

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-515

残留内圧測定装置および機能試験結果

日 下 和 夫 ・ 泉 川 宗 男 ・ 佐 藤 政 裕
宮 島 博 ・ 佐 野 昇 ・ 高 橋 道 夫
柳 川 孝 二

1983年7月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

残留内圧測定装置および機能試験結果*

日 下 和 夫** 泉 川 宗 男** 佐 藤 政 裕**
宮 島 博** 佐 野 昇*** 高 橋 道 夫***
柳 川 孝 二***

概

要

固体ロケットモータの残留推力推定を行なうため、以前使用した機械的機構を用いた方式と異なった方式（電子式制御器と電磁弁の組合せ）による新しい装置を製作した。残留内圧測定に際し、圧力範囲を区分し、それぞれに対応するセンサを使用する事により精度向上を図った。

H-I 3段モータのサブスケールモータと数種の小型モータの燃焼試験の際に、残留内圧測定を行なった結果、以前の方式に比べ、機能、性能共良好で、測定精度も向上し、初期の目的を達した。又、電気回路上、応答性等に若干の問題があったのでそれらの検討を行なった。

1. ま え が き

多段式ロケットに於いて、各段の切り離しのタイミングによっては、下段のロケットが上段ロケットに追突する等の悪影響を生じかねない。特に固体ロケットモータの場合、燃焼終了時の推力の減衰は液体ロケットエンジンのそれに比べ全く異なり、又、モータの種類によっても異なる。従って、固体ロケットモータの切り離し時機を決定するのは容易ではない。そのため、より安全な切り離しを行なうためには、あらかじめ高空環境下に於いて正確にモータの残留推力特性を把握する必要がある。

固体ロケットモータの場合、燃焼末期のスライバー時期に入った時点から以後の燃焼内圧を測定し、この値を用いて残留推力を推定し、モータの切り離しのタイミング等に利用される。この残留推力測定を過去数度に渡りロケット高空性能試験設備（以下HATSと言う）を用いて試みた。NⅡロケット第3段モータやM-3 A改モータの地上燃焼試験に使用した残留内圧測定装置の測定機構概略を図1-1に示す。

図1-1は燃焼前の装置の状態を示し、 V_1 室は10 Torr, A, V_2 室は窒素ガスが 5 kg/cm^2 , A封入されている。窒素ガスによるディスクの押圧は、スプリングBに打ち勝ち、ディスクはスライバー燃焼に入るまで図の状態を維持し、センサへの流路を遮断している。ピストンAはスプリングAにより押されるが、ピストンBにより止められている。

モータ点火と同時に内圧は V_3 室に導入され、内圧が 20 kg/cm^2 , A以上になると、ピストンBが収納ケースに押し上げられシャープピンが切断される。その結果、ピストンAはストッパーが外れることになるが、内圧が 10 kg/cm^2 , A以上では移動しない。従って燃焼中はこの状態を維持し、スライバー燃焼に入り内圧が 10 kg/cm^2 , A以下になるとスプリングAにより移動し、内圧は V_2 室に導入される。さらに内圧が下がり、 1.3 kg/cm^2 , AでディスクはスプリングBにより移動し、内圧は V_1 室に導入される。従って低圧用センサはこの時点からモータ内圧の計測を開始する。この作動手順を図1-2に示す。

以上が以前製作した装置の機能であるが、ガス封じ込め後のセンサの零点のズレや、遠心力の影響によると思われる設定圧と実際の作動時の圧力との差などに問題点が残った。今回は、この以前の装置の機構と全く異なる方式による装置を試作し、H-I

* 昭和58年7月2日受付

** 角田支所

*** 宇宙開発事業団

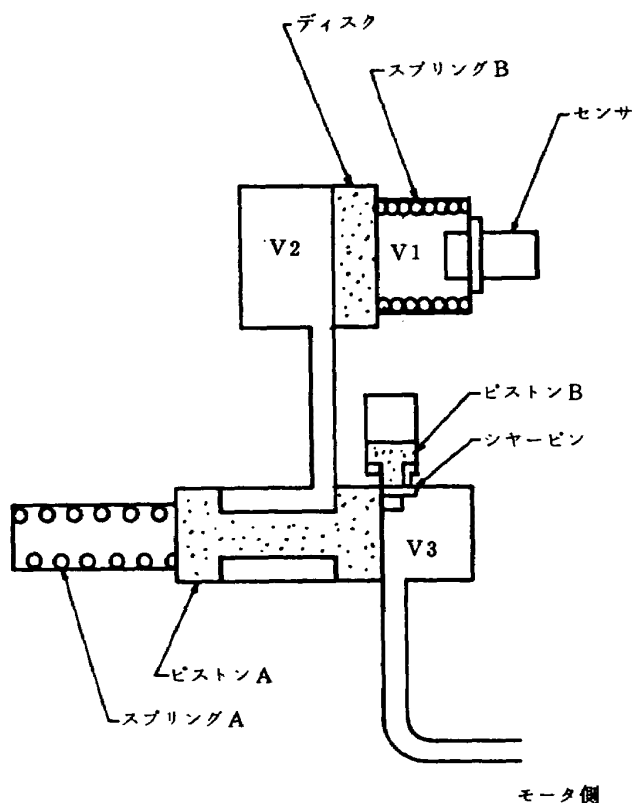
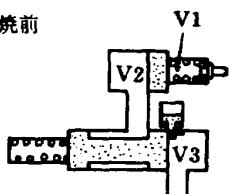


図 1-1 従来の残留内圧測定装置

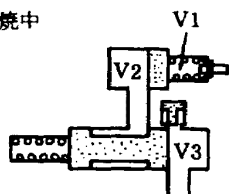
(1) 燃焼前



V1室	10 Torr
V2室	5 kg/cm ²
V3室	30 Torr*

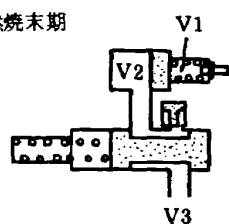
*低圧室圧力

(2) 燃焼中



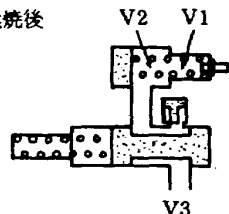
V1室	10 Torr
V2室	5 kg/cm ²
V3室	モータ内圧

(3) 燃焼末期



V1室	10 Torr
V2室	モータ内圧
V3室	「

(4) 燃焼後



V1室	モータ内圧
V2室	「
V3室	「

図 1-2 従来の装置の作動手順

3段モータのサブスケールモータを含む数種類の小型モータの残留推力の測定を行なった。

その結果、装置の電気回路上若干改良の余地はあるが、機能的には以前の方式に比べ、かなり良好な成果を得た。以下にその装置の構成、機能および試験結果について報告する。なお、本装置によって、来たるべきH-1ロケット第三段モータ及びアポジモータの残留内圧が測定され、それらのミッション解析に利用されることになっている。

2. 測定装置の機能及び機構

残留推力の推定にあたっては、前述のように、高空環境下に於いてモータ燃焼内圧がスライバー期に入った以後から、低圧室圧力と等しくなる時点まで燃焼内圧を測定し予測する方法をとる。そのため燃焼内圧の測定圧力範囲は、数十 kg/cm², Aから数mm Hg, A (Torr, A)までの広い範囲に渡る。また、スピン状態で測定を行なうため、センサとしては出来るだけ小型で高精度、低加速度感度のものが要求されるが、現存のセンサでは1個で前記条件を満足させるものは見当たらない。そこで測定圧力を何段階かに分け、それぞれの範囲の圧力をその条件に合ったセンサを使用して測定する方策を考えた。

すなわち、高圧用 (0~70kg/cm², A), 低圧用 (0~1.7kg/cm², A), 微圧用 (0~130Torr, A) の3種のレンジの圧力センサと2個の電磁弁と制御器との組合せにより、測定圧があらかじめ設定された圧力以下になった時、制御器からの指令により電磁弁が作動し (ON状態) 対応する圧力センサの圧力導入孔が開くという方法である。また、電磁弁がOFFの時は、圧力導入孔は低圧室側へ開いているので、低圧用、微圧用センサの出力値と、より高精度の低圧用センサの出力値との比較が出来る様になっている。実際の燃焼試験中は、低圧室圧は時間と共に変化するので、残留内圧測定中も短秒時低圧室側の圧力を測定し比較出来る様な機能を持っている。

図 2-1 に残留内圧測定系の概略を示し、図 2-2 には、制御器の電気回路ブロック図を示した。また、本装置に使用した圧力センサの仕様を表 1 に示した。図 2-1 において、破線で囲んだ部分が切換器ブロックであり、燃焼内圧はフィルタ (孔径 200

μ)を通して圧力導入孔に導びかれている。これによって、燃焼ガス中に含まれる微粒子が電磁弁のシート部に付着する事による気密への影響や、センサのダイヤフラムへの付着による故障防止の役割りを果す。本試験中、フィルタを通さないで使用したセンサのダイヤフラムは、フィルタを通して使用したセンサに比べはるかにひどい汚れがあったので、その効果は十分にあった。切換器ブロックはモータと共に回転するので、圧力センサは加速度の影響を受けにくいよう、つまり、ダイヤフラムに対して横に加速度が加わる様に配慮して取付けた。

図2-2の制御器の機能を表わす電気回路のブロック図において、*印の遅延部は3節で述べるが、150mm径モータの第1回目のHATS燃焼試験の際に生じた不具合を改善するため追加した部分である。

表1 使用圧力計の仕様

MEAS. Point	Range	Lin. & Hys.
PF1	0~1.7 kg/cm ² , a	± 0.5 % F.S
PF2	0~130 torr, a	"
PV	0~ 30 torr, a	"
PC	0~ 70 kg/cm ² , a	± 0.25 % F.S

