

ITk pix Production QC training

2023/06/26~30

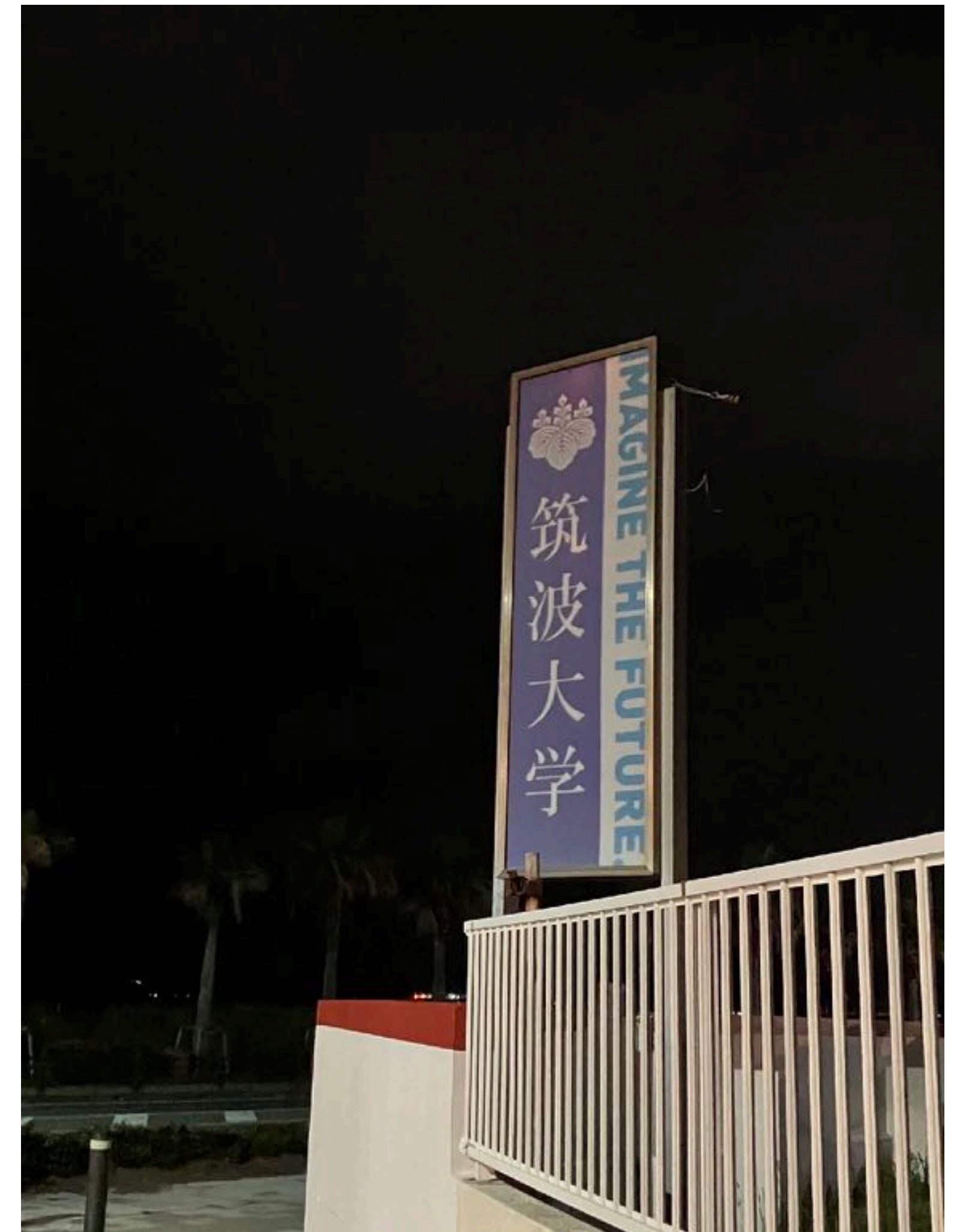
Karin Kuramochi

Today's topics

- repicで行われる作業
 - Assembly
 - Metrology
 - Electrical test
- 1週間何を行ったか
 - 測定結果
 - 問題点

6/26~30 ハヤシレピック館山工場に行ってきました

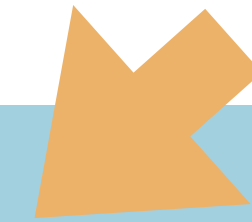
- 6/26~30にかけてハヤシレピック館山工場にて量産作業のトレーニングとMetrology Machine GUIのデバッグなどを行った。



筑波大学(館山)

repicで行われる作業

現在行われている作業



4. Electrical test

1. warm = 20°C

1. IV scan

2. SimpleScan

3. MHT (Minimum Health Test)

4. TUN (Tuning)

5. PFA (Pixel Failure Analysis)

6. disconnected bump scan

7. threshold scan w/o HV

8. x ray scan

2. cold = -15°C

5. Parylene

6. Mechanical Protection

7. Thermal Cycle (10 times)

8. Burn in

1. Moduleアセンブリ

2. ASSEMBLED ITk Pix module Metrology

1. Visual Inspection (両面)

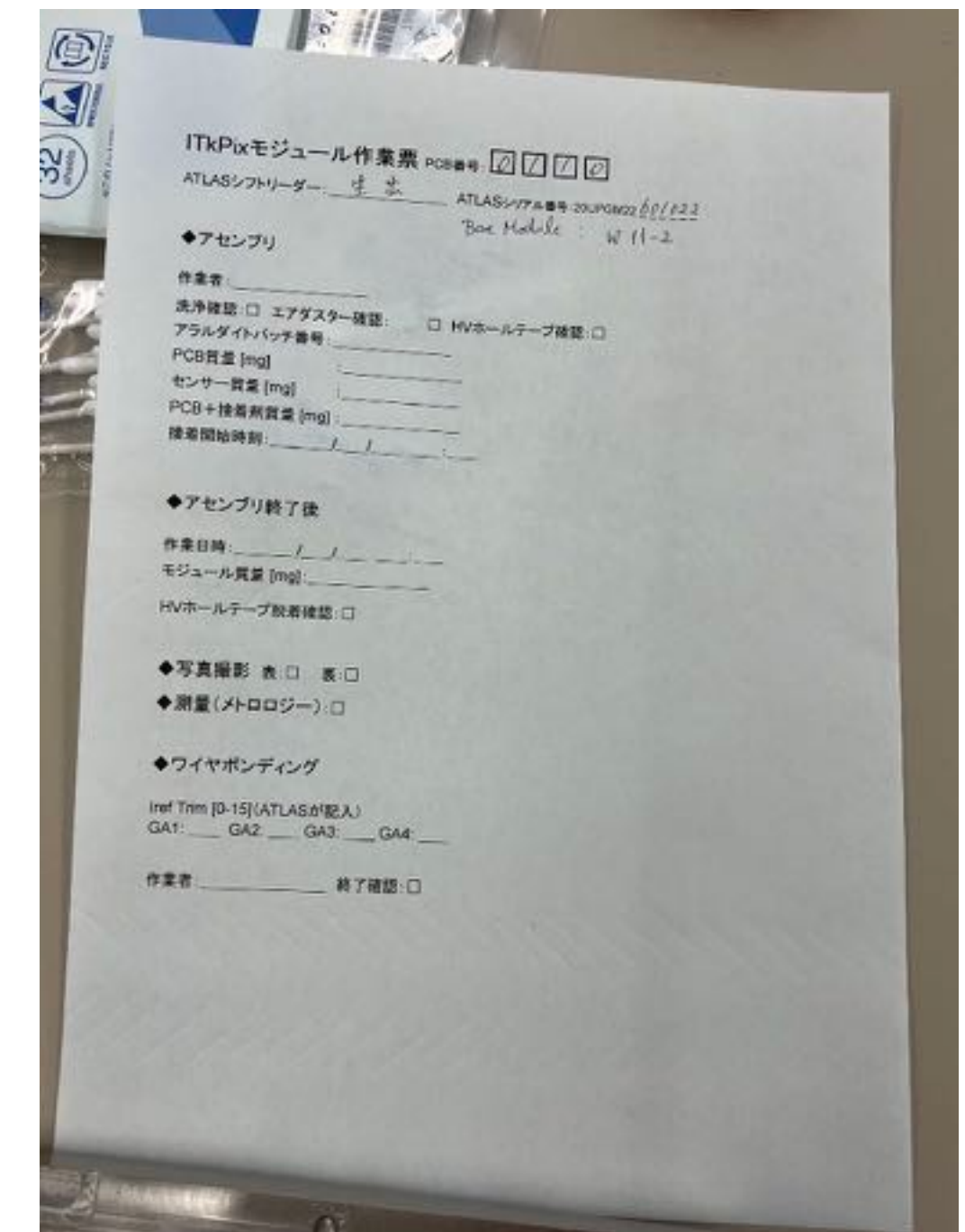
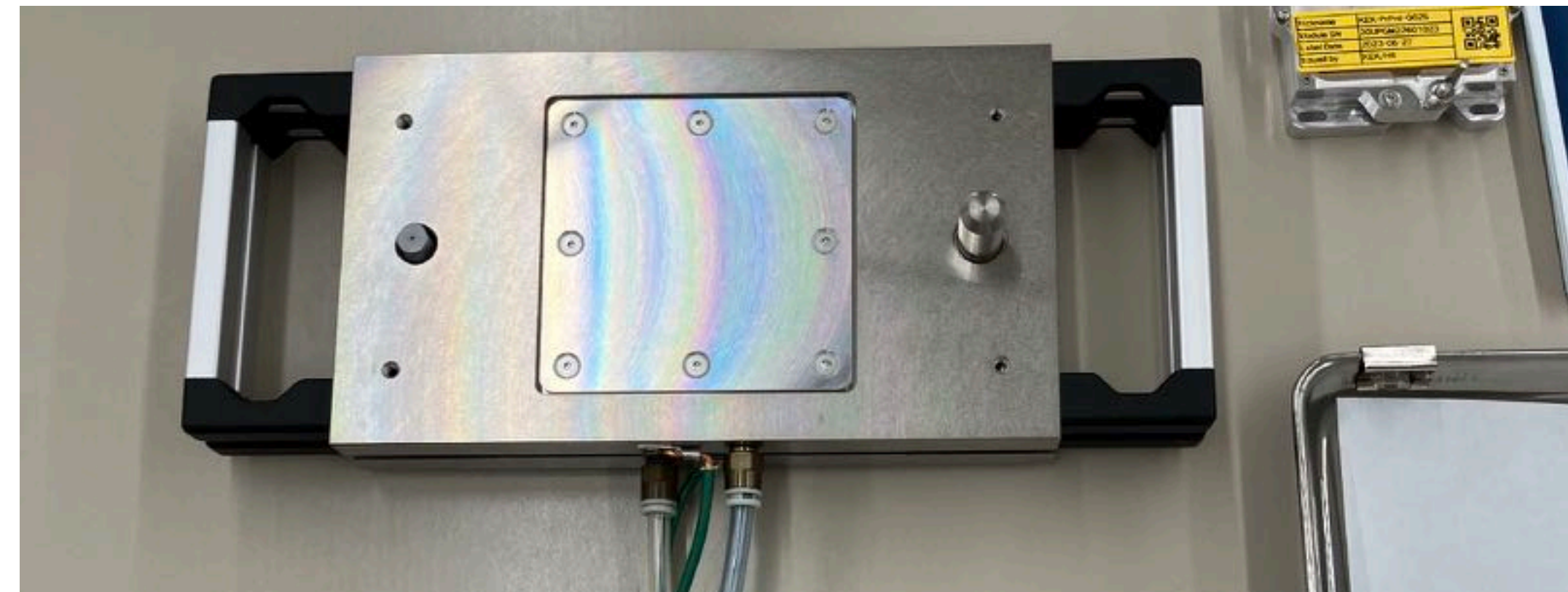
2. Size scan

3. WIREBONDING module

1. Visual Inspection

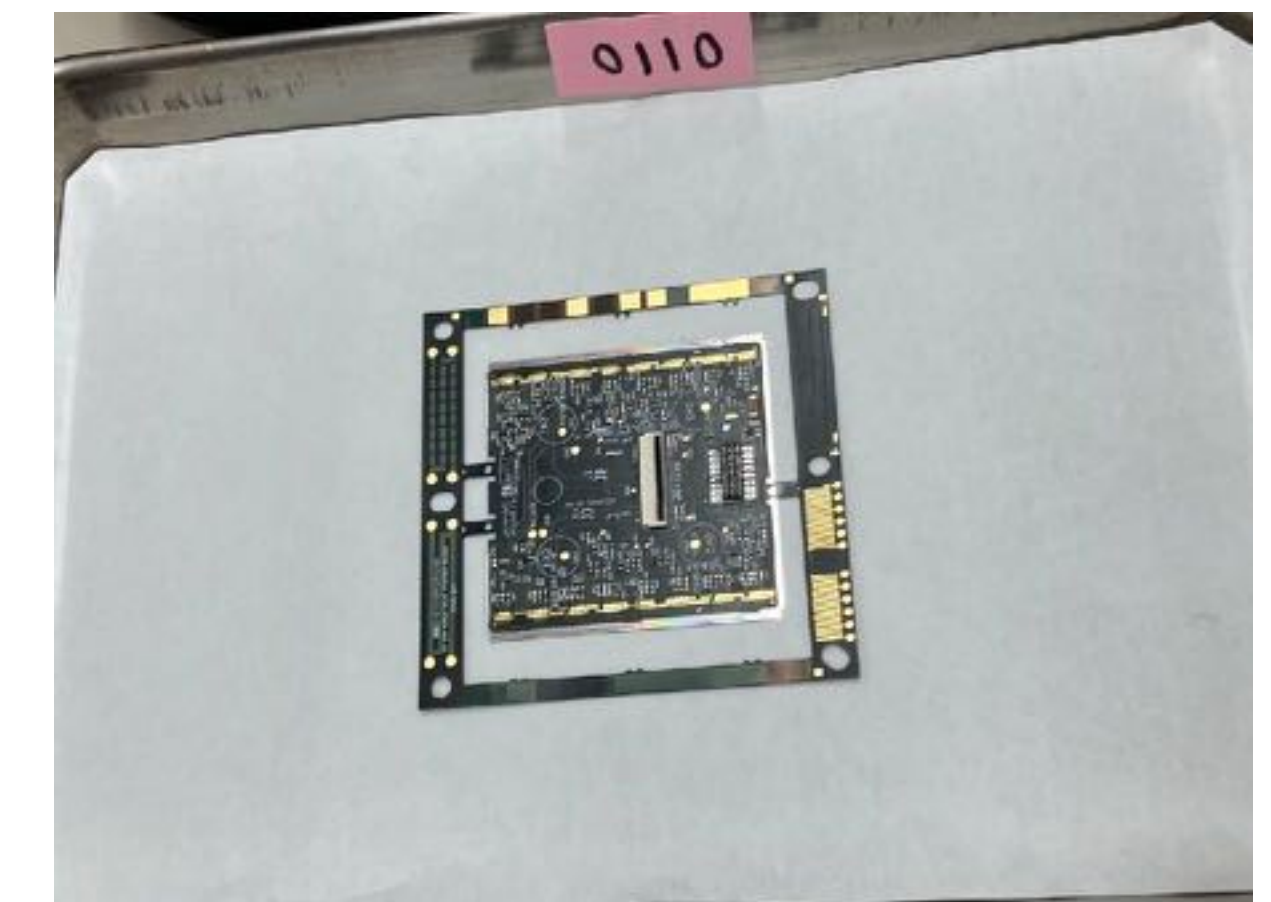
2. Wire Bond Height scan

Assembly



Repic用module作業シート

- 作業を行うのは基本シフトリーダー(スタッフ)のみ
- 記録は作業シート(紙)で行い、Repicの人に伝達する。
- Module SNとBare moduleのw#-#を記録
- Module SNと Flex SNの下6桁が同一
- 1台のアセンブリには12時間程度かかるためAssembled moduleのQCは翌日

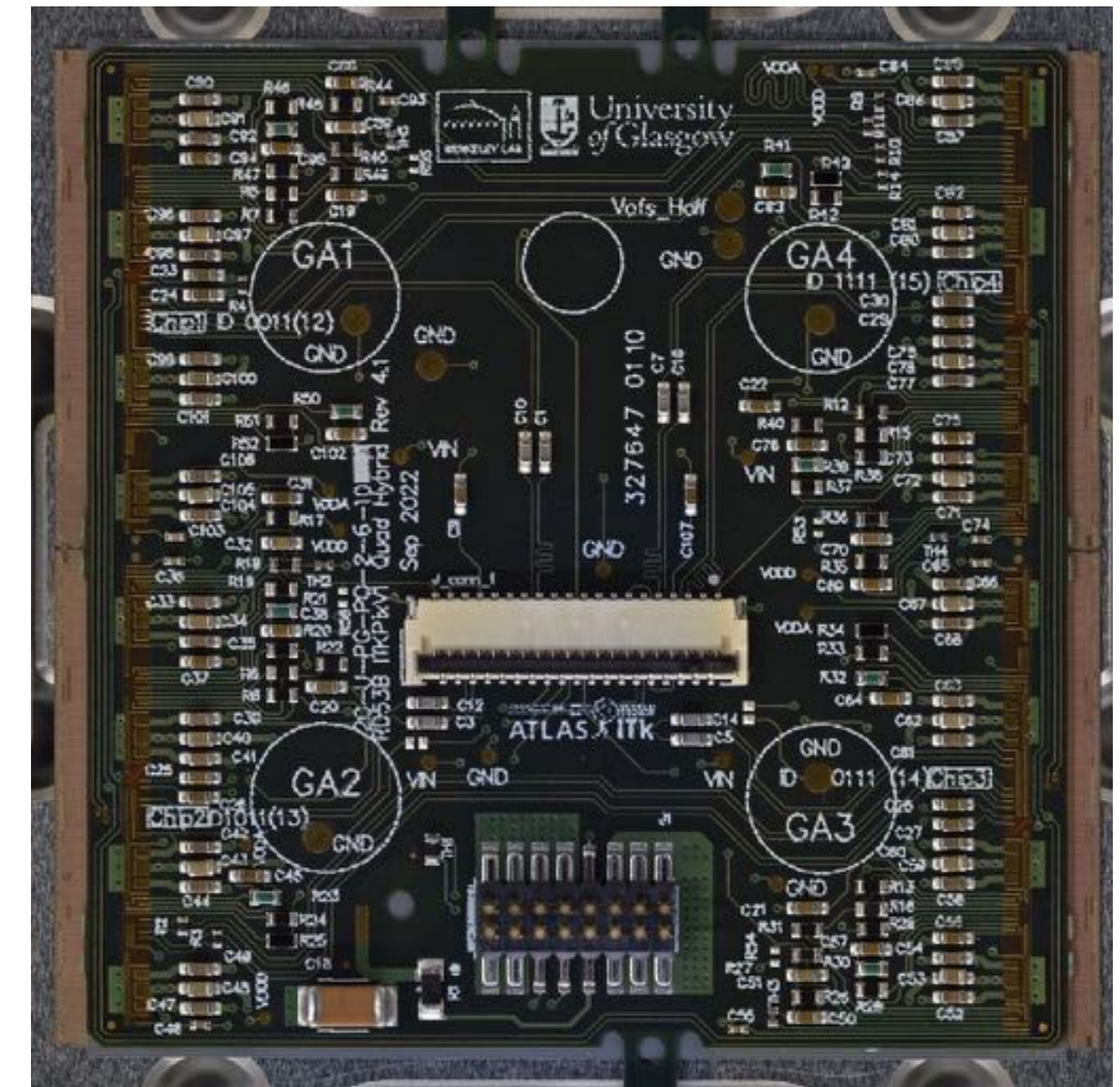


Assembled module

Assembled module Metrology

測定項目

- photo scan
- photo scan(LED ON)
- Size scan
- Back side photo scan



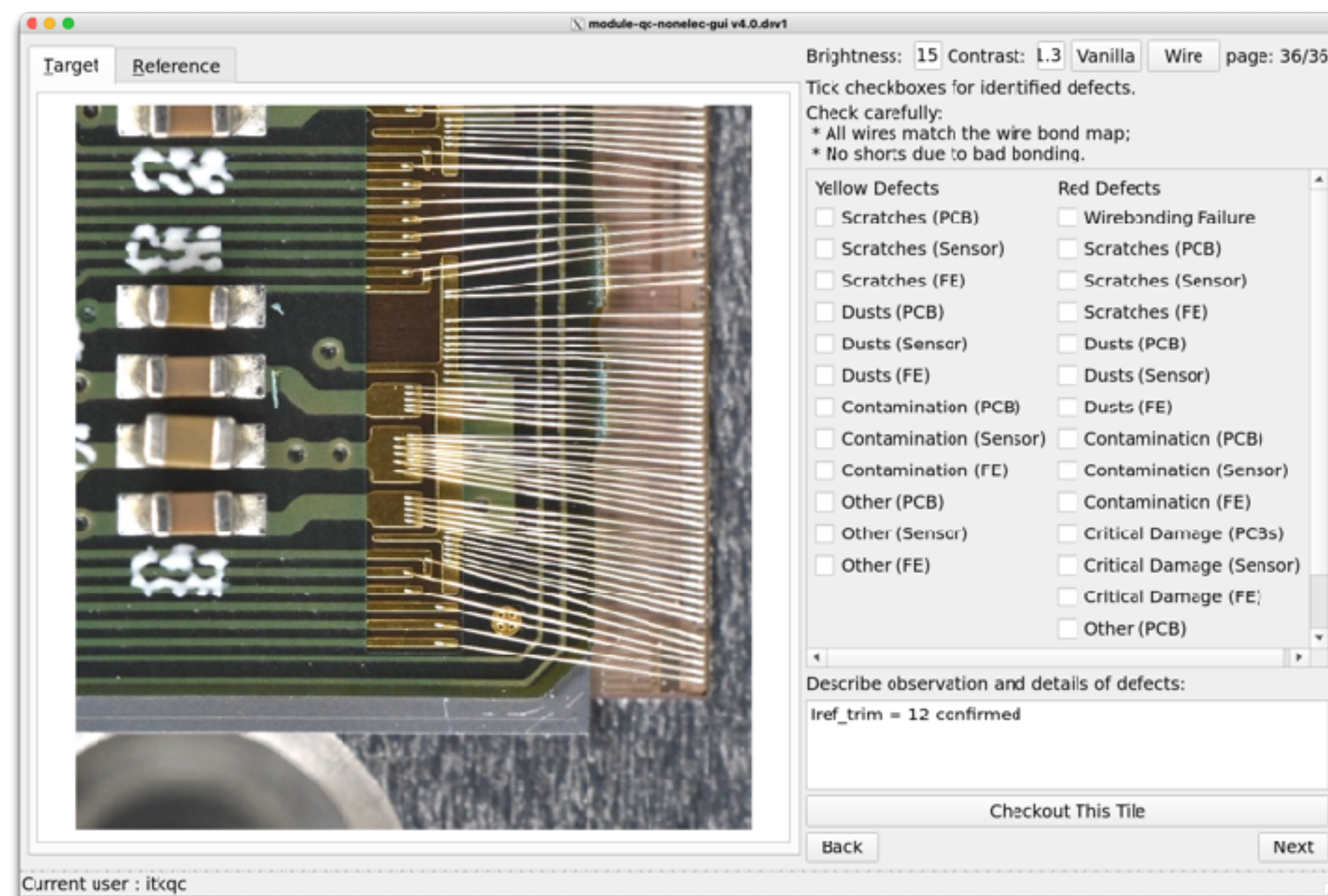
Wirebonded module Metrology

測定項目

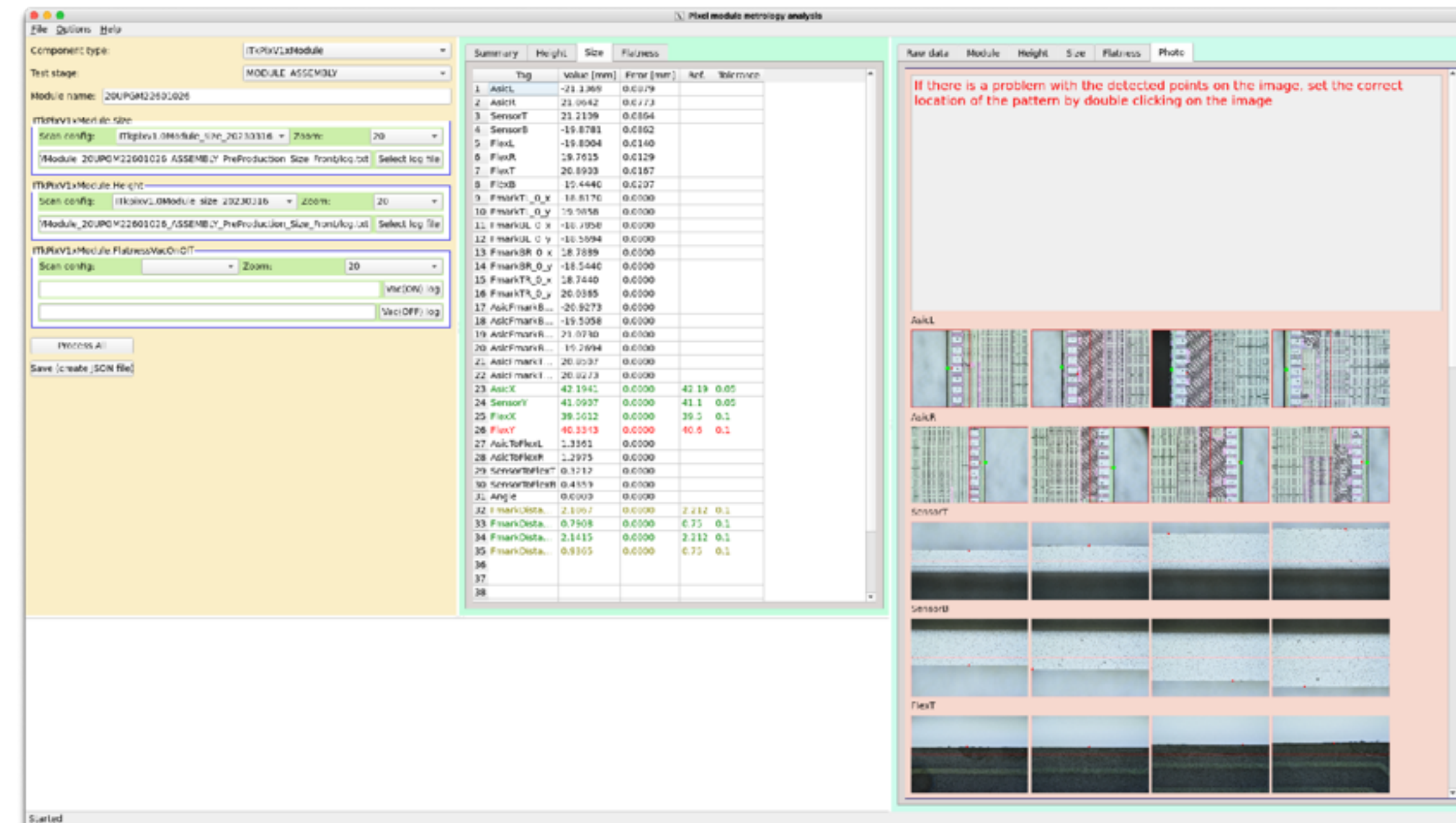
- photo scan
- photo scan(LED ON)
- Wire Bond Height scan

