

## イオンプラズマの集団振動の測定

## Measurement of Coherent Oscillations in an Ion Plasam

伊藤清一, 服部将哉<sup>1</sup>, 檜垣浩之, 岡本宏己Kiyokazu ITO, Masaya HATTORI<sup>1</sup>, Hiroyuki HIGAKI, Hiromi OKAMOTO広大院先端, 広大理<sup>1</sup>AdSM Hiroshima Univ., Dept. Phys. Hiroshima Univ.<sup>1</sup>

線形ポルトラップ (LPT) は, 断面方向には高周波で軸方向には静電場により荷電粒子を捕捉する装置である. この断面方向の閉じ込め原理は, 現代の多くの加速器で採用されている強収束の原理, 極性を反転させた四重極電極を周期的に配列することで荷電粒子ビームの断面方向に強い収束力を発生する, と全く等価である. 即ち, LPT に捕捉した非中性プラズマは空間電荷効果まで考慮しても加速器ビームと等価な力学系である [1]. 広島大学ではビーム物理研究用に最適化したイオントラップシステムの開発を進め, 加速器ビームの様々な模擬実験を行っている [2].

強収束型の加速器では外場が周期的に変化する. 一方, ビームは外場の収束力と空間電荷効果による発散力で決まる固有の振動数を持つ. 従って, 両者が特定の関係を満たすとき, ビームは共鳴的に不安化する. この固有振動数はビーム物理において重要なパラメーターの一つである. 実際の加速器ではビーム近くに設置した電極に誘起されるイメージ電流を周波数解析することで, 固有振動数を計測している.

本研究では LPT の四重極電極のうち一組を検出用電極に用い, この電極に流れるイメージ電流によりイオンプラズマの双極モードと四重極モードの振動を検出した. 図 1 に実験装置の概略図を示す. 本実験では捕捉イオン種に  $\text{Ar}^+$  を採用した. LPT の内接円半径は 5 mm, 断面方向閉じ込め用四重極電圧の振幅は  $V_{rf} = 30 \text{ V}$  周波数は  $f = 1 \text{ MHz}$  である. 検出用電極には閉じ込め用高周波電圧は印加しないが, 隣の電極との静電結合により検出用電極にも閉じ込め場に起因する電流が流れる. この電流は, プラズマの運動が誘起するイメージ電流に比べ桁違いに大きい. その影響を除くため, 検出器の前段に共振周波数  $f_0 = 1 \text{ MHz}$ , 共振の鋭さ  $Q \sim 300$  の LC 直列共振器を設置している. 計測結果の一例として, プラズマを双極モードでキックした場合の信号 1 と信号 2 の差を周波数解析した結果を図 2 に示す.  $f = 144 \text{ kHz}$  に明らかなピークが観測された. このピークは信号 1 と信号 2 で逆相であること, また理論から計算した周波数と良く一致することからプラズマの双極モード振動により誘起された信号であると結論づけた. 同様に, 四重極モードでキックすることで, プラズマの四重極モードの振動により誘起された信号を検出することにも成功した.

本研究の一部は JSPS 科研費 JP15H03662 と JP17K05120 の助成を受けたものです.

[1] H. Okamoto, Y. Wada, R. Takai, Nucl. Instrum. Methods A **485**, 244 (2002).

[2] <https://home.hiroshima-u.ac.jp/beamphys/index.html>

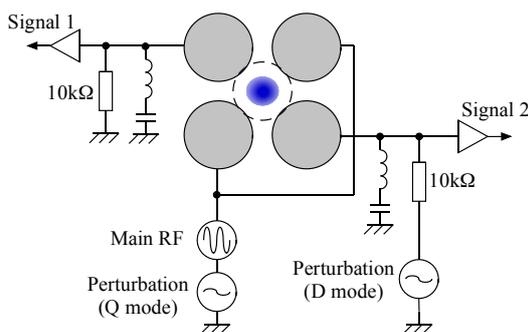


図 1: イオン捕捉及び測定系の模式図

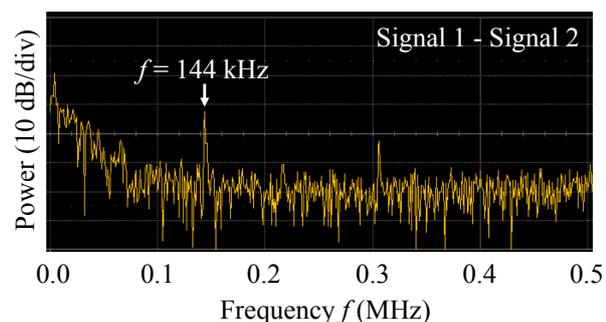


図 2: 検出された信号のフーリエスペクトル