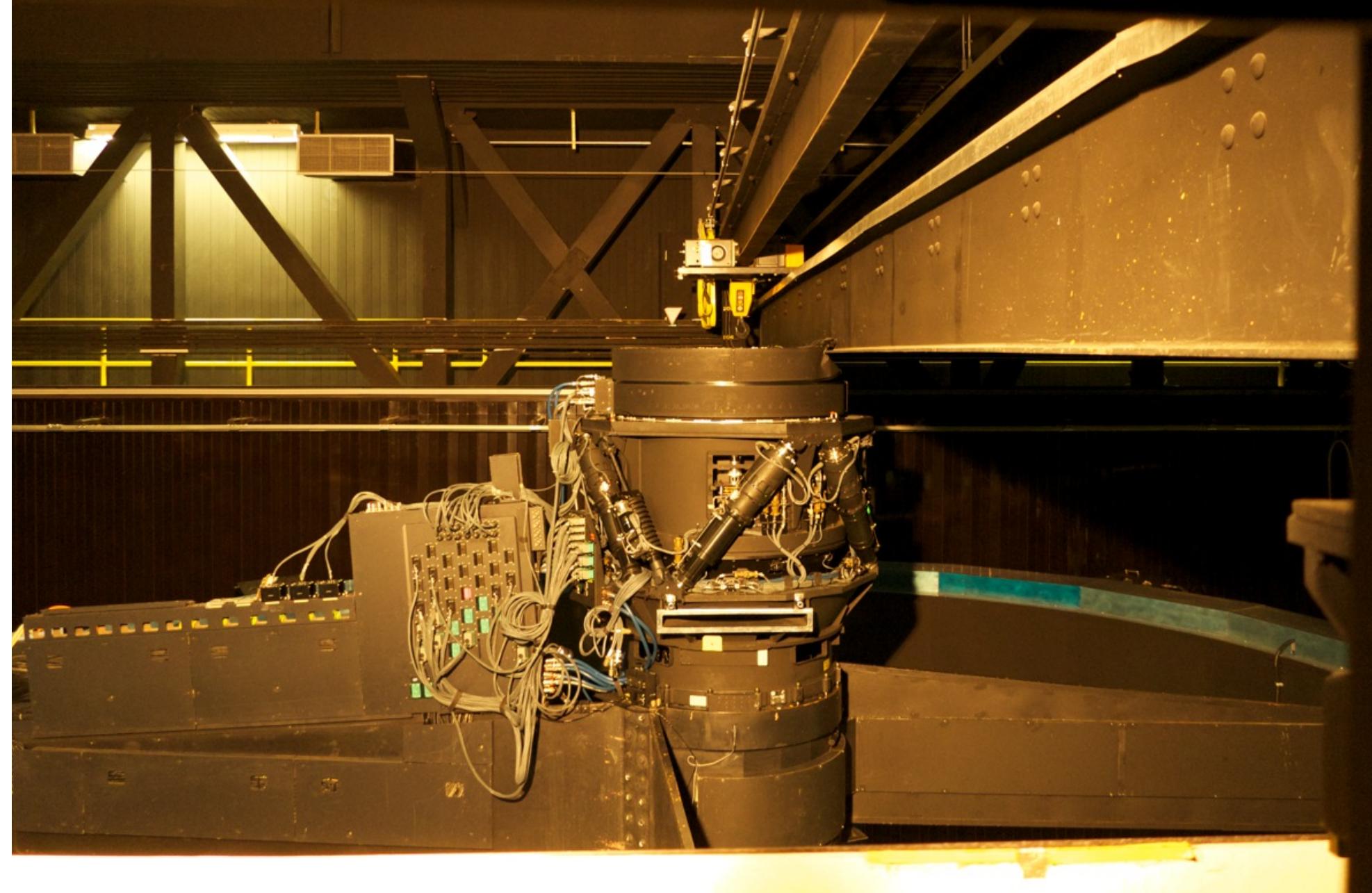


HSC開発から学んだこと

宮崎 聰、HSC開発組一同



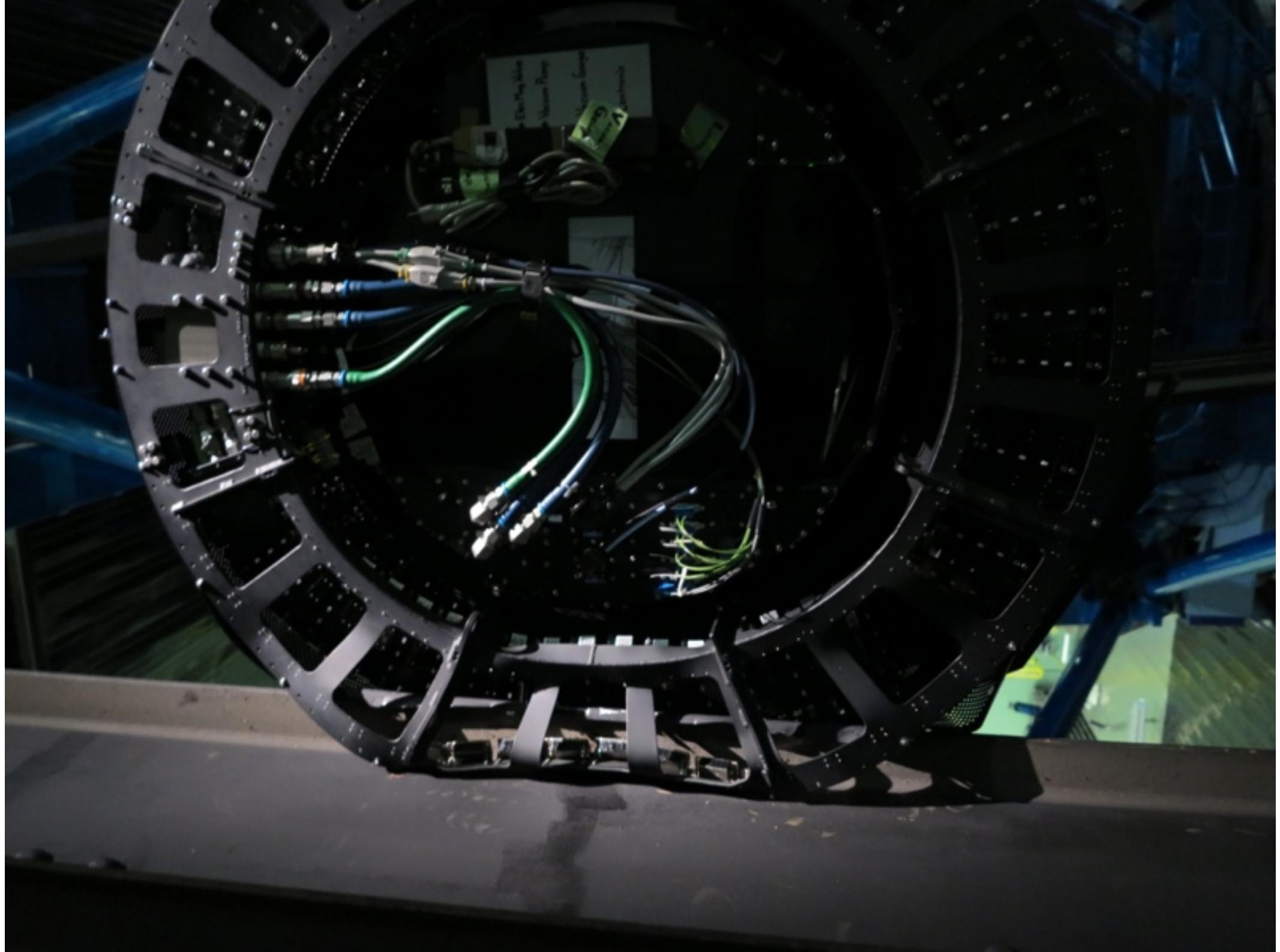
トップスクリーンとの衝突

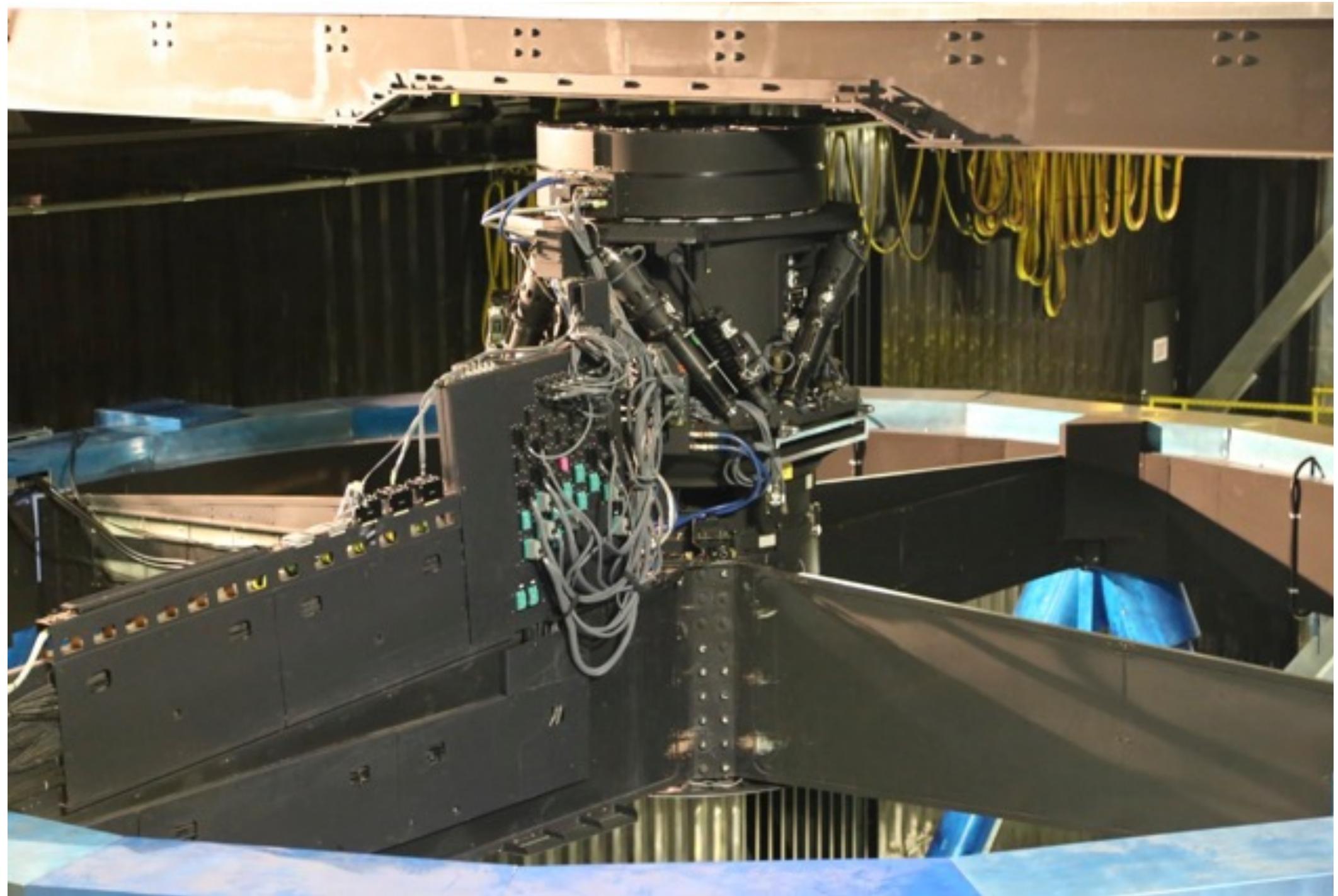
- 2013/02/05 早朝 試験観測終了後
- HSC取り外し作業に備えて、アクチュエーターを伸長した状態にセットしようとしたところ、アクチュエーターにアラームが発生
- パワーサイクルのためにドームに人が行った。
- 暗かったため、オペレーターにドームを閉めて、ライトをつけるよう指示。
- オペレーターは、通常の手順として、トップスクリーンを閉じた（ドームから望遠鏡にものが落下することを防ぐため）
- 衝突 $m = 6.2 \text{ [ton]}$ $v = 20 \text{ [cm/sec]}$

