

M型ロケットイグナイタ及びタイマ管制装置

荒木 哲夫 ・ 秋葉 録二郎

1. 序 論

Mロケットを打ち上げるにあたり、大型化に伴うイグナイタ数の増加、タイマ系をも含めた点火システムの複雑化に対処すべく、従来よりコントローラという呼び名で知られていたロケットの点火装置を一步進めて、ランチャに装着されたロケットの発射（一段目の点火）までの点火系、タイマ系の総合管制を、地下管制室からの遠隔操作により行なうものが本装置である。

いうまでもなく、イグナイターという電流に敏感な危険物を遠隔操作する関係上、安全対策及び装置の信頼性という点に最も深い配慮が払われている。さらに、ロケットの信頼性を増すために採用される重複系の管制も十分なされるよう設計されている。しかし、機体が年々改良複雑化され、さらに高い信頼性を要求されるようになると、この種の装置の第1号機ともいえるものも当然これに対処するための改造が必要となり、ムー型の1号機から、M-4S-3号機の打ち上げまで、それぞれの機種に合わせて、小規模な改造を加え、また、M-4S-4号機の飛しょうにあたっては、タイマ管制の拡張、機上チェック切替装置(LEDEX)の追加等の大幅な改造を行った。しかし、点火方式、指令応答表示の基本的な電気回路及びランチャへの配線系は、ほぼ従来のをそのまま継承している。

本稿においては、まずM-4S-3号機打ち上げまでの装置の構成を述べ、続いて、改造経歴と、大幅な改造点とその主旨及び構成を、さらに、安全対策及び改造後のオペレーション手順を、最後に、操作上の不具合事項及び装置の故障例を挙げて、本装置類の信頼性問題に触れ今後への参考とする。

2. M-4S-3号機までの装置の機能及び構成

本装置は、後述の三つの盤に分かれ、それぞれ、操作状態表示、指令応答、安全対策等の機能を有し、他の管制装置（ランチャ、CN）などと同等にムー中央指令卓の管制を受けている。

操作は、大部が、表示灯兼用の押しボタンスイッチとリレー回路の組み合わせで構成されている。

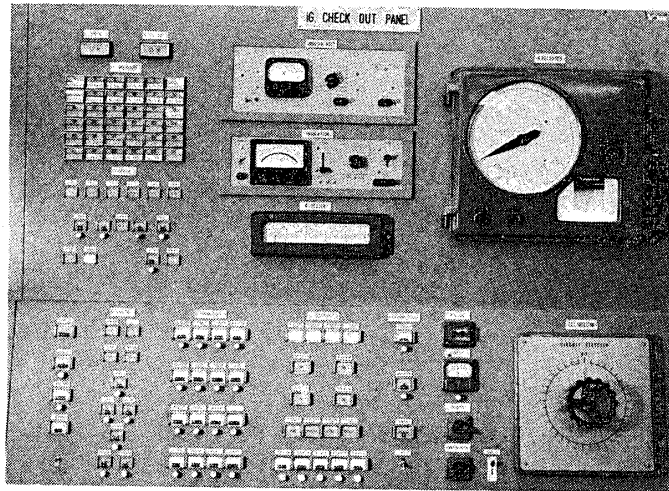
発射回路に必要な表示灯には、その項目のない機種にも適用されるよう、ダミー操作スイッチが盤の裏側に設けられているものがあり、表示灯下の丸型グリーン灯がダミ信号であることを示すようになっている。

以下、各盤ごとの主な機能及び回路構成を述べる。（点火系統図及びタイマ点火系についての詳細は、本報告、タイマ点火系の項を参照されたい）。

1. イグナイタ点検盤 (Ignitor Checkout Panel)。

(1) イグナイタチェックの準備。

チェックの安全を期すために、中央指令卓との指令応答、各中間スイッチの状態表示等が、チェック回路にインタロックされている。管制室全体のモード（詳細はオペレーションの項参照）は、イグナイタシングルとなり、他の装置は、ランチャ点への一切の操作が行なえなくなる。また、点検の回路の一部であるショートリレーの操作は、この盤でも行なうことができる。第1図に盤前面の写真を示す。



第1図 イグナイタ点検盤前面写真

(2) イグナイタのチェック。

ランチャの組み付けられたロケットの、地上系及び機上系イグナイタの抵抗・結線の導通・絶縁・誘導電圧を、安全性を損うことなく、管制室においてチェックする機能をもつ（チェックの系統図は、本報告、タイマ点火系の第1図を参照のこと）。ここでは、第2図にチェック回路の概略を示す。

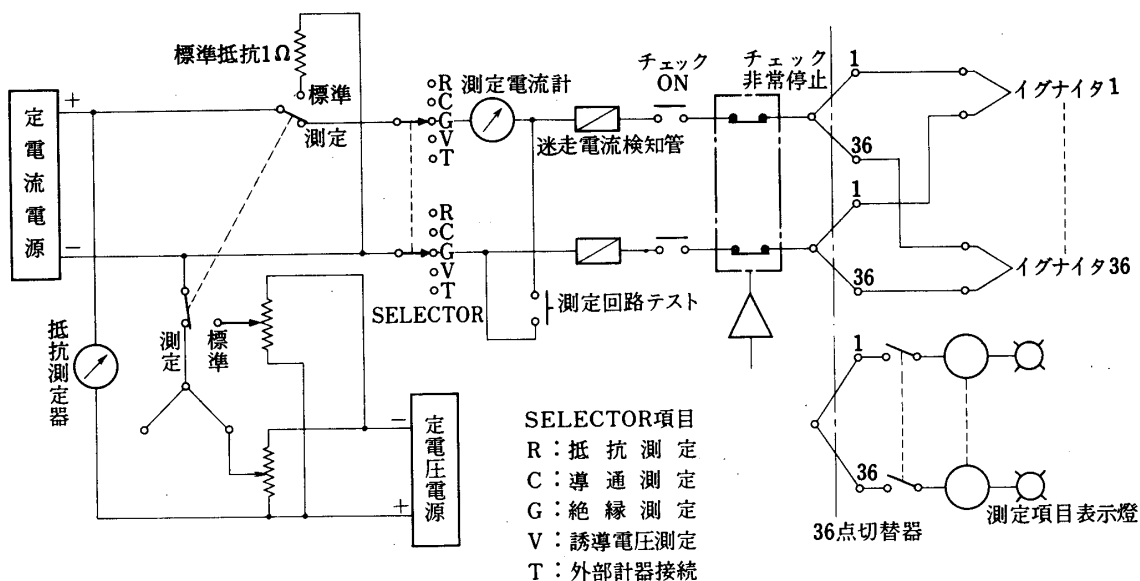
定電流電源により供給されるイグナイタチェック電流は、10 mA以下で、さらに、測定回路には、迷走電流検知管（約50 mA以上で断線する）を、ランチャ側及び管制室側の2か所に直列に入れて、速断フューズの役割りをもたせ、万一の事故に備えている。なお、イグナイタ抵抗値を記録する印字装置*も組み込まれた。

