

赤外線天文衛星「あかり」による

超新星残骸 RX J0852.0-4622 の観測

名古屋大学大学院理学研究科 Uir 研

M1 近藤 徹

概要

宇宙線の主な加速源として、超新星残骸が考えられている。超新星残骸の衝撃波面で荷電粒子が加速されることにより、様々な波長の電磁波を出す。特にガンマ線の放射機構は、陽子起源によるものと電子起源によるものが考えられる。宇宙線の主要な成分は陽子であるが、超新星残骸において陽子が加速されているという観測的な証拠は未だに得られていない。陽子加速による TeV ガンマ線放射は、超新星残骸とその周囲の星間物質との相互作用が重要となってくる。近年、ガンマ線望遠鏡 H.E.S.S.などの観測によって、次々とガンマ線で輝く超新星残骸が検出されるようになり、超新星残骸からのガンマ線と他波長との比較が可能となった。

本研究では、そのような TeV ガンマ線で受かっている超新星残骸の一つである RX J0852.0-4622(Vela Jr.)に対し、赤外線天文衛星「あかり」の中間赤外線全天サーベイデータ(波長 9、18 μm)を用いて周辺の星間物質の分布を詳しく調べた。その結果、PAH やダストからの赤外線放射と TeV ガンマ線が空間的に相関することが分かった。

1. イントロダクション

地球にやってくる宇宙線のほとんどは陽子であるが、その陽子加速の決定的な証拠は未だに得られていない。現在、その有力候補として超新星残骸などが挙げられている。

宇宙線は荷電粒子であるために星間磁場で曲げられるが、宇宙線が加速されるときに生じる電磁波を観測することによって、粒子加速の現場をトレースすることができる。例えば陽子が加速されると、式(1)のように加速された陽子が星間物質中の標的となるような陽子と衝突し、 π^0 崩壊を起こすことでガンマ線を発生する。

$$p + p \rightarrow \pi^0 \rightarrow 2\gamma \quad (1)$$

この機構には標的となる陽子が必要であるため、この反応は物質の多いところでしか起こらない。つまり、ガンマ線と星間物質の相関を見ることで、電子起源の逆コンプトン散乱によって生じるガンマ線と区別することができる。今回、赤外線天文衛星「あかり」による中間赤外線全天サーベイデータを用いて、TeV ガンマ線超新星残骸 RX J0852.0-4622(Vela Jr.)方向の PAH、ダストなどの星間物質の分布を調べた。

2. 観測

2.1 観測天体：RX J0852.0-4622(Vela Jr.)

Vela Jr.は、図 1 に示すような直径 $\sim 2^\circ$ のシェル状構造を持つ超新星残骸(SNR)であり、ガンマ線や X 線などで観測され、電波観測との比較も行われている天体である(Aharonian et al. 2007)。

