

フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡による 2017年の成果

深沢 泰司、大杉 節、水野 恒史、高橋 弘充、大野 雅功、田中 康之、(広島大)、田島 宏康、福井 康雄、山本 宏昭、
奥村 暁、林 克洋 (名古屋大) 河合 誠之、谷津 陽一、O伊藤亮介 (東工大)、片岡 淳、有元 誠 (早稲田大)、
高橋 忠幸 (ISAS/JAXA)、井上 芳幸(理研)、片桐 秀明(茨城大)、浅野 勝晃 (東京大)、林田 将明 (千葉大)、
窪 秀利、田中 孝明、Shiu-Hang Lee (京都大)、山崎 了 (青山学院大)、内山 泰伸、Dmitry Khangulyan (立教大)、
中森 健之 (山形大)、釜江 常好(東京大)、他 Fermi LAT collaboration

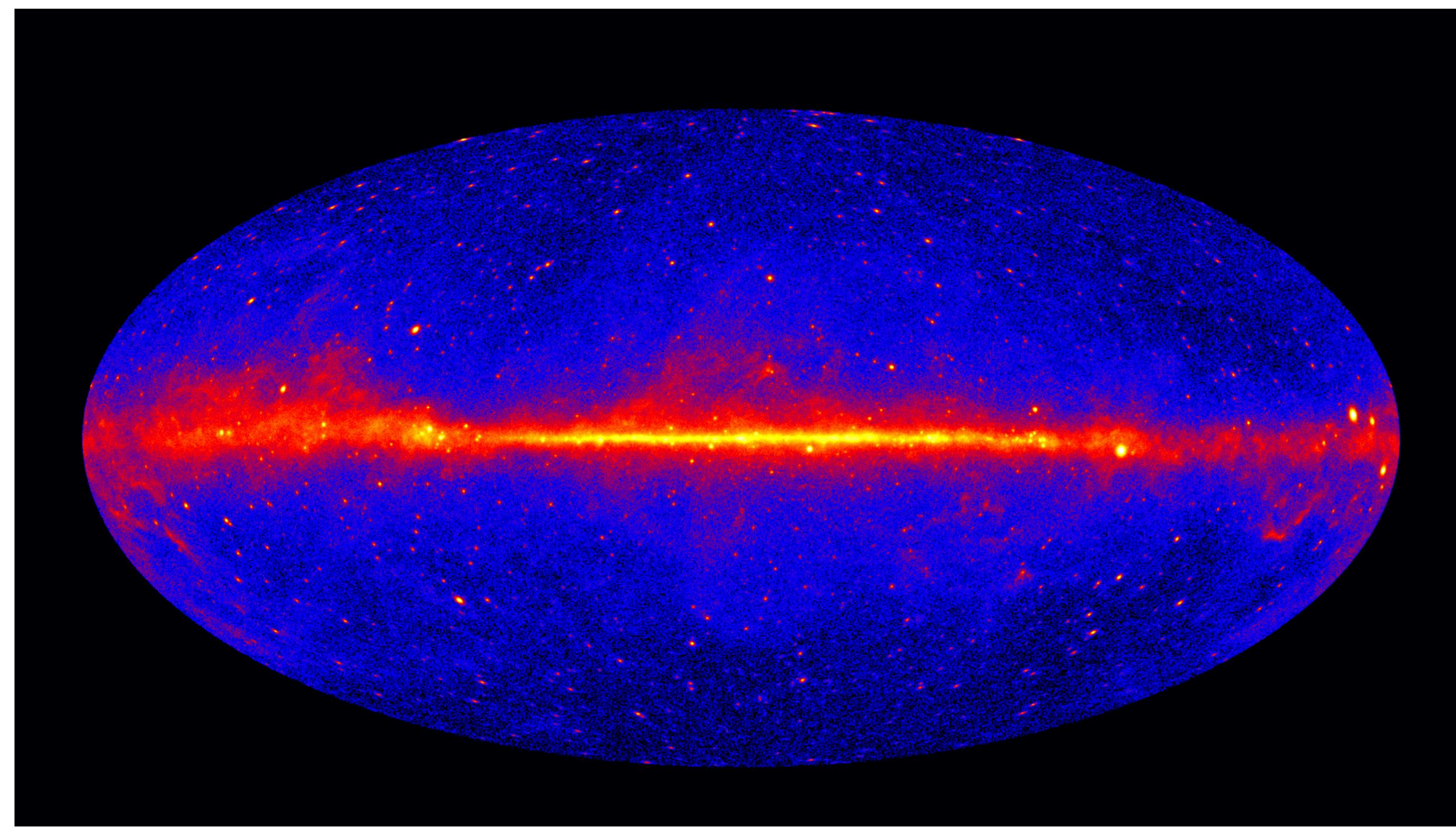


フェルミ・ガンマ線望遠鏡は、日米欧の国際協力により開発された大型ガンマ線天文衛星である。日本が開発に大きく貢献した主検出器LAT (Large Area Telescope)は、20 MeVから300 GeV以上のエネルギー領域に感度を持ち、2.4 strに及ぶ広い視野を持つ全天サーベイ型装置である。2008年6月の打ち上げ以降、順調に観測を継続しており、パルサー、超新星残骸や活動銀河核、ガンマ線バースト、暗黒物質探査、太陽フレアなど非常に多岐に渡るサイエンステーマについて数々の成果を挙げている。本ポスターではフェルミ衛星の成果の一部を紹介する。

フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡

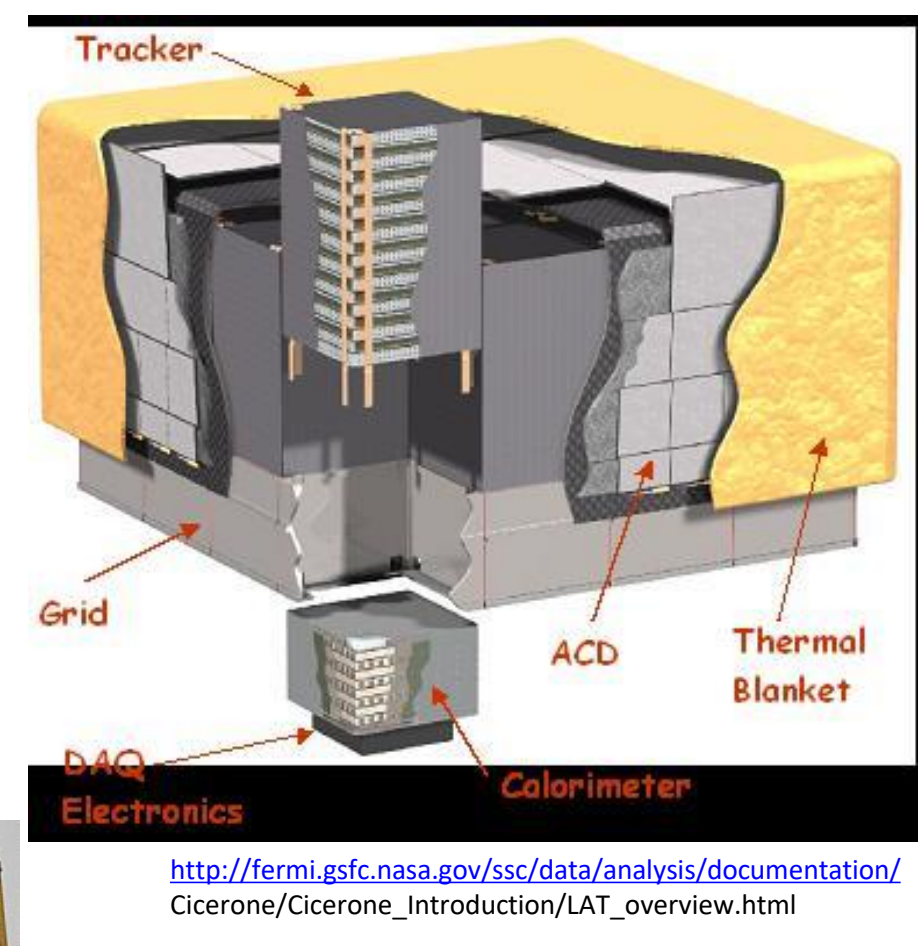
フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡(フェルミ衛星)は日米欧の国際協力で開発された大型のガンマ線天文衛星であり、2008年6月の打ち上げ以降、現在まで順調に観測を継続している。広視野、高感度、高位置分解能を特徴とした全天サーベイ型主検出器Large Area Telescope (LAT)と、突発天体観測専用の検出器 Gamm-ray Burst Monitor (GBM)を有する。

右図は、LATの5年間にわたる観測で得られた1GeV 以上のガンマ線による全天マップ。2,000個に及ぶ点源が検出されている(Nolan+2012)



