

環境試験装置の試作

森 大吉郎・今 沢 茂 夫

1. は し が き

環境試験という言葉は最近 2, 3 年来急に諸所で聞くようになったが、観測ロケットの場合においては、ロケットの機体そのものの構造試験なども熱・振動・空気力・推力・内圧等の環境を再現した試験と広義に解することもできるが、普通には搭載計器に関する環境試験をいう。

観測ロケットに搭載する観測器は地上における一般機器に比較してきびしい環境条件におかれる。われわれはエンジンの地上試験および飛しょう中の振動・加速度・温度・真空・衝撃等を実測し整理して、昭和 33 年に K-6 型用の環境試験規準を作り、ごく小規模の試験装置をかり集めて IGY 期間中を過ぎてきた。

このときの規準は海外の軍用等の規準と比較してかなり低いので、危ぶむ向きもあったが、元来この種の試験は必要最小限にとどめないと新しい測定器の開発を著しく阻害するものであり、不合理に苛烈な試験を稼する根拠もまた薄弱であると筆者は考えている。最近報ぜられる海外の人工衛星の試験基準はかなり低いものであるのは当をえたことと考えられる。

カッパ 8 型やラムダが完成するとともに、環境条件は一般に緩和する傾向にあるが、一方では機器の寸度重量が大きくなり、実験回数や搭載機器の数も一段と増してきた。さらに機器が精密高級になるにしたがい、各種環境条件を重畳した総合試験が要望されてきた。

以上の情勢により 36 年に総合試験を行ない得る能率的な装置を計画し、37 年度において小規模な設備を試作した。観測ロケット搭載用機器の環境試験装置には大別して次の 2 種がある。

(1) ロケット上昇時の環境試験

上昇中の 1) 空力加熱による温度上昇、2) 推力・空気抵抗による加速度・減速度、3) 発射・切断・点火時の衝撃、4) エンジンの燃焼・空気流・衝撃波等によって生ずる振動、5) 急激な気圧の低下等の環境を地上で実現させて試験を行なう。

(2) 宇宙空間の環境試験

高度数百 km 以上の人工衛星等は宇宙空間に長時間滞在する。その間太陽熱・低温・超真空・宇宙線・宇宙塵等の影響を受ける。これらを総合的に研究するもので、

大規模な宇宙空間のシミュレータがこれに当たる。

われわれの場合 (1) の上昇中の環境再現が必要であり、小規模ながら総合的な試験ができる装置を試作した。次にこの装置の概略について報告する。

2. 環境条件と装置の仕様

観測ロケットが上昇中に受ける環境条件のうち、顕著なものは真空・振動・熱・衝撃・加速度であるが、エンジンの燃焼試験、飛しょう試験の実測結果を総合すると、これらの条件の概略範囲は下記のとおりである。

加速度: +40~-20 g (g は重力加速度)

衝撃: 20~40 g

振動: [A] 5~50 c/s

[B] 50~500 c/s

[C] 500~2,000 c/s

熱: 機体の外壁温度 (1 分以内に上昇, その後継続)

気圧: 1 mmHg に 1 分以内に達する。

過去数年にわたって、これらの条件に対応した各項の単独試験を実施してきたが、今回の新設にあたって小規模ということ、加速度・衝撃試験は従来通り単独に試験を行なうこととし、真空・振動・熱の 3 項目の総合試験を行なえる装置を計画した。

そして過去の経験から

(1) 総合試験のほか各項目の単独試験も行なえること。

(2) 実機の環境条件によるプログラム試験が行なえること。

(3) 取扱いが少人数で簡単であること。

等の要求を考慮して次の仕様を定めた。

1) 容量: 計測器の寸度, 直径 735 mm ϕ , 長さ 600 mm, 重量 50 kg

2) 振動: 起振力 250 kg, 振動数 5~2,000 c/s

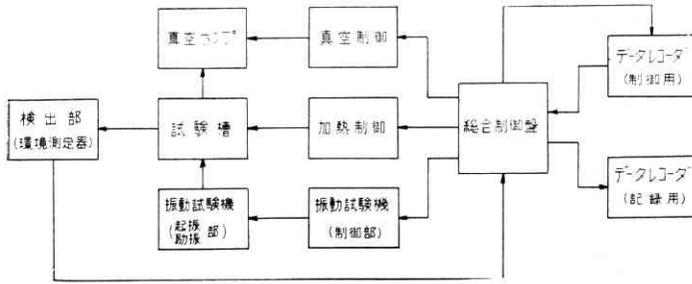
3) 気圧: 大気圧 \rightarrow 50 mmHg まで 30 秒, 到達真空度 2×10^{-2} mmHg

