

The background of the slide is a reproduction of the painting 'The Starry Night' by the Dutch Impressionist painter J.M.W. Turner. The painting depicts a turbulent, swirling night sky filled with stars and a bright, glowing moon or sun in the upper left. In the foreground, a dark, silhouetted landscape with a prominent cypress tree on the right is visible. A small, dark, boxy object resembling a TARDIS is superimposed on the left side of the painting, appearing to float in the sky. The overall color palette is dominated by various shades of blue, green, and yellow, with dark tones in the foreground.

# TAO6.5m望遠鏡用近赤外高分散分光器 TARdYSのカメラシステムの開発

東京大学理学系研究科天文学専攻 修士1年 穂満 星冴  
本原 顕太郎、中屋 秀彦（国立天文台）  
Leonardo Vanzi (Pontificia Universidad Católica de Chile)

# 1. TARdYS (Tao Aiuc high Resolution (d) Y band Spectrograph)

- TAO6.5m望遠鏡用第二期観測装置の一つ
- Yバンドに特化した近赤外高分散分光器

波長域[ $\mu\text{m}$ ]	0.843–1.117
波長分解能( $\lambda/\Delta\lambda$ )	66,000

- 目的
  - 視線速度法によって系外惑星探査
  - 主にM型星周りの惑星をターゲットにする

Wavelength-dependent S/N and RV Precision that can be Achieved from Data of this Quality

Resolution	S/N				RV precision ( $\text{m s}^{-1}$ )			
	V	Y	J	H	V	Y	J	H
Spectral-type M3								
60000	50	100	101	95	3.6	5.7	22.9	10.0
80000	43	86	87	82	2.9	4.4	18.1	8.4
100000	39	77	78	74	2.5	3.8	15.5	7.6
Spectral-type M6								
60000	20	100	114	107	4.7	3.8	11.2	9.7
80000	18	86	99	93	3.7	3.0	8.8	7.8
100000	16	77	88	83	3.2	2.6	7.5	6.9
Spectral-type M9								
60000	12	100	134	128	8.0	2.2	4.6	4.0
80000	10	86	116	111	6.2	1.7	3.5	3.5
100000	9	77	104	99	5.3	1.5	2.9	3.3

RV測定精度とバンドの関係  
A Reiner et al. (2010)

