

科学観測ロケット S-310-40 号機搭載デジタル方式フラックスゲート磁力計によるロケットの姿勢解析結果

井口 恭介 [1]; 松岡 彩子 [2]
[1] 総研大; [2] JAXA 宇宙研

The Attitude Determination of the Sounding Rocket S-310-40th from the Digital-type Fluxgate Magnetometer Data

Kyosuke Iguchi[1]; Ayako Matsuoka[2]
[1] Sokendai; [2] ISAS/JAXA

We have developed a digital-type tri-axial fluxgate magnetometer onboard the sounding rocket S-310-40th as an experimental model for the future space science missions. S-310-40th was launched at 23:48 (JST) on December 19, 2011 from the Uchinoura Space Center. The purpose of this sounding rocket experiment was the investigation of characteristics of the radio wave propagation in the ionospheric bottom region. The LF/MF radio receiver onboard S-310-40th measured intensities and propagation directions of the radio waves in the reference frame fixed to the rocket. The attitude and spin rate of the rocket can be determined by the magnetometer data. In the presentation, we report the analysis result of the rocket attitude and spin rate.

The X and Y axes of the fluxgate sensor were roughly in the rocket spin plane. The Z-axis was roughly aligned with the spin axis. The Z axis is not perfectly parallel or anti-parallel with the spin axis because of the mis-orthogonality of the sensor axes and installation error of the sensor to the deck plate on the rocket. For the same reason the X and Y axes are not strictly in the spin axis. Observed magnetic variations in the X and Y components showed sinusoidal wave form with large amplitude (6000 nT - 30000 nT). The spin rate was determined by measuring the period of the sinusoidal waveform of X and Y component data. The spin rate decreased from 2.0 Hz to 0.7 Hz by the release of the yo-yo despinner around 60 sec after the launch.

The rocket attitude is defined by two angles. One is the nadir angle which is derived from the horizon sensor data. The other is the angle a_m between the spin axis and the geomagnetic field direction; it is the arctangent of the spin-axis field component divided by the spin plane field intensity measured by the magnetometer. In the analysis, we assumed that the intensity and the direction of the geomagnetic field did not change for the spin period. First, by using the ground-calibration result and in-flight data, we calculate the angle between the spin axis and the sensor Z axis as well as the angle between the spin plane and the sensor X and Y axes. By using these angles, the measured magnetic field data were converted in the orthogonal coordinate, in which Z axis is aligned with the spin axis and X/Y axes are in the spin plane. Second, the DC offset in the spin-axis field component was calculated by the IGRF reference field.

The calculated a_m varied between 138 and 172 degrees during the 400 seconds rocket flight. We confirmed that the a_m was determined within a required accuracy of 2.0 degrees.

我々は、将来の磁気圏探査計画に向けて開発したデジタル方式3軸フラックスゲート磁力計の試作モデルを科学観測ロケット S-310-40 号機に搭載した。このロケットは夜間中緯度電離圏領域における電波伝搬解析を目的として 2011 年 12 月 19 日 23 時 48 分 (JST) に内之浦宇宙空間観測所から打上げられた。本実験における磁力計の役割はロケットのスピンの周波数を求めることとロケットのスピンの軸と地磁気のなす角 (地磁気姿勢角) を 2 度の精度で求めることである。本講演では、それらの解析方法とその結果について発表する。

搭載したフラックスゲートセンサ 3 軸のうち 2 軸 (X 軸と Y 軸) の感度軸はおおよそロケットのスピンの面内の直交する 2 方向であり、残り 1 軸 (Z 軸) の感度軸はおおよそロケットのスピンの軸である。しかし実際には、感度軸間のアライメント誤差やロケットへのセンサーの取り付け誤差により各感度軸はスピンの軸やスピンの面と厳密には一致しない。

おおよそスピンの面内に感度軸をもつ X 軸と Y 軸では、スピンの周波数で正弦的に変化する磁場が観測される。この正弦的に変化する磁場の周期を求め、スピンの周波数を算出した。解析の結果、打上げから約 60 秒までロケットは約 2 Hz でスピンし、その後ヨーヨーデスピナーによって 0.7 Hz でスピンのしていることがわかった。

地磁気姿勢角はスピンの軸方向の磁場とスピンの面内磁場のアークタンジェントで求められる。今回の解析では 1 スピンする間に地磁気の磁場強度と方向が変化しないと仮定した。まずは感度軸方向の磁場データをスピンの軸方向とスピンの面内方向の磁場データに変換するための座標変換角を求めた。スピンの面内の磁場成分のオフセットは、スピンのを利用して求めることが可能である。スピンの軸方向の磁場成分のオフセットは、IGRF モデルの磁場強度が観測磁場強度に等しいと仮定して推定した。この解析方法によって、2 度以内の精度で地磁気姿勢角を算出することができた。ロケットの約 400 秒間の飛行中、地磁気姿勢角は約 172 ° から約 138 ° の間で変化したことがわかった。