

IceCube-170922A イベントの OISTERフォローアップ観測結果報告

2017/12/14 光赤外天文学大学間連携ワークショップ

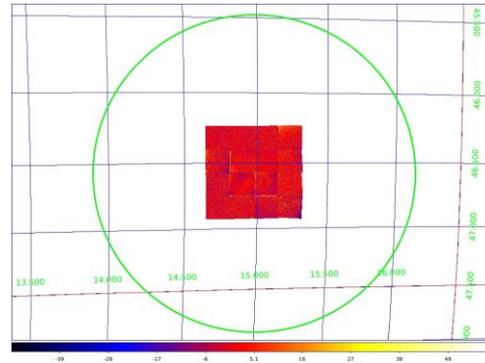
森裕樹、田中康之、内海洋輔、山中雅之、川端弘治、中岡竜也、川端美穂、
長嶋大樹（広島大学）、伊藤亮介、村田勝寛（東京工業大学）、
磯貝桂介、木邑真理子、若松恭行、大西隆平（京都大学）
高山正輝、本田敏志（兵庫県立大学）、森鼻久美子（名古屋大学）、

OISTERチーム

広島大学は なぜIceCubeアラート時にブレーザーを観測？

1. IceCubeアラートエラー：～1.0deg ⇔ HONIR視野：～10' × 10'

IceCubeエラー内に
ブレーザーは数天体



IceCube-161210A
新天体探索時の観測領域
エラー：1.1deg
観測領域：40' × 40'
総観測時間：4時間

2. 活発な時期のブレーザーだと期待される → 多モードでの即時観測が重要

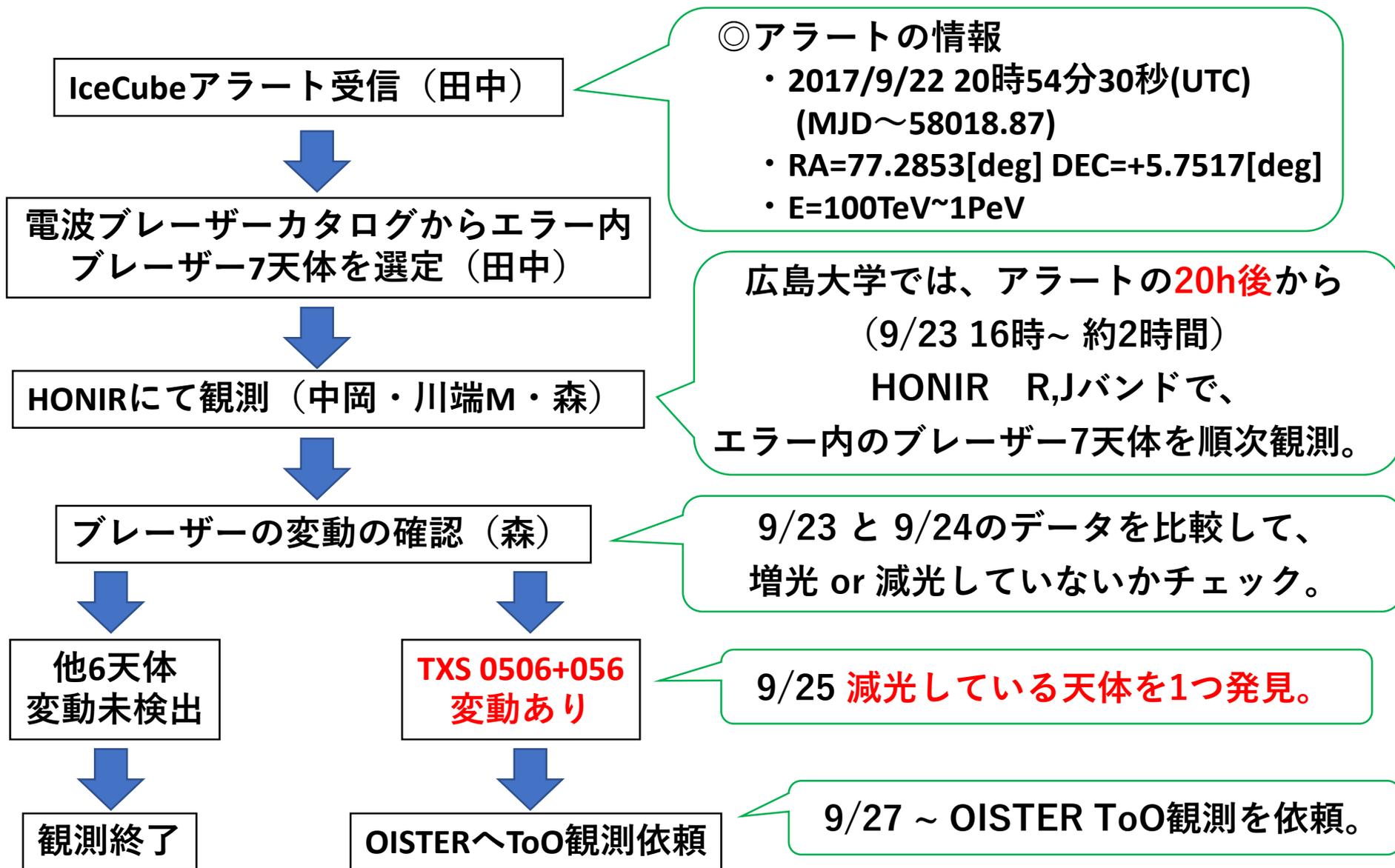
広島大学HONIRは { 可視近赤外同時観測
多モードでの観測 } に対応



ブレーザーシナリオの場合、装置性能とマッチ！

変動天体を見つけたらOISTERにToO観測を依頼

