

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



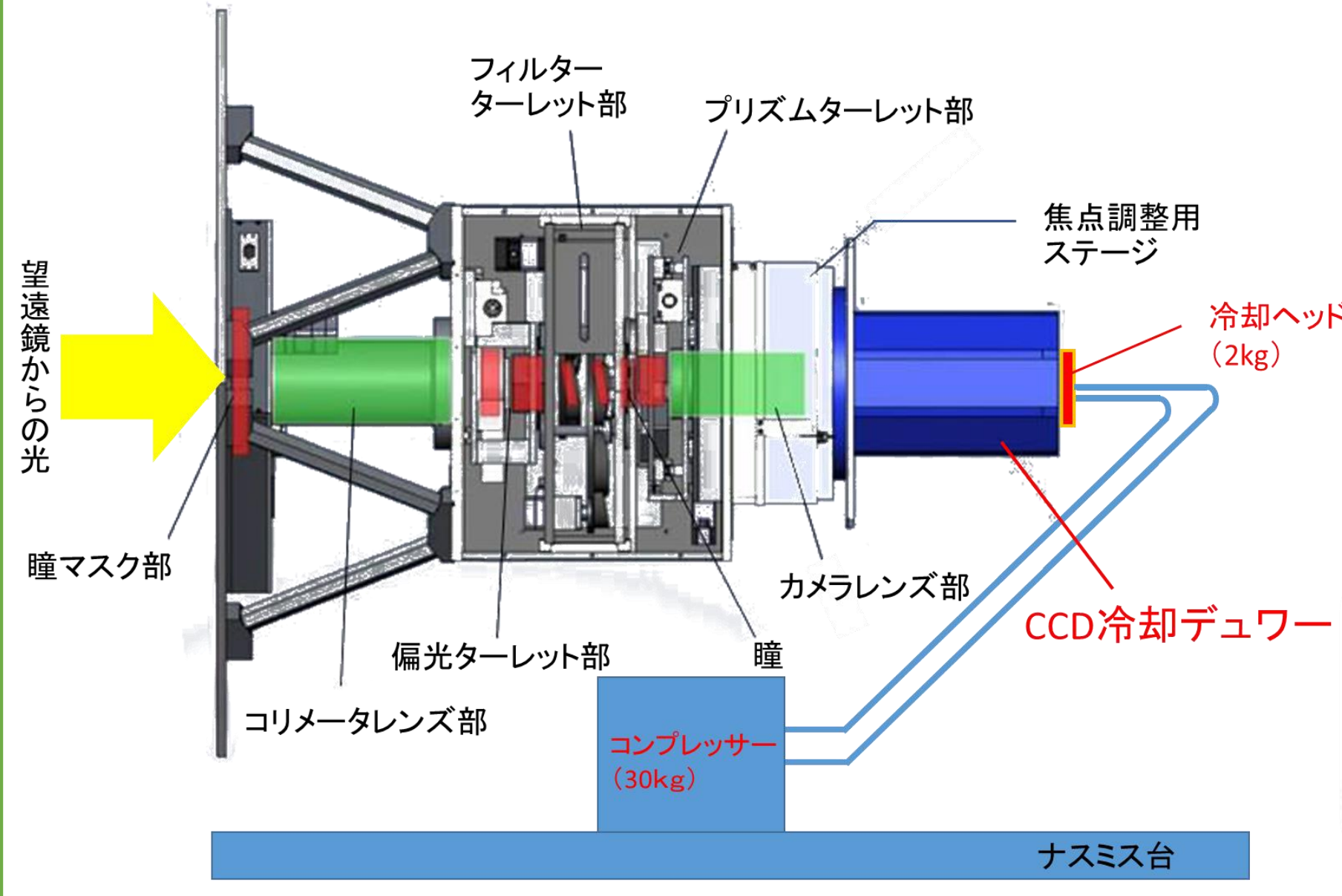
HOWPoI



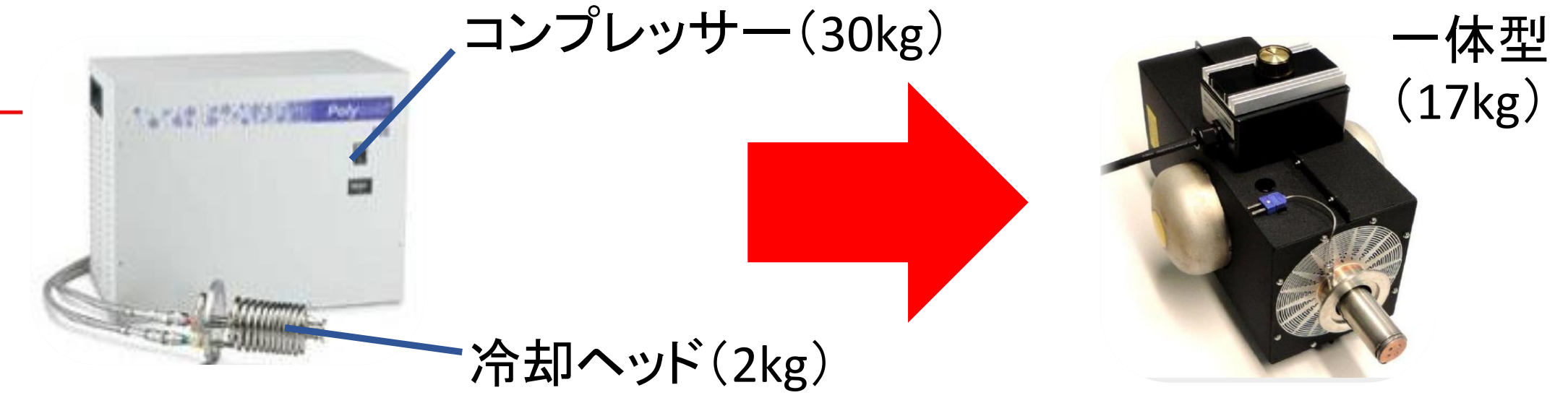
- かなた望遠鏡
方位角:5度/秒、高度方向:2度/秒の1m望遠鏡トップクラスの駆動速度を持ち、GRBなど突発現象に優位性を持つ
- HOWPoI
可視光(450-1000nm)での撮像、分光、偏光撮像ができる一露出型偏光撮像が可能

1.2 冷却機構の現状

HOWPoIの装置概観図



- 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、ガスラインと呼ばれるフレキシブル配管で繋がっている。またコンプレッサーは重量が大きく、観測装置への取り付けは冷却ヘッドのみ行われるため、観測装置が広い範囲で移動し、サイズ、重量面で制限が大きいカセグレン焦点では使用できない。
- 今後別の望遠鏡に取り付ける可能性もあり、冷凍システムの一体化を目指し、コンプレッサー一体型で冷却能力の高い新冷凍器を導入する。