Metrology GUI

- Visual InspectionとMetrologyを行うGUIが実装されている
(made by 河野さん)
- Metrology 測定後はGUIにdataを読み込ませてmoduleの状態をcheckする



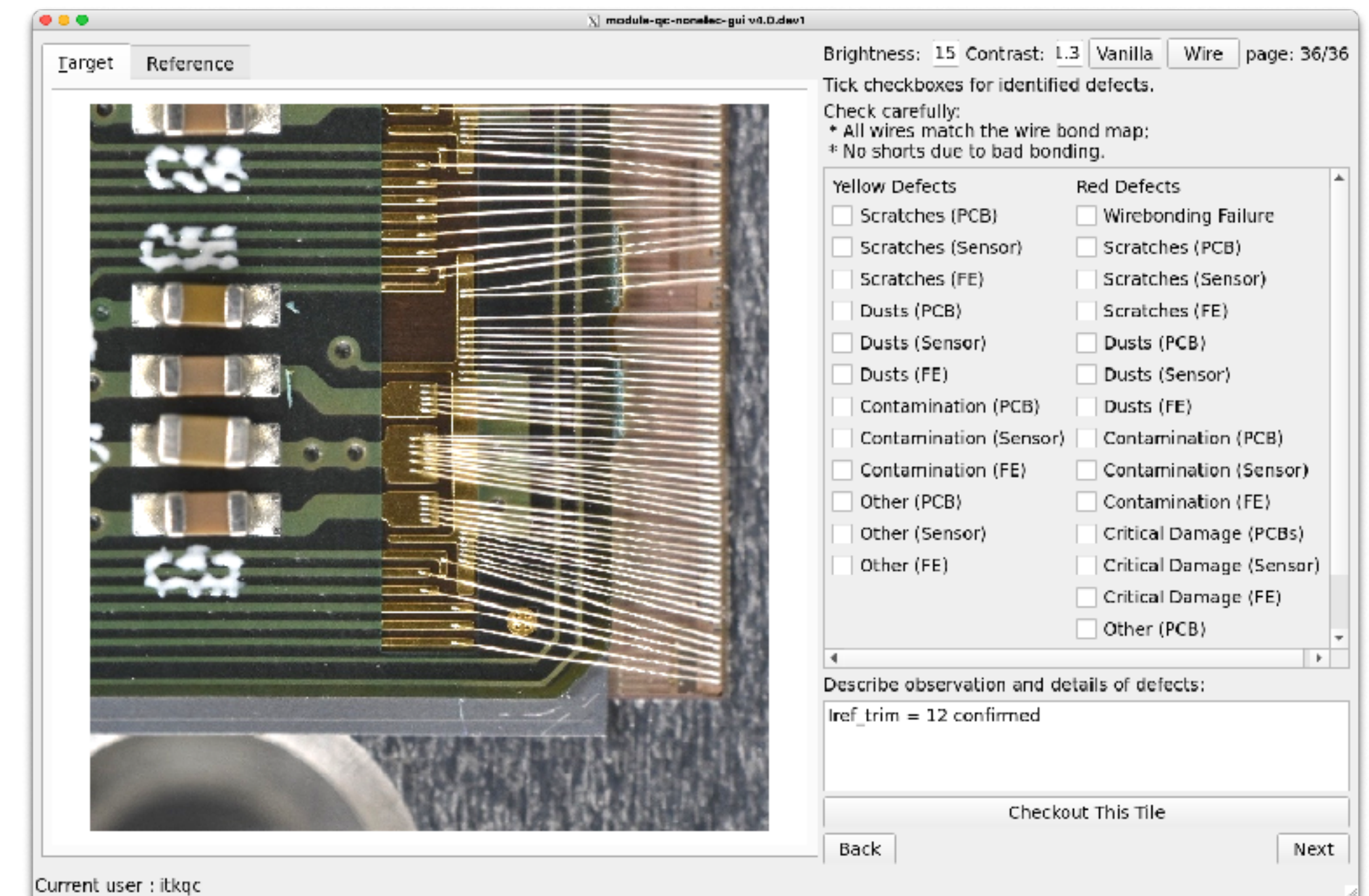
Visual Inspection GUI



Metrology GUI

Visual Inspection

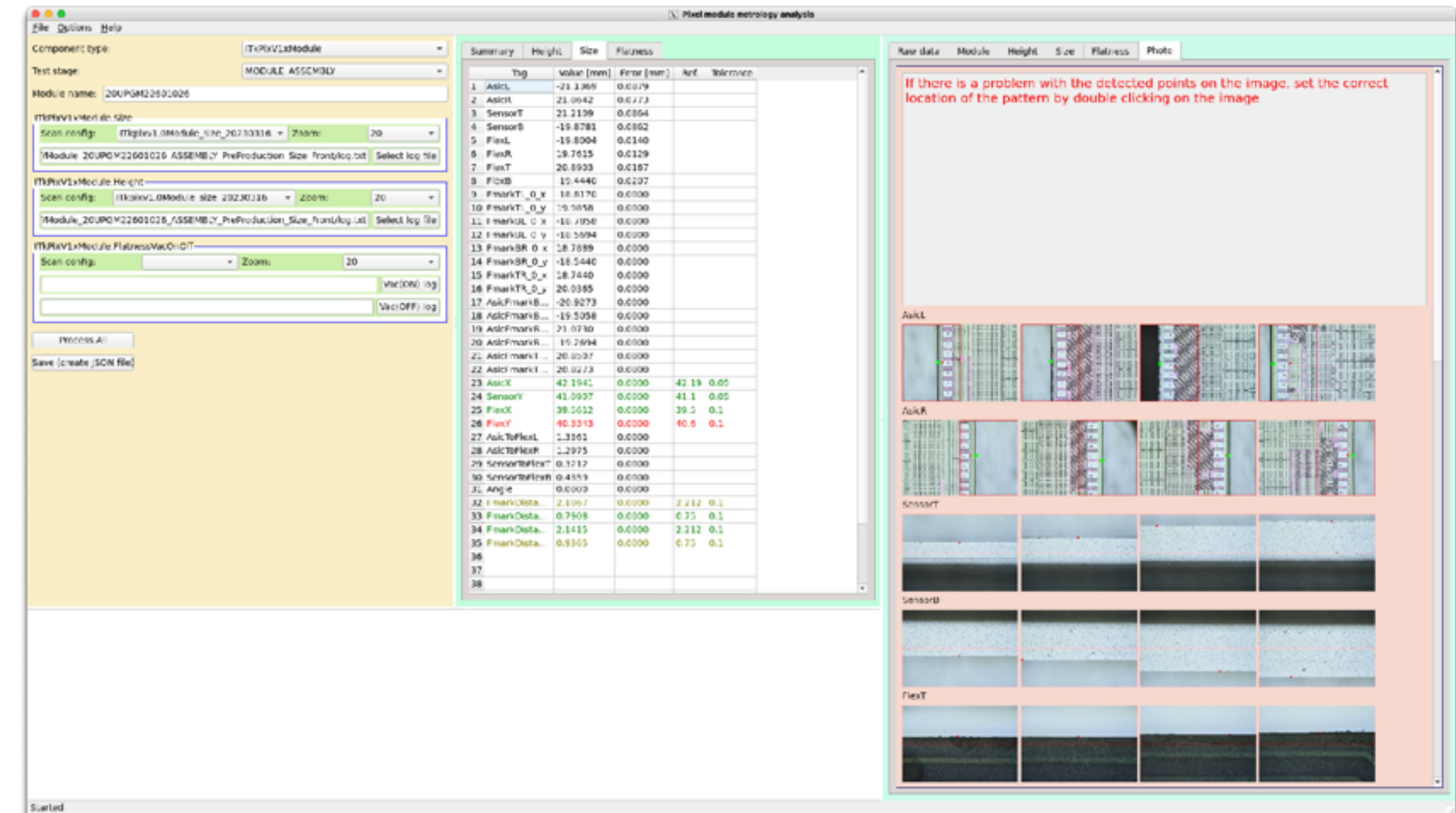
- OpenCVで自動識別されたmoduleの画像を36分割し、傷やゴミ、欠けなどがあった場合左のcheckboxに記入してlocalDBにuploadする。
- Wirebond前やmodule裏面でも同様にInspectionが行われる。



Visual Inspection GUI

Metrology

- Assembled moduleのsize scan dataからmoduleの高さを測定
- 同様にsize scanの写真からASICとPCBの大きさ、Fiducial markの距離を測定
- ASICのedgeはまだ検出できないので手動で指定する必要がある(要改善)



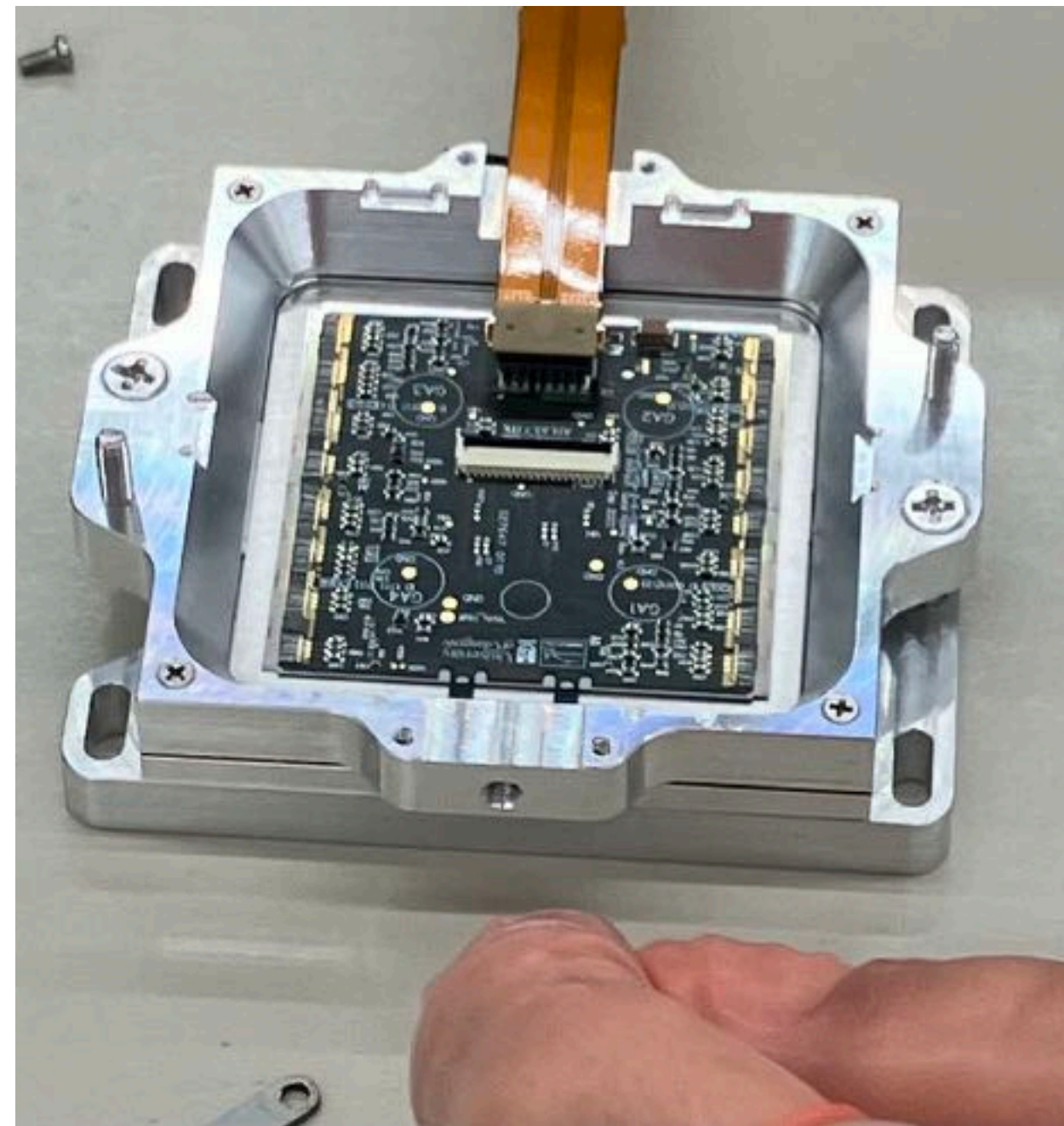
Metrology GUI

Electrical test

Wirebond moduleのMetrology後
moduleをキャリアに
moduleをcooling boxに入れてtest

2種類の温度でtest
それぞれにconfigが
別に存在

1. warm 20°C
2. cold -15°C



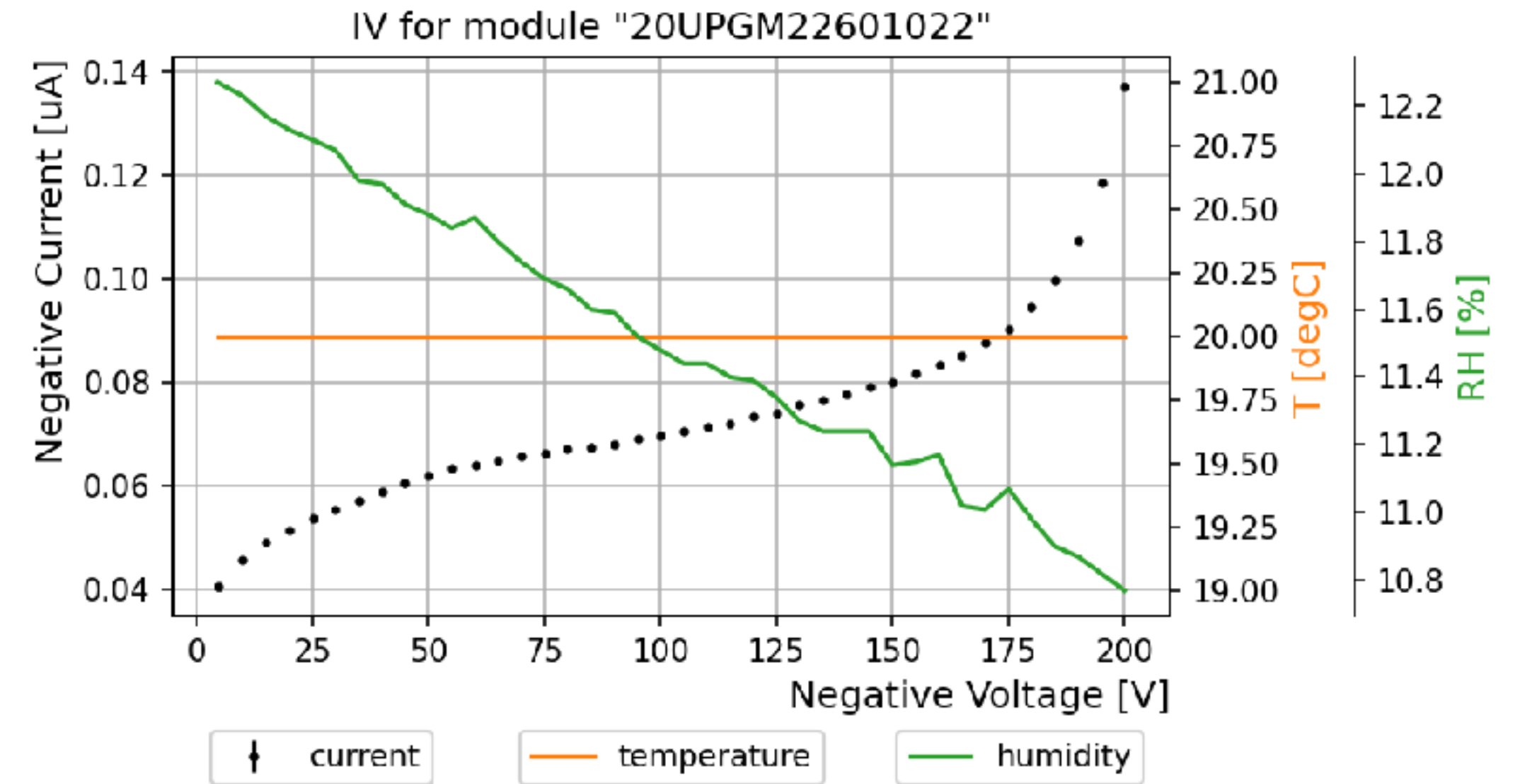
キャリアに入ったmodule



cooling box

IV test

- moduleのsensor IVを測定
- Baremodule IVと同様5V step 0~200V
- moduleのマルチプレクサから測定



localDBから閲覧できるplot



Simple scan

測定項目

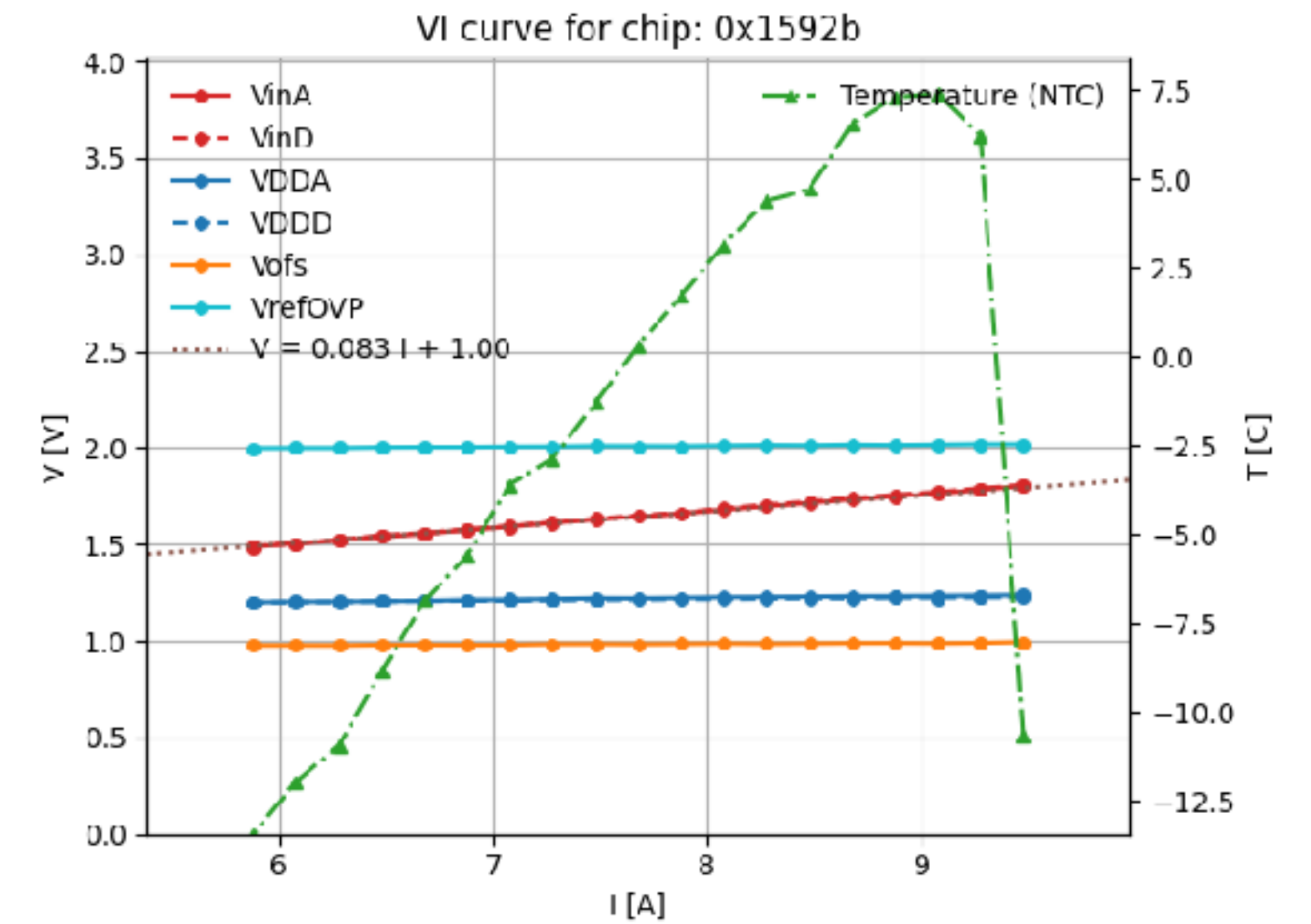
- ADC calibration
- Analog readback
- SLDO
- VCAL_CALIBRATION
- INJECTION_CAPASITANCE