トップスクリーンとの衝突

原因

- ・ HSCはいろいろなところがギリギリに作ってあった。
- ・ アクチュエータ伸長時に、トップスクリーンが干渉することは、知っていたが、ソフトウェアのインターロックは作られていなかった。
- ・ アクチュエータのアラームの解決に、気を取られた。
- ・ ライトの点灯を指示した人は、ドームを閉じる際、ウィンドスクリーンが動くことは知らなかった。

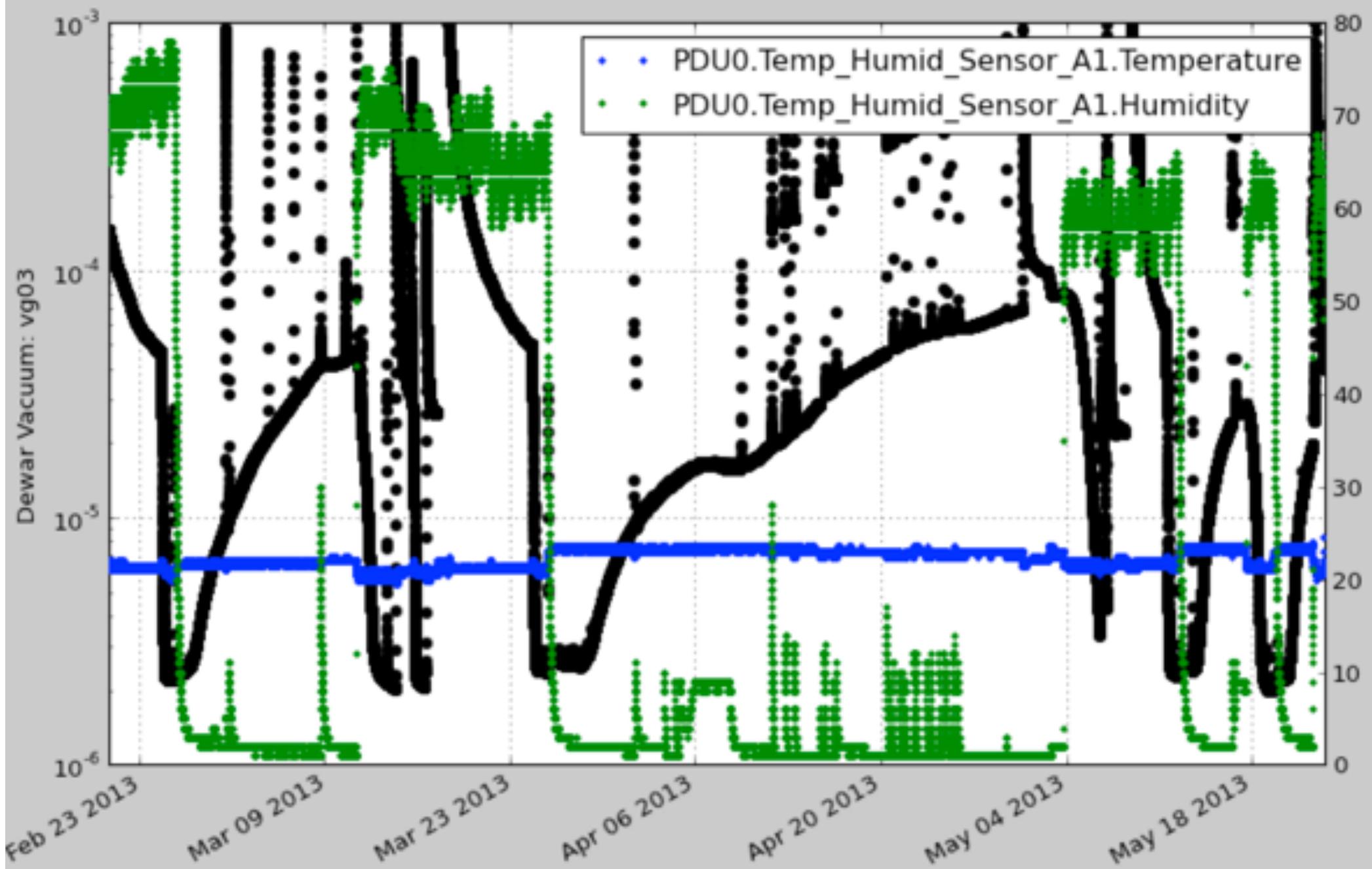




トップスクリーンとの衝突

教訓

可能性のあることは、いつか必ず起こる

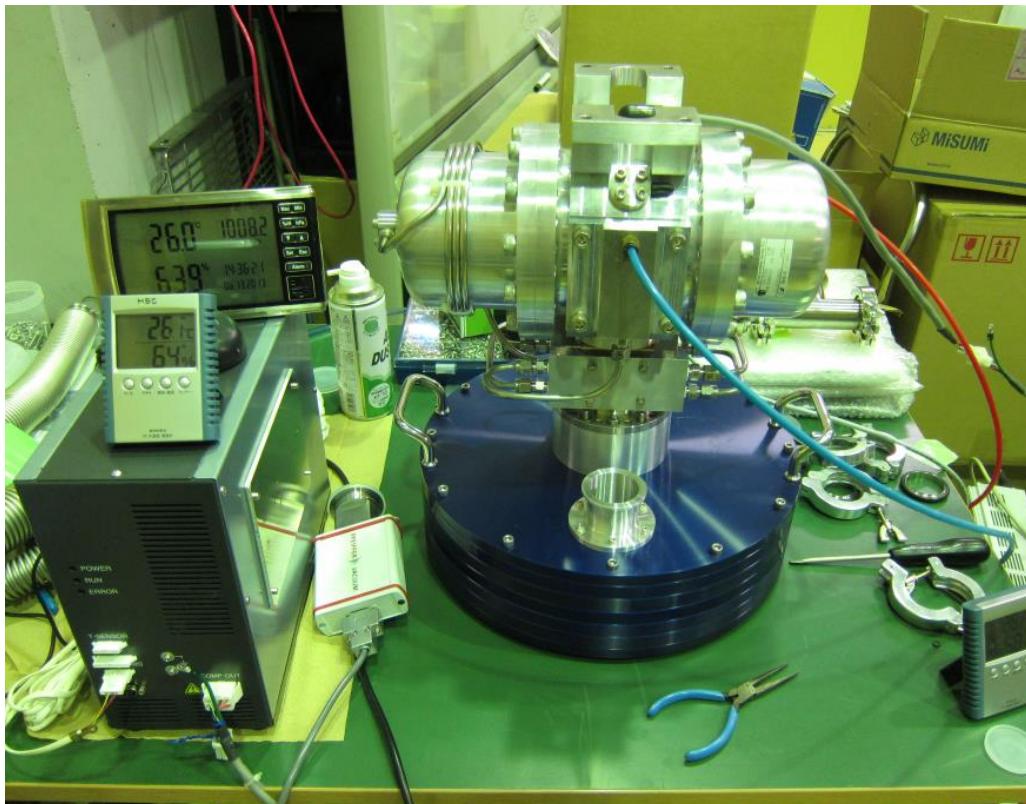


デュワーの真空漏れ

症状

- ・ 湿度が10 %以下になると、真空漏れが発生
- ・ 組み立て試験を行った場所の湿度が10 %以下になることはなく、山頂に持ち込むまで気づかなかった。





Anodized



No Anodization

デュワーの真空漏れ

原因

- O-リング溝にアルマイト加工をしてしまい、かつ、真空グリスを塗布していなかった。
- 高真空の世界ではグリスは使わない（らしい）
- アルマイト加工は表面にマイクロクラックを生じる。
- 湿度が高い時は、水分子がクラックを塞いでいるが、湿度が下がると、供給が絶たれて、穴が空く。

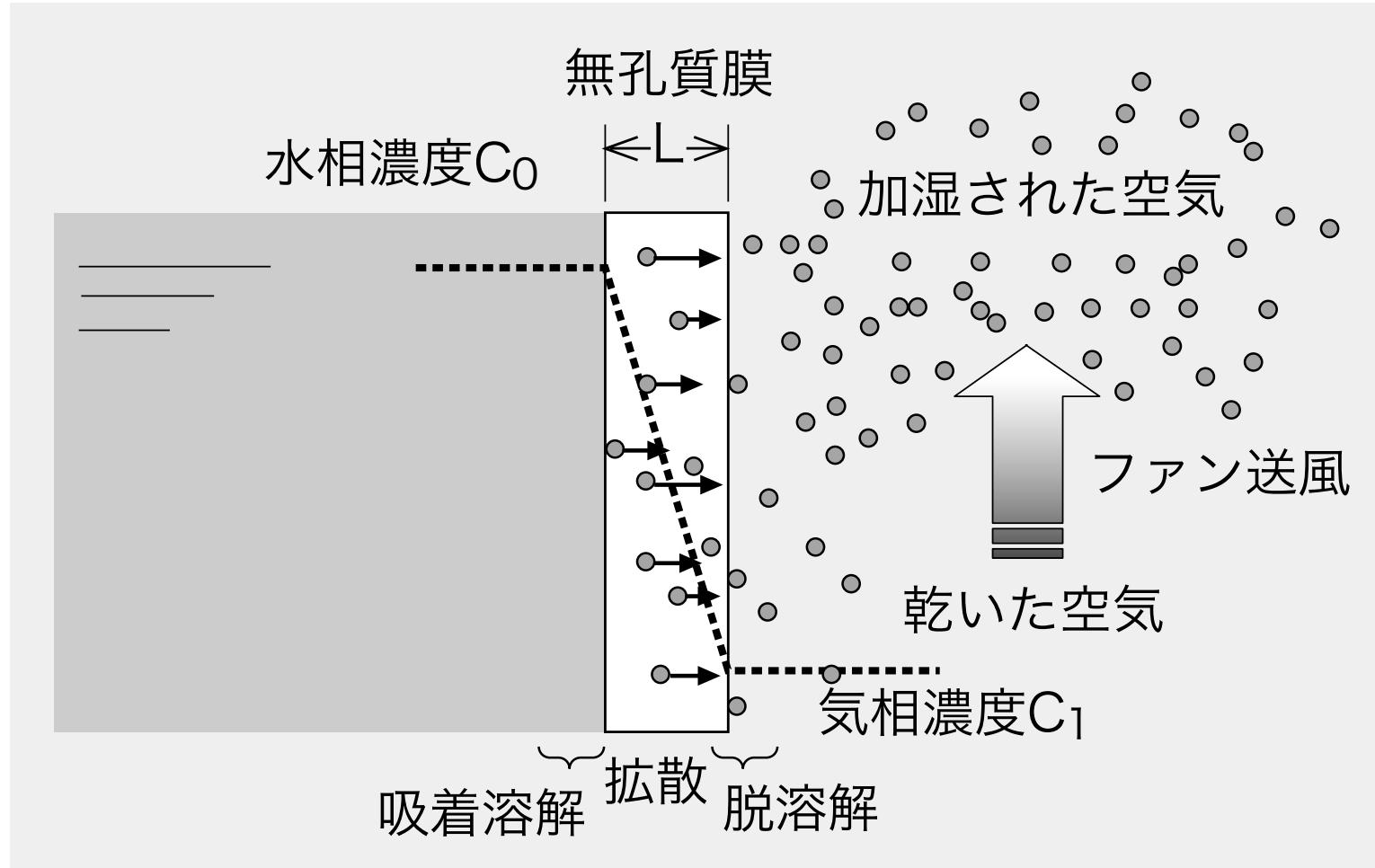
デュワーの真空漏れ

対策

- ・ 湿度が低い時に加湿することとした
- ・ 外部から湿度の高い空気を供給する案は、配管中の結露の懼れがあるため、却下されてしまった。
- ・ カメラの中で加湿空気を作らなければならなくなつた

