

UDC 629. 19  
621. 398

# 航空宇宙技術研究所資料

TM-77

テレメータ電波の偏波面の回転を利用した  
ロケットのスピン測定について

田畑浄治・桜井善雄・三浦雅男

1966年3月

航空宇宙技術研究所

既 刊 資 料

TM- 1	高マッハ数風洞について (I)	1961年11月	平橋 一登, 清水 福寿
TM- 2	航空技術研究所計数型電子計算機設備 プログラムライブラリー (I)	1962年 2 月	木本 一雄, 戸川 隼人 橋口好美, 高橋 利之 三能鳥良秀, 板垣 芳保 長洲 三夫, 佐田 幸雄 細川 巖登, 井上 政一郎 橋本 和為, 山根 皓三 竹内 池田 為治, 坂元 思無
TM- 4	18cm×20cm 超音速風洞について	1962年 5 月	
TM- 5	遷音速流の線型理論	1962年 8 月	
TM- 6	18cm×18cm 遷音速風洞整備試験	1962年 8 月	
TM- 7	慣性力形疲労試験機	1962年 8 月	
TM- 8	アルミ合金の前歴が疲れ寿命におよぼ す実験的研究	1962年 9 月	
TM- 9	方向性次元解析と相似解に関する覚書	1963年 2 月	甲藤 好郎, 小出 勉
TM-10	DATATRON 205 用 ALGOL 58 使用法について	1963年 2 月	高橋 利之
TM-11	光弾性による高速車盤の縞模様	1963年 2 月	永井 文雄
TM-12	コーティングの断熱効果に関する実験	1963年 3 月	竹中 幸彦, 小川 鉦一 林 洋一
TM-13	遷音速における 45° 後退角翼の予備的 フラッタ実験	1963年 3 月	中井 映一, 小原 瑛 井 三郎
TM-14	変断面片持梁固有振動数の一計算方法 について	1963年 3 月	中井 映一, 小原 瑛 島海 良三, 安藤 泰勝 中井 俊一, 橋爪 宏登 高木 朗, 橋本 正昭 鳥崎 忠夫, 藤松 一
TM-16	フラッタ試験設備測定部変換ノズルの 予備試験	1963年 4 月	
TM-17	VTOL 機用 Jet Lift Engine に関す る一考察	1963年 6 月	
TM-18	ヘリコプター振動のパワースペクトル 解析	1963年 6 月	
TM-19	吹出式超音速風洞による実験データの 処理方式について (I)	1963年 6 月	新井 忠, 原 亘利
TM-20	1m×1m 吹出式超音速風洞における AGARD 標準模型 B の三分力試験	1963年 7 月	高木 廣治, 谷 喬 齋藤 秀夫, 新井 忠 竹内 和之, 飯田 宗四郎 北谷 勇, 中井 治夫 永高 文利
TM-21	国産中型輸送機 YS-11 主翼疲労試験 (第 I 報)	1963年 9 月	
TM-24	円輪と薄肉円筒の回転強度の関係	1963年11月	
TM-25	DATATRON 205 用 ALGOL 58 の Procedures ライブラリー	1964年 1 月	
TM-26	吹出式風洞の圧力制御 (フラッタ試験 設備の場合)	1964年 1 月	橋爪 宏, 中井 映一
TM-28	一段式観測ロケットの超音速風洞試験	1964年 1 月	谷 喬, 原 亘利 柳原 盛三, 外立 政隆 中井 映一, 橋爪 宏 安藤 泰勝, 高木 俊朗 小橋 安次郎, 宮 沢 政文
TM-29	遷音速フラッタ試験設備の改造および 整備試験	1964年 2 月	
TM-30	二段式ロケット飛しょう体の揚力およ び圧力中心推定法	1964年 3 月	
TM-31	亜音速ジェット輸送機の遷音速風洞に おける試験	1964年 3 月	河崎 俊夫, 竹内 理
TM-32	遷音速風洞の防音	1964年 4 月	牛田 健二, 高橋 宏 榎並 敬之, 山本 稀義
TM-33	非定常境界層の遷移の研究に使用され た定温度型熱線風速計について	1964年 4 月	
TM-34	極超音速風洞ノズルの境界層補正につ いて	1964年 5 月	長洲 秀夫
TM-37	気体の不完全性を考慮した極超音速風 洞ノズルの設計計算法	1964年 5 月	毛利 浩
TM-38	AGARD-A 標準模型の超音速三分力 試験	1964年 6 月	高木 廣治, 齋藤 秀夫 石原 久蔵 石井 孝雄
TM-39	相似極超音速流におかれた半球面上の 境界層の遷移に及ぼす粗さと冷却の 結合影響	1964年 7 月	
TM-40	国産中型輸送機 YS-11 胴体疲労試験 (I)	1964年 9 月	竹内 和之, 川島 矩郎
TM-41	抵抗線歪ゲージのゲージ率測定	1964年10月	田畑 浄治, 大坪 孔治 瀧沢 昌次, 田寺 木一 古関 日出夫
TM-42	実在着氷条件の測定について	1964年10月	
TM-44	高負荷燃焼器 (アニューラ模型) の実験 結果	1964年12月	塚貞吉, 鈴木 邦男 大松 本宏, 石井 浅五郎 本木 内強, 山枝 国雅 竹内 和之, 藤岡 枝一 幸尾 治朗
TM-46	翼洞結合金具の疲労特性	1964年12月	
TM-47	ローター後流中のヘリコプター胴体の 抵抗について	1965年 1 月	