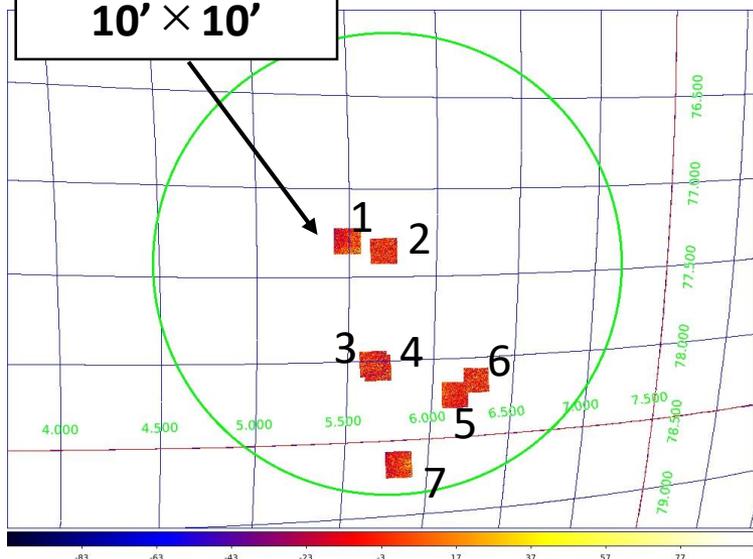
IceCube-170922A OISTER ToO観測を依頼するまで



IceCube-170922A 増光(減光)天体探索

IceCubeエラー内にいる、7つのブレーザーの観測を実施。

HONIRの視野
10' × 10'

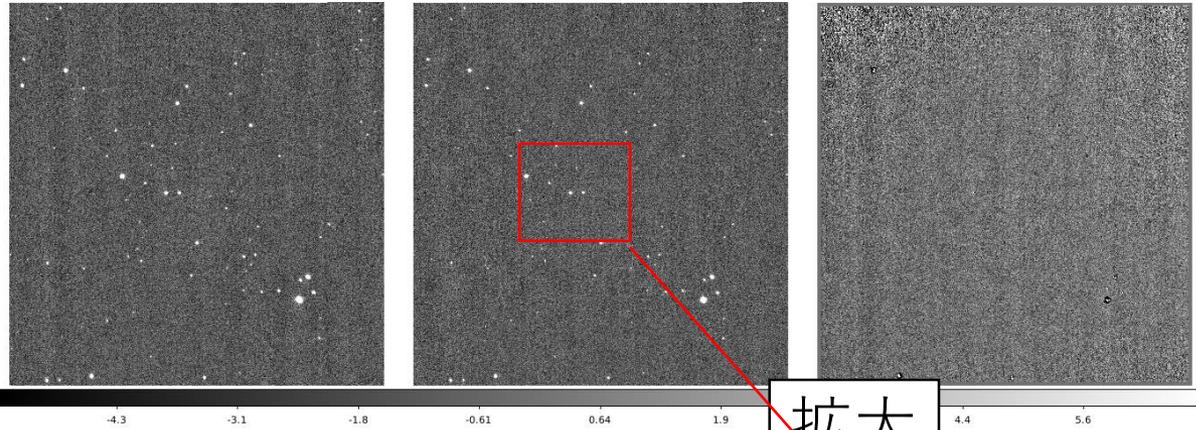


エラー : 1.3deg
ブレーザー7天体
総観測時間 : ~ 2 h

ID	天体名	カタログ等級	限界等級	備考
1	J050912	R=18.4 J=16.342	R=20.8 J=16.97	変動なし
2	TXS0506+056 (J050926)	R=14.9 J=13.623	R=20.16 J=17.73	変動検出
3	J051205	R=16.1 J=15.92	R=19.6 J=17.25	変動なし
4	J051211	R=21.6 J=No data	R=19.8 J=18.51	No detection
5	J051256	R=18.4 J=No data	R=20.8 J=18.4	No detection
6	J051236	No detection	R=19.84 J=18.4	No detection
7	J051440	No detection	R=18.72 J=17.67	No detection

