

## ロケット用テレメータ (I) — 時分割方式

猪 瀬 博

## 1. 緒 言

ロケット等の飛翔体の諸特性を測定したり、これを用いて高層大気の観測を行ったりする場合には、無線テレメータに依存するところはなほ大きい。もちろん air borne recorder に記録したデータを飛翔体の落下後回収することも広く行われている。しかし記録機がテープレコードまたはワイヤレコードである場合は、多重化された信号を無線によって送出するか、録音するかのちがいがあただけで、回路方式は大部分同じものである。

高速飛翔体の急激な進歩にともない、きわめて多種多様のテレメータ方式が生れ出てきているが、ことに戦後の高層大気観測において主導の立場にある米国では、種々のものがすでに発表されている。これら諸方式の概要に関してはすでに報告されているので、<sup>(1)(2)</sup> ここではその 1 部である時分割方式を採用した代表的な例について少しく細部にわたって説明してみたい。

## 2. 実用されている時分割方式

時分割方式をデータの多重化の仕方により分類すると、パルス振幅度調 (PAM)、パルス幅変調 (PWM)、パルス位置変調 (PPM)、パルス周波数変調 (PFM)、パルス符号変調 (PCM) およびパルス傾斜変調 (PSM) があることは周知のとおりである。また多重化されたパルス群により無線搬送波を変調する際には、振幅変調 (AM) または周波数変調 (FM) が行われるので、全体で 12 種類の可能な方式が考えられる。

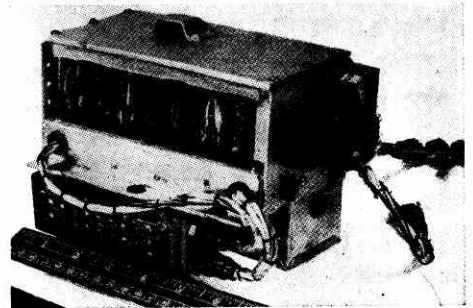
多重通信に際しては、信号対雑音比が良いこと、漏話が少くないこと、歪が少ないこと、周波数帯域の利用率がよいこと、無線周波電力が経済であることおよび装置が簡易であること等が方式を選定する際の条件となる。ロケット等の飛翔体に搭載するテレメータ装置としては、最後にあげた、“装置の簡易性”が一般の多重通信に比して格段の重要性をもってくることはいうまでもない。このような見地から考えて行くと、PFM は PPM に比し無線周波電力の経済性において劣り、PFM、PSM および PCM は装置の簡易性の点で劣る。このうちで PCM は信号対雑音比の点でことにすぐれているが量子化の際に特有の量子化雑音を生じ、この雑音を軽減するには細密な量子化を要するので装置が複雑になるため、有線テレメータには実用されているものの<sup>(3)</sup>、ロケット等には不適當である。

したがって現在までのところ時分割方式無線テレメー

タとして発表されているのは、PAM-FM および PPM-AM の二方式だけであって、前者はロケットに搭載された明確な記録はないが、後者は米国の Naval Research Laboratory により開発されているもので、戦後間も多くの V-2 による高層大気観測以来数次にわたって改良されつつ、Viking, Aerobee 等に数多く使用されている。そこで本文では PAM-FM 方式については代表的な例をあげるにとどめ、PPM-AM 方式については、公表されている 3 種類のものにつき記述することとする。

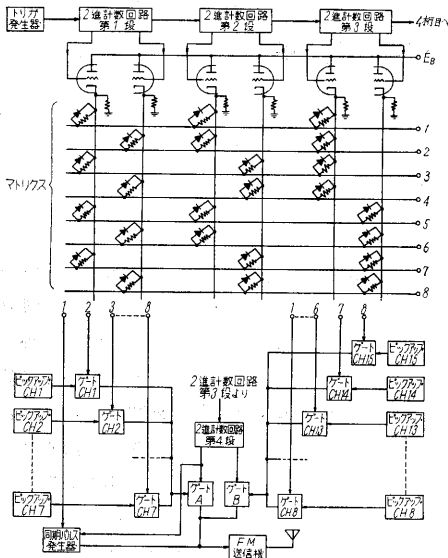
## 3. PAM-FM 方式

PAM-FM 方式には、Princeton 大学が開発したものと、<sup>(4)</sup> Massachusetts 工科大学が開発したもの<sup>(5)</sup>、とが公表されている。Princeton 大学のものは NDRC Telemetry System Type 1B 及び Type 2A とよばれ、前者は戦時中 F7F, P80 等の高速航空機に搭載しており、後者はこれの改良型で 18 チャンネル、繰返し 952pps 各チャンネルの信号周波数帯域は 0~200cps、無線搬送周波数 200Mc、無線周波数偏移は 150kc、出力 700W である。2A 型は Bikini の原爆実験 (Operation Crossload) で標的船から 18 チャンネルの風圧を送るのにも用いられており、FM-FM テレメータ装置の製造会社の一つである Raymond Rosen 社からも市販された。

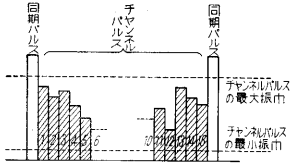


第 1 図 PAM-FM 送信装置外観

Massachusetts 工科大学のものは、マトリクスゲートを用いた簡便で、すぐれた方式である。この装置のチャンネル数は、標準は 15 チャンネルであるが最大 63 チャンネルとすることもでき、信号周波数帯域は、15 チャンネルのとき 3000c/s、63 チャンネルのときは 800c/s となる。パルス幅は約 10 $\mu$ s である。無線搬送周波数は 220Mc、無線周波数偏移は約 200kc、総合特性は、信号対雑音比 55db 以上、漏話は 1 チャンネル 100% 変調のとき 54db 以下、全チャンネル 100% 変調のとき 48db



