

AGB星ダストシエルの 光学域探査5

泉浦秀行

岡山天体物理観測所

国立天文台

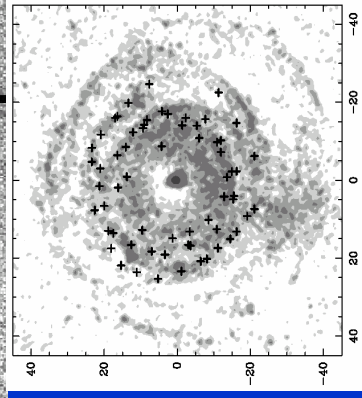
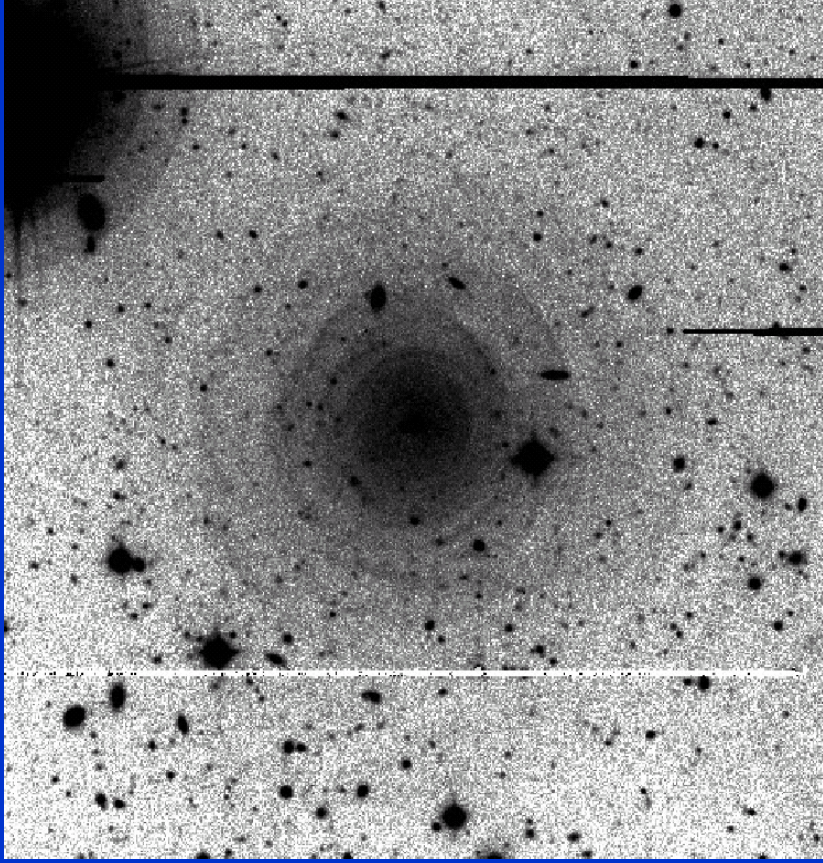
自然科学研究機構

&

中田好一、三戸洋之(東大、木曾)

橋本修(ぐんま天文台)

林忠史(富山市科学文化センター)



CN, HNC, HC3N

中小質量星
(赤色巨星段階)
漸近巨星分枝 (AGB) 段階
質量放出 (ガス & ダスト)
AGB 進化を支配
ダストシエル形成 遠赤外

AKARI

IRC+10216
V-band, 223" x 223",
CFHT, 4 min x 20,
25.1 mag/□,
r ~ 200",

Ambient Galactic light
Mauron & Huggins 1999,
AA, 349, 203

AGB星の広がった光学ダストシエル

僅か4天体

- ◇ IRC+10216 : $r \sim 200''$ (@ ~ 120 pc)
 - *Mauron & Huggins 1999, AA, 349, 203 星間輻射の散乱
- ◇ R Scl : $r \sim 20''$ (@ ~ 400 pc) & U Ant : $r \sim 60''$ (@ ~ 250 pc)
 - *Izumiura et al. 2000,
IAU-Symp. 177 (held in 1996), p.425
UK シュミット乾板上の画像 (DSS)
 - *Gonzalez Delgado et al. 2003, AA, 399, 1021
ESO 3.6m + EFOSC + Corona-Graph + NBF + Polari
(cf. Gustafsson et al.1997, AA, 318, 535 and refs. therein
on NaI and KI resonance scattering lines)
- ◇ AFGL3068 : $r \sim 10''$ (@ ~ 500 pc)
 - *Mauron and Huggins 2006, AA, 452, 257, HST, ACS, F606W
星間輻射の散乱

どれも対応するCOガスシエルを持つ (cf. Olofsson et al. 1990, AA, 230, 405)

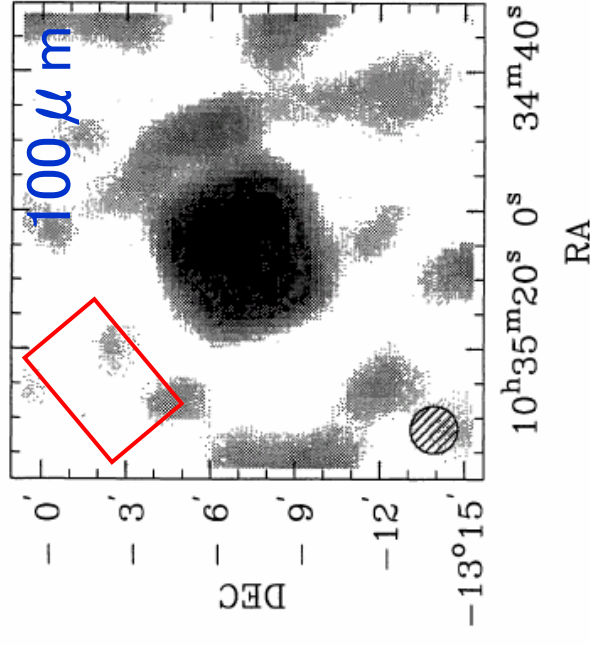
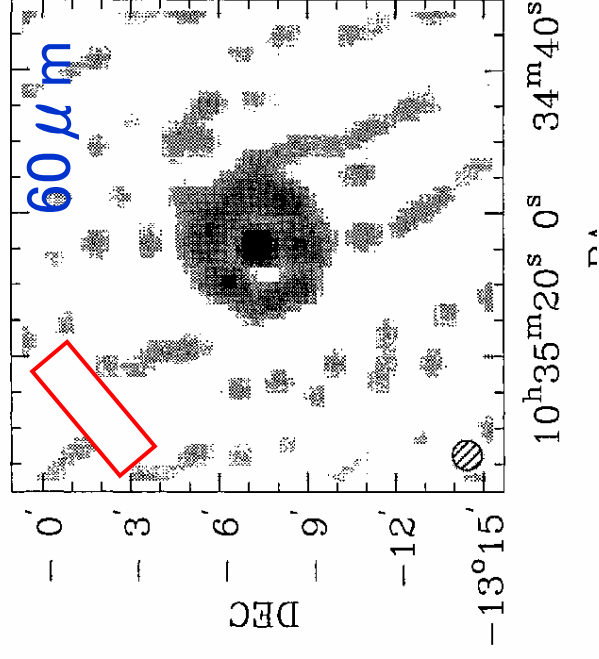
AGB星質量放出研究

→ 光学画像で勝負

2002

うみへび座U星(U Hya)

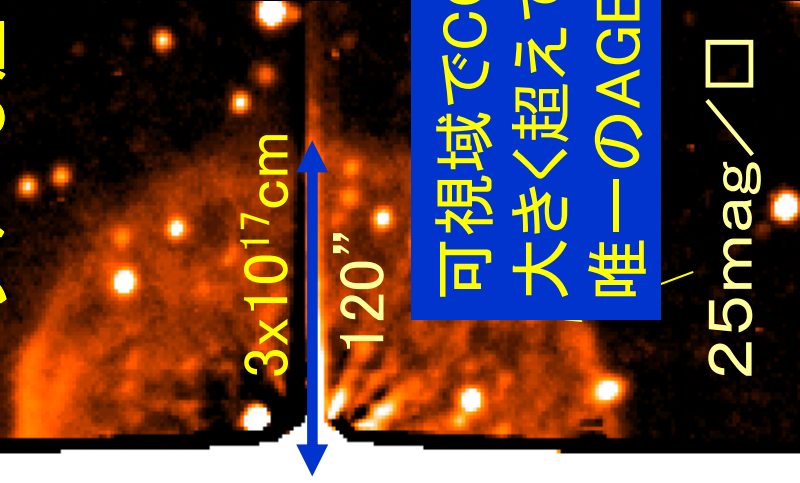
- * 炭素星 (AGB星)
- * IRAS Small Scale Structure Catalog
- * Low/Moderate mass-loss rate by CO
 $dM/dt \leq 10^{-7} M_{\text{sun}}/\text{yr}$
- * 半径 $3 \times 10^{17} \text{ cm}$ ($120''$) の detached shell
- * Shell $\sim 10^{-6} M_{\text{sun}}/\text{yr}$ の質量放出率
($V_e \sim 15 \text{ km/s}$ 仮定)
- * 約1万年前の一桁以上の質量放出率の急激な低下(?)
- * 空間分解能 $\sim 60''$ @ $60 \mu\text{m}$
- * COの光解離半径の外側
他の波長域ではシエルは非検出



