

これまでで最も遠い80億年前の活動銀河から
超高エネルギーガンマ線を検出

広島大学宇宙科学センター 特任助教 田中康之

スタンフォード国立加速器研究所

日本学術振興会海外特別研究員 井上芳幸

本日の内容

1. 本研究成果の概要
2. 本研究成果の詳細
 - (i) 手段：フェルミガンマ線宇宙望遠鏡について
 - (ii) 結果：80億年前の活動銀河から超高エネルギーガンマ線を検出
 - (iii) 意義：これまでよりさらに30億年昔の80億年前まで遡って宇宙における星や銀河の歴史を紐解く手がかりに
3. 今後の展望とまとめ

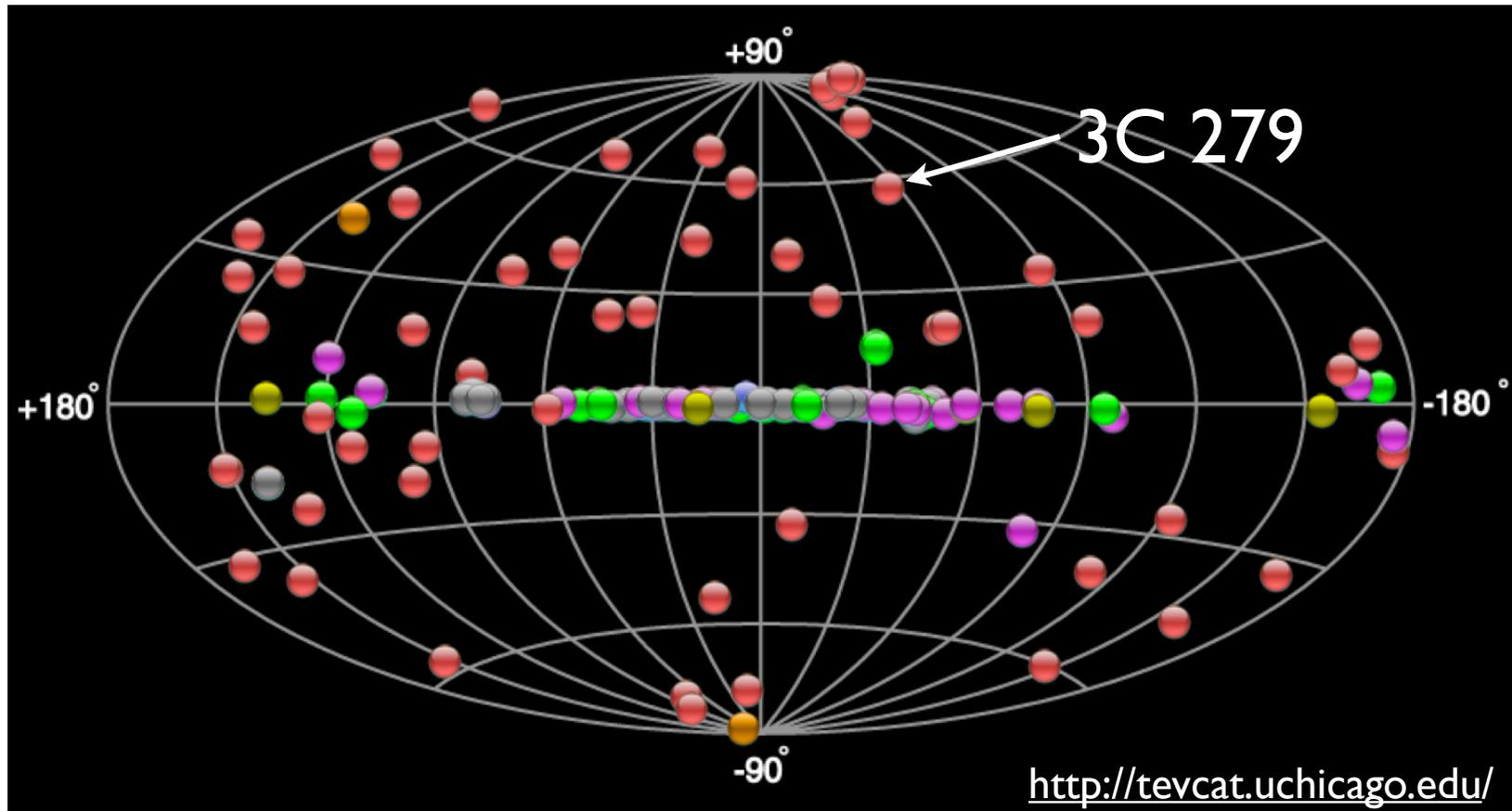
今回発表する論文

- Fermi Large Area Telescope Detection of Two Very-High-Energy (VHE; $E > 100$ GeV) Gamma-ray Photons from the $z=1.1$ Blazar PKS 0426-380
- Y.T.Tanaka, C. C. Cheung, Y. Inoue, L. Stawarz, M. Ajello, C. D. Dermer, D. L. Wood, A. Chekhtman, Y. Fukazawa, T. Mizuno, M. Ohno, D. Paneque, D. J. Thompson
- Astrophysical Journal Lettersのオンライン版に10月21日に掲載されます
- 本論文は次のプレプリントサーバーから自由にダウンロードしご覧いただけます
- <http://arxiv.org/abs/1308.0595>

