

# G350.1-0.3 におけるイジェクタ噴出速度の測定

## Measurement of ejecta velocity in Supernova Remnant G350.1-0.3

湯澤 洋治  
指導教員 内山 泰伸  
一戸 悠人

### 1 はじめに

地球には多くの宇宙線が到来しており、その起源の多くが未だ解明されていない。その中でも、宇宙線陽電子は陽子からの二次生成粒子であると考えられてきた。しかし、国際宇宙ステーションに搭載されている AMS-02 の観測によって高エネルギー陽電子に、二次生成粒子では説明できない超過が確認された。この陽電子の加速機構については地球近傍のパルサーや超新星残骸、ダークマターなどが考えられている。Geminga パルサーもその候補天体の1つであり、最近では HAWC によって TeV ガンマ線の非常に大規模な放射領域が確認された。HAWC の TeV ガンマ線よりも低いエネルギーの GeV ガンマ線を Fermi 衛星によって観測することで、宇宙線陽電子の起源が Geminga パルサーであることを検証するために研究を行っている。

### 2 Geminga

Geminga は ROSAT 衛星とコンプトン衛星の観測から、周期  $P \sim 0.237$  s,  $\dot{P} \sim 1.1 \times 10^{-14}$  s/s のパルスを出していることがわかっている。距離も約 250 pc と地球から非常に近く、GeV 帯域では全天で 2 番目に明るくガンマ線源である。また最近の X 線の観測からは、年間 0.17 秒角で動いていることや、他に類を見ない特徴的な形状のパルサー風星雲が Pulsar Wind Nebula(PWN) が観測されている。

### 3 HAWC による観測結果

HAWC の TeV ガンマ線観測 (1-50 TeV) から、Geminga と PSR B0656+14 の 2 つのパルサーからそれぞれ、 $13.1\sigma$ ,  $8.1\sigma$  の有意度で広がった放射領域が観測された (Fig.??)。しかし、TeV ガンマ線の空間プロファイルから、陽電子の拡散が予想されていたよりはるかに遅いことが示された。これらのパルサーが宇宙線陽電子の生成源であるとは考えにくく、異なる起源が必要だと結論付けられた。[1]

### 4 Fermi 衛星

Fermi 衛星は 2008 年 6 月に NASA によって打ち上げられ同年 8 月より運用が開始された。軌道周期は約 90 分、全天の 20% を常に監視しており、2 周期つまり約 3 時間で全天を見渡すことができる。その際各点源は 30 分ずつ視野に入っている。ガンマ線検出器として、Large Area Telescope (LAT) と Gamma-ray Burst Monitor (GBM) を搭載しており、今回解析に用いた LAT では 20 MeV-300 GeV のエネルギー領域をこれまでで最高の感度で観測することを実現している。

### 5 Fermi 衛星による GeV ガンマ線解析

観測期間 (2008/8 ~ 2018/4)、解析領域 (Geminga を中心として  $10^\circ \times 10^\circ$ )、エネルギー帯 (200MeV-500GeV) の観測データから、Geminga 自身の放射を除去すると、図??のようになる。この放射領域は Geminga から  $2^\circ$  程度まで離れており、X 線によって観測された PWN より遥かに大きい。また、Geminga までの距離 250pc を考慮すると、この放射領域は数 pc 程度まで広がっていることになる。これほど大規模な PWN は未だ確認されていない。

また、この広がった放射領域のスペクトルが図??である。HAWC のスペクトル (ピンク 1-50TeV) と比較して、非常に急なスペクトルを持っており (光子指数  $\gamma = -3.62 \pm 0.12$ )、10GeV 付近まで伸びている。Fermi による観測と HAWC による観測を 1 つのスペクトル型で説明することは難しく、TeV と GeV では異なる成分が見えていると予想される。

Geminga から放射された高エネルギー電子陽電子が星間空間中の Cosmic Microwave Background(CMB) を逆コンプトン散乱(IC)によって叩き上げていると仮定すると、HAWC による 1-50 TeV のガンマ線観測では 100 TeV 付近の電子陽電子を観測することになる (Fig.?? 20 TeV-100 TeV の領域)。AMS-02 による陽電子の超過は、数 10 GeV から始まっており、より詳細なガンマ線プロファイルを得るために Fermi によって GeV 帯域のガンマ線解析を行った。同様に IC を仮定すると Fermi による解析では、1 TeV 付近のエネルギーを持った陽電子が

らのガンマ線を観測することができる。等方的に一樣に拡散していくモデル [4] を考えると陽電子は以下の式に従い、距離  $r$  [pc] まで進むことができる。

$$D(E) = D_0(1 + E)^\delta \quad (1)$$

$$r = 2\sqrt{D(E)t} \quad (2)$$

ここで  $E$  は陽電子のエネルギー、 $t$  はパルサーの年齢もしくは放射によるエネルギー損失のタイムスケールである。このエネルギーと拡散距離が Fig.?? である。約 1 TeV 以下の陽電子は加速後の時間経過とともに遠くまで伝搬するが、高エネルギーの陽電子は放射によるエネルギー損失によって伝搬できなくなる。ここから、Fermi によって観測される陽電子は HAWC によって観測される陽電子より遠くまで拡散されていることがわかる。しかし、私の解析結果では HAWC の空間スケールと比較して、同じかむしろ小さい結果となった。また、等方的に拡散しているという点も異なっている。

今後は、私の観測の結果を踏まえて、新しく考えられる陽電子の拡散モデルを考えていく。今回の中間報告会では、現状までを報告するものとする。

#### 参考文献

- |   |   |
|---|---|
| [1] Abeysekara. et al. Science 358(2017)          | [3] Aharonian. et al. Astrophys.309,917-928(1996) |
| [2] Aharonian. et al. Astrophys.294,L41-L44(1995) | [4] Atayan. et al. Physical Review D 52(1995)     |