# テレメータ電波の偏波面の回転を利用した ロケットのスピン測定について\*

田畑浄治\*\* 桜井善雄\*\* 三浦雅男\*\*

## 1. ま え が き

電波とアンテナに関する一つの性質として次のことがある。直線偏波用のアンテナ（たとえばダブレットアンテナ）で直線偏波の電波を受信するとき、電波の偏波面とアンテナの偏波面の交わる角度によって受信電力は変化し、両偏波面が一致したときに受信電力は最大となり、直交したときに最小となる。

ロケットが直線偏波の電波を送信しつつスピンをすると、送信電波の偏波面が回転するので、これにより受信電力が変化するような位置に受信アンテナを置けば、受信電力はロケット1回転につき最大、最小を各2回有する連続的な変化を生じ、スピン回転数の2倍の周波数の正弦波で振幅変調された電波を受信するのと同じことになる。したがってその変調波を検出すればスピンの回転数が求められる。用いる電波としては、ロケットより発するテレメータの電波が、その送信アンテナの形式より直線偏波となっているので、これをそのまま利用することができる。この原理を用いて当所のロケットについてスピン測定を行なったので、試作した測定装置および測定結果について報告する。

## 2. スピン信号と雑音

測定原理からわかるように、この測定法では、受信アンテナ上に生ずる電界の変化のうち、測定帯域内のものはすべて出力として現われる。したがってスピンによらない電界の変化や、スピンによって生じてスピン回転数と明確な関係のない電界の変化は、すべて雑音になるわけである。これらの雑音の原因になるものとしては、およそ次のものが考えられる。

### (1) 送信アンテナの指向性

送信側の指向性が強いと、ロケットがスピンしなくても、姿勢の変化が受信点の電界の変化を招

---

\* 昭和41年3月2日受付

\*\* 計測部

く。またスピンした場合に、スピンと電界変化の関係が明確でなくなる恐れがある。したがって送信アンテナは無指向性に近いほど良い。

### (2) 受信アンテナの指向性

(1)と同様の理由である。この場合はロケットの位置の変化が電界の変化となる。

### (3) 送受信間の直線距離の急激な変化

たとえばロケットの発射直後など。

### (4) 送受信間の空間および周囲状況の急激な変化

雲・雨などによる電波の減衰量の変化とか、発射前後や低高度になったときなどに生ずる電波の反射状態の変化など。

### (5) 妨害電波

以上のうち、実際にはスピンの性質から考えて、周期的でない出力波形は判別しやすいが、周期的な出力波形はそのままではスピンと区別しがたい場合がある。この周期的な雑音の原因は、上記の(1)および(4)のうちの海面反射であろう。(1)については、送信アンテナの指向性が二つ以上のローブを持つ場合にその影響が現われると、スピンによって得られる信号の周期は、前述のロケット1回転につき2周期という関係以外の関係を持つようになり、スピン周期を判別しがたくする。海面反射によって生ずる電界の変化は、電波の波長およびロケット・海面・受信点間の距離の変化によるもので、ロケットのスピンとは無関係の雑音となる。これらの雑音と真のスピン信号の区別は、送受信アンテナの指向性、信号の前後の関係、電界強度などを参照したり、ロケットの飛しょう径路、速度、テレメータ測定データなどとの相関性を調べたりすることによって判断するはかばかではない。

## 3. 測定装置

この装置は受信アンテナ・受信機および記録器よりなり、アンテナと受信機は試作し、記録器は既製のペンレコーダを使用した。受信アンテナと受信機について設計・製作上の要点となったことを次に述べる。

### 3.1 受信アンテナ

要求される条件

- (a) 電氣的には、偏波面の角度の変化による利得変化が大きいこと。
- (b) 構造的には可搬型のこと、方位角・仰角を手動で連続的に動かせること、強風に耐えることなど。

利得および指向性については、アンテナの種類と大きさの要求がその範囲を決めてしまう。ここでは八木アンテナで可搬型という条件の中で、できるかぎり一方向に強い指向性をもたせた。アン

