

# 岡山広視野近赤外カメラの製作

柳澤顕史 (OAO/NAOJ)

# Outline

- 目指すところ
- 装置概要
- パイロットサーベイ結果
- まとめ

# 目指すところ

- 周期光度関係をもつ変光星 (Cepheid, Mira) を利用して、inner Galaxy の円盤構造を説明することが目標。
- Inner Galaxy の円盤構造は吸収に阻まれてよくわかっていない。
- 運動学的距離は特異運動の存在により誤差が大きい

# 脈動変光星

銀河構造の理想的なプローブ

- 脈動変光星

- 古典的セファイド
- ミラ

1. 種族トレーサ

- 変光周期は、初期質量と年齢の指標

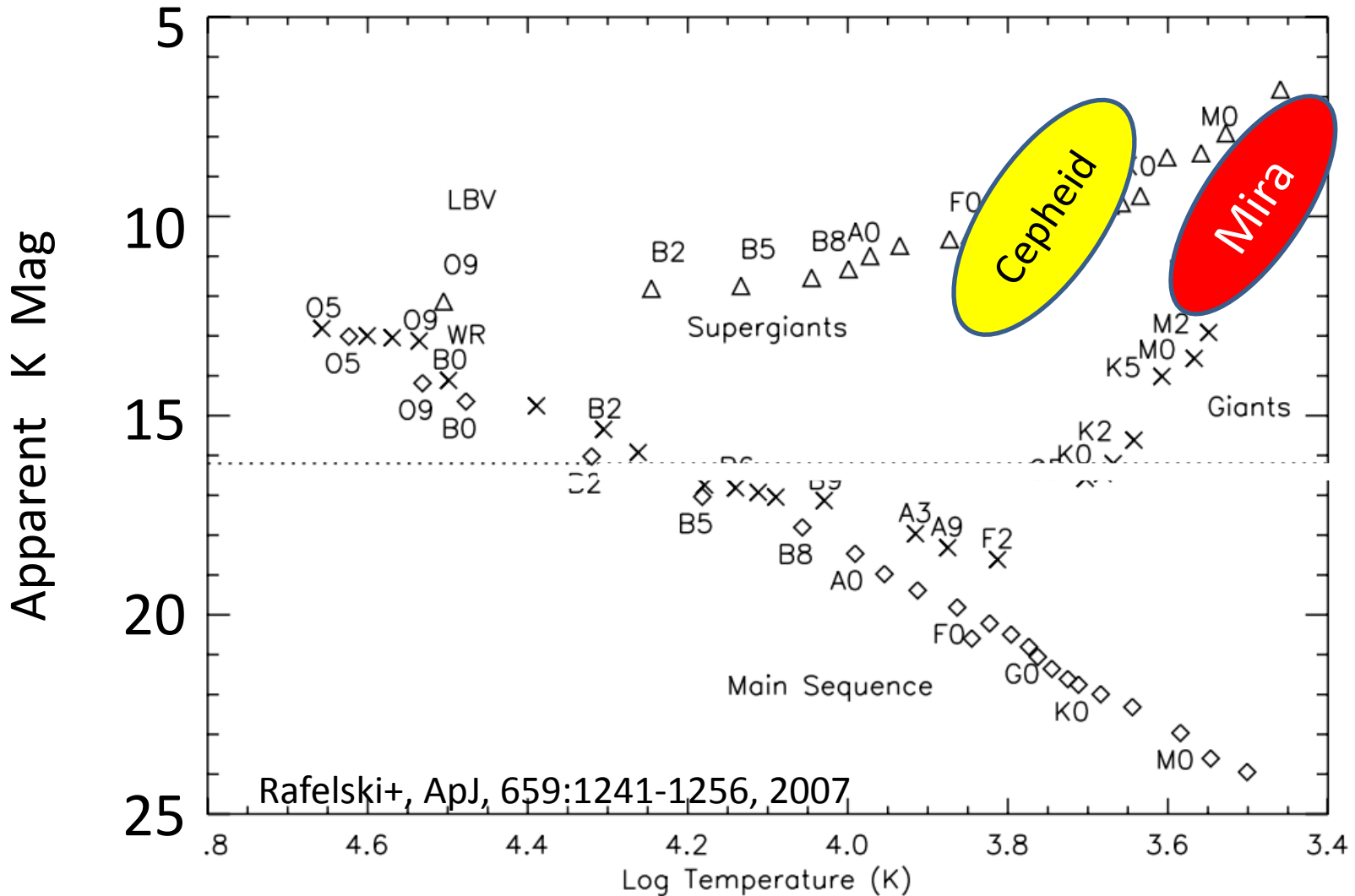
2. 距離

- 周期光度関係

3. とても明るい

- 小口径望遠鏡でも銀河系を見渡すことができる

# H-R diagram @8kpc, Ak=3.3



# 本研究

- サーベイ用の広視野近赤外カメラをつくる。
- K-band で銀河面をモニタして、変光星を見つける。
- セファイド、ミラの距離を求め、銀河円盤構造を明らかにする。

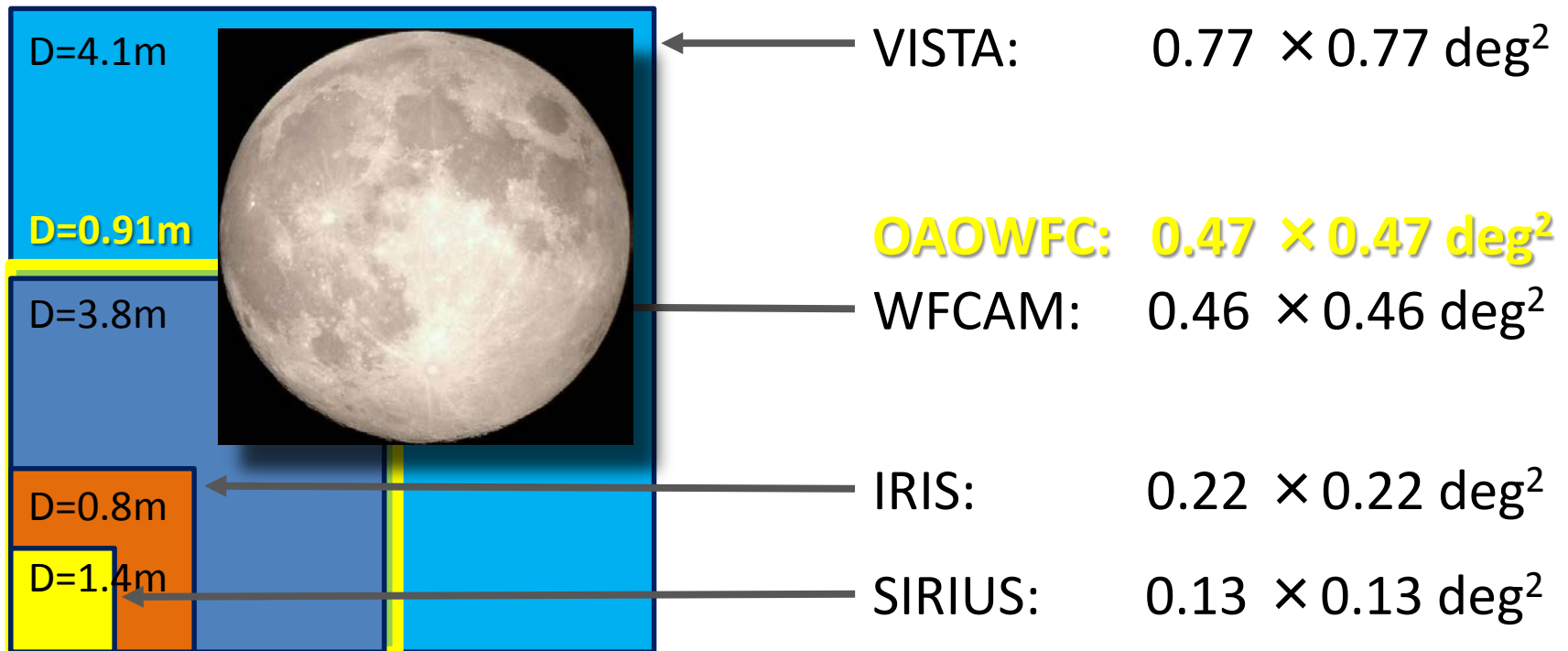
# OAOWFC

## *Okayama Astrophysical Observatory Wide Field Camera*



# 稼動中の近赤外広視野カメラの視野サイズ

単色、1 shot あたり



**OAOWFC の視野は近赤外域で世界最大級**



# 装置概要

# OAOWFC

*Okayama Astrophysical Observatory Wide Field Camera*

- **広視野赤外線カメラ**

- 光学系:

- 有効径:  $\phi$  0.91 m
- フォワードカセグレン+準シュミット
- F/2.5 (the fastest optics in the NIR)

- 焦点面:  $\phi$  56mm

- 視野:

- HAWAII1      0.48 x 0.48 sq.deg. (1.67 arcsec/pix)
- H2RG          0.92 × 0.92 sq.deg. (1.62 arcsec/pix)

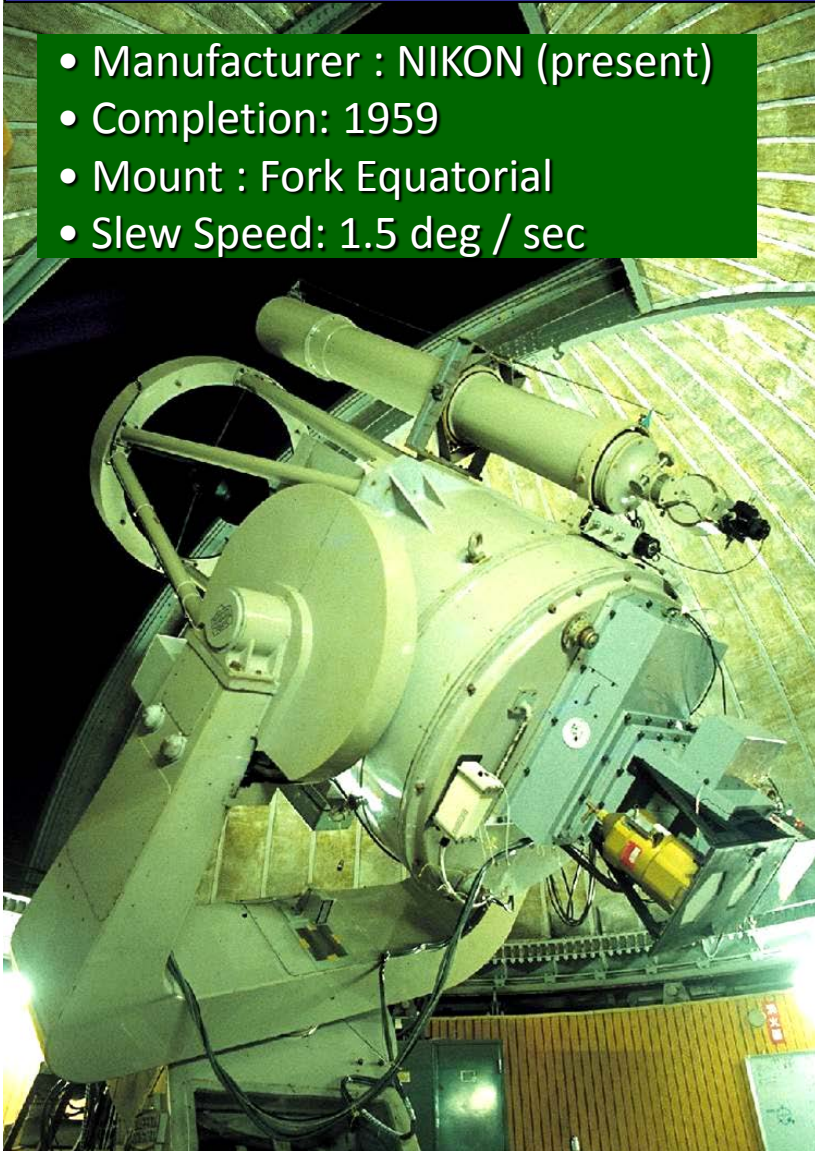
- 波長域: 0.9 – 2.5  $\mu$ m (Y,J,H,Ks-band)