2. 点火管制盤（Ignition Control Panel）

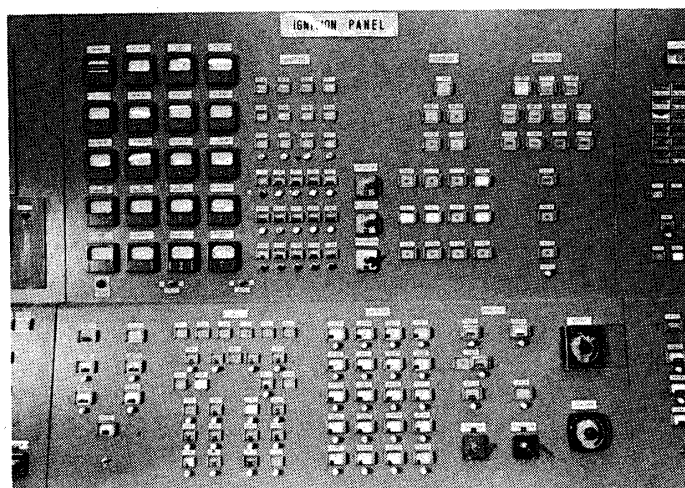
いうまでもなく、すべての発射前作業の完了を確認したうえで、発射に際し、タイマのスタート及びロケットの点火等を行なう装置である。また、イグナイタ点検盤及び後述のSO管制盤の管制も行なっている。盤の前面写真を第3図に示す。

(1) 点火回路の準備

まず、準備操作として、装置の作動及び点火回路準備開始（通称IG GO）の許可を、中央指令卓との指令応答にて受けたあと、SOリレー*、ショートリレー*、切り替えスイッチ、第2中間スイッチ、第3中間スイッチ等の操作を行なう。（詳細は本稿、オペレーションの項を参照のこと）。



第2図 イグナイタチェック回路の概略

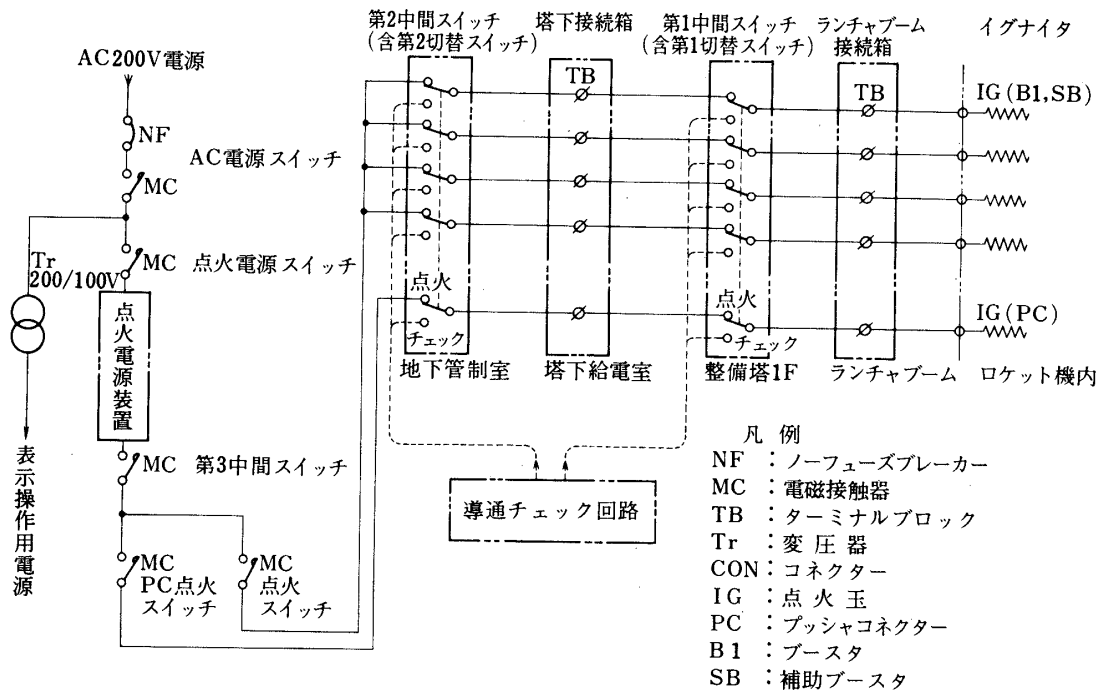


第3図 点火管制盤前面写真

(2) イグナイタの点火（ロケットの発射）。

ブースタ，補助ブースタ，タイマスタート用プッシャーコネクタ*の点火を行なうとともに，追跡及び計測の各装置に送られる×マークの信号を中央指令卓に伝達する。点

* M-4S-4に伴い変更あるいは改造されたもの。



第4図 地上点火回路構成

火回路構成の概略図を第4図に示してある。押しボタンスイッチにより作動する点火スイッチは、メカニカルタイマ式で、作動開始後60秒にて接点信号を小型の補助リレーに送り、これを介して、大型のリレーを作動させ、イグナイタに点火電流（DC 100 V, 100 Amax.）を流す仕組みである。

なお、点火用タイマスタート後、緊急事態発生のためストップさせる非常停止スイッチも備えてある（後述）。

(3) 機内及び操作進行状況の表示。

本装置の操作は、大部分が表示と連動しているが、本盤においても、目視にて機内状態及び操作（または動作）状況を認知するために、メータまたは表示灯を、盤面上半分に配列してある（第3図参照）。