moduleの電源周りのscanを行っている

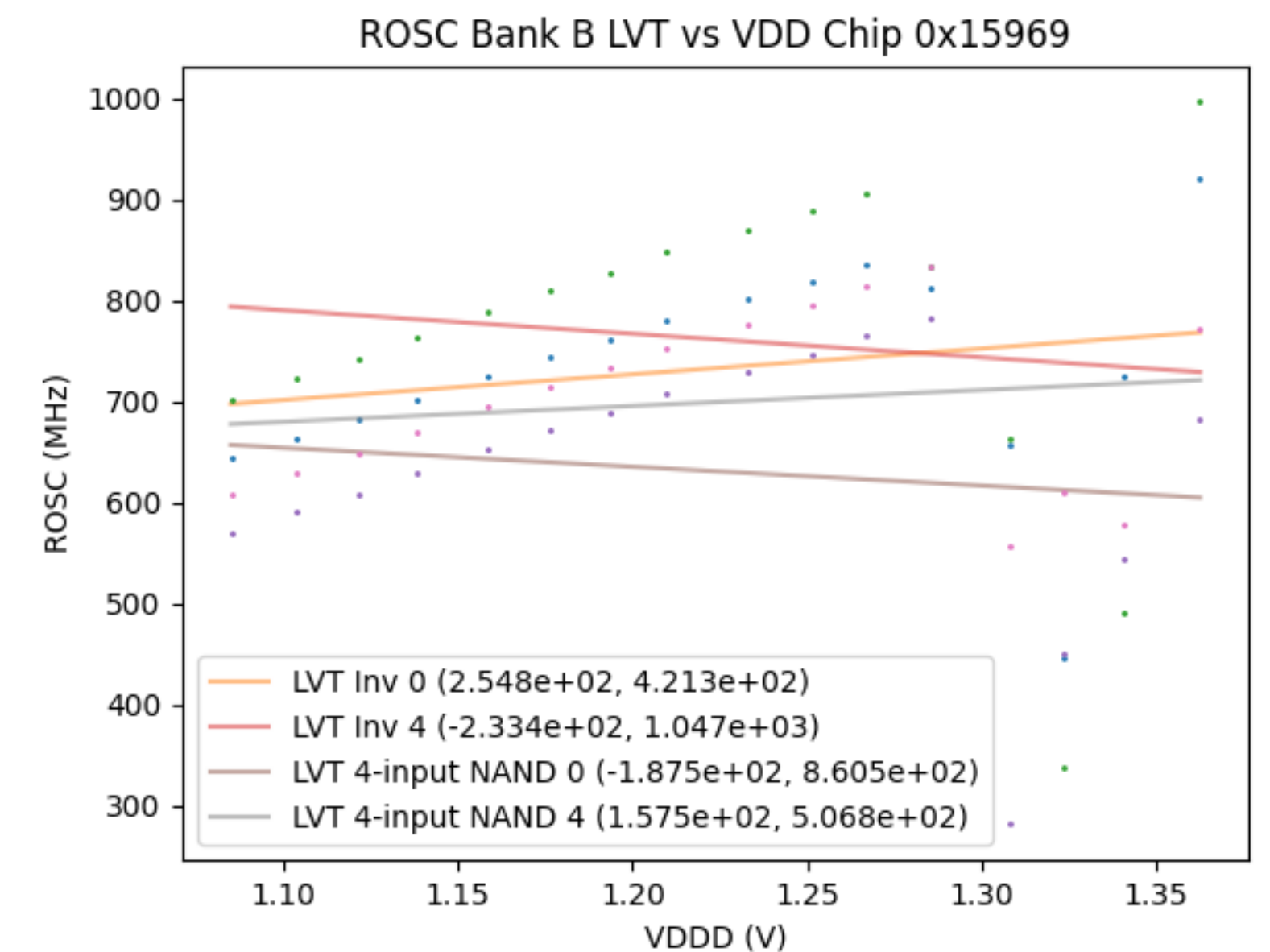
全部のscanにかかる時間:約2時間

Analog readback scanはよくscanが失敗する

1 chipごとにscanしているのになぜ？



CCを変えた時にかかるVoltageの変化



失敗したscanの例

Minimum Health Test

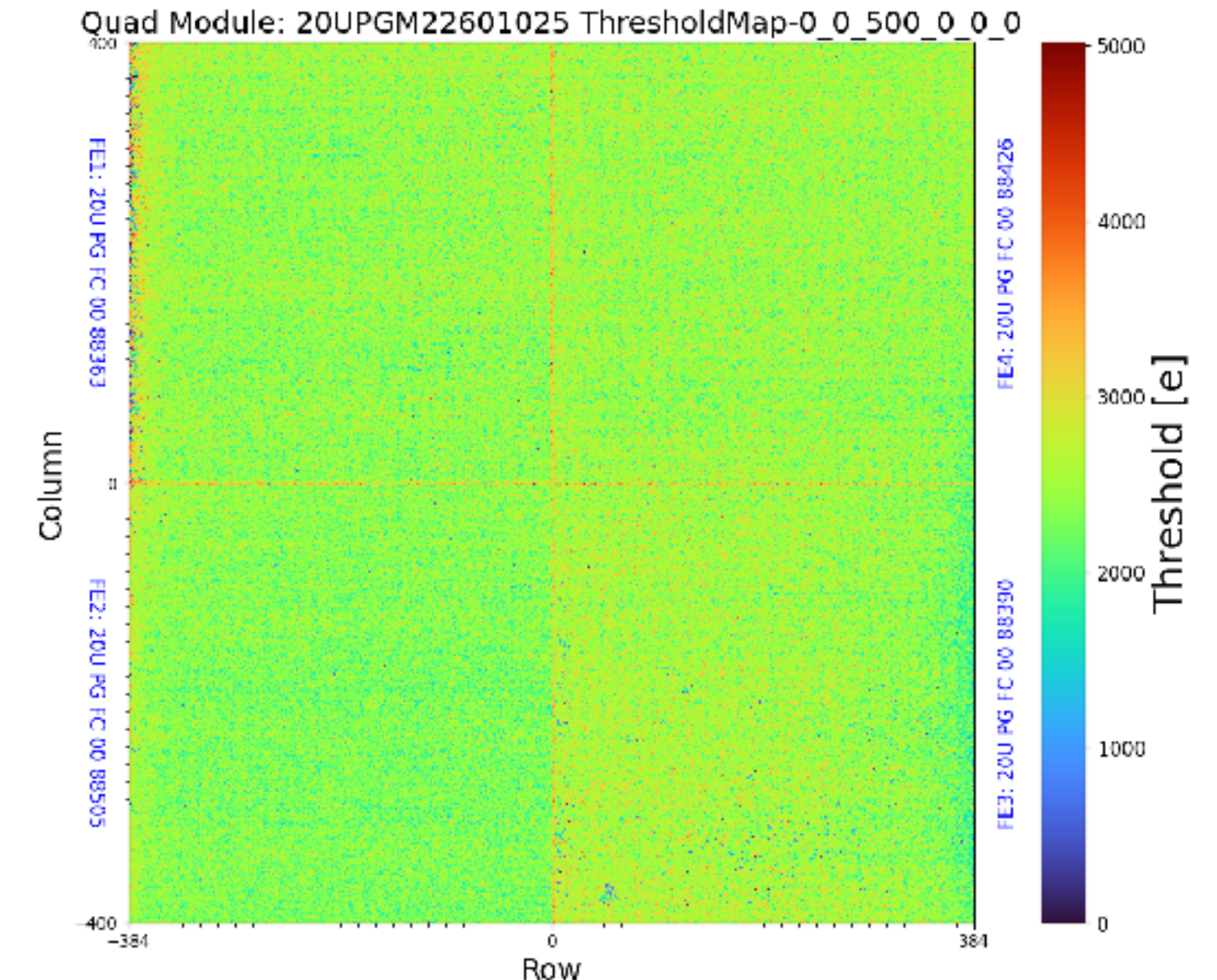
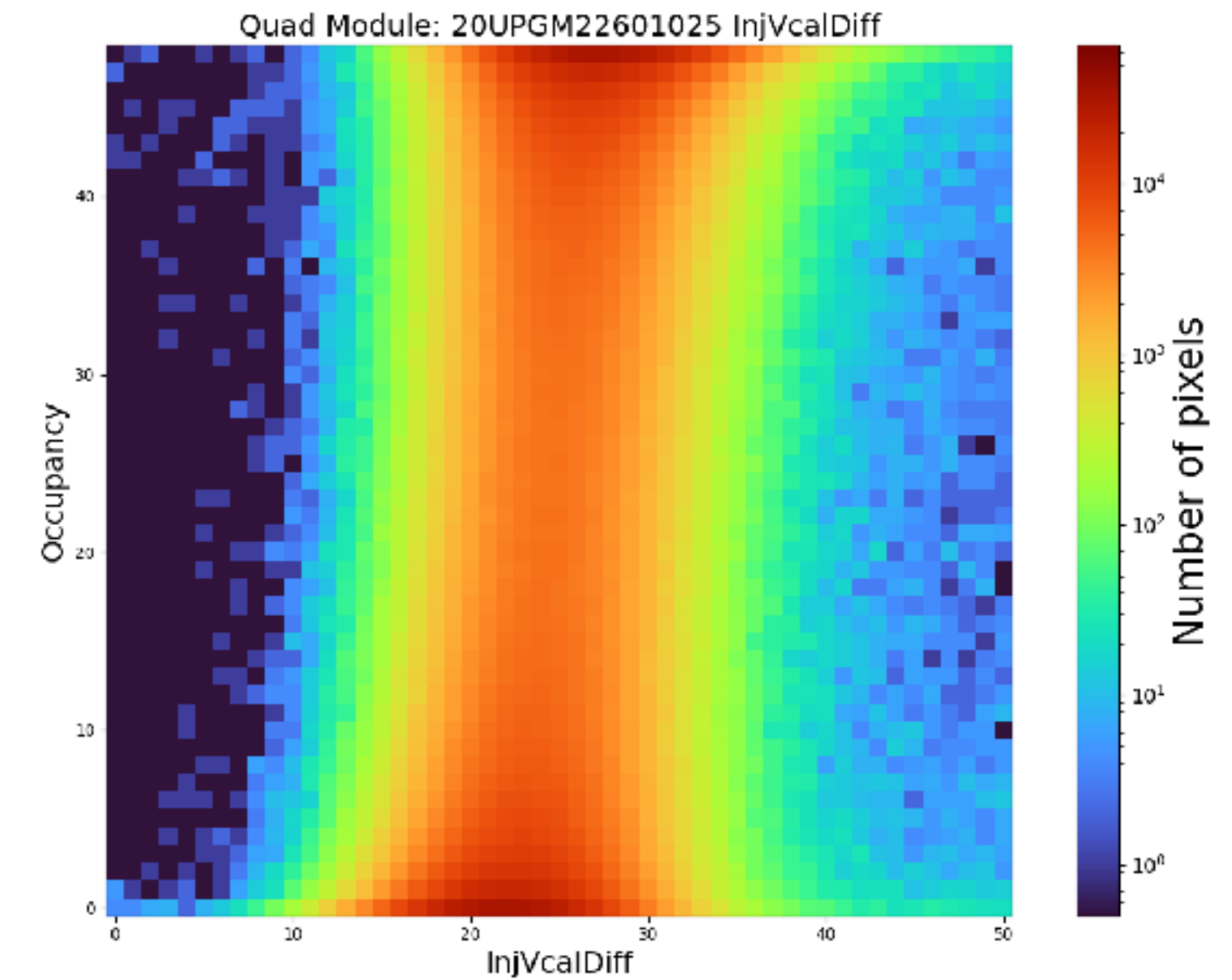
測定項目

- Digital scan
- Analog scan
- Threshold scan
- Tot scan

requirement: failing pixel <0.1%(digital&analog)
pixel応答数 injection ± 2
failing s-curve fit < 1%
mean noise < 300e が1%未満

tune前のmoduleのreadout
scanが正常にできるかどうかを調べる

ここで正常にreadoutできない場合
cooling box占有できる状態であれば
解消に向けて対処する



tune前のthreshold scan結果

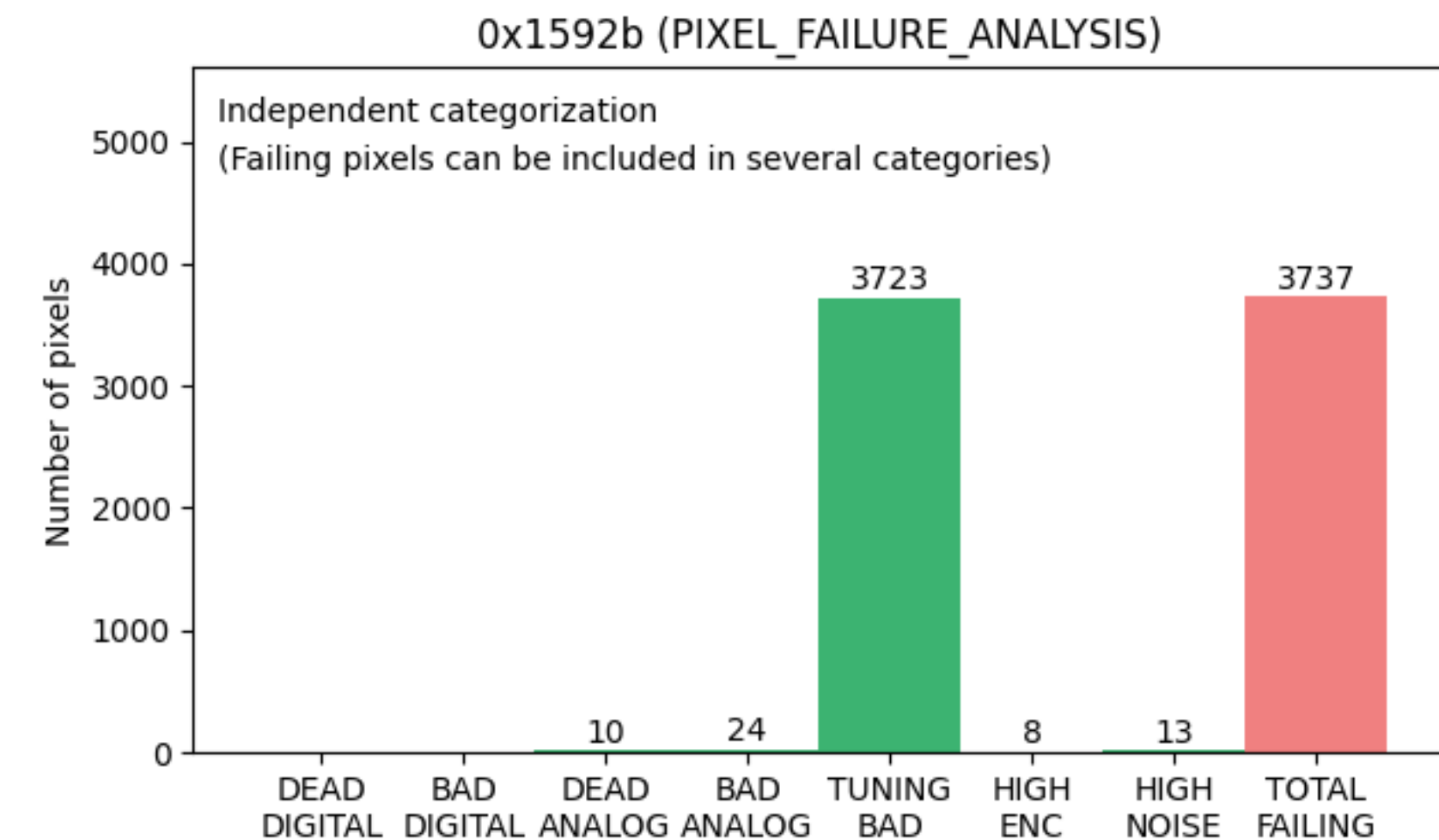
Tuning, Pixel Failure Analysis

- Tuning
測定項目
 - std_tune_globalthreshold.json -t 2000
 - std_thresholdscan_hr
 - std_totscan
 - std_tune_globalthreshold.json -t 2500
 - std_tune_pixelthreshold.json -t 2000
 - std_retune_globalthreshold.json -t 1500
 - std_retune_pixelthreshold.json -t 1500
 - std_thresholdscan_hd.json
- Pixel Failure Analysis(PFA)
 - Digital Scan with clear mask
 - Analog Scan
 - Threshold Scan (high res, low range)
 - Noise Scan (10M trigger)
 - ToT Scan

PFAはdigital,analogでのbad pixel tune failure pixelを数え上げ, requirementを満たしているかcheck

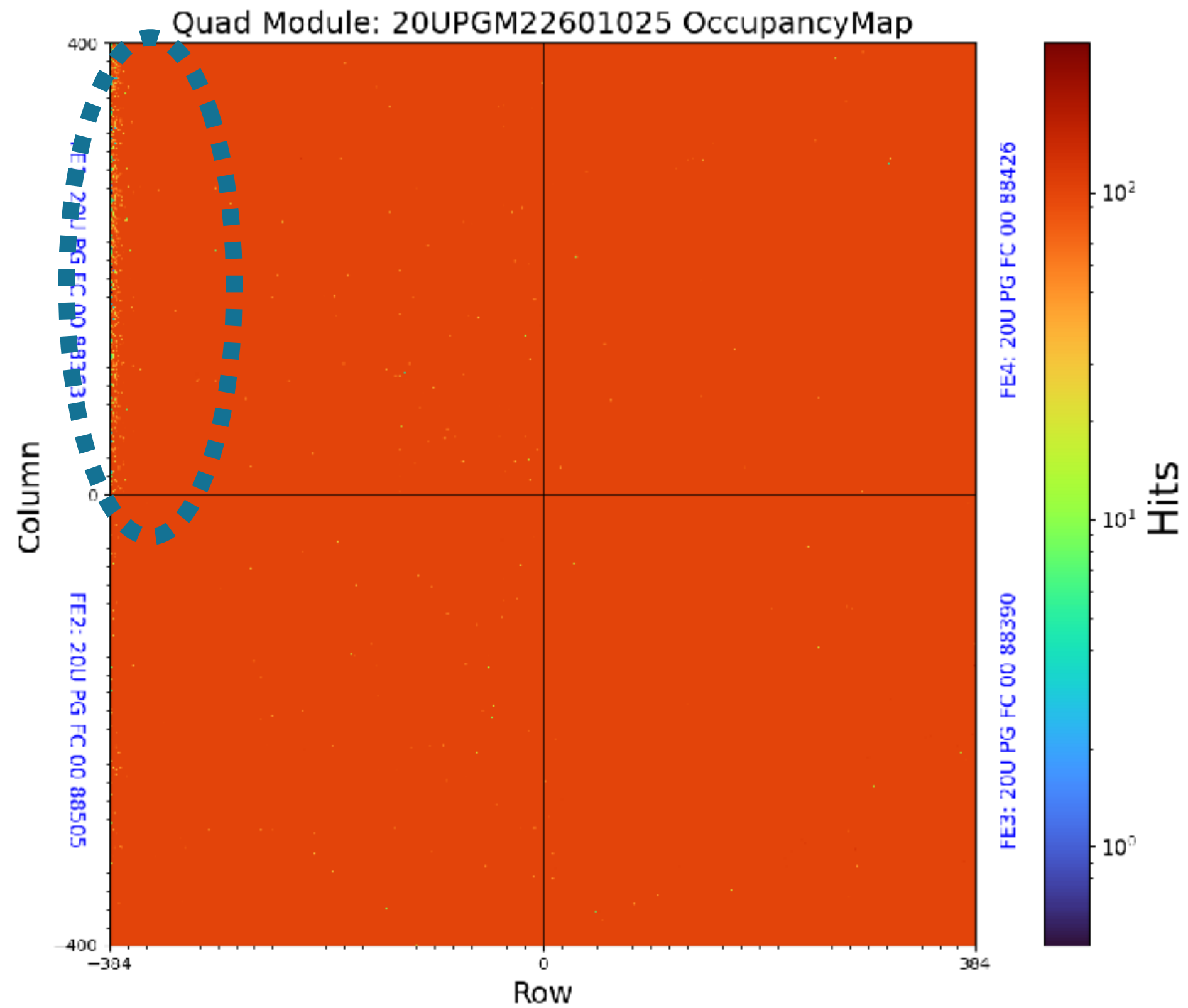
PIXEL_FAILURE_ANALYSIS for 0x1592b

Parameter	Analysis result	QC criteria	Pass
ELECTRICALLY_FAILED	3737	[0, 153.6]	False

