

平成15年スタートの岡山観測所プロジェクト

# 超広視野赤外線カメラによる 銀河面モニタ計画

OAOWFC: Okayama Astrophysical Observatory Wide Field Camera  
= 超広視野近赤外線カメラ

柳澤顕史、中田好一\*、泉浦秀行、吉田道利、渡邊悦二、  
清水康広、岡田則夫、中村京子、乗本祐慈、岡田隆史、  
小矢野久、稲田素子(国立天文台) (\* 東京大学)

# 短周期ミラ型変光星を利用して、 銀河系の構造を探る。

短周期ミラ ( $P < 300$  day) は 5 - 10Gyr で、銀河系の骨格を成す星。近赤外域で最も明るく、容易に存在もわかり、数も多い。 **銀河系構造探査に適した天体**

1. OAO91cm鏡を1度角の広視野近赤外カメラに改造
2. 銀河面 ( $l = 0 - 270$ ) を定期的 (3 week) にモニタ
3. 短周期ミラを検出し、平均等級と変光周期をカタログ化  
カタログの直接応用として、
4. P-L関係から距離を出して、銀河系内分布を求め、
5. 年齢ごとに、スケール長・高さを吟味する  
視線速度を測定して、運動学的構造の理解

# ミラ型星の特徴

1. 近赤外でとても明るい。  
3000 - 10000太陽光度。輻射のピークは  $1 - 2 \mu\text{m}$   
K=7.6@銀河中心、K=9.5@20kpc(銀河円盤端)
2. 年齢がわかる  
変光周期は年齢のよい指標。P 長、年齢 若。  
P<300 dayのミラの年齢は 5-10Gyr (Aaronson & Mould 1984)
3. 距離がわかる  
周期-K等級関係 (Feast *et al.* 1989)

小口径でも銀河系全域のミラを見つけられる。  
周期から年齢・距離がわかる。

銀河系構造の理想的なプローブ

# 図1: ミラ型変光星の周期光度関係

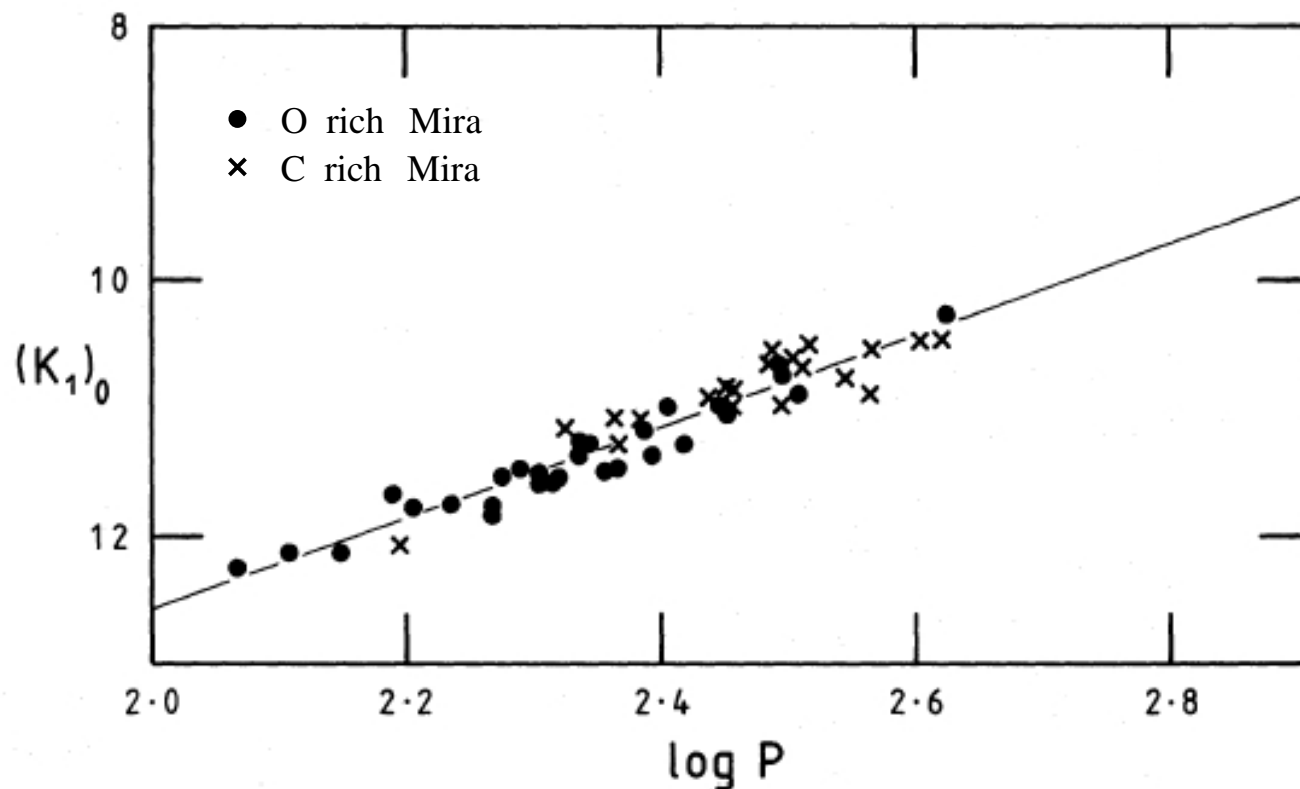


Figure 1. Period-luminosity relation at K: filled circles = O-Miras ( $P < 420$  d); open circles = O-Miras ( $P > 420$  d); crosses = C-Miras. The line is the least-squares fit to the O and C-Miras with  $P < 420$  d.

分散は 0.13 mag.

