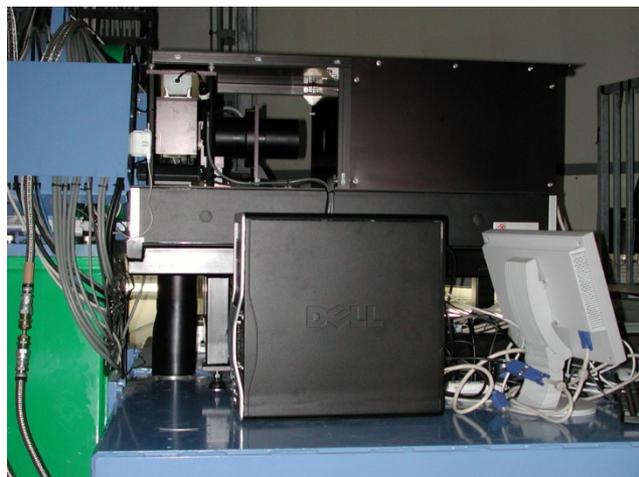


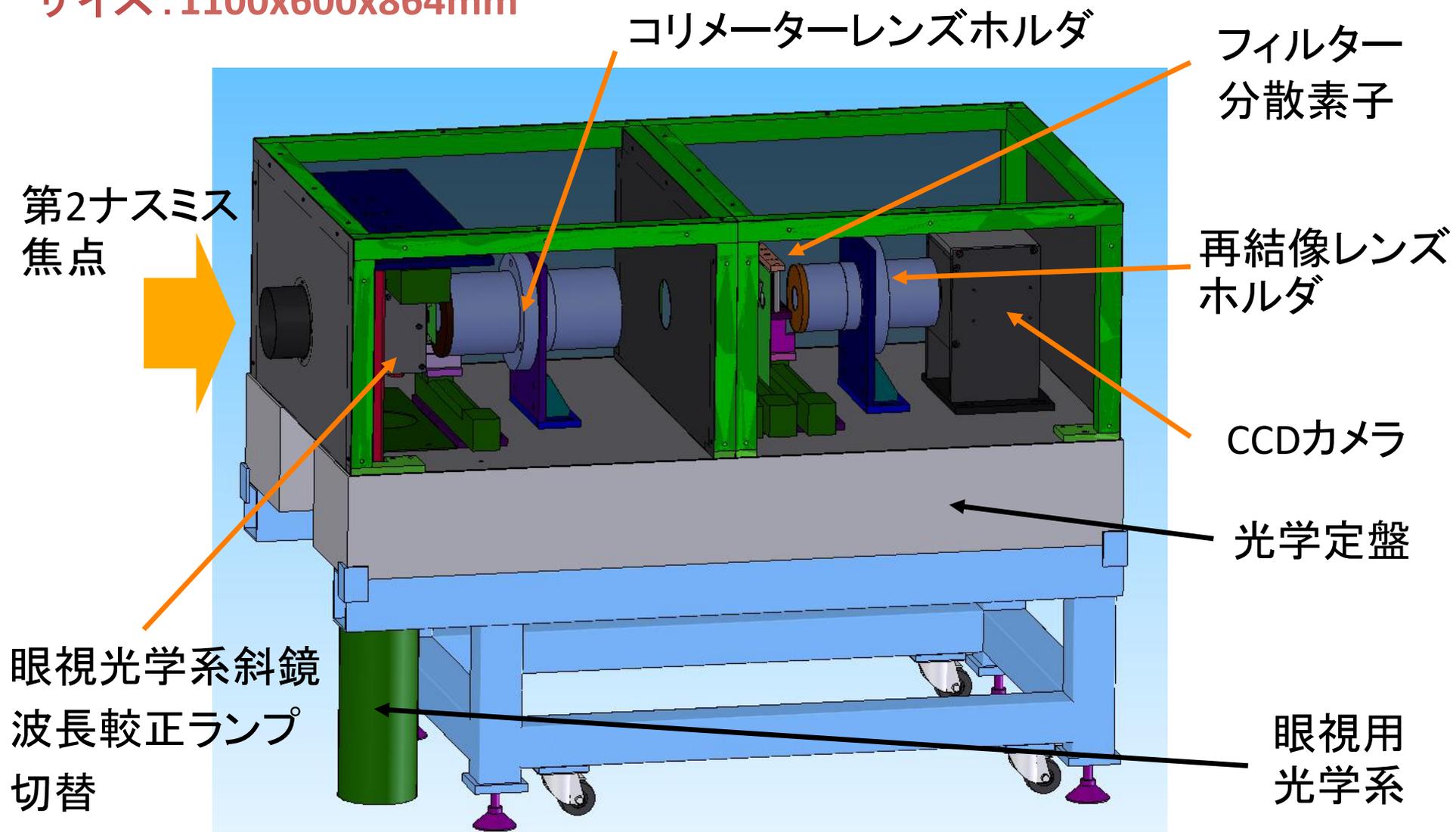
高速測光分光装置と 期待されるサイエンス

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

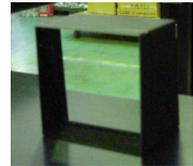


◎光学系：

H0WP01の(予備の)レンズ群を使用

◎分散素子

- ・超低分散用 ($R \sim 20$) \Rightarrow 2素子プリズム
- ・低分散用 ($R \sim 150$) \Rightarrow グリズム
