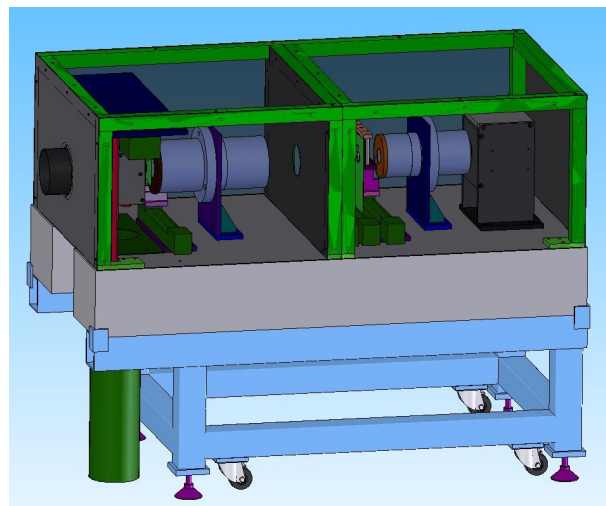
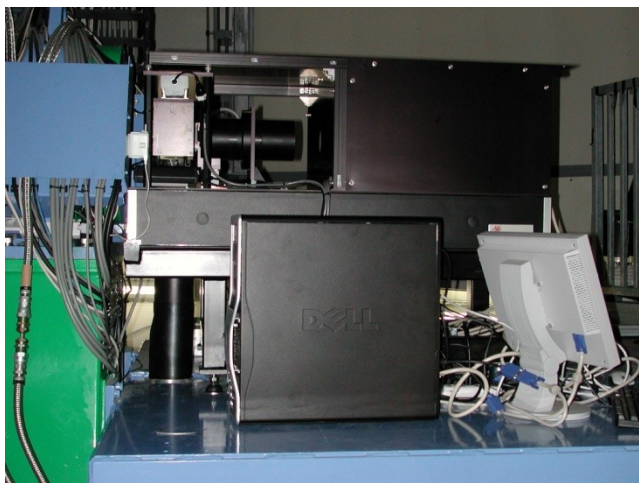


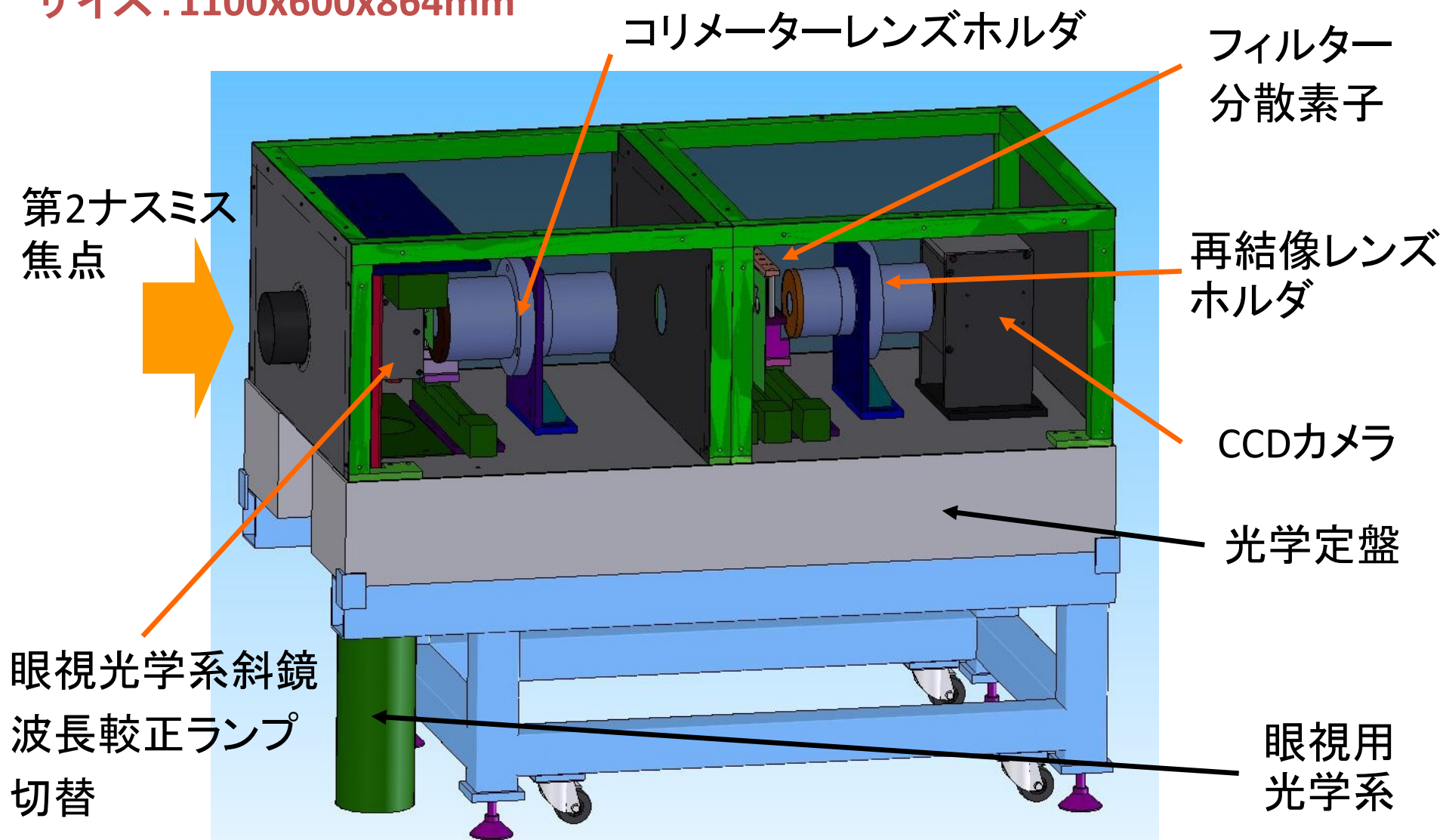
高速測光・分光装置と そのサイエンス

野上大作(京都大学)



