

OISTER による IceCube ニュートリノ 放射源観測の現況

山中雅之（京都大学）、諸隈智貴（東京大学）、
内海洋輔（スタンフォード大学）、
笹田真人、中岡竜也（広島大学）、
太田耕司（京都大学）、
伊藤亮介（美星天文台）、川端弘治（広島大学）
On the behalf of OISTER

高エネルギーニュートリノイベント IceCube-170922Aにおける放射源の同定

アメリカ・サイエンス誌に論文出版 (11/10時点で376編に引用)

2018年9月19日読売新聞15面



RESEARCH ARTICLE SUMMARY

NEUTRINO ASTROPHYSICS

Multimessenger observations of a flaring blazar coincident with high-energy neutrino IceCube-170922A

The IceCube Collaboration, *Fermi*-LAT, MAGIC, AGILE, ASAS-SN, HAWC, H.E.S.S., INTEGRAL, Kanata, Kiso, Kapteyn, Liverpool Telescope, Subaru, Swift/NuSTAR, VERITAS, and VLA/17B-403 teams*

NEUTRINOS FROM A BLAZAR

Multimessenger observations
of an astrophysical neutrino

source pp. 115, 146, & 147

ニュートリノ 放出源探せ

View

40億光年先の天体から

何十億年の歴史を経て、地球に飛来する高エネルギーニュートリノは、宇宙の情報を運んでいる。世界の天文学者が注目している。千歳大が今月、大きな成果を挙げた。放出源を特定した。 (船越翔)

2017年9月23日早朝、吉田教授・千葉大教授(2)が早稲田大学(2)から来たか、南極の観測施設アイスキューブから自動観測された、高エネルギーニュートリノを捉えたことを示す観測データだ。

「目的の天体であるアイスキューブは、放出源は分らない。すぐパノラマに広がる。世界の天文学者に追加観測を呼びかけた。」

ニュートリノは、宇宙から地球に届く。太陽の周りを回りながら、地球の表面を突き抜ける。観測は、ニュートリノの放出源を特定することだ。吉田教授は、アイスキューブは12年に、高エネルギーニュートリノを観測したが、放出源は分らない。すぐパノラマに広がる。世界の天文学者に追加観測を呼びかけた。ニュートリノの放出源を特定することだ。吉田教授は、アイスキューブは12年に、高エネルギーニュートリノを観測したが、放出源は分らない。すぐパノラマに広がる。世界の天文学者に追加観測を呼びかけた。

日本さくらなる功績狙う

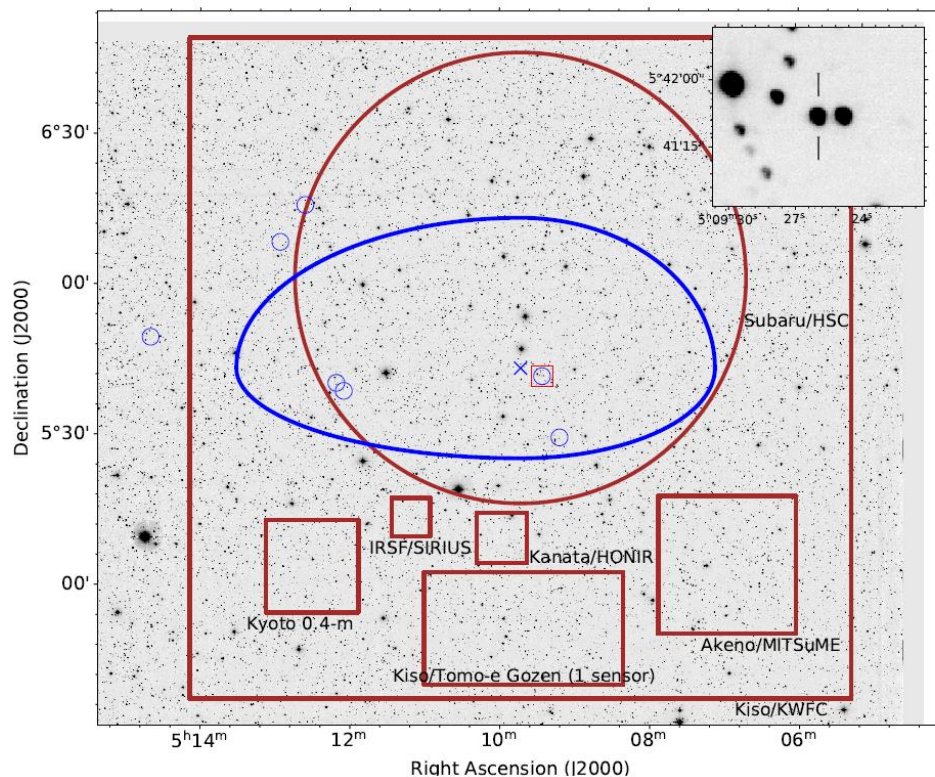
ニュートリノは電気を帯びず、物質とほとんど反応しない。観測は分析が極めて難しい分野で、日本は世界をリードしている。小栗教授・東京大特別栄誉教授(3)が、2007年、素子・観測施設「カミカンデ」(岐阜県)で高エネルギーニュートリノの検出に成功。観測施設・同大宇宙線研究所長(5)は、1987年に「スーパーカミオカンデ」(岐阜)でニュートリノを観測したことを挙げて、功績を挙げた。