# 1. TARdYS (Tao Aiuc high Resolution (d) Y band Spectrograph)

- TAO望遠鏡のベントカセグレン焦点からの光はファイバーを通して観測運用棟にあるTARdYSまで導かれる

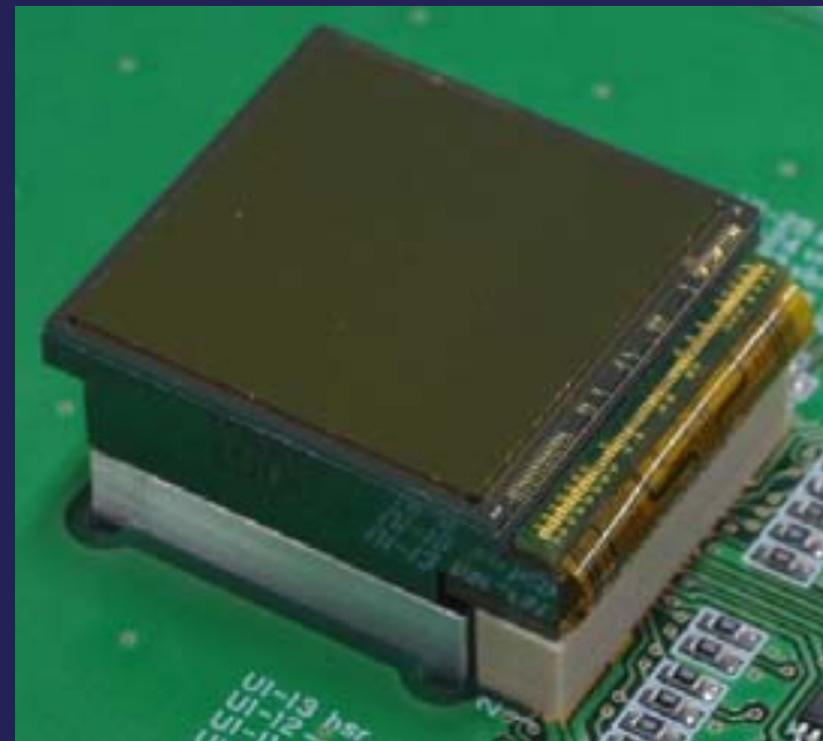


# 検出器

浜松ホトニクス(InGaAs)検出器を採用

## • 検出器の仕様

長波長カットオフ	~1.7[ $\mu m$ ]
画素数	1280 × 1280 (1.3k × 1.3k)
画素サイズ	15 × 15 [ $\mu m^2$ ]
イメージエリア	19.2 × 19.2 [ $mm^2$ ]
読み出しノイズ	< 15[ $e^-$ ] (マルチサンプリング < 5[ $e^-$ ])
暗電流	~0.1[ $e^-/s/pix$ ] (130K)
出力ポート	2 or 8 port
その他特徴	3辺バタブル

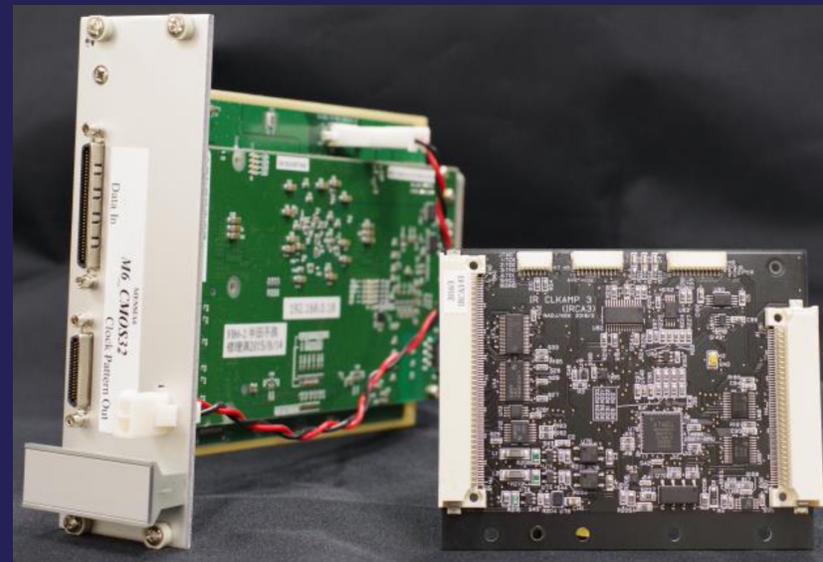


InGaAs検出器

H. Nakaya et al. 2019

# アレイコントローラー

- Messia6 (デジタルバックエンド)
- IRCA3 (アナログフロントエンド)

