

航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-319

フライングテストベッド全機作動実験

— 予備・第1次・第2次実験 —

滝澤直人・田辺義一・渋谷昭義
小川敏雄・藤枝郭俊・甲斐忠夫
宮本義人・小野幸一・鳥崎忠雄

1973年6月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

既 刊 報 告

- | | | | |
|--------|--|----------|--|
| TR-301 | 観測系の評価に関するひとつの数学的理論
A Mathematical Theory on Evaluation of
Observation Systems | 1972年9月 | 木村武雄 |
| TR-302 | Kalman-Bucy フィルターによる誘導誤差の
推定
Estimation of Guidanc Errors by Kalman-
Bucy Filtering Technique | 1972年10月 | 村田正秋 |
| TR-303 | ジンバルエンジン駆動用油圧制御系に適した
IDPF サーボバルブの研究
Studies of IDPF Servovalve Appropriate
for Gimbaled Engine Positioning Hydraul-
ic Control Systems | 1972年11月 | 畑山茂樹 |
| TR-304 | ドラッグカップ型ジャイロモータの同期化制御
の研究
Study on a Synchronizing Control of a
Drag-Cup Gyro Motor | 1972年11月 | 山田 博 |
| TR-305 | オイラー角表示による座標変換のアルゴリズム
Coordinate Transformation Algorithm by
the Eulerian Angels Representation | 1972年11月 | 狼 嘉彰 |
| TR-306 | フライングテストベッド用付帯設備の計画
System Design of Facilities for VTOL
Flying Test Bed at National Aerospace
Labatory | 1972年11月 | 滝沢直人, 洪谷昭義
小川敏雄, 藤枝敦俊
甲斐忠夫, 官本義人
田辺義一, 小野幸一
竹内和之 |
| TR-307 | プラズマ風洞アーク加熱器, ノズル流および
ノズル噴流に対する諸考察
Some Characteristics of the Arc-Heater,
Nozzle Flow, and the Underexpanded Jet
in the NAL 60kW Plasma Wind Tunnel | 1972年12月 | 松崎利一, 平林則明 |
| TR-308 | 固体ロケット推進薬の超音波探傷
On the Ultrasonic Inspection of Separation
in Solid Propellant Rocket Motors | 1972年12月 | 清水盛生, 野口義男
種村利春 |
| TR-309 | 複数翼をすぎる二次元, 非圧縮, ポテンシャル
流れの緩和法による計算
A Numerical Calculation of a Two-Dimen-
sional Incompressible Potential flow
Around a Set of Airfoils by Applying the
Relaxation Method | 1973年1月 | 中村正義 |
| TR-310 | 圧縮流体の Navier-Stokes 方程式に対する数
種の差分法とその評価
An Evaluation of Several Difference Me-
thods for Compressible Navier-Stokes
Equations | 1973年3月 | 石黒登美子 |
| TR-311 | 界面最大引張り応力基準での固体推進薬での降
伏曲面 (三次元) について
On a Failure Criterion of a Solid Propel-
lant under Tri-axial Stress Fields | 1973年3月 | 遠藤修司, 河田幸三 |
| TR-312 | 最適制御理論を応用したフレア制御系につい
て
Simulation Study on Flare Control System
by Optimization Theory | 1973年3月 | 渡辺 顯, 堀川勇壮 |
| TR-313 | BTE 翼型の遷音速二次元翼列についての一
実験
Experimental Investigation of Two-Dimen-
sional Cascade Performances with Blunt
Trailing Edge Blade Sections at Transonic
Inlet Mach Number Range | 1973年3月 | 坂口 一, 近藤 博
高森 晋, 岩下敬吾 |

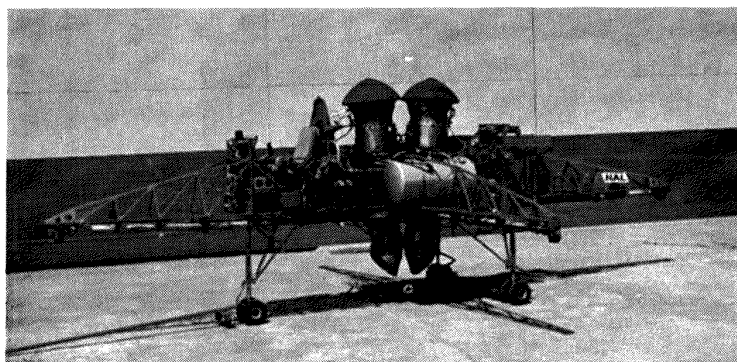


Figure 1 Flying Test Bed with curved jet pipes (「3.3.(3)」)
フライングテストベッド (曲りジェットパイプ付)

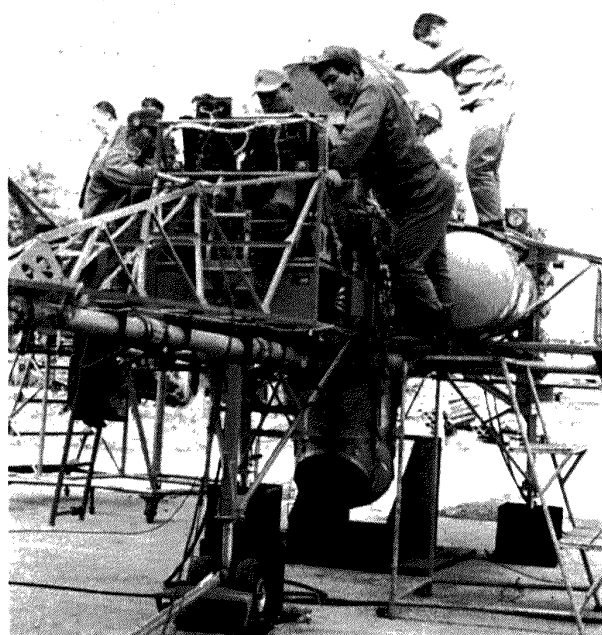


Figure 2 Over-all check (「7.1」)
全機点検

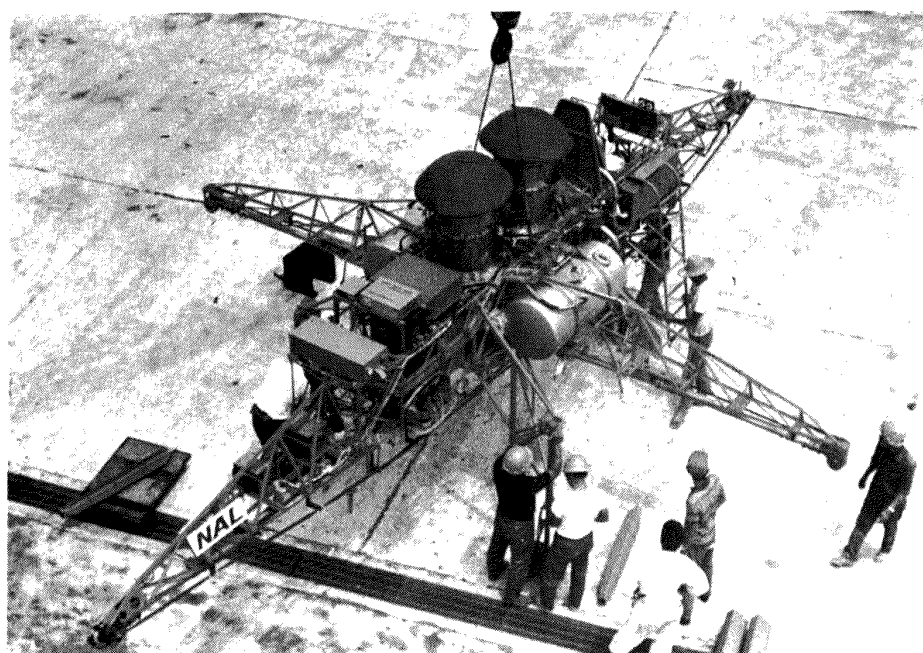


Figure 3 Re-assembly work (「7.2」)
再組立作業

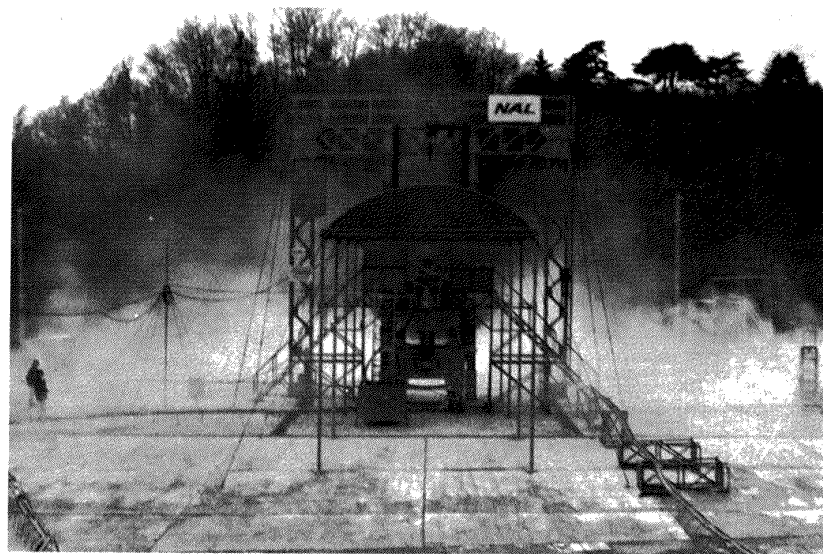
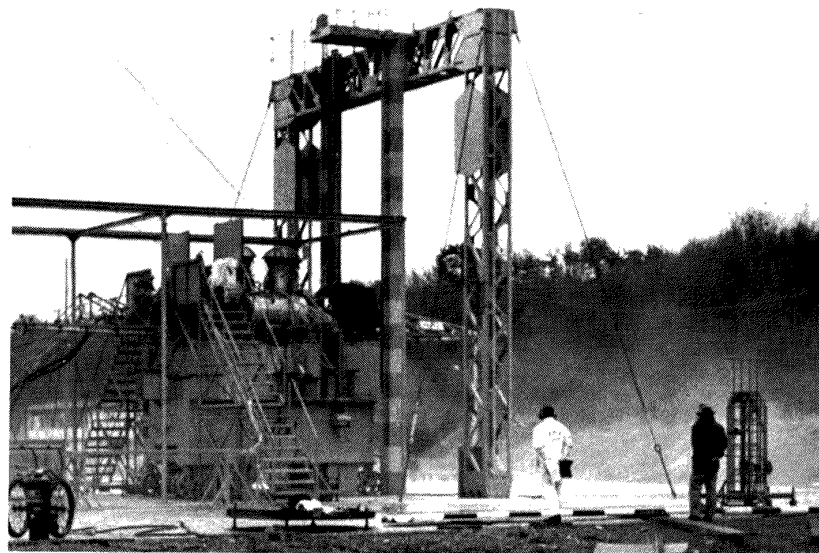