- 自律式を目指している

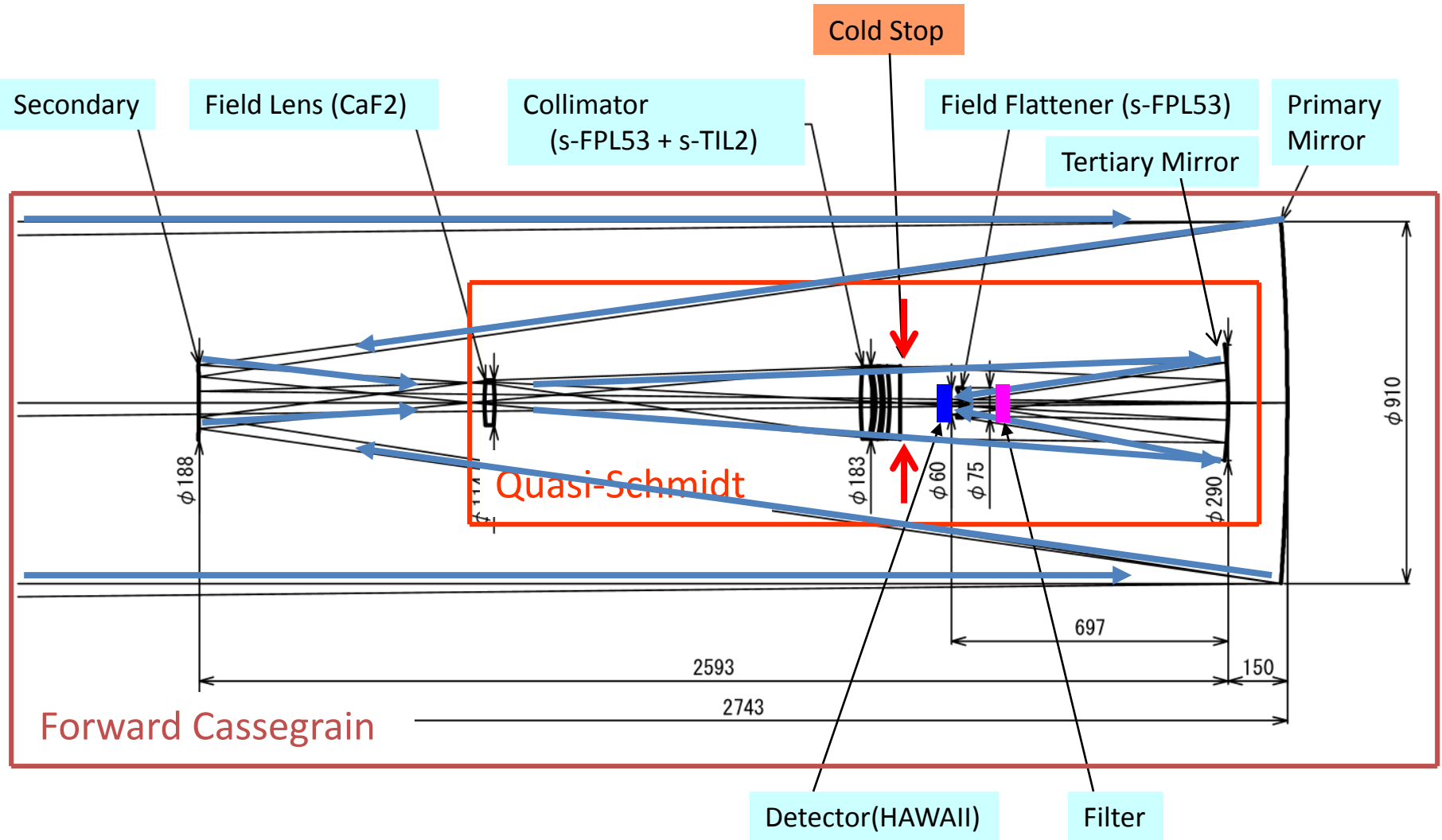
# The OAO 0.9m Telescope before renewal

- Manufacturer : NIKON (present)
- Completion: 1959
- Mount : Fork Equatorial
- Slew Speed: 1.5 deg / sec

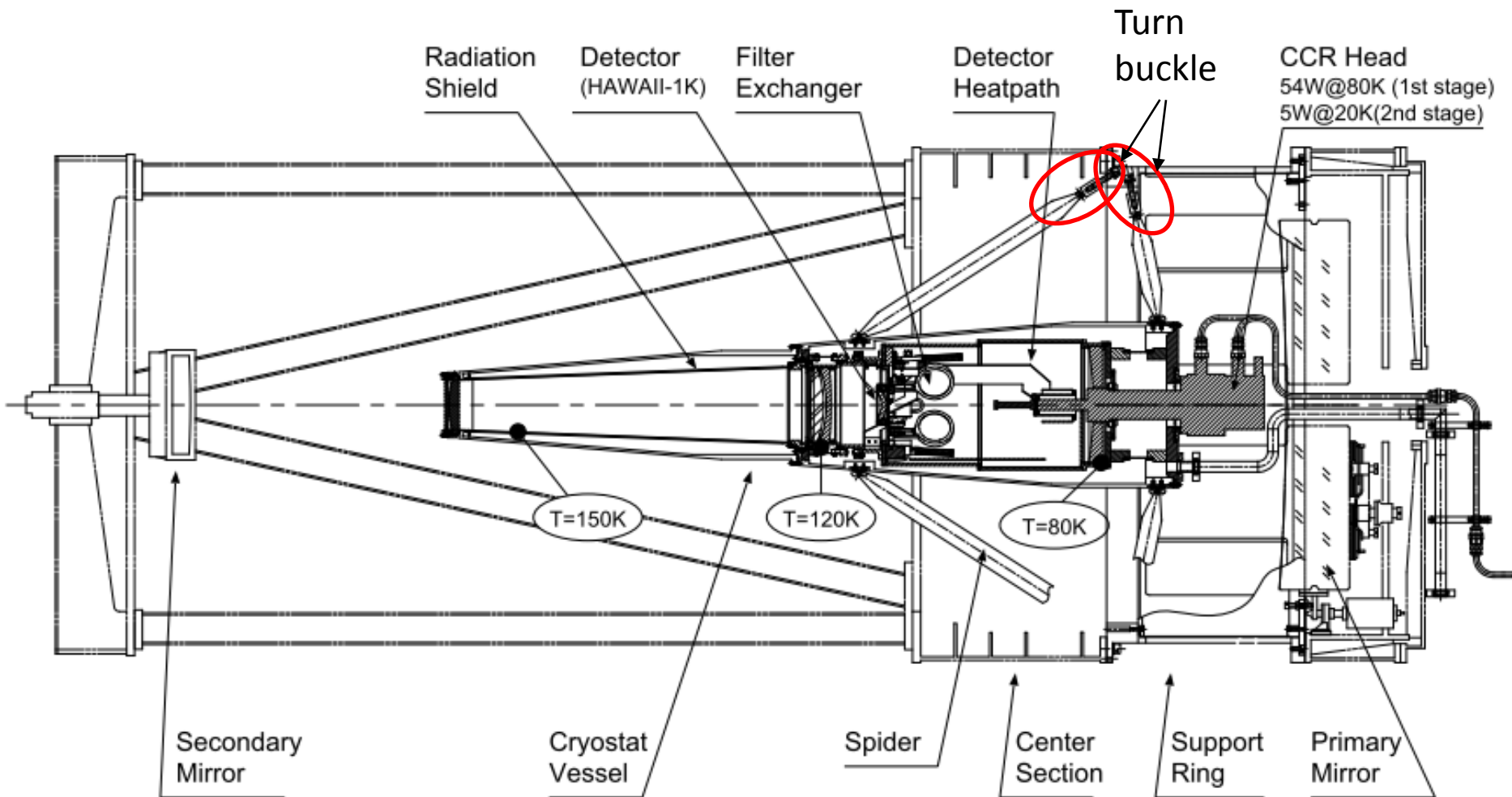
- Manufacturer : IHI
- Completion: 1959
- Rotation Speed: 3.0 deg / sec



