

■ ITPA(国際トカマク物理活動)会合報告(74)

分野:「輸送と閉じ込め物理」

開催日: 2020年6月29日～7月3日

場所: リモート会議

担当委員: 井戸毅(九大), 田中謙治(核融合研), 田村直樹(核融合研), 本多充(量研), 成田絵美(量研), 吉田麻衣子(量研), 今寺賢志(京大)

(下線は当該グループの会合への出席者を示す)

次回会合の予定(開催日程, 開催場所)を以下に示す。

会合名	開催日程	開催場所
輸送と閉じ込め物理	2020年10月19日～23日	リモート会議

第24回となる本会合は、当初3月23～26日の日程でドイツ、ガルヒンで開催される予定であったが、新型コロナウイルス感染症の影響のため全セッションリモートで行われ、57名(日本5名、欧州33名、米国10名、中国4名、韓国2名、ITER機構3名)が参加した。会合では、不純物輸送、Iモードプラズマ特性、閉じ込めデータベースの改訂、準線形輸送モデルの最新状況、LOC/SOC現象、ニューラルネットワークモデルによる第一原理シミュレーションを模擬するモデリング、ペレット入射時の粒子輸送、最外殻磁気面近くのLモード輸送、イオンと電子の臨界温度勾配と分布硬直性のセッションが設けられた。これらのセッションに加えて、ITER Physics Basisの改定に関して議論が成され、適切なレビュー論文が出版又は準備されているトピックに関しては、それらレビュー論文を概観するに留め、ITERに特化した研究については大きく紙面を割き、トピックごとに比重を変えるべきだという意見が挙げられた。

不純物輸送のセッションでは、タングステン(W)輸送について、ASDEX Upgrade(AUG), JET, WESTから報告があった。AUGでのELM周波数の増加やECHによる中心加熱によりW蓄積が抑制される結果を基に、ITERにおけるW蓄積が評価された。WESTでは窒素を入射するとW蓄積が減少することが報告された。full-fジャイロ運動論コードGYSELAによる数値計算からは、乱流がポロイダル断面における不純物の蓄積の非対称性を引き起こし、その影響はWのように質量が大きいほど顕著であることが示された。

閉じ込めデータベースの改訂のセッションでは、金属壁の装置やITER相似運転のデータを加えた拡張データベースを用いてITER閉じ込め性能を評価すると、今までのスケールに比べ20%程度低くなることが示された。本セッションは論文を執筆し終了となる。

準線形輸送モデルの最新状況のセッションでは、ジャイロ流体モデルTGLFの磁場形状に関する因子の修正や、準線形モデルQuaLiKizの衝突演算子の改良が報告された。これらの新しいモデルを用いた結果は、最外殻磁気面近くのLモード輸送のセッションで紹介された。ITERの初期のPFPO-1(Pre-Fusion Power Operation 1)フェー

ズで予定されているECH実験を想定したAUGの温度分布の予測精度は、TGLFの磁場形状に関する因子の修正によって特に周辺部で向上することが報告された。また、JETの最外殻磁気面付近を想定した条件下において、ジャイロ運動論コードGENEが予測する捕捉電子モード(TEM)のQuaLiKizによる再現性が、新しい衝突演算子の利用によって改善することが報告された。

LOC/SOC現象のセッションでは、今までの活動内容のまとめが報告された。Alcator C-ModやAUG等の複数の装置では、LOCからSOCに遷移する際に、トロイダル回転方向の反転が観測されている。複数の装置データを用いたLOC/SOC遷移閾値スケールリング構築や、揺動計測及び乱流安定性解析をもとに物理機構の議論がなされた。本セッションは論文を執筆し終了となる。

ニューラルネットワークモデルによる第一原理シミュレーションを模擬するモデリングのセッションでは、JT-60U実験とジャイロ運動論コードGKWに基づく輸送モデルDeKANISの乱流揺動の飽和則の改良が示された。また、QuaLiKizを模擬するQLKNNの開発については、乱流粒子・熱流束が生じる密度・温度勾配の閾値を陽に表現するニューラルネットワークモデルやJETの実験データに対するQuaLiKizの2千万点を超える計算結果の学習などが紹介された。学習データやニューラルネットワークの構造に違いはあるものの、DeKANISとQLKNNは共にTGLFやQuaLiKizなどと比べて3～5桁速く、それぞれJT-60UとJETの温度・密度分布を良く再現することが示された。

ペレット入射時の粒子輸送のセッションでは、AUGにおいてペレットによりプラズマコア部のグリーンワルド密度比が1.5を越えたが、閉じ込め改善度は0.76となり、高密度かつ高閉じ込め性能の同時達成はならなかったことが報告された。また、重水素プラズマに軽水素ペレットを入れた場合、軽水素の割合(H/(H+D))は0.4まで制御できること、侵入長の同位体依存性はないことが報告された。

イオンと電子の臨界温度勾配と分布の硬直性のセッションでは、ジャイロ運動論コードGKVによる電子・イオンスケール乱流間のマルチスケール相互作用を考慮したシミュレーションから、電子スケールの電子温度勾配(ETG)モードの存在によってイオンスケールのTEMが抑制され、その抑制効果は軽水素よりも重水素のプラズマで強くなることが示唆された。また、JETとAUGの実験において電子温度勾配が比較的急峻な領域では電子温度分布の硬直性が高く、その要因としてETGの影響が示唆された。

本会合は参加極間の時差を考慮し、全参加者の負担を軽減するよう、1日あたりの会議時間を6時間程度に短縮し、開催期間を4日から5日に延長するという工夫がなされた。しかし、日本時間では夜8時頃から翌日深夜2時近くまでの会議となり、東アジアからの参加者には厳しい会議期間であった。次回会合も全セッションリモート開催であり、同様の時間帯が予定されている。

(原稿受付日: 2020年7月30日)