- ・~~(低分散2 ($R \sim 1000$) 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 $\phi 0.9\text{mm}$ 、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・ペルチェ冷却+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

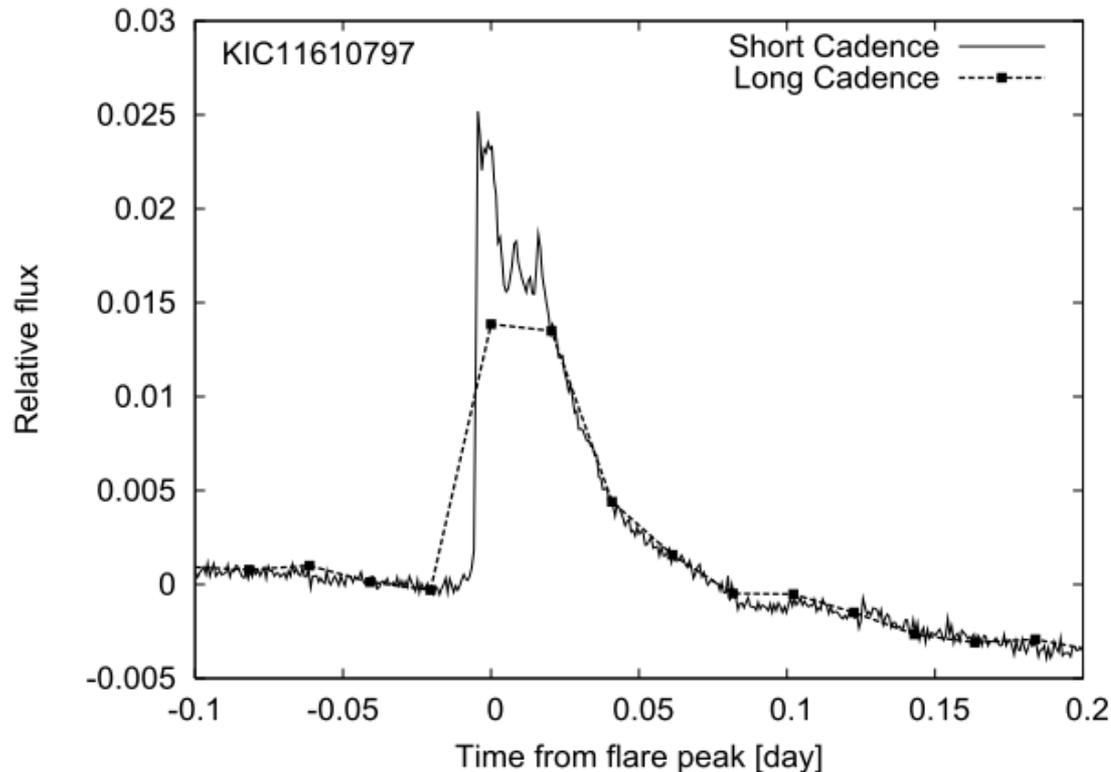
観測視野: 2.6' x 2.6' (撮像モード) (0.31"/pix)

