テレメータ実験結果とその考察

テレメータ研究班

1. はしがき

カッパⅣ型1号機からⅤ型2号機にいたる約8カ月間に行ったロケット飛しょう実験のうち，テレメータ装置を搭載したのは前後 10 回にわたっている．このうち，IGY 本観測項目実施の目的を兼ねて行ったⅣ型 1，2 号機の実験以外は，いずれもロケット開発のための飛しょう実験であり，テレメータ装置もこの目的に沿って，ロケットの飛しょう性能を測定するために使用されている．

第1表は，各号機について実施した計測項目と，実験結果の概況をまとめたものである．それぞれの計測結果の吟味は，各項目の実施担当者によって詳報が本号に掲載されている．ここでは，テレメータ装置の性能という見地にたって，それぞれの結果について考察を加えたいと思う．

2. Ⅳ型 1，2 号機

本来は新型ロケットとしての飛しょう性能を確めるための実験であるが，IGY 本観測項目の一つである宇宙線の計測も行うべく，その計数器を搭載した．宇宙線のカウントは，幅約 40 ms の正パルスとして，同時に二つのチャネルに加え，計測の確実を期した．別に，計数器のヒータ電源電圧とテレメータ送信機のヒータ電源電圧とを，それぞれの動作監視の目的で計測し，さらに，X_1X_2 加速度計により，ロケットの推進状況の測定を行った．なお，Ⅳ型1号機に搭載したテレメータ送信機は，将来のトランジスタ化のための予備テストとして，トランジ

第　1　表

項目	飛しょう期日	発射角度	計測項目 ch. 1	ch. 2	ch. 3	ch. 4	ch. 5	受信情況	備考
Ⅳ型 1号機	1957年 9月20日		H	X_1X_2	宇宙線カウント	宇宙線カウント	カウンタヒータ電圧	発射後 15.3″ まで正常．以後レベル低下 80″ 以降断続受信．197.6″に至る．	TM-3A 型テレメータ送信機
Ⅳ型 2号機	9月22日		H	X_1X_2	宇宙線カウント	宇宙線カウント	カウンタヒータ電圧	発射後3.7″まで正常．以後レベル低下．断続しつつ弱く受信しつつ，57″まで受信	〃
122S 1号機	12月23日	70°	H	X_1X_2	Y	B	Z	発射後 4″ にて変調器故障．RF は正常．飛しょう時間 63″	TM-4 型送信機トランジスタ副搬送波発振器
122S 2号機	1958年 2月10日	70°	X_1X_2	Y	Z	H	B	正常，飛しょう時間62.8″．ロケットは1′前に暴発したが，テープ録音によりデータはとれた．	TM-4 型送信機真空管式副搬送波発振器
122ST 1号機	3月6日	30°	X_1X_2	Y	Z	H	B	発射後10.8″にて電波停止．10.4″ にて異常が始まり，レベル低下と周波数の変動が起る．主発振器のヒータ回路の事故と推定．	〃 レーダ用アンテナは胴部張り出し式
122ST 2号機	3月7日	30°	X_1X_2	Y	Z	H	B	正常，飛しょう時間29.2″	送信機は 122S-2 号機に同じ．テレメータ用アンテナは胴部張り出し式
150T 1号機	4月24日	60°	H	X_1X_2	Y	Z	B	正常，飛しょう時間72.8″	送信機は 122S-2 号機に同じ．
150T 2号機	4月24日	60°	X_1X_2	H	δ	B	T	正常，飛しょう時間71.5″．発射後 7.33″ にて感温ゲージ断線．	〃
Ⅴ型 1号機	4月29日	55°	H	X_1X_2	Y	Z	B	正常，飛しょう時間101.3″	〃
Ⅴ型 2号機	5月26日		H	X_1	X_2	δ	T	正常，飛しょう時間139.1″	〃

