

# 一露出型偏光撮像器HOWPoIのCCD冷却機構の改良

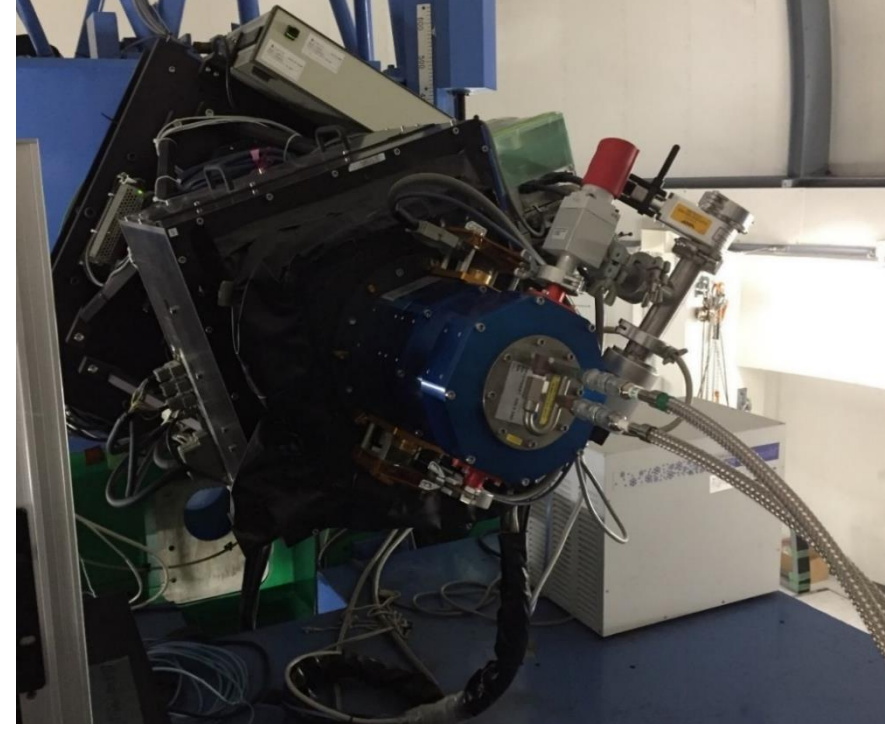
松場祐樹、川端弘治(広島大学)、秋田谷洋(茨城大)、吉田道利(国立天文台)