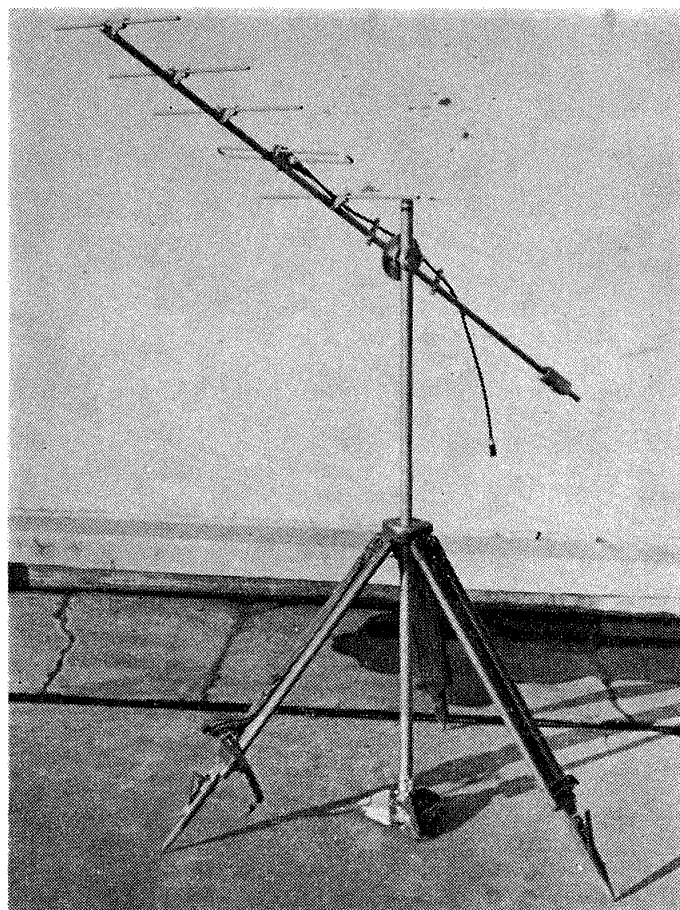


図1 スピン測定用受信アンテナ

テナの外観を図1に示す。

#### 性能

- (i) 形式：八木アンテナ 5素子
- (ii) 周波数：270~280 Mc
- (iii) インピーダンス：50Ωに対して SWR 1.5 以下
- (iv) ビーム幅：60°
- (v) 利得：電界で約 9 dB
- (vi) 偏波面変化による最大利得と最小利得の差：電界で約 20dB