本研究成果の概要

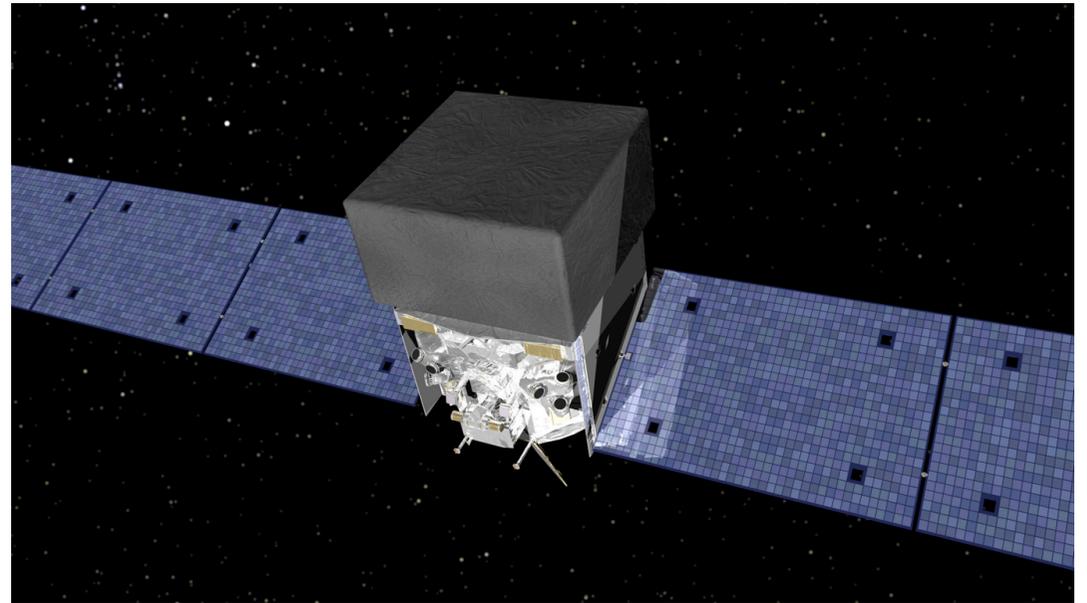
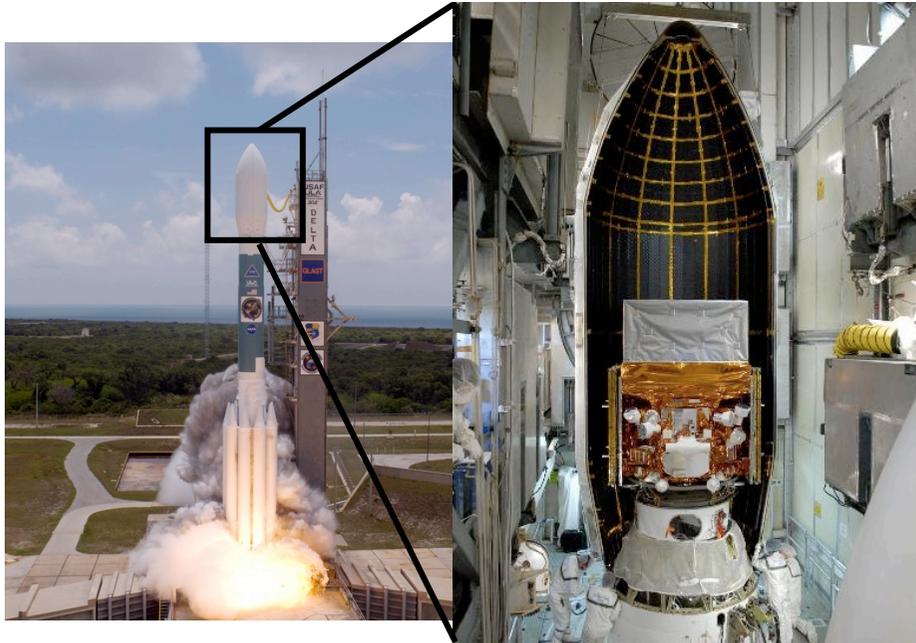
- 100ギガ電子ボルト(1000億電子ボルト、100 GeV)以上の光子は超高エネルギーガンマ線と呼ばれます。
- フェルミガンマ線宇宙望遠鏡を用いて、これまでで最も遠方の80億年前に位置する活動銀河 PKS 0426-380 から2発の超高エネルギーガンマ線を検出しました。
- これまでに超高エネルギーガンマ線が検出されていた最遠の天体は、現在から50億年前にある活動銀河でしたので、今回の発見は、その記録を大幅に更新するものです。

