

あらせ衛星で取得した波形観測データのゲインと位相の較正法

西澤 宏幸 [1]; 笠原 禎也 [1]; 松田 昇也 [2]; 小嶋 浩嗣 [3]; 三木 淳平 [4]; 土屋 史紀 [5]; 熊本 篤志 [6]; 松岡 彩子 [7]; 後藤 由貴 [1]

[1] 金沢大; [2] ISAS/JAXA; [3] 京大・生存圏; [4] 京大・工・電気; [5] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [6] 東北大・理・地球物理; [7] JAXA 宇宙研

Study on calibration method for the gain and phase of electric waveform data acquired by the Arase satellite

Hiroyuki Nishizawa[1]; Yoshiya Kasahara[1]; Shoya Matsuda[2]; Hirosugu Kojima[3]; Jumpei Miki[4]; Fuminori Tsuchiya[5]; Atsushi Kumamoto[6]; Ayako Matsuoka[7]; Yoshitaka Goto[1]

[1] Kanazawa Univ.; [2] ISAS/JAXA; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] Electrical Engineering, Kyoto Univ.; [5] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [6] Dept. Geophys, Tohoku Univ.; [7] ISAS/JAXA

The Plasma Wave Experiment (PWE) on board the Arase satellite measures electric field from DC to 10 MHz, and magnetic field from a few Hz to 100 kHz. The waveform capture (WFC) is one of subsystems of the PWE and is dedicated to measuring waveform for the two electric components and three magnetic field components. WFC aims at detailed observation of plasma waves in the VLF range such as chorus, hiss and lightning whistler in the Earth's inner magnetosphere, but it is necessary to be corrected for gain and phase using frequency responses of sensors and receivers. In particular, the electric field data needs to be corrected in consideration of the antenna impedance of the electric field sensor. Currently, this is corrected assuming a vacuum, but the characteristics of the impedance change depending on the electron density and temperature at the observation point. In the present paper, we introduce how to calibrate the gain and phase of electric waveform data using natural waves.

In this research, the effect of the impedance is estimated by calculating the refractive index value of the observed chorus by two different methods and comparing the difference between the two refractive indexes.

In the first method, we calculate the refractive index by using the observation data. First, we convert the five components of electric and magnetic waveforms into complex waveforms by Hilbert transform. Next, the refractive index is calculated using these complex waveforms and wave normal vector (k vector) of a chorus element estimated using only three magnetic field components. We calculate the refractive index using the frequency range in which the chorus wave is observed. It is noted that the obtained refractive index is a complex number. In another method, using the wave normal vector described above and the electron density at the observation point, we calculate the theoretical refractive index which satisfies dispersion relation of whistler mode wave. In the calculation, we select the frequency with the largest intensity in the chorus element. By obtaining the ratio of the absolute values of the two refractive indexes, it is possible to correct the gain of the electric field component. On the other hand, the phase of the electric field component can be corrected by calculating the argument of the complex refractive index obtained by the former method.

In this study, we evaluate the estimated results by comparing with the antenna impedance derived from the software calibration function implemented in the PWE.

あらせ衛星に搭載されているプラズマ波動・電場観測器 (PWE) では DC から 10MHz までの電界成分と数 Hz から 100kHz までの磁界成分を観測している。PWE の受信器の一つである波形捕捉受信器 (WFC) では 20kHz までの電界 2 成分、磁界 3 成分の波形データを取得する。WFC は、地球内部磁気圏内でコーラスやヒス、雷ホイスラ等の VLF 帯のプラズマ波動の詳細観測を目的とするが、取得データは、センサや受信器の周波数特性を使って、ゲイン・位相を補正しなければ正しい波形データを得ることができない。特に、電界データは、電界センサのアンテナインピーダンスを考慮して補正する必要がある。現在は真空中を仮定して補正を行っているが、実際は観測点における電子密度や温度によって、インピーダンスの特性は変化する。本研究ではこのインピーダンスを自然波動から推定する方法について検討を行う。

本研究では、観測されたコーラスについて、屈折率の値を二つの異なる方法で導出し、その差異を比較することで、アンテナインピーダンスの影響を推定する。一つ目は、観測データを用いて屈折率を導出する方法である。まず、電磁界 5 成分の波形データを複素波形に変換し、電磁界両方の複素波形と、磁界 3 成分のみを用いて求めたコーラスの伝搬ベクトル (k ベクトル) の推定値を用いて屈折率を導出する。その際、コーラス波動が見られる帯域のみを用いて計算を行う。また得られた屈折率は複素数になる。もう一つは、前述したコーラスの伝搬ベクトルと、観測点における電子密度を用いて、波動の分散関係から理論的に屈折率を求める方法である。導出においては、観測されたコーラスエレメント内の最大強度となる周波数を用いる。このようにして導出した二つの屈折率から、絶対値の比をとることで電界成分のゲイン補正が可能となる。また、前者の方法で求めた複素屈折率の偏角が、電界成分の位相値に相当する。本研究では推定された結果を PWE 内に実装されたソフトウェア較正機能から得られたインピーダンスの推定結果と比較することで評価を行う。