

木曾超広視野高速CMOSカメラ Tomo-e Gozen試験機による 高頻度測光の評価

木曾シュミットシンポジウム2016

東京大学修士課程1年 一木 真

概要

Tomo-e Gozenの変光天体探査能を
Tomo-e PMの実測値から調べる。

- ◆ 高頻度データの相対測光の安定性について
- ◆ 実際の変光天体の探査について

観測

Tomo-e Prototype Model

望遠鏡	木曾Schmidt(口径105cm, seeing~4")
視野	1.8deg ² in 8deg × 20arcmin
チップ数	8
フレームレート	2 frames/sec (max)
フィルタ	なし, $\eta=0.45$ @ $\lambda=400-650\text{nm}$
暗電流	<1.4 e-/s/pix @21°C
読み出しノイズ	1.7 e-



解析に用いたデータ

日時	2015年12月08日 (前半夜)	(RA,DEC)=(01:12:05.8,+22:44:49)
天候	快晴	
領域	右図	
視野	20' x 40' (1チップ)	
時間	2.72時間 (19,600フレーム)	
星の数	およそ300 (Vmag~11-17)	



解析の流れ

一次処理

- 一般的なバイアス, ダーク, フラット処理

測光

- Source Extractorを用いて開口測光 (直径: $3 \times \text{FWHM}$)

光度曲線作成

- 座標の近いものを同じ星とみなしてライトカーブを繋げる

大気変動の補正

- 大きな変動のない明るい星を参照星とし、全ての星の大気変動を補正

測光誤差の評価

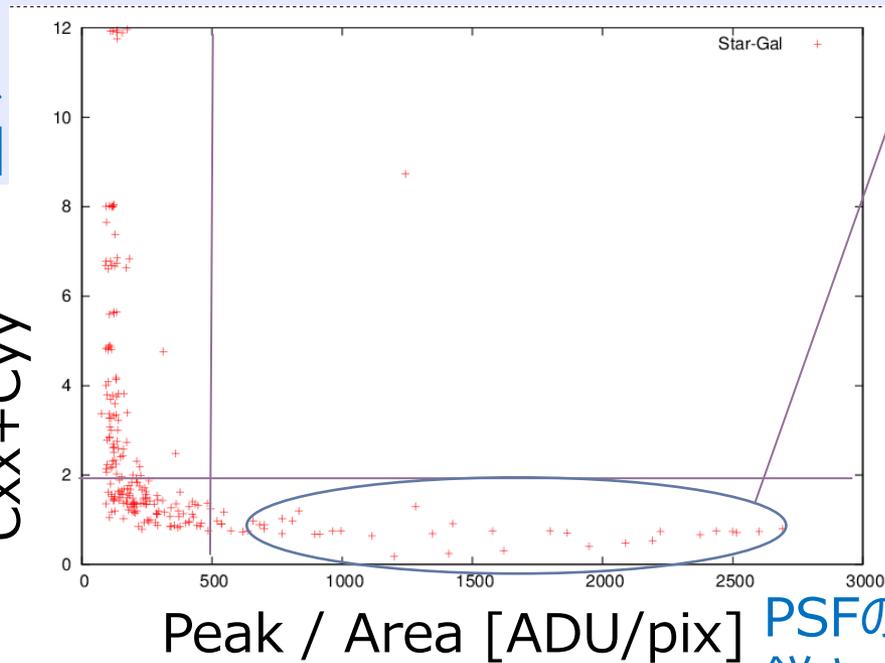
- 時系列の測光データの分散を測光精度とみなす

解析の流れ

参照星の選定

PSFの歪み

二次モーメント量
CXX+Cyy

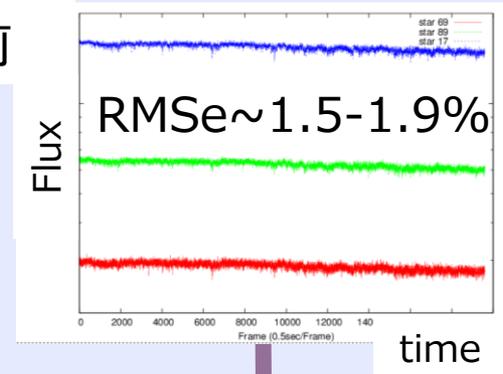


PSFの鋭さ

参照星

- PSFが鋭く、歪んでいないもの(左図)
- Peak count > 20000[ADU]を棄却 (Linearityの限界)
- RMSの大きいものを棄却(変動天体を参照星にすることを避ける)
- なるべく明るい星

補正前

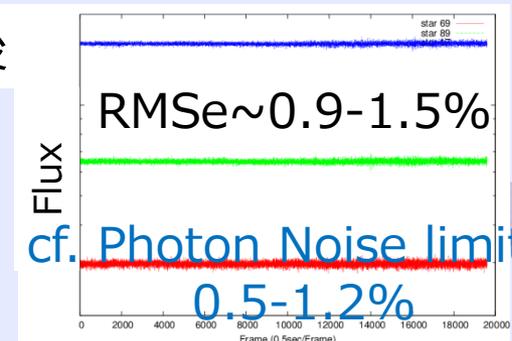


大気変動の補正

参照星を視野中で一つ選び、相対測光を行う。
Tomo-ePMはノンフィルター(B~Rバンドに対応)だが、参照星のGuide Star CatalogのV等級を基準に等級を算出(色補正なし)