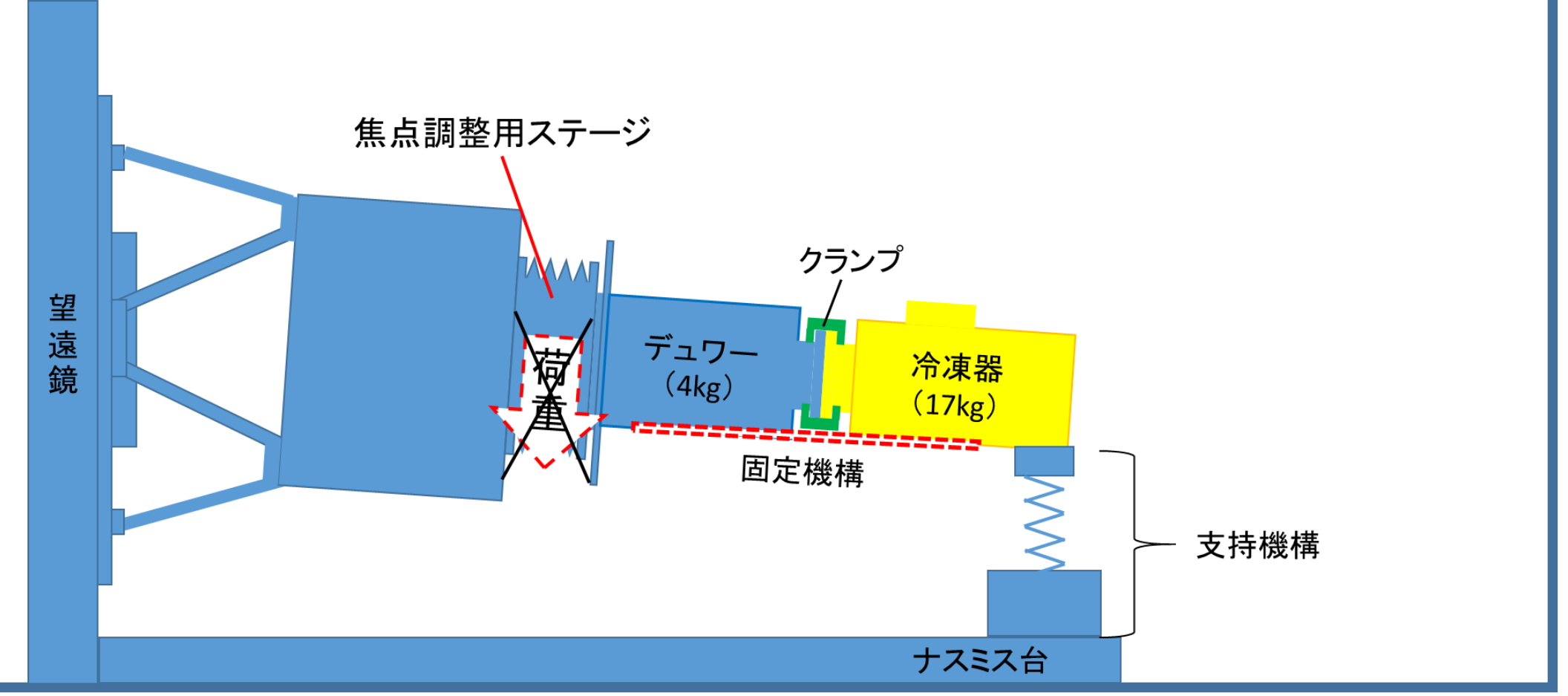


1.3 導入に伴う課題と設計方針

課題① 冷凍器形状の変化と重量化に伴う設計変更

一体型の冷凍器は直接デュワーに取り付けられるため、デュワーの荷重を受ける焦点調整用ステージには耐久重量(10kg)を超えた21kg(デュワー:4kg、冷凍器:17kg)以上の荷重がかかり、支えることができない。またデュワーと冷凍器間の接続方法はクランプのみで、内部が真空となったデュワーの真空シールを維持する固定法としては弱い。