



ガンマ線で探る銀河宇宙線の姿 -- 1万光年かなたの高エネルギー粒子 --

日本天文学会 2010年春季年会 記者会見
事前配布資料

研究グループ代表 水野恒史
(広島大学 理学部 物理科学科・助教)
問い合わせ先

電話: 082-424-7379

Fax: 082-424-0717

e-mail: mizuno@hep01.hepl.hiroshima-u.ac.jp

本件の取り扱いは、以下の解禁日でお願いします

日本時間 2010年3月24日 午前4時以降

本研究は、水野ほか日本フェルミチームを始めとするフェルミコラボレーションによる共同研究です

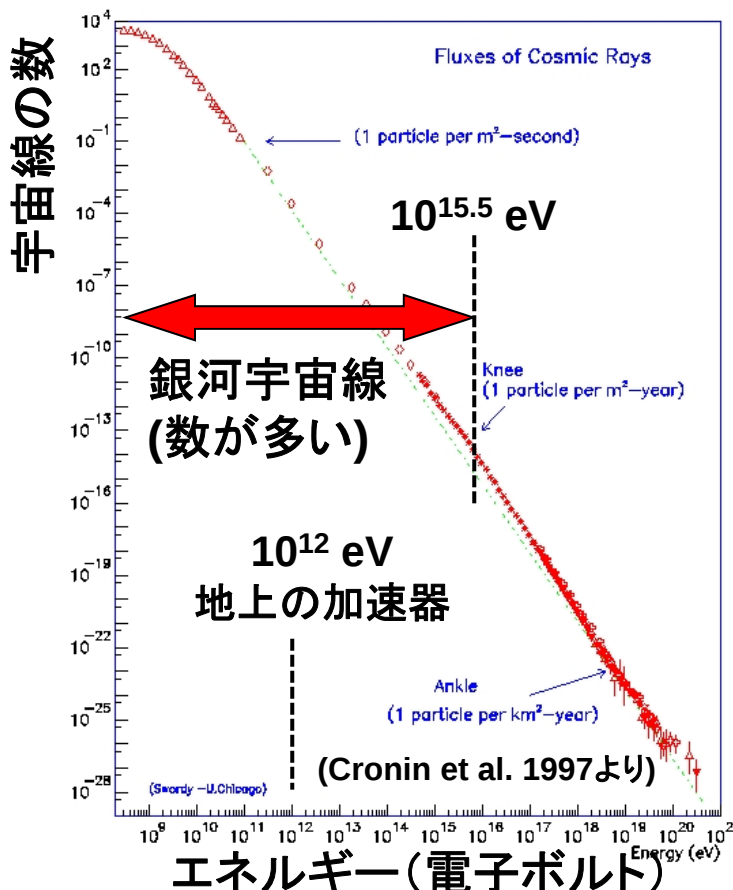
概要:

地球には、宇宙空間から高いエネルギーを持った粒子が降り注いでおり、宇宙線と呼ばれます。宇宙線は我々の銀河の主要な構成要素の一つであり、銀河のどこにどれだけ分布しているかを調べることは重要です。

我々はフェルミ衛星を用いて、太陽系より外側の領域を、距離にして1万光年以上先まで過去最高の感度で観測しました。予想より強いガンマ線が検出され、**我々の銀河が外側まで、高いエネルギーの宇宙線で満ちていることが分かりました。**

宇宙線とは

- 宇宙空間をほぼ光の速さで飛びまわる、高エネルギー粒子を総称して**宇宙線**と呼びます。1912年に、オーストリアの科学者 V. F. Hess が気球実験により発見しました。この実験は、**飛翔体を用いた宇宙の研究**の先駆けとしても有名です。Hessはこの業績により、1936年にノーベル賞を受賞しました。
- 宇宙線はこれまで気球や人工衛星といった飛翔体や、地上の装置で盛んに研究されてきました。水素の原子核である**陽子**が宇宙線の大部分を占めます。
- エネルギーが 10^{15} - 10^{16} 電子ボルト(*)程度までは銀河系内の天体が起源と考えられており、**銀河宇宙線**と呼ばれます(超新星残骸 W28の資料により詳しい説明があります)。つまり宇宙線は、我々の銀河を構成する要素の一つなのです。



左図は、地球上で観測された宇宙線のエネルギー分布です。

- 地上の加速器で実現されたエネルギー(CERNのLHCが最高記録を持つ)をはるかに上回るエネルギーを持つ粒子が存在。
- 比較的低いエネルギーの宇宙線はとても数が多い。

