

山口大学32 m 電波望遠鏡を用いた高エネルギー天体の研究 ～VLBI 及び単一鏡として～

新沼浩太郎¹、岳藤一宏²、藤沢健太³、ほか藤沢研究室メンバー¹

1: 山口大学大学院理工学研究科、753-8512 山口市吉田1677-1

2: 情報通信総合研究機構 (NiCT)、314-8501 鹿嶋市平井893-1

3: 山口大学時間学研究所、753-8511 山口市吉田1677-1

1: 山口大学理学部、753-8512 山口市吉田1677-1

概要

広帯域化及び光結合VLBIに向けた整備が進んでいる大学VLBI連携観測網を用いた高感度VLBIサーベイにより、Fermi/LAT未同定ガンマ線天体を対象にした高エネルギー天体の系統的な研究を行う。これによりガンマ線で明るく、電波で暗い(かつコンパクトな)種族の天体の同定、最新かつ自前のVLBIカタログの取得が期待できる。また、自前の望遠鏡であり、非常に大きな口径を持つ山口大学32m電波望遠鏡を単一鏡として使い、継続時間数秒以下の短時間トランジェント現象の観測についても検討していく。近年GPU (Graphics Processing Unit) の登場及び高スペック化(かつ低コスト化)により、パルサー観測における後処理(AD後のde-dispersionなど)をソフトウェアで比較的安価に行うことが可能になってきた。パルサー観測システムの構築の可能性及びそれを基にしたジャイアントパルスを含む短時間トランジェント電波源の検出可能性も検討していく。

1. 高感度VLBI観測網を利用したサーベイ観測

Abdo et al. (2010) において1451 のFermi/LATで検出された γ 線天体がカタログ化されたが(図1)、その内訳における主だったものはa) blazar または blazar candidate¹: 689 天体、b) 他波長で検出されている天体が位置誤差の中に無いもの²: 630 天体、である。また、a) のうち282 天体についてはその位置誤差にVLBI 天体(VLBA Calibrator Search の天体)が含まれている。他波長における未同定の天体が多く含まれることが期待されるb) 及び、a) の一部を対象にVLBI スケールでのサーベイを行うことで、VLBI スケールのコンパクトな天体の中で線を放射しているものについての統計的な議論に発展させることが可能になる。また、VLBI で電波源を検出することにより、可視X線に渡る他波長での追観測にも展開することが容易になる。対象とする線源の位置誤差の中にVLBI 天体が全く存在しないのかどうか一度詳細に調べる必要があるが(Abdo et al. (2010) においてはVCS 天体との比較のみ)、恐らくEGRET での観測が終了して以降(お

よそ2000 年以降)、VLBI での大規模なサーベイは行われていないと思われる。したがって、 γ 線源のアクティビティも考慮した研究をする必要があるため、このタイミングでVLBI を用いた大規模なサーベイ非常に重要である

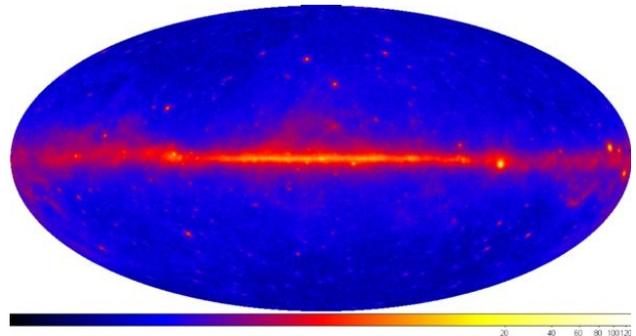


図1 Fermi/LAT 1st year catalog

実際の観測には以下の点を考慮する。

- 1st year カタログ[1]によると典型的な誤差は半径で6'程度(図2)
- VLBI の視野を考慮に入れたモザイク観測を行う X 帯における Japanese VLBI network array を用いた観測(光結合 VLBI 及び広帯域ディスク記録システムの利用³)によって1天体あたりの誤差内を20 スキャン程度で掃く
- 約450 天体が $\delta > -30^\circ$ に位置する(1st year カタログにおいて) 全てを観測する場合、丸6日の観測時間を確保できれば

1 Abdo et al. (2010) において比較の為に用いられている4つのblazar カタログから対応するものが1つでも見つかったものの。

2 あくまでAbdo et al. (2010) において用いられているカタログとの比較の結果であり、例えばNVSS 天体などはこのclassのほとんどの天体の位置誤差内に数個は含まれるはずである。

3 シンポジウムポスター講演 37-39 参照

10mJy@7 σ の感度でサーベイ可能

また、早大理工の Fermi メンバー及び天文台 VLBI のスタッフとの協力のもと、未同定ガンマ線源のうち、他波長 SED から AGN である可能性のある数天体をすでに VLBI で試験的に観測した (VERA C-band の位置参照天体サーベイの一環)。実際に行うことで未同定 γ 線の対応電波源の同定に結びつくだけでなく、相乗