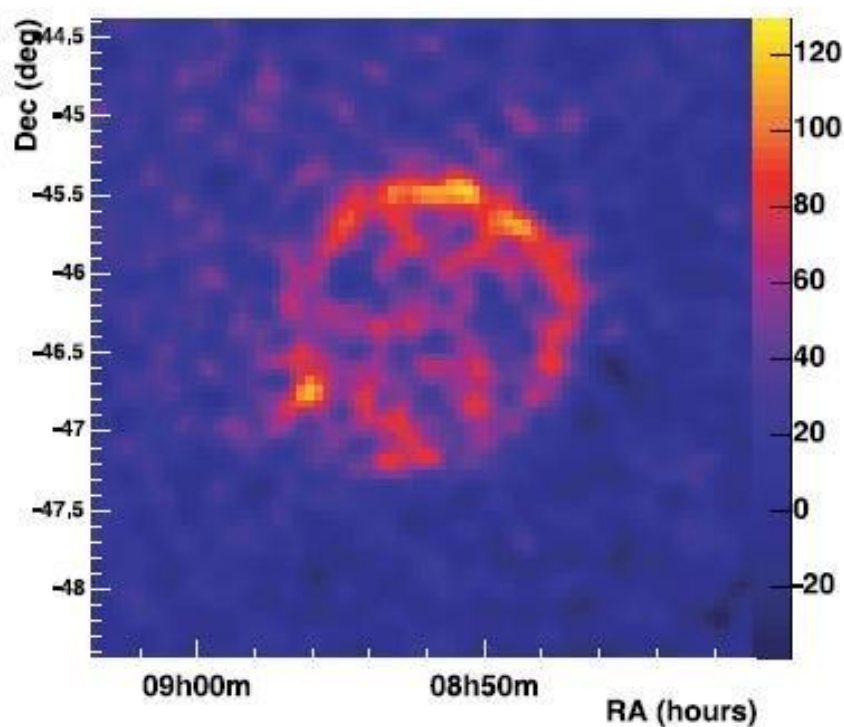


図 1 : Vela Jr.の H.E.S.S.による TeV ガンマ線のイメージ(Aharonian et al. 2007)

2.2 使用した「あかり」のデータ

今回使用したデータは、IRC(Infrared Camera)近中間赤外線カメラによる、中間赤外線全天サーベイデータであり、空間分解能は $\sim 9''$.4 である。用いた波長帯は、図 2 に示した S9W(9 μm 帯)と S18W(18 μm 帯)である。

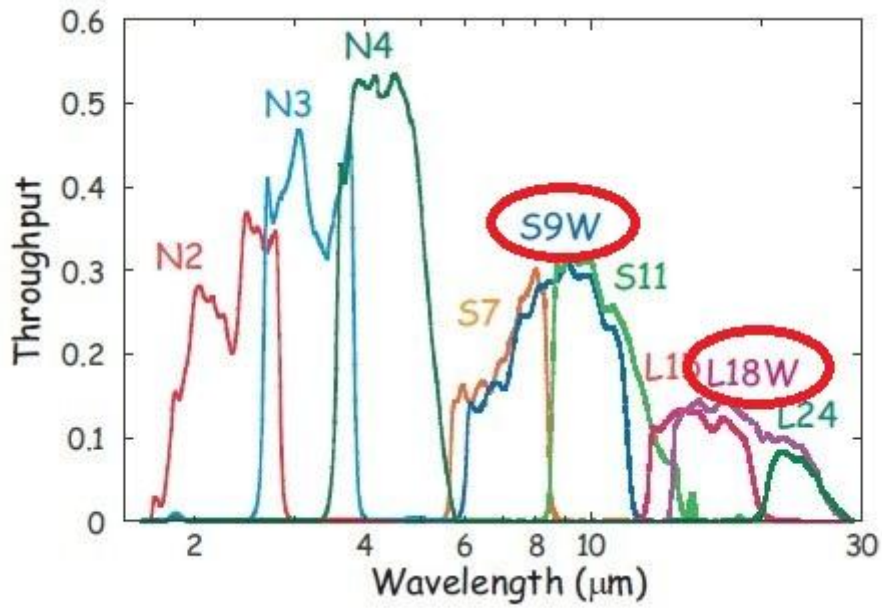


図 2 : 「あかり」の波長感度(Onaka et al. 2007)

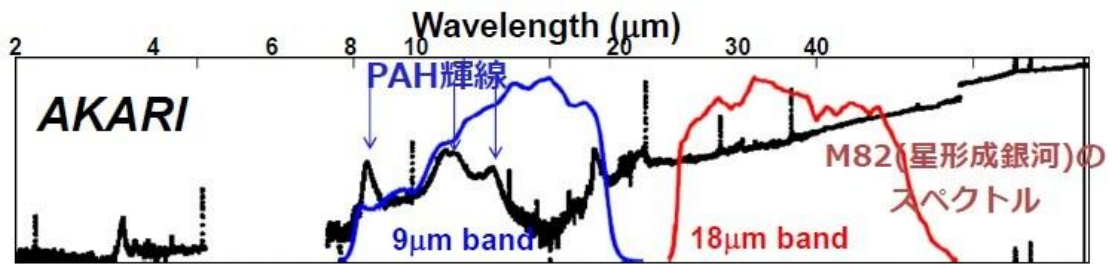
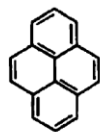
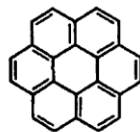