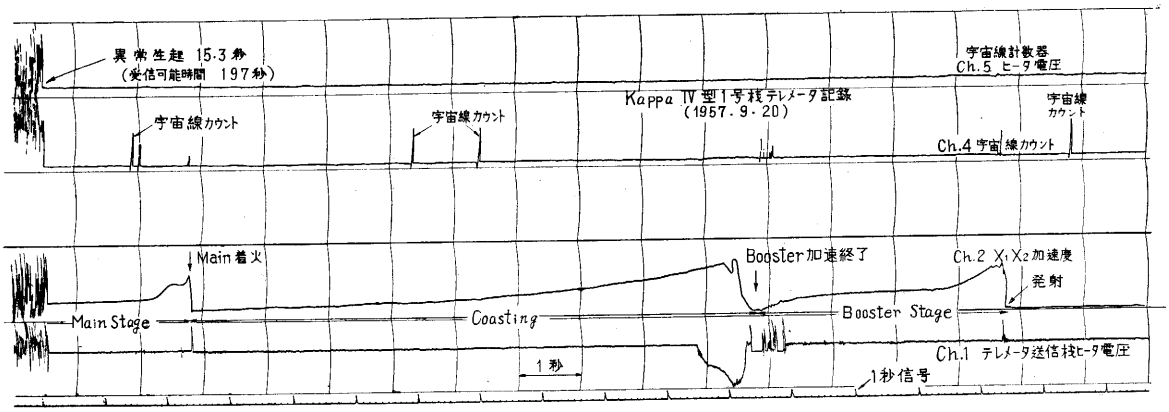
記号　H：テレメータ送信機ヒータ電圧　X_1：縦軸方向加速度　Y：横軸方向振動加速度　δ：尾翼歪
B：〃　〃　B 電圧　X_2：〃　減速度　Z：〃　〃　T：尾翼温度

スタ化した副搬送波発振器を1チャネルだけ使っている．

1号機は発射後 15.3 秒，ほぼ主ロケットの推進の終りに近いところで突如テレメータ電波の受信レベルが激減した．以後，80～120 秒にわたって時々弱く，また，120 秒以降は，1秒間に5回位の割合で断続しながら信号が受信され，197.6 秒にいたって完全に電波が途絶えた．種々の情況から判断して，ここで海中に没したものと推定されている．15.3 秒においてレーダ・トランスポンダの電波も同時に停止しており，かつ，その後の情況がⅢ型1号機の場合と似ている点から考えて，Ⅳ型1号機もⅢ型1号機同様，15.3 秒において空中線系（給電線を含む）を損傷する事故を起こしたものと判断される．

信機が，組付後において動作不良となる事故に遭遇しており，当時は確定的にそうとはいえなかったが，Ⅳ型1，2号機の経験を経て，多分にこうした点に疑が懸る．Ⅳ型以降，すなわち，122 S 以降では，如上の組付の欠点が除去されるような構造に改められており，事実こうした事故は全然起こしていないのである．

以上の点を除いては，第1図に見るとおり，事故発生までの間テレメータ送信機各部の作動状況は正常であり，また，X_1X_2 加速度計および宇宙線計数器も良好に動作していることが認められる．宇宙線計数器は，発射後，8.2 秒，9.3 秒および 13.8 秒の3回にわたりカウントを記録した．また，X_1X_2 加速度計は，ブースタの加速，コースティングにおける減速度ならびに主ロケットの加速をそれぞれ把えている．この結果から，ブースタの加速はほぼ4秒間で終了し，主ロケットの着火は約 13 秒で行われており，いずれも計画通りの作動であったことが認められる．

