

Z ピンチプラズマにおける高エネルギーイオンの空間分布 Space-resolved measurement of high energy ions in the z-pinch plasma

○岩田雅之¹, 高杉恵一²

*Masayuki Iwata¹, Keiichi takasugi²

1. はじめに

ガスパフ Z ピンチはプラズマに大電流を流すことでローレンツ力によりプラズマを圧縮し、ホットスポットという高温高密度の状態を作り出すものである。

ガス噴出角度を変えた発散型ガスパフ装置において、従来のストレートにガスを放出する型ではみられなかった、MeV オーダーの高エネルギーイオンが観測されている [1]. 高エネルギーイオンの加速メカニズムについてはいまだに解明されておらず、いくつかの加速機構が提案されているが、ピンチ現象時には誘導起電力が発生することから、誘導起電力によるパルスの加速が妥当だと考えられていた。しかし、電源の正負の極性を変えての加速イオンのエネルギー測定実験において、加速イオンのエネルギーは電流の方向に依存しないという誘導起電力を否定する結果が得られた [2]. 上記の実験は主にエネルギーに着目したものである。

本研究では、ピンホールを用いた加速イオンの空間分布の測定により高エネルギーイオンの発生源を調べることで加速機構の理解を深めることを目的としている。

2. 実験装置

実験は日本大学 SHOTGUNIII ガスパフ Z ピンチ装置で行われた (Fig. 1). 本実験での装置のパラメータはコンデンサー容量 12 μ F, 充電電圧 \pm 20kV, 噴出ガスには 5 気圧の Ar ガスを用いた。ガスの噴出角は 10° で電極間の距離は 30 mm である。

加速イオンの検出器にはバリオトラック (CR-39) 67 \times 67 \times 1 mm を使用した。この検出器は 100~18000keV のエネルギーのイオンを検出可能である。

イオン検出器はピンホールを通して軸方向と径方向の 2ヶ所に配置した (Fig. 2). ピンホール径は 1 mm, 軸方向の電極中心からピンホールまでの距離 202.5mm, ピンホールから検出器までの距離 202.5mm, 同様に径方向は電極中心からピンホールまでの距離 170mm, ピ

ンホールから検出器までの距離 150mm, 放電回数は 20 shot である。

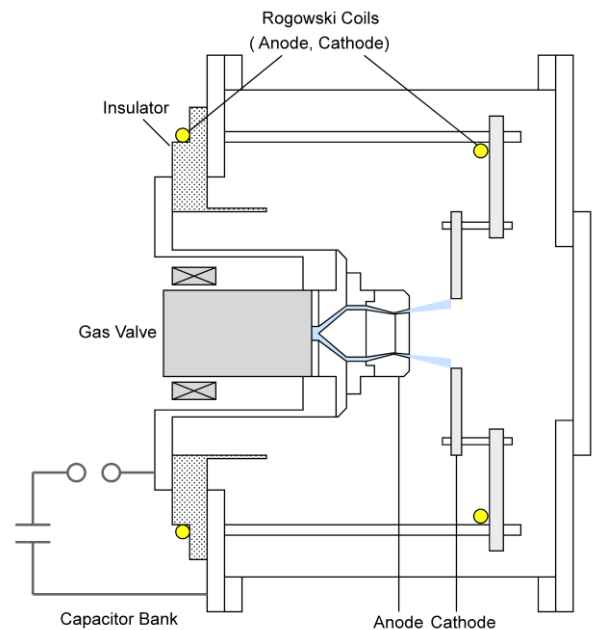


Fig. 1. Schematic of SHOTGUNIII.

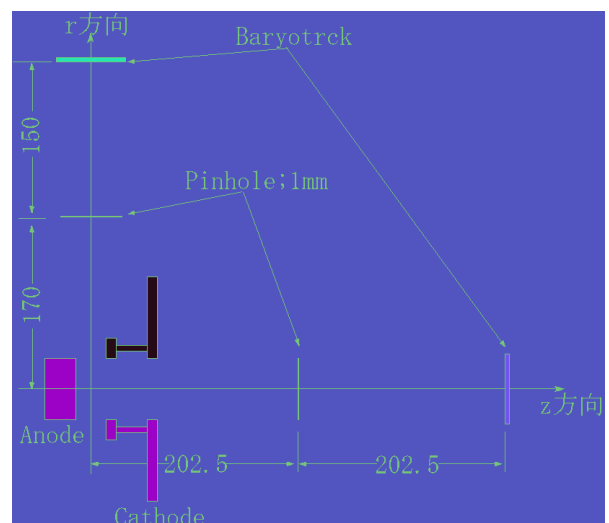


Fig. 2. Schematic of ion detectors.

