

## あけぼの衛星で得られた VLF/WBA 波動データの自動識別に関する研究

# 嶋 啓佑 [1]; 後藤 由貴 [1]; 笠原 禎也 [1]  
[1] 金沢大

## Study on automatic classification of plasma waves observed by the Akebono VLF/WBA

# Keisuke Shima[1]; Yoshitaka Goto[1]; Yoshiya Kasahara[1]  
[1] Kanazawa Univ.

Akebono was launched on February 22, 1989 and has been observing plasma environment in the inner magnetosphere for 24 years. The WBA (Wide-Band Analyzer), which is one of subsystems of the VLF (Very Low Frequency) instruments onboard Akebono, observes dynamic spectrum from 100 Hz to 14 kHz of the electric field or magnetic field. Because the amount of the WBA raw data is more than 10 TB, it is a very hard work to find specific wave phenomena, such as chorus and hiss, manually from them.

In this study, we developed an automatic classification method of the WBA plasma wave data. The WBA data stored as a WAV format with a sampling frequency of 48 kHz were transformed into high-resolution frequency-time diagrams by a short-time Fourier Transform. We can see distinctive fine structures of the wave phenomena in these created f-t diagrams. The classification of the plasma wave is based on the time variation of the f-t diagrams that is so called cepstrum by using k-means++ method. As a result, it was confirmed in typical data sets that chorus, hiss and other phenomena were definitely classified.

1989年に観測を開始したあけぼの衛星は運用開始から24年を迎えた現在でも観測を続けている。このあけぼの衛星の特徴的な観測として、14 kHz以下の低周波のプラズマ波動の「波形観測」があげられる。近年の科学衛星による波形観測は、波形をオンボードでサンプリングして圧縮/選別処理等を施した後、地上に伝送するのが一般的となっているのに対して、あけぼの衛星では波形をそのままアナログテレメトリに載せて地上に伝送するという一世代前の観測手法がWBA (Wide-Band Analyzer)として実装されている。このため、取得したデータはSNが悪いという欠点はあるものの、優れた時間連続性や分解能性能をもち、他の衛星にはない貴重なデータを提供している。現在では、あけぼの衛星から得られたWBAデータの有効活用が、衛星自体の継続運用の大きな目的のひとつとなっており、今後の幅広いユーザーの利用のために、一次処理、二次処理を速やかに実現する支援ツールの整備が必要不可欠である。特に、20 TBにおよぶ大容量のWBAデータから興味ある現象を手動で探し出すことは大変な労力を必要とする作業であり、自動化が望まれている。

本研究で対象とするWBAは、電界もしくは磁界の100 Hzから14 kHzまでの広帯域ダイナミックスペクトルを観測する装置である。地上で一次処理されたデータは、48 kHzサンプリングのWAV (デジタル波形) データとなるが、これを短時間フーリエ変換処理することにより高時間・高周波数分解能のスペクトログラムを生成できる。これにより、コーラスやヒス、ホイストラなどの波動の微細なスペクトル構造を見ることができ、当グループの先行研究において、波動のスペクトルデータを自動識別する手法の開発が進められてきたが、この手法は、スペクトルの周波数および時間方向の強度変化を特徴量として定義して、多次元の特徴量空間ベクトルの類似性に基づいて識別を行うため比較的小容量のMCA (Multi Channel Analyzer) のデータに対してさえ大規模な計算を行う必要があり、テラバイトオーダーのWBA波形データへの適用は困難であった。そこで本研究では、より簡便に波動を識別することを目的とした波動の自動識別法の開発を行った。具体的には、WBAデータから作成した周波数-時間 (Frequency-Time) ダイアグラムに現れる各種波動現象の時間方向の微細構造に着目して、そのパワースペクトル、いわゆるケプストラムをもとに自動識別を実現した。

識別の主な対象は、内部磁気圏の代表的な波動であるコーラス、ヒスである。コーラスは筆で描いたような構造をしている。波動が現れる周波数帯は波源のローカルなサイクロトロン周波数によって決まっており、プラズマポーズ外側の赤道域で発生した後、高緯度側に伝搬することが知られている。あけぼの衛星は軌道が低いので、高緯度でのみコーラスが観測できる。ヒスには観測領域・周波数帯域・形状により様々な呼称があるが、概して強度変化が少ないというスペクトルの特徴をもつ。コーラスとヒスが同時に観測される場合もしばしばある。あけぼの衛星は8秒周期でスピンしているため、微細構造のパワースペクトルには4秒周期や8秒周期の成分が常に強く現れる。コーラスの要素の繰り返し周期は、およそ0.5~1秒程度で不規則であることから、コーラスが受信されている周波数帯のパワースペクトルは様々な時間変動成分にピークをもつ。一方、ヒスは時間的にほとんど変化をしないため、スピンの影響を除いて、DC成分に近いところのみ特徴が現れていた。こうした波動毎のパワースペクトルの特徴の違いを利用してk-means++法を用いて波動の識別を行った。結果として、ヒスとコーラスが混在している時間帯においても、周波数的な構造を持つコーラスと周波数的な構造を持たないヒス、その他ノイズ成分としてきちり分類され、各波動を識別できることが確認された。今後、開発した手法を用いてWBAデータのカatalogを作成する予定である。