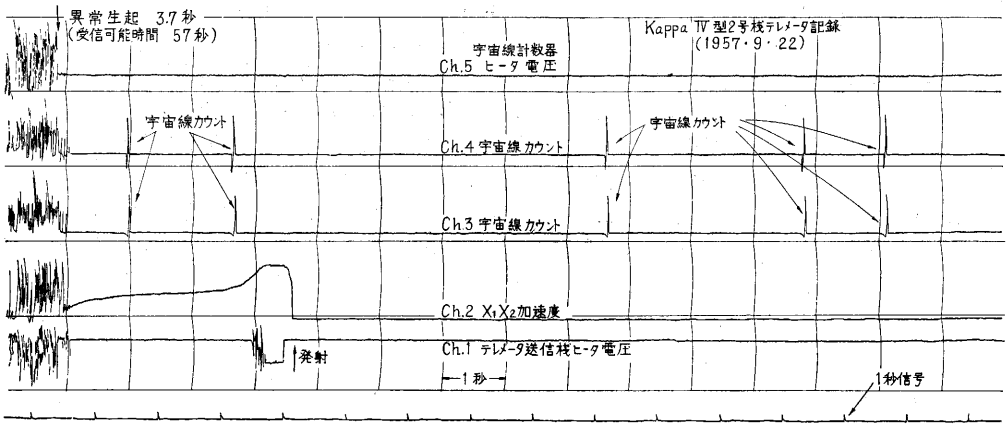


第1図　Ⅳ型1号機テレメータ記録

第1図は事故の起るまでの期間におけるテレメータの記録で，テープ録音の内容を再生して求めたものである．ch. 3 は宇宙線カウントであるが，録音レベルの不足により再生データが雑音に埋もれたので省略してある．ch. 1 ヒータ電圧の記録が，ブースタの推進が終ったところで大きく変動しているのは，ここで相当な外力がテレメータ送信機に加わり，取付位置に若干機構的な欠点のある ch. 1 の信号入力端子が，そのため一時接地したものと考えられる．このことは，Ⅳ型2号機の実験においても，同じような欠点を露呈している．但しこのような事故は，飛しょう前の落下衝撃試験では認められていないところで，それが飛しょう時にのみ現われるのは，一つは，機器のロケットえの装着方法にも問題があったのではないかと考えている．すなわち，テレメータ送信機とレーダ・トランスポンダは，お互を継ぎ合わせて，ロケットの胴部に組み付けるが，その長さがかなり長大であり，しかも振れ止めのゴムが，かなり窮窟にできているので，組み付けに際しては，相当無理な力が機器に加わる．さらにこの胴部をエンジン部に取り付ける際にも，相当の力が横方向に加わるような情況で行われる．すでにⅢ型3号機の際にも，組付前正常であった送

事故発生後の断片的受信期間中は，ch. 1，2，5 の動作は正常と判断される記録を示している．ch. 3，4はいずれも副搬送波信号が，それぞれの所定帯域内に存在していない．これが，副搬送波発振器の事故によるものか，あるいは，宇宙線計数器の事故により，規格外の電圧が加わったことによるものであるかは判定することができない．しかし，いずれにしても，テレメータ装置および各計測器は，発射時およびその後の衝撃，振動に十分堪えていることは，以上の結果によって明らかなところであろう．

1号機の事故の原因について確たる見通しのないままに，引き続いて2号機が1号機と同じ装備によって実験された．2号機のテレメータ再生記録を第2図に示す．第2図に明らかなように，2号機は，発射後3.7秒，ブースタの燃焼の終末近くで，再び事故を発生した．事故発生迄の期間中では，テレメータ送信機および各計測器の動作は正常であり，宇宙線計数器は，飛射後，0.9 秒および 2.6 秒の2回にわたりカウントを記録している．



第2図　Ⅳ型2号機テレメータ記録

また，X_1X_2 加速度計も，ブースタ燃焼中の加速度の計測に成功している．

事故発生後は極めて微弱にではあるがテレメータ電波が断続しつつ約 57 秒迄受信されている．その間の記録では，各チャネルとも正規の動作をしていることが認められるが，宇宙線のカウントが記録されている形跡は認められていない．

