

秋田実験場におけるカップ・エンジンの地上実験について

糸川 英夫・吉山 巖・山口 文二

まえがき

秋田実験場において、一昨年テストスタンドの完成を見たのであるが、5 t 用試験台の完成が少し遅れ、特に推力測定用の油圧装置が未完成であったので、やむなく他の測定方法に変えて実験を行った。実験が冬季であったためと設備不十分（測定室未完成）なために非常に困難に直面した。特にエンジンを恒温にすることが全く不可能であったし、計測室が未完成であったので、壁の支柱間の狭い場所に計測器を置くような状態で温度測定は室外で行った。

第1回の実験は昭和31年2月5日から昭和31年2月10日までの期間に2回行い、引続き同年2月18日から2月21日に第2回目の実験を行ったので、それ等の実験について以下述べることにする。1回目の推奨は5 kg で、2回目の推奨は10 kg であった。

(1) 試験用エンジン・ベット

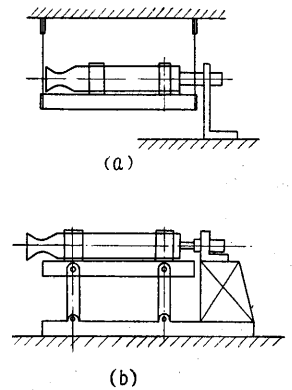
ロケット・エンジンの水平試験台には幾つかの種類があるが、第1図(a)はエンジンベットを板ばねで四ヶ所で吊り下げた方式で、(b)はベット自体が平行にエンジンのまわりに水平に前後する方式であり、両者はそれぞれ一長一短で、そのいずれを採用するかについては各

国のテストスタンドの写真を参考にし、また取扱い等のことも考慮して(b)のベット方式を採用することにした。細部設計については富士精密工業株式会社が当たった。第2図は、5 t テスト・エンジン・ベットの概略図である。推力はピストンの変位を油圧に変え、この油圧を歪ピックアップでピックアップする方法で測定する機構になっていたのであるが、今回の実験にはピストンの加圧装置が間に合わなかったため、この方法では試験できなかった。

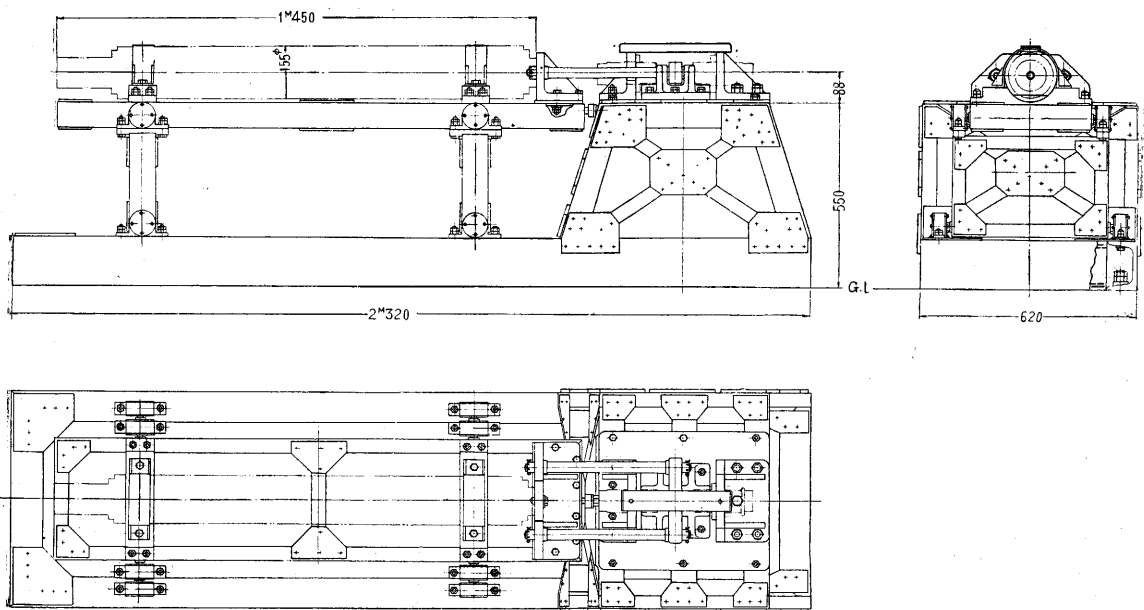
テスト・エンジン・ベットは秋田実験場のテストスタンド内の第3図に示す場所に設置した。

