

## 定常沿磁力線電流の駆動機構：プラズマ対流を用いた一般理論 Generation mechanism of steady-state field-aligned currents: A general theory in terms of plasma convection

渡辺 正和<sup>1\*</sup>

WATANABE, Masakazu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>九州大学国際宇宙天気科学・教育センター,<sup>2</sup>九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門

<sup>1</sup>International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University, <sup>2</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

磁気圏-電離圏結合系において、沿磁力線電流はエネルギー・運動量を運ぶという重要な役割を担っている。近年のグローバル電磁流体 (MHD) シミュレーションによれば、大規模沿磁力線電流を駆動する力はほとんどすべての場合圧力勾配であって [Tanaka, 2003, 2007]、慣性力が効くのは sudden commencement (SC) における preliminary impulse (PI) [Fujita et al., 2003] のようなごく特殊な場合のみである。このように、圧力勾配が駆動する定常沿磁力線電流には普遍性があり、磁気圏の力学的性質の本質を表している。しかし、沿磁力線電流生成過程におけるプラズマ対流の役割については、一般には理解されているとは言えない。例えば、プラズマ対流は圧力勾配駆動の沿磁力線電流と無関係であるという誤った認識が一般的である。実際にはプラズマ対流はエネルギー変換において不可欠の役割を果たしている。本研究は、プラズマ対流の果たす役割に重点を置き、沿磁力線電流生成機構の一般理論を展開する。沿磁力線電流は以下の2過程が空間的に隣接して起こることで生成・維持される。(1) Slow mode 擾乱によりプラズマの熱エネルギーを電磁エネルギーに変換する「ダイナモ」過程。定常電流系を維持するためには、磁気圏ダイナモが必要で、これを作っているのが発散する ( $\text{div}(\mathbf{v}) > 0$ ) slow mode 擾乱のプラズマ対流である。波面法線は  $-\text{grad}(\mathbf{B})$  方向を向いており、法線方向の対流速度 (「法線」成分) は slow mode の位相速度となる。Slow mode は沿磁力線電流を伴わない。(2) 磁力線に垂直な電流が沿磁力線電流に転換する過程。これは slow mode 擾乱が Alfvén mode 擾乱に変換することで起こる。圧力勾配が波面法線と磁力線双方に垂直な成分 (「接線」成分) を持つことにより、磁気張力が生じ Alfvén mode が励起する。これに伴い法線方向の対流速度は Alfvén mode の位相速度となる。Alfvén mode は接線方向の流れを持ち、プラズマの運動は回転性に変わる。

### References

- Fujita et al. (2003), J. Geophys. Res., 108(A12), 1416, doi:10.1029/2002JA009407.  
Tanaka (2003), J. Geophys. Res., 108(A8), 1315, doi:10.1029/2002JA009668.  
Tanaka (2007), Space Sci. Rev., 133, 1, doi:10.1007/s11214-007-9168-4.

キーワード: 沿磁力線電流, ダイナモ, 対流

Keywords: field-aligned current, dynamo, convection