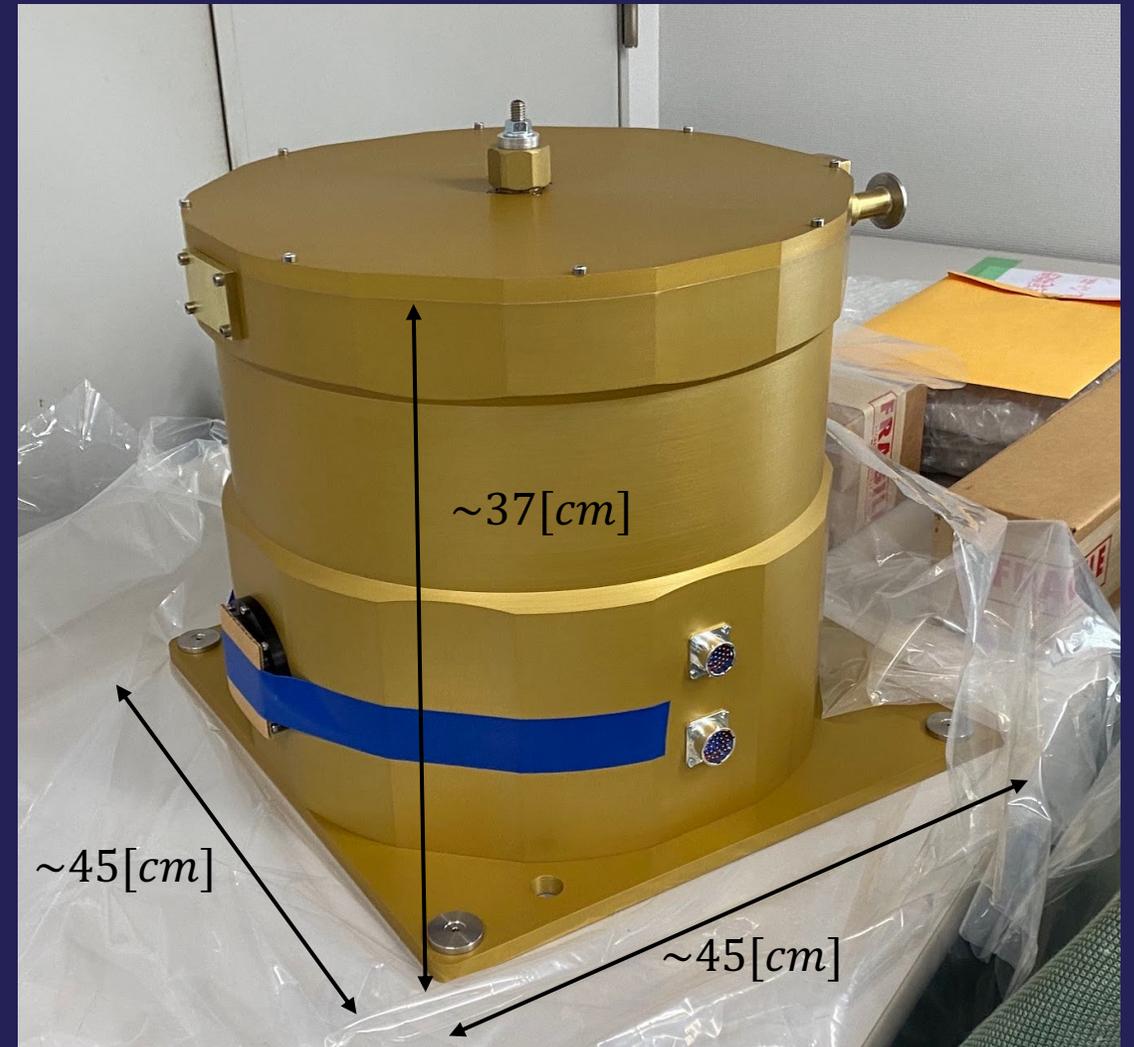


Messia6(左)と  
IRCA3(右)  
H. Nakaya et al. 2019

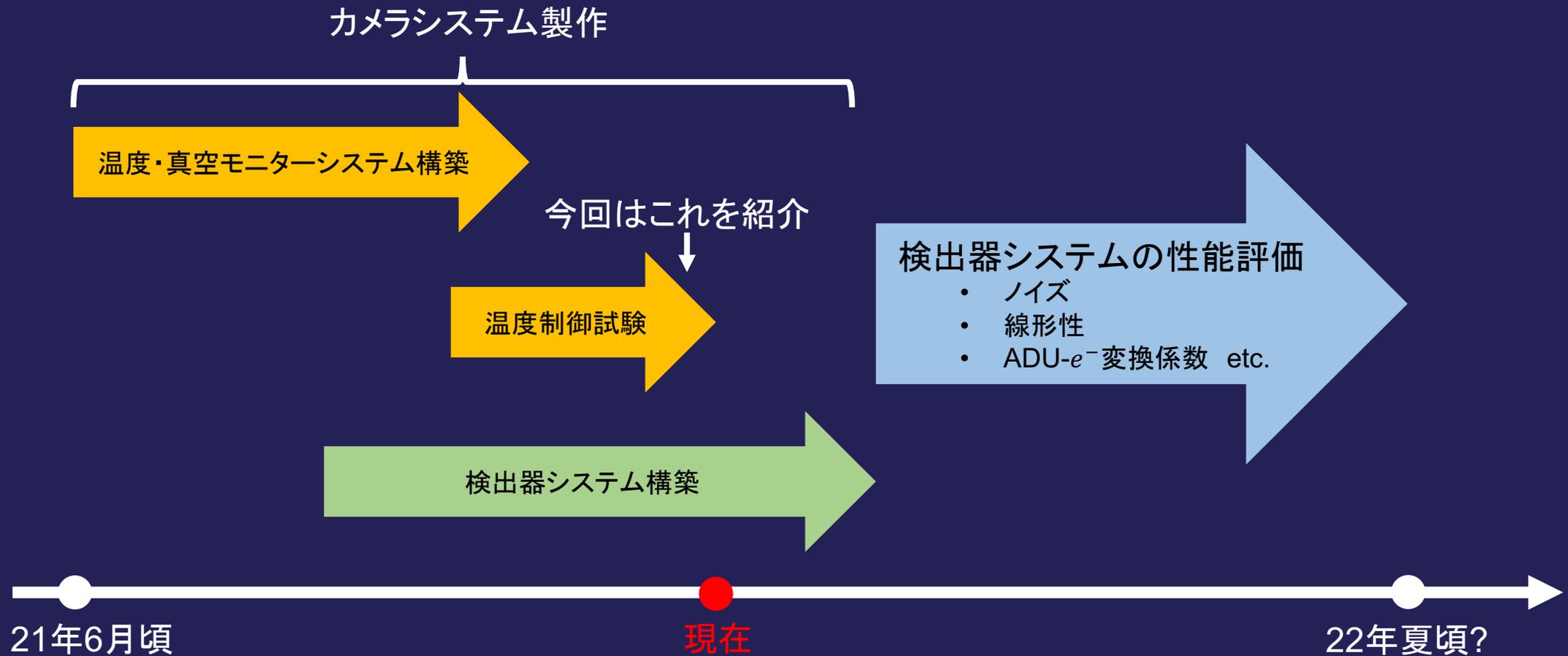


# クライオスタット

- 液体窒素デューワー
  - 冷凍機による振動を避ける
  - 液体窒素保持期間：3日半



