

2010-12-20@ 北京

单星SCIDAR研制

国家天文台

刘立勇



主要内容

一、需求分析

二、单星SCIDAR原理

三、加工与配置

四、实验及结果

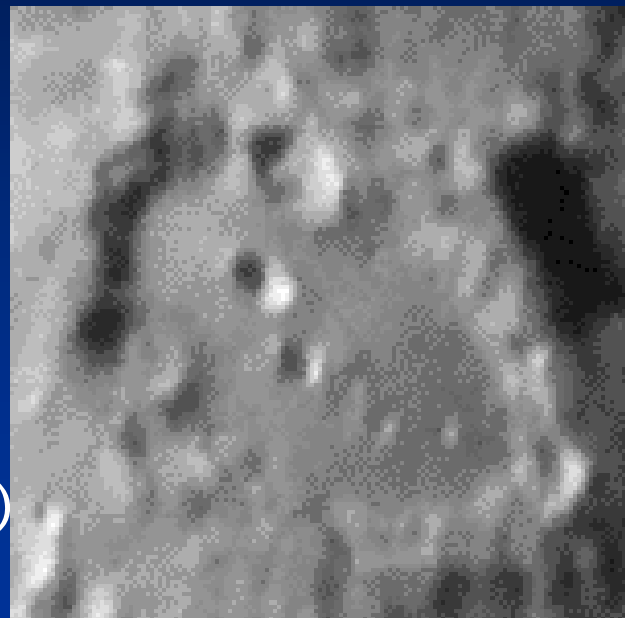
五、后期计划



一、需求分析调研

优秀台址的几个关键要素：

- 1、晴日数；
- 2、大气中水汽含量；
- 3、大气湍流活动（大气视宁度）



大气湍流效应会严重影响望远镜光学系统的成像性能和观测质量！



湍流探测技术综述

	$C_n^2(h)$	$v(h)$	resolution	r_0	T_0	L_0	θ_0	ground layer
DIMM	no	no	—	yes	yes	no	no	yes
MASS	yes	no	low	yes	yes	no	yes	yes
SCIDAR	yes	yes	low	yes	yes	no	yes	no
G-SCIDAR	yes	yes	low	yes	yes	no	yes	yes
Ballons	yes	yes	high	yes	yes	yes	yes	yes
GSM	no	no	—	yes	yes	yes	yes	yes
WFS	yes	yes	low	yes	yes	yes	yes	yes
PSF analysis	no	no	—	yes	no	no	yes	yes
Scanning scint.	yes	yes	low	yes	yes	no	yes	yes
Scintillometers	yes	yes	low	yes	yes	no	yes	yes
Interferometers	no	no	—	yes	yes	yes	yes	yes
SHABAR	yes	—	low	yes	yes	no	yes	yes
SLODAR	yes	—	low	yes	yes	no	yes	yes
SNODAR	yes	yes	high	yes	yes	no	yes	yes
LuSci	yes	—	low	yes	yes	no	yes	yes

常用湍流探测方法

一、DIMM (differential image motion monitor)

测量整个大气层的大气湍流

二、微温脉动法 (CT²) (气象塔和放球方案)

气象塔微温探测近地面层的大气湍流活动

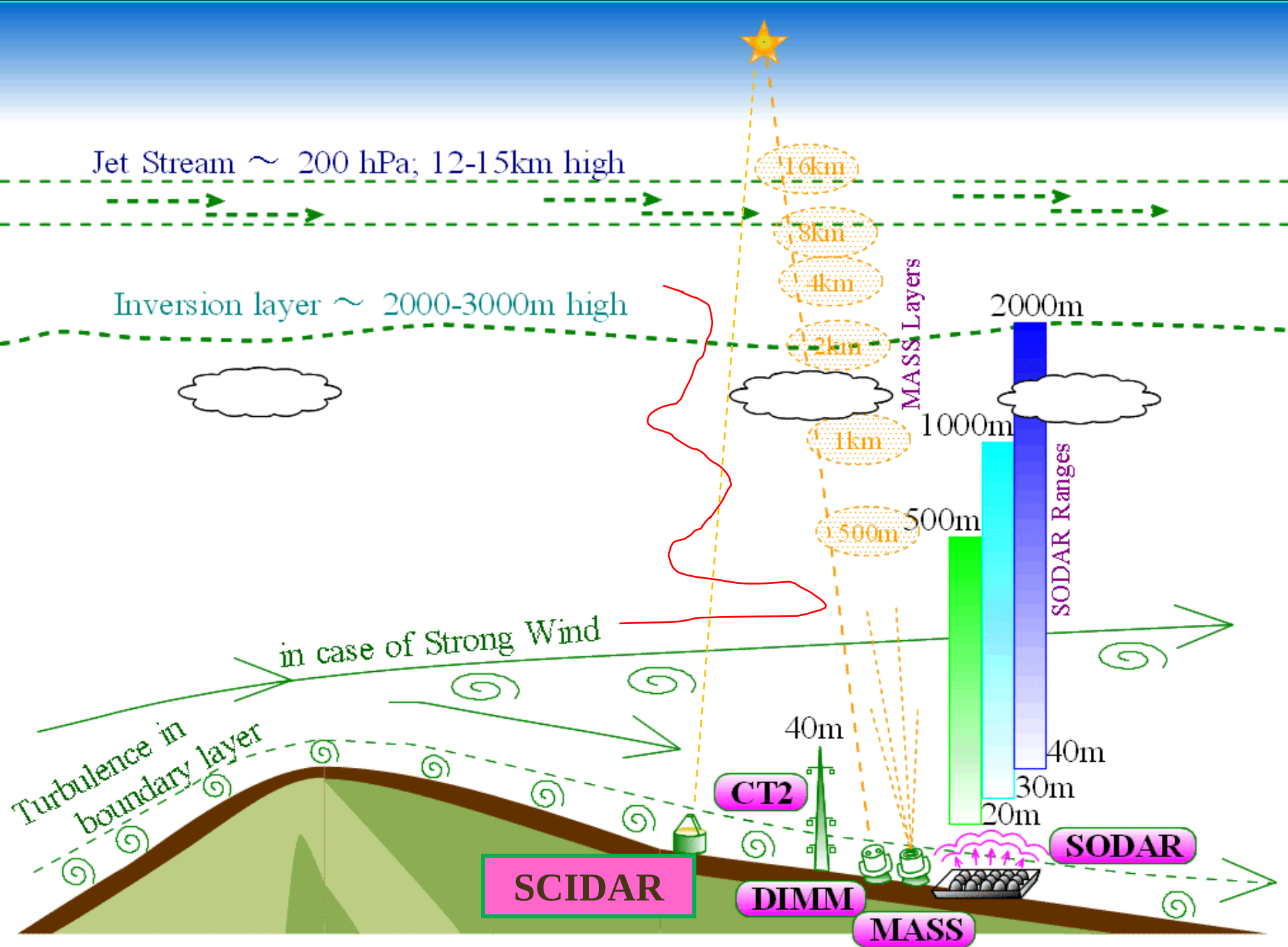
放球微温探测花费成本较高，不能长期监测

三、MASS (multi-aperture scintillation sensor)

最大可观测地面以上0.5km到30km范围6层湍流活动

四、Scidar (scintillation detection and ranging)