右図: LAT概要
(Large Area Telescope)
電子対生成飛跡検出

- 20 MeV --> 300GeV
- 視野 2.4 str
- 約3時間ごとに全天を走査

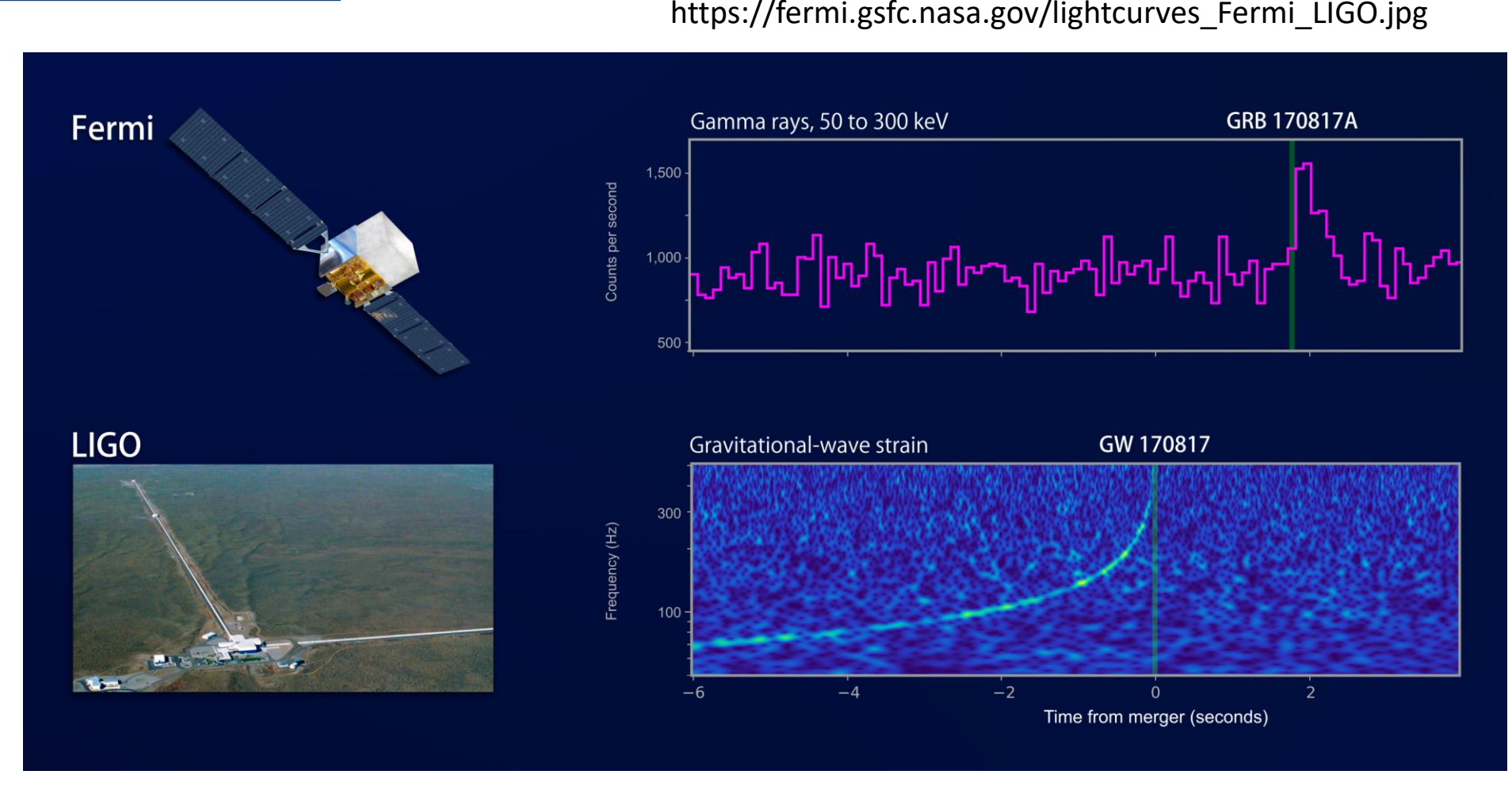
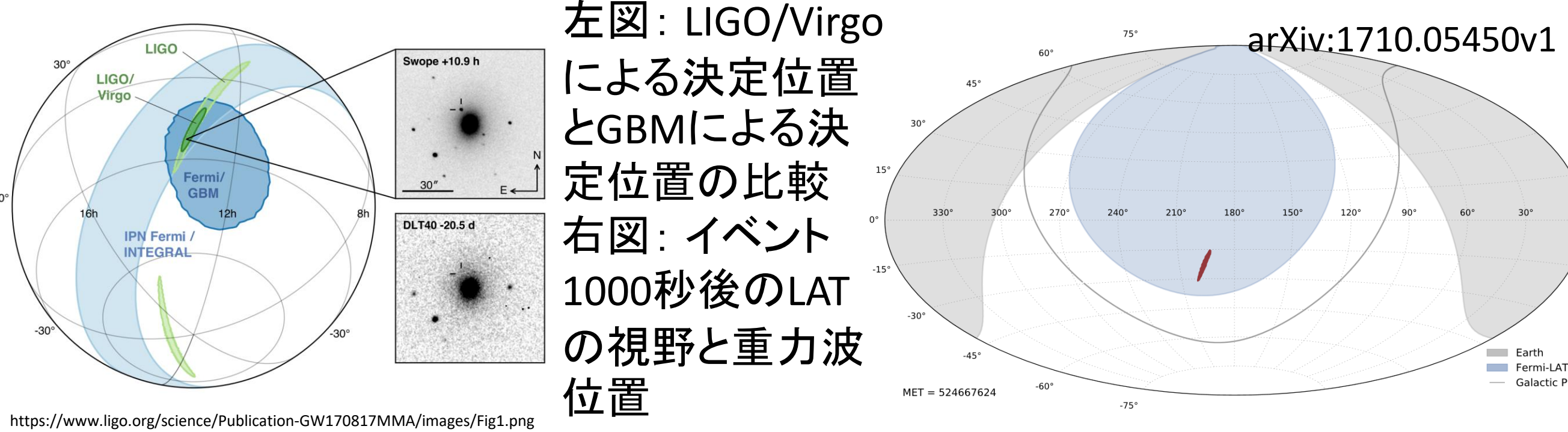