# OAOWFCの光学レイアウト

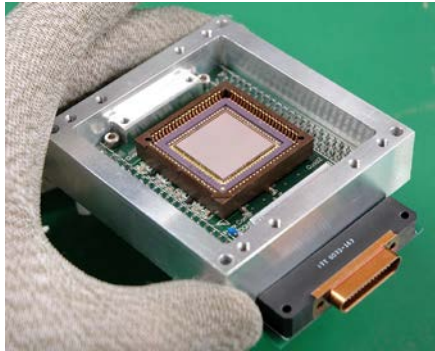


# OAOWFC の構造



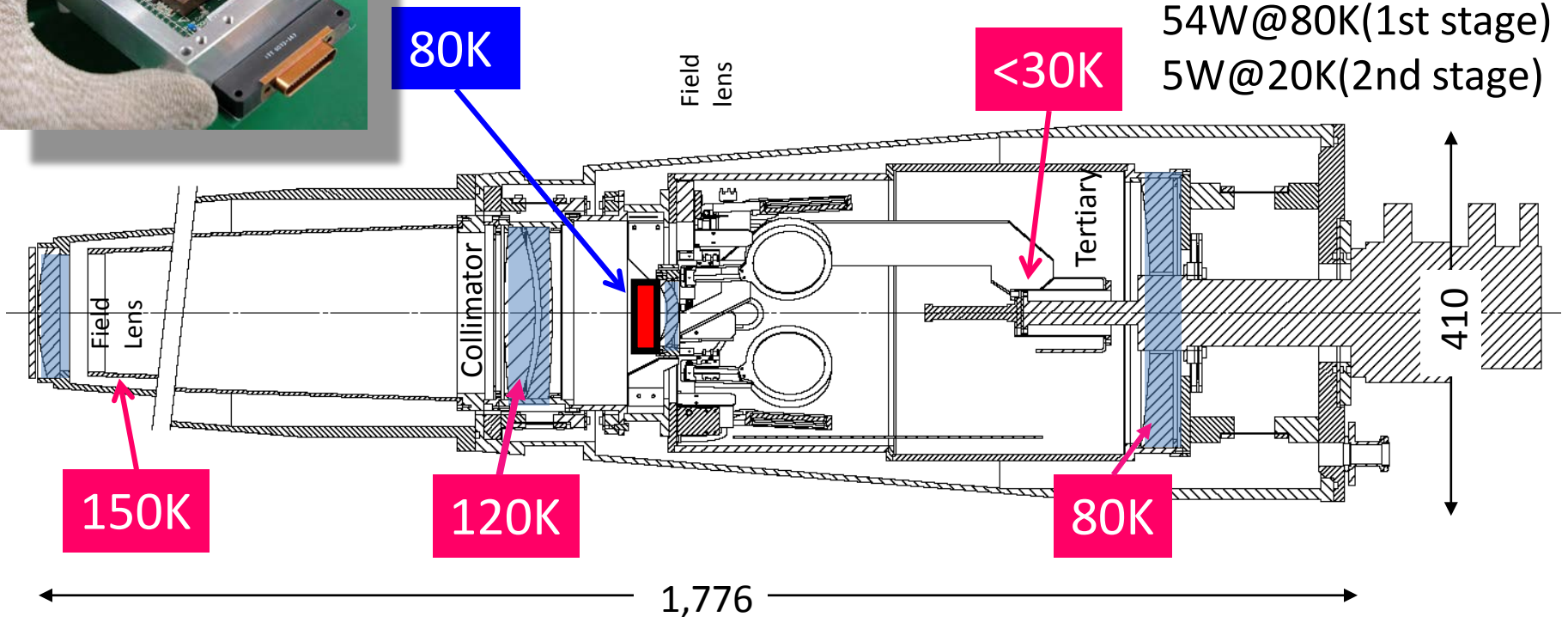
# クライオスタットの構造 1/2

HAWAII-1K



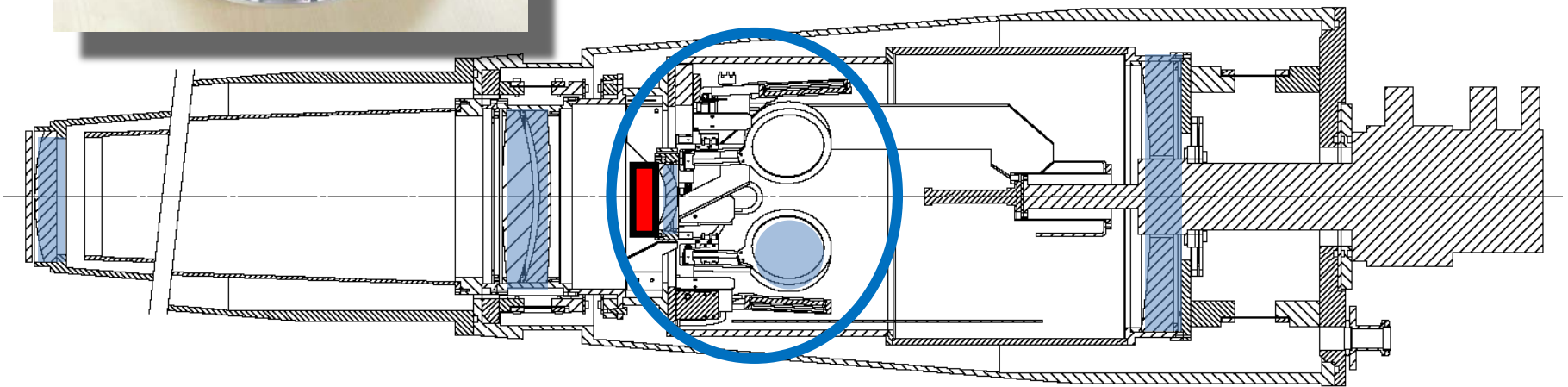
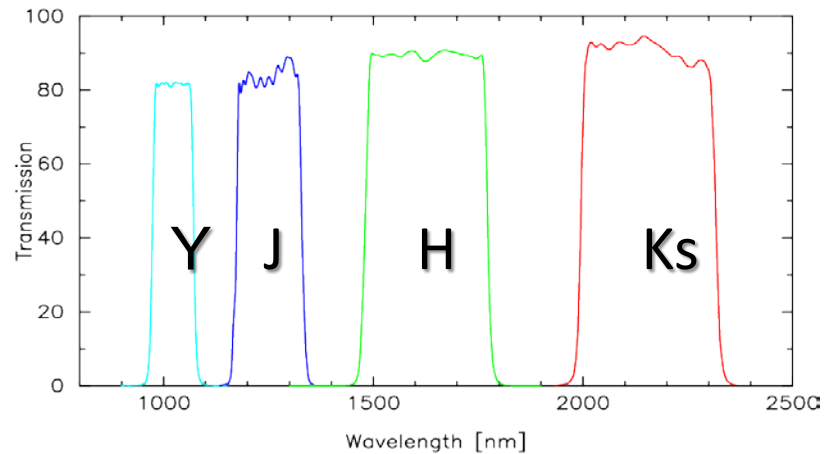
W = 120 kg

Daikin V204CL  
54W@80K(1st stage)  
5W@20K(2nd stage)

