

M-V型ロケットにおけるダウンレンジ局

廣澤春任, 山本善一, 橋本正之, 河端征彦, 大島 勉, 加藤輝雄
日高正規, 長木明成, 前田行雄, 大西 晃, 横山幸嗣

1. ダウンレンジ局の設置目的

ダウンレンジ局の設置目的は以下の2点である。

- 1) KSC局では避けられないロケットからの噴煙による電波減衰の影響を軽減するため、ロケットの機軸に対して横方向から見ることでできる地点での受信
- 2) KSCからでは不可視になってしまう遠方領域を飛行中のテレメータ電波の受信

M-V-1, 3, 4号機では上記1)の目的のため宮崎大学構内に移動型の簡易受信装置を設置した。また2)の目的で宇宙開発事業団の小笠原局、およびクリスマス局でテレメータ電波の受信を行った。宮崎局での受信データの一部はリアルタイムでKSCに伝送され、打ち上げ時の保安上の判断材料に供されるとともに、取得された全データはKSC局での受信データにマージされて後解析に使われた。これに対して小笠原局やクリスマス局でのデータは専ら後解析に利用された。号機による使用局の相違は表1の通りである。

表1 M-V-1, 3, 4号機での使用ダウンレンジ局

ロケット名	宮崎局	小笠原局	クリスマス局
M-V-1	○	○	×
M-V-3	○	○	○
M-V-4	○	×	○

2. 宮崎ダウンレンジ局

宮崎ダウンレンジ局はM-3SII型時代の宮崎医科大学から宮崎大学構内に移された。

2.1 システム構成

宮崎ダウンレンジ局のシステム構成は号機によって少しずつ変化しているが、図1には代表としてM-V-4号機での構成を示す。宮崎ダウンレンジ局の主目的は2段目ロケットモータの燃焼中に於ける3段目搭載のTMS-D (2280.5MHz) で送られてくる制御系情報と2段目搭載のTM-2 (298.1MHz) で伝送される2段目機体計測情報の中から保安運用上重要なデータを抽出してKSCにリアルタイムで伝送することであった。しかし実際には、テレビカメラ情報を除く全テレメータ電波の受信を行い、データレコーダに収録した。ただし1段目テレメータ電波に関しては仰角が低い上、KSC局の方が遙かに近距離であることから参考程度に受信した。なお、アンテナのロケット方向への指向制御はKSC新精測レーダから伝送時間遅延を考慮した指令値で行った。またア