○ 高速分光器@かなた望遠鏡 全体像

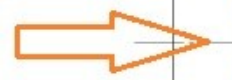
サイズ: 1100x600x864mm



高度軸インコーダカバー

SUS XA-50L-300
XAA-004
XAA-501

F変換レンズ

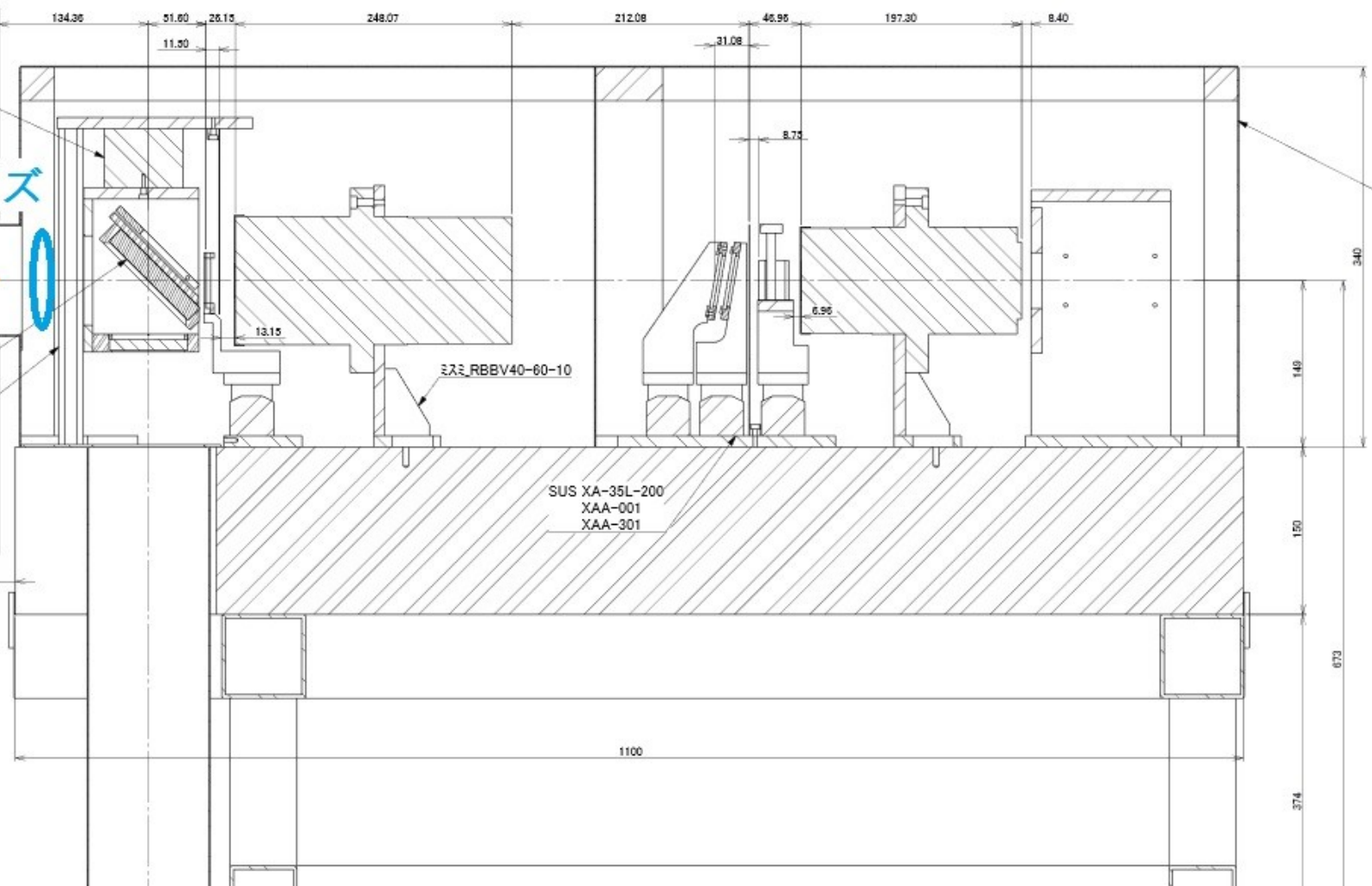


シグマ光機 TFA100C15-10

三菱 LSWF19-285

三菱 RBBV40-60-10

SUS XA-35L-200
XAA-001
XAA-301

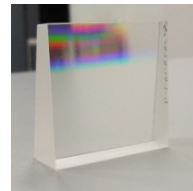
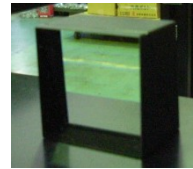


◎光学系：

H0WP₀₁の(予備の)レンズ群を使用

◎分散素子

- ・超低分散用 (R~20) ⇒ 2素子プリズム
- ・低分散用 (R~150) ⇒ グリズム
- ・(低分散 2 (R~1000) も入れられないか検討中)



◎筐体

- ・フィルター5種類 (BVR, ロングパス2種類 (L38, GG495))
- ・波長較正用光路
- ・マスク/スリット
3種類 (丸穴 ϕ 0.9mm、スリット2種類 (幅0.11, 0.20mm))

○高速CCDカメラ

e2v社の電子増倍(EM)・背面照射型 frame transfer CCD (CCD87) を使って浜松ホトニクスと共同で開発されたEM-CCD カメラ(C9100-12)



ピクセル数	512 × 512
ピクセルサイズ	16 μ m × 16 μ m
露光時間	27.1 msec ~ 10 sec
最速frame rate	35.8 frame/sec (No-bin)
電子増倍(EM)	4 ~ 2000 (可変)
カメラヘッド	真空封じ切り・ペルチエ冷却+空冷
冷却温度	-50°C (@0~30度)
読み出しノイズ	100 [e-]
A/Dコンバータ	14 bit
飽和電荷量	400,000 [e-]