### 3.2 受信機

受信機はAMのスーパーヘテロダイン方式である。図2に外観，図3にブロック図，図4に回路図を示す。

電氣的性能と設計・製作上考慮した点を次に述べる。

#### (1) 搬送周波数

テレメータ用電波で 270 Mc 帯の1波

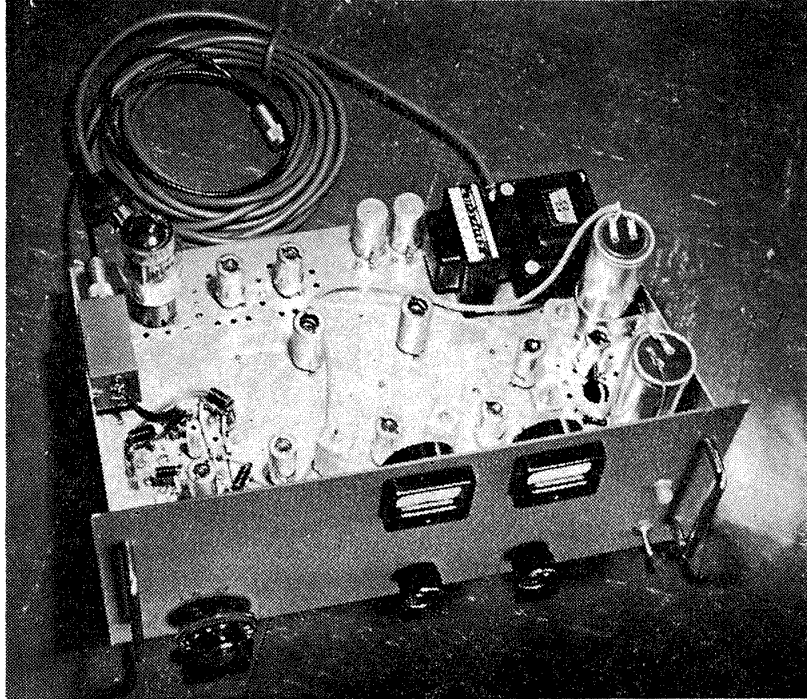


図2 スピン測定受信機外観

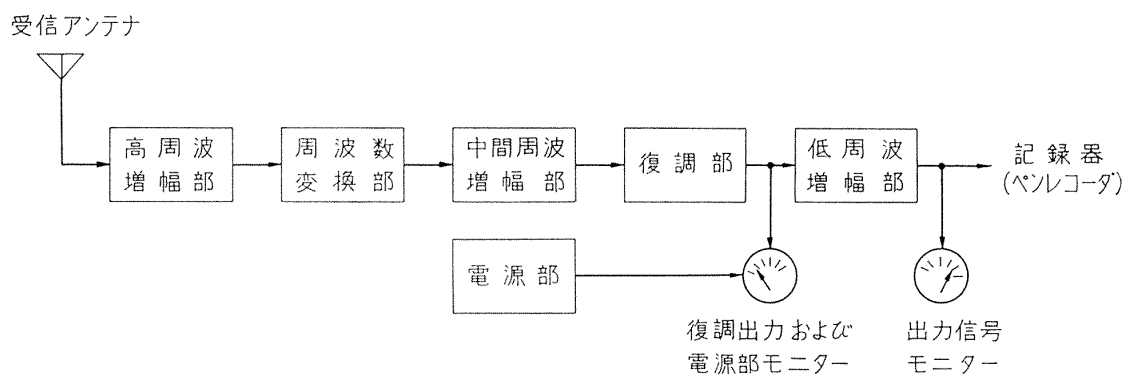


図3 スピン測定受信機ブロック図

## (2) 中間周波数

中間周波帯域を考慮して約 24 Mc

## (3) 中間周波帯域

搬送波が自励発振の場合、周波数変動があることを考慮して約 2.4 Mc

## (4) 利得調整

この受信機で扱う信号は、必ずしも直線増幅を行なう必要はなく、過大入力によりある程度の歪を生じて、波形の最大・最小がわかる範囲内であればさしつかえない。もちろん信号が矩形波になるような極端な場合は、前述のロープの影響などが判別しがたくなるので良くない。一方スピン信号に対しては、中間周波増幅部などにAGCをかけることは望ましくない。したがってAGCは行なわず、ただ手動の利得調整を中間周波増幅部のバイアス電圧によって行なうこととした。これ

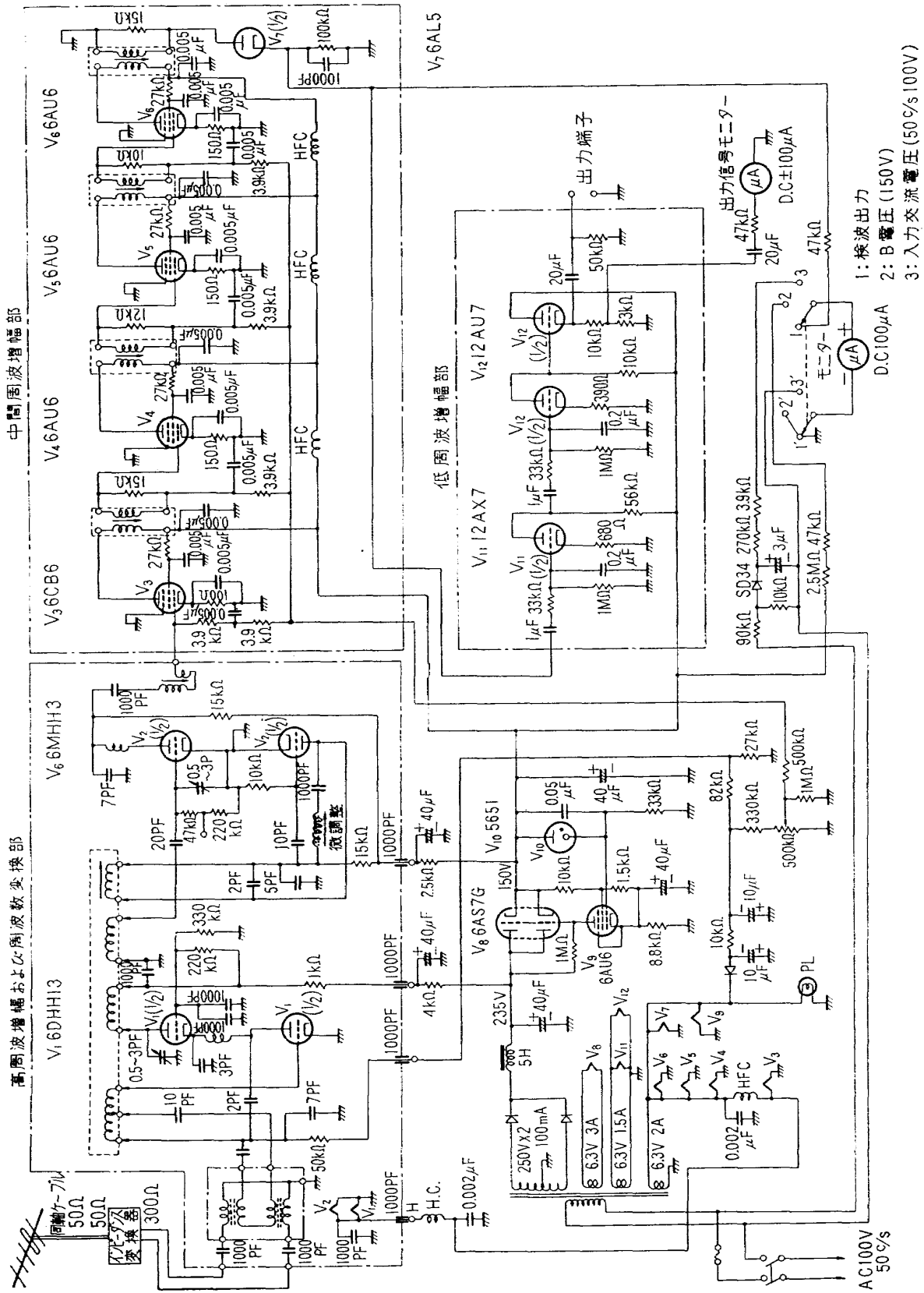


図4 スピンの測定受信機回路図

は一般にロケットの発射直後では送受信間の距離の変化が大きく、受信レベルの変化範囲が大きいゆえ必要である。

#### (5) 低周波増幅

この装置では 0.1~10 rps のスピンを測定することにし、したがって 0.2~20 c/s の周波数帯域をもつ交流増幅器とした。図 5 にこの増幅器の周波数特性を示すが、必要帯域外で急激な減衰特性をもたせたのは S/N を良くするためである。利得は 2 c/s で約 34 dB である。交流増幅器にし