## 1.1 HOWPoIとかなた望遠鏡

広島大学 1.5mかなた望遠鏡



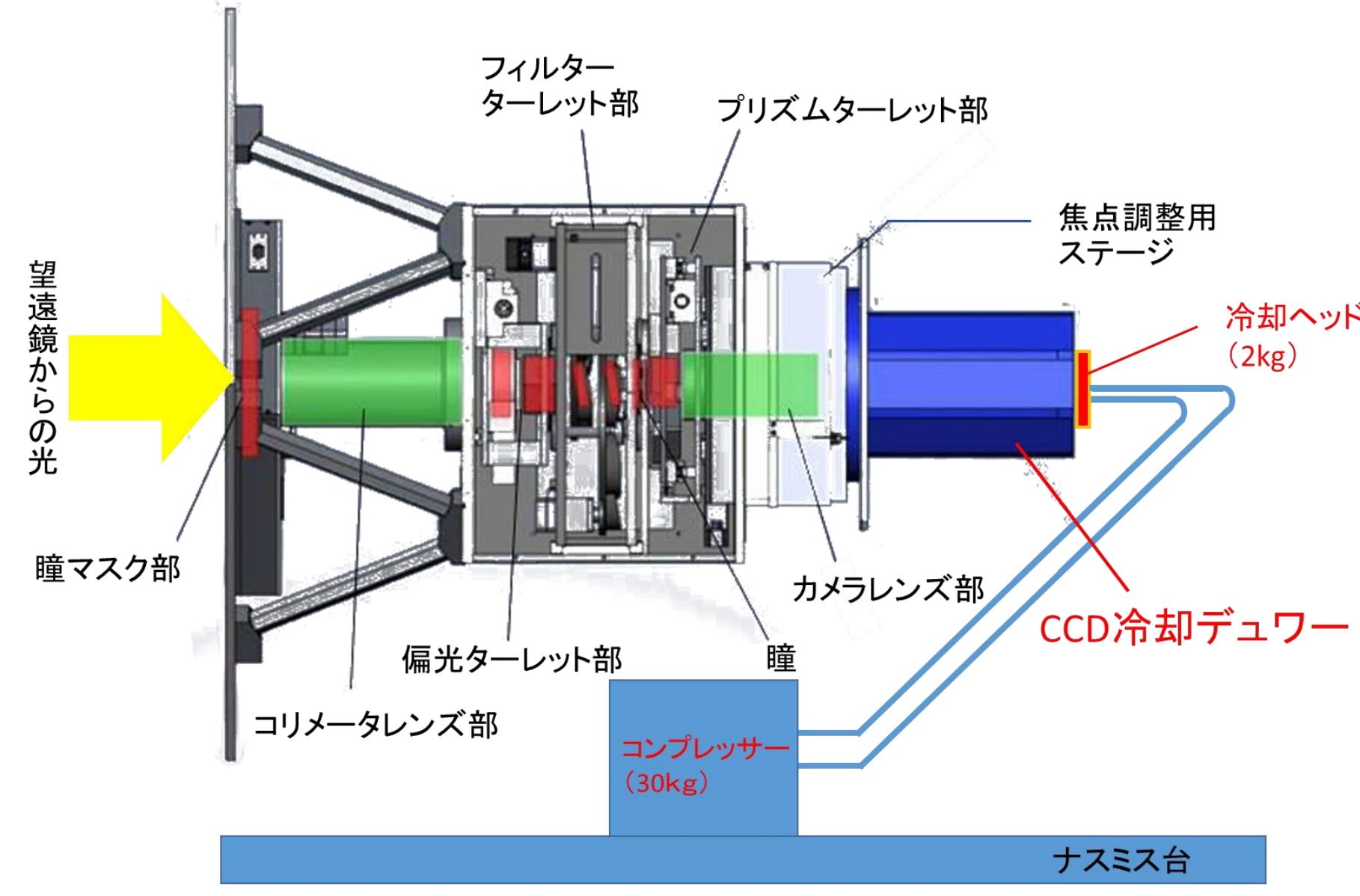
HOWPoI



- かなた望遠鏡  
方位角:5度/秒、高度方向:2度/秒の1m望遠鏡トップクラスの駆動速度を持ち、GRBなど突発現象に優位性を持つ
- HOWPoI  
可視光(450-1000nm)での撮像、分光、偏光撮像ができる  
**一露出型偏光撮像が可能**

## 1.2 冷却機構の現状

### HOWPoIの装置概観図



- 冷凍器性能低下により冬季以外で、CCDを**目標温度173Kに維持することが困難**。
- 現用の冷凍器は冷却ヘッドとコンプレッサーが分離しており、観測装置への取り付けは冷却ヘッドのみ行われるため、観測装置の特徴の制限が多い**焦点では、HOWPoIは使用できない**。
- **別の望遠鏡への搭載計画**がある現状を考えると、**コンプレッサー一体型で冷却能力の高い冷凍器を導入し、CCD冷却機構を改良しておく必要がある**

## 1.3 導入する冷凍器

### 現行冷凍器

Brooks社製  
PCC Compact Cooler



コンプレッサー、ヘッド分離式  
冷却: 空冷式(6W@86K)  
重量: 冷却ヘッド 2kg  
コンプレッサー 30kg  
長さ: 冷却ヘッド 145.3mm