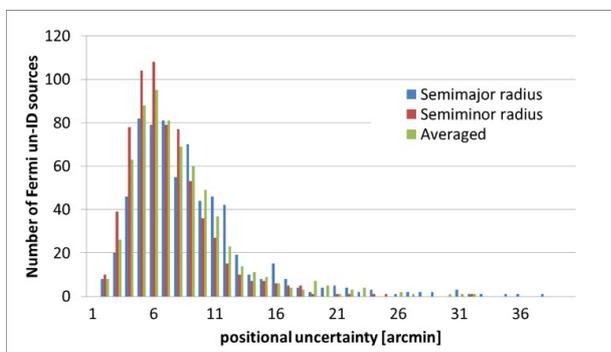


図2 各未同定 γ 線天体の位置誤差 (半径) のヒストグラム
効果として以下の点についてもメリットが生まれる。

1. 自前の最新 VLBI カタログの作成
2. 位置天文における参照電波源の数の増加 (これは VERA 高感度化の目的の 1 つでもある)

2. パルサー観測モードの構築及び短時間電波トランジェントのサーベイ

パルサー観測のためには $\Delta t = 4.15 \times 10^6 \text{ ms} \times (f_1^2 - f_2^2) \times \text{DM}$ で示されるような星間プラズマによる分散の影響を除去する必要がある (de-dispersion, Δt : 到達時間差, f : 周波数 [MHz], DM: dispersion measure)。現在 de-dispersion は A/D 後、ソフトウェアで処理されているケースが多い。現在の山口 32m システムにおいても、(恐らく) バックエンドに多少のシステム (A/D+ソフトウェア部) 整備をするだけで観測可能になると思われるため、以下の現象の観測可能性と併せて検討していきたい。

1. パルサーにおけるジャイアントパルス (通常のパルスの 1000 倍を超えるような強度で不定期かつ非常に狭い幅の ($\sim \text{nsec}$?) パルスを放射する)
2. 図 3, 4 に示されるような非常に稀な短時間トランジェント電波源 特に 2 については DM なども含め Blind で探す必要があるため非常に大きな計算量を要する。Low Frequency Array (LOFAR: <http://www.lofar.org/>) などでも短時間電波トランジェントサーチが検討されており Stappers et al. (2011)、GPU を用

いた実時間処理アルゴリズムについても報告されている Magro et al. (2011)。ここで述べたような現象の観測には低周波観測が可能であること、大口径であることが求められる。また、レアイベントの観測には定常的なモニター/サーベイが求められるため、自前の望遠鏡を持つことが非常に大きな強みとなる。

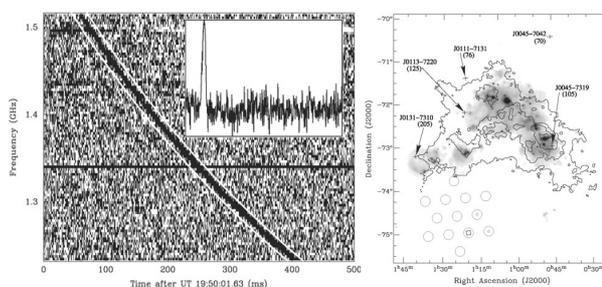


図3 継続時間 5ms 以下の 30 Jy を超えるのパルスが Parkes pulsar survey のアーカイブから検出 (Lorimer Burst, Lorimer et al. 2007)。右: SMC で検出されているパルサーの位置、及びトランジェントパルスの検出された位置 (マルチビームの中)。90 時間に渡る追観測で再検出はできなかった。左: 300MHz の帯域内を低温電離プラズマによる分散を受けながらパルスが到達する様子がわかる。得られた DM は $375 \text{ cm}^{-3} \text{ pc}$ で距離にして $d > 500 \text{ Mpc}$

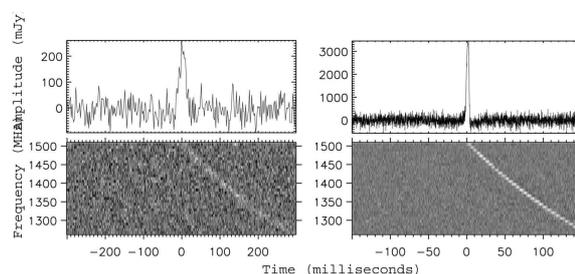


図4 Lorimer Burst 同様 Parkes pulsar survey のアーカイブから発見された Rotating Radio Transients (RRATs, McLaughlin et al. 2006)。数天体見つか、天体により非周期的に 0.1~3.6 Jy 程度のバーストを起こす。継続時間は 2 - 30 ms 程度

参考文献

1. Abdo et al., 2010, ApJS, 188, 405
2. <http://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/>
3. 本間ほか, 2011, "AGN ロードマップ私案検討会報告書"
4. Lorimer et al., 2007, Science, 318, 777
5. McLaughlin et al., 2006, Nature, 439, 817
6. Stappers et al., 2011, A&A, 530, 80
7. Magro et al., 2011, MNRAS, 417, 2642