3. SO管制盤（SO Control Panel）*

“SO”とは“Safty Operation”の略で、タイマ点火系に於ける安全操作を意味する語として用いられている。本盤（第5図）は、主として、タイマ駆動の電気回路を断続するコマンドリレーの地上操作を行なうだけのもので、シーケンスタイマーの管制という点では不完全なものであるが、後述の改造にて、一応のタイマ管制の機能が備わったものとなる。以下改造以前の機能を述べる。

(1) コマンドリレーの表示操作。

中央指令宅との指令応答*を完成させた後、KEYスイッチを動作すべき状態（発射

側または安全側)にセットして、押しボタンスイッチにて操作するもので、4系統のコマンドリレーについて行なうことができる。

(2) 着脱コネクタ用テスター*

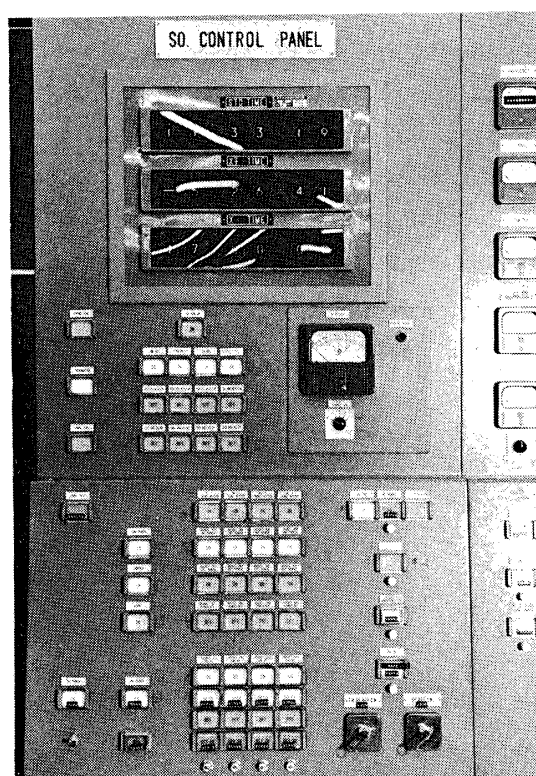
盤上右側に組み込まれた抵抗計にて、着脱コネクタ離脱コイル回線の導通抵抗を測定するもので、切り替えスイッチにて、4箇のコネクタまで測定可能である。

(3) O, C, B, CUT機構。

“O, C, B”とは、“Oil Circuit Breaker”の略である。ミュ-整備塔への高圧電源(AC. 6000 V)を供給する回路のブレーカー(配電室内に設置)を操作するスイッチがこの盤に設けてあり、イグナイターの作業を整備塔内で行なう際、危険防止の為必ず操作する。

(4) 時刻表示。

盤の左上部に設置された、三連表示灯にて、発射時刻、標準時刻、×±時刻が秒単位で、デジタル表示される。



第5図 SO管制盤前面写真

3. 改造履歴

1. M-4S-3までの主なる改造。

本装置は、設置以来、数多くの細かな改造を行なって来たが、その中でも設計思想上及び操作上主だったものを列挙しておく。

(1) M-3D-1に伴う改造。

- ① 停電対策として、非常用直流電源設備を新設。
- ② 着脱コネクタコイル導通状態のチェック回路を増設。
- ③ PC (プッシュコネクター) アンサー* のチェック回路 (メータリレー使用) を新設。
- ④ ロケット機内状態表示及び操作用回線の第2中間スイッチ (DPスイッチと呼ぶ) 3ヶをミュ-管制室、イグナイター管制装置裏側の壁に新設。

(2) M-4S-3に伴う改造。

- ① ロケットの機内状態表示回路を増設し、かつ、コマンドリレーの状態を、発射直前まで連続表示可能とする。
 - ② 第1段モーター破壊回路のラニアードスイッチONの状態を確認する為、DST SO という表示灯を新設した。
2. 状態表示の統一について。

スイッチ類、リレー等のON-OFF、発射側-安全側、ショート-オープン等の呼称は操作上、特に発射直前の状態判断の際、混乱を招くことが多かったので、小規模な改造の中で第1表の様に統一した。

第1表 状態表示の統一

| 表示状態 | ボタン記号 (略号) | 表示色 | 表示内容 |
|-------|----------------|-------------|--------------------------------|
| チェック側 | CHECK (CHK) | 赤 (又は桃色) | チェック回線と点火回線の切替えスイッチの表示に用いられる。 |
| 安全側 | SAFETY (S) | 赤 (又は桃色) | 発射時と反対の状態にある場合。 |
| 発射側 | FIRE (F) | 青 (又は緑色) | 発射時の状態である場合。 |
| その他 | 場合により異なる | 橙 | 以上の区別がなくても、発射に必要な項目の状態を表示する場合。 |

3. M-4S-3に伴う改造。

M-4S-4の打ち上げに際しては大幅な改造を行なった。改造の主旨は、

- (a) タイマ等の搭載系及びその他の機体システムの変更に対処する。
- (b) オペレーション時間の短縮。
- (c) 信頼性の増大。
- (d) オペレーターへの負担軽減。

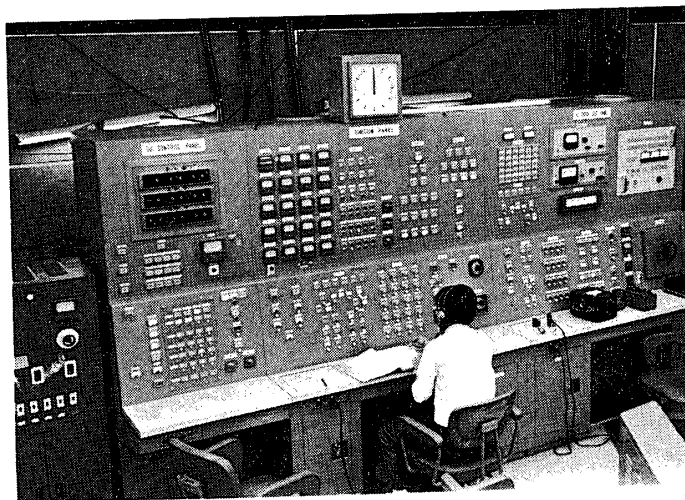
等である。改造後の装置の全体写真を第6図に示し、その改造点を次に列挙する。文の終りの記号は、改造の主旨を示すものである。

