

スペクトルマトリクスを用いる伝搬ベクトル推定手法の性能評価

太田 守 [1]; 笠原 禎也 [1]; 後藤 由貴 [1]
[1] 金沢大

Performance Evaluation of Direction Finding Method using Spectral Matrix

Mamoru Ota[1]; Yoshiya Kasahara[1]; Yoshitaka Goto[1]
[1] Kanazawa Univ.

Investigating characteristics of plasma waves observed by scientific satellites in the Earth's magnetosphere and plasmasphere is the effective key to understand not only generation mechanisms of the waves but also a plasma environment which influences its generation and propagation conditions. In particular, direction finding of plasma waves is most important for understanding these characteristics.

Spectral matrix composed by cross spectra of observed signals is widely used for direction finding of VLF waves in the Earth's magnetosphere/plasmasphere. Many solutions of the direction finding problem using a spectral matrix have been proposed for each analysis target wave. Means method [1] and SVD method [2] are derived by the single plane wave approximation. The wave distribution function (WDF) method [3] can estimate directional distribution of wave energy density, and its theory is based on the assumption that the observed signals follow stationary and ergodic Gaussian random process. In order to obtain a unique solution of the continuous directional distribution, a model of the distribution function expressed with few parameters must be assumed. Although conventional methods for direction finding had often been evaluated by using test data adapted to individual assumptions, however, the performance comparison for each method and the evaluation for plasma waves with frequency drift such as chorus emission are not enough.

In the present study, on the basis of Bayesian inference, we investigated the behavior of estimated solutions of WDF method without arbitrary assumption. The performance of Means method, SVD method, and WDF method were also evaluated by using computer-generated data which imitate chorus emission.

地球磁気圏およびプラズマ圏内の科学衛星で観測されるプラズマ波動の特性調査は、波動の伝搬機構だけではなく、その励起・伝搬条件に影響を与えるプラズマ環境を知るために重要である。特にプラズマ波動の到来方向は、これらの特性の理解のために極めて有用な情報を提供する。

磁気圏およびプラズマ圏内の VLF 波動の到来方向推定には、科学衛星で観測される電磁場成分のクロススペクトルから構成されるスペクトルマトリクスが広く用いられている。スペクトルマトリクスを用いた到来方向推定問題の解法は、解析対象とする波動の性質を考慮したモデリングに応じて数多く提案されている。例えば、Means 法 [1] や、SVD 法 [2] は単一平面波の仮定の元に導かれるものであり、波動のエネルギー密度方向分布を推定する波動分布関数 (WDF) 法 [3] の理論はインコヒーレント波動のガウス性不規則信号としての取り扱いに基づいている。WDF 法の場合、推定対象である連続的な方向分布関数を一意に得るためには、少数のパラメータで規定される分布関数を仮定する必要がある。また、従来の方向推定手法の評価は、各手法の仮定に適合した擬似データによってなされる場合が多く、手法相互の性能比較やコーラスのように周波数変動を伴うコヒーレント波動に対する推定解の評価は少ない。

本研究では、波動分布関数法の評価にあたって、ベイズ推定理論に基づき方向分布関数に対する恣意的な仮定を極力排除した条件下での推定解の挙動を調査した。また、コーラスを模擬した擬似データによる Means 法、SVD 法、WDF 法の性能評価を行った。

参考文献

1. Means, J. D., "Use of the Three-Dimensional Covariance Matrix in Analyzing the Polarization Properties of Plane Waves," *Journal of Geophysical Research*, 77(28), pp. 5551-5559, 1972.
2. Santolik, O., M. Parrot, and F. Lefeuvre, "Singular value decomposition methods for wave propagation analysis," *Radio Science*, 38(1), 2003.
3. Storey, L. R. O., and F. Lefeuvre, "The analysis of 6-component measurements of a random electromagnetic wave field in a magnetoplasma I. The direct problem," *Geophysical Journal International*, 56(2), pp. 255-268, 1979.