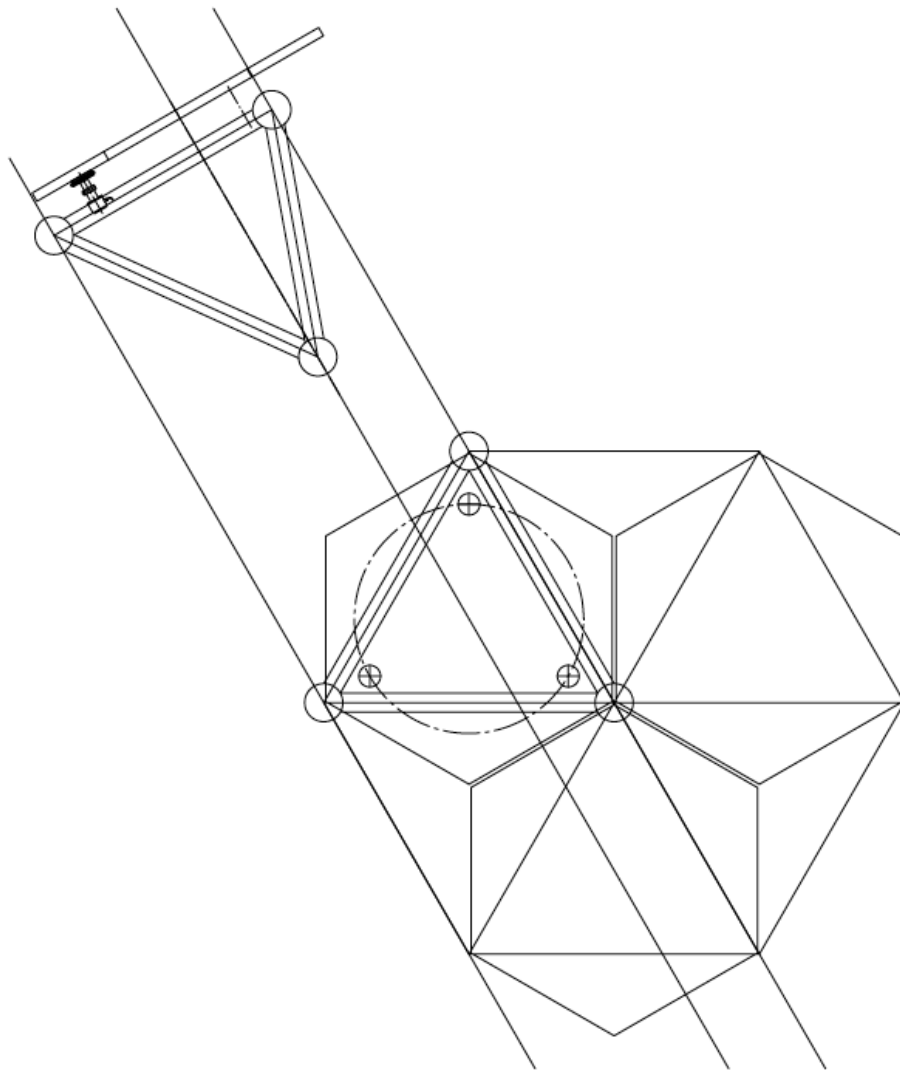
アクチュエータ

- 要求スペックを満たすアクチュエータ
- 日本SMC社製アクチュエータの選定
- 制御システムのR&Dを開始
- ライフテスト
5000km or 30000 strokes : SMC社データ