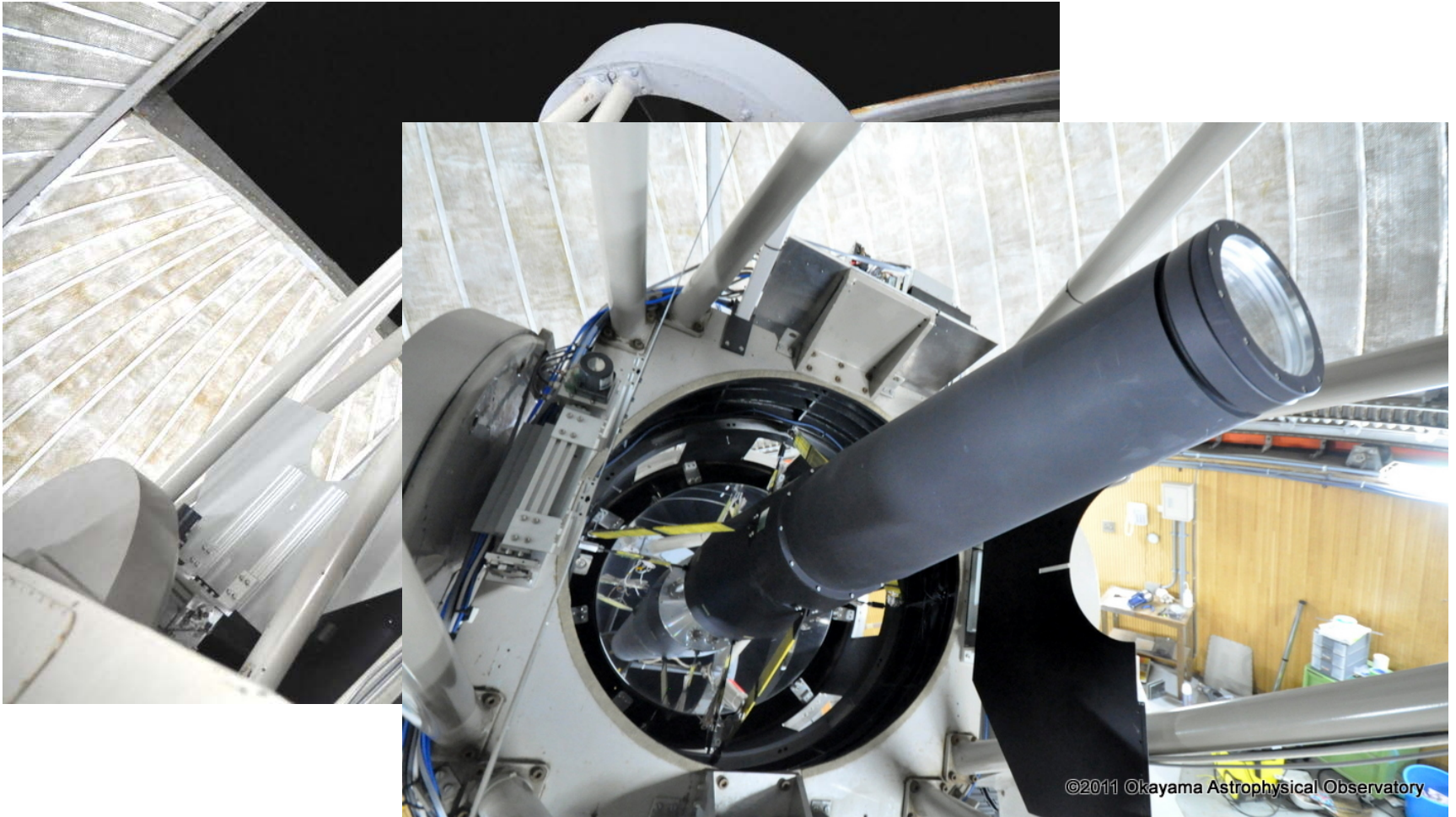


# クライオスタットの構造 2/2

Filter 交換機構



# OAOWFCの外観

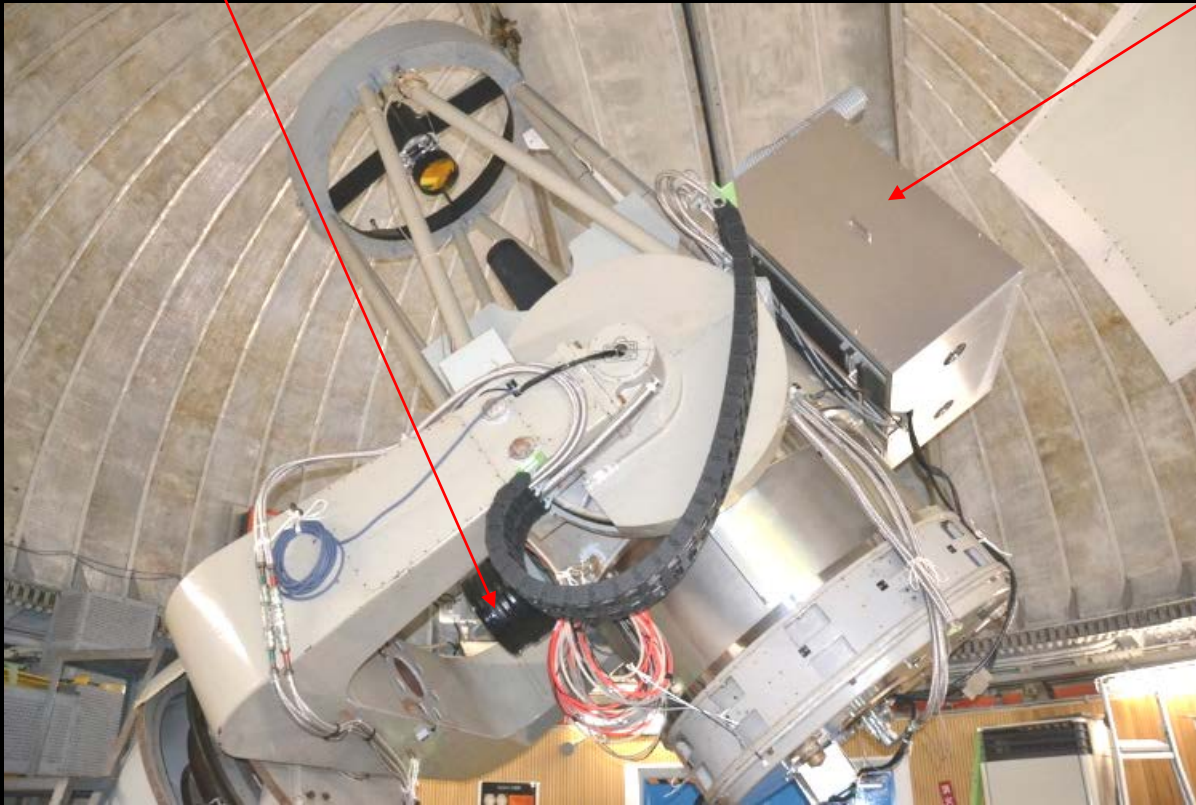




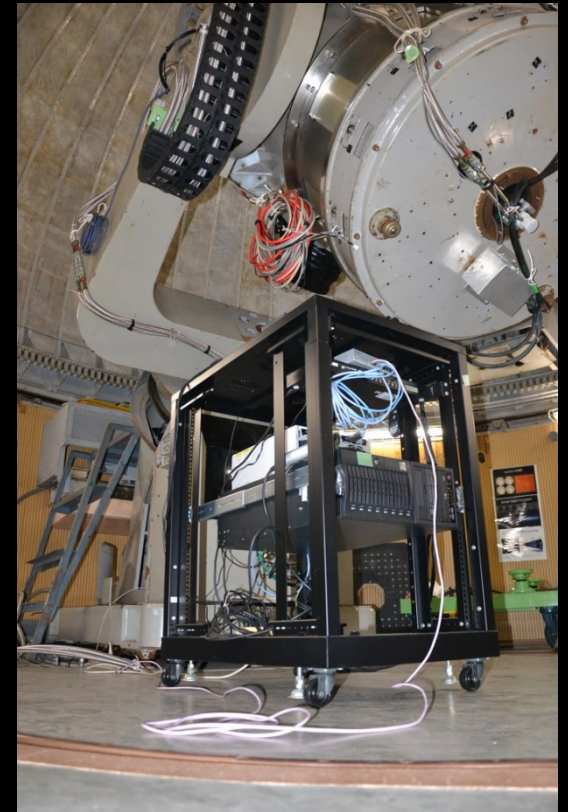
# OAOWFCの外観

カウンターウエイト

防滴19インチラック。温度コントローラ、フィルター交換コントローラ、焦点調節コントローラ・他を搭載



2014/11/28



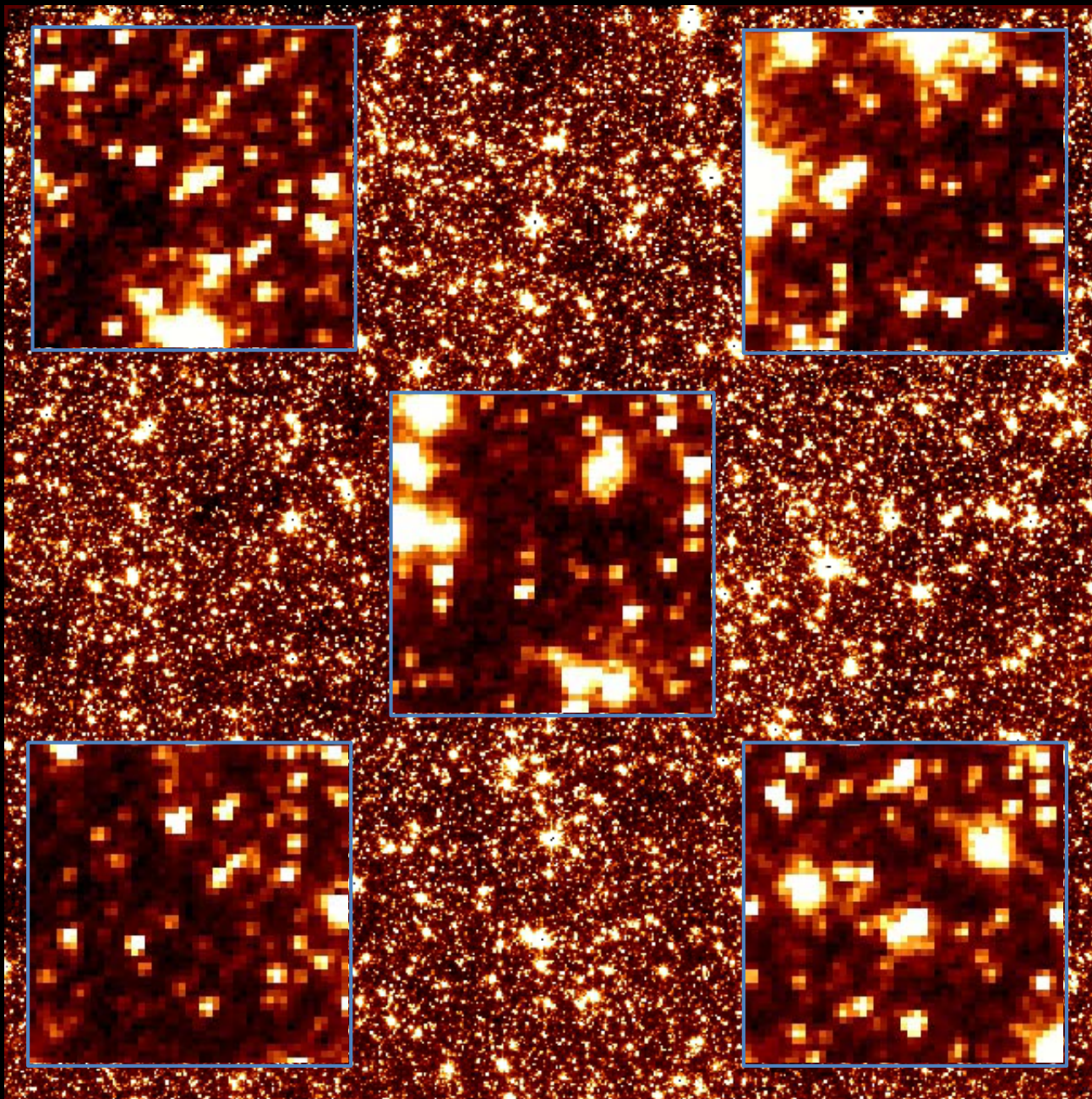
検出器制御コントローラ  
Messia 5

2015/12/07

観測装置技術WS

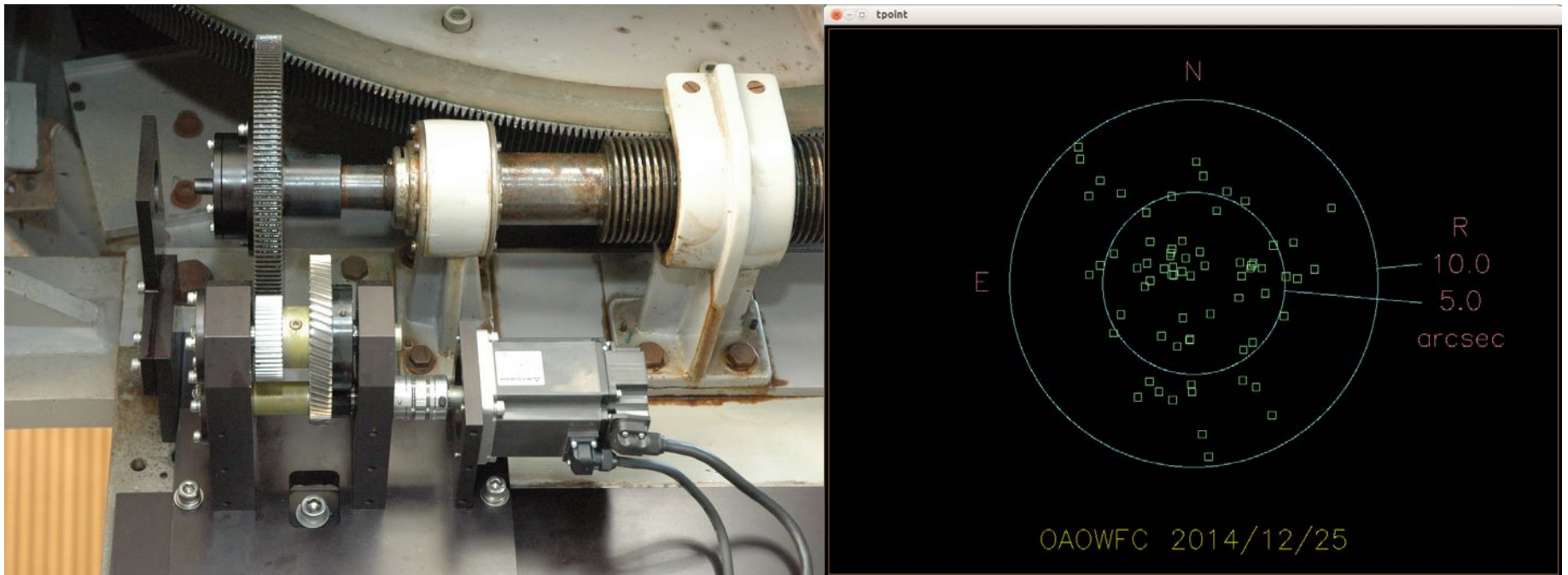
17

全域にわたり  
FWHM $\sim$  2pix  
を達成した。



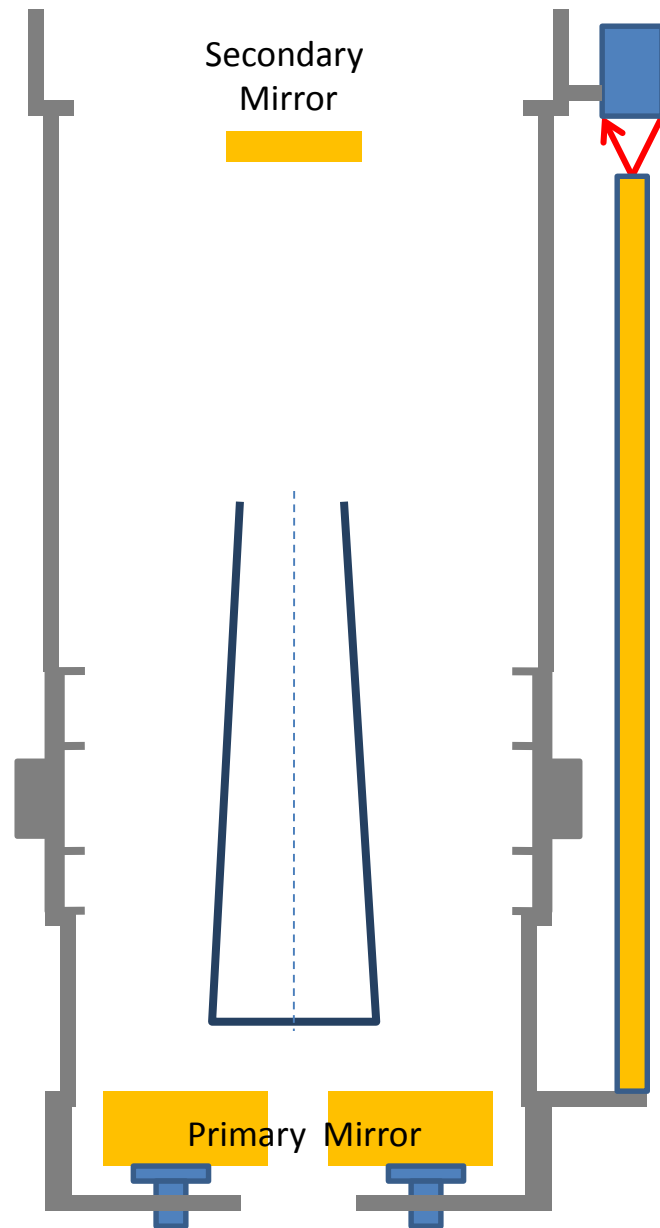
GP026\_025\_2015052617\_141\_coadd.fits 8 frames combined

# 91cm望遠鏡駆動系の改修



RA,DECともに、微動系にサーボモータを取り付けて制御。

指向精度は 5.0 arcsec RMS



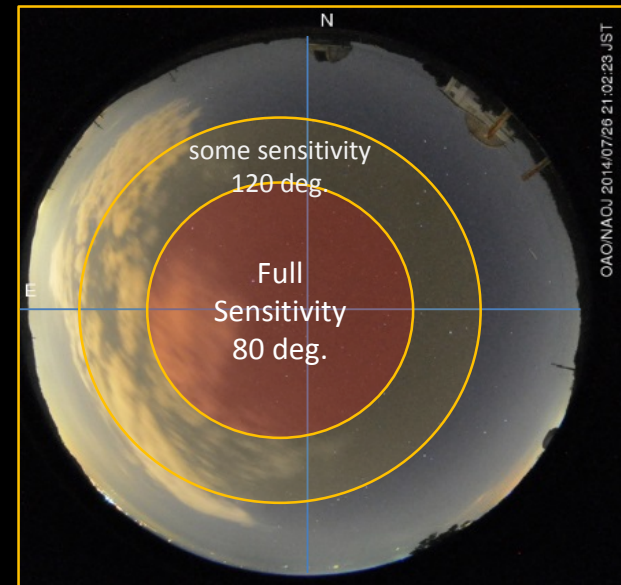
# オートフォーカス

- 主鏡一副鏡間の距離変化をリアルタイム補償
  - OAOWFC ピント調節は副鏡の移動のみ
- 焦点位置補償装置
  - 距離基準原器
    - 低膨脹ガラス棒(クリアセラム)
    - 線膨脹係数=0.3E-7.
    - L=3200mm,  $\Delta t=40^{\circ}\text{C}$ で 4 $\mu\text{m}$ の変化
  - 基準原器との距離をレーザー変位センサで計測

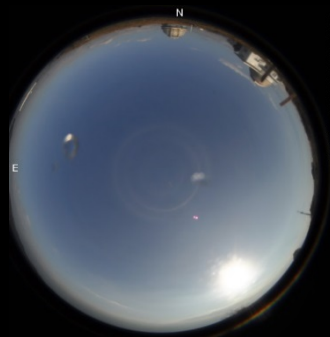
# 空の監視： MIR cloud Sensor



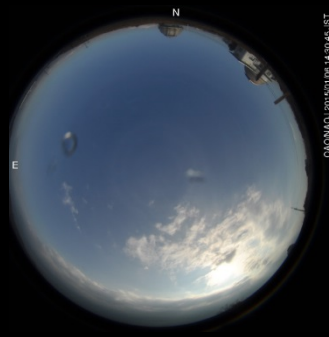
Boltwood Cloud Sensor II from Cyanogen Imaging measures the sky screen temperature.