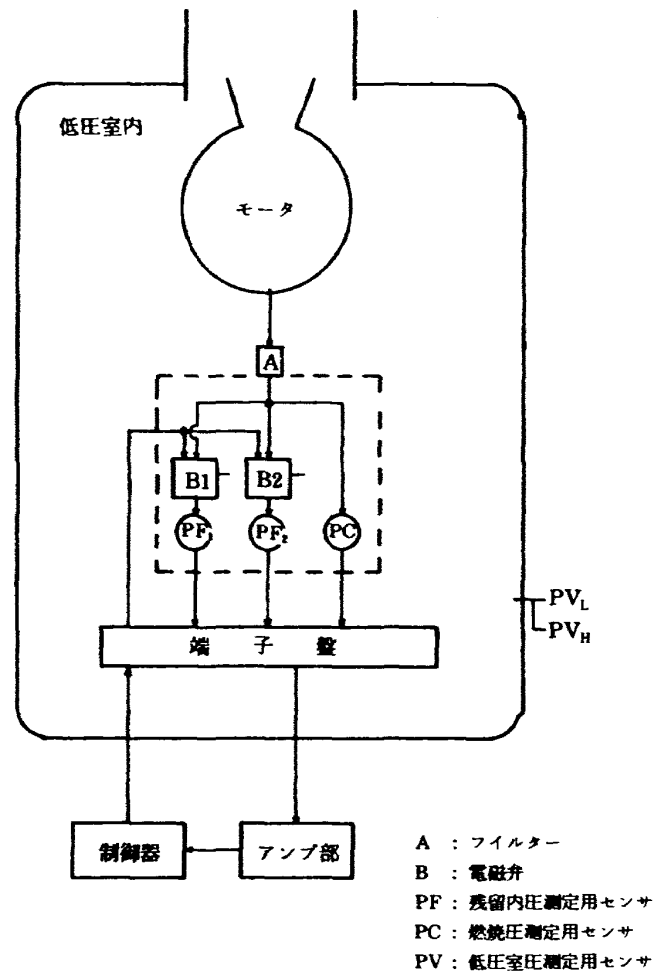


图 2-1 残留内压测定系概略图

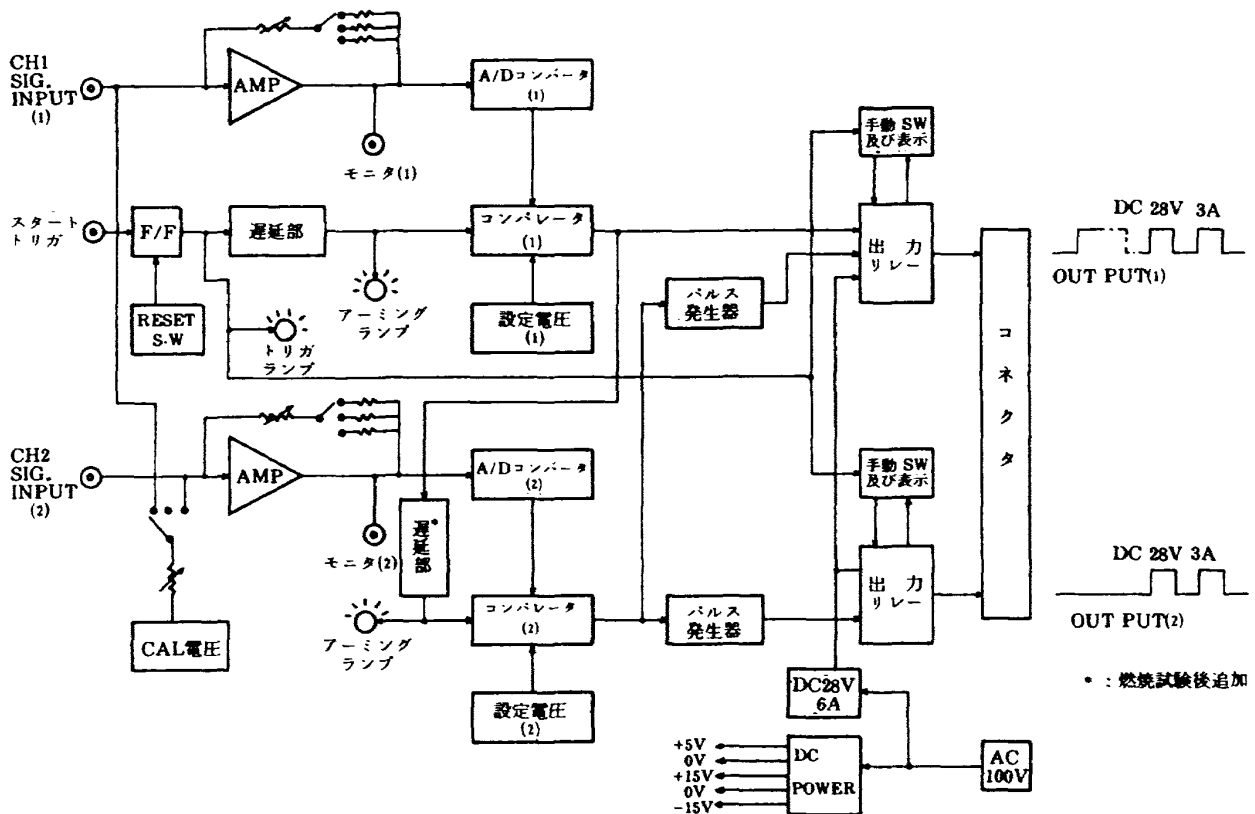


図 2-2 残留内圧切換ユニット内部ブロック図

基本動作については前述の通りであるが、一連のシーケンスについて説明をする。

まずモータのイグナイタに点火し、モータが燃焼開始した後制御器にスタートトリガ信号を入れると、チャンネル1のコンパレータがアーミング状態（入力信号待ち）となる。その後燃焼が進んで燃焼圧が下がり、内圧測定中の高圧用センサ（PC）の出力電圧が制御器で設定されている電圧（図2-2では設定電圧(1)）以下となった時、コンパレータ1からの指令によりチャンネル1電磁弁用電源の出力リレーが作動し、電磁弁1がONになる。設定電圧は、あらかじめセンサを校正し圧力と出力電圧の関係を求め、低圧用（PF₁）、微圧用（PF₂）のそれぞれのセンサの測定可能範囲で決めておく。

次に、コンパレータ1が作動と同時にチャンネル2のコンパレータをアーミング状態にする指令を遅延回路（約0.8秒）を通して出す。図2-3にそのシーケンスのモードを示す。電磁弁1が作動後さらに燃焼圧が下がり低圧用センサの出力電圧が設定電圧(2)以下になった時、今度はチャンネル2のコンパレータから指令が出て電磁弁2がONとなる。そしてその後は、タイマーにより、適当な間隔で電磁弁1, 2共ON, OFFをくり返す。以上のシーケンスが正常に作動した時のモードを図2-4に示す。しかし、図2-5に示すように、電磁弁1が作動する時、電磁弁1がOFFになってから両方ONとなる場合がある。この場合、一時、燃焼圧がどちらのセンサでも測定されないという不具合が生じることにな