などの特徴を持ちます。

(*) 1 電子ボルトとは、1 ボルトの電圧で電子を加速した時に得られるエネルギーで、eVと略記します。

宇宙線研究の意義

• 宇宙線の特徴は、以下の2つに大別されます。

1. **個々の粒子のエネルギー**が大きい。

➤ これまでに観測された最大のエネルギーは 10^{20} 電子ボルト以上に達し、これは人類が加速器で作りだした最高エネルギー（約 10^{12} 電子ボルト）の1000億倍にあたります。⇒ 加速源の探査（超新星残骸W28の資料参照）

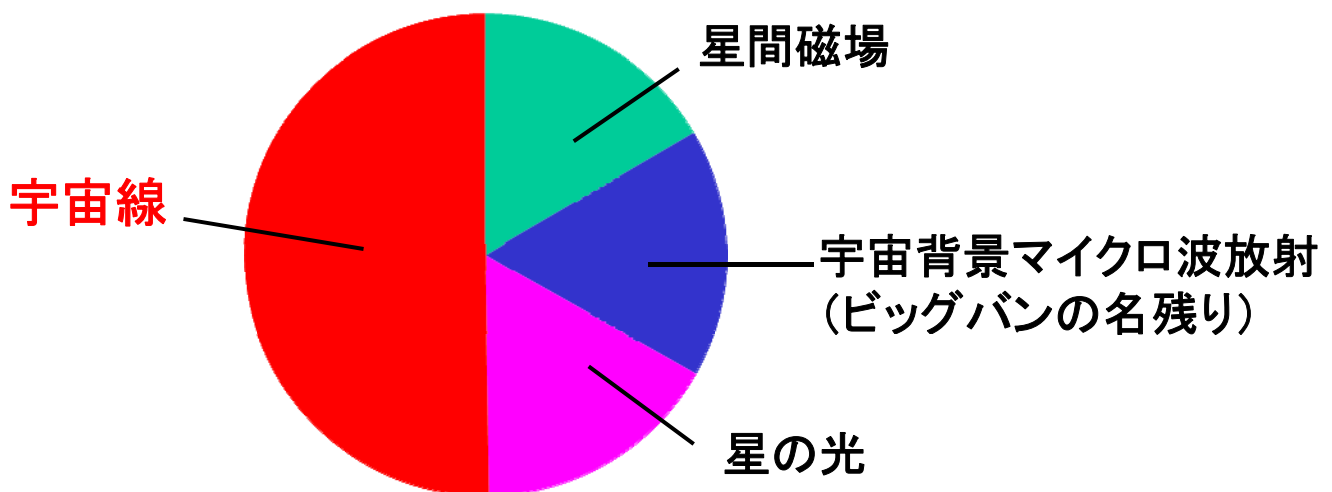
2. 数が多く、**集団としての総エネルギー**も大きい。

➤ 星間空間におけるエネルギー（粒子の平均エネルギーと粒子数の積）は宇宙背景マイクロ波放射や星の光のエネルギーをも上回ると見積もられ（下図参照）、宇宙線は我々の銀河の主要な構成要素といえます。

⇒ **銀河系内での分布を調べることが重要（本研究）**

• しかし宇宙線は星間磁場で曲げられるため、地球に届いたときには到来方向の情報を完全に失っています。ではどうすれば、銀河系内の宇宙線分布を調べることができるのでしょうか？