これまでに発見されている 超高エネルギーガンマ線天体



- これまでの最も遠い超高エネルギーガンマ線天体は、約50億年前の活動銀河 3C 279でした

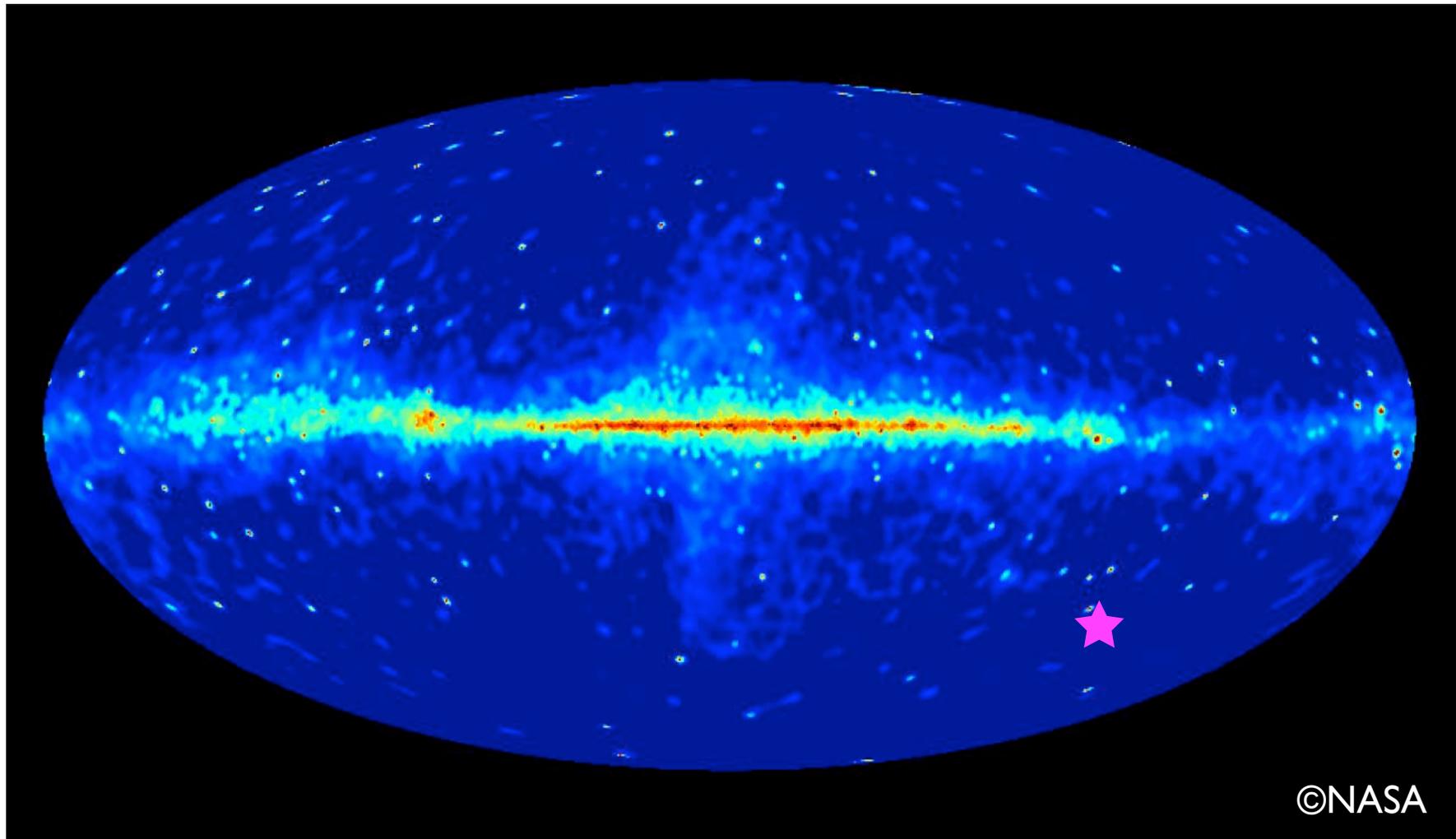
フェルミガンマ線宇宙望遠鏡



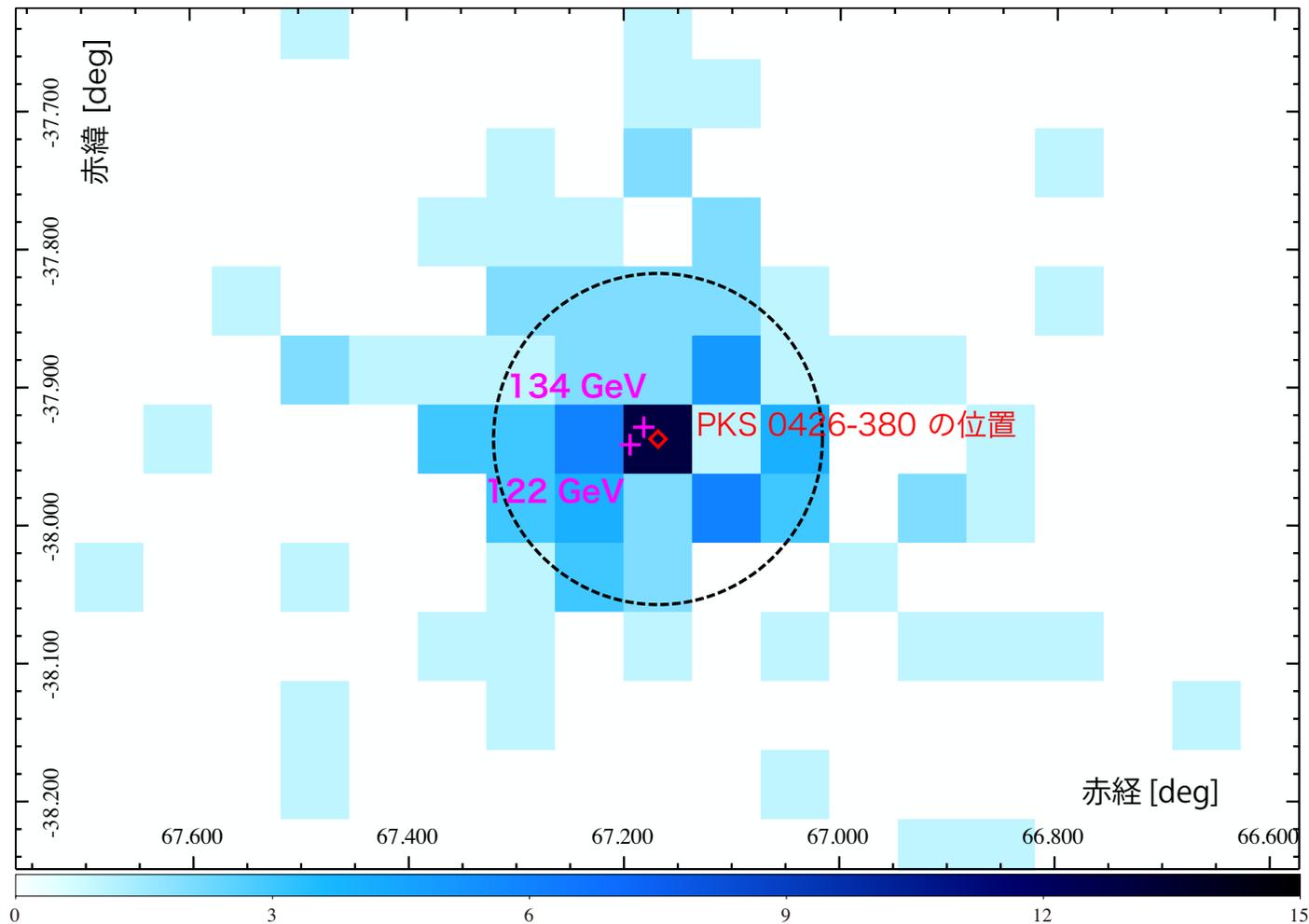
- 日米欧の国際協力ミッション
- 2008年6月11日 NASAにより打ち上げられ、5年を経過
- 問題もなく現在も順調に観測を続けている
- 主検出部の半導体検出器の開発は広島大学がリード