(a) 系統図



(b) パルス配切

第2図 PAM-FM 送信装置系統図

装置はトリガ発生器、ゲート群、計数装置、マトリクス、FM 送信部、アンテナおよび電源から成っている。1チャンネルあたりの使用真空管数は15チャンネルのとき 1.7 本、63チャンネルのとき 1.4 本で、発表されている時分割方式の中では真空管数のもっとも少ないものである。電源を除き装置の容積は 110in<sup>3</sup>、重量 7lb である。使用真空管は回路部品とともに、ミニアチュアソケット付の pot に封入してあり、衝撃 50g；振動 50cps にて 15g に耐える。較正は飛翔直前および飛翔中に行っている。電源はフィラメントに 6V, 6A；陽極に 135V, 0.1A を要し、電源の全容積は 100in<sup>3</sup> 以下である。

**a) ゲート** ゲートには五極管を用い、そのグリッドに信号電圧を加え、サプレッサにゲート制御パルスを加えて、その振幅を信号電圧により変化する方式である。信号入力電圧は ±1V である。ゲートは 8 個ずつ 2 組とし、それぞれ 1 個の陽極負荷抵抗を共用している。ゲートのうちの 1 個は同期パルス用で、その出力振幅を他のパルスにくらべ十分大きくし、受信側で識別分離を可能にしている。8チャンネルずつ集成された 2 組のパルス群は、2進計数装置の 4 桁目の出力により交互に切換えられて 15チャンネルのパルス群となり、これで送信機を周波数変調する。このように 2 段階にわけて集成しているのは、15チャンネルを一度に集成する場合にくら

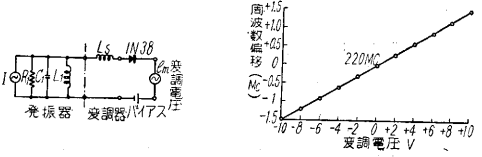
べ、マトリクスの素子の数が少なくすみ、容積や重量に極度の制限をうける機上送信装置に適しているからである。第2図(b)はパルスの配列状況で、パルス幅は 10 μs より若干狭い。

**b) 計数装置およびマトリクス**

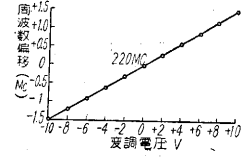
これは第2図のように計数装置の出力をゲルマニウム二極管と抵抗から成るゲートに加え、ゲート制御用パルスを作る部分である。計数装置は双安定マルチバイブレータを用いた普通の 2 進 4 桁計数装置で、その出力はカソードホロワをへてマトリクスの縦の線に導かれる。考え方の便のため、まずゲルマニウム二極管はないものとし、またカソードホロワは、はじめ各桁とも左方の三極管が通流し、その陰極は接地に対し V なる電位にあるものとする。この場合横線 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 の電位はそれぞれ, V, 2V/3, 2V/3, V/3, 2V/3, V/3, V/3, 0, となる。実際にはゲルマニウム二極管があるので、横線 1 を除く他のすべての横線は、少なくとも 1 個のゲルマニウム二極管の順抵抗をとおして、断流している方の三極管に接続されているため、すべて 0 電位となり、横線 1 だけが電位 V となる。トリガ発生器から計数装置にトリガパルスが 1 個到来すると 1 桁目の左方の三極管が断流し右方の三極管が通流するので、同様に考えて行くと、横線 2 だけが電位 V になる。このようにしてトリガパルス 1 個ごとに、電位が V になる横線が 1 から 8 へ順次移動して行くのであつて、これらの横線に生ずる波形をゲート制御用パルスとして用いるわけである。8 組のパルス群を作るには図に示してあるように 24 個の素子が必要であり、16 組のパルス群を作ろうとすると 64 個の素子を要するので、これが機上装置では、8チャンネルずつの 2 群を切換える方式を採用した理由である。

**c) FM 送信部**

以上のようにして集成されたパルス群によって無線周波発振器を周波数変調しているが、広帯域にわたり直線的な周波数偏移を得るために、Reactance switching 方式を採用している。その等価回路を第3図に示す。これが通常リアクタンス管による方式と



(a) 等価回路



(b) 変調特性

第3図 Reactance-switch 変調器

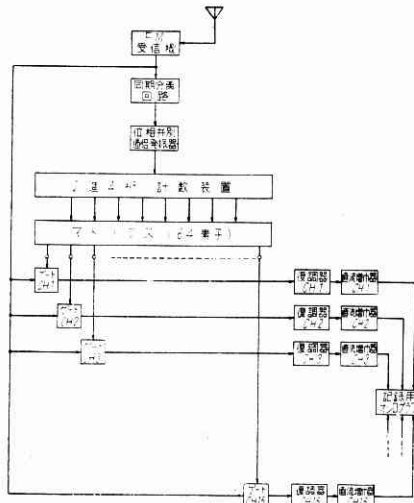
違うところは、発振器の同調回路に入るリアクタンスの値を変調電圧により変化せず、同調回路に一定のリアクタンスが接続される時間を変調電圧により変える点である。方法は図に示してあるように、一定のバイアスをかけたゲルマニウム二極管に直列に、同調回路に入るリアクタンスを設け、バイアス電圧に重畳して変調電圧



第 4 図 PAM-FM 受信装置外観

上ならば復調可能で、その際の各チャンネルの出力における信号対雑音比は 55db 以上である。同期パルス分離回路は、FM 受信機の出力パルス群から基底振幅選択により、同期パルスだけを取り出す回路である。