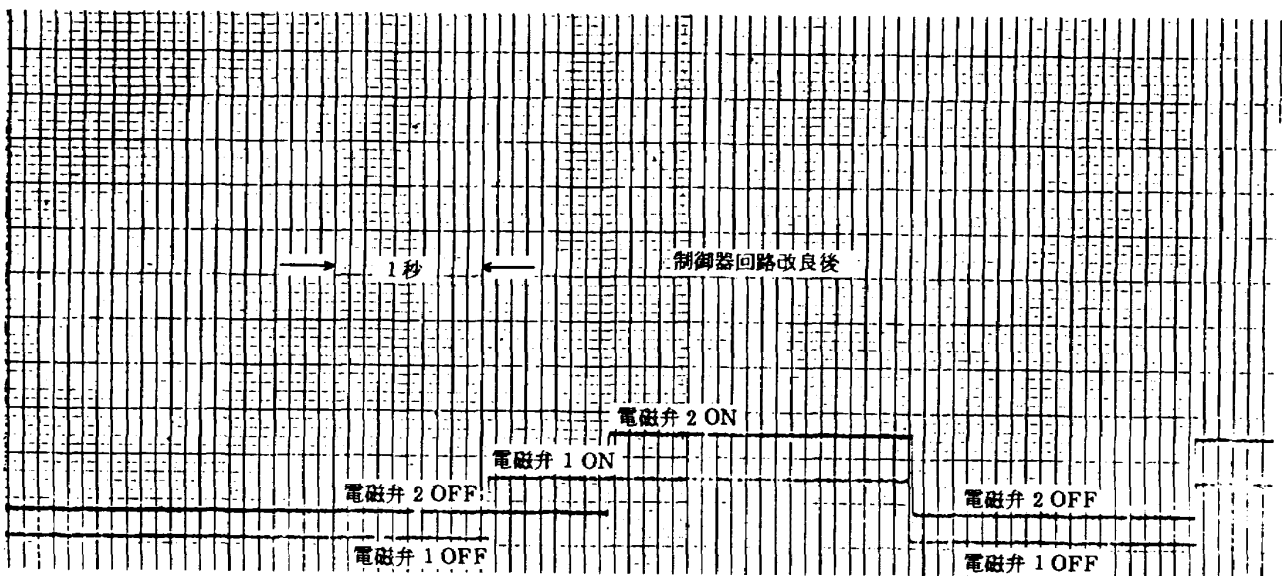


図2-3 制御シーケンス

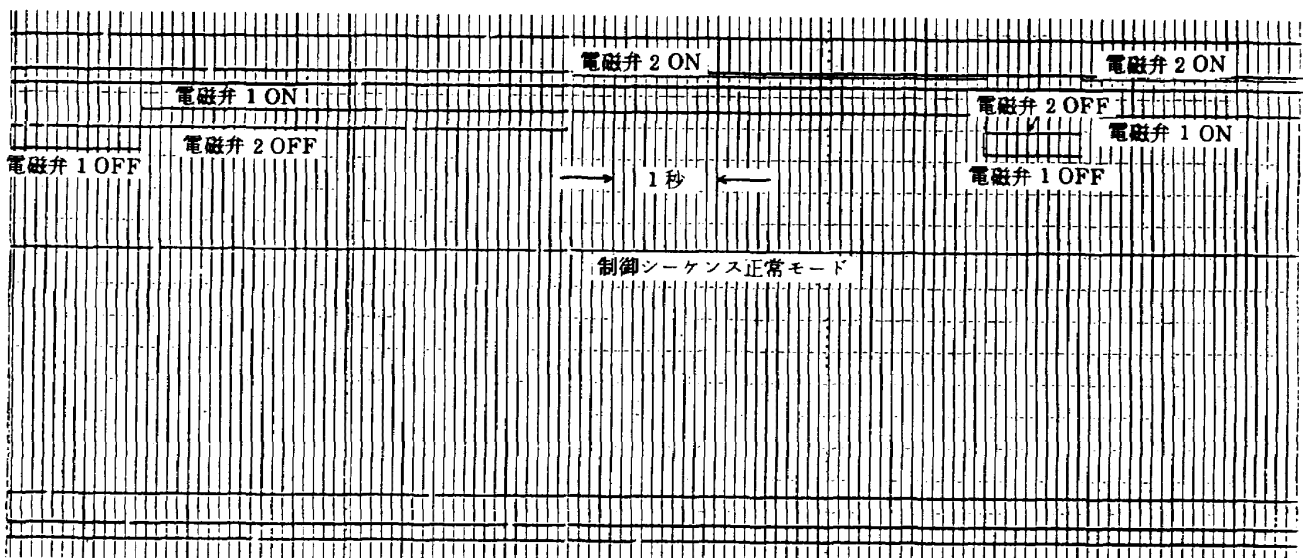
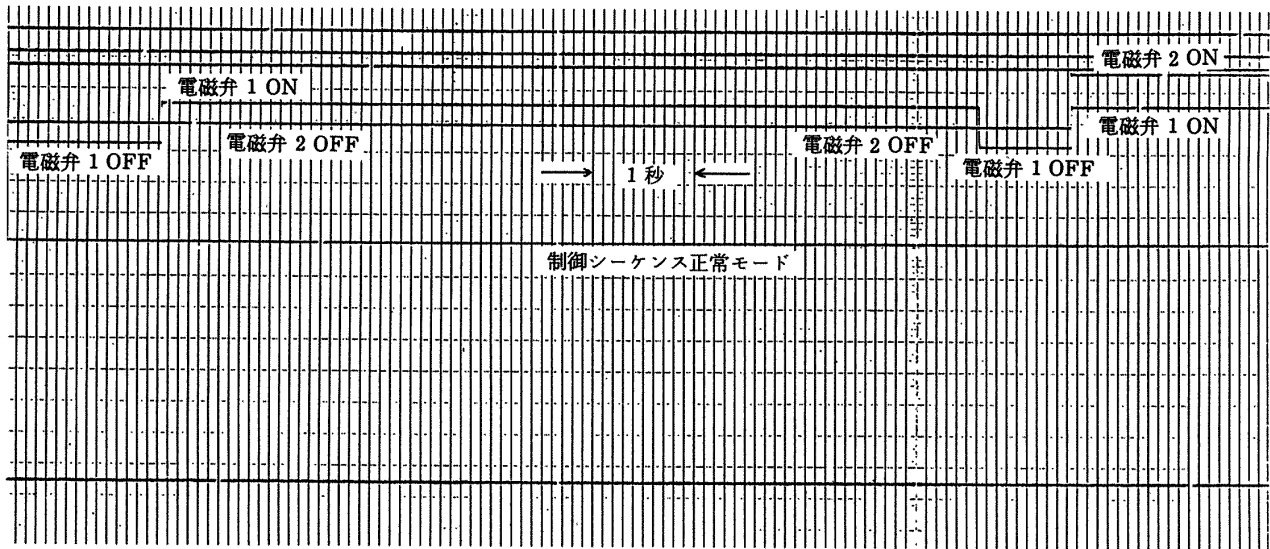


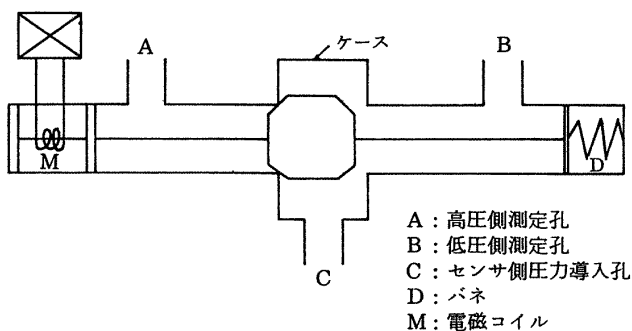
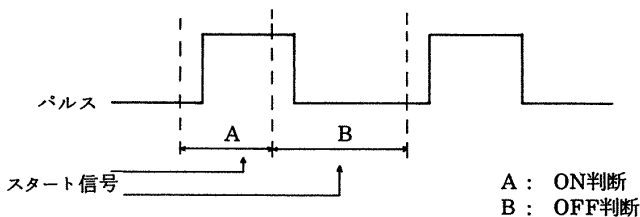
図2-4 正常に作動したときのシーケンスモード



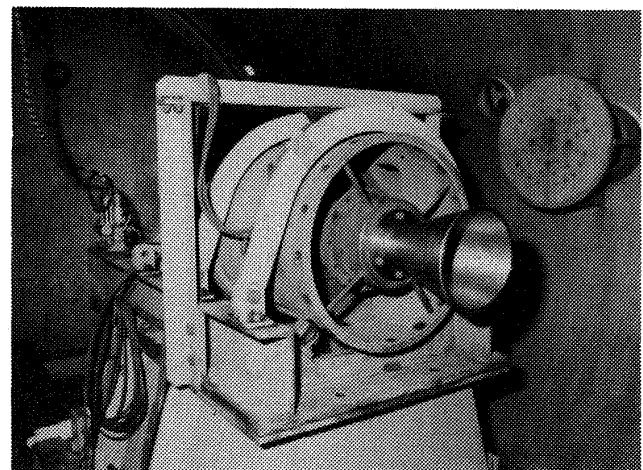
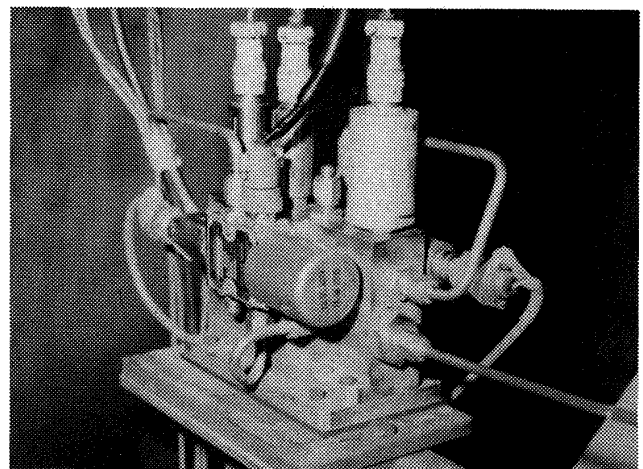
る。この原因は、図 2-6 に示すように、パルス発生回路に入り込むスタート信号が、パルスの ON、OFF いずれの時に入るかによって出力リレーに対する指令も左右される事によるものである。

今回はこの点については改良は行なわなかったが、パルス発生器のスタートを、トリガが入ると必ず ON から始まる、すなわち、電磁弁 2 が ON になるまで電磁弁 1 が ON 状態を保持しているという様な回路にする必要があると思われる。

図 2-7 には装置に使用した三方電磁弁の構造概略を示した。図は OFF の状態を示し、B、C が通じている。ON になると電磁コイル M が働き、バネ D



を押し A、C が通じるようになっている。切換器ブロックとスタンドに取付けた状態 (スピンなしの時) を、図 2-8、図 2-9 に示す。



3. 試験方法及び試験結果

前述の残留内圧測定装置を用いて、以下の試験を行なったのでその方法と結果について述べる。

3.1 150mm径モータHATS燃焼試験²⁾

最初に試験を行なったのは150mm径モータで、スピンをかけない状態での燃焼試験を行なった。図3-1にその結果を示す。

図より、電磁弁1の作動と同時に電磁弁2が作動し、すぐ電磁弁2がOFFになっている事が判る。このためPF₂センサに過大な負荷がかかり（図では飽和状態）、元に復帰しなかった（破損）。シーケンスチェックの時は、電磁弁1と2が同時スタートという現象は起こらなかったが、この原因は、電磁弁1がコンパレータ1からの指令で作動する直後は、PF₂センサの出力値は低圧室圧を示している。そのため、電磁弁1のON指令と同時にコンパレータ2のアーミング状態が始まるので直ちにPF₁の出力電圧と設定電圧との比較が行なわれる。その結果、PF₁センサの圧力上昇前にコンパレータ2が電磁弁2にONの指令を出してしまい、PF₂センサに一時的に過大な負荷がかかりセンサの破損を招いたもので

ある。この不具合を解消するため、図2-2に示す様な電気回路上の変更を行なった。

図3-2にその後行なった150mm径モータの燃焼試験結果の一例を示した。PF₁はほぼ設定通りの圧力で作動しており、PF₂は設定値よりやや低目の圧力で作動していることが判る。PF₂のこの傾向は、のちの試験でも現われている。遅れの原因についての詳しい解析は3・4節で述べるが、以下に装置の簡単な模擬実験を行なったのでその結果について述べる。

3.2 装置単体機能模擬実験

380mm径球形モータHATS燃焼試験²⁾に先立ち、万全を期すため装置の模擬実験を行なった。図3-3にその試験レイアウトの概略を示す。実験手順は、A₁、A₂を真空ポンプ1で常に低圧（低圧室圧相当）にしておき、BにはGN₂でPF₁設定圧以上の圧力をかけておく。GN₂圧をかけたまま切換弁を除々に真空ポンプ2側へ回転させると、やがてPF₁用電磁弁が作動し、さらに切換弁を回転させるとPF₂用電磁弁が作動する様になっている。