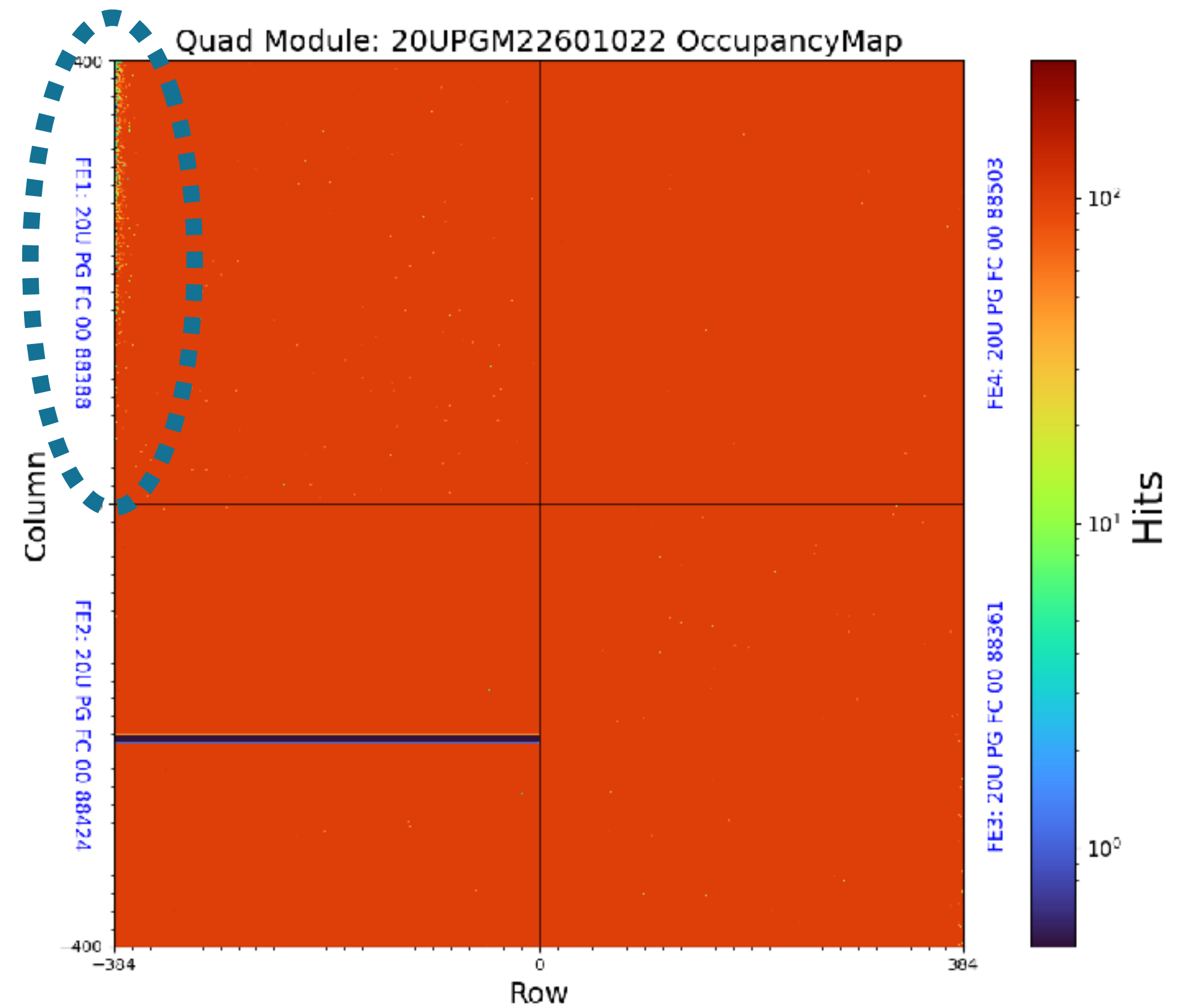


Disconnected bump scan

- bump剥がれの有無を調べる
- 複数のmoduleでchip1の端に剥がれ?のようなものが見つかる



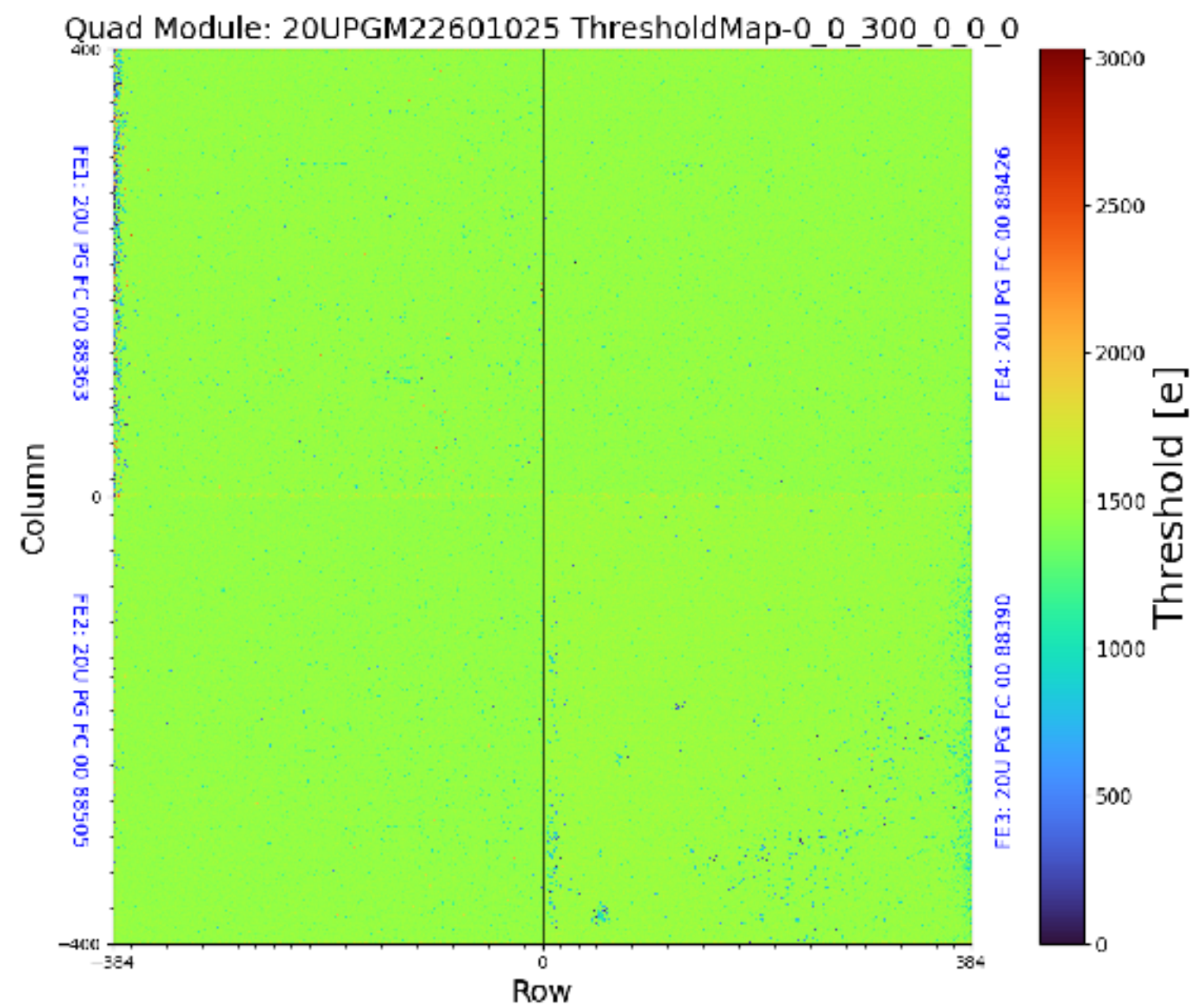
20UPGM22601025



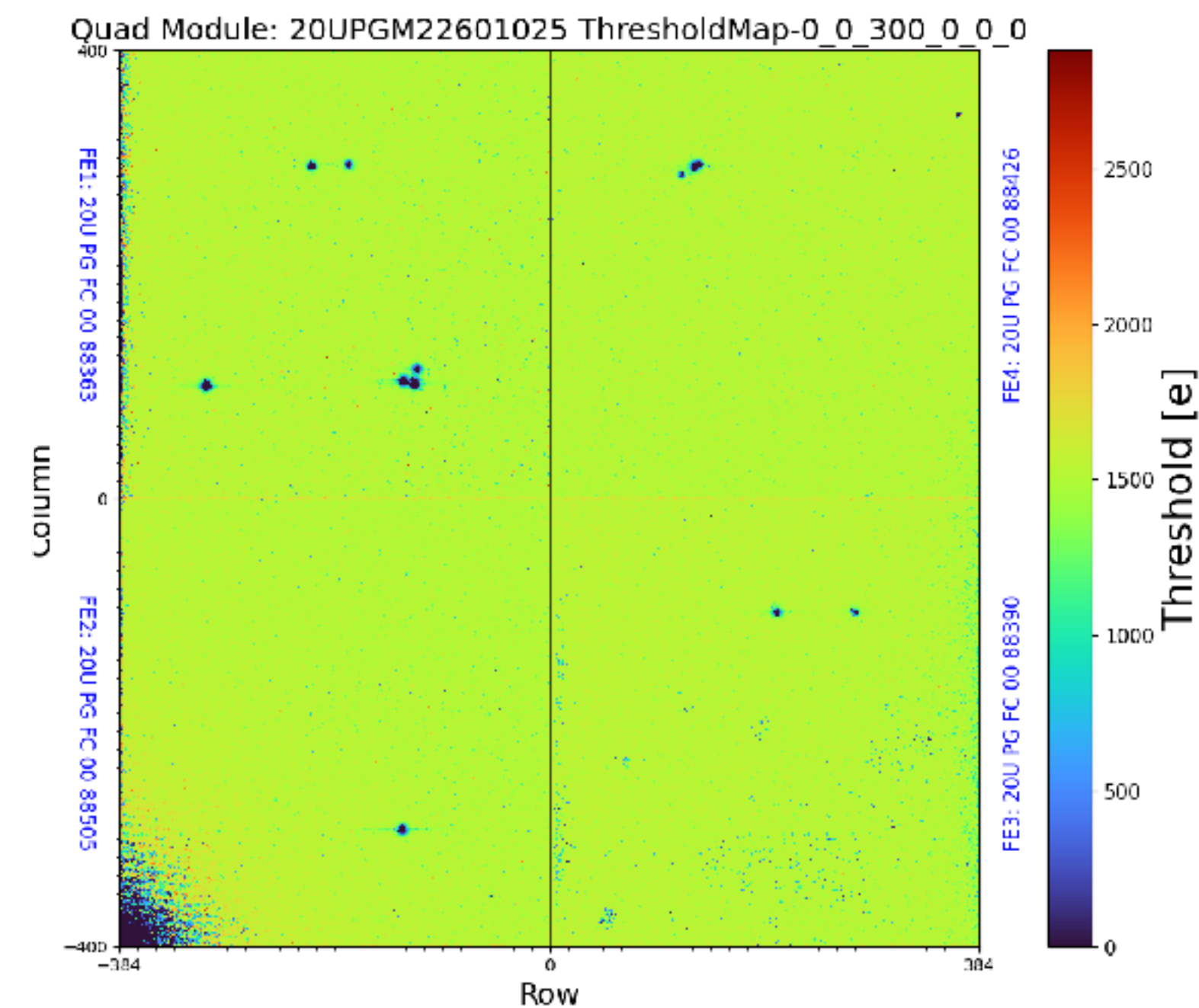
20UPGM22601022

Threshold scan w/o bias

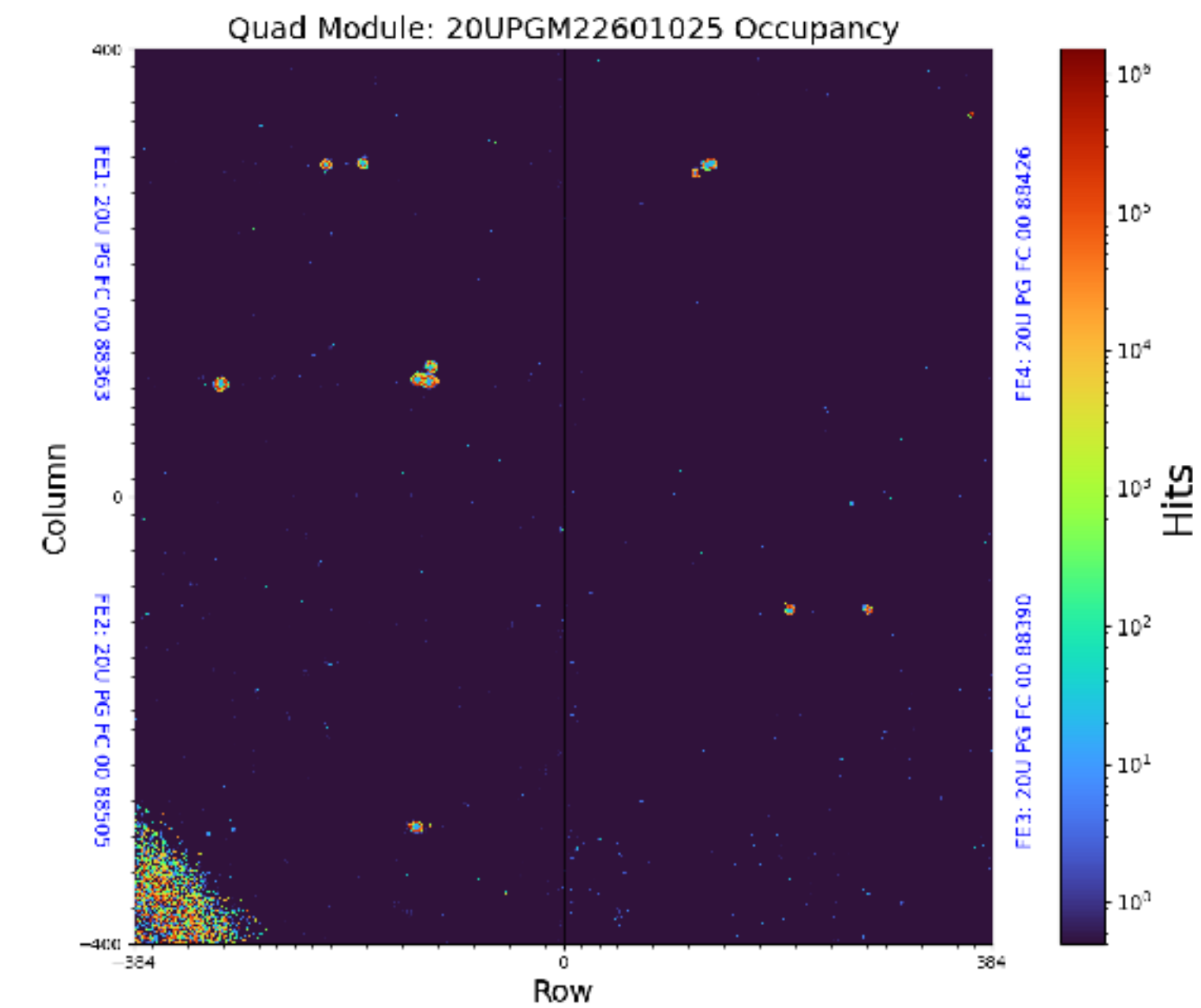
- bias voltage(HV)をかけずに同じconfigでthreshold scan
- HVonだとみられないspotが存在
noise scanで調べたところHVをかけない時のみnoisyなpixelが悪さをしている



Threshold scan (HV on)



Threshold scan (HV off)



noise scan (HV off)

xray scan

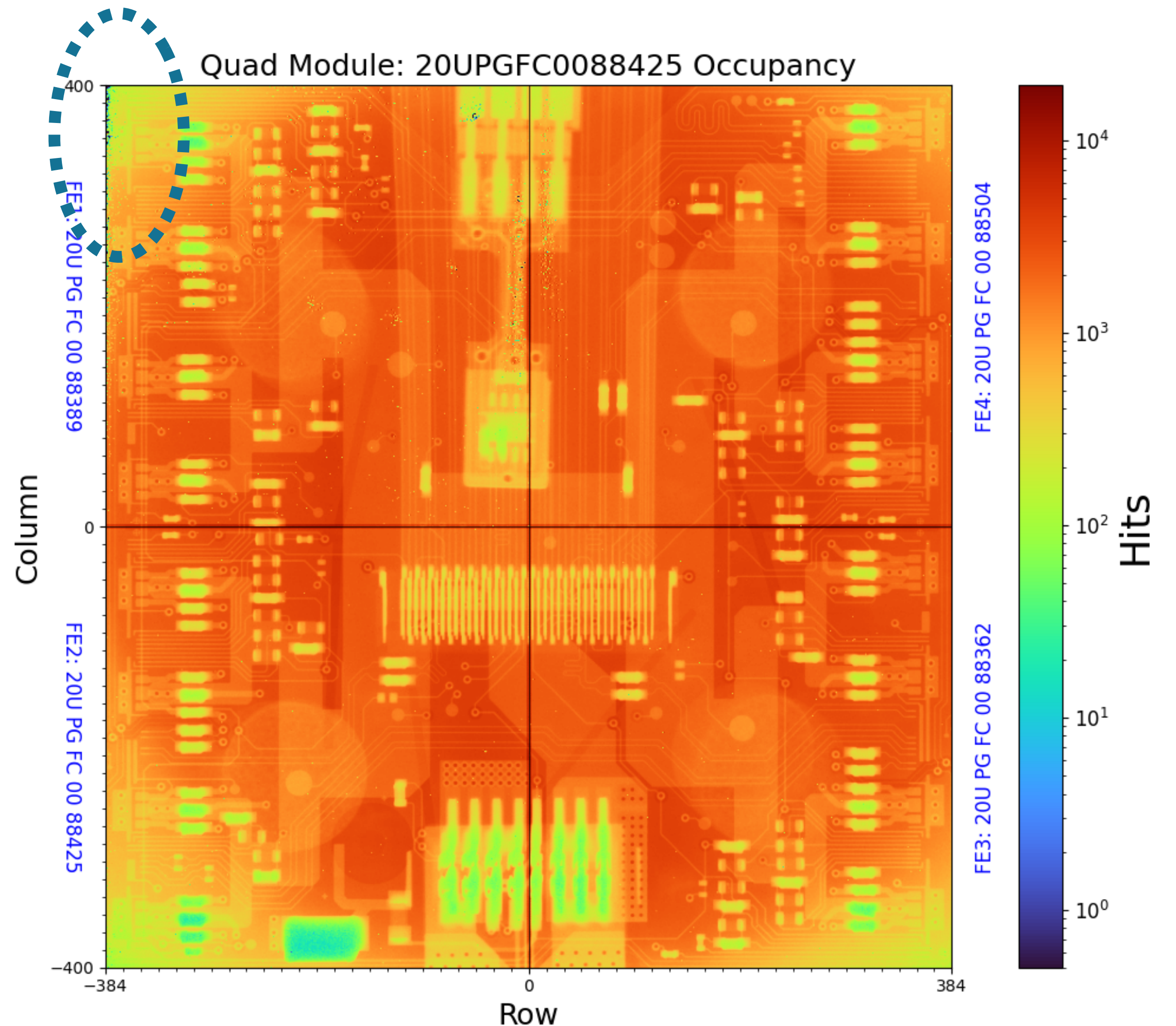
- 写真のようなx線照射装置を用いてscan
- cooling boxに被せる形
- 運搬時は水平に保つ必要があり、2人がかりで行う
- x線装置を扱う際にガラスバッジ等は不要だが装置が動いている間はできるだけ近づかないこと
- scanは2分間
- x線を出さない時は常に鍵をoffにしておくこと



x線照射装置

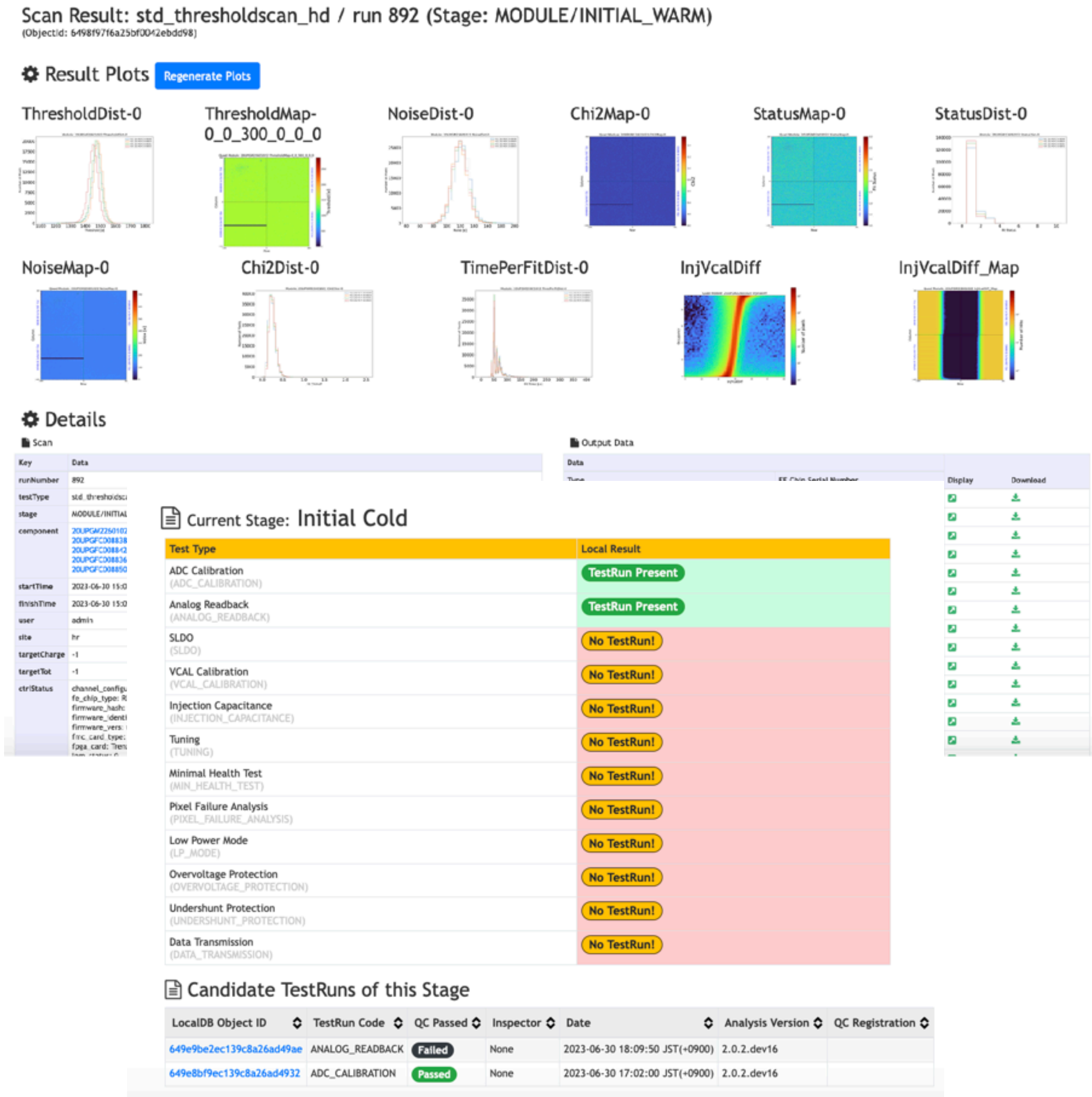
xray scan

- 2分間x線を照射し、sensorからのdataを読み出せるかをtest
- bump剥がれがあるpixelなどは図のようにhitが返ってこない



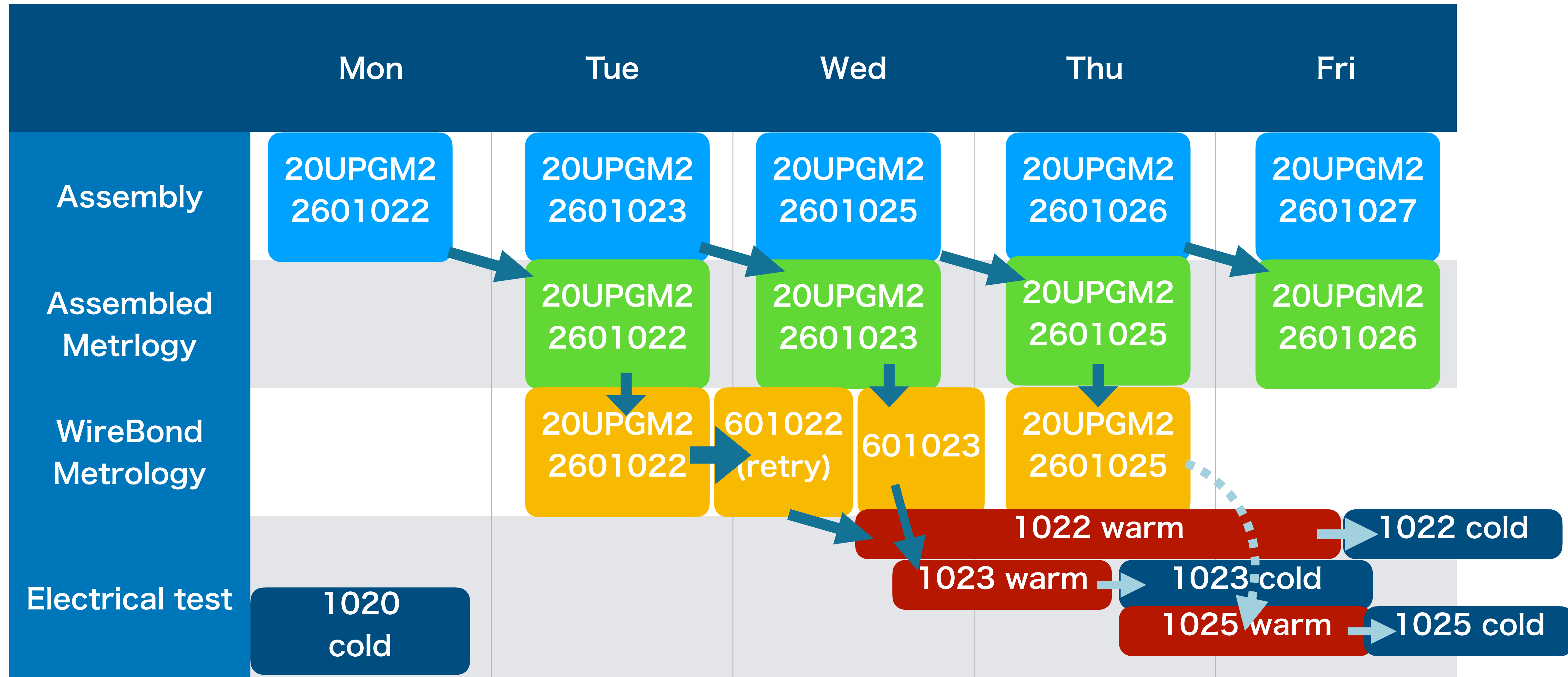
Local DB

- QC testの結果をまとめている。
- dataをuploadするとsite上で結果のplot等を閲覧できる。
- 各QC Testが終わった際にdataをuploadしてsign offする必要がある
- 閲覧にはrepicのlocalDB pcのアカウントが必要 廣瀬さん(阪大)にメールで申請するともらえる
- 詳しい使い方はここ→[\(link\)](#)



各QC testの進捗状況とtestの合否

一週間のschedule



QC passed module

- Assembly
5台done!
20UPGM22601022
chip ID miss(というか伝達miss)
20UPGM22601027
PCB rotate→Wirebondは次週以降
- Metrology
Assembled 4台done!
Wirebonded 3台done!
- Electrical test
 - 20UPGM22601022
Chip2のthreshold scanが回らない→Encorecolでnoisyなpixelの領域をmaskして解決
 - 20UPGM22601023
cold chip2 digital scanでpattarn
cold xray scan pattarn

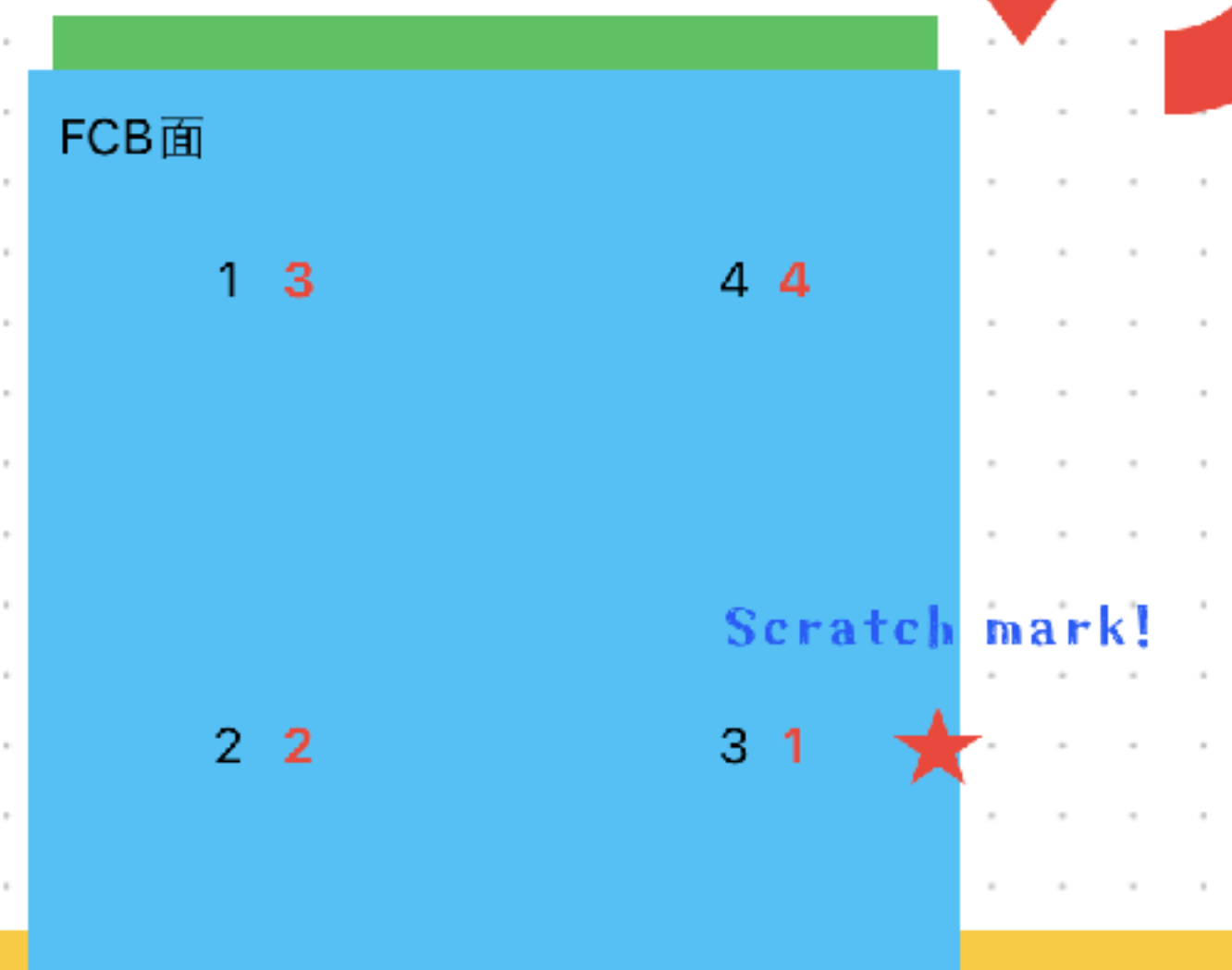
Scratch mark position miss

- 20UPGM22601022 にてe-fuse error
→ITkProductionDataBaseのconfigが間違っている!?
- 以前chip3の位置にあると考えていた scratch markはchip1の場所にあるとして configが定義されていた
- 今後はscratch markがchip1の場所に来るようにAssembly(20UPG2206025以降)



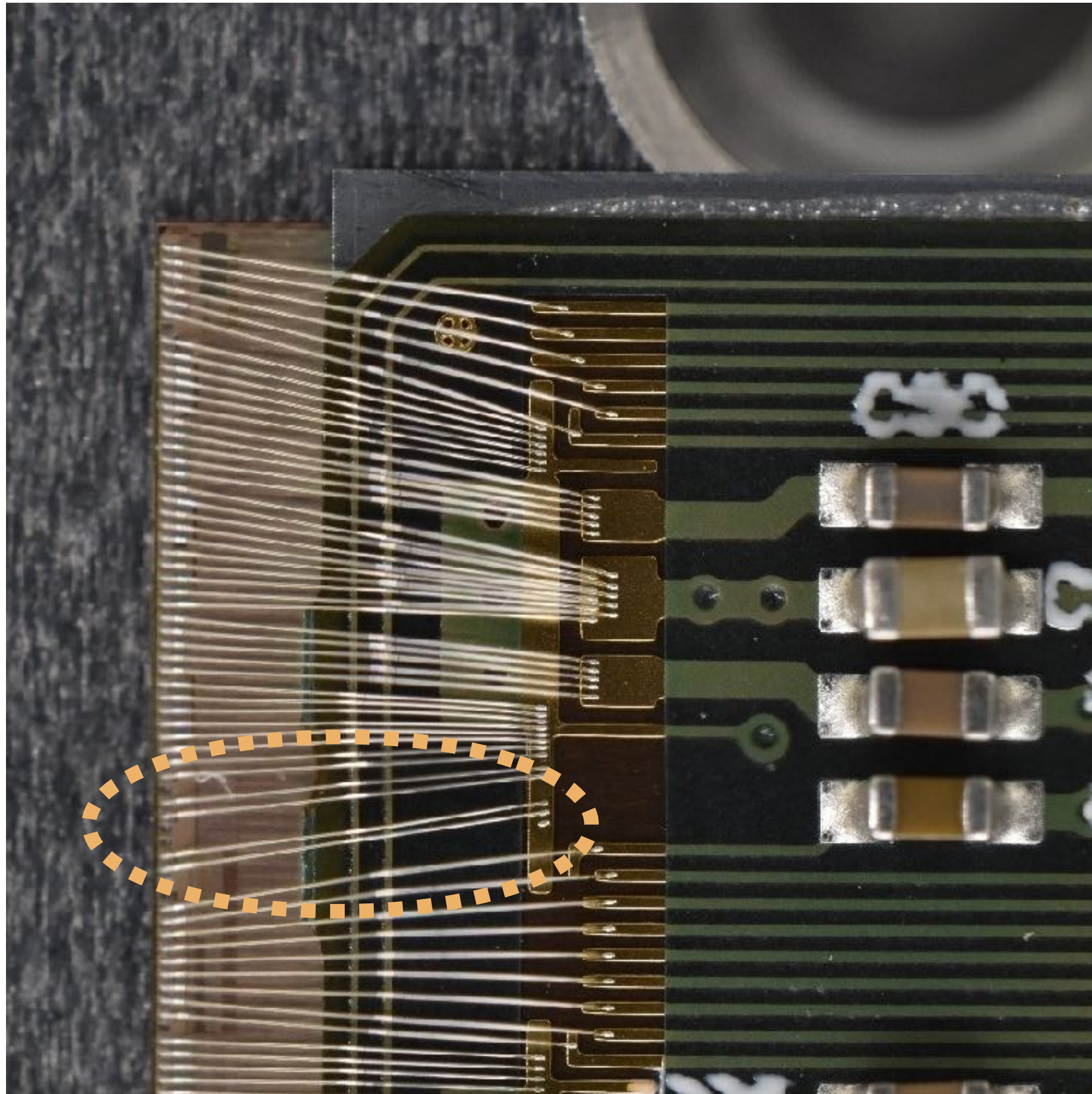
従来の指示

ASICの貼り付け番号指定
が180度回転していた!