そのため、冷凍器の荷重を補償するような支持機構とデュワーと冷凍器の位置を決める固定機構の導入を求められる。

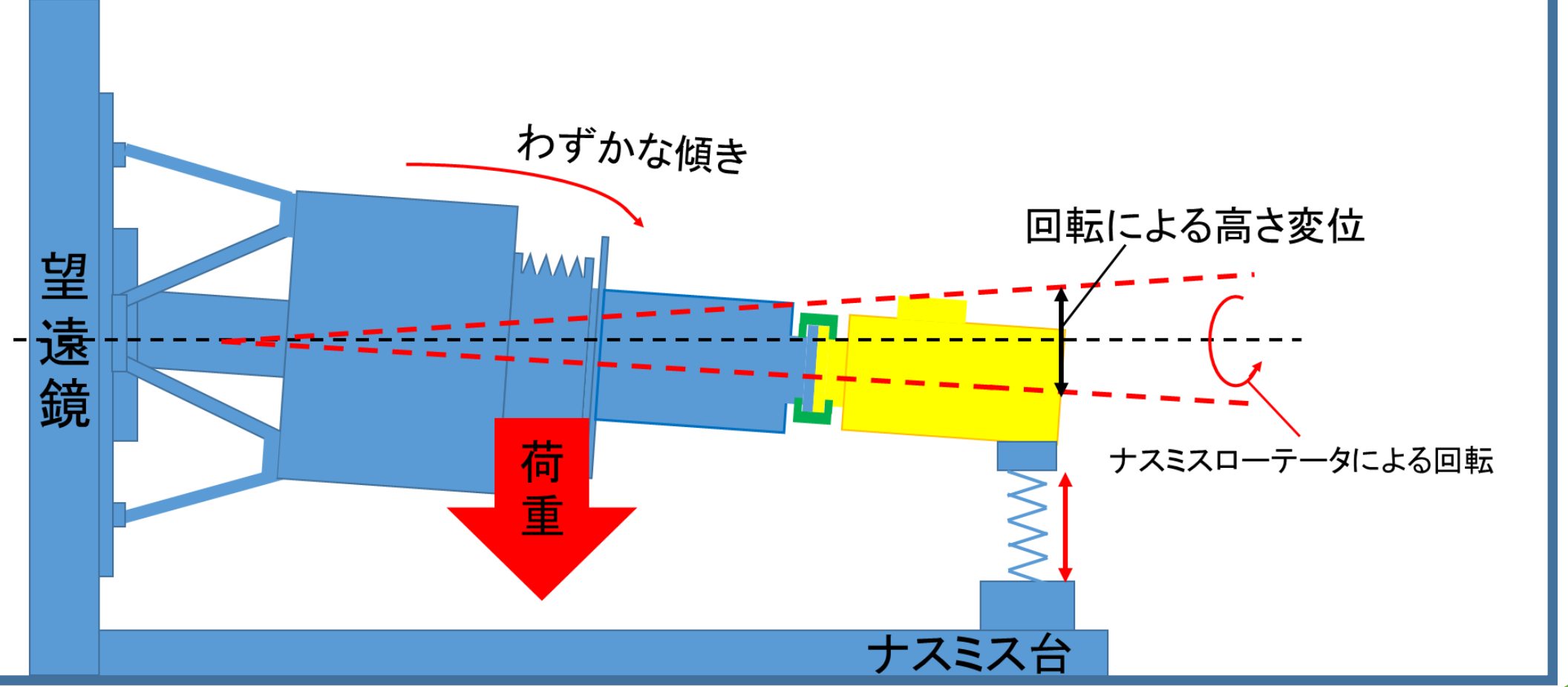
また新冷凍器は現用と比べ、ヘッド先端部の長さが短くなっているため、現用の冷却機構にそのまま取り付けられない。そのため、長さを補償する延長機構を導入する必要があり、それに伴いコールドパスを再計算する必要がある。