Back

# 本研究の特徴

短周期ミラの探査が行われなかった理由

## 技術面

赤外線広視野カメラがなかった。

特に、**大規模2次元アレイセンサが存在しなかった。**

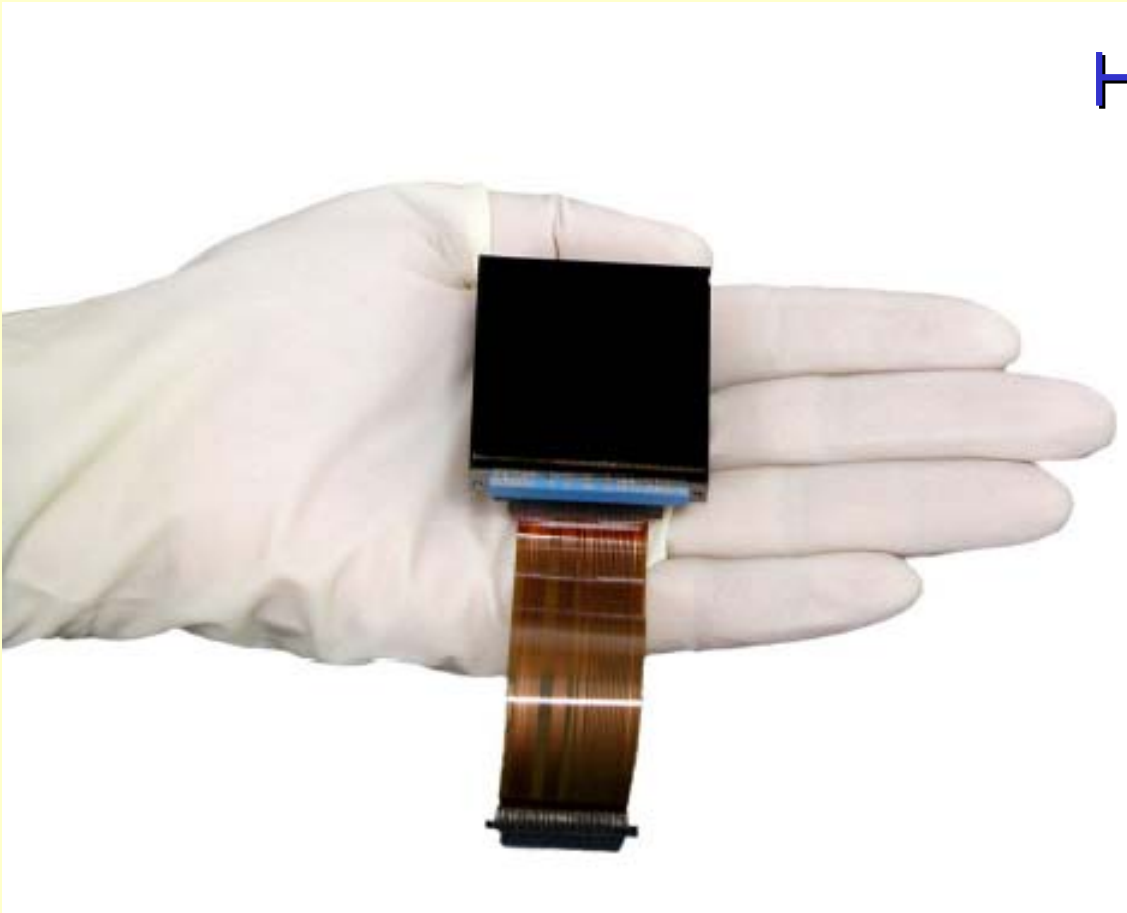
## 天文学面

激しい質量放出現象を示す**長周期ミラ(赤外ミラ)**に**関心が集中**し、**短周期ミラ(可視ミラ)**の研究が進まなかった。

HAWAII2アレイの採用と、広視野光学系を実現し、**技術的課題をクリア**

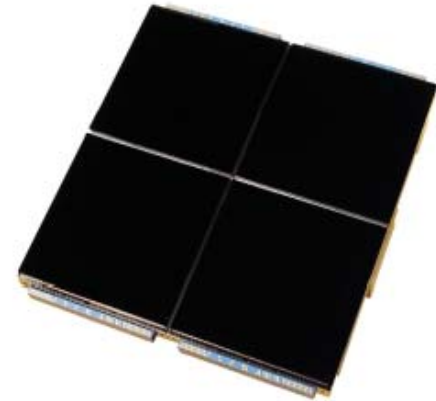
**観測対象を短周期ミラにしぼり、着実に成果を狙っている。**

# HAWAII2RG検出器



画素数 : 2048 x 2048  
画素サイズ : 18  $\mu\text{m}$   
開口率 : > 98%  
出力ポート : 1, 4, 32  
動作温度 : > 30K  
量子効率 : > 65%

 **ROCKWELL  
SCIENTIFIC**



# 本研究の位置付け (1/2)

## VERA計画との違い

VERAが観測を苦手とする短周期ミラを対象。

VERAは主としてメーザー現象を伴う長周期ミラ ( $P > 300$  day) を観測する。  
短周期ミラは無バイアスにモニタする方法が効率良く見つけられる。

より老齡のミラ型星を対象。

ミラ型変光星の変光周期は、年齡の良い指標。(P 長、年齡 若)  
長周期ミラはVERAが、短周期ミラは本計画がカバー。

本計画とVERAは相補的であり、競合することはない。

より多くのミラ型星をモニタ。

本計画で見つけられるミラ型星の数は数千から数万と予想さる。  
モニタする数においてVERAを桁でしのぐ。

# 本研究の位置付け (2/2)

## その他計画との比較

IRAS, 2MASS, DENIS:

変光周期のもとまるほど繰り返しの観測をしていない。

UKIRT WFCAM:

3回の繰り返しの観測 周期は求められない。

アストロメトリ衛星:

今後10年で、DIVA, GAIA, SIMなどの衛星が打ち上げられる。  
これらはすべて可視光の観測なので銀河面を見通すことは  
原理的に不可能。

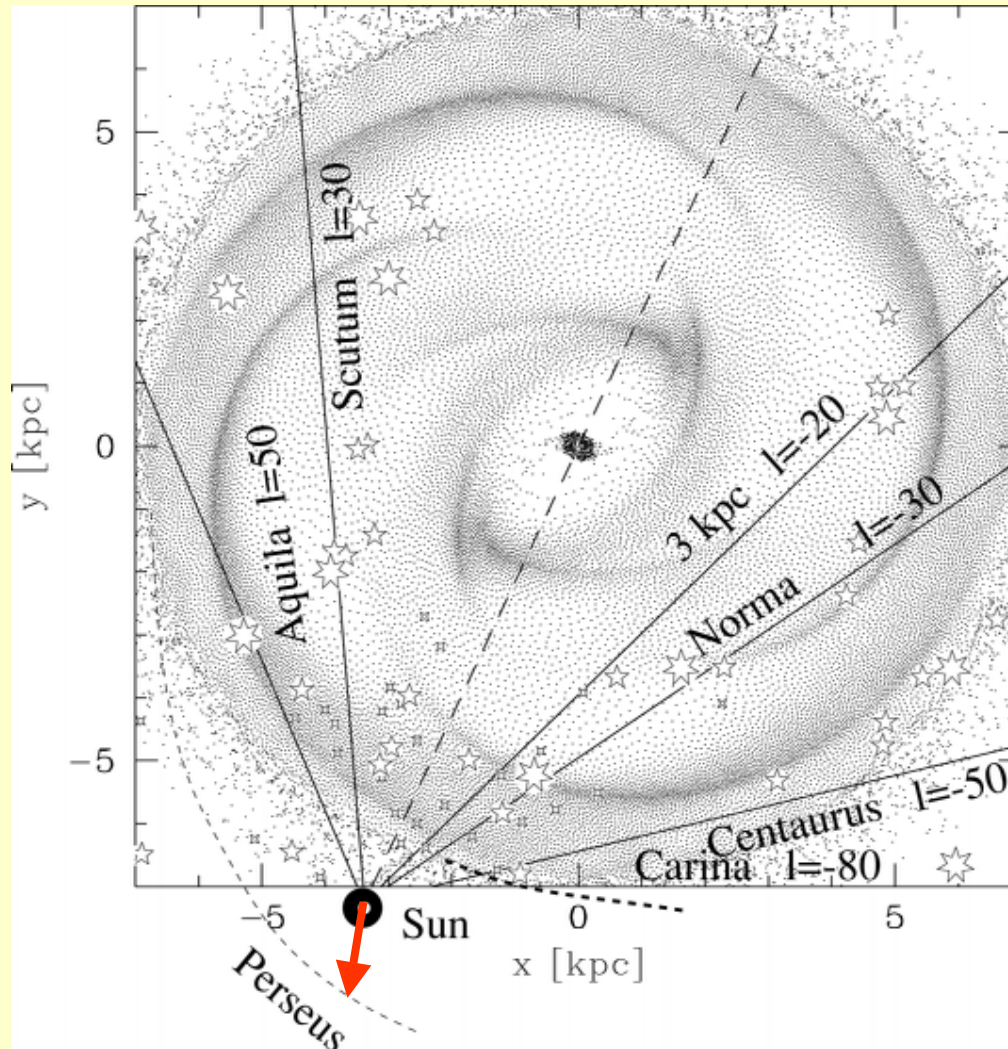
JASMINE:

日本の近赤外位置衛星計画 (2010以降)