Figure 4 Ground operation (「F9」)
地上運転

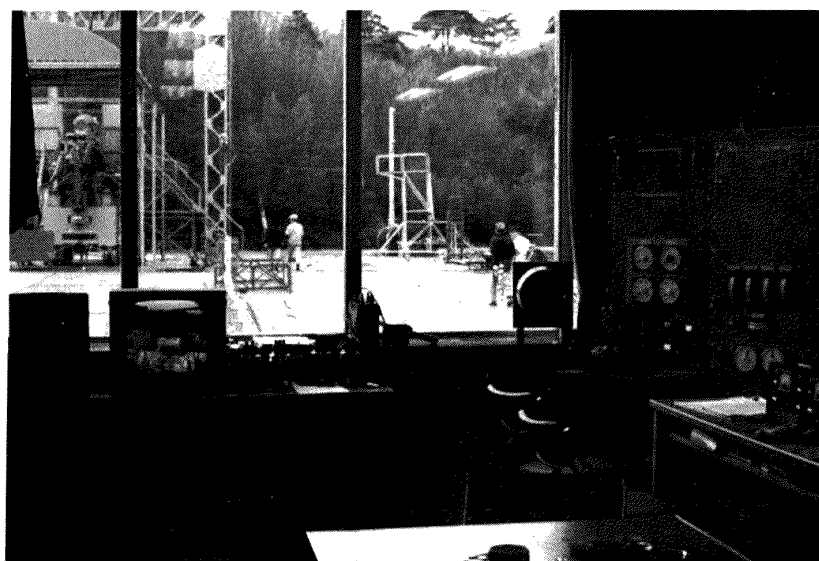


Figure 5 Remote control operation room (「F5.1」)
遠隔操作運転室

目 次

1. ま え が き	1
2. 記 号	2
2.1 主記号および単位	2
2.2 添字記号	2
2.3 略字記号	3
3. FTB	3
3.1 正 規 状 態	3
3.2 エンジン制御システム	5
3.3 実 験 用 機 装	6
4. 実 験 設 備	8
5. 計 測	8
5.1 計 画 一 般	8
5.2 直 接 計 測	8
5.3 テレメータ計測	10
5.4 地 上 計 測	11
6. 実 験 運 営	11
6.1 計 画	11
6.2 器 材 展 開	11
6.3 実 験 準 備	13
6.4 実 験 要 領	14
6.5 実 験 記 録	15
6.6 撤 収	15
7. 安全対策実験	15
7.1 予 備 実 験	16
7.2 第 1 次 実 験	16
8. 実 験 内 容	17
9. 実 験 結 果	17
9.1 運 転 記 録	17
9.2 エンジン作動特性	19
9.3 排気温度特性	19
9.4 エンジン作動に関連する FTB 各部の特性	20
9.5 外部騒音特性	21
10. 実験に関する特記事項	21
10.1 始 動 空 気	21
10.2 燃料始動ブースト圧	22
10.3 抽 気 孔 面 積	22
10.4 曲りジェットパイプ	22
10.5 地 面 効 果	22
10.6 気 流 試 験	23
10.7 排気の吹上げ対策	23
11. む す び	23
文 献	23

担 当 部 長 武田 峻 (新型航空機部), 松木正勝 (原動機部)

担 当 者

予 備 実 験 滝澤直人, 渋谷昭義, 田辺義一(以上新型航空機部), 鳥崎忠雄(原動機部)
富士重工業株式会社

第 1 次 実 験 ◎滝澤直人, ○渋谷昭義, 田辺義一, 小川敏雄, 藤枝郭俊, 甲斐忠夫, 宮本義人, 岡田典秋 (以上新型航空機部), 小野幸一 (機体第一部), 十河弘, 飯田哲夫, 山下浩之, 福田恒彰, 三神将広, 岡田米男, 阿部好孝, 去川武彦, 荻部昭寿, 鈴木 昇, 尾池義人, 杉浦周男, 大関貞夫, 田那辺博, 境野正一, 茨城祐二, 小口宏蔵, 福地昌男, 大澤脩宏, 加藤孔二 (以上富士重工業株式会社), 増原 恢, 池上 博 (以上日本電気株式会社), 田中新太郎, 石野幸平 (以上大和製衡株式会社), 相原健一 (石川島播磨重工業株式会社), 後藤芳夫 (飛行実験部), 鳥崎忠雄 (原動機部), 竹内和之 (機体第一部)

第 2 次 実 験

機 体 ◎滝澤直人, ○渋谷昭義, 田辺義一, 小川敏雄, 藤枝郭俊, 甲斐忠夫, 宮本義人, 岡田典秋 (以上新型航空機部), 小野幸一 (機体第一部), 十河弘, 飯田哲夫, 渡辺一晴, 川崎純男, 阿部好孝, 山本薫, 中澤政美, 和田野繁, 境野正一, 茨城祐二, 大澤脩宏, 古橋一郎 (以上富士重工業株式会社), 池上 博 (日本電気株式会社), 岡山勝彦, 岡田亘司 (以上大和製衡株式会社), 竹内和之 (機体第一部)

エ ン ジ ン ◎鳥崎忠雄, 吉田 晃, 中山 晋, 岩部柱相, 武田克己, 関根静雄, 越沼威 (以上原動機部), 相原健一, 笹生芳男, 畠山忠利, 今園賢一 (以上石川島播磨重工業株式会社)

運 転 者 後藤芳夫 (飛行実験部), 武藤 功 (石川島播磨重工業株式会社), 鈴木昇, 尾池義人 (以上富士重工業株式会社)

庶務・警備 角田支所管理課

広 報 管理部企画課

データ解析 滝澤直人, 田辺義一, 小川敏雄, 藤枝郭俊, 甲斐忠夫, 宮本義人, 渋谷昭義, 小野幸一

執 筆 者 滝澤直人, 田辺義一

【注】 ◎; 主任, ○; 副主任

フライングテストベッド全機作動実験*

— 予備・第1次・第2次実験 —

滝澤直人**・田辺義一**・渋谷昭義**

小川敏雄**・藤枝郭俊**・甲斐忠夫**

宮本義人**・小野幸一***・島崎忠雄****

Ground Operation Tests of Flying Test Bed for VTOL Aircraft at National Aerospace Laboratory

By Naoto TAKIZAWA, Yoshikazu TANABE, Akiyoshi SHIBUYA,
Toshio OGAWA, Hirotohi FUJIEDA, Tadao KAI,
Yoshito MIYAMOTO, Koichi ONO and Tadao TORISAKI

This paper describes the ground operation tests of the Flying Test Bed which has been developed by NAL, for the purpose of studying problems associated with hovering, vertical take-off and landing of VTOL aircraft.

The tests were carried out in three steps, namely, engine motoring at the factory, over-all rehearsal in the field and actual operation.

In the tests, FTB was fixed on the force test stand at a height of about two meters and controlled remotely from the control room about fifty-meters away. Total engine running time was about five hours in the forty-four operations and about thirty items were measured in each operation by special wiring, telemetering and others.

Test results showed many useful data about the performance of the engine and related systems, the temperature rise on the FTB and others by exhaust gas, the bleed air characteristics, the vibration of the framework and instrument panel, the telemetering characteristics and the noise level on the FTB and test field.

1. ま え が き

VTOL機の垂直離着陸およびホバリング時の飛行性を研究するためのフライングテストベッド¹⁾(FTB, Flying Test Bed)は、昭和43年3月までに機体とエンジンを完成して、それぞれの機能確認を終了した²⁾。

両者を組合わせて艀装を行なえば、全機が完成するわけであるが、試作後間もないJR100Fリフトエンジン³⁾を多くの新しい試みを取り入れた機体システム

の中に組込むので、全機完成の時点で、(1)機体に装備した状態でのエンジン運転性能、(2)エンジン運転に直接関与する機体システムの作動特性、(3)エンジン運転によって生ずる機体システムへの影響、その他の関連、などの実験解析を行なうことが重要となる。この目的をもって全機作動実験を実施した。

この実験は、野外における大掛りな試運転ともいふべき実験であるので、実験安全のための準備は入念なほどよい筈である。このため昭和43年5月14日および16日には、富士重工業(株)宇都宮製作所において、エンジンの始動に関する作動確認のための予備実験を行ない、また昭和43年7月10日から27日まで角田支所において器材の展開、実験準備、実験方法および非常時対策などを实地に当って検討し、これを第1次

* 昭和48年2月28日受付

** 新型航空機部

*** 機体第一部

**** 原動機部

実験と称した。

その後約半年の準備期間において同年 12 月 6 日から 13 日まで同所において約 50 m の遠隔操作方式による運転実験を行ない、他に展開に 11 日、撤収に 7 日を要した。これを第 2 次実験と称した。

全機作動実験はエンジンの運転を中心に行なわれるが、この時の各部の機能や特性は相互関連を有するので、上記 3 つの目的にかなう実験区分に分類報告することはむずかしく、またそのようにしなくとも目的に対する評価ができると考えたので、本報告では実験の方法ならびに結果について総合的に報告することにした。またこの種の実験では興味ある現象に対する技術的検討もさることながら、結果を得るに至るまでの経過ならびに計測データそのものが重要と考えて、これらを忠実に報告するように努めた。なお本報告では特記の外第 2 次実験を中心に報告する。