左図: GBM概要
(Gamma-ray Burst Monitor)
8 keV – 30 MeV
NaI(Tl) x 12 + BGO x 2

重力波を伴う中性子星連星合体GW170817 のガンマ線

・重力波イベント約2秒後にGBMIによる軟ガンマ線信号の検出

レーザー干渉計重力波望遠鏡LIGO/VIRGOによって検出された中性子星連星合体による重力波イベントGW170817では、ガンマ線から電波までの幅広い帯域での電磁波対応天体が検出されている。特に、軟ガンマ線帯域では、重力波イベントの約2秒後にGBMIによってショート・ガンマ線バースト(SGRB)が検出され、中性子星合体がSGRBの起源であることを示した。LAT検出器は残念ながら重力波イベント時刻にSAA通過中であり、高エネルギーGeVガンマ線の制限を与えることはできなかったが、イベントから1,000-2,000秒の間に重力波エラー領域の観測を行っており、0.1-100 GeVの帯域で $4.5 \times 10^{-10} \text{ erg cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ($= 9.7 \times 10^{43} \text{ erg s}^{-1}$ @42.5 Mpc)という上限値を得た (Goldstein et al 2017, Ajello et al submitted, 他)。

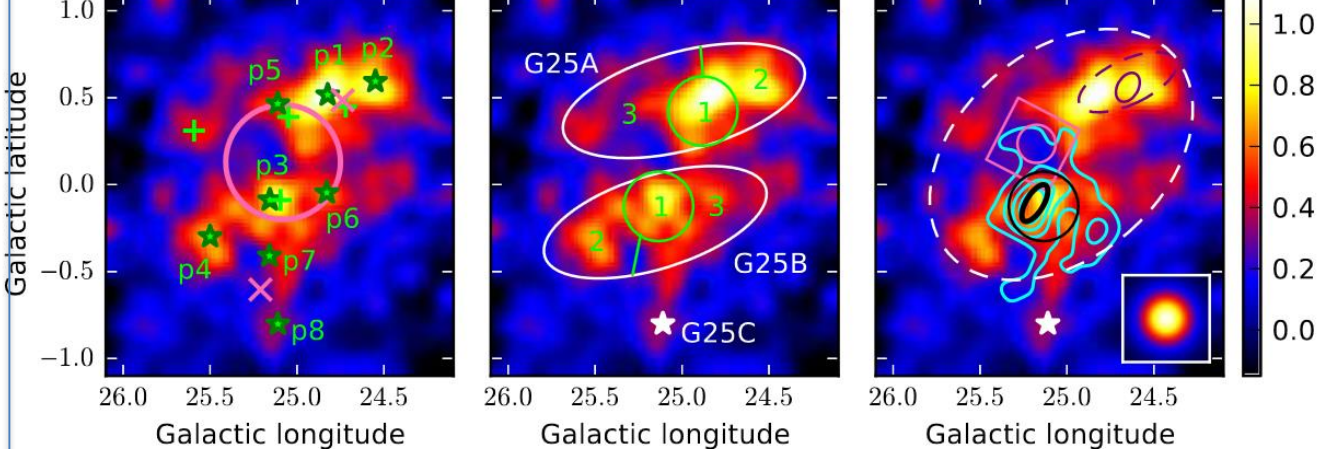


GRB 170817AはGBMでこれまで観測されたSGRBの中ではソフトな天体であったが、そのスペクトル形状、継続時間からはhard-short GRBに分類される現象であり、その親星は連星のうち少なくとも一方は中性星であることが示唆された。これらのスペクトルを説明する一つの可能性として、典型的なGRBジェットの見込み角より大きな角度から、コクーン型のphotospheric emissionを見ているモデルがある。

星形成領域

2例目の星形成領域からのガンマ線放射

G25領域からの(1) 広がったGeV放射とスペクトル形状, (2) 電波・近赤外線観測, (3) 同領域からのOB associationの発見といった特徴から、G25は2例目の星形成領域からのGeVガンマ線候補天体であることが示唆された。他点源からのコンタミも小さく、今後のさらなるX線観測等が期待される領域である(Katsuta et al 2017)。



G25領域周辺のGeV Excess. いずれも背景放射差引後のexcess 成分 (> 3GeV). 左から点源位置、G25 領域分割位置、TeVガンマ線コントア(Katuta+17)

活動銀河核 (AGN)

・ z = 4.31の最遠方GeV blazarの発見

遠方の活動銀河核を調べることは、超大質量ブラックホール形成史を調べる上で極めて重要である。LATでの7.6年分のデータ解析の結果、新たに5個の $z > 3.1$ ブレーザー(最遠方で $z = 4.31$)が発見された。これらのブレーザーの多波長スペクトルはいずれもX線帯域でhard & ガンマ線帯域でsteep な形状を示し、シンクロトロン放射に対するガンマ線光度も高いことが共通していた。これらの結果は $z \sim 4$ ブレーザーも極めてその中心BH質量が重く ($M_{BH} \sim 10^8 M_{sun}$), radio-loudness が初期巨大質量BH形成で重要な指針となることを示唆している(Ackermann et al. 2017)

