

シミュレーションによる最新のサブストーム像

海老原 祐輔 [1]; 田中 高史 [2]
[1] 京大生存圏; [2] 九大・宙空センター

Recent progress in the simulation study of a substorm

Yusuke Ebihara[1]; Takashi Tanaka[2]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] SERC, Kyushu Univ.

Akasofu (1964) described the global morphology of a substorm. Since then, a number of studies have been accomplished to explain the substorm. If discrete auroras are a manifestation of upward field-aligned current (FAC), generation of the FAC will be a key in understanding the substorm. Many explanations are based on the current continuity condition derived from the force balance equation, but the current continuity condition is insufficient for understanding the generation of FAC. We should consider the vorticity of magnetospheric plasma. The vorticity of plasma is governed by force, so that we should take into account consideration overall space from the solar wind. Since the ionosphere is a load (a sink of electromagnetic energy), the ionosphere must be connected with a dynamo (a source of electromagnetic energy) in the magnetosphere. A current line is not always parallel to a magnetic field line because of the presence of diamagnetic current. Based on the result recently obtained by the global magnetohydrodynamics (MHD) simulation, we propose a scenario to explain the auroral substorm in terms of vorticity, dynamo, and force.

経度方向に伸びるオーロラ・アークの一部が急激に光り出し、極方向、東西方向に明るいオーロラの領域が広がるというオーロラ・サブストームの発達過程を詳細に記述したのは Akasofu (1964) が最初だと思われる。明るいオーロラの原因は上向きの沿磁力線電流であるから、上向き沿磁力線電流の起源を知ることがオーロラ・サブストームを理解することに繋がる。現在、有力視されている仮説の一つが楔型電流 (current wedge) モデルである。磁気圏尾部を西向きに流れる電流を真夜中付近で分断し、電流を磁力線方向に分岐させるという考え方である。このモデルでは電流の連続性の観点で沿磁力線電流を捉えているが、沿磁力線電流の生成を説明するには不十分である。沿磁力線電流の時間発展に直接寄与するプラズマの渦度を考えるべきである。プラズマの渦度はローレンツ力とプラズマ圧勾配による力学で決まることから、部分ではなく全体構造を考えなければならない。また、電離圏は電磁エネルギーが消費される負荷であるから、ダイナモと電流線によって接続しなければならない。プラズマシートなどプラズマ圧が高い領域では反磁性電流が強く流れているため、電流線と磁力線は必ずしも平行にならない。以上のように、渦度、ダイナモ、力学の三つの基本を満足するモデルが求められるが、観測結果から構築することは難しい。そこでシミュレーションが威力を発揮する。本講演では、グローバル電磁流体 (MHD) シミュレーションの結果を解析することで得られた最新のサブストーム像を紹介する。シミュレーションで得られたオーロラ・サブストームは以下のとおりである。(1) 成長相において南北方向、東西方向のアークが高緯度から低緯度方向にドリフトし、一部が静穏アーク (quiet arc) に接する。これらのアークは高緯度磁気圏の構造と動きを反映している。(2) 地球近傍中性線 (near-Earth neutral line) の生成に伴って発生した磁気張力によってプラズマが地球方向に加速し、ブレーキングによって一部が磁力線に沿って地球方向に進む。赤道面から離れた地球近傍でプラズマ圧が高まり、Region 1/2 型の沿磁力線電流を作る。この電流が電離圏に接続すると初期増光 (initial brightening) が始まる。(3) 引き続き尾部からプラズマが供給され、内部磁気圏のプラズマ圧を高める。これが地球近傍ダイナモ (near-Earth dynamo) を増強し、強い Region 1 型の沿磁力線電流を作る。一方、電離圏ホール伝導度の勾配により上向き沿磁力線電流が微細化する。これが西方向移動サージ (westward traveling surge) となる。楔型電流線 (current wedge) モデルと異なり、初期増光及び西向き移動サージから伸びる電流線は地球近傍ダイナモを経てカスプ・マントルダイナモに繋がる。強い反磁性電流のために西向きに流れる尾部電流と繋がることはないようである。