デュワーの真空漏れ

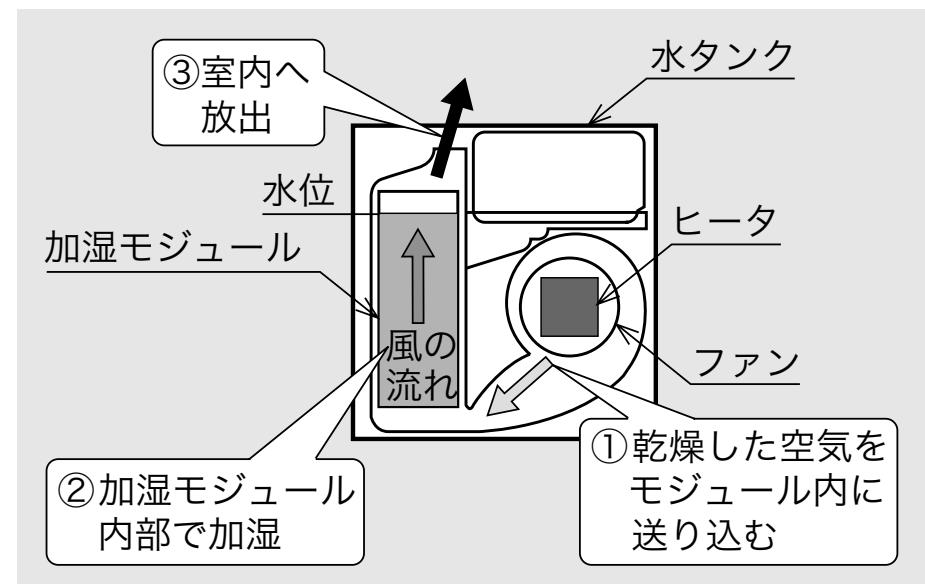
対策案 1 透湿性のある膜を使う (宮崎)



デュワーの真空漏れ

対策案 1 透湿性のある膜を使う

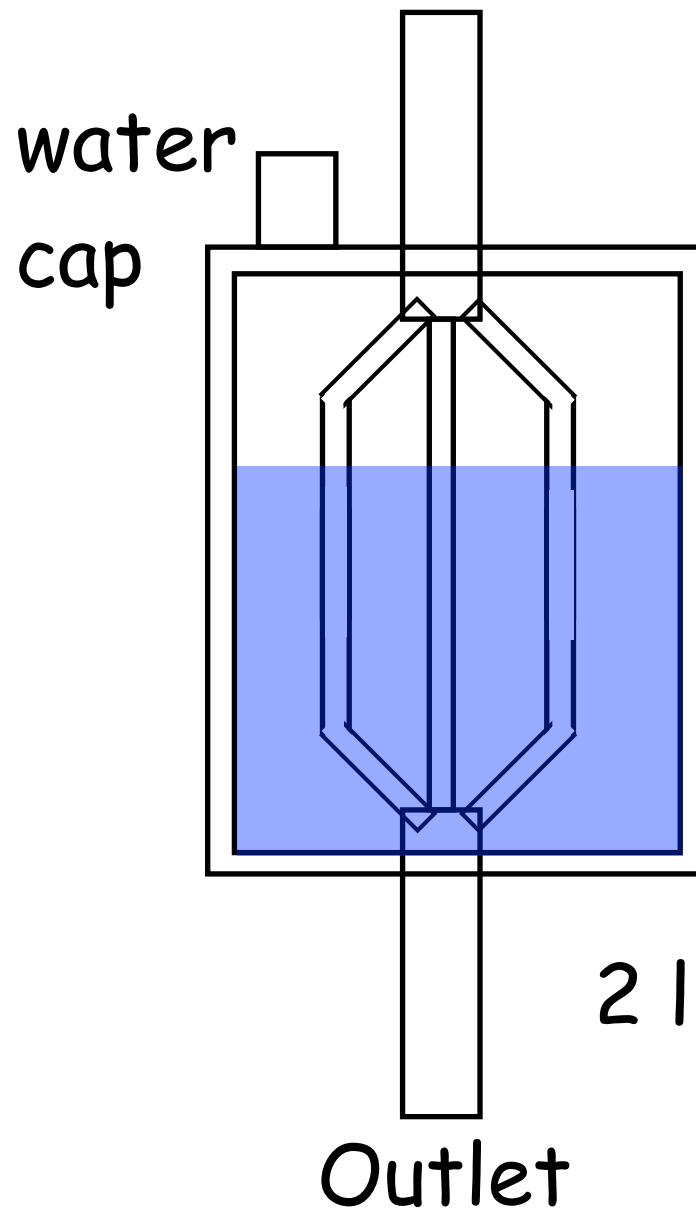
三菱重工製 ナノミスト





Prototyping

dry air inlet



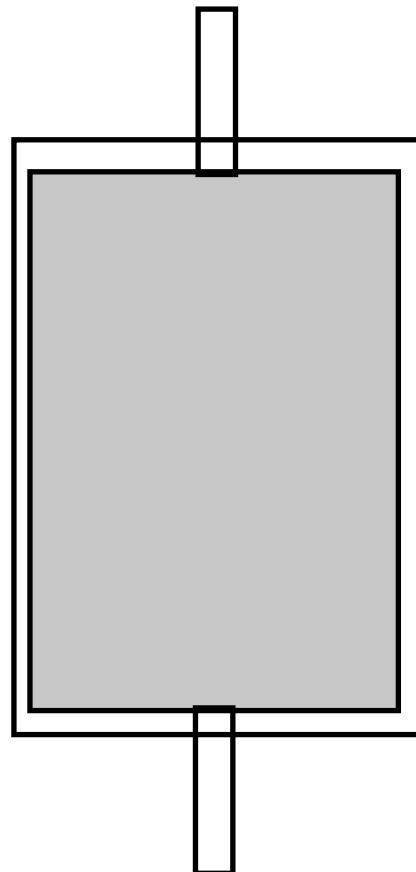
to learn:

- Air/Water Temperature Dependence
- Durability of the tube

デュワーの真空漏れ

対策案 2

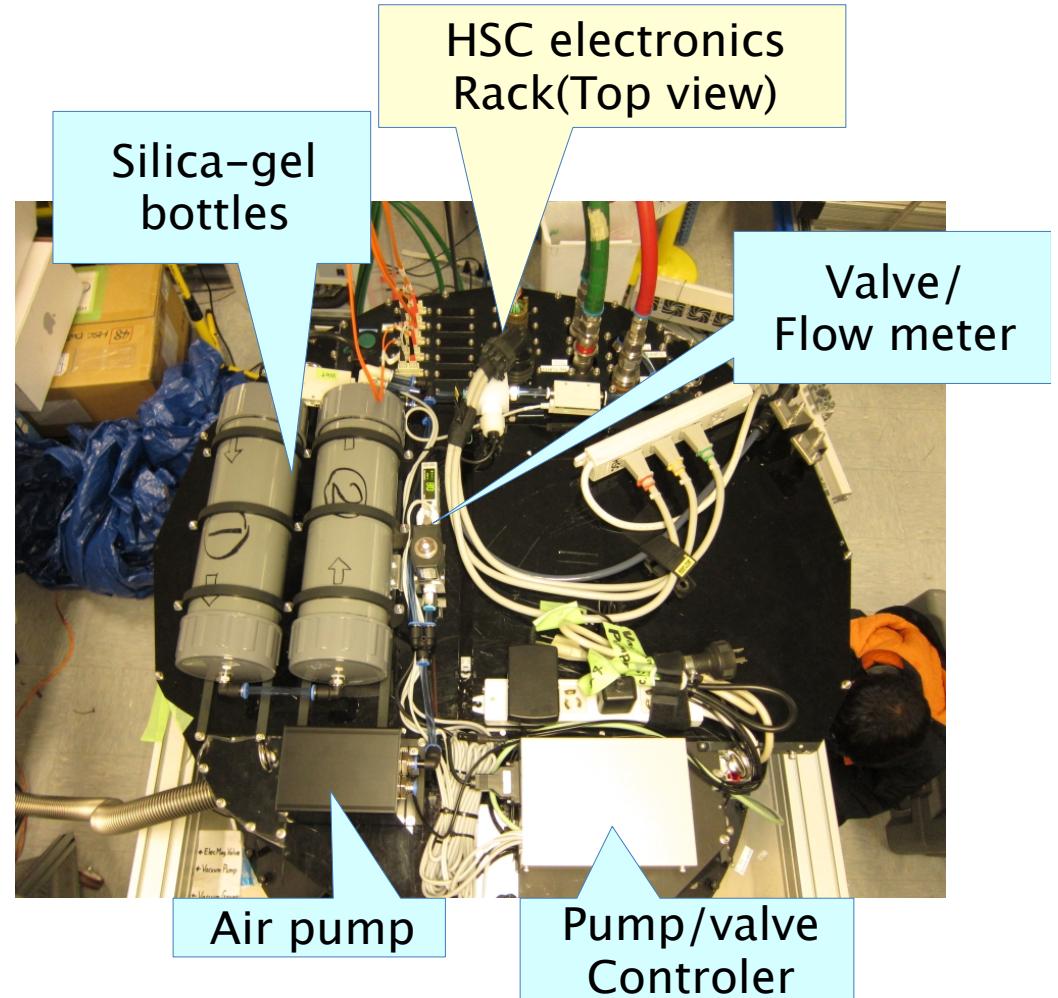
シリカゲルを使う(川野元)



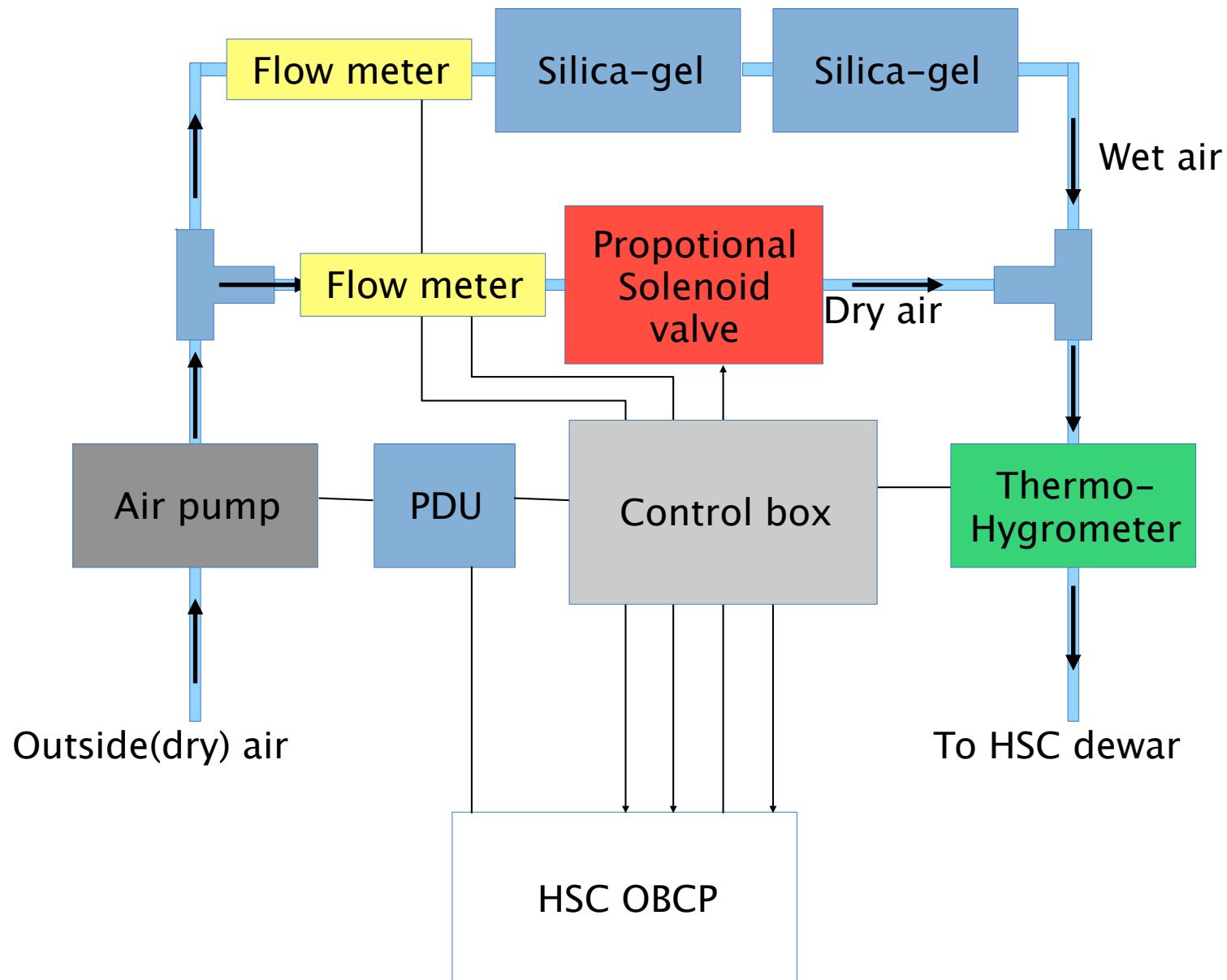
- B型シリカゲル
 - 床下などにまいて、湿度調節材として使われる
 - $RH > 60\%$ の高湿度になると、水をチャージ
 - 低湿度時に放出