本実験によって全機の作動特性が確認された後、搭乗運転実験、高度制御実験の段階へ進むことになる。

2. 記 号

2.1 主記号および単位

A [cm²]; エンジンノズル面積, Engine nozzle area
 A_{na}, A_{ne} [cm²]; 空気ジェットノズル面積, Air jet nozzle area

F, F_g [kg]; エンジン推力, Engine thrust

g_x, g_y, g_z [g]; 機体上下振動加速度, Vertical vibrating acceleration

H [%]; 相対湿度, Relative humidity

N [rpm]; エンジン回転数, Engine speed

P_a [kg/cm²] [mmHg]; 大気圧力, Atmospheric pressure

P_F [kg/cm²G] [lb/in²G]; 燃料圧力, Fuel pressure

P_{na}, P_{ne}, P_R [kg/cm²G or abs]; 抽気圧力, Bleed air pressure

P_S [kg/cm²G or abs]; 始動空気圧力, Start air pressure

P_s, P_b [kg/cm²G or abs]; エンジン関係圧力, Engine local pressure

Q_B [mil]; 前後方向振動振幅, Longitudinal vibrating amplitude

R_B [mil]; 左右方向振動振幅, Lateral vibrating amplitude

S, S_K [mil]; 上下方向振動振幅, Vertical vibrating amplitude

T_a [°C]; 大気温度, Atmospheric temperature

T_{na}, T_{ne}, T_R [°C] [°K]; 抽気温度, Bleed air temperature

T_s, T_b, T_b [°C] [°K]; エンジン関係気流温度, Engine local temperature

t_s, t_f, t_o, t_c [min] [S]; 運転操作時刻または時間, Operating time

t_i, t_{11}, t_{12}, t_m [min] [S]; エンジン設定到達時間, Engine setting time

W, W_g, W_F [kg]; 重量, Weight

\dot{W}_F [kg/hr]; 燃料流量, Fuel flow

δ_L [deg]; スロットルレバー変位, Throttle lever displacement

2.2 添字記号

a ; 大気, ロール, Atmosphere, Roll

B ; 曲りジェットパイプ取付支柱, Curved jet pipe brace

c ; 修正値, Corrected or normalized

$$F_{gc} = F_g (760/P_a \text{ [mmHg]}) \text{ [kg]}$$

$$N_c = N \sqrt{288/T_a \text{ [°K]}} \text{ [rpm]}$$

$$P_c = P (760/P_a \text{ [mmHg]}) \text{ [kg/cm}^2 \text{ abs]}$$

$$T_c = T (288/T_a \text{ [°K]}) \text{ [°K]}$$

$$\dot{W}_{Fc} = \dot{W}_F (760/P_a \text{ [mmHg]}) \times \sqrt{288/T_a \text{ [°K]}} \text{ [kg/h]}$$

c ; コーストダウン, Coast down

E ; エンジン, Engine

e ; ピッチ, Pitch

F ; 燃料, Fuel

f ; 着火, Fire

g ; 合計, 全備, Total, Gross

I ; 計器板, Instrument panel

i ; アイドル, Idle

K ; 中央フレーム, Center framework

L ; スロットルレバー, Throttle lever

M ; 計測指示, Indicating

m ; 最大連続回転数, Maximum continuous rating

n ; 空気ジェットノズル入口, Air jet nozzle inlet

O ; 停止, Flame out

R ; リングタンク, Ring tank

s ; 始動, Start

X ; 縦フレーム, Longitudinal framework

Y ; 横フレーム, Lateral framework

2; エンジン入口, Engine inlet

3; エンジン圧縮機出口, Engine compressor delivery

- 5; 排出口, Exhaust
 - 6; 曲リジェットパイプ, Curved jet pipe
 - 11; $N=11000$ rpm
 - 12; $N=12000$ rpm
 - 〒; テレメータ計測, Telemetry
- 2.3 略字記号**
- AFT; 後方, Afterward
 - ASE; 自動安定装置, Automatic stabilization equipment
 - C.J/P; 曲リジェットパイプ, Curved Jet pipe
 - CON; 運転, Control
 - E/G; エンジン, Engine
 - FTB; フライングテストベッド, Flying Test Bed
 - FWD; 前方, Foreward
 - G.E.P.; 地面効果板, Ground effect plate
 - IGN; 点火, Ignition
 - IND; 計測, Instrument, Indicating
 - J/P; ジェットパイプ, Jet pipe
 - Max; 最大, Maximum
 - Min; 最小, Minimum
 - OP; 操作, Operation
 - R.C.; 遠隔操作, Remote control
 - SW; スイッチ, Switch
 - TEMP; 温度, Temperature

Table 1 Summary of FTB
FTB 要目

Length	10 m
Width	7 m
Height	3 m
Weight	2,000 kg (max.) 1,450 kg (empty) 480 kg (fuel)
Crew	1
Power plants	JR 100 F×2
Total thrust	2,640 kg (max.)
Bleed air pressure	3.5 kg/cm ² abs. (max.)
Bleed air flow rate	3.6 kg/s (max.)
Flight time	10 min (max.)
Safety altitude	4 m (clear)

(1)に計画されたとおりに、ほぼ実現されているので、詳述を避け、概要を次に述べる。全般的な要目を Table 1 に示す。

FTB の外形を Figure 6 に示す。機体は十字平面形の鋼管骨組構造で前脚式3脚を有し、オレオストローク 480 mm である。エンジン2基を中央部前後に、300 l の円筒形燃料タンクをその左右に各1個配置している。機体端部には空気ジェットノズルを合計4個装備している。ロッドリンク機構による操縦装置および電気油圧式 ASE によってエンジンおよび空気ジェットノズルを操作する。電気は直流 28.5±0.5V、油圧は 1,000 Psi を使用する。計器板は警報灯およびエンジン計器を主体とし、航法や機体姿勢に関する計器

3. FTB

3.1 正規状態

FTB の正規状態における構造および機能は、文献

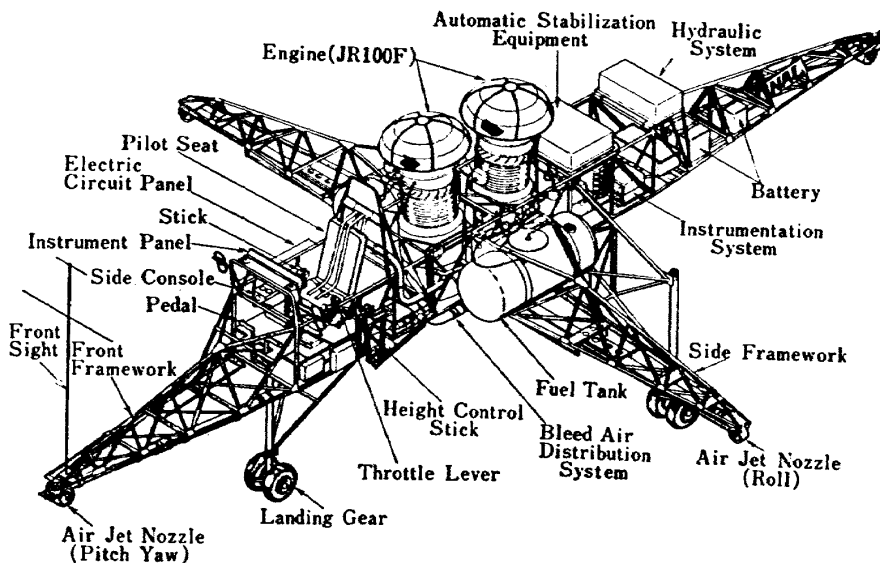


Figure 6 NAL Flying Test Bed sketch

航技研フライングテストベッド見取図

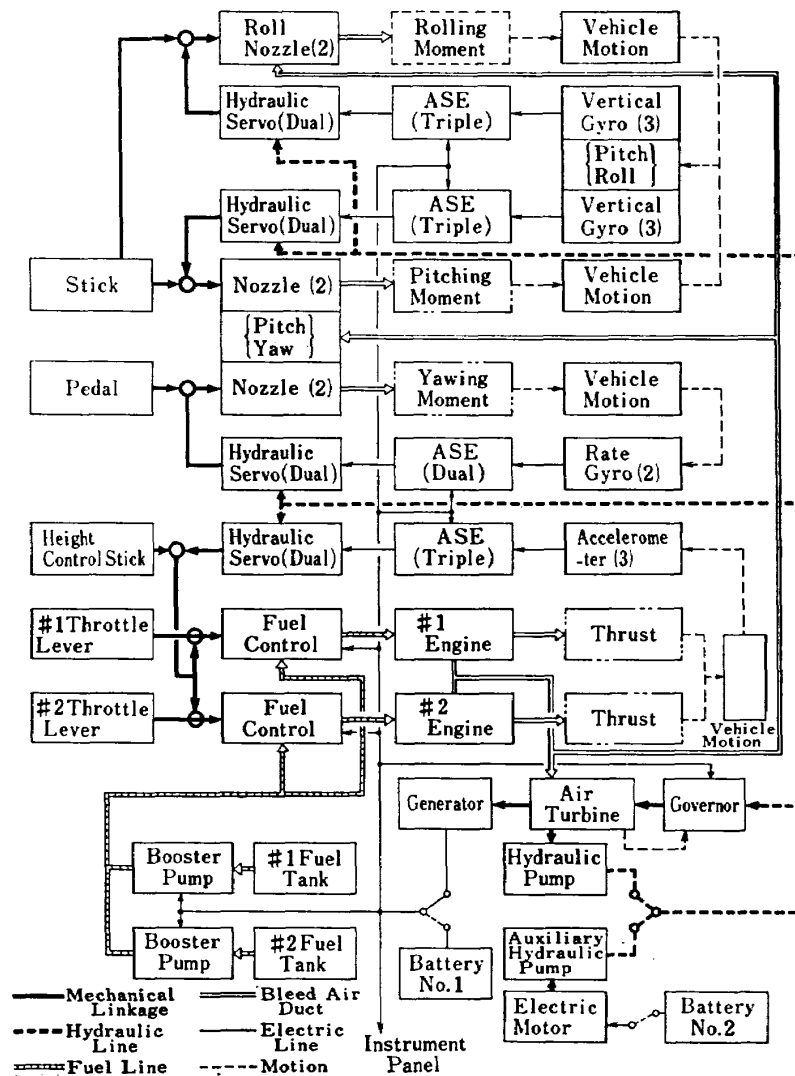


Figure 7 FTB functional system block diagram
FTB 機能系統ブロック図

は装備していない。機上計測装置として FM-PM 15 チャンネルのテレメータを搭載し、サンプリングスイッチ 3 個を使用して 28 の信号を同時に送信できる。

飛行中の各部動作を示すブロック図を Figure 7 (計測と通信を除く) に示す。燃料は左右のタンクよりそれぞれのブースターポンプによって後および前、または両方のエンジンに供給される。エンジン 2 基は推力を発生して FTB を浮揚させ、同時に圧縮機からの抽気を空気ジェットノズル、空気タービンに供給する。空気タービンは発電機および油圧ポンプを駆動し、この三者の故障はバッテリー 2 個により自動的に補償される。ロールおよびピッチの機体運動 (角変位) は 3 個のパーチャルジャイロによって検出され、角変位とその不完全微分値 (角速度) の和の出力信号を発生する三重系 ASE (二重系油圧サーボを含む) をとお