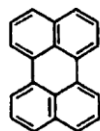
図 3 : M82 のスペクトルと「あかり」の中間赤外線カメラの波長感度



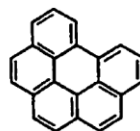
Pyrene
C₁₆H₁₀



Coronene
C₂₄H₁₂



Perylene
C₂₀H₁₂



Benzo[ghi]perylene
C₂₂H₁₂

図 4 : PAH(多環芳香族炭化水素)の構造

図3は典型的な星形成銀河であるM82のスペクトルに、「あかり」の9 μm 帯と18 μm 帯の波長感度を重ねたものである。この図から、9 μm 帯における観測では主にPAHからの輝線の放射を見ていることが分かる。PAHとは、図4に示すようなサイズ $\sim 5 \text{ \AA}$ の分子で、壊れやすいという特徴を持っている。また、18 μm 帯における観測では主にサイズ $\sim 0.1 \mu\text{m}$ のホットダストからの熱放射を見ている。

3. 解析

3.1 明るい天体からの迷光除去

「あかり」の中間赤外線全天サーベイデータには、明るい天体があるとそこから迷光が写りこんでしまうという問題がある。図5はVela Jr.領域の3つの異なった季節にとられた18 μm 帯の画像である。それぞれに楕円型の迷光が写りこんでいることが分かる。今回、迷光の写りこんでいる部分をマスクした後、3つの季節の画像を足し合わせることで迷光を除去した。図6の(a)は迷光をマスクせずに3つの季節を足し合わせたもの、(b)はマスクしてから足し合わせたものである。