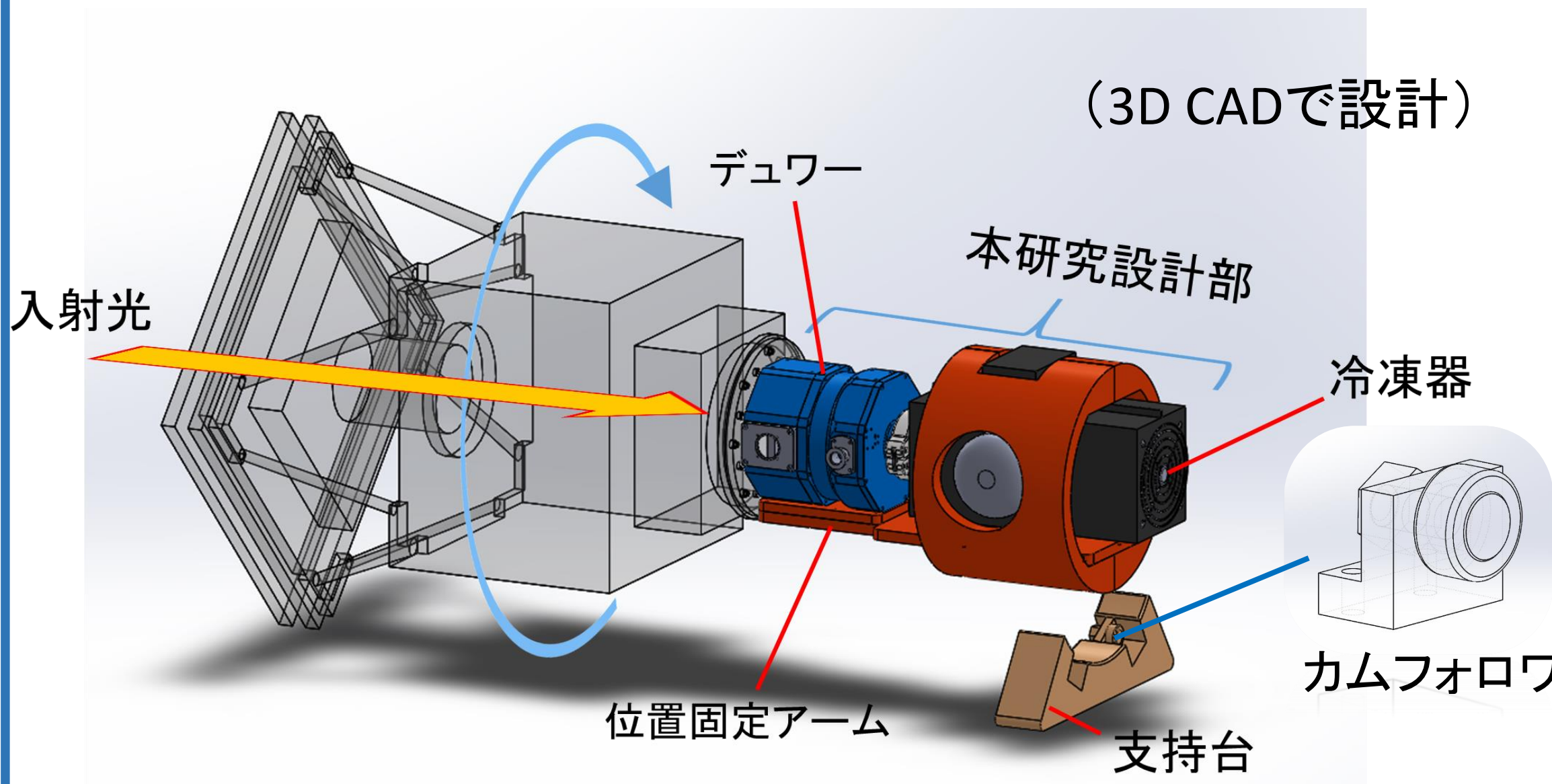
課題② ナスミスローテータの回転による高さの変位

ナスミス台のナスミスローテータに設置しているHOWPoIは、検出器で観測されたデータの方角が常時決まった方向になる仕様のため、望遠鏡の姿勢(仰角や方位角)の変化によって回転する。

また、HOWPoIはナスミス焦点へ取り付け時に、避けられない程度の傾きを持つ。この傾きが回転することで、ナスミス台からの冷却デュワーの高さは変化する。そのため、課題①で導入する支持機構は荷重を補償すると同時にこの高さの変位と回転に対応し、常に支持できる機構にする必要がある。