PC、つまり初期圧力を減少させていく速度を早くした場合となるべくゆっくりとした場合と行ない、

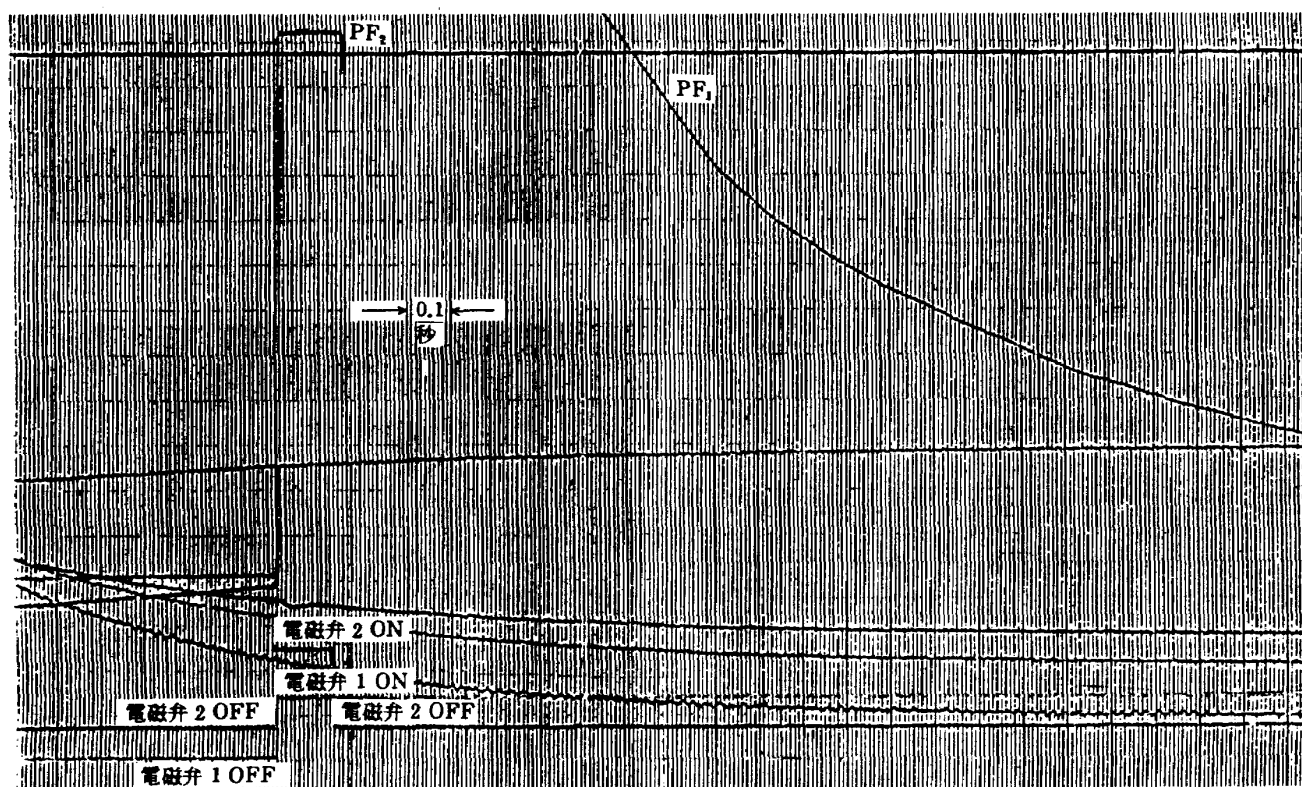


図3-1 150φ Motor 燃焼試験1回目

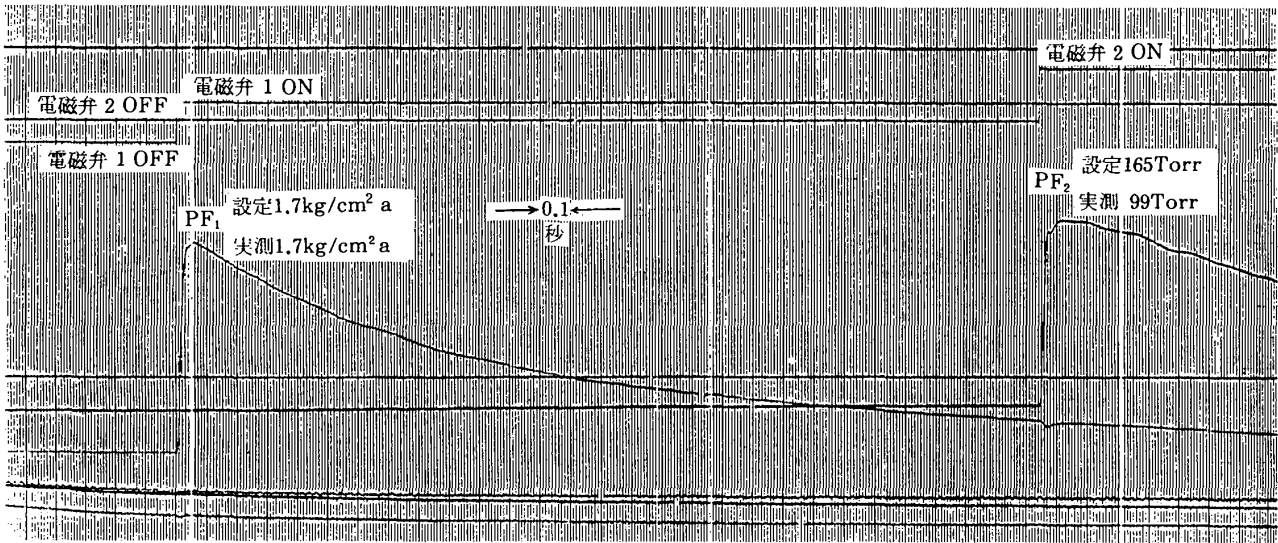


図 3 - 2 150φ Motor 燃焼試験（制御器改良後）

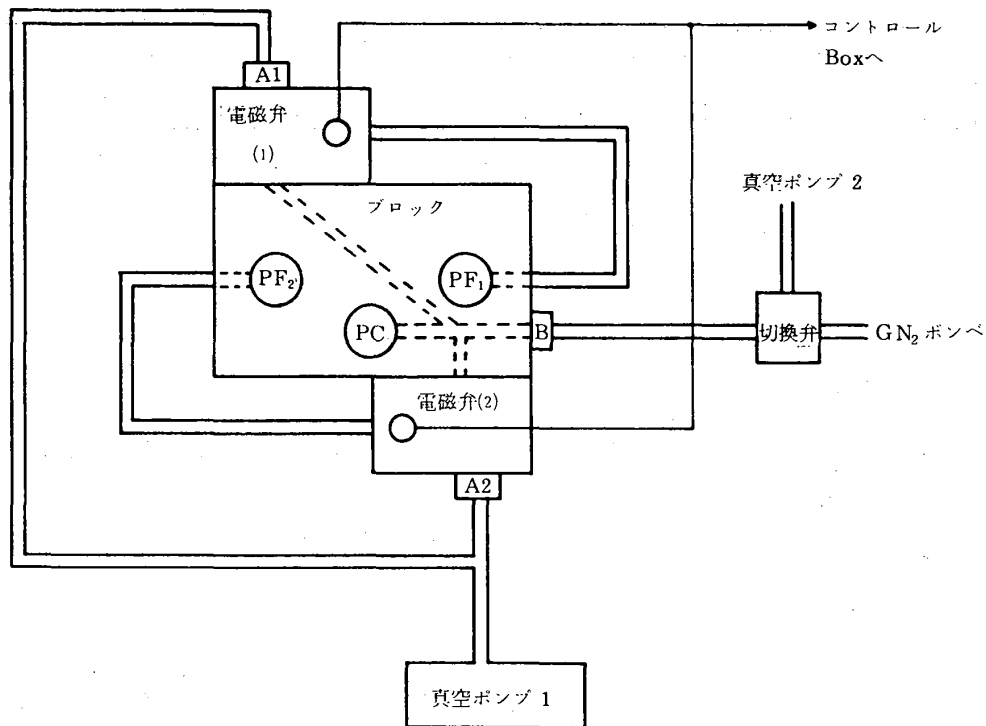


図 3 - 3 切換装置模擬試験概略図

その結果を示したのが図 3 - 4 と図 3 - 5 である。

図 3 - 4 は、 PF_1 作動後 1 秒以内に減圧した時の結果で、図 3 - 5 は PF_1 作動後約 4 秒程度かけてゆっくり減圧した結果である。ここで注目したいのは、 PF_1 、 PF_2 の設定圧と実際に作動した時の到達圧力である。1 回目に行なった時の GN_2 の初期圧は 1 kg/cm^2 G で、2 回目は 2 kg/cm^2 G であった。1 回目の結果は、 PF_1 、 PF_2 共設定圧と実際の作動圧ではかなりの差があり、2 回目は比較的良好に合っているが PF_2 が若干低目で作動している。この事

から PF の実際の作動圧は、 PC の減衰時間にかなり左右される事が判った。

以上の結果をふまえ、380mm 径球形モータの燃焼試験に臨んだ。

3.3 380mm 径球形モータ HATS 燃焼試験²⁾

380mm 径球形モータの燃焼試験は 2 回行なった。その結果を図 3 - 6 と図 3 - 7 に示す。1 回目に使用したモータは前方着火方式で、2 回目は後方着火方式のモータであった。1 回目の試験では PF_2 の作