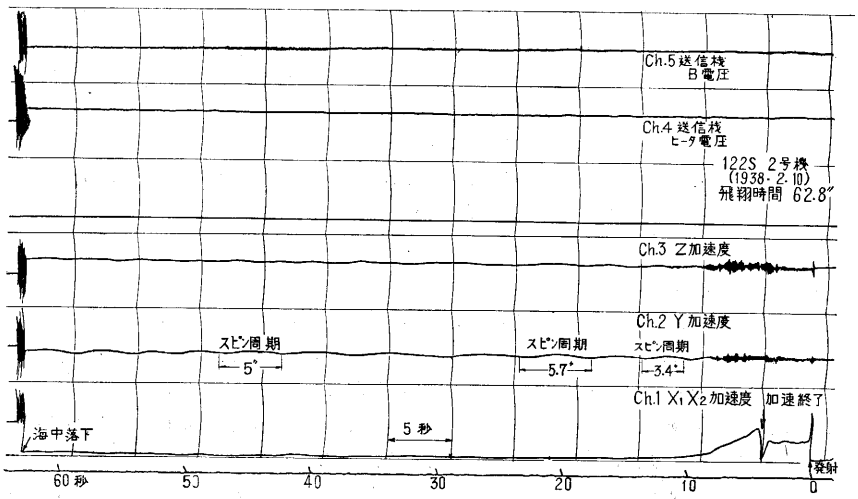
Ⅳ型 1，2 号機の実験は，ロケットに関する限りでは完全な失敗であった．しかし，搭載機器の立場からすれば，以上のごとく，大型化したブースタの衝撃をはじめ，2段ロケットとして予想される数度にわたる衝撃，振動の繰返しにも，なんとか堪えていけることが確認されたことは，せめてもの収獲であった．

3. 122 S 1，2 号機

1号機では，全副搬送波発振器をトランジスタ化したテレメータ送信機を搭載した．Ⅳ型1号機でその予備的なテストは行ったのであるが，テレメータ送信機自体の構造を，この時期から極度に重量，容積の軽減を図ったTM-4 型（別稿参照）に切り換えたことも影響して，その動作はやや不安定であり，さらに高周波電力の影響が副搬送波発振器の動作に影響することが認められた．そのため，1号機の実験では発射の衝撃による雑音が混入し加速度の計測に失敗した．その上，発射後約4秒で，変調器系に故障を生じ，全副搬送波信号が失われるという2重の事故を起こし，わずかに，高周波部のみが終りまで正常に作動した．その結果，発射後 63 秒で海中に落下するまで，電波の到来による飛しょう時間を求めることができたのみで，テレメータとしては完全な失敗を記録した．

この結果，測定を確実にするためトランジスタ化を一時中止し，再び副搬送波発振器を従来通りの真空管式のものに改めて行ったのが，2号機の実験である．2号機におけるテレメータ送信機の作動は，第3図にその記録を示すとおり完全に正常であり，また，X_1X_2，Y，Z の各加速度計も，それぞれ，燃焼中の加速度，燃焼後の減速度，飛しょう中の横方向振動およびスピンの計測に成功した．この結果，エンジンの燃焼はほぼ計画通りの作動を示し，また，スピン周期も 3～6 秒程度で，飛しょうも安定であることが認められた．また，電波の到来により測定された全飛しょう時間は，62.8 秒であった．

2号機の飛しょうに際しては，コントローラ操作の手違いによって，予定より1分間早くロケットが発進するという椿事に遭遇した．そのため，発射時刻に対して，秒単位で操作を規定している飛しょう中の直接のペン描記録，電磁オシログラフの記録，およびスピン・テレメータの記録な



