

# ベビーT用計器

糸川英夫・吉山 巖・中村 円生・山口 文二・中村 巖

## 1. まえがき

ペンシル・ロケットで目標とされた研究は、ランチング、分散、安定性などであったが、これより一段と大型になり、観測用ロケットとして実用されるはずのカッパへの中間ステップとして計画されたベビー・ロケットは、その飛翔目的によって下の3区分に分けられた。

- (1) ベビーS型 ランチングおよび観測系
- (2) ベビーT型 計器およびテレメータ
- (3) ベビーR型 記録回収法

すなわち、ベビーT型はロケットボーン計測器およびテレメータ技術のいわば手習いとして試作されたものである。ペンシルおよびベビー・ロケットは、いわゆるAVSA計画（ペンシル特集号参照）ではD計画に属し、レンジテストを行うはずのもので、したがってベビー・ロケット設計の当初はペンシルに引きつづき、レンジ内で計器およびテレメータ法の試験を行い、主としてスピニング法による研究が考えられていた。スピニング法とは、ロケットの尾翼に取付角を与えて横揺モーメントを発生させ、スピンの角速度を測定することによって翼の空力的特性を逆算しようとするものである。この場合は翼には種々な翼型、平面形を与えて系統的にしらべ、遷音速および超音速の翼の空力特性を求め、これをA計画による風洞試験と比較検討する。

このためスピン測定が第1に必要で、次に速度、加速度（または減速度）が必要になる。減速度からは抵抗係数が逆算されるはずである。

当初ベビー用スピン計としては、ジャイロ法、光電池と太陽法、電波指向性や音響指向性による方法、遠心加速度法、空力法、音叉法（ジャイロトロン方式）など十数種類があげられ、当時糸川研究室を中心に毎土曜日開かれていた計測器研究会で討議が行われていた。速度計としては通常のピトー管のほかに風車式のものが考えられ、風車の回転数をパルスに変換し、パルス計数を行う方式について研究が進められていた。昭和29年11月から30年1月にわたる期間である。

その後、観測ロケット計画がAVSA計画のすべてに優先することがきまり、既報の通りAVSA計画に修正が行われた際に、高空用ロケット研究のE計画が優先し、水平レンジ法で基礎的な研究を行うD計画がやや第

2次的な性格のものになってきたことと、もう一つ重大なことは、計画されたベビー・ロケットは燃焼中に300m以上を飛翔することが予想されたのに対して、十分な距離のレンジを用意することができないことが明らかになったために、D計画としてのベビーTスピニング法実験は放棄されることになった。

すなわち水平レンジテストは止めて、ベビーは最初から上空に打上げられるE計画に組入れられることになった。さらに研究の目標としてもスピニング法による基礎的研究は昭和31年度にまわし、30年度では観測ロケットに必要な技術の概要をつかむために、Sounding Rocketとしてのテレメータ法に研究の焦点を合わせることになった。

ここにベビー用計器は対象を一変し、種々討議の結果

(1) 速度 (2) 加速度 (3) 圧力 (4) 温度  
の4項目が計器対象としてあげられた。機体としての大きな変更は尾翼取付角は全部0度にセットすることになったことである。後述のように、八木アンテナを使用した場合はかなりよく電波指向性のためにスピンの計測が行われたが、これはむしろ副産物であって計測としての第1次的目標であったわけではない。

速度計としては、数ヶ月にわたる予備実験の結果、風車法よりやはり通常のピトー管法の方がよいという結論を得、あとは圧力を電気量に変換する方法だけを研究すればよいことになる。

加速度計としてはチタン酸バリウムなどにより直接電圧出力を求める方式も考え、実験は行われたが結局採用されたものはmass-spring計のmechanicalなものになった。これも変位の電気量変換法だけが残された問題になる。

圧力測定は速度計にピトー管を用いる以上、静圧そのものの測定になるので圧力計と全く同一の方式でよく、残問題は圧力測定点の決定だけになる。これは玉木教授によって理工研風洞で実験的にきめられた。

最後に温度計測は最初は熱電対の使用を考えていたが、横河電機株式会社友田常務の示唆によりサーミスタを用いることに決定し、大泉製作所製サーミスタを用いた。なお、速度、圧力、加速度の計器部の製作は伊藤精機株式会社によって行われた。