	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望遠鏡用には、プリズム・グリズムは流用(R~1,000くらいのもも入れたい)し、より大きなCCD/CMOSに置き換え予定。小型装置スロット(2つ分)に入れるつもり。今年度科研費申請予定。

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。

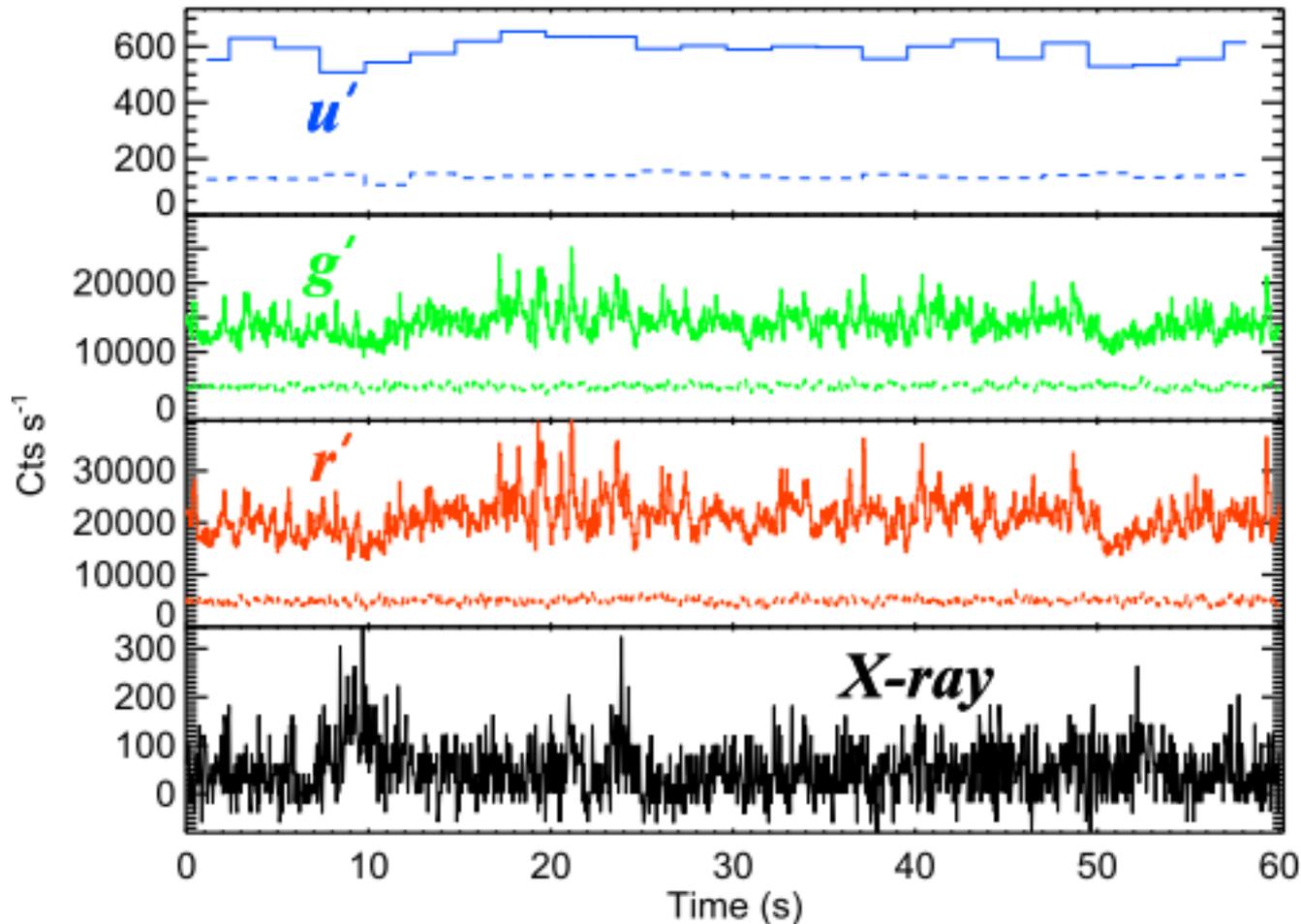
高速観測で拓くサイエンス

- コンパクト天体周囲での高速変動現象
(最短数10ms?)
- 恒星フレア(数分の立ち上がりを分解)
- 重力波天体の光学観測?
- 掩蔽観測?
- 系外惑星トランジット?
- 白色矮星の振動?
- 他に面白い現象をご存知の方は教えて下さい!