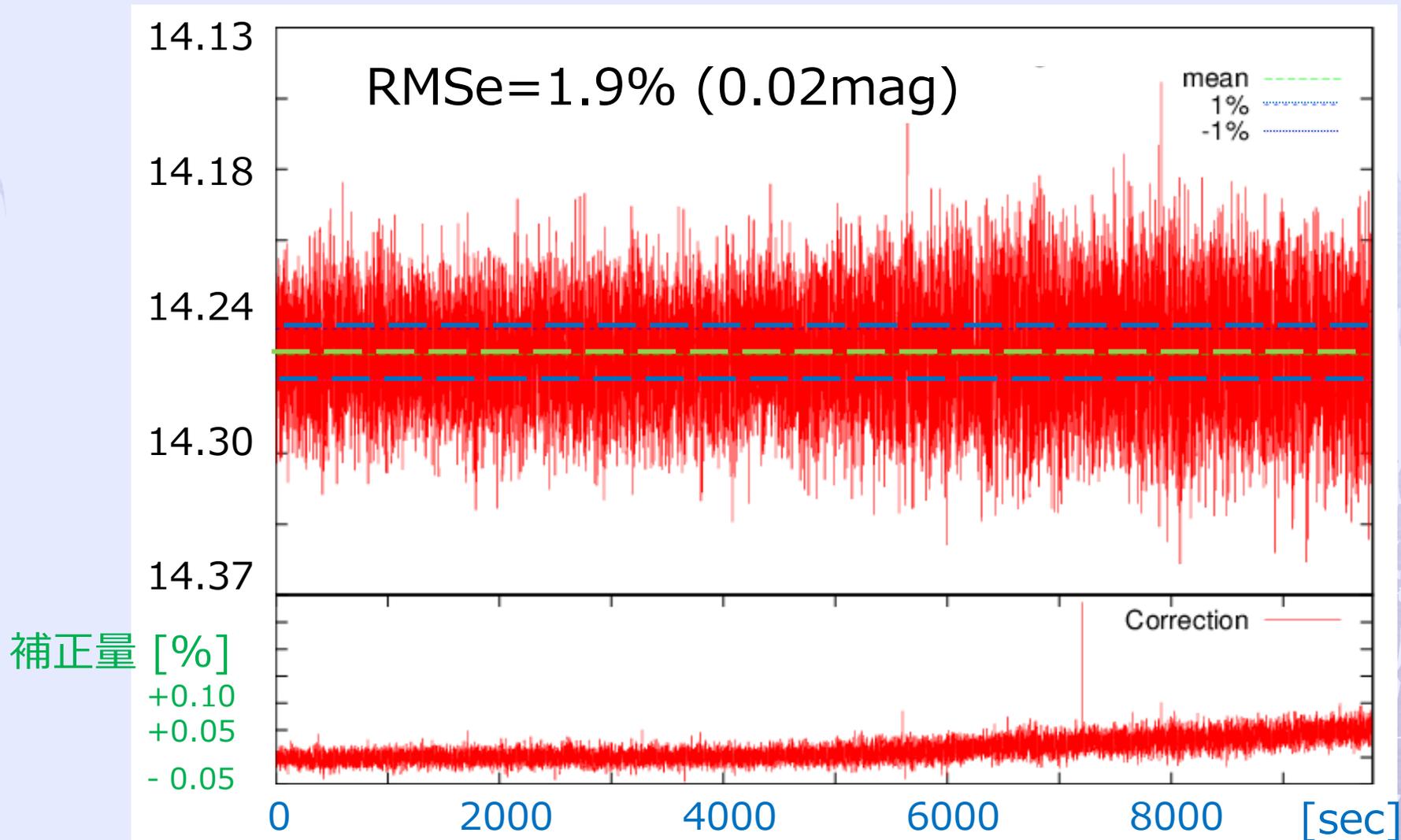
Vmag(GSC)=13.001mag の星が今回の参照星

補正後



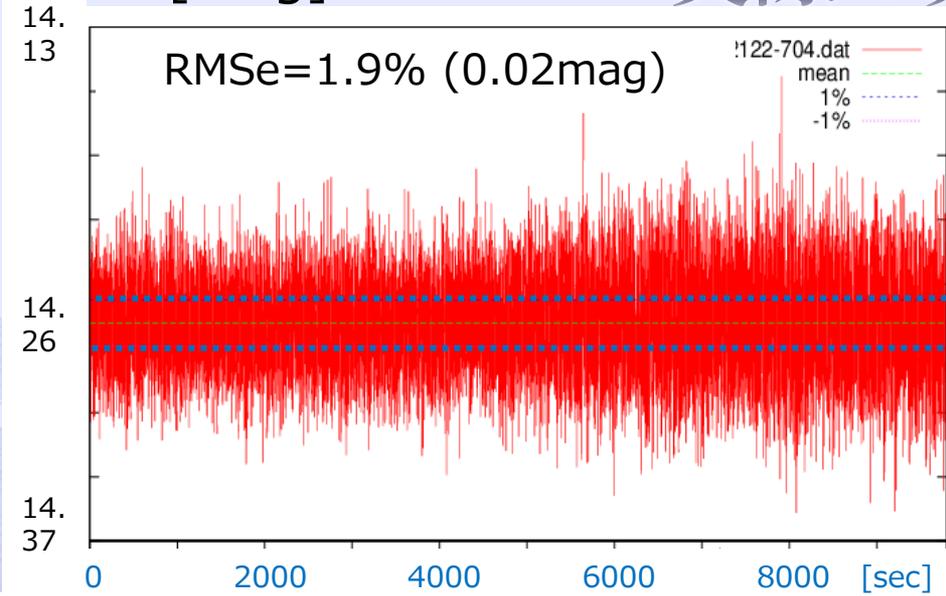
実際の光度曲線

V等級 [mag] 参照星のGuide Star Catalogでの
V等級(13.001mag)を基準とした場合



実際の光度曲線

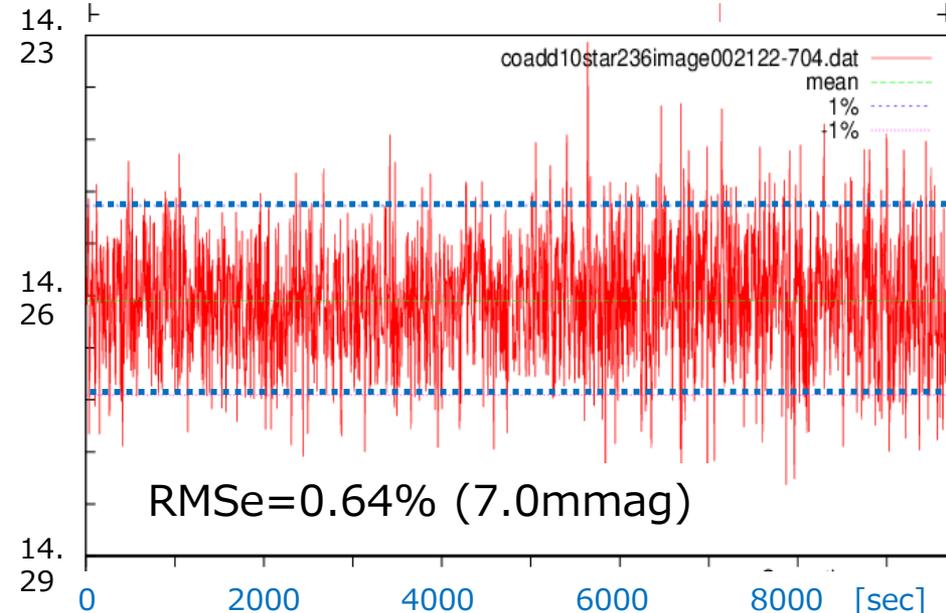