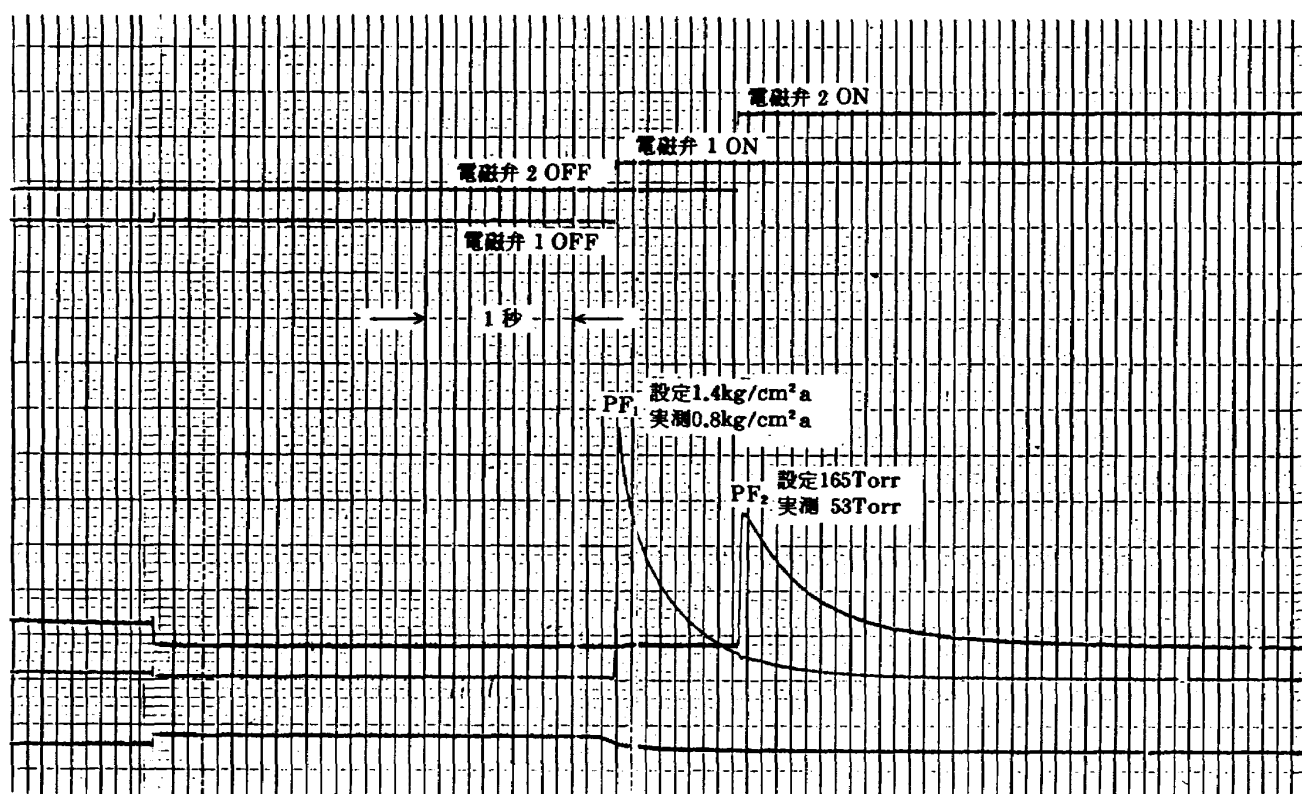


図 3-4 単体機能チェック 1 回目 (急速圧力降下)

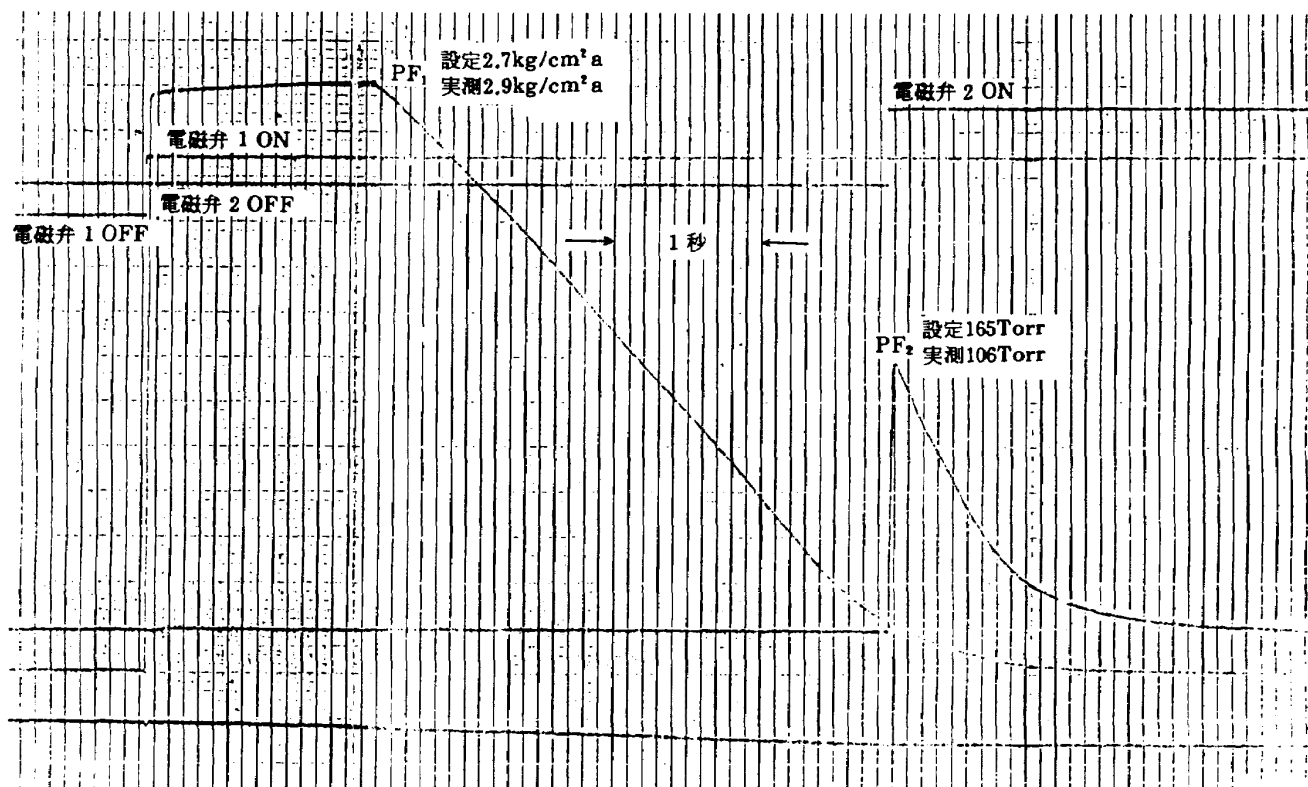


図 3-5 単体機能チェック 2 回目 (緩慢圧力降下)