**本計画は、短周期ミラを探す唯一のプロジェクト**



# 短周期ミラ (P = 185days) の系統的運動



現在の36吋望遠鏡



# OAOWFCによる銀河面モニタ

OAOWFCは岡山観測所 36インチ望遠鏡を改造して製作する近赤外広視野カメラで、視野1度角が得られる。銀河面モニタ計画の主観測装置。

OAOWFC: Okayama Astrophysical Observatory Wide Field Camera

諸元	表1参照
光学系レイアウト	UKIRT WFCAM を参考に製作 (図2参照)
スポット図	HAWAII2検出器1画素内に80%以上のエネルギー (図3参照)
取り付け概念図	冷却シュミット部をクライオスタットにする (図4参照)
検出限界	K=13をS/N=30の精度でとらえるのに45秒露出 (図5)
観測方法	雲モニタ (図) を導入し、自動スケジュール観測。
サーベイ効率	悪く見積もっても650 sq.edg /month 以上と期待。
サーベイ期間	平成15年度より、3年間(以上)
サーベイ領域	岡山から見える銀河面に沿って。複数の方法を検討中 (図6参照)
データ解析	相対測光観測による明るさの評価。 MACHO 探査で発達した Image subtraction 方法 (図7) を利用。

## 本計画の高い Feasibility

1. Mirasは近赤外で明るい。
2. 岡山は年間を通じて晴れる。
3. Miras の変光周期  $\gg$  岡山の天気の周期
4. 相対測光 天候変化に強い。
5. 近赤外 都市光の影響ほとんど無し。
6. シーイングが悪くてもへっちゃら。
7. 望遠鏡指向誤差 (30 arcsec )  $\ll$  視野 (1 sq. deg.)

## まとめ

- 平成15年度より36吋望遠鏡を改造して広視野近赤外カメラをつくる。
- 近赤外で銀河面モニタを行うことで、短周期ミラ型変光星の検出と変光周期を求める。
- 個々の短周期ミラの距離をもとめ、銀河系の構造を明らかにする。

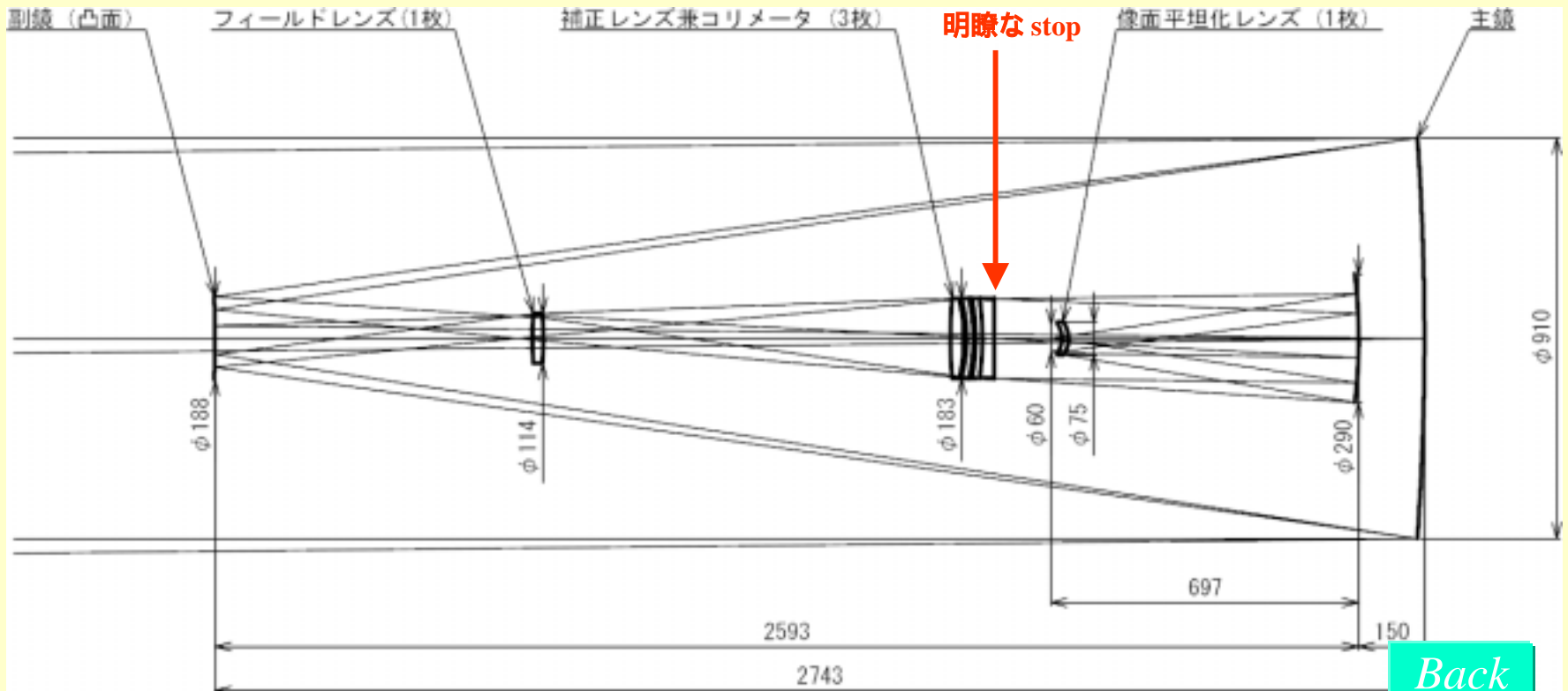
皆様のご支援をお願いします。

# 表1: OAOWFCの諸元

望遠鏡	OA0 36インチ 望遠鏡
有効径	91 cm
光学系	フォワードカセグレン+冷却準シュミット
口径比(F)	2.5
中心遮蔽	33 %
アレイ検出器	HAWAII 2( HgCdTe) Rockwell Science Center
フォーマット	2048 × 2048
画素サイズ	18.0 μm × 18.0 μm
1画素の見込む視野	1.6秒角 × 1.6秒角
感光領域	37.9 × 37.9 mm <sup>2</sup>
視野	0.98度 × 0.98 度
読み出しノイズ	20 電子
検出器駆動温度	70 K
サーベイ効率	11 sq. deg. / 時間 88 sq. deg. / 夜 650 sq. deg / 3 weeks
フィルター	Z, J, H, K <sub>s</sub> (New MKO system を採用)
シャッター	なし(achived by reset sequence)
データ処理	Image subtraction を利用