### 新冷凍器

QDRIVE社製  
2s102K Cryocooler  
Acoustic Stirling 式  
一体型

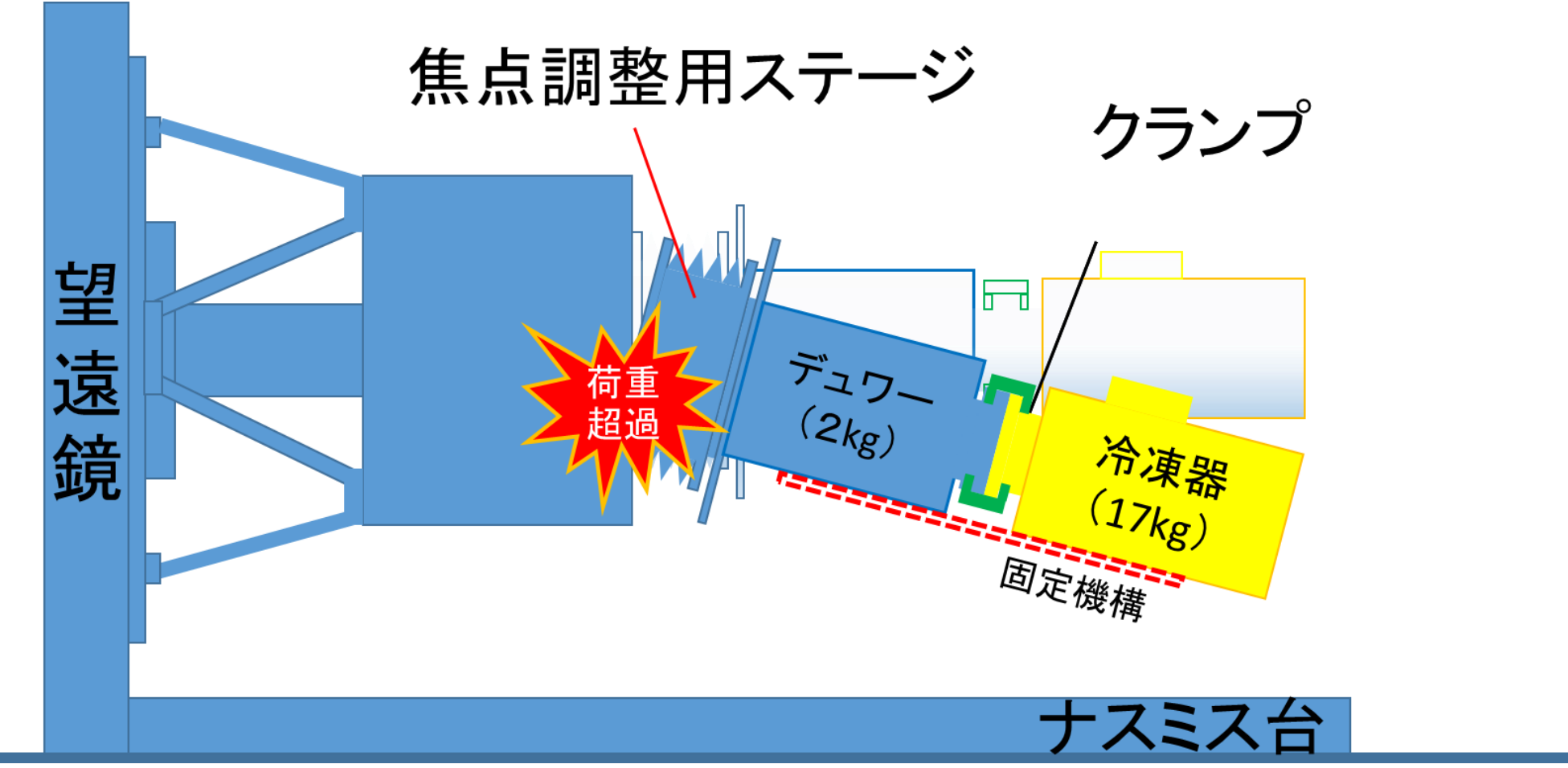


冷却: 空冷式(6W@77K)  
重量: コールドヘッド  
コンプレッサー 計 17kg  
長さ: 冷却ヘッド 60.2mm

## 1.4 新冷凍器導入に伴う課題と設計方針

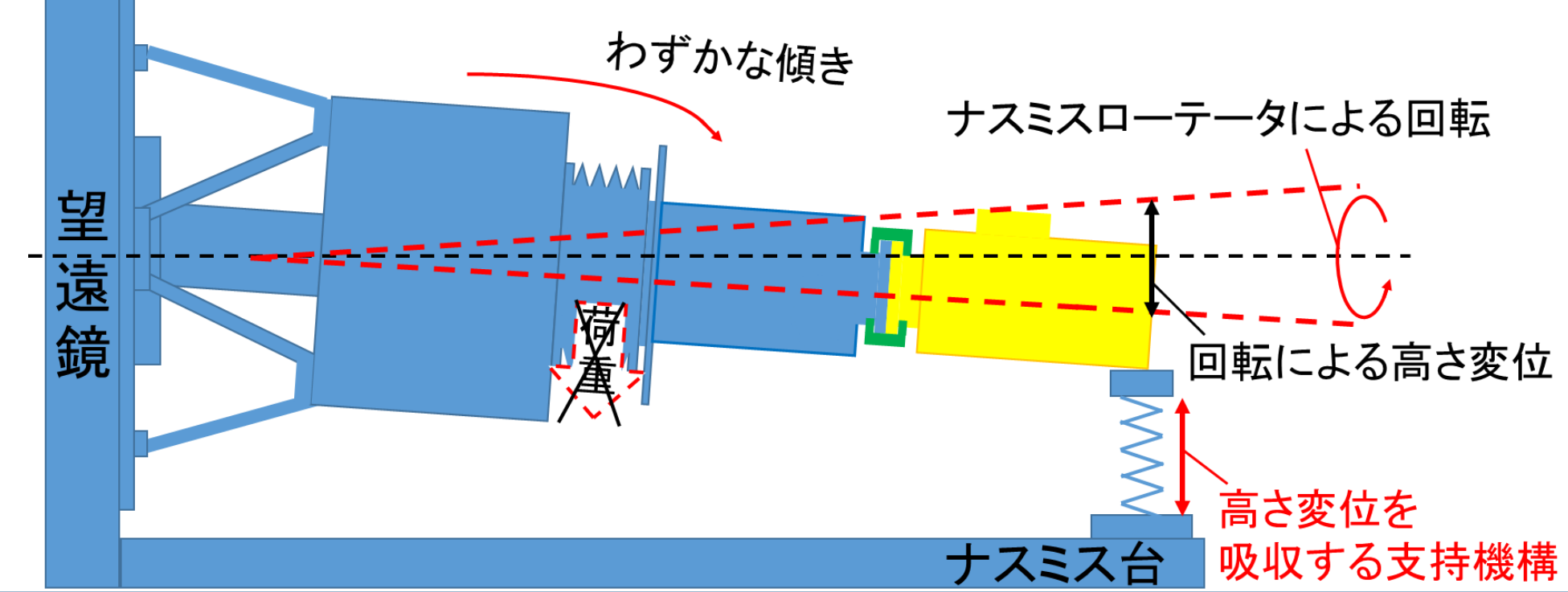
### 課題1 冷凍器形状の変化と重量化に伴う設計変更

- 一体型の冷凍器が直接デュワーに取り付けると.....
- デュワーの荷重を受ける焦点調整用ステージに**耐久重量(10kg)を超える21kg以上の荷重**がかかる。(デュワー:4kg、冷凍器:17kg)