High Resolution IRAS Images

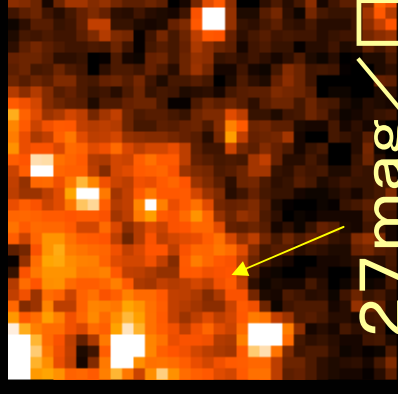
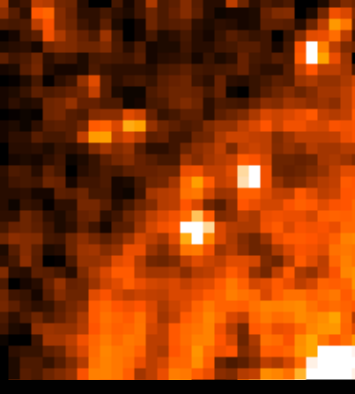
Waters et al. 1994, AA, 281, L1

KISO 105cm シュミット/2KCCD
うみへび座U星(U Hya)



可視域でCO光解離半径を
大きく超えて見えている
唯一のAGB星ダストシエル

25mag/□

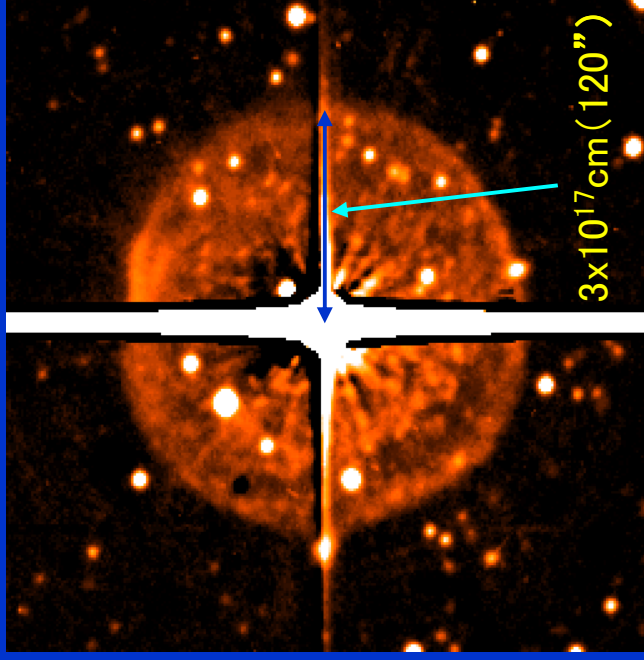


27mag/□

V-band (500 Å 幅) (2004) NB4 (λ 4610、200 Å 幅) (2003)
5分x5回x3地点 25分x3回+30分x3回
75分積分 165分積分
PSF ~ 5arcsec (FWHM) PSF ~ 7arcsec (FWHM)
(カウント率30倍) (カウント率30倍)

5x5median, 3x3bin, 4.5arcsec/pix

ダストシエル解析



ダストに関する仮定:

粒子の密度: 2 gr/cm^3

ダスト/ガス質量比: $1/200$

粒子の半径: $0.5 \mu\text{m}$

粒子の散乱効率:

~ 1 ($Q_{sc} = \sigma_{sc} / \pi a^2$)

シエル膨張速度: 15 km/s

距離(Hipparcos): 150 pc

◇Vバンドの観測結果

シエル半径: $\sim 110'' - 125''$

シエル輝度: $\sim 25 \text{ mag/} \square$ (@ピーク)

シエル光度: $\sim \pi * (120'')^2 * 26 \text{ mag/} \square \Rightarrow 14.4 \text{ mag}$

中心星光度: $\sim 5.4 \text{ mag}$

\Rightarrow 散乱光総量 $\sim 1/4000$

◇シエル総質量: $\sim 2 \times 10^{-3} M_{\text{sun}}$

($4 \times 10^{-3} M_{\text{sun}}$ by Young et al. 1993)

($0.007 M_{\text{sun}}$ for TT Cyg by Olofsson et al. 1998, 2000)

($0.0066 M_{\text{sun}} @ 10^{17} \text{ cm}$, $0.012 M_{\text{sun}} @ 5 \times 10^{17} \text{ cm}$ by

Steffen and Schoenberner 2000)

◇質量放出率: $\sim 3 \times 10^{-6} M_{\text{sun}}/\text{yr}$

シエル厚 $\sim 15''$ ($3 \times 10^{16} \text{ cm}$) $\Leftrightarrow 700 \text{ yr}$

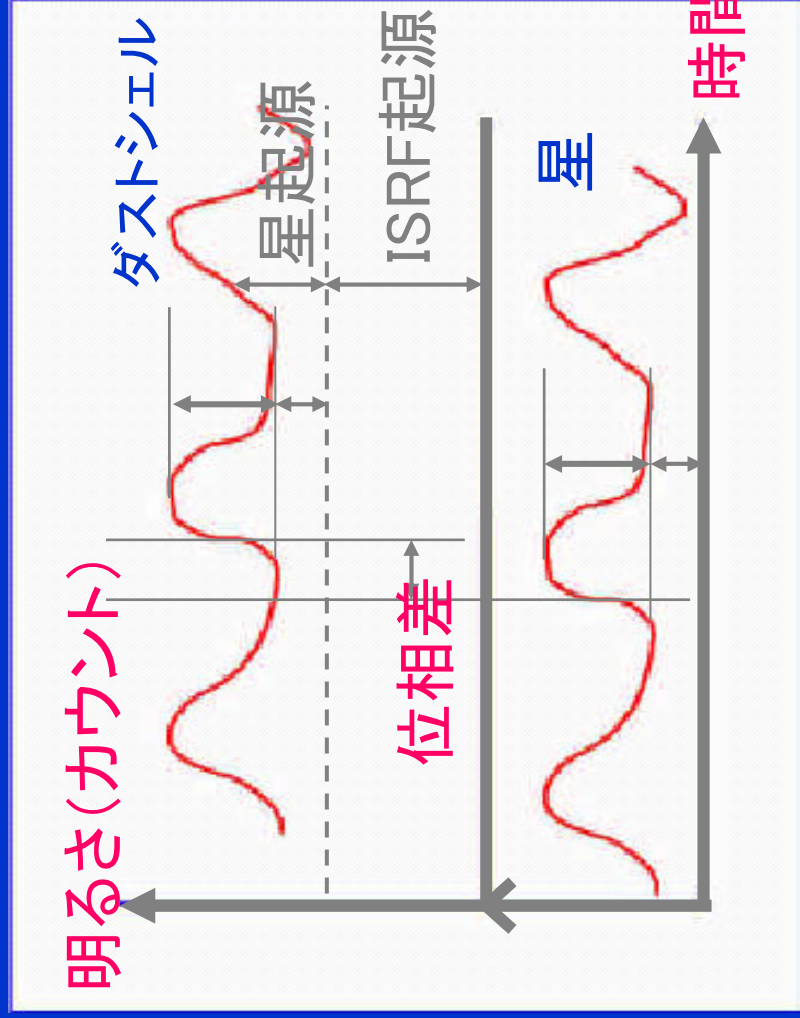
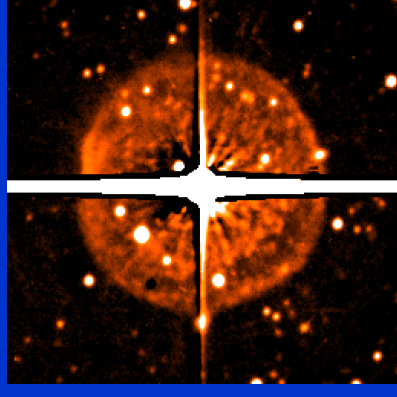
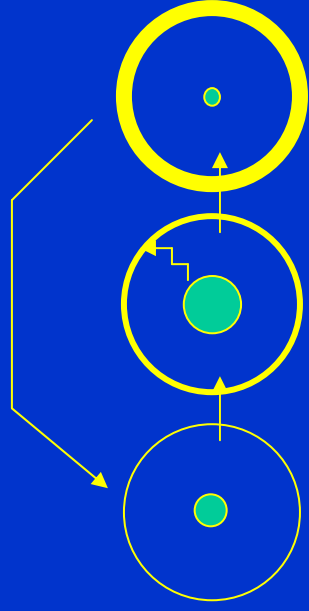
$\rightarrow 0.002 M_{\text{sun}}$ in 700 yr

