

## 低ベータMHDリコネクションにおける圧縮流体効果

# 銭谷 誠司 [1]; 三好 隆博 [2]  
[1] 国立天文台; [2] 広大・理・物理

## Low-beta MHD reconnection as a showcase of compressible fluid dynamics

# Seiji Zenitani[1]; Takahiro Miyoshi[2]  
[1] NAOJ; [2] Phys. Sci., Hiroshima Univ.

In the solar corona, in the magnetosphere, and in other astrophysical settings, magnetic reconnection often occurs in a low-beta plasma. Unfortunately, less is known about low-beta reconnection, partially due to lack of attention and partially due to numerical difficulties. Recent MHD simulations revealed several new features of low-beta reconnection; For example, Zenitani et al.(2010,2011) [1,2] discovered a normal shock which is perpendicular to the Petschek shock and a repeated shock-reflection in front of a magnetic island.

In this contribution, we extend earlier works with improved MHD codes and organize the results from the perspective of compressible fluid dynamics. In fluid dynamics, once a flow speed becomes comparable with the local sound speed, various compressible effects take place. This is the case for low-beta reconnection, because an Alfvénic reconnection jet becomes supersonic. Many phenomena can be understood as compressible fluid effects: the normal shock is equivalent to a recompression shock on a transonic airfoil, the shock-reflection corresponds to shock-diamonds in an over-expanded supersonic flow, the adiabatic acceleration similarly takes place as the Laval nozzle, and so on. They appear regardless of Sweet-Parker, plasmoid-mediated, or Petschek reconnections.

We further discover another shock-diamonds in extreme cases. A critical condition for these hidden shocks is derived. All these issues can be applied to more extreme cases of relativistic reconnection, in which the sound speed is “relatively” slow. We will also address the relevance to the physics of extragalactic jets.

## References:

- [1] Zenitani, Hesse, & Klimas, ApJ, 716, L214 (2010).
- [2] Zenitani and Miyoshi, Phys. Plasmas, 18, 022105 (2011).

太陽コロナ、地球磁気圏、あるいは高エネルギー天体環境では、磁気圧の方がプラズマ圧力よりも強い低ベータプラズマ中で、磁気リコネクションが起きることがある。あまり関心が払われなかったことや、数値的な難しさもあって、このような低ベータ環境でのリコネクションの振る舞いは実はよく知られていない。しかし最近、現代的なMHDシミュレーション研究が進んで、低ベータ環境のリコネクションの新しい側面が見えてきた。例えば、Zenitani et al.(2010,2011) [1,2]は、Petschekの遅進衝撃波と直行する縦衝撃波や、磁気島先端で斜め衝撃波が繰り返し交差する現象を報告している。

本発表では、高精度のコードを使ってこれらの研究を拡張し、圧縮性流体力学の立場から結果を整理する。流体力学では、典型的な流れ速度が音速と同程度になると、さまざまな圧縮流体効果が現れる。これはまさにアルヴェン速度が音速を超える低ベータプラズマでのリコネクションにも当てはまる。例えば、縦衝撃波は、遷音速パラメーター領域で飛行機の翼面に現れる再圧縮衝撃波であり、斜め衝撃波の交差は過膨張超音速流の中に出来るショック・ダイヤモンドであり、ラバルノズルと同様の断熱加速も起きている。これらは、Sweet-Parker、プラズモイド型、Petschekといったリコネクションの形態に関わらない一般的なものである。

我々はさらに、同じリコネクション系内に潜んでいる不足膨張タイプのショック・ダイヤモンドを紹介し、その臨界出現条件を議論する。これら一連の議論は、音速に上限がある相対論MHDリコネクションにも適用可能である。時間があれば、銀河系外ジェットの物理との共通点も議論したい。

## References:

- [1] Zenitani, Hesse, & Klimas, ApJ, 716, L214 (2010).
- [2] Zenitani and Miyoshi, Phys. Plasmas, 18, 022105 (2011).