# 開発の流れ



# 温度制御の必要性

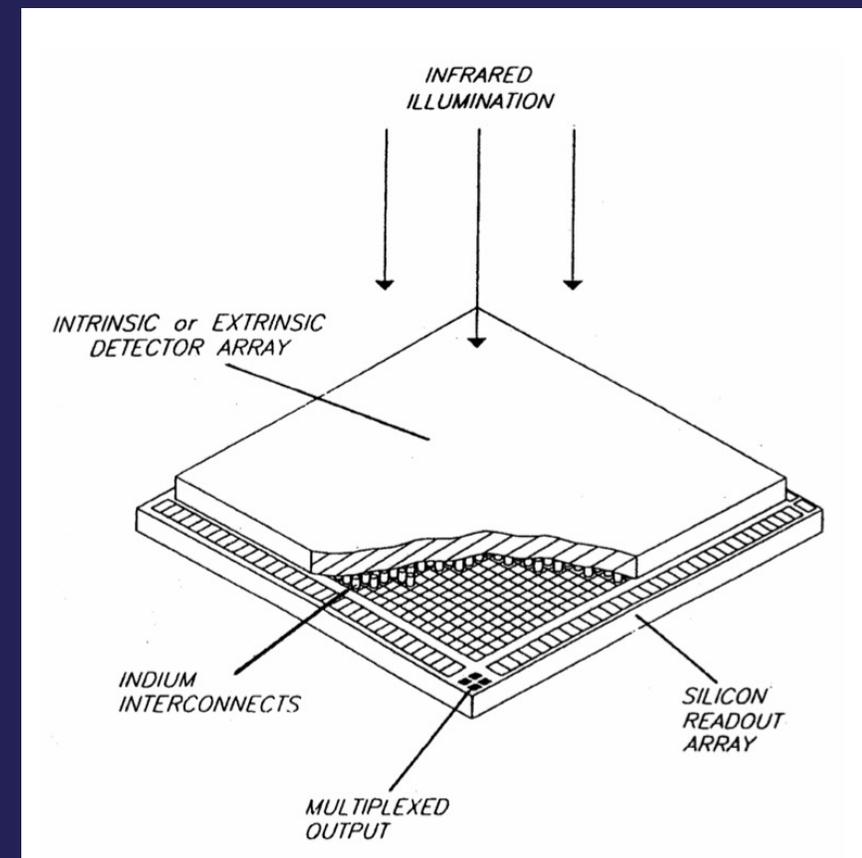
化合物半導体のフォトダイオード+Si読み出し回路

⇒ハイブリッド検出器

## 検出器からの要求

- 1[K/min]でゆっくり冷やす
  - 検出器を壊さない
- 安定的に120[K]に保つ
  - 暗電流を減らす

ヒーターで上記の要求を実現したい



ハイブリッド検出器の構造