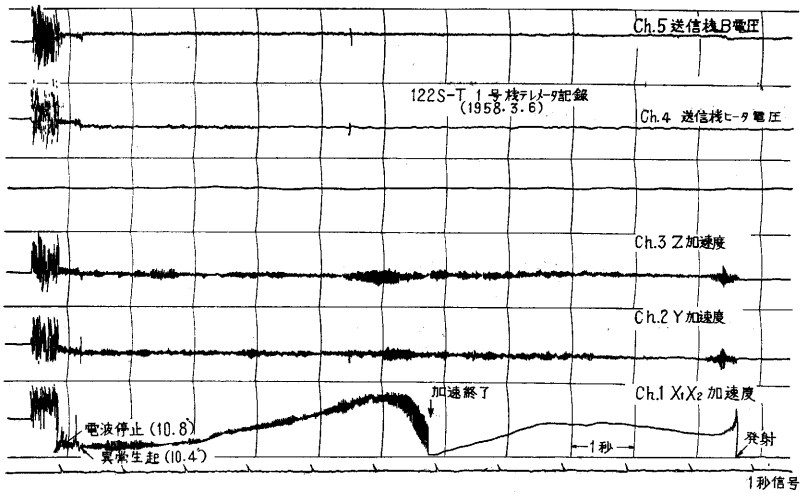
第3図　122S-2 号機テレメータ記録

どはいずれもとれなかった．幸いにしてテープ録音によりデータがすべて保存されていたので，その再生により貴重な資料がえられ，はからずも，ここに我々が採用している記録系統の真価が立証された形となった．

122 S 2 号機には，新しく製作されたテレメータ送信機が使われたが，第 3 図の結果に示すとおり，この新型送信機（TM-4B 型）は雑音の混入もなく，十分な耐衝撃性，耐震性を有することが認められた．

4. 122 S-T 1, 2 号機

1 号機は第 4 図に結果を示すように，発射後 10.8 秒で電波が途絶えた．異常は 10.4 秒から始まり，送信周波数の漂動と，レベルの減少を伴ったことからみて，原因は主発振器のヒータ断線と推断される．X_2 の記録を見ると大きな振動が現われている．しかしこれは，X_2 加速度計自体の制動不足により，その固有振動が顕著にでたものと考えられ，特にヒータ断線をもたらすような大きな振動が生じている形跡は認められない．結局，この事故は，送信機の構造や使用部品に根本的な欠陥があるのではなく，多分に偶発的なものと思われる．



第 4 図　122S-T 1 号機テレメータ記録

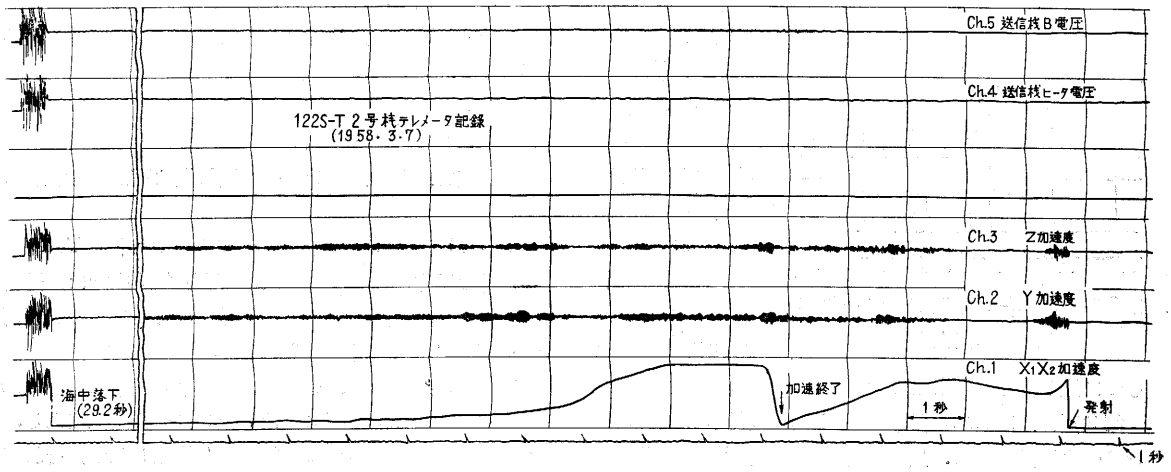
2 号機のテレメータ記録は，第 5 図に示すとおり，極めて正常に成功した．飛しょう時間は 29.2 秒である．X_1 加速度計は，エンジン燃焼中の加速度を計測したが，X_2 の減速度計は，飽和してその最大値を求めえなかった．Y, Z は横軸方向の振動を，全飛しょう時間にわたって記録することができた．