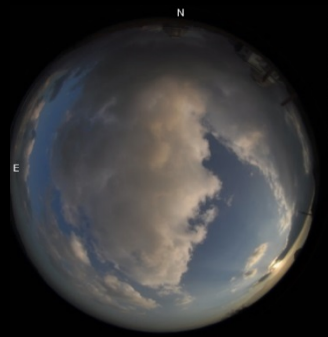
BWCS2 coverage



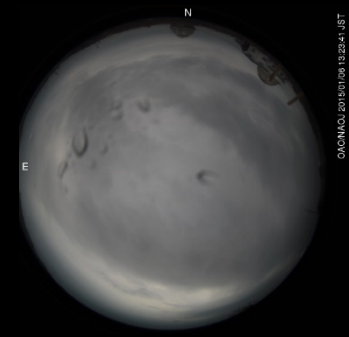
clear : Tsky = -49.2



clear : Tsky = -44.9



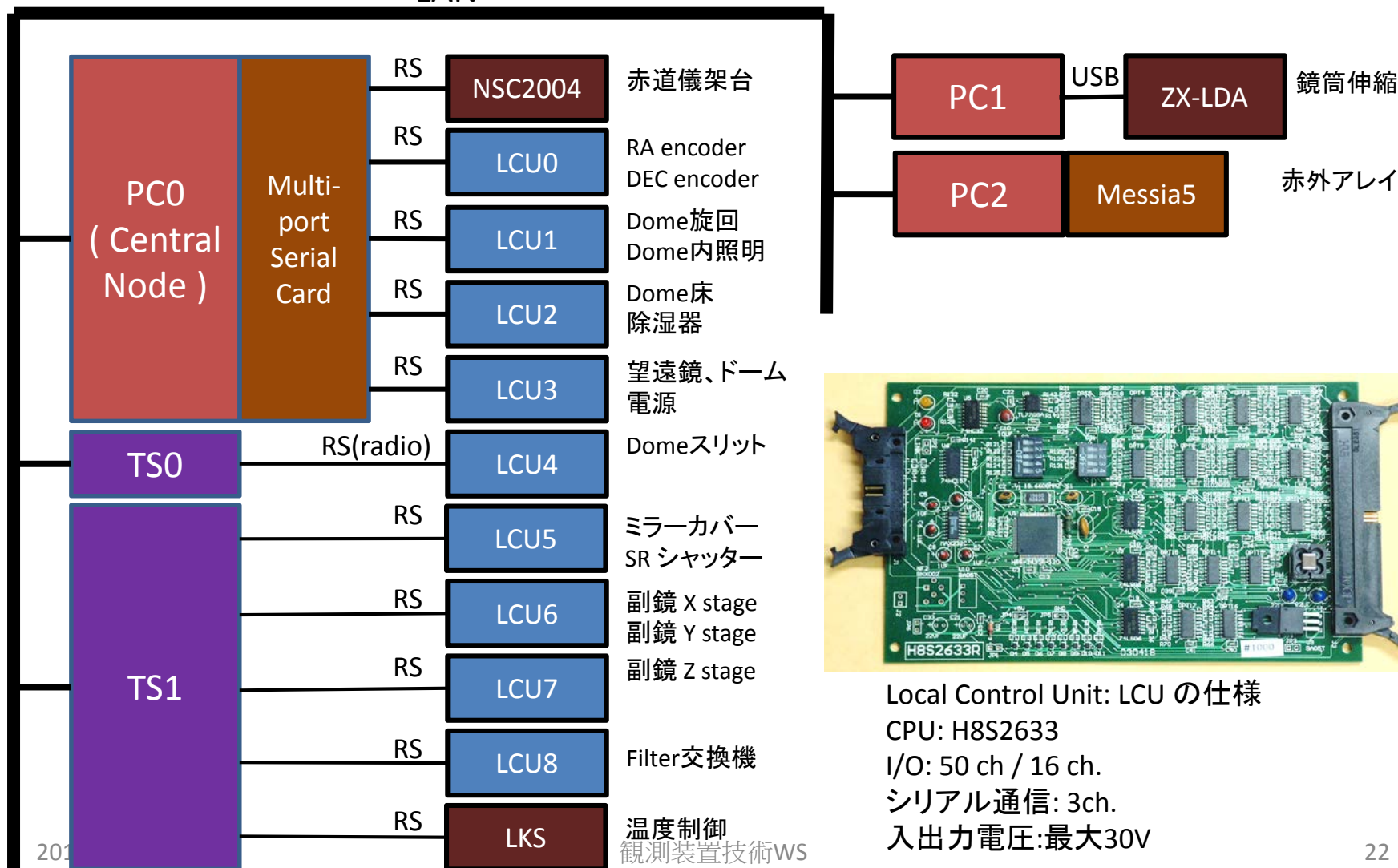
cloudy : Tsky = -22.4



overcast : Tsky = -9.1

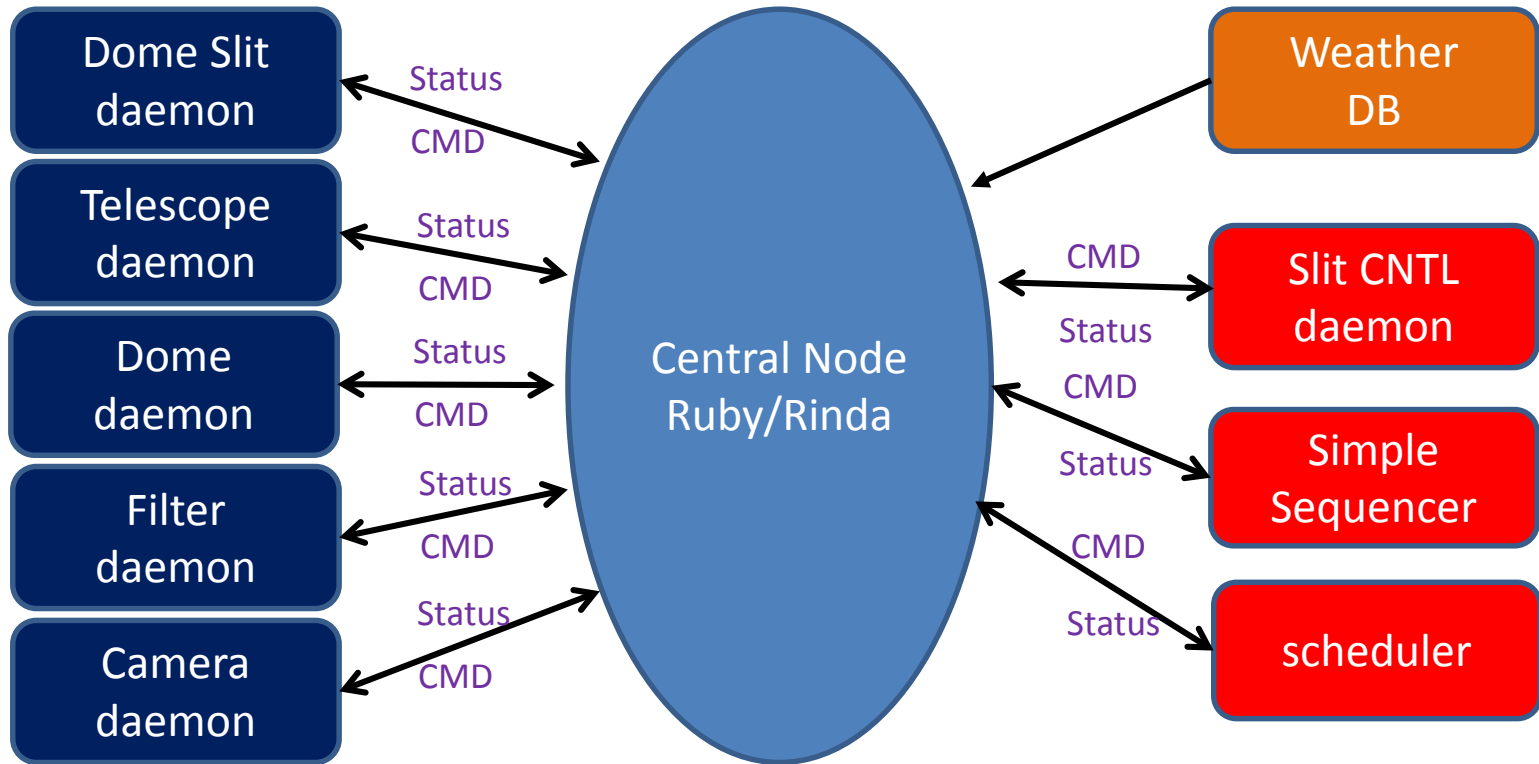
# OAOWFC ハードウェア・ブロック図

LAN



Local Control Unit: LCU の仕様  
 CPU: H8S2633  
 I/O: 50 ch / 16 ch.  
 シリアル通信: 3ch.  
 入出力電圧: 最大30V