- デュワーと冷凍器間の接続方法はクランプのみ。  
→デュワーの**真空シールを維持する固定法としては弱い**。
- 新冷凍器は**ヘッド先端部の長さが短くなっているため**、現用の冷却機構にそのまま取り付けられない。



### 課題2 ナスミスローテータの回転による高さの変位

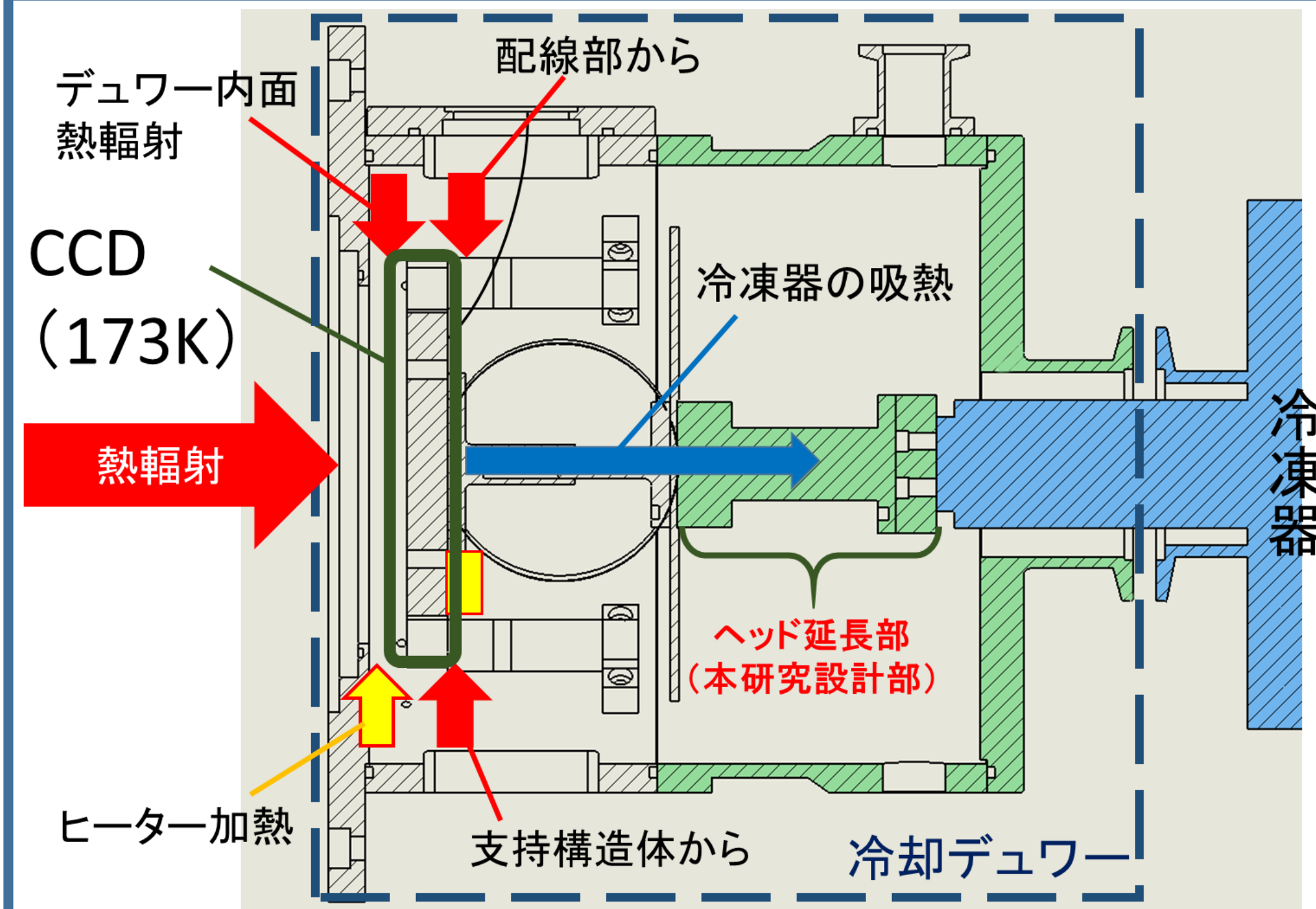
- ナスミス台のナスミスローテータに設置しているHOWPoIは、望遠鏡の姿勢(仰角や方位角)の変化によって**回転する**。
- HOWPoIは取り付け時に、避けられないある程度の傾きを持つため回転することで、ナスミス台からの**冷却デュワーの高さは変化する**。