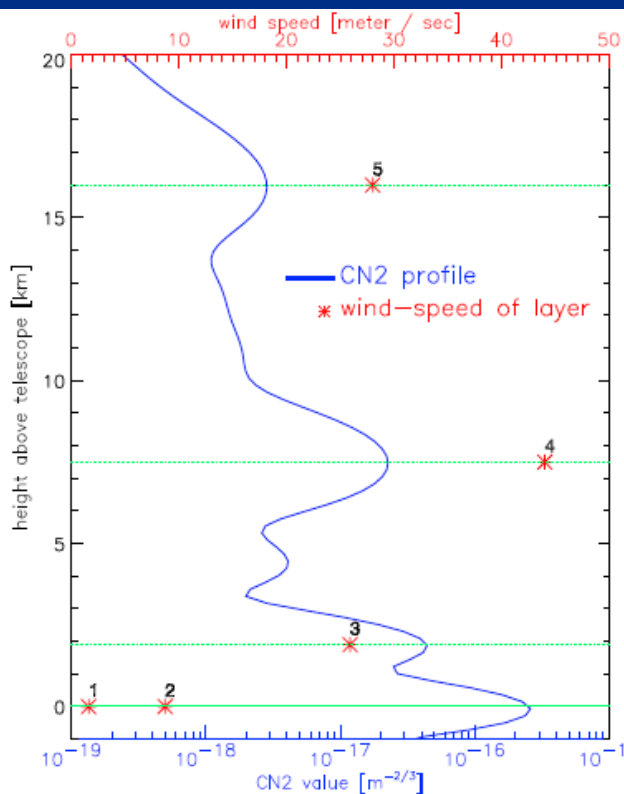
可分别监测大气层的各层大气湍流活动



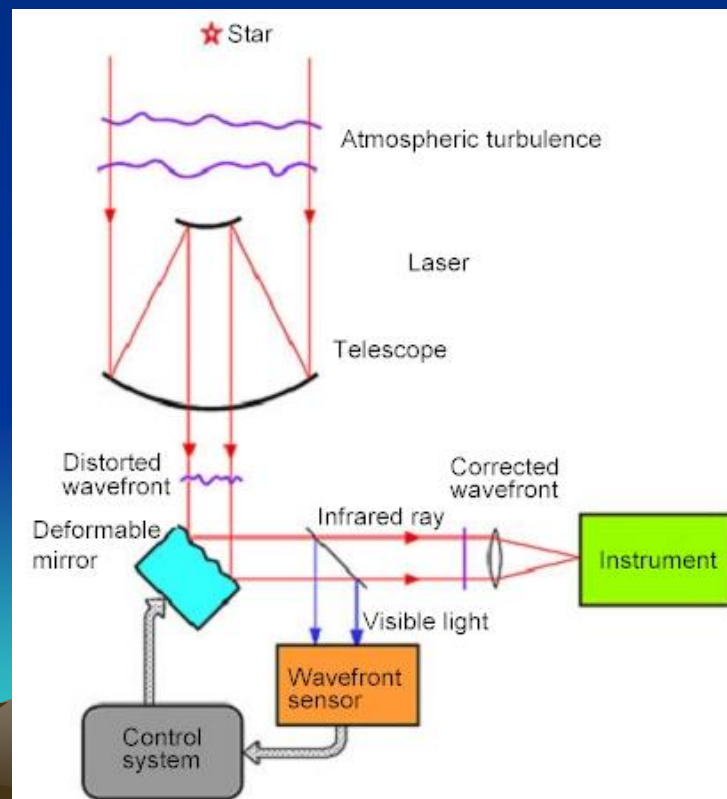
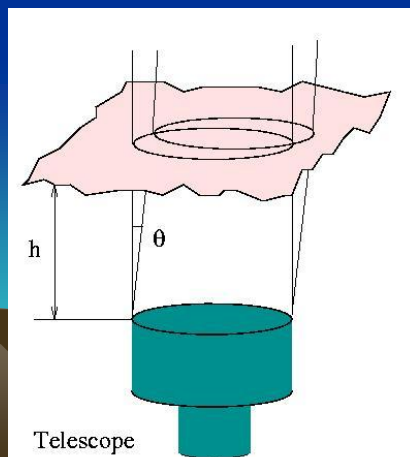
大气湍流廓线观测的重要性