5. 150 T 1, 2 号機

テレメータ送信機は，両号機を通じていずれも正常，良好な動作を示した．

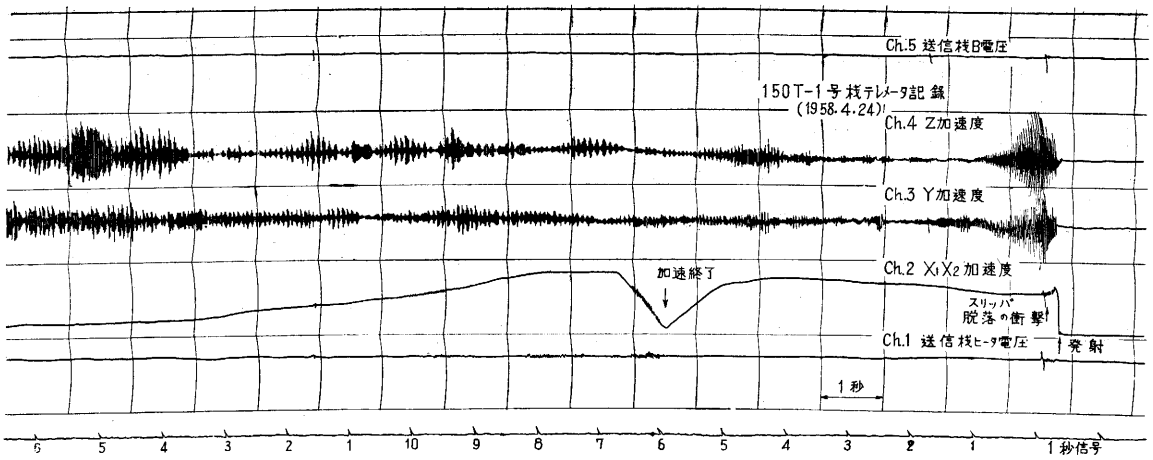
1 号機は 72.8 秒飛しょうし，2 号機は 71.5 秒で海中に落下した．1 号機の各加速度計はいずれも正常な作動を示したが，X_2 減速度は，計器がその最大値において飽和して計測することができなかった．2 号機では，X_1X_2 加速度計はともに良好にエンジン燃焼中の加速度およびその後の減速度をとらえている．尾翼歪計は，加速から減速に移るとき大きな歪を記録しているが，そこで飽和をおこしている．また，尾翼温度計は尾翼歪が大きく変化した際，約 7.3 秒でゲージが断線し，それ以後の計測結果はとれなかった．ただし，記録の結果は，この時期までに，尾翼温度はほぼその最高点近くまで達しているので，一応の目的は果しえているものと考えられる．

第 6 図は，150 T 1 号機の発射後約 15 秒間におけるテレメータの記録を示したものであり，また第 7 図に，同じくその落下近くのテレメータ記録を示す．X_1 の記