ブレーザー天体 陽子や電子などで作られる円盤状のガスの中にブラックホールがあり、地球のある方向に「ジェット」と呼ばれるプラズマを噴き出している天体。ジェット内部で発生した宇宙線が光とぶつかることでニュートリノが作られる。円盤状のガスがブラックホールに吸い込まれる際に、エネルギーの一部をジェットとして放出していると考えられるが、詳しいメカニズムは分かっていない。

アイスキューブ 南極点近くにあるニュートリノ観測施設。厚さ約2800mの氷の層に据えられた8本の管に、計5160個の光センサーを埋め込んでいる。宇宙から飛来したニュートリノと、凍った水の分子とがぶつかることで発生する微細な光を、光センサーが検出する。建設費は約260億円。2011年5月から本格的な観測が始まった。現在は日本を含め、米国やドイツ、韓国、オーストラリアなど12か国が参加している。

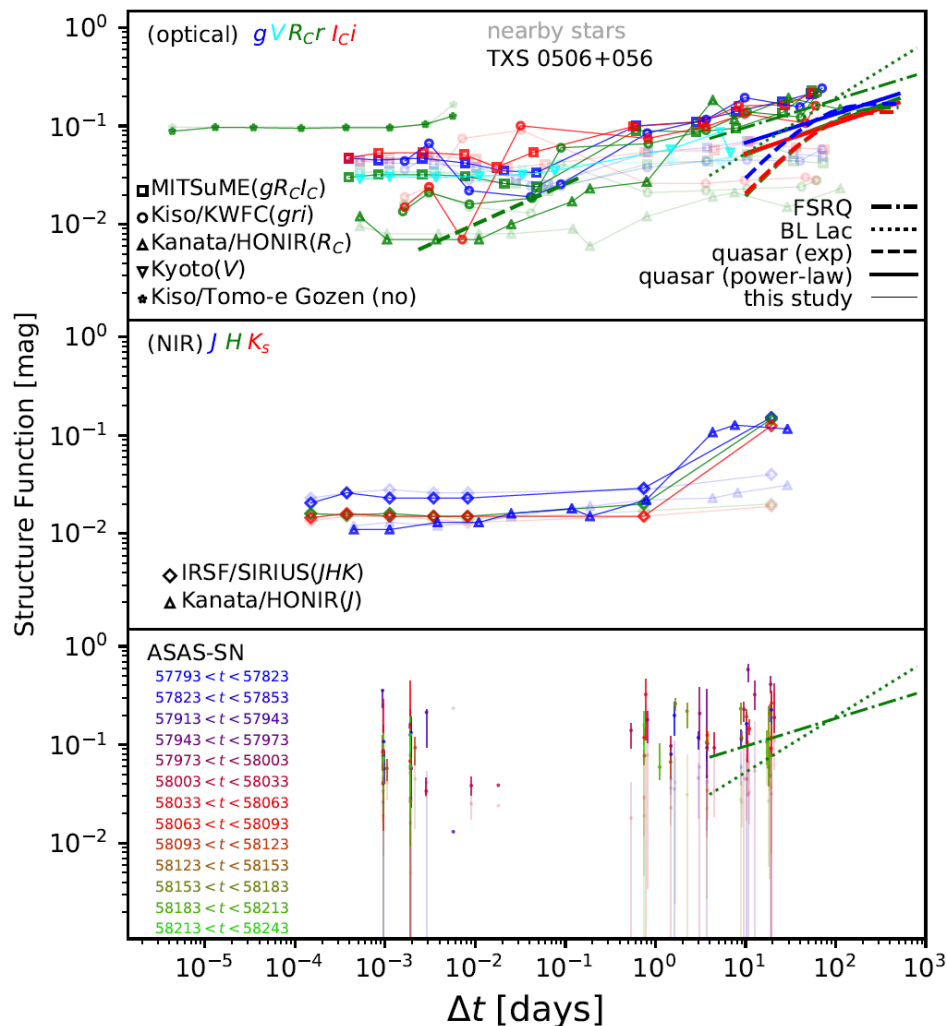
- OISTERの望遠鏡が有する高いポテンシャルを立証
- 重力波と合わせてマルチメッセンジャー天文学への重大な貢献