## 2. 変換系の選定

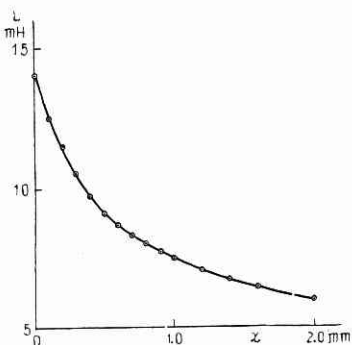
上述の決定により温度計は直接電圧が得られるが、速度、加速度、圧力の 3 量にはいずれも変位量の電気変換系が必要になる。この変換系として可変インダクタンス型と、液体可変抵抗型の二つの研究を行った。

## (1) 可変インダクタンス型

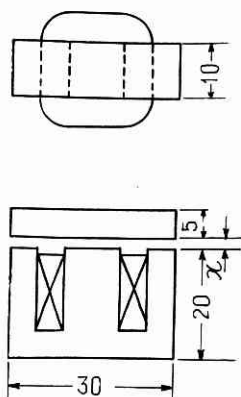
第 1 図に示すような大きさの dust core を試作し、coil を変えて、10 mH と 50 mH の 2 個について実験を行った。その実験の方法は第 2 図に示すように接続し、core の上部の gap を 0.1 mm おきに变化させ、そのおのこの gap での

バルボルの読みが最大になる周波数を探しこの周波数よりその時のインダクタンスを計算した。第 3 図および第 4 図はそれぞれ 10 mH, 50 mH のものの実験結果を示す。

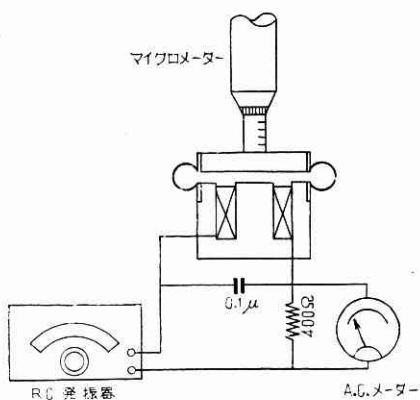
dust core の gap  $x$  を变化させてインダクタンス  $L$  を変え、これにより F.M. を行うとすると、10% の F.M. のためには  $\pm 20\%$  变化させる必要がある。したがって第 4 図より 50 mH のもので gap の変位は 0.4 mm 程度の範囲で  $x$  を変えればよいことになる。第 5 図の写真は第 4 図の結果に基づいて設計試作した加速度計で最大加速度を 50 g におさえてある。なお容器の材質はアクリル樹脂を使用した。



第 3 図



第 1 図

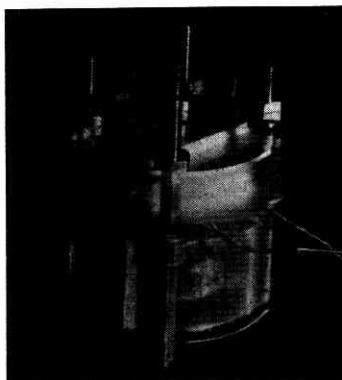


第 2 図

## (2) 液体可変抵抗型

液体可変抵抗型には種々の形式のものが試作されているが、本質的には液体（水、アルコール類）の抵抗をいかなる方法で变化させるかにある。液体の電気抵抗を機械的に变化させる場合、可動片を適当な形にしておけば液体の抵抗を無視（振動周

波数にもよる）することができ、damping も適当に与えることも可能であり、したがって response をかなり良くすることができる特長を持っている。ただ液体を適当に選ばないと直流を使用する場合には電圧が高過ぎると（電極にもよるが）電気分解を起し易く、そのために



第 5 図

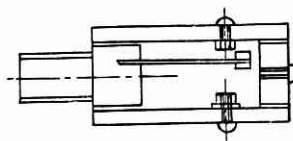
液体可変抵抗器自体から noise が発生し基準点が異なってくる恐れがある。

ベビー・ロケットの性能計算より、最大加速度、最高々度、最高速度はそれぞれ 30 g, 4 km, 340 m/s と推定されていたので、抵抗器の動作

範囲を大体次のように定めてみた。

加速度 0~50 g, 出力電圧 0~5 V DC  
高度 0~5 km, " " "  
速度 0~400 m/s, " " "

