

卒業論文概要書

2024年2月提出

所属学科	応用物理学科	氏名	田尾 萌梨	学籍番号	1Y20B042-6
研究題目	超新星残骸の電波スペクトル系統解析から探る 磁場強度へ示唆			指導員	片岡 淳

【研究の背景と目的】

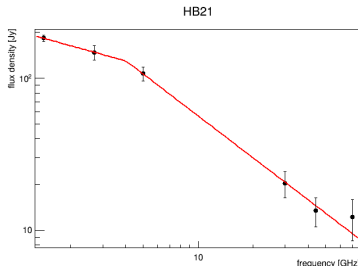
星はその一生の最期に超新星爆発を起こす。その末に残された超新星残骸は、宇宙線加速の有力な起源としてよく知られている。しかし、その加速機構などについてよくわかっていないことが多い。そこで本研究ではこの理論に重要な役割を果たす磁場について、シンクロトロン冷却由来のスペクトルの折れ曲がりから求めた磁場と Equipartition を仮定して求めた磁場を比較する。その為、電波帯におけるシンクロトロン放射のスペクトルの冪の折れ曲がり（ブレイク）に注目し、22個の超新星残骸の電波スペクトル系統解析を行った。

【解析データ・解析方法】

本研究では Planck の LFI により観測された 30GHz・44GHz・70GHz のデータを解析し、低周波数の文献値と組み合わせて fitting を行った。Planck のデータの解析の際には、超新星残骸の座標を中心とした円の領域を source region とし、同心のドーナツ状の領域を background region とした。なお領域の大きさは超新星残骸の大きさと LFI の beam FWHM を考慮して取っている。尚、コンパクトな天体については補正パラメータをかけている。Fitting はシンクロトロン放射が冪乗のスペクトルと持つことから単一の冪の power law モデルと途中で冪の指数が変わる broken power law モデルの両方で行った。どちらのモデルが有意かの判断の為 F 検定を行い、broken power law モデルの確率が 90% 以上のものは broken power law モデルを採用した。

【電波スペクトル解析結果】

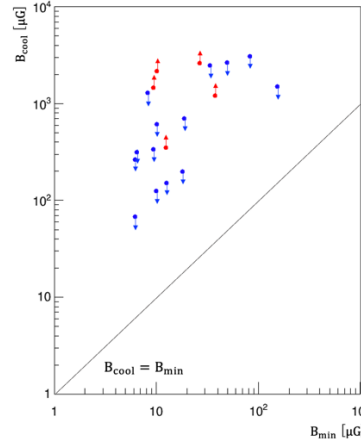
今回解析を行なった 22 個の超新星残骸のうち、5 つの超新星残骸に数～数十 GHz におけるブレイクが見られた。残りの超新星残骸にはブレイクは見られなかった。



例として、上の図は HB21 のスペクトルの解析結果である。4GHz 付近で指数が約 0.3 から約 0.9 に変化している。F 検定における有意度は 98% であった。

【考察】

シンクロトロン冷却由来のスペクトルの折れ曲がりの周波数から求めた磁場 B_{cool} は数百 μG ～数 mG となった。一方、Equipartition を仮定した磁場 B_{min} は数 μG ～数十 μG となり、SED fit から求める典型的な磁場と同程度となった。下の図は横軸に B_{min} を、縦軸に B_{cool} を取り、赤色の点はブレイクのある超新星残骸、青色の点はブレイクのない超新星残骸をプロットしたものである。灰色の直線は $B_{cool} = B_{min}$ である。



B_{cool} は B_{min} よりも大きくなるということから局所的な磁場増幅の存在を示唆する。電波帯ではこの局所的に強い磁場が支配的ですがすぐへたるため、X線帯では平均的な数 μG ～数十 μG が支配的であると考えられる。また局所的な磁場の存在はシンクロトロン X 線のホットスポットの短時間スケールの明滅やシンクロトロン X 線が衝撃波の薄い領域に集中していることなどからも示唆されており、このような場合の局所的に強い磁場の大きさとも概ね一致している。

【まとめ】

本研究では、超新星残骸の電波スペクトル系統解析を行い、そのスペクトルのブレイクに注目し、その周波数から磁場を求めた。さらにその磁場を Equipartition を仮定して求めた磁場と比較し、局所的な磁場増幅を示唆した。