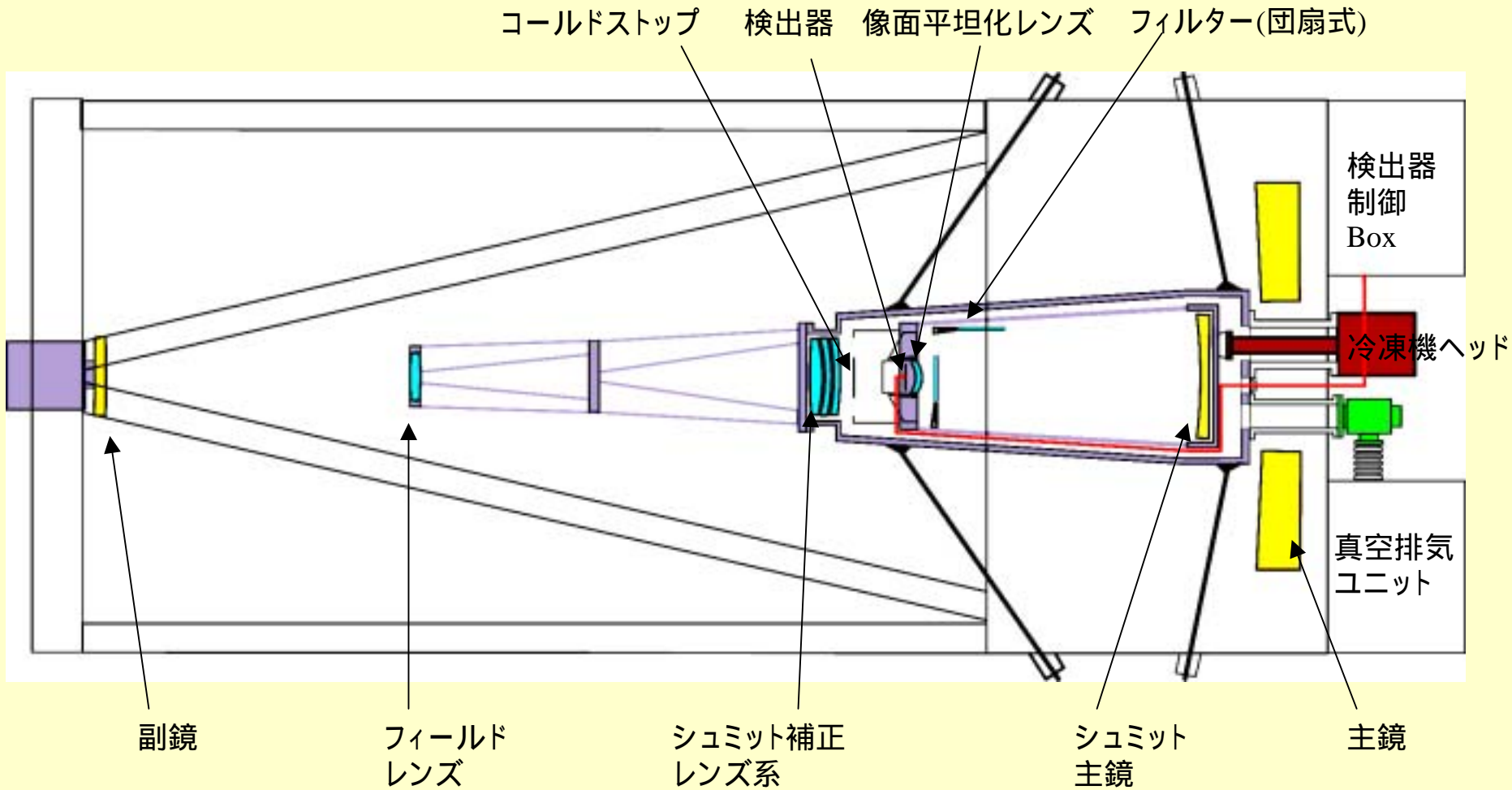
## 図2：光学系のレイアウト

UKIRT WFCAM をモデルに改良。36吋の主鏡はそのまま利用する。  
フォワードカセグレン + 冷却準シュミット 光学系で1度角の近赤外広視野撮像を実現。  
主鏡以外の光学系はすべて球面 製作が容易  
明瞭なストップができています K-band の深い撮像が可能  
像面湾曲は樽型で、その量は5%程度。  
中心遮蔽率は23%程度。