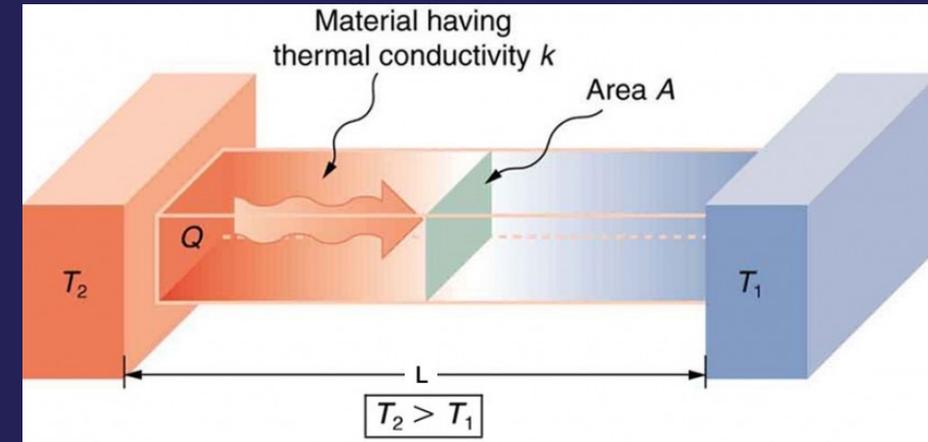
# 検出器スタンド

## スタンドの仕様

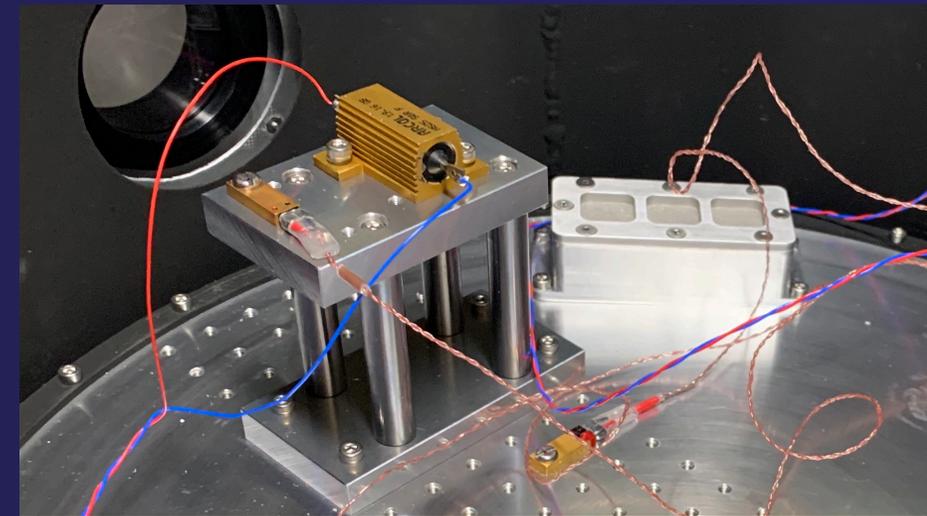
- 77–300[K]の熱浴間の熱流：25[W]以下
  - ヒーターの最大出力が25[W]
- 高さ：~5[cm]
  - Work surfaceからウィンドウまで~6.3[cm]