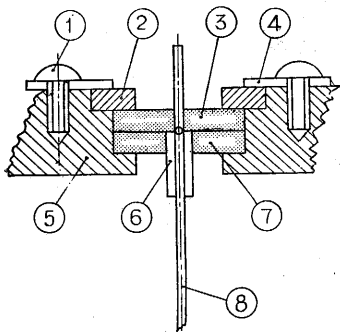
加速度計は“板ばね”の一端を固定し他端におもりを付けて加速度によって撓みを生ずるようにし板ばねと電極間の変位が液体の電気抵抗を变化させると同時に適当に damping を与えることを考慮して第 6 図に示す方式を採用した。



第 6 図

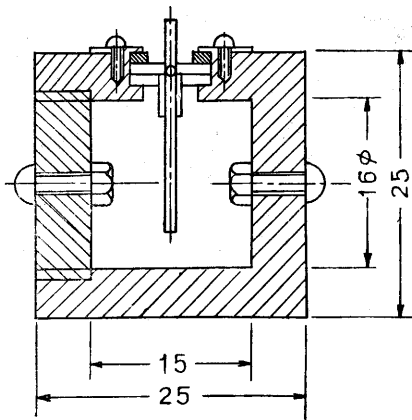
加速度計のように密閉された容器の中で外力によって電極間の抵抗が变化する system ならば問題はないのである。

るが高度、速度用の可変抵抗器ではそれ自体の中に高度、速度による変化装置を密封することは技術的に困難である。したがって抵抗器可動片をいかに取付けるかは計測の成否を左右することになる。可動片の取付部の構造を種々実験した結果第7図に示す方式を採用した。この方式では可動片の取付部よりアルコール類の漏れが無く、また一方の自由度を広く取ることができる。図中①は2φのビス、②はゴム押えのリング、③はゴム板、④は②を押えるためのリング、⑤は抵抗器の外壁、⑥は生ゴムのパイプ、⑦は生ゴムのパイプを接着するためのゴムリング、⑧は可動電極である。第7図に示す可動片方式で第8図に示す流体可変抵抗器を試作し第9図の回路で予備実験を行ってみた。抵抗器に直流電圧を使用すると、電極に電解物（白金電極以外では）が付着して液体の電極間の抵抗が変化することが推察されたので、交流電圧を加えて実験を行うことにした。液体抵抗に“メチルアルコール”を使用したときの結果を第10図

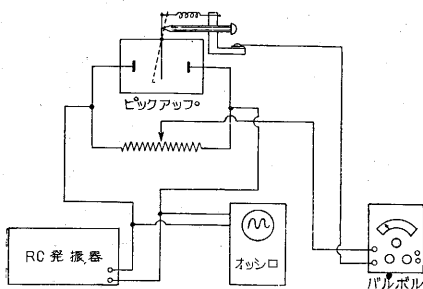


第7図

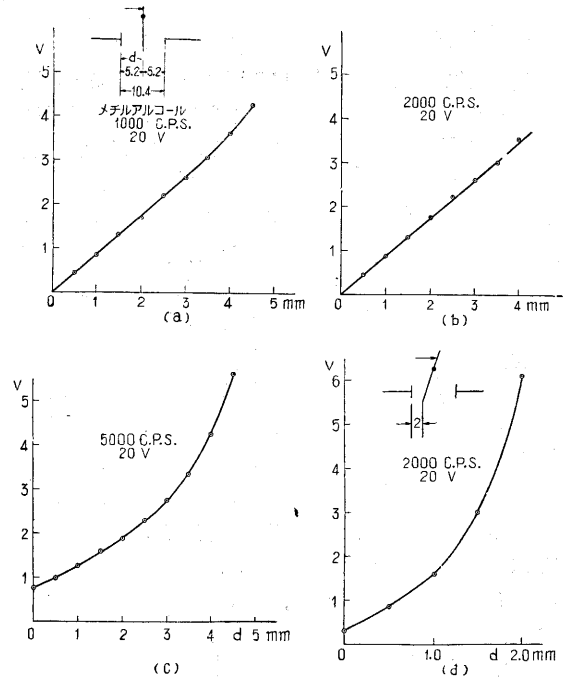
は生ゴムのパイプ、⑦は生ゴムのパイプを接着するためのゴムリング、⑧は可動電極である。第7図に示す可動片方式で第8図に示す流体可変抵抗器を試作し第9図の回路で予備実験を行ってみた。抵抗器に直流電圧を使用すると、電極に電解物（白金電極以外では）が付着して液体の電極間の抵抗が変化することが推察されたので、交流電圧を加えて実験を行うことにした。液体抵抗に“メチルアルコール”を使用したときの結果を第10図