$$r_0 = \left(16.7 \lambda^{-2} \int_0^\infty C_N^2(h) dh \right)^{-3/5}$$

$$\theta_0 = 0.31 \frac{r_0}{h}, \quad \tau_0 = 0.31 \frac{r_0}{V}$$

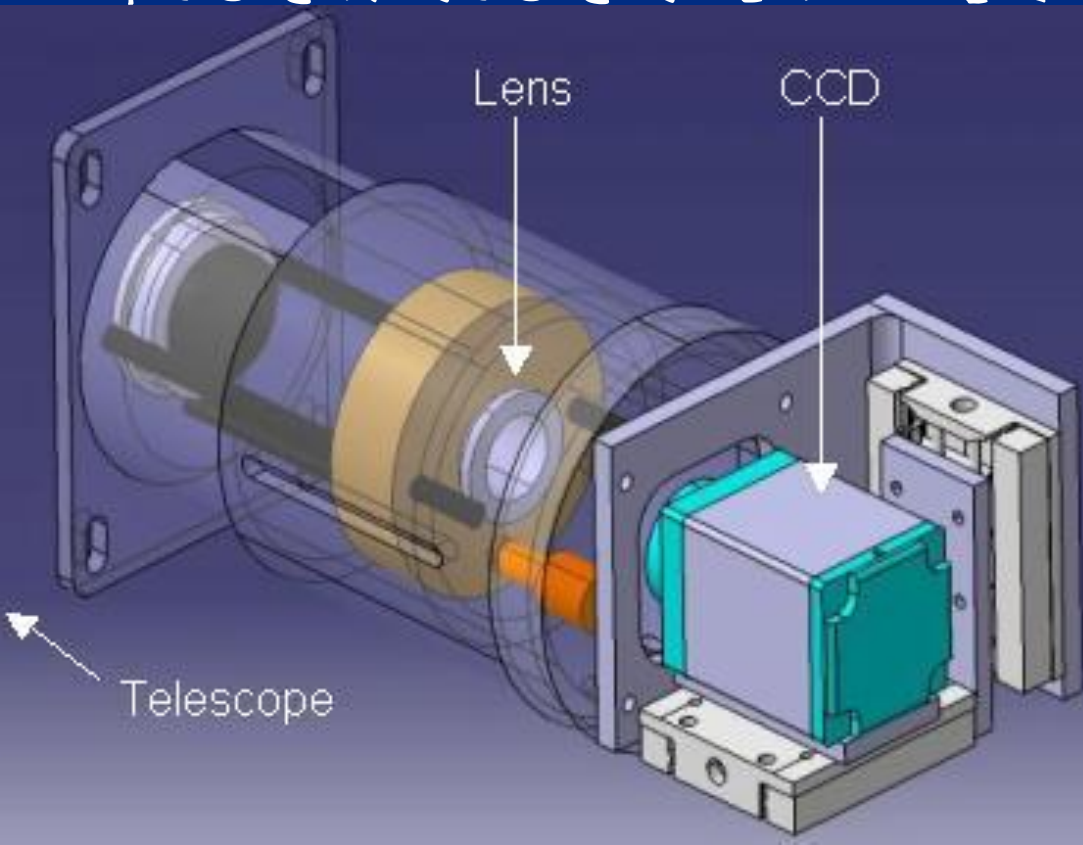


AO能够把好的
视宁度改的更好
，不能把差的视
宁度改好！

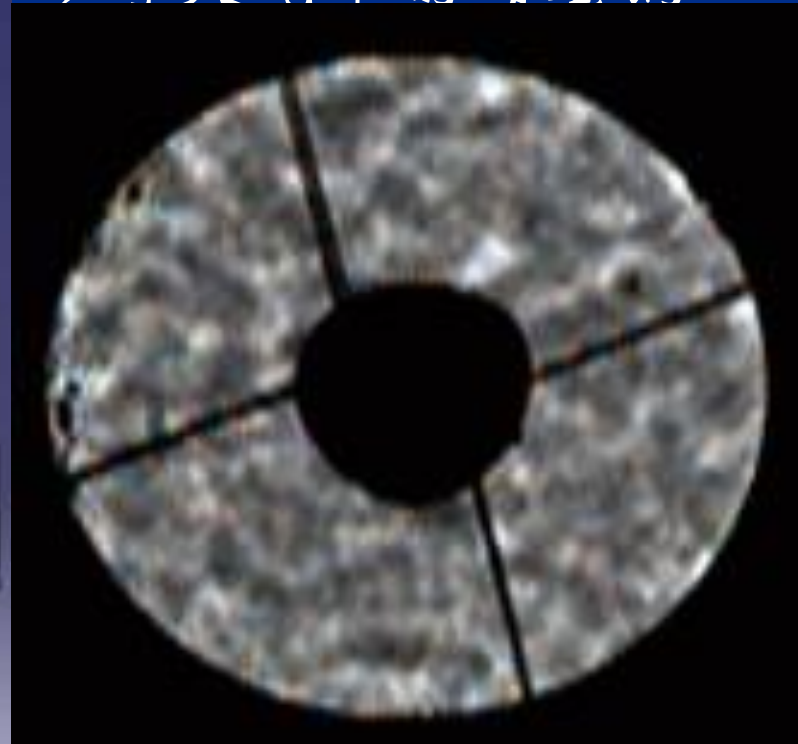


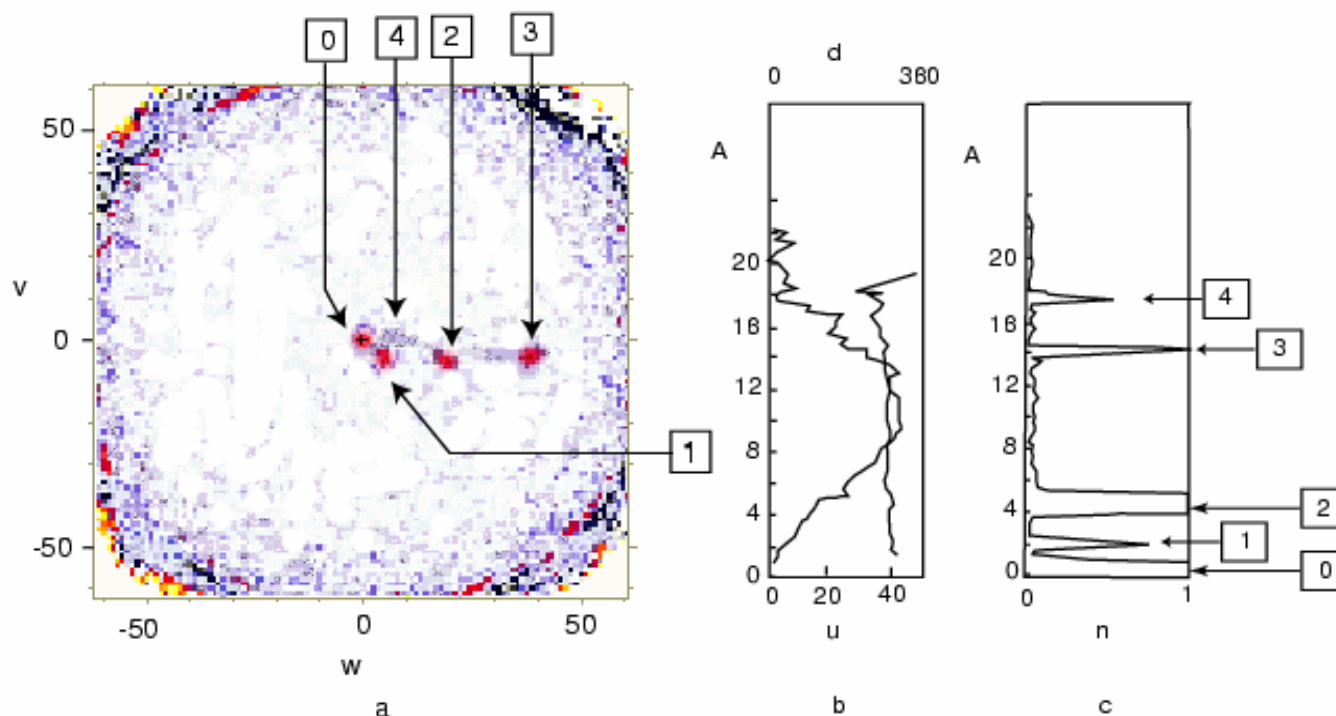
二、SCIDAR原理

Scidar系统（scintillation detection and ranging）是一种测量光学大气湍流垂直廓线的方法，可对整个大气层的大气湍流活动进行细致的分层监测。



够对大气中的每层湍





SCIDAR			étoile simple			Ballons		
couche	h_i (km)	σ_{v_i} (m/s)	$C_n^2(h_i)\Delta h_i$ ($\times 10^{-14} \text{ m}^{1/3}$)	$ \vec{v}_i $ (m/s)	Direction ($^\circ$)	h_i (km)	$ \vec{v}_i $ (m/s)	Direction ($^\circ$)
0	0.2 ± 0.1	0.2	25 ± 1.0	0.2	-	0.1	0.1	-
1	2.0 ± 0.2	0.8	07 ± 0.1	06	230	2.3	7	280
2	5.0 ± 0.5	0.6	04 ± 0.1	18	255	4.5	20	270
3	12.5 ± 1.5	0.4	03 ± 0.1	37	264	14	30	260
4	16.2 ± 1.0	0.5	02 ± 0.1	05	260	17.5	6	265