Humidifier for HSC Dewar

- 1.3kg silica-gel for H_2O reservoir
 - Contain $\sim 1\text{kg H}_2\text{O}$
 - Supply $\sim 280\text{m}^3$ RH30% air @ 10°C
 - Keep flowing 3L/min RH30% air for ~ 60 days
 - Works well in sub-zero environment (tested in thermostat chamber at Mitaka)



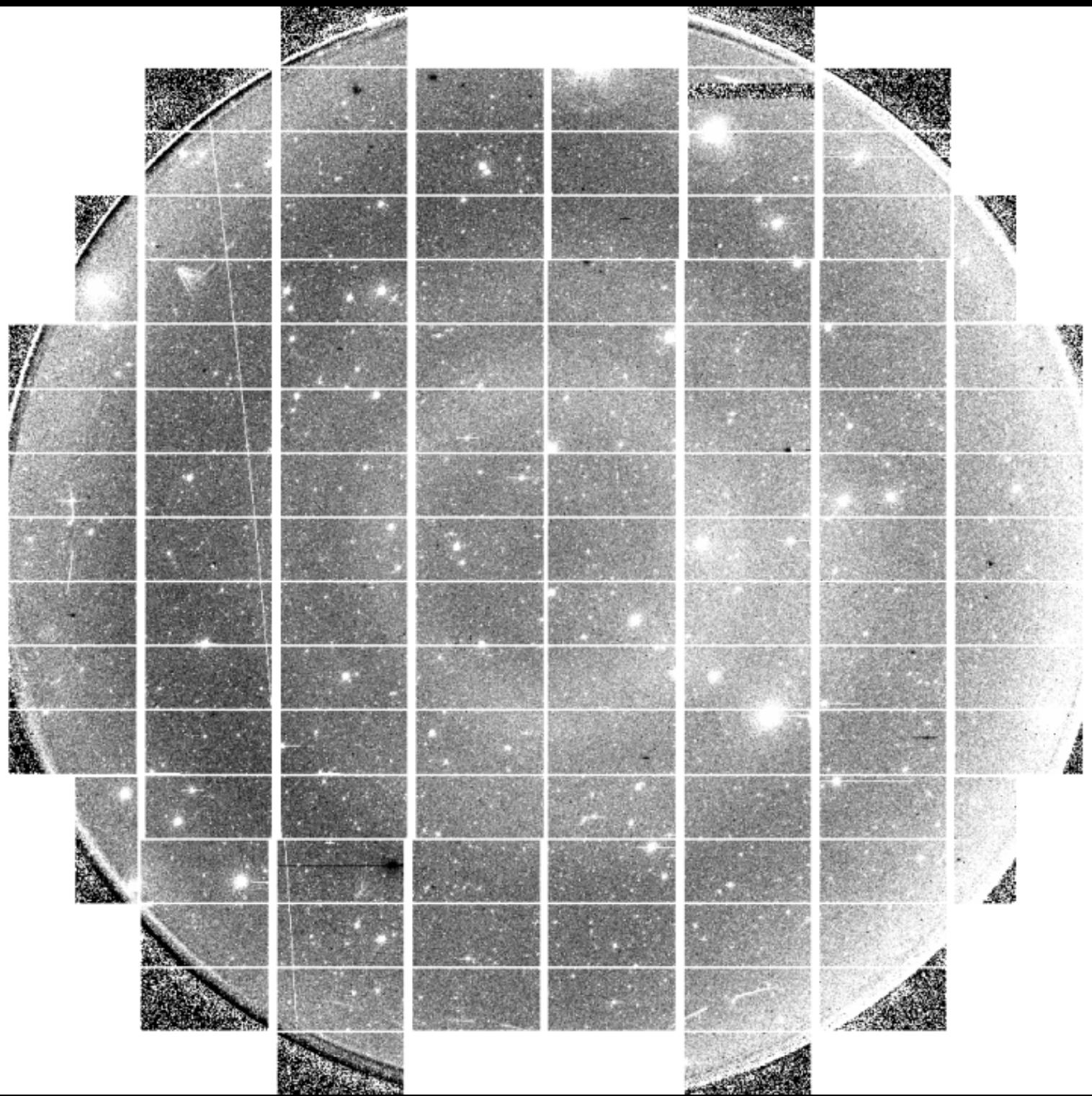
Humidifier for HSC Dewar



デュワーの真空漏れ

教訓

環境試験を念入りに行うべし



迷光

症状

- ・ 積分時間の異なるTwilight Flat2枚を割り算するとリング状のパターンが出現した。
- ・ ドームフラット同士の割り算ではリングは見えない。
- ・ サイエンス積分をドームフラットで割ってもリングが出た
- ・ フィルター毎にパターンが異なる。

推定

- ・ ドーム内に迷光源がある？

迷光

ADU (relative)

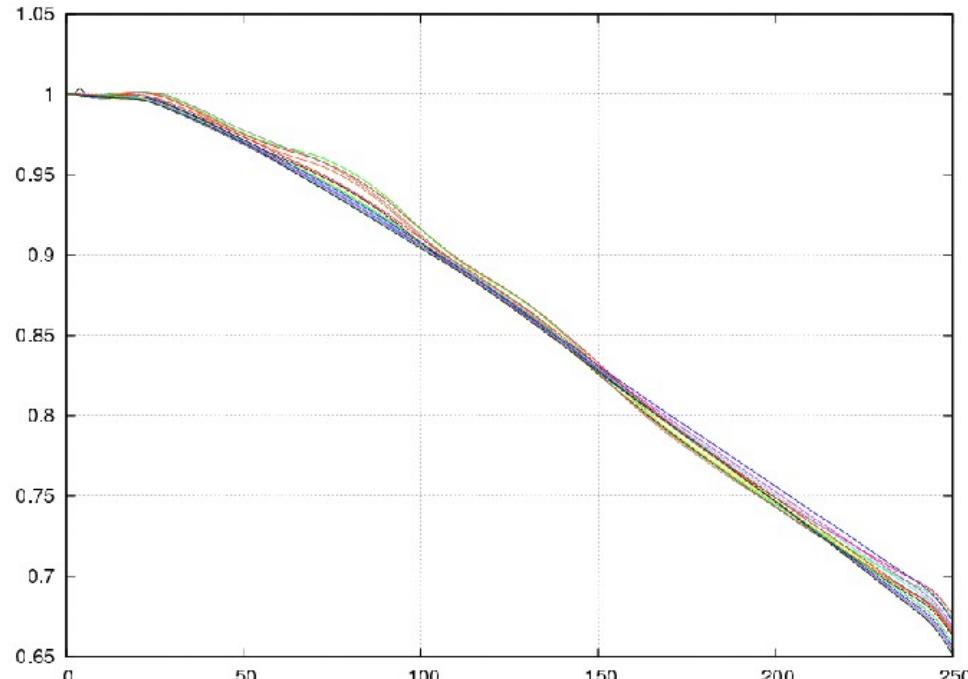


図 9: 16 ショット分のフラット形状データ。横軸は半径、縦軸は相対強度。

distance from the center

Ring Relative Height

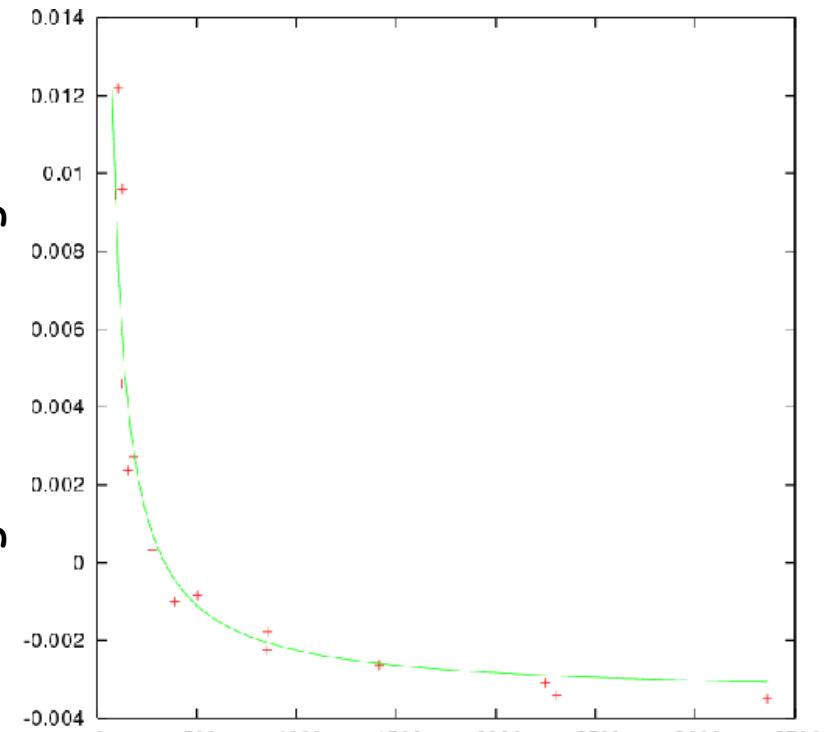
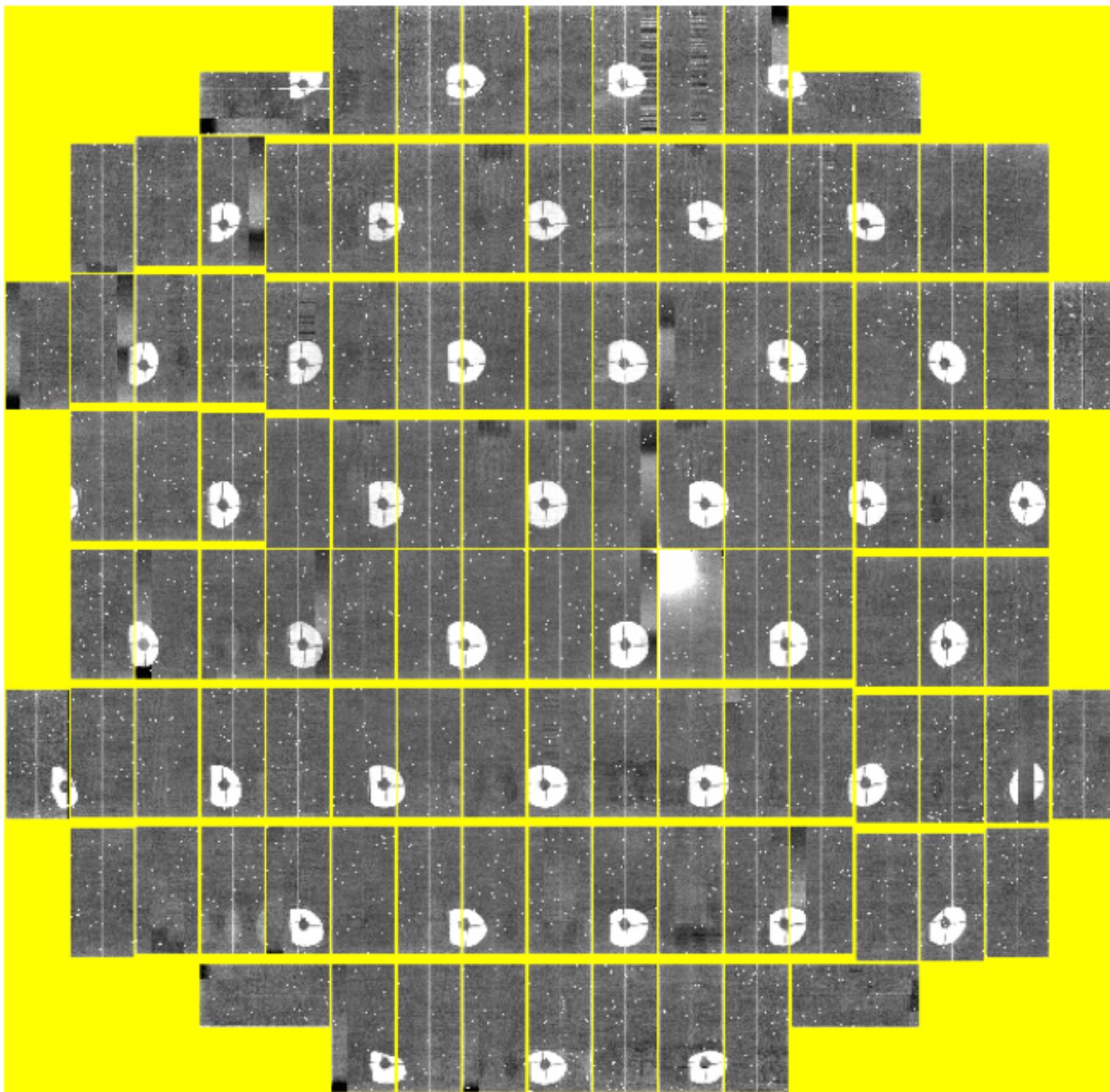


