

FRCプラズマ衝突合体実験における衝突速度推定のためのモデル構築 Model Building for Estimating Collisional Velocity of Field-Reversed Configuration Plasma in Collisional Merging Experiments

年木健, 小林大地, 浅井朋彦, 高橋努

Takeru TOSHIKI, Daichi KOBAYASHI, Tomohiko ASAI and Tsutomu TAKAHASHI

日大理工
Nihon Univ.

1. はじめに

日本大学のFAT-CM装置では、逆バイアスシートピンチ法で生成された2つの磁場反転配位(FRC)様のプラズモイドを、アルヴェン速度を超える速度まで加速し、衝突合体させることでFRCプラズマを生成している。

FRC様のプラズモイドを生成するコイルは、図1に示すように、半径の異なるコイルを上流部(装置端部)から下流部(閉じ込め部)に向かって、直径28,30,32,34,36cmと並ぶ平均角度1.53度の円錐型に配置しており、プラズモイド生成と同時に磁場勾配を形成しプラズモイドを加速する。

図1に、FAT-CM装置の片側の生成部から閉じ込め部の中央面までの真空磁場の分布を示す。生成されたプラズモイドは、生成部内の磁場勾配による磁気圧差と生成部と閉じ込め部の磁気圧差の2段階によって加速されると予想される。

本研究では、実験から得られたプラズモイドの形状と外部磁場分布をもとにした、衝突速度推定のためのモデル構築を行う。

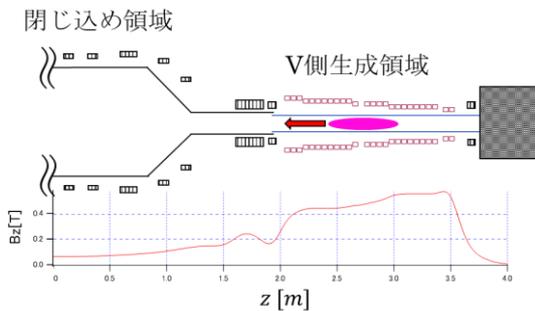


図1.装置概要図と真空磁場分布

2. 実験結果

図2(a)に、生成部から閉じ込め部までのプラズモイドの先端・後端(定義は、排除磁束半径の最大値の1/2に対応する位置)と重心(体積の中央値)の軌跡、図2(b)に生成部内の体積の時間発展を示す。この図から先端が円錐コイルの出口(z=2.2m)に達するまでの間、プラズマ長(先端と後端間の距離)及び体積は、ほぼ変化しないことがわかる。

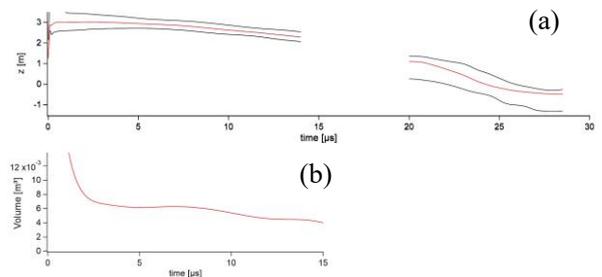


図2. (a)生成部、閉じ込め部のプラズモイドの先端・後端の軌跡(黒実線)と重心の軌跡(赤実線)、(b)生成部内の体積の時間発展

3. 速度推定のためのモデル

実験結果から、生成部内では加速中のプラズモイドの形状は変化しないと仮定し、プラズモイドの先端・後端の真空磁場中の磁気圧差によって加速されるとすると、移送中のプラズモイドの速度は(1)式のように書ける。

$$V^2(z) = V^2(0) + \frac{1}{M} \frac{\pi r_s^{*2}}{\mu_0} \int_0^z \left[B^2\left(z - \frac{\ell_s}{2}\right) - B^2\left(z + \frac{\ell_s}{2}\right) \right] dz \quad (1)$$

ここで、 $V(0)$ はプラズモイドの生成後の初速度、 $V(z)$ はz位置のプラズモイドの速度、 r_s^* はプラズモイドの半径、 M をプラズモイドの質量とする。この式から推定される速度 $V(z)$ を図3に示す。

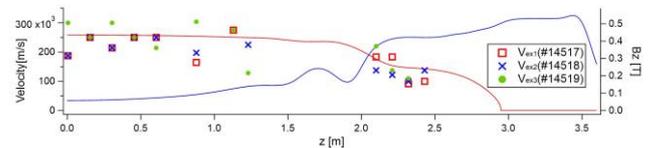


図3.生成部及び閉じ込め部の計算値 $V(z)$ (赤実線)、実験値 V_{ex} と磁束密度の軸方向分布(青実線)

赤実線は、(1)式から求めた速度を示す。この結果からプラズモイドの加速は、生成部内の磁場勾配による磁気圧差が支配的であることがわかる(図3青実線)。また、図3には装置片側から単独で移送されるプラズモイドの速度の測定結果 $V_{ex1}, V_{ex2}, V_{ex3}$ も示した。実験結果が赤実線の上に並んでいることから、このモデルによる速度推定が可能であると言える。