# OAOWFC ソフトウェア・ブロック図



Central node は、Ruby/Rinda をつけた分散共有メモリ(掲示板)。アクセス許可されたホストからは自由に読み書き可能。機器制御は非同期処理。

# 装置のまとめ

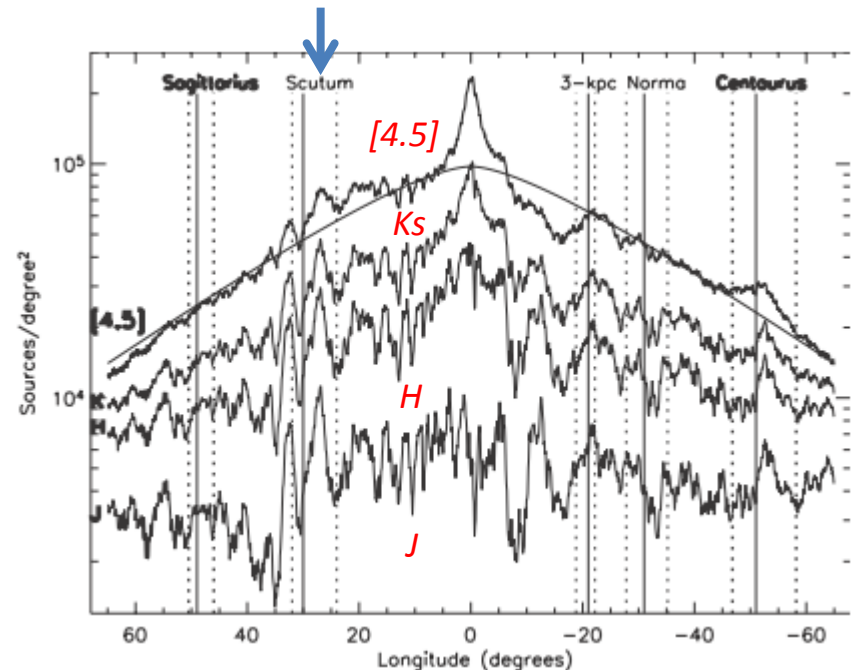
- 91cm反射望遠鏡を広視野近赤外カメラに改造した
  - 世界で最も速い(F/2.5)近赤外線撮像光学系
  - 視野は、 $0.48 \times 0.48 \text{ deg}^2$  でVISTAに次ぐ広さ
  - 結像精度 2 pixel を達成
  - オートフォーカス機能を付加
- 装置制御は殆ど内製
  - ワンチップマイコンボード
  - Ruby/Rinda を用いた分散統合制御



# パイロットサーベイ結果

# 特定天域の場所と 選択理由

- 技術面
  - Bulgeを除いてKで最も星の多い領域なので、観測能力を試すのに適している。
  - この天域で解析が出来れば、同じ手法をよその天域に適用できる。
- 科学面
  - Scutum Arm
  - Cepheids は Arm に付随する。

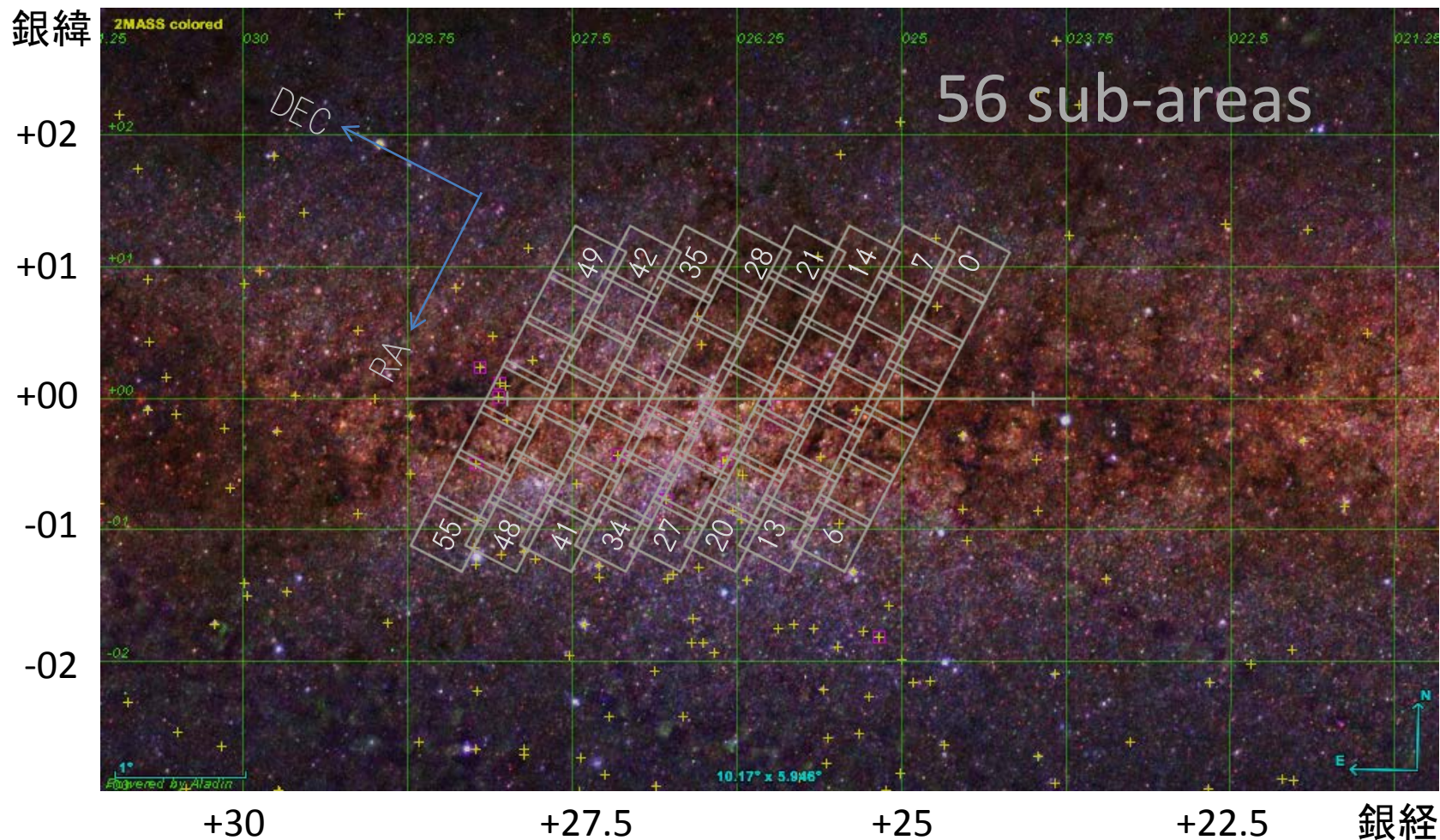


Density of sources in the Galactic plane ( $|b| < 1^\circ$ ) for near and mid-infrared bands (J, H, K, and Spitzer/IRAC [4.5], as labeled) in the magnitude range  $m = 6.5$  to  $12.5$  averaged over  $2^\circ \times 0.1^\circ$  strips. (Benjamin et al 2005)

2MASS false color image from Aladin



# パイロットサーベイ選択天域 GP026

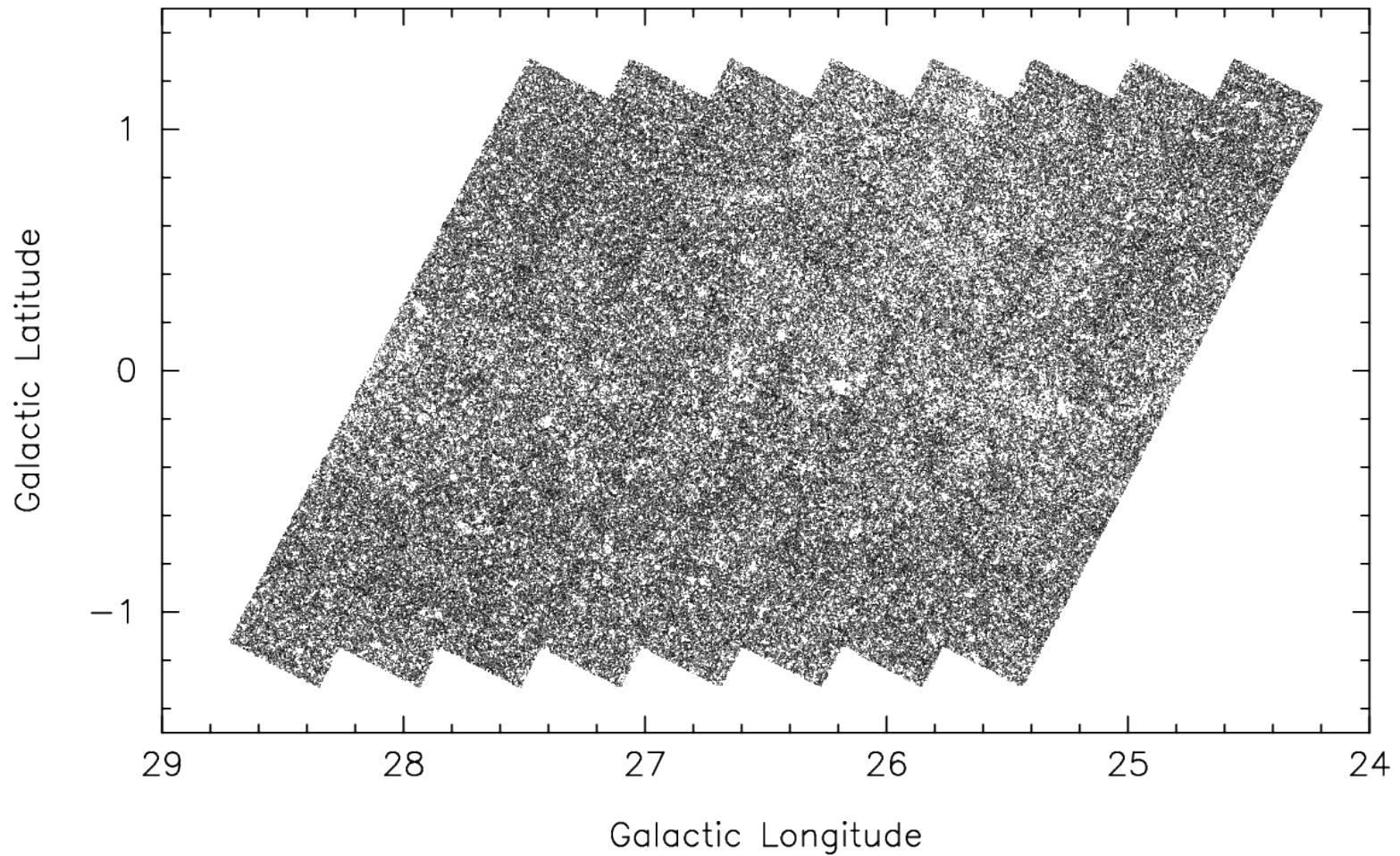


# データ処理手順

1. ダーク引き、フラット処理
2. WCS 較正 (imwcs, SCamp)
3. 画像の重ね合わせ (SWarp, median合成)
4. PSF 測光 (PSFEx + SExtractor)
  - 測光フレーム総数 1,635
5. 2MASS PSC 対応天体の選別
  - 離角  $< 1$  arcsec
6. ゼロ点較正 (wrt 2MASS Ks)
7. カタログ完成
  - レコード数 6,305,154