活動銀河 PKS 0426-380

フェルミ宇宙望遠鏡で得られた全天マップ



2発の超高エネルギーガンマ線

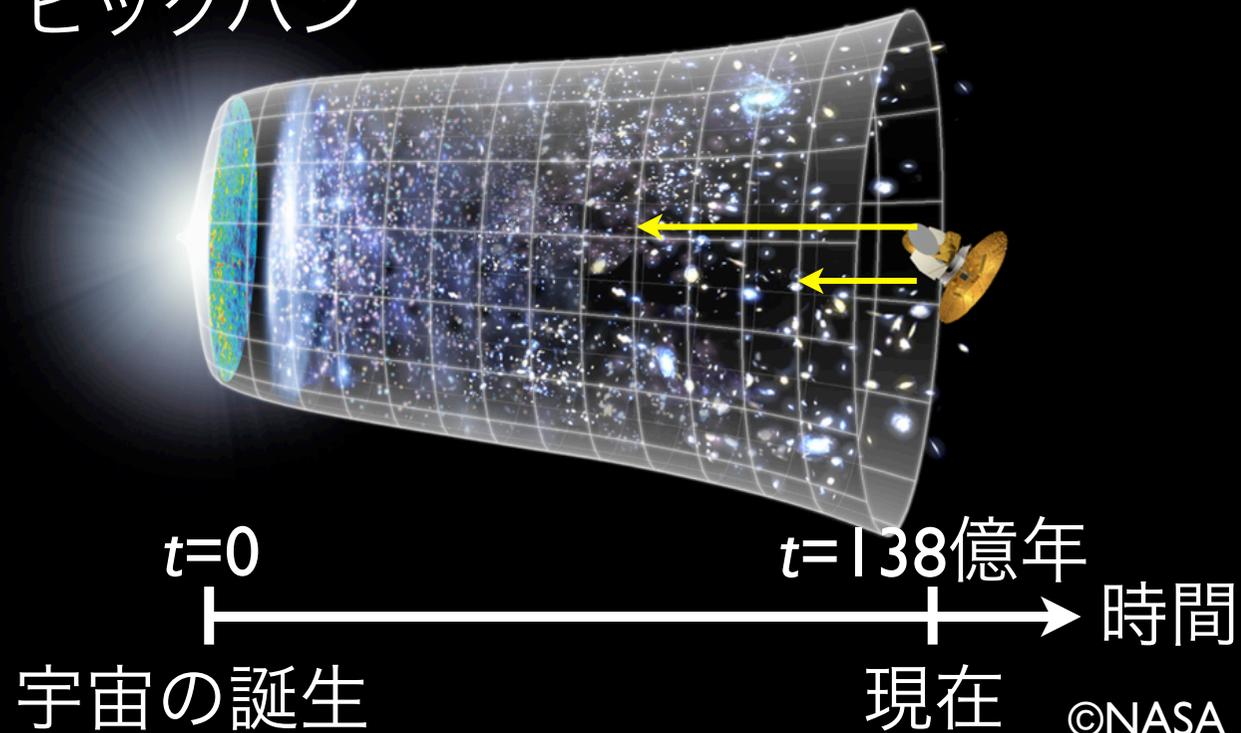


フェルミガンマ線宇宙望遠鏡で検出した2発の超高エネルギーガンマ線と活動銀河 PKS 0426-380の位置。
この図は、カウントマップと呼ばれるもので、約4年半の観測期間に5 GeV以上の高エネルギーガンマ線が
どの位置から何発検出したかを示している。1ピクセルサイズは3分角x3分角

本研究成果の意義

より遠くの天体を観測することで、
誕生後間もない宇宙の姿により近づけます。

ビッグバン



©NASA

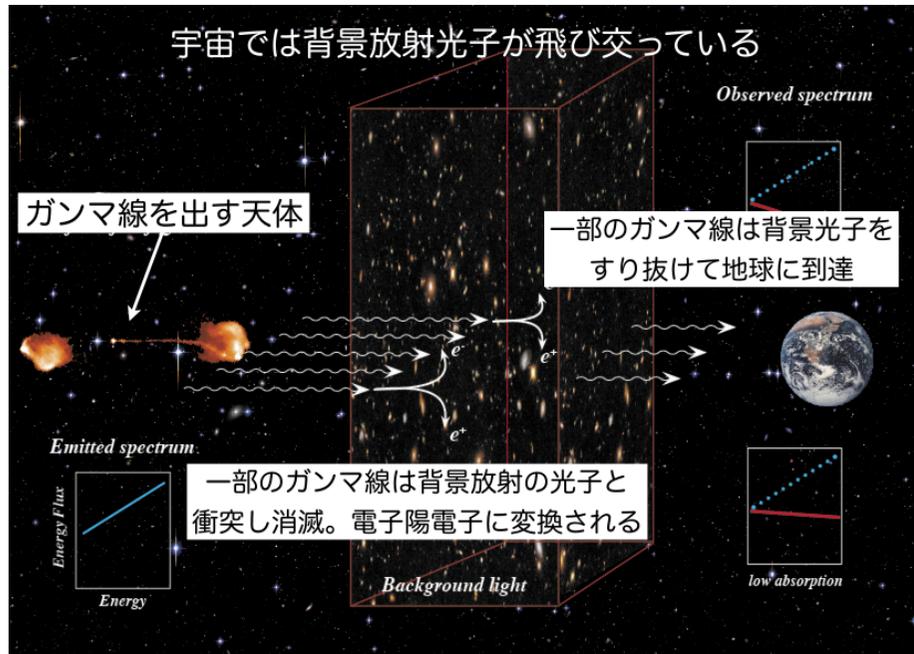
NASA/WMAP Science Team

宇宙を満たすほのかな光、背景放射とは？



