

ドバップトランスポンダ

牧野 健一・山中 恒夫・水野 英

1. まえがき

ドバップトランスポンダはロケットに搭載して地上からの電波を受信し、増幅してこの周波数を2倍にして再び地上に送り返す装置である。別項で述べるとおり地上ではロケットよりの返信波と地上送信機よりの直接波とを混合して両者の周波数の差すなわち Doppler 周波数を測定記録してロケットの瞬時速度・位置を算出する。

DOVAP はカッパロケット開発当初から計画されていたが、諸種の事情によって最初 K-7 型 2号に搭載され、その後 8D 型、6H-1 号、8 型 5・6・7 号機の実験に参加して所期の成果を得たのでここにトランスポンダの概略を報告する。

2. 性能

トランスポンダは系統図に示すとおり地上からの信号を受信して増幅する部分と周波数を2通倍するいわゆるダブラーとさらにこれを増幅し地上に返信する部分および電源部と空中線より成り、その性能はおおむね次の基準によって決定した。

(1) 所要受信感度 (受信周波数 39.95 Mc)

地上送信機出力	47 dbm
地上送信アンテナ利得	5 db
Cable loss	0.4 db
伝播損失 100 km として	101 db
ロケットアンテナ利得	-15 db
したがってトランスポンダ入力	-64.4 dbm

(2) 所要送信出力 (送信周波数 79.9 Mc)

地上受信アンテナ利得	5 db
Cable loss	0.4 db
伝播損失	107 db
地上受信機 Band 幅	1 kc
N. F	10 db
S/N	15 db
最小入力	-112 dbm

したがってロケットアンテナの利得を -15 db とするとトランスポンダ出力は 5.4 dbm である。

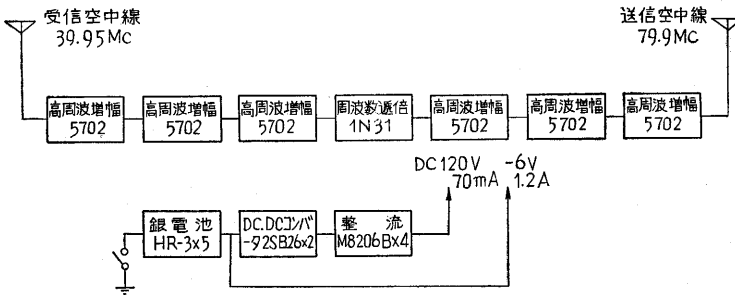
今までの実験に使用したトランスポンダの主要性能を第 1 表に示した。SS-1472C は K-7 型 1号・8D型に搭載した試験の結果に基づいて改良を加え一応 150φ ロケット用の標準型を目途としたもので 6H 型 1号機に搭載して高度約 86 km 約 240 秒の全航程について着水までの測定に成功した。SS-1472D は 420φ 用として製造したものである。

3. 回路

トランスポンダの回路は前述のとおり 39.95 Mc の増幅部・通倍部および 79.9 Mc 増幅部より成る極めて普通の回路であるので以下二三の問題についてのみ述べる。

使用する真空管については、ロケットが発射される前に陰極が十分加熱される時間をとることができる点と、電源に HR 型の電池を使用して 6V~7.5 V が容易に得られる点から傍熱管 5702 WA, 5902 を採用した。B 電源は大いさ・重量の点からトランジスタによる DC-DC コンバータを用いた。

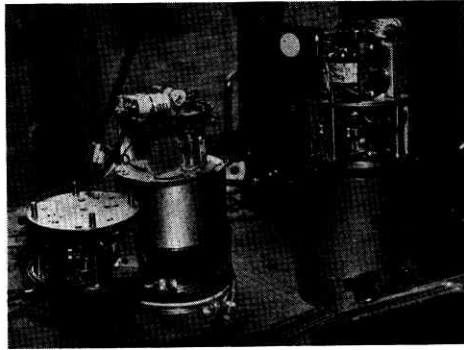
SS-1472B では 40 Mc 側 5702 WA 2 段増幅、同じく 5702 WA による通倍の後 80 Mc 増幅 5702 WA 1 段と