◇他天体への応用性

シエル輝度 $\propto r^{-3}$

星から $60''$ ($1.5 \times 10^{17} \text{ cm}$) の位置なら $10^{-7} M_{\text{sun}}/\text{yr}$ の質量放出が 10^3 年続いているとすれば同様に検出可

輝度の時間変動

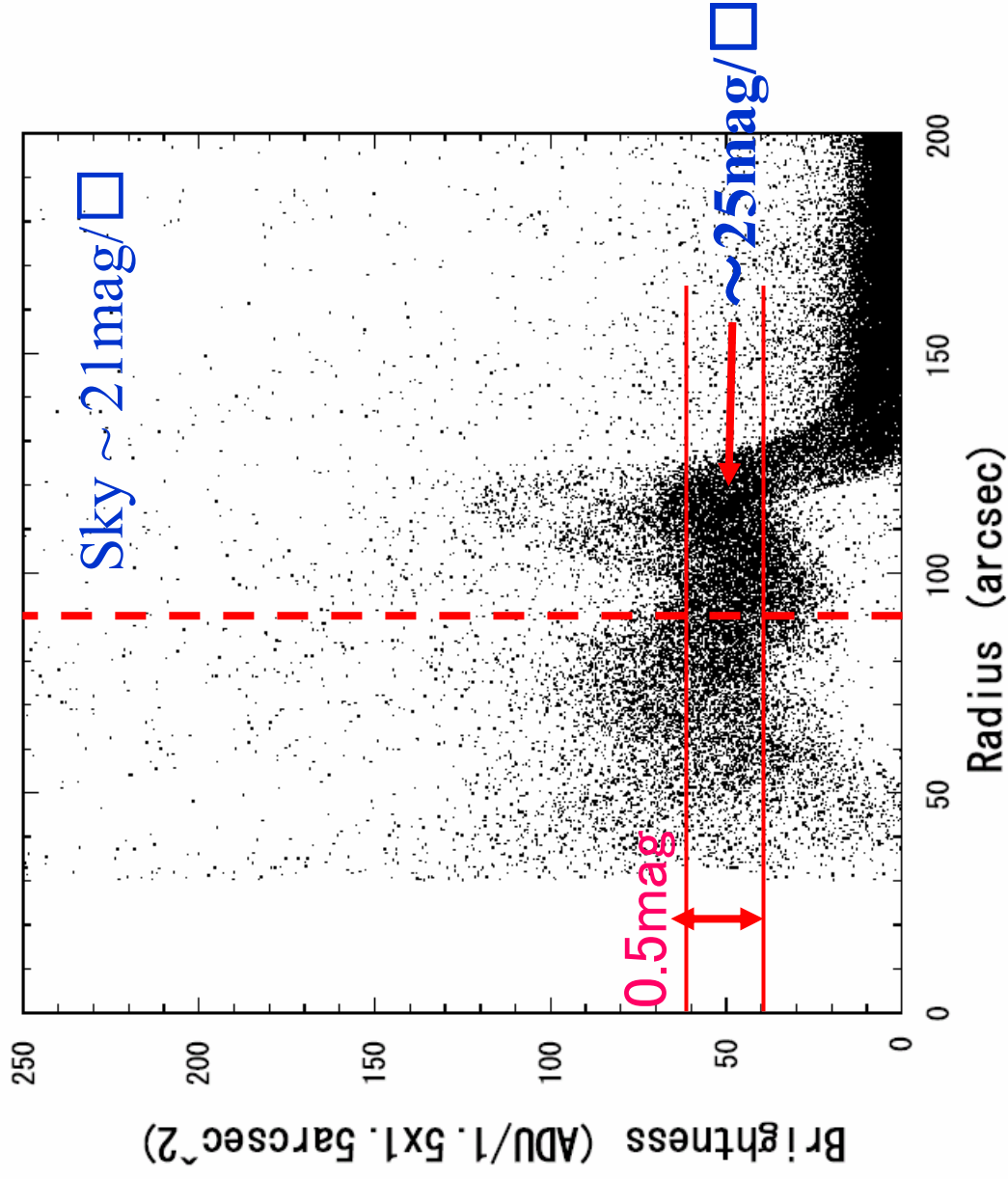


- ・ダスト粒子の熱収支をより詳しく調べられる
- ・ライトエコー天文学の展開の第一歩

105cmシュミット&K.3T

- ・約一ヶ月おき5回
- ・ダストシエル撮像観測
- ・中心星測光観測

Radial Brightness Profile, V-band



2005年冬～2006年春の観測：

目標： U Hya(中心星)変光に伴うダストシエルの輝度変化検出

U Hya: SRb、周期450日、振幅0.5 等(p-p)@V-band

約100日間に0.5等級の増光と減光を示し、他期間は静穏

観測： Vバンド、約1ヶ月に一回の観測（やや特殊な割当を申請）

中心星の測光： K.3T、観測手法確立

ダストシエル測光： 105cmシユミット、観測手法確立

目的： ダストシエルを照らす光源の切り分け

->ダスト粒子の熱収支

->ダストの理論的平衡温度と観測的温度

->サイズ分布と吸収係数の波長依存性の情報

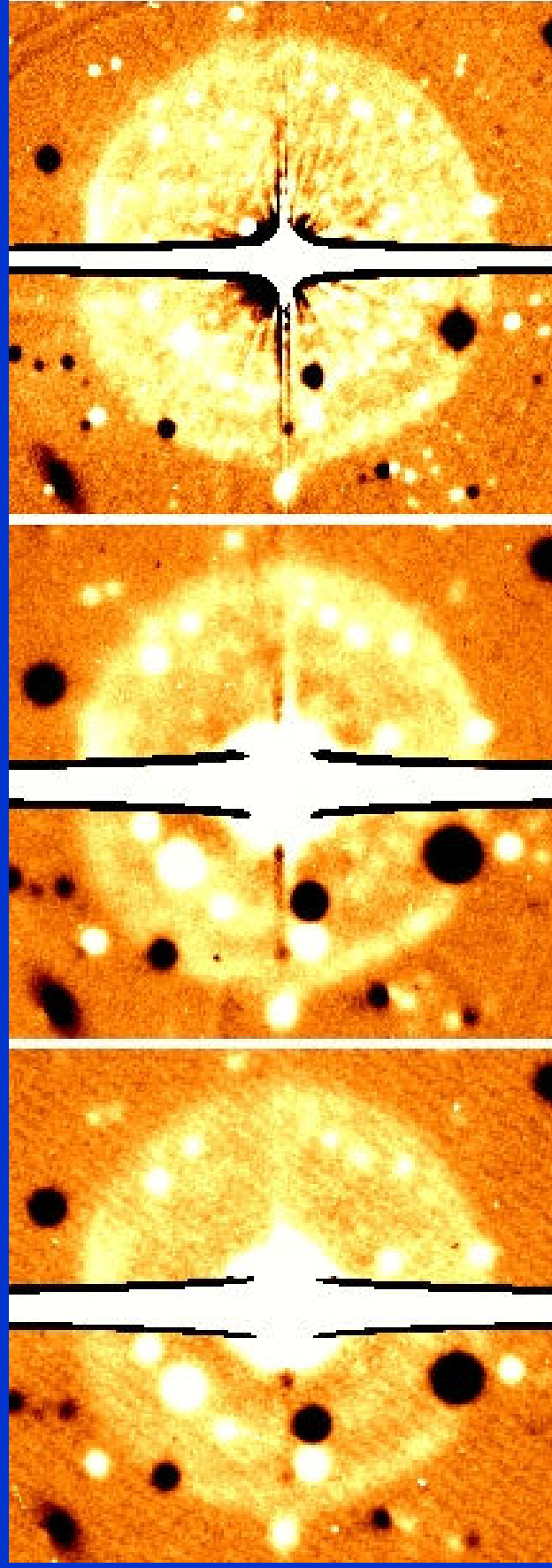
中心星の光が支配的なら0.5等級程度変化するはず

* 105cmシュミット観測実施日

