

M-V ロケットの点火タイマ管制

中部博雄*, 相原賢二*
菊地毅**, 根本健司**, 下山篤**, 赤池護**

1. はじめに

点火タイマ管制系は、M-V-1号機以降8号機まで基本的に大きな変更は無い。本報告では、主にM-Vロケットの点火タイマ管制装置の開発と運用に当たっての特記事項、変更点、不具合、打上げ時の操作記録及び次期固体ロケットに向けての反映事項を報告する。

2. 設計開発の概要

2.1. 点火タイマ管制装置とM3 EPT監視装置

M-Vロケットのタイマ点火系を操作或いは監視する地上設備は、発射管制室（M台地）の点火タイマ管制装置とコントロールセンターのM3 EPT監視装置がある。前者はEPT、IG-BOX、点火系電源、M-SW及びSADの操作とそのアンサを表示し、後者はコマンドによるM3 EPTの修正秒時を監視している。

点火タイマ管制装置は、大別してタイマ管制部、点火管制部、CPU部、充電部、ケーブルチェック部から成っている。

2.1.1. 点火タイマ管制装置の基本思想

M-Vロケットのタイマ点火回路概略と本装置の操作項目の系統を図1に、操作パネル部を図2、図3に示す。ここで図1はB2PL部のタイマ点火系を示しているが、B3PL部もほぼ同様の回路構成になっている。

① 操作性を重視

操作は出来るだけ単純に、操作パネルはメインの作業を基に操作スイッチとアンサ表示の配置をフロー化することで誤操作を防止する。

② 点火タイマ管制装置内インターロック

作業内容により操作スイッチやアンサ表示は異なる。そこで不要な操作ができないようにインターロックをかける。具体的には、打上げモード中は点火系導通チェックモードにはできない。また、点火系導通チェック中にタイマ電源をONすると、点火系導通チェックモードは解除する等がある。

③ M/LS発射管制司令装置（以下、中央司令卓と言う）とのインターロック

安全確保のため、点火タイマ管制装置単独で打上げモードに入れないように、数カ所で中央司令卓の指

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

** Matsushita Electric Industrial Co.,Ltd.

示を介在させている。表1参照。

④ 現場の安全確保（キースイッチ）

現場で点火系作業をする場合、点火タイマ管制装置のキースイッチをOFFして、現場作業者がそのキーを持つことで安全を確保している。点火系操作はそのキーをONして可能となる。また、操作ケーブルは点火タイマ管制装置から外すことで現場の安全をより確実なものにする。

⑤ タイマ点火系操作ラインを分ける

ロケット壁のコネクタが何らかの理由で外れた場合でも確実に点火系を安全側に戻す方策として、タイマ電源1,2, 安全SW1～3, M-SW1,2, SADを5系統あるラインに振り分ける。

さらに、全てのラインが外れる等で操作が不能になっても、コマンド送信によりタイマを安全側に戻す手段を有している。

2.1.2. CPUの作業分担

CPUの主な機能は以下の通りとする。

① 点火系導通抵抗測定

全点火項目を自動で測定し、その結果を記録すると共に判定する。

② ケーブルチェック

測定したいケーブルを接続して、ケーブルの抵抗、ピン間絶縁抵抗、ピンとアース間絶縁抵抗を自動的に測定し、その結果を判定する。

③ 充電

2, 3段目計器部に搭載されている点火系電源、タイマ非常用電源を自動的に完了まで充電すると共にその結果を記録する。

④ 操作の履歴

動作試験や打上げ時のタイマ管制部と点火管制部の操作は全てCPUにより収録され、予定されていない操作をした場合や予定外のアンサが表示された場合はCRTに警告表示をだす。

⑤ 冗長電源の健全性確認

冗長になっている電源が、何らかの理由で片方の電源が故障しても点火タイマ管制装置の動作事態に影響はないので気づかない。そこでCPUはそれぞれの電源を監視している。

表1 M-Vロケット打ち上げ時の操作及びアンサ表示 (M-V-5)

