

# 観測ロケットS-520-29号機の高速スピン時の運動計測結果について

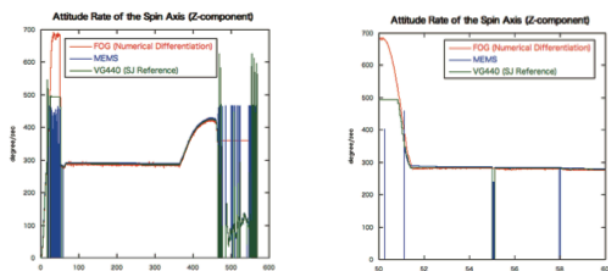
福島洋介, 坂井智彦, 志田真樹, 中塚潤一, 阿部琢美, 嶋根愛理, 菅田武志 (JAXA)

## 1. 観測ロケットの高速スピン運動を複数の姿勢レートセンサで計測した

観測ロケットは打ち上げ後すぐに高速スピン回転(~2Hz)を行い機体を安定化させます。その後ミッションの要望によって、スピンを止める(0Hz目標)か1Hz程度にスピンドウンさせます。

0.1 deg/sec レベルの低い回転レートから 720 deg/sec以上の速い回転レートまでを精度よく計測できるダイナミックレンジが広いセンサで、観測ロケットに搭載できる候補となるものは多くありません。今回はいくつか候補となりうるものでその能力を実測しましたので、その結果についてご紹介します。

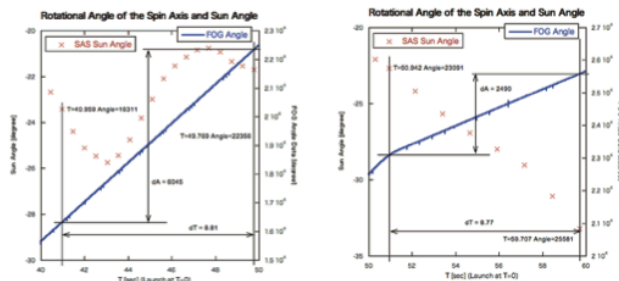
VG440: COTSのAHARS オンボード姿勢制御系で使う  
 FOG: JG34P120 (パルス出力タイプ:スケールファクタ 4.5arcsec/pulse) 1軸のみ  
 MEMS: MARSII 1軸のみ



フライト中のスピン軸角速度計測値 最高スピンレートからのスピンドウン(0.8Hz)結果

## 2. SAS (太陽センサ) でのスピン検知結果とFOG計測値を比較した

SASは太陽角をSUN/パルスとして一瞬だけ出力するので、FOGスピンレート計測値と比較します。



FOG角度増分値とSASパルス入力タイミング(1.9Hz) スピンドウン後(0.8Hz)

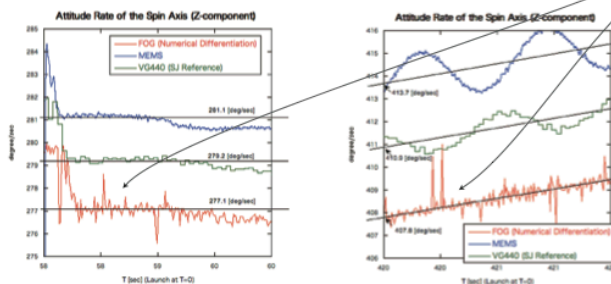
表 1 FOGの回転計測とSASの回転計測の違い

計測の期間	時間	角度増分	回転数	SAS 回転数	FOG 計測ズレ
40-50 [sec]	8.81 [sec]	6045 [deg]	16.79	17	75.0 [deg]
50-60 [sec]	8.77 [sec]	2490 [deg]	6.92	7	30.0 [deg]

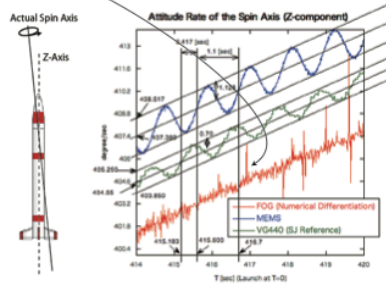
(注) この考え方はニュートーション角が無視できない場合は必ずしも成り立たない。とくは、角速度は偽座標の変数なので(角速度を積分しても角度にはならない)。しかし、運動の概略を直感的に把握するためには、上記の考え方は有効である。