第8図



第9図



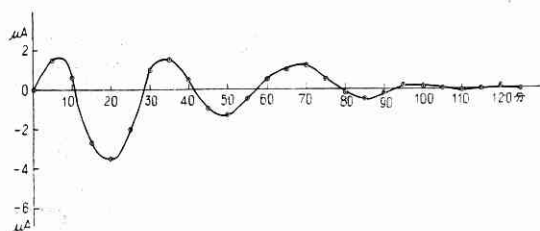
第10図

に示す。電圧は 20 V constant であって (a) 図は 1000 c. p. s., (b) 図は 2000 c. p. s., (c) 図は 5000 c. p. s. であり、(d) 図は可動片を一方の電極から 2 mm のところでブリッジの出力電圧を最少にしたときの実験結果で使用周波数は 2000 c. p. s. である。

### (3) 比較

可変インダクタンス型と液体可変抵抗型とを比較検討してみると、前者では加速度計以外は可動部の dust core に変位を与える場合に dust core の重さが 50gr 位あるので軸方向と、スピンによる半径方向の加速度の影響を受け易い欠点を持っている。また Dust core とダイヤフラムまたは真空タ缶とを組合せる場合には space が比較的大きくなりロケットの規定された部分に収納することができない恐れが多分にある。

液体可変抵抗型では可動片の arm ratio を適当にすれば出力電圧を 0~5V 得ることは容易のように思われる。また軸、半径方向の加速度による影響も（可動部の重さを小さくすることができるので）極めて小さくすることが可能であって、可変抵抗器の可動片の動作範囲を小さくすれば電極間の距離も短くてすみ、したがって全体の寸法を小型にすることができる特長がある。ただ交流電源にする場合には発振器の space をどうするかが問題になってきたので種々研究を進めている間に飛翔実験の予定日が接近してしまったので、液体可変抵抗型を採用して、直流電圧で動作させることにした。予想した通りメチルアルコール、プロピルアルコールでは noise が比較的大きく出るので“ブチルアルコール”を使用し



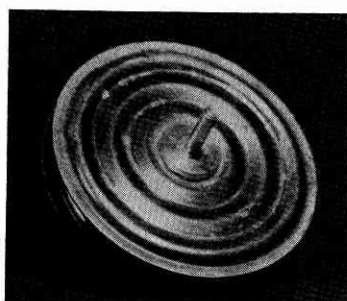
第 11 図

てみたところ第 11 図に示すように時間経るにしたがって安定になるので、ロケット発射 2 時間前に switch on にすれば実用上さし障りのないことが判ったのでこの方法を採用することに決定した。

### 3. 計測器の設計

#### (1) 速度計の設計

ペビー・ロケットの最高速度は全備重量 5 kg で約 400



(a)

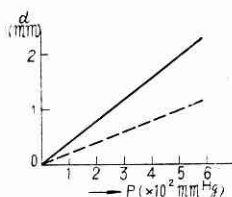


(b)

第 12 図

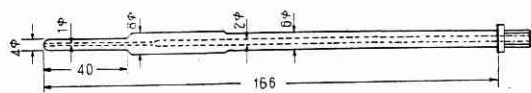
m/s と性能計算より推定されていたので、その速度における total pressure は約 1 気圧となる。圧力の変位変換のために空盒を用いることになったので、空盒の圧力対変位特性は 1 気圧まで直線的であるのを選ばねばならない。空盒の材質は普通は洋銀または磷青銅を使用するのであるが空盒の直径を 43mm (治具の最小径) と決めたので、この径で一気圧まで変位が直線的で 1.5 mm の変位を得ることは困難となり、材質としてベリリウム銅合金を用いた厚さ 0.15 mm の空盒を試作させた。\*第 12 図の写真の (a) は 2 段、(b) は 1 段のもので圧力と変位の特性を第 13 図に示す。また response time 0.02 sec 前後のものを選んで使用することにした。