V等級 [mag]



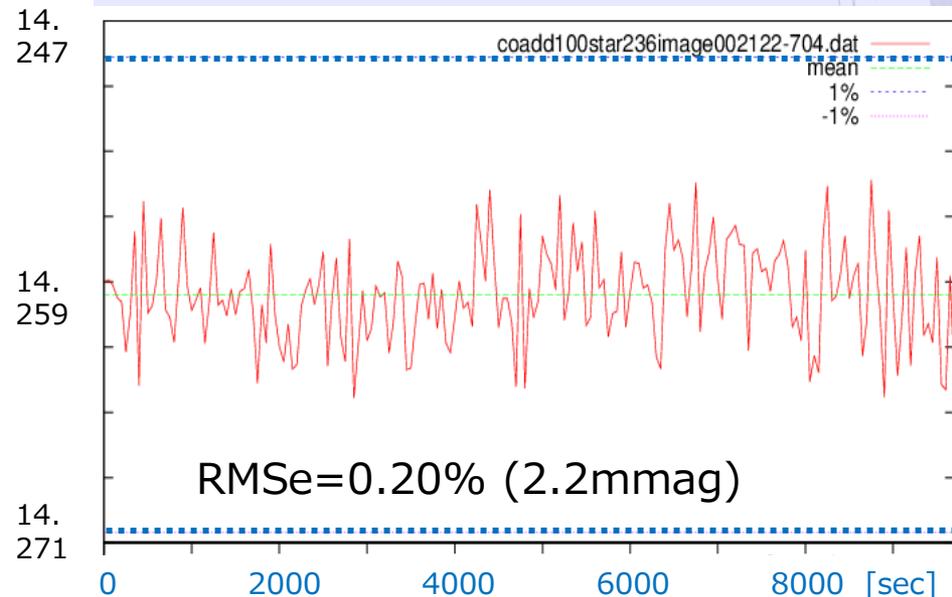
..... 平均 ± 1%

時間方向にbinningした時

← Total exposure time / data = 0.5 [sec]



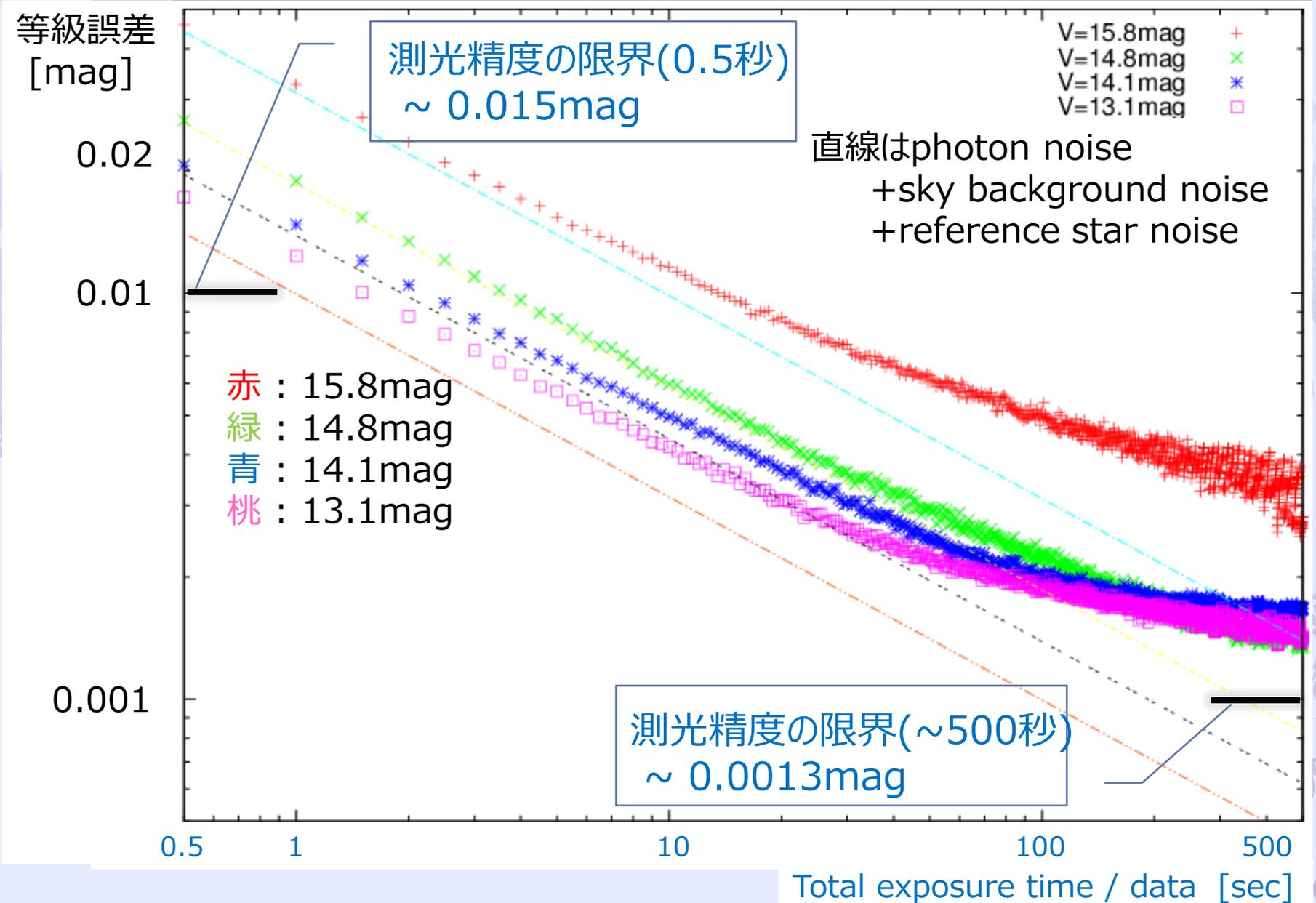
Total exposure time / data = 5.0 [sec]