測光観測での限界等級 20 mag @かなた望遠鏡(1.5m)→22mag@3.8m?
(±0.2mag, 最長の10秒露光, 電子増倍率:最小)

○装置のまとめ

積分時間: 27.1ms ~ 10 sec

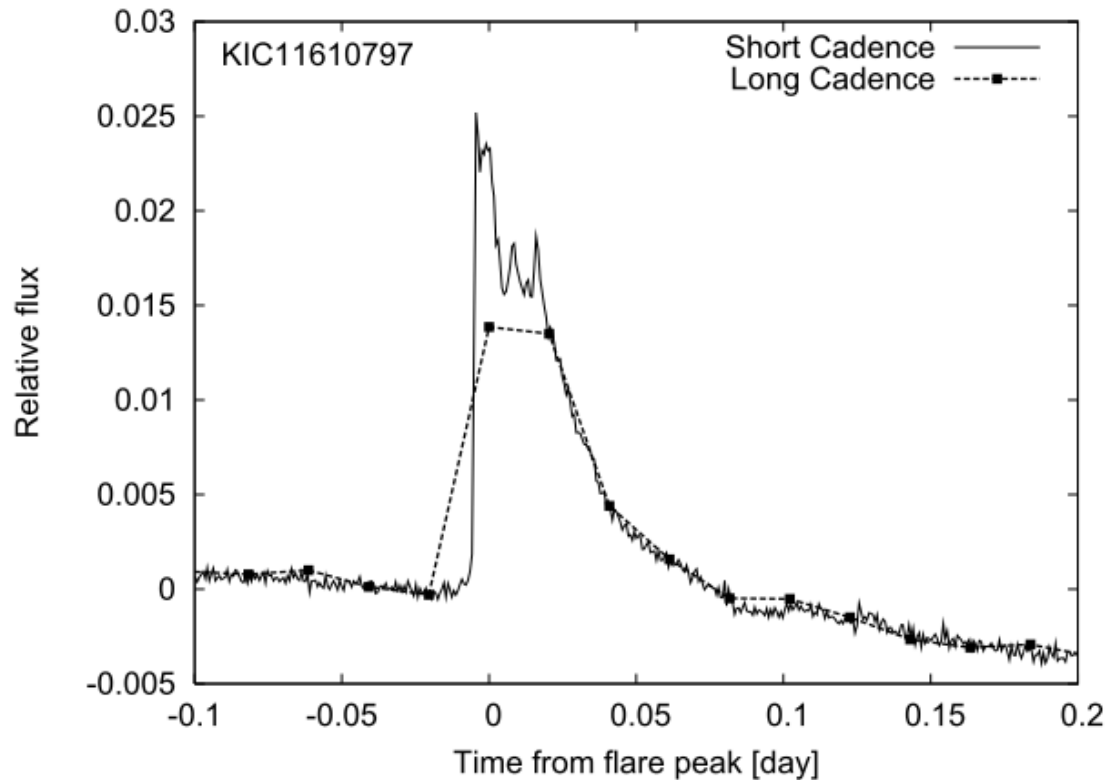
観測視野: 2.6' x 2.6' (撮像モード) (0.31"/pix)

	2素子プリズム	グリズム
マスク	スリットレス(素通し)	0.2mmスリット
観測波長域	360~1000nm	430~690nm
波長分解能	6~80nm	4nm
系全体の効率	最大13%	最大9%
限界等級(※)	15.7mag	12.4mag

※積分時間:10秒、電子増倍率:4倍(2000倍まで増倍可能)