LSTのフレーム上の鏡とアクチュエータ



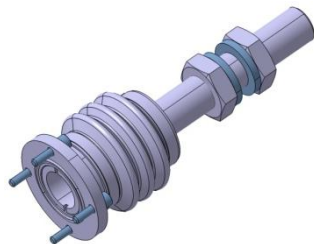
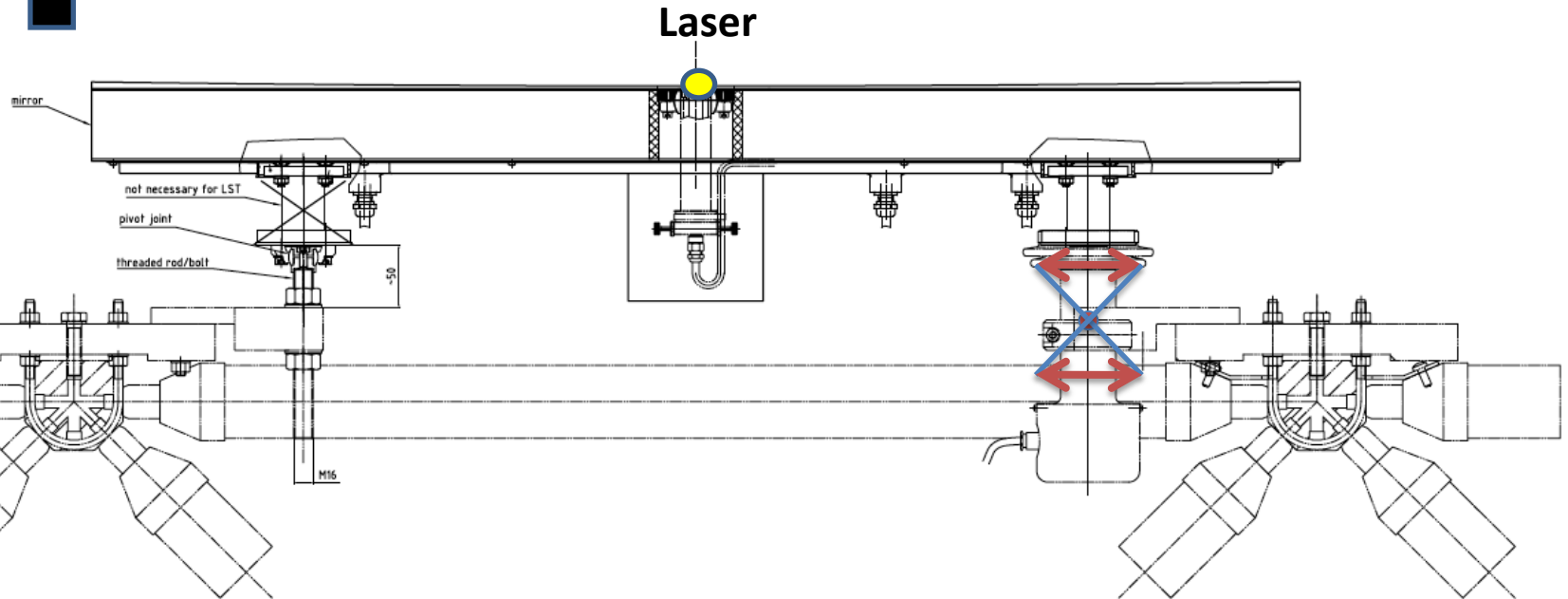
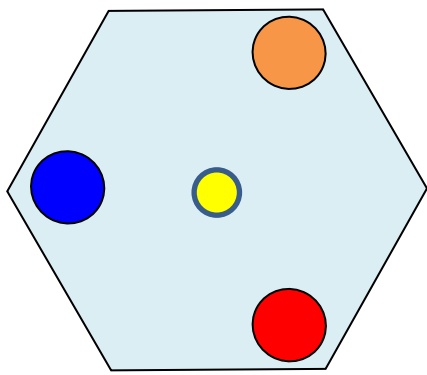
AMCに接続するパッドの取り付け位置



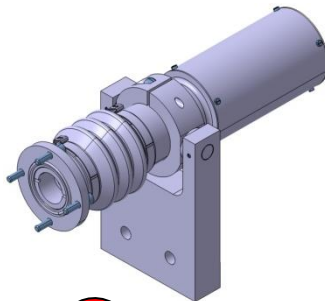
Three pads of 150mm Φ at
1200mm diameter Circle