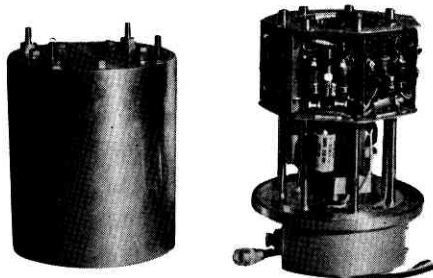
第 1 図 ドバップトランスポンダ系統図

第 1 表 ドバップトランスポンダ性能

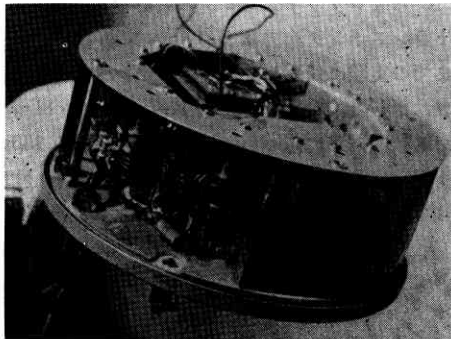
形番号	SS-1472B	SS-1472C	SS-1472D
搭載ロケット	K-7-1, K-8D	K-6H-1	K-8-5, K-8-6, K-8-7
発射年月日	59.11.18 : 60.3.28	60.9.26	61.3.26 : 61.4.18 : 61.7.21
39.95Mc増幅	5702WA×2	5702WA×3	5702WA×4
使用真空管通倍	5702WA	1N31	1N31
79.9 Mc 増幅	5702WA	5702WA×2	5702WA×2
電力増幅	5902	5702WA	5702WA
定格出力	2W	0.2W	0.2W
電源電池	HR-3×5	HR-3×5	HR-1×5
所要電流	7A	3.3A	3A
外形寸法	110φ×155	146φ×220	208φ×122
全備重量	3.2 kg	2.6 kg	2.6 kg



第2図 SS-1472B (K-7型1号および8Dに搭載)



第3図 SS-1472C (K-6H型1号に搭載)



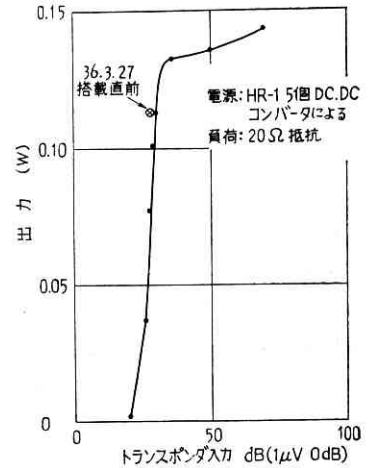
第4図 SS-1472D (K-8型5,6,7号に搭載)

し出力段は 5902 で出力約 2W である。8D 型の実験で 40 Mc 側の感度不足、ことにダブラーの特性が不適當であることが判ったのでこれを改良した。真空管ダブラーのように非直線部を使うダブラーはある入力以下では出力が急速に減少するのでフィギャ・オブ・メリットの高いゲルマニウムダイオード 1N31 を使用しさらに 40 Mc 側の増幅を 3 段として入力側の感度を上げ、そのかわり出力を 0.2 W に減らし、その分は地上受信機の改善で補うことにした。この結果 threshold は約 20 db 改善され電源消費も少なくなった。

次にトランスポンダ入力はランチャー上あるいは発射直後では threshold に比べて極めて大きくなるので AVC を付してダイオードを保護した。

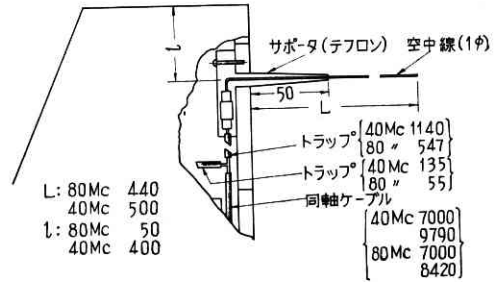
ロケットの空中線については別に報告されるが、いずれの場合も尾翼に取り付けられた逆 L 型のアンテナを使用した。相対する一対を受信用に、一対を送信用としそ

のおのおは逆相に饋電する。したがってトランスポンダ出力端不平衡回路に対する平衡、不平衡変換回路、整合回路、遅延回路を必要とする。7 型 1 号および 8 D 型では空中線の根元で整合を行ない直列、並列の



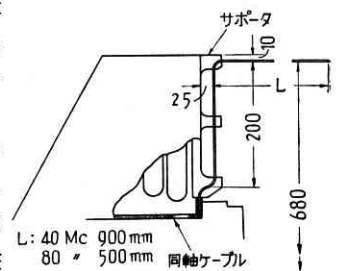
第5図 トランスポンダ出力特性

の空間に收容し、一方のケーブルを他のケーブルより $\lambda/2$ 長くして逆相とした。 $\lambda/2$ のケーブルはトランスポンダの外側に巻いてロケット内に收容した。6 H 型では尾翼が薄くなってトラップを收容できないし、 $\lambda/2$ のケー

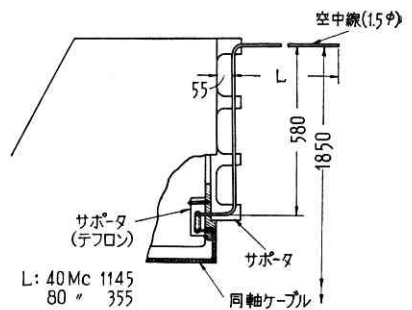


第6図 K-8D 空中線略図

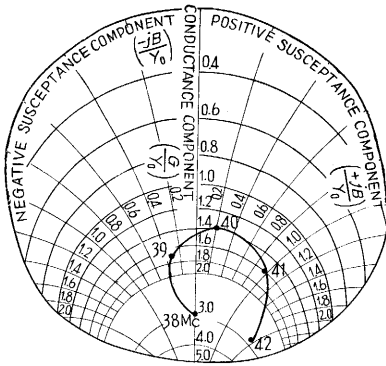
ブルをロケット内に容れるスペースがとれないため受信側はトランスポンダ入力端でパイフラコイルと固定コンデンサで整合を行なった。8 型 5 号以降も同様の方法によった。整合は実物大の尾翼と尾翼筒の模形を作り、あらかじめトラップの調整、ケーブルの長さの決定をして最後に実際の尾翼に取り付け再調整を行なった。