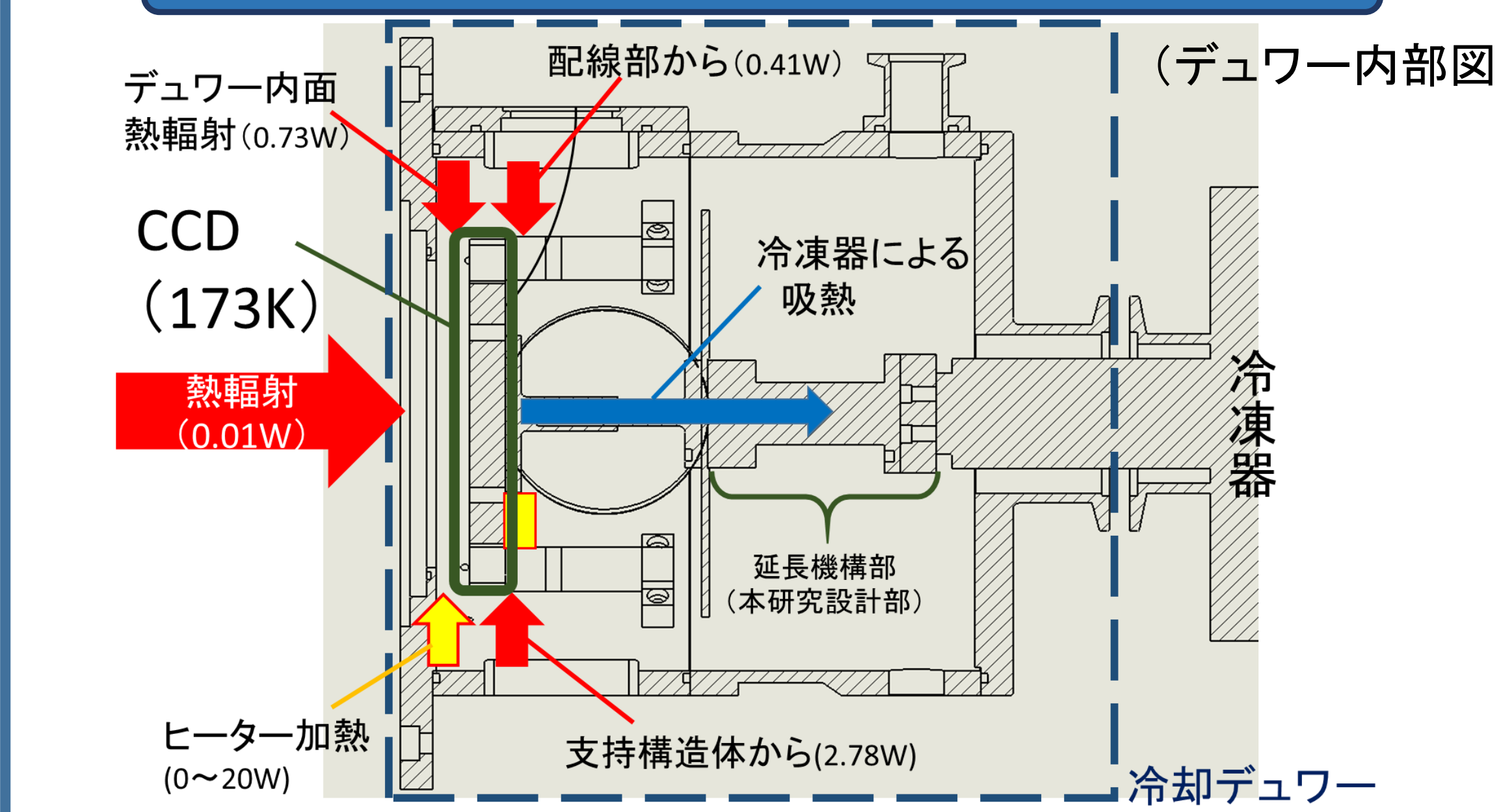


2.1 冷却機構の改良設計



- 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
- 冷凍器の荷重を支える際に発生する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する。
- 冷却デュワーの設計では、デュワーを一部変更し、内部では現用の冷却機構の他に、短くなった冷凍器のヘッドを補償する延長機構を取り入れ、CCDが設置されたマザーボードまでのコールドパスを繋ぐことができるようにした。(デュワー内部図)
