

大規模沿磁力線電流による磁気シア効果を取り入れた磁気圏—電離圏結合の理論解析

渡邊 智彦 [1]; 三輪 有輝 [2]; 前山 伸也 [2]
[1] 名大; [2] 名大・理・物理

Theoretical analysis of the M-I coupling including magnetic shear effect due to the large-scale field-aligned currents

Tomo-Hiko Watanabe[1]; Yuki Miwa[2]; Shinya Maeyama[2]
[1] Nagoya Univ.; [2] Dept. Physics, Nagoya Univ.

It has been considered that auroral arc formation and its spontaneous growth originate from physical processes intrinsic to the magnetosphere-ionosphere coupling. The feedback instability is one of the most plausible mechanism. Theoretical analyses of the feedback instability have been limited to the simple geometries such as the straight field line or the dipole configurations. In the present study, we have extended our analysis with including the magnetic shear effects due to the large-scale field-aligned currents (FACs).

For simplicity, we consider a model with straight field lines with a constant shear, where the east-west components of the magnetic field due to the FACs are taken into account. Then, we could derive the linear dispersion relation of the feedback instability in presence of the finite magnetic shear.

In this study, we have found (1) a frequency upshift of the Alfvén resonance, and (2) enhancement of the feedback instability due to the magnetic shear. The result (1) is confirmed by an analytical solution under the weak shear approximation. The obtained results are the first demonstration that the fine-scale auroral dynamics can be influenced by the large-scale current structure in the magnetosphere. More detailed results including roles of dissipation will also be discussed.

地磁気静穏時におけるオーロラ・アーク構造の自発的形成とその成長は、磁気圏—電離圏結合系に元来備わった固有の物理機構に起因すると考えられる。対流電場が閾値を超えた時、それをエネルギー源として成長する Alfvén 波の不安定性、すなわちフィードバック不安定性は、その有力な候補の一つであり、これまでに線形・非線形解析を用いた様々な理論・シミュレーション研究が行われてきた。しかし、従来の解析では、簡単な直線磁場モデルや双極子磁場を仮定する 경우가ほとんどであった。本研究では、オーロラ領域における大規模沿磁力線電流に着目し、そこで生じる磁気シアがフィードバック不安定性に及ぼす影響について理論解析を行った。

ここでは理論の簡潔さのために、定常な直線磁場が一定のシアをもつ局所モデルを考察する。大規模沿磁力線電流がつくる東西成分の磁場は、その磁気シア成分として取り扱われる。磁力線に沿った一般座標を用いることで、簡略化磁気流体方程式から、シア磁場下での線形分散関係式を導出することができる。

これまでに、沿磁力線電流の向きに応じてその符号を変える磁気シアに依存して、(1) Alfvén 共鳴周波数の変化がおきること、(2) これにともなってフィードバック不安定性の成長率が影響されること、が確認できた。磁気シアが十分弱い場合、(1) の共鳴周波数の変化は近似方程式による解析解とよく一致することが確かめられた。これらは、磁気圏中の大規模電流構造が、微細なオーロラ・アークの発達に影響し得ることを理論的に示した初めての結果である。今後、散逸効果の影響などを含めたより詳細な解析を進める予定である。