て操縦系統にフィードバックされる。ヨーの機体運動は 2 個のレートジャイロによって検出され、角速度制御の二重系 ASE (二重系油圧サーボを含む) をとおしてフィードバックされる。上昇下降運動は 3 個の加速度計によって検出され、加速度とその不完全積分値 (速度) の和を出力信号とする三重系 ASE (二重系油圧サーボを含む) をとおしてフィードバックされる。操縦士による操縦装置と ASE による油圧アクチュエータの動きはリンク機構によって 1 対 1 (ヨーは 2 対 1) に混合される (それぞれ単独でエンジン燃料管制レバーまたは空気ジェットノズル操作レバーの全行程、ただしヨーのアクチュエータでは半行程を操作できる)。操縦士は緊急事態の発生とその発生個所を計器板上の警報灯で知り直ちに着陸する。

エンジンの始動は縦フレームの右舷前方の始動空気

取入口2箇所およびリセプタクルにそれぞれ地上空気源および地上電源の接続を行ない、予め定められた手順に従って No. 1 (後) No. 2 (前) のエンジンの順に実施する。

3.2 エンジン制御システム

本実験ではエンジンを中心とした FTB の機能に重点がおかれる。エンジンを運転するのに必要なシステムは、始動空気系統⁶⁾、機体電気系統²⁾³⁾⁶⁾、操縦系統²⁾³⁾⁷⁾、燃料系統²⁾³⁾⁸⁾、エンジン燃料制御系統、潤滑系統、点火系統、始動系統である。前4者は機体側であってすでに報告されているので省略する。後4者はエンジン側であってエンジン制御に直接関係を有する系統である。以下後者の4系統の概略を述べておく。

エンジン燃料制御系統の構成および機能を次に述べる。機体側燃料系統のブースタ・ポンプで加圧された燃料は、エンジンの燃料ポンプに流入してさらに高圧に加圧されて、燃料制御装置に送り込まれ、エンジン作動に必要な燃料があらかじめ定められた制御計画設定に従って計量されてフローディバイダに送られ、ここでエンジン作動状態に適合した燃料流量をプライマリまたはセコンダリのマニホールドへ分流し、マニホールドの燃料は16個のノズルに等分に流入して燃焼器内へ噴霧される。なおエンジンに過回転を生じた場合は最高回転数制御装置がサーボラインを通して燃料制御装置のメータリング・バルブを絞り、過回転がなくなるまで燃料流量を減少させて最高設定回転数を維持する。またエンジン圧縮機出口圧力 P_3 を検出して、これに対応する燃料流量加速制限を行なうようなサーボおよびカムが燃料制御装置に組込まれている。燃料制御系統の系統図を Figure 8 に示す。

潤滑系統の構成および機能を次に述べる。始動時には地上空気源から $2.5\sim 7\text{ kg/cm}^2\text{G}$ 、始動後にはエンジン圧縮機から $0.9\sim 2.8\text{ kg/cm}^2\text{G}$ の圧縮空気がフィルタおよび加圧弁を経由して、容量 500 cc の潤滑油タンクの上部に内蔵された空気圧調整器に入ってここで $2\text{ kg/cm}^2\text{G}$ を超える場合は $2\text{ kg/cm}^2\text{G}$ に調整されてタンクおよび間歇給油器に供給される。タンク内の潤滑油はこの圧縮空気で加圧されて間歇給油器に送られ、このメータリングオリフィスで計量されて一定量が蓄積されると同器内の空気弁が開き、そこからの空気で約2倍に増圧され、指示スイッチ(ライン圧力の高い時だけ閉じる)、逆止弁およびオイルジェットを経て、No. 1 および No. 2 ベアリングに供給される。上記の潤滑油供給系統の系統図を Figure 9 に示す。ベアリングを潤滑した潤滑油は冷却空気によりエンジン

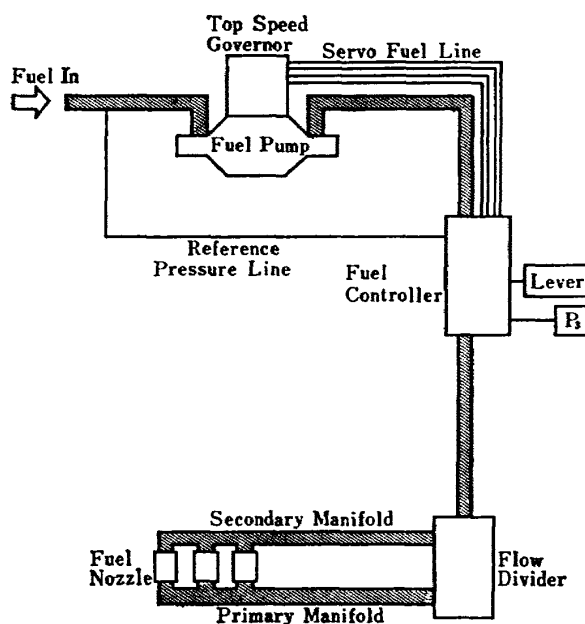


Figure 8 Engine fuel control system
エンジン燃料制御系統

外部に圧送排出される。潤滑油の標準消費量は約 20 cc/min で、これは大気温度により多少変化する。

点火系統の構成および機能を次に述べる。点火ユニットに供給された直流 28V は無線障害防止フィルタを経て、パイプレータに入り、ここでパルス化され、さらに変圧器で昇圧された後ダイオードで整流されて2個のキャパシタを交互に充電し、その電気エネルギーは、密閉空気間隙により周期的な脈流となって2個の点火プラグの間隙に流れて火花を発生する。この火花が霧化された燃料と空気の混合気を着火する。エンジン始動サイクルは 2min オン, 3min オフ, 2min オン, 23min オフである。着火後は点火ユニットの電源を切って火花を止めるが、混合気の燃焼は継続する。

エンジン始動系統について述べる。タービンフレームの2箇所始動空気取入口から逆止弁を通して圧縮空気が入り、タービンの動翼に吹き付け回転開始後点火プラグを発火させ、着火回転数付近で燃料を出す。

なおこれは機体側に属する事項であるが、機体のスロットルレバー、エンジン燃料管制器レバー、エンジン推力の相互関係に関する計画値を Figure 10 に示す。FTB では高度制御自動安定装置の機能補償のために、アイドルおよび最大回転数においてスロットルをある程度進めても回転数の上らない、いわゆるオーバーラベル機構を採用しているが、アイドルではエンジン管制器内、最大回転数では機体側のカムスライダーによってこれを行なっている。

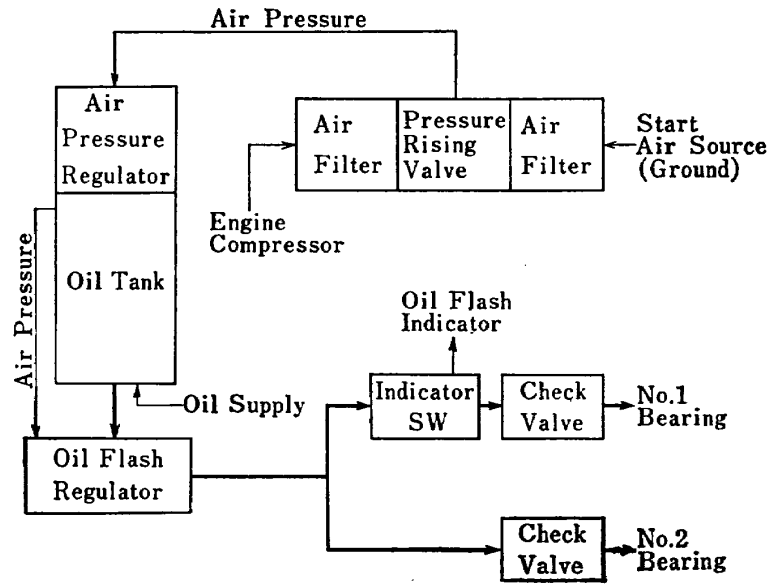


Figure 9 Engine lubrication system
エンジン潤滑系統

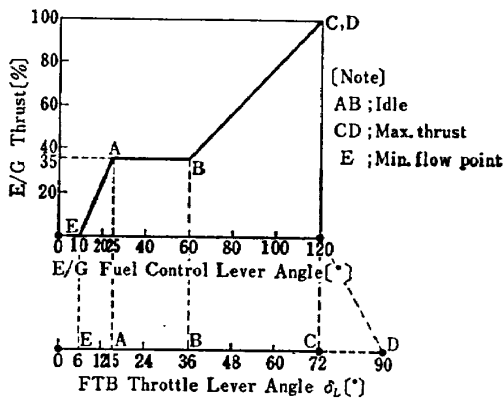
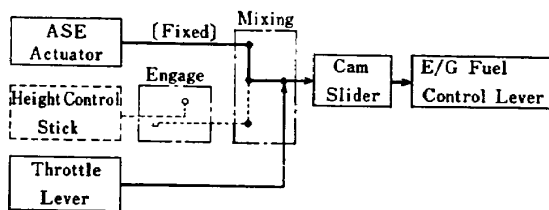