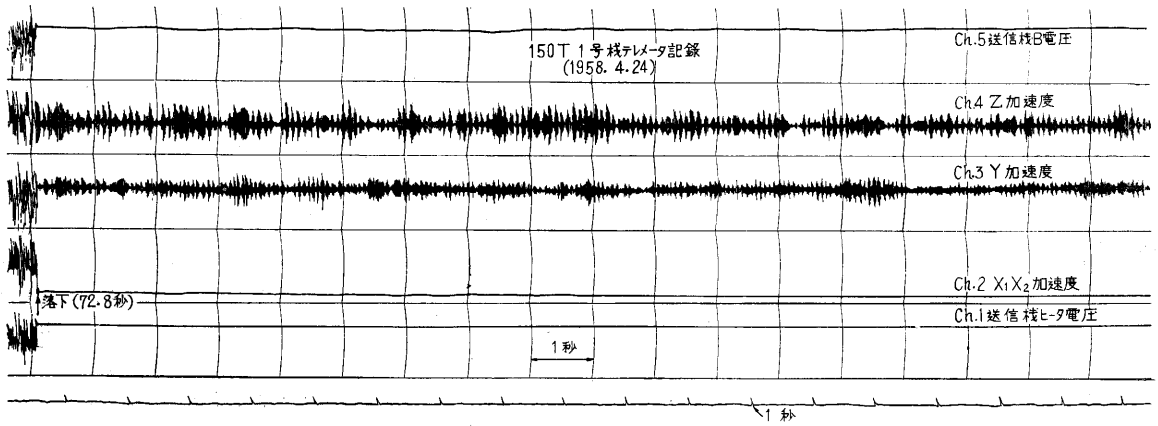


第 5 図　122S-T 2 号機テレメータ記録

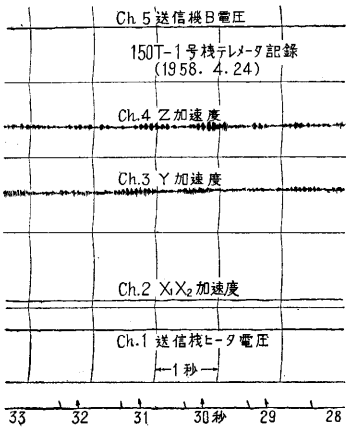
録による加速時間は 6.3 秒，また，Y，Z 方向の振動　らわれて，片寄って記録されている．



第 6 図　150T-1 号機テレメータ記録（発射点附近）



第 7 図　150T-1 号機テレメータ記録（落下点附近）



第 8 図　150T-1 号機テレメータ記録（30 秒附近）

は，図示のように飛しょうの初期および末期に，ほぼ同程度に現われているが，飛しょうの中期ではかなり小さくなる結果となっている．第 8 図は，発射後 30 秒附近におけるテレメータの記録である．なお，Y，Z の記録の振動の振幅については，計器の感度が従前のものに比し高めてあることに注意されたい．

第 9 図は，150T 2 号機の発射後約 15 秒間にわたるテレメータ記録である．尾翼歪計は 10 秒前後からは尾翼温度上昇によって，歪計ゲージの温度特性の不平衡があ

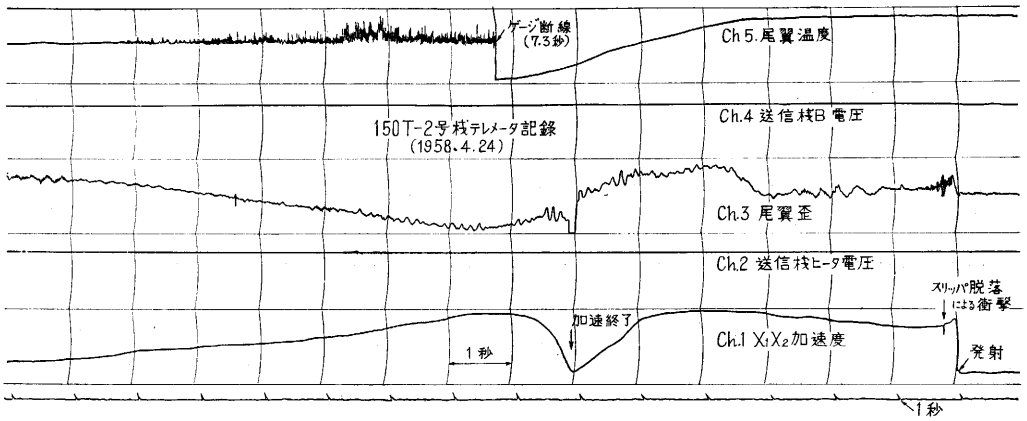
150T ロケットは，従来のいずれのロケットに比べても，最も長い加速特性を呈するものであり，これに伴って，振動その他が搭載機器に影響を及ぼすかも知れないという予想があった．しかし，結果は上述のように，雑音の混入もなく，事故も起らず，この程度の振動，衝撃その他の加速度は，機器にとって問題にならないことが判明した．