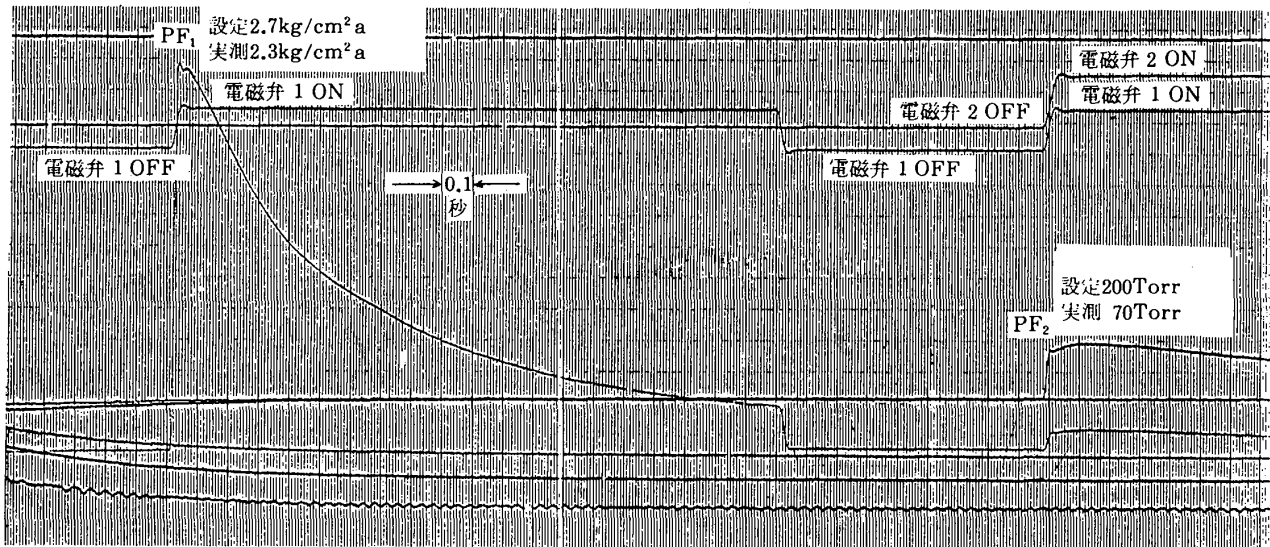


図 3 - 6 380mm 径モータ (A) の結果

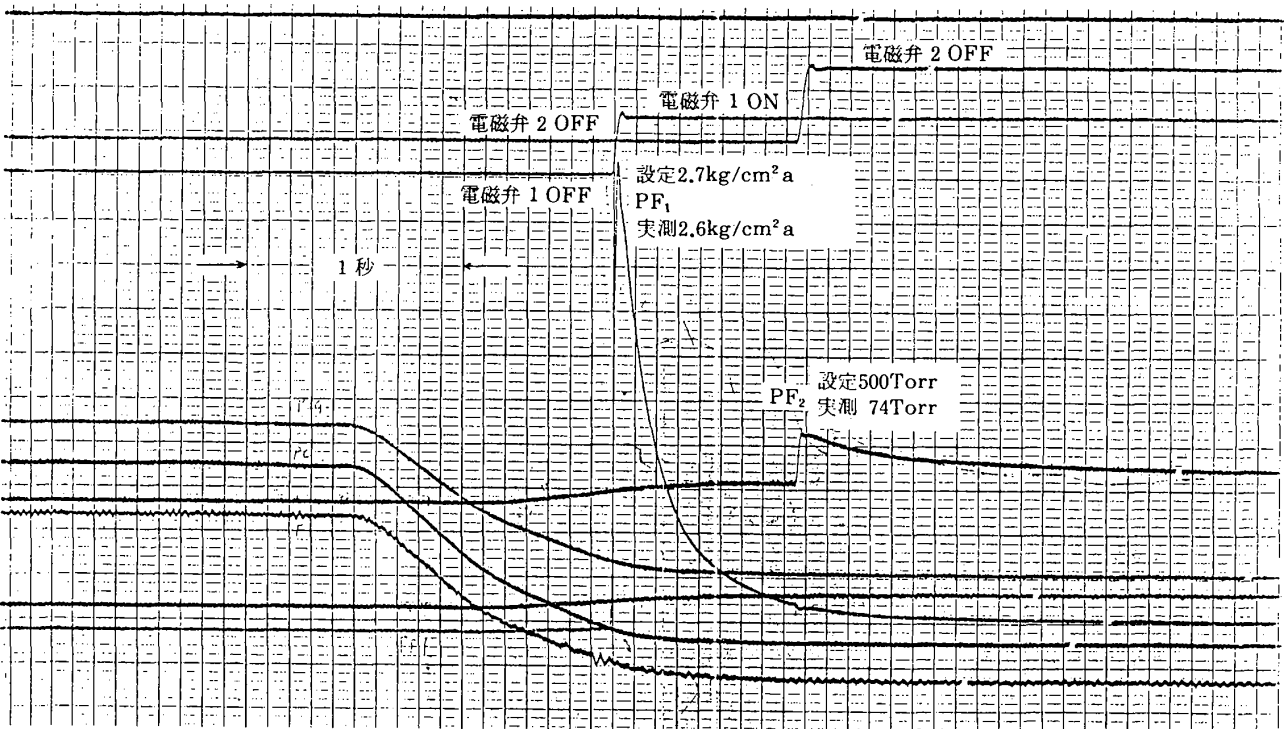


図 3 - 7 380mm 径モータ (B) の結果

動は OFF モードからのスタートであった。そこで 2 回目の試験では、1 回目の結果から、OFF モードで始まって十分計測データが得られるよう設定圧を高くしたが、結果はかなり低目であった。この事は 3 - 2 節で述べた様に、PC の減衰がかなり急激であったのも一因と思われる。PF₁ の作動はどちらも満足する結果であった。

3.4 作動圧の遅れについて

設定した圧力と実際に PF₂ が作動した時の圧力

に差が生じている点について検討してみる。

圧力の測定を行なう上で問題となるのは、圧力の現象がステップ状に変化した場合に生じる応答時間である。これは、配管の径や長さ、圧力計自体の応答特性等によるものである。そこで遅れの要因を、圧力測定系自体がもつ要因と、装置の電氣的、機械的機構から生ずる要因とに分けて調べた。

1) 圧力測定系の遅れ

この点に関しては、配管体積を考慮した系において、圧力がステップ状に変化した場合の圧力応答時

間を求める式³⁾を用いて計算を行なった。実際の圧力変化は下りのランプ状であるが、一般的にはステップ応答の方が遅れが大きいためステップで計算した。

本実験で使用した圧力測定系を、簡単のために図 3-8 に示すモデルで置き換えた。このモデルにおいて、始め系全域に渡って圧力 P_{c0} (初期キャビティ圧) であるとし、時間零において被測定気体のよどみ点圧 P_0 ($P_0 > P_{c0}$) をステップ状に測定部に与えたと仮定し、黒田等の方法³⁾を用いて計算を行なった。

結果を図 3-9 に示す。初期圧力 (50Torr) から定常値 (500Torr) に達する迄、約 3msec の遅れであった。またこの結果は、実際の燃焼試験結果のデジタルデータをプロットした図 3-10、図 3-11 からその妥当性が確認できる。この計算では測定気体の温度を常温としたが、実験の時における配管内温度及び気体の比熱比 γ などを考慮に入れても、せいぜい図 3-9 に示す応答時間の 2 倍程度である。これらの結果から、本実験における配管長さ、径等による遅れは直接的な原因ではないと思われる。

2) 電氣的・機械的要因による遅れ

電磁弁が ON になってからの圧力応答に関しては、前述の計算結果と図 3-10、図 3-11 より遅れはほ

とんどない事が判ったので、電磁弁が ON になるまでの間の時間について調べる。3・2 節で単体機能試験を行なった結果について述べたが、再度試験を

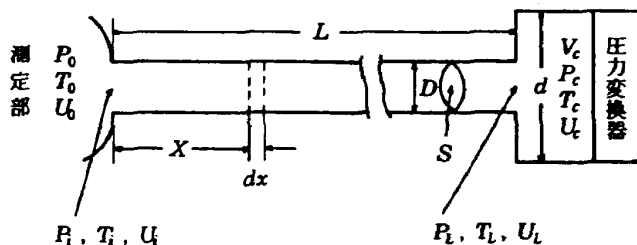


図 3-8 圧力測定系の形状

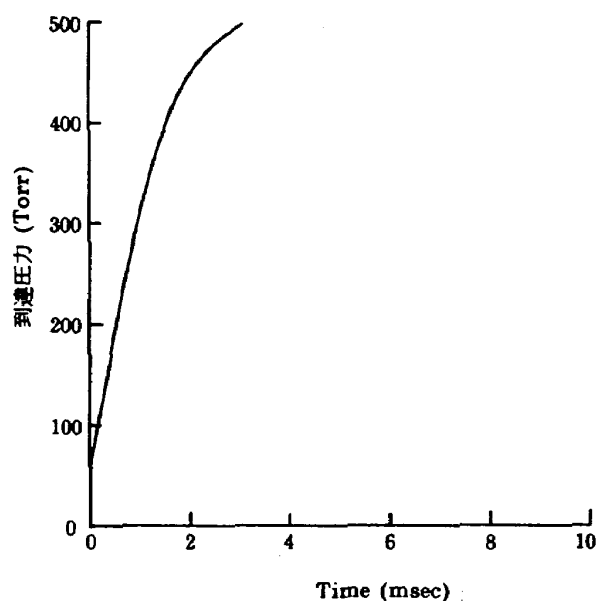


図 3-9 圧力応答計算結果

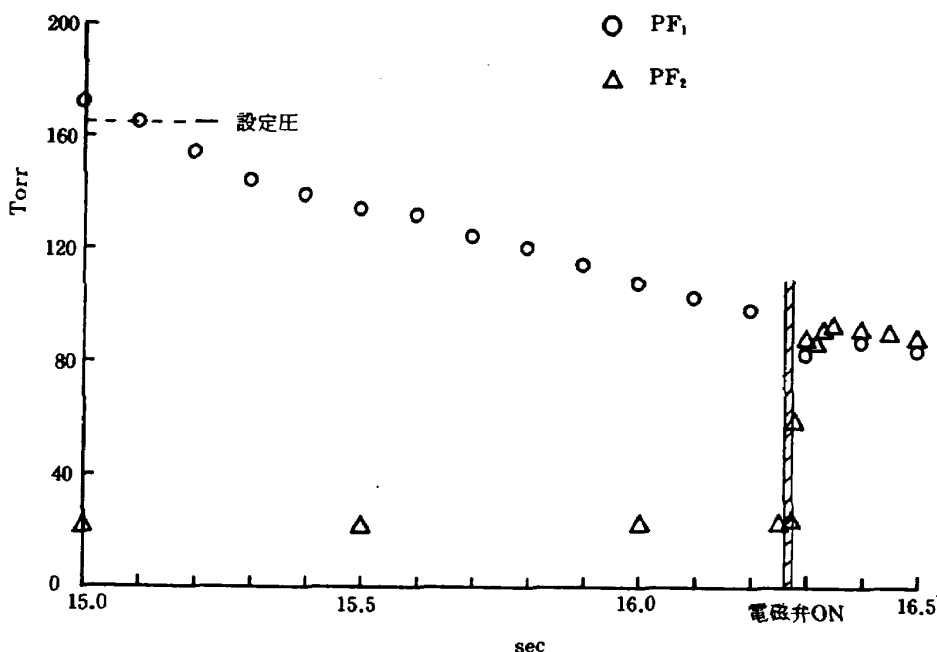


図 3-10 150mm 径モータ燃焼試験

行なってみた。

図 3-12 にその結果を示す。ここでは圧力の減衰を前回よりさらにゆるやかに行なったもので、PF₂の電磁弁の作動時の圧力は、設定圧 500 Torr に対しほぼ一致した値で作動している。なお同図より、出力リレーが作動してから実際に電磁弁が作動

するまでの時間は約 20msec 程度である事が判る。以上 3・2 節の結果と今回の結果から、設定圧と作動圧の大巾な違いの直接的な原因として、コンパレータ部の電気回路に問題があると思われる。つまり、圧力減衰時間の大小によりコンパレータからの指令時間がかなり異なるという事である。

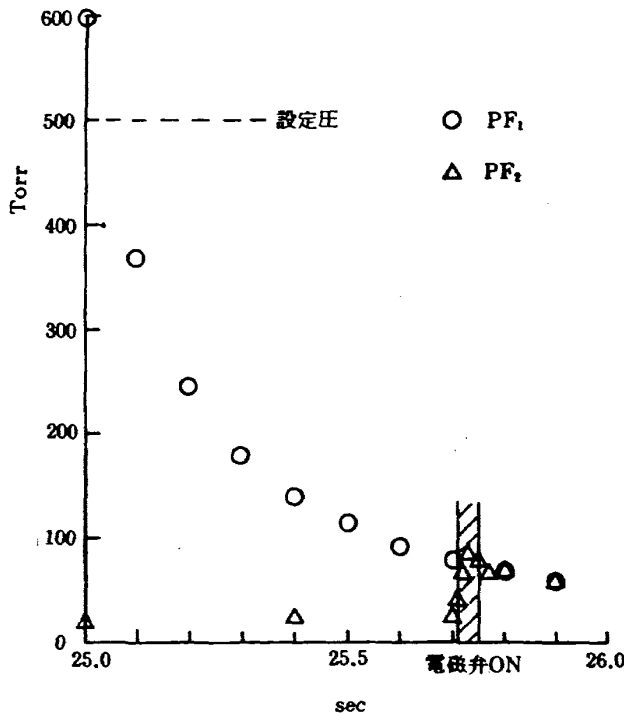


図 3-11 380mm 径モータ燃焼試験

3.5 残留内圧測定精度

残留推力予測精度には残留内圧測定値の計測精度が直接効いてくるので、PF用の微圧用センサの測定値の信頼性について特に吟味する。従来我々が行なっている測定値に対する計測精度を求める方法は、end-to-end 較正をした場合、センサ精度を含むシステム精度と基準器精度の平方和の平方根の値を使用している。今回の場合の実際の値を代入してみると

$$P_s = \sqrt{0.42^2 + 0.08^2} = \pm 0.43 \text{ (Torr)}$$

となり、測定値は、測定値 ± 0.43 Torr の信頼性がある事になる。

そこで今回は、圧力センサ自体スピンのかかっていること、電磁弁がすぐ近くにあること、真空ポンプにより排気されていること等、ノイズ源を考慮し、測定値自体のバラツキについて詳細に調べてみた。