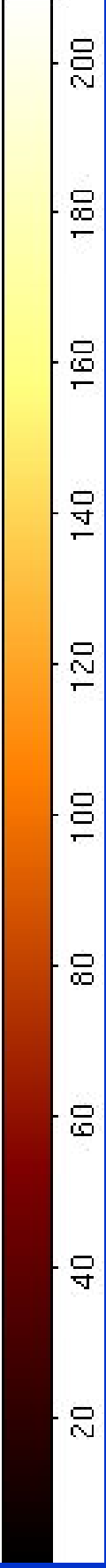
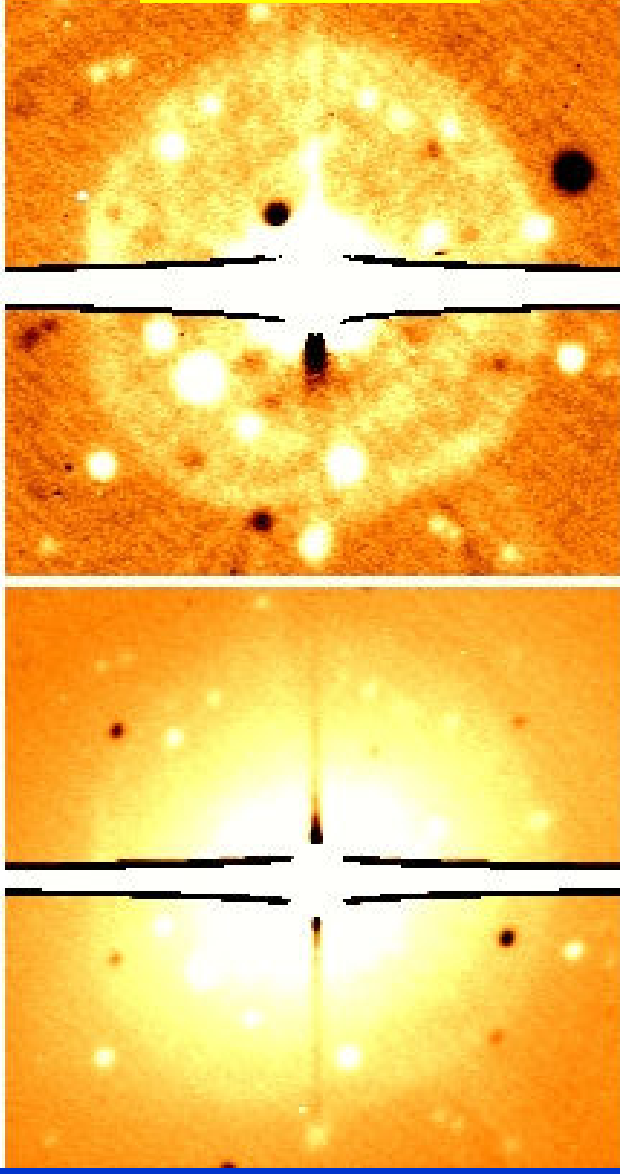
2006-01-05	(2夜)	300s × 5、～9 arcsec
2006-02-01	(2夜)	300s × 15、～8 arcsec
2006-03-02	(2夜)	300s × 10、～4 arcsec
(2006-03-07)	(0夜)	300s × 0、～4 arcsec
2006-03-29	(3夜)	300s × 4、～6 arcsec
2006-04-21	(3夜)	300s × 16、～8 arcsec

* K.3T観測実施日

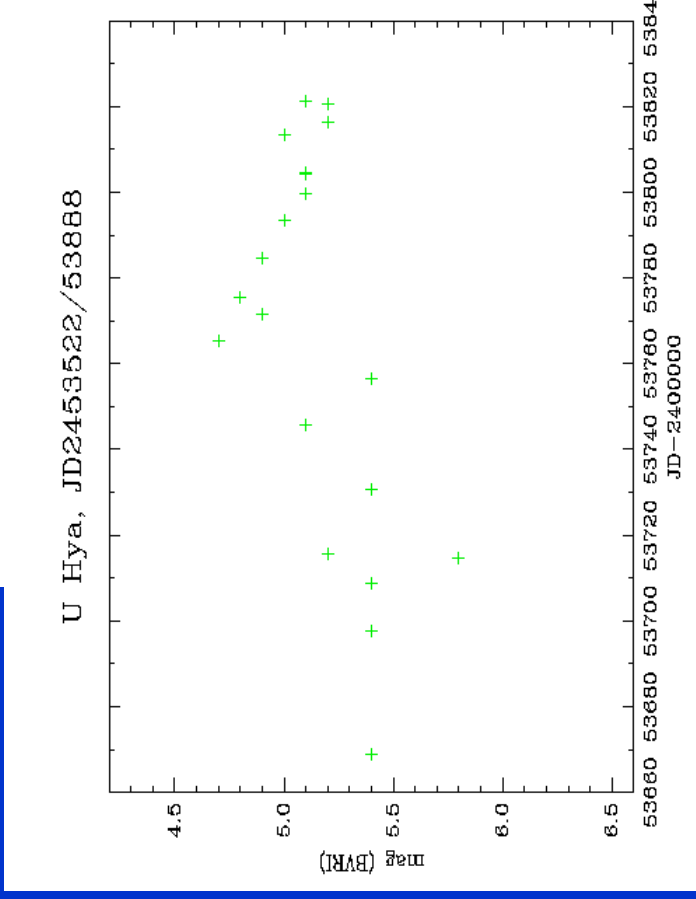
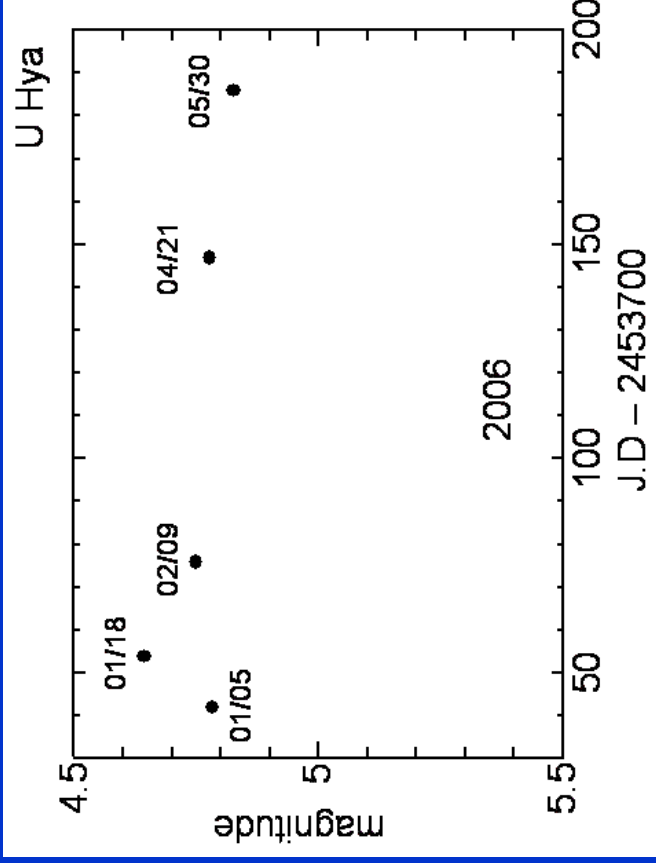
2006-01-05
2006-01-18
2006-02-09
2006-04-21
2006-05-30



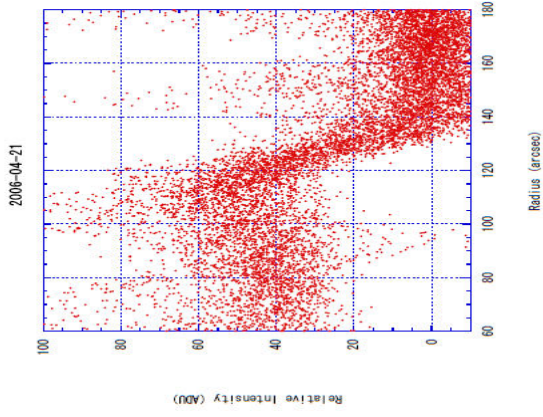
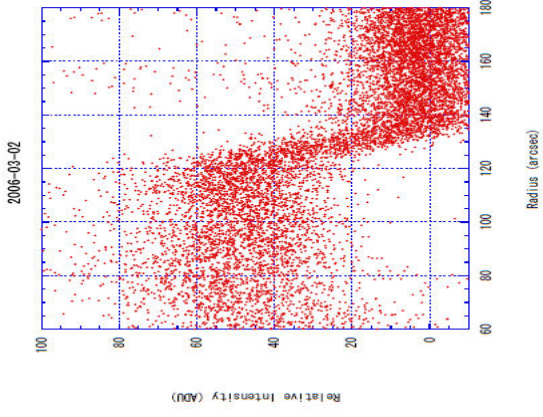
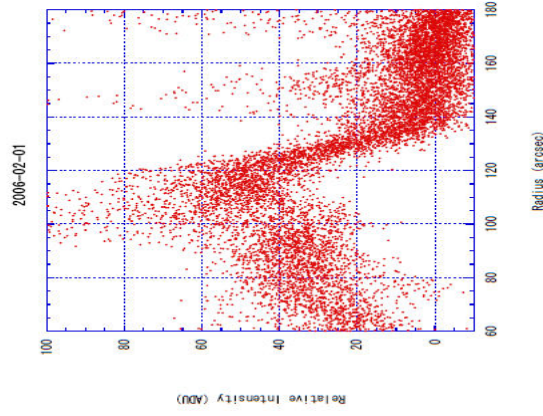
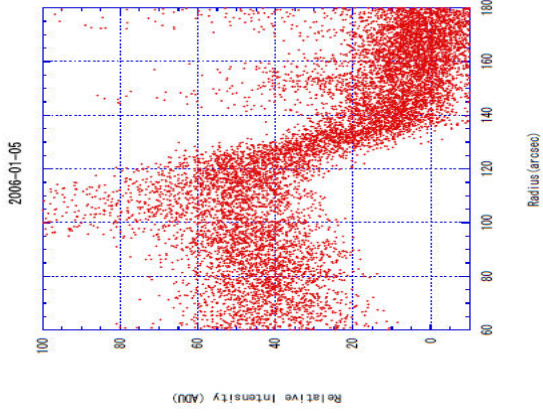
上左: 2006-01-05 20min
 上中: 2006-02-01 70min
 上右: 2006-03-02 30min
 下左: 2006-03-29 30min
 下中: 2006-04-21 45min