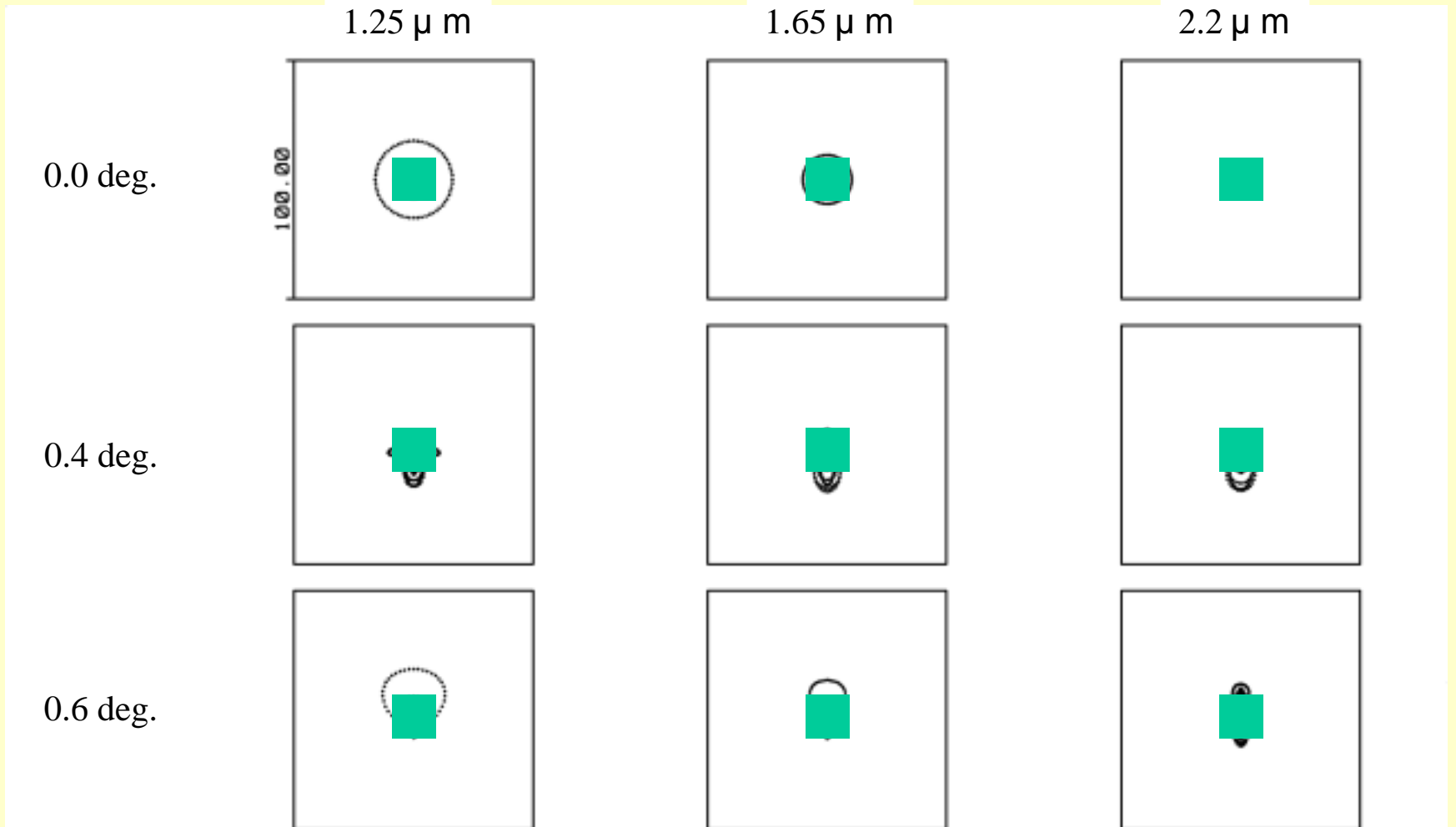
Back

# 図4 : OAOWFC組み上げ図



# 図3：検出器上におけるスポット図

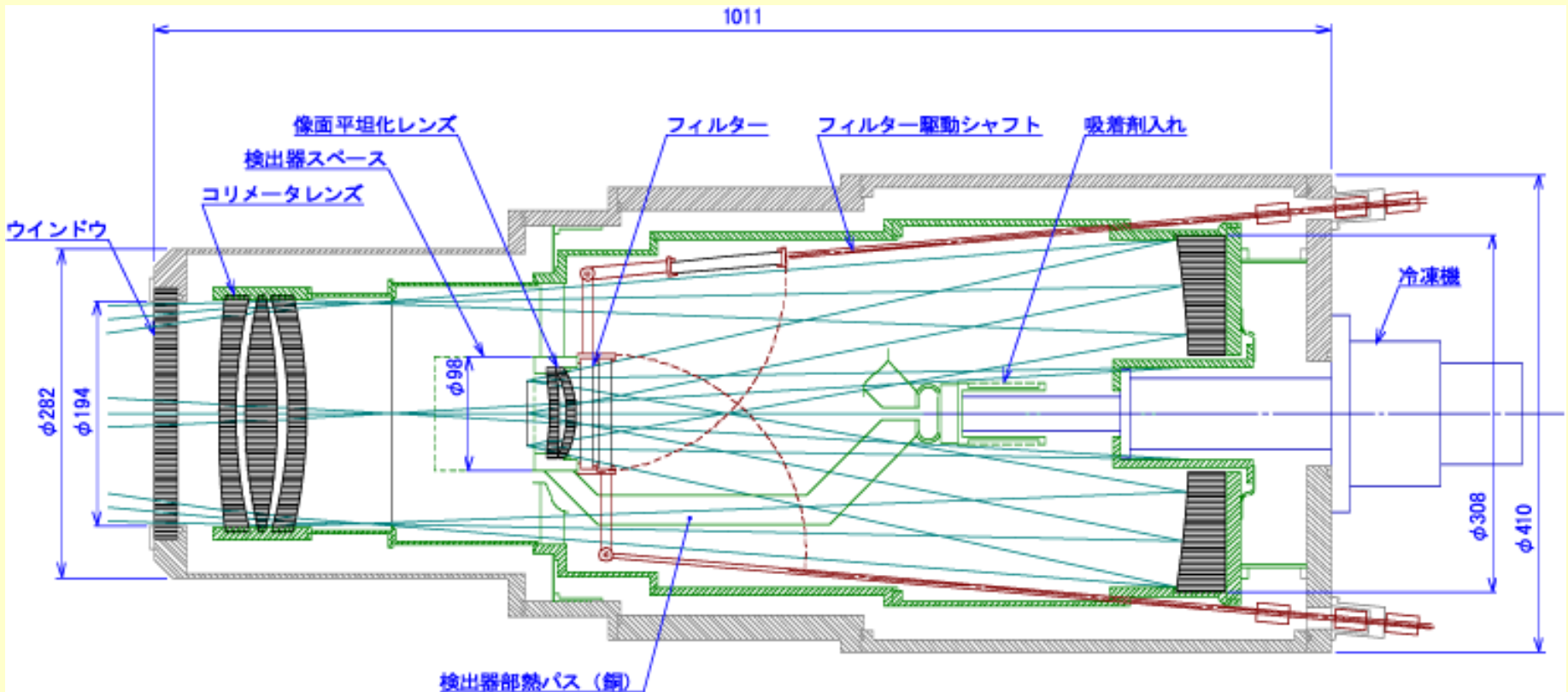
F/3.2光学系についての spot diagram. 1画素内に80%以上のエネルギーが入射している。



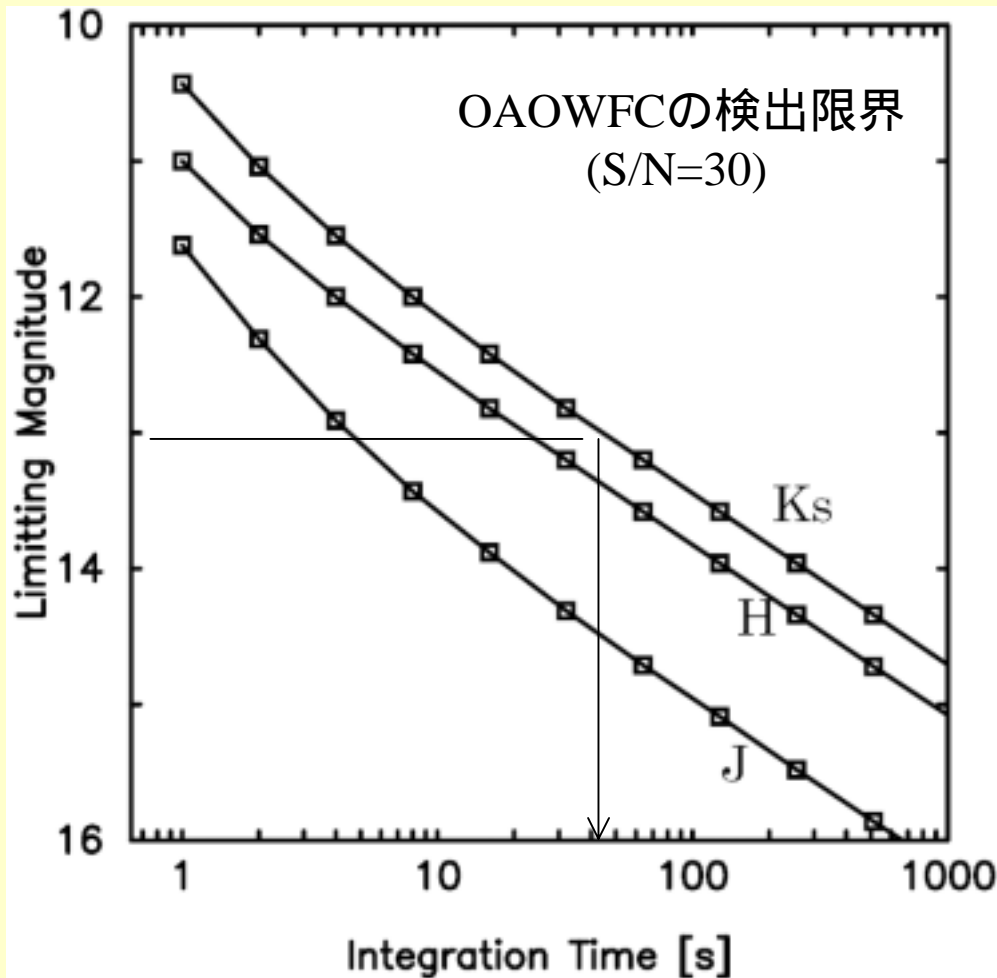
■ HAWAII 2 array の1画素の大きさ [Back](#)



# 図: OAOWFC冷却準シュミット部



# 図5 : OAOWFCの検出限界



## 計算の条件

- 中心遮蔽 : 30%
- 検出器の読み出しノイズ : 40電子
- 大気、光学系のスループット : 0.22
- 積分開口径 : 6 pixel
- 暗電流 : 0.1 電子/sec
- 背景光輝度
  - $\mu_J = 14.5 \text{ mag/arcsec}^2$
  - $\mu_H = 12.0 \text{ mag/arcsec}^2$
  - $\mu_{Ks} = 12.0 \text{ mag/arcsec}^2$

