

## 磁気圏-電離圏結合系におけるフィードバック不安定性:再考

## Feedback instability in magnetosphere-ionosphere coupling system: revisited

# 渡邊 智彦[1]

# Tomo-Hiko Watanabe[1]

[1] 核融合研

[1] NIFS

<http://www.tcsc.nifs.ac.jp/~tomo>

オーロラ・アークの発生・成長機構として、磁気圏-電離圏結合系における、いわゆる「フィードバック不安定性」が1979年、佐藤により提唱された[1]。それは、E層内を水平方向(最も荒い近似ではこれを地球磁場に垂直方向と考える)に伝播する密度と静電場の揺動が沿磁力線電流を介して磁気圏内を伝播する shear Alfvén 波と結合し、背景電場をエネルギー源として成長する不安定性である。その線形解析は、いわゆる伝送線解析によってなされ、磁気圏の応答が inductive であり、背景電場による駆動が再結合損失による安定化効果を上回るほど大きければ不安定性が成長することが示された。

ここでは簡単のため一様な外磁場、背景電場、密度分布、からなる直方体領域の磁気圏-電離圏結合系モデルを考える。その底面が高さ方向に平均化された電離層に相当し、上面が磁気赤道面に対応する。側面は周期境界とし、水平方向の波長に比べ背景分布の特性長が十分長い局所的なモデルとする。本研究では、まず、磁気圏プラズマに対する磁気流体(MHD)方程式から出発し、適切なオーダリングの下に磁気圏-電離圏結合系についての簡略化 MHD 方程式による記述を求めた。これを、電離層プラズマに対する2流体方程式から求められる密度および電流の連続の式と連立させることで、閉じた非線形偏微分方程式系が得られる。この線形解析を行うと、佐藤による結果と同様の分散関係式が得られる。相違点は、伝送線解析では磁力線に平行方向に  $\sin$  または  $\cos$  型の固有関数が仮定されていたが、ここで得られた固有関数は、成長率を指数部に含む指数関数をそれらに乗じた形になる。加えて、磁気圏における散逸効果を導入した場合の線形解析も可能となる。

上記で得られた方程式系で記述されるフィードバック不安定性の非線形発展を調べるために、新たに数値シミュレーション・コードを作成した。フィードバック不安定性に関するシミュレーション研究は、筆者を含め過去にいくつかなされているが、それらはオーロラ・アークの大域的な発生に関わるグローバル・シミュレーションが主であり、アークの局所的な非線形発展については十分に研究がなされてこなかった[2]。今回、上述のモデルについて3次元シミュレーションを行った結果、フィードバック不安定性で成長した揺動成分により2次的な不安定性が誘起され、電離層上で平面波で表されていた密度、渦度、沿磁力線電流分布が大きく変形を受ける様子が見られた。これは、揺動成分の発達により局所的に速度シアが増大し、Kelvin-Helmholtz 不安定性が誘起されたものと考えられる。こうしたフィードバック不安定性の非線形発展のより詳しい解析、平衡配位の影響、などについて今後さらに研究を進めたい。

[1] T.Sato, J.Geophys.Res., vol.83, 1042 (1979).

[2] A.Miura and T.Sato, J.Geophys.Res., vol.85, 73 (1980); K.Watanabe and T.Sato, Geophys.Res.Lett., vol.15, 717 (1988); T.Watanabe, H.Oya, K.Watanabe, and T.Sato, J.Geophys.Res., vol.98, 21391 (1993).