No.	Xー (時間)	項 目	点火タイマ管制装置		中央司令卓	
			操 作	アンサ表示	操 作	アンサ表示
1	50 分	ON SCKE		○	○	○
		PARALLEL	○	○		○
		PARALLEL/SINGLE		○	○	○
		OPERATION	○	○		
		安全キースイッチ	○	○		
		MID スイッチ	○	○		
2	40 分	M2 EPT 電源	○	○		
		M3 EPT 電源	○	○		
		探査機タイマ 電源*	○	○		
		CM-A1		○		
		CM-A2A/A-2B		○		
		CM-A3/A4		○		
		CM-B1		○		
		CM-B2		○		
		ST READY		○		
3	18 分	M2 安全スイッチ	○	○		
		M3 安全スイッチ	○	○		
		探査機 安全スイッチ	○	○		
4	15 分	SAD-B2 モータ	○	○		
		SAD-B3 モータ	○	○		
		SAD-B1 分離	○	○		
		SAD-B2 分離	○	○		
		SAD-B3 分離	○	○		
		SAD-開頭	○	○		
		SAD-B1 SO	○	○		
		SAD-B2 SO	○	○		
		SAD-B3 SO	○	○		
		SAD 準備完了		○		
		B2 M-SW	○	○		
		B3 M-SW	○	○		
5	10 分	IG READY (IG OK)		○		○
		ALLSYSTEM READY		○	○	○
6	60 秒	点火タイマ管制装置起動		○	標準時刻設備より	○
7	50 秒	M2 EPT 起動	点火管制装置より	○		○
8	30 秒	タイマ OK		○	標準時刻設備へ	○
9	X	点火		●		●

