

M15a 熱的磁化プラズマにおける磁場と粒子系の結合

柴崎清登 (太陽物理学研究所)

熱的プラズマ中では、磁気モーメントを介して磁場と粒子系が強く結合している。粒子の運動に起因する磁気モーメント $M = - (P/B) b$ (P はガス圧、 b は磁場方向の単位ベクトル) は、磁場強度に反比例して磁場と逆方向を向いているので、熱的プラズマは非線形の反磁性体である。一方磁場 $B = \text{真空の透磁率} \times (H + M)$ でありまた M が B の関数なので、磁場は自己整合場である。これらのため磁性体中の古典電磁気学を熱的プラズマに適用する際には注意が必要である。まず透磁率が磁場に依存するので、 H と B を別々に扱う必要がある。また、空間に蓄えられる磁気エネルギーは、 $B^2/(2 \times \text{透磁率})$ というわけにはいかず、変分で定義しなくてはならない ($\delta U = H \cdot \delta B$)。磁場に直交する電場が存在する場合、電磁エネルギー流束 (ポインティングベクトル $S = E \times H$) が発生し、運動量 ($G = S/c^2$) も伴う。磁性体中では磁気モーメントに伴うエネルギー流束や運動量が発生するが、これらは隠れた流束/運動量 (hidden flux / momentum) と呼ばれる。熱的プラズマの場合、 $E \times B$ ドリフトがこれらを担う。エネルギー流束は、熱運動する粒子群のエネルギー (磁場に直交する面内の運動エネルギー) がドリフトによって運ばれることに対応する。運動量は、熱運動の相対論的效果によって増加した質量がドリフト運動することに対応する。