## 設計方針

- ① 冷却ヘッドの長さを補償する**延長機構**を導入する
- ② コールドパスを**再計算**
- ③ デュワーと冷凍器の位置を決める**固定機構**
- ④ 冷凍器の荷重を補償し、高さの変位と回転に対応できる**支持機構**

## 2.1 デュワーの再設計と熱計算



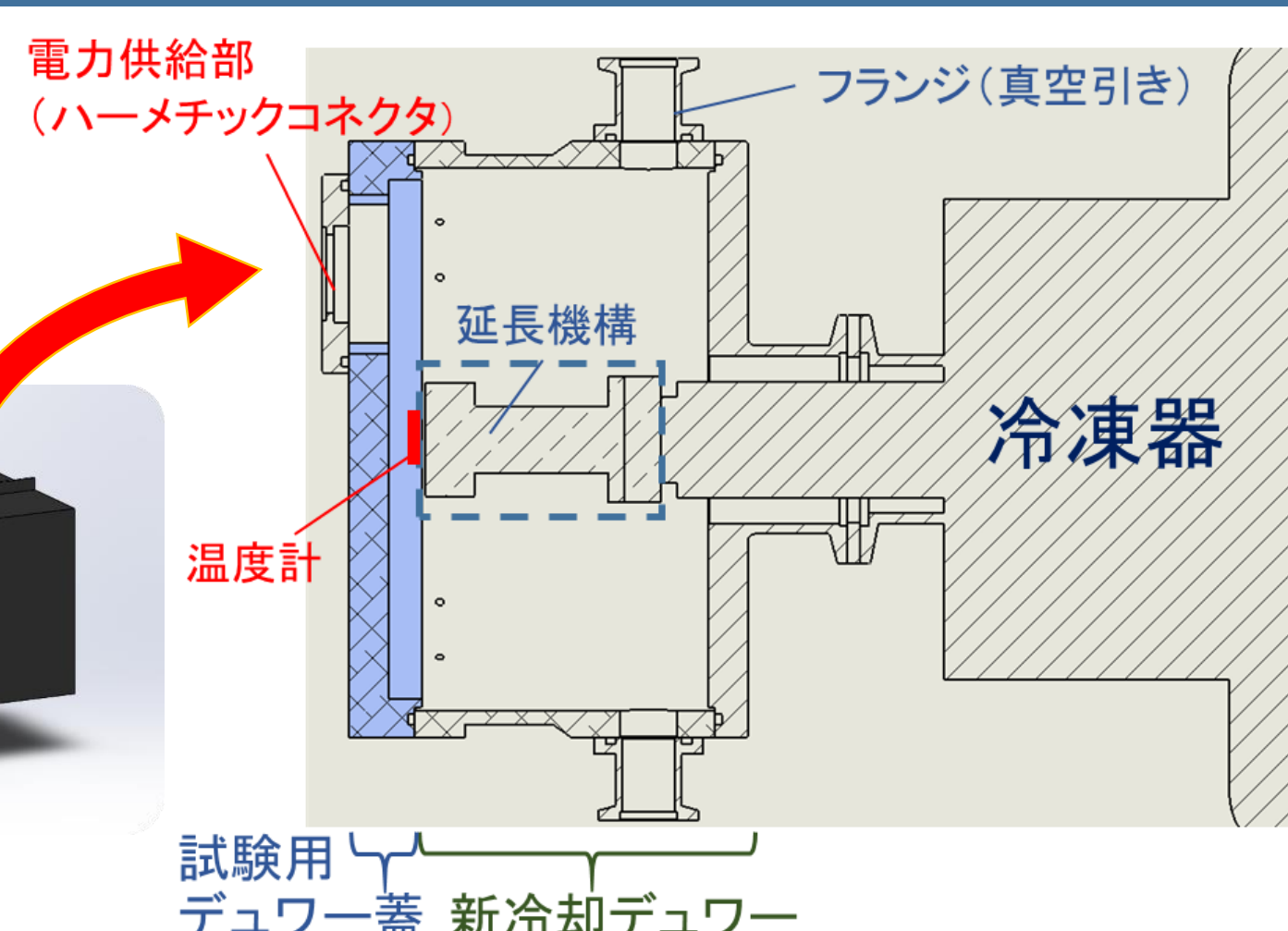
(デュワー内部図: 緑の部分は本研究設計部)