Figure 10 Engine lever schedule
エンジンレバースケジュール

3.3 実験用機装

正規状態の FTB は実験上の要求により、改修、換装、追加装備などの工事が必要となる。本実験においてはつぎのようなことを行なった。

(1) 予備実験前に行なった機装

つぎのものを取り付け、または用意した。操縦席床

板上に防護覆、計器の制限マーク、計器板左右にバックミラー、エンジン始動前潤滑油加圧空気供給金具、空気ジェットノズル面積を 1/2 とする蓋、機体先端および計器板覆上に照準用目印、スロットルカバーにマーキング、エンジン回転計およびエンジン圧縮機出口圧力計各 2 台の約 50m 離れた地点における同時計測、脚をダミーと交換。

(2) 第 2 次実験前に行なった機装

機体操縦席左側のスロットルおよび関連部分を取り外して新たにアーム、ロッド、油圧アクチュエータを含む遠隔操作機構を 2 組取り付け、約 50m 離れた地点から油圧により操作できるようにした。これに関連して計器板のエンジンマスタースイッチ、ブースターポンプスイッチ、始動ブースターポンプスイッチ、点火スイッチ、エンジン潤滑油フラッシュ指示燈、燃料低ブースト圧警報燈各 2 組について、それぞれの機能を遠隔操作、あるいは遠隔指示できるようなパネルを機体外部約 50m に設置した。また燃料流量計、排気温度計、燃料圧力計、排気圧力計、スロットル角度指示計各 2 組およびエンジン入口温度計 1 個ならびにエンジン振動計 8 個所分も機体外部約 50m の室内で計測できるようにした。さらに地上空気源の遠隔操作も運転室で行なえるようにした (「4」)。遠隔操作および指示に関するブロック図を Figure 11 に示す。この外、燃料タンク (2 個) のベントおよびドレインならびにブースターポンプ (2 台) のドレインの配管を延長して、排出口を左右フレーム端部に移してエンジン排気

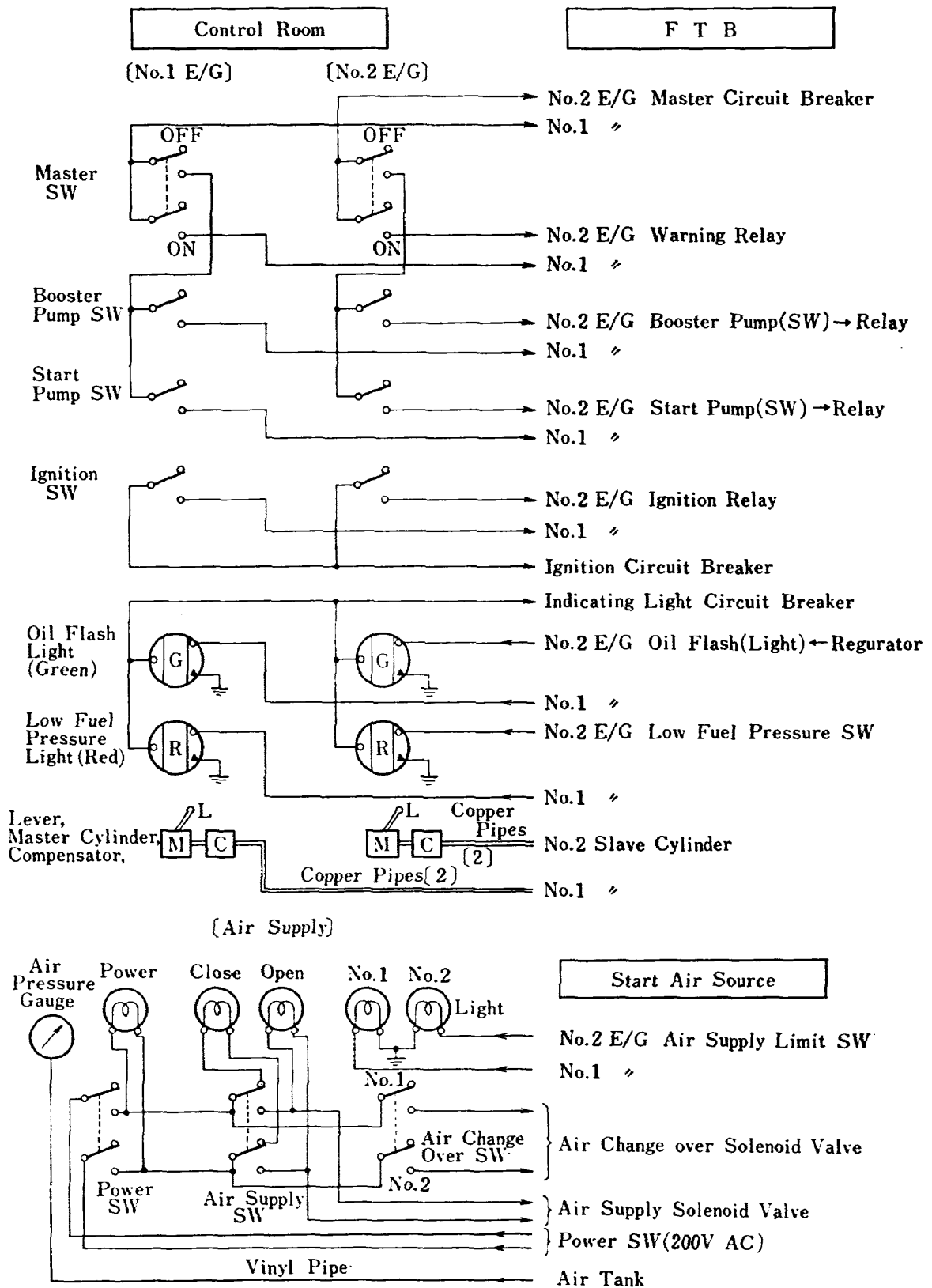


Figure 11 Engine remote control wiring & piping diagram

エンジン遠隔操作配線配管系統図

から遠ざけた。

(3) 第2次実験中に行なった艀装

実験中に行なった艀装としては、空気ジェットノズル面積を 1/2 とする蓋 (4 個) の着脱および曲りジェットパイプ (2 個) の着脱である。曲りジェットパイプを取り付けた時には、中央フレームと取り付けマウント 4 箇所、計 5 箇所の振動計測および各パイプ 8 箇所、計 16 箇所の排気温度計測用の配線を機体外部約 50m 延長して室内で計測できるようにした。曲りジェットパイプを取り付けた FTB の写真を Figure 1 に示す。

4. 実験設備

FTB の実験設備については文献 (9) に詳しいので、ここでは使用した設備区分名のみを挙げるにとどめる。

地上支援設備では整備補給設備、補助動力設備、点検調整設備、一般支援設備のほとんどすべてを使用した。補助動力設備のうちの地上空気源を約 30m 離れた室内から遠隔操作するようにした。このため送気開閉スイッチ、送気開閉指示燈各 1, No. 1 と No. 2 の切換スイッチ、No. 1 と No. 2 の指示燈各 1, 電源スイッチ、電源燈、貯気槽圧力の配線および配管を行なった。

拘束実験設備では推力測定台のみを使用した。

計測設備では、直接計測、テレメータ計測、地上計測の設備から適宜選んで使用した。計測の内容については「5」に述べる。

地上施設では建屋および拘束実験場を使用した。

実験中における設備の使用状態については「6. 2」に述べる。

多くの実験設備は地上にあるのでエンジン排気による過熱防止や排気の吹上げ防止の対策が重要な課題となった。

5. 計 測

5.1 計画一般

計測は FTB から地上または計測室まで配線や配管を施して行なう直接計測、FTB から計測室までのテレメータ計測²⁾³⁾¹⁰⁾、独立した地上計測の 3 つに大別した。

直接計測はエンジンの遠隔操作のための配管や配線 (「3.3」「4」「6.2」) と一束にして地上 0.2m の高さの台上を通したり、空中を通したりして排気対策を必要とした。また指示計器を室内にセットして遠隔操作

パネルや計測パネルに組込んだり計測記録装置へ接続したりするので、それらの配置や接続の計画が重要となった。運転室の操作パネルの写真を Figure 5 に示す。

テレメータ計測は 15 チャンネル全部を同時使用するの、初めてなので調整がむずかしく、また相互干渉など不明の点も多いので今回の実験では計測値の校正に重点をおいた。また送信機に不具合を生じたので有線によって地上にデータを送るようにした。

地上計測は個々の独立したものであるが推力、表面温度、騒音などの特殊なもの以外は時間関係、大気関係、写真関係とした。

計測記録は指示計の読取りおよびペンレコーダによって行ない、必要に応じて指示計からビジコーダに、またテレメータからテープレコーダに接続した。またモニタに重点を置いて指示計からの読取りを行なわないものもあった。ペンレコーダおよび/または指示計からの読取値を予め定められた様式の記録表に書込むようにしたものは次の通りである。天候と気候 (T_a , P_a , H)、エンジン運転記録表 (N , T_2 , T_5 , W_F , \dot{W}_F , P_F , P_3 , P_5 , δ_L , t_3 , t_4 , t_5)、テレメータのペン記録を物理量に換算する表 (N , P_3 , P_F , P_{na} , P_{ne} , P_R , T_{na} , T_{ne} , T_R , T_2 , q_X , q_Y , q_I)、 P_R 直読記録表, N デジタル計測記録表, 運転記録表 (時間関係), 補給記録表。

計測配線等の総括表を Table 2 に示す。

5.2 直接計測

(1) エンジン回転数, N

エンジン 2 台の各々のパルスピックアップから 3 分岐した配線の 1 つから計測室のデジタルカウンタおよび運転室の指示計に接続して計測した。他 2 分岐はテレメータと計器板へ接続される。パルスピックアップは 60 パルス/1 回転の正弦波を発信し、計測範囲は 1,000~14,000 rpm である。デジタルカウンタは 1 s 間のパルスを表示するので、そのまま rpm となる。指示計の範囲は 500~14,000 rpm, 精度は ± 30 rpm である。必要に応じて指示計よりビジコーダに接続した。