第 14 図に示すピトー管を第 15 図のように空盒に接続



第 13 図

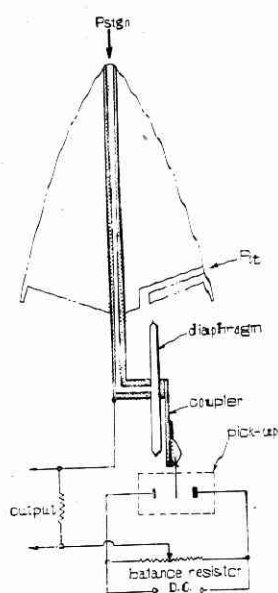
\* 伊藤精機株式会社



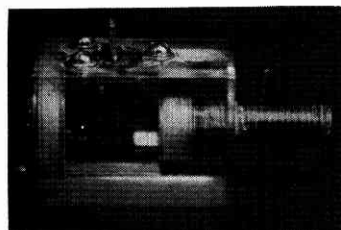
第 14 図

し、ロケットの先端から 72.5mm の所にある直径 2mm の 4 個の静圧孔より静圧を導入して空盒は全圧と静圧の差圧によって変位するようにしてある。この変位が液体可変抵抗器にレバーによって伝えられてロケットの速度に比例した出力電圧を得る system にした。第 16 図の写真は液体可変抵抗器で材質はアクリル樹脂である。特に静圧に他からの圧力変化が入らないように計測室は密閉されている。

第 17 図はペビー T の No. 1 ~ No. 3 に用いられ



第 15 図



第 16 図

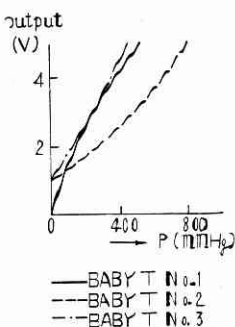
た速度計の空気圧力と出力電圧の曲線である。

#### (2) 高度計の設計

性能計算の結果より最高々度を約 4 km とすれば十分であったので

準状態で 760 mm Hg ~ 460 mmHg の間で直線的に変位する真空々盒を選ばよいことになる。

真空々盒の材質は速度計の空盒と同じで直径 45 mm のものを試作した。\*1 段では、高度 4 km での変位が小さいので 2 段とし、760 mmHg ~ 460 mmHg の間で約 0.8 mm

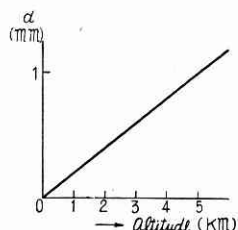


第 17 図

変位させることにした。感度を上げるためには段数をふやせばよいのであるが、space の関係で大きくすることができなかった。第 19 図は第 18 図の真空々盒の高度と変位の特性で response time は約 0.05 sec である。この真空々盒と液体可変抵抗器を第 20 図のように接続

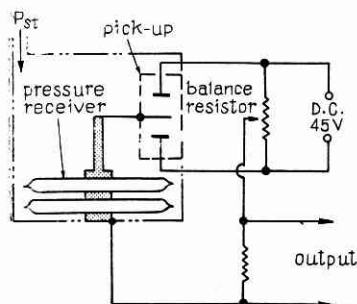


第 18 図



VA 45 15 Fe 2 酸

第 19 図



第 20 図

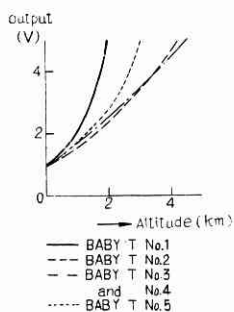


第 21 図

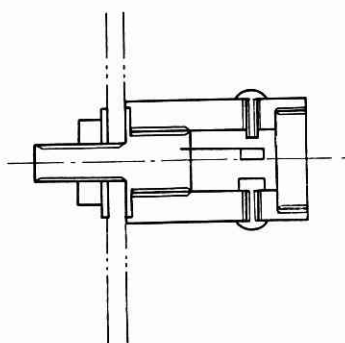
し、加速度がかかる場合（真空タ盒が縮圧）にはブリッジの出力電圧が負になるようにしておき、圧力によって膨脹するときだけ出力電圧が正になるように調整する。このようにすれば加速度による出力電圧の補正を行わなくてもすむ結果になる。第 21 図の写真は高度（静圧）測定用の液体可変抵抗器で、ベビー T の No. 1～No. 5 に用いた高度計の高度と出力電圧の特性曲線を第 22 図に示す。