熱収支計算により(熱流入は全て300Kとした)【①、②】

回避できない熱流入 +3.9W  
冷凍器の吸熱 -13 ~ -22W  
ヒーターによる加熱 0~20W

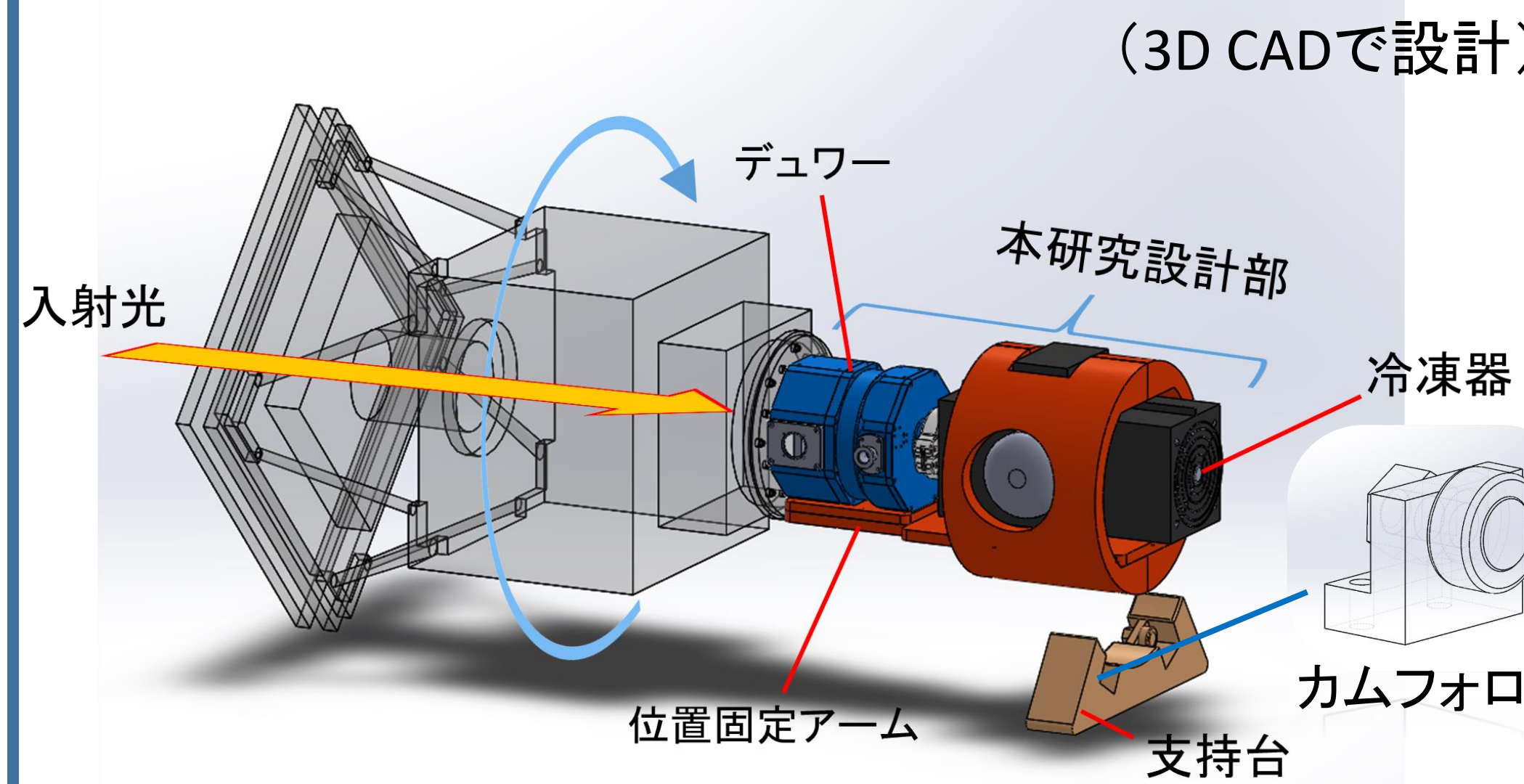
熱収支が温度制御を行うヒーターの加熱可能範囲であるため、**CCDの冷却目標温度173Kを維持できる冷却機構が確認でき、他の望遠鏡に搭載可能になった。**