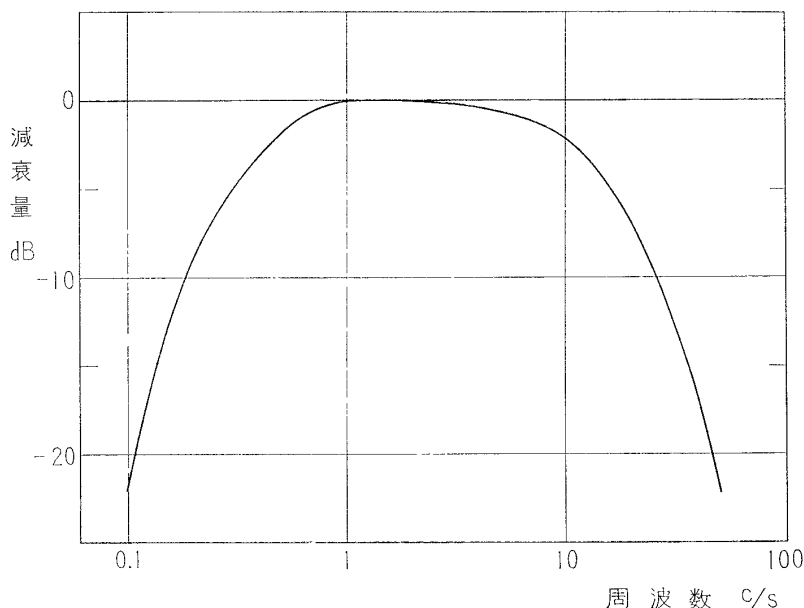


図 5 低周波増幅部の周波数特性

た理由は、装置が簡単になることと、AGCのないAM復調信号はレベル変化の大きいDC分を含むゆえ、これを直接直流増幅器の初段に加えるのは不適當であることによる。

## 4. 測定結果

この装置を用いて当所で打上げたロケット、HM16-I T型およびNAL-16TR 2号機についてスピンの測定を行なった。これらのロケットの要目は表1のとおりである。またとくにスピン測定に関係するものとして、送信アンテナ指向特性の1例を図6に示す。

表1 スピンを測定したロケットの要目

	HM-16-I T	NAL-16TR 2号機
全長	3,600 mm	3,880 mm
外径	165 mm	165 mm
全重量	117.6 kg	119.4 kg
最高高度	38 km	47.8 km
水平距離	42 km	42.3 km
飛しょう時間	195 sec	195 sec