Total exposure time / data = 50 [sec]

相対測光の安定性

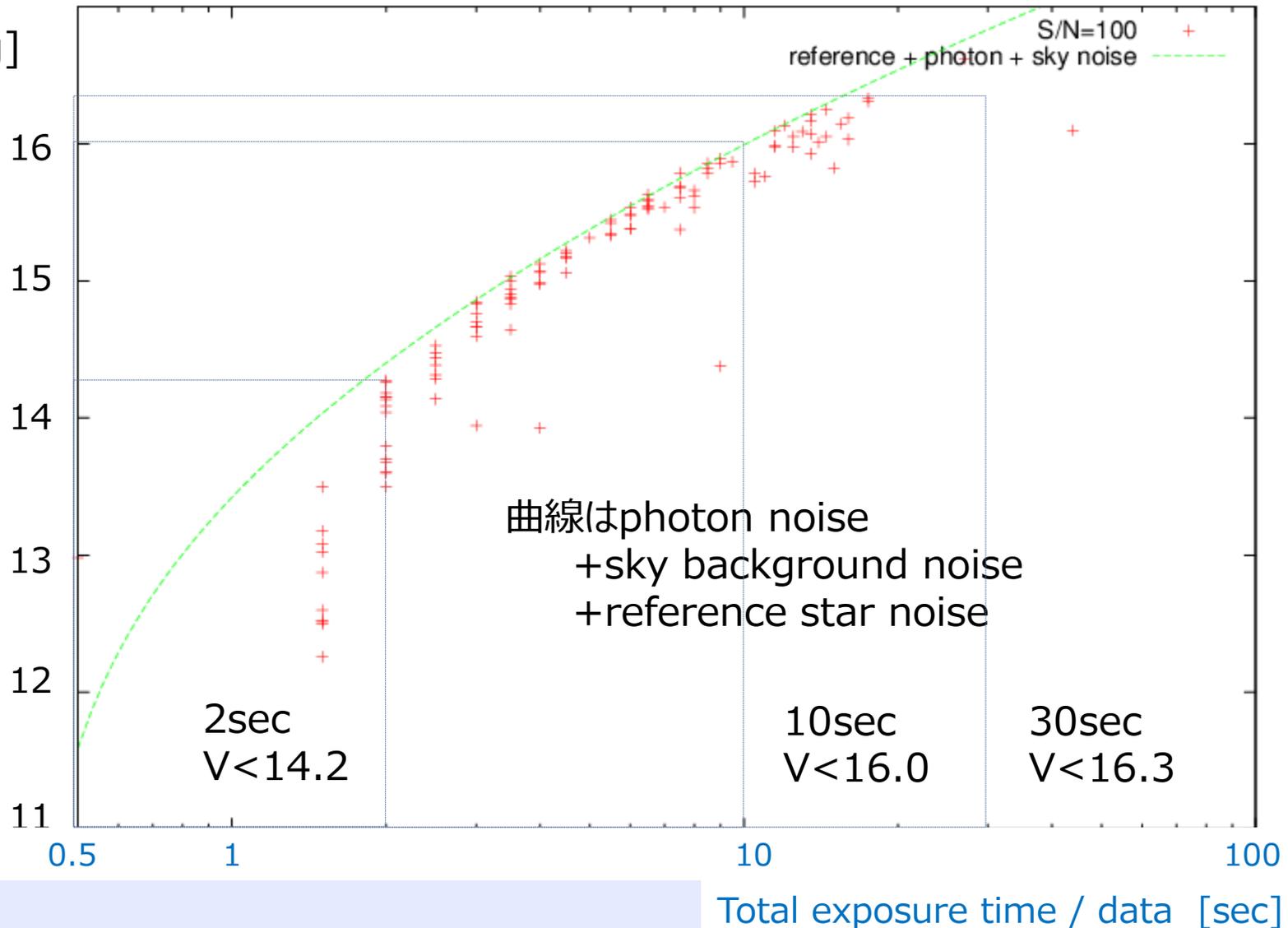
積分時間ごとの等級誤差



相対測光の安定性

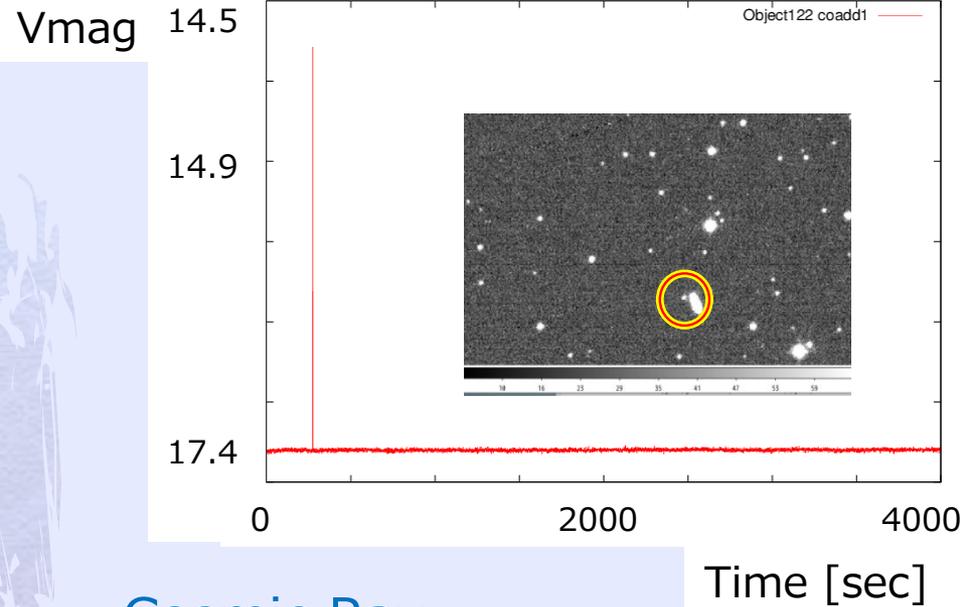
S/N=100に達する時間

V等級
[mag]