### (3) 加速度計の設計

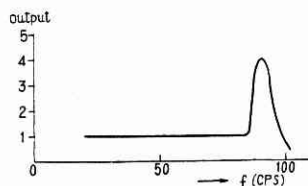
液体可変抵抗器の可動電極をそのまま受感部としたもので第 23 図および第 24 図に示す。ベビー・ロケット



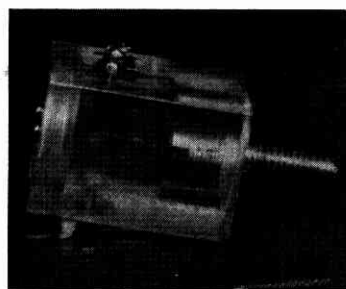
第 22 図



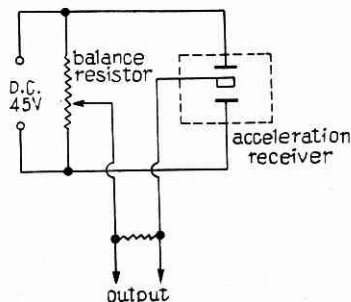
第 24 図



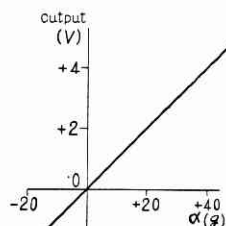
第 26 図



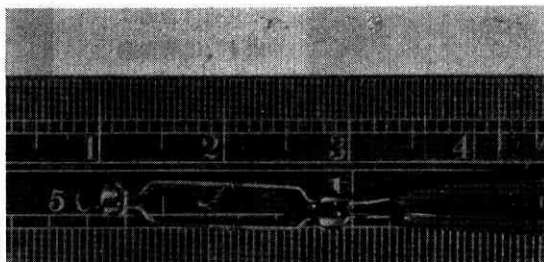
第 23 図



第 25 図



第 27 図

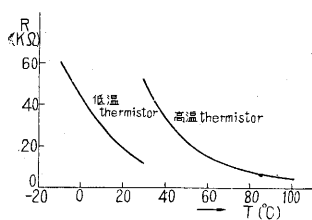


第 28 図

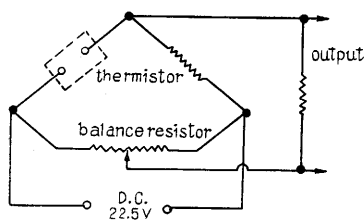
の受ける最大加速度は約 40 g であるので、受感電極は第 24 図のように厚さ 0.1 mm 幅 5 mm の平スプリングと 0.2 gr のマスをつけたものにした。回路は第 25 図に、動特性は鉄道技研の振動台で測り第 26 図に示す。ベビー T No. 1～No. 3 に使用した加速度計の出力電圧と加速度の特性曲線を第 27 図に示す。実際の飛行では最大加速度がランチャ内で起り、雑音といっしょになり記録はできなかった。

### (4) 温度計

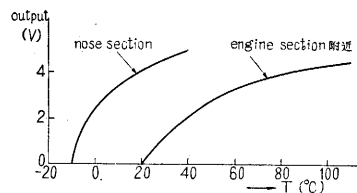
測温エレメントとして第 28 図の写真に示すようにビーズ型のサーミスタを用いた。低温用（-10～+30°C）



