

内部導体トラス装置 Mini-RT における ヘリコン波による高密度プラズマ生成実験計画

Preparation of high density plasma produced by helicon wave in internal coil torus device Mini-RT

竹本卓斗, 末吉孝充, 郭栄治, 森川淳二, 小川雄一

Takuto TAKEMOTO, Takamitsu SUEYOSHI, Eiji KAKU, Junji MORIKAWA, Yuichi OGAWA

東京大学新領域創成科学研究科

Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

ヘリコン波を用いたプラズマ生成では、比較的弱いパワーで高密度プラズマが生成できるため、プロセスプラズマやプラズマ推進の分野で積極的な利用が行われてきた。しかし、核融合を対象とした研究は限られており、トラス装置における実験は少ない。また、ヘリコン波が高密度プラズマを生成する機構については、ヘリコン波からモード変換によって励起する TG 波 (Trivelpiece-Gould 波) の強い衝突減衰によるものであると一般には考えられているが、TG 波はこれまで直接計測されていない。

Mini-RT 装置は磁気圏型の磁場配位をもつトラス装置であり、電子温度がそれほど高くないためプローブ計測が可能である。そのため、核融合プラズマへの応用を意識したトラス型ヘリコンプラズマやヘリコン波の基礎研究に向いている。Mini-RT 装置では、現在ヘリコン波による高密度プラズマ生成およびヘリコン波研究の計画を進めている。電磁場計測では、ヘリコン波のみでなく TG 波の直接計測にも挑戦していくつもりである。

一般的にヘリコン波励起用として知られるアンテナのうち、Mini-RT 装置の磁場配位に適用可能な形状として、図 1 に示すように Nagoya type III (実線) とループ型 (破線) のアンテナ設計を行った。インダクタンスが小さく整合が取りやすいと考えられるため、まずは Nagoya type III を作成した。アンテナは矩形をしており、図 1 のようにプラズマを覆うかたちで設置される。実際に作成したアンテナを、図 2 に示す。直流抵抗が $50\text{ m}\Omega$ 、自己インダクタンスが $0.7\text{ }\mu\text{H}$ 程度である。電源周波数の 13.56 MHz または 27.12 MHz では、抵抗が $0.3\text{--}0.5\text{ }\Omega$ 程度になり、準備中の整合器の整合範囲内 ($0.5\text{--}5.0\text{ }\Omega$) である。また、プラズマとカップリングした場合のインダクタンス計算から、カップリング係数が 0.4 以上であれば、これも整合範囲内 ($0.1\text{--}1.0\text{ }\mu\text{H}$) になると期待される。

作成したアンテナでプラズマ中に励起する電磁場を、FDTD 法 (時間領域差分法) によって計算した。計算結果として、Mini-RT プラズマ断面上の波の x 方向 (横軸) 電場成分を図 2 に示す。×印がアンテナの位置を表しており、右下のプラズマ境界付近で波長の短い波が励起していることが確認できる。この波はプラズマ中心に向かう矢印の方向に伝搬している。この x 方向成分と同様の波が z 方向 (縦軸) にも励起しているため、電場は伝搬方向に平行であり、この波は静電波である TG 波だと考えられる。また、伝搬方向も TG 波のものと一致している。

現在は、プラズマ生成に向けた準備を進めると同時に、ヘリコン波計測のためのピックアップコイルの準備を進めている。まずは、ヘリコン波による密度ジャンプを確認し、回転電場、各方向の磁場成分を計測していく予定である。

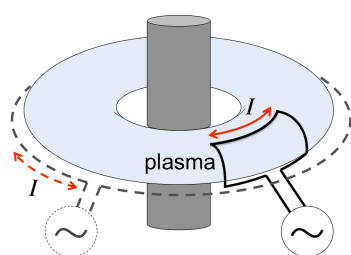


図 1: アンテナの配置

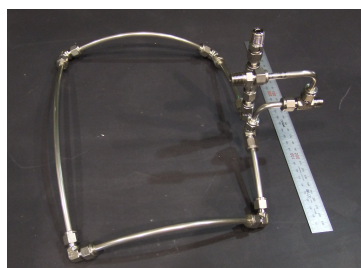


図 2: 製作したアンテナ

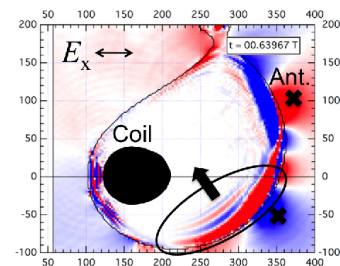


図 3: プラズマ断面上の電場成分