- 支持機構として、圧縮ばねを取り入れた機構とワイヤーと滑車を用いた吊り下げ機構、二つの案で設計をした。それぞれの支持機構では左図の支持台は共通して使用する。

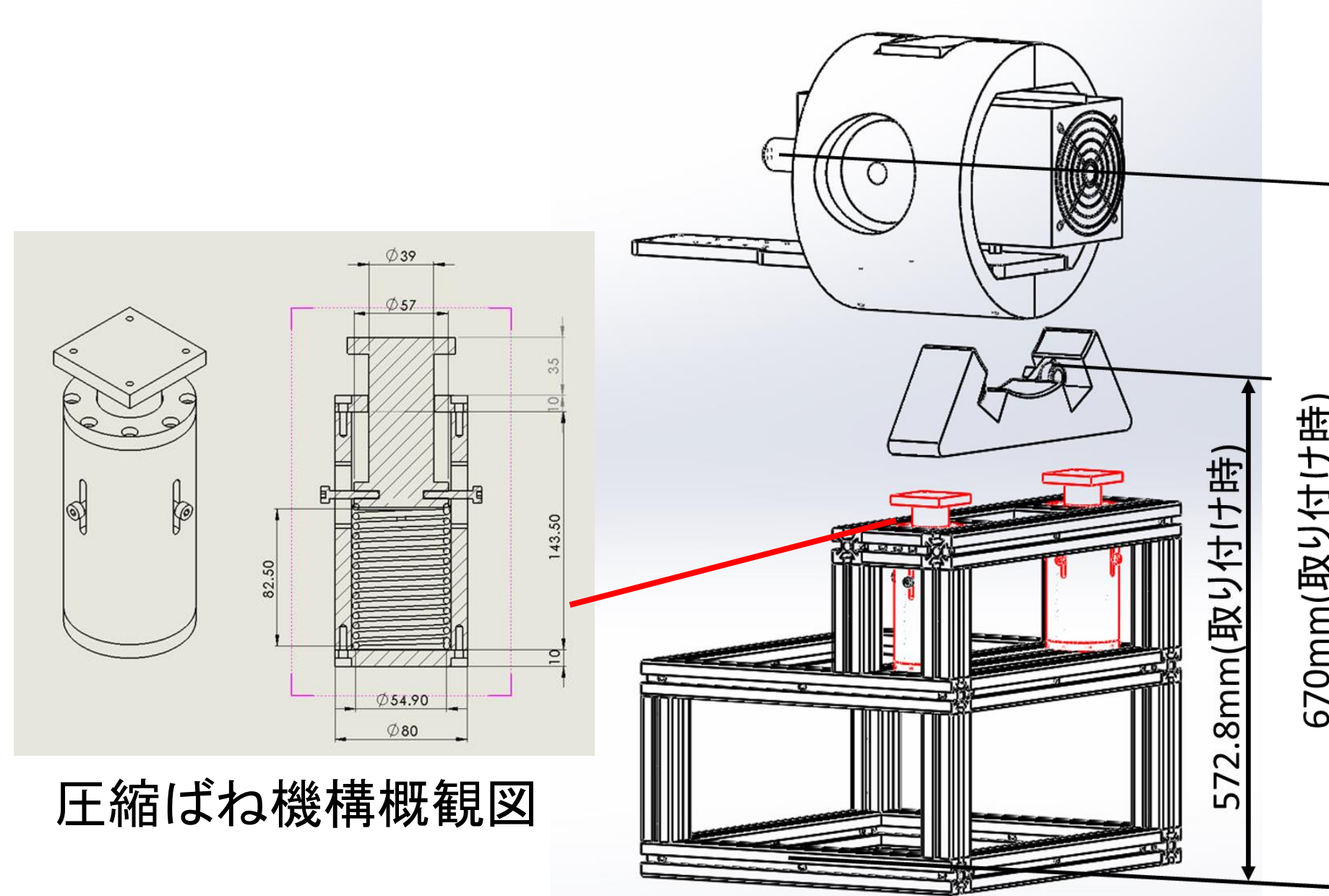
~デュワーの再設計と熱計算~



熱収支計算により(熱流入は全て300Kとした)
 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を維持できる内部機構が確かめられた