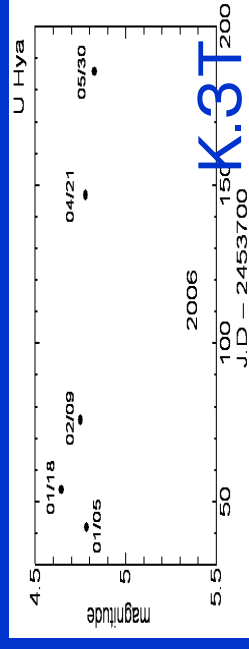
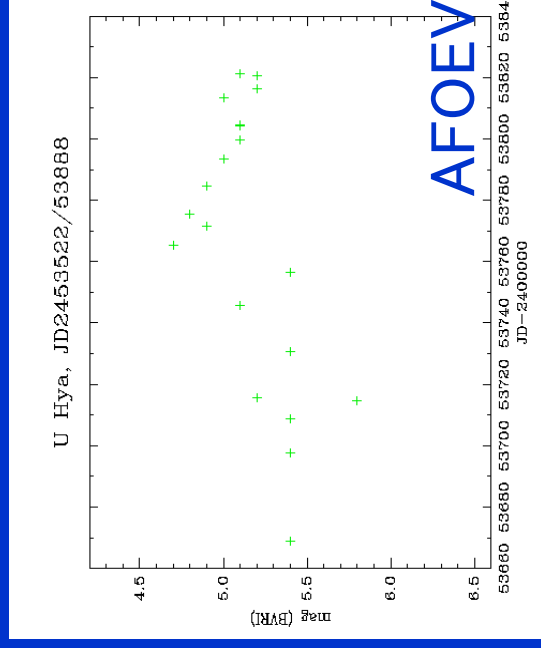
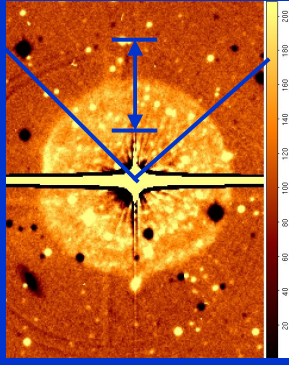
K.3T



AFOEV



輝度プロファイル: 中心角 $45^\circ < \theta < 45^\circ$ 、半径 $60'' \sim 180''$ の範囲

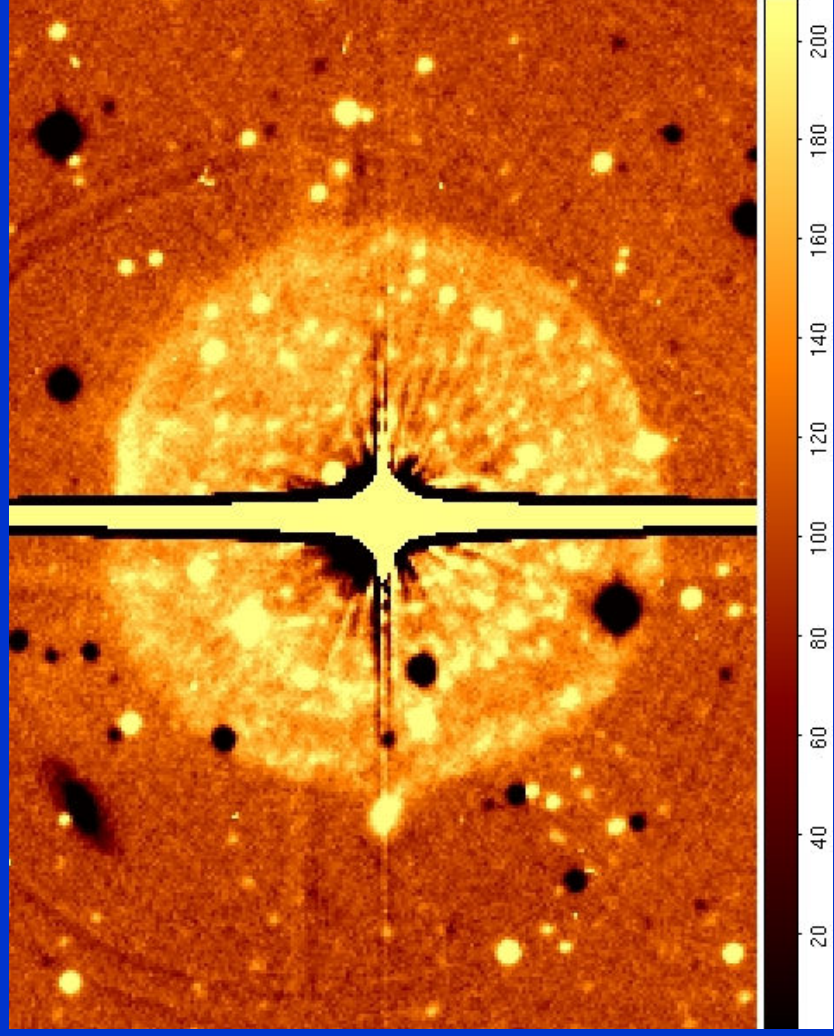
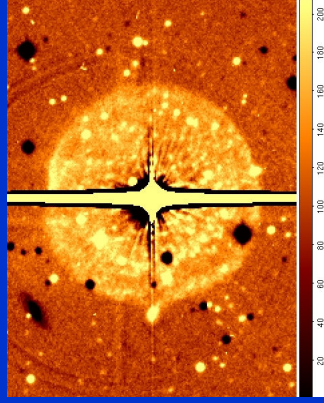


U Hyaの測光観測結果
左:AFOEV、右:K.3T

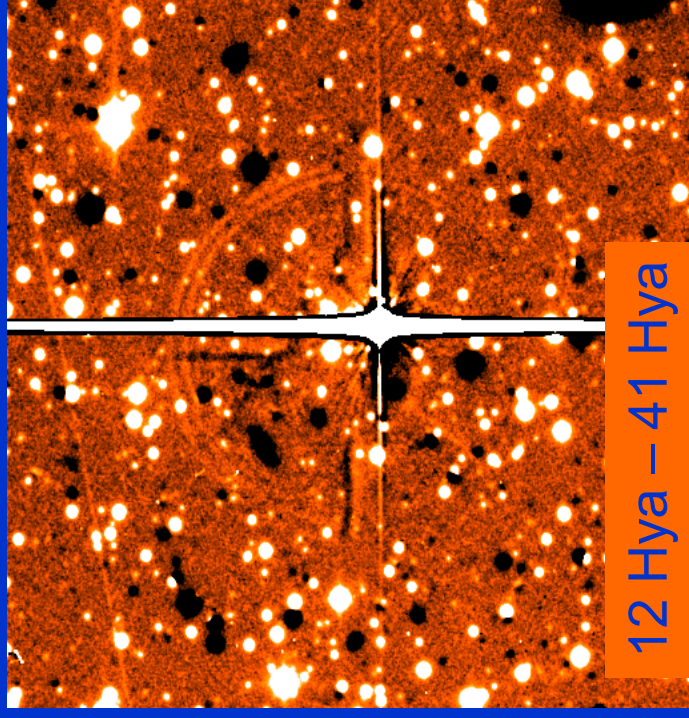
<輝度変動観測のまとめ>

- ・観測期間中のダストシエルの輝度変動は現在の解析段階で0.3等級より小さく、実際にはさらに小さいだろう。
- ・観測期間中に中心星は0.3等級程度の変光を示した。
- ・中心星の変光がダストシエル輝度に現れるのは約120日後で、残念ながら本曽から観測できない期間に入ってしまった。
- ・ダストシエル輝度はAF0EVデータからその前の静穏期を反映していると考えられ、シエル輝度の変化が小さかったことは不自然でない。
- ・シエル輝度の変動検出には、中心星の変光がシエル輝度に反映される時期をつまく捕らえる、解析方法を改良し検出精度を0.1等級程度に上げるなどの改良が必要。
- ・約100日の間に0.5等級の上昇と下降を示す特徴的期間がある
- ・中心星の増光(極大)を測光観測で検出し、遅くとも3カ月以内にシユミット観測を開始し、短くとも3カ月以上シユミット観測を継続する必要がある。