※3.8mではとりあえずF変換の前置光学系を置いて使う。ただし、光学系、カメラも含め改造(小型装置に)のための科研費申請予定。

速いことはよいことだ

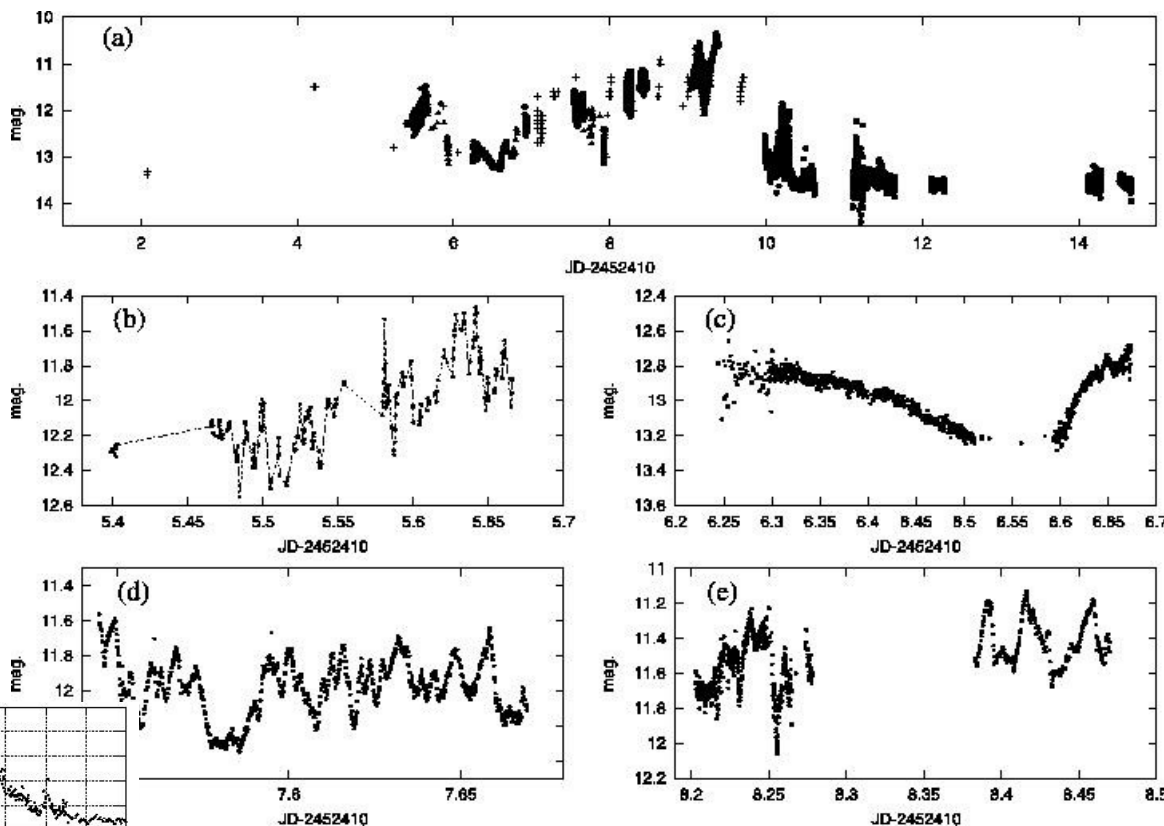


Kepler衛星の1分 cadenceのデータと30分 cadenceのデータの比較。タイムスケールの短い現象の観測には、短時間でのデータ取得が必須。

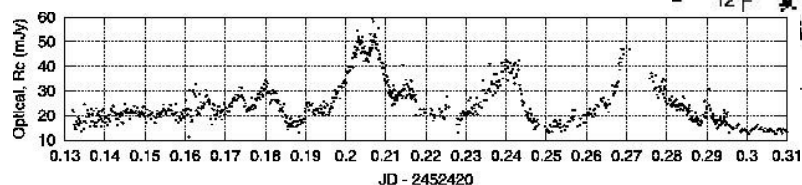
Science I: ブラックホール近傍現象

V4641 Sgrの2002年5月の爆発時の光度曲線。10日しか続かない爆発で、非周期的な細かい変動が見えたり見えなかったりする。機構は不明。

