

M47a 磁化プラズマ中の2種類の電場の役割

柴崎清登（太陽物理学研究所）

磁力線の運動を議論する際に問題となるのは磁力線の座標や速度が一意的に定義できない点である。一方解析力学的手法を用いて電磁場を扱う際には、一般化座標としてポテンシャル（ベクトルおよびスカラー）を用い、ラグランジアンから一般化運動量を求める。このラグランジアンを用いて、オイラー＝ラグランジュ方程式からマクスウェル方程式が導かれる。よってこの一般化座標と一般化運動量を用いて磁力線の運動が議論できる。今スカラーポテンシャルがないとすると、磁場の一般化座標はベクトルポテンシャルであり、一般化運動量は電場である。ベクトルポテンシャルの時間変化（ $= -$ 電場）が移流によるものであるとすると、移流方程式から電場は $E = -u \times B$ となる。ここで u は移流速度である。この関係は真空中でもプラズマ中でも同様に成り立つ。この電場と磁場により荷電粒子は $E \times B$ ドリフトをし、その速度は電荷や質量によらず移流速度と一致し、磁力線と荷電粒子群（プラズマ）はいっしょに運動することになるので磁場凍結と呼ばれる。

この電場とは独立にスカラーポテンシャルの空間微分による電場がある。こちらは磁力線の運動とは関係ないが、荷電粒子は同じ $E \times B$ ドリフト運動をするので磁力線を横切ってプラズマが運動する。スカラーポテンシャルは電荷密度の不均一性に起因し、交換型不安定性の際に生ずる。よって磁力線が繋ぎ換わらなくてもプラズマが大量に隣接する磁力線に拡散し、磁場凍結が解けた状態となる。この電場は一般的に磁場に沿った成分も持つので、磁力線に沿った粒子加速も期待される。