

強集束高強度レーザー場中での 相対論的粒子運動と非局所動重力

京大エネ科 岩田夏弥(博士1年), 岸本泰明, 今寺賢志

**Relativistic particle motion in tightly-focused high intensity laser fields
and nonlocal effects of the ponderomotive force**

Graduate School of Energy Science, Kyoto University

N. Iwata, Y. Kishimoto and K. Imadera

近年、相対論領域の集光強度 10^{18-22} W/cm² を持つ高強度極短パルスレーザー光の生成が可能となっており、これらはレーザー光を時間的・空間的に波長限界近くまで集光することにより実現されている。このような強い非一様性を持つ強集束レーザー光と物質との相対論的な非線形相互作用においては、光の圧力に相当する動重力(ポンデロモーティブ力)が現象を支配する重要な要因となる。動重力は、運動方程式に対する平均化法により導かれ、電磁場振幅の勾配のスケール長 L と粒子の振動距離 l により定義されるパラメーター $\varepsilon \sim l/L$ の一次までの近似を用いることにより、レーザー場強度の局所的な勾配に比例する力として表されてきた。ところが、強集束レーザー場中での動重力は、場強度の急峻な変化に伴う強い非局所性により、場の局所的勾配だけでなくさらに高次の曲率などの構造に影響を受けると考えられる。

本研究では、動重力における高次の非局所効果を調べるため、高強度レーザー場中での粒子運動の解析に対して新しく非正準 Lie 摂動論を導入した[1, 2]。位相空間ラグランジアンに基づくこの方法論では、ハミルトニアン構造を保持したまま任意の座標系で永年運動を高次まで体系的に評価することが可能であり、これまでに磁場中の粒子運動を記述するジャイロ運動論で成功を収めている。これに対し、本研究の対象である高強度レーザー場中での粒子運動では、無摂動軌道が単純な旋回運動とは異なるため、座標変換に対する新しい工夫が必要となる。本解析の結果、高次の非局所効果を取り入れた新しい動重力の表式が導かれ、動重力が三次のオーダーでレーザー場振幅の空間的曲率(二階微分)及び三階微分に依存することが明らかになった。講演では、座標系の選び方と得られた非局所動重力について詳細に議論する。

[1] J. R. Cary and R. G. Littlejohn, Ann. Phys. 151, 1-34 (1983).

[2] N. Iwata, K. Imadera and Y. Kishimoto, Plasma Fusion Res. 5, 028 (2010).