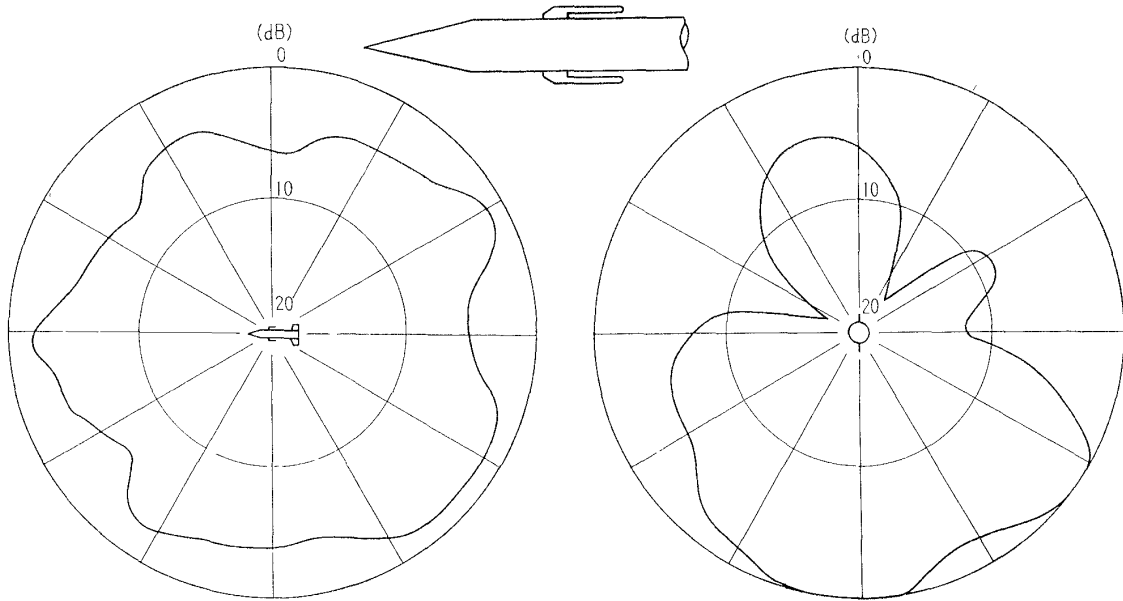


図6 NAL-16TR型ロケットの送信アンテナパターン

測定

発射後の数秒間は、送受信間の距離の変化による受信電界の変化が非常に大きいため、スピンの存在しても検知するのが困難である。またこの間に受信機の利得を手動で調整する必要がある。すなわち発射前に近距離受信のためしぼっておいた利得を、発射後数秒間の入力減少に合わせて増大させ、ついには最大利得にして保持しなければならない。

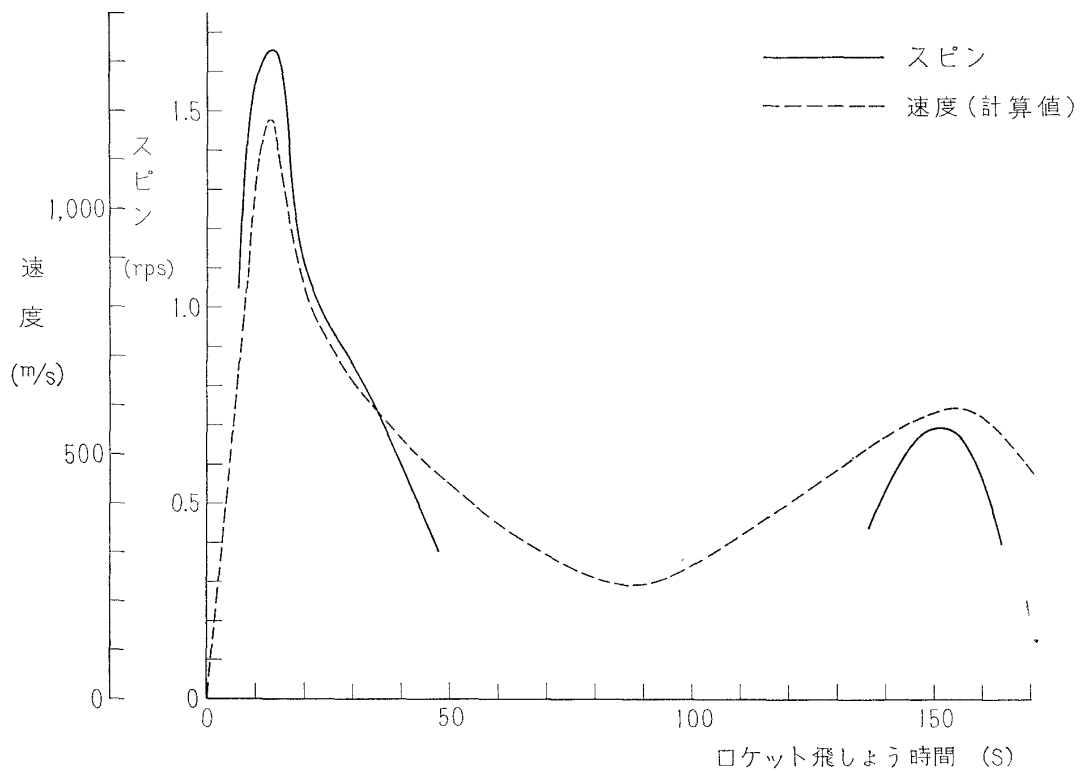


図8 HM16-ITのスピンデータ

発射後7～8秒経過すると受信点の電界強度の変化が小さくなり、測定できる状態となる。図7はNAL-16TR2号機について測定中の復調信号の波形、図8、9はこのような記録より求めたスピンのデータである。

