

オーロラジェット電流イベントのグローバルMHDシミュレーション

A Global MHD Simulation on the Electrojet Challenge Event

荻野 竜樹[1]

Tatsuki Ogino[1]

[1] 名大STE研

[1] STEL, Nagoya Univ.

Electrojet Challenge Event を調べるために、WIND 衛星の1分毎の太陽風と IMF 観測を計算のインプットに用いて、太陽風と地球磁気圏電離圏相互作用の3次元グローバル電磁流体力学的(MHD)シミュレーションを実行した。計算では太陽地球磁気圏座標系を用い、太陽と地球を結ぶx軸に対する点対称性を仮定して太陽風速度はx成分のみ、IMFはy,z成分のみを含めて夕側半分だけを解いた。磁気圏電離圏結合は信頼性の高い計算方法がまだ確立していないために、磁気圏の内側境界の磁場変化から沿磁力線電流を直接計算する方法と、対流電場を磁気圏から電離圏にマッピングして沿磁力線電流を計算する2つの方法により求めて両者を比較した。

太陽風と惑星間磁場(IMF)の変化が地球磁気圏に、更に電磁氣的結合を通して電離圏にどのような効果を及ぼすかは、スペース物理学における重要な問題の一つである。太陽風とIMFは、通常時々刻々大きな変化をしていて、それらの1~2時間の積分効果が磁気圏・電離圏に影響を及ぼすので、太陽風とIMFのどのパラメータの変化が磁気圏・電離圏の特定の現象を引き起こしているのかを同定するのは容易ではない。そうした中で1999年3月19-20日のElectrojet Challenge Eventとして選ばれ、多くのモデリング/シミュレーショングループがオーロラジェット電流の解明とそれぞれのモデルの長短を調べるために協同して挑戦している現象は、太陽風の密度、速度、温度がかなりよく一定の状態を持続し、かつIMFのz成分が大きくみて10:00UTに1回だけ正から負に変化し、その状態が12時間以上継続した希に生じる理想的な太陽風とIMFの変化のパターンを示していた。

210MM Magnetic Field Dataでは、13:40UTに高緯度でH成分の急な減少が起こり、地磁気擾乱のインデックス(AU, AL, AE)では12:40UTから変化が始まって、13:00UT以降12時間以上に亘ってそれらのインデックスはほぼ一定の値を持続している。こうして、13:40UT頃からは、磁気圏へのエネルギーの流入と流出・消費が釣り合ったいわゆるコンベクションベイス的な現象が起こっているように見える。

このElectrojet Challenge Eventを調べるために、WIND衛星の1分毎の太陽風とIMF観測を計算のインプットに用いて、太陽風と地球磁気圏電離圏相互作用の3次元グローバル電磁流体力学的(MHD)シミュレーションを実行した。計算では太陽地球磁気圏座標系を用い、太陽と地球を結ぶx軸に対する点対称性を仮定して太陽風速度はx成分のみ、IMFはy,z成分のみを含めて夕側半分だけを解き、Modified Leap-Frog法で初期値境界値問題として時間発展を解いた。用いたグリッド点数は境界を除いて $(n_x, n_y, n_z) = (500, 100, 200)$ でグリッド間隔は0.5Re、計算領域は $-220\text{Re} < x < 30\text{Re}$, $0 < y < 50\text{Re}$, $-50\text{Re} < z < 50\text{Re}$ である。磁気圏電離圏結合は信頼性の高い計算方法がまだ確立していないために、磁気圏の内側境界の磁場変化から沿磁力線電流を直接計算する方法と、対流電場を磁気圏から電離圏にマッピングして沿磁力線電流を計算する2つの方法により求め

て両者を比較した。

シミュレーション結果は、11:00 UTから極域で2セル対流パターンが次第に形成されて13:00 UT頃まで発達していき、13:20 UTに夜側オーロラ帯でエネルギー束が増大して、その状態が持続するのが分かった。これは前にもコンベクションベイの成因として提案しているように(Ogino et al, 1994) IMFが南向きでほぼ一定の値が持続する場合、昼側磁気圏と尾部での磁気リコネクションの起こる割合がほぼ釣り合う結果として、定常に近い磁気圏対流が維持されるためである。MHDシミュレーション結果を用いて磁気圏電離圏結合の詳細な解析もオーロラジェット電流の消長との関連から調べている。