6. V 型 1，2 号機

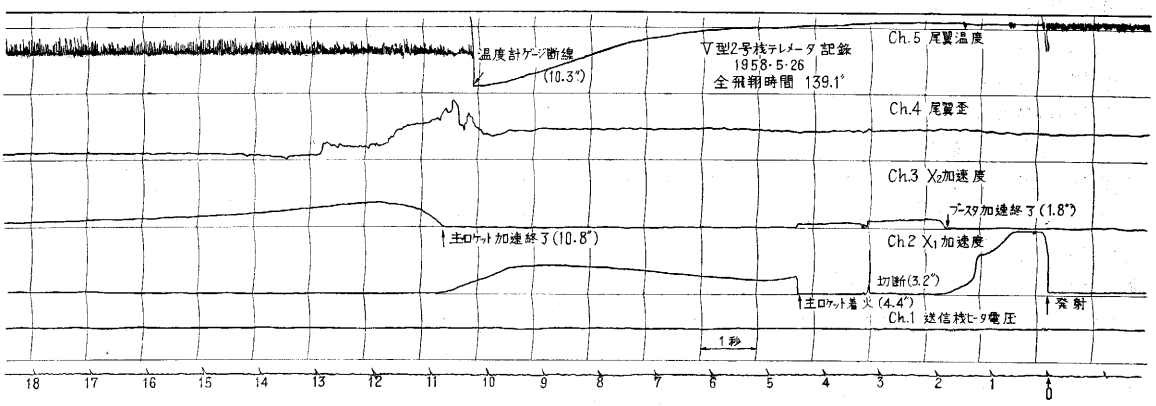
両号機を通じて，テレメータ送信機は正常に動作した．

V 型 1 号機は 101.3 秒飛しょうし，この間，Y，Z 加速度計の動作は良好であった．X_1X_2 加速度計は，発射の衝撃のためか，X_1 加速度計が故障し，そのため平衡がくずれて以後の計測は失敗した．

V 型 2 号機は，139.1 秒にわたり飛しょうした．第10 図は発射後約 18 秒間におけるテレメータ記録である．ブースタ段階において X_1 加速度が飽和したが，それ以外の点では，X_1X_2 両加速度計共良好に作動し，切断火



第 9 図　150T-2 号機テレメータ記録（発射後 15 秒間）



第 10 図　V 型 2 号機テレメータ記録（発射後 18 秒間）

薬の作動，主ロケット着火，主ロケットの加速の終末点などを明瞭に記録している．すなわち，切断および主ロケットの着火は，それぞれ約 3.2 秒および 4.4 秒で行われ，いずれも計画とほぼ一致する結果となっている．

主ロケットの加速の終末点近くで尾翼歪に大きな変化が現われているが，この傾向は 150T でも認められたところである．その結果として，再び温度計のゲージが断線し，以後の温度計測ができなかった．この時期に温度上昇はほぼその最高点近くまで達しているので，一応の目的は達せられているとはいえ残念な結果であり，温度計ゲージをさらに改良し，機械的に丈夫なものとする必要が認められる．

V 型ロケットは初めて火薬による切断を行い，また，主ロケットの加速期間も長く，この間，従来より一層の加速度，震動などの悪条件が搭載機器に課せられていると考えられるが，以上の結果に見るとおり，テレメータ送信機は完全にその機能を発揮した．その意味で，TM-4 型は，その小型，軽量であることと相まって，全真空管式のテレメータ送信機としては，まず優秀な性能をもつものと結論してよいと思う．　(1958. 8. 23)

次 号 予 告 （11 月号）

研 究 解 説

パンタグラフの力学 …… 柴田　碧
電子写真について …… 野崎　弘
プラスチックの着色について …… 永井芳男，白沢　謙

速　　報

鉄鋼製錬反応進行度の実験装置 …… 松下幸雄
摩擦型抵抗線歪計 …… 大井光四郎，小倉公達