K=13(@20kpc,  $A_K=3$ )の天体を  
わずか45秒で、S/N=30で測光できる。

# サーベイ効率(悲観的見積もり)

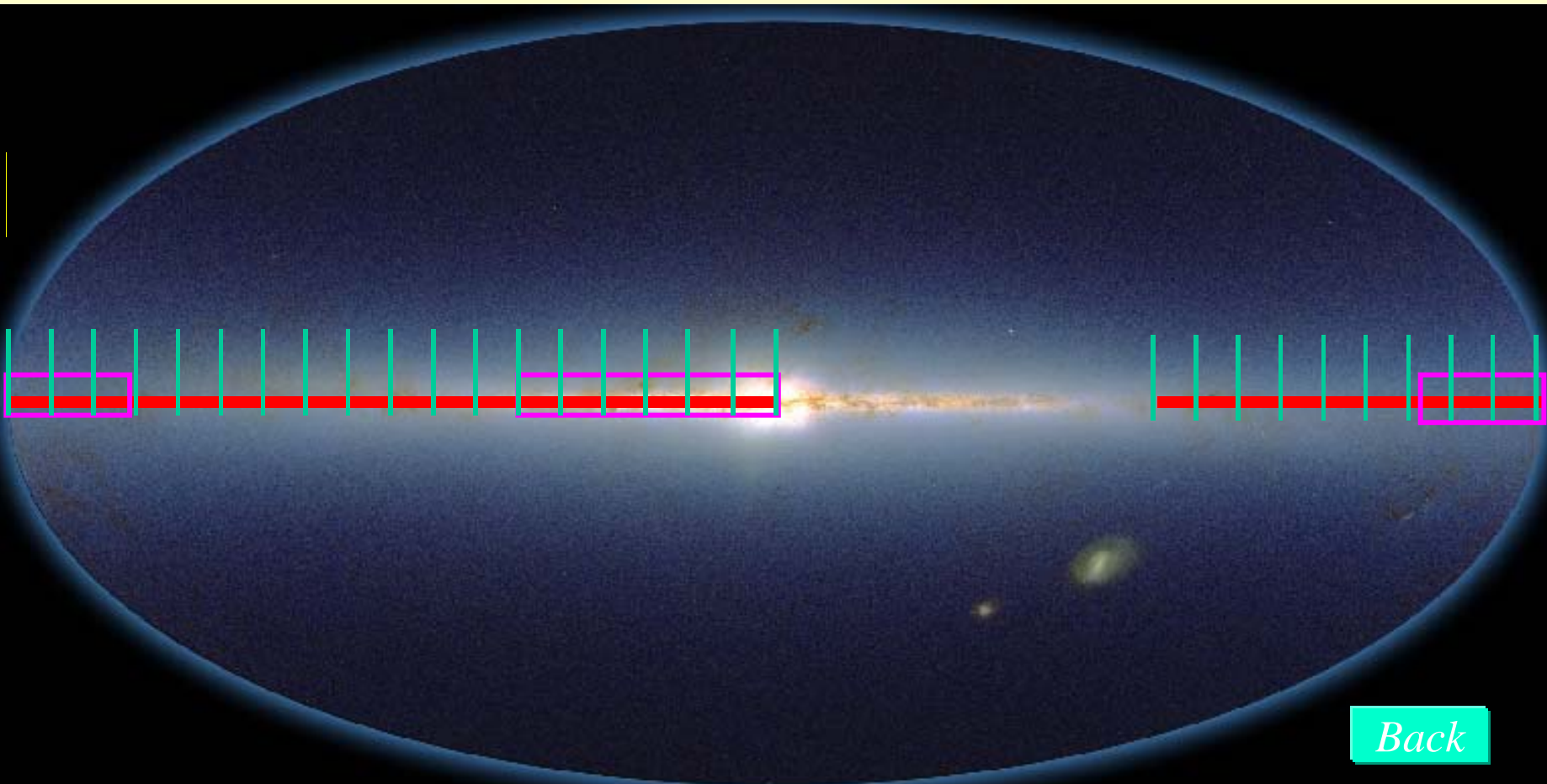
K=13をS/N=30で測光する場合の  
サーベイ効率を求める。

1. 1領域の観測時間を 240 sec (含む pointing overhead)
2. 一晩の観測時間を8時間
3. 晴天率を35% (☒参照)

650 sq.deg./3weeks

# 図: OAOWFCのサーベイ領域

銀河面上捜査 ( $|b| < 2, 0 < l < 270$ )、串刺し捜査 ( $b \pm 10$ 度、 $l$ 度のストリップを $l \pm 10$ 度おき)、  
選択天域捜査 ( $-2 < b < 8, 0 < l < 60$  &  $150 < l < 210$ ) の3通りを検討中。  
いずれも 650 sq. deg. の領域で、これは3週間に捜査可能な天域である。



# 自動観測支援ツール



気象モニタ



中間赤外線カメラで捕らえた夜の観測所

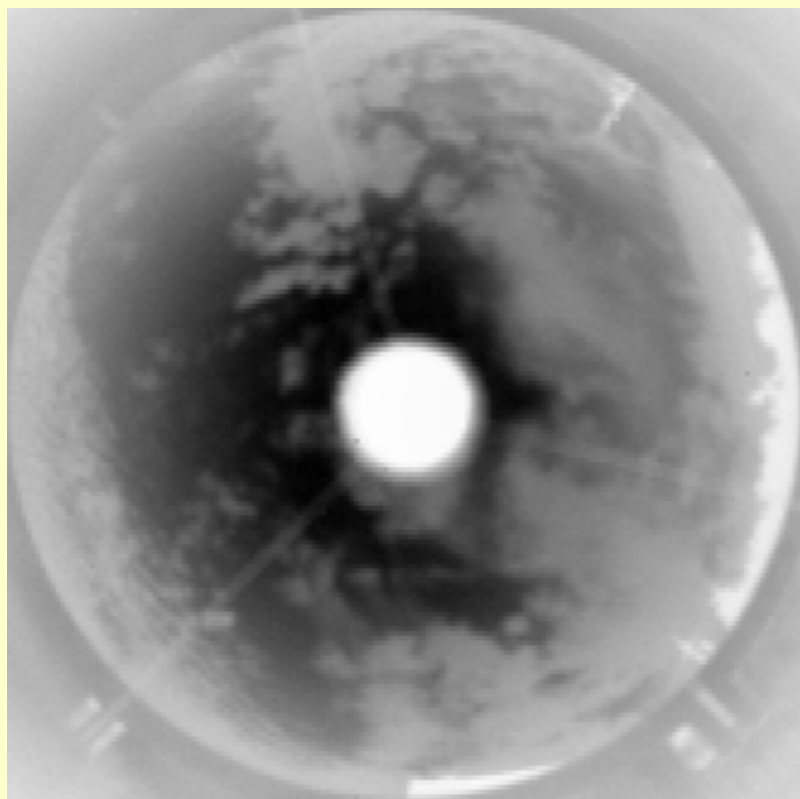


中間赤外線全天モニタ

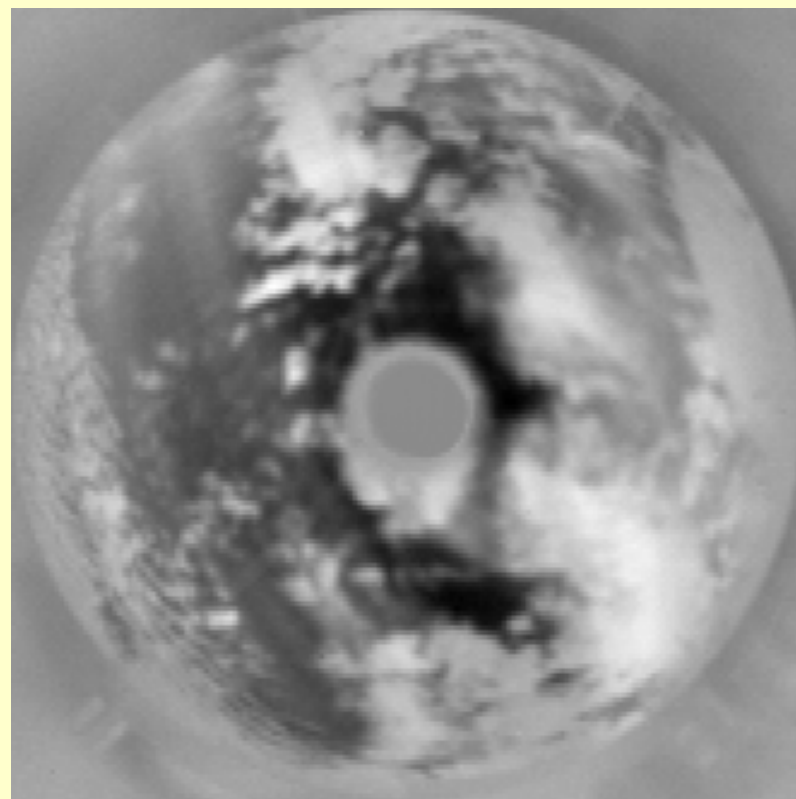
雲のないプログラム天域をさがして望遠鏡を向けることができる。

[Back](#)