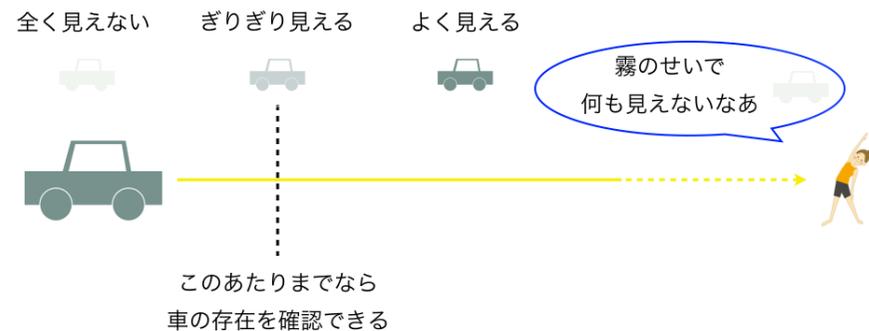
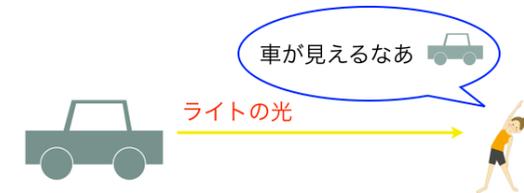
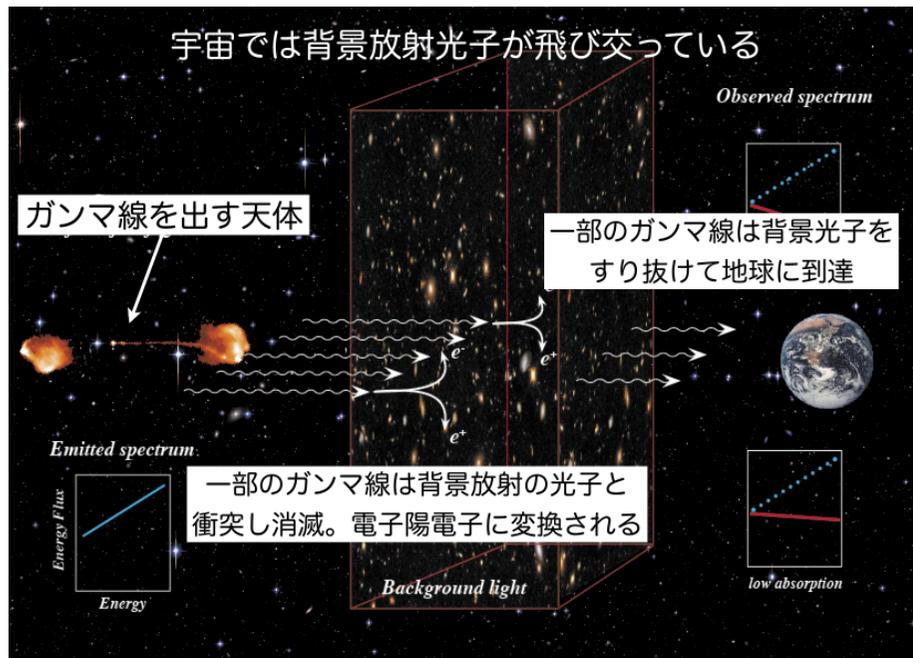
- 「背景放射」とは、全宇宙を満たしている極めて微弱な放射です。上の図は、街あかりによって夜空が明るく光っている様子を示しています。例えば、白のボックスで示した領域を観測したとしましょう。星以外にも、街あかりという領域全体を覆うぼやとした「前景」放射が見えています。
- 同様に、宇宙を精密に観測すると、一見何もない領域でも、ほのかにぼやっと光っています。それらはほとんどの場合、観測する天体よりもはるかに暗いので、「背景」放射と呼ばれています。
- そして、それは宇宙の歴史を通して作られたすべての星からの光です。