(1) イグナイター点検盤。

- ① 従来、作業の時間的關係、機能不足等であまり使用されなかった抵抗値データ印字器(第1図右上参照)を取り除き、機上系イグナイターチェック用のLEDEX操作盤を取り付ける。……(a), (b), (c), (d)
- ② 16個の操作確認ボタンを省略し、チェックに必要な準備(安全確認を含む)が、すべて完了となれば直ちにチェックが始められる。……(b), (d)
- ③ ショートリレー操作は、機上点火系の設計変更に伴い、行なわなくてもチェック可能となった。……(d)

(2) イグナイター管制盤。

- ① 従来のSOスイッチ(タイマ駆動電源回路を断続する)の呼称をタイムスタートス



第6図 改造後の装置の全体写真

- イッチと改め、操作表示をすべてSO管制盤に移設。……(a)
- ② IG, BOX (タイマ点火系の項参照) の搭載に伴い機上点火電源回路を断続するSAFTYスイッチ (IG, BOX内部にある) の操作表示系を新設。……(a)
- ③ ショートリレー及びSAFTYスイッチの操作を中央からの指令を含めて3挙動から2挙動に変更。……(b), (d)
- ④ タイマーのスピードチェックを管制盤にて行なうべくパルスカウンター2個を新設し、タイマー作動に伴い、タイマより発するパルスを数え、その設定値に従い、盤面にスタートアンサーOKと表示する。……(c)
- ⑤ 今までになかったPCアンサーを盤面に表示する。……(c), (d)
- ⑥ 停電時、タイマのストップ信号を赤色にて盤面に表示する。……(d)
- ⑦ 20ケの操作確認ボタンを省略し、操作上必要なものは、点火回路準備の中の未使用ボタンに組み入れる。……(b), (d)
- ⑧ ALL SYSTEM OK, FIRING SW ON OK等のDUMMYスイッチを新設する。……(b), (d)
- (3) SO管制盤 (第6図左参照)。
- ① 従来のコマンドリレーの操作表示に加えて、次のような表示操作が4ケのタイマ系について行なえる。……(a), (c)
- スタートラインアンサーの表示。
 - 桁上げリレーアンサーの表示。
 - タイマスタートスイッチ。
 - タイマのリセットスイッチ。
- ② コマンドリレーの操作表示が4種類のコマンド系について可能とし、更に操作に於

て、中央指令卓との指令応答をとりやめ、盤内KEYスイッチをインタロックした。
…………(b), (d)

③ 各表示系のDUMMYスイッチ増設。…………(a), (b), (d)

④ 第1中間スイッチ及びBOX。

整備塔背面下部にある第1中間スイッチは、地上チェック及び点火系、機上チェック系ともに、従来のいわゆるナベタ式からキャノンプラグ方式に切り替え、接触不良等に対処し、BOXも新たに2重式に作り替え、パッキング類の充実、屋根の新設等により、風雨その他に備えた。…………(c)

(5) L型シーケンスチェック盤の併用。

M-4S-4号機に於ては、L型シーケンスチェック盤をMに切り替え、タイマにシーケンス符号化装置を取り付ける事により、コンピュータを用いたタイマのシーケンスチェックが可能となる。シーケンスチェック盤の詳細は次章に述べる。

4. シーケンス点検盤

ロケット搭載タイマが、出力シーケンスに従って性能通り動作しているか、また、機上系、地上系のイグナイタ導通抵抗及び絶縁抵抗値の判定を行なう装置である。本来、L-4SCロケットのイグナイタ及びタイマ管制装置の一部として設けられたものであるが、ラムダ-ミュー切り替え器の操作により、ミューロケットにも併用される。但し、これを用いたイグナイタチェックは、回線の都合で、ミューロケットに対しては現在不可能な状態にある。

1. 構成及び機能。

本装置は大別して、

- 1) シーケンス点検盤本体。
- 2) データ処理装置。
- 3) 光電式テープリーダー。
- 4) テレタイプライター。

等から構成されている(第7図)。

本盤の機能フローを第8図に示すが、大別してAUTO CHECKとMANUAL CHECKの2つのモードに分けられる。AUTO CHECKはタイマを作動してタイマ機能とイグナイター導通抵抗、絶縁抵抗を自動的に測定し、MANUAL CHECKではイグナイターの導通抵抗、絶縁抵抗を手動切り替えにて測定する。

1) スピードチェック

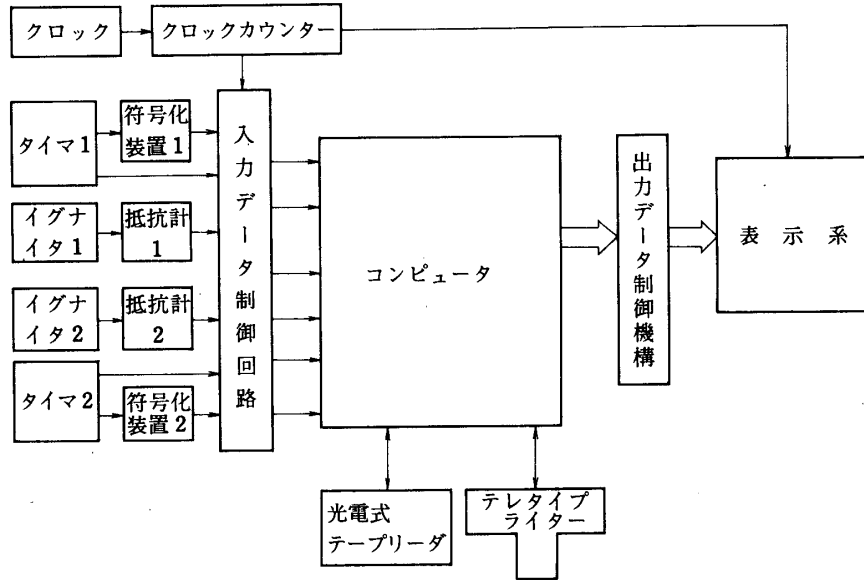
タイマ始動からX-10秒迄のタイマモータースピードを点検して正常な場合はOKを、異状のある場合はNO GOODの信号を出し、発射直前の判定データーとする。