ンテナ方向の方位設定のためには太陽雑音電波を利用した。
M-V-3号機での局の設置状況を図2に示す。

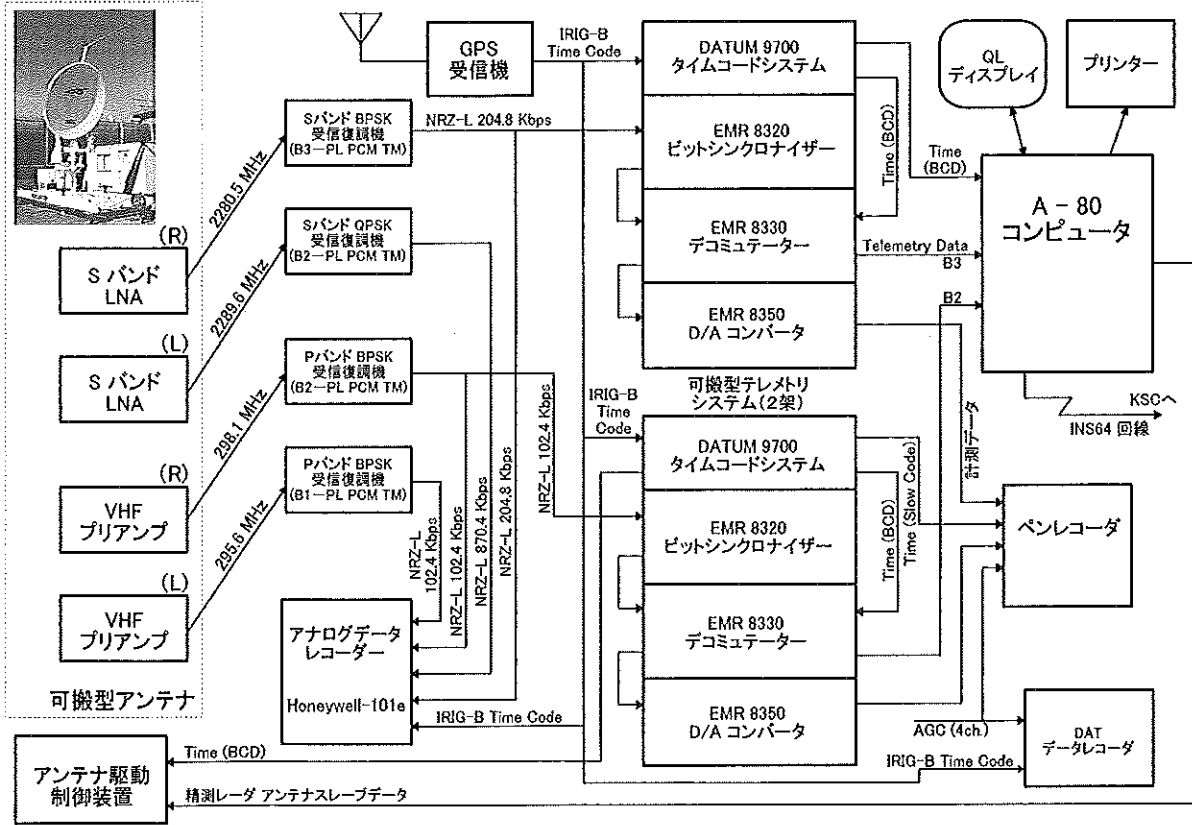


図1 宮崎ダウンレンジ局システム構成 (M-V-4号機)

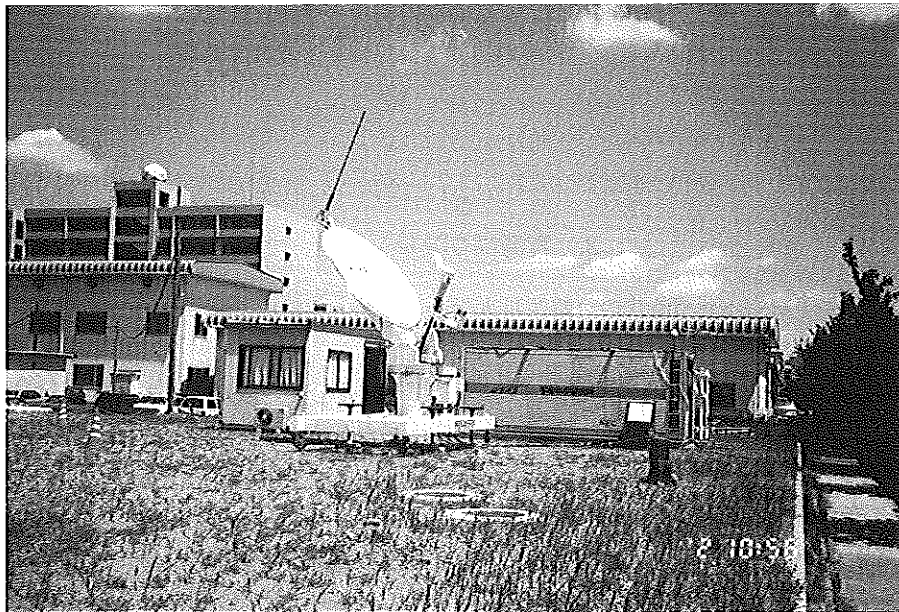


図2 宮崎ダウンレンジ局設置状況 (宮崎大学構内, M-V-3号機)

2.2 飛翔結果

2.2.1 M-V-1号機

宮崎ダウンレンジ局にとって1号機はM-3SII時代の宮崎医科大学から宮崎大学へ移しての初めての受信であった。またアンテナの指向も今回初めてKSCに新設された新精測レーダからの指令値で駆動された。さらに受信テレメータ電波の数も300MHz帯2波、S帯2波の計4波を対象とした。受信結果は概ね良好でダウンレンジ局の目的は達せられた。

図3にダウンレンジ局の役割として最も重要な3段目搭載のTMS-D (2280.5MHz) の受信レベルを示す。図3では2段目燃焼中に当たる部分のレベルが低下しており、あたかも噴煙の影響を強く受けているように見える。しかしその後の解析で、このレベル低下は噴煙の直接の影響ではなく、3段目搭載の2本の送信アンテナの選択が宮崎局にとって不利な側であったためであることが判明している。この点を考慮すると宮崎局での2段目燃焼中に於ける噴煙による減衰は殆ど無かったと言える。

