

相対論的プラズマを用いた高エネルギー粒子発生と計測
Measurements of the high-energy particles from the relativistic plasma

西内 満美子
 Mamiko Nishiuchi

量研機構
 QST

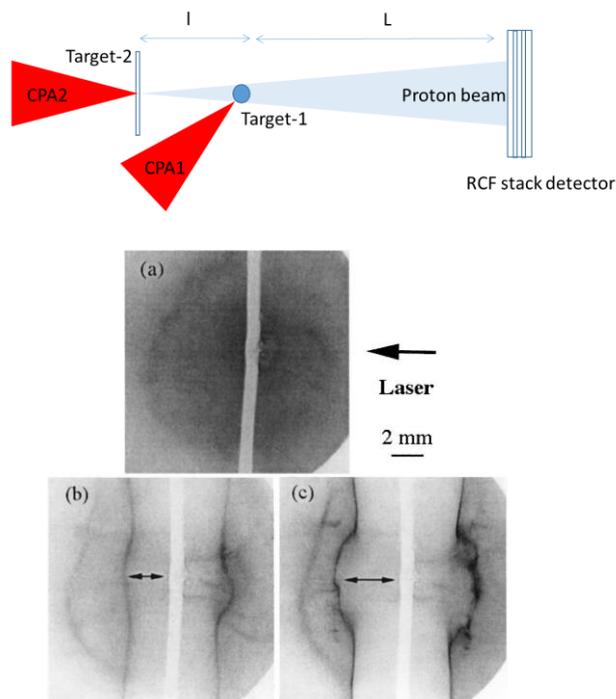
相対論的プラズマと一言で言っても、そのパラメータは様々であるが、本講演においては小型の粒子線加速器となりうる加速電場を作り出す相対論的プラズマに着目し、その得意なプラズマの計測手法について紹介する。

超高強度レーザーのうち、そのパルス幅が100fsを切る極短パルスレーザーを固体密度の物質に照射することで、特にレーザー照射時間中は流体的挙動をほぼ無視することが出来るようなクリーンな相対論的プラズマを生成することが可能である。

この固体密度に近いプラズマ中では、水素原子内部電場をはるかに上回る非常に強い電場が形成できる。この電場の強度は、既存のRF空洞型の加速器の中で実現できる加速電場を6ケタ以上上回るような強烈な強度であるため、粒子を同じエネルギーにまで加速するにしても、加速長を極端に短くすることが可能であり、小型の粒子線加速器への応用が有望視されている。加速器としてビームを制御するためには、ビームやそのビーム源を計測することが必要不可欠である。特にビーム源となっているこの加速電場の寿命は非常に短く（パルス幅程度<100fs）、かつ空間的にもプラズマのデバイ長程度（以下 μm ）、かつ、密度も固体密度に近い状態である、という特異な相対論的プラズマであるために[1]、通常の計測手法を用いた計測は困難であり、固有の計測手法を開発し、時間分解及び空間分解計測を行う必要がある。

例えば、そのような手法のひとつとして、プラズマのラジオグラフィーがある。下記に示すのは超短パルスレーザーを固体ワイヤーに照射してできる電場を陽子線によって計測した例[2]である。上段はセットアップの様子、下段は、電場の陽子線によるラジオグラフィー像を捉えたものである。(a),(b),(c)のパネルはそれぞれレーザーがワイヤーに照射されてから10ps

程度の時間が経過するまでの像の変遷を示している。ワイヤー周りに立った電場によって陽子線の軌道が曲げられているのが顕著に分かる。レーザーの照射時間、及び陽子線のエネルギーごとの飛行時間の情報を用いることで、ワイヤーの周りに立っている電場の強度の時間変遷を求めることが可能である。この図面に示すように、この手法では非常に短時間の間にそれも極小空間にワイヤー立つ電場を時間分解・空間分解計測することに成功している。これは超短パルスレーザーを薄膜に照射することで発生する陽子線自身をプローブとして用いることで初めて可能となる。



本講演においては、レーザー駆動型のイオンビームそのものの持つ特異な性質である、発散角が大きいことや、広いエネルギー範囲に広がったスペクトルを持つことなど、普通に考えたらメリットが全くないと囚われがちの特徴を

最大限に活かすことで、相対論プラズマ中の電場の時間分解及び空間分解計測を行う手法について解説する。

参考文献

- [1]H. Daido, M. Nishiuchi, and A. Pirozhkov, Rep. Prog. Phys. 75, 056401 (2012).
- [2]M. Borghesi et al., Appl. Phys. Lett., 82 1529 (2003).