

## 科学衛星あらせによって観測された低周波波動の統計解析

天野駿・三宅壮聡（富山県立大学）・笠原禎也（金沢大学）

## 1. はじめに

科学衛星あらせは、2016年12月20日午後8時にJAXAによって打ち上げられ、遠地点高度が約32,000km、近地点高度が約440kmの楕円軌道で地球を周回している。現在、科学衛星あらせによって宇宙空間で観測されたプラズマ粒子やプラズマ波動データの解析が行われている。これまでのプラズマ波動の研究において、低周波波動に関する解析はほとんど進んでいない。そこで、本研究では科学衛星あらせに搭載された電場観測器（EFD）によって宇宙空間で観測された低周波波動の解析を行う。

## 2. 低周波波動の分類

まず、観測されている低周波波動を分類して、その種類を特定する。そこで、機械学習の手法であるSVM法（教師あり学習）とクラスタリング（教師なし学習）を利用して低周波波動の分類を行った結果、5種類に分類できた。その結果を図1に示す。

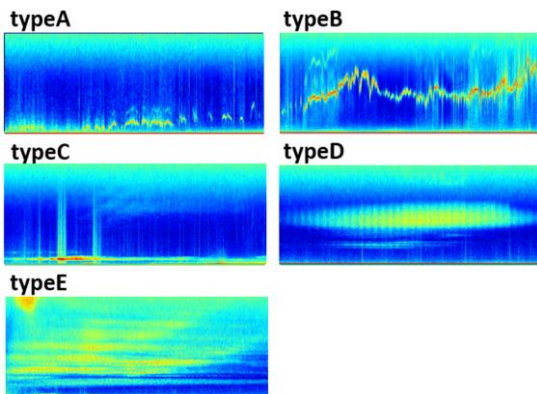


図1 分類した5種類の低周波波動

図1より、typeA, Bが細かく周波数に変化する連続した波動、typeC-Eはノイズ状のスペクトルを持つ波動である。本研究では周波数帯域の狭いtypeA, Bに着目する。typeA, Bそれぞれの低周波波動の周波数帯とデータ数を表1に示す。2017年3月21日から2019年12月31日までの約1000日分を解析し、その中で波動データは806個確認できた。

表1 typeA, Bの周波数帯とデータ数

	周波数帯[Hz]	データ数
typeA	0-50	135
typeB	50-150	145

## 3. 低周波波動の観測位置

typeA, Bの低周波波動に対して、衛星の軌道データをもとに観測位置を調査する。本研究ではSM座標系を用いて、低周波波動が観測された時刻の衛星の位置を確認した。その結果、図2に示すようにtypeA, Bは太陽とは反対側に多く、typeBはtypeAよりも地球近傍で多く観測されていることがわかった。

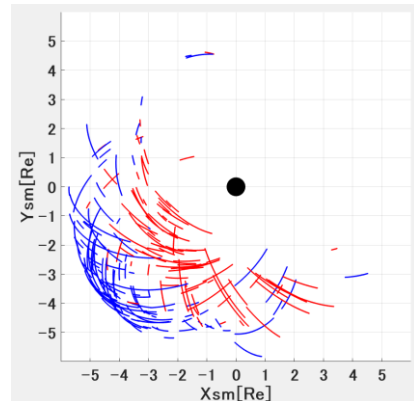


図2 typeA(青), typeB(赤)の観測位置

## 4. 磁場強度・磁場擾乱

観測位置の解析より、低周波波動の観測された位置が地球との距離に関係があるため、磁場の強さや安定性が低周波波動に影響している可能性が高いと考え、磁場強度と磁場擾乱の解析をした。磁場強度の解析には磁場観測器(MGF)のデータを用いて、磁場擾乱の指標としてAp指数を用いた。その結果、typeA, Bともに磁場が安定しているときに、typeBはtypeAよりも磁場強度が強い場合に多く観測された。

## 5. サイクロトロン周波数・低域混成周波数

3種類のイオンのサイクロトロン周波数、低域混成周波数と観測された低周波波動の周波数帯の比較を行った。表2より、酸素イオンの低域混成周波数が表1に示したtypeA, Bそれぞれの低周波波動と同じ周波数帯であり、良い相関がみられた。

表2 それぞれのイオンと周波数の関係

	typeA		typeB	
	$f_c$ [Hz]	$f_{LHR}$ [Hz]	$f_c$ [Hz]	$f_{LHR}$ [Hz]
プロトン	3.2	140.2	7.7	322.4
酸素	0.2	35.0	0.5	81.6
ヘリウム	0.8	68.9	1.9	163.4

( $f_c$ : サイクロトロン周波数  $f_{LHR}$ : 低域混成周波数)

## 6. まとめ

本研究では科学衛星あらせによって観測された低周波波動の解析を行った。機械学習を用いて分類を行い5種類に分類し、その中で、異なる周波数帯で観測された2種類の低周波波動に着目した。2種類の波動に対して軌道データや磁場強度、磁場擾乱のデータを用いて解析を行った。また、3種類のイオンのサイクロトロン周波数、低域混成周波数と観測された低周波波動の周波数帯の比較を行った結果、酸素イオンの低域混成周波数と良い相関がみられた。