## 検出器スタンドの熱設計の実証試験

1. 熱流計算
2. スタンドの試作
3. 温度制御試験



熱流計算のモデル



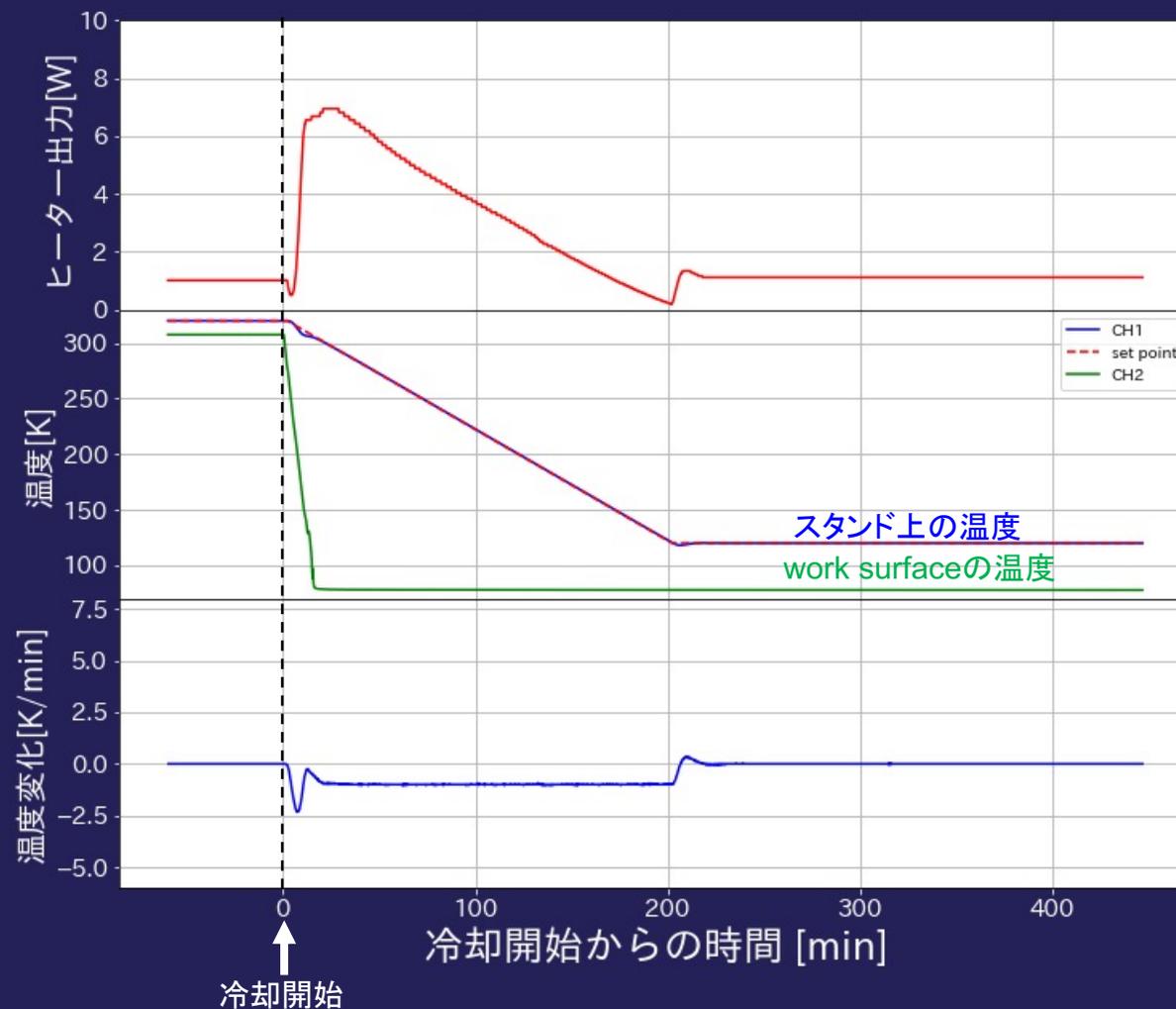
実際に製作したスタンド

# 温度制御試験

## • 試験結果

- 1[K/min]で冷却できるか
  - 安定時は1[K/min]で温度制御できた
  - 最大ヒーター出力は~7[W]
  - ⇒ 問題なし
- 120[K]で温度を安定させられるか
  - 安定時の温度変動は0.01[K]以下
  - ヒーター出力は~1[W]
  - ⇒ 問題なし