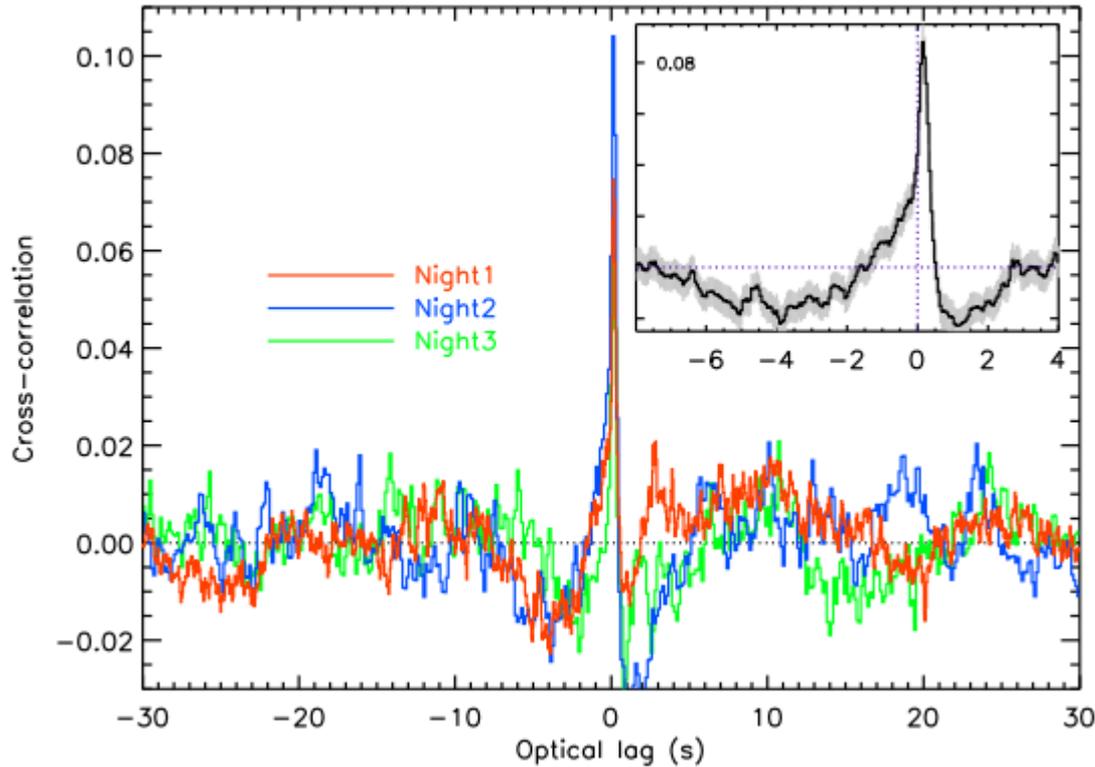
Science I: ブラックホール近傍現象

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

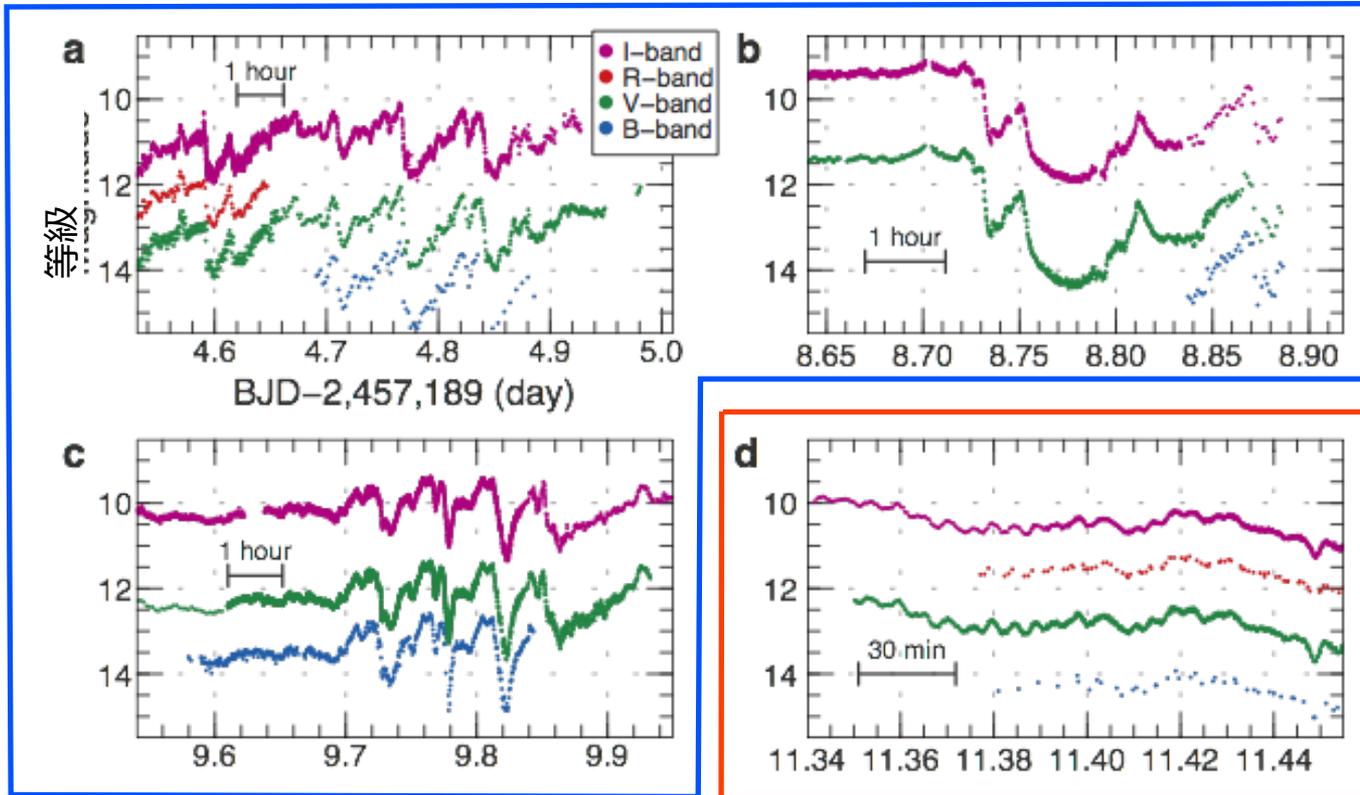


X線と可視光のデータの相関関数。可視光での変動がX線に比べて150msec遅れている。さらに10sec遅れの成分もあるようだ。(Gandhi et al. 2008)

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。

BHXB V404 Cygで見られた規則的な変動 (Kimura et al. 2016, Nature)