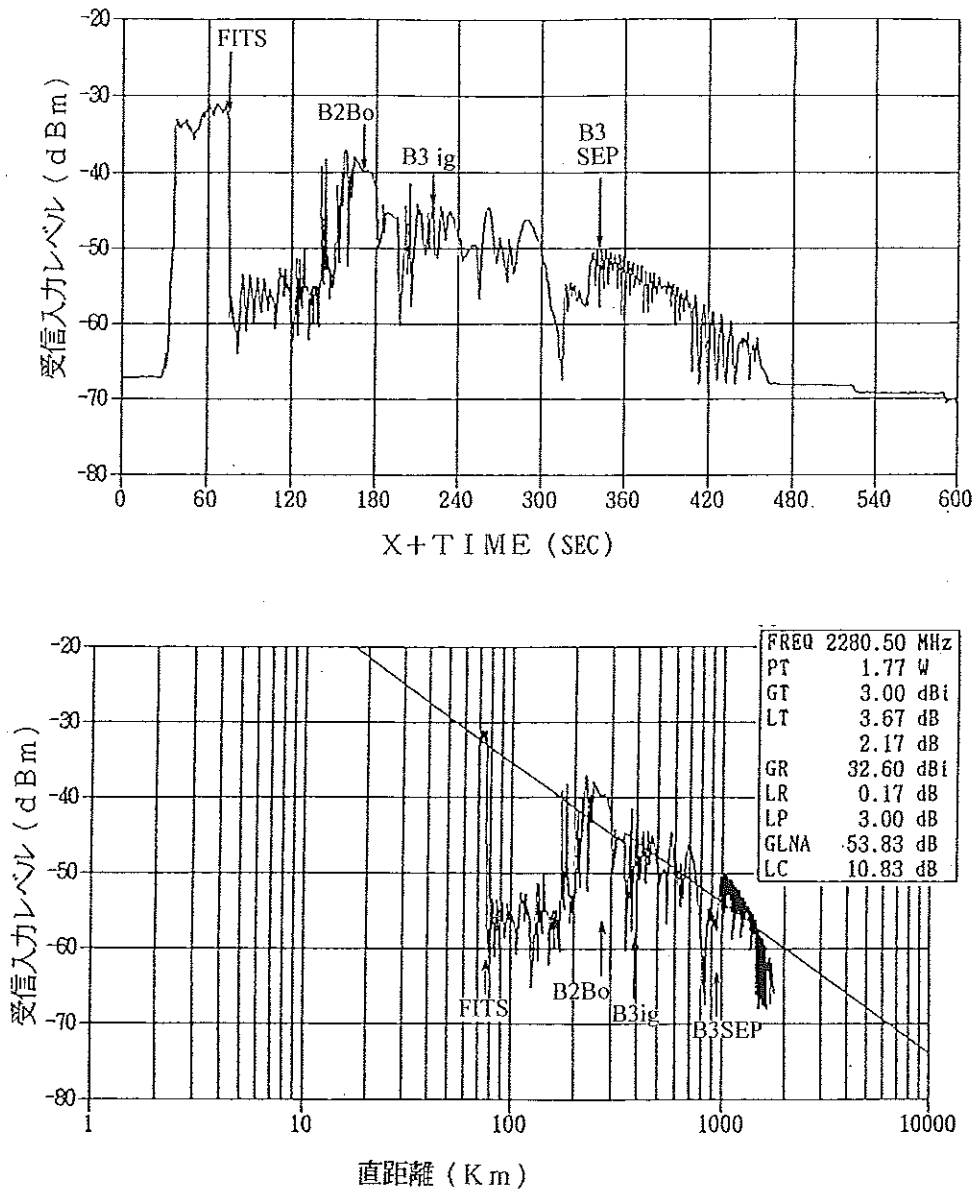


図3 M-V-1号機 TMS-D 受信入力レベル

2.2.2 M-V-3号機

3号機では1号機でおきた不適切な送信アンテナ選択が行われないようアンテナは正常飛翔時にはタイマからの信号で切り替える対策が取られた。図4は3段目TMS-Dの打ち上げ後の経過時間ならびに宮崎局からの直距離に対する受信レベルの変化である。2段目燃焼中の受信レベル低下は殆ど認められず、前述のアンテナ選択に対する対策が有効であったことがわかる。一方、1号機では顕著でなかった3段目燃焼後半でのレベル低下が明白に現れている。この状況はKSC局でのテレメータ、レーダ受信レベルに対しても同様で、ロケット機軸と受信アンテナ方向間のルックアングルの影響であることが解明されている。これに対しては既にレーダ追尾能力の増強やNASDA小笠原局からの3段目データのリアルタイム伝送などの対策が進められている。