(2) 計測器について

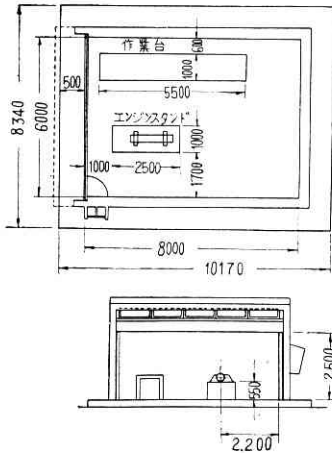
前項で述べたように加圧装置が間に合わなかったため、油圧ピストンを支え金具より取り除き、堅材で推力伝



第1図

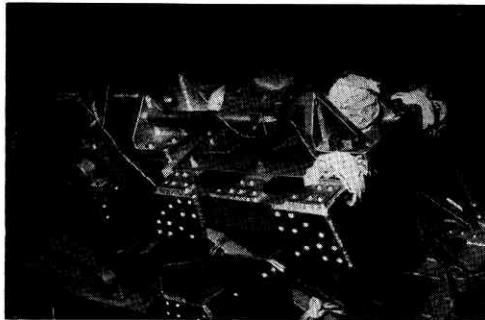


第2図

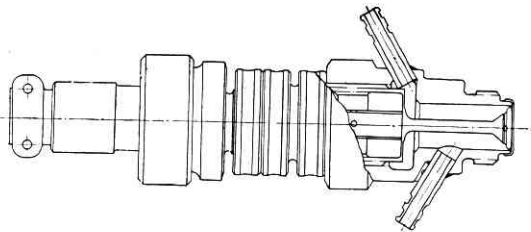


第 3 図

の振動を測定するためにロングレコーディング装置を高速度に回転して、途中の振動を測定し合わせて圧力変化も記録することにした。本実験で使用したピックアップの概略図を第 5 図に示す。ピックアップは、推力、内圧測定

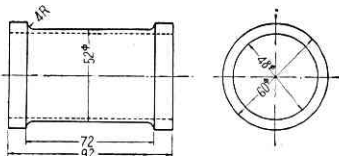


第 4 図



第 5 図

エンジン温度測定のためには、白金-白金ロジウム熱電対を使用して最高温度のみを測定することにした。以上述べた方法の中で推力伝達棒に歪計を張り付けて推力を測定した結果感度不足のため第 2 回目の実験

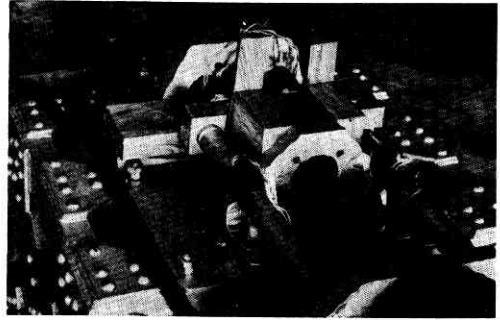


第 6 図

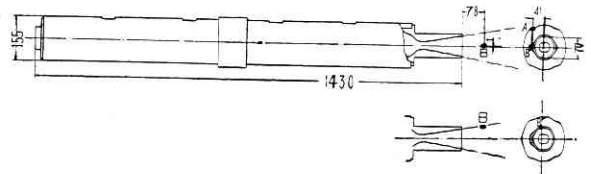
においては、第 6 図に示すジュラルミン薄肉円筒に歪

計を前後より固定し、伝達棒に歪計ゲージを、第 4 図の写真に示すように歪計用セメダインで張り付け、棒の歪を測定することによって推力を測定することにした。また歪計は、新興通信社製の歪計を使用し、記録は横河電機のオシログラフ装置を使用して、燃焼中