IceCube-170922A TXS 0506+056の減光

TXS 0506+056 HONIR $\sim 10' \times 10'$

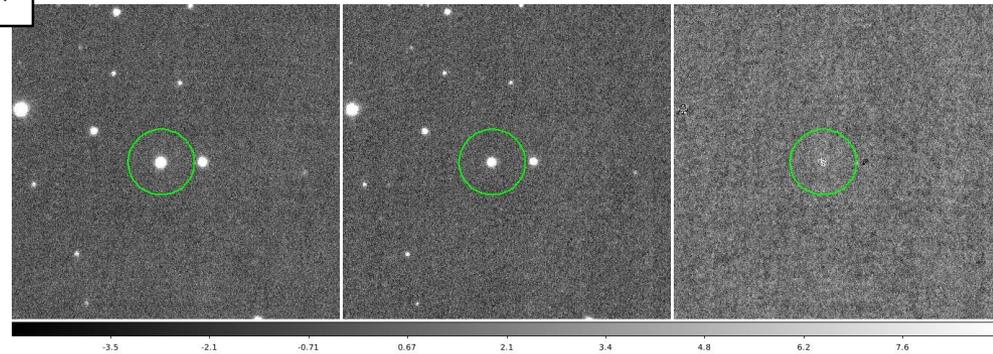
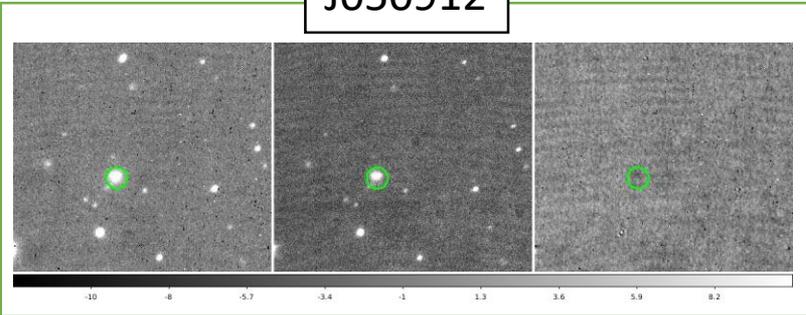


HONIR J-band
左 : MJD=58019.69 (9/23)
中 : MJD=58020.78 (9/24)
右 : 9/23 - 9/24

拡大

TXS 0506+056 HONIR $\sim 2' \times 2'$

J050912



TXS 0506+056 (J050926) において

MJD=58019.69~58020.78 にかけて $R \sim 0.2 \text{ mag}$ $J \sim 0.12 \text{ mag}$ の減光を見出した。

→これを機に本天体の世界的な多波長モニターが開始。

TXS 0506+056 について

- ASAS-SNで過去5年間 Vband で観測されている BL Lac (ref:NED)
- z、及び偏光の情報はない。

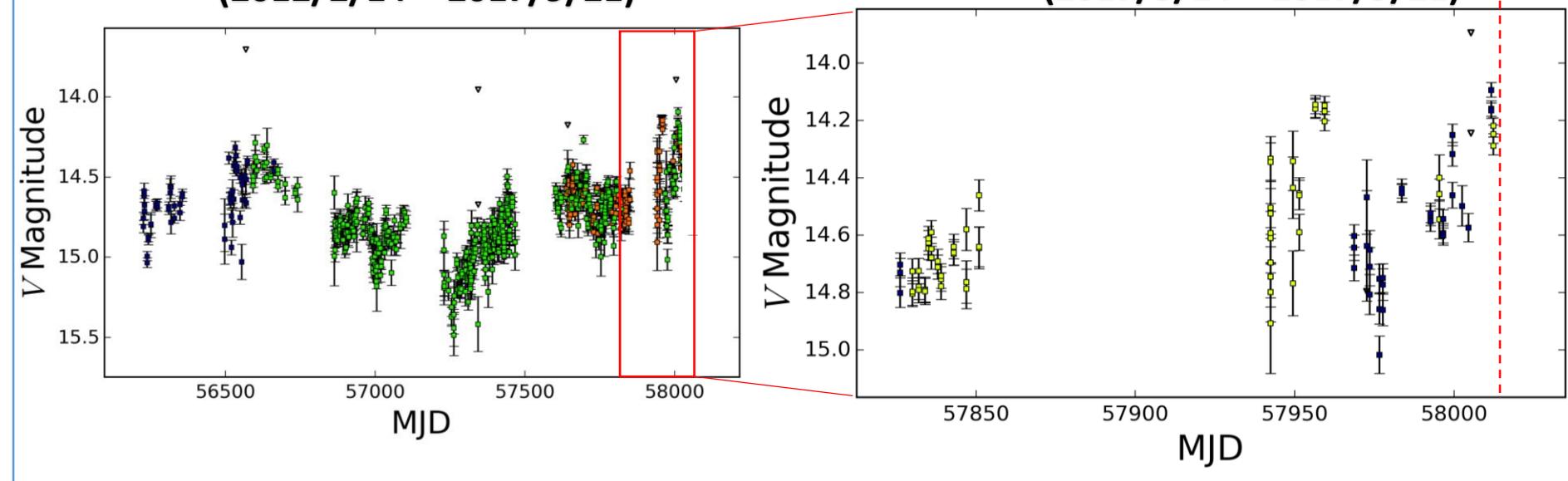
IceCubeアラート

ASAS-SNのVバンドライトカーブ

MJD=55971 ~ 58017
(2012/2/14 ~ 2017/9/21)

拡大

MJD=57826 ~ 58017
(2017/3/14 ~ 2017/9/21)



IceCubeアラート前は、ASAS-SNの観測期間内で比較的明るい時期 $V \sim 14.2 \text{ mag}$ (MJD=58017) だったようだ。

