

# 磁気圏尾部におけるバルーニング不安定の非線形発展の 3 次元 MHD シミュレーション

## An MHD Simulation on Nonlinear Evolution of Ballooning Instability in the Earth's Magnetotail

# 梶原 靖人[1]; 二井 征一郎[2]; 萩野 竜樹[1]

# Yasuto Kajiwara[1]; Seiichiro Nii[2]; Tatsuki Ogino[1]

[1] 名大 STE 研; [2] 名大・STE 研

[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] STE Laboratory, Nagoya Univ

サブストームの開始機構と考えられている Current disruption を引き起こす有力な候補の 1 つに交換不安定型のバルーニング不安定がある。Cheng and Lui (1998) は衛星観測からサブストームのトリガーとしてバルーニング不安定を強く示唆した。バルーニング不安定のシミュレーションに関しては Cheng and Zaharia(2004)による 3 次元での線形解析や Zhu et al. (2004)による 2 次元での線形シミュレーションは行われてきたが、3 次元非線形シミュレーションは行われてこなかった。

本研究では Zaharia and Cheng(2003)が提案した現実的な地球磁気圏モデルの平衡解を用い、3 次元非線形発展の MHD シミュレーションを行い、夜側地球磁気圏でバルーニング不安定は発生するのか、また発生するのならばどのような時間発展をするのかを調べた。

Cheng and Zaharia(2004)が与えた、サブストームの成長時の平衡解から出発した時、 $t=72$ [sec]で赤道面に  $X=-9.5R_e$ ,  $Y=4.5R_e$  ( $R_e$  は地球半径) 付近を中心に速度ベクトルに渦構造が現れ、渦構造が発達しながら尾部プラズマ構造が変化していった。 $t=729$ [sec]の赤道面において沿磁力線電流は  $x=-7 \sim -10R_e$  に強く励起された。また、夜側の磁力線も  $t=120 \sim 140$ [sec]の間に  $4R_e$  程度尾方向に伸ばされた。このとき、沿磁力線電流の時間発展における線形成長率  $\gamma=0.0075$  が得られ、Cheng and Zaharia(2004)の線形解析から得られる成長率に近い値であった。また、渦の中心付近を通る、地球からの距離  $R=10R_e$  の円周上における半径方向の速度成分のモード解析を行い、 $m=6 \sim 8$  のモードが時間と共に発展することを確認した。これは Zhu et al. (2004)による分散関係の計算で、波数  $k_y=m/10$  ( $m=5$ ) で成長率が大きいことと一致した。

以上の結果から夜側磁気圏での渦構造の形成から始まる、圧力と磁力線構造の変化や沿磁力線電流の増大はバルーニング不安定によるものと結論できる。また、本グローバル 3 次元 MHD シミュレーションから現実的な地球磁気圏において、バルーニング不安定が成長してどのような渦構造が卓越するかが初めて明らかになった。それは、線形解析から得られる最大成長率を持つモードで最も小さい  $k_y=1/2 \sim 1/6$  ( $m=6 \sim 8$ )、即ち最大スケールの渦構造が最終的に発達して卓越するということである。しかも地球の周りに一様に渦が成長するのではなく、尾部のプラズマシート中 ( $-6R_e < x < -13R_e$ ) に 2 個の渦が顕著になることであった。こうして渦の成長に伴うプラズマ圧力の朝夕方向での波状構造の成長は、クロステール電流を一部遮断して、沿磁力線電流へと変換する。これらのことから、サブストームのトリガー機構の主要因として、バルーニング不安定による Current disruption がひとつの有力な候補になりえることを、現実的なモデルから明確に示すことができた。