

京都大学教育研究振興財団助成事業  
成 果 報 告 書

平成 30年 11月 6日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 藤 洋 作 様

所属部局・研究科 工学研究科

職 名・学 年 博士課程1年

氏 名 山本 泰弘

助 成 の 種 類	平成 30 年度 ・ 在外研究助成		
研 究 課 題 名	ヘリカルプラズマにおける電子サイクロトロン加熱のトロイダル流への影響		
受 入 機 関	ウィスコンシン大学マディソン校 HSXプラズマ実験室		
渡 航 期 間	平成 30年 9月 12日 ~ 平成 30年 10月 9日		
成 果 の 概 要	タイトルは「成果の概要／報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( )		
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	476,000円	
	使用した助成金額	476,000円	
	返納すべき助成金額	0円	
	助成金の使途内訳	渡航費	145,360円
		現地交通費	31,320円
		滞在費	299,320円
当財団の助成について	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) この度の助成金を頂き、ありがとうございました。本助成は渡航費のみではなく滞在費にも当てることができ、学振等の他の予算を持たない私にとっては大変ありがたかったです。今回の経験を糧にし、これからの研究に邁進していきます。重ねて御礼申し上げます。		

## 成果の概要 / 山本泰弘

貴財団の助成による支援を受け、アメリカ合衆国にて Wisconsin 大学 Madison 校との共同研究を行いましたので、ここに報告いたします。

本研究の目的は、電子サイクロトロン加熱 (ECH) によって生じるトロイダル流の駆動機構を解明することである。トロイダル流は乱流の低減等によりプラズマの閉じ込め改善において重要であることが知られている。また、近年 JT-60U や HSX, LHD など様々なトカマク装置やヘリカル装置において、直接トロイダル方向への運動量を与えない ECH によって駆動される自発的トロイダル流が観測されている。自発的トロイダル流はこれまで乱流理論など様々なモデルが提案されてきているが、このトロイダル流駆動を十分に説明できていない。我々はこれまでの研究において、5次元位相空間ドリフト運動論方程式を解くことができる GNET コード[S. Murakami, Nucl. Fusion, 2000]を用いて、トロイダル流を駆動する上で重要となる  $J \times B$  トルクと摩擦トルクを評価可能にし、国内の大型ヘリカル装置 (LHD) においての実験結果の検証を行ってきた。

Wisconsin 大学では、準対称ヘリカル装置 HSX を用いた先進的な実験が行われており、ヘリカル型磁場配位による核融合炉研究において重要な研究成果が得られている。近年、HSX においても ECH に関連するトロイダル流が観測されている。HSX ではヘリカル方向に準対称性をもつ QHS 配位や対称性を崩した Mirror 配位など、いくつかの磁

場配位をとることができる。QHS 配位では対称性により粘性が小さいため Mirror 配位よりも大きなトロイダル流が得られると予想されていた。しかしながら、実験結果では QHS 配位よりもミラー配位の方が大きなトロイダル流が観測されている。我々はこの結果においても  $J \times B$  トルクが重要であると考え、共同実験によって検証を行うことにした。今回の共同研究には大きく 2 つの目的があり、1 つ目は異なる条件でトロイダル流計測の実験を行い、シミュレーションとの比較検証を行うことである。2 つ目はシミュレーションで得られたトルクを用いて、粘性を考慮に入れた流速計算を行うことである。

今回の在外研究ではこれまでの HSX 実験における計測結果を得て、QHS・Mirror それぞれの磁場配位におけるトルクの計算を行った。実験結果との比較からプラズマはヘリカル対称な方向に流れることが分かり、トルクを 2 次元的に考える必要があることが分かった。残念ながら、本滞在中の実験では流速を計測するために十分な条件のプラズマを得ることができず、新たな実験結果を得て比較をすることはできなかったが、過去の実験結果について議論し様々な知見を得ることが出来た。さらに、実験によって流速のパラメータ依存性を得る予定であったので、シミュレーションにおいてもトルクの密度依存性や温度依存性を調べた。結果としては、 $J \times B$  トルクにおいては衝突周波数と径方向のドリフト速度が重要となり、Mirror 配位ではドリフト速度の違いによって QHS 配位よりも密度・温度依存性が小さいことが明らかになった。

また、我々のトルク計算と共同研究先の粘性計算を組み合わせることで ECH によって生じる流速の計算を行う予定であったが、在外研究中にプログラムの整備が間に合わず、ECH によって生じる径電場変化による影響のみを考慮に入れた計算を行った。これまでの流速計算では Mirror 配位では観測結果よりも小さい結果が得られていたが、ECH の効果を入れることによって実験結果と比較的よい一致を示した。今後、トルクの影響を加えるといったさらなる発展が必要である。

これまでの共同研究では、実験結果のデータを私の指導教員が受け取り、私はそのデータについて指導教員と議論するだけであった。しかし本在外研究によって、グループとして研究対象に取り組むことができ、今まで曖昧であった部分を実験グループと議論し、これまで知らなかった情報や今後注目すべき点を得ることが出来た。また、これまでシミュレーション研究を行ってきた私にとっては、実験の難しさを認識する良い機会となった。

最後に、在外研究の機会を与えてくださった貴財団に心から御礼申し上げます。本助成がなければ今回の滞在はありえず、実験に関する知見や繋がりを得ることはできませんでした。改めて感謝申し上げます。