

## 一般化されたオームの法則を用いた GEOTAIL 磁気中性線近傍通過データの解析 (III)

# 町田 忍 [1]; 宮下 幸長 [2]; 家田 章正 [3]; 長井 嗣信 [4]; 藤本 正樹 [5]; 篠原 育 [6]; 斎藤 義文 [7]; 向井 利典 [8]

[1] 京大・理・地球惑星; [2] 宇宙研; [3] 名大 STE 研; [4] 東工大・理・地球惑星; [5] 宇宙機構・科学本部; [6] 宇宙研 / 宇宙機構; [7] 宇宙研; [8] JAXA

### Analysis of the Geotail close encounter data with the magnetic neutral line utilizing the generalized Ohm's law (III)

# Shinobu Machida[1]; Yukinaga Miyashita[2]; Akimasa Ieda[3]; Tsugunobu Nagai[4]; Masaki Fujimoto[5]; Iku Shinohara[6]; Yoshifumi Saito[7]; Toshifumi Mukai[8]

[1] Dept. of Geophys., Kyoto Univ.; [2] ISAS/JAXA; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] Tokyo Institute of Technology; [5] ISAS, JAXA; [6] ISAS/JAXA; [7] ISAS; [8] JAXA

<http://www-step.kugi.kyoto-u.ac.jp/~machida/>

We have reported on the assessment of the generalized Ohm's law adopting it to the plasma, magnetic field and electric field data obtained by Geotail when the spacecraft traversed the region near the magnetic neutral line. Interestingly, we found that the duskward component of  $\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B}$  term became almost null in the vicinity of the magnetic neutral line. While near the separatrix layer which overlaps the plasma sheet boundary, it deviates considerably from zero.

Since the generalized Ohm's law is based on the equation of motion of fluid electron, we considered the frozen-in condition for electrons with this fluid equation. Further, it should be noted that the spacecraft data have their own properties, i.e., 12 sec time resolution data of magnetic and electric fields obtained by Geotail are averaged values of those obtained with 16 Hz or 32 Hz sampling rates. On the other hand, the hot plasma data is a superposed data over four spin periods, where a spin period is 3 sec and the LEP plasma instrument measures three-dimensional velocity distribution using the spin motion of the spacecraft. The Geotail may traverse the magnetic neutral line and magnetic diffusion region in a very short time.

Through a careful examination, we found that the term which can balance with the  $\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B}$  term is either  $[D\mathbf{V} \times D\mathbf{V}]$  or  $(m/n_e)([\mathbf{V}_i] - [\mathbf{V}_e])$  term, where we put  $\mathbf{V}_e = [\mathbf{V}_e] + D\mathbf{V}_e$ ,  $\mathbf{B} = [\mathbf{B}] + D\mathbf{B}$  and brackets  $[\ ]$  denotes the time-average over 12 sec along the spacecraft orbit. As for the vicinity of the magnetic neutral line, it seems that the wave electric field is too weak to maintain the anomalous resistivity to diffuse and merge the magnetic field lines. Also, the values of electron inertia term  $-(m/e) d\mathbf{V}_e/dt$  and electron pressure stress term  $-(1/n_e) \text{div } \mathbf{P}_e$  only takes non-zero value in the electron diffusion region whose scale length is the order of electron inertia length of about 100 km. Therefore the contribution of these two terms to the time average over 12 sec can be negligible, giving rise to the result that  $\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B} = 0$  which holds in the ion diffusion region as well as its vicinity. Thus the contradicting results obtained in our previous study can be theoretically understood.

これまでの学会講演において Geotail 衛星のプラズマ、磁場、電場のデータを用いて、一般化されたオームの法則の検証を行った成果について報告した。そこでは、興味深いことに、 $\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B}$  の夕方向成分について調べると、予想とは全く異なり、磁気中性線の近傍と思われる領域でゼロであり、そこから延びるセパトトリクス周辺（～プラズマシート境界層）において、著しくゼロからずれる結果が得られた。今回は、この矛盾した結果について解釈が得られたので報告する。

一般化されたオームの法則は、電子の流体方程式を基礎にしているので、本研究では、その式に基づいて考える。また、衛星で取得されたデータは、その性質を良く理解した上で、注意をして使用する必要がある。Geotail 衛星の 12 秒値データは、磁場、電場については、16 Hz あるいは 32 Hz でサンプリングを行ったデータを 12 秒間で平均したものである。また、プラズマ粒子データは、周期 3 秒の衛星のスピンの運動を利用して、空間的な掃引を行いながら、それを 4 周期分重ね合わせて作られたものである。この 12 秒の間に小さな空間スケールを持った磁気中性線は、時間変化を伴いながら衛星を通過してゆく。

以上のことを考慮して検討を行った結果、プラズマシート境界層において、 $\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B}$  とバランスする可能性があるのは、 $\mathbf{V}_e = [\mathbf{V}_e] + D\mathbf{V}_e$ ,  $\mathbf{B} = [\mathbf{B}] + D\mathbf{B}$ 、波動との等価的に衝突周波数を  $\omega$  として、 $[\mathbf{V} \times \mathbf{V}_e]$  の項あるいは異常抵抗と関連した  $(m/n_e)([\mathbf{V}_i] - [\mathbf{V}_e])$  であることが判明した。 ( $[\ ]$  は、衛星軌道に沿った 12 秒間の平均を表す。)

一方、磁気中性線近傍では、波動電場の強度が低く異常抵抗も効かないように思われる。電子慣性項  $-(m/e) d\mathbf{V}_e/dt$ 、また、電子圧力テンソルの発散を含む電子圧のストレス項  $-(1/n_e) \text{div } \mathbf{P}_e$  においても、12 秒間に衛星が電子の磁場凍結が解ける磁気中性線とその周囲の電子磁場拡散領域を通過する時間が短いため、その外側のイオン磁場拡散領域や、さらにその外側の近接領域における構造中で成り立つ関係を示しているように思われる。そこでは、電子の磁場凍結が良く成り立っているために、 $\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B} = 0$  という結果が得られると結論づけた。