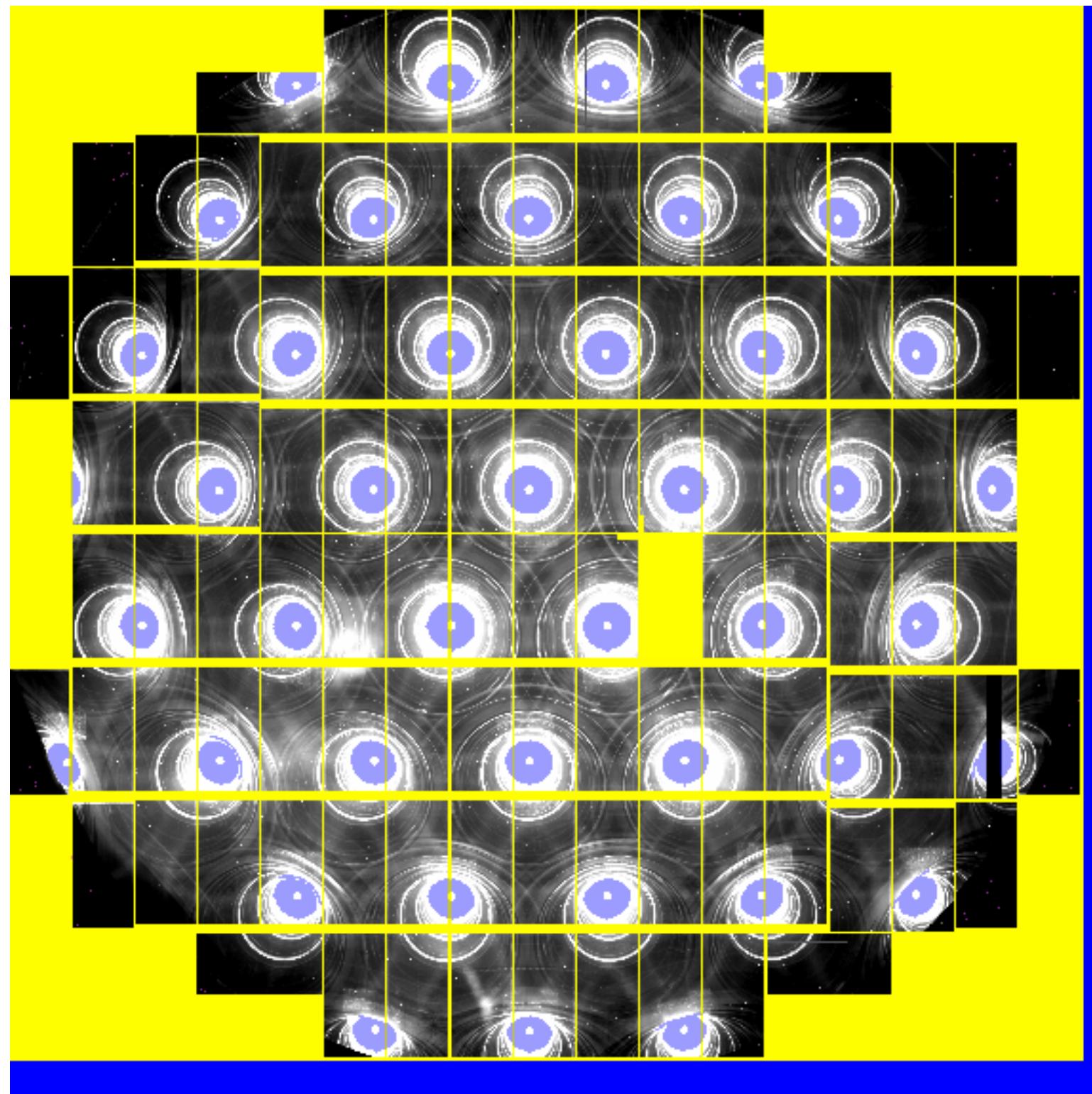
図 10: $r=80\text{mm}$ の構造の高さとスカイの明るさの関係

sky brightness (ADU/sec)

何か一定の明るさの迷光源があることを示唆

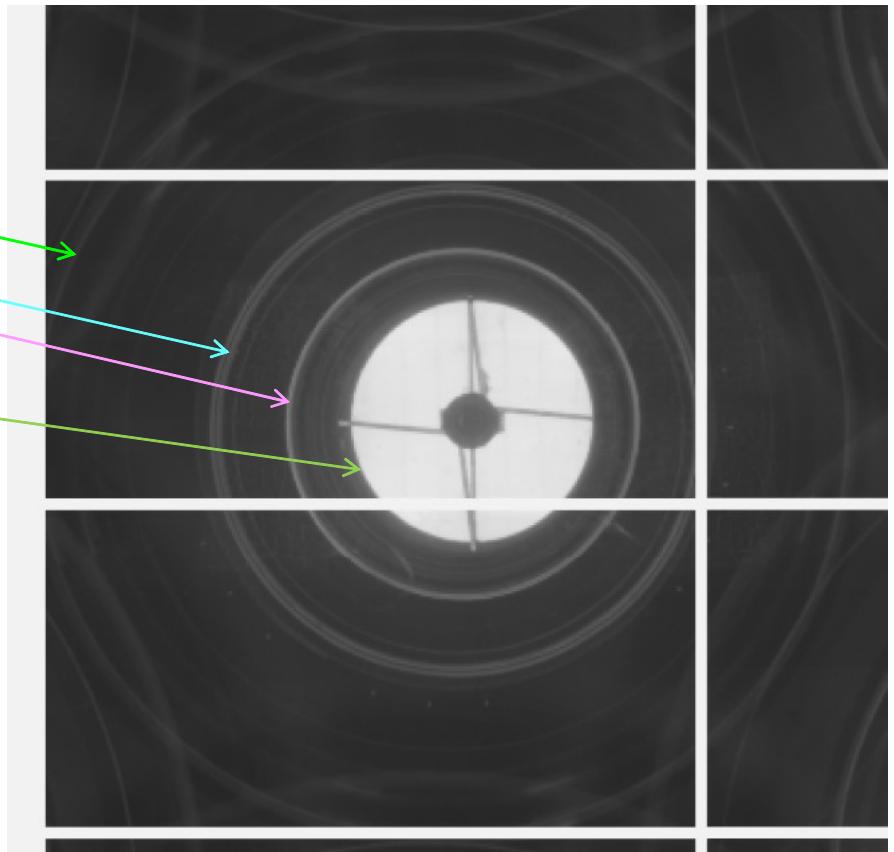
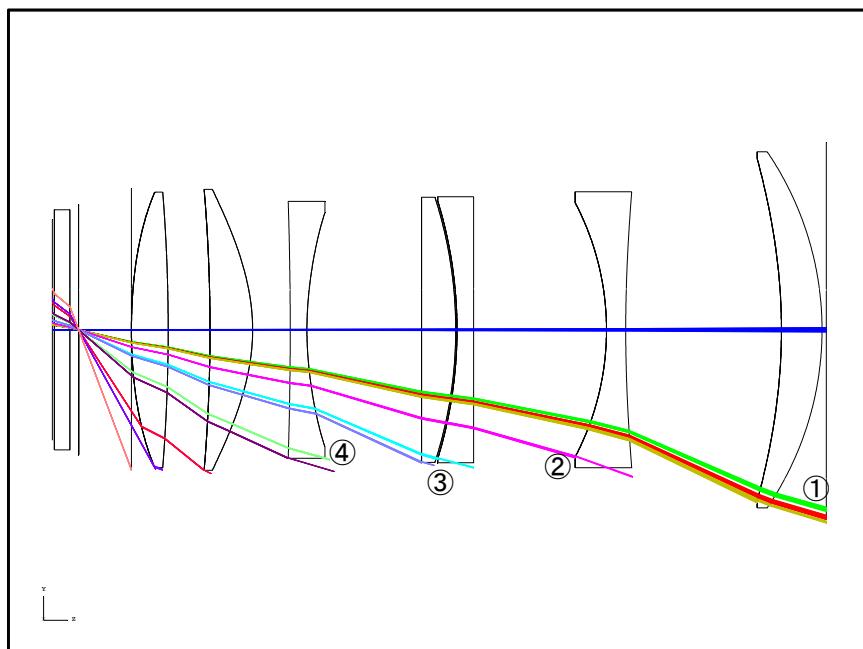