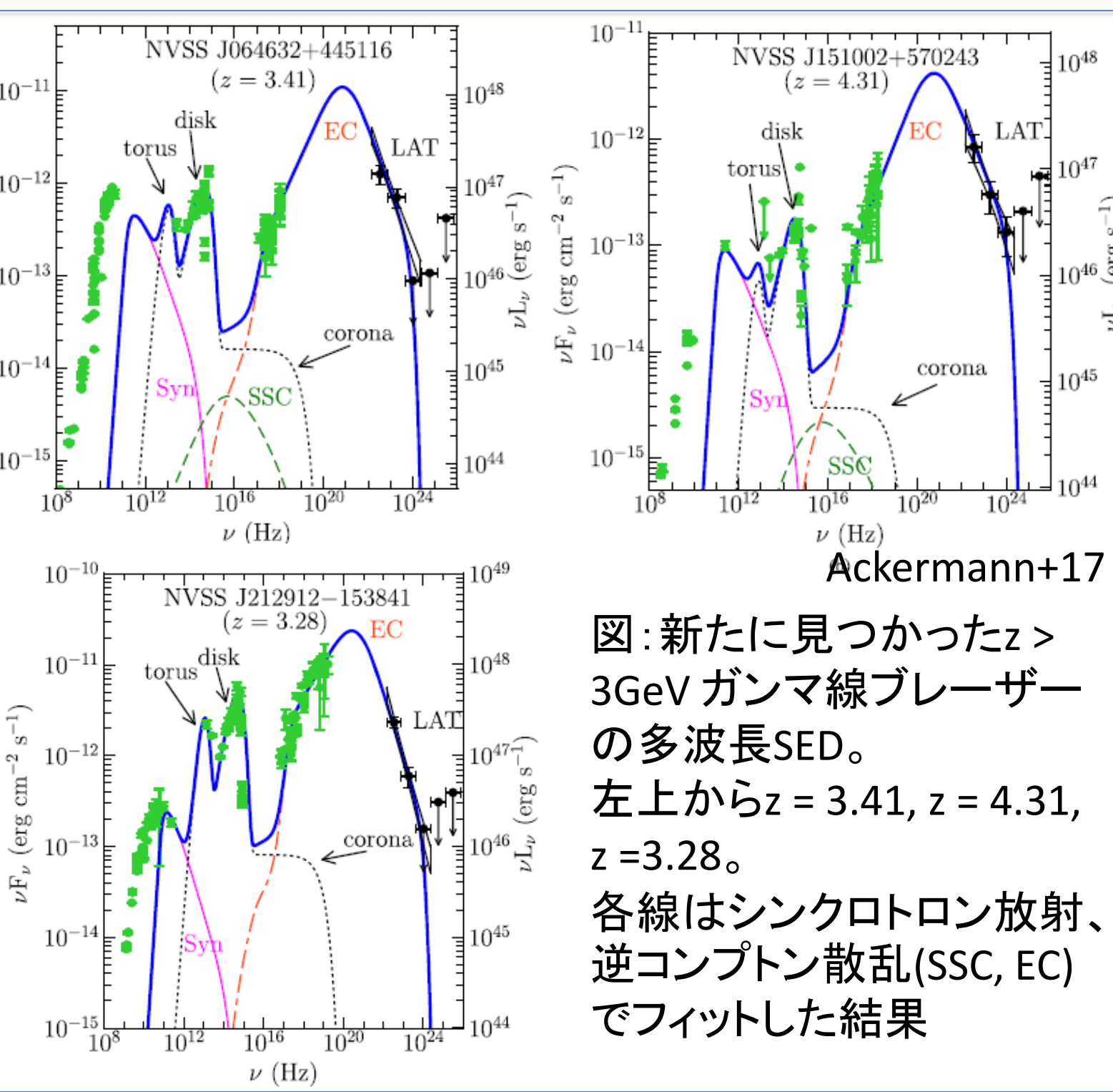
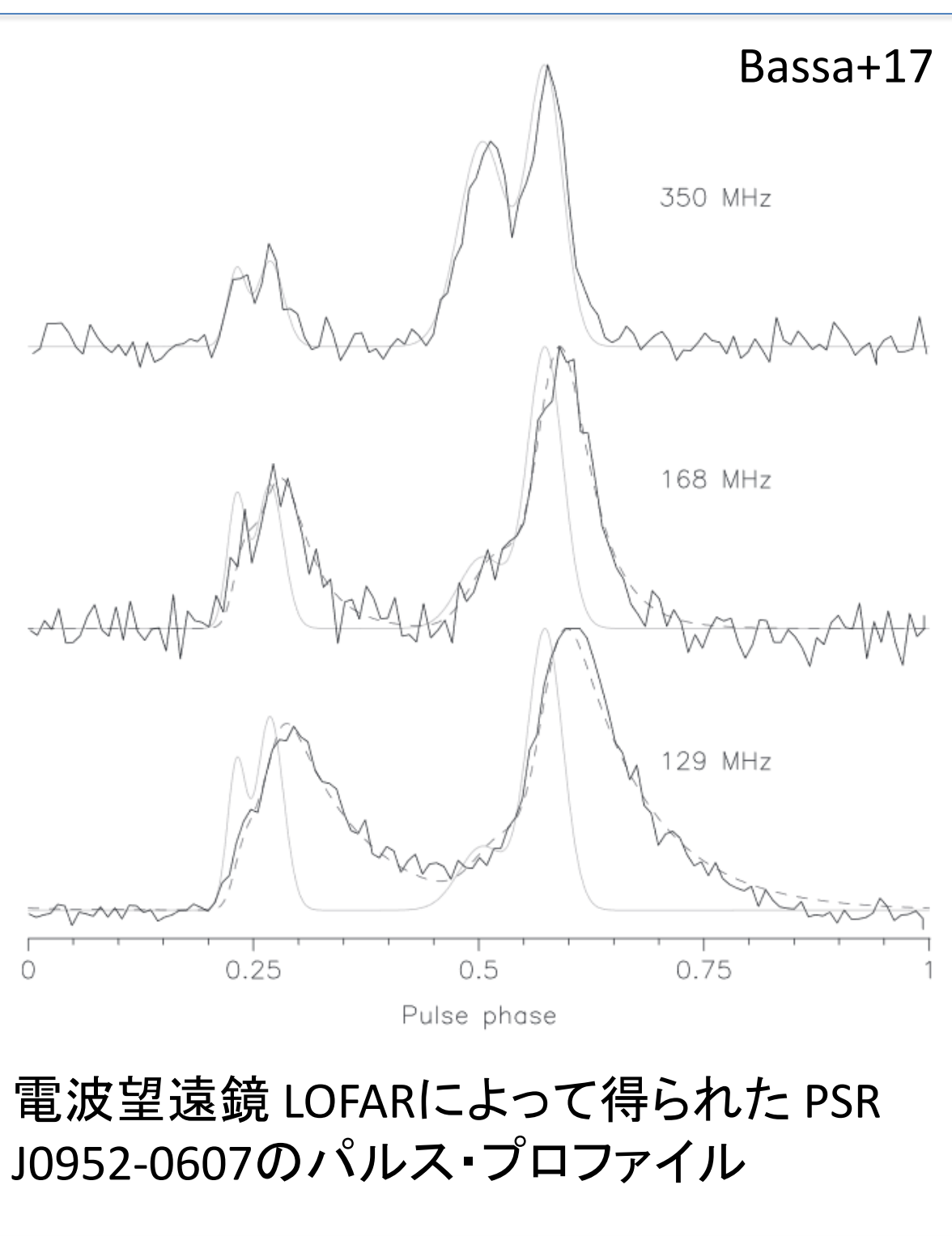