SCIDAR的发展概述

Classical SCIDAR (Vernin & Roddier), 1973

(Vernin & Roddier), 1975

(Azouit et al.) , 1978

(Caccia et al.) , 1987

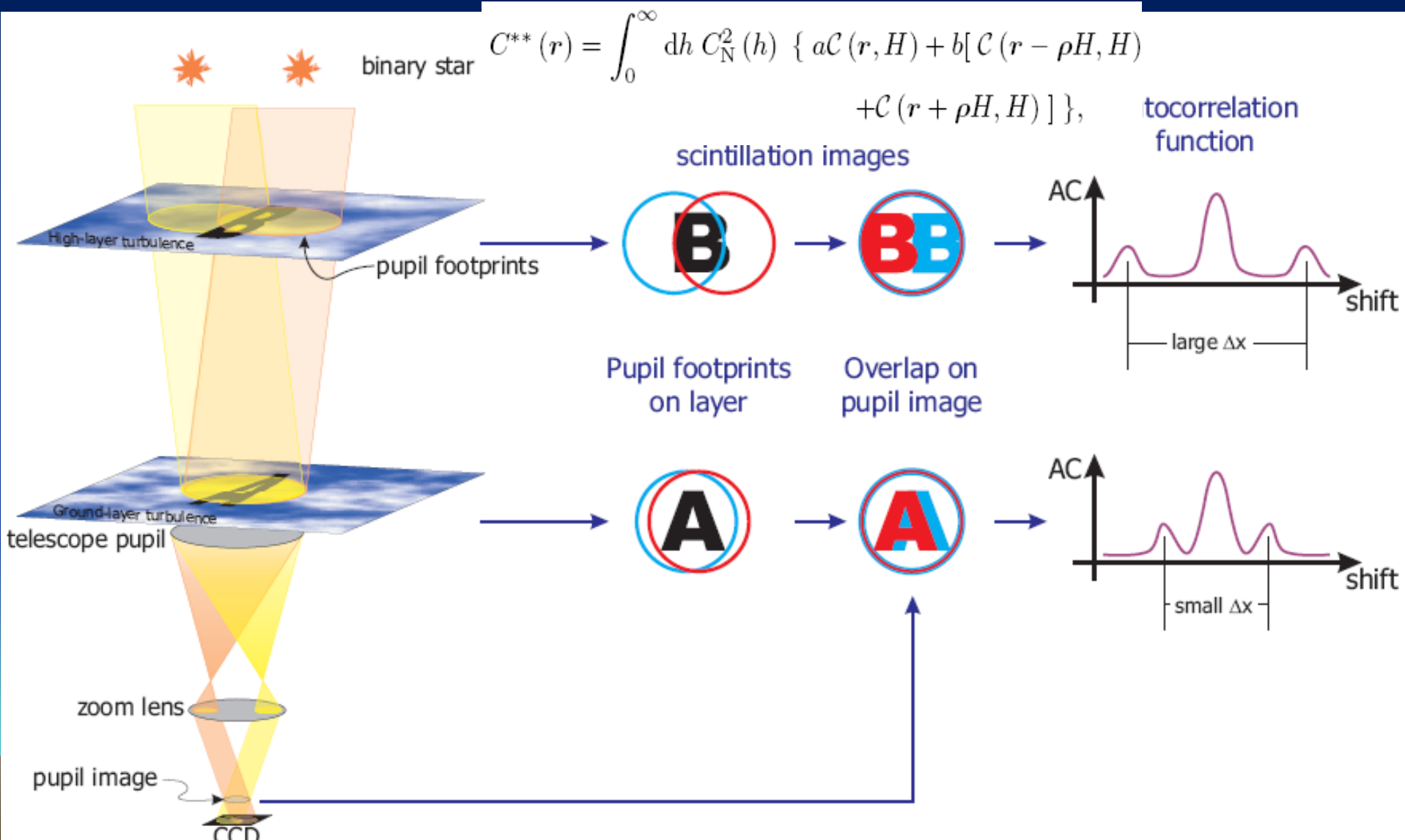
Generalized SCIDAR (Fuchs, Tallon & Vernin) , 1994

(Avila) , 1998

Single Star SCIDAR (Habib&vernin) , 2006

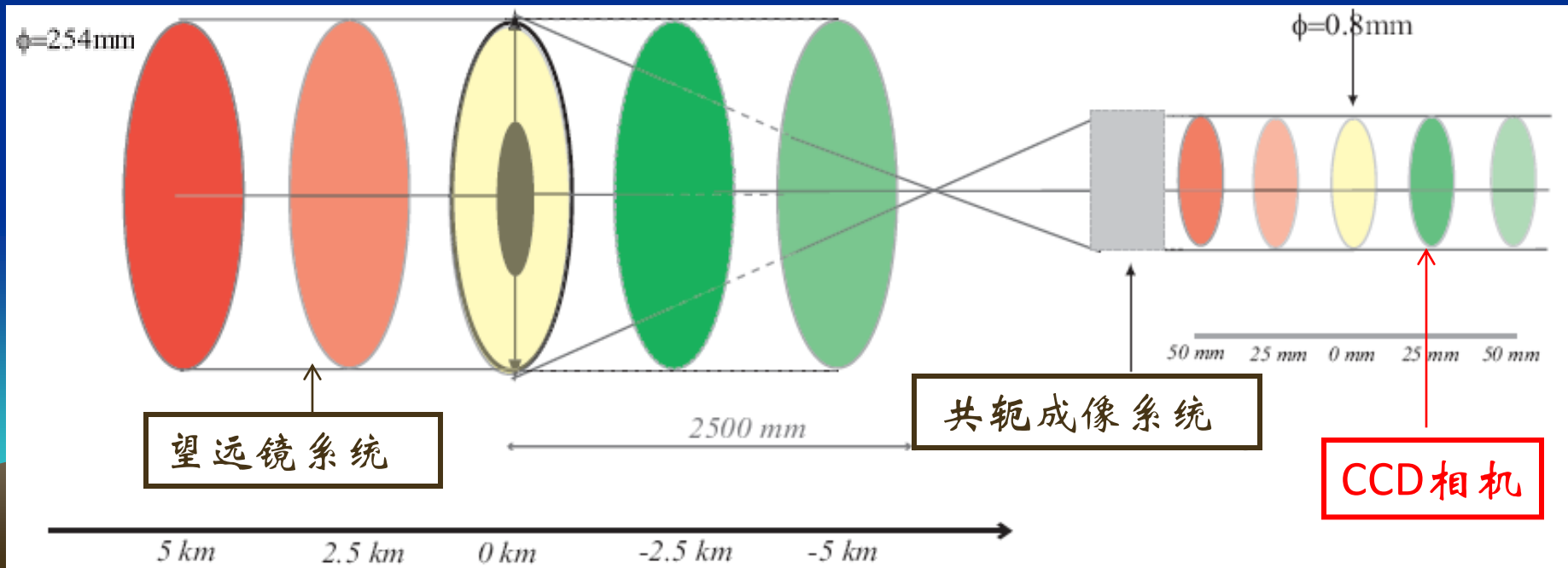


双星Scidar原理



Generalized SCIDAR

Classic Scidar 对近地面几公里的探测不敏感，为了克服这种技术缺陷，我们采用虚拟像平面技术，通过共轭成像系统，通过移动CCD的探测器在焦面后位置来实现近地面的湍流探测。



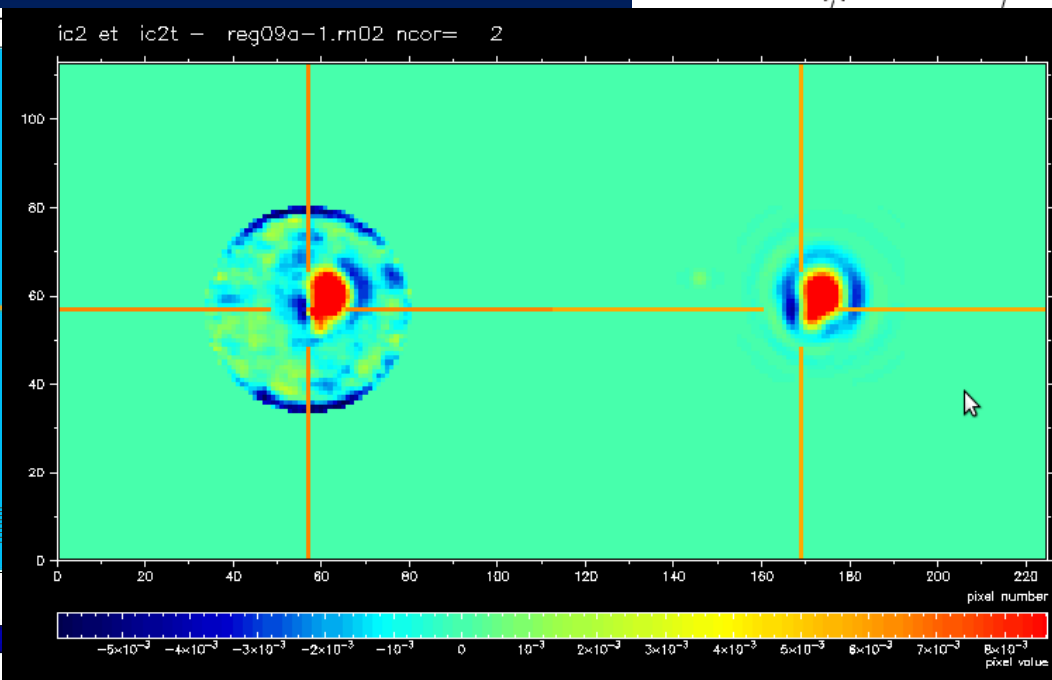
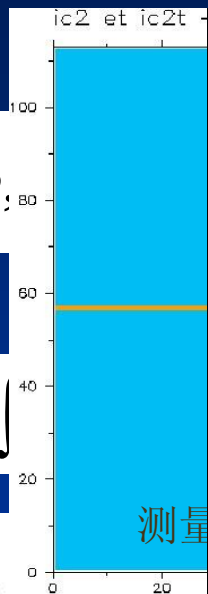
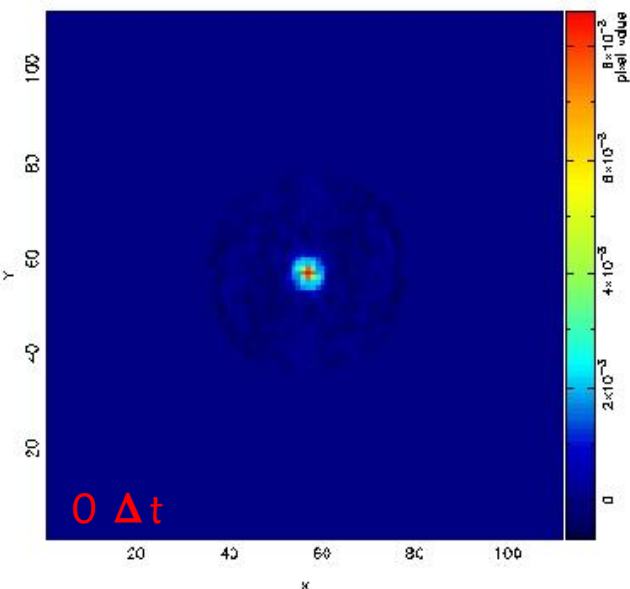
单星SCIDAR原理