Scratch markがchip1のところ
に来るのが正解!

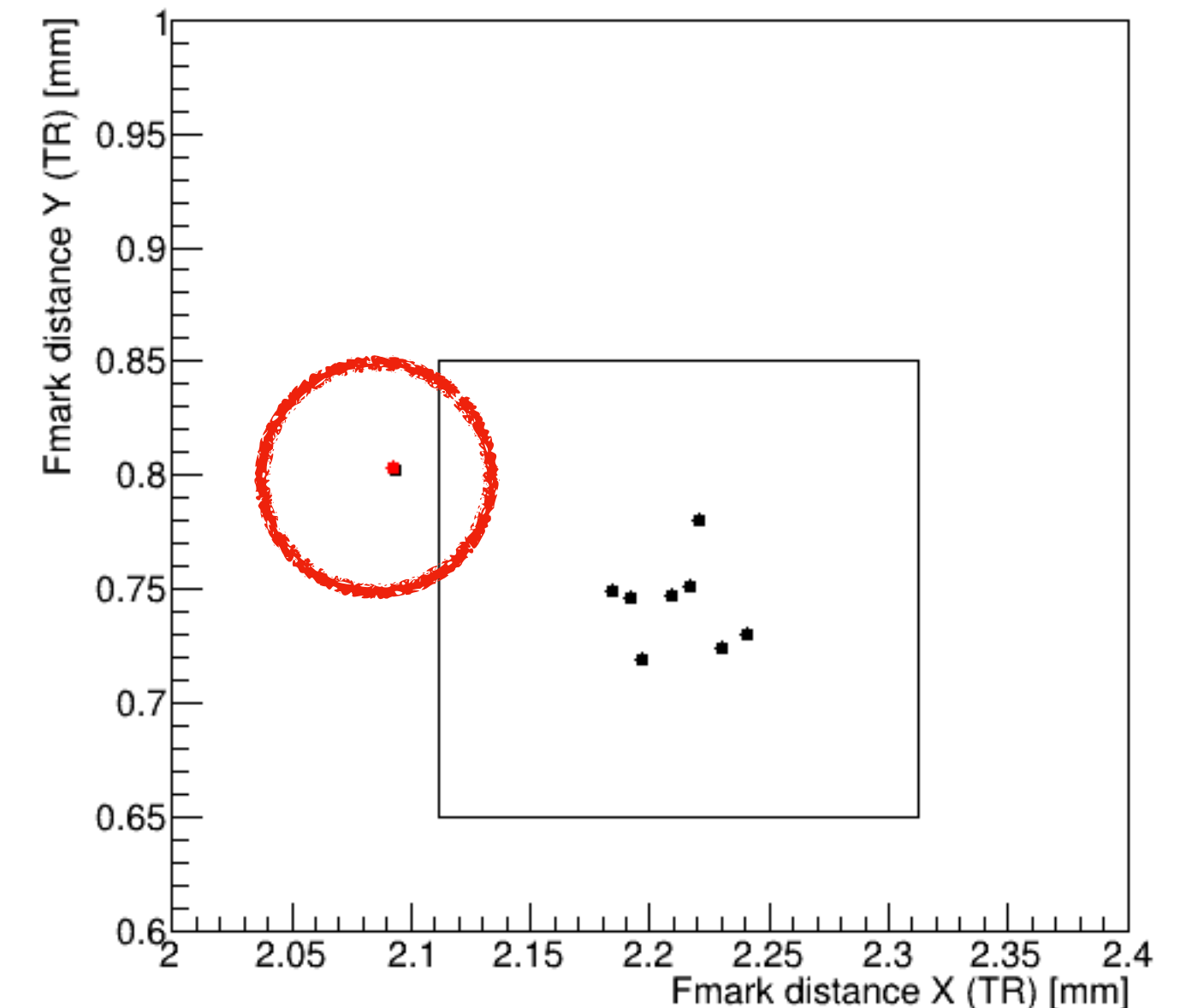
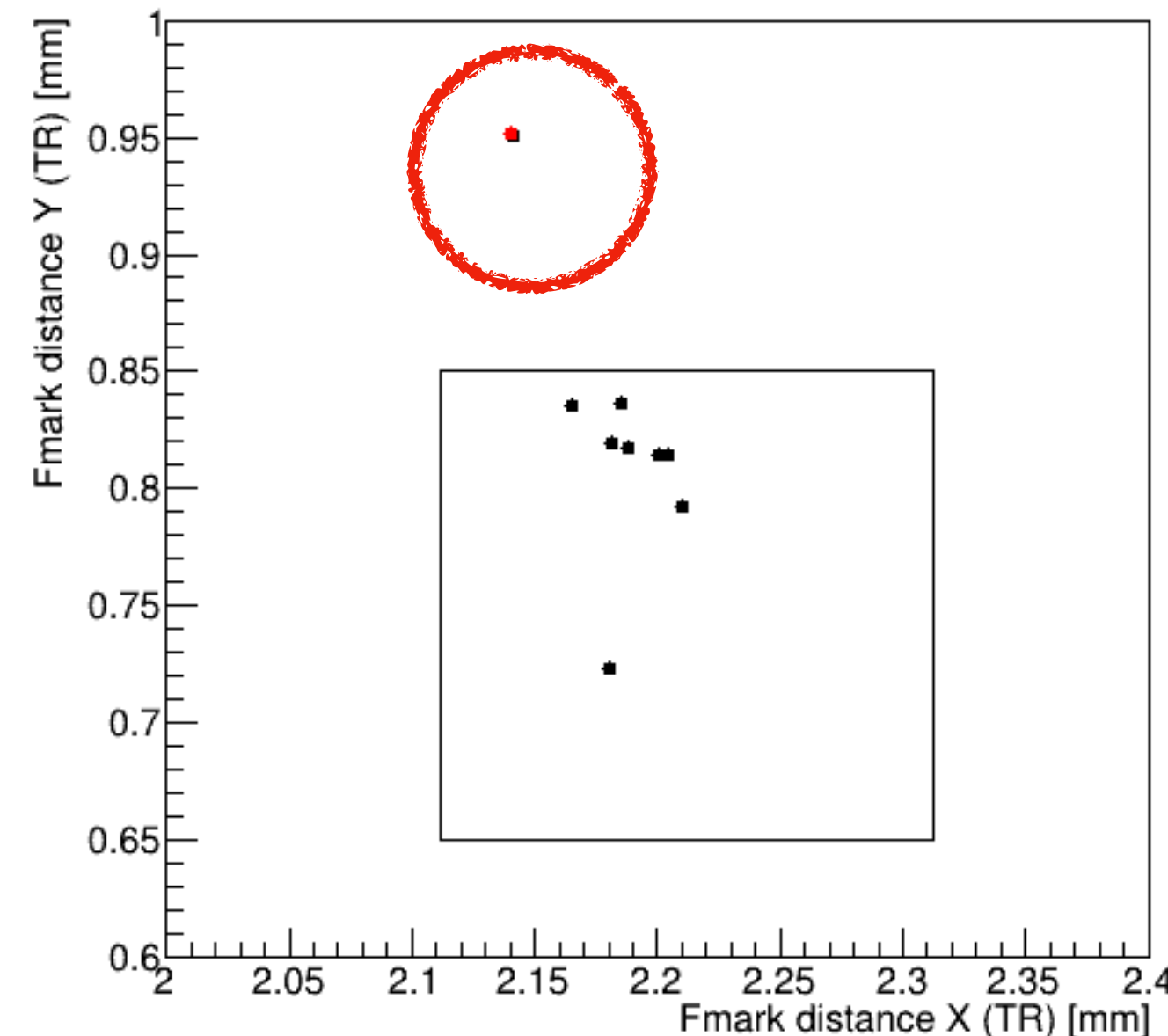
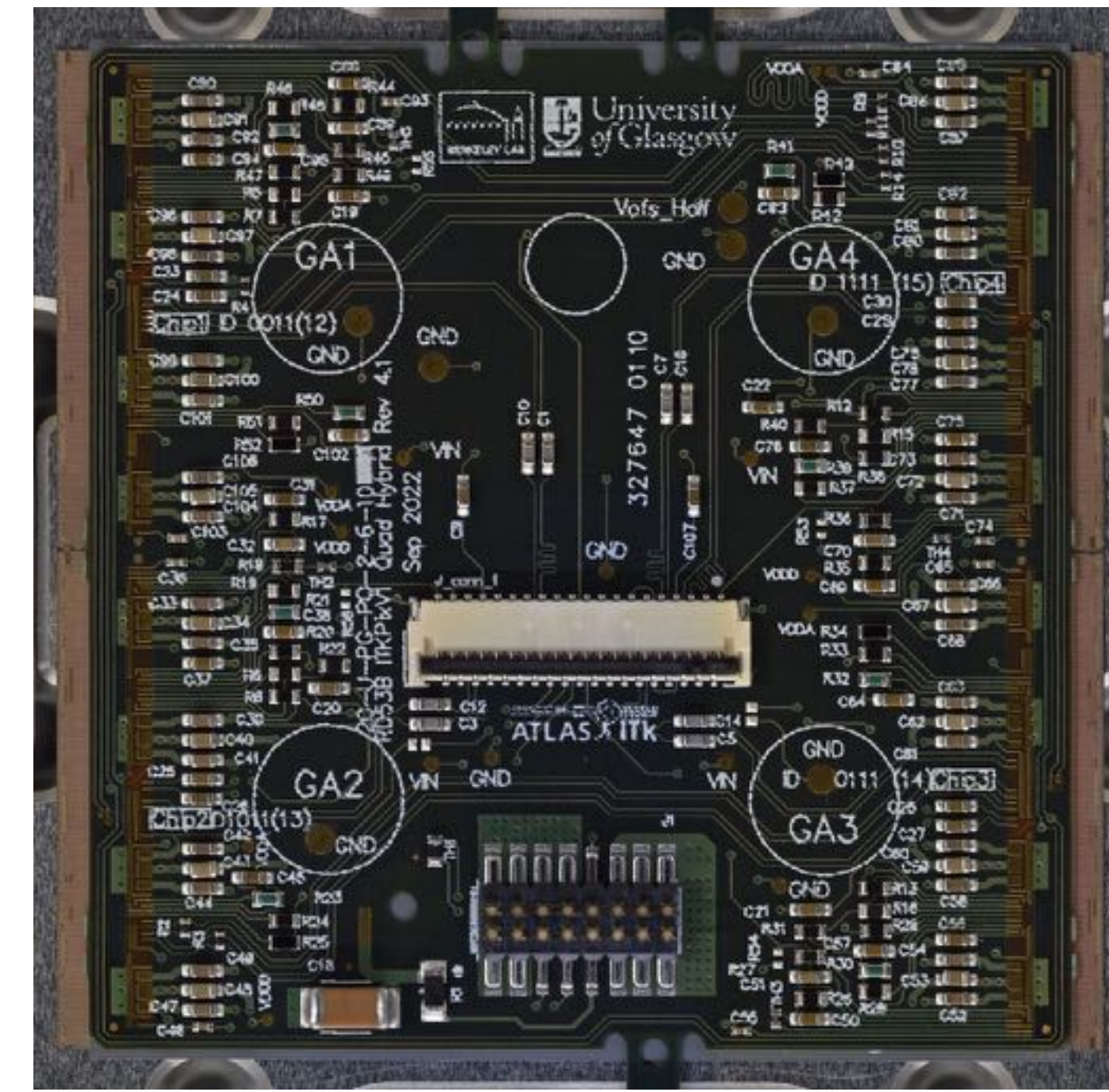
scratch mark miss



- chip IDの修正に伴い、Iref_trimも修正
- 全chipで修正されていることを確認 (Visual Inspection)

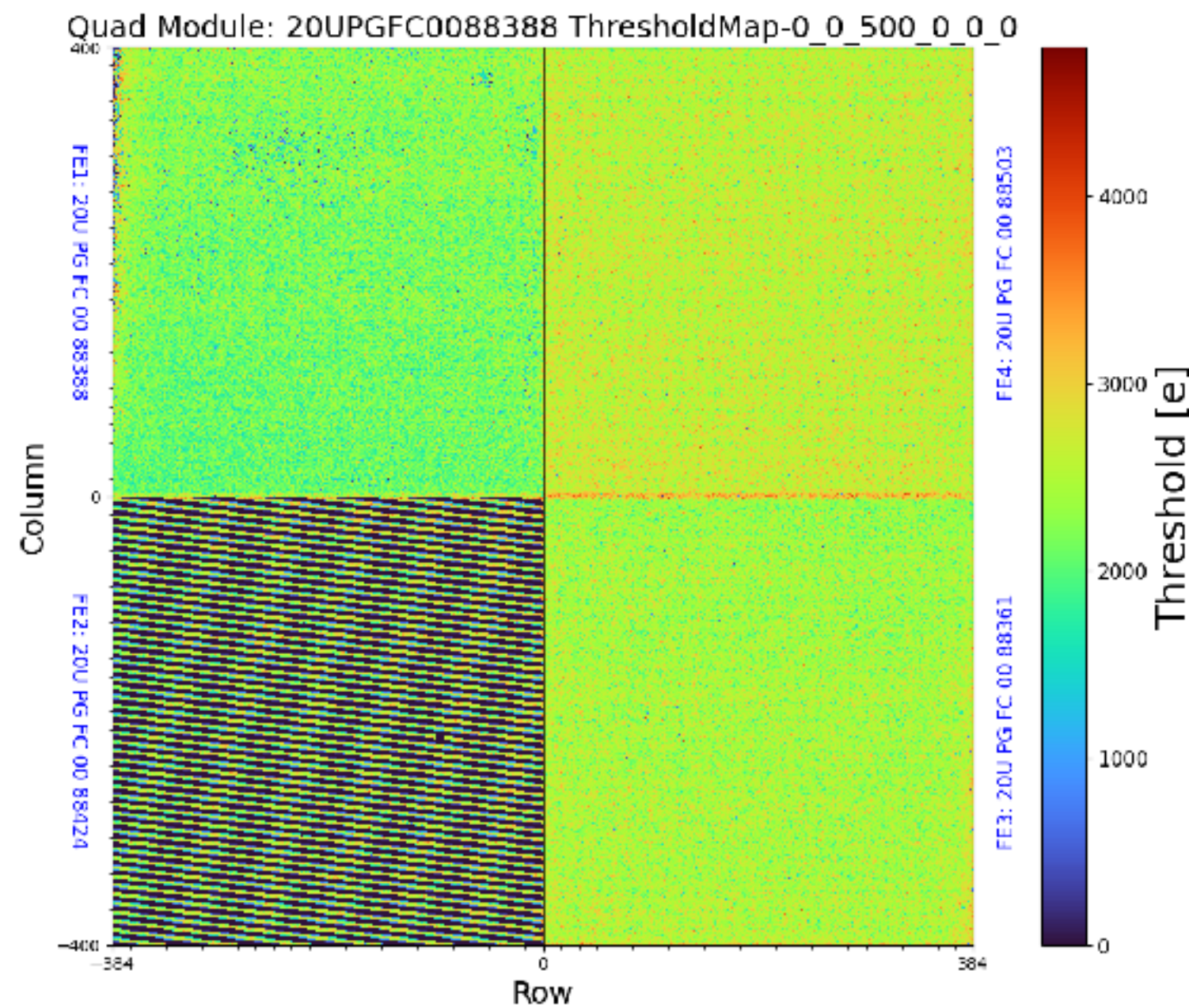
PCB rotation

- 木曜にAssembleした20UPGM22601026のPCBが回転していた!
- アセンブリの際のアライメントのずれによって発生したと考えられる。
- rotateしたmoduleのみ
ASIC,PCB間
Fiducial markの距離が
要求を満たさず
- stitched imageにgridをつけて
簡単にPCBの回転度合いを確かめられる
ようにしたい→To do

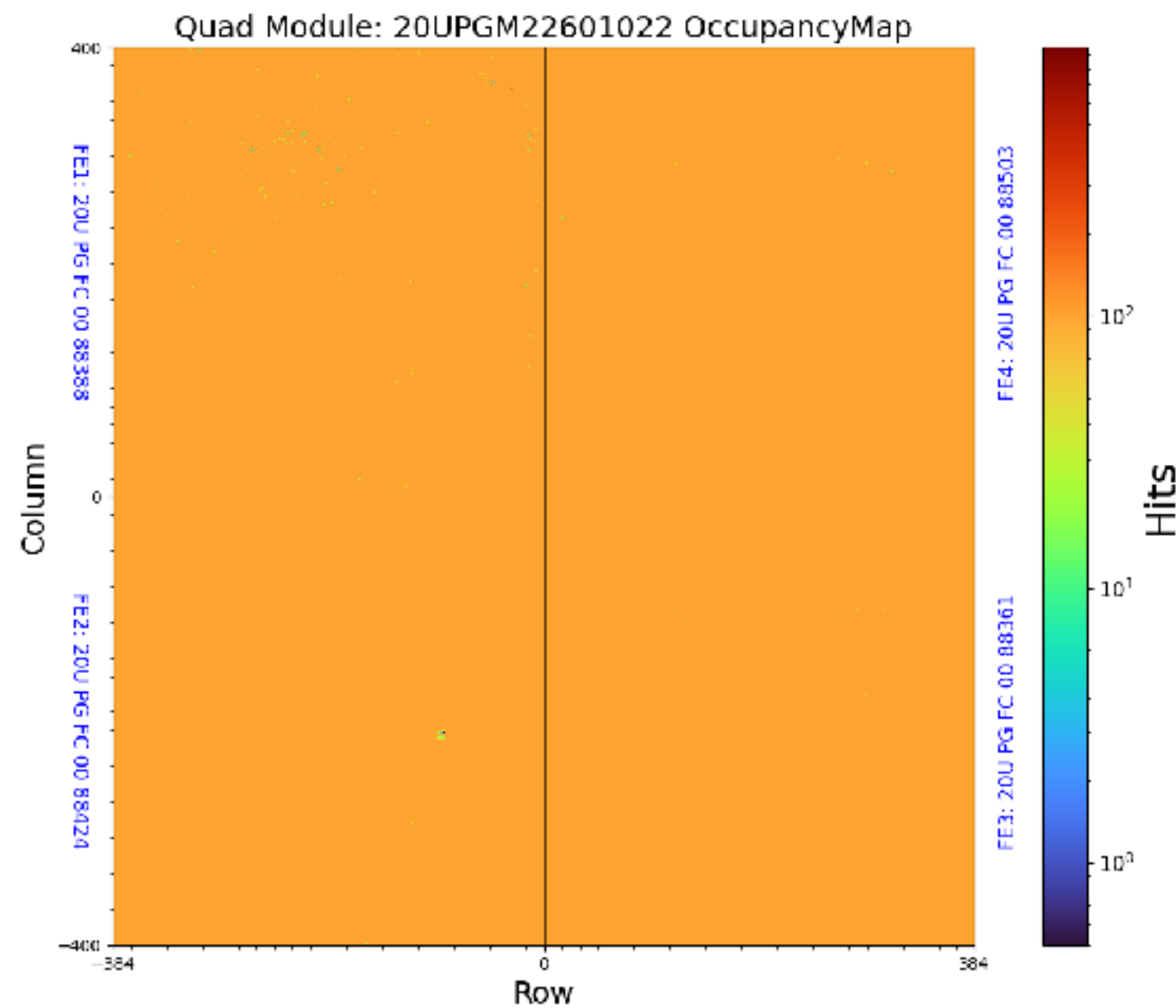


20UPGM2206022 threshold scan

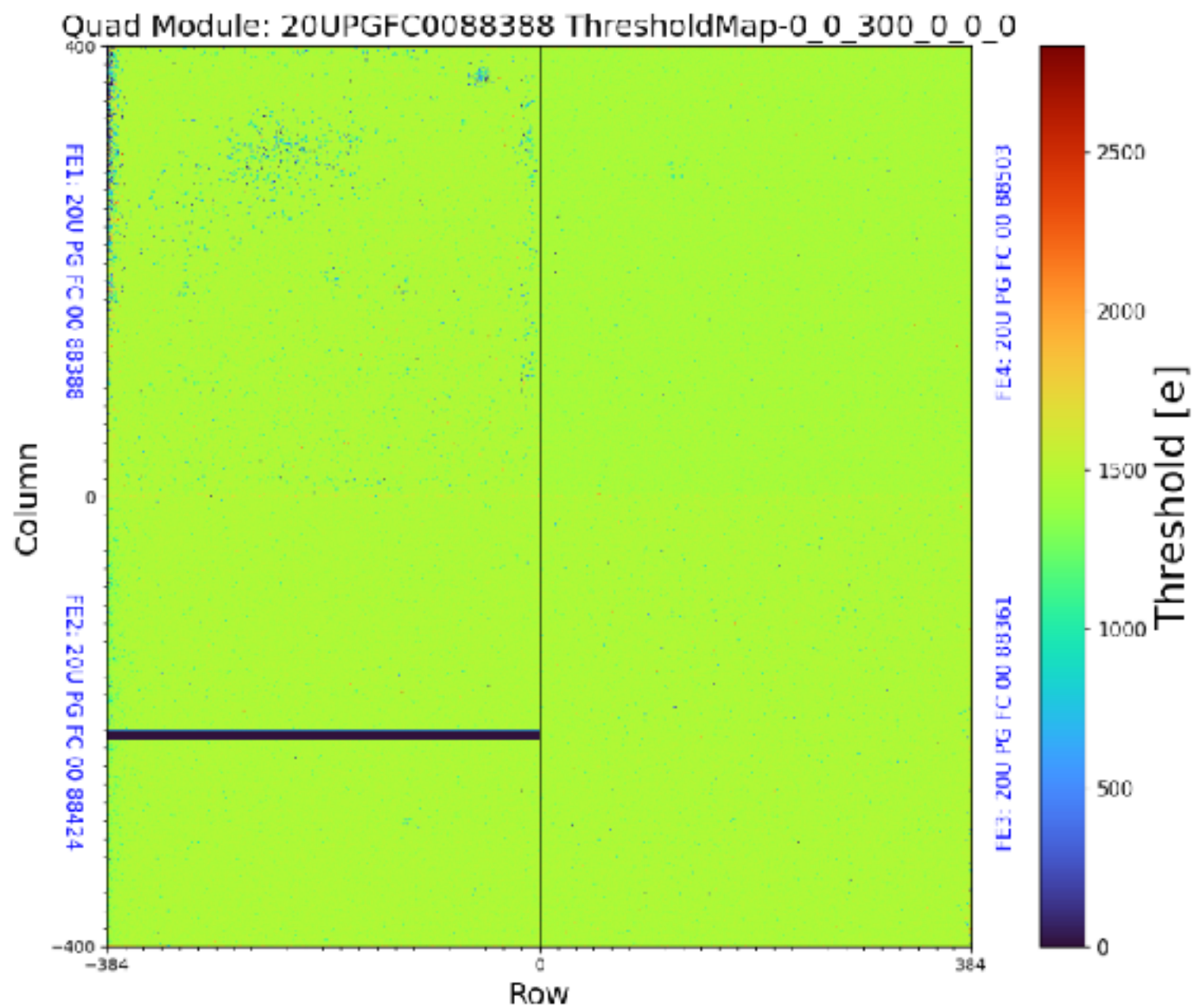
- 20UPGM2206023のchip2のthreshold scanが回らない
- Analog scanで正常にhitを返さないpixelをmask(by EncoreCol)→Threshold scanが回るように!



