

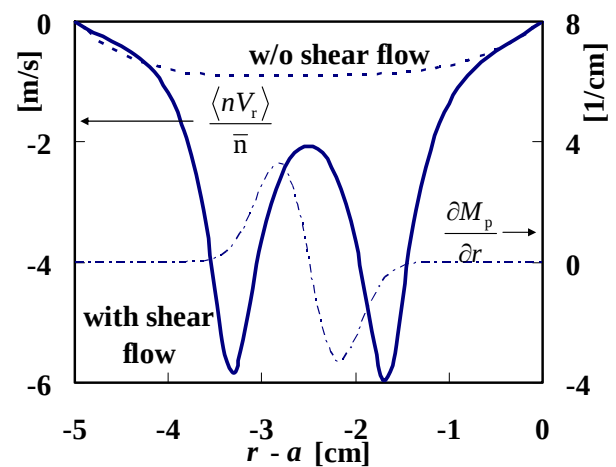
糟谷直宏、伊藤公孝、高瀬雄一¹⁾
核融合研、東大新領域¹⁾

KASUYA Naohiro, ITOH Kimitaka and TAKASE Yuichi¹⁾
NIFS, Univ. Tokyo¹⁾

トカマクにおける H モードでは、急峻な構造形成とそれに伴う乱流輸送の抑制が閉じ込め改善に寄与をしていると考えられ、この立場に立って多種の閉じ込め改善現象が研究されている。一方で H モードのような大きなポロイダル流が存在する場合、ポロイダル方向にショック状不均一構造が形成されることが理論的に示唆されている。ポロイダル電場は径方向の対流的な輸送をもたらす。そのため、改善閉じ込めを定量的に評価するには径方向のみならず、ポロイダル方向も含めた急峻な構造形成機構を統合的に理解する必要があるが、多次元構造については従来ほとんど研究がなされていない。トカマクにおいてポロイダル流が存在する時の二次元的な電場構造の解析をし、流れのシアがもたらす構造形成機構について考察する。

本研究では、運動量保存則を密度のポロイダル摂動が $O(\varepsilon^{1/2})$ であるとしてポロイダルマッハ数 ~ 1 で展開した式に、流速の二階微分に比例するシア粘性項を加えたモデルを用いる。シア粘性項が径方向とポロイダル方向の結合を与える。この非線形偏微分方程式をプラズマ端近傍の領域で、径方向にシアがあるポロイダル流のもとで解くことで、ポロイダル方向に局在化した急峻な電場構造(ポロイダルショック構造)と径方向に急峻な構造が競合する場合の二次元構造が求まる。次のような解析結果を得た。

シア粘性が強い場合、粘性項に特徴的な径電場構造が形成され顕著なショックは現れない。シア粘性が弱い場合、径方向の結合が弱くなるので、それぞれの磁気面内でポロイダル流速に応じたポロイダルショック構造が形成される。実験的に観測されるであろう状態はシア粘性の大きさが中間的な領域にある。この領域ではポロイダル電場の最大値は粘性係数に反比例する。また、密度の極大値も粘性定数を小さくしていくと $\theta = \pi$ (トカマク強磁場側) から $\theta = 0.3\pi$ (トカマク上部) へとそのポロイダル位置が変化する。ポロイダル流のシアがない場合でもポロイダル構造は形成されるが、シア流が存在するとさらに急峻なものとなる。電極バイアス H モード時の電位摂動 $\Delta\Phi$ はシア層中心部で平均電位の 10% を超える。ポロイダル電場からもたらされる径方向を向く $E \times B$ 流の磁気面平均量は流れにシアがない場合でも ~ 1 [m/s] の内向きの対流をもたらし、流れにシアがある場合はシア領域でさらに大きくなる(図)。プラズマ端部近傍の密度分布を決定するに十分な大きさであり、この対流的輸送が改善閉じ込め時の輸送障壁における急峻な密度分布を形成する要因となりえる。



図：ポロイダル流にシアがある時(実線)とシアがない時(点線)の径方向流速。鎖線はポロイダルマッハ数 M_p の勾配の分布を表す。