温度制御試験結果

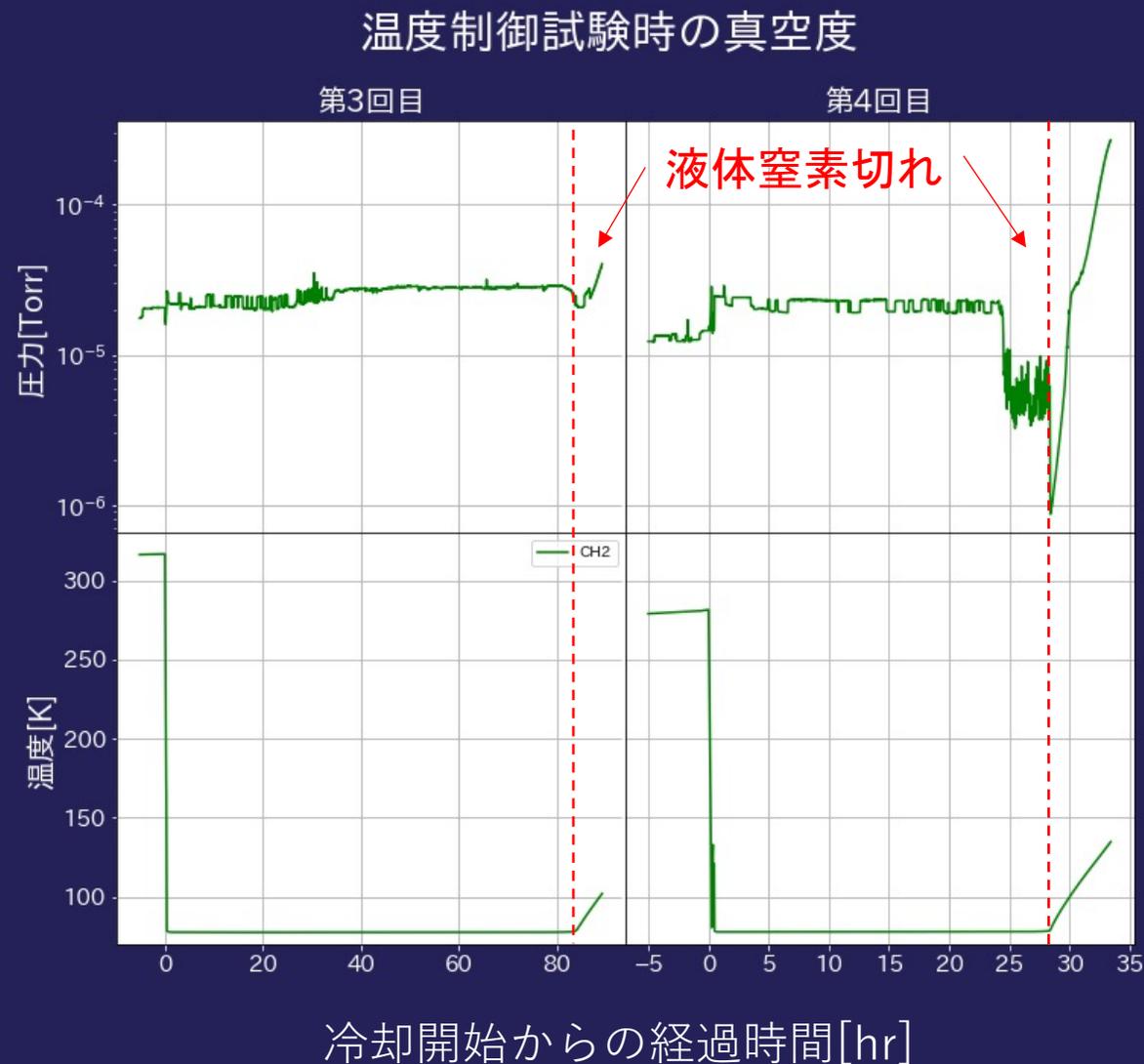


# 3. 温度制御試験で発覚した問題点

- 冷却しても真空度は改善しない  
( $\geq 2 \times 10^{-5}$  [Torr])  
通常、温度を下げると分子が壁面に吸着することにより真空度が高くなるはず