2) シーケンスチェック

Y-day 以外の場合、ロケットに組み込まれたタイマをスタートさせ、全チャンネルの動作シーケンスを点検する。

3) イグナイター抵抗チェック

地上系、機上系のイグナイタ導通抵抗及びイグナイタ点火結線ケーブルの絶縁抵抗を



第7図 シーケンス点検盤の構成

点検する（ミュウでは用いられない）。

2. 性能及びチェック方法。

(1) スピードチェック

① 判定方法

タイマ始動チェックの計算式を以下に述べる。

下記のスピード信号入力に対して、

| 入力NO | 入力タイム | 予定タイム |
|------|----------|-----------|
| 0 | a_0 | - 30 sec. |
| 1 | a_1 | - 28 sec. |
| 2 | a_2 | - 26 sec. |
| 3 | a_3 | - 24 sec. |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 10 | a_{10} | - 10 sec. |

まず、

$$t_n = \frac{a_{n+1} - a_1}{2n}$$

を計算し、次に、これにより、

$$t = \frac{\sum_{n=1}^9 n t_n}{\sum_{n=1}^9 n}$$

を計算する。

この t を用いて、セット秒時 20 秒の実行秒時 S を次式により推定する。

$$S = 18 t + (a_1 - a_0)$$

この結果,

$$20 - \alpha \leq S \leq 20 + \alpha \quad (\alpha \geq 0)$$

のとき正常と判断する。

② 判定精度。

○ 1 m sec.

③ 許容誤差。

○ 1 ~ 999 m sec.

④ 表示

許容誤差内の場合は、SPEED OKのランプを、誤差外の場合は、NO GOOD ランプを点灯させる。

(2) シーケンスチェック

① 判定方法

各チャンネルのオペレーションタイムが、次式を満足するとき正常と判定する。

$$|x_n - a_n| \leq \frac{a_n \cdot e_1}{100} + e_2$$

- x_n : オペレーションタイム
- a_n : セットタイム
- e_1 : オペレーションタイム許容誤差 (%)
- e_2 : オペレーションタイム許容誤差 (m sec.)

② 判定時間単位

○ 10 m sec.

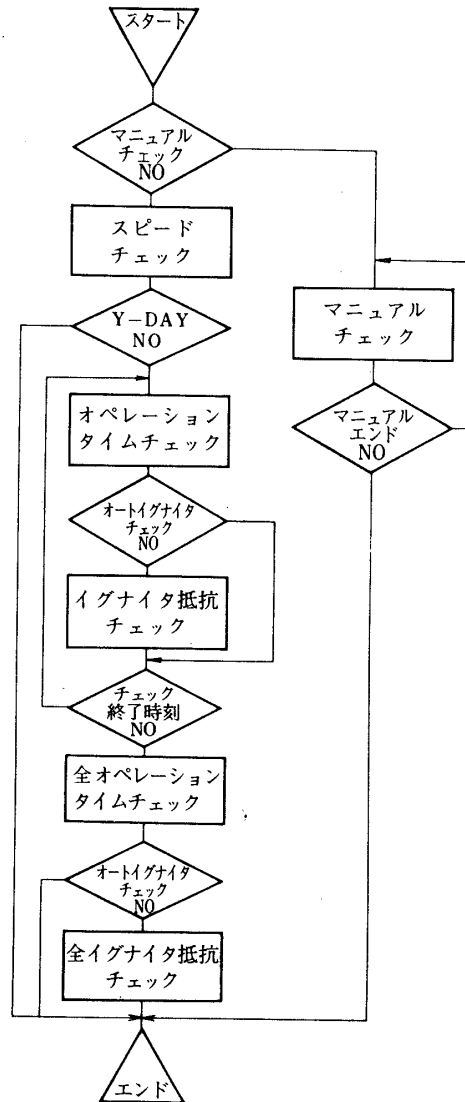
③ 最大判定時間

○ 999.9 sec.

④ 判定項目数

○ $64 \times 2 = 128$ (タイマ DUAL の場合)

⑤ 許容誤差



第8図 シーケンス点検盤の機能フロー

- 設定秒時に対して $a\% \pm b \text{ m sec.}$ 以内にオペレーション秒時が入っていれば正常とする。ただし、 a は $0 \sim 9.99\%$ 、 b は $0 \sim 999 \text{ m sec.}$ の範囲で自由に指定できる。

⑥ 表示

- (a) 各チャンネルは正常な場合のみ該当チャンネルの表示素子に表示する。
- (b) 全チャンネル点検終了時に全シーケンスが正常ならば IG OKランプを点灯する。
なお、イグナイタチェックの方法は省略する。

5. 非常停止及びその他の安全対策

本装置は、いうまでもなく、点火系という危険な作業を担当しているので、その安全対策には万全を期さねばならない。以下その主なものを述べる。

1. 非常停止機能。

発射の直前、特に点火タイマスタート以後、非常事態の為ロケットの発射を停止する際に操作するもので、点火管制盤、ミュ-中央指令卓、コントロールセンター指令卓の3ヶ所に設けられたいずれか1ヶのスイッチにて作動する。M-4S-4号機の例では、その際の機能は第2表の様になる。

第2表 非常停止の機能

| 項目 時刻(秒) | SAFETY スイッチ | 第3中間 スイッチ | 点 火 タイマー | P C タイマー | シーケンス タイマー |
|-------------|----------------|--------------|-------------|-------------|---------------|
| X-60 以前 | F → S | ON→OFF | (STOP) | (STOP) | (STOP) |
| X-60~-30 | F → S | ON→OFF | → STOP | → RESET | (STOP) |
| X-30 - 8 | F → S | ON→OFF | → STOP | (PC.ON) | → STOP |
| X- 8 ~ 0 | F → S | ON→OFF | → STOP | (PC.ON) | → STOP |

2. 発射直前に停電した場合。

第2表の時刻に停電した場合、特にシーケンスタイマスタート後は極めて危険な事態発生が明らかである。その予防対策として、停電用DC電源に自動的に切り替わると共に、非常停止と全く同じ機能操作が行なわれるが、表示灯は、タイマストップ(赤ランプ)及びSAFETYスイッチ安全側(赤ランプ)の2項目のみ点灯される。