threshold scan Occupancy map



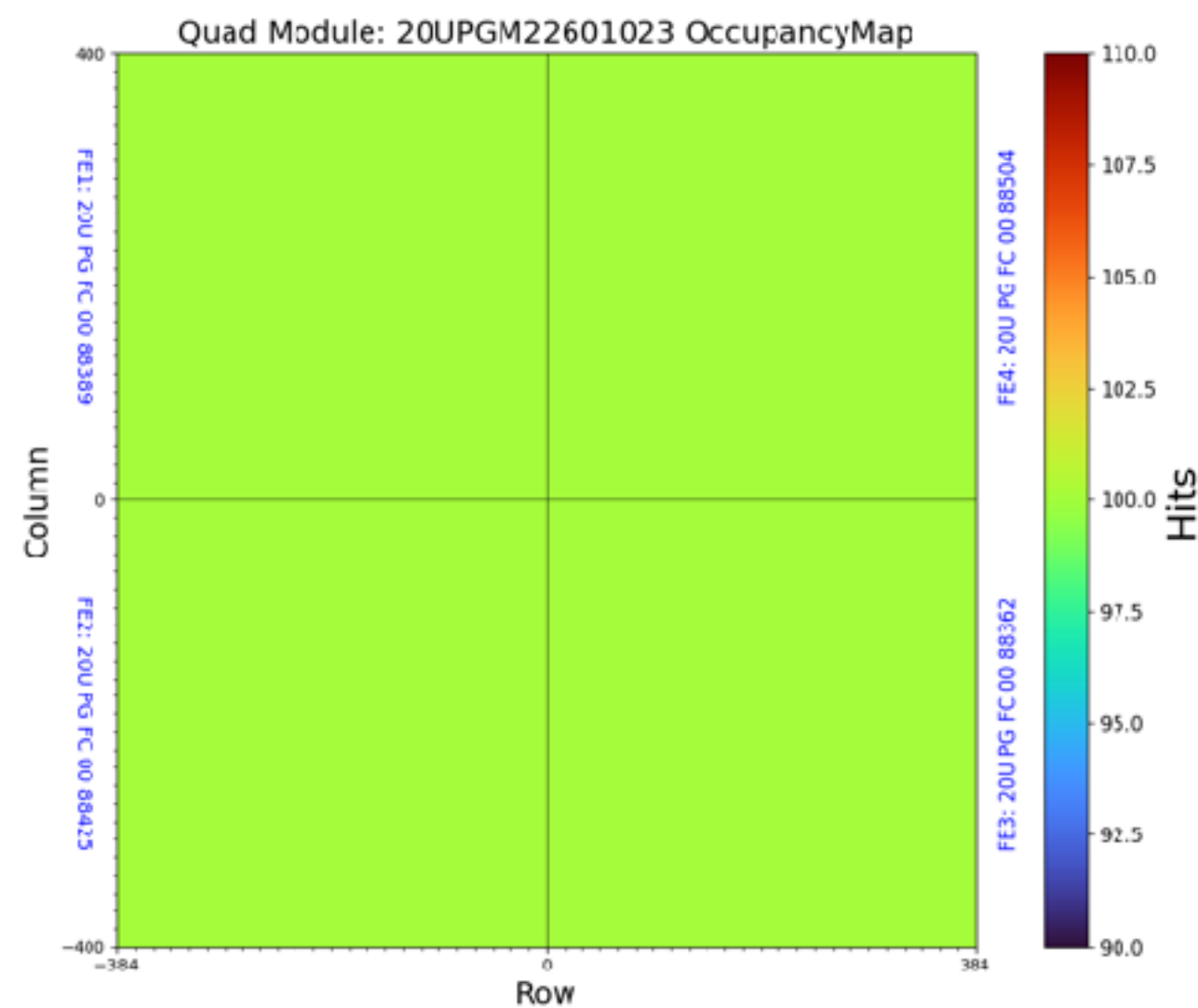
Analog scan Occupancy



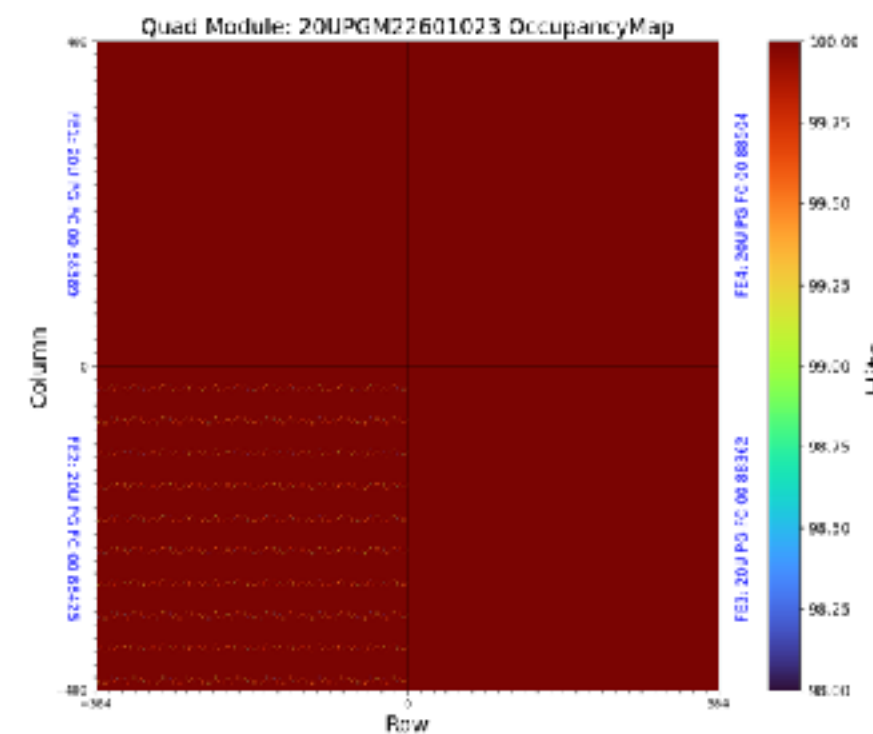
Threshold scan Occupancy EnCoreCol Masked

20UPGM2206023 Digital scan

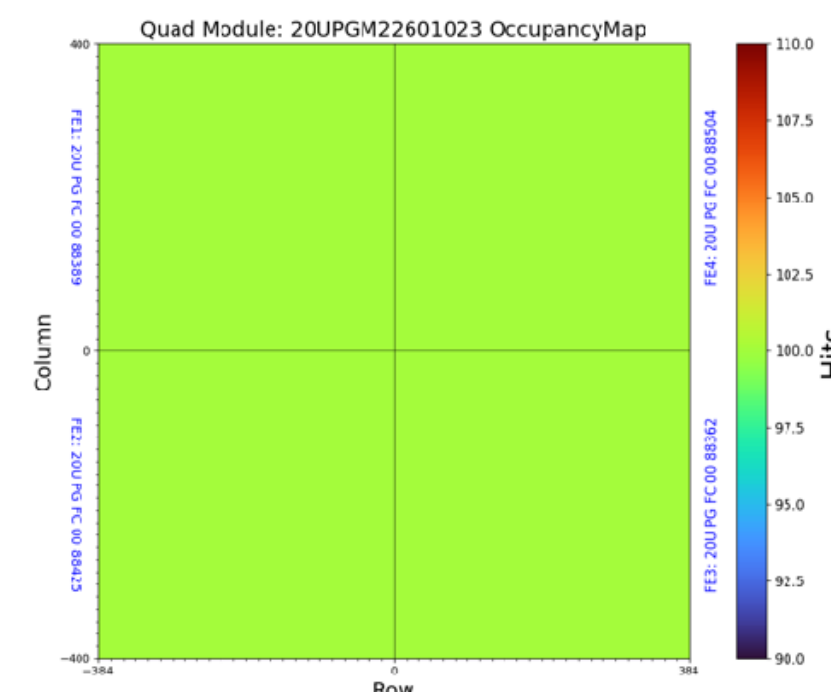
- warm (20°C) で良好なchipがcold(-15°C)でchip2にパターンが見えるようになる
- 0°Cでは2回scanを回すと良好に。再び-15°Cに下げるとパターンが再現
- LVDS signalの強度の問題？
cml biasを変えてみる
- 25のwarm digital scanでも同様のpattern



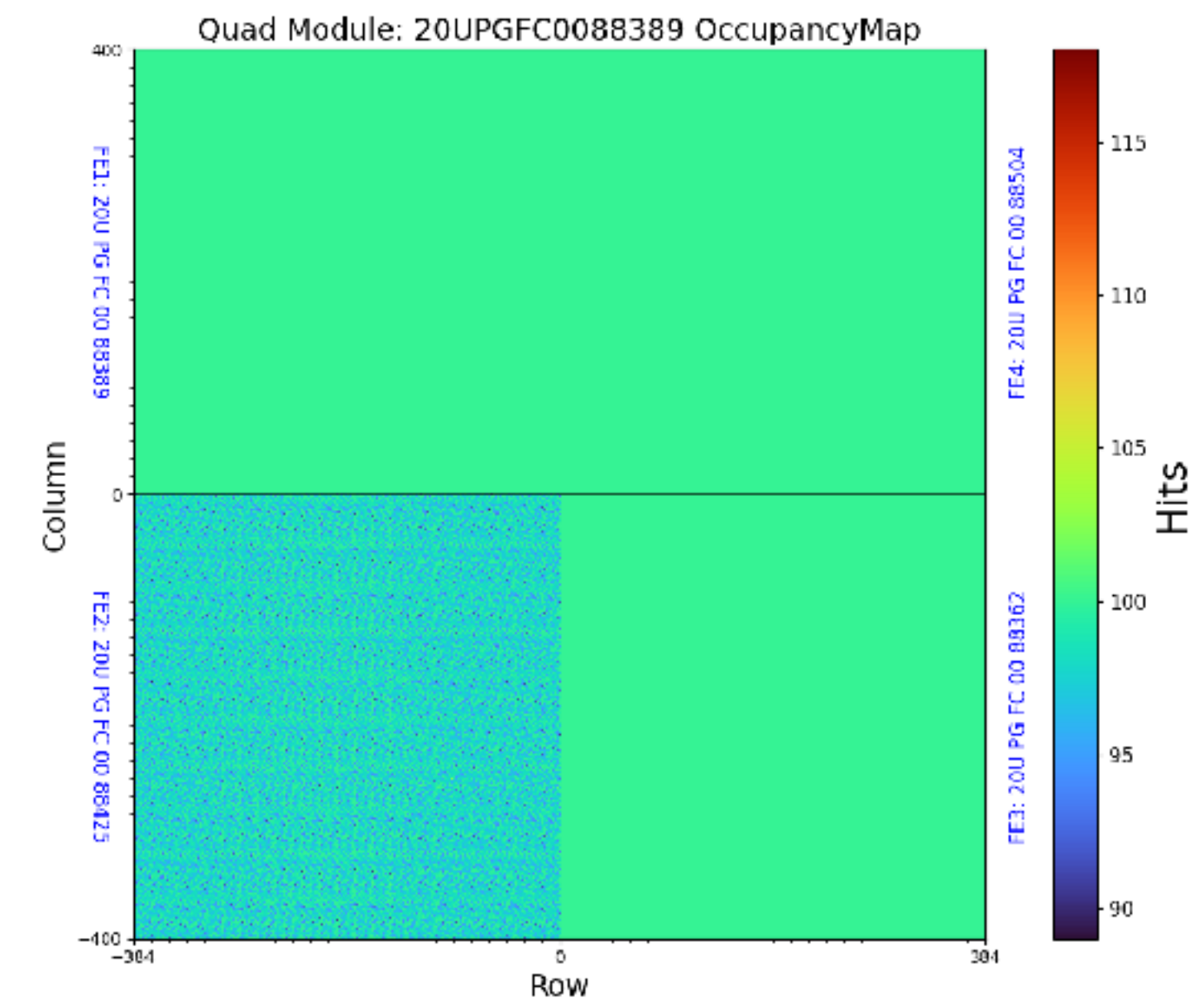
warm 20°C digital scan



0°C first scan



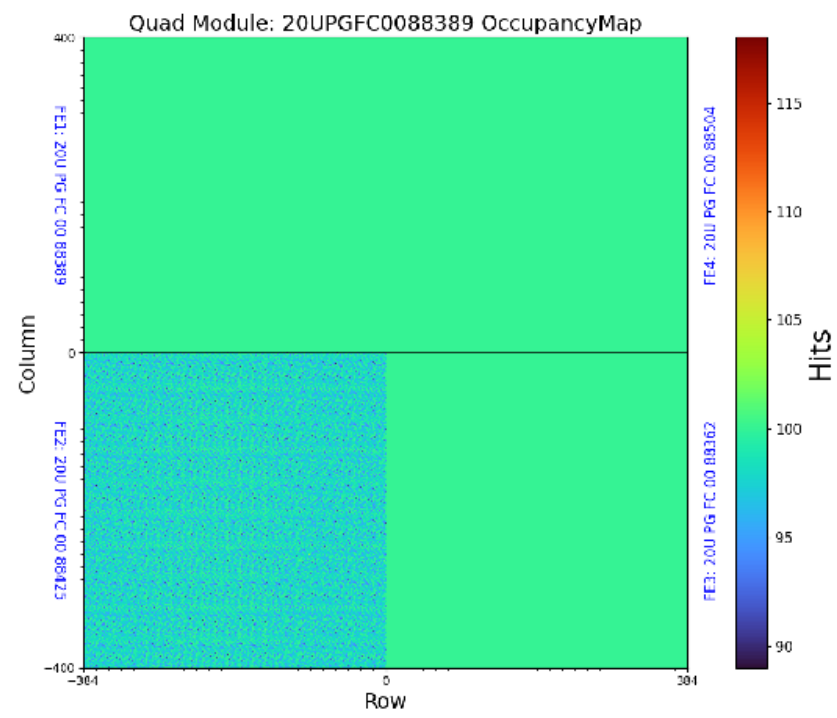
0°C second scan



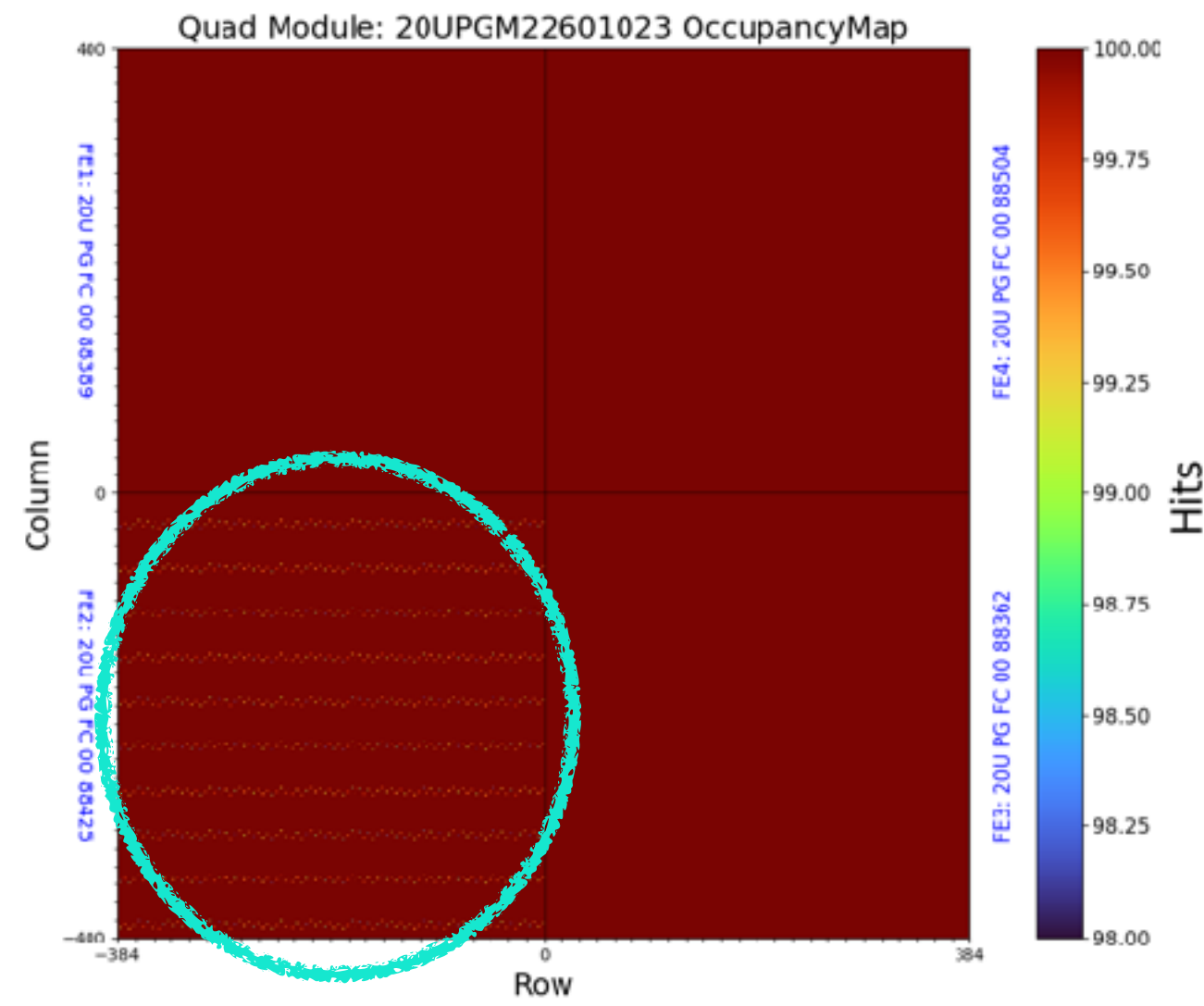
cold(-15°C) digital scan

scan pattern

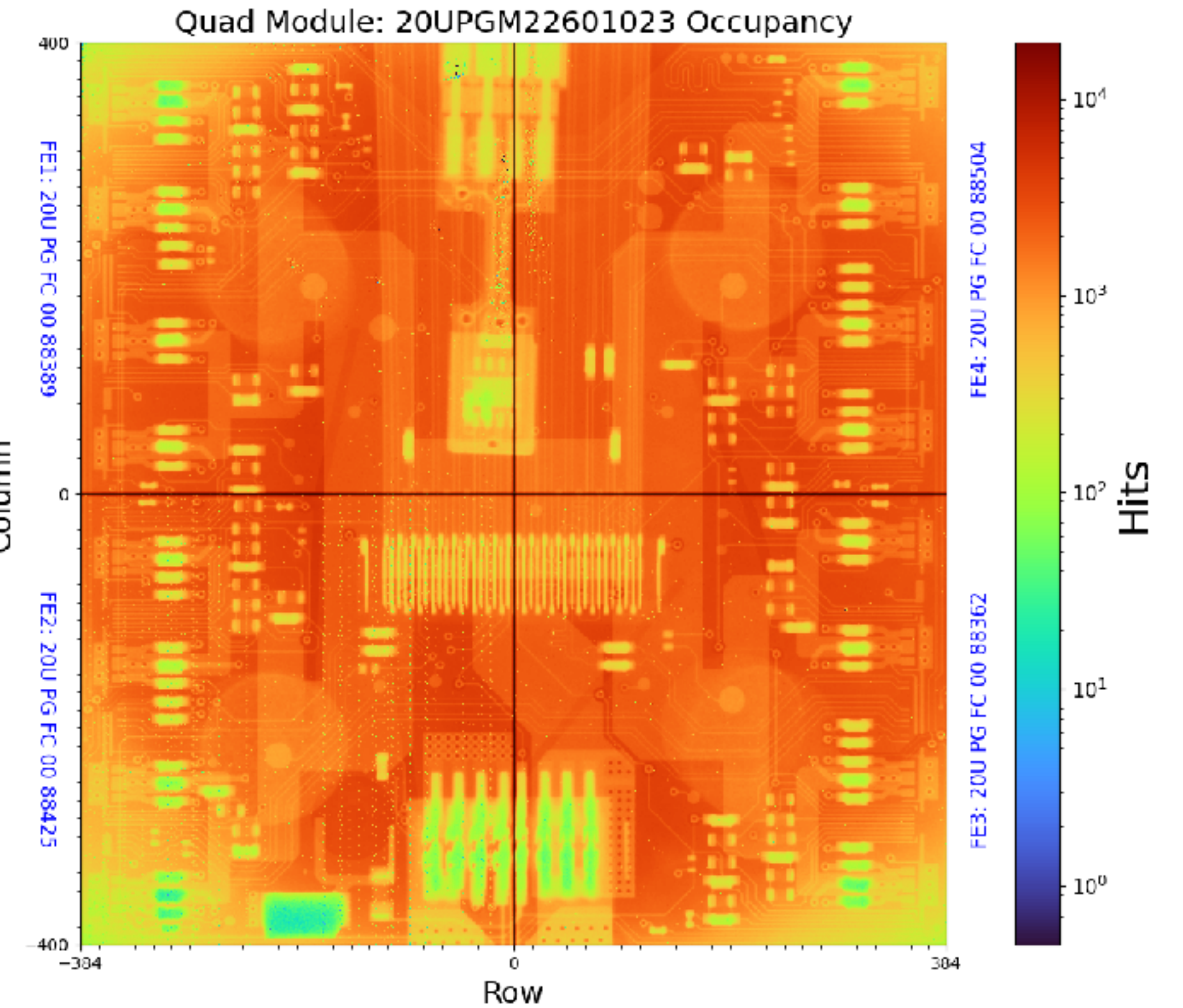
- 20UPGM2206023
- temp = -15°C



しかしAnalog scanのEnMaskでpattern



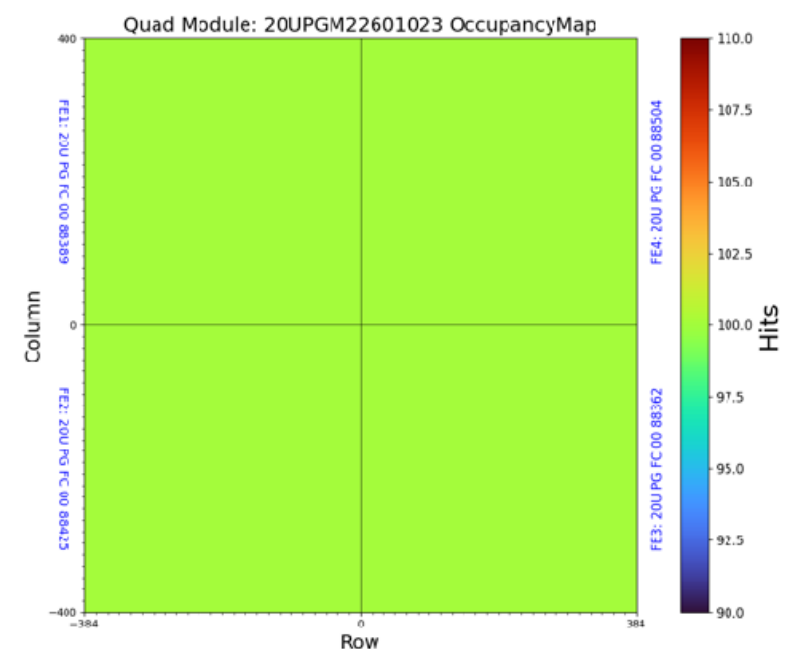
cmlbias2=100
analog scan EnMask



xray scanでも
patternが見えるが
EnMaskとは一致せず

data line
の問題?

cml bias2 = 0
digital scan Occupancy
↓
change
cmlbias



cmlbias2 = 100
digital scan Occupancy

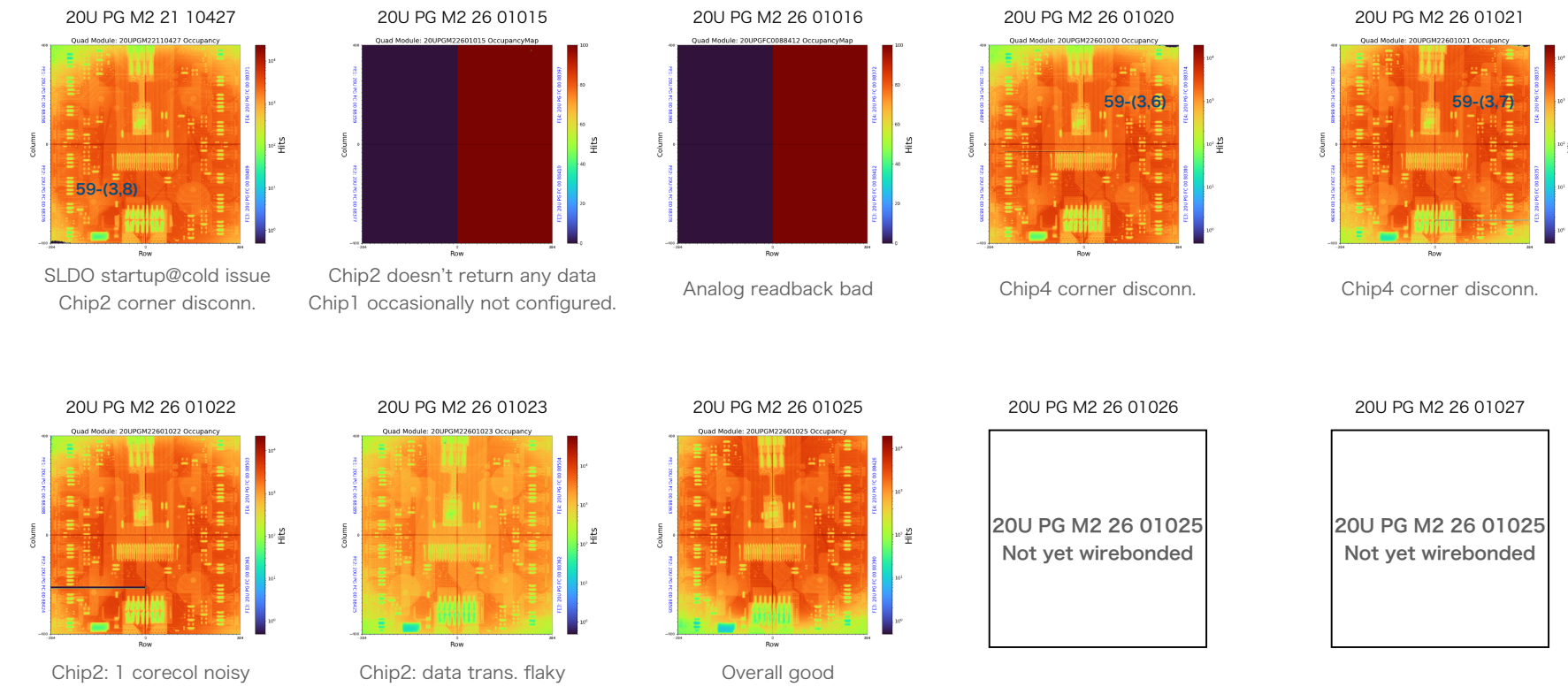
chip2のpatternが消えた!

disconnected bump?