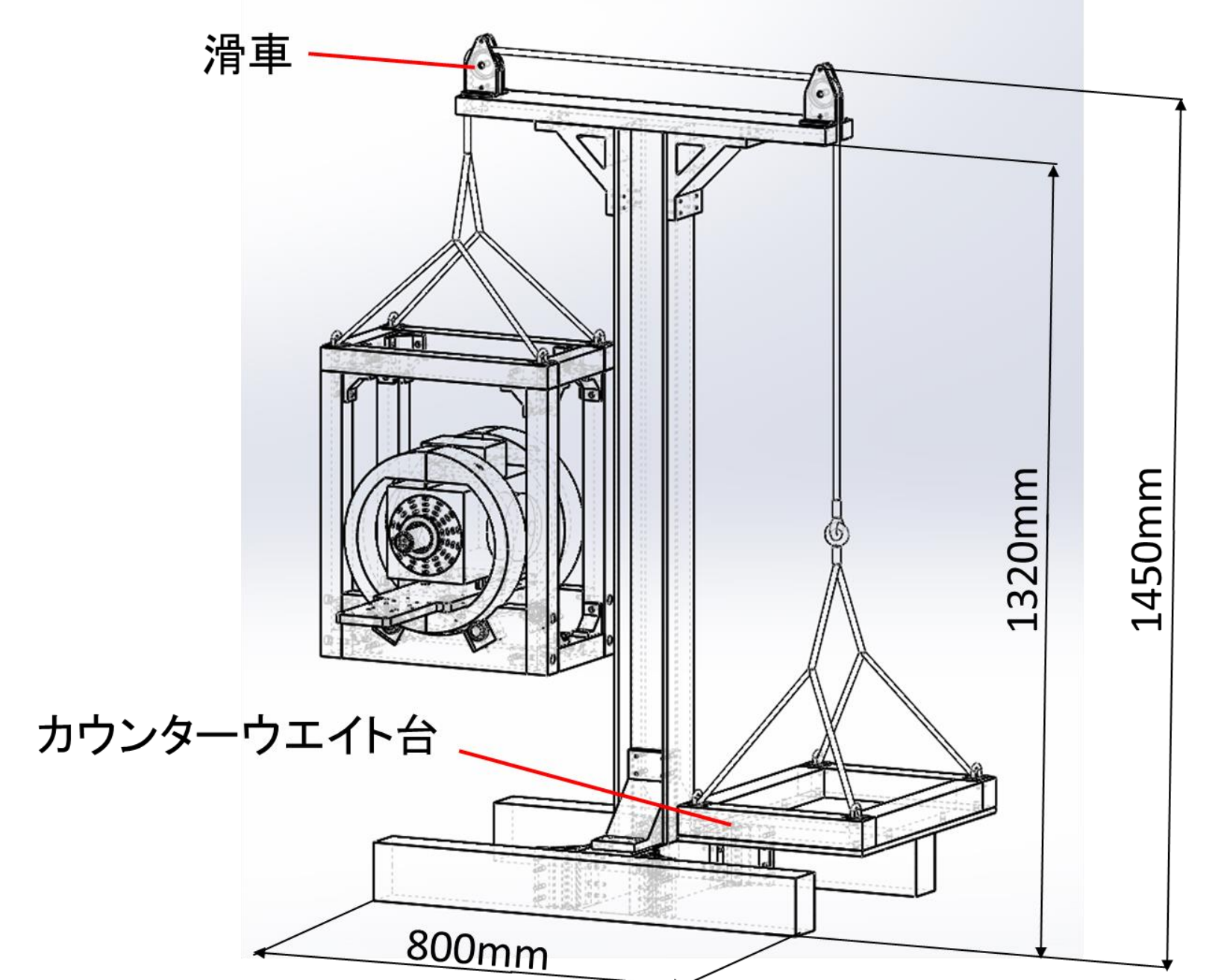
~冷凍器の支持機構~

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
- 高さの変位で支持力が変わるため、焦点調整ステージの耐久重量を越えない範囲で支持力が変化する圧縮ばねを使用する必要がある
 - デュワーには、ばねをある程度縮ませた状態で、冷凍器を固定する必要があるため、取り付けが難しくなる。