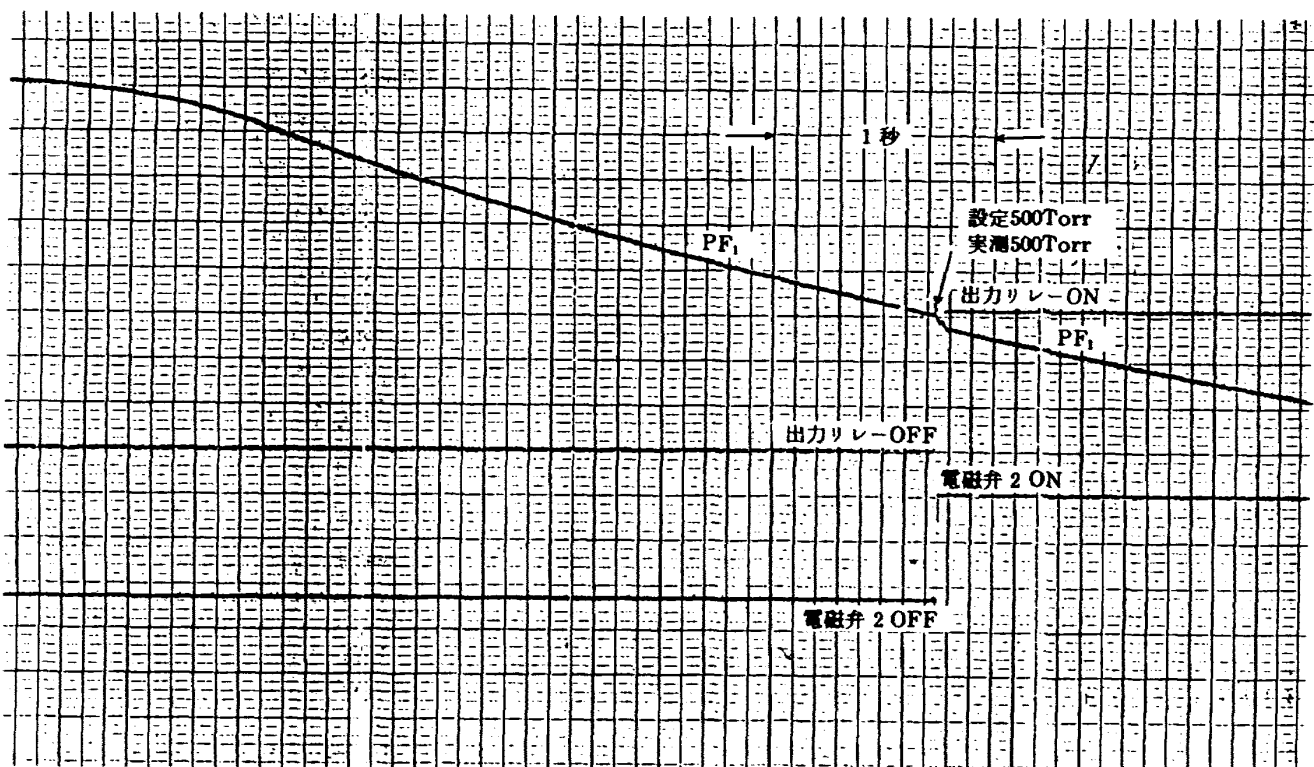


図 3-12 切換器機能試験

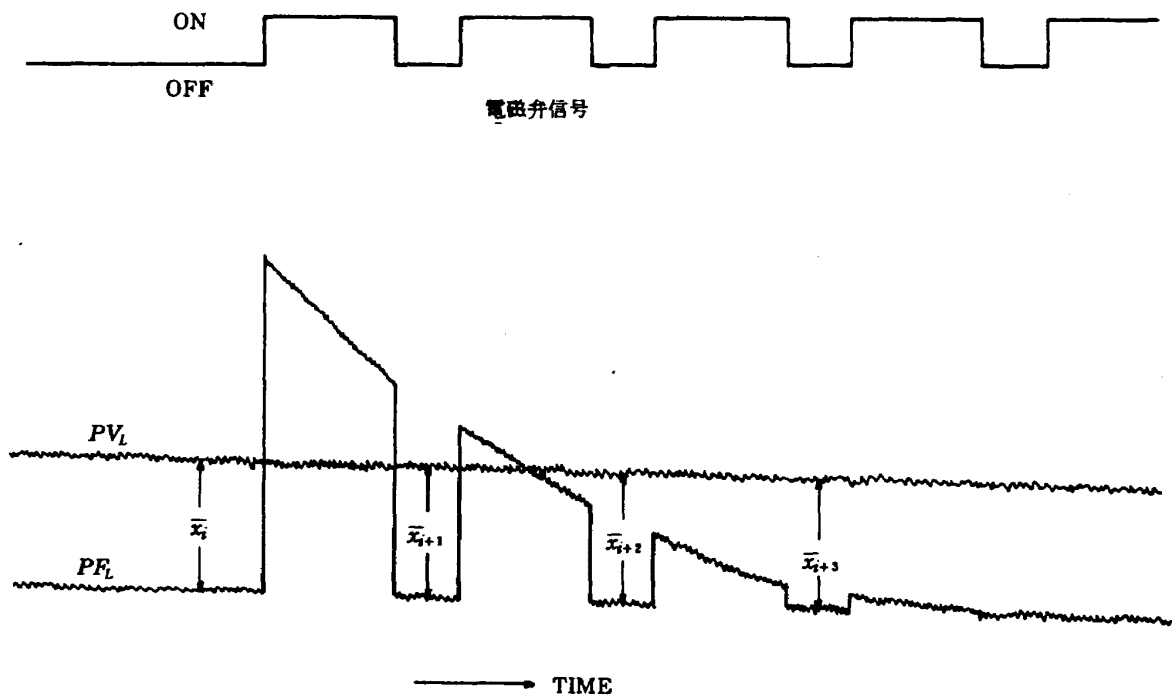


図 3-13 同一量での二つの測定系の指示値

複数のセンサで一つの量（低圧室圧力）を測定する場合、当然各々のセンサの指示値が異なる。また一つの測定系の変動からは、それが信号なのかノイズなのか識別不能なため、二つの測定系（残留内圧を求めるために必要な PF 用微圧センサ・PF₂と低圧室圧力測定用微圧センサ・PV_Lの指示値）の変動を比較した。結果を図 3-13 に示す。この二つの測定系の差 (x) の変動でノイズの大きさが代表され、これを統計処理すれば標準偏差 (σ) という形で表わされる。ここでは測定目的以外の信号は全てノイズとし、測定系の差の平均値 \bar{x} と σ を以下のように定義してデータを処理した。

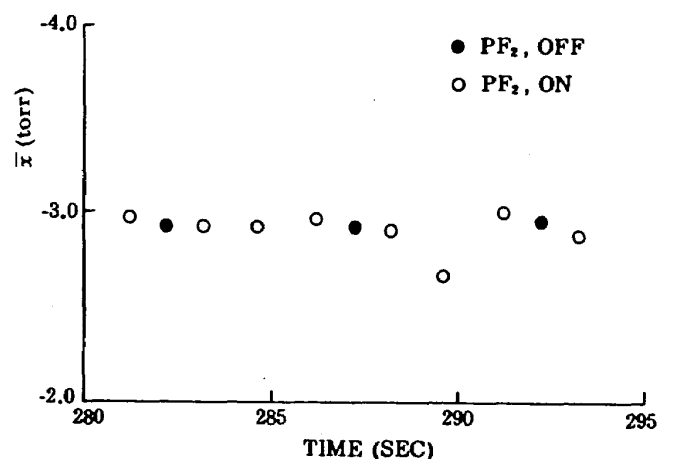
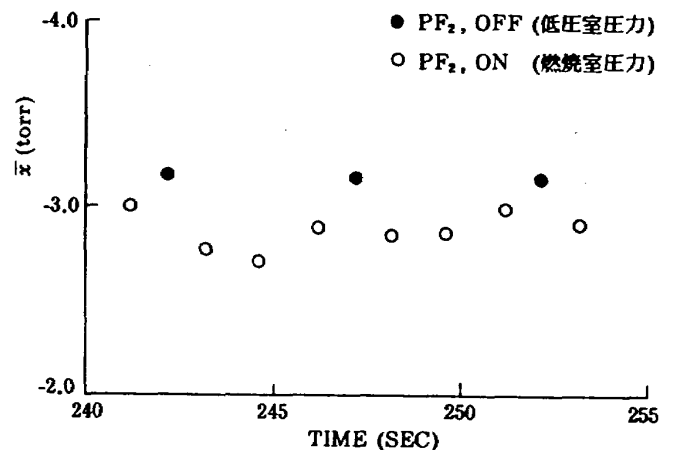
$$\bar{x} = 1/N \sum_{i=1}^N x_i \quad x_i = PF_{2i} - PV_{Li}$$

$$\sigma = \sqrt{(\sum x_i^2 - N\bar{x}^2)/(N-1)}$$

ここで N はデータのサンプル数である。

はじめに、今回の実験で残留内圧測定装置の電磁弁の作動が PF₂ センサに与える影響の有無について調べた。

十二分に時間を経た後のチャンバー内の圧力は低圧室圧力に等しい。ゆえに PF₂ が電磁弁の影響を受けなければ ON・OFF に関係なく \bar{x} はほぼ一致しなければならない。そこで計測開始後 240 秒以降の \bar{x} を図 3-14、図 3-15 に示した。図 3-14 の SGDM-