OISTERにおけるTXS 0506+056 のフォローアップ



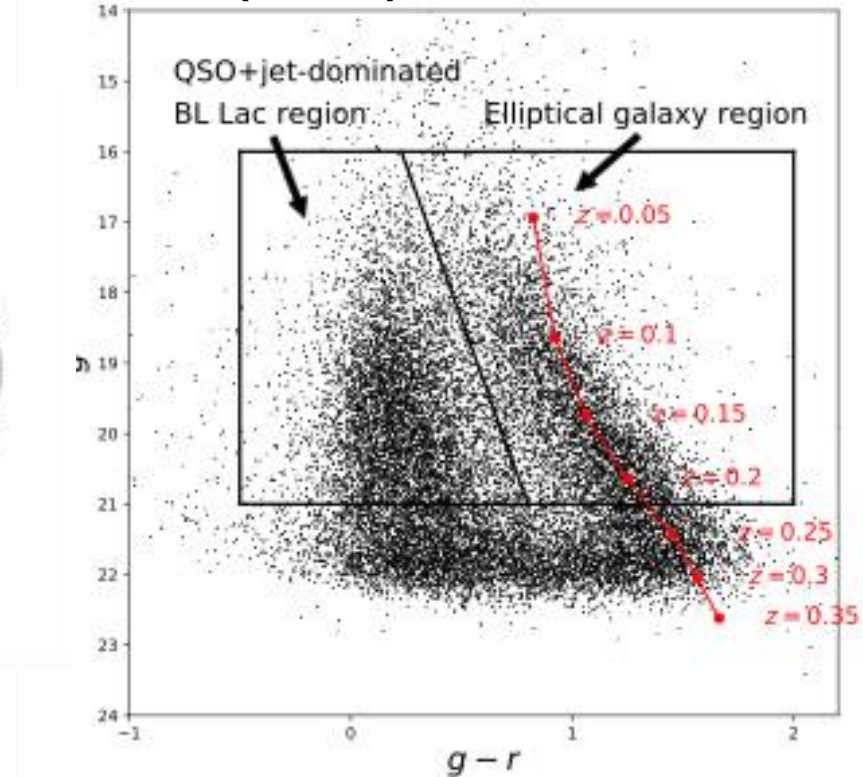
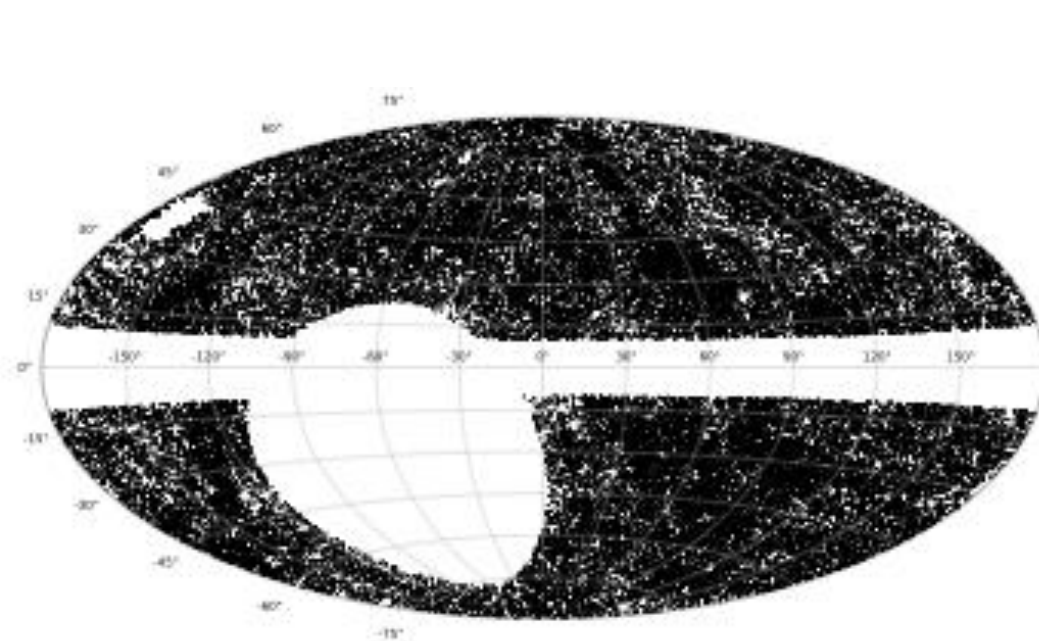
- Kanata/HONIR+HOWPol,
Kiso/KWFC, Kiso/Tomo-e Gozen,
IRSF/SIRIUS, MITSuME, Kyoto40cm,
Nayuta/MALLS, Subaru/HSC+FOCAS
による観測