### 新冷却機構の冷却試験設計



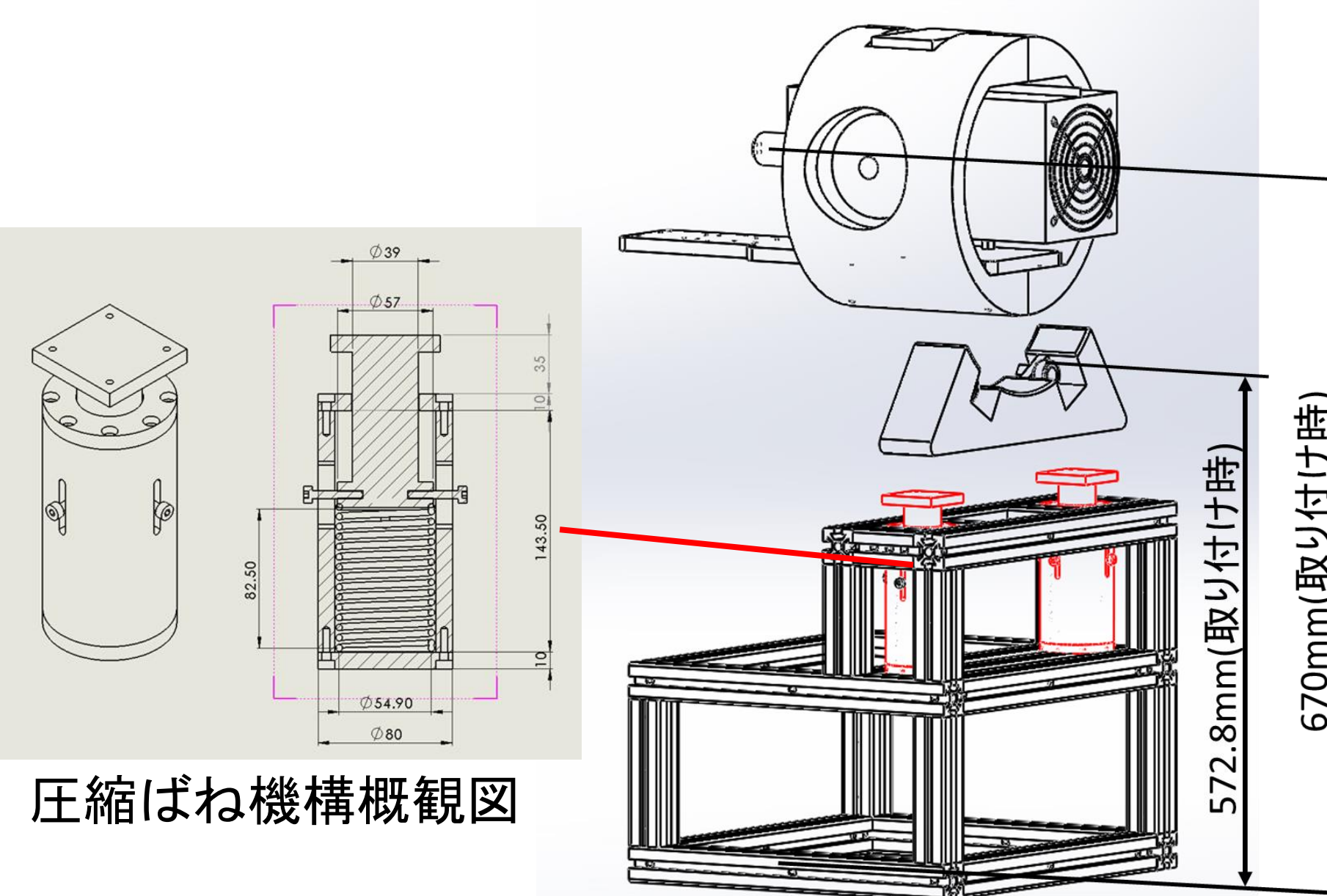
- 延長機構部の**先端に抵抗温度計**を取り付け、冷却能力を調べる。
- 試験中、デュワー内を真空にし、**真空下での冷却能力**を調べる。