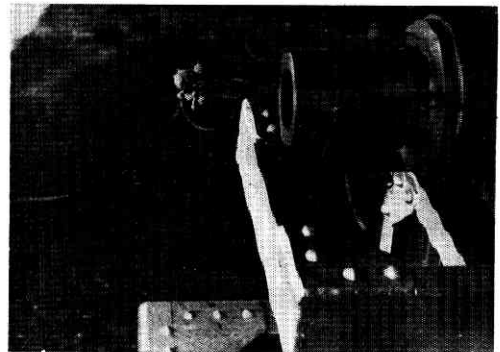
計を張り付け、これを第 7 図の写真に示すように後側の支え金具と推力伝達棒の間に設置し、推力を測定することにした。またテストスタンドの上下動を建築学上測定する必要があったので、可動線輪型振動計を試作し、これを床に設置することにした。



第 7 図



第 8 図



第 9 図

エンジンの温度測定においては、2 回目の実験では火焰の温度を測定してみることを特に留意し、吹き飛ばされないように第 8 図に示す場所に白金-白金ロジウム温度計を固定した。第 9 図はその取付状態を示す写真である。

(3) 350-地上燃焼実験記録 第 1 回目の実験は昭和 31 年 2 月 5 日より 2 月 11 日までの間に 2 回行った。以下はその記録である。

場 所 秋田県由利郡岩城町勝手 テストスタンド
参加者 生研 系川教授、吉山 巖、秋葉錦二郎、銭福星、中村 巖、山口文二
富士精密 K K 戸田技師、長岡忠彦、中土久男ほかに傭人 5 名

概況 テストスタンドは完成していたが、計測室はコンクリートを注入して間もなかったため、壁支柱の間に

電磁オッシロ、歪計、温度計、録音機等を置いて計測を行った。実験期間中激しい風雪に見舞われ、積雪は約 50 cm ぐらいで、歪計のリード線の中間接栓の絶縁不良には少なからず対策に頭をいためた。特にリード線が約 50 m ぐらいなので、歪計のバランスをとるのにはいろいろと困難があり、結局感度のある程度落して測定を行った。

2月5日 雪

11時30分 吉山、銭、中村、山口 実験場着
午後 現場を調査。テストスタンド、計測室、倉庫の状況を調べる。

控室に電源の配線を行う。
実験器具は丸通に到着済みであった。

使用備人1名

2月6日 雪

丸通倉庫より実験場へ実験器具を馬そりで運搬する。梱包を解き点検、倉庫へ格納す。富士精密工業 K K 長岡、中土、到着。イグナイトをロッカーに格納。12 V バッテリの電圧を調べる。

推力測定用ストレングージ2個をエンジンベツト推力伝達棒に張り付ける。

テストスタンド床の振動測定用加速度計にストレングージ2個の張付けを行う。

使用備人4名

2月7日 雪

9時 実験場到着

倉庫より計測室へ計測器を運搬。

電磁オッシロを組み立て調整す(A型振動子を使用)。歪計を組み立て、テストスタンド計測室間の配線を行い、調整を行う(50 m ケーブルを使用途中接栓2ヶ所、バランス用補償容量は 0.004 μ F コンデンサーを使用す)。

テープレコーダをテストす。

ノーベル・フォンの調整を行う。感度悪し。

実験用燃焼筒が道川駅に到着。

燃焼筒をテスト・スタンドへ運搬。

長岡、中土両氏により取付けを行う。

使用備人4名。

2月8日 吹雪

8時30分 準備開始。

11時 実験用推葉到着。

11時30分 糸川教授、戸田技師、秋葉、正木氏到着。
揚水ポンプ故障のため修理に長時間を要す。途中のパイプが故障していることが解ったので応急処置としてドラム罐に水を注水し、この上に揚水ポンプを取り付け給水を行った。

