

非ガウス統計にしたがうプラズマの現象論的記述について

羽田 亨 [1]
[1] 九大総理工

Phenomenological description of a plasma obeying non-gaussian statistics

Tohru Hada[1]
[1] IGSES, Kyushu Univ

Space plasma is tenuous and collisionless, and thus the description of the space plasma using classical fluid formulation can be justified only for a limited range of time and spatial scales. However, since this 'limited range' spans over many orders of magnitude, the fluid formulation has been successful in explaining the majority of space plasma phenomena of our interest. On the other hand, there also exist important phenomena where the classical fluid formulation fails to describe, for example, transport of cosmic rays where their scattering statistics by MHD turbulence can be non-Gaussian, phenomena within Debye scales or non-neutral plasma where the presence of long-range interaction is essential. Based on this perspective, we introduce our recent attempt to describe the complex behavior of space plasma that obeys non-Gaussian statistics. The evolution equations naturally involve fractional differential/integral operators, representing the non-locality and the memory effect. There are a few critical issues to be resolved, such as the non-physical evolution for the sub-diffusive regime and the non-unique definition of the fractional derivatives. We will present a few concrete examples to discuss how the proper phenomenology should be defined for describing the evolution of space plasma.

よく知られているように、宇宙プラズマは希薄で無衝突であり、古典的な流体近似が成り立つのは限られた時間・空間スケールにおいてのみである。もちろんこの時間・空間スケールがかなりの「実用的な」幅を持つため、多くの現象を流体の枠組みで捉えることができているわけであるが、たとえば宇宙線のように（乱流との）衝突統計が非古典的であり得る場合や、デバイ長以下スケールの現象、非中性プラズマ（長距離相関）など、非局所相互作用・時間のメモリー効果が本質的な領域は多く存在するし、さらにこれらは将来の宇宙プラズマ研究の重要なフロンティアとなっていくであろう。また、無数の粒子運動の持つ莫大な情報を少数のマクロ変数の時間発展として記述することは、物理現象を理解するための必要条件である。これらの観点から、ここ数年にわたり考察している、非ガウス統計にしたがうプラズマを現象論的に記述する試みを紹介する。発展方程式系には、ほぼ必然的に非整数階微積分があらわれ、自然に非局所相互作用と時間メモリー効果が導入される。一方で、この試みには、非整数階微積分の定義の非唯一性、サブ拡散領域での非物理的振る舞いなど、いくつかの困難さも伴う。あくまでも宇宙プラズマという多体系の粗視化極限として発展方程式系が決まることを前提として、現象論的記述がどのようなものであるべきか、なるべく具体例を多く示しながら説明する。