位相弁別通信発振器は、復調用のトリガパルスを送信



第 5 図 PAM-FM 受信装置系統図

同期パルスの 16 倍の繰返し周波数で、かつ同じ位相で動作するようにしたものである。

この位相弁別通信発振器の出力を微分してパルスとし、2進法4桁の計数装置を動作させてその出力波形を、カソードホロワをへてマトリクスに導く。なお同期パルスを用いて、計数装置を reset している。

を加え、ゲルマニウム二極管の通流時間、したがって同調回路にインダクタンスの接続される時間を制御するものである。第3図(b)は変調特性で、変調電圧±10Vに対し無線搬送波周波数は±1.5Mcにわたりほとんど直線的な変化が得られている。

### 2) PAM-FM 受信装置

第4図は 15 チャンネル用の受信装置の外観で、受信機、同期分離回路、位相弁別通信発振器、計数装置、マトリクス、ゲート復調器および直流増幅器を実装している。電源および記録用オシログラフは別の架に收容する。第5図はその系統図である。

FM受信機は、帯域幅 1Mc, 無線搬送波入力レベルが5μV以

上ならば復調可能で、その際の各チャンネルの出力における信号

対雑音比は 55db 以上である。同期パルス分離回路は、FM 受信機の出力パルス群から基底振幅選択により、同期パルスだけを取り出す回路である。

位相弁別通信発振器は、復調用のトリガパルスを送信

側と同期して正しい順序で作るためのものである。回路は位相

弁別器により、マルチプレータのグリッドパイアスを制御して、その出力が

同期パルスの 16 倍の繰返し周波数で、かつ同じ位相で動作するようにしたものである。

この位相弁別通信発振器の出力を微分してパルスとし、2進法4桁の計数装置を動作させてその出力波形を、カソードホロワをへてマトリクスに導く。なお同期パルスを用いて、計数装置を reset している。

同期パルスの 16 倍の繰返し周波数で、かつ同じ位相で動作するようにしたものである。

この位相弁別通信発振器の出力を微分してパルスとし、2進法4桁の計数装置を動作させてその出力波形を、カソードホロワをへてマトリクスに導く。なお同期パルスを用いて、計数装置を reset している。

同期パルスの 16 倍の繰返し周波数で、かつ同じ位相で動作するようにしたものである。

この位相弁別通信発振器の出力を微分してパルスとし、2進法4桁の計数装置を動作させてその出力波形を、カソードホロワをへてマトリクスに導く。なお同期パルスを用いて、計数装置を reset している。

同期パルスの 16 倍の繰返し周波数で、かつ同じ位相で動作するようにしたものである。

この位相弁別通信発振器の出力を微分してパルスとし、2進法4桁の計数装置を動作させてその出力波形を、カソードホロワをへてマトリクスに導く。なお同期パルスを用いて、計数装置を reset している。

同期パルスの 16 倍の繰返し周波数で、かつ同じ位相で動作するようにしたものである。

この位相弁別通信発振器の出力を微分してパルスとし、2進法4桁の計数装置を動作させてその出力波形を、カソードホロワをへてマトリクスに導く。なお同期パルスを用いて、計数装置を reset している。

マトリクスは 64 素子のものを用いている。これは受信側であって寸法に制限がないので、8チャンネルずつ2組にして切換える方法をとらず、16チャンネルのゲート制御パルスを一度に作っているわけである。動作は送信装置のものと同様である。

復調用ゲートは、送信装置のものと同様五極管であるが、それぞれ単独の負荷抵抗を有している。そのサプレッサに上述のゲート制御パルスを加え、グリッドに受信機出力パルス群を加え、対応するチャンネルのパルスだけを選別するわけである。なお受信機の帯域幅が有限であるため、パルスの立上がりおよび立下がりか、すそをひいて隣接4チャンネルへ漏話を生ずるおそれがあるのでゲート制御用パルスの幅は、チャンネルパルスの幅より狭くして、各チャンネルパルスの中央部だけを選別するような対策を講じている。

このようにして選別されたチャンネルパルスは、データ信号により振幅変調をうけているから、これを繰返し周波数の $\frac{1}{2}$ (実際は約 1/2.5)を遮断周波数とする低域濾波器をとおせば、データ信号を取り出すことができる。しかしこのままではチャンネルパルスの直流分を忠実に伝送せねばならぬので、ここでは第6



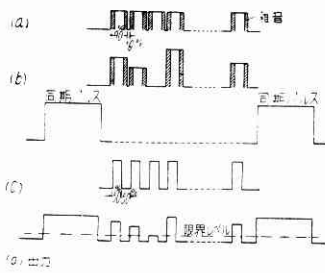
第 6 図 二重変調方式

繰返し周期の半分の周期を有する矩形波を変調し(歪計や、微小トルクポテンシオメータではこの矩形波がピックアップの励振用となる)、これにチャンネルパルスを振幅変調して送り出す。すなわち変調をうけた矩形波は、チャンネルパルスにより頂部と底部を交互にサンプルされるから、相次ぐチャンネルパルスの差でデータ信号があらわされることになり、チャンネルパルスの振幅の絶対値は問題にならなくなる。すなわち直流分は問題にならなくなるわけである。受信側では復調を2段にわけて行うのであって、ゲートの出力をまず繰返し周波数を遮断周波数とする低域濾波器にとおし、次いで全波整流器をへて、繰返し周波数の $\frac{1}{2}$ を遮断周波数とする低域濾波器をとおすのである。