測定は次の項目について行うことにした。

1. 燃焼筒内の圧力測定

富士精密 K K 製ピックアップにて測定。

2. 推力測定

エンジン・ベツト後部の推力伝配棒にストレングージを張り付けて測定。

3. 燃焼筒壁の温度測定

白金-白金ロジウム熱電対を壁に石綿糸にて取り付けて mV メータで読取る。

4. 燃焼音の記録

ダイナミック型マイクロフォンを使用し、携帯用テープレコーダに録音す。

5. テスト・スタンド床の振動測定。

可動線輪型インクライトを改造し、板ばねにストレングージを張り付けて測定。

6. 観察

平面鏡を測定場所より燃焼状態が観察できる位置に設置し、後方より平面鏡を介して観察をし、16 mm カメラにて撮影す。

No 1—実験用推葉規格 重量=5,150 gr

テスト・スタンドの室温 2°C であったので、実験前に燃焼筒の温度を約 25°C 位に上げる。

3時40分実験終了す。

実験の成否。

1. 内圧測定記録に成功。
 2. 推力測定は感度不足で計測に不成功。
 3. 温度測定は mV メータのクランプを外すのを忘れ不成功。
 4. 燃焼音、テープに録音成功。
 5. 床の振動記録は計測に失敗す。
- 使用備人5名。馬ソリ1台を備う。

2月9日 雪

9時 準備開始 特に火焰の温度を測定することにし、これには簡単な支柱をノズルに取り付け、支柱の先に白金温度計を取り付ける。

No 2—実験用推葉規格 重量=5,370 gr

電源電圧 110 V, 50 c. p. s

テスト・スタンド室温 1.0°C

燃焼筒温度 10°C (温度計の読み)

午後1時5分実験終了。

概況: イグナイト点火より約2秒後に燃焼が始まり、約6秒後に燃焼が終了した。

記録の成否。

1. 内圧測定記録に成功。
2. 推力、感度不足で計測失敗。
3. 温度測定、火焰の温度測定に成功。
4. 燃焼音、テープに録音す。
5. 床の振動は、振動計の入力電圧を2段増幅し、記録に成功。

No 3—実験用推葉規格 重量=5,150 gr

電源電圧 110 V, 50 c. p. s

テスト・スタンド室温 1.2°C

燃焼筒温度 20°C

14 時 10 分実験終了。

概況：歪計の C バランスが取れないので推力測定を中止、内圧は歪計の gain を 50% にして測定した。電磁オッシロのモータが点火直後に止まってしまい、内圧の計測は不成功に終わった。歪計のバランスが取れなかったのは実験終了後検査して解ったことであるが、25 m コードの接栓の裏側から雪が入り、絶縁不良になっていた。接栓のおのおのの端子間の抵抗が 500 k Ω 以下になっていた。

燃焼音：記録成功。

振 動：電磁オッシロのモータが停止したために失敗す。

温 度：点火前の温度 20°C

燃焼筒外壁最大温度 56°C

燃焼ガス最大温度 350°C

17時30分 計測器格納終了。

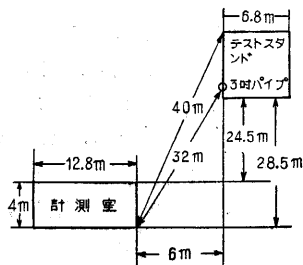
計測器の大部分はロッカー 2 個に入れ、テストスタンド内に収容した。

使用備人 5 名。

2 月 10 日 雪

エンジンおよびエンジン・ベットの整備する。

テストスタンドと計測室との測量を行い今後の参考とする。



(4) 1000 地上燃焼実験記録

第 2 回目の燃焼実験は昭和 31 年 2 月 18—2 月 21 日の期間に 1 回行われた。

今度の実験では推葉の重量が前回の 2 倍近いものになり、推葉の組成を変えたものについて実験を行うことにした。また前回のようにコード類を露出させることを避けるために、木製の U 字溝をテストスタンドと計測室との間に作り、すべてのコード類を収容して雨雪に晒すことを避けた。また歪計の接栓の部分は、水滴ができないように蠟付けし絶縁低下を防いだ。

