

非正準 Lie 摂動論で導いた高次非局所効果を含む 相対論的動重力の表式の特性和平均化法との相異

京大エネ科 岩田夏弥, 岸本泰明, 今寺賢志

Noncanonical Lie perturbation analysis for the relativistic
ponderomotive force including higher-order nonlocal effects
and comparison between the averaging method

Graduate School of Energy Science, Kyoto University

N. Iwata, Y. Kishimoto and K. Imadera

近年、相対論的な集光強度 10^{18-21} W/cm²を持つ高強度極短パルスレーザーが実現されており、この領域では、強い集光に伴う動重力(光の圧力)が荷電粒子の運動やプラズマの振る舞いを決定する支配的な要因となる。動重力は、これまで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、レーザー場強度の勾配に比例する力として表されてきた。

これに対し本研究では、強集束高強度レーザー場に代表されるような場強度の急峻な変化に伴う強い非局所性の効果を ε の三次のオーダーまで取り入れた動重力の理論を構築し、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項を持つ動重力の新しい表式を得ることに成功した。ここでは、理論解析の方法論として、位相空間における変分原理とLie変換論とを基礎とした非正準 Lie 摂動論を導入している[1, 2]。ハミルトン理論を非正準座標に拡張したこの理論は、解析に有利な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、これまで主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。運動方程式に対して摂動展開を行う平均化法では、一般にハミルトニアン構造が維持されないのに対し、非正準 Lie 摂動論を用いればハミルトニアン構造とそれに伴う保存性が摂動の高次まで保証される。講演では、両理論を用いた動重力の導出過程における系の構造の本質的な違いを明らかにし、それが結果として導かれる動重力の表式に与える影響について議論する。

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

[2] N. Iwata, Y. Kishimoto and K. Imadera, *Plasma Fusion Res.* **6**, 2404105 (2011).