第 29 図



第 30 図



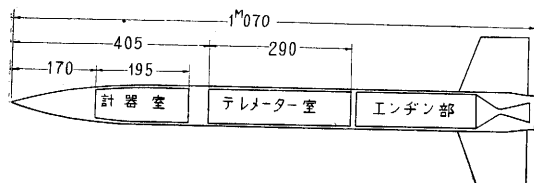
第 31 図

高温用 (30~100°C) のサーミスタの特性を第 29 図に示す。出力電圧 5V を得るために第 30 図の回路を用いた。低温用の温度計はロケットのノーズセクション、高温用のはエンジン付近の温度を測るのに用いた。ペビー T No. 4, No. 5 に用いた温度計の出力電圧と温度の特性曲線を第 31 図に示す。

#### 4. 取付方法と構造

##### (1) 取付方法

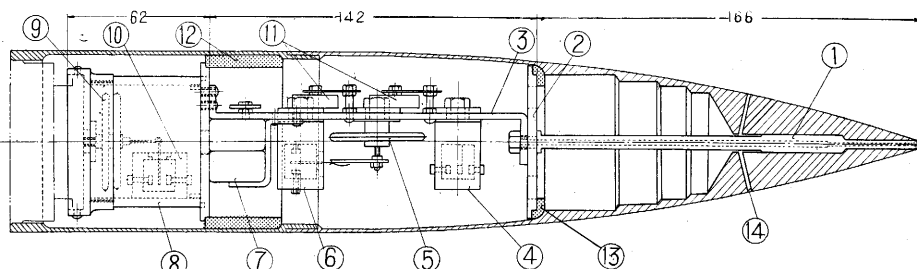
ペビー T の全体設計は第 32 図のように後部にエンジ



第 32 図

ン、中間部にテレメータ送信機、頭部が計測室となっている。頭部の計測室とテレメータ室は機体構造上別個のピースになり、頭部は接合金具にネジで接合されるようになっている。第 1 次設計では頭部機体の外皮に直接取付ける計画が考えられたが、頭部が胴体とネジで接合されているので、計測室からの配線がネジ廻されてしまう結果となり、また組立後調整が外から出来ない欠点があるので計器支持台を頭部外皮構造と無関係に造り、これを送信機の支持台にまず取付け、機体頭部はあとからネジ込む方式が最終的に採用された。頭部に固定してネジ込む方式でも中間に回転式接触系を設ければ必ずしも不可能ではないが、接触を嫌う場合があるので好ましくない。結局第 33 図に示すように送信機を支える系と、計器を支える支持台とは、機体の中間接合金具に取付く

- ① ビーター管
- ② 取付枠上板
- ③ 取付枠
- ④ 加速度計
- ⑤ 速度用ダイヤフラム
- ⑥ 速度ピックアップ
- ⑦ 電池
- ⑧ 静圧室
- ⑨ 高度用真空々盒
- ⑩ 高度用ピックアップ
- ⑪ バランス用可変抵抗
- ⑫ ゴムパッキン
- ⑬ ゴムパッキン
- ⑭ 静圧孔



第 33 図

ことになり、ここに荷重が集中されることになる。計測器の最後の総重量 (電池を含む) は 0.6 kg で、発射の加速度は大体 40 g であるからこのために機体平行部で 24 kg/cm<sup>2</sup> の圧縮荷重を受けることになる。

##### (2) 構造

space が決まっているので各部の要素の大きさはおのずから制限を受け、また軸方向、radial 方向の加速度の影響を受けるので、できるだけロケットの中心軸に接近して取付けなければならない。また全装備重量もできるだけ軽くしなくてはならないので、支柱板、ケースの材質はアルミを使用した。全体の組立図は第 33 図に示すように厚さ 4 mm のアルミ支柱板に各部の要素を取付け、下部はアルミケースとし、静圧測定室とテレメータ取付を兼ね、上部のアルミ板は、ビーター管の支持と頭部ケースの密着により横振動を防ぐようにしてある。また静圧測定室の外側にゴム輪をはめ、頭部を取り付けたときに静圧のもれが無いように考慮してある。

各部品重量は下記の通りである。

空盒および付属品	25 gr
液体可変抵抗器 (速度用)	25 gr
加速度計	15 gr
液体可変抵抗器 (静圧用)	20 gr
真空々盒	15 gr
電池 BL-015 22.5V	30 gr × 2
BL-MV15 22.5V	15 gr
100 kΩ 可変抵抗器	15 gr × 3
ビーター管、支持板、ケース	350 gr
ゴム輪およびその他	30 gr

計 600 gr

(1955. 12. 15)