OISTER ToO観測依頼 観測所一覧

TXS 0506+056の追観測を各観測所に依頼。

観測モード	観測所	バンド	備考
撮像	東京工業大学 MITSuME	g', R, I	
	名古屋大学 IRSF	J, H, Ks	
	京都大学 屋上40cm	V	
	広島大学 かなた	R, J	
	NAOJ石垣 MITSuME	g', r, i	観測未実施
分光	西はりま なゆた		悪天候 データ提供あり
	広島大学 かなた		
偏光	北海道大学 ピリカ	R	悪天候 データ提供無し
	広島大学 かなた	R, J	

変動が
知りたい

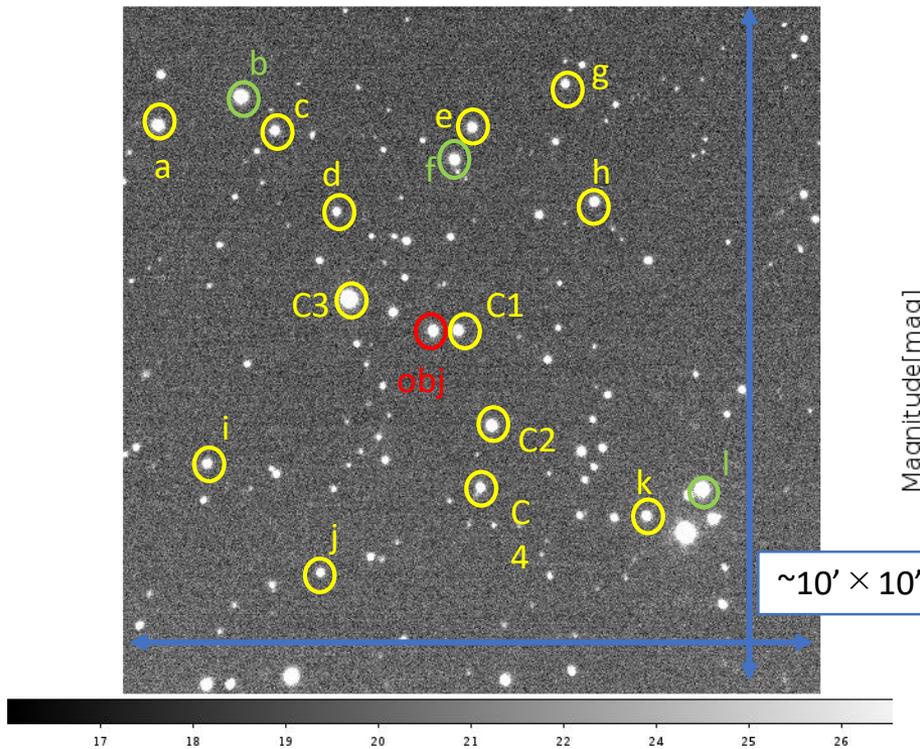
z が
知りたい

Jetの性質が
知りたい

観測にご協力いただき、ありがとうございました。

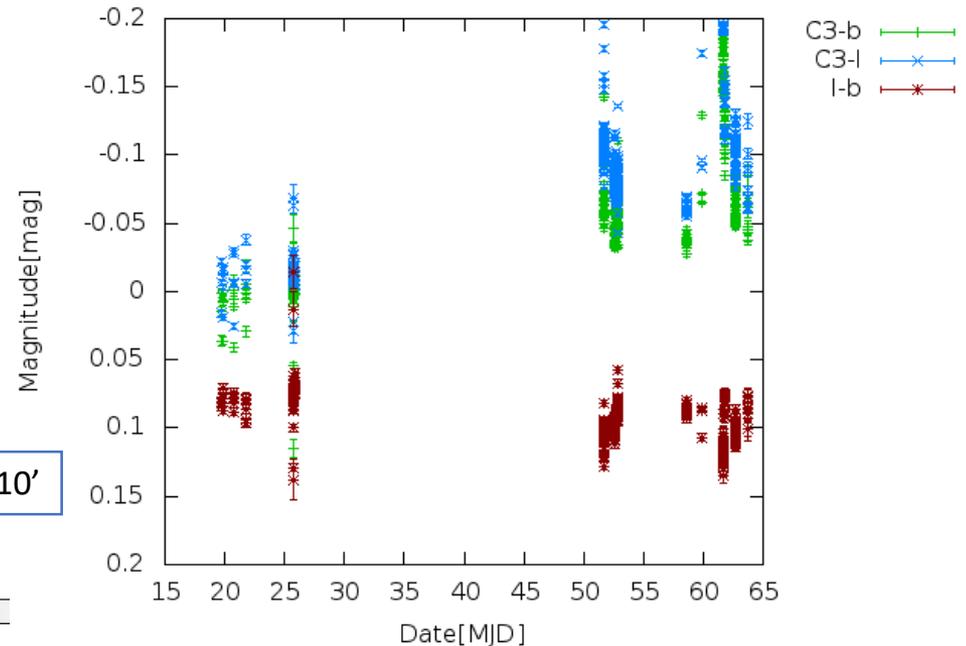
OISTER追観測の結果

reference starの調査



Reference 調査の一例

TXS 0506+056 Light Curve Kanata R-band reference

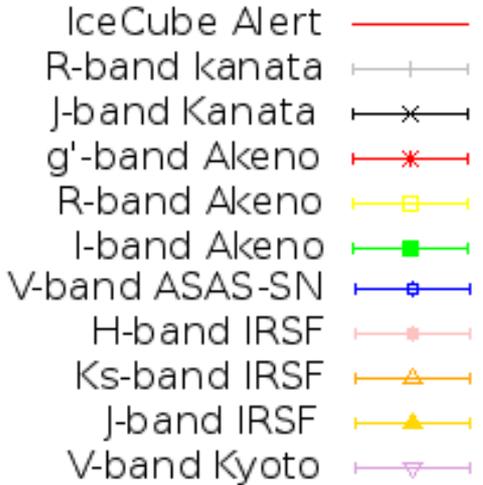
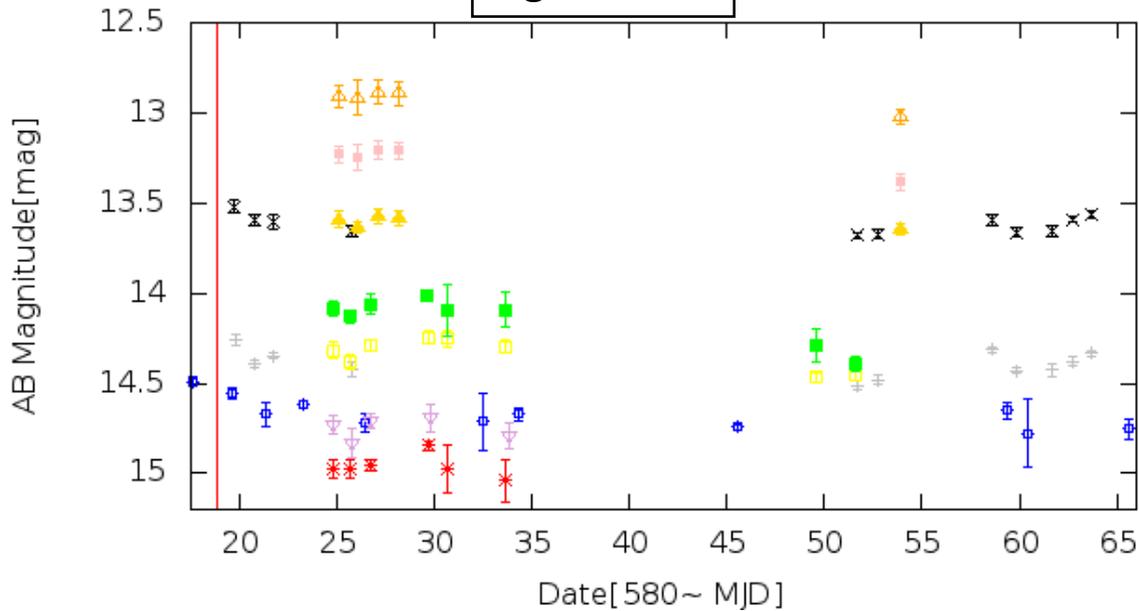


・ ToO観測依頼を出した当初、各観測所の方々にはC1での相対測光をして頂きましたが、その後領域内を調べるといくつかの天体が変光星(peak-to-peakで0.2mag程度)であることが判明した。(観測領域が銀河面に近かった。)

・ 調査の結果、b,f,lの平均値をゼロ点として相対測光を行うことにした。(fitsデータを頂き、再解析を行った。)