(2) 燃料流量, \dot{W}_F

エンジン 2 台の各々に燃料流量検出器を取り付け増幅して運転室のツイン指示計に配線して計測した。検出場所はエンジン入口燃料ライン中、計測範囲は 200~2,000 kg/h, 精度は ± 20 kg/h である。必要に応じてビジコーダに接続した。

(3) 燃料圧力, P_F

Table 2 Summary of wiring and piping
配線配管総括表

Items	No. of Sensors		Controls and/or Indicators			
	FTB	Field	Con. Room	Ind. Room	Telemeter	Field
N	2*, 2*		2	→ 2	2	
\dot{W}_F	2*		2			
P_F	2*, 2*		2		2	
T_2	1, 2*		1		2	
P_3	2*, 2*		2		2	
T_5	2*, 2*		2		2	
P_5	2*		2			
E/G VIB	8*		8			
S_K	1			1		
Q_B, R_B	4*			4		
T_6	16*			16		
T_R, T_{na}, T_{ne}	3				3	
P_R	1 (1)				1	(1)
P_{ne}	1				1	
q_x, q_y, q_z	3				3	
E/G R.C. Piping	2*		(2)			
E/G R.C. Wiring	12*		12			
δ_L	2*		2			
Air R.C. Wiring		8	8			
P_S		1	(1)			
Air Supply		1				(2*) [FTB]
Electric Supply		1				1 [FTB]
F		1				1
Noise		6**				
Surface Temp.	32**	72**				
T_a, P_a, H		3**				
Pictures & Sounds		5**				

[Note] *; Total for No. 1 and No. 2 engine
 **; Sensor/Indicator position
 (); Piping

エンジン2台の各々に検出器を新に取り付けて増幅した後、運転室に配線を延長してツイン指示計に接続して計測した。検出場所はフローディバイダ入口、計測範囲は0~43 kg/cm²G、精度は±1 kg/cm²Gである。必要に応じてピジコーダに接続した。

(4) 吸気温度, T_2

操縦席の後、エンジン入口付近にサーモバルブを取り付け、運転室まで配線を延長して1個の指示計に接続して計測した。計測範囲は-10~80°C、精度は±2°Cである。

(5) エンジン圧縮機出口圧力, P_3

エンジン2台の各々に検出器を新に取り付けて増幅した後、運転室に配線を延長してツイン指示計に接続して計測した。検出場所は燃焼器ケーシング部分、計測範囲は0~5 kg/cm²G、精度は±0.1 kg/cm²Gである。必要に応じてピジコーダに接続した。

(6) 排気温度, T_5

エンジン2台の各々の検出器から計器板への配線を外して増幅した後、配線を延長して2個の指示計に接続して計測した。検出はジェットパイプに取り付けら

れた4個のサーモカプルのうちの相対する2個を1組として使用し、他の1組はテレメータ用とした。計測範囲は $0\sim 1,000^{\circ}\text{C}$ 、精度は $\pm 20^{\circ}\text{C}$ である。

(7) 排気圧力, P_e

エンジン2台の各々のジェットパイプに全圧管および圧力変換器を取り付けて運転室まで配線を行ない、ツイン指示計に接続して計測した。計測範囲は $0\sim 2\text{ kg/cm}^2\text{G}$ 、精度は $\pm 0.04\text{ kg/cm}^2\text{G}$ である。必要に応じてビジコダに接続した。

(8) エンジン振動 (ピーク間の振幅)

エンジン2台の各々の圧縮機前方フレーム後部フランジ上の2個所およびタービンフレーム前側フランジ上の2個所、合計8個所に検出器を取り付けて運転室まで配線を行ない、4個の指示計に接続して1台のエンジンの振動4個所を同時に計測し、切換スイッチによりもう1台のエンジンの計測を行なうようにした。計測範囲は $0\sim 15\text{ mil}$ であるが制限値は 3 mil とした (70 Hz 以下の振動はフィルタでカットしてある)。精度は $\pm 0.45\text{ mil}$ である。この計測は制限値を超えないためのモニタとして行なわれた。

(9) スロットル角度, δ_L

FTB 操縦席左側のスロットル2個を取り外して遠隔操作装置とともにシンクロ発信器を取り付けて運転室まで配線を行ない、2個の指示計に接続して計測した。計測範囲は $0\sim 90\text{ deg}$ 、精度は $\pm 2\text{ deg}$ である。必要に応じてビジコダに接続した (なおエンジン燃料管制器レバーの行程は $0\sim 120\text{ deg}$ であって δ_L との対応は「3.2」に示すとおりである)。

(10) 中央フレームおよび曲りジェットパイプ取付支柱振動, S_x, Q_B, R_B

中央フレーム上1個所およびエンジン2台にそれぞれ曲りジェットパイプを取り付けた場合、各曲りジェットパイプ取付支柱上2個所、合計5個所に (8) と同種の検出器を取り付けて計測室まで配線を行ない2個の指示計に接続して切換え計測を行なった。計測は中央フレームのみの場合と曲りジェットパイプ取付マウントのみの場合に分けて行なった。

(11) 曲りジェットパイプ温度, T_s

エンジン2台のそれぞれの曲りジェットパイプの上流側4個所、下流側4個所合計16個所にサーモカプルの取り付け、ここから導線(鉄・コンスタンタン)を計測室まで延長し、多点式記録計2台に接続した。計測範囲は $400\sim 700^{\circ}\text{C}$ 、計測間隔は 1 min 、精度は記録紙のずれがない場合 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ である。

(12) 地上空気源貯気槽圧力

地上空気源貯気槽よりビニール管を運転室まで延長して指示計に接続して計測した。計測範囲は $0\sim 7\text{ kg/cm}^2\text{G}$ である。エンジン始動に必要な空気圧をモニターするために使用した。

(13) リングタンク抽気圧力, P_R

FTB リングタンク右舷後方のポートに銅管を接続して FTB 右舷約 10 m の地上に指示計を設置して計測した。計測範囲は $0\sim 3\text{ kg/cm}^2\text{G}$ 、精度は $\pm 0.2\text{ kg/cm}^2\text{G}$ である。

5.3 テレメータ計測

テレメータ計測については文献 (2) (3) (10) に詳しいので、ここでは計測項目と計測設定範囲をあげておく。計測値はすべてペンレコーダに記録され、 40 mm 幅の記録紙に設定範囲が対応するようにした。なお「5.2」と重複する項目も多いが、設定範囲は読取精度を上げるためにテレメータの方を狭くするようにした。

(1) エンジン回転数, N

No. 1 および No. 2 エンジンについて計測し、設定範囲は $2,000\sim 10,000\text{ rpm}$ および $5,000\sim 13,000\text{ rpm}$ の2段切替とした。

(2) 燃料圧力, P_F

No. 1 および No. 2 エンジンについて計測し、設定範囲は $0\sim 20\text{ kg/cm}^2\text{G}$ とした。

(3) 吸気温度, T_2

No. 1 および No. 2 エンジンについて計測し、設定範囲は $-10\sim 70^{\circ}\text{C}$ とした。

(4) エンジン圧縮機出口圧力, P_3

No. 1 および No. 2 エンジンについて計測し、設定範囲は $0\sim 3\text{ kg/cm}^2\text{G}$ とした。

(5) 排気温度, T_6

No. 1 および No. 2 エンジンについて計測し、設定範囲は $400\sim 700^{\circ}\text{C}$ とした。

(6) 抽気温度, T_R, T_{na}, T_{ne}

リングタンクおよび空気ジェットノズル(左, 後)入口の抽気温度3個所を計測し、設定範囲は $100\sim 400^{\circ}\text{C}$ とした。

(7) 抽気圧力, P_R, P_{ne}

リングタンクおよび空気ジェットノズル(後)入口の抽気圧力2個所を計測し、設定範囲は $0\sim 3\text{ kg/cm}^2\text{G}$ とした。空気ジェットノズル(左)入口圧力 P_{na} は検出器故障のため計測を行なわなかった。

(8) 機体振動, g_x, g_y, g_z

縦フレーム先端, 横フレーム先端, 計器板の上下振動加速度3ヶ所を計測し、設定範囲は $\pm 1g$ とした。

5.4 地上計測

(1) 推力, F

推力測定台から約 15m 離れた地点に設置した 6 分力計測パネルの指示計により計測した。計測範囲は $-2,000 \sim 1,800$ kg, 精度は 1% である。必要に応じてペンレコーダに接続した。

(2) 騒音レベル

FTB 運転中の FTB 回りの騒音レベルを 1 個の指示騒音計 (コンデンサーマイクロホン) を持廻ることによって計測した。計測範囲は $0 \sim 150$ dB (A, C 特性) で, 標準音量は 156.7 dB である。この計測によって騒音分布を得る。

(3) 表面温度

推力測定台の 55 個所, FTB その他の 49 個所にサーモカラーを塗って表面温度を計測した。サーモカラーの指定温度の高さと数によって計測の範囲と精度が決まるが, これは場所ごとに適宜選定した。

(4) 運転時間

実験開始からエンジン停止までの主要経過時間をストップウォッチで計測した。またエンジン 2 台のコーストダウン時間もストップウォッチで計測した。

(5) 大気, T_a, P_a, H

大気圧力を水銀気圧計, 大気温度を水銀温度計, 大気湿度を乾湿計により, それぞれ計測した。

(6) 撮影, 録音

実験状況を 16 ミリ映画 (ネガカラー), 35 ミリ写真 (ネガカラー, ポジカラー, モノクロ), ビデオテープレコーダ (モノクロ), テープレコーダによりそれぞれ記録した。