Simple Star Scidar

$$C_I(\rho) = \int_0^\infty C_n^2(h) \text{Ker}(\rho, h) dh$$

$$\text{Ker}(\rho, h) = 4(2\pi k)^2 \times 0.033 \int_0^\infty \dots$$

Autocorrelation (ncor = 2)

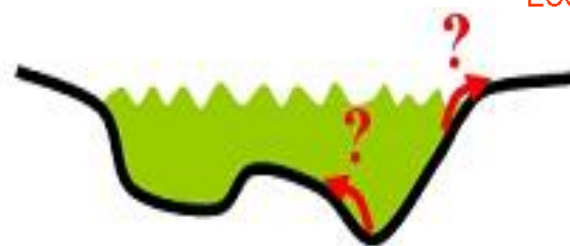


Global minimum

Local minimum

$E_n < E_o$: accept

$E_n > E_o$: accept with probability $\exp[-(E_n - E_o)/K_B T]$



模拟退火算法

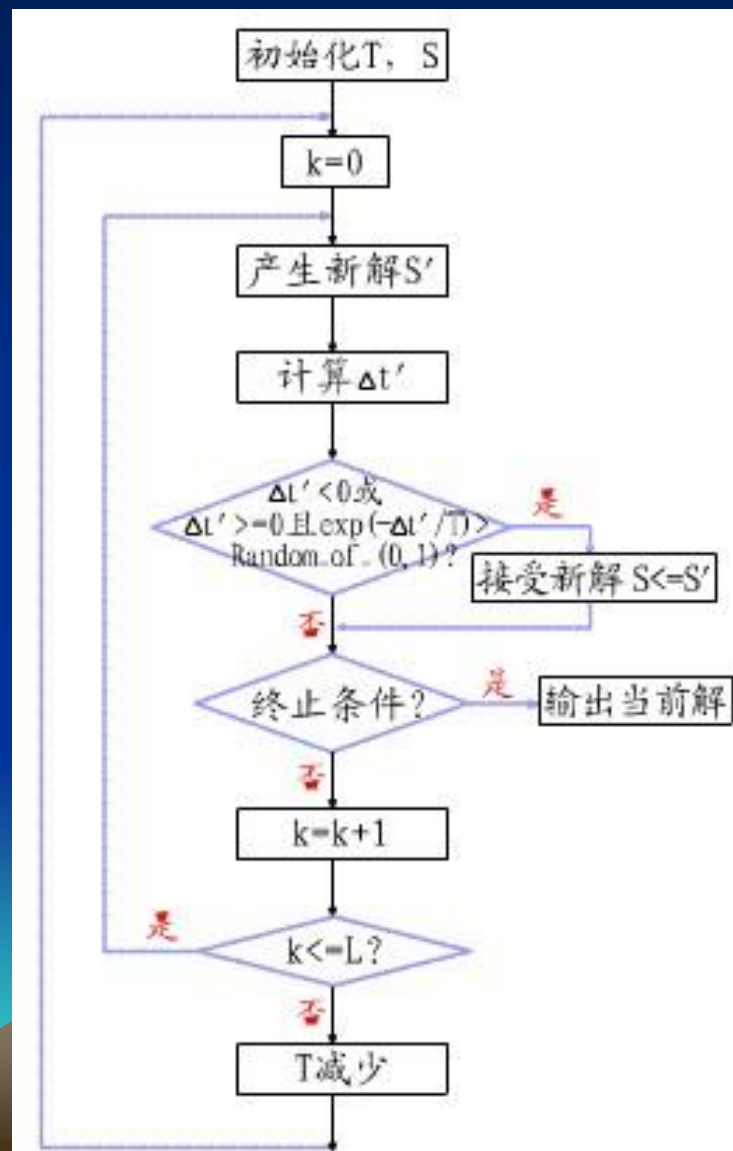
第一步是由一个产生函数从当前解产生一个位于解空间新解

第二步是计算与新解所对应的目标函数差

第三步是判断新解是否被接受,判断的依据是一个接受准则

第四步是当新解被确定接受时,用新解代替当前解,当前解实现了一次迭代

第五步循环迭代,直到满足终止条件



三、加工与配置

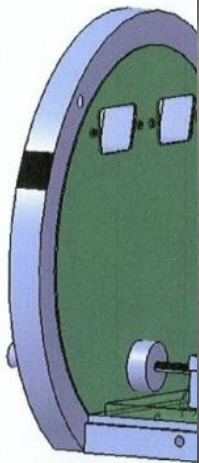
- 1、湍流“冻结”假设，望远镜口径取决于风速
- 2、风速一般在30米/秒以下

$$D = V * \Delta t = 30 \text{ 米/秒} \times 0.012 \text{ 秒} = 0.36 \text{ 米}$$

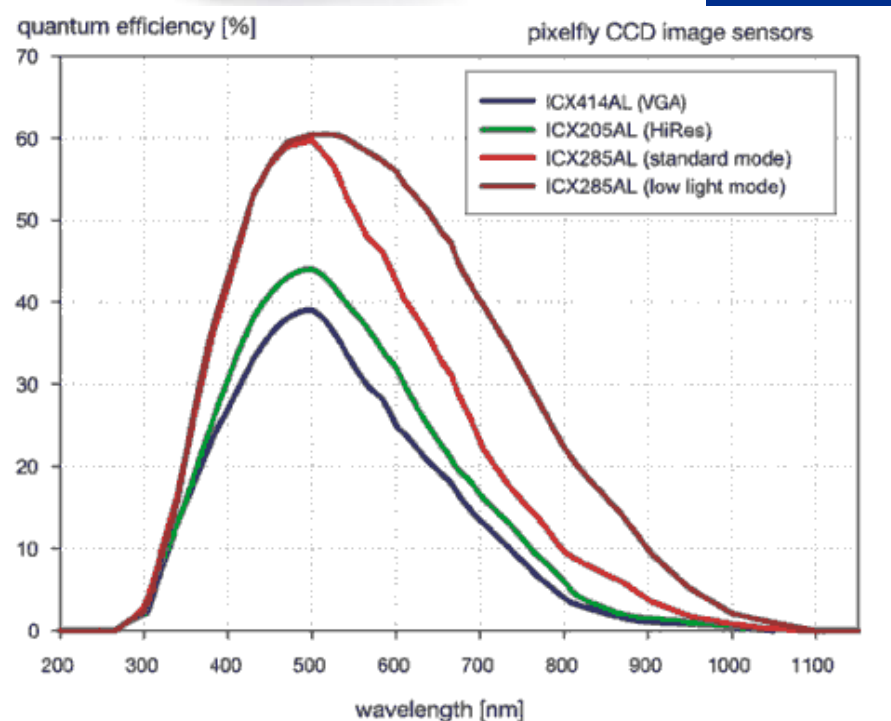


硬件实现-后端

后
组成
焦，
散为



高速CCD相机选择-pixel fly



分辨率: 640x 480 pixel)

