

ヘリオトロン J 装置における
乱流および長距離相関現象に対する水素同位体効果
Isotope effect on turbulence and long range correlation in Heliotron J

大島慎介¹, 元嶋誠², 岡田浩之¹, 小林進二¹, 山本聡¹, 門信一郎¹, 南貴司¹, 長崎百伸¹,
釧持尚輝³, 大谷 芳明², 呂湘浚², 木島滋¹, 水内亨¹
S. Ohshima, M. Motoshima, H. Okada, S. Kobayashi, et al.

京大エネ理工研¹, 京大エネ科², 東大新領域³
IAE, Kyoto Univ.¹, GSSES, Kyoto Univ.², GSFS, Univ. Tokyo³

重水素ガスによる閉じ込め性能の改善、いわゆる水素同位体効果を説明する仮説として、乱流輸送、及びそれを低減する帯状流の振る舞いが水素/重水素(H/D)によって異なることを原因とする可能性が注目されている。幾つかのトラス装置においてH/Dの同位体比（以下H/D比）を変えることでトロイダル方向の長距離相関現象（帯状流）の挙動が異なる事が報告されている。例えば、TEXTORをはじめとするトカマク装置においては、D₂ガスの割合増加に従い帯状流による長距離相関・揺動強度の増大が見られており、Dプラズマの閉じ込め性能の改善に寄与していることが考えられる。これは従来の同位体効果による閉じ込め改善の傾向と一致している。一方、ヘリカル装置TJ-IIステラレータでは、逆の傾向が観測され、三次元磁場配位における帯状流の強い減衰に起因すると議論されている。磁場配位や磁場の三次元性の影響は、乱流・帯状流の挙動も含めた閉じ込め性能の同位体効果にも表れる問題であることを示唆しており、将来の核融合の炉設計においても重要な要素となる可能性がある。

ヘリオトロン J 装置における低密度ECHプラズマにおいては、最外殻磁気面周辺でトロイダル方向に長距離相関を有する対象な電場揺動（帯状流）が観測される。2組のプロブを用いて、それらの相互相関から時空間構造を調べた例を図1に示す。この揺動は相関長が~ cmオーダーで、径方向外側に伝搬している。信号間のコヒーレント成分から実効的な揺動強度を調べると、およそ実質的に2 cm程度の範囲に局在し、帯状構造を有している。また、長距離相関揺動は乱流との相互作用していることがバイコヒーレンス解析、二次元PDF解析によって確認されている。

長距離相関現象のH/D比に対する依存性を調べた結果、重水素の比率の増加に伴ってトロ

イダル方向の長距離相関および揺動強度が増大することが観測された（図2）。これはTEXTORトカマクで報告された結果と一致しており、重水素プラズマにおいて乱流輸送・閉じ込め性能が改善されることが期待される。しかしながら、同じヘリカル装置であるTJ-II装置とは逆の傾向を示している。乱流揺動特性の応答としては、重水素が支配的になるにつれ、周波数スペクトルは大きく変わらないものの、バイコヒーレンス解析において非線形結合の増大が観測され、帯状流の増大との関係が示唆された。

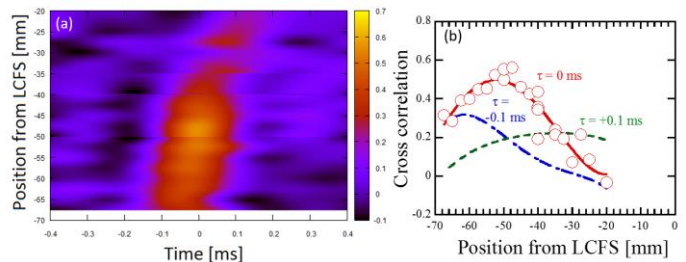


図1. 相互相関法によって得られた長距離相関の時空間構造。

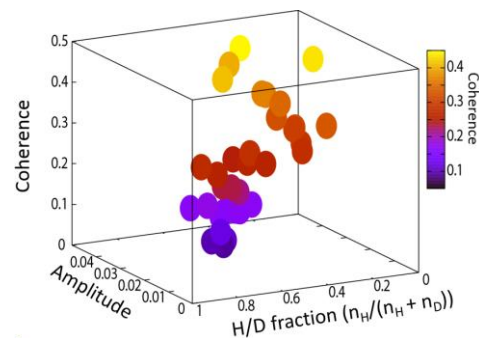


図2. H/Dの割合に対する長距離相関の依存性

[1] S. Ohshima, et al., 26th IAEA FEC, Kyoto, 2016, EX/P8-20