

論文内容要旨 (和文)

平成 18 年度入学 大学院博士後期課程 地球共生圏科学専攻 共生圏発達科学講座
氏 名 海崎 光宏



論文題目 A Study of the Magnetic-Neutral-Sheet Formation and
High-Energy Emission in the Pulsar Magnetosphere by
Particle-in-Cell Simulation

(粒子シミュレーションを用いた、パルサー磁気圏の磁気中性面
形成と高エネルギー放射に関する研究)

宇宙は巨大な実験場であり、地上では実現し難い現象が日夜起こっている。宇宙線の観測結果は、地上の加速器で実現できる数ケタ上のエネルギーにまで、宇宙空間で粒子が加速されていることを示しているし、大質量星の周囲では一般相対性理論の効果により時空のゆがみが顕著になる。宇宙を観測することは新たな物理を見出す上で極めて重要である。

パルサーという天体からは灯台のように周期的な放射が観測される。その正体は高速回転する中性子星だと考えられている。Ordinary pulsarsと分類されるパルサーの周期は10msecから数秒程度で磁場は 10^{11} から 10^{14} Gauss程度、Millisecond pulsarsと分類されるパルサーの周期は1.6msecから10msec程度で磁場は 10^8 Gauss程度である。その自転によって作られる1兆ボルト以上の電位差により粒子が加速され高エネルギー放射が起こると考えられているが、パルサーからの高エネルギーパルス放射の機構はいまだ解決をみない重大な問題である。

パルサー磁気圏をグローバルに解くとき、磁気中性面の取り扱いが難しい問題になる。磁場散逸が示唆されている (Komissarov 2006) もの、数値的な抵抗による磁場散逸のため、粒子加速や加熱の程度はまだ分かっていない。本研究は、磁気中性面の内側の端に形成されるY-pointに着目し、そこでの磁場散逸プロセスの理解を目的とする。本研究により、グローバルシミュレーションで磁気中性面に適切な境界条件を与えるヒントが得られることが期待される。もう一つの可能性として、Y-point近傍はガンマ線パルス放射の起源になる可能性が考えられる (Lyubarskii 1996)。パルサーの放射領域の候補としてはポーラーキャップモデルとアウターギャップモデルが主に考えられてきた。しかしKirk (2002)によりパルサー風中の磁気中性面からの放射もパルス成分に寄与することが示された。Y-point近傍での磁場散逸による高エネルギー放射もパルス成分に寄与することが考えられる。

Y-point近傍はプラズマの速さがほぼ光速のためローレンツ因子が大きくなりプラズマの慣性が効くことが予想される。さらに、磁場散逸プロセスを知りたいので、粒子シミュレーションでY-point近傍を解析することにした。Y-pointを解析するのに一番単純な系は軸対称である。そのため、円柱座標系で軸対称Particle-in-Cellコードを開発した。コードのテスト

(10pt 2,000字程度 2頁以内)

論文内容要旨 (英文)

平成 18 年度入学 大学院博士後期課程 地球共生圏科学専攻 共生圏発達科学講座
氏 名 海崎 光宏



論文題目 A Study of the Magnetic-Neutral-Sheet Formation and High-Energy Emission in the Pulsar Magnetosphere by Particle-in-Cell Simulation

Pulsars are the bright sources in the gamma-ray sky. However the emission mechanism remains an open question. Pulsars are rapidly rotating (approximately $10^2 - 0.1$ Hz) neutron stars, whose magnetic field strength at the poles are typically 10^{12} Gauss. The feature of pulsars is characterized by the pulsed emission.

Recent observations in X-ray and Gamma-ray suggest that the emission region of the pulsar magnetosphere can be multifold. In particular, the open-close boundary of the magnetic field, so-called the Y-point can be the new candidate place where magnetic field energy converts into the plasma heat and/or flow energy. Here, we present a new Particle-in-Cell code, which can be applied to the Y-point of the pulsar magnetosphere in axisymmetric geometry. The electromagnetic solver is used in the two-dimensional grid points with the cylindrical coordinate (R, z) , while the particle solver operates in the three-dimensional Cartesian coordinate (x, y, z) , where the Buneman-Boris method is used. The particle motion is treated in special relativity. The inner boundary conditions are set up to generate rotation of the magnetosphere in use of the force-free semi-analytic solution given by Uzdensky (2003, ApJ, 598, 446).

The code has been verified by dispersion relations of all the wave modes in electron-positron plasma (light mode, fast mode, X-mode, O-mode, Alfvén mode, electromagnetic mode).

The Y-point simulation demonstrates the Y-shaped structure at the top of the dead zone on the light cylinder. We suggest that the structure is variable with quasi-periodicity associated with magnetic reconnection and that plasma will be accelerated and/or heated. In the time-averaged point of view, breakup of the ideal-MHD condition takes place in the vicinity of the Y-point. It is suggested that the synchrotron radiation whose energy is $10^5 - 10^6$ eV is emitted there.

(12pt シングルスペース 300 語程度)