注1) ○：実表示，●：点火タイマ管制装置或いは中央司令卓の内部で作っている表示で，実際の点火信号を表示しているものではない。

注2) *：探査機タイマ電源は，探査機の動作試験のため X-8 時間頃から一時 ON する。

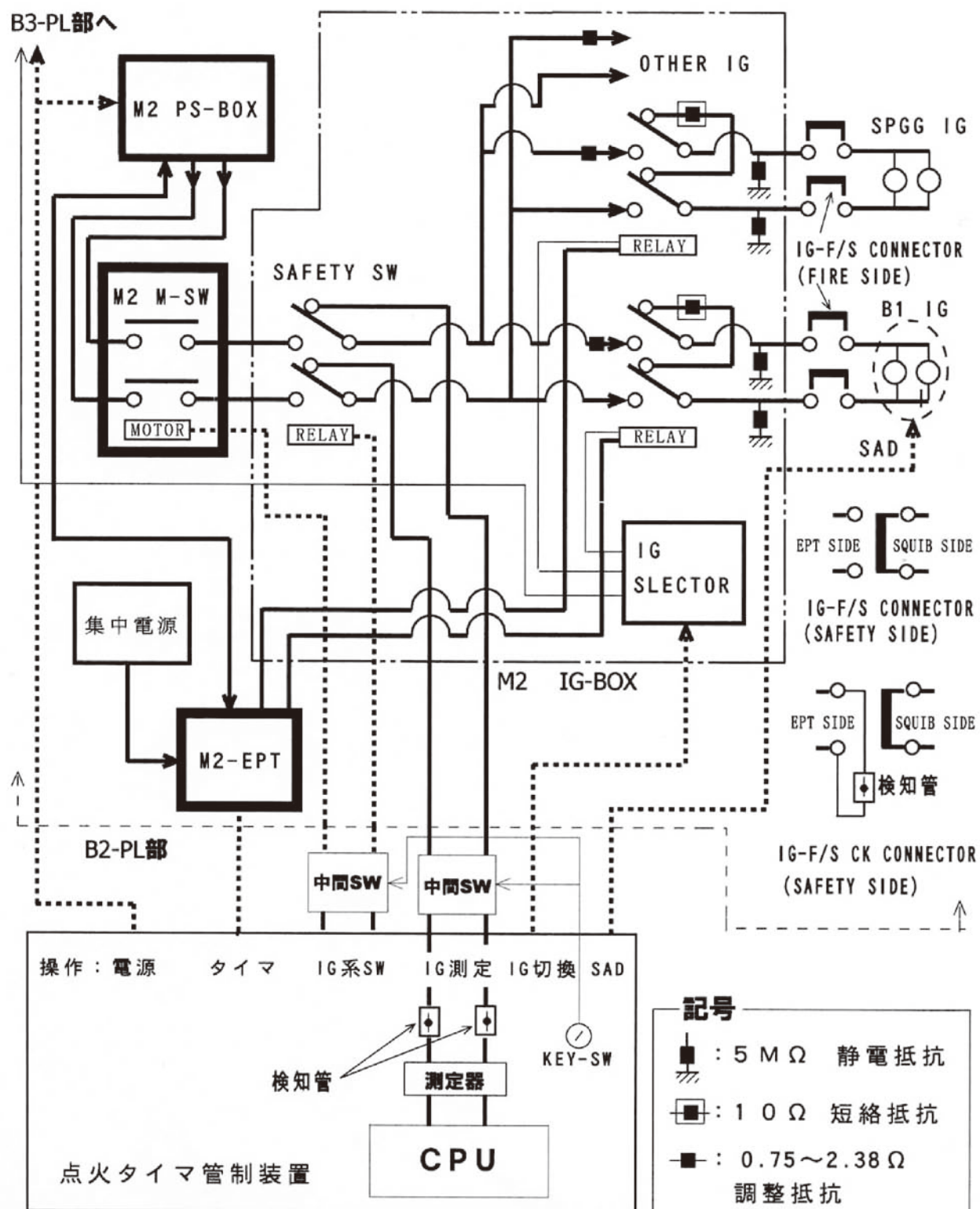


図1 M-Vロケット タイマ点火回路概略と操作系统図

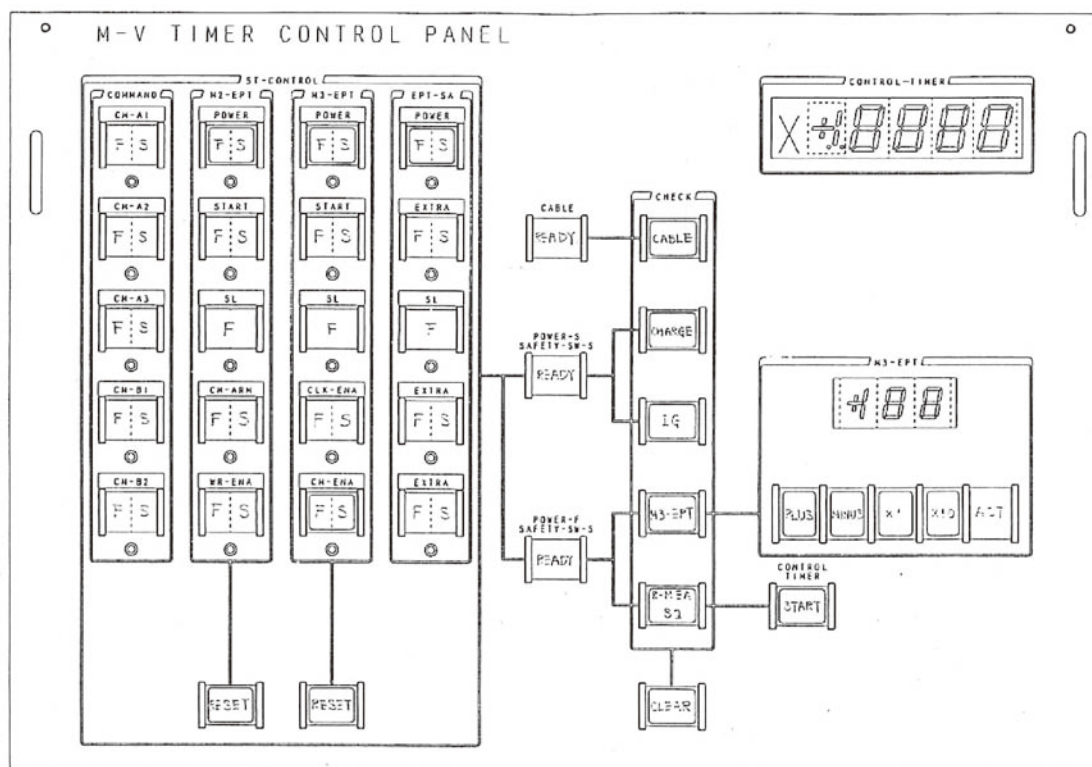


図2 M-Vロケット タイマ操作パネル