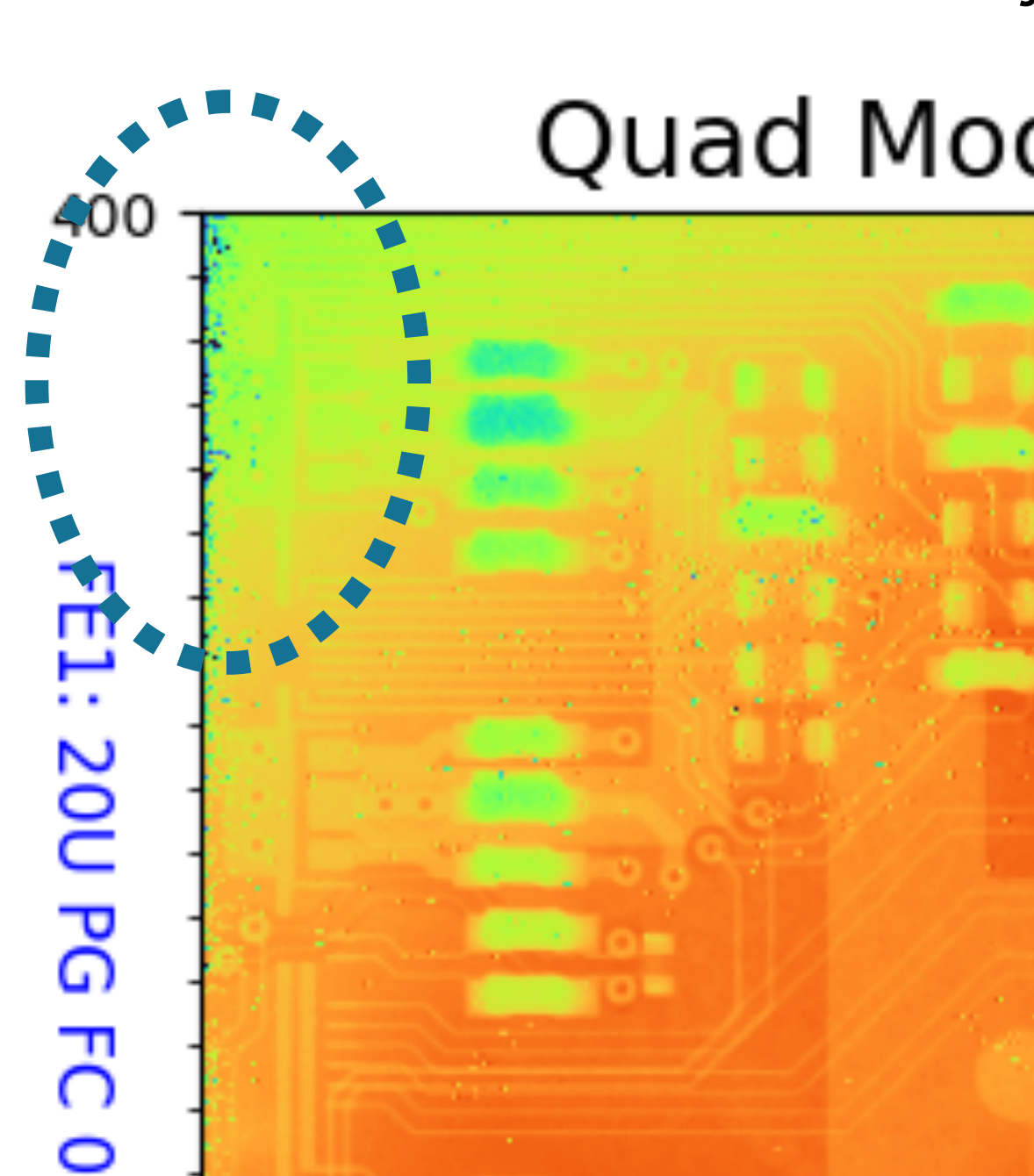
- chip1のedge部分が剥がれのような挙動
- 今回読み出した3moduleで共通→製造過程に問題?
しかしKEKでアセンブリしたmoduleにこのような傾向は見られない
他のmoduleでははっきりとした剥がれが確認(not chip1)

- repicでのアセンブリ or readout systemの問題? or moduleの問題?

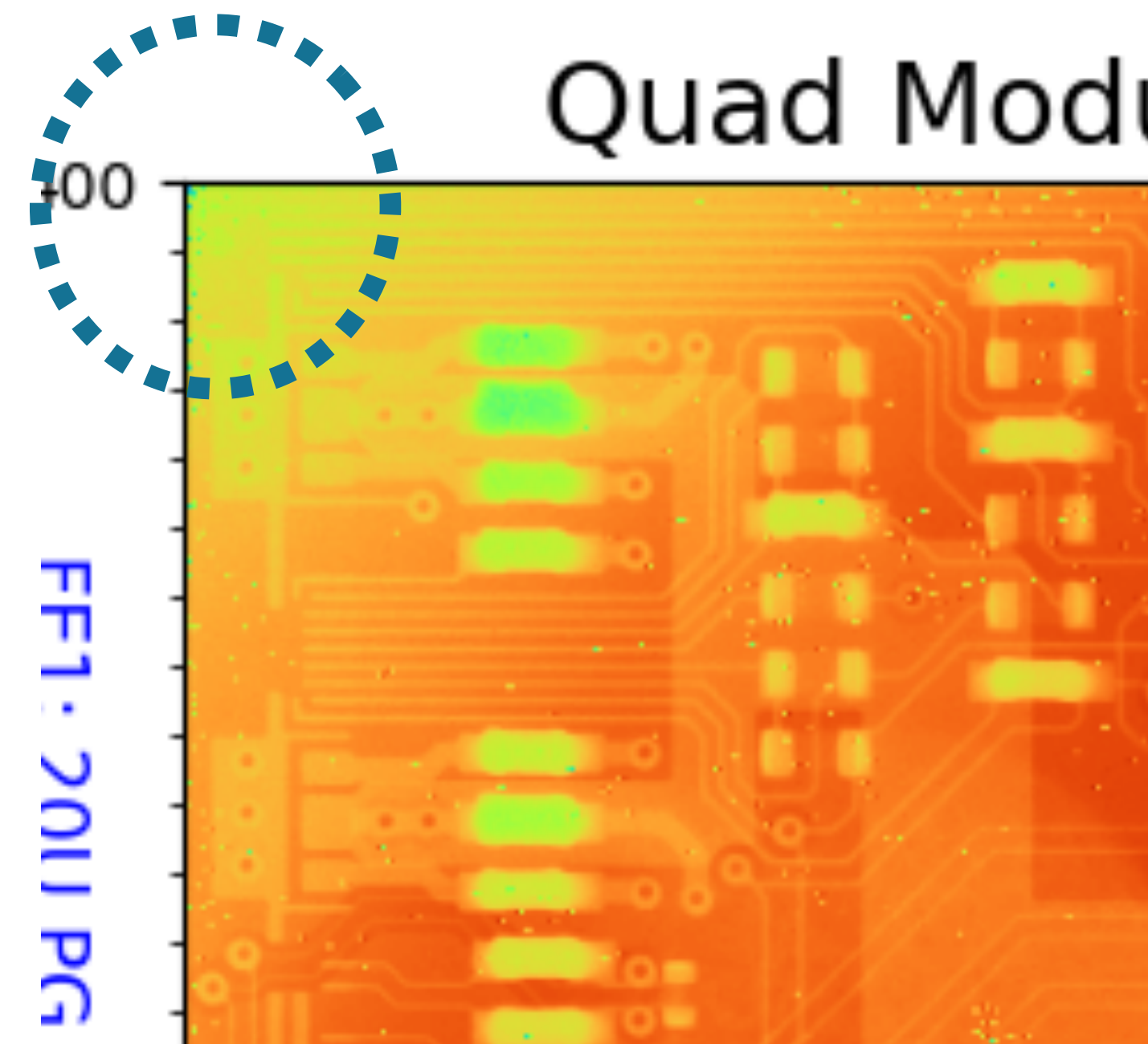
Pre-production: First 10 modules



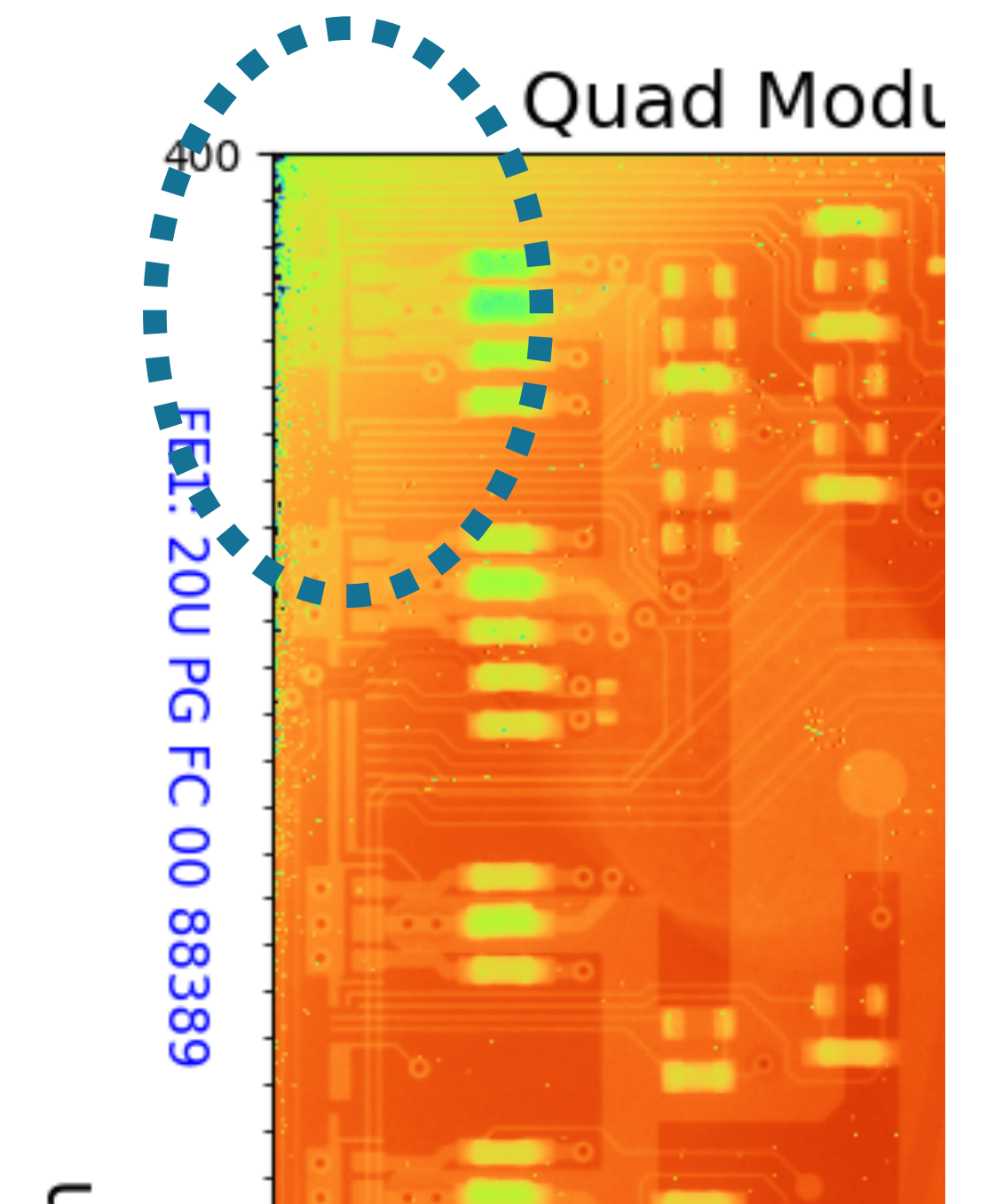
2023/07/05 QAQC MT 生出さんのスライドより



20UPGM2206022



20UPGM2206023



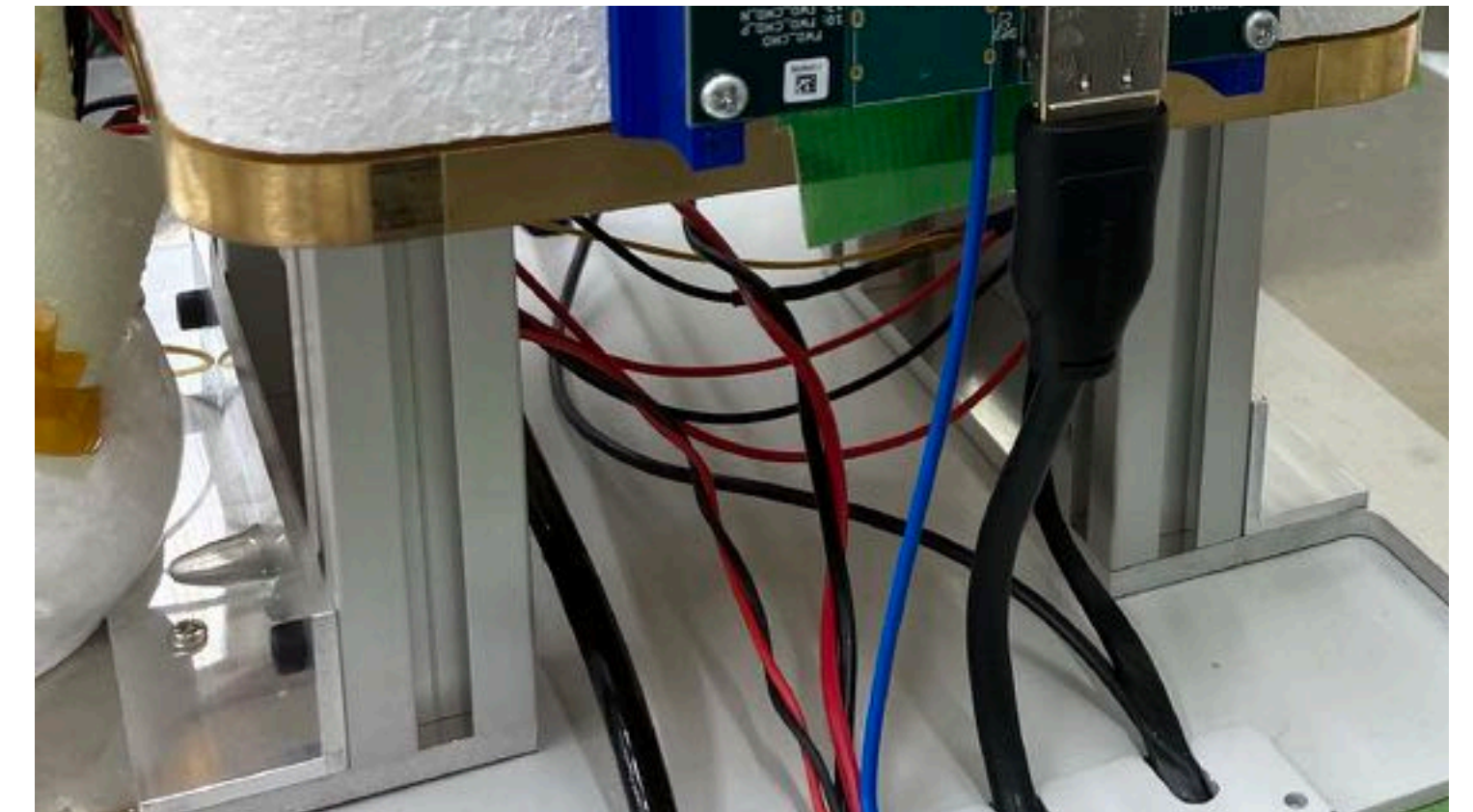
20UPGM2206025

問題点・改善点

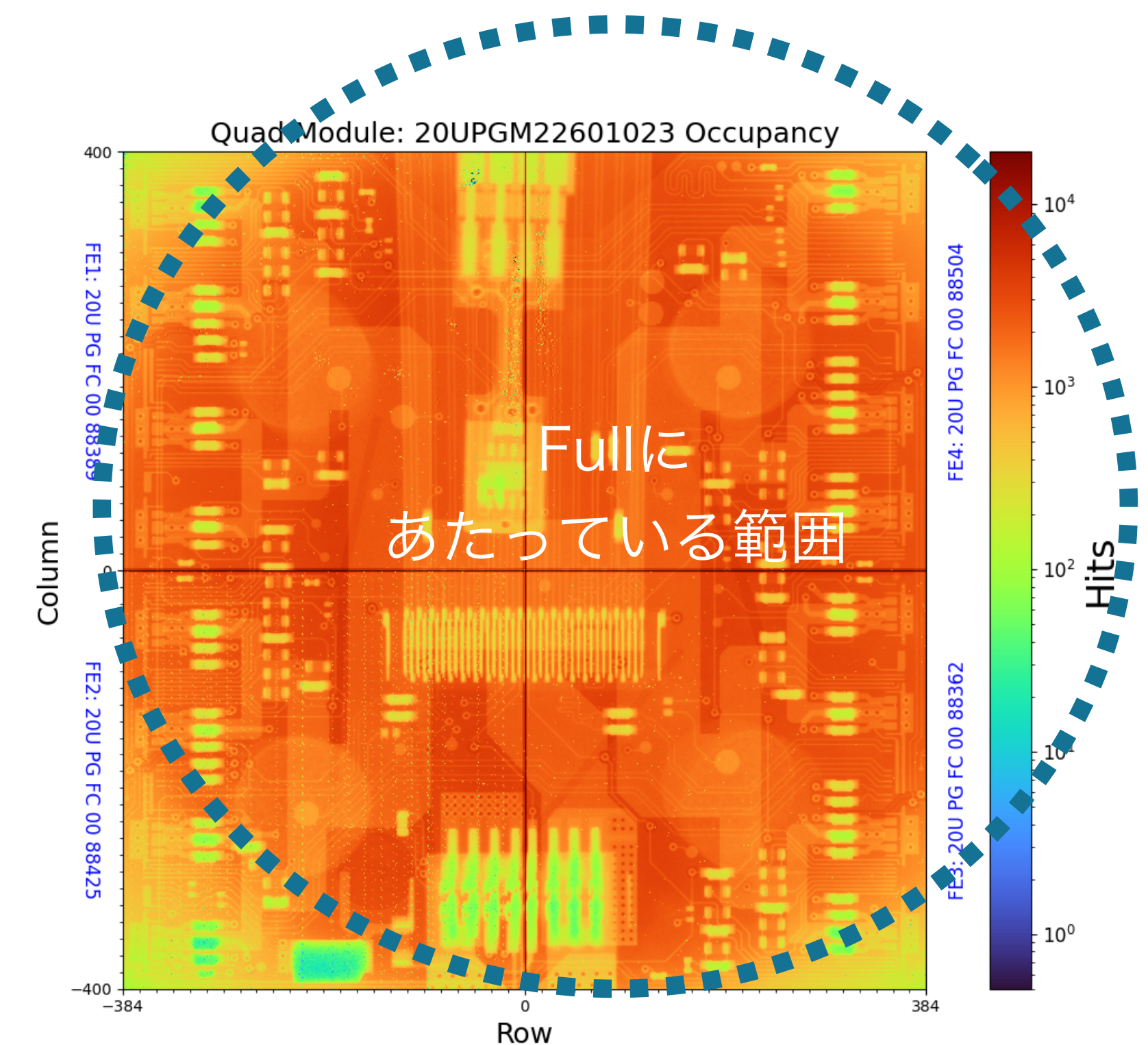
- xray scanのアライメント
cooling boxと支柱がネジで繋がっていてアクセスできない位置にあるので緩んだ時に修理できない
- 温度が冷えにくい、module 吸着問題
例: -15°C に冷やそうとした時に -10°C までしか冷えない(数回起こる)
その度に 25°C まで上げてboxを開けてmoduleのalignmentをやり直さないといけない
 - 現在のcooling boxではmoduleを真空吸着しておらず空気を吸い込み露点が上昇
boxと蓋のクッションによってcooling headに吸着させている(吸着が不十分)
- Metrology Machine GUI
 - scan終了時に音で知らせる→done!
 - missしたscanを選択して実行できるように
 - Size scanのAF成功率の改善
- stitched imageにgridを重ねてPCBのrotateなどが一目でわかるように

xray scan alignment

- x線照射装置とcooling boxのアライメントが不十分
100%あたっていない範囲がある
- cooling boxの支柱のネジの緩みが原因
設計上すぐにアクセスできない箇所にある
→改善するには治具を作り直す必要あり