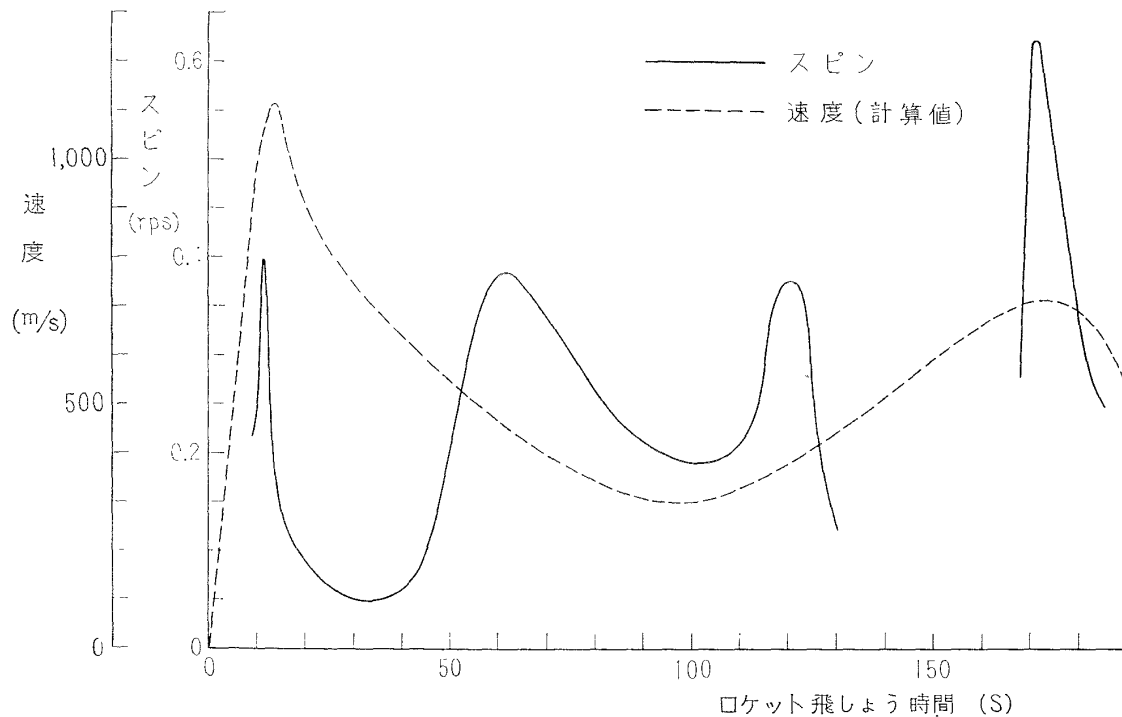


図9 NAL-16TR-2号機のスピンのデータ

さて得られたデータが実際にスピンであるか否かを検討する必要がある。たとえばNAL-16TR2号機の測定について調べてみると、図7は同機の発射後50秒前後の復調信号であるが

(a) この波形は比較的きれいな正弦波状で、図6に示した送信側アンテナパターンのローブにより生じたものとは思えない。

(b) 図7より求めたスピンのデータ(図9)によれば、この正弦波の周期はロケットの速度(計算値)と明らかな相関がある。

以上の2点から、得られた波形はロケットのスピンを示すといえることができる。波形の周期とスピンの回転数との関係は、ローブの影響がないので2周期が1回転である。

落下時、高度が低くなってからの受信アンテナに対するロケットの姿勢は、この測定法に有利でなく、海面反射の影響が生じた場合はますます不利になる。つまりロケットの飛しょうが正常であれば、この間ロケットは受信アンテナに対して側面を向けることになり、この状態でスピンした場合、受信点で電波の偏波面が必ずしも回転するとはかぎらない。また送信アンテナ指向性の影響も強く受けるようになり、スピン測定が困難になる。図10はNAL-16TR2号機の着水直前の復調信号である。この波形の変化のうち、大きい周期の間にあるいくつかの山や谷は、送信アンテナの

指向性によって生じたものと考えられる。それは図6に示したロケット機軸まわりの指向性と対応させると推察できる。大きい周期は、偏波面の回転によるものか、または指向性によるものかの区別ができない。したがってこの状態では、もはやスピン周期を判別することは困難である。

## 5. 結 論

以上のように、簡単な原理・装置によって実際のロケットのスピン回転数を測定し、実用性を確かめることができた。この方式の特徴として次のことが上げられる。

### 利 点

- (a) 直線偏波で、振幅変調などしていない搬送波があれば、その電波をそのまま利用することができる。
- (b) 利用する電波の本来の通信系と、完全に独立していて干渉がない。
- (c) ロケット側になんら特別な装置を必要としない。
- (d) ロケットの上昇時のように条件の良い状態では非常に明りょうにデータが得られる。
- (e) 受信装置が簡単で安価である。

### 欠 点

- (a) ロケットの姿勢および送信側の電波の指向性が、測定の成否を大きく左右する。
- (b) 一般に発射直後、着水直前は測定が困難である。
- (c) 測定装置1台のみではスピン方向を求めることはできない。