## 2.2 かなた望遠鏡搭載設計



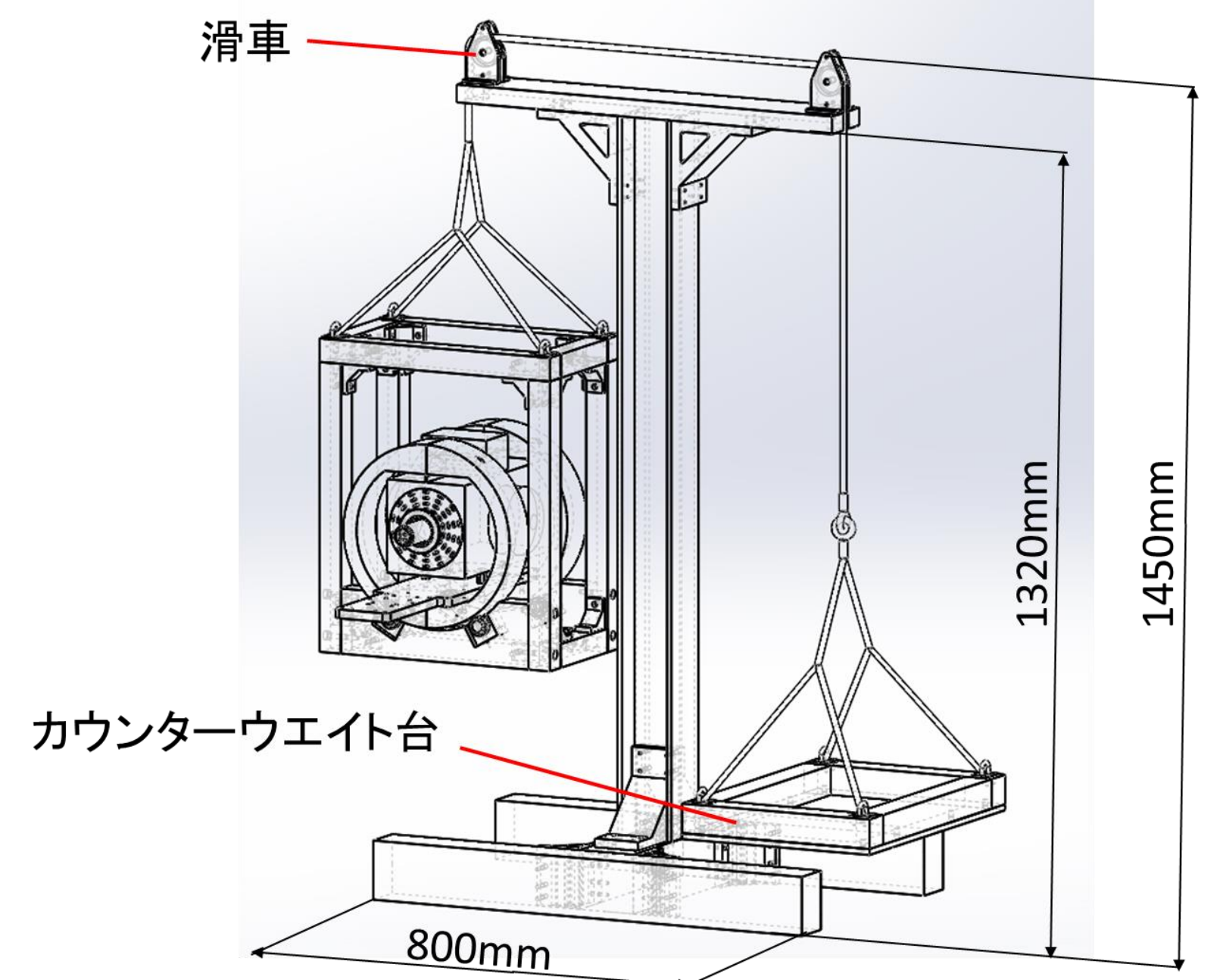
- **位置固定アーム**でデュワーと冷凍器の位置関係を固定し、真空シールを維持する。【③】
- 回転による摩擦や支持面の変化は、**カムフォロワ**と冷凍器を円筒状に覆う機構を使用することで解決。【④】
- 支持機構として、**圧縮ばね**を取り入れた支持機構と**ワイヤーと滑車**を用いた支持機構の二つを設計。【④】

### 第1案: 圧縮ばねを使用した支持機構



- メリット: 構造がシンプル  
デメリット: 高さの変位によって支持力が変化  
取り付け、メンテナンスが難しい
- ばねをある程度縮ませた状態で、冷凍器を取り付ける必要があるため、作業が難しくなる。

### 第2案: ワイヤーと滑車を使用した支持機構



- メリット: 取り付け、高さの調節が容易  
支持力が一定  
デメリット: 機構外寸がやや大きくなる
- 冷凍器の荷重は、カウンターウェイト台に重りを置くことで補償する。取り付けも容易。

## 3.1 今後の予定

1. 冷凍パスの延長機構を使用した冷凍器が適切な吸熱能力を持つか、試験する。
2. 冷却試験後、支持機構を導入した新たな冷却機構をHOWPoIに取り付け、試験観測を行う。