図 3-14 SGDM-A の \bar{x}

A (380mm 径モータ第一回目燃焼試験) で \bar{x} は 240 ~ 250 秒において ON の時だけ約 0.3 Torr 大きい。もしこれが電磁弁からの影響ならば 280 ~ 290 秒間

でも \bar{x} は同じ結果になるはずである。しかし \bar{x} はほぼ一致しており、さらに0.3Torrは測定精度0.43 Torr以下なので、これは測定誤差と判断した。又、図3-15のSGDM-B(380mm径モータ第二回目燃焼試験)についても \bar{x} はほぼ一致している。以上のことからPF₂の指示値は、SGDM-A, Bの両実験において、電磁弁からの影響は受けていないと判断できる。

次に、電磁弁がOFFの時のPF₂とPV_Lの差の平均値 \bar{x} と標準偏差 σ から、残留内圧の算出方法とその精度について述べる。 \bar{x} と σ は表2, 表3に示す。この表での時間0秒は計測開始時間である。又、ここでは精度の高いPV_Lの指示値を信頼して低圧室圧力と定義している。この表の \bar{x} に関してプロットしたのが図3-16である。この図からわかるように、同じ低圧室圧力を測定しているにもかかわらず、SGDM-Aで約3.3Torr, SGDM-Bで約2.5 Torrの差が生じている。この差 \bar{x} は時間と共に変化しており、さらにPV_Lの指示値も低圧室を真空ポンプで排気している為、表2, 表3に示すように時間と共に

に変化している。そこで、PF₂で測定された燃焼室内圧は、各々1つ前のOFFの時に算出した \bar{x} で補正しなければならない。ゆえにPF₂がONの時、補正したPF^{*}は

$$PF^* = PF_2 - \bar{x}$$

となる。このPF^{*}から残留内圧PFは

$$PF = PF^* - PV_L$$

となる。ここで、計測精度は0.43Torrであるから、

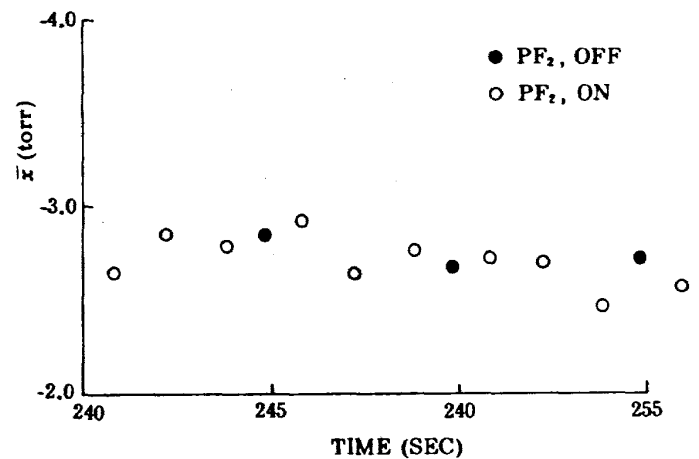


図3-15 SGDM-Bの \bar{x}

表2 SGDM-Aの \bar{x} と σ の値
PF2 OFF START 28.1SEC. ~

TIME(SEC)	SAMP.	PVL(TORR) (MV2-ON)	\bar{x} (TORR)	σ
1.00 ~ 10.00	10		-3.491	0.292
24.90 ~ 27.90	31	26.432	-3.124	0.324
32.20 ~ 32.90	8	26.324	-3.462	0.261
37.20 ~ 37.90	8	26.216	-3.406	0.056
42.20 ~ 42.90	8	26.324	-3.447	0.096
47.20 ~ 47.90	8	27.838	-3.421	0.174
52.20 ~ 52.90	8	27.189	-3.260	0.217
57.20 ~ 57.90	8	26.649	-3.063	0.
62.20 ~ 62.90	8	26.324	-3.147	0.038
67.20 ~ 67.90	8	26.000	-3.258	0.
72.20 ~ 72.90	8	25.675	-3.341	0.038
77.20 ~ 77.90	8	25.351	-3.439	0.038
82.20 ~ 82.90	8	25.027	-3.207	0.186
87.20 ~ 87.90	8	24.810	-3.359	0.167
92.20 ~ 92.90	8	24.486	-3.259	0.210
97.20 ~ 97.90	8	24.161	-3.106	0.
242.20 ~ 242.80	4	18.214	-3.168	0.211

表 3 SGDM-B の \bar{x} と σ の値
PF2 START 25.80 SEC. ~

TIME(SEC)	SAMP.	PVL(TORR) (MV2-ON)	\bar{x} (TORR)	σ
1.00 ~ 10.00	10		-2.056	0.224
24.10 ~ 25.70	17	25.089	-1.593	0.302
29.90 ~ 30.60	8	26.603	-2.421	0.038
34.90 ~ 35.60	8	26.495	-2.340	0.069
39.90 ~ 40.60	8	26.495	-2.523	0.229
44.90 ~ 45.60	8	28.117	-2.428	0.294
49.90 ~ 50.60	8	27.468	-2.428	0.379
54.90 ~ 55.60	8	26.819	-2.586	0.226
59.90 ~ 60.60	8	26.386	-2.354	0.050
64.90 ~ 65.60	8	26.170	-2.425	0.
69.90 ~ 70.60	8	25.846	-2.286	0.232
74.90 ~ 75.60	8	25.521	-2.529	0.398
79.90 ~ 80.60	8	25.305	-2.576	0.353
84.90 ~ 85.60	8	25.089	-2.517	0.256
89.90 ~ 90.60	8	24.764	-2.602	0.
94.90 ~ 95.60	8	24.764	-2.232	0.149
240.00 ~ 240.60	4	18.276	-2.874	0.
265.00 ~ 265.60	4	17.627	-2.760	0.

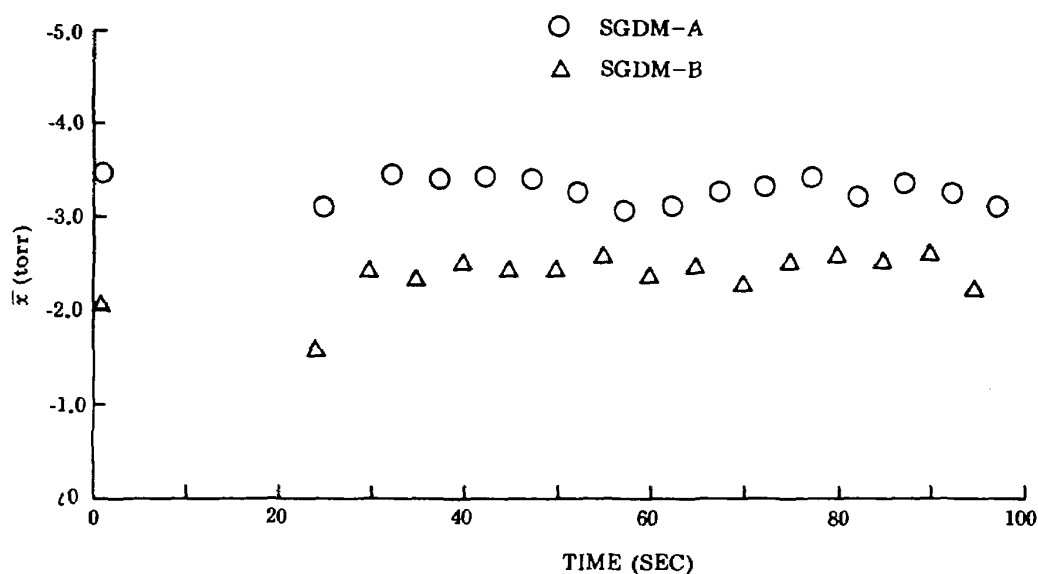


図 3-16 \bar{x} の変化

残留内圧 PF の値が $PF < 0.43$ での議論はデータの信頼性の面から無意味である。又、標準偏差 σ が計測精度より大きければその直後の PF の値も信頼性がないことになる。しかし、今回の実験では、表 2、表 3 に示したように σ (σ は、スリッピングを介す

PF₂ と、そうでない PV_L との差の変動の標準偏差であるからスピンによるノイズも含んでいる) が最大でも 0.4 Torr 以下であるため、測定結果は十分満足のいくものであった。

4. 結 論

今回行なった 150mm 径及び 380mm 径モータの HATS 燃焼試験の際に使用した残留内圧測定装置の機能に関し以下の事が得られた。

- 1) 本装置の機構原理については、十分その機能を満足し得るものである事が判った。
- 2) 実際の燃焼試験に於ける微圧測定側の作動圧と設定圧との差が大きい事については、燃焼内圧の予測カーブを十分考慮することと、コンパレータの機構に改良を加える必要がある。
- 3) 装置の制御回路に於いて、微圧側電磁弁の作動がしばしば OFF モードからスタートする事があるため、電気回路上の改良が必要である。
- 4) 本装置に使用した低圧用、微圧用センサは、精度並びに加速度感度に関し、十分満足のいくものであることがわかった。

以上の様に、本装置は初期の目的を十分果したものと考えられるが、更に小型化と電気回路上の改良を加えれば、より良い装置となり得るものと考えられる。

謝 辞

本研究に関して終始御鞭撻及び御助言をいただいた角田支所・新岡嵩室長と三谷徹主任研究官、宇宙開発事業団・斉藤紀男主任開発部員に感謝致します。また圧力応答計算にあたって、角田支所・黒田行郎技官の御協力を頂いた。尚、本装置の設計、製作に於いては、日産自動車(株)、サコム(株)の協力で行なったものであり、感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) NAL-NASDA 共同研究報告書「NⅡ ロケットモータの確認燃焼試験」(昭 55 年)
- 2) NAL-NASDA 共同研究報告書「上段固体ロケットモータの信頼性評価基準に関する実験的研究(その3)」(昭 57 年), (印刷中)
- 3) 黒田他, 「低圧における圧力測定系の時間遅れ」航技研報告書 TM-415 (1980. 5)

航空宇宙技術研究所資料515号

昭和58年7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)47-5911(大代表)〒182

印刷所 株式会社 東京プレス
東京都板橋区桜川2-27-12