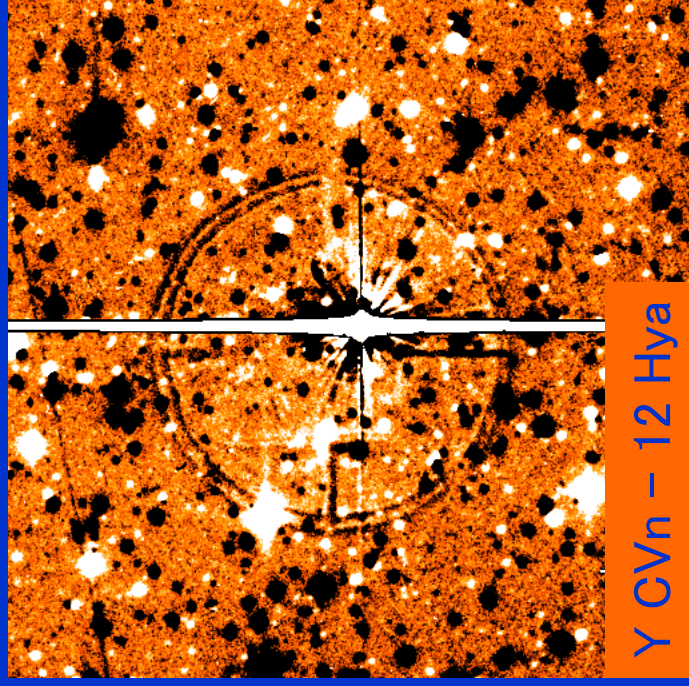
微細構造



U Hya -- 41 Hya (2006-03-02)



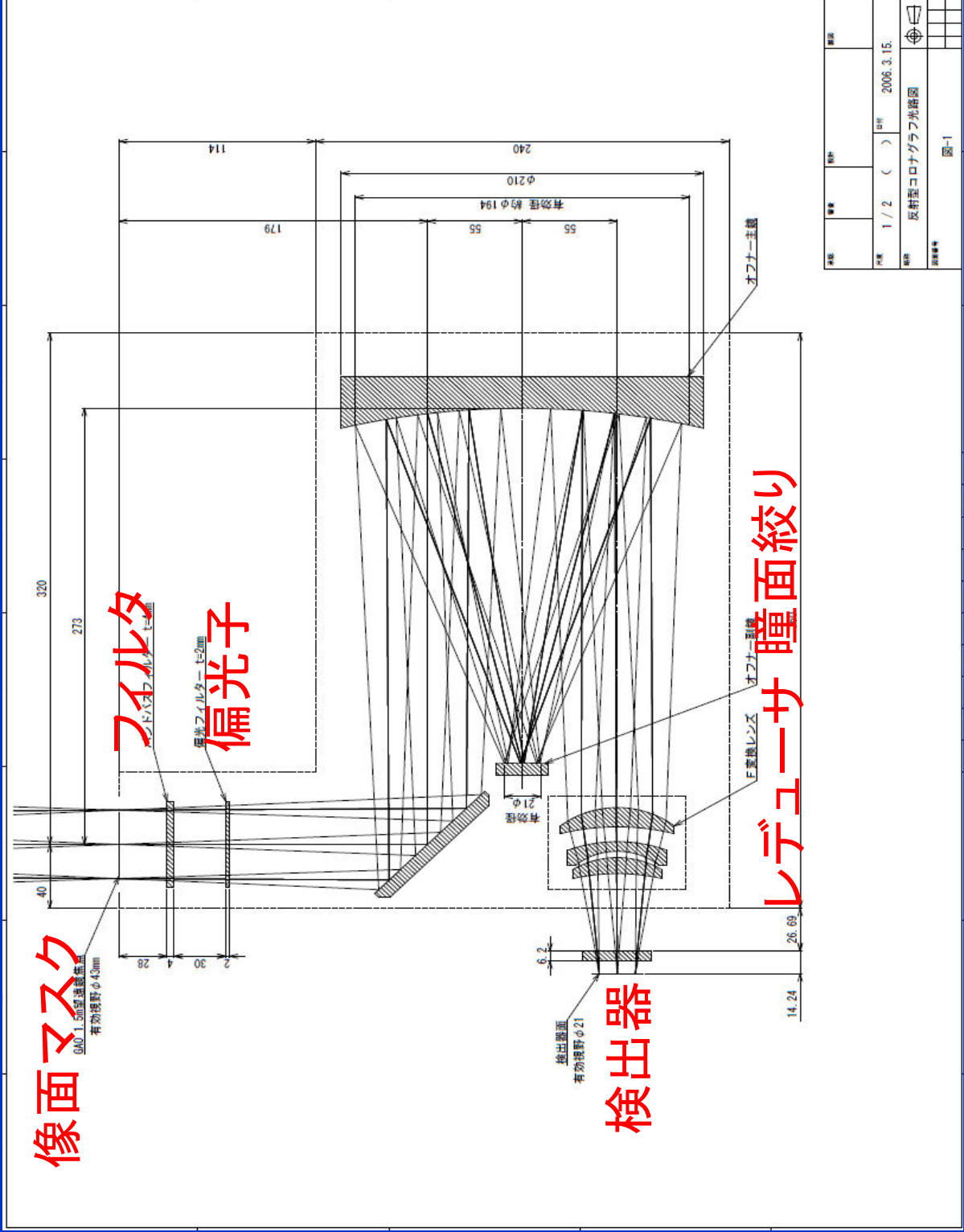
12 Hya -- 41 Hya



Y CVn -- 12 Hya

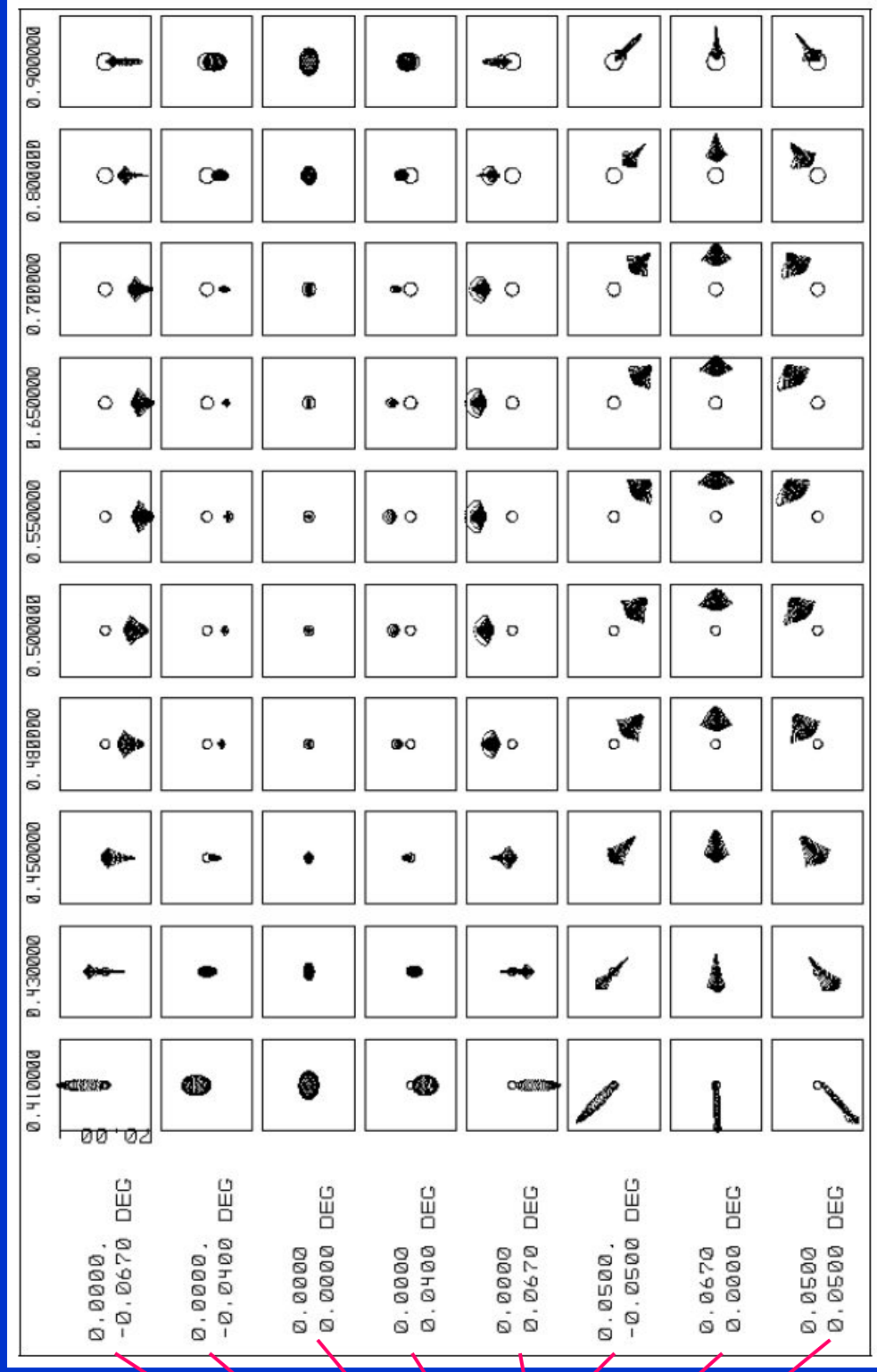
ダストシエル探査用コロナグラフの製作

光学系(オフナー系)

