

ダブル・パルス同軸ヘリシティ入射で観測される
球状トーラスの流れのある2流体平衡
**Two-fluid Flowing Equilibria of Spherical Torus
Observed in Double Pulsing Coaxial Helicity Injection**

神吉隆司¹⁾, 松本圭祐²⁾, 永田正義²⁾
Takashi KANKI¹⁾, Keisuke MATSUMOTO²⁾, Masayoshi NAGATA²⁾

¹⁾海上保安大, ²⁾兵庫県立大院工
¹⁾Japan Coast Guard Academy, ²⁾University of Hyogo

これまで同軸ヘリシティ入射 (CHI) は, スフェロマックや球状トーラス (ST) における有効的な電流駆動と電流立ち上げの方法として使用されてきた. 近年, 高ベータ閉じ込めと定常化を両立させる方策として, 再磁束注入法と呼ばれるマルチ・パルスCHI入射 (M-CHI) 法が提案されている. これは, ダイナモによる磁気面の乱れによって生じる閉じ込めの劣化を許容する磁束注入 (電流駆動) 過程と, 高閉じ込めモードを保持するプラズマ減衰過程を間欠的に繰り返すことで準定常運転を行う方法であり, スフェロマック実験に取り入れられ, 閉じ込め性能の改善と準定常維持の両立が実証されている. 最近, その結果を踏まえ, M-CHI 法をST装置HISTに適用し, その有用性を調べている. HISTでのダブル・パルスCHIでは, 最大80kA程度のトロイダル電流の生成と抵抗減衰に対して8ms程度の伸長したプラズマ寿命の実験結果を得ている. また, 電流駆動と関連した磁場とフローの揺動 (ダイナモ電場), オープン磁束コラム (高 λ) からコア領域 (低 λ) へのヘリシティ輸送を観測している. 特に高トロイダル磁場側で通常のトカマクでは見られない急峻な負の密度勾配とそれに伴うイオン反磁性ドリフトによる強いポロイダル・シアフローとホール・ダイナモ電場を観測し, 2流体効果が顕著に現われていることが示唆されている.

上記の特徴を有する2流体ST平衡配位は存在するのか, 存在するとすれば, それを再現することによって, その平衡の性質等を調べることは, STの2流体緩和機構の解明にとって重要である. そこで, プラズマ密度が不均一な場合の2流体モデルによる2次元平衡の定式化を行い, 同平衡を数値的に解くコードの開発を行った. 2流体平衡方程式は特異摂動問題となり, 特異性を取り除く方法として, *nearby-fluids* オーダリ

ングという手法を導入している. HISTの境界形状の近い領域での平衡計算結果の一例を以下に示す. 図1は, 一般化されたオームの法則 $\mathbf{E} + (1/\epsilon)\mathbf{u}_i \times \mathbf{B} + \mathbf{F}_{2F} = 0$ の各項のミッドプレーンにおける分布を示している. ここで, ϵ は2流体パラメータであり, イオンの慣性の効果を表す. また, \mathbf{F}_{2F} は2流体効果を表す項であり, イオンの反磁性効果 $-\nabla p_i / n$ と慣性効果 $-\mathbf{u}_i \cdot \nabla \mathbf{u}_i$ を生じる項, 別の表し方をすると, 電子の圧力勾配効果 $\nabla p_e / n$, ホール効果 $-(\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B} / n$ から構成される. ローレンツ力 $(1/\epsilon)\mathbf{u}_i \times \mathbf{B}$ と2流体効果 \mathbf{F}_{2F} がほぼ釣り合っており, 1流体MHDの近似が破綻していることが分かる. 2流体効果 \mathbf{F}_{2F} の内訳を見ると, イオンの反磁性効果, ホール効果, 及び電子の圧力勾配効果が支配的であることが分かる. 磁場, 電流密度, フロー速度, 密度, 温度, 静電ポテンシャル等の分布の詳細は, 講演にて報告する.

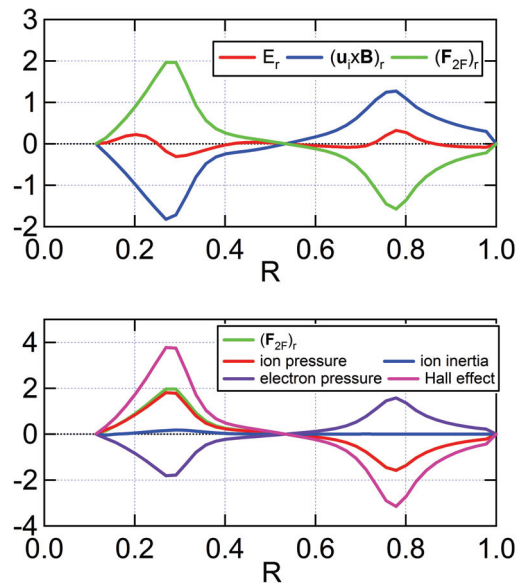


図1 ミッドプレーンにおける一般化されたオームの法則の径方向バランスの径方向分布