4) 温度: 常温 \rightarrow 200°C まで 2 分, 最高 300°C

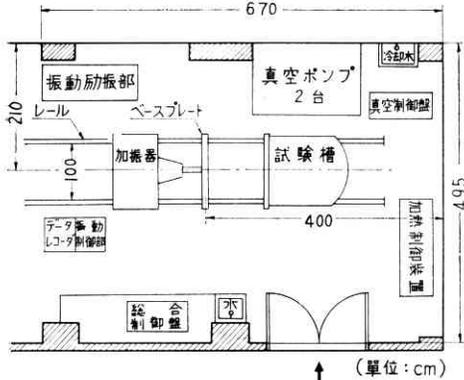
5) 記録: 計測用磁気テープ, PWM 方式, 7 チャネル, 6 速度

6) 制御: 主要装置の操作用総合制御盤

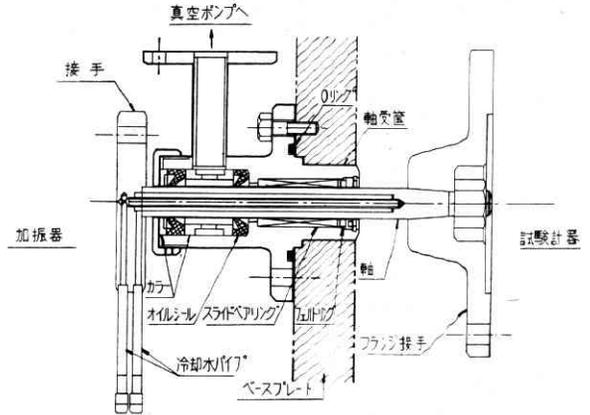
(各装置の電源投入, 起動, 停止, 環境条件の監視)



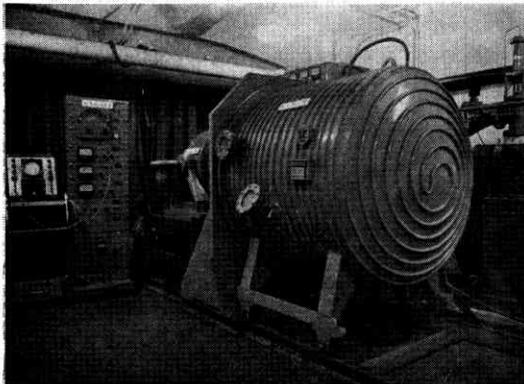
第 1 図 環境試験装置の構成



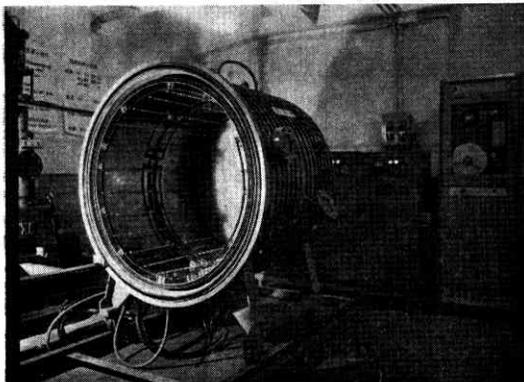
第 2 図 環境試験装置の配置



第 5 図 振動伝達軸



第 3 図 環境試験装置の外観



第 4 図 試験槽

3. 装置の構成

以上の仕様にもとづいてたてた装置の構成と配置図を第 1, 2 図に示す。第 3 図はその外観図である。次に各部について説明する。

(1) 試験槽

本装置の主要部で真空槽と加熱炉を兼ねている。水平型で、固定したベースプレートに対し試験槽が移動するように設計され

ている。第 4 図は試験槽の内部を示す。ベースプレートには第 5 図に示すような特殊振動伝達軸が取り付けられており、外部より起振する方式を採っている。これは富永助教授の創意によるもので、真空絶縁と炉内からの熱絶縁に特に考慮がなされている。

内部容量は $1,200 \text{ mm}\phi \times 1,000 \text{ mm}$ であるが、内面に石英ランプが円筒状に装着されているので、有効内径は約 $1,000 \text{ mm}\phi$ である。この容量はカップ、ラムダはもとよりミュー級ロケットの搭載機器についても十分と思われる。

(2) 真空装置

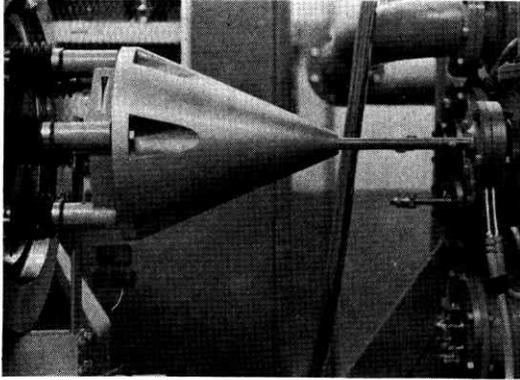
真空ポンプは試験槽の排気用、振動伝達軸部の緩衝用として 2 台のロータリーポンプを使用している。主弁の開閉は手動または電磁弁により行なう。真空計はピラニゲージ、ダイヤフラムゲージを併用している。

