

## 強磁場環境下における相対論的アルフベン波のパラメトリック不安定性

#中原 寛太<sup>1)</sup>, 松清 修一<sup>1,2)</sup>, 諫山 翔伍<sup>1,2)</sup>

(<sup>1</sup> 九大総理工, (<sup>2</sup> 九大・総理工

## Parametric instabilities of a relativistic Alfvén wave in strong magnetic fields

#Kanta NAKAHARA<sup>1)</sup>, Shuichi MATSUKIYO<sup>1,2)</sup>, Shogo ISAYAMA<sup>1,2)</sup>

(<sup>1</sup>Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, (<sup>2</sup>Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University

Large-amplitude Alfvén waves are ubiquitous in space and are believed to play an important role in the acceleration of high-energy cosmic rays. Numerous particle acceleration models by large-amplitude plasma waves have been proposed. In this study, we focus on coherent wave – particle interactions in developing turbulence under astrophysical conditions where relaxation time is long enough. Previous studies have shown that in the low- $\sigma$  regime ( $\sigma < 1$ ), large-amplitude Alfvén waves undergo parametric instability, decaying into a forward-propagating sound wave and a backward-propagating Alfvén wave. Here,  $\sigma$  denotes the magnetization parameter. Matsukiyo & Hada (2009) reported that efficient particle acceleration occurs interacting with counter-propagating Alfvén waves. Furthermore, Isayama et al. (2023) revealed that when the amplitude of the parent wave exceeds a threshold, a phase transition arises in the particle dynamics in phase space, leading to rapid acceleration of particles regardless of their initial energy. This amplitude threshold depends solely on the wavenumber and frequency of the parent wave. Such an acceleration mechanism is expected to operate in environments such as the vicinity of magnetars. However, parametric instabilities of large-amplitude Alfvén waves in strong magnetic fields like those near magnetars have not been thoroughly investigated. In this study, we conducted one-dimensional particle-in-cell simulations to examine the parametric instabilities of a large-amplitude Alfvén wave in strong magnetic fields. By varying the magnetization parameter and parent wave amplitude, we found that the nature of the decay instability qualitatively changes depending on the parameters. In this presentation, we will report on the parameter dependence of this decay process.

宇宙には大振幅アルフベン波が普遍的に存在し、高エネルギー宇宙線加速において重要な役割を果たすと考えられている。これまでも、大振幅プラズマ波動による粒子加速モデルが数多く提案されてきた。本研究では、緩和時間が十分に長い宇宙環境において、発展途上の乱流におけるコヒーレントな波動-粒子相互作用に着目する。先行研究では、低 $\sigma$ 領域 ( $\sigma < 1$ ) において、大振幅アルフベン波がパラメトリック不安定性を介して崩壊し、親波と同方向に伝播する音波及び逆方向に伝播するアルフベン波の子波を生成することが示されている。ここで、 $\sigma$ は磁化パラメータである。Matsukiyo & Hada (2009) は、対向伝播する二つのアルフベン波から成る定在波構造の中で高効率な粒子加速が起こることを報告している。さらに、親波の振幅が閾値を超えると、位相空間における粒子の振る舞いに相転移が生じ、粒子は初期エネルギーに依らず短時間で相対論的エネルギーを獲得することが Isayama et al. (2023) により報告されている。この振幅の閾値は親波の波数と周波数のみで決まる。この加速機構がはたらく環境として、マグネター周辺などが考えられる。しかしながらマグネター周辺のような強磁場環境におけるパラメトリック不安定性はこれまであまり詳しく調べられていない。本研究では、強磁場環境下における大振幅アルフベン波のパラメトリック不安定性を 1 次元 PIC シミュレーションにより調査した。磁化パラメータと親波の振幅を様々に変えた計算を行ったところ、パラメータによって崩壊不安定性の起こり方が定性的に変わることを見出した。発表では、この崩壊過程のパラメータ依存性について報告する。