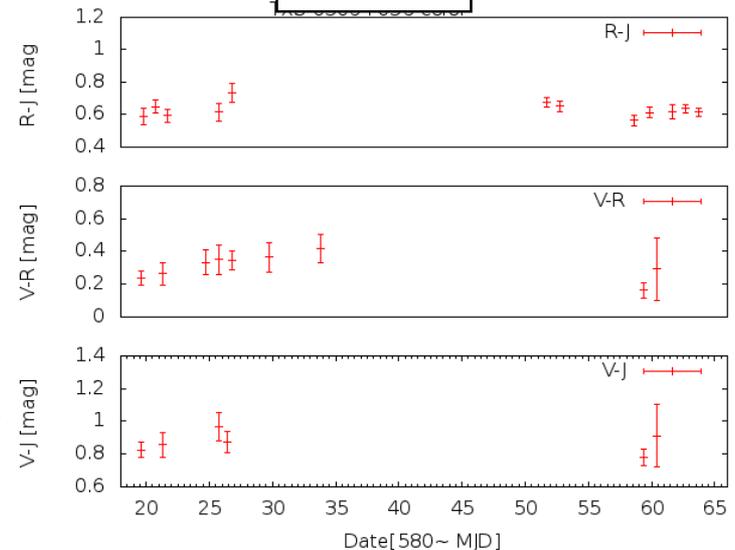
OISTER追観測の結果 撮像

Light Curve

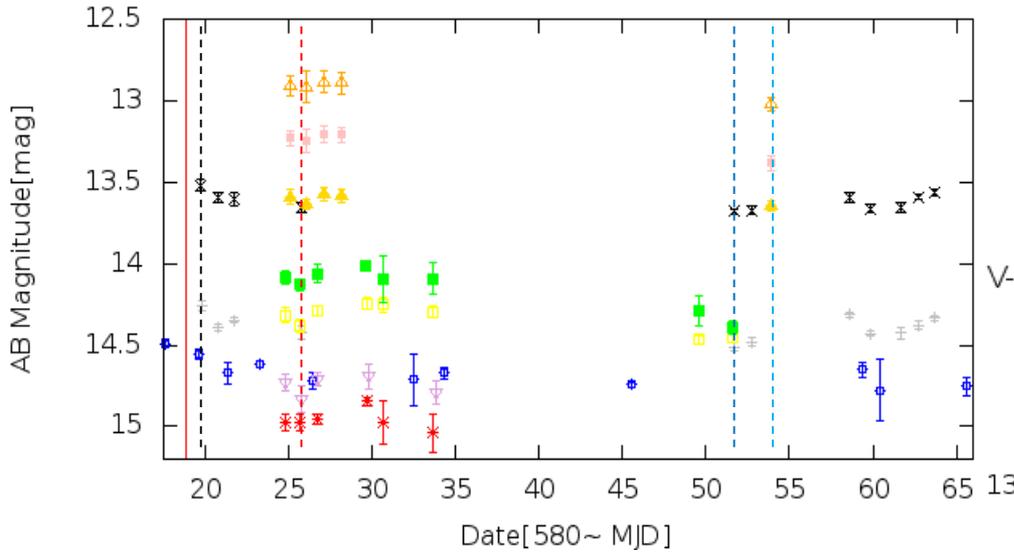


- AB等級をplot。
- 約1か月半の間、0.5magを超えるような大きな変動は見られない。
- colorについても有意な変動は見られない。
(→ライトカーブで有意な変動が見られない事とコンシステント)

Color



OISTER追観測の結果 撮像

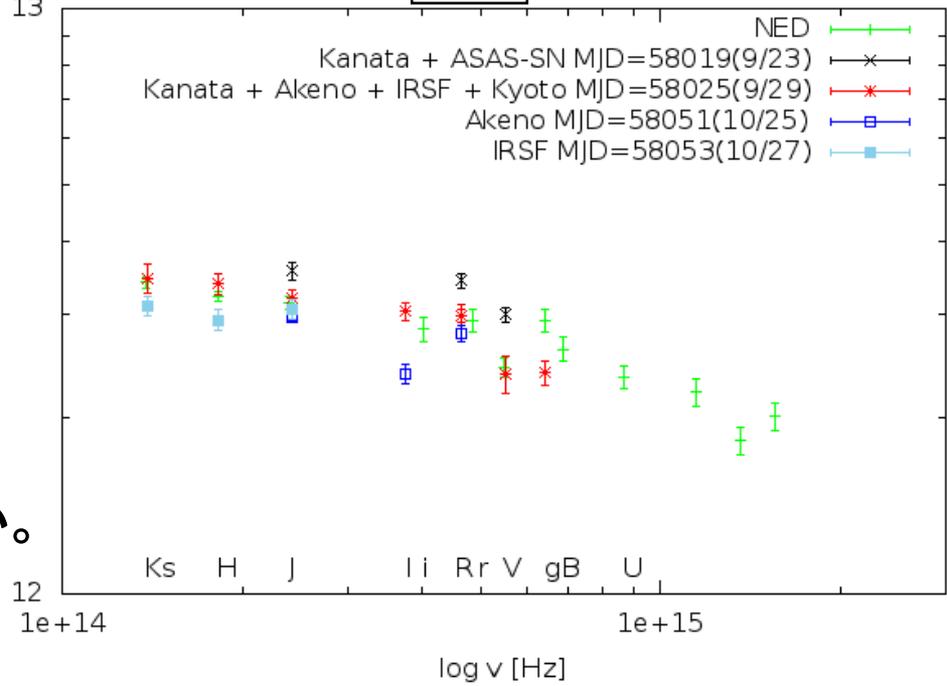


- IceCube Alert —
- R-band Kanata +
- J-band Kanata x
- g'-band Akeno *
- R-band Akeno □
- I-band Akeno ■
- V-band ASAS-SN ◇
- H-band IRSF ●
- Ks-band IRSF △
- J-band IRSF ▲
- V-band Kyoto ▽

