

# X-line の活動と磁気島移動の相互作用

Interactions between activity of X-lines and motion of a magnetic island

## 要旨

磁気リコネクションは宇宙プラズマ中に普遍的に見られる現象であり、磁場のエネルギーを粒子の運動エネルギーに変換する物理機構として重要な研究対象とされてきた。過去の研究では、磁気リコネクションの成熟過程を、初期に 1 つの X-line が形成されるモデルで考えることが多かった。しかし、電流層上に複数の X-line が存在することを示唆する観測が多数報告されており、十分長く薄い電流層では初期に複数の X-line が形成されるモデルを考慮する必要があると考えられるようになってきた。

近年になって、電流層上の 3 点以上で X-line が発生したとき、X-line 間に形成される磁気島同士が合体することで 1 つの大きな磁気島が形成されることが分かってきた。また、磁気島の成長過程が、複数の X-line が形成されたときの磁気リコネクションの大規模発展過程に重要な役割を果たしていることが示唆されている。しかし、1 つの大きな磁気島が形成されたときの、その後の時間発展を長い時間スケールで調べた研究は存在しない。

そこで、本研究では、1 つの磁気島とそれを挟む 2 つの X-line が存在するときの、磁気島と X-line の相互作用および時間発展を解明することを目的とし、自由境界を用いた 2 流体計算を行った。その結果、2 つの X-line に強度差がある場合、磁気島は弱い方の X-line の方向に移動を始め、それに伴い、弱い方の X-line が活動を弱めることが分かった。また、さらに磁気島が加速すると、最終的には弱い方の X-line が消滅し、1 つの X-line のみが存在する状態となることが分かった。

さらに、本研究では、磁気島と X-line の相互作用によって一方の X-line が活動を十分弱めるまでの時間スケールを推定するため、数値計算の結果を用いて、磁気島と X-line の活動の時間発展を表すモデルを作成した。作成したモデルで計算を行った結果、時間スケールは、初期の磁気島のサイズが大きくなるに従い、そのおよそ 1.4-1.5 乗に比例して長くなり、磁気リコネクションの成熟過程において 2 つの X-line と磁気島が相互作用している時間が支配的になることが示唆された。

## **Abstract:**

Magnetic reconnection is the physical process to convert magnetic energy into thermal and kinetic energy of plasma particles in a short time. This process is observed in various places in space plasma, and has been studied mainly by numerical simulations. In most of these studies, the models of reconnection with single X-line are used. However, it is believed that magnetic reconnection can be triggered at multiple X-lines on a long and thin current sheet, and mature with magnetic islands.

Recently, it is proved that when multiple magnetic islands are formed on a current sheet, one large magnetic island is finally formed between two X-lines after magnetic islands coalescences. However, the time evolution of this double X-line state has not been studied in past simulation studies.

In this study, I have investigated the time evolution of a magnetic island formed between two X-lines in an open system with two-fluid simulations. I have found that unbalance between two X-lines causes magnetic island acceleration toward the weaker X-line, and the activity of weaker X-line still weakens with the magnetic island motion. Moreover, it is suggested that the well-known single X-line structure can be lead by further acceleration of the magnetic island.

In this study, I have also examined the time scale of the maturing process of the double X-line structure into the single X-line structure by making a model of time evolution of X-lines and the magnetic island. It is estimated by this model analysis that the time scale is proportional to 1.4-1.5 power of the initial size of the magnetic island. This result suggests that the double X-line state is the main phase of a reconnection region maturing process when the current sheet is sufficiently long.