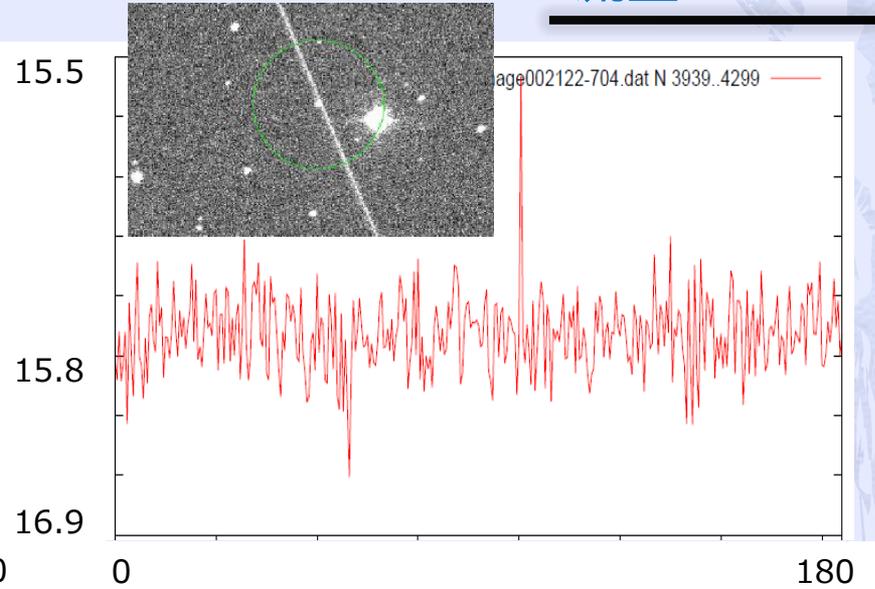


変光現象の例

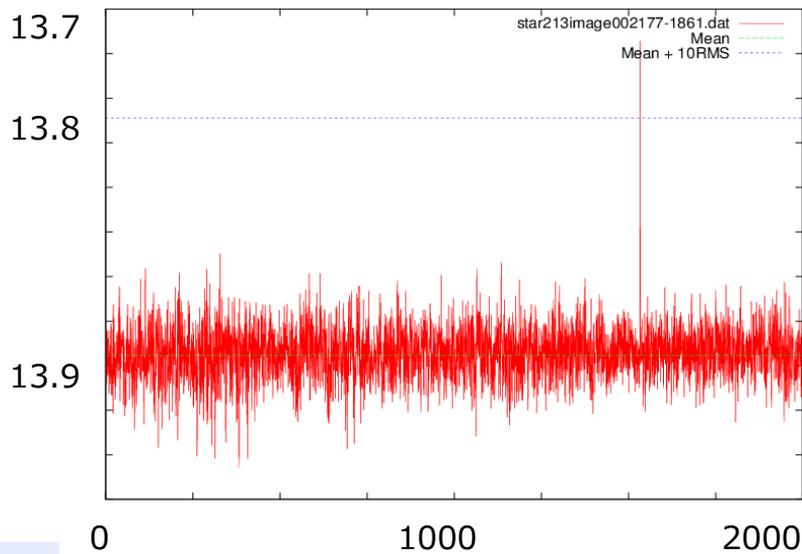
衛星の通過



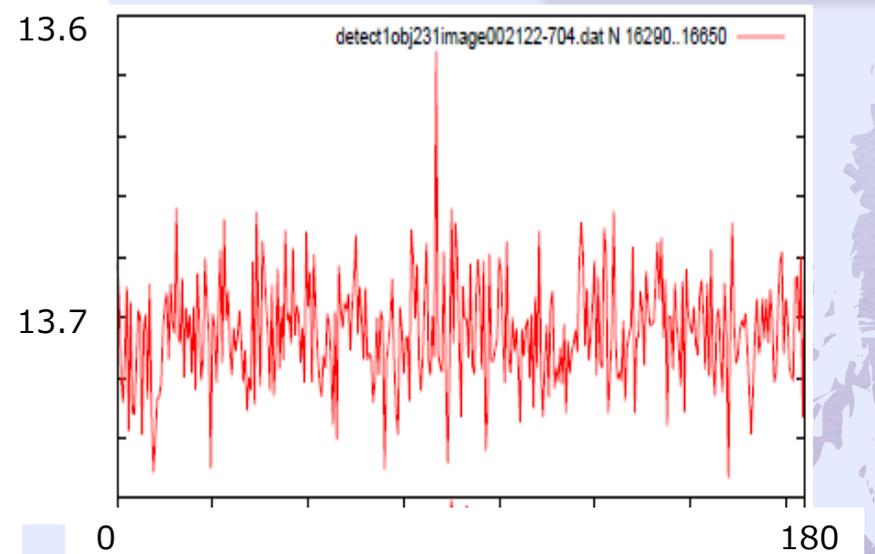