像素大小: $9.9 \times 9.9 \mu\text{m}$

曝光时间: $5 \mu\text{s}$ to 65 s

读出噪声典型值: 12e~ rms

传输距离: 10 m

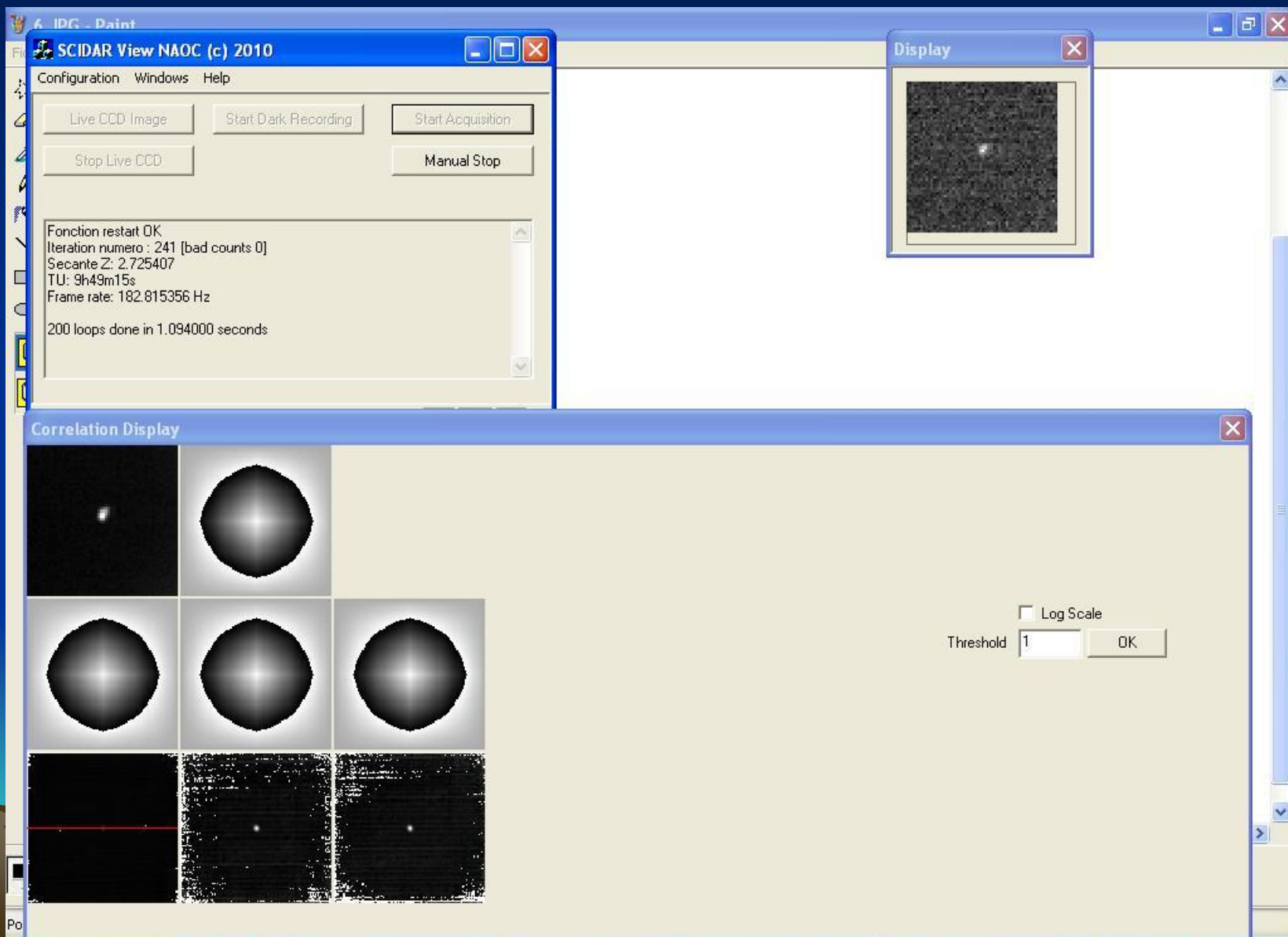
标准PCI卡接计算机

支持ROI技术

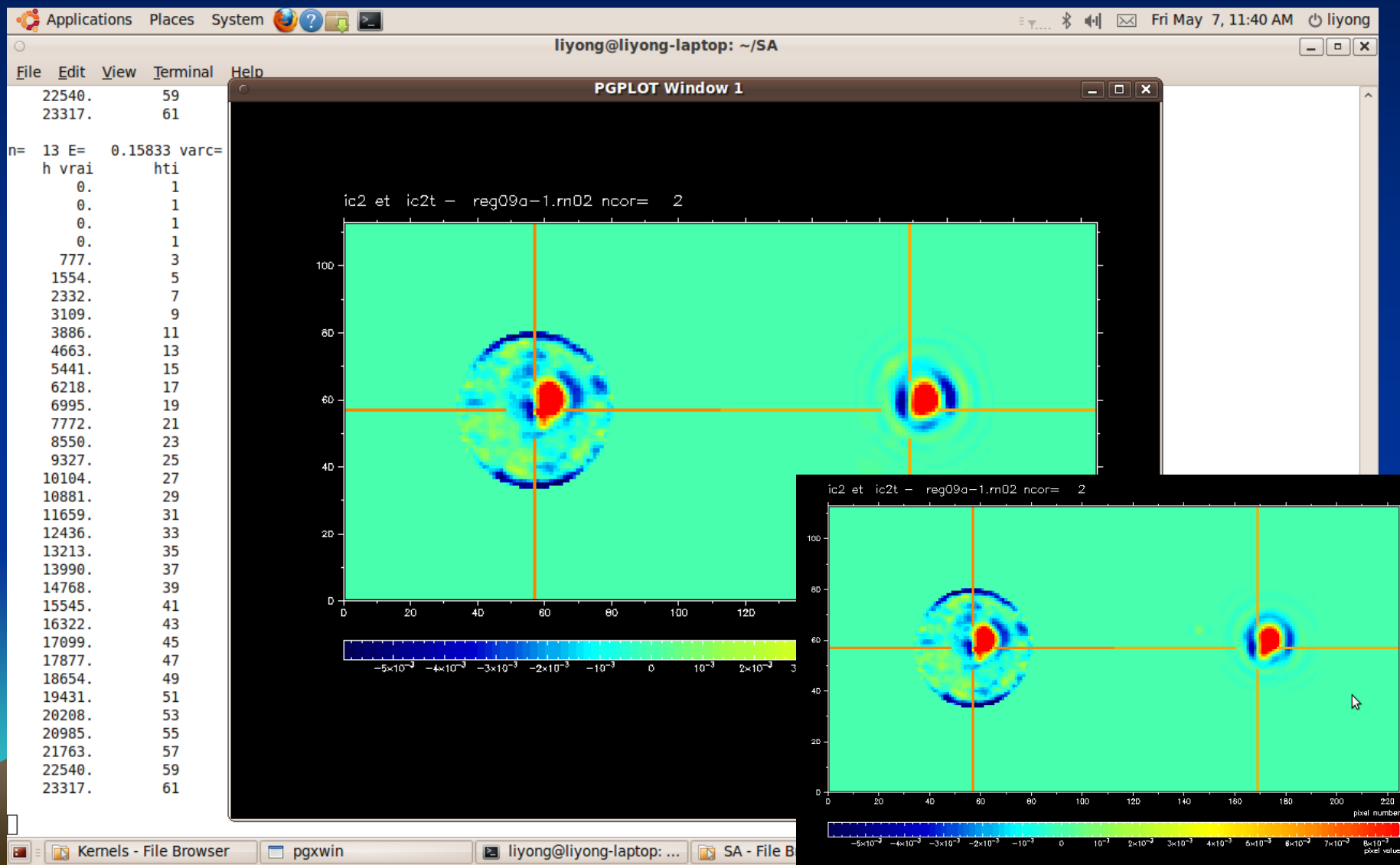
Bining (水平): 1, 2

Bining (垂直): 1, 2, 4

软件实现-观测界面



数据处理-软件实现

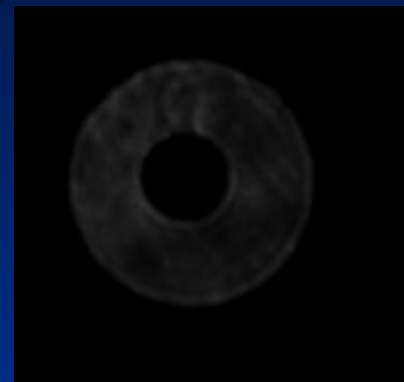