### 4. コミュテーション

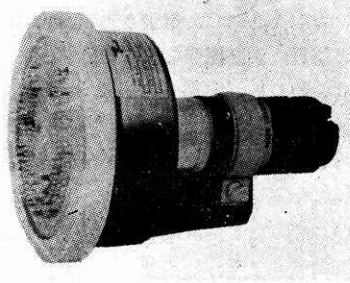
無線テレメータにより伝送すべき信号のうちには変化が緩慢で、広い周波数帯域の伝送路を必要としないものがしばしばある。このような測定量に対しては、多数を一括して、コミュテーションにより単一のチャンネルをへて送る方法がよく行われている(6)(7)。

RDB (Research and Development Board Committee for Guided Missiles)では、主として FM-FM 方式のテ



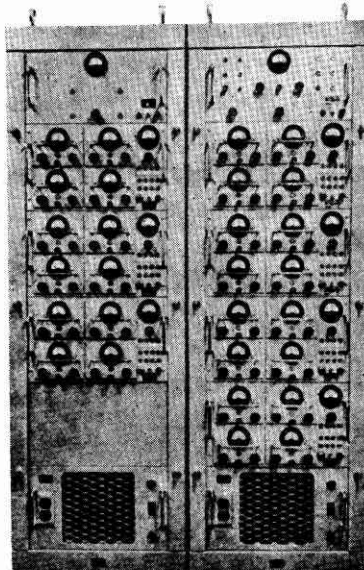
第 7 図 コミュテーション波形  
-FMの多重変調方式を構成しているので前節との関連において簡単にふれておきたい。

パルス配列は第 7 図に示すように、幅の広い同期パルスに次いで、15 チャンネルまたは 27 チャンネルの振幅変調を受けたパルスをならべる形式をとっている。コミューテータは第 7 図に示すごときもので、これをモータにより毎秒 2.5 回ないし 25 回の割合で回転するのである。テレメータ装置の陽極電源をダイナモータで供給している装置では、コミューテータとダイナモータを一体に作ったものを使用している。



第 8 図 コミュテータ外観

方式は、まず (a) に示すようなマーク 90%、スペース 10% の同一振幅のパルス群を作りこれをピックアップに送ってデータ信号により (b) のように振幅変調し、これと幅の広い同期パルスとを集成する。この場合各パルスの波頭波尾には斜線で示すように雑音が付随しているの



第 9 図 デコミュテータ架外観

レメータに併用するコミューテーションの方式を制定している。これは第 7 図に波形を示してあるように PAM 方式であって、全伝送系を通じてみれば PAM-FM

には斜線で示すように雑音が付随しているの

ので、修正用のゲートを設け、マークおよびスペースがともに 50% の同期したゲート制御波形を作って、個々のパルスの中央部だけを選別する。

受信側には第 9 図に示すようなデコミュテータ架 (図は 27 チ

ャンネル用) を設ける。これは同期パルス分離、位相弁別同期、チャンネル分離を行うもので、機能は前節のべたものと大差ない。ゲートで選別された各チャンネルパルスは蓄積回路を経て平滑化される。

5. PPM-AM Sequential 方式

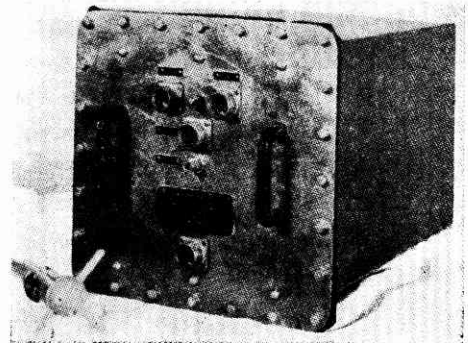
米国の海軍研究所 (NRL) が実用化した PPM-AM 方式は現在までに 3 種類発表されている。すなわち Sequential 方式<sup>(8)(9)(10)</sup> 30 チャンネルの Matrix 方式<sup>(10)(11)</sup> および 15 チャンネルの Matrix 方式<sup>(12)(13)</sup> がこれであって、第 1 のものは V-2 に、第 2 のものは V-2 および Viking に、第 3 のものは Aerobee に積載して実用し、いずれも所期の成果をおさめている。

本節ではまず Sequential 方式の概要をのべる。

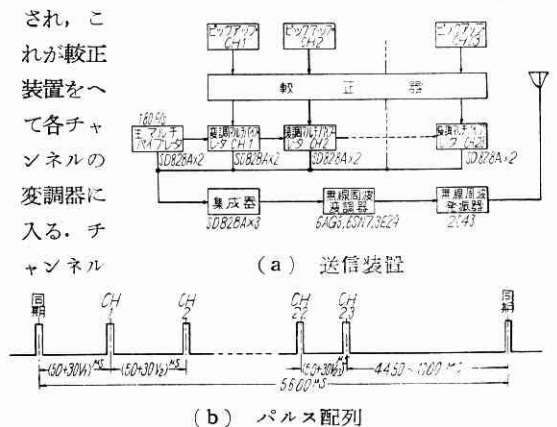
1) Sequential 方式送信装置

第 10 図は本装置の外観、第 11 図はその系統図およびパルス配列を示す。

データ信号はすべて 0V ないし 5V の直流電圧に変換



第 10 図 PPM-AM Sequential 方式送信装置外観



第 11 図 PPM-AM Sequential 方式送信装置系統図及びパルス配列

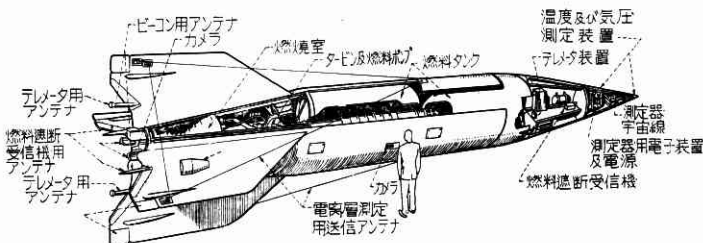
変調器は単安定マルチバイブレータであって、その常時断流している方の五極管 (傍熱型サブミニエチューア管 S D828A 使用) のグリッドにデータ信号を加えて、その発生する矩形波の後縁を振らせて幅変調を得、これを微分して位置変調パルスを得るものである。すなわち第 11 図 (a) に見られるごとく、自走マルチバイブレータによ