6. 実験運営

6.1 計画

FTB 全機作動実験は, 大規模かつ初回の野外実験であるので, (1)特にエンジン回転部の飛散や燃料系統の火災のような重大な不測事態の発生防止と対策が必要であること, (2)工場から離れた所で機体を取扱うので準備工事を事前に十分行なう必要のあること, (3)多くの器材と人員を必要かつ十分に集め展開すること, (4)多人数による実験であるので実験の内容や手順などの徹底が必要なこと, (5)航空機に準ずる取扱いを必要とするので点検や操作の手順表が必要なこと, (6)実験データの記録および速報を正確迅速に行なう必要があること, などの理由により実験の運営には特別な配慮が必要となる。

実験計画はまず目標を定めて内容案を作成し, 次に

必要な準備工事を検討して実験内容を修正し, 最終的な実験方案を作成した。計画に当って作成した資料は次の通りである。

実験準備工事計画書 (機装, 器材, 展開)

輸送計画書 (器材, 資料)

人員計画書 (労務借上仕様書を含む)

実験計画書

計測計画書 (有線, テレメータ, 地上独立)

配置計画書 (器材, 人員)

手順表 (点検 4 種, 始動停止 1 種)

記録用紙 (計測, 運転整備, 日誌)

広報用資料

実験準備工事による機装および器材については「3.3」および「4」で, それぞれ述べ, また計測については「5」で述べた。輸送については担当を定めて対象のリストアップ, 集積, 輸送の方法と回数, 期日, などを計画, 追跡した。人員については作業量と配置を検討して動員数を定めた。

現地における実験に関する事項について, 以下順に述べる。

6.2 器材展開

拘束実験場 (約 30m × 約 45m) のほぼ中央の架構の前に推力測定台を設置し, この上に FTB を固定した。エンジン始動に必要な地上電源および地上空気源は, FTB から約 20m 離して配置した。FTB 操縦席は地上約 3.5m にあり, 整備用の昇降台を左右に設け, 地上に固定した。推力測定台には可動式天蓋を取り付けて直射日光や雨を遮るようにした。推力測定台用計測パネルは約 15m 離れた側方に設置した。FTB の遠隔操作は約 60m 離れた実験室内で行ない, そのための配線および配管は地上約 0.2m の高さの台を並べてその上を通し, エンジン排気対策とした。実験 Case および実験指示のための標識板を機体斜左前方に設置した。大型消火器 2 台および小型消火器数個を要所に配置した。燃料の補給は地上の燃料供給弁と燃料補給装置を常時ホースで繋いでおいてこれを機体の近くに移動して直ちに給油できるようにした。機体と計測室の間の計測用配線は遠隔操作用配線配管と一束にして地上約 0.2m の高さの台上を通すか, または機体右舷から地上の柱を経由して空中を通して排気対策とした。地上空気源の空気供給ホースも地上約 0.2m の台上を通した。

器材展開の状況を Figure 12 に, また配線配管, 計測の状況を Table 2 に示す。

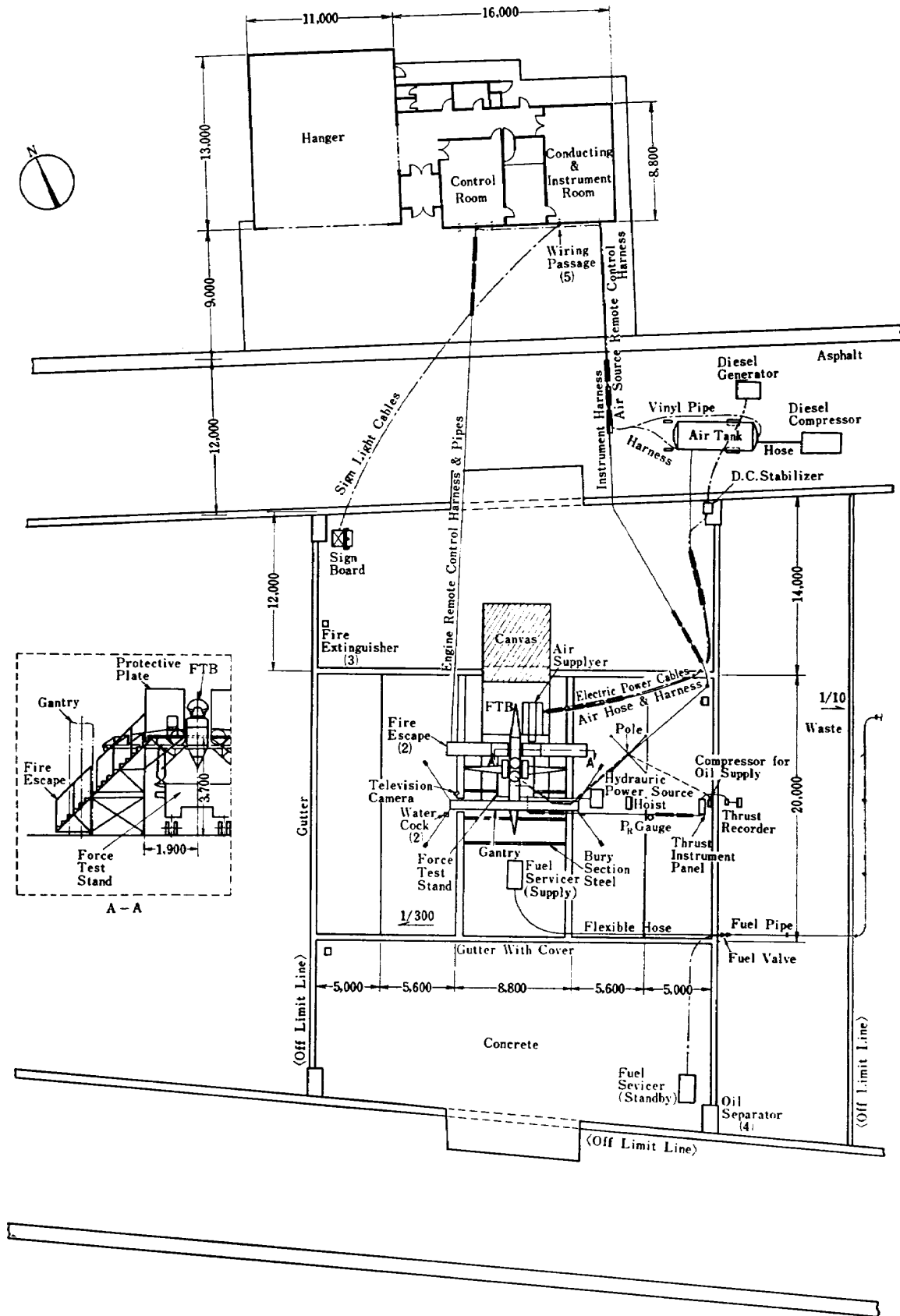


Figure 12 Plan view of experimental layout

実験配置平面図

6.3 実験準備

器材展開後、実験直前には実験状態の変更、改修、調整、計測、補給、地上整備、点検などの準備作業がある。

実験状態の変更としては空気ジェットノズル面積の変更、曲りジェットパイプの着脱、地面防護板の着脱、地面効果板の着脱などがあげられる。

改修は主として不具合箇所の修理であり排気による過熱部の対策、操縦系統取付部の補強、電気関係配線の変更などがこれに当る。

調整はエンジン操縦系統、機上計測装置、計器指示系統を主として対象とした。

計測としてはテレメータによるもの、有線によるもの、地上の独立したものがあるが、それぞれの器材の配列、結線、較正、記録準備、速報準備などの作業がある。

補給は FTB の燃料、滑油、作動油および地上電源、ならびに地上空気源用圧縮機のための軽油とバッテリーなどが対象となる。

地上整備としては地面等の清掃、散水、排気吹上げ防止対策、気流子取付、天蓋移動、器材移動などがある。

点検は上記作業が終って実験に入る前に、エンジン技術員、機体作業員、機体技術員、整備士がそれぞれ手順表にしたがって行なう。これらの手順表の内容を次にまとめておく。この中で点検の重要度を A, B, C, D, E で表わしておく。A は毎回運転前と 1 日の運転終了後、B は毎回運転前、C は 1 日の最初の運転前と 1 日の運転終了後、D は 1 日の最初の運転前のみ、E は 1 日の運転終了後のみ、それぞれ点検を要することを示す。

(1) エンジン技術員点検内容

まず目視（構造）点検の内容を示す。

1. トラニオンピン (D): 取付、間隙、損傷、クラック、取付フレームの異常
2. ベルマウス およびスクリーン廻り (A): 変形、破損、フェアリング取付、デントおよびニック(インレット、ガイドベーン、圧縮機ブレード、ステーターベーン)、インレットスクリーン取付、燃料洩れ
3. ホットセクション: タービンフレームおよびジェットノズルのクラックおよび変形 (A)、タービンケットおよびジェットノズルのデントおよびニック (C)、タービンケットの手廻し異常有無 (C)

4. 燃料系統 (D): ライン等の取付、ライン等のゆるみ、洩れの形跡
 5. 潤滑油系統 (D): ライン等の取付、ライン等のゆるみ、洩れの形跡
 6. 電気系統 (D): コネクタとトランスデューサのゆるみ、コネクタの干渉
 7. 空気系統 (D): クランプ等のゆるみ
次に作動(機能)点検の内容を示す
 8. 点火系統 (D): スパーク、ラインリーク
 9. 潤滑系統 (B): レベル、フラッシュ、ドレンへの燃料混入形跡
 10. スロットル系統 (D): スロットルの対応、リンクageの干渉
 11. 燃料系統: レベル (B)、プースタポンプ作動による洩れ (D)
 12. 振動計測系統 (D): 検出器取付、作動、計器較正
 13. エンジン廻り (B): 工具放置、床面清掃、消火器配置、燃料供給装置位置
 14. 防錆 (E): 規定箇所
 15. 点検年月日、点検者
- (2) 機体作業員点検内容
1. 構造 (B): フレームや脚支柱の損傷と変形と結合部ゆるみ
 2. 燃料系統 (B): 配管やタンクの結合部ゆるみと変形と油洩れ
 3. 空気系統 (B): 配管の損傷、空気ジェットノズルや配管支持部の変形とゆるみ
 4. 始動空気系統 (B): 配管の変形、クランプやホースや支持部の変形とゆるみ
 5. 電気系統 (B): 配線の損傷、コネクタやターミナルのゆるみ、アース取付、地上電源取付、計器板のゆるみや計器の損傷
 6. エンジン操縦系統 (B): リンク機構のゆるみと変形、遠隔操作系統のゆるみと作動油洩れ
 7. 地上空気源: 貯気槽圧力 (B)、ホースの損傷と結合部ゆるみ (B)、クランプの損傷と変形とゆるみ (B)、ノズルのローラフックとの結合と Oリング (B) 台車の固定 (D)
 8. 推力測定台: 本体のゆるみとジャッキアップ (D)、ダミー脚の取付部ゆるみ (B)、冷却装置のホース取付と放水確認 (B)
 9. 環境 (B): コンクリート面の不要物の存在
 10. 点検年月日、点検者
- (3) 機体技術員点検内容