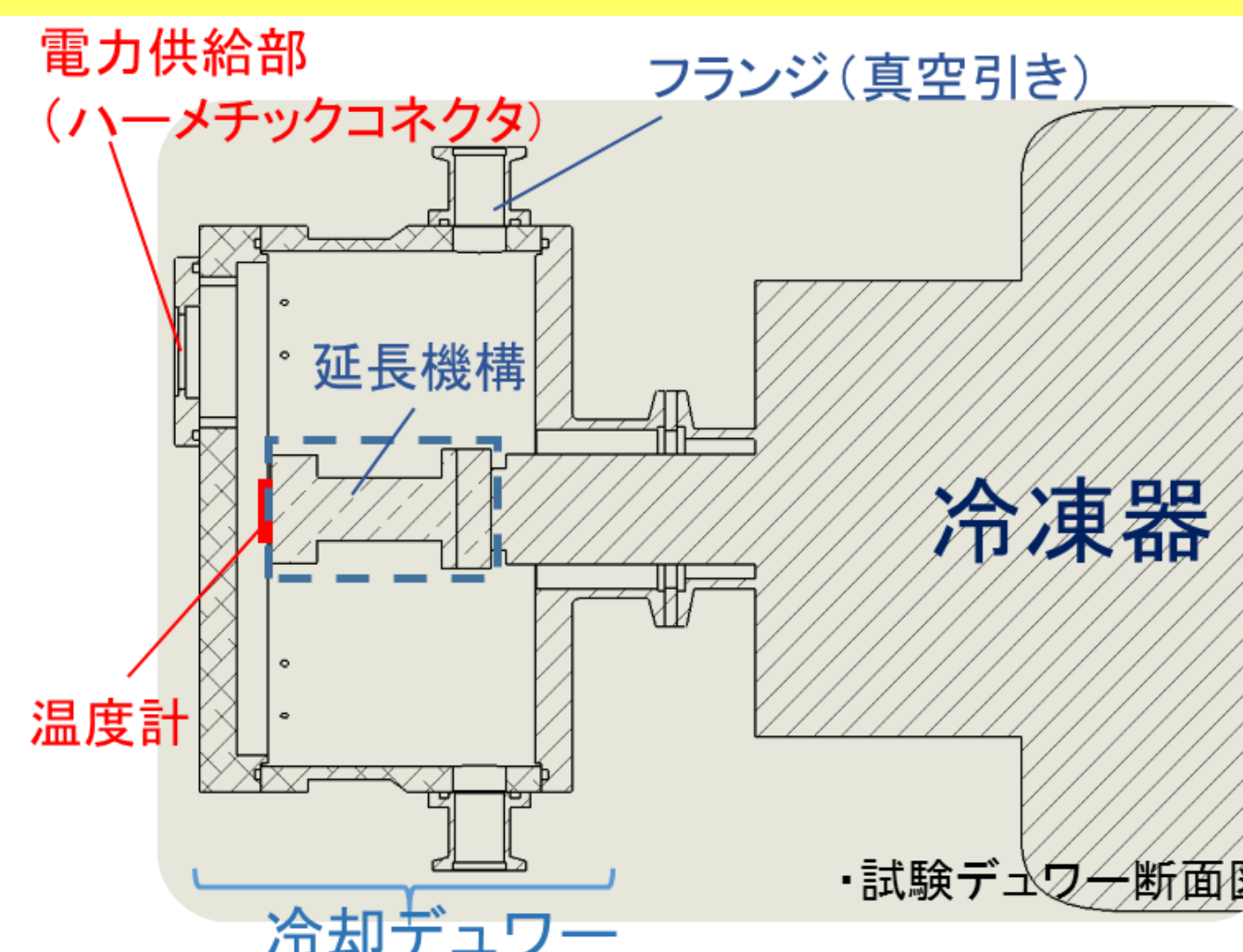
第2案: ワイヤーと滑車を使用した支持機構



- 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、もう一方のワイヤーにつるされたカウンターウェイト台に重りを置くことで補償する。
 - 高さの変位に対し、支持力が変わらないため安定して支えられ、取り付けも容易。

3.1 今後の予定

- 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
 - 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。
- 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。



・試験デュワー概観図