超高エネルギーガンマ線は、宇宙を飛び交っている背景放射の光とぶつかって消えてしまいます (対消滅)



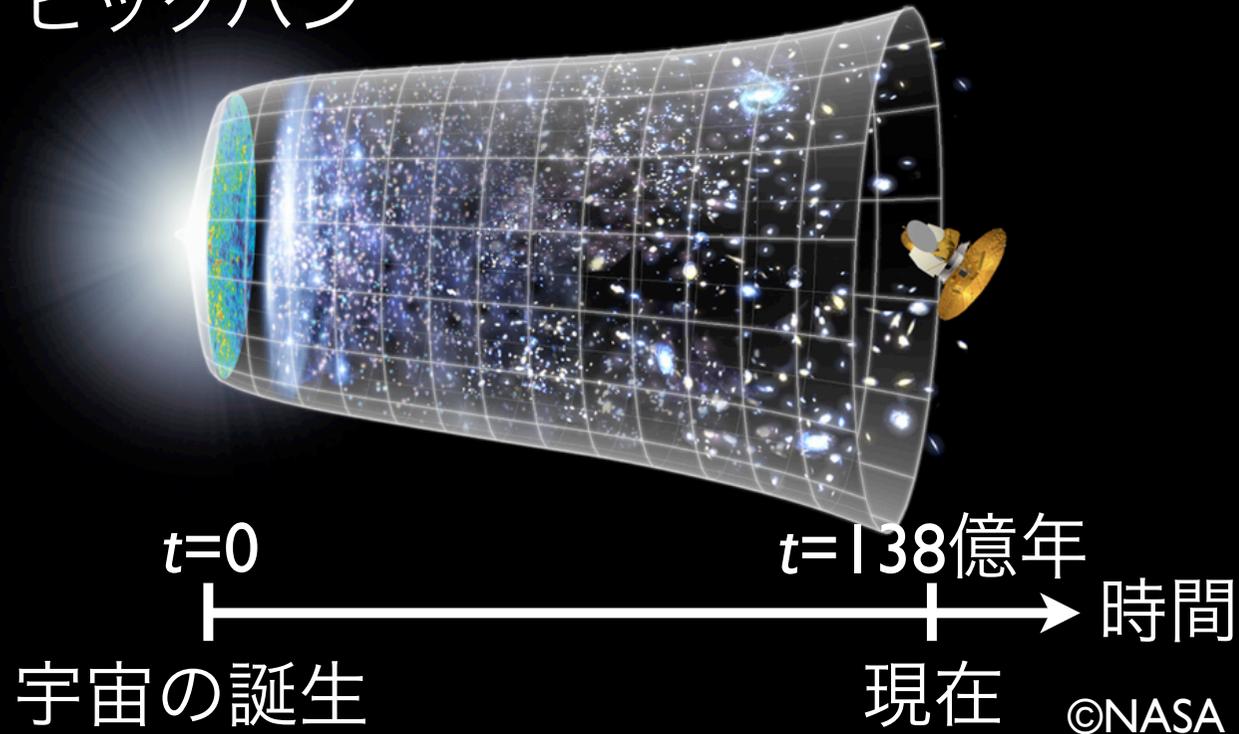
- そのため、はるか遠方からの超高エネルギーガンマ線は、衝突する確率が高くなるので、ほとんどが宇宙を伝搬している間に背景放射の光子と衝突して消えてしまい、地球まで届きません。
- これはちょうど、霧の日に、10m離れた車 (天体) からフロントライトで前方を照らすと、光が人 (地球) まで到達するので人が立っている姿が確認できますが、30m離れた車 (遠方の天体) からだと人の姿は見えない、という状況とよく似ています。
- 立っている人 (地球) から見ても状況は同じで、10m先の車のライトは確認できますが、30m先の車は見えません。