推力測定用としてジュラルミンの薄肉円筒を製作し、これに歪計のゲージを張り付けることにし、テストスタ

ンド床の振動も合わせて記録してみることにする。内圧の測定方法は前回と同様なピックアップを使用することにした。

2 月 18 日 晴ときどき雪

11時：秋田県由利郡岩城町道川着（吉山，山口，秋葉，銭，中村）

13時：実験場を視察

実験用計測器を点検

計測室の工事は床および壁のみ完成していた。

2 月 19 日 雪

9 時：実験場に到着 直ちに各計測器の調整、歪計コードの接栓の蠟付けを行い絶縁度をメガーで測定し、歪計に接続し調整を行う。

歪計の gain 100%, attenuation 1 では C balance が完全に取れないので、電磁オッシロの振動子を H 型に代え attenuation 1/2, gain 20% にして C balance を取った。

この場合、内圧用歪計は strain 400×10^{-6} で full scale、推力用歪計は strain 800×10^{-6} で full scale となり十分測定可能であることがわかった。（備人 1 名）

16時：道川の宿舎に徒歩にて帰る。

2 月 20 日 晴、ときどき雪

9 時：燃焼実験を行うと同じ状態で抵抗線歪計、振動計、温度計、電磁オッシロ、テープレコーダの結線、調整を行う。（備人 5 名）

16時：宿舎に徒歩にて帰る。

2 月 21 日 晴

9 時：実験準備開始。

実験参加者 糸川英夫、吉山 巖、山口文二、銭福星、秋葉鎌二郎、中村 巖、安田良平、戸田康明、長岡忠彦、正木健二

ほかに庸人 5 名

推葉記号および重量：GE-22, 10 kg

テストスタンド室温 2.5°C, 気圧=754 mmHg

燃焼筒外壁温度 5.3°C

13時23分：着火。

13時25分：燃焼実験終了す。

燃焼状況：着火スイッチ投入後約 1 秒で点火するも燃焼筒の安全弁が飛んで実験は不成功に終わった。

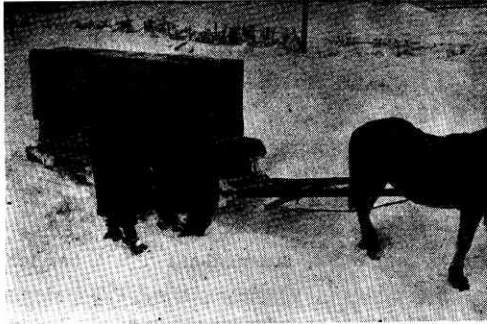
その結果内圧、推力、床の振動等は記録できたが、資料に乏しいものになってしまった。

最大内圧は約 350 kg/cm² 位、推力約 150 kg 位で、床の振動の最大振動数は 460 c. p. s 位であった。

実験後記

実験期間が真冬であったために交通機関にはひどくなやまされ、写真に見られるような馬そり一台を借用した。これに実験班の人達が腰掛けられるように急造の腰掛け

を作り、道川駅と実験場の往復に利用できた唯一の交通機関であった。カバーをしてあっても隙間から入り込む寒風にはいかんとも耐え難く、ある日などはコンロをその中に持込んだこともあり、あまり寒い時などは途中から雪中を歩いたこともあった。時に吹きだまりができている所などは、全員下車して吹きだまりの中を歩いて