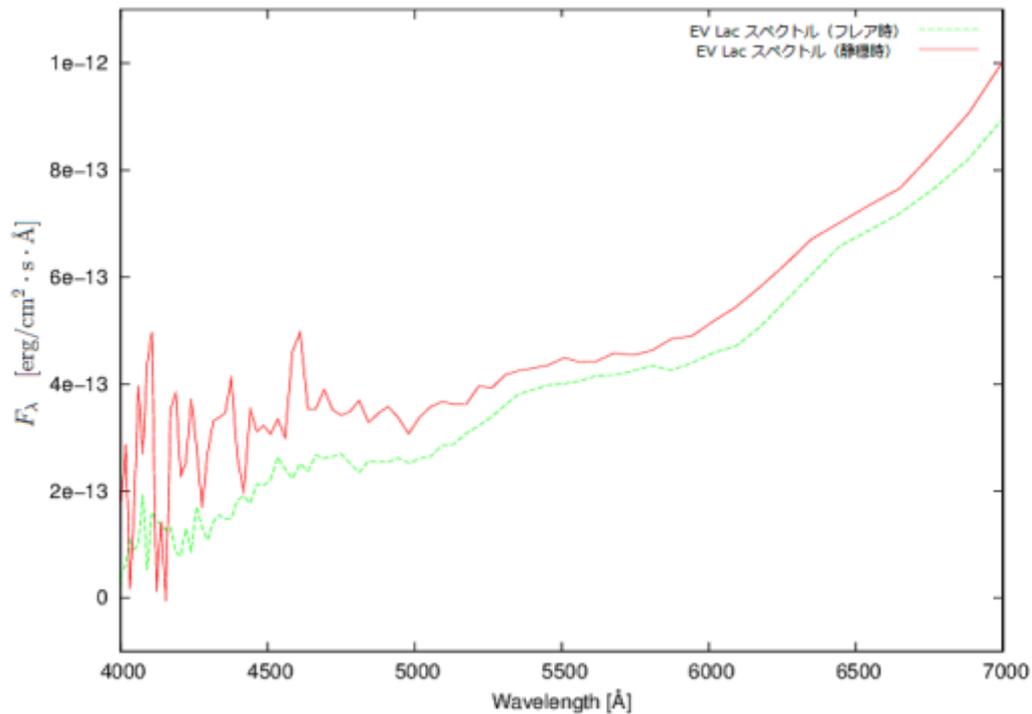
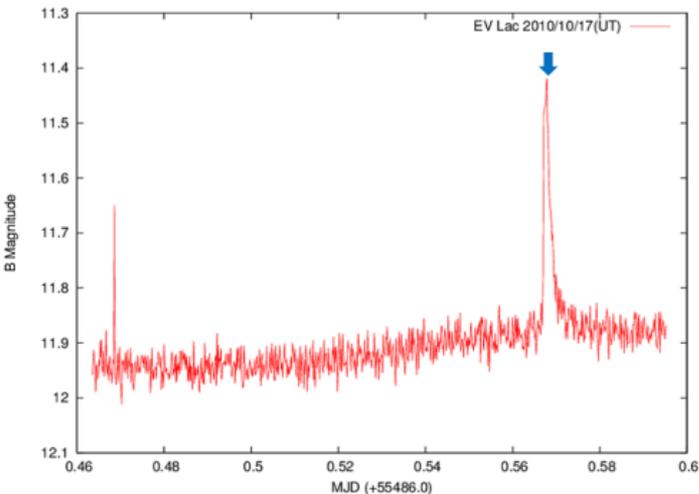


