

## 分子雲と相互作用する超新星残骸における粒子加速

井上剛志 (青山学院大学)

利用カテゴリ XT4A

星間雲を内包した一般的な星間媒質から形成される超新星残骸 (SNR) の性質について研究を行った。過去に我々は、熱的不安定性によって形成された星間雲を含む星間媒質を衝撃波にさらした場合に形成される超新星残骸について2次元の磁気流体力学 (MHD) シミュレーションを行い、衝撃波と星間雲の相互作用が乱流ダイナモ効果を誘起して磁場を増幅させることを指摘していた (Inoue, Yamazaki & Inutsuka 2009)。SNR での磁場の増幅は高エネルギー粒子の加速機構や高エネルギー電磁波の放射機構の理解に本質的に重要な未知変数となっている。しかしながら、磁場を増幅させる乱流ダイナモの性質は2次元と現実的な3次元空間ではその性質が大きく異なる可能性が示唆されており、より現実的な状況下での研究を行うことが必要とされていた。

そこで、過去の2次元計算と同様の条件下での超新星残骸形成に対する MHD シミュレーションを3次元で行った。本研究で必要となる高分解能 MHD シミュレーションは3次元では莫大な計算コストを要するが(2次元シミュレーションの約1,000倍)、XT4を用いることで計算の実行が可能となった。結果として、懸念された磁場増幅機構は3次元の場合でも2次元と同様にSNRに強烈な磁場増幅をもたらすことが判明した。さらに、星間雲と衝撃波の相互作用に関するデータを詳細に解析した結果、星間雲を衝撃波が圧縮する際に反射衝撃波が新たに生成され、それがSNR内部で粒子加速を促進することを発見した。衝撃波粒子加速理論をシミュレーションデータに適応した結果、反射衝撃波によって加速される高エネルギー陽子のエネルギー分布関数は、ここ1,2年の間にガンマ線観測衛星 Fermi が明らかにしたSNRで加速されている陽子の分布関数を定量的に非常に良く説明することが明らかとなった。これらの成果は査読付き欧文学術誌「The Astrophysical Journal Letters」に掲載された (Inoue, Yamazaki & Inutsuka 2010)。また、複数のモデル計算のより詳細な解析結果をまとめた論文 (Inoue, Yamazaki & Inutsuka 2011) を「The Astrophysical Journal」に現在投稿中である。さらに、分子雲との相互作用が示唆されているSNR RX J1713.7-3946のNANTEN望遠鏡を用いた詳細な観測をシミュレーション結果と比較することによって分子雲とSNRの相互作用が実際に起きているという観測的証拠を得た (Sano et al. 2010, ApJ)。

上記のSNRに対する研究に加えて、上述した乱流ダイナモ機構による磁場増幅をガンマ線バーストに付随すると考えられている相対論的衝撃波に応用した研究を行った。ガンマ線バーストはブラックホールの形成時に放出される相対論的速度(光速の99%以上の速度)を持った複数の非一様ジェットが衝突が起源と考えられており、放射機構と考えられている衝撃波で加速された電子のシンクロトロン放射には増幅された強い磁場が必要となる。具体的には放出された2つの非一様ジェット同士の衝突を3次元の相対論的磁気流体力学シミュレーションで再現を行った。その結果、SNRの場合と同様に非一様な媒質を圧縮する衝撃波は相対論的な場合でも有効に働き、衝撃波下流に強い磁場増幅をもたらすことが明らかになった。過去に提唱されてきたプラズマ不安定による磁場増幅とは異なり、本研究が提唱する磁場増幅機構は高エネルギー粒子を散乱可能な大スケールの磁気波動を効率的に誘起することが可能であり、シンクロトロン放射のみならず、粒子加速機構に

も重要な意味を持つと考えられる。この成果は査読付き欧文学術誌「The Astrophysical Journal」に掲載されたが出版日が平成23年5月であるので出版物リストとしては来年度に報告する (Inoue, Asano & Ioka 2011)。