

トロイダル回転に伴うタングステンイオンの
ピンチ速度の評価と輸送解析

**Evaluation of pinch velocity induced by toroidal rotation and transport
analysis of tungsten ion**

松浦圭佑¹, 藤田隆明¹, 岡本敦¹, 林伸彦², 本多充², 星野一生³, 仲野友英²
Keisuke Matsuura¹, Takaaki Fujita¹, Atsushi Okamoto¹, Nobuhiko Hayashi², Mitsuru
Honda², Kazuo Hoshino³, Tomohide Nakano²

¹名古屋大学大学院工学研究科, ²量子科学技術研究開発機構, ³慶應義塾大学
¹ Nagoya Univ., ² QST, ³ Keio Univ.

JT-60Uではプラズマのトロイダル回転がプラズマ電流と反対の場合、トロイダル回転の増加に伴って不純物のプラズマへの蓄積量が増加することが観測されている。この現象の説明のため、ドリフト軌道に沿う価数変化に起因するPHZピンチ、径電場による軌道変化とクーロン衝突に起因するErピンチが提唱された[1]。先行研究で軌道計算に基づいて磁気面からの軌道のずれやゆがみを計算し、それらからPHZピンチ、Erピンチを計算するコードが作成された[2]が、磁気軸近傍で正しい軌道計算となっていなかった。そこで本研究では、軌道計算式を見直し磁気軸近傍でも軌道計算が行えるように改良を行い、改良したコードを用いてピンチ速度の評価およびタングステンの輸送解析を行った。

以前は (r, θ, ϕ) 座標系を用いていたが、現在は (R, Z, ϕ) 座標系で計算を行っている。これによって磁気軸 $(r = 0)$ 近傍で発散する項がなくなり、磁気軸近傍での計算が可能になった。また、無視していたポロイダル磁場とトロイダル磁場の比の2次の項、 $E \times B$ ドリフト速度の軌道上の変化を考慮している。

図1は、JT-60Uにおけるトロイダル回転速度が大きい場合 $(v_t = -174 \frac{\text{km}}{\text{s}})$ のPHZ、Erピンチの径方向分布の比較で、以前の計算では $r/a \leq 0.1$ のピンチ速度は小半径に比例するとしている。新しい計算ではほとんどの領域で以前のものよりもピンチ速度が増加しているが、これは新しく導入したコリオリ力によるドリフトによって粒子が捕捉され易くなり、軌道のずれやゆがみが大きい捕捉粒子が増加したためである。磁気軸近傍ではErピンチの値が正になっている。捕捉粒子に対するErピンチは軌道の反射点を通る磁気面からの軌道のゆがみ(非対称性) Δ_2 から評価しており、磁気

軸近傍以外では軌道が縮む $(\Delta_2 < 0)$ 方向にゆがんでいるが、磁気軸付近では軌道が膨らんでいる $(\Delta_2 > 0)$ ためである(図2)。この原因についてはこれから検討していく。

講演ではタングステン蓄積のシミュレーション結果、ピンチ評価の改良による変化についてさらに詳しく報告を行う予定である。

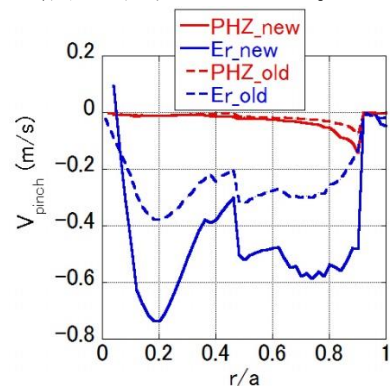


図1 $v_t = -174 \text{ km/s}$ PHZ、Erピンチ速度の以前の式との比較

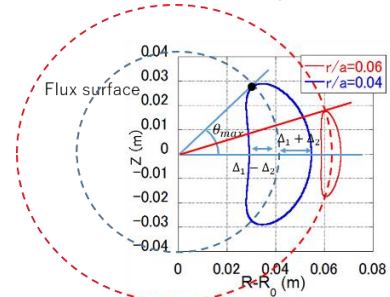


図2 $\frac{r}{a} = 0.04$ (ゆがみ幅 $\Delta_2 = 0.0033 \text{ m}$),
 $\frac{r}{a} = 0.06$ ($\Delta_2 = -0.00050 \text{ m}$)の軌道(実線)と
反射点を通る磁気面(点線)

[1] K.Hoshino, Nucl. Fusion 51,083027 (2011).

[2] Y. Shimizu *et al.*, Plasma Fusion Res. 11, 2403082 (2016)