背景放射 = 宇宙全体に広がる「霧」



- この宇宙全体に広がる「霧」が背景放射であり、この「霧」のため、超高エネルギーガンマ線では宇宙の果てまで見通すことはできず、「観測できる限界」が存在してしまいます。この「観測できる限界」が遠いか近いか、どこにあるかを調べることで、「霧の濃さ」、すなわち背景放射の光の量を決めることが可能になります。
- 活動銀河 PKS 0426-380の位置は、理論的研究によって推定されていた「観測できる限界」とほぼ一致することを見出しました。上の例で言うと、「霧の濃さ」は理論的研究により見積もられていて、それによると 20m 離れた車 (そこそこ遠い天体) までは見通せるようだ、と推測されていました。そして、今回我々は、実際にそのような場所にある車を見つけた、ということです。

ビッグバン



- 我々は、超高エネルギーガンマ線を用いて、紫外線領域の背景放射の光の量が、銀河のたしあわせで説明できることを確認しました。
- (背景放射の直接計測は、太陽系内や天の川銀河内の光に邪魔されるため、極めて困難でした)
- これまで超高エネルギーガンマ線で探索できるのは、50億年前までの宇宙の年齢の半分にも満たない領域だけでした。我々は、さらに30億光年も遠くの天体の検出に成功したことにより、80億年前まで遡って宇宙における星や銀河の歴史を解明できるようになりました。

今後の展望

- 今後も、フェルミ衛星で観測を続け、さらに多くの超高エネルギーガンマ線を検出する予定です。
- 現在、フェルミ衛星よりも超高エネルギーガンマ線に優れた感度をもつ次世代ガンマ線望遠鏡計画 チェレンコフ・テレスコープ・アレイ (Cherenkov Telescope Array, CTA) を日本や欧米の国際協力のもと推進しています。この天体を将来、CTA で観測することで、宇宙の星形成史のより詳細な理解を得られるとも期待されます。

