

## ダンジェー対流の誤り

# 田中 高史 [1]  
[1] 九大・宙空センター

## Misleading concept of Dungey convection

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

Spectacular aurora behaviors observed at the substorm onset are surprising enough to make us believe that they are something unusual phenomena caused by extraordinary plasma processes such as explosion and instability. For the substorm as an abnormal phenomenon in plasma, understandings for individual processes such as growth phase, quiet arc, on set, dipolarization, WTS, and streamers are made uniquely for each process, and consequently mechanism for each process is considered almost independently. Typical examples that reflect these situations would be the NENL and the CW. What is lying on the base of these troubles is misleading concept of Dungey convection. An image that open magnetic fields pull magnetospheric plasma makes us understand the convection in a wrong way. A fatal error caused by such image is to underestimate the role of pressure regimes in the convection system. These misunderstandings have given rise to the substorm that excessively depends on the effect of NENL.

Recently, it has been found that finer the spacial resolution of the global M-I coupling simulation is, the more realistic features of the polar substorm are reproduced. While observed signatures of the polar substorm reveals the results of M-I coupling process, a serious difficulty of the substorm study is that even if the results are known it is not directly connected to clarify the cause of the substorm. The most significant difficulty is to know how and to where perturbation observed in the polar substorm are projected along magnetic field line or current line to the magnetospheric structure. It is what known as the projection problem. Although satellite observations were expected to solve this problem, the solution was not obtained due to the weakness that the whole M-I structure cannot be known from the satellite observation. Even from the satellite observations, the understanding for the substorm process was done only by connecting symbolized mechanisms like the NENL and the CW. Projection problem is still the most critical issue for the substorm research.

The results of simulation can solve the projection problem. Results of substorm reproduction in MHD seems to indicate that the substorm is the development and transition of the convection system. In the substorm process based on the development and transition of the convection system, all disturbances from the growth phase to the expansion phase are understood as a successive series of mutually related phenomena. Convection must intend to form a self-consistent structure among magnetic field, flow, FAC, energy conversion, and the shear formation. Although the substorm is a non-steady-state, the self-consistent structure must be held even during the substorm. In the estimation process based on the observation, it tends to consider only parts neglecting the self-consistency over the whole system. This is probably the reason why the substorm elements are considered almost independently to each other.

サブストームオンセットでは驚異的なオーロラ変動が観察される。これを見たら何か異常な現象であるという印象を受け、爆発、不安定などを連想するのはごく自然です。このようなプラズマ中の異常現象としてのサブストームでは、growth phase、quiet arc、オンセット、双極子化、WTS、ストリーマーなどの変動に対する理解に、それぞれの独自性が強く、おのおのに対してほぼ独立したメカニズムが考えられています。これら色濃く反映する典型が、NENLとCWでしょう。そしてそれらの根底にはダンジェー対流という誤った概念が横たわっています。開磁場がプラズマを引っ張るというイメージが、対流を誤って理解させます。これによって圧力領域の生成を過小評価してしまうことが致命的です。これらのことがNENLの役割への過大依存を生んでいます。

最近のグローバルM-I結合シミュレーションで、シミュレーションの解像度を上げると、極域サブストームの詳細がMHDで再現されることが分かってきました。そもそも極域サブストームは磁気圏-電離圏系変動の結果を示すものですが、結果が判ってもそれが原因に直結しないところがサブストーム研究の困難です。最大の不確定要素は、極域で観測される磁場・プラズマ変動が磁気圏のどの構造に対応するか、すなわち投影問題です。衛星観測はこれを解決すると思われていましたが、全体は見えないという弱点のため、NENLやCWのような象徴化された変動の繋ぎ合わせでサブストームを理解するに終わっています。投影問題は依然としてサブストーム研究の最重要課題です。

シミュレーションの結果は、投影問題を解決できます。MHDでの極域サブストームの再現は、サブストームが対流の変動と遷移であることを示しているように思われます。対流の変動と遷移に基づくサブストームの理解では、成長相から拡大相までが、一連の変動として説明されます。対流は、磁場、フロー、FAC、エネルギー変換、シア形成が一体となって、自己無撞着構造を形成するものです。サブストームは、非定常ではあっても、この自己無撞着構造は保持されなければならないと思います。観測からの推定ではどうしても部分だけを考えてしまい、全体の自己無撞着性を満たすことをおろそかにされます。これがおのおのが独立現象に近いサブストームエレメントを考えてしまう理由でしょう。