# 図：中間赤外雲モニタの画像

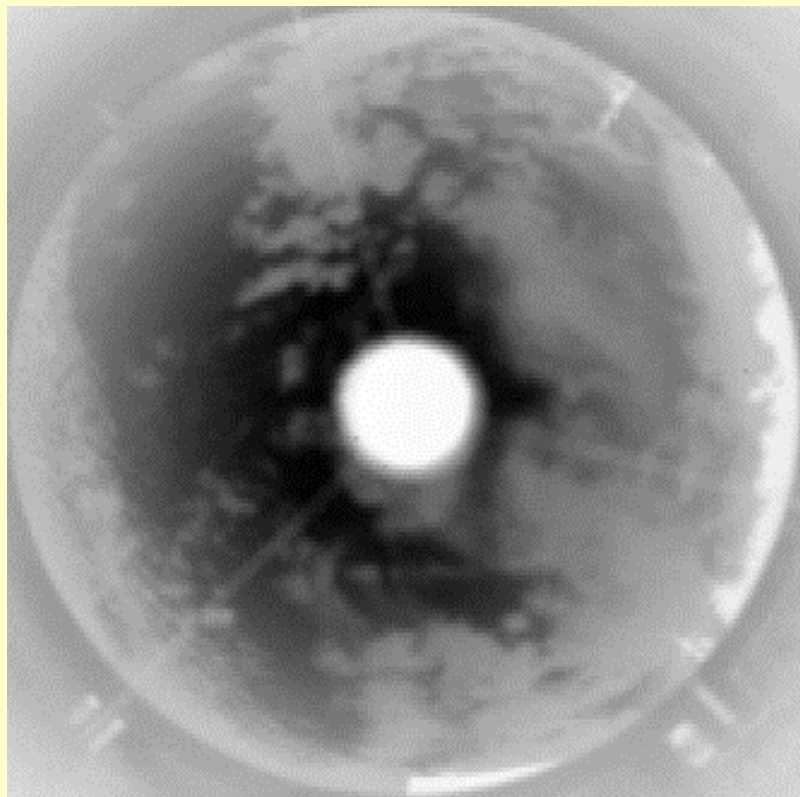


生画像

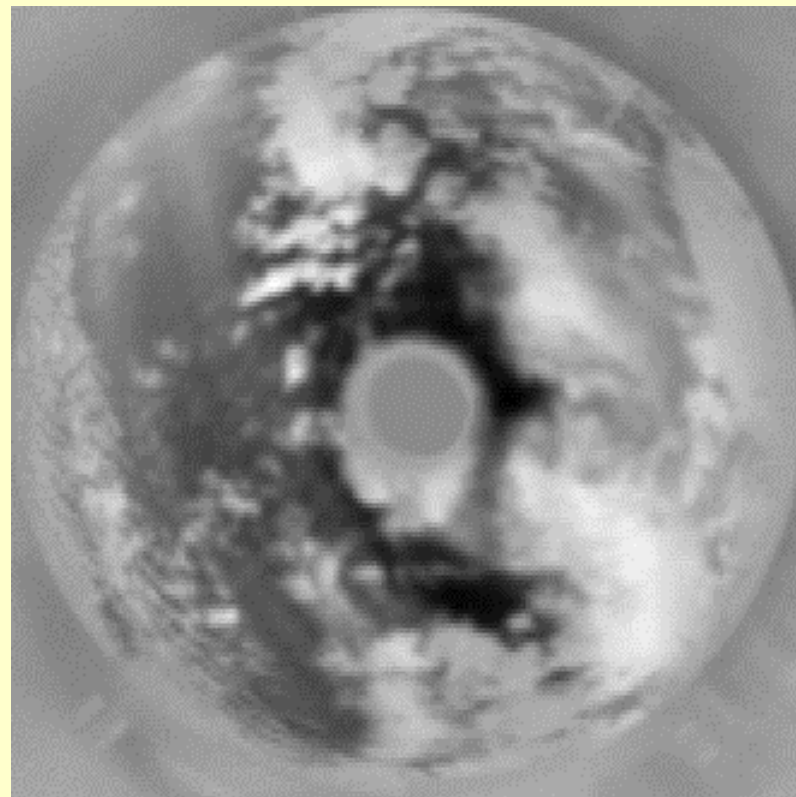


処理画像

# 図: 中間赤外雲毛二夕 (Movie)

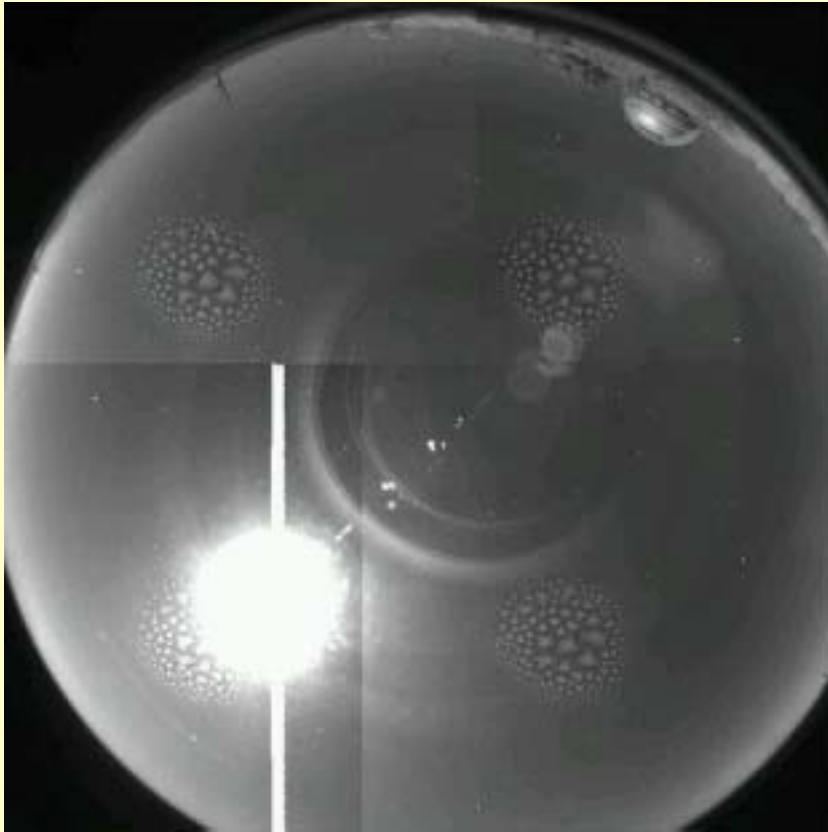


生画像

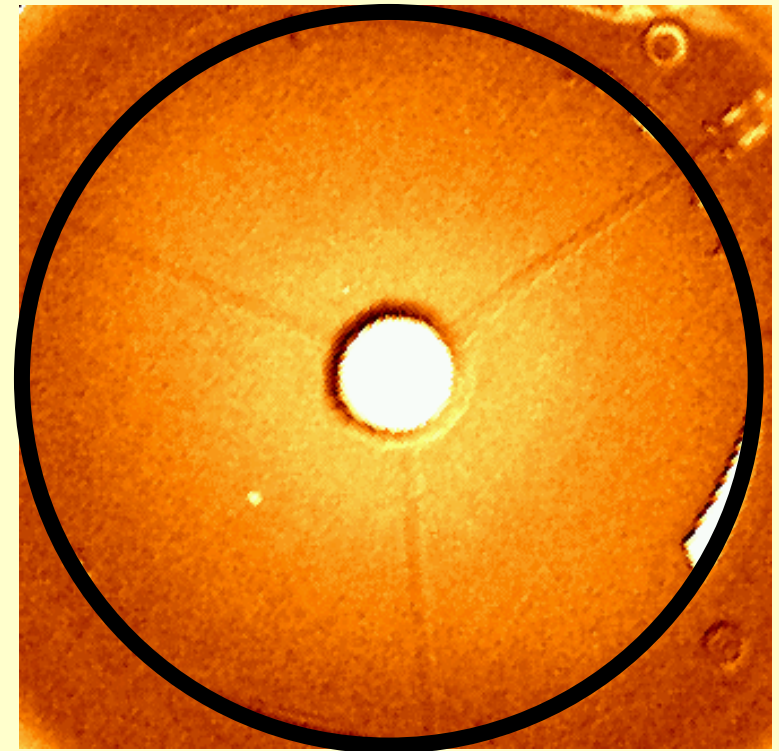


処理画像

# 図：中間赤外雲モニタ画像に見られる月の影響



可視モニタ

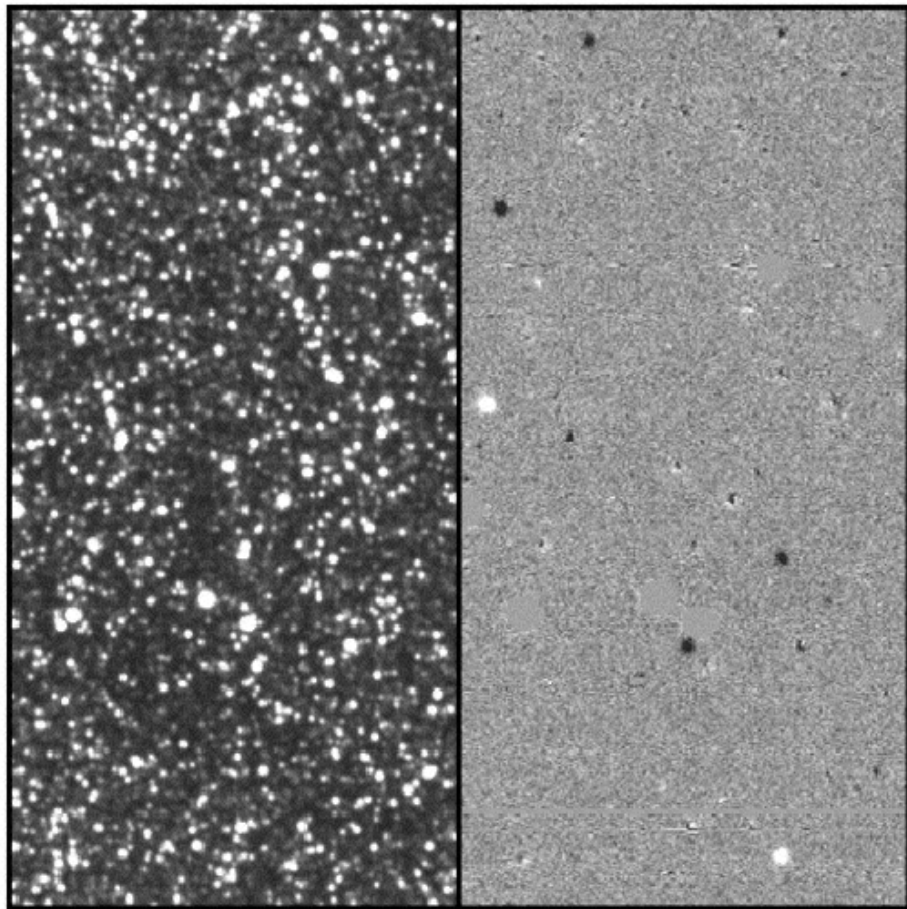


中間赤外モニタ