4 holes of 5mm Φ on each pad

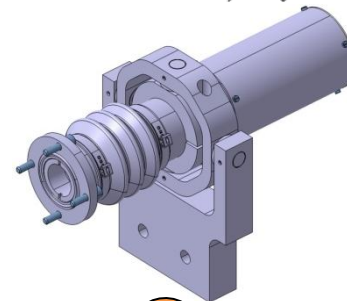
Zurich アクチュエータ



 Universal joint




 1 axis free

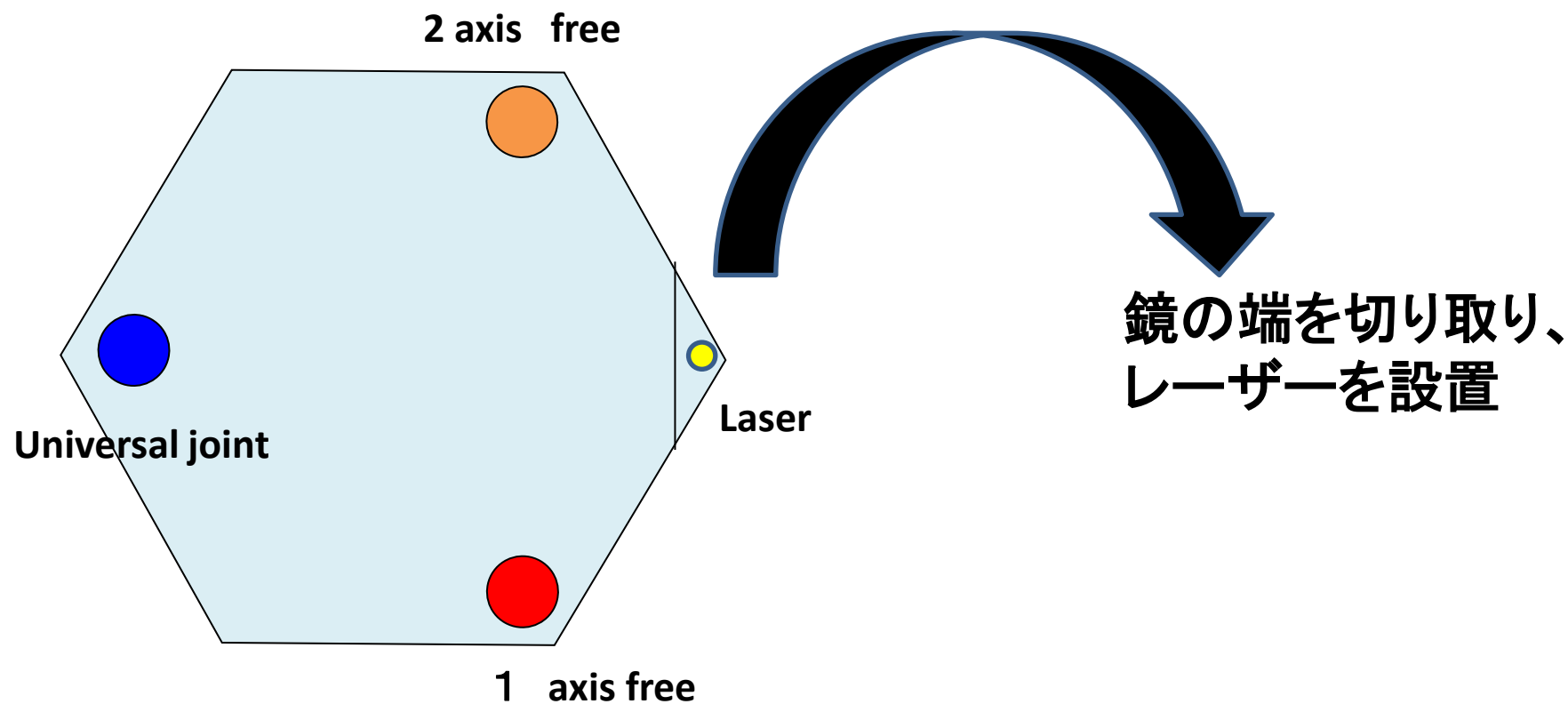


 2 axis free

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PHYSIK
Werner-Heisenberg-Institut
Föhringer Ring 5
80805 München
M 1:5
Datum: 01.12.2019
Projekt: CTA
Zeichnungen: Mirror support M-1
Sachbearbeiter: H. Wehreskind



LST用レーザー設置(予定)