## 3. 複数のセンサで姿勢レート計測し、その違いを観察し、その理由を考える

(注)スパイクはテレメトリの伝送中にビットズレが頻発するという通信回路上の不具合の影響による(FOGデータではない)



スピンドウン直後(0.8Hz) スピンアップ中



ニュートーションの位相ズレ(スピンアップ中)

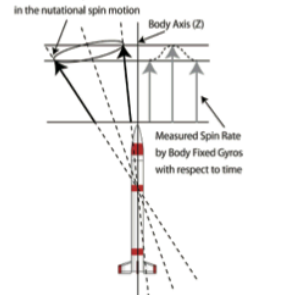
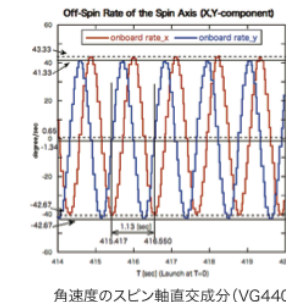


表 2 異なる角速度での角速度の比較

センサ	$\omega_1$ 58-60[sec]	$\omega$ FOG 値比	$\omega_2$ 420-422[sec]	$\omega$ FOG 値比	$\omega_2/\omega_1$ 比
FOG	277.1[deg/sec]	1	407.8[deg/sec]	1	1.4717
MEMS	279.2[deg/sec]	1.0076	410.9[deg/sec]	1.0076	1.4717
VG440	281.1[deg/sec]	1.0144	413.7[deg/sec]	1.0145	1.4717

表 3 VG440 および MEMS のスピン軸成分の軸倒れ推定値 (T=414 時点)

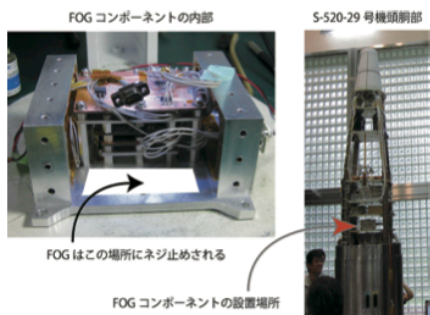
センサ	機軸直交成分	スピンドウン	正弦波振幅	軸倒れ角	軸倒れ方向方位
VG440	42.68	404.550	0.70	0.9 [deg]	基準
MEMS	42.68 (VG440)	405.250	1.128	1.5 [deg]	136[deg]
FOG		401.320			



角速度のスピン軸直交成分 (VG440)

## 4. 設置場所, アライメント, スケールファクタ補正の影響を実測したことになる

今回のフライトはFOGで計測が可能かを検証する意味が強く、その精度追求について完全には考慮されていない。したがって、取付面精度は曖昧であり、アライメント計測はなされていない。それをセンサ計測値から逆に再現できてしまっている。



FOGの計測誤差について、表1の結果の妥当性について確認する。測定誤差が主にスケールファクタのズレによるものであるという判断には矛盾はない。

表 4 FOGの回転角度計測の相対誤差

計測期間	スピンドウン	角度増分	計測誤差角	計測誤差
40-50 [sec]	1.91 [Hz]	6045 [deg]	75.0 [deg]	1.2 %
50-60 [sec]	0.79 [Hz]	2490 [deg]	30.0 [deg]	1.2 %

フライト結果のデータから高速スピンのFOG計測について言えることと反省点

- (1) FOGの計測値は誤差1.2%であり、想定通りの結果を得ることができた。
- (2) 他のセンサが飽和するスピンドウンでもFOGは安定して計測ができた。
- (3) FOGの計測軸のアライメントについては、変型などが最小となるよう配慮したケースに設置したため、軸倒れの影響は無視できる結果を得た。
- (4) 温度補正をスケールファクタにかけると変動率は0.01%に抑えられるので、仮に600秒間1Hzでスピンドウンしたとしても360×600×0.0001=21degreeのオーダーになる。