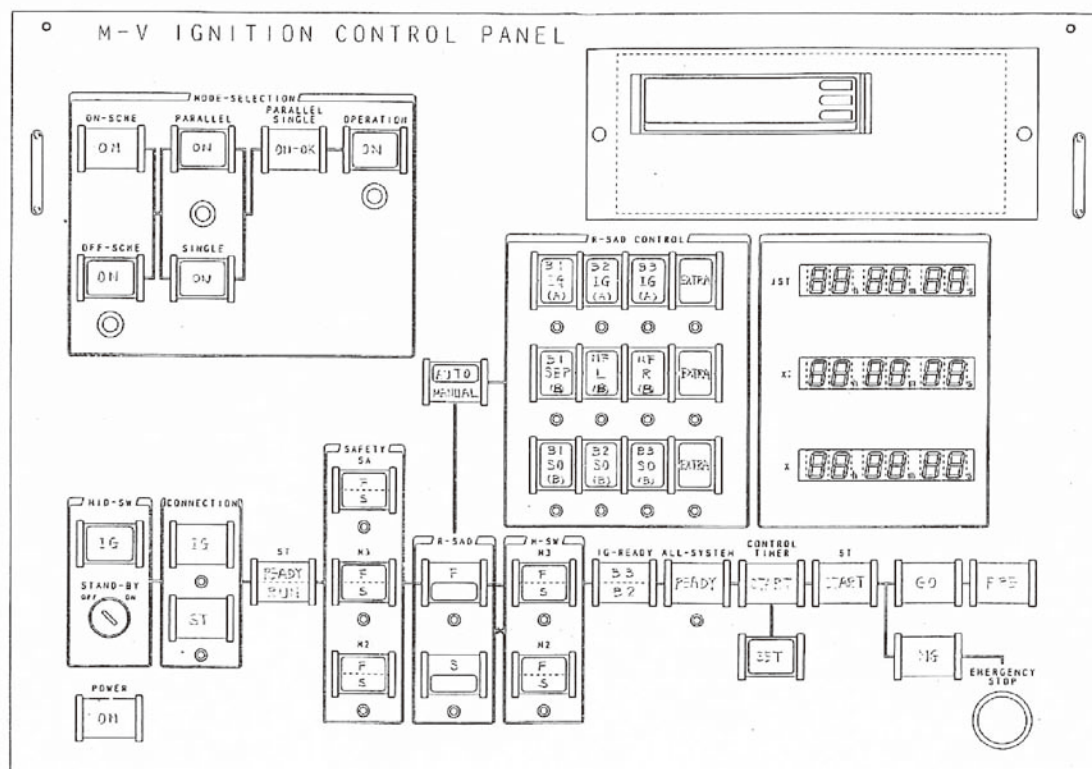


図3 M-Vロケット タイマ点火系操作パネル

3. 変更点

3.1. 非常停止不感帯

タイマ点火系機器と点火タイマ管制装置とは、引き抜きコネクタを介して接続されている。このコネクタはロケットが点火して約50cm上昇（約 $X + 0.5$ 秒）した時点で離脱する仕組みになっている。

この条件下で、ロケットの点火直前或いは直後の非常停止操作は、点火直後にタイマを停止させてしまう可能性がある。つまり、それ以降の点火項目は実行されないでロケットが飛翔することになる。