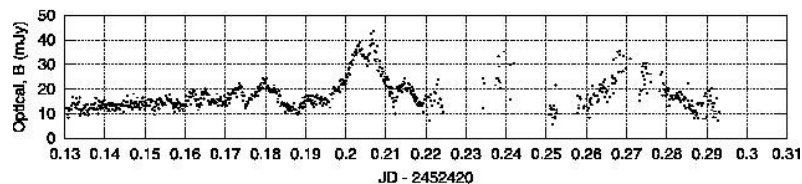
Uemura et al. (2004) より



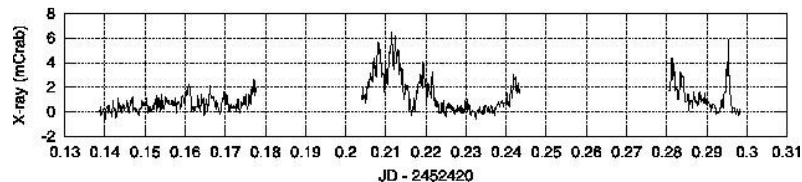
R



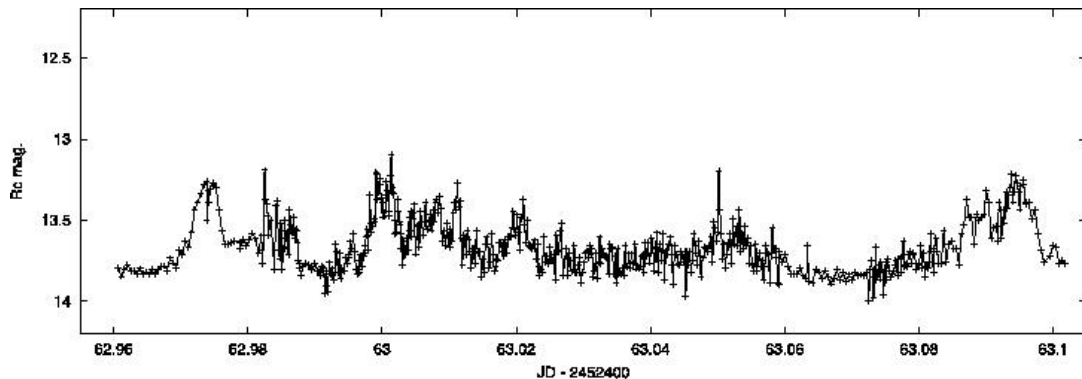
B



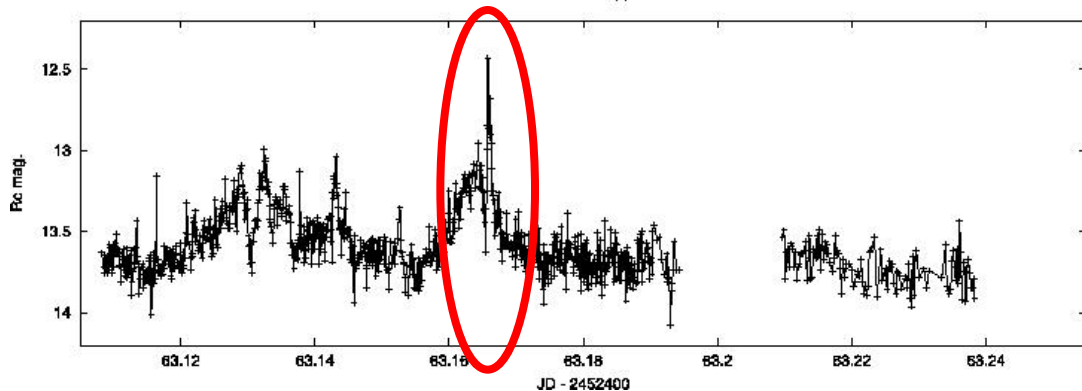
X



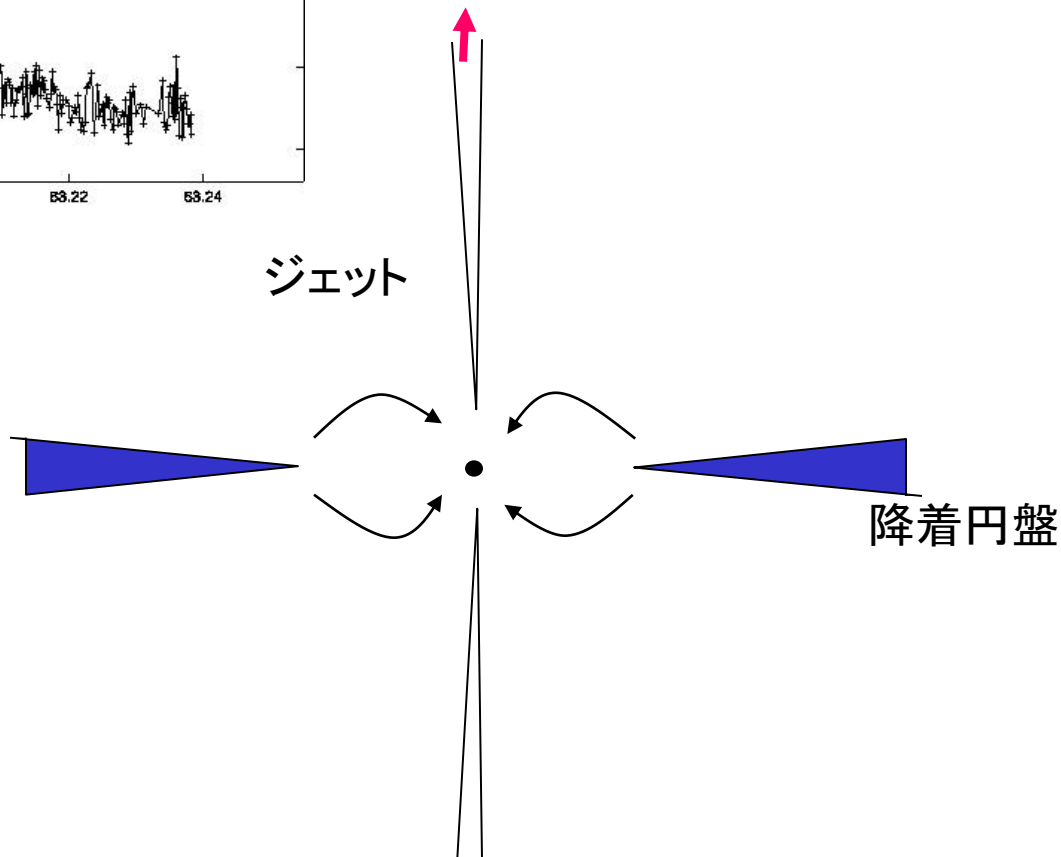
可視光 (B青、R赤) とX線での同時観測。明らかな相関があるが、BはRに約20秒遅れ、X線はRに約7分遅れている。降着現象に関係あり？ただしかなり内側での現象になる。



