

JT-60Uにおけるイオンサイクロトロン放射を駆動する
高速³Heイオンの速度分布

Investigation of fast ³He ion velocity distribution driving ion cyclotron emission
on JT-60U

隅田脩平¹, 篠原孝司², 池添竜也³, 市村真¹, 坂本瑞樹¹, 平田真史¹, 井手俊介²
S. Sumida¹, K. Shinohara², R. Ikezoe³, M. Ichimura¹, M. Sakamoto¹, M. Hirata¹ and S. Ide²

¹筑波大プラズマ研, ²量研, ³九大応力研
¹PRC, Univ. Tsukuba, ²QST, ³RIAM, Kyushu Univ.

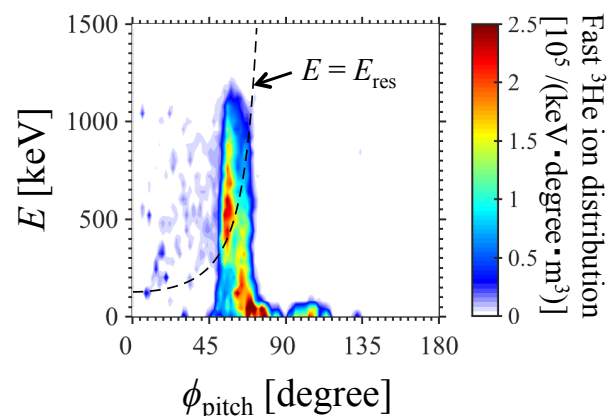
イオンサイクロトロン放射(ICE)の励起機構の候補として、磁気音波型サイクロトロン不安定性(MCI)が理論から指摘されているが、実験と比較した研究は少なく、特定には至っていない。MCIは高速イオン速度分布の勾配(非等方性や反転したエネルギー分布構造)により、イオンサイクロトロン共鳴条件下で不安定化する[1]。JT-60UではDD核融合反応により生成された高速³Heイオンに起因すると考えられるICE(³He)が観測されており、分散の観点からその励起機構がMCIであることが示唆されている[2]。そこで本研究では、高速³Heイオン速度分布の観点からICE(³He)の励起機構を明らかにすることを目的とする。軌道追跡コードOFMCで高速³Heイオンの速度分布を評価し、ICE(³He)の観測有無で比較することで、JT-60Uで観測されたICE(³He)を駆動する速度分布の特徴を明らかにし、その励起機構がMCIと矛盾しないか調べた。

JT-60Uにおいて³Heイオン発生量が多い時間帯にもかかわらず、ICE(³He)が消失する様子が観測された(放電E48473)。そこで、ICE(³He)が励起されると考えられる低磁場側最外殻磁気面近傍にて、高速³Heイオンの速度分布を評価した。ここでは、ビーム・サーマル核融合生成³Heイオンの生成エネルギーの散乱角依存性を考慮して評価している。図1にICE(³He)が(a)観測された時間帯と(b)消失した時間帯において低磁場側最外殻磁気面近傍で評価した高速³Heイオン速度分布を示す。ICE(³He)の観測有無によらず、両方の速度分布ともに狭いピッチ角幅であり、非等方性を有する。観測された時間帯では、反転エネルギー分布が形成される。図中の E_{res} は、イオンサイクロトロン周波数帯(ICRF)アンテナで計測されたICE(³He)の周波数とトロイダル波数及び低磁場側最外殻磁気面でのイオンサイクロトロン周波数から見積もった、サイクロトロン共鳴条件を満たすエネルギーを表している。 E_{res} は反転エネルギー分布の正の勾配を持つ領域を通過しているため、この分布は共鳴条件を満たすことができる。その一方で、消失した時間帯では、平坦に近いエネルギー分布が形成される。

そのため、ICE(³He)の駆動には共鳴条件下での急峻な反転エネルギー分布が必要であることが示唆された。これはMCIの不安定化機構と矛盾しない。

本講演では高速³Heイオンの速度分布の解析結果に加えて、反転エネルギー分布の勾配がMCIの成長率に与える影響についても報告する。

(a) with ICE(³He)



(b) w/o ICE(³He)

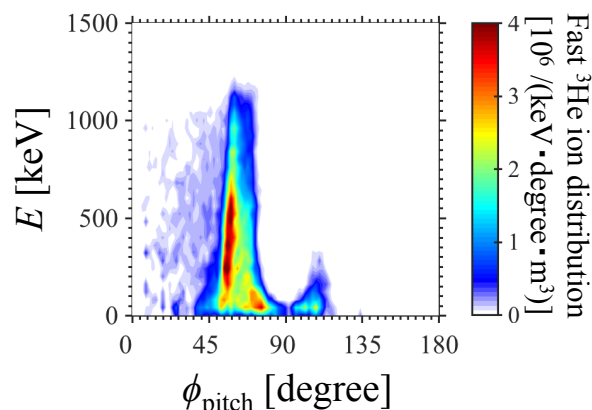


図1. 放電E48473における、ICE(³He)の観測(a)有りと(b)無しの時間帯で評価された低磁場側最外殻磁気面近傍の高速³Heイオン速度分布。縦軸と横軸はそれぞれエネルギーとピッチ角である。 E_{res} は実験観測結果から見積もったサイクロトロン共鳴条件を満たすエネルギーを示している。

[1] R. O. Dendy *et al.*, PoP **1**, 1918 (1994).

[2] S. Sumida *et al.*, JPSJ **86**, 124501 (2017).