

## サブストームシミュレーションにおけるB Pパラダイム

# 田中 高史 [1]

[1] 九大

### BP paradigm in the substorm simulation

# Takashi Tanaka[1]

[1] Kyushu University

The substorm mechanism is investigated by analyzing the numerical results obtained from the recent more refined magnetohydrodynamic (MHD) simulation. Present simulation results reproduce the observed signatures of substorm onset including the dipolarization, injection, formation of near earth neutral line (NENL) and earthward flow in the magnetosphere together with the development of nightside field aligned currents (FACs) and electrojets in the ionosphere. The sudden onset is promoted in the magnetosphere by the abrupt formation of high-pressure region in the inner magnetosphere. The high-pressure region gradually established around  $x=-10$  Re during the growth phase suddenly moves to the geosynchronous altitude through the state transition-like process to form this high-pressure region. This region is far inside from the braking point of flow from the NENL. Main driver of the substorm current is the region 2 FAC connected to the partial ring current driven by the high pressure at the geosynchronous altitude formed at the onset. Associated nightside region 1 FAC is not from the traditional current wedge but from the usual cusp dynamo. It is formed so as to short circuit the region 2 FAC from the partial ring current. In the ionosphere, therefore, north south Pedersen current primarily connects the region 1 and region 2 FACs, with north south electric field. For the present model, the injection is itself the main cause of the substorm current system. In the expansion phase, convection proceeds as the relaxation process for the distorted pressure distribution formed at the onset, accompanying the dipolarization and plasma sheet thickening in the magnetosphere and westward and eastward electrojets in the ionosphere.

長いことサブストームのMHDシミュレーションを開発してきたが、最近になってようやく観測されるようなサブストームの形態が再現できるようになった(英文要旨)。この結果を見て、我々の磁気圏現象の考え方について反省させられる点が、多々あった。我々が始めに習う古典的な地磁気学においては、磁場を見て電流を連想せよと教えられたが、これはB Jパラダイムであろう。福島定理やカレントウェッジなどはB Jパラダイムの成果と見られる。人によってはB Jパラダイムは単に回転オペレーターの研究でありなんとつまらないことかと思うようである。そのような人はE Jパラダイムに走る。ここでは、プラズマの分布が電場・電流を決め、それが逆にプラズマの運動を決めるという自己無撞着的力学が追求される。高度な物理的考察が開け、我々を魅了するが、問題は乱流、不安定、加速などの物理に行ったり戻ったりには戻ってこないことである。この反省から考えられたのがB Vパラダイムであり、ここではゆっくりとした運動だけを扱い、電場は運動と等価、電流は磁場と等価である。これでサブストームまで戻れる範囲の計算(MHD)で収まるようになる。面白いことに、磁気圏物理学の最重要要素はE Jパラダイムではリコネクションとなり、B VパラダイムではFACとなる。これには深くかつ必然的な理由がある。B Vパラダイムでは磁気圏-電離圏結合が良く見えるので、FACに目が行く。これに対しE Jパラダイムでは物理の豊富なりコネクションが全体を支配すると思いたい願望を抱く。このような思考を引きずり、当学会もE J(西田派)とB V(飯島派)に2分される傾向がある。B Vパラダイムによって、SCやテーターオーロラなどの対流が支配する現象はほぼ完全に再現するようになった。これら磁気圏-電離圏結合系の考察を基本とする現象は、複合系の物理と捉えられる。しかしサブストームだけは違い、E Jパラダイムの現れに違いないと信じる人は多い。これがサブストームが磁気圏物理学の頂点にある重要課題と思われる所以である。今回は、E Jパラダイムの結果を脇役として取り入れたことが、サブストームの再現に繋がったが、やはり主体は複合系の物理であった。このサブストームを計算して分かったことはB VパラダイムはむしろB Pパラダイムとなることである。これは磁気圏では運動エネルギーが小さく、FACはプラズマ領域の形成と結びつくことの表現である。