4Pp28

磁気面上静電ポテンシャル非一様性による非等方性駆動
An anisotropy generation by the electrostatic potential variations on the flux-surfaces

西村　伸
Shin NISHIMURA

核融合研
NIFS

トロイダルプラズマにおける磁気面上静電ポテンシャル非一様性による径方向輸送の可能性は既にトカマクレビュー論文[1]でも言及されているように古くから指摘されて来た。最近ではステラレータ/ヘリオトロンにおける不純物輸送への関心からもこの可能性が議論されている。本発表ではこのような非一様性を含む場合における Vlasov 演算子の速度空間積分且つ磁気面平均の量

$$\left\langle \int v^{2n}\left\{ \mathbf{v}\cdot\nabla - \frac{e_a}{m_a}(\nabla\Phi)\cdot\frac{\partial}{\partial\mathbf{v}} \right\} f_a \mathrm{d}^3\mathbf{v} \right\rangle, \quad (1)$$

$$\left\langle \int v^{2n} P_2\left(\frac{v_{\|}}{v}\right)\left\{ \mathbf{v}\cdot\nabla - \frac{e_a}{m_a}(\nabla\Phi)\cdot\frac{\partial}{\partial\mathbf{v}} \right\} f_a \mathrm{d}^3\mathbf{v} / B^k \right\rangle \quad (2)$$

の n=1,2, $k\sim-1$ を局所輸送近似無しで検討する。(最近のポテンシャル非一様性計算とそれに基づく径方向輸送フラックス計算の多くがこの近似に基づいているが、それではエネルギーバランスにさえ矛盾を生じる事も指摘する。) Eq.(1)は径方向輸送フラックスで決まる量であり、外部粒子・エネルギーソースと釣り合う。このバランスはポテンシャル非一様性が加わっても変わらない事を示す。

一方 Eq.(2)は、文献[2]に示されるような Vlasov 演算子と非等方緩和衝突項の釣り合いにより磁気面平均としての速度分布非等方性の自発形成となる。ポテンシャル非一様性が無ければこの Eq.(2)は Eq.(1)と同程度オーダーでしかなく、通常この非等方性形成は無視されている。しかしポテンシャル非一様性があれば、そのオーダーをはるかに超えた量となり非等方性駆動が無視できない。一定以上非等方度が大きくなれば非線形エネルギー散乱[3]すら起こり始め磁気面平均速度分布関数は著しく Maxwell 分布から外れてしまう事になる。原因となるのは磁力線方向加減速項$(\mathbf{b}\cdot\nabla\Phi)\partial f_a/\partial v_{\|}$に速度分布の三次の Legendre 展開成分が入る事なので、平均自由行程が Pfirsch-Schlueter 領域なら深刻ではないが、平均自由行程がそれより長い場合に注意すべきである。

[1] S.P.Hirshman and D.J.Sigmar, Nucl.Fusion **21**,1079 (1981)
[2] S.Nishimura, Phys.Plasmas **25**, 042509 (2018)
[3] S.Nishimura. ITC27, P1-86 (2018)