る 180c/s の主パルス発振器の出力パルスで第1チャンネル変調器を起動し、その発生する矩形波の後縁を微分して得たパルスで第2チャンネル変調器を起動し、以下同様にして第23チャンネル変調器を起動する。また同期パルスとしては主発振器の出力パルスを使用する。

パルス間隔は、データ電圧をVとすると(50+30V) $\mu$ sとなるように調整しておくのであって、したがってパルスの配列状況は第11図(b)のようになり、第23チャンネルのパルスと、同期パルスとの間隔は4450 $\mu$ sないし1000 $\mu$ sあり、他のパルス間隔に比し十分広いから受信側ではこれを識別して同期分離を行う。このようにして作られた同期パルスおよび位置変調パルスは集成され、単安定ブロッキング発振器により幅に整形0.8 $\mu$ sされて変調管3E29をへて、無線搬送波発振器2C43を陽極変調する。無線周波数は1025Mc、尖頭出力は約1kWである。なお校正装置は各チャンネルに、20秒に1回ずつ、0Vおよび3.5Vの規準電圧を交互に加えるものである。第12図は本装置がV-2に積載されている状況を示す。

2) Sequential 方式受信記録装置

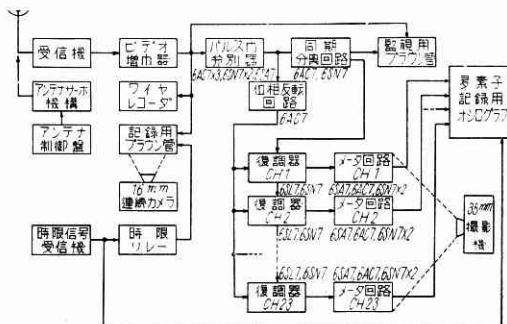
第13図は本装置を積載するトレーラの外観、第14図は系統図である。



第12図 Sequential 方式送信装置の積載状況



第13図 Sequential 方式車載受信記録装置外観



第14図 Sequential 方式受信記録装置系統図

この装置においては、受信機のビデオ出力をまずパルス幅弁別器において0.8 $\mu$ sの幅のパルスだけを選別することにより妨害パルスを除去する。次いでその出力を一方は同期分離回路に加えて積分し同期パルスを分離するとともに、他方は位相反転回路をへて各チャンネル復調器に加える。チャンネル復調器は単安定マルチバイブレータで、たとえば第1チャンネルを復調する場合であれば、常時断流している方の三極管の陽極に負極性の同期パルスを加えて起動し、そのグリッドに負極性のチャンネルパルスを加えて停止させるもので、このようにして位置変調を幅変調に変換している。第2チャンネル以降は前位チャンネルの幅変調矩形波の後縁を微分して得たパルスを起動パルスとし、チャンネルパルスを停止パルスとして、逐次幅変調矩形波を作っている。

これらの幅変調矩形波を積分し、メータに指示させて撮影するとともに、Hathawayの多素子電磁オシログラフに記録する。なおビデオパルス群をワイヤレコードに録音し、さらにブラウン管上にあらわして撮影するなど記録は多岐にわたって周到を期している。

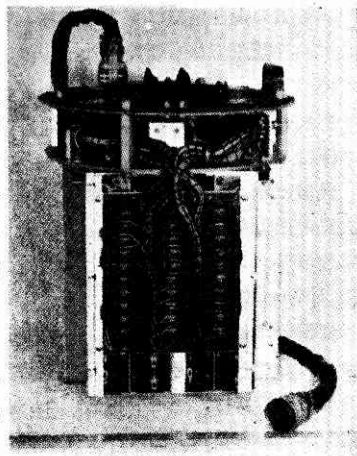
本 Sequential 方式は、変調器に単安定マルチバイブレータを用いており、また前チャンネルの出力で順次起動される不定位方式であるため、良好な信号対雑音比や漏話特性は期待し得ないものと思われる。総合精度は $\pm 5\%$ であるが、 $\pm 2\%$ まで向上可能といわれる。

6. PPM-AM Matrix 方式

NRLは、各チャンネルパルスの位置が、前チャンネルのパルスの位置に無関係な、普通の位置変調方式を Matrix 方式とよんでいる。これは Sequential 方式の漏話等の改善、繰返し周波数の増大、尖頭出力の増

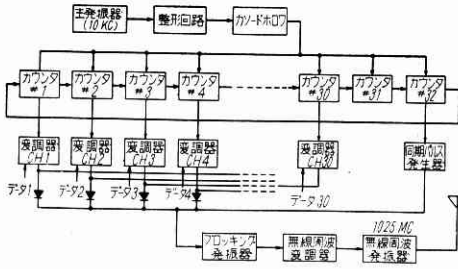
大信頼性の向上等を目指して開発されたもので、送信装置としてはV-2およびVikingに用いられた30チャンネルのもの(AN/DKT-2)と、Aerobeeに用いている15チャンネルのもの(ANIDKT-7)が知られている。受信記録装置(AN/FKR-1)は簡単な改造を行えば15チャンネルにも30チャンネルにも使用することができる。