四、试观测与结果（一）

观测时间：2010年8月16日晚

20:00—24:00

观测目标：alf_air, moon



试观测与结果（二）

国台楼顶实验

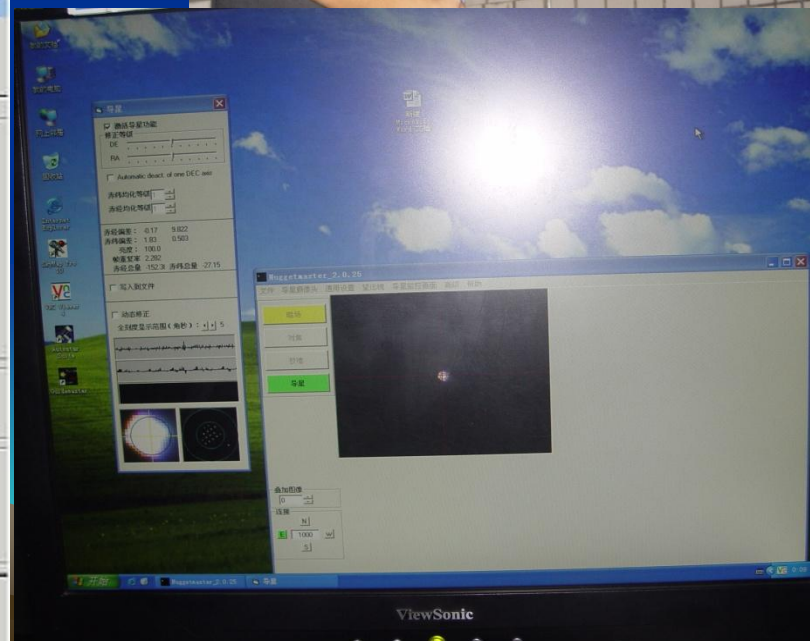
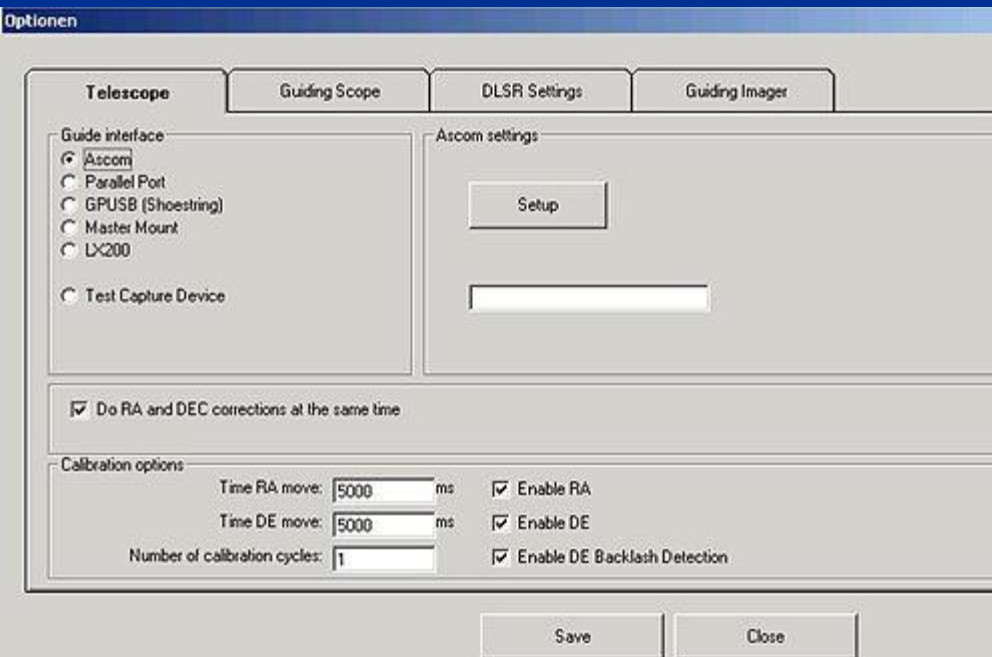
赤道式望远镜极轴校准：

被导星	极轴高度的修正		极轴方位的修正	
	北东天的星（赤纬40度~50度的星）		赤道线至南北子午线附近的星	
视野内被导星移动的方向	向北偏离时	向南偏离时	向北偏离时	向南偏离时
极轴需调整的方向				
	极轴向下调整	极轴向上调整	极轴向东调整	极轴向西调整



