

1993年 4 月の 用語解説

●制動放射 (Bremsstrahlung)*

高温プラズマのエネルギー損失の主要部分を占める放射過程である。自由電子の軌道がイオンのクーロン場によって曲げられるときに電磁波を放射し、その後もなお自由状態にある過程で、自由遷移ともよばれる。放射された電磁波は制動放射と呼ばれ、振動数当たりの放射エネルギー分布は大部分の振動数領域で一定である。

1 個の電子の純粋なクーロン場による放射強度は、古典的には双極子放射近似で容易に計算できる。量子力学的には放射断面積が種々の場合によく計算されている¹⁾。電子速度が小さい場合には Sommerfeld の表式、大きくなると Born 近似の式が使える。さらに電子エネルギーが30keV を越えると多重極放射を考慮する必要があり、相対論的領域に至ると、電子・イオン衝突に並んで電子・電子衝突の寄与が重要になる。他方、重いイオンでは核外電子の影響を考慮せねばならない。

高温プラズマ全体の放射強度は、個々の電子の放射断面積を基礎に電子速度分布について積分して得られる。

*ドイツ語がそのまま英語圏で用いられている。

- 1) 例えば、原子過程断面積データ集第1集 (名古屋大学プラズマ研究所報告) IPPJ-DT-48 (1975), (Ra) 放射過程。

(寺嶋由之介)

●航跡場加速 (Wakefield Acceleration)

船が通った後に水面に残す波を航跡 (wake) という。これにならって、粒子ビームが通った後に加速器に残す電場を航跡場 (wakefield) という。航跡場は後に続くビームを不安定にすることがある。しかしうまく利用すれば、進行方向の電場は航跡場加速として後続ビームの加速に、またこれと垂直方向の電場はプラズマレンズなどのかたちで粒子ビーム収束に役立つ。プラズマ・誘電体管・周期構造を持つ金属管等が、航跡場を後続ビームに伝える媒体となり得る。誘電体管や金属管の航跡場には境界条件を満足するモードが無数にある。ところがプラズマではモードがプラズマ周波数でひとつに決まる。このためプラズマ航跡場加速は加速効率に優れている。粒子ビームばかりでなく、短パルス大出力レーザーが動重力 (ponderomotive force) によりプラズマ中に残す航跡場も粒子加速に利用できる。実験ではビーム励起法により20MV/m 程度の電場が観測されている。どちらの方法にせよ、現在の加速器が持つ加速勾配の原理的な限界 (100MeV/m 程度) を桁の単位で凌駕することが目標である。このためにはビーム励起法では強力な航跡場を励起するための強力なビームの開発が課題である。一方のレーザー励起法では加速距離すなわちレーザーの焦点深度をのばすことが課題である。なお、逆チェレンコフ放射加速もレーザーが誘電体に作る航跡場を利用する加速器とみなすことができる。

(高エネルギー研 小方 厚)