3. トランジスタリレー回路。

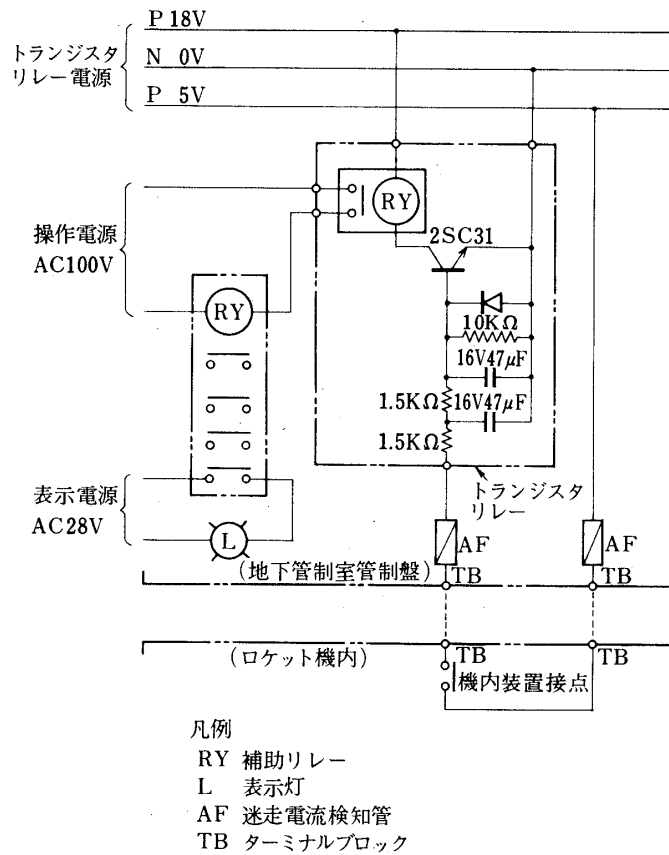
ロケット機内の表示操作電流は、すべて10 mA以下で行なうようにしてあり、迷走電流等によるイグナイタ誤発火のような事故を予防している。その電気回路を第9図に示す。

4. イグナイタチェックに於ける安全対策。

チェック回路には、すべて迷走電流検知管を入れ、かつ、チェック電流は、定電流及び定電圧電源から供給されている。

5. その他。

整備塔内でイグナイタの作業を行なう場合には、前述のO.C.Bカット機構、中間スイッ



第9図 トランジスタリレー回路

チ及びDPスイッチにて安全を計っている。

6. M-4S-4のオペレーション

1. ミュー地上系のオペレーションモードについて。

M管制室内の各管制装置の作動は、作業進行上及び危険防止の為、中央指令卓が統制を行なっているが、その各モードの状況を第3表に示す。発射直前のモードは、当然ONスケジュールの平行オペレーションである。

2. Y-daYのオペレーション

発射タイムスケジュールに従って、以下の操作が行なわれる。

(1) イグナイタ結線及び雷管組付け作業時の管制。

中央指令卓よりシングルオペレーションの許可を受け、他の管制装置の作動を停止させると共に、O.C.Bカット機構にて整備塔への高圧電源を断った後、担当者以外の退避状態で作業を行なう。

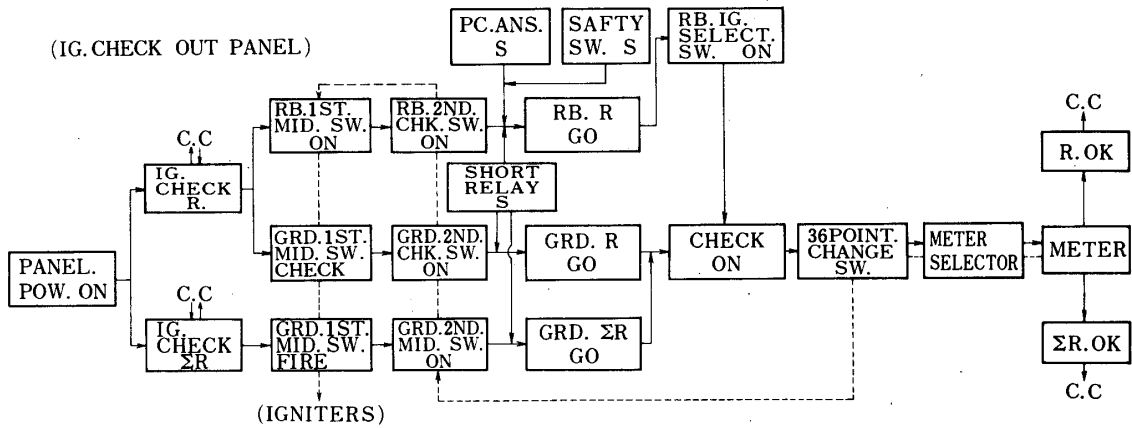
(2) イグナイター抵抗及び導通チェック。

チェック回線の線路抵抗を打ち消す様にポテンシオメータにて前日までに予めゼロバ

第3表 地上系オペレーションモード

| スケジュール | ON スケジュール | | OFF スケジュール | |
|-----------------|------------------------|---|-------------------------|---|
| 管制盤 モード | 各管制盤 | 中央指令卓 | 各管制盤 | 中央指令卓 |
| パラレル オペレーション | 平行して作動が可能。 | ONスケジュールの信号を各盤に出すと共に、作動許可依頼を受けた際、状況に応じて許可信号を出す。 | 中央指令卓の許可なく、平行して作動可能。 | 電源OFFの状態でもよく、各盤への許可は一切行えない。電源ONとした場合は、各盤作動状況の確認のみ行える。 |
| シングル オペレーション | 中央指令卓から許可された盤1つのみ作動可能。 | | 最初にこのモードを選択した盤1つのみ作動可能。 | OFFスケジュールで作動している盤が1つでもあれば、ONスケジュールへの切替えは不可能。 |