<p>NAL TM-77 航空宇宙技術研究所 テレメータ電波の偏波面の回転を利用したロケットのスピニング測定について 1966年3月 9ページ</p> <p>ロケットのテレメータ送信電波の偏波面の回転を測定することによって、機体のスピニングを求めめる装置を製作して、実際のロケットの飛行試験に応用した。ロケットの発射直後、および着水付近を除いて、良好な測定結果が得られ実用可能なことを確認した。この方式は、きわめて簡易で、機体に特別な装置を搭載する必要がないことが利点である。</p>	<p>I. 田畑 浄 治 桜井 善 雄 三浦 雅 男 II. NAL TM-77 III. 629. 19 621. 398</p>	<p>NAL TM-77 航空宇宙技術研究所 テレメータ電波の偏波面の回転を利用したロケットのスピニング測定について 1966年3月 9ページ</p> <p>ロケットのテレメータ送信電波の偏波面の回転を測定することによって、機体のスピニングを求めめる装置を製作して、実際のロケットの飛行試験に応用した。ロケットの発射直後、および着水付近を除いて、良好な測定結果が得られ実用可能なことを確認した。この方式は、きわめて簡易で、機体に特別な装置を搭載する必要がないことが利点である。</p>	<p>I. 田畑 浄 治 桜井 善 雄 三浦 雅 男 II. NAL TM-77 III. 629. 19 621. 398</p>
<p>NAL TM-77 航空宇宙技術研究所 テレメータ電波の偏波面の回転を利用したロケットのスピニング測定について 1966年3月 9ページ</p> <p>ロケットのテレメータ送信電波の偏波面の回転を測定することによって、機体のスピニングを求めめる装置を製作して、実際のロケットの飛行試験に応用した。ロケットの発射直後、および着水付近を除いて、良好な測定結果が得られ実用可能なことを確認した。この方式は、きわめて簡易で、機体に特別な装置を搭載する必要がないことが利点である。</p>	<p>I. 田畑 浄 治 桜井 善 雄 三浦 雅 男 II. NAL TM-77 III. 629. 19 621. 398</p>	<p>NAL TM-77 航空宇宙技術研究所 テレメータ電波の偏波面の回転を利用したロケットのスピニング測定について 1966年3月 9ページ</p> <p>ロケットのテレメータ送信電波の偏波面の回転を測定することによって、機体のスピニングを求めめる装置を製作して、実際のロケットの飛行試験に応用した。ロケットの発射直後、および着水付近を除いて、良好な測定結果が得られ実用可能なことを確認した。この方式は、きわめて簡易で、機体に特別な装置を搭載する必要がないことが利点である。</p>	<p>I. 田畑 浄 治 桜井 善 雄 三浦 雅 男 II. NAL TM-77 III. 629. 19 621. 398</p>

TM-48	極超音速風洞用ペブル加熱器の予備実験	1965年2月	平木一, 橋本登 林山二, 吉永崇 山口富, 夫朗 幸尾治, 岡一 照井祐, 鎌田遠 中井映, 之之 井一, 田幸 泉日出, 夫敏 夫夫, 高武 原亘, 利一 板垣芳, 近藤明 雄洋史
TM-49	Queen-Air 機の失速特性について	1965年2月	武藤洋治郎, 池田為治 坂元思無邪, 光山敏 河崎俊夫, 谷雄 喬
TM-50	LS-A 型ロケットの曲げ剛性および振動試験について	1965年5月	石田誠, 河野哲雄
TM-51	超音速風洞空力データ表示記録装置	1965年5月	曾我国男
TM-53	ベクトルのノルムと行列のノルム —数値解法の収束条件その他への応用—	1965年5月	齋藤秀夫, 木村友昭 近藤博, 増田惣平
TM-54	熱衝撃試験用風洞整備試験	1965年5月	原亘利, 高島一明 関根英, 夫中 戸川保, 子正 末健, 一 塚野雄, 吉 佐野四, 郎 野信, 宏 別府信, 宏 江川幸, 一 飯田宗, 四郎
TM-55	ロケット模型風洞試験における超音速相似則の応用	1965年5月	池田為治, 坂元思無邪 光山敏, 雄 武内澄, 夫 星昌, 二 斎藤昌, 隆 中村浩, 子 機第一部, 計測部 原動機部, 石黒登美子 戸川隼人, 泉日出夫
TM-56	2024-T4 アルミニウム合金平滑丸棒の常温回転曲げ疲労試験	1965年7月	田寺木一, 泉日出夫
TM-57	極超音速における軸対称物体の前面抵抗	1965年7月	武内澄夫, 宮地敏雄 星昌二, 清 斎藤健, 水 牛二, 福 吉永, 崇 小川, 一 鈇一
TM-58	試験用飛しょう体の超音速風洞試験	1965年8月	
TM-59	ジェットリフトエンジン空気取入口の実験 (I)	1965年9月	
TM-60	吹出式超音速風洞における実験データの処理方式について (II)	1965年9月	
TM-61	クインエア機の風洞試験	1965年9月	
TM-62	高温歪ゲージの温度特性試験	1965年10月	
TM-63	2024-T-3アルミニウム合金の有孔補強平板の軸荷重による疲労特性	1965年10月	
TM-64	応力集中による材料の疲れ強さに関する一実験 (I)	1965年10月	
TM-65	ジェットエンジンの翼の固有振動に関する実験	1965年11月	
TM-69	質量分析計による水蒸気を含む試料のガス分析	1965年12月	
TM-71	可動アイアンバードの構造および機能	1965年12月	
TM-72	地上付近の風の影響による小型ロケットの姿勢角変化	1965年12月	
TM-73	固定端を有する薄肉円筒殻の自由振動について	1966年1月	
TM-74	回転振動試験装置の計画, 構造および特性	1966年1月	
TM-75	高マッハ数風洞の消音装置について	1966年2月	
TM-76	コーティングの断熱効果のアナログシミュレーション	1966年2月	

注：欠番は配布先を限定したもの

## 航空宇宙技術研究所資料77号

昭和41年3月発行

発行所 航空宇宙技術研究所  
東京都調布市深大寺町1880  
電話武蔵野三鷹(0422)44-9171(代表)

印刷所 奥村印刷株式会社  
東京都千代田区西神田1-10