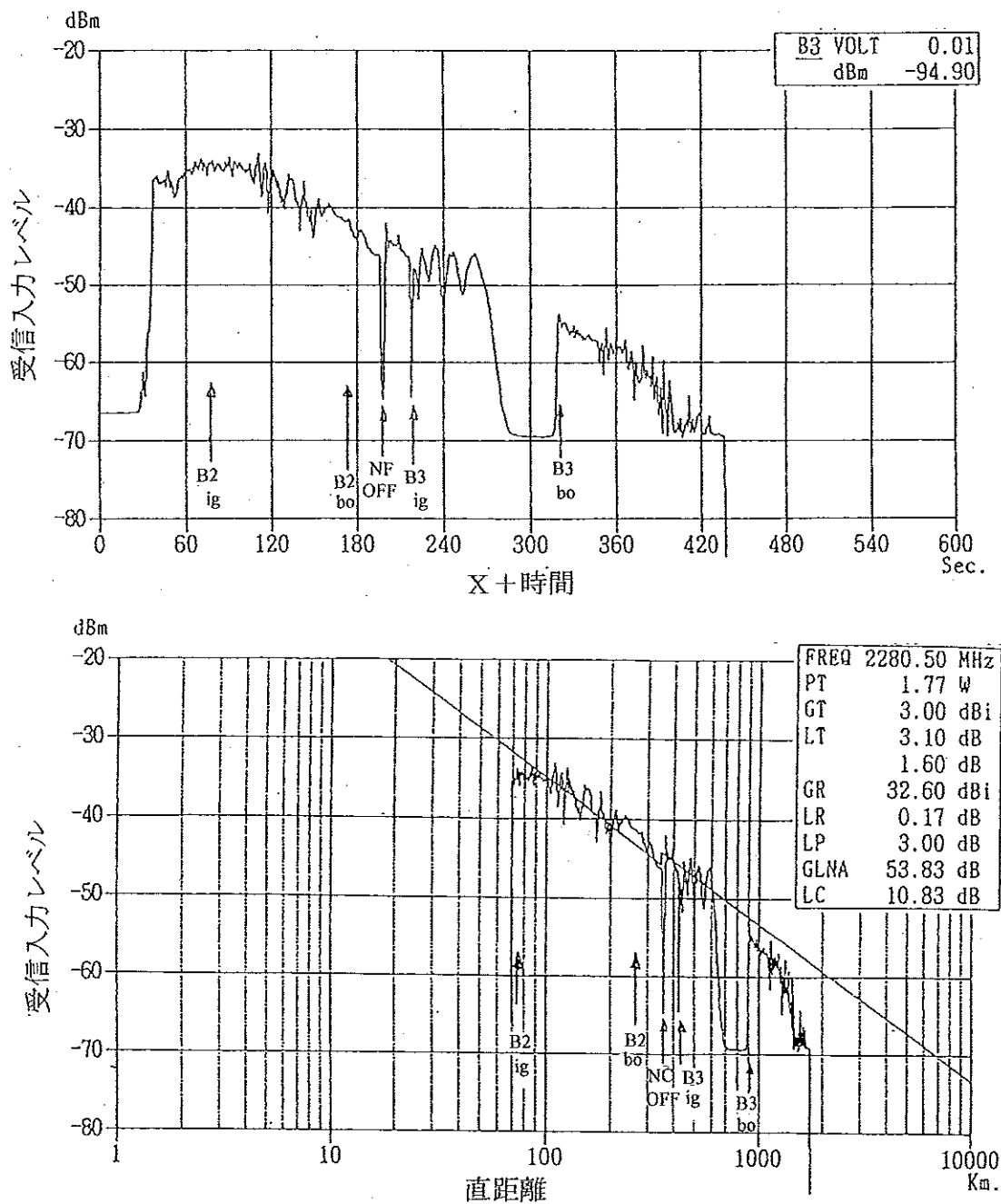


図4 M-V-3号機 TMS-D 受信入力レベル

2.2.3 M-V-4号機

図5に4号機での第3段搭載 TMS-D 受信レベルの発射後の経過時間ならびに宮崎局からの直距離に対する変化を示す。

4号機では1段目燃焼後半から2段目燃焼の途中までの姿勢が予定と大幅に異なった。図5で2段目燃焼中の前半に受信レベルが大きく低下したのはこの影響で、宮崎局からみたルックアングルが小さな値となったため、噴煙の影響を受けた。しかし、姿勢が正常に復帰すると共に受信レベルも予測された値に復帰した。4号機においては宮崎局では次の2つの不具合が発生した。

