

アルフェン波を介在したオーロラ帯の磁気圏電離圏結合

田中 良昌 [1]; 吉川 顕正 [2]
[1] ROIS; [2] 九大・理・地球惑星

Magnetosphere-ionosphere coupling in the auroral region via Alfvén waves

Yoshimasa Tanaka[1]; Akimasa Yoshikawa[2]
[1] ROIS; [2] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.

To understand the physics of the complicated auroral variations, various models have been proposed for the magnetosphere-ionosphere (M-I) coupling system. For the M-I coupling process, it is well known that the Alfvén waves propagating along the magnetic field lines play an important role in the transport of momentum and energy. Since the aurora often has the short-time-scale variations, it is necessary to consider the Alfvén transit time and the wave reflection on the magnetosphere and the ionosphere. In addition, the auroral particle precipitation causes the evolution of the ionospheric conductivity, and the resultant non-uniform conductivity can make a strong effect on the M-I coupling process. Because it is difficult to understand this nonlinear system intuitively, the numerical model simulation is helpful for interpreting the observed auroral data.

We started to develop the simplified M-I coupling model via the Alfvén waves. In this study, we are interested in the mesoscale auroral phenomena from several km to one thousand km. The model includes the wave reflection process on the ionosphere with the non-uniform conductivity, the auroral acceleration region, and the wave reflection process on the equatorial plane of the magnetosphere. Our final goal is to add the simplified model of inductive process to the reflection on the ionosphere.

The magnetosphere and the ionosphere were assumed to be the two-dimensional planes which satisfy one-fluid MHD equations and the height-integrated Ohm's law, respectively. It was assumed that the acceleration region is located on the ionosphere and is controlled by the Knight relation. The Alfvén waves were assumed to propagate without the mode conversion and the reflection in the region between the magnetosphere and the upper boundary of the acceleration region, and the propagation in the acceleration region was ignored because of the short distance of the acceleration region. The finite difference method was used to solve the continuity equations of the divergent current and the tangential electric field on the boundaries between each region. The ionospheric conductivity evolves with the electrostatic potential difference along the field line in the acceleration region. In the presentation, we will show the test results from the developed models of the acceleration region and ionosphere, and will describe the future perspectives.

オーロラ現象の複雑な変動を物理的に理解するために、これまでに、様々なオーロラ帯の磁気圏電離圏結合モデルが提案されてきた。この磁気圏電離圏結合過程において、磁力線に沿って伝播するアルフェン波が運動量やエネルギーを運ぶのに重要な役割を果たしていることは良く知られている。特に、オーロラは比較的短い時間スケールの変動を含むことから、アルフェン波の伝播時間や磁気圏・電離圏における波の入射を考慮することが必要不可欠となる。また、オーロラ帯では電子の降り込みが電離圏電気伝導度を時々刻々と変化させるので、それによって生じる電気伝導度の非一様性が磁気圏電離圏結合へ大きな影響を与える。この非線形システムは直感的な理解が困難であることから、数値シミュレーションを行うことがオーロラ観測データを解釈するのに極めて有用である。

そこで、我々は、アルフェン波を介在したオーロラ帯の磁気圏電離圏結合系の単純化したモデルの開発に着手した。本研究では、メソスケール（数 km ~ 千 km スケール）の現象を対象としたモデルを考える。特に、非一様電気伝導度を持つ電離圏におけるアルフェン波の入射過程、オーロラ電子加速領域、磁気赤道面 MHD 領域でのアルフェン波の入射過程を矛盾無く取り入れることを目標としている。最終的には、電離圏の入射に誘導効果を簡易的に加えたいと考えている。

磁気圏、電離圏は、それぞれ一流体 MHD 方程式系、高度積分したオームの法則を満たす 2 次元平面モデルとする。加速領域は電離圏の上空に接しており、Knight の関係が成り立つと仮定する。磁気圏と加速領域上端の間ではアルフェン波がモード変換や反射無しで伝播すると仮定し、加速領域内は距離が短いと仮定して伝播は無視する。それぞれの領域の境界における発散電流連続、電場接線成分連続の式を有限差分法で解く。電離圏電気伝導度は、加速領域の電位差に応じて更新される。発表では、これまでに開発した加速領域・電離圏モデルのテスト結果と今後の展望について述べる。