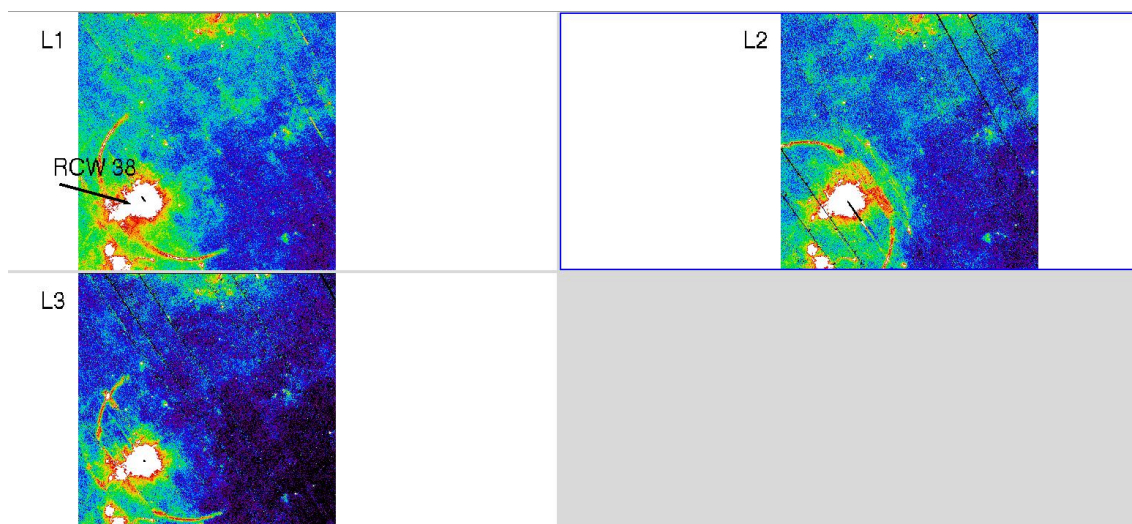


図5：3つの異なった季節にとられたVela Jr.領域の18 μm 帯の画像

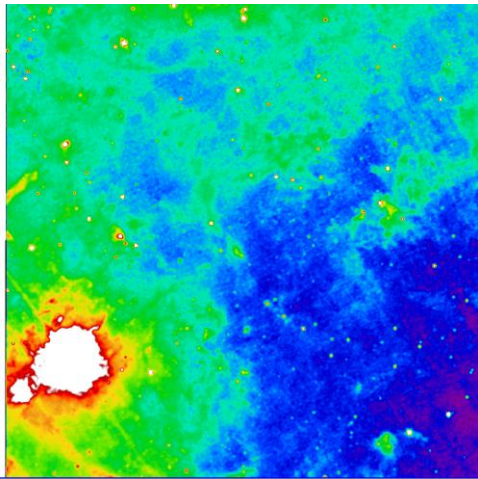
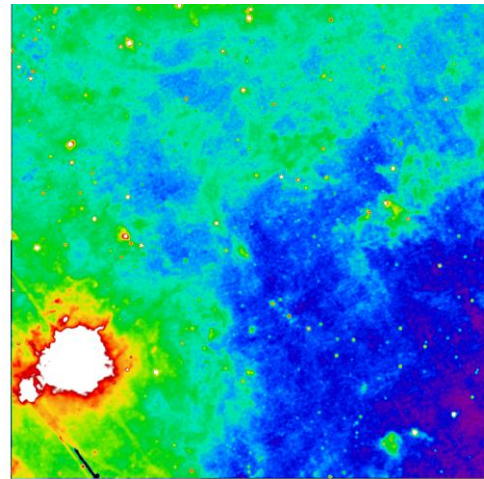


図 6(a) : 迷光をマスクしなかったもの



(b) : 迷光をマスクしたもの

3.2 ガンマ線、X線との比較

図 7 は今回の解析で得られた「あかり」の $9\ \mu\text{m}$ 帯と $18\ \mu\text{m}$ 帯の画像である。白色のコントアは H.E.S.S.によるガンマ線である。この図を見ると、 $9\ \mu\text{m}$ がガンマ線のシェルに一部沿っているように見える。 $9\ \mu\text{m}$ 帯での観測では、主に PAH をトレースしているので、ガンマ線のシェルに沿って PAH が分布していると考えられる。また、PAH は多くの星間物質をトレースしているので、この領域には標的陽子となり得る HI ガスや分子雲の存在も期待できる。