図: 新たに見つかった $z > 3\text{GeV}$ ガンマ線ブレーザーの多波長SED. 左上から $z = 3.41$, $z = 4.31$, $z = 3.28$. 各線はシンクロトロン放射、逆コンプトン散乱(SSC, EC)でフィットした結果

パルサー

・ 銀河系内で最も速い回転速度を持つパルサー

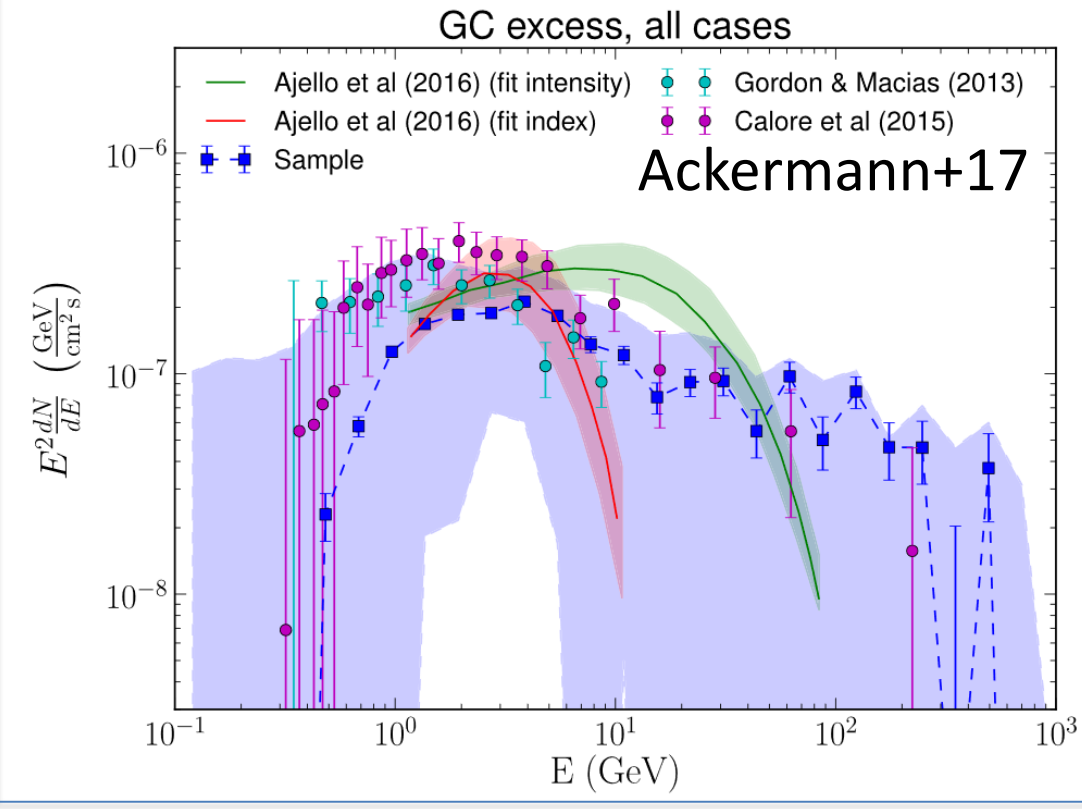
電波望遠鏡LOFARによる、Fermi/LAT で見つかった対応天体未同定線源探索によって見つかったPSR J0952-0607は銀河系内で最も速い回転速度をもつ中性子星である。その周期は707 Hzであり、6.42時間の周期で公転する低質量($M_c > 0.02 M_{\odot}$)の伴星を伴っており、可視光度が1.6 等級ほど変動すること、食による変動がないことなどから、black widow binaryであることが示唆された。推定される磁場強度は弱く($B < 1.3 \times 10^8 \text{ G}$)、また、そのsteepな電波スペクトル($\alpha \sim -3$)はガンマ線で受かっているMillisecond Pulsarに共通した特徴であり、これらのパルサーでのガンマ線・電波放射領域に制限を与える(Bassa et al 2017)。