SEDのplotの色と
ライトカーブ中の
破線の色が対応



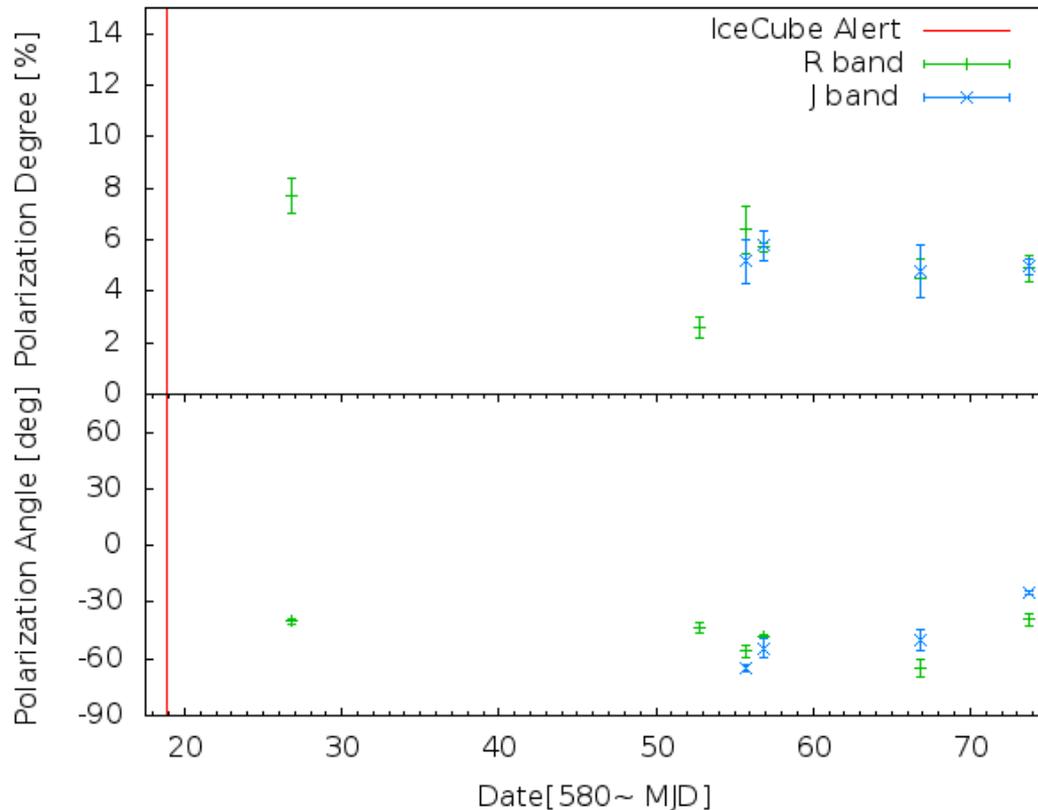
SED



SEDについて

- $Jy = 3631 \times 10^{-0.4 AB[mag]}$ で変換。
- 可視・近赤外線領域で平坦なSED。
- 活発な時期にも関わらず、観測期間中の大きな変動は見られない。