2002年5月の爆発後にもしばらく活動期が続いていた。このときに**数十秒の時間尺度で3倍明るくなる可視光フラッシュ**が観測された。

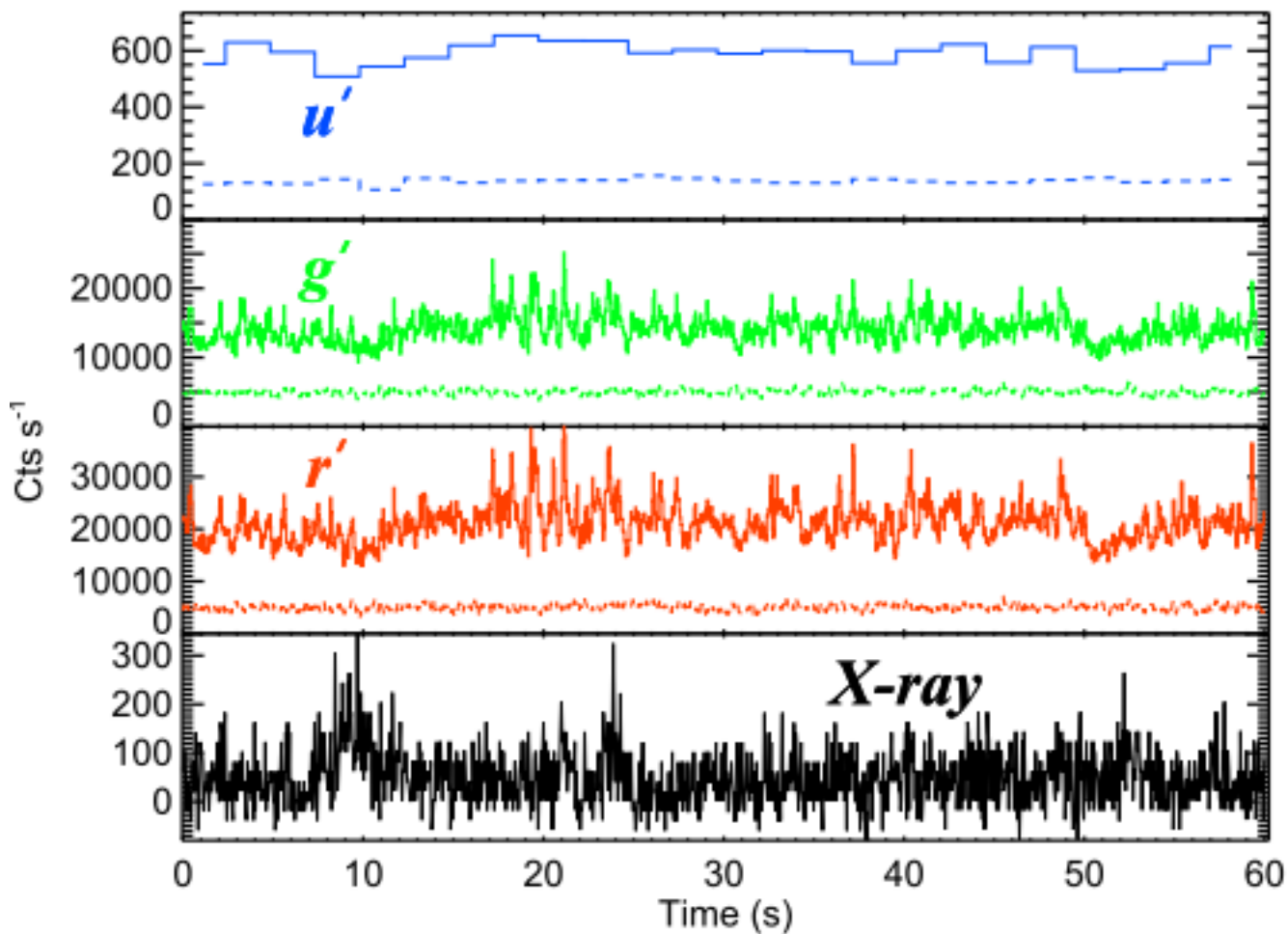


そのエネルギーの大きさ ($>5 \times 10^{36}$ erg/s) と時間尺度 \rightarrow 150Rg以内という標準的な降着円盤とは状態の異なる (ADAF) 領域で起こった現象か!?

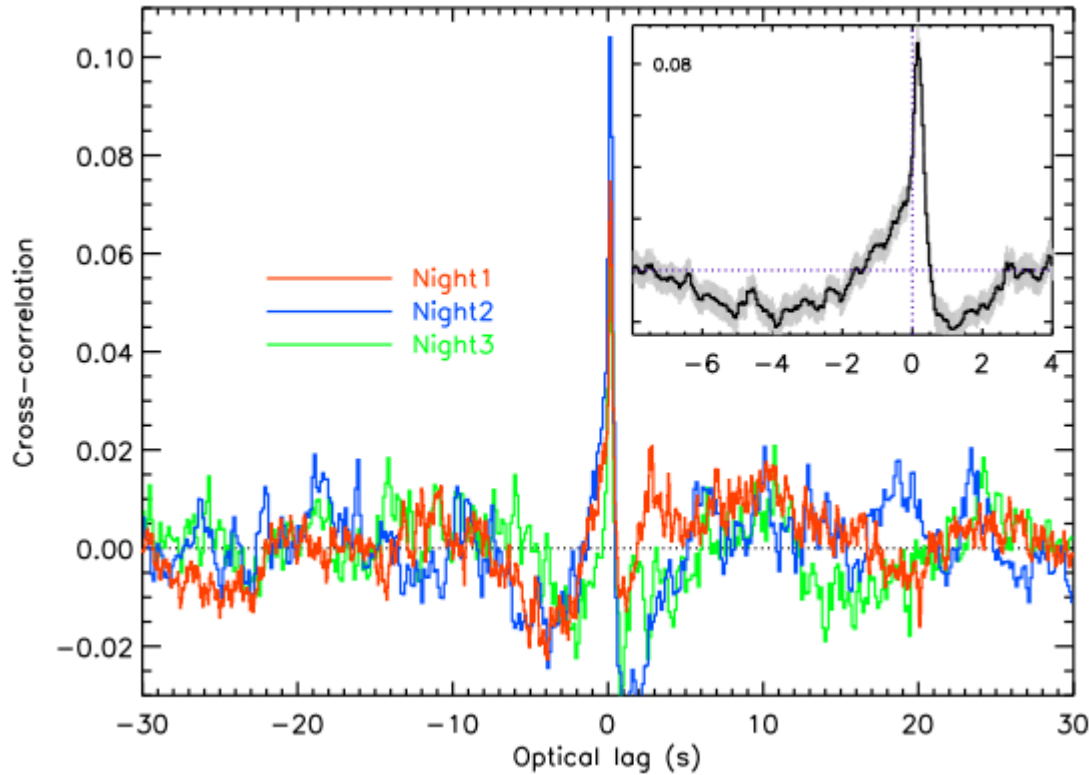


GX339-4のLow/Hard stateでのX線 (RXTE) と可視 (VLT/ULTRACAM) の同時観測

Gandhi et al. (2010)



r' , g' は50msec露出

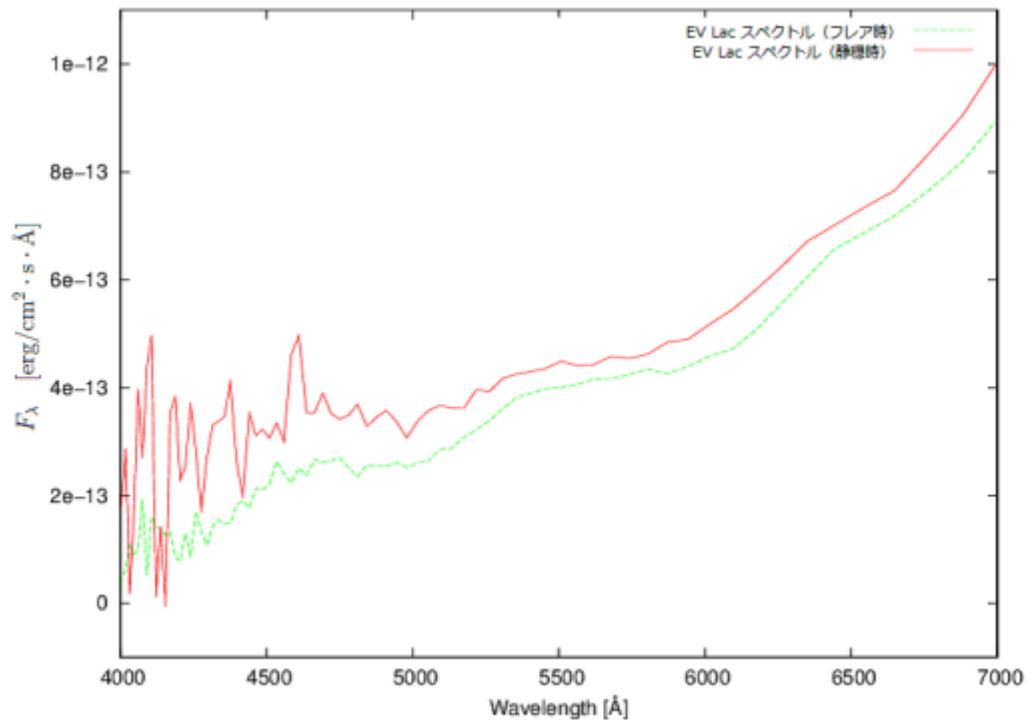
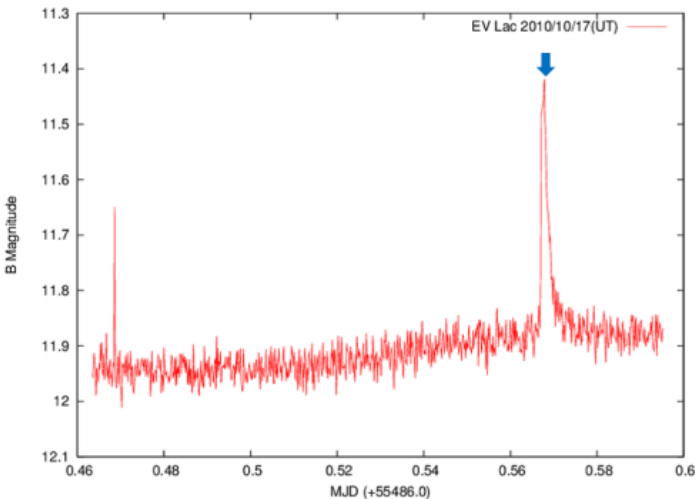


