

相対論的強度の円偏波電磁波に関するパラメトリック不安定の線形解析

二階 辰彦 [1]; 天野 孝伸 [2]; 星野 真弘 [3]
[1] 東大・理・地惑; [2] 東大; [3] 東大・理

Linear analysis of relativistically intense circular polarized electromagnetic waves

Tatsuhiko Nikai[1]; Takano Amano[2]; Masahiro Hoshino[3]
[1] EPS, The University of Tokyo; [2] Univ. Tokyo; [3] University of Tokyo

In space plasmas, especially for solar wind, shock or magnetic reconnection, nonlinear wave-wave interactions are important. Parametric instability is one of these processes, where an incident nonlinear wave decays into several different wave modes satisfying the matching conditions for both frequency and wavenumber.

In this study, we consider a parametric instability of relativistically intense circularly polarized electromagnetic waves. Important application of the process includes high intensity laser-plasma interactions and relativistic astrophysical plasmas.

Following Max (1973), we analyzed the instability of these waves in a cold relativistic two-fluid electron-ion plasma. We then extend the analysis to an electron-positron plasma including the effect of relativistically hot temperature. An important consequence of a finite temperature effect is that the strength parameter becomes smaller because of the increase of effective plasma inertia. We will also discuss nonlinear saturation of the instability, using a Particle-In-Cell (PIC) simulation code.

宇宙プラズマ中では、特に太陽風、衝撃波や磁気リコネクション領域近傍などにおいて、非線形の波動-波動相互作用による新たな波の励起過程がしばしば重要である。これらは一般にパラメトリック不安定と呼ばれ、古くからよく知られた現象である。具体的には入射波(親波)が、周波数及び波数のマッチング条件を満たすような複数の「子波」を励起する。「崩壊」不安定では子波は互いに逆向き、「変調」不安定では子波は同じ向きに生じる。

この現象自体は、室内実験と観測の両面からもよく調べられてきた。しかし特に、実験室内でのレーザー・プラズマ相互作用、またパルサーをはじめとする高エネルギー天体現象においては相対論的強度の電磁波が主役を担うが、このような問題への適用を考えた場合、パラメータ依存性などに対する理解は必ずしも十分ではないと思われる。

ここではMax(1973)らの方法にならい、電子-イオンの2流体方程式系から出発し、入射波として厳密な平衡解のひとつである円偏波電磁波を設定した上で、そこに生じるパラメトリック不安定の線形解析を行った。拡張としては、上の問題への適用として電子-陽電子プラズマを考え、各成分の相対論性をともに考慮する。更にMaxの扱いでは冷たいプラズマが想定されているが、今回は相対論的強度の効果も含めて扱い、分散関係に対するこれらの影響を詳細に見る。このとき、入射電場強度と入射電磁波の周波数とで定義される「強度パラメータ」が相対論性の指標となるが、相対論的強度の効果により実効的な値は小さくなることになる。また、Particle-In-Cell(PIC)コードを用いた粒子シミュレーションを用い、この不安定成長の非線形飽和についても議論したい。