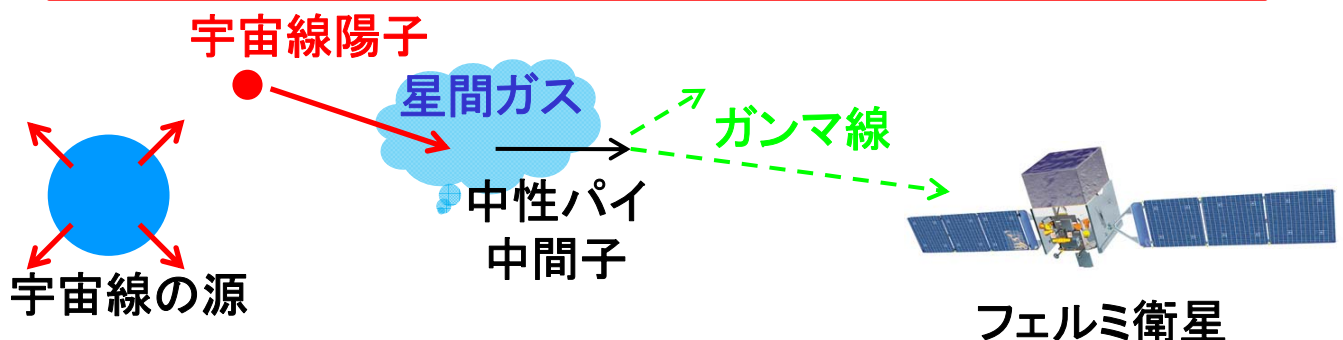
星間空間におけるエネルギー（相対値）



ガンマ線観測による宇宙線研究

- 星間空間は何もない空間ではありません. 星の光はもちろん, 新たな星を作る材料である星間ガスや宇宙線で満たされています.
- 宇宙線陽子は高いエネルギーを持つため, 星間ガスと衝突し核反応を起こします. 加速器実験の宇宙バージョンです. このとき生成された中性パイ中間子(湯川秀樹が预言したパイ中間子の一種)は, 高いエネルギーの光である**ガンマ線**に崩壊するため, ガンマ線観測で宇宙線の分布を調べる事が可能となります. これは日本の早川幸男などによるアイデアです.

ガンマ線観測は, 直接観測の不可能な銀河宇宙線の分布を調べる強力な手段なのです



(Credit: UCSC, Marcus Ziegler)

- フェルミ衛星は, 2008年6月にフロリダ州ケープ・カナベラル基地より打ち上げられました.
- 日本の誇る半導体技術を駆使して作られた装置を搭載しています. **広島大学**を中心とした日本グループは, 気球による実証実験, 装置の開発, 衛星の運用などに一貫して貢献してきました.

フェルミ衛星で見た 銀河宇宙線の姿(1)

- 我々の天の川銀河は円盤状をしており, その直径は約10万光年です. 銀河中心付近にはたくさん星が集まっています. 太陽系は中心から約2万8千光年離れた, いわば片田舎に位置します.
- 電波観測によると, 銀河宇宙線の源とされる超新星残骸も中心部に集中しています. このため宇宙線強度は銀河の外側では急激に下がると考えられていました.
- 我々はこの仮説を検証するため, 銀河系の外側, 下図の三角形で示された領域を**過去最高の感度で観測**しました. ガンマ線で明るい二つの天体に邪魔されずに, **銀河の端まで見通す**ことができます. これまでの観測では感度が悪く, 宇宙線の分布を詳しく調べるには至りませんでした.

銀河系の概念図

銀河中心

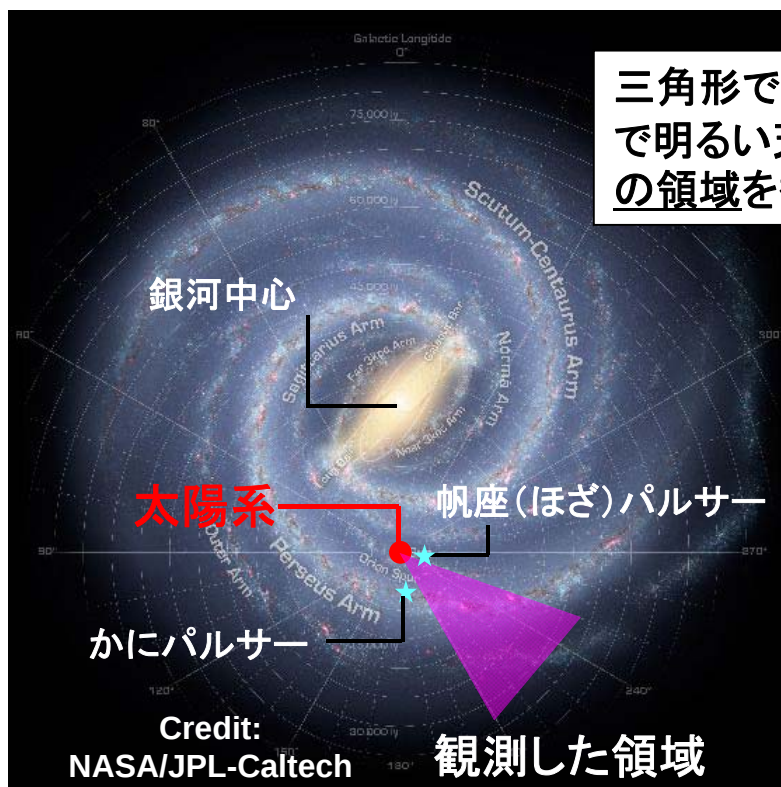
太陽系

観測した方向



(横から見た図)

(上から見た図)



フェルミ衛星で見た 銀河宇宙線の姿(2)