2002年9月23日 23:45



# 図7: 星の多い銀河面から変光星を抽出 する方法 ... Image Subtraction法

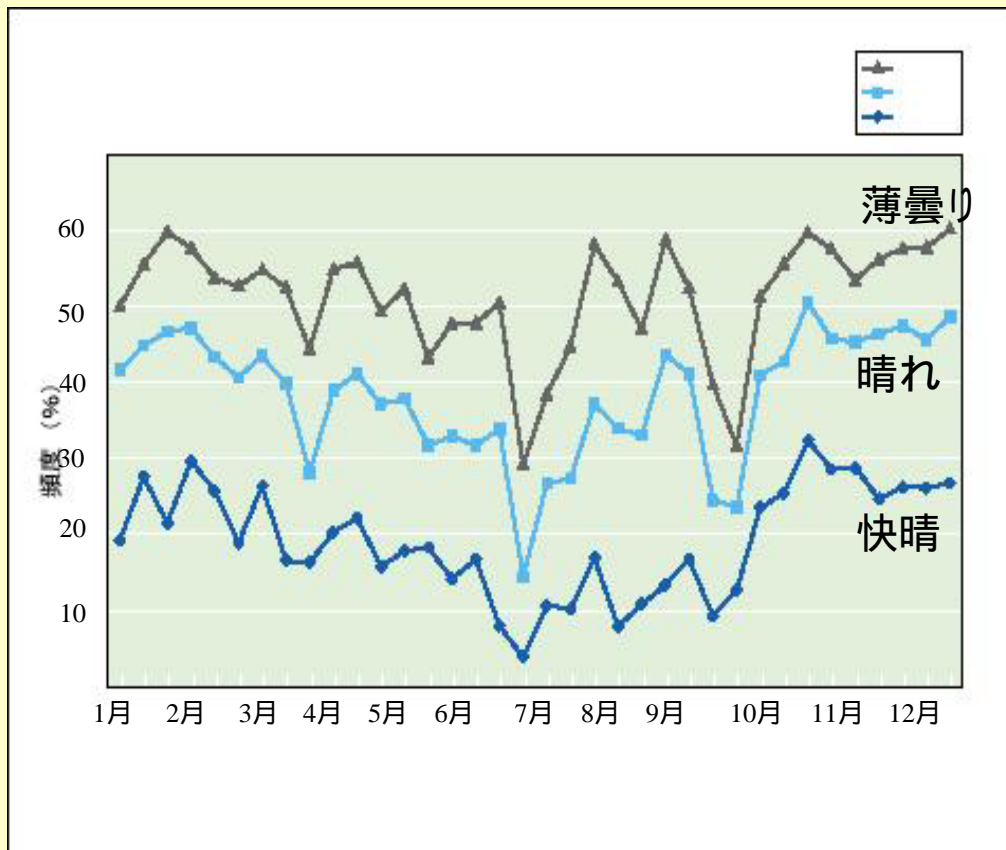


観測条件をソフト調整後、引き算  
変光成分のみを抽出する。

MACHO探査で発達した処理技術  
Crowded field で効果的

図: バーデ窓の観測画像(左)  
引き算後の画像(右)

# 図8：岡山観測所の平均夜間天候 1989-1999



年間を通して晴れの日がある。  
特定の季節に晴れが偏らない。  
周期決定に有利。

本プロジェクトを推進する上で、  
岡山は適している。

晴れの平均値は35%程度。