ランスをとっておく。(1)と同じモードかつ、総員退避の状態では、次のような作業を行う。盤の操作手順は第10図に示してあるが、前掲第3図の測定回路も参照されたい。



第10図 IGNITER CHECK BLOCK DIAGRAM

① 地上系イグナイタの抵抗チェック。

第1切り替えスイッチをCHECK側にして、単体の抵抗値を測定した後、発射側にして、数組の並列に接続されたイグナイタの合成抵抗（通称 ΣR ）を測定する。

② 機上系イグナイタの抵抗値測定。

LEDEX切り替え装置により、発射当日でもイグナイタの生の抵抗値が測定可能となった。なお、LEDEX装置が故障した場合は従来通りの作業で測定することもできる。

③ 結線および回路の対地間絶縁，誘導電圧チェック。

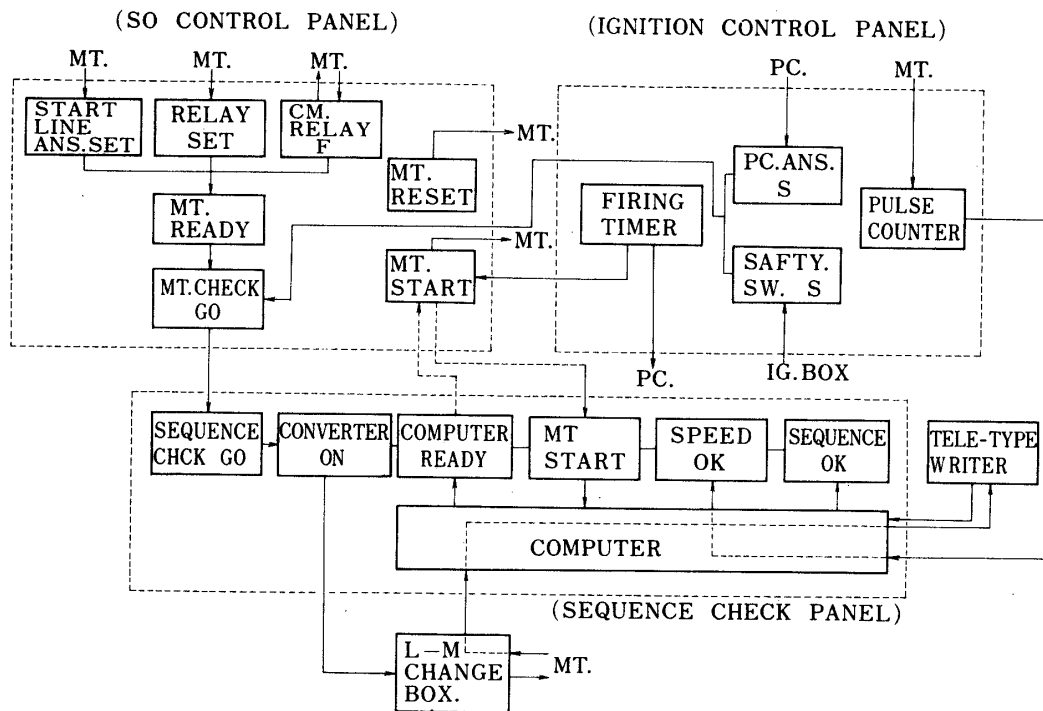
①および②，SELECTOR（それぞれG.およびV.）の操作により該当する測定が可能である。

(3) スケジュール内動作チェック時のコマンドリレーの動作チェック。

コマンド電波送信にて安全側に反転するのを確認した後，KEYスイッチの選択及び押しボタンスイッチにて発射側にする。

(4) タイマのスピードチェック。

発射直後におけるタイマスタート時のスピードの正常，異常を20秒間に判定する。タイマからの2秒間隔のパルスをカウンターで数え，その信号がシーケンスチェック盤のコンピュータに送られ，予めセットした誤差に対する判定を表示する（第11図参照）。

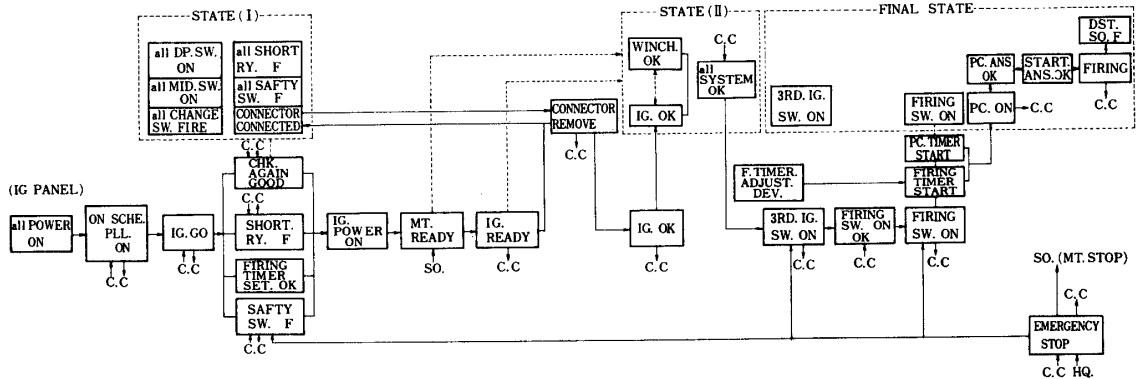


第11図 TIMER SEQUENCE CHECK BLOCK DIAGRAM

(5) ロケットの点火

本装置の最終的かつ，最も重要な作業の1つであるが，その操作手順及び表示を第12図に示し，以下主な作業を順記しておく。

- ① 中間スイッチ類をすべて発射側とし，そのアンサーを確認する。
- ② 発射前に終了すべき，すべてのインタロックリレー回路を発射側に完成させる。
(以上①，②を終了することを点火回路準備完了と呼ぶ)
- ③ すべての着コネ離脱が終了した後，中央指令卓からの発射準備完了（ALL SYSTEM READY）の指令を受ける。



第12図 GROUND FIRING BLOCK DIAGRAM

- ④ 第3中間スイッチ（点火電源回路）をONする。
- ⑤ 点火スイッチ ON OKの許可信号を受ける。
- ⑥ 点火スイッチをONとし、60秒の間にタイマがスタートし、スピードをはじめ何の異常もない場合ロケットは点火される。