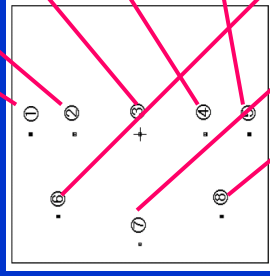


図名	図-1
図号	図-1
図尺	1/2
図日	2006.3.15.
図種	反射型コロナグラフ光路図
図注	

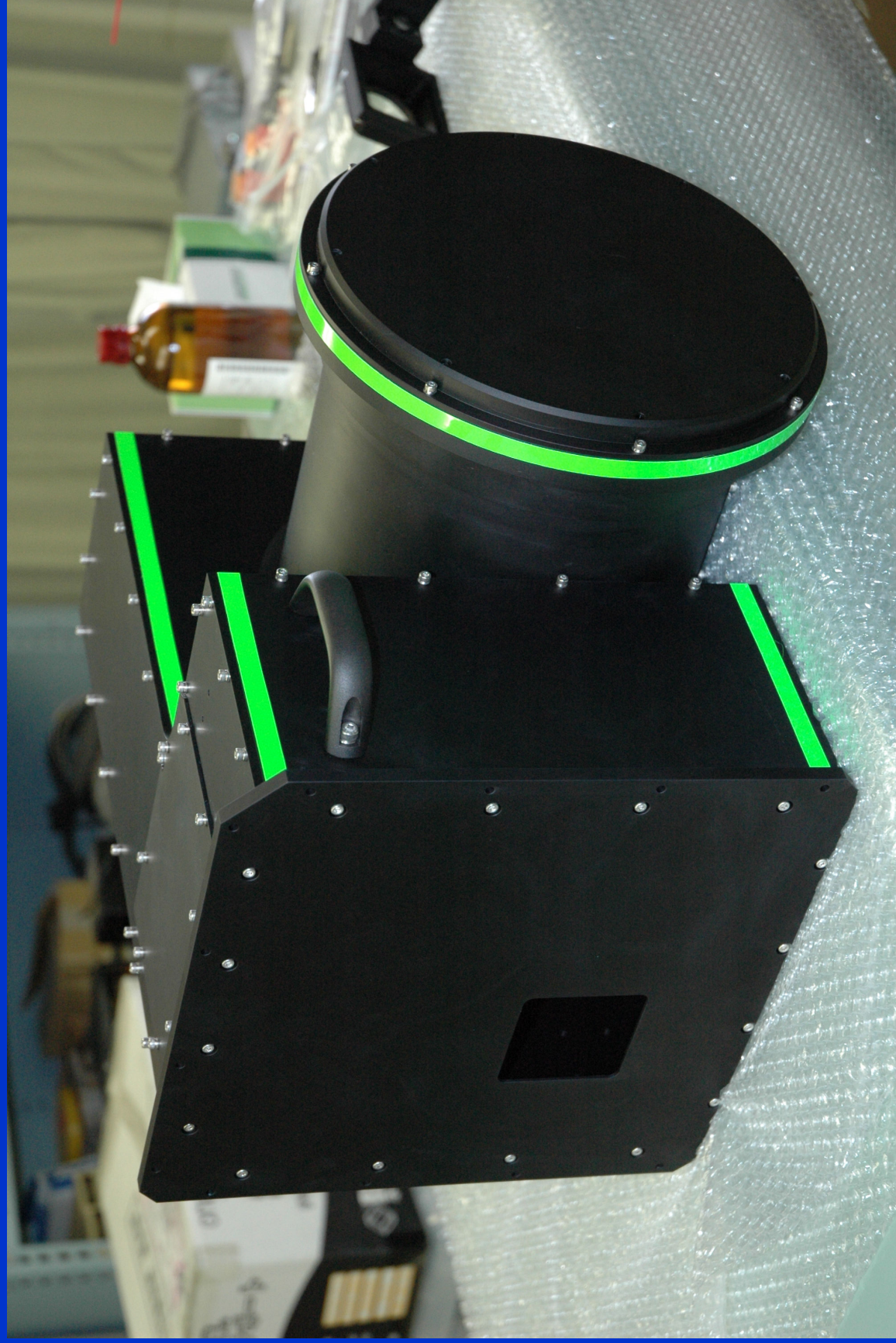
スポットダイアグラム(ぐんま1.5mの場合)



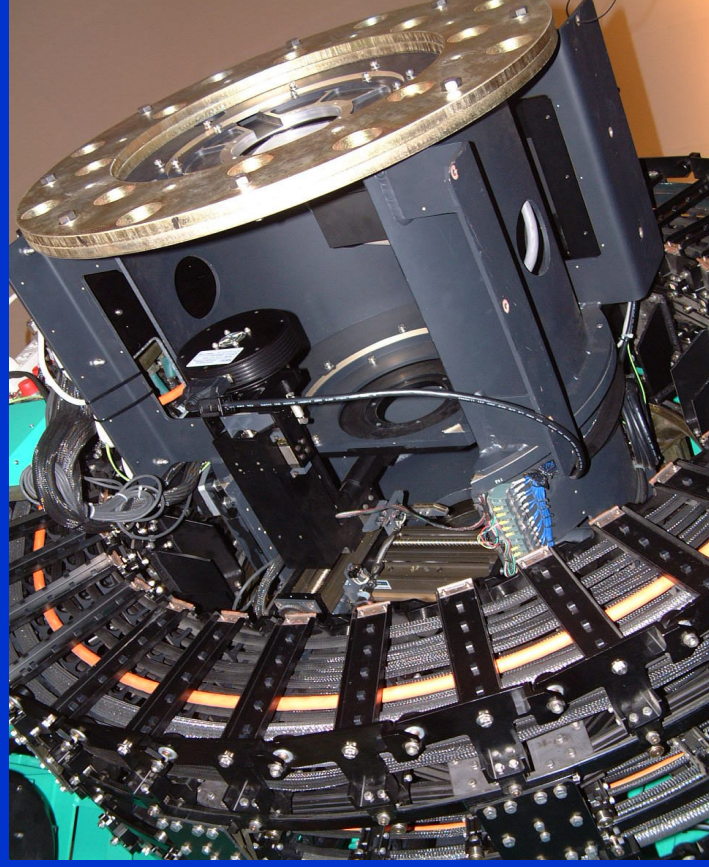
四角が検出器の□24.6mmに相当。(SITE1Kx1K)



四角は検出器上の70 μ m角(1.6arcsec @ ぐんま天文台1.5m)、その中に描いてある小円はエアリーディスクを表す。



コロナグラフ光学系(2007年3月、フィルターターターレット類は無い)