- ゆっくり増光したのち、急に光度が落ち込むという変動が続く。増光中は光度が変動する。
- タイムスケール：45分～2.5時間程度

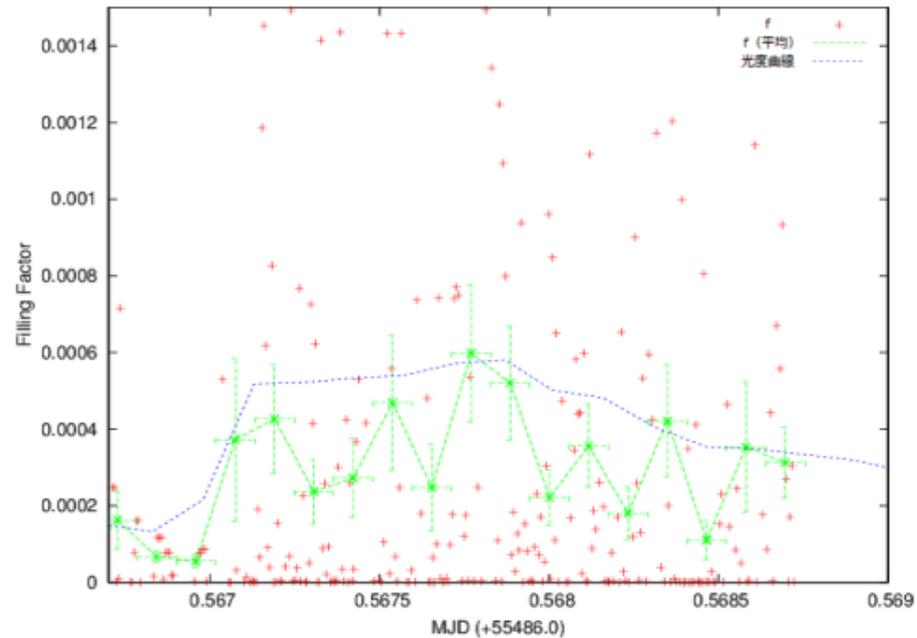
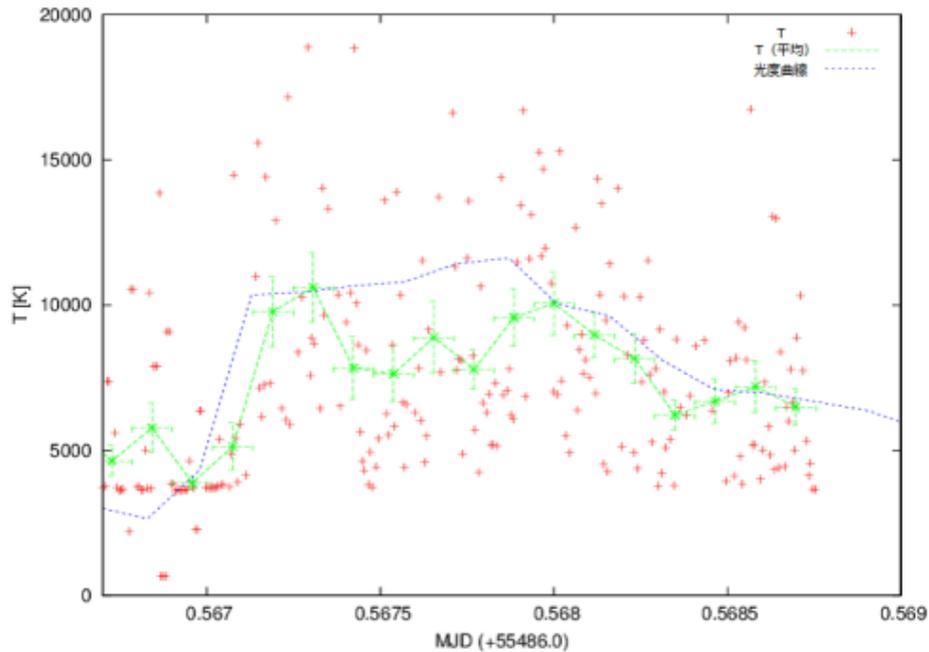
- 振幅の小さい短時間変動が続く。
- タイムスケール：5分程度