- 液体窒素が切れると同時に真空度が改善することがある

⇒ 液体窒素タンクからのリークか？

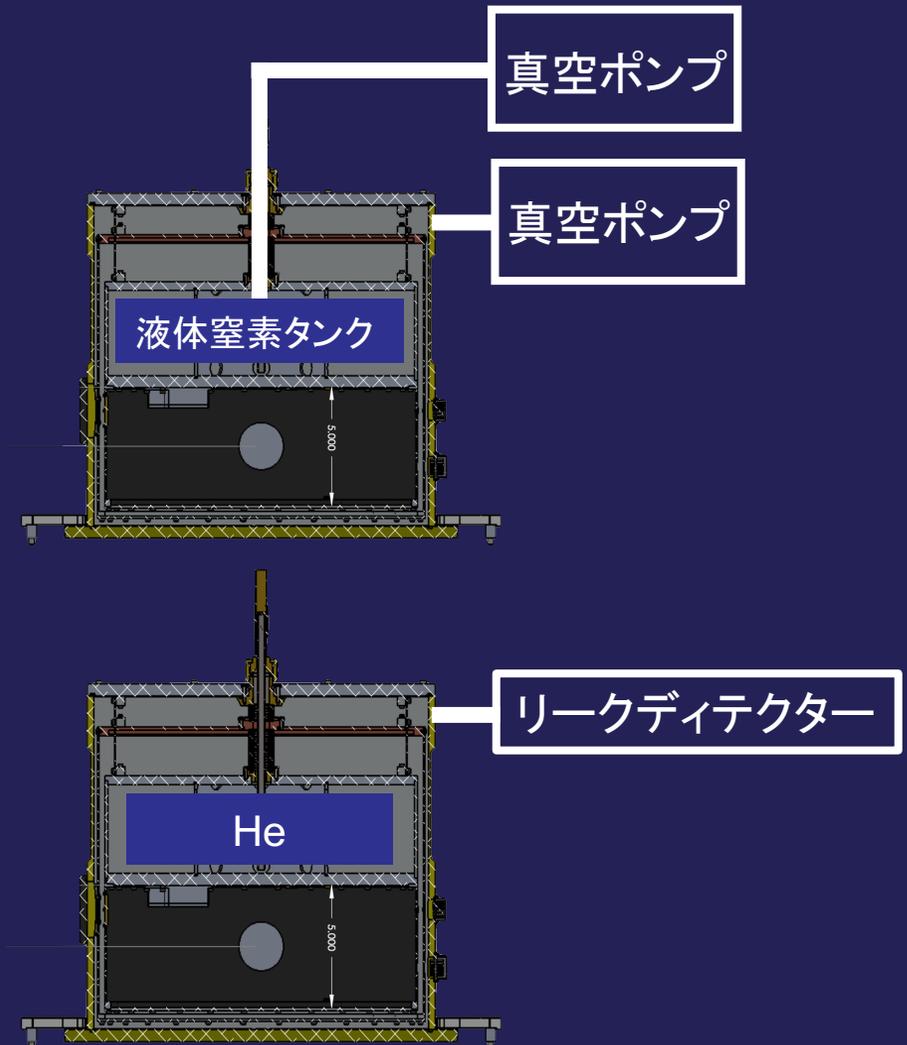


# 3. リーク検証試験

- タンクについても真空を引いた
  - ⇒ 常温での真空度は $\sim 2 \times 10^{-5}$  [Torr]から $\sim 6 \times 10^{-6}$  [Torr]まで改善
  - ⇒ タンクからのリークであることがほぼ確定



- Heリークテストによって $1.22 \times 10^{-6}$  [Torr · L/s]のリークを確認



# 4. まとめと今後

## • まとめ

- TARdYSはTAOに設置予定の近赤外高分散分光器
- YバンドでのRV法による系外惑星探査が目的
- 浜ホトInGaAs検出器 + Messia6搭載のカメラシステム
- 検出器スタンドの温度コントロールは1[K/min]の～と0.01[K]の温度安定性の達成
- 液体窒素タンクからのリークが確認された

## • 今後

- 検出器を実際に用いての性能評価への準備を進める
- クライオスタットの修理、もしくは交換を検討