

次世代磁気圏シミュレーション

田中 高史 [1]
[1] 九大・宙空センター

Magnetospheric simulation at the next generation

Takashi Tanaka[1]
[1] SERC, Kyushu Univ.

The main target of the magnetospheric simulation is to investigate the mechanics of convection system. In these researches, magnetic disturbances are looked upon as the aftermath associated with the transition of convection. In the magnetospheric simulation currently studied, 100^3 grid points are applied for calculation. In the convection system, the region 1 FAC must be connected with the ionospheric current, and this process is not so light as the perturbation for the magnetosphere. The connection is itself the process to excite convection against the energy loss in the ionosphere. That is, the ionosphere is very heavy. If the origin of the region 1 FAC is explored, the dynamics structure in the magnetosphere can be understood. Therefore, 100^2 grid points are required in the ionosphere corresponding to 100^3 grid point in the magnetosphere. The simulation applying the XYZ coordinate system is less useful.

From the study of M-I coupling convection, we recently obtained a tremendous conclusion that denies the commonly believed substorm mechanism i.e. the onset is a direct visualization of breakdown in MHD. In the conclusion obtained from the simulation, the substorm onset is the change accompanied with a state transition (between two different dynamic force balances) in the convection systems. The conclusion that the injection to the geostationary orbit is the main body of dynamics change in balance is also a new deployment for the space weather. All theories that attribute the onset to the break down in MHD (such as the reconnection and current wedge) are misleading.

Although many magnetospheric and ionospheric phenomena accompanying the substorm are reproduced in the simulation, the real coincidence with the observed auroral phenomena are not yet attained, since only two or three grid points are allocated in the north and south direction of the aurora oval. In a substorm phenomenon, two-dimensional features of the aurora such as the WTS and bulge must be reproduced on the ionosphere. These are the targets of a next-generation magnetospheric simulation. Where 1000^3 grids points must be used in the magnetosphere, with 1000^2 grid points in the ionosphere. In such simulation, a next-generation supercomputer, coordinates without a singular point, parallelization on it, the information processing technology, and visualization techniques for large amount of data are required. Such a simulation is not realized yet. However, the efforts should be started under the water somewhere in the world.

磁気圏シミュレーションの主要な標的は対流構造の研究であり、そこでは磁気圏擾乱は対流の遷移に伴う変動であるというコンセプトで研究が進められてきた。現在世界で研究されている磁気圏シミュレーションでは、おおむね 100 の 3 乗の格子点が用いられている。対流は沿磁力線電流と表裏一体であり、領域 1 電流は電離圏電流と接続される必要があり、この過程は磁気圏にとって摂動のような軽いものではなく、電離圏の散逸性に対抗した対流の励起そのものである。即ち電離圏は極めて重く、領域 1 電流系の起源を探れば磁気圏の力学構造が見える。そのため 100 の 3 乗の格子点に対応して電離圏に 100 の 2 乗の格子があることが必須であり、xyz 座標系に基づく格子でのシミュレーションには意味が無い。

最近この M-I 結合対流系の研究において、オンセットは MHD の破れが見えているものであるという、現在の一般的サブストーム解釈を否定する驚愕の結論に至った。シミュレーションから得られた結論では、サブストーム (のオンセット) は、多圏間結合系における、(二つの異なった力学的釣り合い状態の間の) 状態遷移を伴った対流の変動であり、これによって大方の観測が説明されるというものである。静止軌道におけるインジェクションが、この力学バランスの変化そのものに対応するという結論は、宇宙天気観測でも新たな展開である。オンセットの機構が、リコネクションやカレントウェッジといった局所構造のプラズマ物理に昇華されるという思考は、全て誤りであるとなる。

シミュレーションでは、サブストームに伴う多くの磁気圏現象、電離圏現象が再現されていることが見えるが、オーロラオーバルでは南北方向に 2 、 3 点の格子があるだけで、オーロラの描像とのリアルな一致が達成されているわけではない。サブストーム現象においては、古くから観測されている電離圏上でのオーロラの 2 次元の様相 (WTS、バルジなど) が再現されなくてはならない。これらは次世代磁気圏シミュレーションの目標で、磁気圏に 1000 の 3 乗の格子、電離圏で 1000 の 2 乗の格子が不可欠である。このようシミュレーションでは、次世代スーパーコンピュータ、 12 面体分割格子による見かけの特異点が無い座標、その上での並列化、多量のデータとその可視化を行うための情報処理技術、などが必要となる。現在このようなシミュレーションはどこでも実現されていない。しかしどこかで水面下の努力が開始されているであろう。