ブラックホールごく近傍での振動現象が初めて可視光で捉えられた！

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。

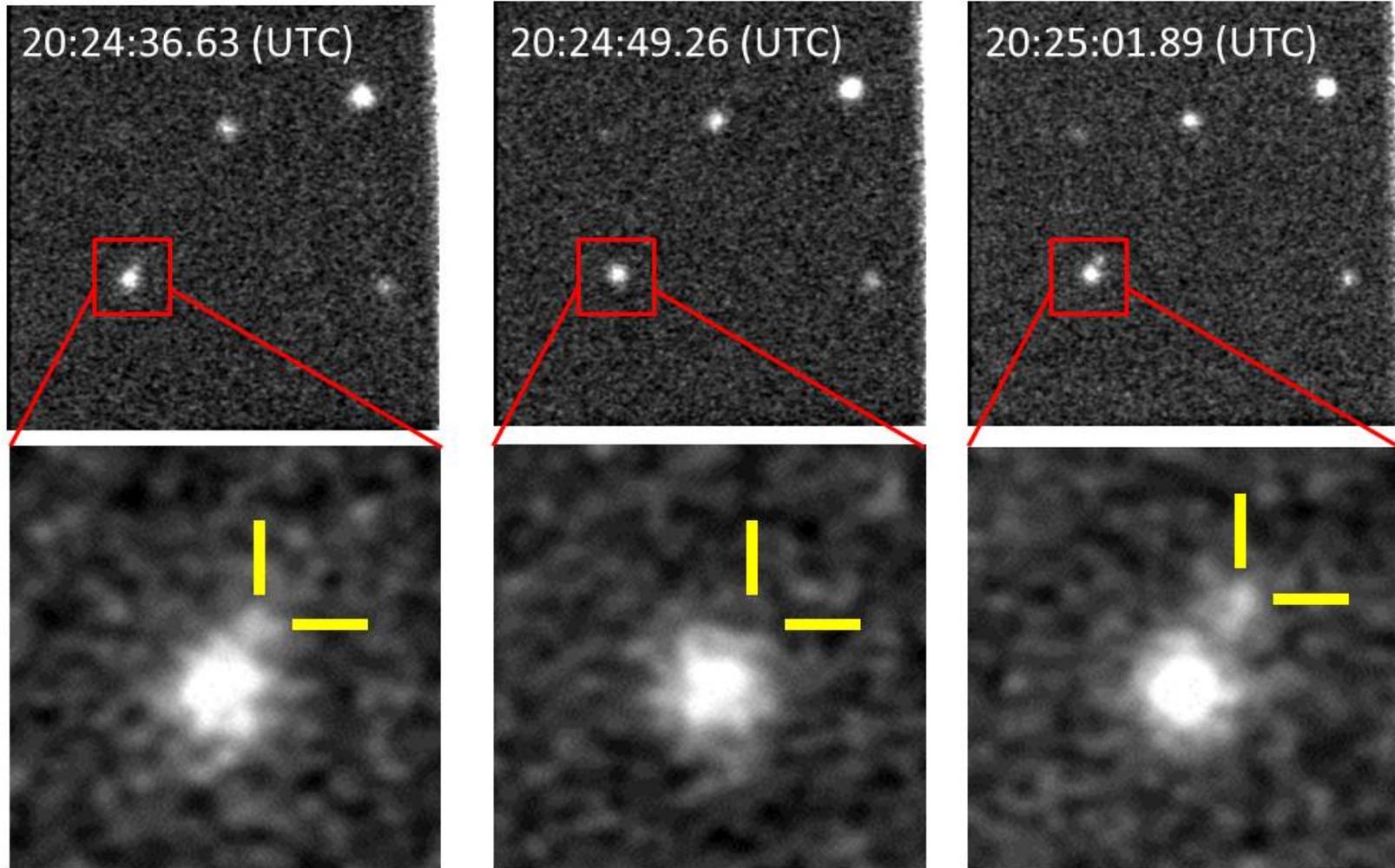


増光分を黒体放射でfittingして求めた温度(左)と増光した部分の面積(右)。星表面の0.04%程度の面積が10000K程度まで温度が上がった！

Science III: 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。
- 前置光学系とカメラを入れ替えて、今より使いやすくする予定。
- 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 などなど？
- 単純な撮像装置、低分散分光器として普通に使えるように。