第 10 図

渡り、そりの通れる所からまた乗車するといった具合であった。研究室では秋田実験場の冬期実験にそなえて防寒帽と靴を用意してあったので大変助かった。特に吹雪の中での作業では大いに役立った。実験期間中では計測室が完成しておらず、暖をとることも思うようにはいかず、たきびをしながら暖をとっては作業を続けるといった具合であった。

また実験当日吹雪であつたりすると、計測器の一部が外部にあつたために連絡が不十分なために計測できなかつたりもした。特にエンジンを暖める場合には、1時間前位から炭火で暖め適当な温度まで上げるのには温水を上面からかけたりして25度くらいまであげ、実験時に20度前後になるように特に注意したりした。冬期の実験では間に合せの設備では思わぬ失敗を起すことがあり、人間の機動性が、非常に失われ勝ちであることをしみじみと感じられた。(1957. 1. 30)

うぶとゆうもの

ロケット飛しょう実験に従事する誰もが心にかけて守ろうとすることは、無事故で納めたいということである。ロケット実験は物理的に広い空間を必要とすること、推薬を取り扱う作業が伴うこと、新しい研究であるため未知の問題が多いこと、実験人員は最少限で編成していること、わずかな設備物を頼みになれぬ土地で行動すること等の諸条件に囲まれて、少し誇張したい方をすれば、寸時も私たちが緊張から解放させないものである。未知の問題へいどんで科学技術を開いてゆくためには、十分な勇気がいると同時に無事故でいこうとするために科学的考察を加えた細心の注意がある。勇気と細心という二つの心理が各人の心の中でけ合わせって一体となり作業は終点へと運ばれてゆく。飛しょう日をYとすると、2日前は、Y-2。Y-2のスケジュールがプリントになり、あるいは黒板に書かれ指示される。夕刻には、これをチェックしてY-2を終る。Y-1を迎えて緊張も一段と加わる。万全を期してYが来る。天候や作業準備の状況が判断されつつ、発射時刻が決まる。発射刻時をXとするとX-60分頃から、本部指令の数も増して来る。海上、陸上の整備もチェックされて、B旗をあげる指令が出る。X-15分である。以後の時間の経過は長いようで短く、短いようで長い。のろしの指令が出るとX-1分である。はやすべての人の待避は終わっている。読みが始まる。60秒前前から10秒前までは、10秒おきに、10秒前からは、1秒ごとにカウントする実験主任の声が一つは無電機にのって、一つはマ

イクを通して場内各班に流れていく。ある者は眼で、ある者は耳で、またある者は心を、すべての人が発射の一瞬神経を集中させる。物理的には、方敷キロないし十数キロに平板にぼろまかれぬ実験班員および整備員がこの時を頂点として、ピラミッド型に神経を集中していると想像されるのである。実験主任の“発射!”という号令とロケットが雄大な轟音を残して、空へ舞い上がった時を緊張の頂点とし、しかしややしばしこのピークの線は、ある波動した横線をえがいてくずれない。光煙を吐き、白煙を曳いて、空の一点へ吸いこまれてゆくロケットに対して、光学観測班は、眼鏡を駆動してあかかも流星を拾わんとするように追跡する。この間、約60秒、カップ・ロケットは、全実験班員の心を牽きつつ海中深く別離する。観測データの成否は、後刻として、全員はホッと、緊張は一時に解きほぐされるのである。

ある来賓は、ロケットの実験は、100機打ちあげて何機成功という確率打算でやるべきものではないでしょうか、といわれたが、それにやや近い実験のできたのは、ペンシル・ロケットの地上実験位で、あとは、1機1機が背水の陣といった緊張と慎重さで行つて来ている。そしてこの緊張は、全重量200grのペンシルから、40,000grのカップ128Jロケットに至るまで、毎回変らず続けられてきているのは、これをうぶな心というべきか、むしろ不思議と思ふ程である。(1957. 3. 29—J・S)