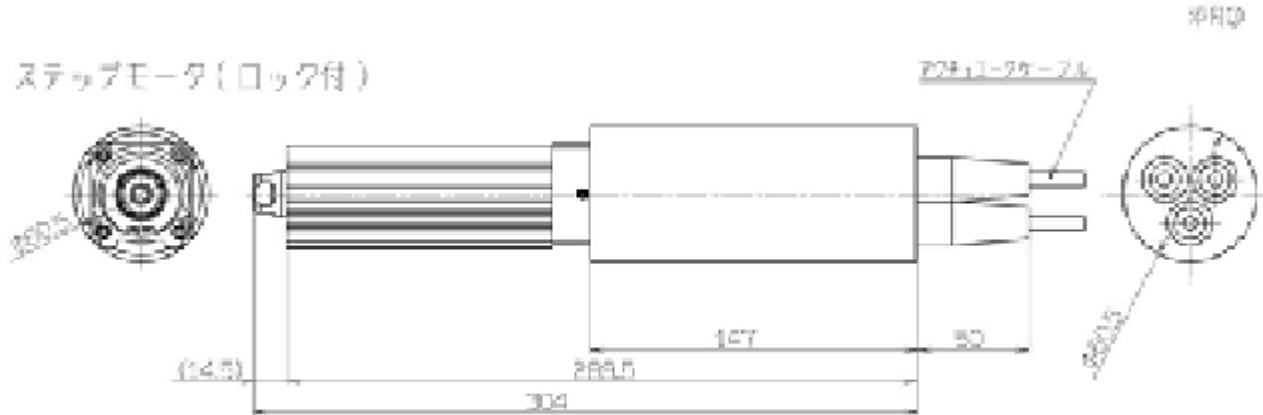


アクチュエータ要求仕様

①外形寸法	全長 244mm 184mm	外形 Φ 65(Doublevariant) Φ 65(Fixpoint)
②本体質量	ACT: 1000g 土台1角度用: 1000g 土台2角度用: 1300g 支柱: 650g (Fixpoint)	
③電源電圧	DC24V	
④駆動時電流	850mA	
⑤待機時電流	50mA	
⑥通信手段	無線規格: IEEE802.15.4 ← 生産中止	
⑦モータ種類	ステップモータ	
⑧位置決め方式	アブソリュート グレーコードホイールとホールセンサを使用	
⑨分解能	30 μm(コードホイール) 5 μm(ステップ角)	

⑩メカ的スキマ	10 μm
⑪ストローク	36mm
⑫推力	最大330N
⑬機械的応力	最大9500N
⑭保護構造	IP67
⑮コネクタ	電源用にコネクタ1つ
⑯保持方式	セルフロック
⑰内蔵メモリ	4096bytes=2048角度変化→仰角
⑱稲妻耐性	要打合せ

SMC社製アクチュエータ



形状: 304 × 60.5 × 60.5 mm
本体質量: 2300 g
モータ種類: ステップモータ
分解能: 800パルス/回転
ストローク: 50mm
ストローク耐久性: 3000 km
通信手段: 有線

実験装置

PC(ubuntu 9.10)



