

成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

(1) このプロジェクト（同様の過去のプロジェクトも含む）での成果

今年度中に出版された論文、国際会議集録、国際会議、学会、研究会発表、その他出版物（印刷中、投稿中の場合はその旨を記載すること）

研究会発表

(1) 3次元 MHD シミュレーションによる第一世代超新星残骸中の種磁場の生成

研究会 大規模シミュレーション・ユーザズミーティング（国立天文台 2006.11.30）

(2) これまでのプロジェクトの今年度中の成果

今年度中に出版された論文

(1) "Long-Term Evolution of Supernova Remnants in Magnetized Interstellar Medium"

Hidekazu Hanayama, Kohji Tomisaka

ApJ, 641, 905

成果の概要

宇宙では様々な階層構造において μG 程度の磁場が普遍的に存在しているが、その起源は未だ明らかではない。特に銀河・銀河団に存在する磁場は、ダイナモと呼ばれる微分回転による増幅機構での説明が有力視されている。しかし、増幅される元となる種磁場の起源は、インフレーションなどの宇宙論的な現象を起源とする説や、原始銀河などの天体を起源とする説などが提案されているものの、どれも決定的なものではない。

これらの起源における磁場の生成過程の中で、特に本質的なプロセスの一つとして注目を浴びているものの中に Biermann Mechanism (Biermann 1950) と呼ばれる衝撃波中で生じる電場によって磁場を生成するプロセスがある。このプロセスは宇宙の始原天体とされる第一世代星の超新星残骸の衝撃波中においてもその効果が期待される。我々はこれまでの研究 (Hanayama et al. 2005) において、ピアマン機構を導入した軸対称 2次元磁気流体力学数値シミュレーションを用いて第一世代 SNR の衝撃波中における磁場生成過程を解析を行い、第一世代星 SNR が種磁場を生成する有力な候補の一つであることを明らかにしてきた。しかし、これまでの 2次元計算では軸対称近似の制約があるため、磁場のスペクトルを得ることはできず、coherence length の具体的な評価が困難であり、また生成される磁場の総量にも不定性が残るものであった。

そこで本研究では VPP5000 を用いて第一世代 SNR の 3次元大規模磁気流体力学数値シミュレーションを行い、磁場のスペクトルを評価し、生成される磁場の分布や総量を解析した。計算においては、典型的なスケール λ_0 でピーク値となるガウス分布をゆらぎのエネルギー Spektrum として与え、Fourier 変換により得られる実空間上の密度分布を星間ガスの初期条件として計算を行った。さらに、星間ガスのゆらぎのスケール λ_0 、振幅 A_0 、超新星爆発のエネルギー E_0 をパラメータとしてそれぞれが異なるモデルの計算を行い、生成される磁場のパラメータ依存性を解析した。

結果として、超新星残骸の内部では 10^{-17} - 10^{-16} G 程度の磁場が生成されることが明らかになった。また、磁場の coherence length は 1-50 pc となった。生成される磁場の総量は 10^{27} - 10^{28} erg 程度である。生成される磁場のパラメータ依存性としては、星間ガスのゆらぎの振幅と超新星の初期の爆発エネルギーに依存性があるものの、ゆらぎのスケールには依存しないことが明らかになった。宇宙全体における平均的な磁場のエネルギー密度は 10^{-42} erg cm $^{-3}$ 程度であり、原始銀河においては 10^{-35} erg cm $^{-3}$ 程度と推定される。この値は銀河ダイナモ機構による増幅に必要とされる種磁場の量 10^{-42} erg cm $^{-3}$ に対して十分な値である。本研究により第一世代星の超新星残骸が銀河磁場の起源として有力な候補であることが実証的に明らかになった。本論文の結果はガンマ線バースト光源の偏角観測によって将来直接的な検証が可能であるという特色があり (Plaga 1995)、今後の観測が期待される。

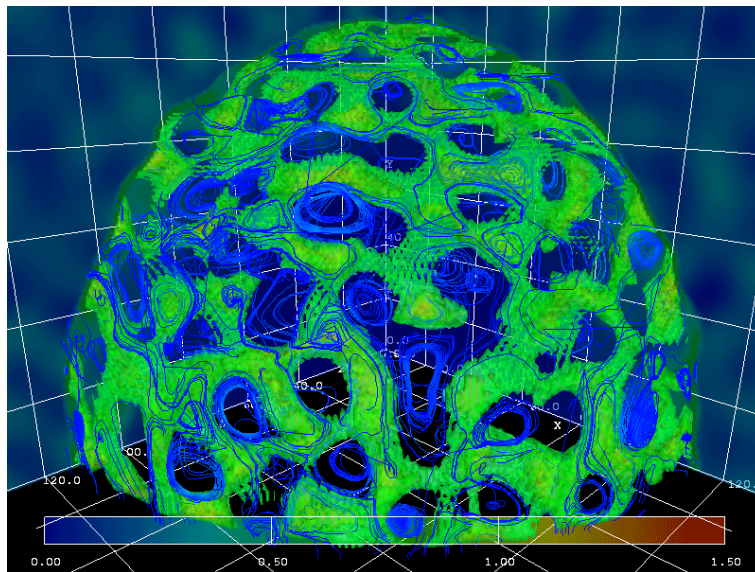


図 1: 超新星爆発から約 10 万年後の第一世代 SNR の密度 [cm $^{-3}$] (緑, 高密度部分のみ) と磁場 [G] (青線)。星間ガスのゆらぎのスケールを 16 pc、爆発エネルギーを 10^{53} erg としたモデルの結果。衝撃波面の密度勾配が大きな領域で円環状の磁場が生成される。