流星



Cosmic Ray



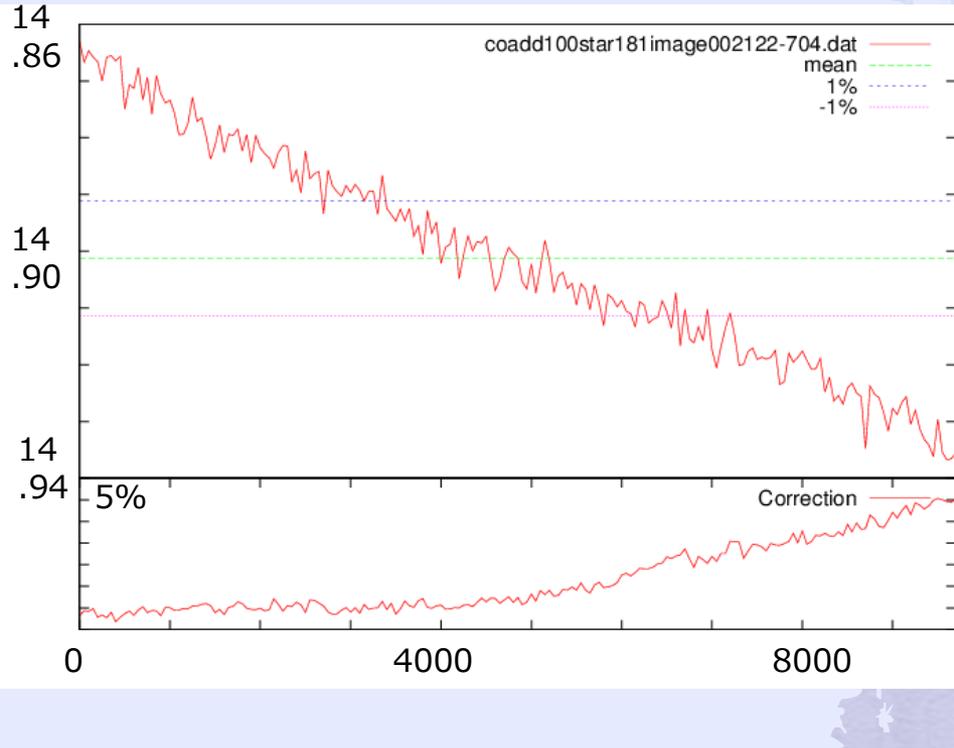
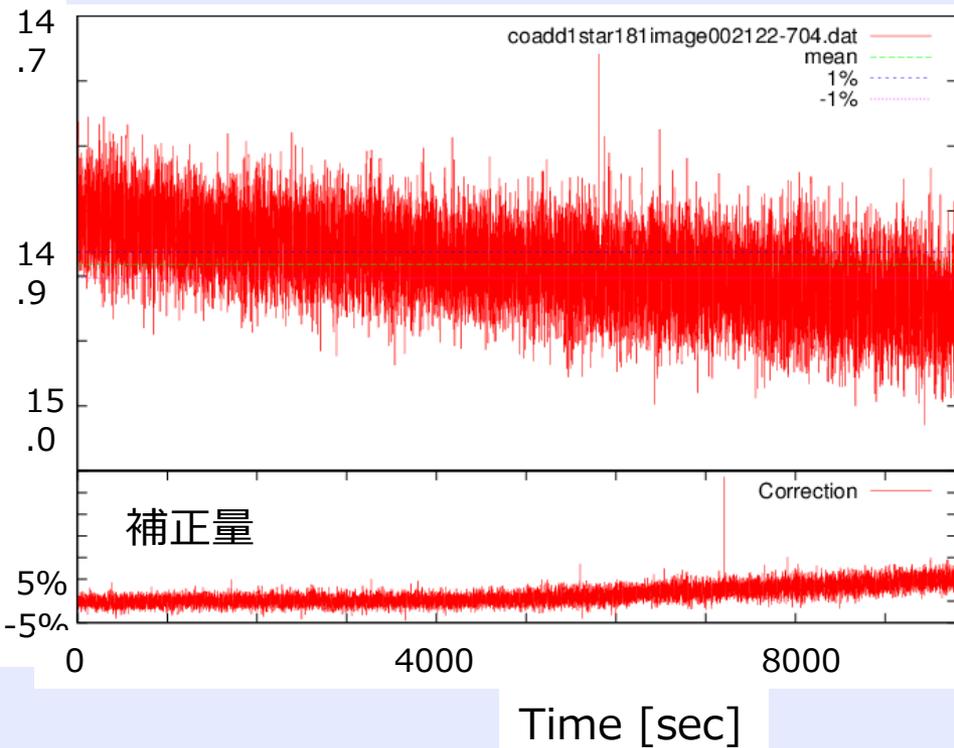
原因不明



変光現象の例

S2 0109+22 (Blazer)