OISTER追観測の結果 偏光



~7%の偏光度が受かった

偏光方位角は -45° 付近で一定



可視赤外域で初の偏光の情報

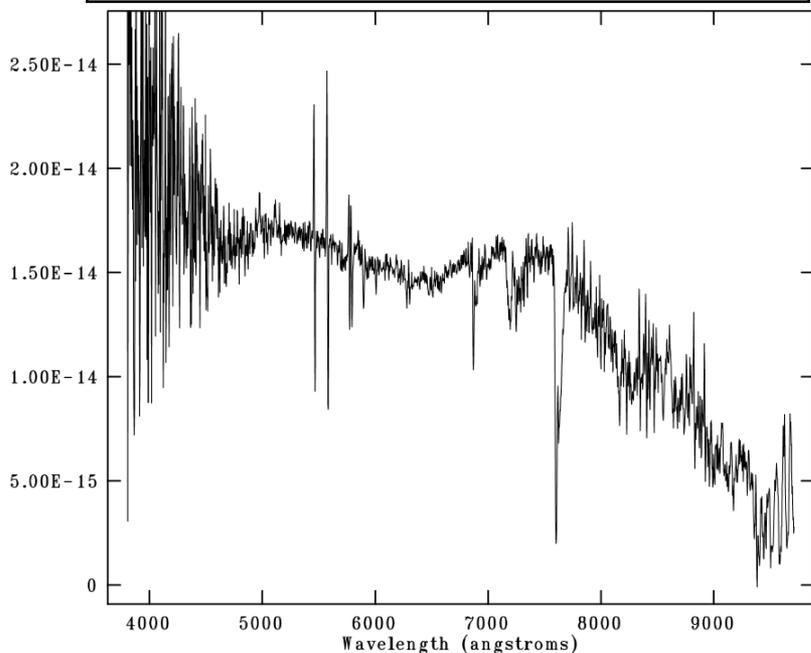
偏光度、偏光方位角ともに大きな変動は見られなかった。

北大は悪天候（Rバンド）のためデータ提供は無かった（観測は実施）。

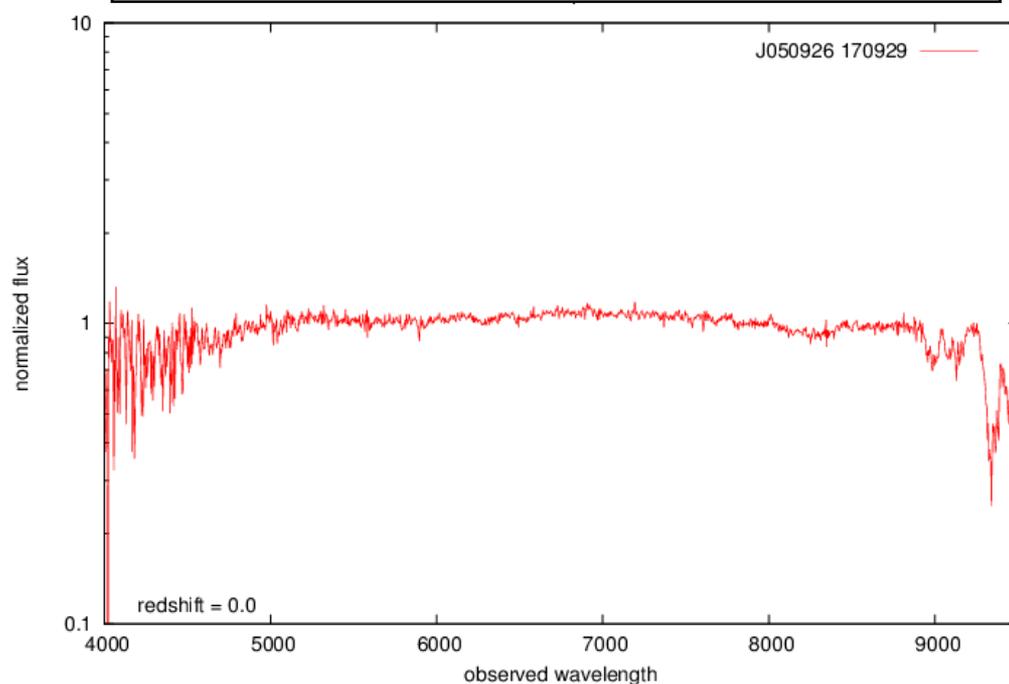
→連携内で偏光観測ができる装置を増やしてほしい。

OISTER追観測の結果 分光

西はりま (地球大気補正なし)



かなた HOWPol (地球大気補正あり)



輝線は確認できない。→ z は決定できず。
所々見られる輝線らしきものは、地球大気由来。

今後のアラートの際、 z を決定する為に同様の依頼をする可能性大。

まとめ

- IceCube-170922Aで、 **possible source**と思われる天体 **TXS 0506+056**（以下、本天体）の**減光**を見出した。これを機に世界中で多波長モニターが開始。また、**OISTERチームの皆様のお陰で多波長に渡り密なデータの取得にも成功。**
- ライトカーブで0.5magを超えるような大きな変動はなし。
- 本天体で**初の可視赤外域での偏光の情報**を取得。
- 分光観測を実施したが、**zは決定できず。**