1) 30チャンネルMatrix方式送信装置



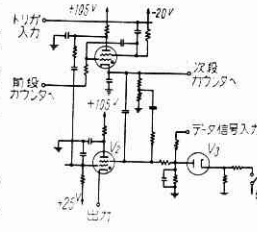
本装置の外観を第15図 30チャンネルMatrix方式送信装置外観



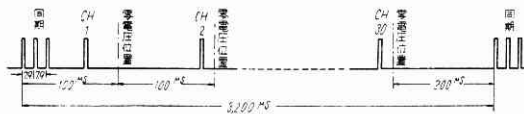


(a) 送信装置系統図

第 15 図に、系統図、リングカウンタと変調器の回路およびパルスの配列状況を第 16 図に示す。これはチャンネル数を 30、繰返し周波数を 312.5cps 尖頭出力を 4kW に改善し、本格的 PPM-AM 方式を採用したもので、高



(b) リングカウンタおよび変調器回路



(c) パルス配列

第 16 図 30チャンネル Matrix 方式送信装置

層大気観測用として発表されたもののうちではもっとも大型である。装置は主発振器、リングカウンタ、チャンネル変調器、無線周波数変調器、無線周波数発振器、アンテナおよび電源から成り、電源を除く容積は 16inφ×21inである。電源はヒータには蓄電池で容量 8V, 20A, 陽極には 28V, 15A の蓄電池とパイプレータを組合わせている。容量はいずれも 30 分定格で設計されており、電源の全容積は  $13 \frac{1}{8} \text{in} \times 7 \frac{5}{8} \text{in} \times 8 \frac{3}{4} \text{in}$  である。アンテナおよびケーブルを除く送信装置の全重量は 135 lb である。

本装置の総合精度は ±1% であって、漏話も少なくなっており較正方法も改良され、10秒ごとに 0V から +5V まで 1V ごとの階段波形を各チャンネルに順次加えて行く方式をとっている。無線搬送周波数は 1025Mc, パルス幅は 0.9 μs である。

装置は第 16 図(a)に示すごとく、10kc の正弦波発振器の出力をパルスに整形して、サイラトロンを用いた 32段のリングカウンタに加え、各段に発生する継続時間約 100μs の鋸歯状波を、それぞれに対応するサイラトロン変調管に加え、これに 0 ないし +5V の直流電圧に変換されたデータ信号を重ねて、通弧する位相を変化する。変調管には、データ信号がないときは、鋸歯状波の立上がりから後に通流するようにバイアスが与えてあり、正のデータ信号があれば、これよりも早く通流する

わけである。変調器はリングカウンタの第 1 段ないし第 30 段に対し 1 個ずつ設けてある。カウンタの第 31 段は起動用で、入力トリガがないときは自走してリングカウンタの停止を防ぎ、入力トリガがあるときには自己バイアスにより自走を停止し、入力に応じて他の段と同じように動作する機能を有する。

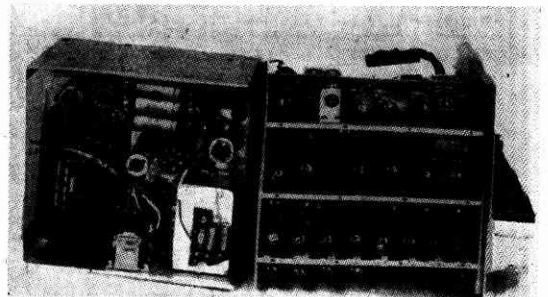
リングカウンタの第 32 段目の出力は同期パルスを作るのに用いられる。すなわち単安定マルチバイブレータの常時通流している方の三極管の陽極に L, C の共振回路を設け、リングカウンタの出力でトリガされたとき、この三極管が断流し、その陽極に L, C 回路による自由振動を生ずるようにする。L, C を適当にえらび、またマルチバイブレータの特定数をえらんで、この波形を 7.9μs 周期の 3 サイクルの正弦波とし、これを整形して幅 0.9μs, 間隔 7.9μs の 3 本のパルスを作って、これを同期パルスとしている。

第 16 図(b)はリングカウンタおよび変調器の回路である。使用しているのはいずれも特に設計したサイラトロン Chatham 1002A で、サブミニアチュア型、消弧時間が長かつ安定であること、通弧電位が安定であること、およびヒータ消費電力が 1W ですむことが特長である。リングカウンタの各段の陽極と接地間の容量は常時は陽極電源電圧まで充電されているが、前段からのトリガによってサイラトロン (V<sub>1</sub>) が通弧すると、その電荷は陰極側の容量に流入するから、陰極には、通弧と同時に立上がり、消弧まで指数的に上昇し、消弧と同時に急に立下がる階段状鋸歯状波を得るわけである。この波形は次段のカウンタに加わってこれを通弧せしめるとともに、変調管 (V<sub>2</sub>) にデータ信号電圧とともに加わって、データ信号電圧に応じた時刻にこれを通流させる。二極管 (V<sub>3</sub>) は、データ信号電圧を +5V までに制限して過変調を防ぐためのものである。