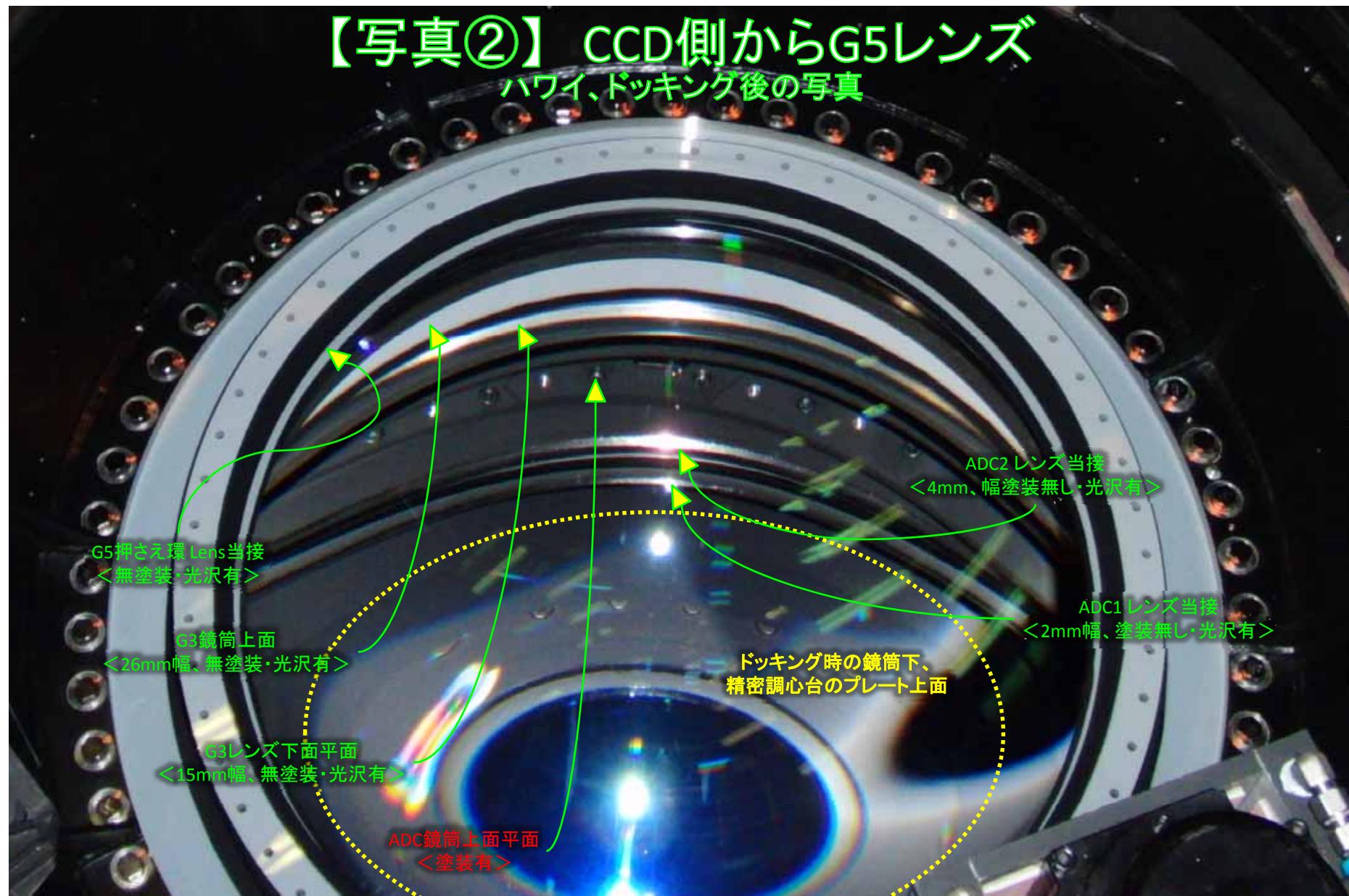
迷光

| | 直径(mm) | CCD面上像直径 (中心光線の計算値) | CCD面上像直径 (Centerピンホール 画像で定規で計測) |
|------------------|--------------|------------------------|---------------------------------------|
| G5R2外周エッジ | 661.0 | 149.96 | |
| G4R2外周エッジ | 674.0 | 132.34 | |
| G3R2外周エッジ | 616.0 | 82.38 | |
| G3R1外周エッジ | 616.0 | 75.26 | 76.9 |
| ADC2R2外周エッジ | 636.0 | 49.18 | |
| ADC1R2研磨面エッジ | 618.0 | 46.30 | 47.5 |
| G2R2研磨面エッジ | 609.3 | 33.06 | 33.1 |
| G1R2研磨面エッジ | 821.3 | 25.06 | |
| フード内端 | 900.0 | 24.32 | |
| 主鏡外端 | 8300.0 | 23.26 | 23.1 |



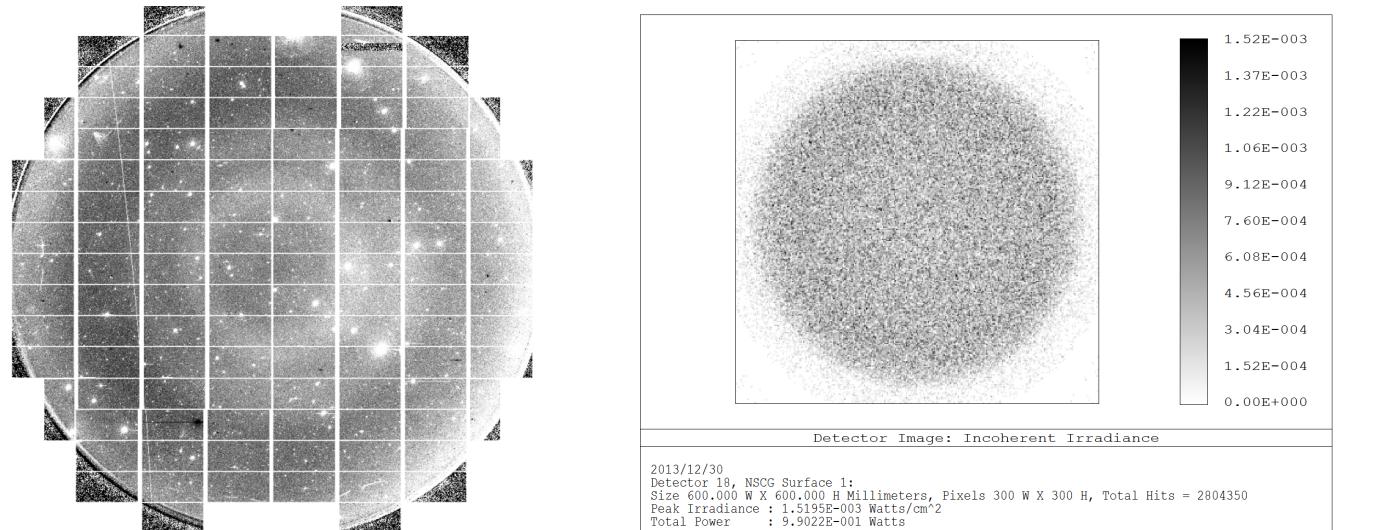
迷光

【写真②】 CCD側からG5レンズ
ハワイ、ドッキング後の写真



レンズセルの未塗装部 光源はピンホール膜での反射

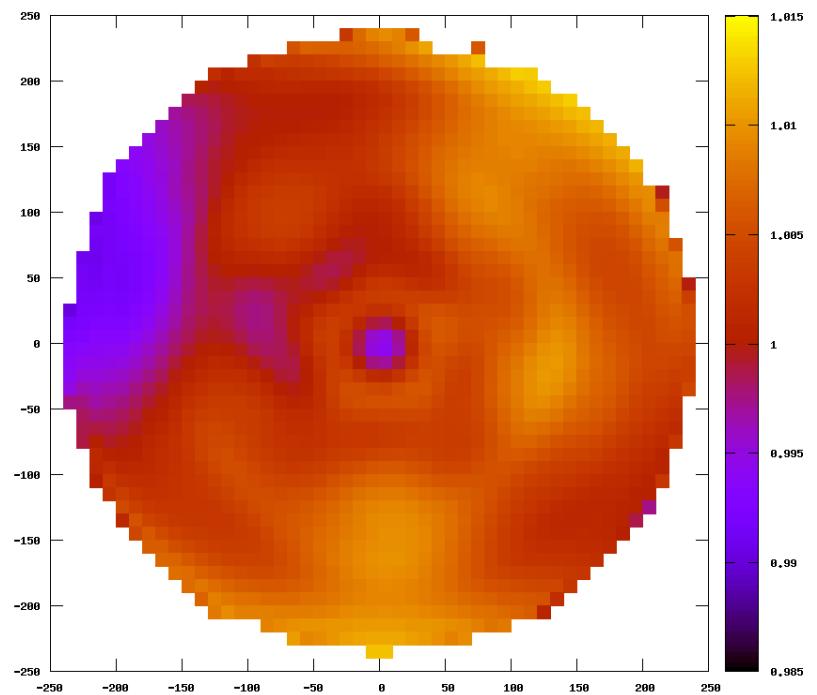
迷光



- 鏡筒の未塗装部を光源にしても、得られているリング状のパターンを、光学計算で再現することができなかつた・・・
- ドームを閉じ、フラットランプを点灯せずに積分してもリングが見えた。ただし、サイエンス積分に見られた光量の1/20。迷光源はドームの外?????
- フィルター毎にパターンが異なるということは、フィルターに問題があるのではないか、、、ということによく思い当たる

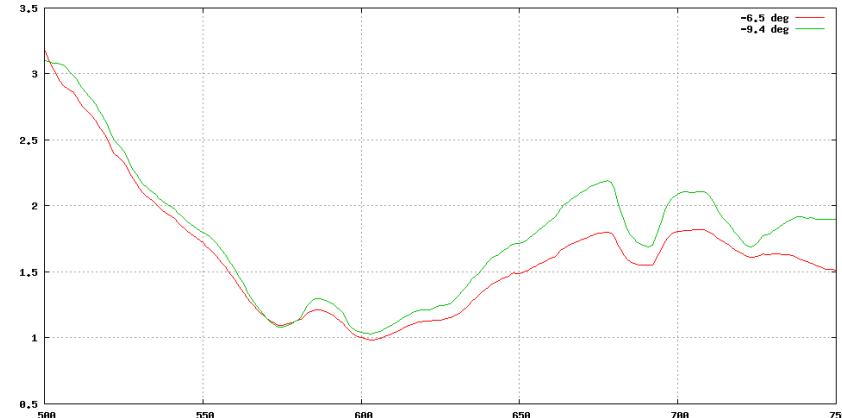
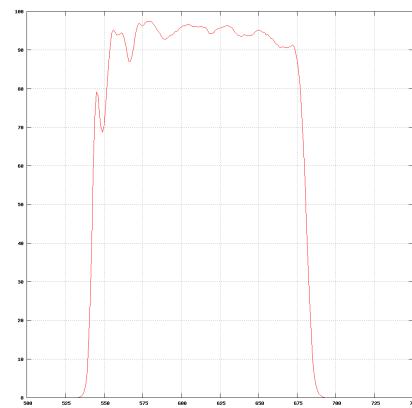
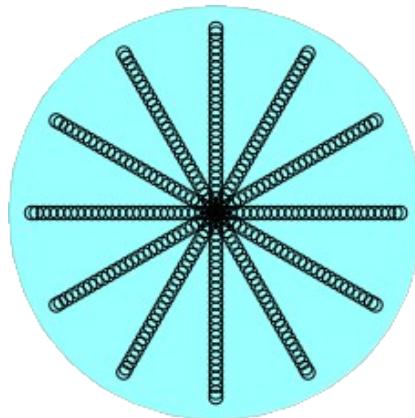
迷光

- エンジニアリンググレードのrフィルター(ENG-r1)をハワイに持ち込み、観測してみたところ、HSC-rと異なるパターンが見えた！ → フィルター起因であることが確定
- 2014/02/04 evening
 - (1) 18:39:03.308 exptime=2sec
 - altitude of the sun ~ -6.2deg
 - (2) 18:52:43.307 exptime=37sec
 - altitude of the sun ~ -9.4deg
- (2) / (1) shows a pattern of rotational symmetry of order 5
 - Amplitude ~ 1%