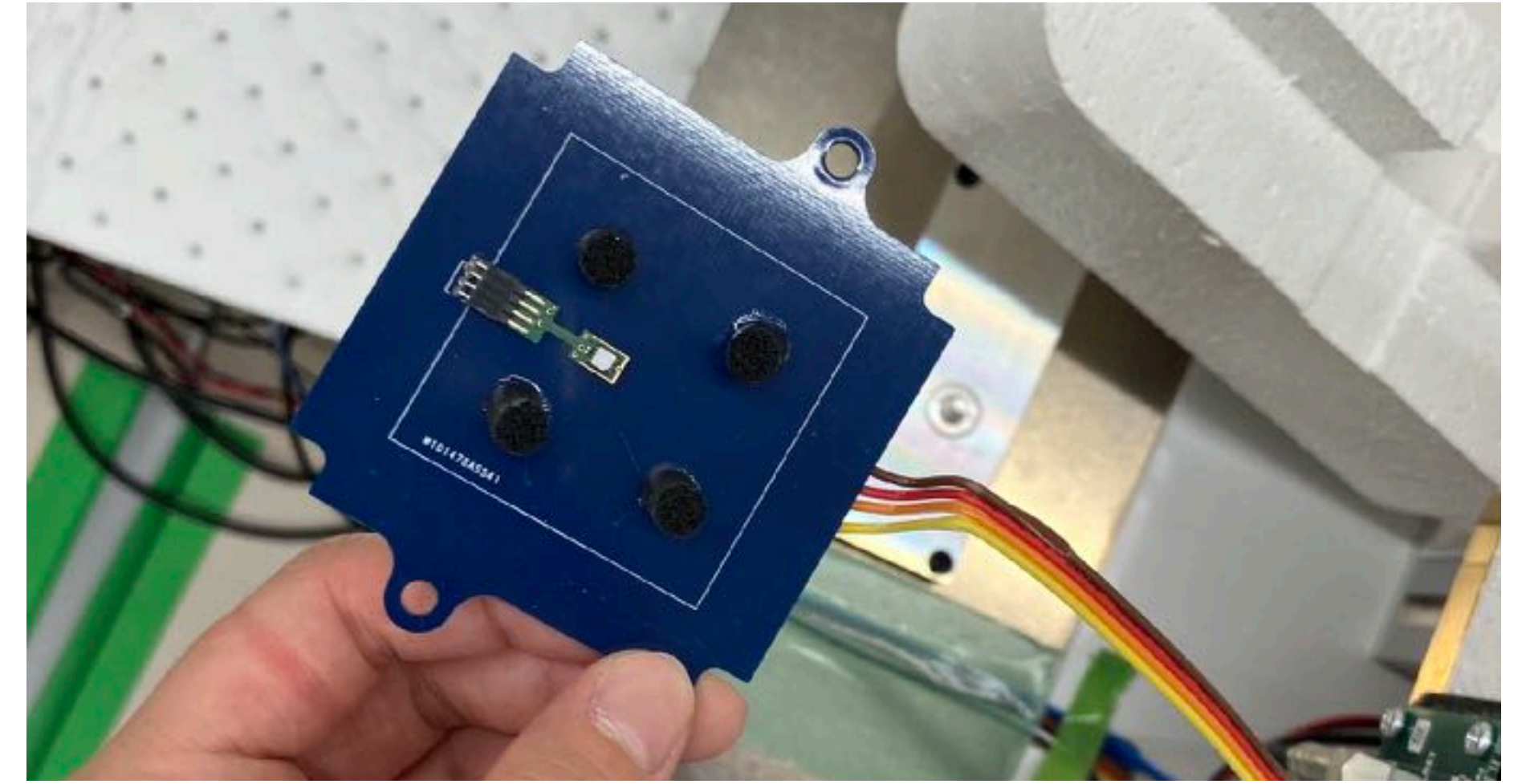


支柱部分

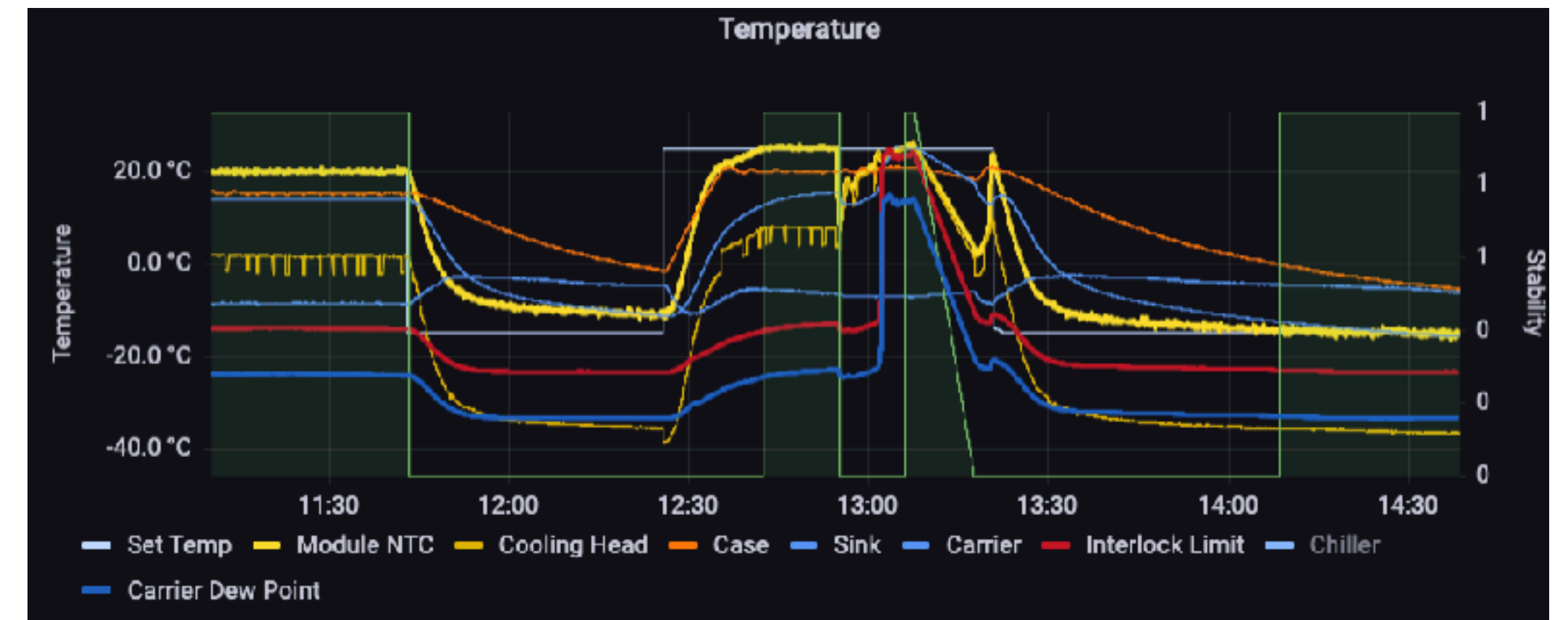


module吸着問題

- moduleと冷却ヘッドは蓋のクッションで接触
- そのため-15°Cまで冷却できないことが多い
→冷却できない時は一旦温度を25°Cまで上げてmoduleを付け直す、30分以上のtime loss
- 生出さん曰く真空吸着すると現在のcooling boxの露点が上がるらしい…



moduleの蓋



まとめ

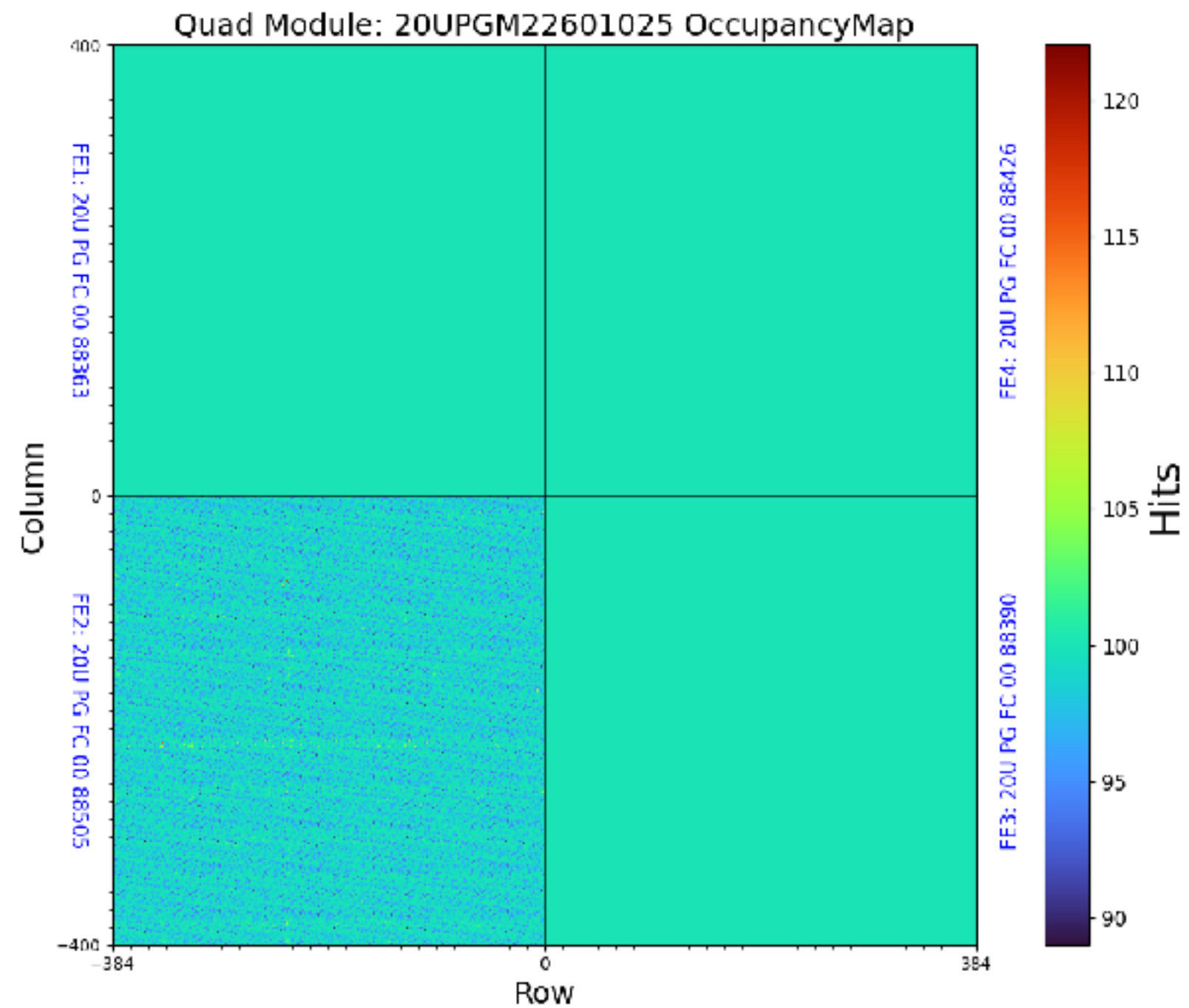
- 6/26-30 ハヤシレピック館山工場でITk Pix module量産作業を行なった
- systemがかなり自動化されていて非常にスムーズに作業できた
scan script,localDBが非常に便利!
- Scratch IDの位置ミス、20UPGM2206025以降修正
- 20UPGM2206026にPCB rotate
- electrical test
20UPGM2206023,25のdigital scan patternはcmlbiasを変化させて解消
3moduleともchip1のedgeでbump剥がれのような応答
20UPGM2206023 cold xray scanでchip2にpattern→analog Enmaskのpatternとは一致せず
datalineの問題?
- xray alignment, 冷却に課題あり

参考リンク

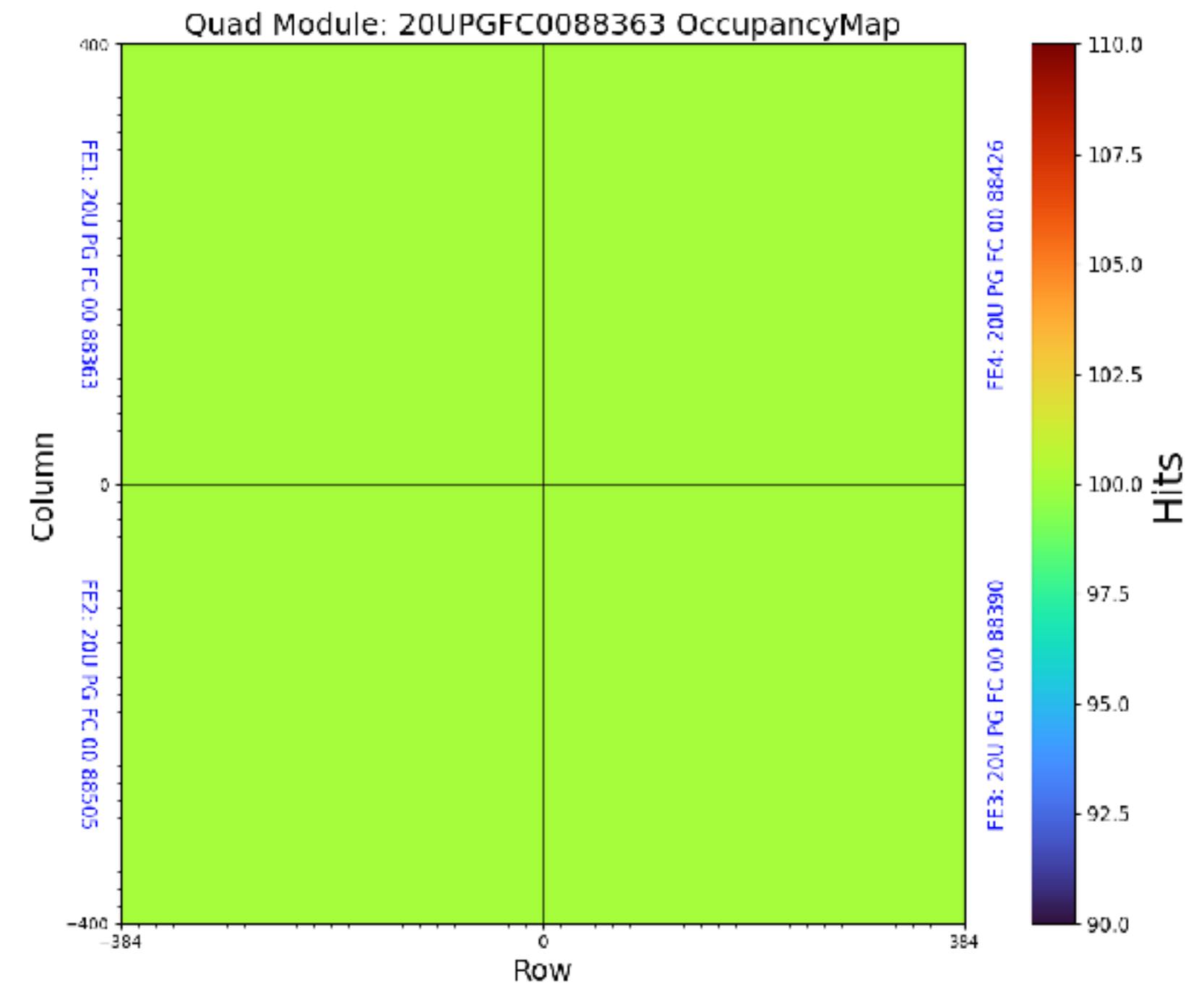
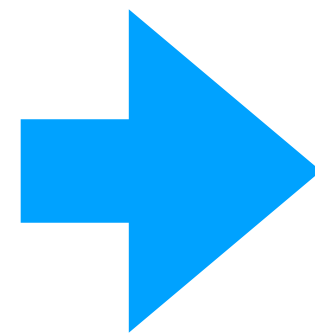
- [ITk Pix module QC document Japan](#)
- [ELOG](#)
- [くらもちの個人的なlog\(pass等は墨入れしてます\)](#)

Back up

20UPGM2206025 digital scan



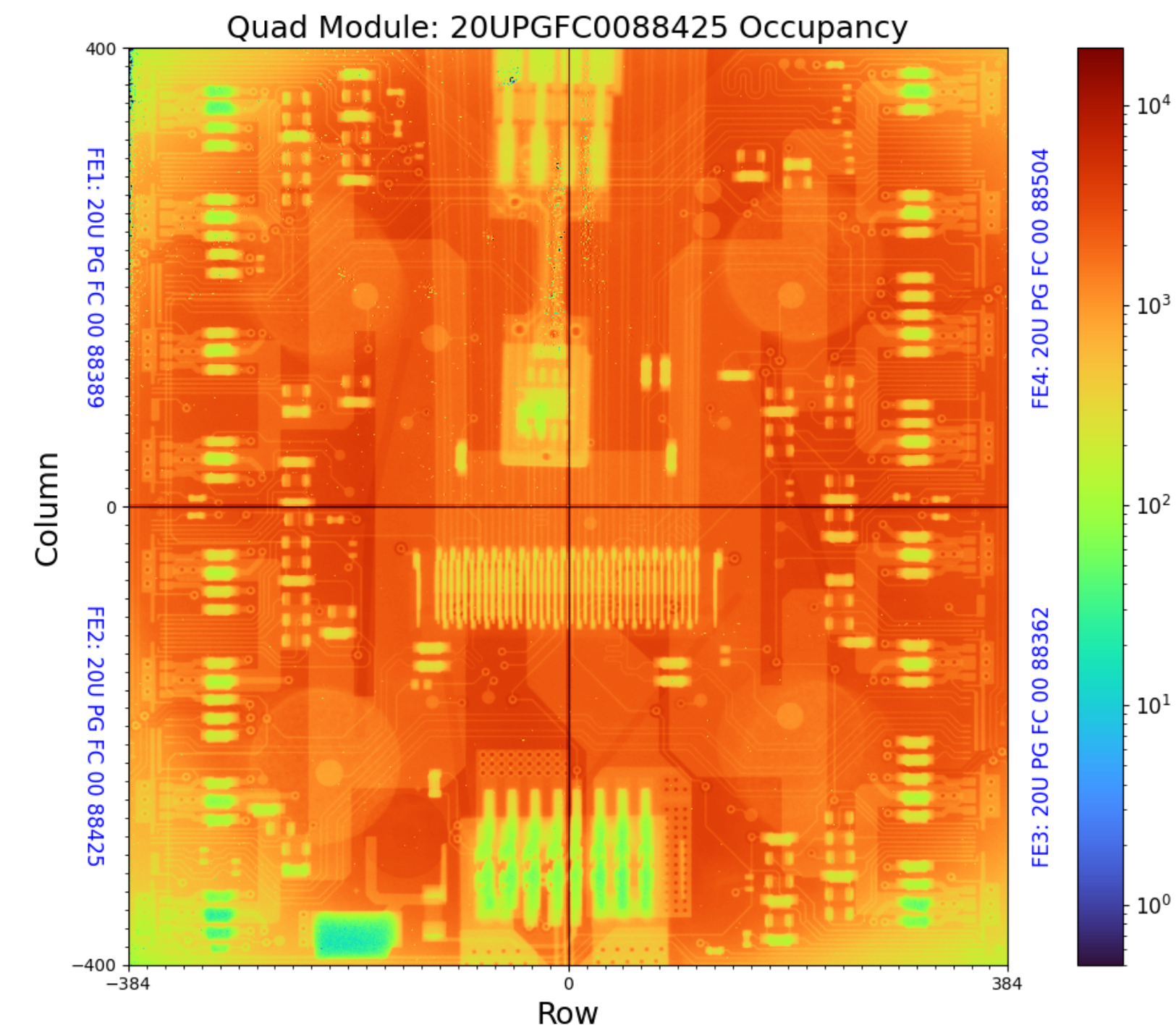
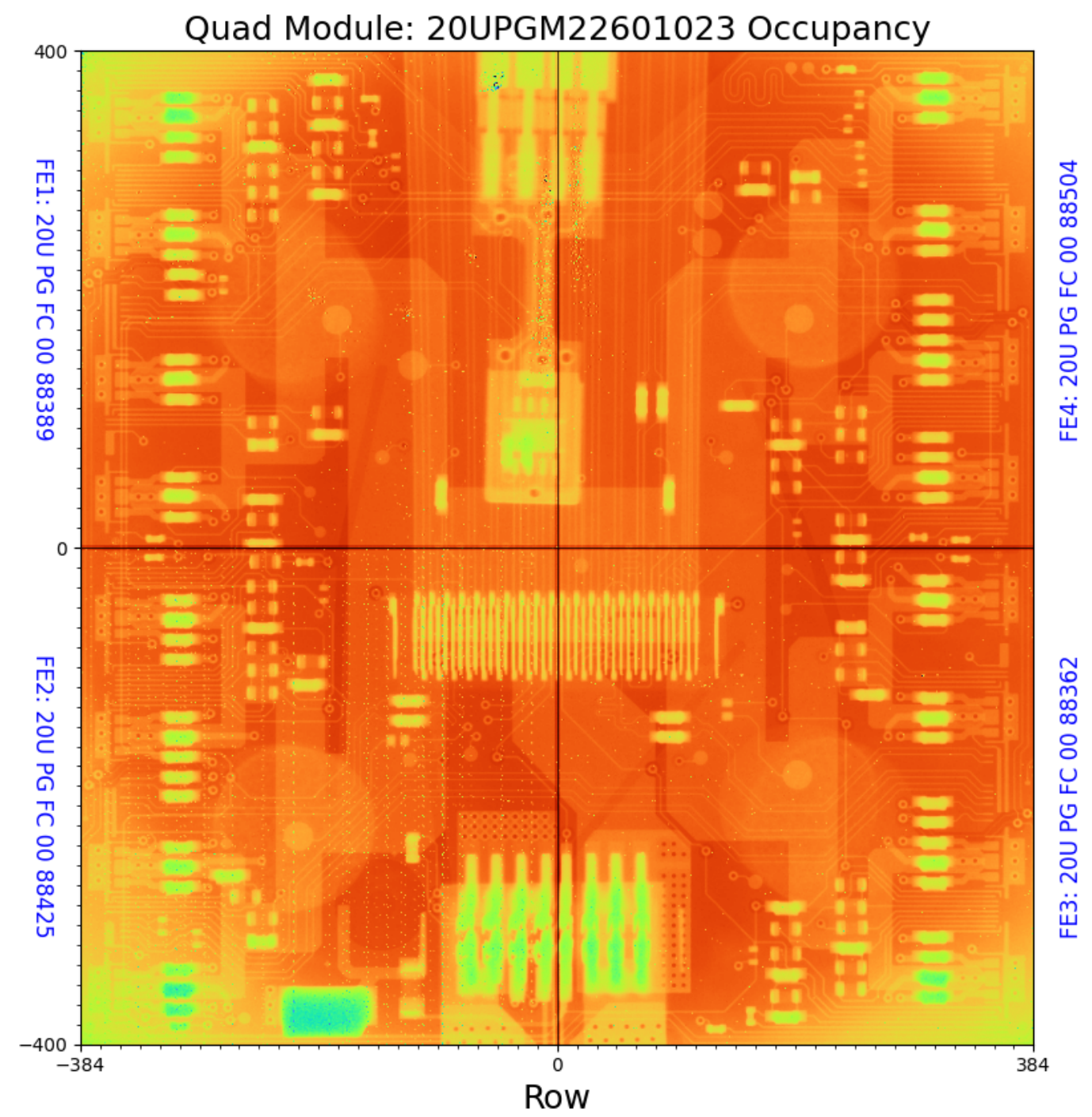
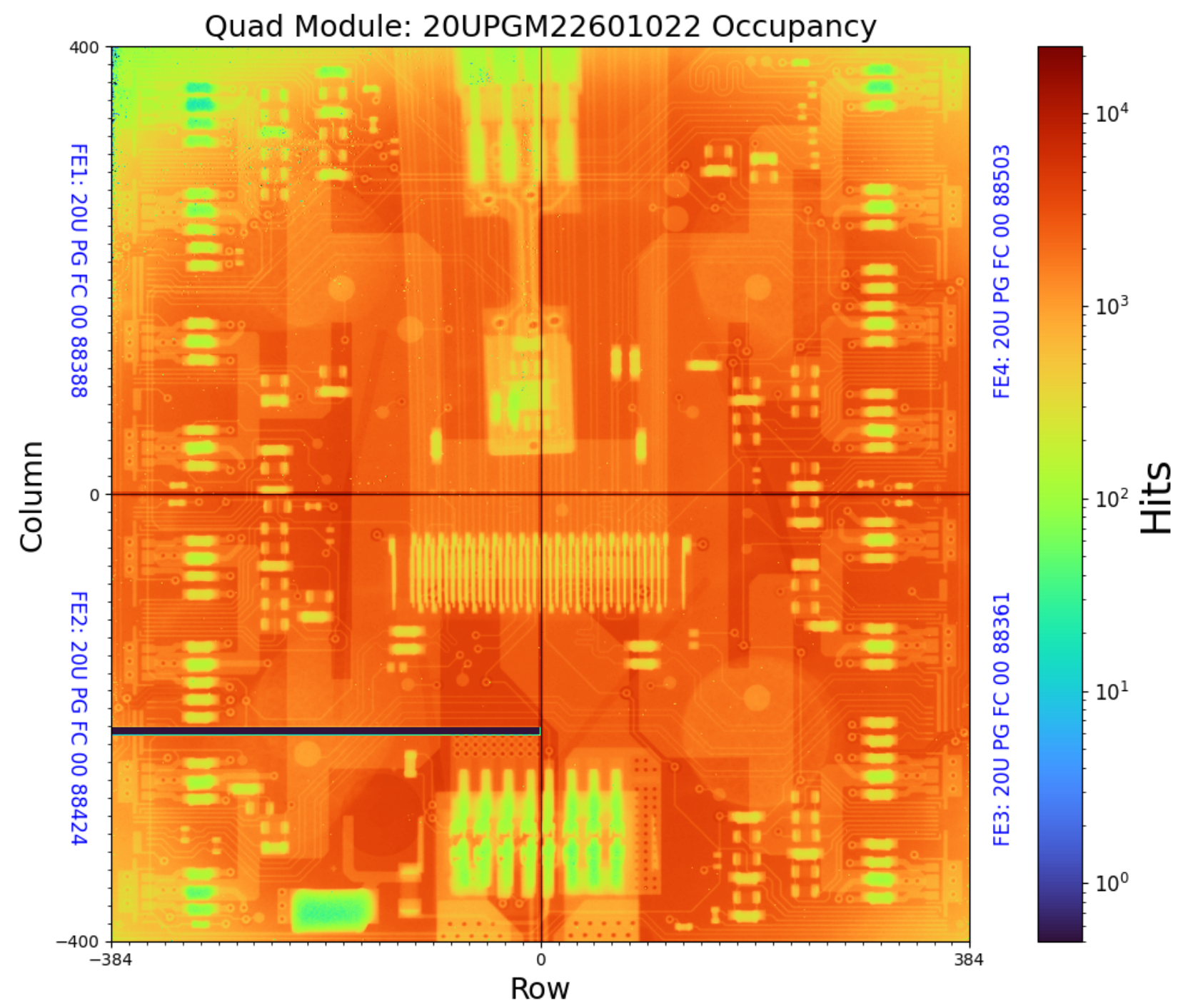
cmlbias1 を下げる



warm digital scan
cml bias 1 = 400

warm digital scan
cmlbias1 = 200

xray scan



graphana