国台望远镜导星实验

- 1、导星软件: **Guidemaster**
- 2、导星CCD: **LPI相机**
- 3、理论上导星精度可达2.5角秒



国台观测实验

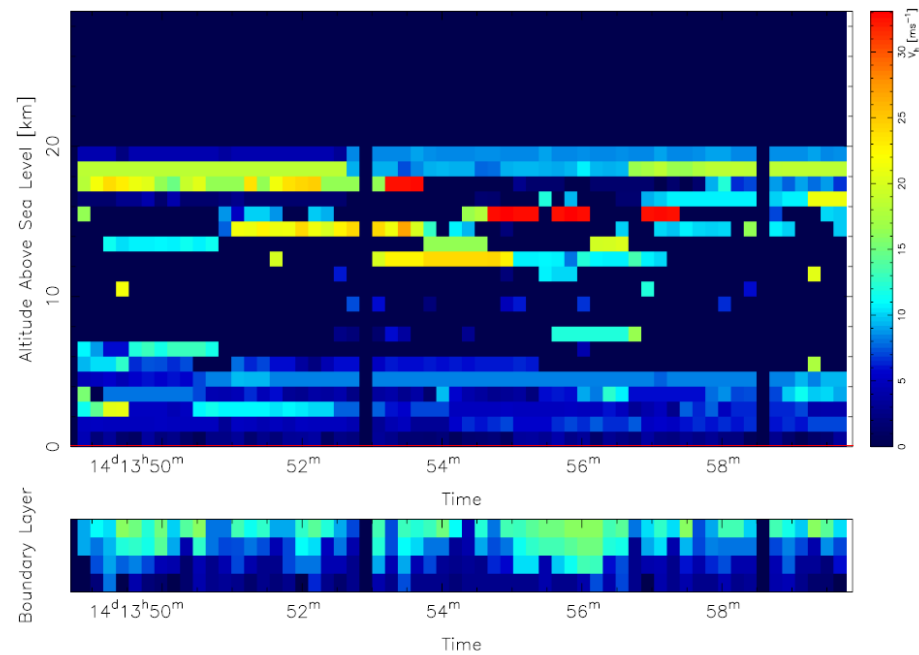
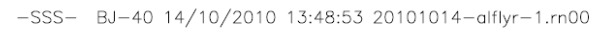
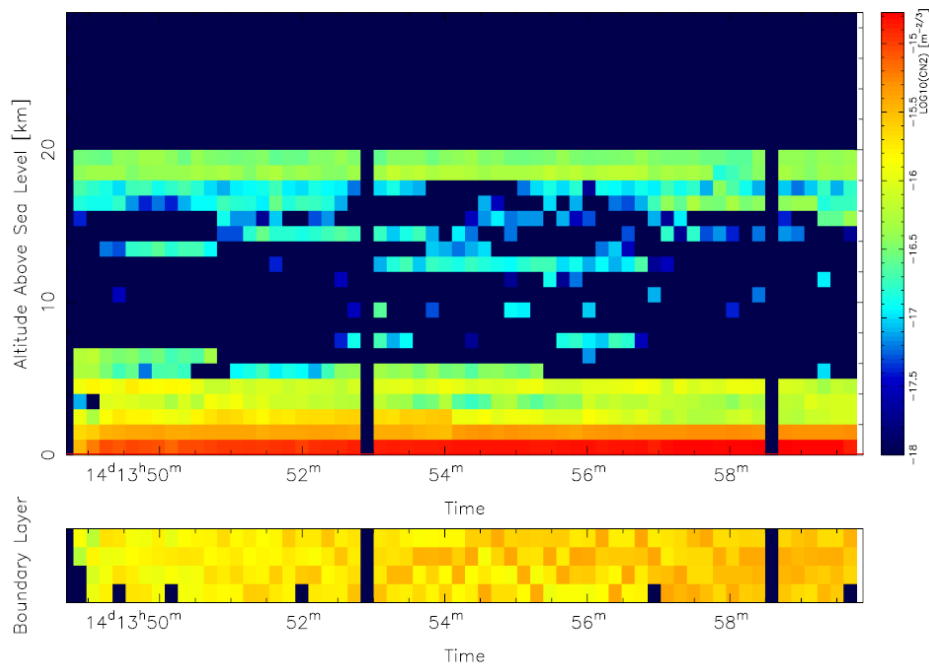
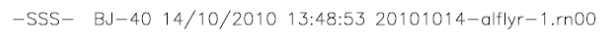
观测时间： 2010年11月14日晚

20: 00—24: 00

观测目标： Alf-1yr

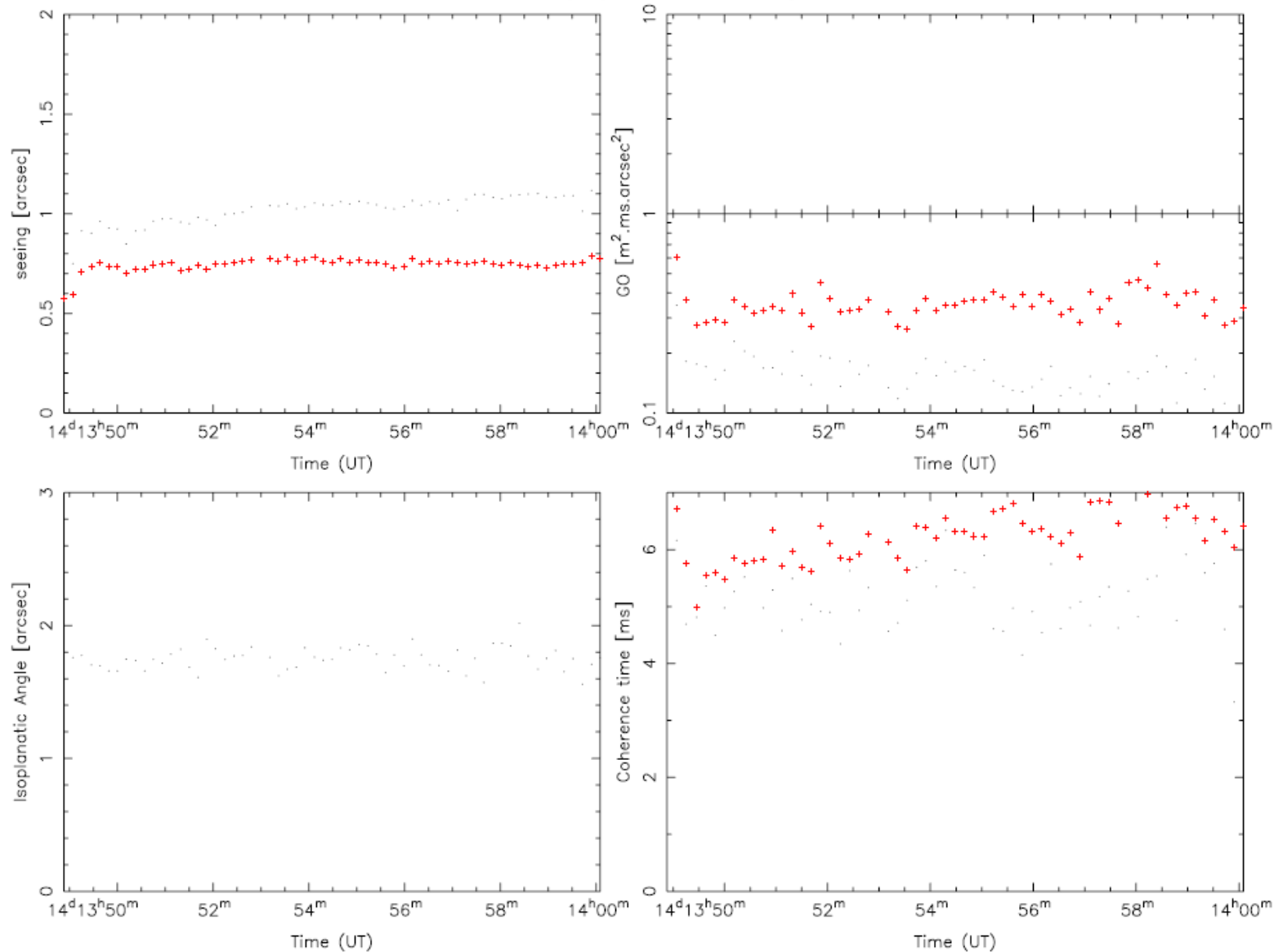


结果 (1)



结果(2)

Seeing evolution -SSS- BJ-40 14/10/2010 20101014-alflyr-1.m00



五、后期计划

一、观测自动化发展与实验(2010.12-2011.3)

地点：北京国台实验室和室外

二、兴隆观测站观测及改进(2011.4-2011.5)

地点：兴隆站内

三、西部阿里观测点监测计划(2011.6-)

地点：西藏阿里狮泉河南



致 谢



国家自然科学基金委员会青年科学基金资助



中科院国家天文台青年人才基金资助



法国Nice大学Fizeau实验室访问研究



北京天文馆提供前期实验望远镜

谢谢关注!