そこで、ロケット点火直前或いは直後に非常禁止を受け付けない不感帯を設定している。

6号機では、ロケットの着火遅れを考慮して非常停止不感帯の時間幅を $X + 1$ 秒から $X + 2$ 秒に変更した。これは、 $X = 0$ 秒で点火しない場合、即非常停止を操作するとタイマは停止するが、1秒程度の着火遅れの可能性を考慮し、タイマ停止状態でロケットが飛んで行くのを阻止するためである。表2参照。

表2 M-V-5 ～ 8号機 点火タイマ管制装置の非常停止不感帯秒時の変更

項 目	M-V-5	M-V-6	M-V-7	M-V-8
非常停止不感帯（秒）	$X - 0.5 \sim X + 1.0$	$X - 0.5 \sim X + 2.0$	←	←

4. 結 果

4.1. 射場に於ける機能試験

M-V ロケット打上げまでの点火タイマ管制装置の単体機能試験（図4）では、タイマと同一機能を有するタイマ試験装置（ダミータイマ）を用いて、打上げモード、タイマ試験モード及び地上安全機能試験と称して、タイマ起動後に点火タイマ管制装置、中央司令卓、SJ/TVC管制卓の3カ所から非常停止操作を行い、タイマ点火系が安全側に戻ることを確認している。何れも第1組立オペレーションにおいて実施したが、点火タイマ管制装置に内蔵されている機器は購入後10年以上経過しており、老朽化による不具合（表3）が発見された。

表3 M-V-5 ～ 8号機 点火タイマ管制装置の不具合（第1組立オペレーション）

No.	不具合発生箇所	現 象	原 因	処 置
M-V-6				
1	非常停止用電源	1 系統不良表示	老朽化	交換
M-V-8				
2	UPS	異常表示	老朽化	KE 班の UPS から供給
3	CPU	ハードデスク異音	老朽化	交換

4.2. 打上げ

本番当日、点火タイマ管制装置の操作はタイムスケジュールに沿って実施した。6号機の第1組立オペレーションで老朽化による不具合が出始めたことから、それ以降は予備機材としてCPU、デジタルマルチメータ、点火系抵抗測定装置、各種電源、インターフェースボード等を準備して打上げに臨んだ。

タイムスケジュールは、号機により異なるが、5号機は $X - 14$ 時間から入っている。まず、発射点立入禁止（A）体制をとり、ヒドラジン安全確認後、タイマ点火系安全側を確認してロケット火工品の抵抗測定を実施した。

その後、探査機は動作試験に入り、点火タイマ管制装置は打上げモードに切り替え、タイマ電源ONの操作に

進んで行く。この一連の操作に対するアンサ（表1参照）を確認して、M-Vロケットは点火タイマ系として問題なく打上げることができた。



整備塔内のダミー
タイマ

図4 ダミータイマを用いた点火タイマ管制装置の機能試験

5. 次期固体ロケットへの反映事項

5.1. 点火管制系の基本的な考え方

地上保安を最優先しながら確実にロケットを打上げるためには、操作性とアンサを判りやすいことが地上管制装置（点火タイマ管制装置）の基本で、不具合やミス操作を想定した対策として各種インターロックを講じておくことが重要である。

また、CPU（パソコン）を点火系に関与させる場合は、点火系の操作はハードで、データの処理、判定、記録はCPUに担当させることが賢明と考えている。

それは、点火系の操作及び処理を全てCPUで自動化した場合、CPUの不具合発生時の誤出力による危険性が懸念されるからである。また原因究明や処理に多大な時間を消費するだけでなく、さらなる危険な不具合を誘発する恐れがある。

6. まとめ

M-4Sロケットから数えて点火タイマ管制装置は4代目となり機能も多様化しているが、全てのM-Vロケットの打上げは問題なく実行することができた。

それは、過去の経験を生かして築き上げてきた点火タイマ管制装置の作業別インターロックを設けた操作上の改善、点検及び操作履歴の追加等の性能向上を施したこともあるが、タイマ点火系の同一作業についてロケット班、管制班、タイマ班、点火管制班がそれぞれの立場から現場を把握し、各班の連絡を密にしながら作業を実施することにより、単独班で起こりがちな思い込みや誤操作を防止してきた結果でもある。