

M-V ロケットの計測概要

富澤利夫*, 石井信明*, 高橋一仁**, 杉谷健**

1. はじめに

機体計測は、飛行性能および飛行環境の評価を目的として、構造、推進、空力、制御等各サブシステムからの計測要求および各種搭載機器の状態監視要求に基づいて設計されている。そのため、計測点数も第1段から衛星までを合計すると200近い点数になっている。

計測点数が多いので、搭載機器の電氣的、機械的性能諸元、詳細な計測位置および計測結果（生データ）に関しては各号機の飛行実験計画書及び飛行実験報告書を参照されたい。

ここでは、5号機以降に開発したデジタル計測装置について報告する。

なお、地磁気姿勢計およびテレメータに電圧信号を直接送出する TVC 電圧モニタ、姿勢制御関連の計測は対応する章に記載されているため本稿では割愛した。

2. 開発の概要

搭載機器の基本仕様は打上げの2年前ぐらいに確定するが、その後の計測要求変更に対応できるように融通性を持たせるためにデジタル計測装置を開発した。特に、計測範囲の変更は度々あるので、搭載機器を外してアンプの調整（ゲイン、バイアスレベル等）をしなくてすむようにした。

2.1 動作概要

センサからのアナログ入力信号を指定のデジタル信号に変換してテレメータに出力する。その際、ハードウェアで大体のゲインとローパスフィルタをかけて高速サンプリングし、ソフトウェアで計測範囲（ゲイン、バイアスレベル）を調整してテレメータに出力する。この処理はテレメータからのタイミング信号に同期して行われる。

また、ソフト処理の設定は外部から変更することができる。

2.2 構成

構成は、電源部、アンプ部、制御部、テレメータ I/F 部、メモリ処理部からなっている。以下に、各部の動作について述べる。

* The Institute of Space and Astronautical Science (ISAS) / JAXA

** System Technology Center, Panasonic System Solutions Company Matsushita Electric Industrial Co.,Ltd.

2.2.1. 電源部

RB管制装置から電源のON/OFFする機能，内部回路供給用レギュレータ回路を3系統，センサ供給用レギュレータ回路を2系統有している。

2.2.2. アンプ部

8チャンネル，16チャンネルの2種類の基本ユニットがあり，合計32チャンネルまでの組合せが可能である。

アンプの初段ゲインは1～1000倍まで設定でき，3次バターワースのローパスフィルタ（30Hz～3kHz）機能を有している。各アンプユニットには1つのA/Dコンバータ（12BIT分解能）があり，マルチプレクサで切替ながら全チャンネルのサンプリングを行っている。

2.2.3. 制御部

CPU（クロック20MHz），フラッシュROM等を搭載し，アンプ部でサンプリングされたデータをソフト処理で，計測範囲，バイアスレベルおよびテレメータチャンネル配分に合うようにサンプリング調整を行っている。また，各種設定値の書込み，内部データ読出しをRS232Cインターフェース経由で出来る機能を有している。

2.2.4. テレメータI/F部

制御部より調整後のデータを一度バッファリングし，テレメータからの読み出し要求に合わせてデータを出力する。

2.2.5. メモリ処理部

テレメータI/Fとテレメータの間に挿入し，タイマ信号入力をトリガに該当チャンネルのデータを一定時間（2.54秒）記録した後に，ゆっくりと繰返し再生出力する。

これは，低速テレメータチャンネルで高速現象を計測するための機能であり，1/2段分離のFITH時の温度，加速度，2段モータ内圧等を計測した。

3. 成果の概要

デジタル計測装置は，デジタル入力機能が有るテレメータ（TMU-1：第1段PCMテレメータ，TMU-2：第2段PCMテレメータ，TMS-D：第3段PCMテレメータ）に対応しているが，振動・音圧計測用のデジタル入力機能が無いテレメータTMS-Hには対応していない。

5号機から温度計測装置，7号機から温度以外（圧力・歪等）の計測装置をデジタル計測装置に変更し搭載した。また，6号機においては，残留内圧計測装置PFのデータ長を8から12BITに高分解能化した。

飛翔中においても正常に計測装置の機能が確認され，機体各部の性能が確認された。

デジタル計測装置の開発によって，調整作業の簡素化，計測仕様変更対応の高さ，共通化されたハード設計により計測対象を選ばない自由度の高さ，バイアスレベル設定機能・計測範囲設定機能により現地でのデータ変動にすばやく追従できるなど，高い機能性がえられた。

4. 開発時に発生した主な不具合

次期固体ロケットに反映させるために，開発時および噛合せ，組立オペレーション等地上試験時において発生した不具合の原因を列举し，その項目について処置，対策の再評価結果を示す。基本的にすべての項目について処置および対策はすべて妥当であったことを確認している。

4.1. 設計初期および仕様変更時の作業指示不足によるもの

設計初期あるいは新規設計等により計測仕様が変わった場合、計測箇所（相手側ハード）に関する情報不足等により詳細かつ具体的な作業指示ができない場合が多い。また、図面等の2次元的情報のみからでは十分な事前検討にも限界があり、作業指示が不適切となることもある。このような場合は実際の噛合せ試験等の作業現場にて適宜各班と調整を行い、より良い方式へと計測方式の変更や対策を実施している。これらの不具合は文書化し次号機以降の作業指示へと反映している。

4.2. 作業上の不手際によるもの

噛合せ・組立オペレーション等の作業現場で貼付け作業を実施した熱電対の極性が逆である事がその後の試験で判明したという不具合である。噛合せ試験における要処置事項として記録されているが、通常の作業から点検に至る流れの中で発見された問題であり、計測要求に融通性を持たせる運用を確保するためにはある意味でやむを得ない部分もある。今後は目視検査を強化する事で極力事前の発見に努める。

4.3. 各班との打合せあるいは確認不足によるもの

基本的には開発段階に計測仕様を確定するが、飛翔結果やその後の詳細な解析による仕様変更を最大限に反映する努力をしているため、詳細な仕様は噛合せ等の現地作業で決定する事になっている。これらの計測項目に関する調整不足等に起因する不具合を削除するため関係各班との調整を密にし、お互いの作業内容を理解すると同時に作業干渉が予測される部分に関しては時間的余裕を持って対処できるように改善する。

4.4. 他の信号と計測系出力との電磁干渉によるもの

噛合せ試験等において発生した電磁干渉に関してはグランド系の改善、シールドの強化、必要に応じて筐体およびセンサを絶縁する等の対策を実施した。

4.5. センサの故障によるもの

不具合を起こしたセンサは予備品に交換するなどの対応を実施すると同時に、次号機以降ではより耐性の強い品目に変更するなどの対策を実施した。

5. まとめ

デジタル計測装置は、5, 6, 7, 8号機において十分な機能を発揮したと思う。しかし、振動・音圧計測をデジタル化出来なかった事はまことに残念である。次期固体ロケットで計測することがあればデジタル化にしたい。

最後に、計測データのユーザーとして数多くの助言を頂いた実験班各位、ならびに計測装置の製作および運用を担当された松下電器産業㈱の関係各位に深謝いたします。