(3) 振動試験機

励振部、制御部、加振部より構成する。

(a) 励振部、加振器の励磁電源および主増幅器で $5 \sim 2,000 \text{ c/s}$ の間で最高出力 1 kW である。

(b) 制御部、自動掃引式 CR 発振器 ($5 \sim 2,000 \text{ c/s}$, 帯域 5 段切替)、加速度計、振幅計、定加速度および定振幅制御装置より構成される。また内部発振器のほかテープ等外部入力により任意振動波形の起振もできる。



第6図 フォーン型コネクタ

(c) 加振部, 加振力 250 kg, 最高加速度 25g の容量で任意方向の起振ができる。起振テーブルからはフォーン型コネクタを介して振動伝達軸に接続される。第6図にその接続状況を示す。

(4) 加熱器

加熱源は 1kW 石英ランプ 46 本であるが, 20kW イグナイトロン制御器 3 台で電流制御を行なう。

(5) 記録器

環境条件の記憶および試験計器の特性を記録するため磁気記録再生装置を備えている。本装置の仕様は下記の通りである。

(a) 駆動部, オープンループ方式, 6 速度, テープ幅 1/2 吋, 7 チャネル

(b) 増幅部, 直接記録方式 (1 チャネル, 50 c/s ~ 100 kc ± 1V), PWM 記録方式 (6 チャネル, 0 ~ 1,000 c/s ± 1V)

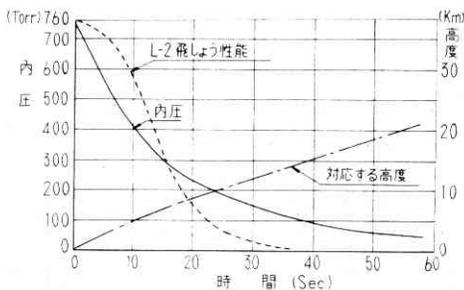
このほか随時ペンレコーダ, ビジグラフ等の利用ができる。

(6) 総合制御盤

本装置は上記各装置の電源投入, 起動がすべてできるようにしたもので, 環境条件の監視ができるよう指示器が集められている。

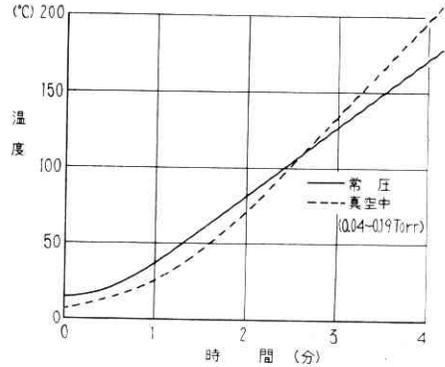
4. 装置の特性

第7図には真空ポンプ全開で引いた場合の槽内の気圧



第7図 真空装置の特性 (バルブ全開)

低下特性を示す。標準大気で換算した相当高度を同図に併記してある。ラムダ2型の飛しょう特性と比較して大約の類似の試験にはなると思う。低真空では放電現象によるエレクトロニクス系の故障がまず考えられ, 実際にもその例が多いが, このほかに観測計器のプローブあるいは機体部品が, 外気圧の急激な低下で内外に圧力差を生じ機械的故障や誤動作を行なうことがあり, このとき熱と振動が重畳してさらに悪作用をおよぼす可能性がある。



第8図 加熱特性の1例

第8図は電源全開で加熱したときの槽内の試験体 (板厚 1mm の鋼管) の温度上昇を測った例である。実際外壁の温度上昇は最高 50 ~ 100°C/s の値を示すが, 計器の試験ではそれをシミュレートする必要はない。外壁は発射後1分間に最高温度が 250 ~ 300°C 以上にはならぬよう設計されているし, 飛しょう試験の結果からもその温度上昇はかなり緩慢であることがわかる。よって計器の試験は第8図程度の加熱能力でも十分と思われる。

振動は最も故障発生率の多い試験項目であり, 場合によってはこれのみでよいこともある。現在われわれの試験では 5 ~ 2,000 c/s で 2 ~ 5g の掃引試験, 共振点で 1 ~ 3 分の継続試験を実施しているが, 本装置はその範囲で十分満足できる性能を持っている。

5. むすび

試作の経過概要を述べたが, 大きすぎない装置をまともによく整備して, 搭載計器の試験の便利に供するという本来の目的はまず達したと思っている。

試作にあたっては, 野村民也教授および富永五郎助教授より多くの援助を仰いた。また製作を担当された日本真空 KK, 帝国電波 KK, 電元社製作所, ソニー KK, ティアック KK, 松見商会, ユシヤ製作所, 広山工務店の各位に厚く感謝の意を表する。

(1964 年 8 月 31 日受理)