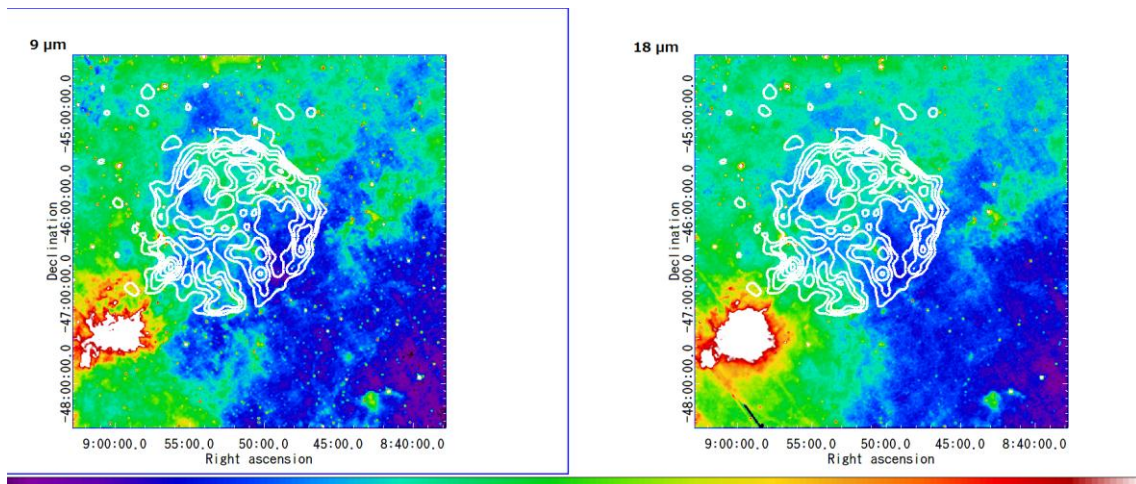


図 7 : 「あかり」による中間赤外線イメージ。左が $9\ \mu\text{m}$ 帯、右が $18\ \mu\text{m}$ 帯

また $18\ \mu\text{m}$ 帯の画像を見ると、 $9\ \mu\text{m}$ 帯のイメージとよく似た空間分布を示している。しかし $18\ \mu\text{m}$ 帯では主にホットダストからの熱放射を見ており、 $9\ \mu\text{m}$ 帯で見ているものとは全く異なる。そこで $9\ \mu\text{m}$ 帯と $18\ \mu\text{m}$ 帯の比をとることで、ホットダストからの熱放射に対して、PAH がどのように有意に分布しているかを調べることができる。図 8 は $9\ \mu\text{m}/18$

μm 強度比である。左側には H.E.S.S.によるガンマ線のコントアを、右側には ROSAT による 0.1-2.4 keV の X 線のコントアを重ねてある。右側の図を見ると、X 線の強いところで $9\ \mu\text{m}/18\ \mu\text{m}$ 強度比が弱くなっていることが分かる。このことは、ホットプラズマ中では PAH は破壊されていることを示している。また左側を見ると、やはり一部のガンマ線のシェルに沿って $9\ \mu\text{m}/18\ \mu\text{m}$ 強度比が強くなっていることが分かる。このような場所では PAH が破壊されずに残っているということなので、比較的物質の密度が濃い部分からガンマ線が放射されていることになる。このことは、陽子起源の π^0 崩壊によってガンマ線が発生している可能性を示唆している。

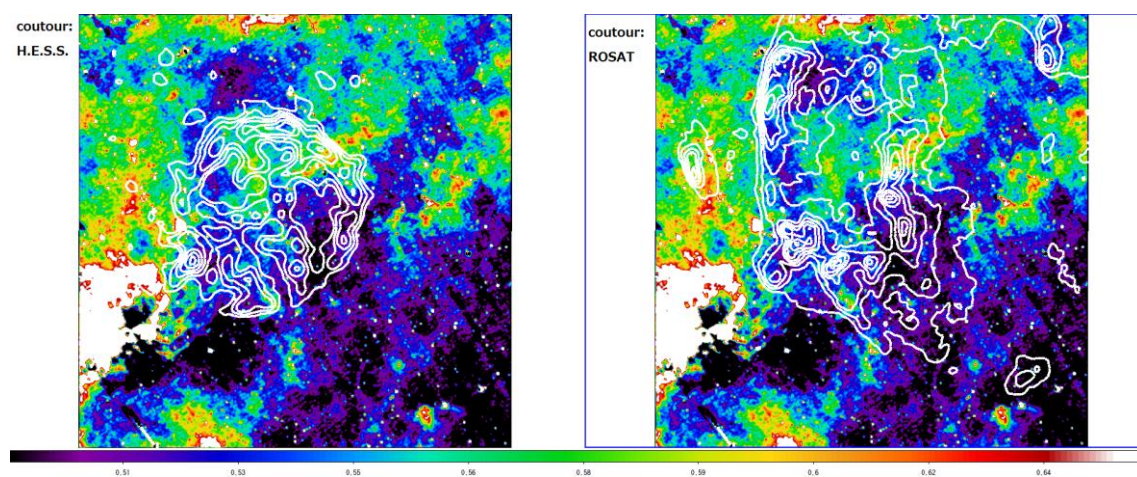


図 8 : 「あかり」による $9\ \mu\text{m}/18\ \mu\text{m}$ 強度比。左のコントアは H.E.S.S.によるガンマ線、右のコントアは ROSAT による X 線

<参考文献>

Aharonian et al. 2007

Onaka et al. 2007