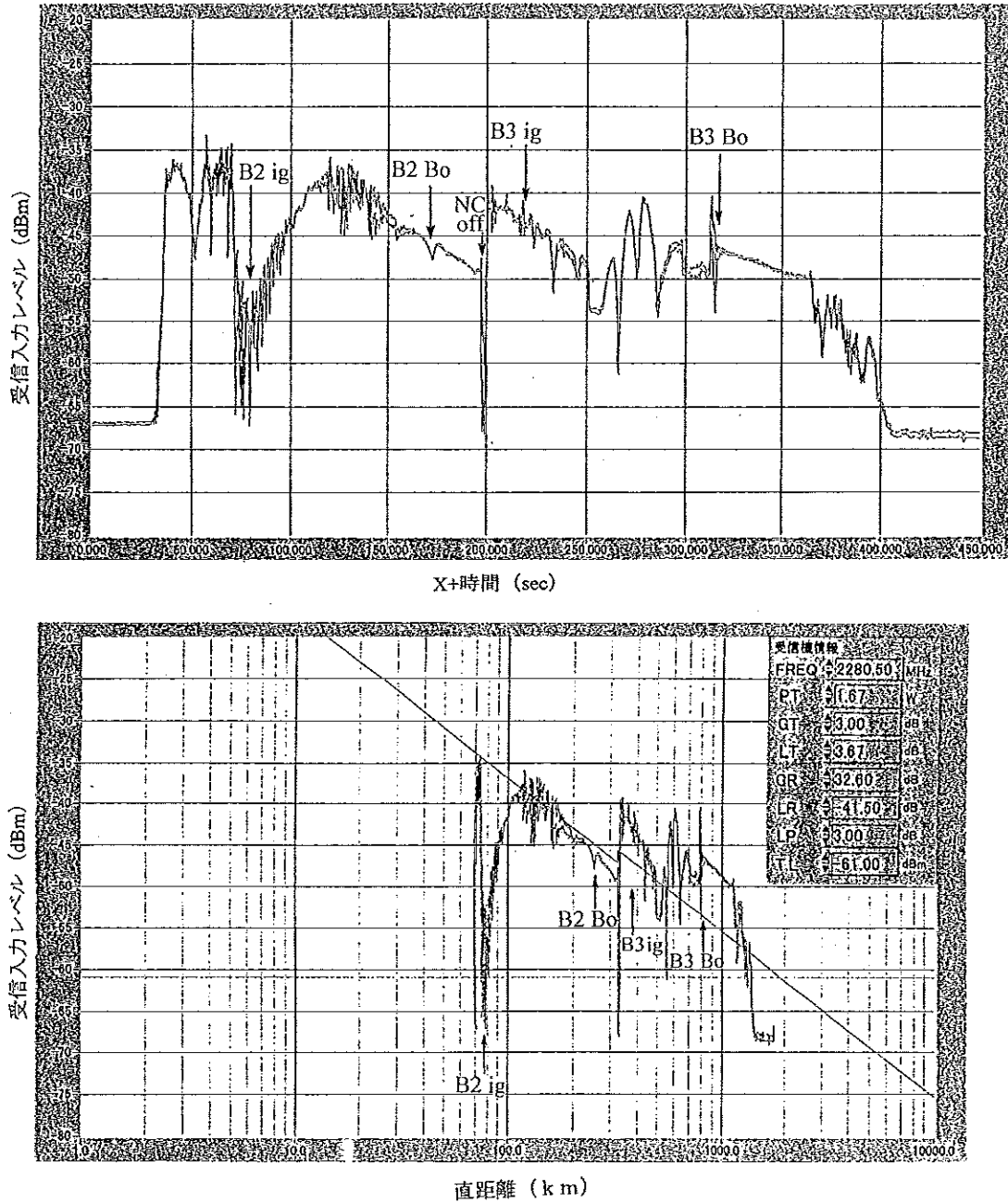


図5 M-V-4号機 TMS-D 受信入力レベル

(ア) コネクタ接触不良

発射直前にアンテナスレーブデータがコンピュータからアンテナ制御装置に送れなくなった。原因はデータ処理計算機(A-80)と時刻発生装置間のコネクタが接触不完全であったことによる。直ちに必要な処置を行ったが、当日の打ち上げを延期させる結果となった。

(イ) 伝送データの異常

打ち上げ当日のKSCへのリアル伝送データの一部に異常が発生した。打ち上げ後の詳細調査の結果、原因は宮崎局でフレームロック/アンロックを検知し、コンピュータ側に割り込み信号を送るマスク処理が不適切であることが判明した。必要な処理は既に完了し、同時にデータ処理システム全体の見直しも実施している。

上記2つの不具合要因は4号機以前から潜在していたもので、これまでたまたま出現しなかったものであった。1)は局舎内が非常に狭く、運用者が動き回ることによって同種の問題が発生する危険性が無いとは言い切れない。今後設置環境の改善などを進める必要がある。2)は異常現象がデータの内容に依存するもので、あらゆる状況に対して問題点を探し出すことの難しさの1例とも言える。今後この種のバグだし手法を確立していく必要がある。

3. 小笠原ダウンレンジ局

NASDA小笠原局は表1に示すように、M-V-1, 3号機で使用した。目的は第3段モータ燃焼終了後の機体計測データ、特に各部の温度データを取得することであった。両機共に発射後約600秒までの貴重なデータを確保できた。なお、追跡に必要なアンテナ制御データはKSCからの回線経由によりリアルタイムで伝送された。

4. クリスマスダウンレンジ局

NASDAクリスマス局は表1に示すように、M-V-3, 4号機で使用した。第3段スピンモータの点火、第3段切り離し、計測データ取得の他、3号機に関してはキックモータ点火の確認をも目的として、第3段搭載のTMS-Dの受信を行った。ロケットの追尾に必要な情報として、KSC局からFAXおよび口頭で軌道6要素を送り、クリスマス局ではこの6要素からアンテナ制御角を計算し追尾した。それぞれの受信状況は以下の通りであった。