X線と可視光のデータの相関関数。可視光での変動がX線に比べて150msec遅れている。さらに10sec遅れの成分もあるようだ。(Gandhi et al. 2008)

150msecの遅れはjet内でのpropagationによるもの、10secの遅れはjetからの放射のdiskでのreprocessによるものと理解される(Gandhi et al. 2010)。

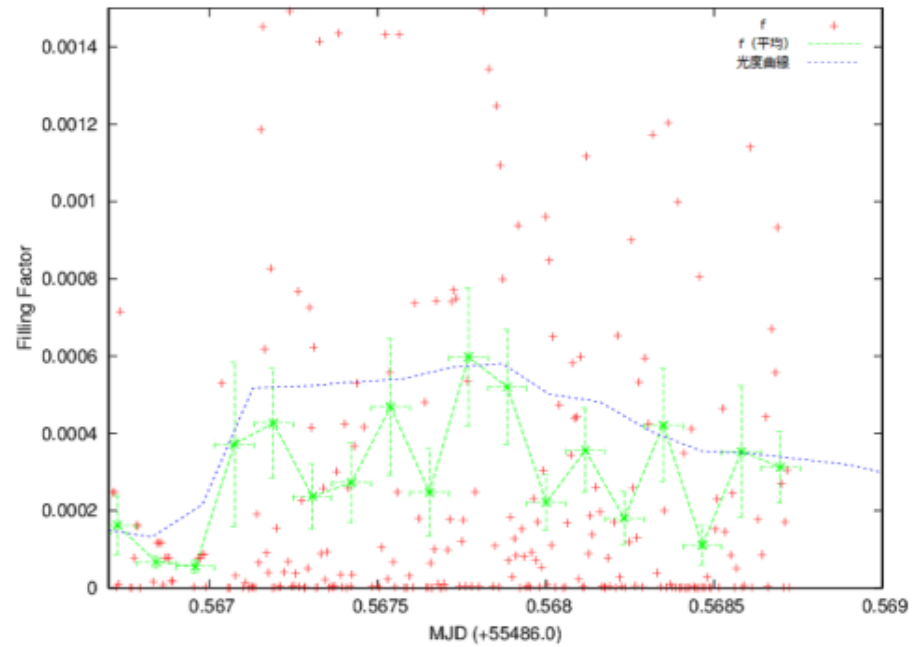
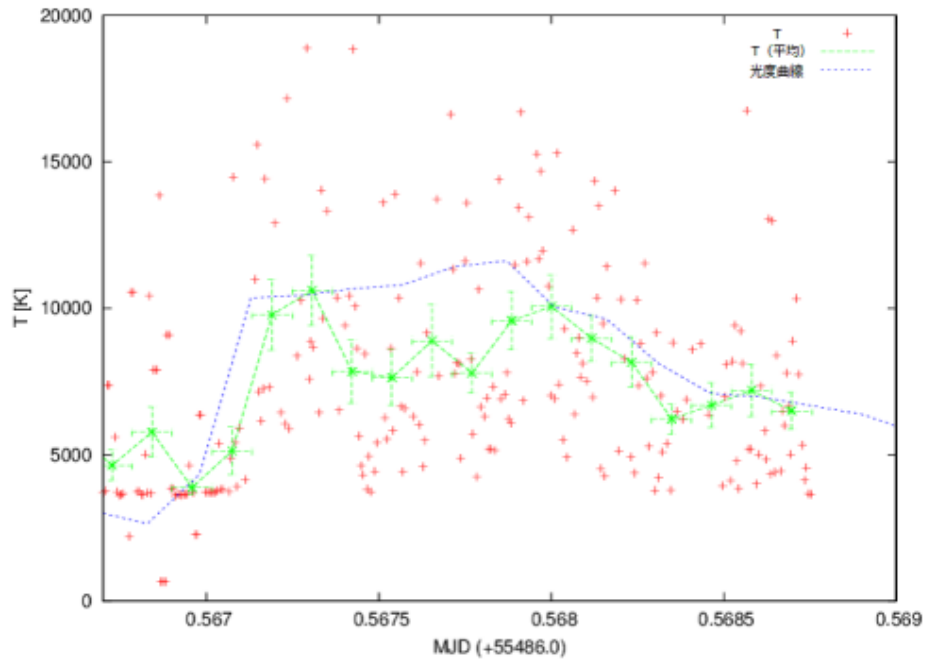
可視光での高速観測でdisk最内縁付近やジェットの様子が見える！X線観測との連携が鍵。

Science II: 恒星フレア



かなた望遠鏡に同架の25cm望遠鏡でのフレア星EV LacのBバンド観測(左)と高速分光で捉えられたスペクトルの変化(右)。フレアは振幅0.5等、継続時間~6分。スペクトルでは青側が主に増光していることがわかる。