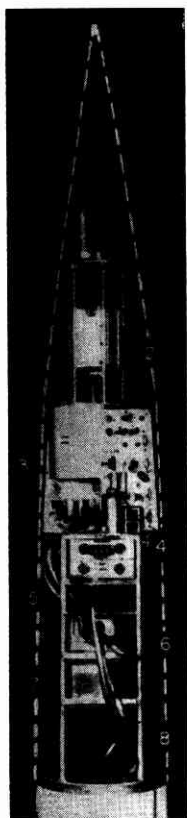
このようにして得られた各チャンネルパルスを、同期パルスとともに集成し、単安定ブロッキングオシレータを通して幅 0.9μs に整形し、これで 1025Mc の無線搬送波発振器を変調している。

## 2) 15チャンネル Matrix 方式送信装置

第 17 図は本装置の外観、第 18 図は Aerobee の先端



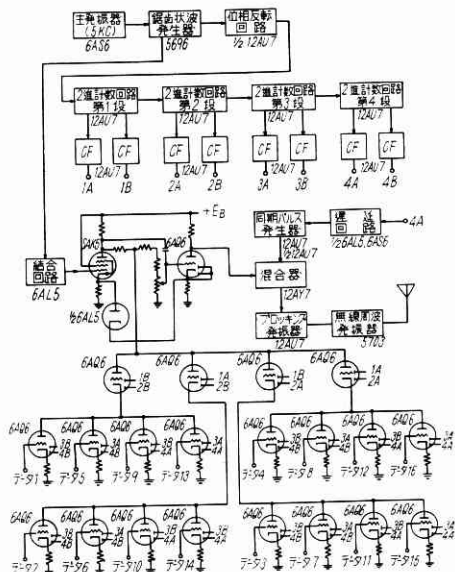
第 17 図 15チャンネル Matrix 方式送信装置外観



部の実装状況，第 19 図はその回路を簡略化して示したものである．本装置は 30 チャンネルのものを Aerobee に積載できるよう小規模にすると同時に，変調器の直線性や，チャンネル間の漏話を改善するよう，回路方式を全くあらためたものである．また陽極電源のコンバータに使用していたバイブレータは衝撃および加速度に弱いので，ダイナモータにおきかえている．電池も鉛電池のかわりに銀電池を使用しているものもある．無線搬送周波数は 227Mc，尖頭出力 10W ないし 40W，パルス幅 3 $\mu$ s，最大偏移 150 $\mu$ s であるが，繰返し周波数は 312.5cps，同期

1. 切断機構
2. スペクトロメータ
3. スペクトロメータ電源
4. 鉛電池
5. 時限装置および較正器
6. 接続函
7. 燃料遮断受信機
8. テレメータ送信機

第 18 図 Aerobee 尖端部への実装例



第 19 図 15 チャンネル Matrix 方式送信装置回路  
パルスも 7.9 $\mu$ s 間隔の 3 本パルスとして，30 チャンネルの場合の受信記録装置をわずかな改造だけでそのまま使用できるよう配慮している．電源を除く装置の容積は 9in $\times$ 9in $\times$ 12in，重量は 18 lb，較正器および鉛電池電源を含めた全重量（アンテナおよびケーブルを除く）は 43 lb であるが，鉛電池を銀電池におきかえると 32 lb とな

る．総合精度は 30 チャンネルのものより若干良好である．較正はカムとマイクロスイッチの組合わせにより 16 秒毎に 1/8 秒間 0V $\sim$ +5V の間 1V おきの階段状波形を各チャンネルに順次加える．較正周期を大きくしたのは，較正中に失われるデータを少なくするためで，この場合失われるのは約 2% である．

装置は主発振器，鋸歯状波発生器，計数装置，ゲート，変調器，同期パルス形成器，混合整形器，無線搬送周波発生器，較正器，アンテナおよび電源から成っている．

a) ゲート 5kc の主発振器を整形して双安定マルチバイブレータを用いた 2 進 4 桁計数装置を製作させ，その出力波形をカソードホロワをへて，19 個あるゲートの二極管部に導きこれを開閉する．ゲートは双二極三極管 6AQ6 を用い，そのうち 15 個はデータ信号用のゲートで，そのグリッドには各データ信号を加えてあり，1, 5, 9, 13; 2, 6, 10, 14; 3, 7, 11, 15; 4, 8, 12 の各チャンネルに対応する三極管の陽極は共通に接続されて 4 群となり，4 個の集用ゲートにそれぞれ加わっている．

データ用ゲートは，計数装置の 3 桁目および 4 桁目の正の出力矩形波により整流し，1, 2, 3, 4; 5, 6, 7, 8; 9, 10, 11, 12; 13, 14, 15 の 4 群にわかれて順次通流し，データ信号に応じた電圧をその陽極に生ずる．

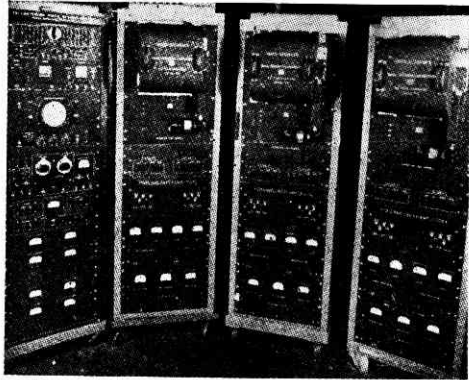
集用ゲートは計数装置の 1 桁目および 2 桁目の正の出力矩形波で断流するから，上述の同時に通流する 4 つのゲートに順位をつけることができ，その共通になっている陽極には，第 1, 第 2, ……，第 15 チャンネルの順で逐次データ信号に対応する電圧を取り出すことができる．発振器の繰返しは 5kc であるから，データは 200 $\mu$ s ごとに切り換えられることになり，パルス配列は，前述の 30 チャンネルのものが一本おきになり，したがってパルスの最大偏移もより大きくとれるわけで，本方式では 150  $\mu$ s としている．

b) 変調器 変調器は反再生を用いた電圧比較回路である．すなわち 5kc 発振器の出力をサイラトロンにより鋸歯状波として五極管のグリッドに加えこれを通流し，その陰極電位の上昇と，陽極電位の降下とにより，三極管を断流する．一方集成されたデータ信号電流は，五極管の陽極と三極管のグリッドの間に加わっているため，データ電流が大きいほど電位降下が大きく三極管のグリッド電位が低くなるので，三極管はより早く断流する．したがってその陽極には，データ信号により幅変調を受けた矩形波を生ずるから，これを微分して位置変調パルスを得る．