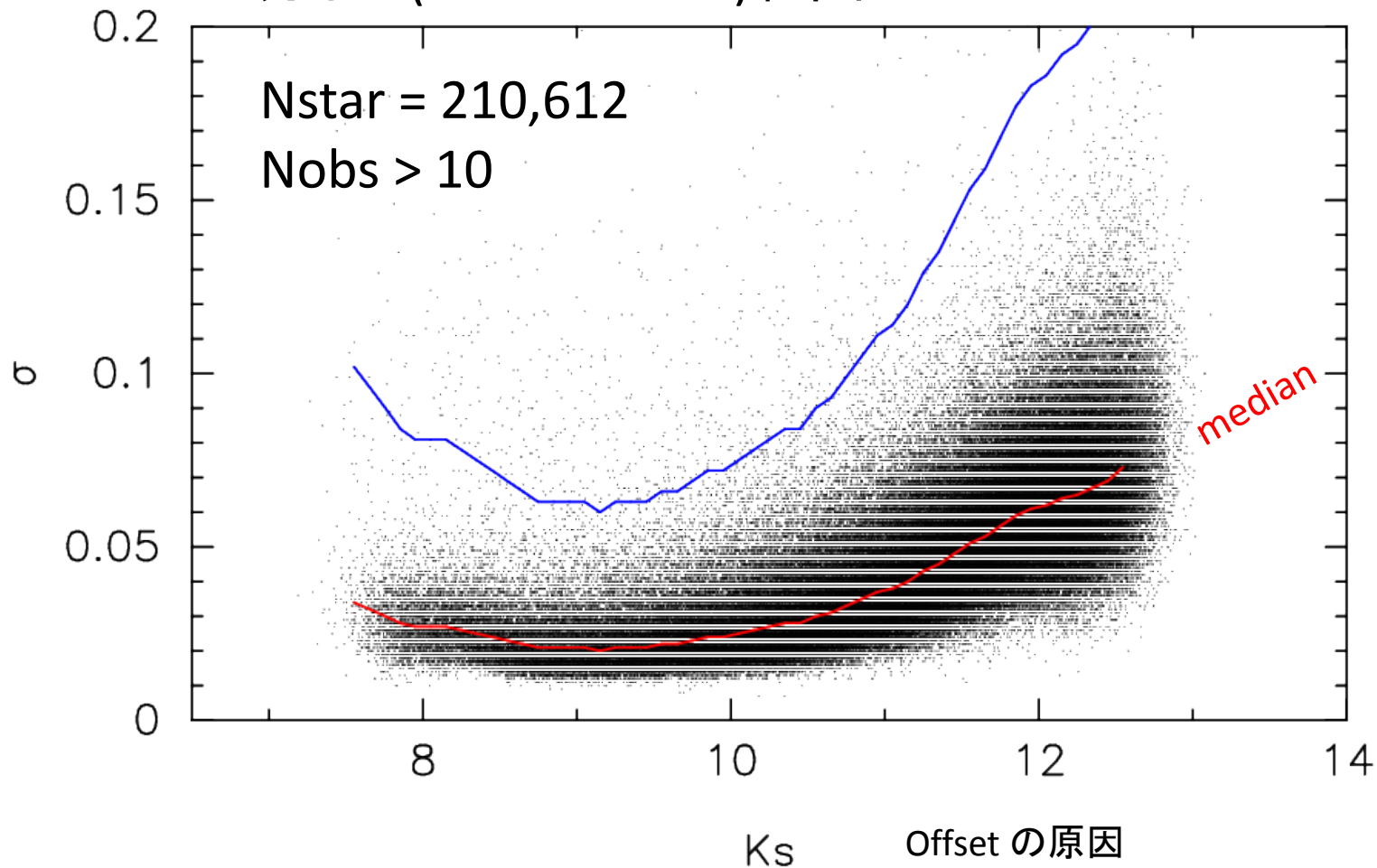
# 検出天体の分布

Nstar = 286,481



# 測光誤差の見積もり

明るい( $8.7 < K_s < 9.5$ )範囲で  $\sigma = 0.021$



$K_s$

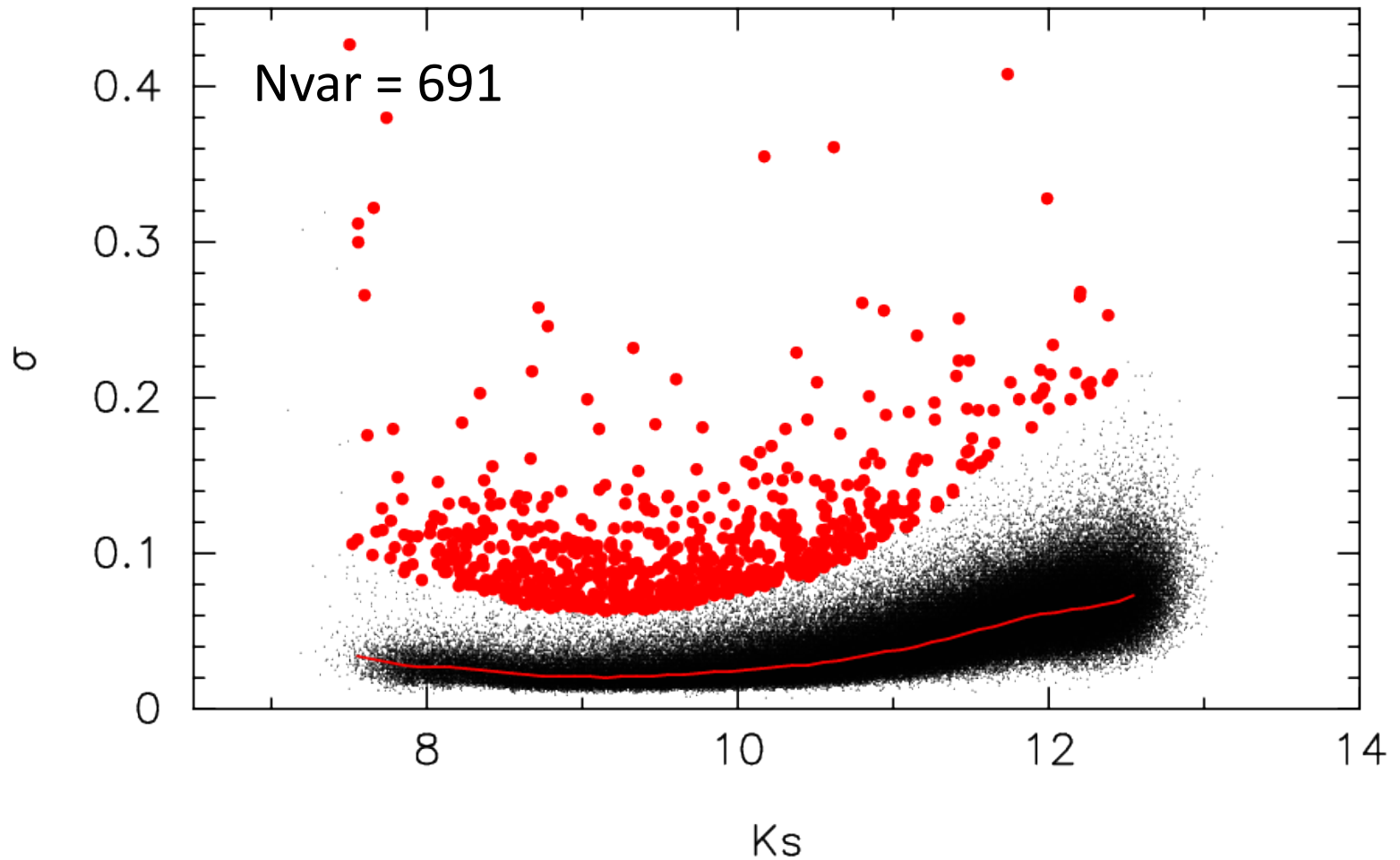
Offset の原因

zero point のずれ

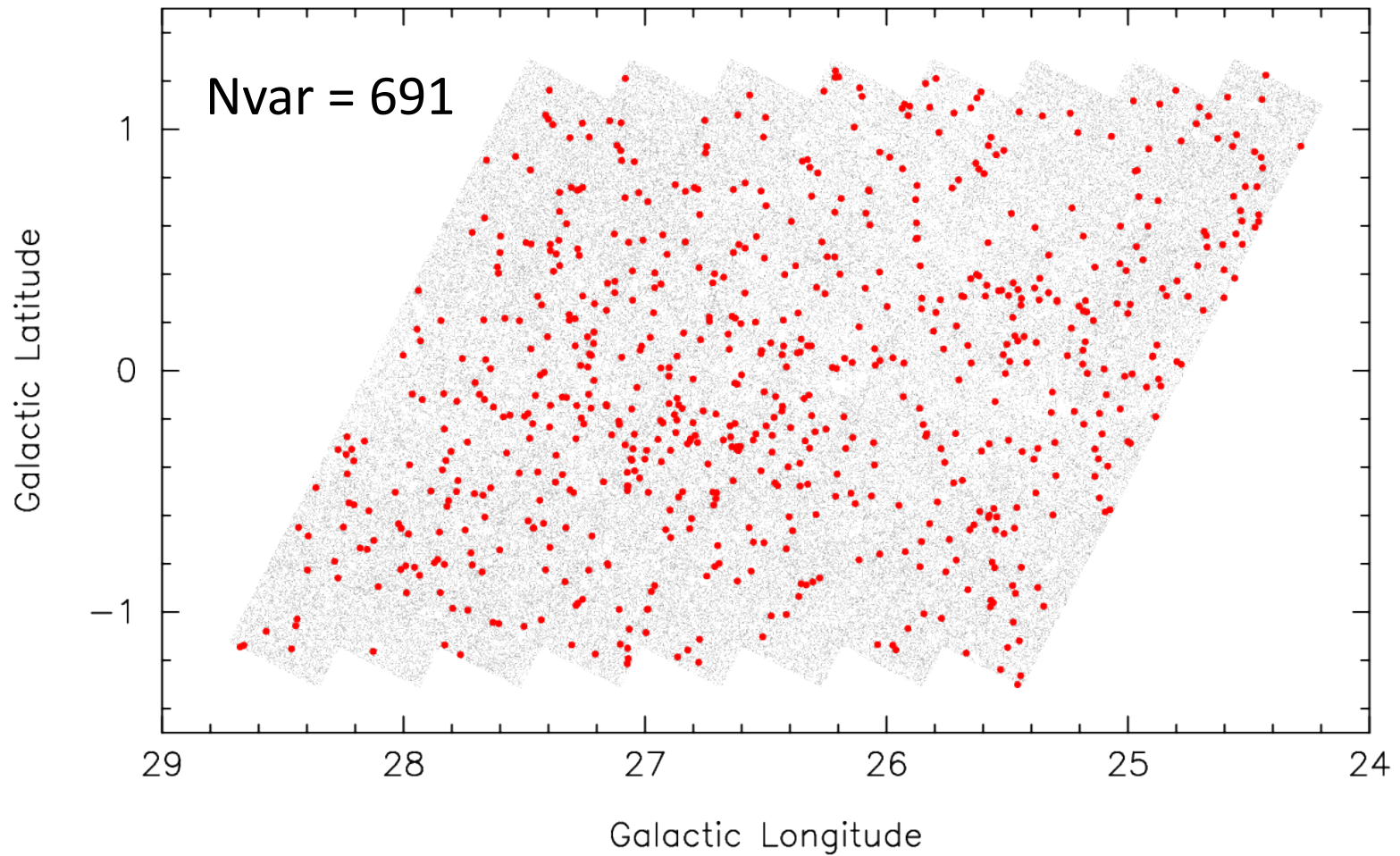
2MASS の測光精度(0.02mag)