1) M-V-3号機

図6に受信レベルの発射後経過時間に対する変化を示す。

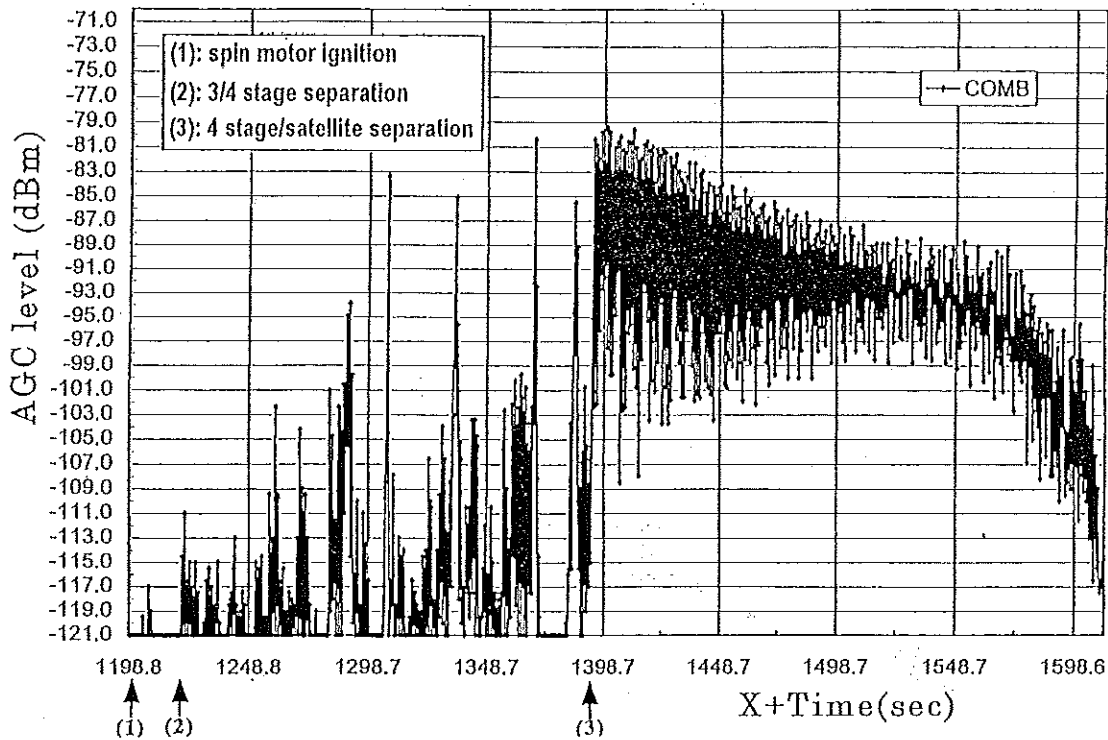


図6 M-V-3号機クリスマスダウンレンジ局でのTMS-D受信レベル

同図から X+1200~1400秒にかけての受信状態が悪かったことが判るが、これは6要素から追尾角度情報に変換するソフトウェアに問題があったことが事後解析で判明している。後半はクリスマス局オペレータの判断により、マニュアル追尾を実施し、良好なデータを確保できた。

2) M-V-4号機

ロケットの軌道がノミナル値から大きく外れたため、追尾仰角が低く、受信時間は1分程度であった。このため数フレームだけではあったが、貴重な計測データを取得することが出来た。

5. 今後への改善事項

これまで述べたようにダウンレンジ局は噴煙の影響を避けての受信とKSCから非可視域でのデータ受信の役割を果たしてきた。これらの経験を通して得た今後改善すべき問題点を以下に述べる。

5.1 アンテナ切り替え方式の改善

2.2.1M-V-1号機の飛翔結果の項で述べたように、搭載した4台のテレメータ送信機TMU-1, TMU-2, TMS-H, TMS-Dが使用する送信アンテナの選択方法として2台のアンテナ切り替え受信機を利用する方式を採用してきた。これはKSCから送信された電波がロケット側で強く受かる側のアンテナを選択して、テレメータ送信を行うもので、テレメータ受信アンテナは全てKSCに設置されているものと仮定していた。しかしダウンレンジ局が設置されるとこの仮定は現実と違ってきた。地上からの送信電波を刻々とその時刻での主受信局から送信すればよいのであるが、設備規模や管制上の複雑さを考慮するとこれは現実的ではない。3号機、4号機ではタイマーからの信号で使用する送信アンテナを切り替えたが、これもロケットの姿勢が予定と変わった場合には有効ではない。この問題を解決するため、5号機以降ではロケットの姿勢を認識している搭載CNEからの指令信号で適切なアンテナを選択する方法に変更する計画である。

5.2 信頼性向上

宮崎局は M-3 SII-5 号機以来、その機能を順次向上させてきた。継ぎ接ぎで増設を計ってきたため、既にメンテナンスを受けられないコンピュータ等多くの古い機器が含まれている。また局舎自体も非常に狭く、作業性も極度に低下している。今後信頼性の確保のためにもこれらを改善する必要がある。5号機では取り敢えず、データ処理系の更新を行う予定である。長期的には打ち上げ毎の移動、設置、解体による信頼性低下を避けるためにも、今後の極軌道への打ち上げ等も考慮した地点に、停電対策なども配慮した信頼度の高いダウンレンジ固定局の設置が望まれる。

また、これまで述べてきたように、宇宙開発事業団の小笠原局、クリスマス局の支援を受けて実施してきた両局でのデータ受信に関しても、インターフェースの調整不足などにより幾つかの問題が発生した。今後はより緻密な調整を行い、取得データの品質向上に努める必要がある。

6. 謝 辞

ダウンレンジ局は言うまでもなく、宮崎医科大学、宮崎大学、宇宙開発事業団の全面的な支援の結果実現できた。これらの各機関と実際にご支援いただいた多くの方々から心から御礼申し上げる。なお、藁品正敏、徳永好志の両氏には宇宙開発事業団小笠原局、クリスマス局での宇宙研責任者として現地に赴任いただいた。