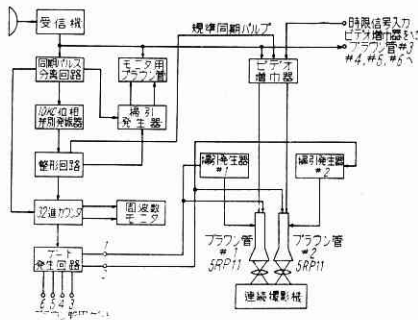
なお任意のチャンネルのデータ用ゲートに，計数装置からの制御波形が加わらないようにしておき，同じ群に属する他の 3 個のゲートを使用しなければ，サンプリングの早さを 4 倍にすることができるから，特に変化の激

しい現象をも伝送し得るのであって、これが本装置の大きな特長である。

位置変調パルス群は、30チャンネルの場合と同じ方法で作られる同期パルスと混合されて、ブロッキング発振器にて幅  $3\mu\text{s}$  に整形され、これで傍熱サブミニアチュア三極管 5703 による無線搬送波発信器をグリッド変調する。この場合尖頭出力は  $10\text{W}$  であるが、 $75.833\text{Mc}$  のオーバートーン水晶発振器の出力を3通倍し、6021によるプッシュプル電力増幅器を用いて尖頭出力  $40\text{W}$  を得ているものもある。



第 20 図 Matrix 方式受信記録装置外観



第 21 図 Matrix 方式受信記録装置系統図

c) Matrix 方式受信記録装置

本装置の外観を第 20 図に、系統図を第 21 図に示す。第 21 図で右方の三架は記録部分で、2 個ずつの記録用のブラウン管と連続撮影装置、ビデオ増幅器、掃引増幅器、および電源を有する。左方の一架には、受信機、同期パルス分離回路、位相弁別同期発振器、計数装置、モータ用ブラウン管およびゲート発生回路が実装されている。

アンテナは  $4ft\phi$  のパラボラを用いた円偏波空中線であって、ビーム幅  $18^\circ$  で、光学追跡装置を用い手動で追跡する。受信機は  $4.5\text{Mc}$  の帯域幅を有している。受信機の出力は二つに分かれ、一方は記録架のビデオ増幅器をへて記録用ブラウン管を輝度変調する。他方は同期パルス分離回路に入り、同期パルスだけが分離されて、位相弁別同期発振器の発振周波数および位相を制御し、

送信側と同じ繰返しで、同じ順序の  $10\text{kc}$  のパルスを作る。このパルスは双安定マルチによる 32 進計数装置に入り、 $100\mu\text{s}$  ずつ位相のずれた、繰返し  $312.5\text{c/s}$  の 32 組のパルスを得る。

ゲート発生回路では、このパルスの適当なものをとりだして所望の時期に発生し所望の時期に停止する矩形波をつくり、これで記録架の掃引発生器を駆動し、各記録架に 2 個ずつある、6 個のブラウン管を逐次掃引する。

ブラウン管は、後段加速型の 5RP11 を使い、その上に 5 チャンネルずつあらわれたスポットの動きを、連続撮影装置により掃引方向と直角に連続的にフィルムを流して記録する。フィルムの幅は  $9\frac{1}{2}\text{in}$  で、この上に 2 個のブラウン管上の像をレンズとプリズムにより一緒に投影している。フィルム速度は  $3.14\text{in/sec}$  である。移動用の受信記録装置では  $35\text{mm}$  フィルムを用いている。チャンネルパルス群を個々に復調せず、直接記録できるのが本方式の特長であって、他の方式がチャンネルの数だけの復調器と直流増幅器を必要とするのにくらべると、装置が著しく簡易化される。(1956.5.9)

文 献

- (1) 野村民也：生産研究 6—7, p.177 (昭 29—6)
- (2) 高木昇, 猪瀬博：電学誌 76—5, p.562 (昭 31—5)
- (3) A. J. Bayliss: Electronic Eng.,(p. 485 Nov., 1952)
- (4) L. L. Rauch: Electronics 20—2, p.114 (Feb., 1947)
- (5) J. P. Chisholm et al.: Proc. IRE 39—1, p.36 (Jan., 1951)
- (6) FM-FM Telemetry Component Data, Pacific Division, Bendix Aviation Corp.
- (7) Raymond Rosen Engineering Products Technical Bulletin
- (8) V. L. Heeren et al.: Electronics 20—3, p. 100 (Mar., 1947)
- (9) V. L. Heeren et al.: Electronics 20—4 p. 124 (Apr., 1947)
- (10) J. T. Mengel: TAIEE 70, p. 599
- (11) N. R. Best: Electronics 23—4, p. 82 (Apr., 1950)
- (12) D. G. Mazur: Electronics 27—11, p. 165 (Nov., 1954)
- (13) N. R. Best et. al.: NRL Report, 4016 (1952)
- (14) H. E. Newell: High Altitude Rocket Research, New York, 1953