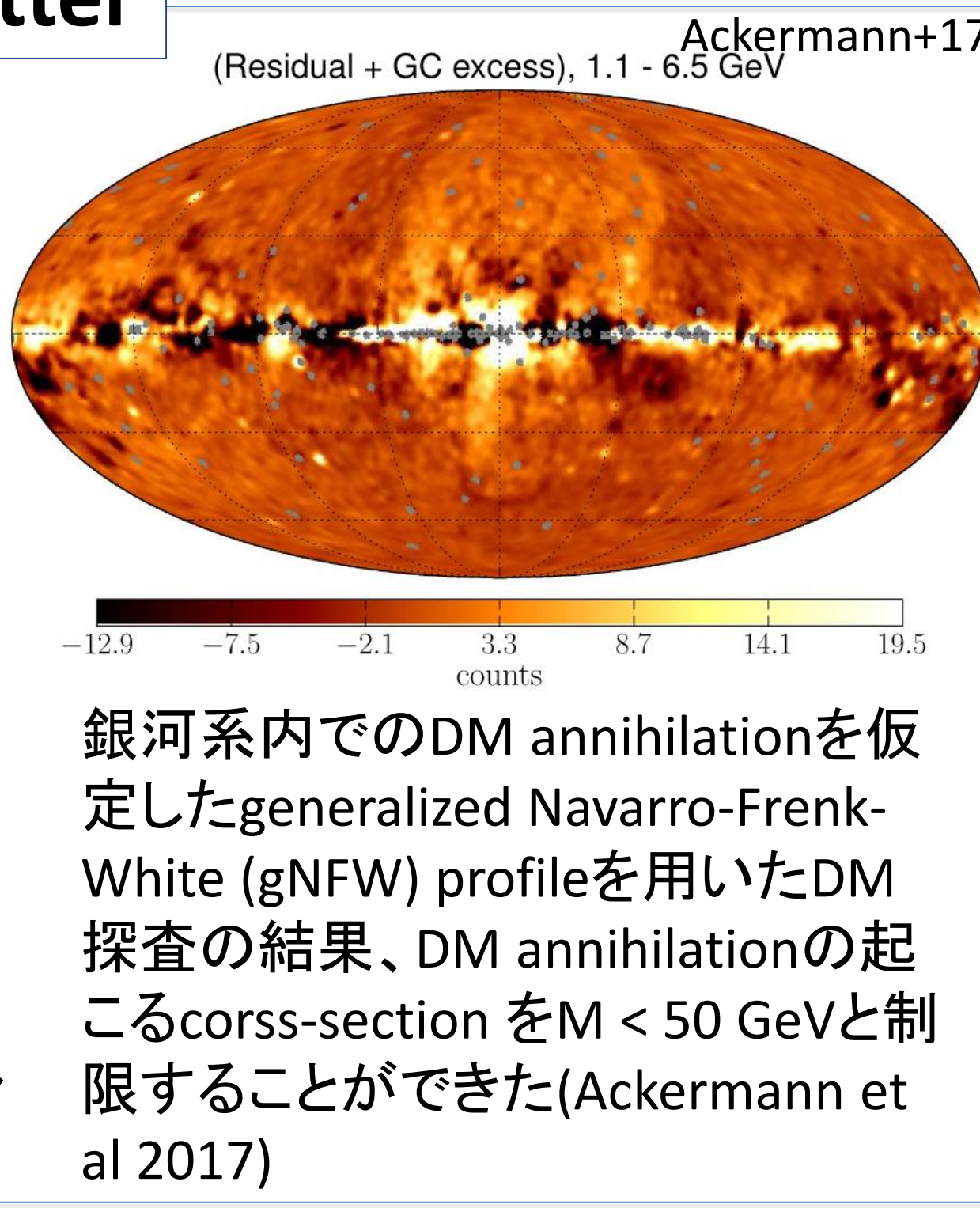
Galactic Center excess & Dark Matter

・銀河系中心のGeV ExcessとDMへの制限

銀河系中心では数GeV帯域周辺で、星間ガスやパルサーなどの点源成分だけでは説明できないGeV Excessが存在することが知られている。本論文ではLATで得られた6.5年分のデータを系統的に調査し、Excess成分の見積もりを行った。



