

木星準周期的電波バースト現象の微視的励起機構

Microscopic generation process of Jovian quasi-periodic radio bursts

木村 智樹^{1*}, 三澤 浩昭¹, 土屋 史紀¹, 森岡 昭¹

Tomoki Kimura^{1*}, Hiroaki Misawa¹, Fuminori Tsuchiya¹, Akira Morioka¹

¹東北大学理学研究科

¹Tohoku University

木星準周期的低周波バースト現象 (QPバースト) は、ボイジャー探査機によって初めて発見された(Kurth et al., 1989)。同現象は、スペクトルの時間変化の特徴から、木星Type IIIバーストと名づけられた。過去のX線、紫外線、赤外線、電波観測等により、木星極域において、準周期的なオーロラ発光や電波放射を伴う、相対論的な粒子加速過程が存在する事が示唆された。本研究では、準周期的低周波電波バースト現象の伝搬過程と励起機構の解明を目指し、これによる木星磁気圏の周期的な粒子加速過程と、関連する磁気圏ダイナミクスを議論した。以下に本論文で得られた結果を示す。

Kimura et al. (2008b, 2010)は、電波の伝搬経路計算(レイトレーシング)に基づいて、観測で得られた統計と比較しつつ、QPバーストの伝搬過程、指向性、放射源位置などを議論した。その結果、QPバーストが2種類の放射源を持っている事を示唆している。一方は、高高度(約10R_jのf_{RX,surface})からR-Xモード波を放射し、他方は、低高度(約2R_jのf_{p,surface})からL-Oモード波を放射しているというものである。

本研究において、QPバーストの微視的励起機構に関して二つのシナリオが提案された。一つは、加速された粒子から直接的に自由空間波が励起される“直接励起シナリオ”で、もう一つは、ローカルなプラズマ波動が自由空間波に変換される“間接励起シナリオ”である。これらのシナリオは、波動励起の理論的な観点から検証された。直接励起シナリオの検証として、高高度(約10 R_j)・低高度(約2 R_j)の放射源における、波動の成長率計算が行われた。その結果、サイクロトロンメーザー不安定性(CMI)を介し、L-Oモード波が相対論的電子によって励起される事が示唆された。一方、R-Xモード波は効果的に励起されない事が示された。これは、ガリレオ探査機で木星近傍赤道域に見られた電波のshadow zone (Kimura et al., 2010)は、R-Xモード波によるものでないことを意味している。しかしながら、レイトレーシングにより、高高度から放射されたL-Oモード波もshadow zoneを形成しつつ磁気圏内を伝搬することが示唆された。以上より、L-Oモード波がCMIを介し高高度から放射されていると考えることで観測は矛盾なく解釈された一方、間接励起シナリオは、過去の理論研究(Oya et al., 1974)を参照して検証された。その結果、以下の様な間接励起シナリオが低・高高度放射源について可能であることが結論づけられた。①木星方向に伝搬するZモード波が、サイクロトロン共鳴により励起される。②それらのZモード波が、発生周波数とその場のプラズマ周波数が等しくなるような密度境界において、自由空間波(L-Oモード波)へ変換される。

本発表では最後に、上記の観測・レイトレーシング・理論研究から得られた、木星準周期的粒子加速過程の全体像を示す。

キーワード:木星,磁気圏,粒子加速,電波

Keywords: Jupiter, magnetosphere, particle acceleration, radio emissions