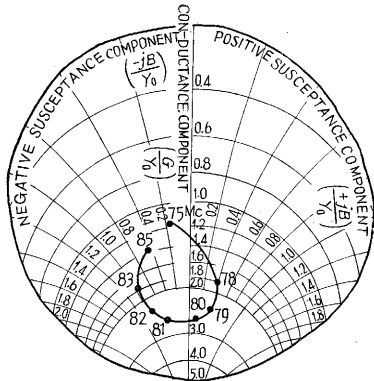
第7図 K-6H 空中線略図



第8図 K-8型6号空中線略図



第 9.1 図 K-8 受信空中線周波数特性



第 9.2 図 K-8 送信空中線周波数特性
HR-1 型電池で十分であった。

4. 構造

ロケット搭載機器は小型・軽量・取扱調整が容易であるばかりでなく相当苛酷な条件下に使用されることを予想しなければならない。

150 用は無線部と電源部を軸方向に積み重ね、420 φ 用は電源部を中心にしてその周囲に無線部を配置した。無線部、電源部ともにケースの蓋に取り付け、強度は筐体で保たせることにした。なお蓋とケースの嵌合部はゴムパッキンを使用しケーブル引出口は O リングを入れ、また蓋には空気栓を取り付け必要に応じて気密試験ができるようにした。0.1 mmHg に 10 分以上放置して異常を認めないという要求性能はもちろん十分満足している。

軸方向の衝撃加速度とロケットの振動に対しては、真空管その他の部品を軸方向に並行に取り付け配線を極力短くしてロケットの振動に共振する部分のないよう注意した。発射前の衝撃試験で特性の変化はまったく認められなかったし、飛しよう中振動による障害と考えられる現象は認められなかった。

次に K-7 型・8 型ともにトランスポンダとロケットの内壁との間には相当大きい間隙ができるので、温度上昇

ロケットに搭載する電源は現在のところ小型にして大電流の得られる HR 型酸化銀電池にしくはない。B 電源もまた小型軽量高能率の点でトランジスタによる DC-DC コンバータが用いられるが、初めの間はコンバータの能率が悪く A 電源と合わせて約 7 A の電流を必要とした。6H 以降は所要電流は約 3 A となり、

はトランスポンダ自身の温度上昇が支配的である。6H の場合はトランスポンダの外側にグラスウールを厚さ約 2mm 巻いて熱しゅ蔽とした。アンテナやケーブルのようにロケットの外側に出るものは当然耐熱性のものを使用した。同軸ケーブルは銅クラッドピアノ線を芯線とするテフロンケーブルでグラスウール編組である。なお特性インピーダンスは 50 Ω, RG-58/U 相当である。アンテナ取付部絶縁物はすべてテフロンを使用しケーブルとアンテナの接続は銀ろう付けとした。

トランスポンダはロケットに搭載してから試験のために電源の ON・OFF を行なう。したがってスイッチを外部から操作できるようマイクロスイッチとマイクロモータをトランスポンダに組み込んでおき、外部電源で駆動した。ロケットは発射のときリード線を切断して飛ばすようする。

5. 今後の問題

ロケット搭載用機器として小型軽量化は一つの課題であってその一方策は機器のトランジスタ化であろう。現在の周波数、出力とすれば 40 Mc 側はもちろん 80 Mc 側もさして困難ではないと考えられる。トランジスタ化によって DC-DC コンバータも不要になり、電源消費の減少とあまって、外形寸法は数分の一重量は約 1/10 程度になることが予想される。

次にトランスポンダが周波数を通倍する場合前述の通り非直線部をダブラーとして利用しているので、ある入力レベル以下では急速に出力を減少する点、超遠距離の標定用としては若干の不利を認められる。近年人工衛星の測定用として注目を浴びている One way 方式の送信機がそういう意味で今のトランスポンダに代わる一つの方向として考えられるべきであろう。

6. あとがき

以上簡単にドバップトランスポンダの概略を述べた。多くの問題点はあるが数次の実験によってトランスポンダを考える幾多の技術的資料を求めることができた。設計・製造・試験にわたってご懇切なご指導をいただいた高木教授・斎藤教授・野村助教授・長谷部氏・高申氏その他関係各位に厚く御礼申し上げます。

(1961 年 8 月 14 日受理)

引用文献

- 1) カップロケットの DOVAP 実験について、航空電子機器研究専門委員会資料、1961.2.27
- 2) 黒川・野村：カップロケットのエレクトロニクスについて、同上、1959.4.27