- 数日スケールで $\sim 1.0\text{mag}$ の変動
- Morokuma et al. 2020, arXiv



New Blazar Catalog (BROS)

- TXS 0506+056の変動を検出できたのはBROSカタログ整備のおかげ
- Blazar Radio and Optical Survey (BROS; [Itoh et al. 2020, ApJ, 901, 3](#); 今年出版)
- ~ 80000 sources at Dec. > -40 deg
- 2種類の電波カタログからフラットなスペクトルを示す天体 (NVSS (1.4 GHz) + TGSS (151 MHz))
- パンスタース(PS1)では40%が検出できていない($r > 23$)



ICECUBE GOLD & BRONZE Event

- IceCubeが2019年6月からsignalnessで報告する eventをGOLD/BRONZEに分類
- 2019年12月のOISTER WS以降、24 eventsがGCNに報告
- GOLDが6 events、BRONZEが18 events。
- GOLDは誤差範囲が小さい傾向にある（BRONZEでも小さいものもある）
- いくつかのeventsは太陽方向に近くfeasibilityが悪い。

我々が実施したフォローアップ

ID	NT	RA	DEC	Error90(')	天体数	観測開始	OISTER TOO
IceCube-200120A	BRONZE	67.4599	-14.63	20.4	1	2020/01/24	--
IceCube-200911A	BRONZE	51.1099	38.1099	296.4	1	2020/09/15	--
IceCube-200929A	GOLD	29.5199	3.47	31.8	12	2020/10/01	--
IceCube-201007A	GOLD	265.17	5.3399	24	5	2020/10/08	YES

天体数 = IceCubeニュートリノアラート内のBROS天体数ないしFermiなどの追観測でガンマ線解析による範囲がかかった天体数

Summary

- 昨年からIceCubeアラートがGOLD/BRONZEに分類
- 誤差円内の小さな4イベントについて、かなた・木曾シュミットでBROS天体のフォローアップを実施
- 筋の良い1イベント (IceCube-201007A; GOLD event) 誤差円内BROS5天体についてOISTER TOOをトリガー
- Skynet, Murikabushi, Kanataで最初の3日間に密に観測
- QLでは明瞭な増光天体はおらず
- 最近のIceCubeイベントの誤差範囲円内のいくつかの天体についてせいめい望遠鏡で分光を実施：QLでは受かったといえる天体なし
- 今後もIceCubeアラートに合わせたBROS天体のフォローアップは継続する