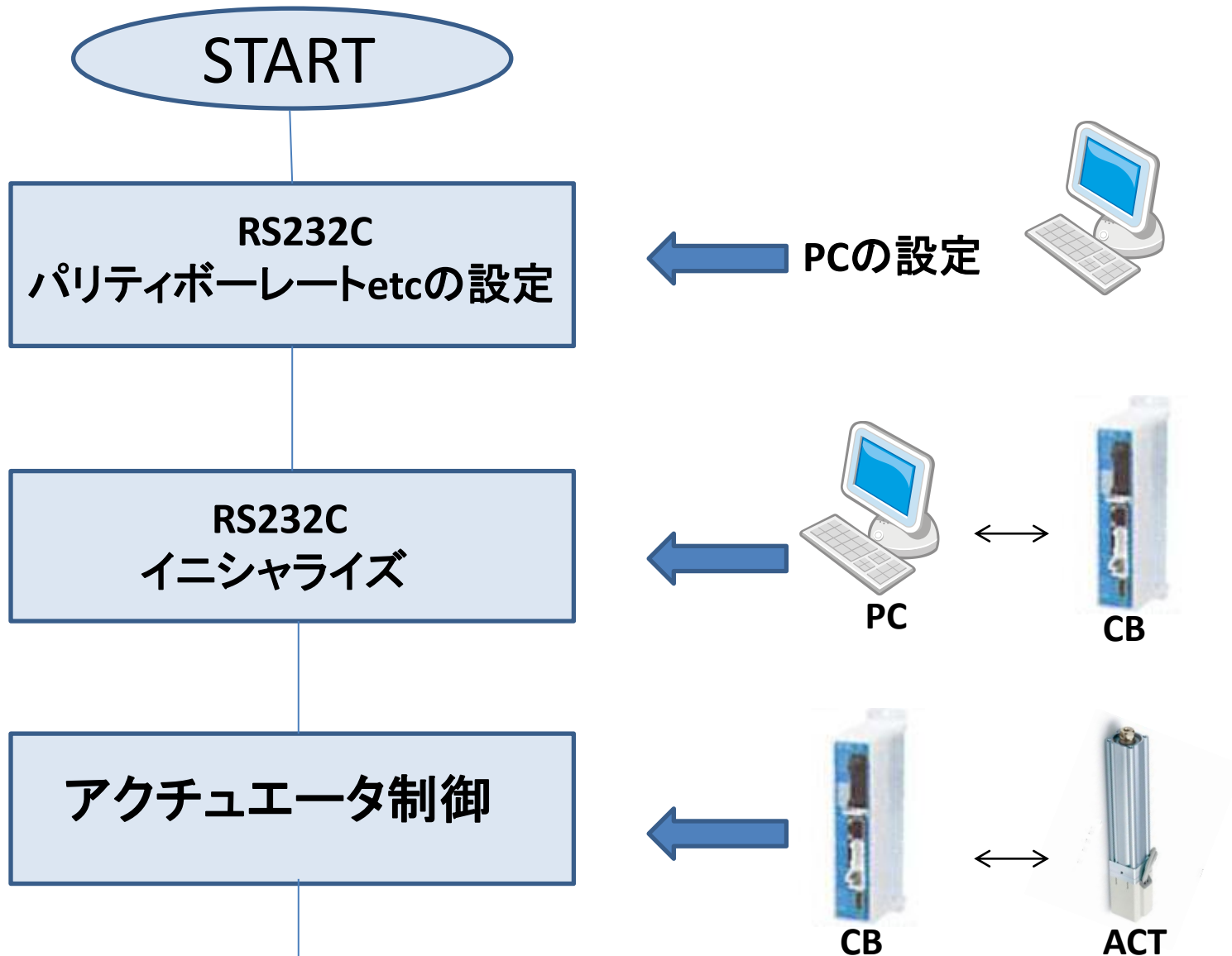
RS232Cでの制御を行う

アクチュエータ

コントロール
ボックス

24V電源

プログラム制御方法



ライフテスト

No.LEY-SM00904

電動アクチュエータ ロッドタイプ (LEYシリーズ) ライフテスト

【共通条件】

- ・ 供試品：各5台
- ・ 温度：25~35℃
- ・ 加減速度：3,000mm/s²
- ・ 運転パターン：製品ストロークを往復運転

【公称寿命】

- ・ 5,000km もしくは 3,000万回 のいずれか早い時期。

【測定・確認項目】

- ・ 繰返し位置決め精度：7回測定し、許容値（±0.02mm）を満足すること。
アラームが発生しないこと。

走行距離

品番	取付姿勢	負荷 (kg)	速度 (mm/s)	上段(黒矢印) 作動距離 : km / 下段(白矢印) 往復回数 : 万回		備考										
				【公称寿命】												
				1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000			
				0	/600	/1,200	/1,800	/2,400	/3,000	/3,600	/4,200	/4,800	/5,400	/6,000		
LEY25B-25	水平	1.9 (ロッド先端)	250	→										公称寿命到達 (継続中)		
LEY25B-100		1.0 (ロッド先端)	250	→										公称寿命到達 (継続中)		
LEY25B-400		0.5 (ロッド先端)	250	→										公称寿命到達 (継続中)		

まとめ

- 要求仕様の確認とアクチュエータの選定
- SMC社製アクチュエータの購入
- シリアル通信によるアクチュエータ制御に成功

今後行う実験予定

- 光軸ずれ量の画像処理を進める
- 鏡の重量に対するアクチュエータの耐久性を調べる

鏡質量
50kg/3
約20kg



以下資料



PC



CB

シリアル通信にて、コントローラへ以下の操作を行う

1. 登録済みのステップデータの動作指示
2. ステップデータの編集
3. 位置、速度データの読み出し
4. 位置、速度、推力を直接指示及び動作

シリアル通信によって、以下のようなデータを送信し、内部リレーを操作する。

データ

ID	Function	Data	CRC Check
1byte	1byte	Nbyte	2byte