

グローバル MHD シミュレーションと KRM によって得られたサブストーム発生時の電離圏沿磁力線電流の比較

A comparison of field-aligned currents from global MHD simulation and KRM for substorms

篠原 学[1], 中田 裕之[2], 上出 洋介[1], 荻野 竜樹[2]

Manabu Shinohara[1], Hiroyuki Nakata[2], Yohsuke Kamide[3], Tatsuki Ogino[2]

[1] 名大・STE 研, [2] 名大 STE 研

[1] STE Lab., Nagoya Univ., [2] STEL, Nagoya Univ., [3] STEL, Nagoya Univ

グローバル MHD シミュレーションでは、IMF Bz を北向きから南向きに变化させる事によって substorm 発達過程のシミュレーションを行うことができる。シミュレーションによる substorm の発達の様子と、観測から得られた substorm の発達の様子を比較して研究することは、simulation の結果に対する妥当性の評価、観測で得られた様々な変動と磁気圏の変動との対応付けなどを行うことができ、非常に重要である。今回、沿磁力線電流の変化について、グローバル MHD シミュレーションの結果と KRM を用いた統計解析の結果との比較研究を行った。

グローバル MHD シミュレーション[Ogino et al., 1992]に異なる大きさの IMF を与え、サブストームの発達過程を計算する。IMF 北向き、Bz=2.5、5.0、10.0nT の3つの条件を初期状態として用い、安定した磁気圏を作った後に IMF を南向き、Bz=-2.5、-5.0、-10.0nT に反転させ、9通りのシミュレーションを行う。サブストームの時間発展を Quiet times、Growth phase、Expansion phase、Peak of substorm の4つの phase に分け、それぞれについて極域電離圏における沿磁力線電流の分布を調べる。与えた IMF の条件により、各 phase に到達する時刻は異なるため、それぞれの計算結果に対し4つの phase の時刻を決定し、それに基づいて相互の比較を行う。

一方、Kamide-Richmond-Matsushita magnetogram inversion algorithm は、地上多点の磁場観測データを基に電離層電流を見積もり、電離層電気伝導度モデルを使用して、電離層の electric potential、沿磁力線電流等を求める手法である。観測データを基にしているため、実際に起こっているサブストームの状況を捉えることに適した手法である。ここでは、Kamide et al. [1996] が統計的に求めた、サブストームの各 phase に対する極域電離圏の沿磁力線電流の平均的分布を観測的基準として用いる。

極域電離圏における沿磁力線電流の分布の様子は両者で大きく異なっている。KRM の結果は、電流の分布が朝夕非対称になっており、全体がやや時計回りに回転した様な分布を示しているのに対し、グローバルシミュレーションは完全に朝夕対称な分布を示している。電流の分布も緯度的にかなり狭い領域に集中しており、KRM と比較すると空間的な広がりには乏しい。

沿磁力線電流の電流量とその時間変化を比較すると、IMF=-10.0 nT の条件を与えた結果が KRM に最も近い値を示しているが、全体的に今回のシミュレーションで得られた電流量は KRM の結果よりも小さくなっている。特に、KRM では Expansion から Peak of substorm にかけて、サブストームの発達に合わせて電流量が急激に伸びているのに対し、シミュレーションでは Growth から Peak of substorm にかけて緩やかな発達を示してしている点が大きく異なる。

更に、昼側と夜側とに分けて電流量の変化を調べると、昼側ではシミュレーションの電流量は KRM の結果にくらべて非常に弱い値であることが分かった。シミュレーションでは、IMF が南に向いた後に磁気圏前面で磁気リコネクションが始まり、Region 1 sense の電流が発達するが、比較的早い時刻に安定した状態に達し、その後 IMF が南向きのまま維持されるため、電流の量はほぼ一定の状態が続く。一方、KRM の結果では昼側の電流は Region 1 sense、Region 2 sense 共にサブストームの進展に伴って電流量の大きな増加を示している。

夜側では電流量はシミュレーションと KRM の両者でほぼ同程度の数値を示した。しかし、KRM で見られる Expansion から Peak of substorm にかけての急激な増加はシミュレーションでは見られなかった。我々が用いたグローバル MHD シミュレーションには電離圏は含まれておらず、電離層電気伝導度の非一様性や時間変化などの影響は含まれてない。電流分布の朝夕非対称性、昼側の電流強度の大きな不一致や、サブストームの時間発展に伴う電流強度の大きな変動の相違などは、その多くが電離層電気伝導度が取り込まれていないことによる影響ではないかと考えられる。