迷光

- フィルターの場所により、透過曲線が異なる(cut off, Tpeak ...)
- Twilight skyのspectrumは時々刻々変わる。

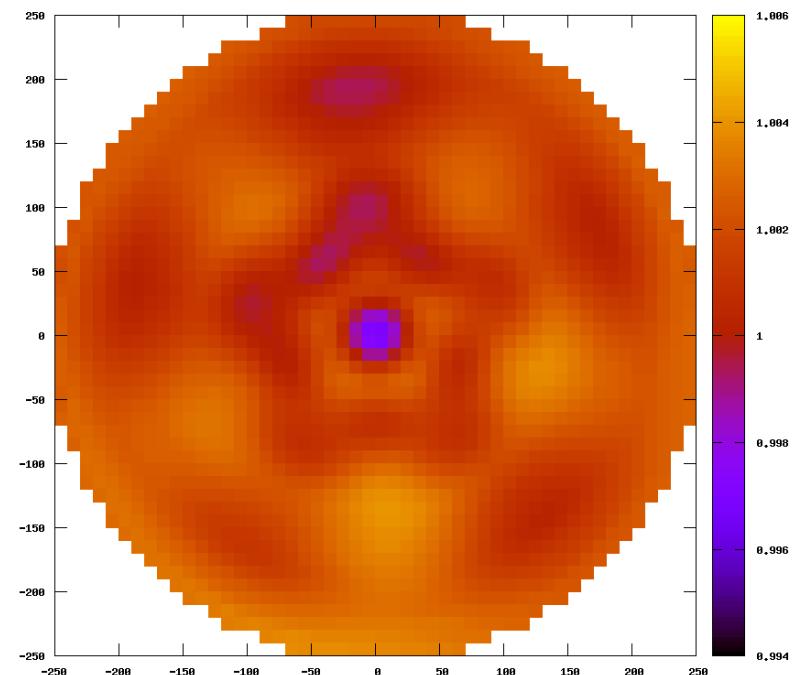


- 336 data points
 - $dr=10\text{mm}$, $dt=30\text{deg}$
 - 500-750nm, $dl=1\text{nm}$
 - measurement time $\sim 18\text{hours}$
 - $\sim 3\text{ min for a data point}$
 - $\sim 600\text{nm}$ is the most sensitive range

- Twilight spectra from Patat et. al (2006 A&A 455,385)
 - From figure 9
 - -9.4 data is smoothed to match -6.5 data (moving average width = 13 nm)

迷光

- Convolve measured filter response function and spectrum of twilight for each sun altitude angle
- Zernike polynomial is used for interpolation to make complete image
- Two images are constructed using different spectrum of twilight
- The ratio of images is very similar to the real data (ratio of twilight images)
- Change of twilight spectrum may bring some weird pattern on image if filter transmission curve is not uniform



空のスペクトルとフィルターの特性をconvolve
して画像を再構築すると、観測を再現

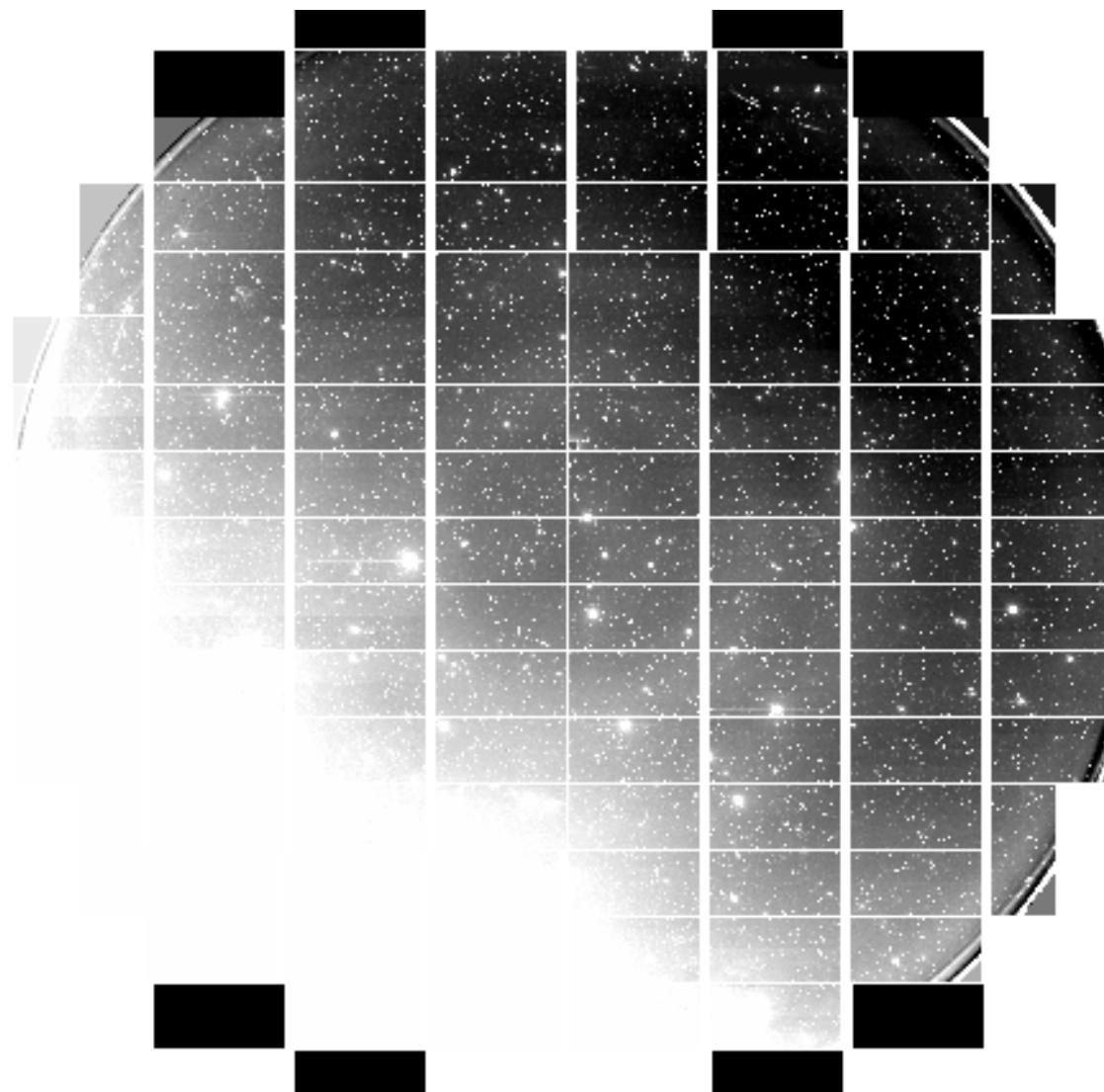
迷光

教訓

よく考えてから冷静に行動しましょう

ドームフラット

- ・ グローバルな傾きがある。



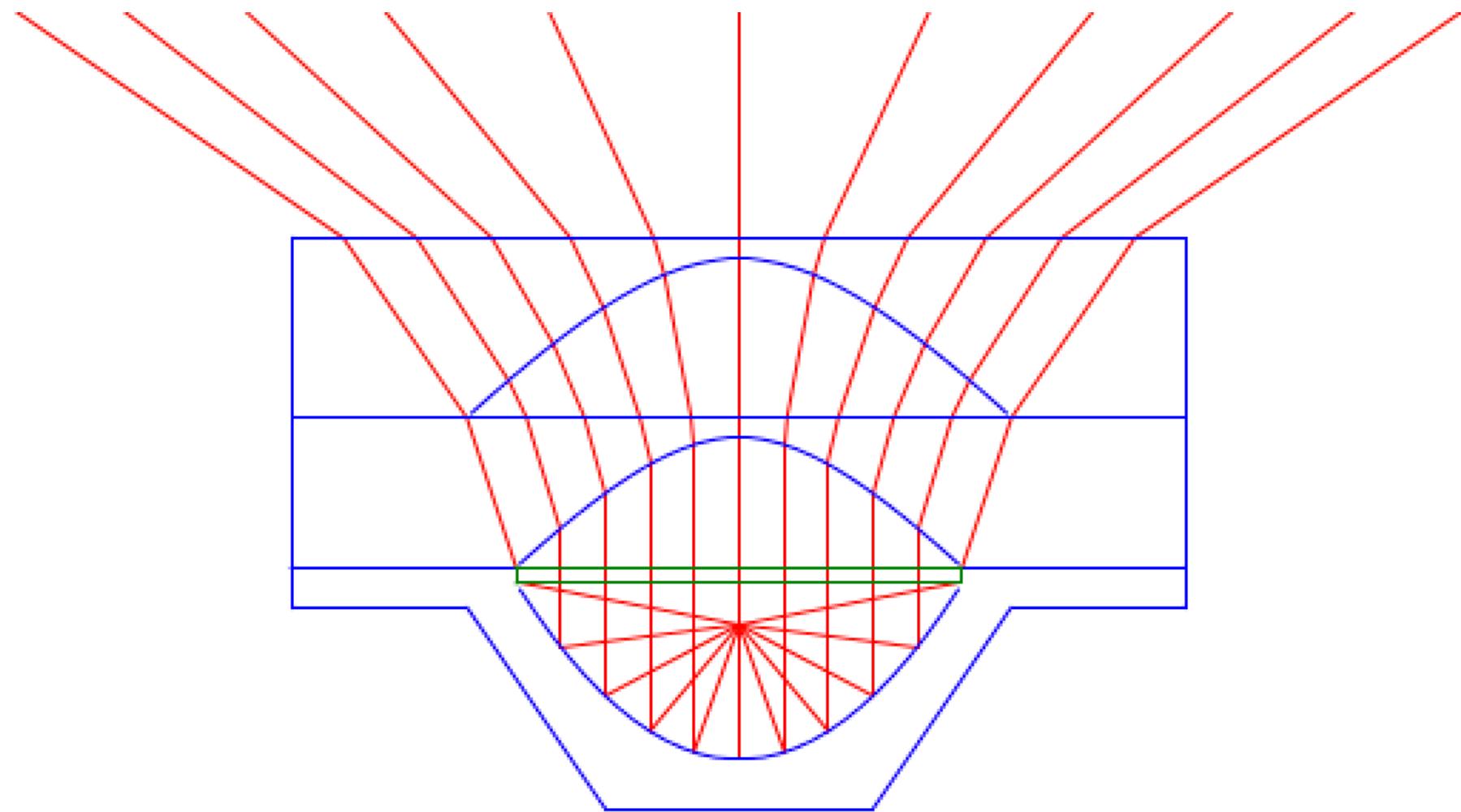
ドームフラット

- ・ 4つあるフラットランプのひとつが切れかけていて、暗かつた。
- ・ HSCは、鏡筒によるケラレがあり、ケラレの場所は、視野位置に依存する。
 - ・ フラットパネルのどこを見るかが変わる

スクリーン照明の非一様性をそのまま拾ってしまう複数光源のフラットは使えない（ランプの寿命が異なるから）

ドームフラット

単一光源のランプモジュール



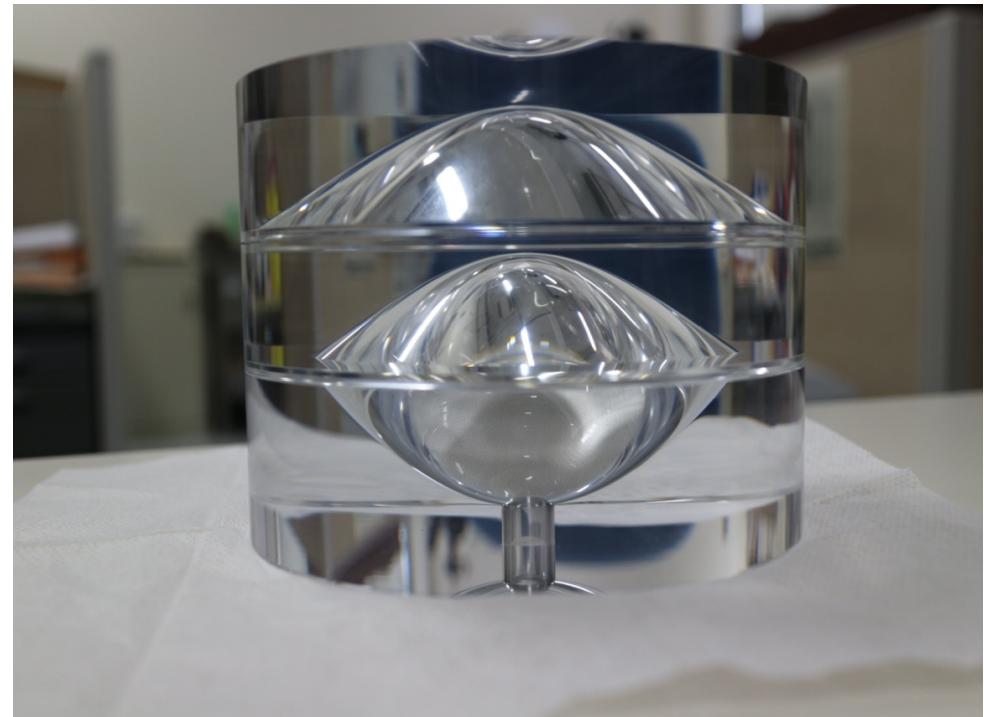
ドームフラット

単一光源のランプモジュール

アクリル製



ミラー



アセンブリー

2015夏にHSCの天板の上に設置予定

魔の2014年6月

Yutaka Komiyama

宛先： 宮崎聰 <satoshi@naoj.org>, Fumiaki Nakata, Yousuke Utsumi, 川野元聰, Furusawa Hisanori