ぐんま1.5m望遠鏡

バントカセグレン焦点

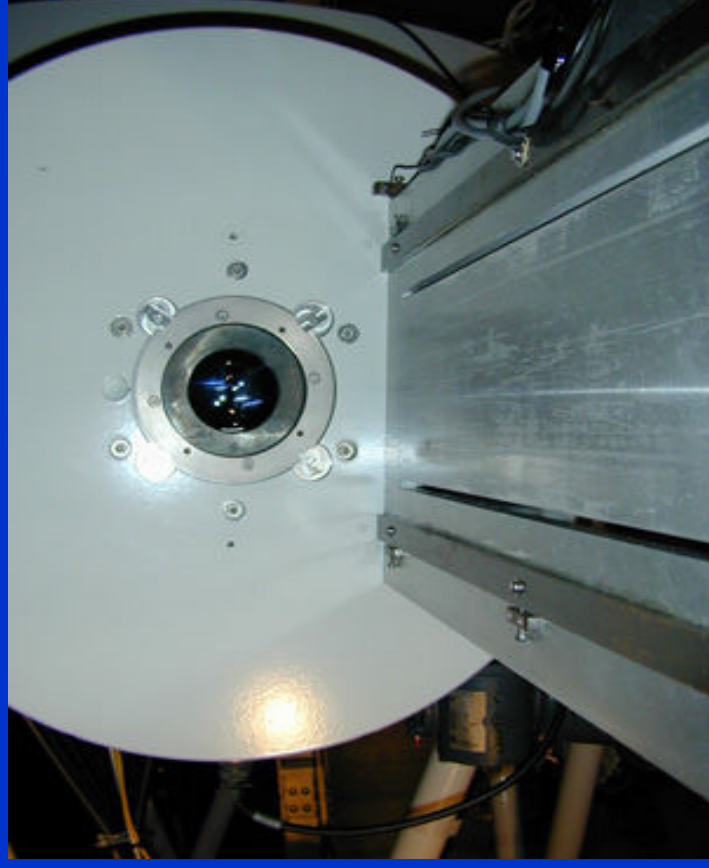
F12.2→F6.1(に縮小

0.54"/pix

On-chip binning でF3へ

最終的に1.1"/pix

インストルメントロータあり



いくべつ115cm望遠鏡

ナスミス焦点

F8の瞳を絞りF12.2→F6.1(に縮小

1.1"/pix

On-chip binning でF3へ

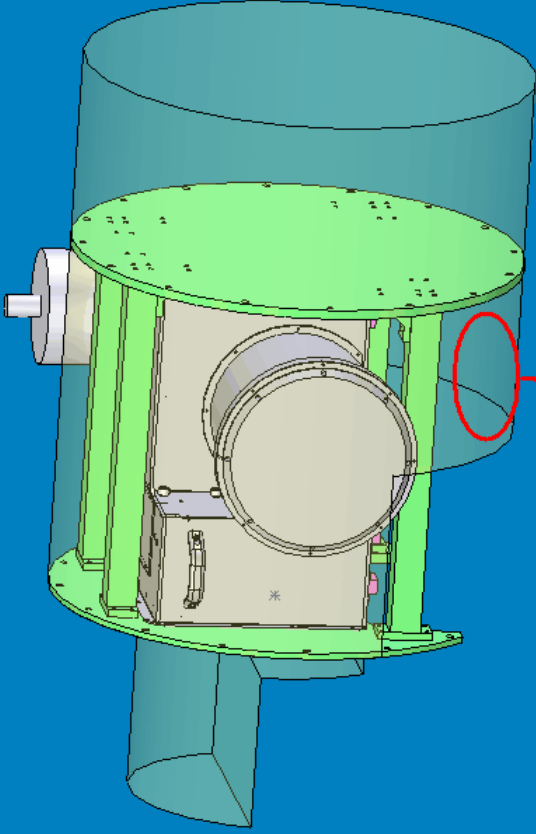
最終的に2.2"/pix

インストルメントロータあり

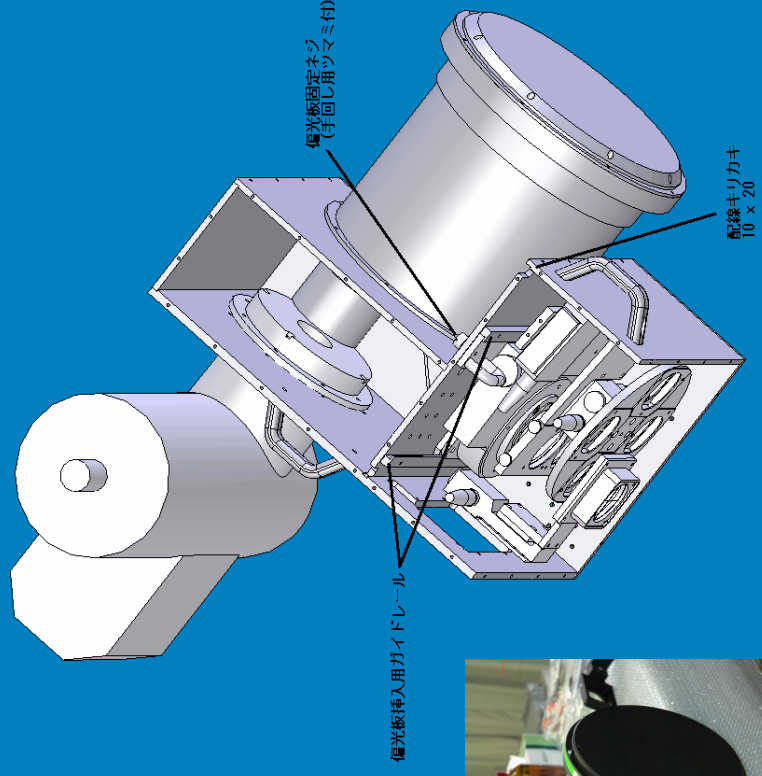
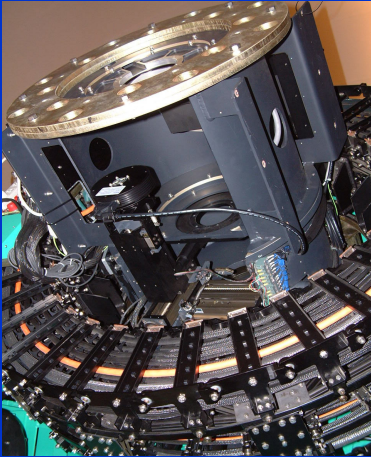
富山市科学文化センター
富山市天文台

液体窒素冷却式CCDカメラ
SITE 1k x 1k, 24um pixel
裏面照射型

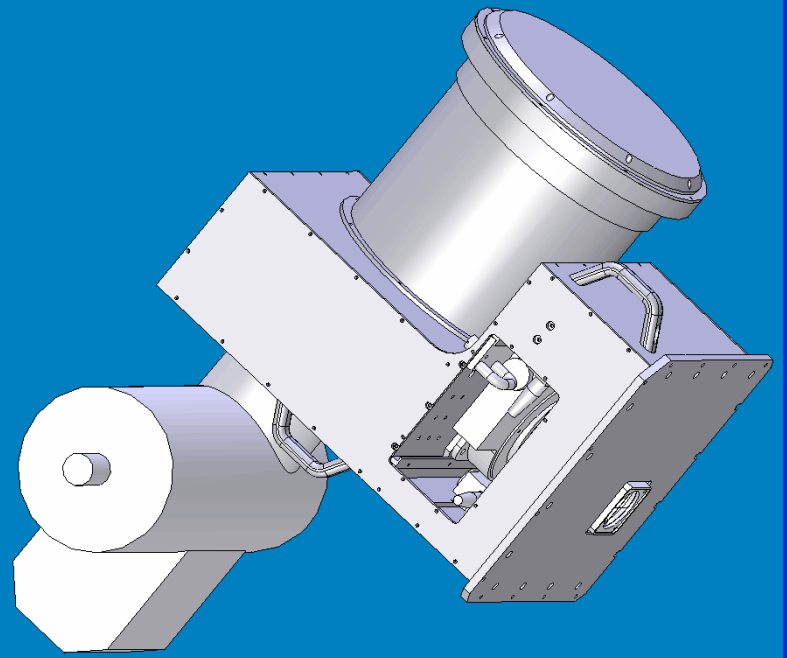
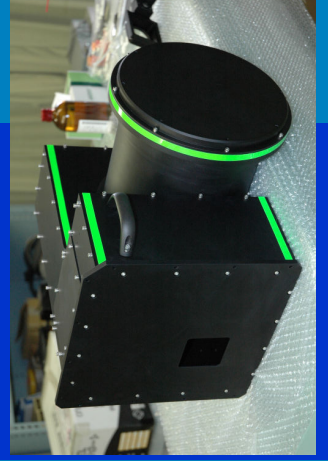




PC設置スペース



偏光板挿入用ガイドレール



今後の予定

- 焦点面マスク、フィルターレットの製作(8-9)
- 駆動ステージ類の購入(済み)
- 同制御系の製作(9-12)
- Vバンド、ND、偏光フィルタの製作(9-10)
- CCDカメラの装着と駆動テスト(10-11)
- ぐんま天文台用I/Fの製作(11-12)
- 室内コロナグラフ実験(1)
- 観測準備(2)
- 試験観測(2007年度内、ぐんま or いくべつ)(3)
- 2008年度から本観測
AKARI/MLHES、200天体、フォローアップ

全体のまとめ:

- ◇U Hyaのダストシエルの有意な輝度変動は検出できず。
 - 中心星の変光幅が小さいことが非検出の理由の一つ。
 - 南天にあるため、観測期間が限られたことも理由の一つ。
 - ダストシエルの相対輝度測定精度は0.3等級は達成できた。
 - 中心星の測光精度、ダストシエル輝度測定精度を、測定方法の改良により0.1等級程度にする必要あり。
- ◇U Hyaのダストシエルに微細構造が認められた。
- ◇2007年度内の観測開始を目指し、コロナグラフ製作中。