- 見つかった宇宙線源の候補が銀河の外側では数が少ないことから、宇宙線の強度も銀河の外側では急激に下がるとこれまで考えられていました。
- しかし我々はフェルミ衛星により、**予想に反してガンマ線が銀河の外側でもあまり弱くならない**ことを見出しました。特に、従来の装置では測定が難しかった 10^9 電子ボルト以上の高エネルギーガンマ線を観測することで、宇宙線の主成分である陽子が多いことをゆるぎなく示すことができました。

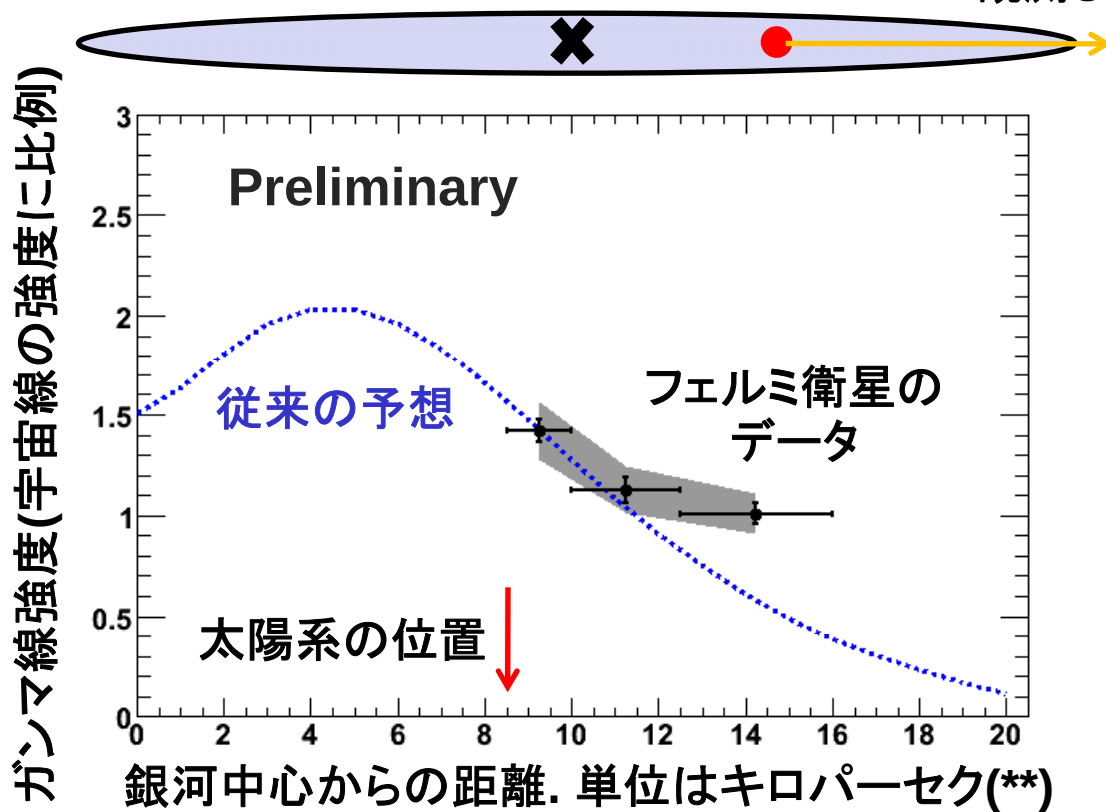
我々の銀河は、外縁部まで高エネルギー宇宙線で満ちていることが分かりました

銀河系の概念図

銀河中心

太陽系

観測した方向



(**) 1キロパーセク = 約3300光年

まとめ

- 宇宙空間から地球に降り注ぐ高エネルギー粒子を総称して宇宙線と呼びます。
- 宇宙線は高い総エネルギーを持ち、星間空間の主役とも言える存在です。そのため、銀河系内の分布を探ることが重要です。
- 宇宙線の主成分である陽子は星間ガスと衝突し、中性パイ中間子を経由してガンマ線を放出します。つまりガンマ線観測は、直接観測のできない銀河宇宙線の分布を調べる強力な手段といえます。
- 我々はフェルミ衛星を用いて銀河の外側の領域、距離にして1万光年以上先までを過去最高の感度で観測し、**予想よりも強いガンマ線**を検出しました。
- このことから、我々の銀河が外側まで**高いエネルギーの宇宙線で満ちている**ことがわかりました。これは今まで考えられていたよりも多くの宇宙線源が銀河の外側に存在する、あるいは加速源から星間空間への宇宙線の広がり方が予想より大きいことを意味すると考えられます。
- 今後観測を継続し、また銀河系内の他の領域と比較することで、我々の銀河の宇宙線の姿を明らかにしていきたいと考えています。