

3 次元的な構造を持つ周辺磁場配位におけるプラズマ輸送特性の解析と可視化

核融合研 小林政弘

プラズマの閉じ込め領域とプラズマと壁との接触部をできるだけ離して設置することを目的として、ダイバータ配位が考案されその後のトカマク型装置の進展に大きく寄与してきた。トカマクの X 点配位の場合、ダイバータに導かれる開いた磁力線の長さは SOL 領域にわたってほぼ一定となる（数十メートル）。一方で、プラズマ立ち上げ時などでトロイダル方向に不連続なリミターを用いた場合や、LHD のようなヘリオトロン配位では磁力線の構造は大きく変わる。前者の場合には、磁力線のピッチ角分布（磁力線のシア）とリミターの配置間隔との関係から、リミターに $\sim 2\pi Rq$ で差交する磁力線と、そうでない磁力線（有理面、接続長無限大）が混在する（図 1）。後者の場合には、磁気島の重なりによりエルゴディック層と呼ばれる領域が形成され、磁気島の中心部ではほぼ無限大となり、セパトリス近傍の磁力線は統計的な軌道を描いてダイバータに接続する。特にエルゴディック層の外側では強いシアによって磁力線の引き伸ばし、折りたたみが繰り返され、長短の磁力線が混在する領域が形成される（edge surface layers, あるいは laminar region）（図 2）。このような磁場配位が周辺プラズマ輸送に及ぼす影響として、以下のことについて報告する。1. 長短それぞれの磁力線で垂直方向のエネルギー流入と平行方向のエネルギー損失のバランスの結果、トロイダル方向に不連続なリミターは、（接続長無限大の磁力線があるにもかかわらず）連続的なリミターのように働く。2. 磁力線に垂直方向の運動量損失によって、磁力線に平行方向の圧力保存が破られ、結果としてリサイクリングを抑制する。3. エルゴディック層により低温・高密度のプラズマが半径方向に厚みを持って（ \sim 十センチ）形成され、これが不純物遮蔽として機能する。

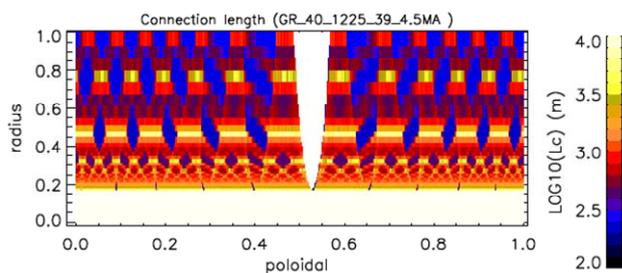


図 1 ITER プラズマ立ち上げ時の磁力線接続長分布

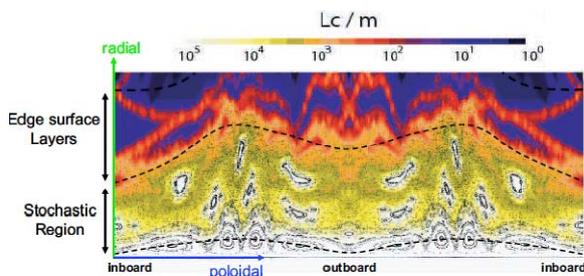


図 2 LHD の周辺部の磁力線接続長分布