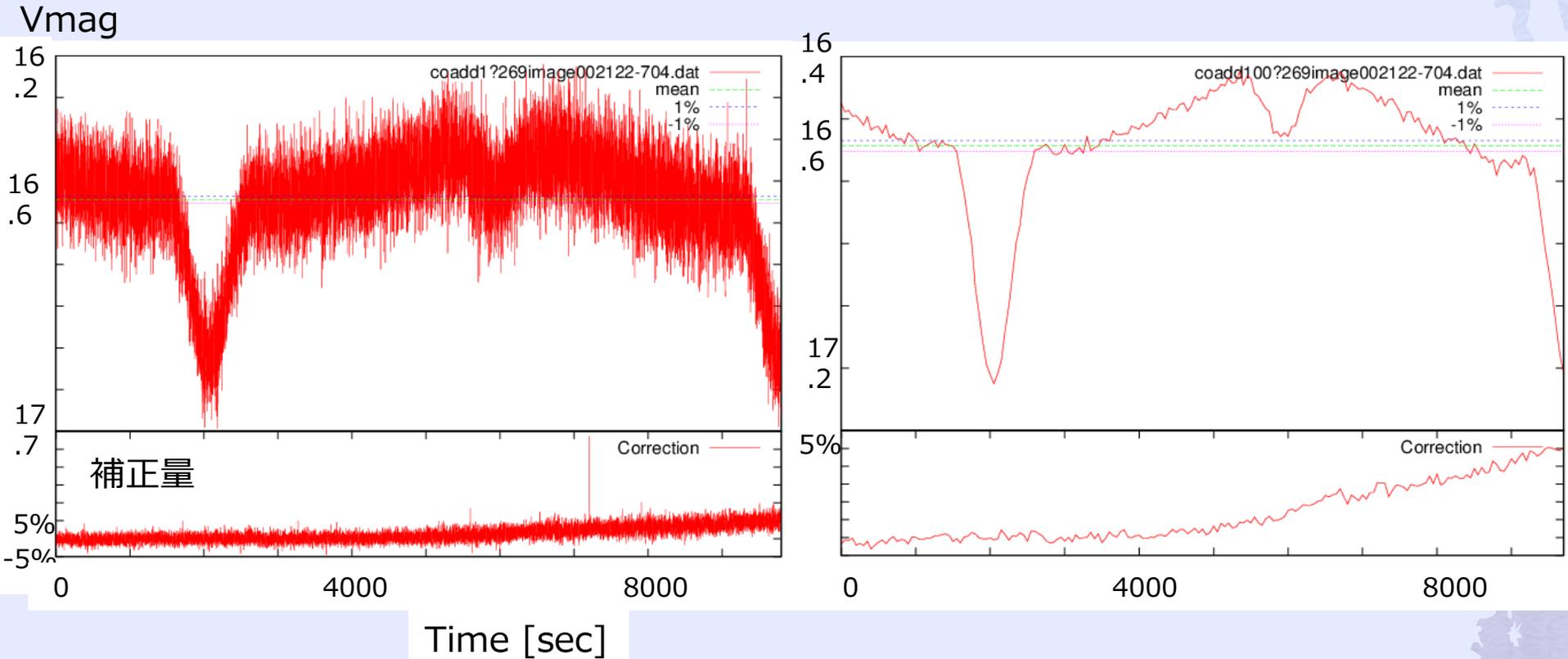
Vmag



BL Lacertae object

変光現象の例

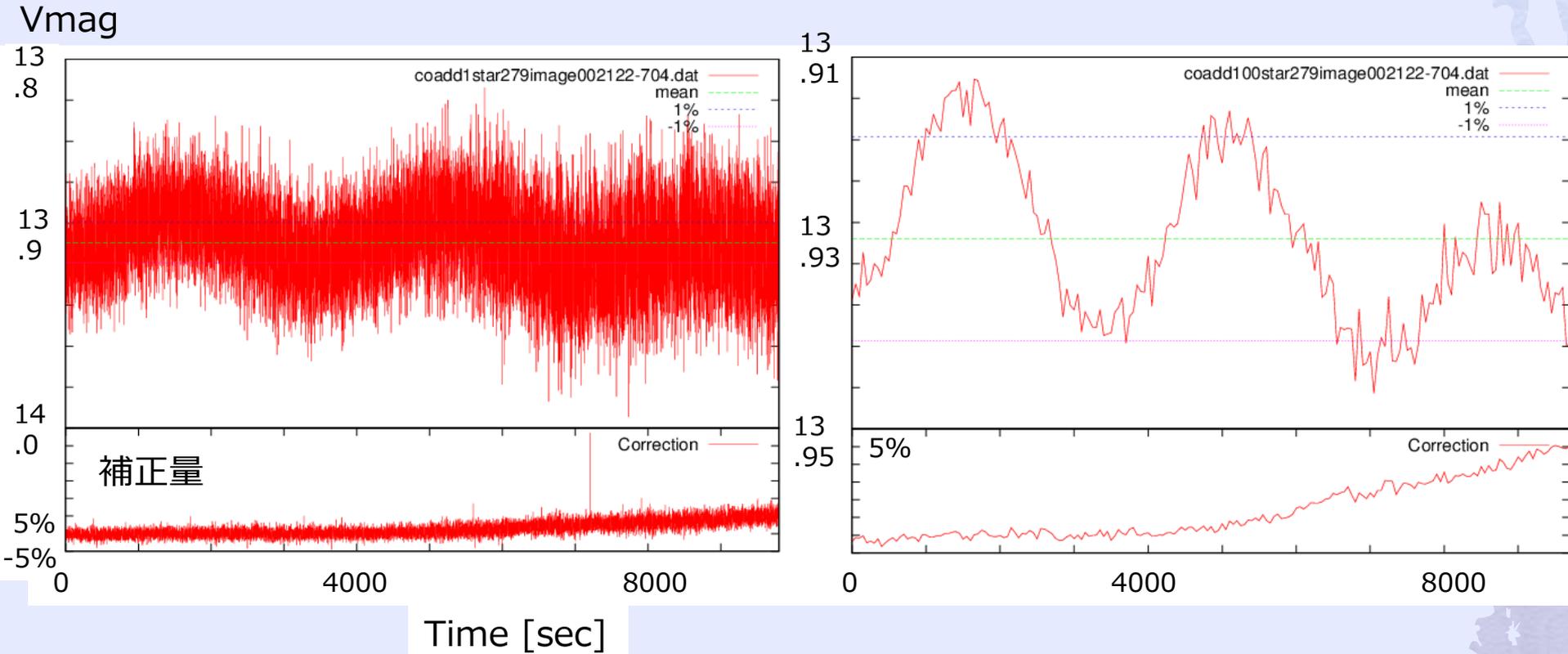
β -Lyrae型? 食連星



u mag = 16.27
g mag = 16.44
r mag = 16.89

変光現象の例

δ -scuti型 脈動変光星

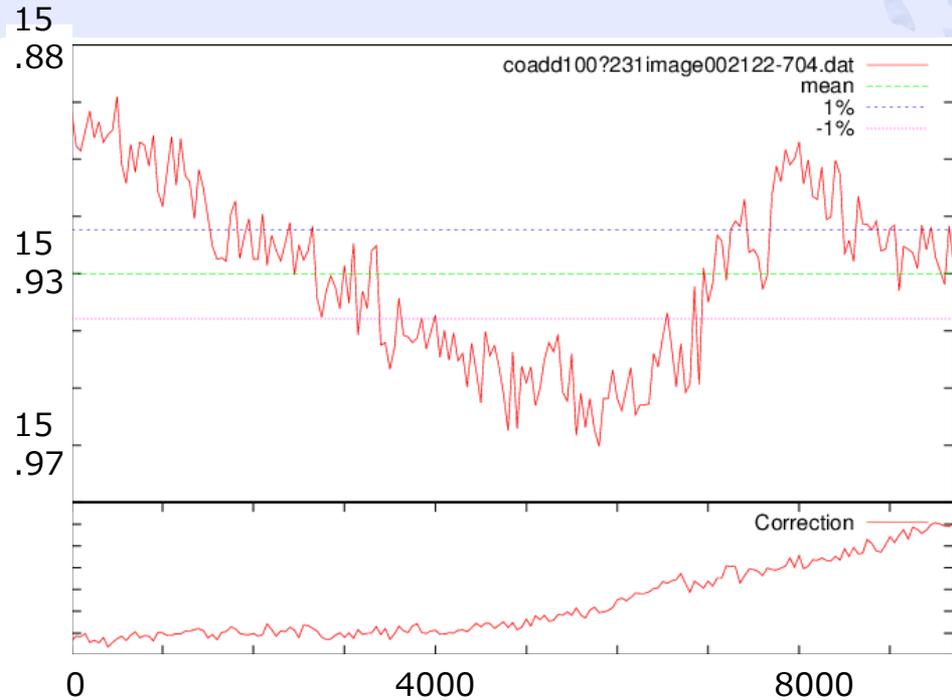
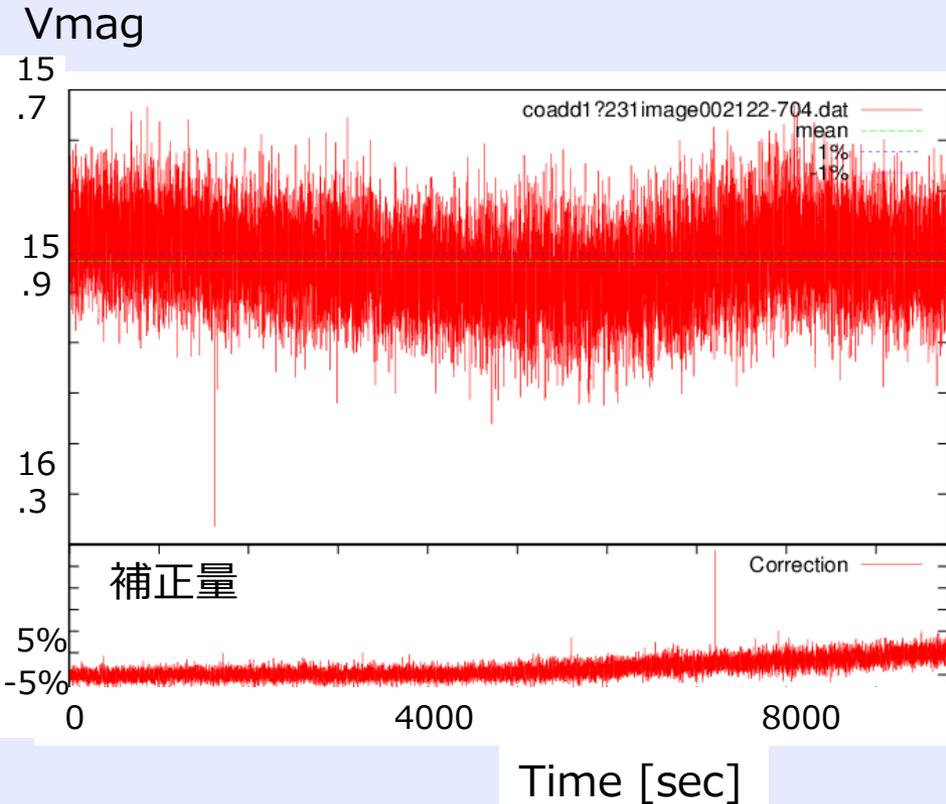


u mag = 15.10
g mag = 13.93
r mag = 13.90

→ 7399K (F type)
脈動不安定帯に位置する

変光現象の例

?



u mag = 17.68
g mag = 16.25
r mag = 15.69

→ 5388K (G type)
RR-Lyraeなどの脈動不安定帯より低温
Solar-like giant oscillator?

まとめ

- ◆ 高頻度データの相対測光の精度をTomo-e PMのデータから評価
 - 0.5秒積分について、 $V_{\text{mag}} \leq 15$ で $\Delta m \leq 0.03 \text{mag}$ を達成
 - 10秒積分について、 $V_{\text{mag}} \leq 16$ で $\Delta m \leq 0.01 \text{mag}$ を達成
 - sky + photon + reference のnoiseでほとんど記述可能
 - 明るい星がphoton noise limitに達していない (大気?フラット?機器由来?)
- ◆ 実際の変光天体の探査について
 - 1チップ、1/3夜、星密度の低い領域のデータからも少なくとも2つの変光天体が見つかる
 - ~ 1 (δ -sct) / 1chip / 300stars / 2.7hour
 - Tomo-e Gozenが星密度の濃い領域(e.g. 5倍)を3領域/night行くと
 - ~ 1260 / 84chip / 1500stars / night
 - の δ -sct型変光星、あるいは食連星が(単純には)見つかる。
(銀河内での変光星の分布などの研究に使える可能性も?)
 - 0.5秒で見られる増光、減光の原因解明が必要