返信先： 小宮山裕

HSCトラブル

2014年6月22日 9:40

詳細情報を隠す

受信 - Subaru (Google)

HSC観測組の皆様、

6/21早朝ChillerBが停止し、冷却水が止まりました。

かけてあるはずだったアラームが効かず、

冷却水が流れないまま冷凍機の運転が続きました。

冷凍機本体温度は最高90°C程度まで上がってしまいましたが、

その後は少量ながら（間欠的に？）冷却水が来ていたようで、

50°C位での運転が続いていました。

このような温度での運転は初めてのことなので、

高熱の影響（冷却水配管が熱で変形したり、継ぎ手部が

熱サイクルで緩む、など）が懸念されたので、

念のため冷却水を切って、デュワーを取り出して

魔の2014年6月

6/21 チラーBの冷却水が止まり冷凍機温度上昇

6/24 HSCを望遠鏡に搭載後、シャッターが不調

Absolute Encoderの電池切れが原因

6/25 HSCを望遠鏡から外してもらう

6/26 HSCを望遠鏡に再搭載後、音モニターから異音

6/27 再度取り外し後、調査でM4 × 10 mmの落下ネジを発見

HSCの制御計算機(obcp)の電源が故障

魔の2014年6月

| 6/23 | 6/24 | 6/25 | 6/26 | 6/27 | 6/28 | 6/29 | 6/30 | 7/1 | 7/2 | 7/3 | 7/4 | 7/5 | 7/6 | 7/7 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| OU | OU | OU | UH | OU | SSP | OU | OU | OU | OU | Eng | Eng | Eng | Eng | Eng |
| ○ | ○/- | - | - | - | - | - | ○ | ○ | ○ | * | * | * | * | ○ |

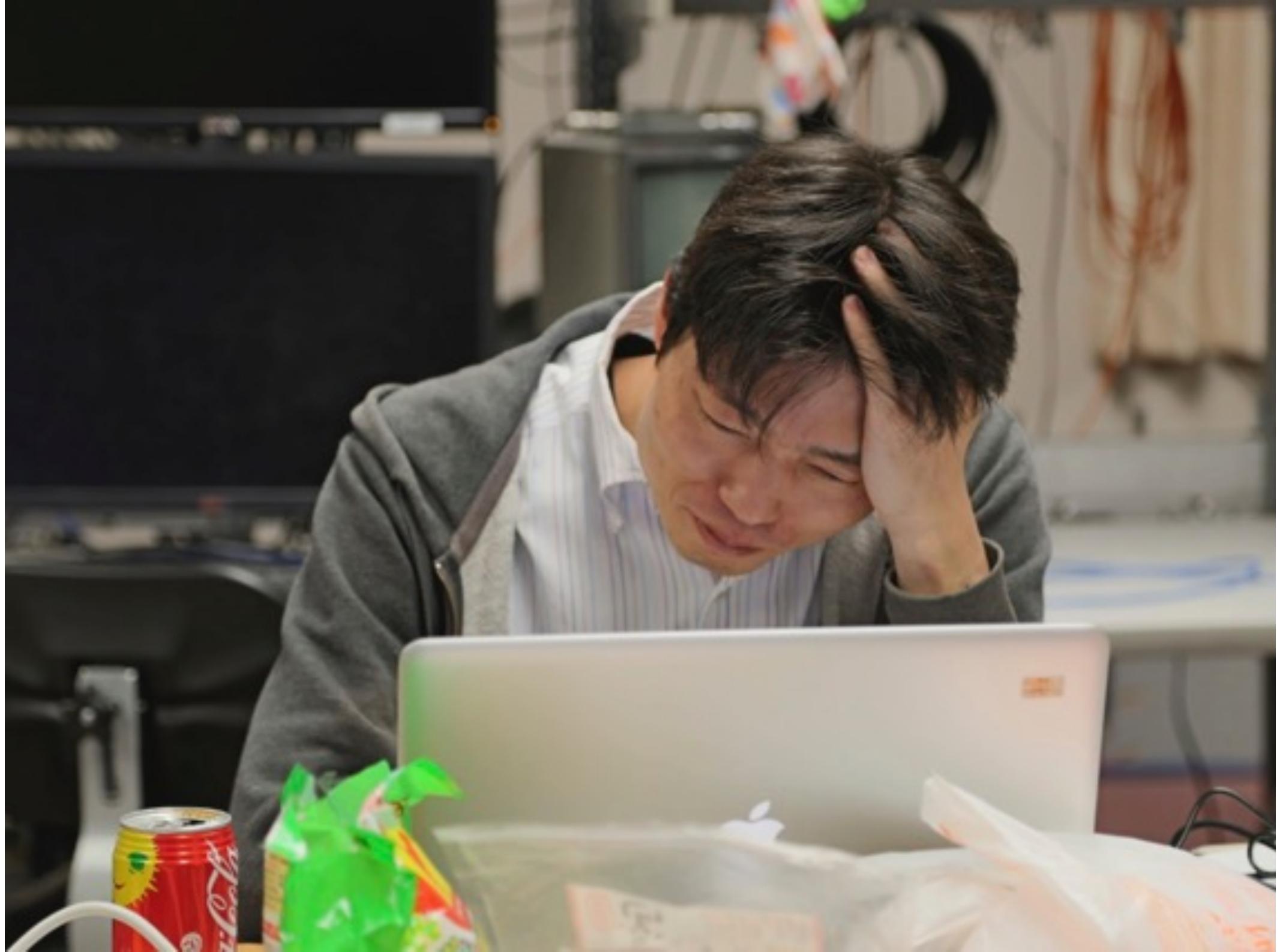
×: Dome closed all night

△: Dome closed occasionally

○: Normal Observation

* : Cloudy (but humidity low)

- : Instrument Trouble



魔の2014年6月

教訓

トラブルは忘れた頃にまとめてやってくる

First Lightへの道

- 2011 低湿度下での真空漏れ 大阪)で仮り組み
- 2011/09 POPT2, WFCハワイへ
- クリーンルーム移動
- 予算不足
- 使い望遠鏡に搭載
- 全CCDをデュワーに搭載
- 人員不足
- クライヘ出荷
- 2012/03 HSC CCDへ出荷
- FEU不調
- POPT2 + (real) WFCドッキング
- 迷光
- エクスポート
- 2013/01, 06 試験観測

大震災

WFC波面
異常？一部CCD
故障？POPT2
変形？

TUE故障

TS衝突

フラット
異常？

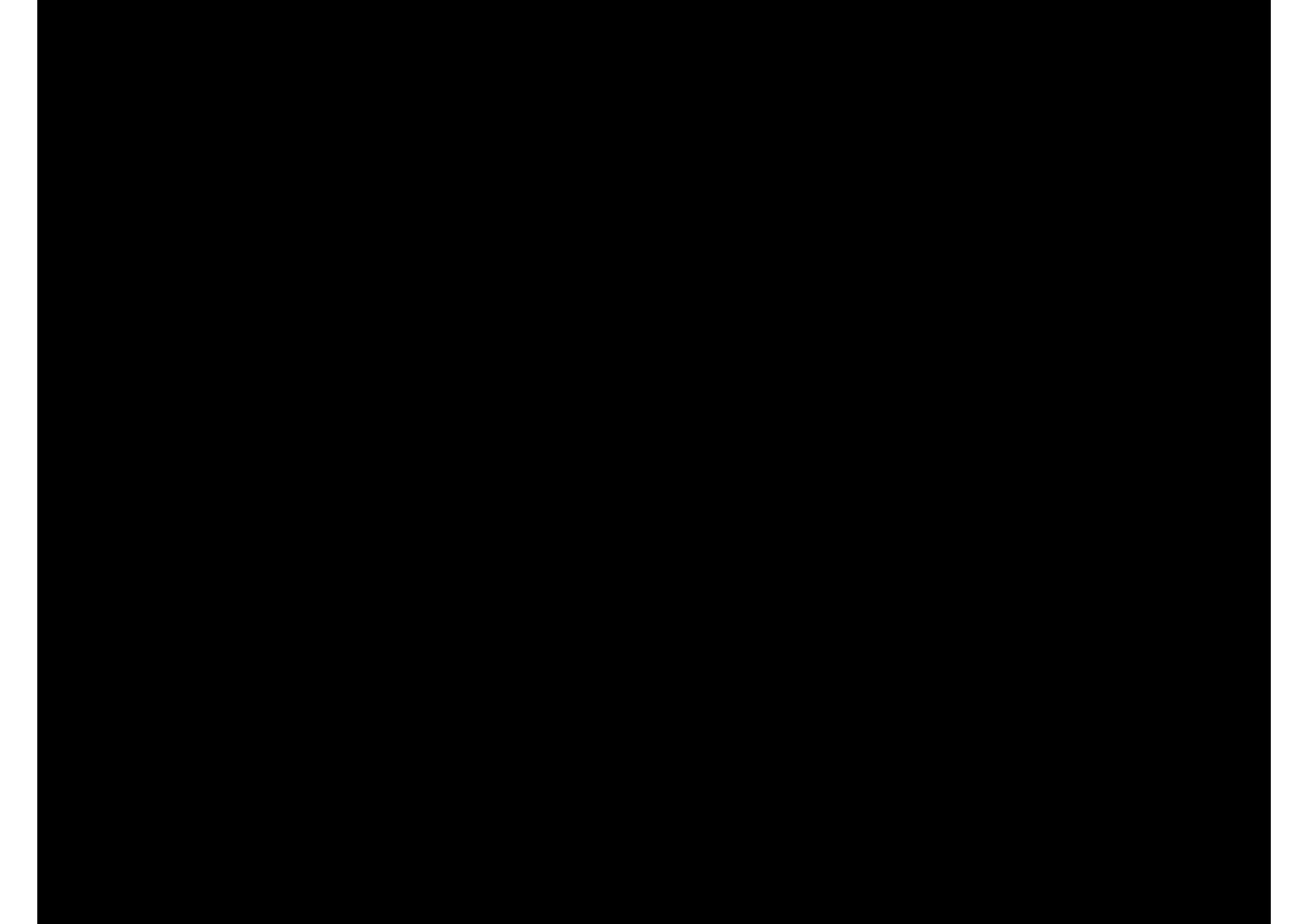
HSC

HSC 会议



Sato

C/NAOJ



学んだこと

- ・ 製作組メンバーの創意工夫と結束で数々のトラブルを乗り越えることができた。
- ・ ハワイ観測所の現場スタッフの方々の支えがなかつたら、HSCは完成しなかつた。

本当にありがとうございました。
これからも（何かあるかもしれないで、）
よろしくお願ひいたします。