# 変光星候補

各等級で、 $\sigma > 3 \sigma_{\text{median}}$  を候補とした。

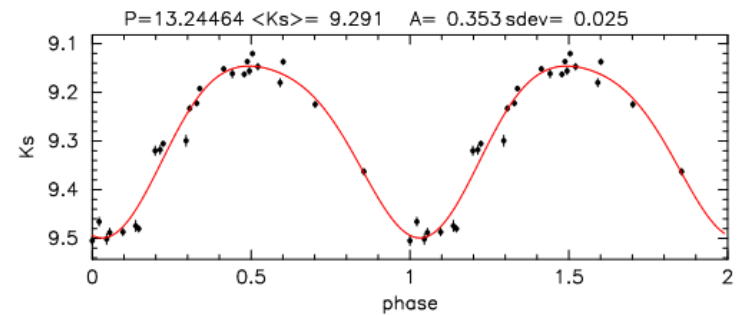
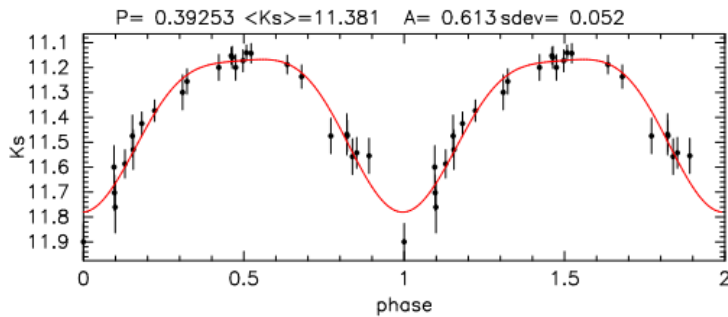
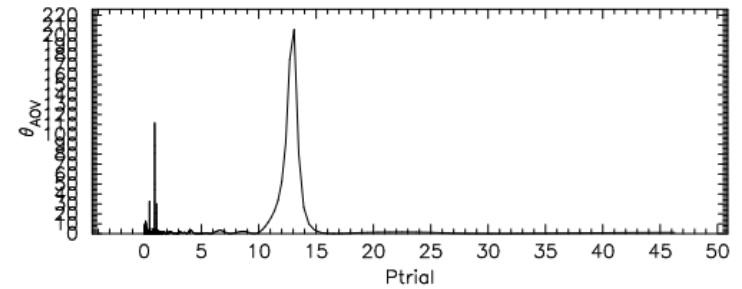
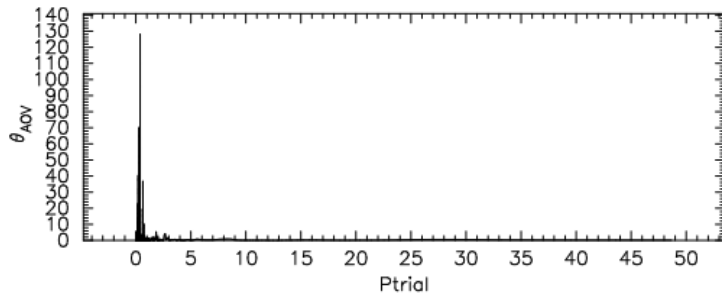
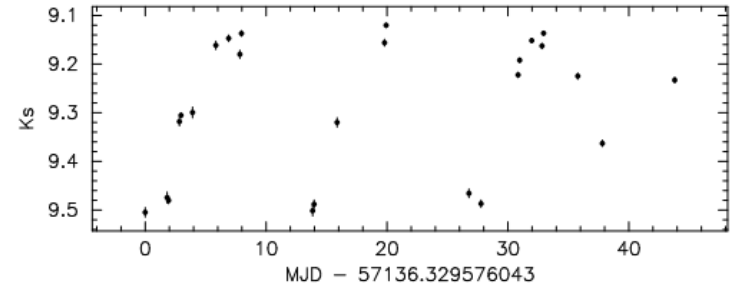
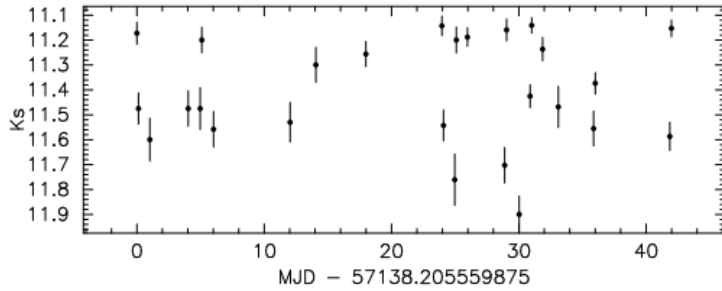


# 変光星候補の分布

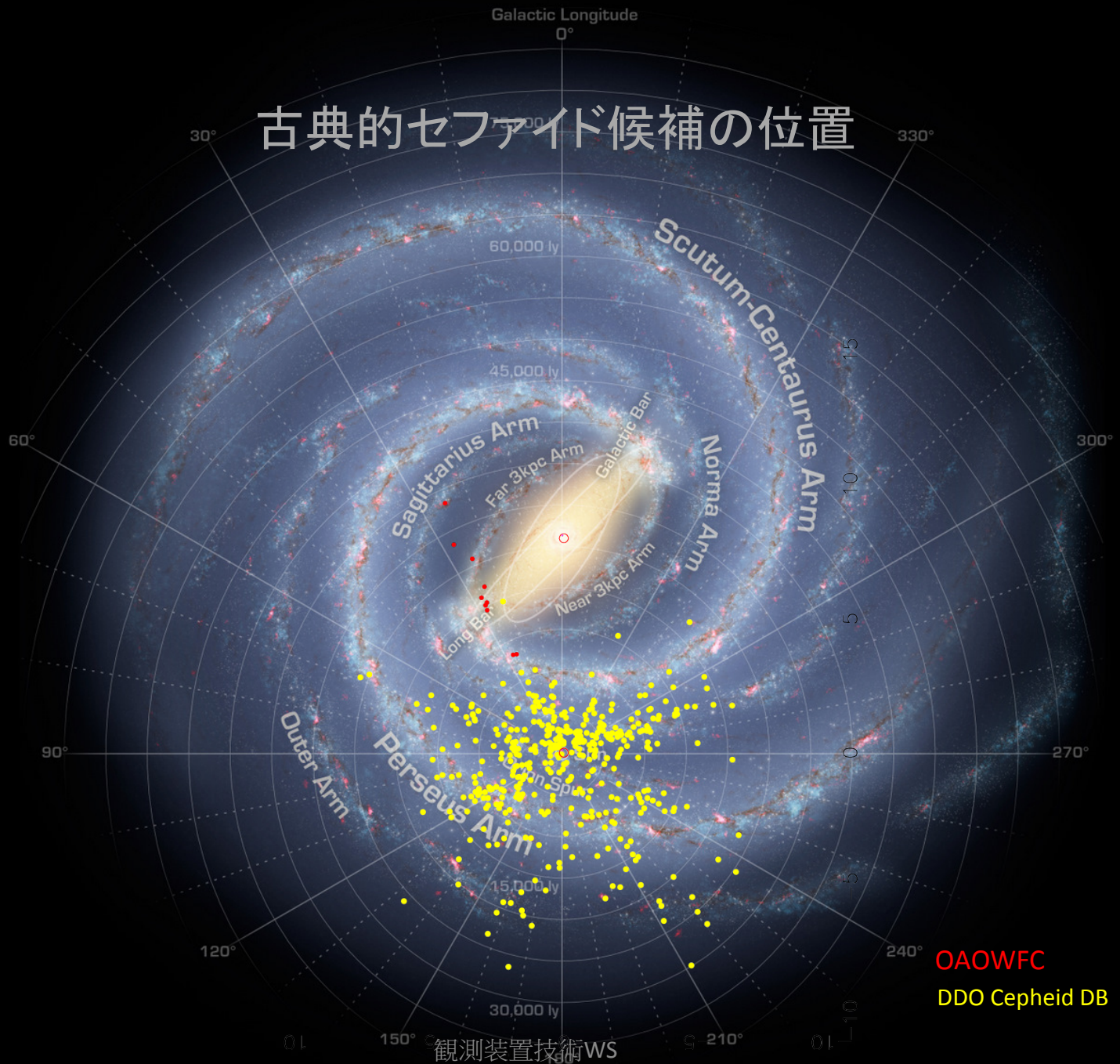




# 変光星の周期解析例



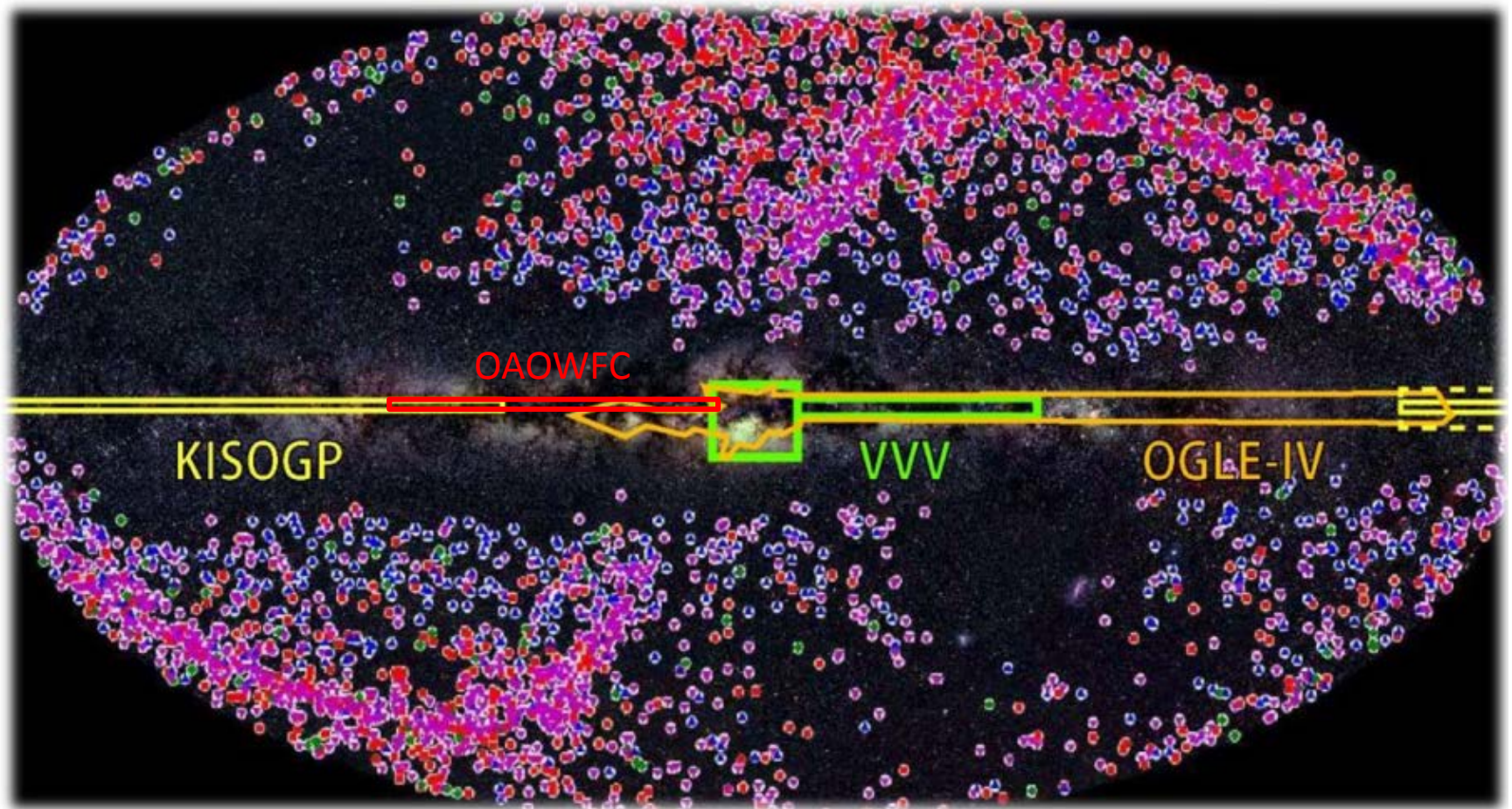
# 古典的セファイド候補の位置



# パイロットサーベイのまとめ

- 銀河面のパイロットサーベイを実施した
- 特定天域(6平方度)から
  - 691個の変光星候補天体(LPV, Cepheid ほか)を検出した
    - 長周期4割強、不規則型4割強、残り1割
- Cepheid の周期をもつ30天体のうち、17 天体(classical:11, typell:6)同定した
  - $A_v=40^m$  のCepheid候補を発見した。これは OAOWFC Ks-band ならではの発見
- 繰り返し測光精度 2% を実現した

# OAOWFC のサーベイ範囲



# まとめ

- 広視野赤外線カメラを作成した
- パイロットサーベイを行い、目的である科学観測ができる事を確認した
- 今後、サーベイエリアを拡張し inner Galaxy のマッピングを実施する
- 研究協力者募集中
  - 不規則型変光星