3. Y-day 以外のオペレーション。

- (1) ロケットの組み立て過程及び組み立て終了時のイグナイターチェック。
- (2) 電波テストに於けるオペレーション。
- (3) イグナイター及びタイマ総合テスト。

M-4S-3 以前では発射の数日前に約1日を費して行なっていたが、M-4S-4 では、能率が向上した為、3時間程度で完了した。その主な作業項目は次のとおりである。

- ① 非常停止装置の動作テスト。
- ② 停電時における①のテスト。
- ③ タイマのスピード及びシーケンスチェック。
- ④ 地上系及び機上系点火練習。
- ⑤ 重複系タイマの並列動作チェック。

7. 故障例及び信頼性について

従来わが国のこの種の地上装置は、機体および打ち上げシステムの問題、設計および製造の方法、経済的な理由などで、必ずしも完全な品質管理が行なわれないうままに製作、使用されているのが現状である。

本装置もその例を代表するものの1つであるが、それにもかかわらず、可成り長期にわたり実用に耐えてきた理由として、各号機での打ち上げ前の入念な保守、補修と点検がその信頼性を保ってきたといえる。しかし、更に検討改善を要する点も多分にあるので、故障または、支障の具体例を挙げると共に将来への課題を提起してみる。

1. 故障例及び問題点。

第4表 主な故障例及びその対策

| 例 | 故障事項及び現象 | 要因及び処置方法 |
|----|---|--|
| 1. | 小型リレーの接点不良。表示が点滅をくりかえすなどして不安定となる(約500コ中100コ)。 | 予備のリレーを充分準備しておき、異常の現われた時点で交換する。すべて接点間に絶縁物質が認められた。 |
| 2. | イグナイタチェック回路の測定項目切替えスイッチが破損。合成樹脂製の骨組みが、操作中、バラバラにこわれて、接点金具が外れてしまった。 | 同機能をもつより信頼性の高いと思われる製品と交換した。 |
| 3. | イグナイタ抵抗測定回路のゼロバランス(線路抵抗打ち消し)後の変動。天候条件及び午前、午後により変動差が異なる。 | 本表中、1, 2, 4, 5, 7等様々な原因があったが、決定的となったのは、チェック電流を供給する定電流電源のアースのとり方に問題があったと思われる。 |
| 4. | 押し込み式中間スイッチ及び切替えスイッチの接点の接触不良。イグナイタスイッチ中の抵抗値変動。 | 各スイッチを分解して、接点の異物を取り除き接点復活剤を用いた。 |
| 5. | 整備塔地下の回線接続箱内各端子の腐しよくなるによる接触不良。 | 各端子の増締め等で急場をしのいできたが、M-3C-1の打ち上げを前にBOX共々、防湿装置の完全な新製品と交換した。 |
| 6. | 雷害による迷走電流検知管及びトランジスタリレーの破損(それぞれ約100コ及び60コ)。 | 中間スイッチ類を押し込んだままにしておいた事が原因と判断された。必要以外は抜いておく事にした。 |
| 7. | 補助リレーとそのソケット間の接触不良。 | 改造及び1.による交換で、ソケットの接点が変形したためと判断された。外部から力を加えてなるべくもとの状態に近くなるよう整形した。 |

第4表に設置以来の主な故障例を示す。また、故障ではないが、操作する際に、特に支障のあった点として、

- (1) 装置全体が大きすぎ、かつ、盤面が垂直な為、オペレータが確認及び操作を行なう際に不便である。
- (2) 表示操作ボタンの数及びメータ類が多すぎ、かつ、幾何学的にのみ均衡のとれた配列である為、オペレータの負担が大きく、誤認誤操作を誘発しやすい。
- (3) 大型スイッチ類、例えば、第1中間スイッチ、イグナイターチェック用36点切り替えスイッチ等は、操作する際に、固くてオペレーターの肉体的負担が大きい。等々が挙げられる。

2. 信頼性に対する考察。

1.に述べた諸問題を分析して、より高い信頼性を有する装置を制作する為の条件を、経験的見地からまとめると、およそ次の様である。なお、機体システムの変更に伴う改造は、論外として、その耐久性については、点火系という特殊性から考え、消耗品を除いて、半永久的であっても、過剰品質という事はないであろう。

(1) 高信頼度の部品を使用する。

装置の仕様を決定する際に、ユーザーは部品メーカーに使用部品の品質保証テストを依頼するか、または、部品の称々な品質管理状況の資料を提出させ、検討の上部品を選択するかして、セットメーカーに指定（または、官給）する。

本装置で最も多く使用されているリレーを例にとれば、密封型リレー、ワイヤスプリングリレー、また、金接点、双子型接点等を有するリレー等があるにもかかわらず、本装置に使用されているのは、銀接点の最も信頼度の低いものであった。

(2) 回路及び構造の設計に際し、その使用される環境、使用条件を検討し、かつ、人間工学的な諸条件をも充分考慮に入れる。

例えば、発射場は、わが国の場合、海に面していて、風雨、塩害、湿度等による影響が大きく、年間の使用回数も少ない。予め使用（設置）される場所の環境データを1年間を通じてチェックして、設計仕様に加えるべきである。

また、オペレータが、操作する際に、操作確認項目が、必要以上に多過ぎたり、操作手順が混乱して、精神的、肉体的負担が大きくなるような設計は、避けなければならない。コンピュータの導入、安全性を損わない限りの自動化を計り、かつ、電源部分を分けて設置する等して、盤面を小型化し、フローチャート化して、オペレーターの負担を軽減すべきである。

あ と が き

本装置は、さしあたりミューロケット2機分の打ち上げを目的として、三菱重工神戸造船所が昭和40年に製造したものである。その後、M-4S計画の進行状況に伴い、日産自動車及び松下通信工業の協力を得て、改造を重ねつつ、既に、合計6機の打ち上げが行なわれた。

また、昭和47年には、その間の経験、特に7.に述べた信頼性問題等を考慮し、より洗練され、かつ、高性能化されたL-4SC型タイマ及びイグナイタ管制装置を新設した。

以上を総合して、本装置はその役割りを十分に果たし得たといえるであろう。最後に本稿が、今後この種の装置を設計する際に少しでも参考となれば幸いである。

1974年11月29日新設部（工学）