(蔵本哲也2013修士論文)

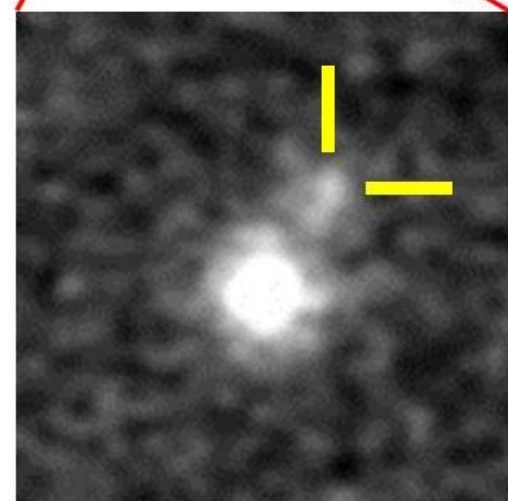
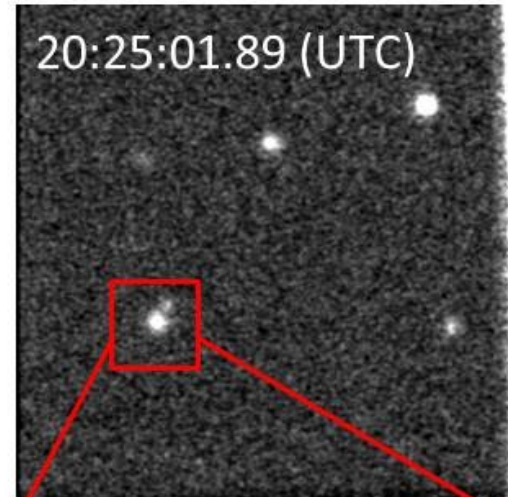
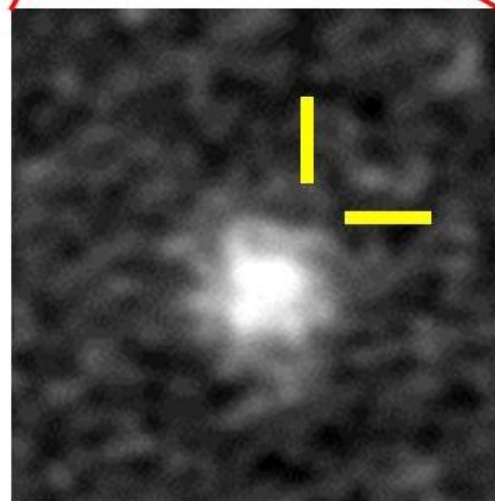
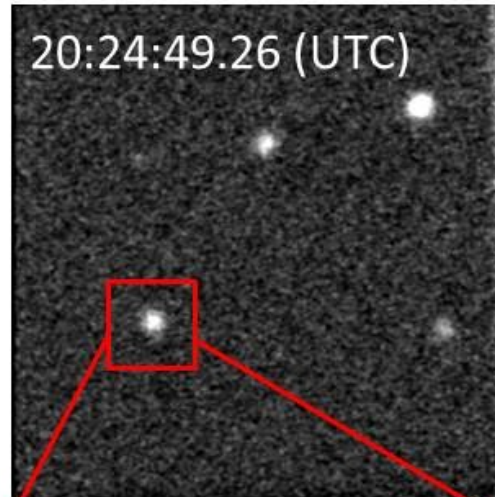
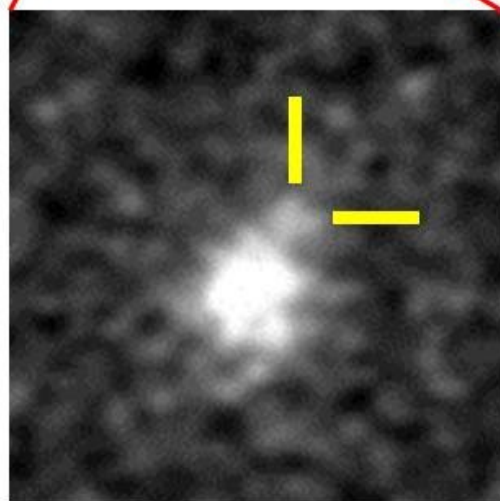
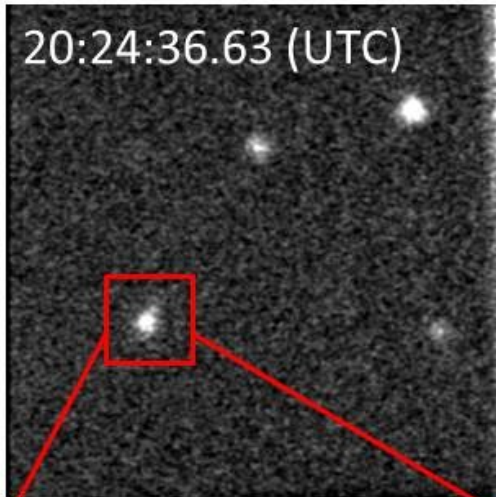


増光分を黒体放射でfittingして求めた温度(左)と増光した部分の面積(右)。星表面の0.04%程度の面積が10000K程度まで増光した。

Science II: 掩蔽観測

太陽系外縁天体(TNO) Varunaによる恒星食

2012-01-08 東広島天文台・かなた望遠鏡



まとめ

- 高速測光分光器の**プロトタイプ**は既に稼動しており、広島大学東広島天文台のかなた望遠鏡に取り付けられている。
- 要は通常の測光分光器で、**カメラの読み出しが速いもの**。
- **コンパクト天体周囲の超強重力場での変動現象**が、可視光で捉えられる。X線との共同観測が鍵。
- 短いタイムスケール(**秒～分程度のオーダー**)の変動現象にはなんでも威力を発揮する。→恒星フレア、掩蔽観測、系外惑星 transit ?