- サイエンス的な議論は、今後詰める予定。
- （ブレイザーリストを前提とした）追観測体制の構築が出来、**今後のIceCube追観測にも強い期待が持てる。**

課題 新天体の無バイアス探索に向けて

現在は、ブレーザーリストを前提に観測。（エラー内に多くて10天体）

→IceCubeニュートリノもGWも対応天体の正体は不明。

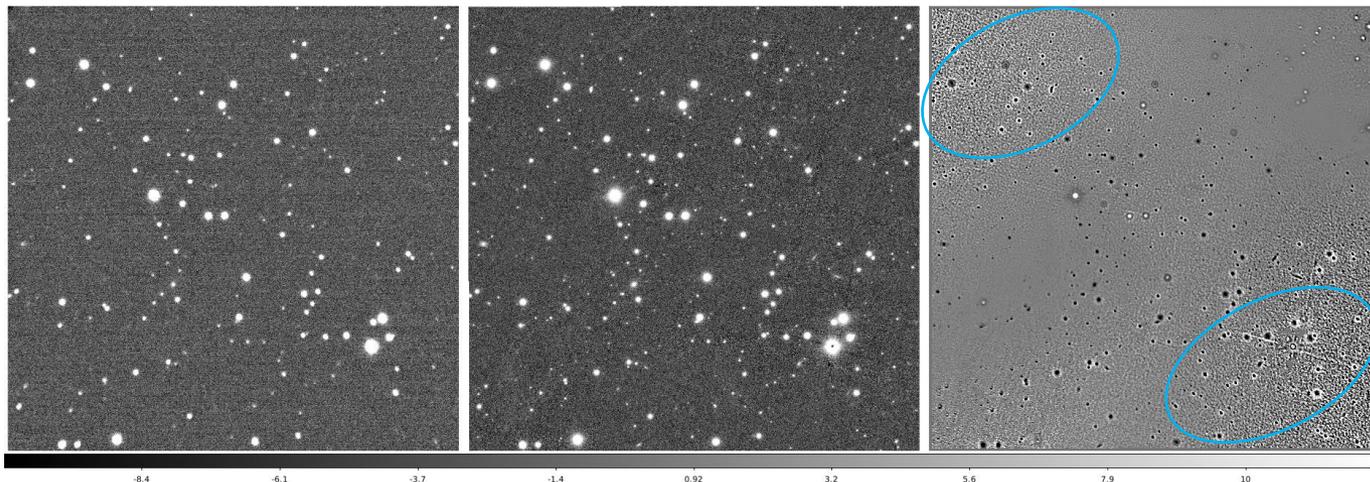
→本来は無Bias探索が必要。 = **カタログとの差分が必須**

かなたで観測したデータと 可視：Panstarrs, 赤外：2MASS との差分画像を作成して新天体の探索を試みている。しかし、引き残しが多く未完成。

かなた R-band

Panstarrs R-band

かなた - Panstarrs



原因は？

・ 収差の影響？

→画像の端ほど
引き残し多い

・ PSFのくずれ？

↓ 例えば

円環状に区切り
差分を作成

OISTERへの要求・提案

- 各機関が独自に作成した便利ツール（差分スクリプトとか）を共有できないか。（Wikiに専用ページを作成？）
- 再解析をして思ったが、Fits ヘッダーの基本的な情報（MJD , Filter ,WCS, Altitude 等）はOISTERヘッダーとして統一して欲しい。

今後もIceCubeフォローアップで

お世話になるかと思いますが、宜しくお願い致します。