右上図: π^0 + brems + IC + point & extended sourceを差し引いた residual + gNFWと呼ばれるモデルによるGC excessの銀河マップ
左図: 様々なモデルやパラメータから推定されたGC excess スペクトル

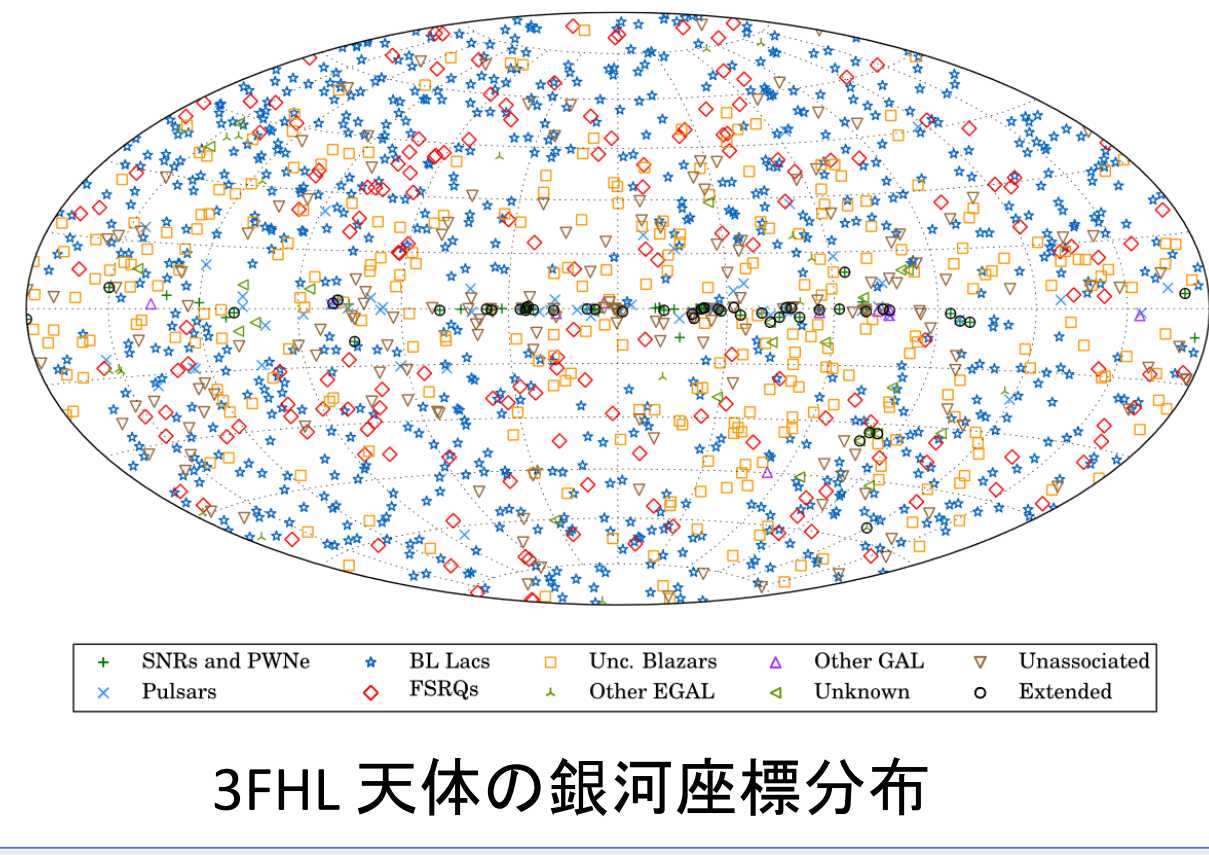


銀河系内でのDM annihilationを仮定したgeneralized Navarro-Frenk-White (gNFW) profileを用いたDM探査の結果、DM annihilationの起こるcross-sectionを $M < 50 \text{ GeV}$ と制限することができた(Ackermann et al 2017)

カタログ

・ 3FHL & 2FAV catalog

3rd catalog of Hard Fermi-LAT sources (3FHL)は7年分の10 GeV – 2TeVまでの観測データから作成された1556天体を含むカタログである。79%が系外天体であり、214の新たなガンマ線源を含んでいる(Ajello et al 2017)。



2nd catalog of flaring gamma-ray sources (2FAV)は7.4年分のLATデータを用いて、1週間ごとに区切ったデータから 6σ 以上の全4547フレアイベントを含むカタログである。計518の天体があり、そのうち441天体が多波長観測で同定されているが、77天体が未同定である。ブレーザー天体の系統的解析などに利用できる(Abdollahi et al 2017)