1: 日大理工・院・量子2: 日大・教員・量科研

3. 実験結果

実験は正電源（電源電圧 20kV）と負電源（電源電圧 -20kV）の 2 つの条件で行い、正負での比較を行った。それぞれの軸方向及び径方向の検出面比較を Fig. 3 に示す。(a) は軸方向の比較、(b) は径方向の比較である。

まず軸方向についてみてみると、正電源の検出面には直径 10mm 程の中心円と直径 50mm 程の外円からなる同軸構造をした加速イオンの軌跡がある。高エネルギーイオン源が点源ならばイオンの軌跡はガウス分布になるはずである。しかし、同軸構造の軌跡があらわれたということは、中心の軌跡と外側の軌跡で加速機構が異なるか、加速機構は同じだが何らかの 2 次的散乱を受けているということが原因ではないかと考えられる。一方、負電源での検出面には直径 2mm 程のスポット状の軌跡があり、これは同軸構造ではない。正負の検出面の比較から、電流の向きに依存しない加速イオンと、電流の向きに依存する加速イオンの 2 種類があると考えられる。

次に径方向についてみてみると、正電源と負電源のどちらも楕円形の軌跡があるが、軌跡の尾の向きが異なる。これはプラズマの自己磁場の影響を受けて曲げられたものであると解釈できる。

4. まとめ

正電源と負電源の加速イオンの軌跡の比較から、電流の向きに依存する加速イオンと電流の向きに依存しない加速イオンが存在することがわかった。また、上記の加速イオンは加速機構が異なる可能性がある。

加速機構が異なるのかを確かめるために、加速イオンのエネルギーと空間分布の関係性を調べる必要がある。

正電源において軸方向での検出面の中心、外円及び径方向に飛ぶ加速イオンのエネルギーが同じならば、どの方向に飛ぶイオンの加速機構も同じであり、エネルギーが異なるのであればイオンの加速機構はイオンの軌跡によって異なるということがわかる。

5. 参考文献

- [1] 佐久間洋志：修士論文「発散型ピンチ放電における高エネルギーイオン計測」（2011）
- [2] 西尾峰之：博士論文「自己収縮プラズマにおける力学的イオン加速」（2011）

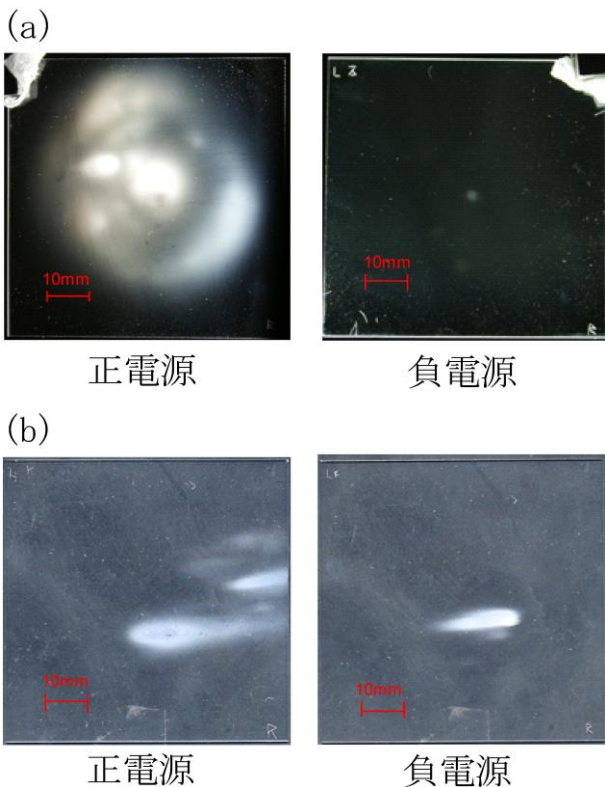


Fig. 3. (a) Spatial distribution (axial direction).
(b) Spatial distribution (radial direction).