

R008-26

Zoom meeting D : 11/4 PM2 (15:45-18:15)

16:15~16:30

対向伝搬する大振幅アルフベン波による相対論的粒子加速

#高橋 健太¹⁾, 諫山 翔伍²⁾, 羽田 亨³⁾, 松清 修一⁴⁾

⁽¹⁾ 九大・総理工・大海,⁽²⁾ 九大総理工,⁽³⁾ 九大総理工,⁽⁴⁾ 九大・総理工

Relativistic particle acceleration by counter-propagating large amplitude Alfvén waves

#Kenta Takahashi¹⁾, Shogo Isayama²⁾, Tohru Hada³⁾, Shuichi Matsukiyo⁴⁾

⁽¹⁾ ESST, IGSES, Kyushu Univ., ⁽²⁾ IGSES, ⁽³⁾ Kyushu Univ., ⁽⁴⁾ Kyushu Univ.

Large-amplitude MHD waves are ubiquitous in space, and they are considered to play key roles in particle acceleration. In the solar wind, large amplitude magnetic fluctuations are frequently observed. It is also known that the magnetic field is amplified in the vicinity of collisionless shocks associated with gamma-ray bursts, supernova remnants, and other high energy astrophysical events. Such large amplitude MHD waves may contribute to produce high-energy particles. The interaction between a monochromatic wave and a charged particle, and that between well developed turbulent fields and a particle have been well studied [e.g., Oka et al., ApJ, 2019]. However, there are relatively few studies on particle acceleration through the interaction with developing turbulence. In space, many astrophysical events have long relaxation time so that we often observe developing turbulence and well accelerated particles simultaneously.

In the past we showed that relativistic particle acceleration occurs through the interaction with coherent waves in developing turbulence. In this acceleration process, two counter-propagating Alfvén waves are found to play an essential role. Here, in this study, we focus on particle acceleration through the interaction with the counter-propagating two Alfvén waves. We investigate the parameter dependence of the acceleration process. By using an analytical theory and test particle simulations, we show that there is a critical wave amplitude above which all particles are accelerated to relativistic energies regardless of their initial energies.

大振幅磁気流体 (MHD) 波動は宇宙のいたるところで励起され、粒子加速に寄与すると考えられている。太陽風中では背景磁場と同程度の磁場揺らぎが常時観測されており、またガンマ線バーストや超新星残骸等に付随する無衝突衝撃波近傍では、磁場が星間空間に比べてはるかに強く増幅されることが知られている。このような大振幅 MHD 波動は高エネルギー粒子の生成に寄与している可能性がある。従来、単色波と荷電粒子の相互作用や十分発達した乱流場中での粒子加速についてはよく研究されているが、発展途上乱流における粒子加速の研究は比較的少ない。現象の緩和時間の長い宇宙では発展途上乱流がしばしば観測され、コヒーレントな波動とともによく加速された高エネルギー粒子が見られる [e.g., Oka et al., ApJ, 2019]。

我々は過去に、発展途上乱流におけるコヒーレント MHD 波動と粒子の相互作用で相対論的な粒子加速が起こることを示した。この過程では、乱流場の長時間発展 (アルフベン波のパラメトリック不安定性) の中で時限的、局所的に現れる 2 つの対向伝搬するアルフベン波が粒子加速に本質的な役割を果たすことがわかっている。本研究では、対向伝搬する '2 つのアルフベン波' と荷電粒子の相互作用に焦点を当て、粒子加速の特徴、特にパラメータ依存性について精査する。アルフベン波の周波数と位相速度を固定し、振幅を変えていくと、粒子が初期エネルギーによらずすべて相対論的エネルギーにまで加速される臨界振幅が存在することを、理論およびテスト粒子計算によって示す。