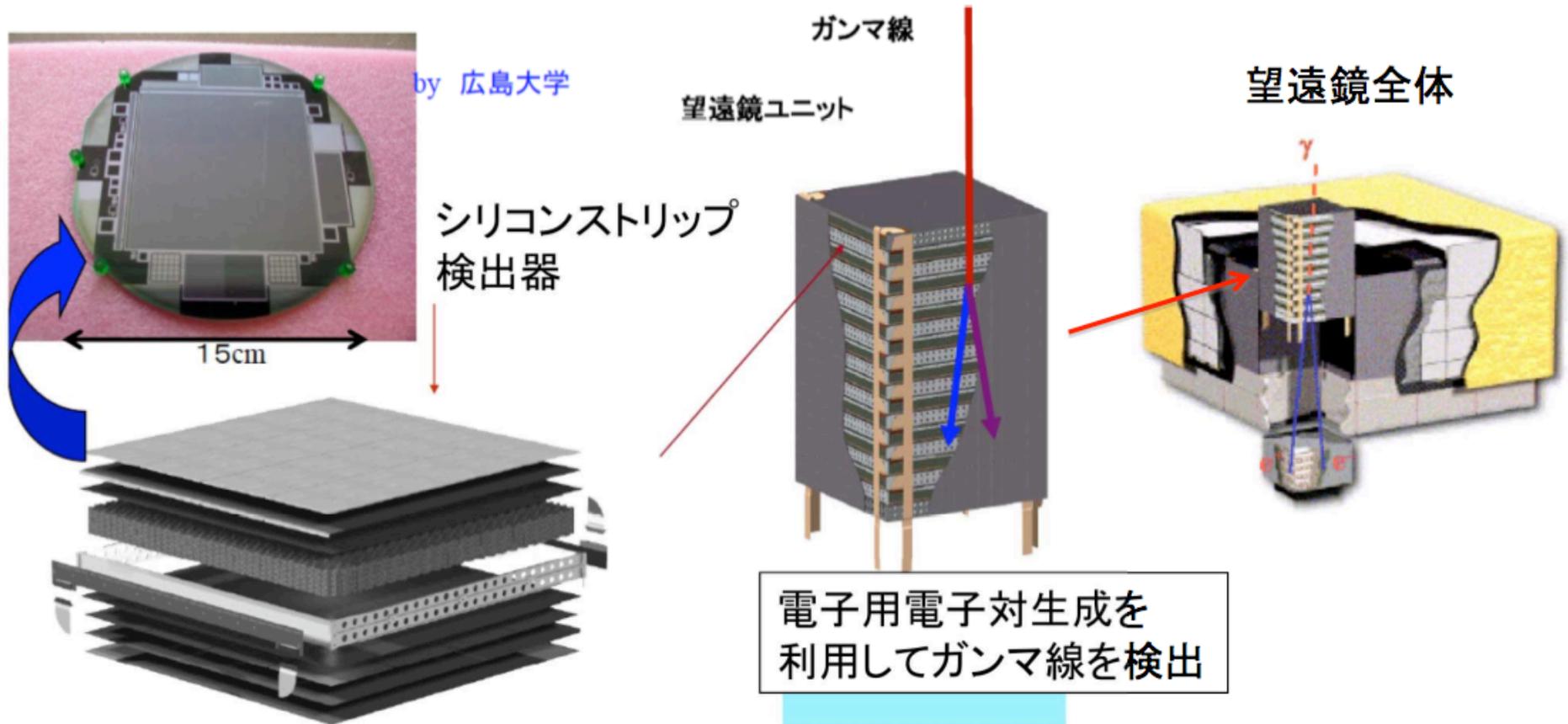


本研究成果のまとめ

- フェルミガンマ線宇宙望遠鏡を用いて、これまでで最遠の80億年前に位置する活動銀河 PKS 0426-380 から2発の超高エネルギーガンマ線を検出しました。
- これまでに超高エネルギーガンマ線が検出されていた最遠の天体は、現在から50億年前にある活動銀河でしたので、今回の発見は、その記録を大幅に更新するものです。
- 80億年前まで遡って宇宙における星や銀河の歴史を解明できるようになりました。

バックアップ

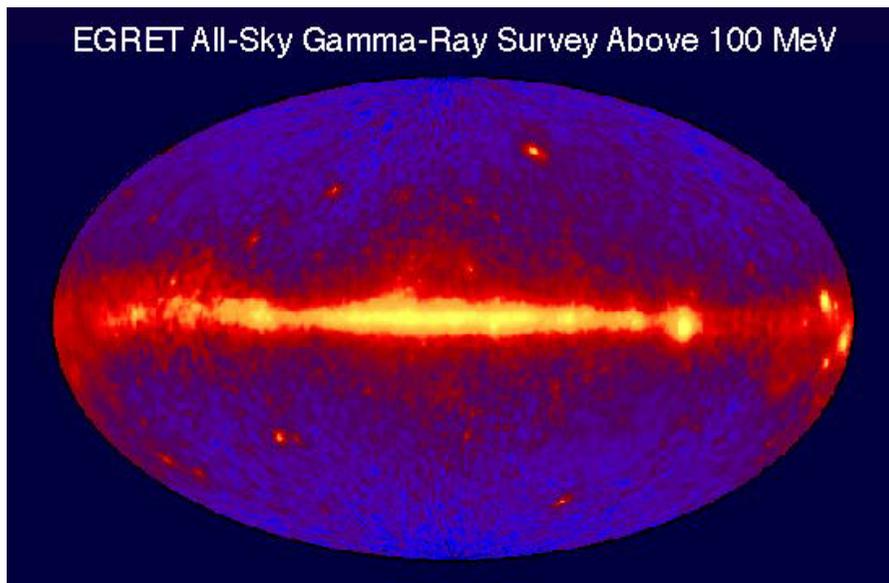
日本チームの貢献



- ◆主検出部(半導体検出器 10,000枚)の開発, 性能評価 [広島大学]
- ◆衛星運用、キャリブレーション、データ解析、**観測当番**[全機関]

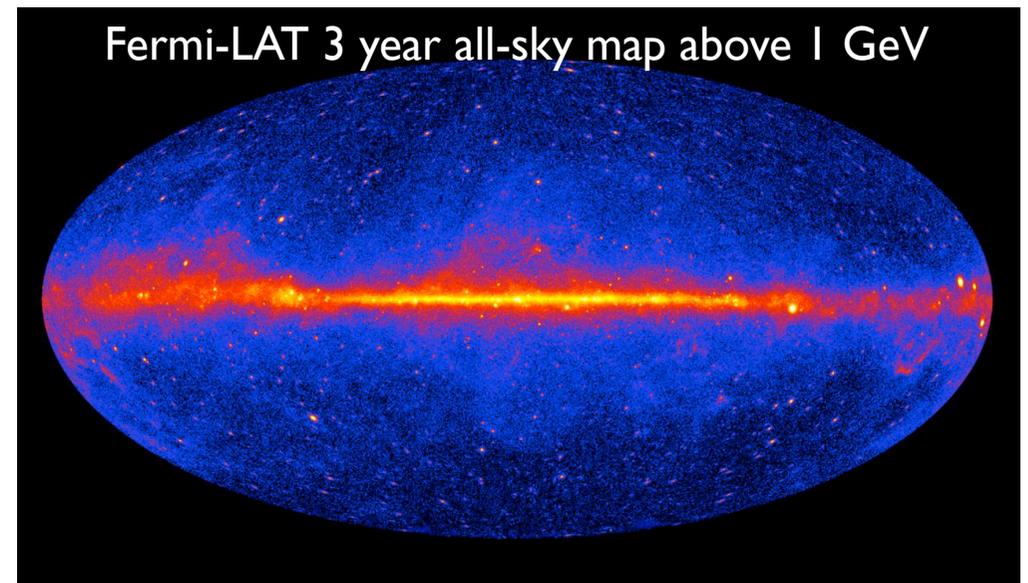
フェルミ衛星の優れた性能

コンプトン衛星
(1991-2000)



9年間で273天体

フェルミ衛星
(2008-)



2010年までの2年で1873天体

- 先代の衛星を数10倍上回る性能