

はじめに

2010年9月11日に打ち上げられた準天頂測位衛星初号機(QZS-1)に搭載された技術デー タ取得装置(TEDA)の初期データの評価結果について報告する。TEDAは、軽粒子モニタ (Light Particle Telescope: LPT)、磁力計(MAagnetoMeter: MAM)及び帯電電位モニタ(Potential Monitor: POM)で構成され、衛星搭載装置の誤動作や不具合時の原因究明に資する データを取得すると共に、取得したデータを衛星設計に反映する。

QZS-1軌道の特徴

準天頂衛星システム(QZSS:Quasi-Zenith Satellite System)は、米国のGPSや欧州が開発中のGalileo等に代表される衛星測位システムのひとつで、常に日本の天頂付近に1

TEDAの初期チェックアウト評価結果

1)LPT (粒子計測器)

校正モードによるピーク値と半幅値の確認、ダンプモードによる放射線テーブル書き換えを実施し、 LPTが正常に動作していることを確認した(2010年10月12日)。

1日に2回、磁気赤道をクロスことによる日変化を観測した(図4,図6参照)。

さらに、太陽風速度の増加、磁気嵐に伴う放射線帯電子フラックスの変動を観測した。特に、高エネル ギー側で顕著である。

2)POM(帯電計測器)

初期チェックアウト中のデータモニタにより、POMが正常に動作していることを確認した。 日変化及び電子フラックス増加よる負帯電が観測されている(図4、第4パネル)。

機の衛星が見えるように、複数の衛星が準天頂軌道と呼ばれる傾斜地球同期軌道を周る衛 星測位システムである。 QZS-1は、その初号機にあたる。対地同期軌道でよく知られる静 止軌道は、離心率、軌道傾斜角とも0であり、地表から見れば、赤道上の一地点の上空に静 止して見える。そのため、低緯度に衛星サービスを提供するには適しているが、高緯度か らは斜めになり、ビル影などが発生する。

それに対し、準天頂衛星は高い軌道傾斜角を持つので、静止せず、23時間56分周期で南 北を往復する。このため、高緯度に衛星サービスを提供するのに適している。経度一定の まま南北に往復するのではなく、経度を変えながら南北を往復し8の字を描くユニークな軌 道を取る。

1)衛星不具合の環境データ

準天頂衛星軌道環境は、ほぼ静止軌道と同じく放射線帯(バンアレン帯)の外帯電子 (地球磁気座標のL値はGEOは6.6Re固定に対して、準天頂はL=6.6~15.5Reに変化する) に曝されるが、静止軌道と異なるのは、緯度方向41°程度に1日の間隔で横断するため、1 日2度放射線帯電子密度の高い領域を通過することである(図1参照)。これらが、静止 軌道衛星が1年に2回通過するのと違って、機器のどのような影響を与えるかは不明であ り、不具合が発生した場合の原因究明のデータ及び将来この軌道を利用していく上の重要 な基礎データとなる。これまで静止軌道より遠方周辺の放射線環境のデータは少なく地球 物理としても貴重なデータとなり得る。

2)静止軌道データの継続

現在、静止軌道の放射線環境データをDRTS衛星(こだま) で取得している。但し、設計寿命は7年であり、今後数年で運 用が終了する可能性がある。それ以降の静止軌道衛星の計画は なく、準天頂衛星軌道での観測はそれに代われるもので、運用期間 も10年~12年と長期間に渡るため太陽活動1サイクルの変 動を取得することが可能である。



3) MAM(磁場計測器)

極性の反転および測定レンジ切り替えにより、MAMが正常に動作していることを確認した (2010年11月10日)。動作は概ね正常で、磁気嵐よる磁場変動を観測できる目途が立った。(図5参照)

i)残留磁場評価

IGRFモデルと外来磁気ノイズの少ない実測値(11月5日11:00~11:30)の比較でMAM-S1で 残留磁場が405.2nT(X軸:-180nT,Y軸:155nT,Z軸:-328.3nT)あることが確認された。この値は 地上試験データの推定値とほぼ同じ値である。また、アンテナタワーモジュールのヒータからの影響 も明らかとなった。MAMデータは、地球磁場観測の他に、QZS後継機での磁気トルカによる姿勢制 御やアンローディングの検討にも生かされる。



図4 TEDAデータと太陽風速度の比較

上から3つ目まで:電子フラックス(単位:/cm²/s/MeV/str)、 上から4つ目:サンプル2(導電性コーティング無OSR)帯電 電位(単位:V)、最下パネル:太陽風速度(単位:km/s)

図5 TEDA MAM-S1 各軸方向および3軸合成 磁場の予測値と測定値の比較

Z成分(地球方向)X成分(Z成分に直行した子ご面内成 分)Y成分(Z成分に直行した水平面内成分)。Z成分に影響 が顕著に出ている。

装置の概要

図2に各モニタの搭載位置、表1に各センサの性能を示す。また、図3に照射試験によるセン サの応答を示す。

	表1 TE	DAの性能		
MAM-S1 POM-S VAM-S2 Intervention	装置名	仕様		
	LPT	ELS-A :	電子 陽子 デュウトロン トリチウム ヘリウム 3	4keV ~ 1.95MeV,21CH 1.5MeV ~ 250MeV,12CH 4 ~ 16MeV/n,6CH 3 ~ 14MeV/n,3CH 7 ~ 3MeV/n,6CH
			ヘリウム4	2~100MeV/n,10CH
	POM	電位計測方式音叉変調方式評価サンプルOSR,PENフイルム計測レンジ-10kV ~ +5kV		
	MAM	観測レンジ分解能	± 65536nT 20bit 125pT/ ± 6	C, ± 4096nT 2段階 5536nT,7.8pT/±4096nT
図2 TEDAの搭載位置		センサ個数	2台 (搭 の列	載位直の遅いから衛星





図6 10月2日(平穏時)及び10月26日(擾乱時)の変動







(a) APS-Bの照射試験データ(@理研、放医研、つくば大)と CHの切り方
(b) LPT ELS-Aの応答とg-factorの決定(GEANT4によるシミュレーション)

QZS-1/TEDAの状況

 2010年9月21日、TEDAの電源をONし、各センサ(軽粒子観測装置(LPT),磁力計センサ (MAM),帯電電位モニタ(POM))を順次電源ONし、TEDAの初期チェックアウトを実施。以降、 基本的にすべてのセンサはON状態を維持して宇宙環境のモニタを継続している。
2)2010年9月27日、QZS-1、準天頂軌道(遠地点高度:38,950km、近地点高度:32,618km、軌道傾 斜角:41.0度)に投入。
3)2010年10月12日、LPT, MAMの校正データを取得。

4) 2010年11月10日、MAMの校正データを取得。

5) 2010年12月10日、MAMの校正データを取得。



図7 L値の違いによる1日平均の変動(10月~12月)

おわりに

QZS-1 TEDAは、目標性能を達成した。今後、LPT APS-Bの正確な幾何学要素(GF)、MAMデー タにおける衛星からのノイズ除去アルゴリズムの確立を図る。1月中に一部のデータを公開できるよう 準備を進めている。

謝辞

発表するに当たり、QZS-1衛星システム開発関係者及び衛星運用に関わった多くの方に感謝します。