1. 構造 (B): フレームや脚支柱の損傷と変形とゆるみ
 2. 燃料系統 (B): 配管やタンクの油洩れ, 燃料積載量
 3. 空気系統: 配管の損傷と変形 (B), 空気ジェットノズルや配管支持部の損傷と変形とゆるみ (B), 計測しない計測用ポートのキャップ確認 (D)
 4. 始動空気系統: 配管の損傷と変形 (B), クランプやバンドや支持部の損傷と変形とゆるみ (B), 計測しない計測用ポートのキャップ確認 (D)
 5. エンジン: 本体の損傷と変形とエンジンマウントとの間隙 (B), 配管や配線の損傷と変形とゆるみ (B), 潤滑油の定量 (B), 計測しない箇所キャップ確認 (D)
 6. 電気系統 (B): 配線の損傷, コネクタやターミナルのゆるみ, アース取付, 地上電源取付
 7. 計器板および振動計 (B): 取付および損傷
 8. エンジン操縦系統 (B): リンク機構の変形とゆるみ, 遠隔操作系統のゆるみと作動油洩れ
 9. 地上空気源 (B): 貯気槽圧力, ホースの損傷と結合部のゆるみ, クランプの損傷と変形とゆるみ, ノズルのローラフックの結合部とOリング, 台車の固定
 10. 推力測定台: 本体ジャッキアップ (D), ダミー脚取付部のゆるみ, 冷却装置のホース取付
 11. 点検年月日, 点検者
- (4) 整備士点検内容
- 整備士の点検には操作を伴う部分および技術員や作業員とともに実施する部分もある。点検の重要度はすべて (B) である。点検の内容を次に述べる。
1. 全スイッチ: オフ
 2. 地上電源: 接続 (機体作業員)
 3. サーキットブレーカ: イン (エンジンと燃料系統を除く), 計器指示確認 (エンジン回転計, 電圧計, 燃量計, 警報燈, 滑油フラッシュ)
 4. 地上電源: オン (機体作業員)
 5. エンジン回転計: オン, 指示計確認
 6. スロットルレバー: 連動機構がエンゲージされていないこと
 7. テレメータ: 調整完了確認 (機体技術員)
 8. 潤滑油: 積載量確認 (エンジン技術員)
 9. 潤滑油: 加圧 (エンジン技術員), ドレイン (同), 滑油フラッシュ点燈 (同)
 10. エンジンマスターサーキットブレーカ: イン

11. 点火サーキットブレーカ: イン
12. 点火スイッチ: オン (エンジン技術員) 火花確認
13. 点火スイッチ: オフ (エンジン技術員)
14. ブースターポンプサーキットブレーカ: イン
15. 始動ブースターポンプサーキットブレーカ: イン
16. スロットル: 位置確認
17. 燃料計: 容量確認
18. 貯気槽: 圧力確認

6.4 実験要領

実験準備完了後実験打合せを行なって実験に入る。実験要員はエンジンおよび機体の2グループおよび操作員より構成される。このうち実験指揮者, 操作員, 大部分の計測員は室内に, その他の要員は屋外に配置された。

室内配置の実験要員は口頭による連絡指示を行ない, 屋外配置の実験要員には標識板, 無線機, 旗流, 手旗, などを使用して連絡指示を行なった。屋外では騒音, 排気の影響ならびにエンジン回転部の飛散や火災に対処するためにヘルメット, ノイズホー, 防塵眼鏡, 潜火眼,などを着用した。

実験は予め定められた手順にしたがって行ない, 操作および計測の開始ならびに中止は実験指揮者の指示によって行なった。異常の発見と処置のための監視員を適宜配置した。実験中は1人1動作を原則として誤操作の防止を計った。

実験の見学者などには立入禁止区域を設け, また実験中の火気, 異常騒音, 異常光芒, 電波発信などを禁止して実験安全の維持につとめた。

計測は予め定められた様式にしたがって記録し, 運転記事を記入して実験 Case ごとに集めて整理した。

エンジンの始動および停止は予め定められた手順表にしたがって操作員が実施する。手順をつぎに述べる。

- (1) No. 1 または No. 2 エンジン単独始動手順
 1. 送気 “閉” 確認
 2. 送気切替 “No. 1 (または No. 2)”
 3. 送気電源 “ON”……LIGHT 点燈
 4. No. 1 (No. 2) MASTER SW “ON”
 5. No. 1 (No. 2) BOOSTER PUMP SW “ON”
No. 1 (No. 2) LOW BOOSTER LIGHT 消燈確認
 6. No. 1 (No. 2) START PUMP SW “ON”
No. 2 LOW BOOSTER LIGHT 消燈確認
 7. 送気 SW “開” LIGHT 点燈 OIL FLASH 確認

8. 約 1,000 rpm で No. 1 (No. 2) IGN SW “ON”
9. 約 2,000 rpm で No. 1(No. 2) THROTTLE を出す。燃圧約 4 kg/cm²
10. 着火後約 4,000 rpm で IGN SW “OFF”
11. IDLE 後, 送気 SW “閉”LIGHT 消燈 No. 1 (No. 2) START PUMP SW “OFF”
No. 2 LOW BOOST LIGHT 点燈
- (2) No. 1, No. 2 エンジン並列運転始動手順
 1. (1) により, No. 1 エンジン始動
 2. (1) の 4~6 実施
 3. 送気切替 SW “No. 2” LIGHT は No. 1 点燈のまま
 4. (1) の 7 実施 LIGHT は No. 1 から No. 2 に切替わって点燈
 5. (1) の 8~11 実施
- (3) 停止手順
 1. エンジン冷却運転 1 分以上
THROTTLE IDLE 位置
 2. THROTTLE “CUT OFF”
同時に COAST DOWN TIME 測定開始 “合図”
 3. エンジン停止合図 (整備員) 確認
 4. BOOSTER PUMP SW “OFF”
 5. エンジン MASTER SW “OFF”
 6. 外部電源 OFF 合図

6.5 運転整備記録

FTB は飛行を前提とする航空機に準じて取扱いながら実験を実施しなければならないので、機能部分の寿命と信頼性を保持することが要求される。このために機装変更, 改修, 調整計測, 補給, 環境, 運転などの状況を記録して, 対策の発見につとめた。この記録は整備, 運転およびテレメータに分れており, それぞれ予め定められた様式の記録用紙を使用した。記録の内容はつぎのとおりである。

- (1) 整備記録
 1. エンジン潤滑油補給
 2. エンジン関係記事
 3. 燃料補給
 4. バッテリー充電 (No. 1, No. 2)
 5. 曲リジェットパイプ着脱
 6. 空気タービン潤滑油補給
 7. 作動油補給
 8. FTB 関係記事
 9. 地上電源使用時間 (発動発電機, 直流安定化電

- 源)
10. 地上油圧源使用時間
11. 地上空気源, 空気補給
12. テレメータ (電池充電, 外部電源使用時間, 電地使用時間)
13. ASE (結線状態, 使用時間, 調整時間, 記事)
14. 整備記録
15. 記録年月日, 記録者
- (2) 運転記録
 1. CASE No.
 2. 運転の目的
 3. OPERATOR
 4. 天候, 気候
 5. 実験状態 (抽気, 地面板, 曲リジェットパイプ, 発煙)
 6. エンジン運転時間
 7. 最大エンジン排気温度
 8. 最大エンジン回転数
 9. 最大エンジン圧縮機出口圧力
 10. エンジンコーストダウン時間
 11. 運転記録
 12. 記録年月日, 運転回数, 記録者
- (3) テレメータ記録
 1. 運転時間
 2. 接続状況
 3. 動作状況
 4. 故障または異常箇所
 5. 同上処置
 6. 記録年月日, 記録者

6.6 撤収

実験終了後は FTB は工場に輸送してつぎの実験に必要な機装を行なうが, 地上器材の大部分は現地に格納するので十分な保守対策が必要となる。その前に改修, 換装, 増設などの必要箇所と対策を十分に検討して, つぎの実験に間に合わせることを要求される。これらの点について FTB はもとより各種器材についても個別に拾い上げて項目を整理した。

また得られた計測結果は, 計測上の注釈など記事不足のないことを確認して散逸しないように集めて持ち帰った。

7. 安全対策実験

FTB ではじめての全機作動実験にさきかけて全機の予備実験および第 1 次実験を行なって, 安全確認に

万全を期した。

7.1 予備実験

機装完了状態における FTB のエンジンの始動に関する系統の作動確認を行なうために、エンジンドライモータリング、エンジンウェットモータリング、および燃料流量測定を行なった。

エンジンドライモータリングは工場内のエプロンに FTB を地上 3 点姿勢に設置し工場空気源または地上空気源と FTB の始動空気系統を接続した状態で燃料を止めたまま、搭乗員の合図により、圧縮空気をエンジンのタービンに 1 台ずつ吹き付けて、回転上昇の様子を調べた。工場空気源使用の場合、エンジン入口空気圧 $0.5 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ 、 $53 \text{ s} \sim 1 \text{ min } 08 \text{ s}$ の送気で $821 \sim 930 \text{ rpm}$ を記録し、コーストダウンタイム $2_{\text{min}} \pm 7 \text{ s}$ であった (No. 1 エンジン入口燃料圧力 $1.3 \text{ kg/cm}^2\text{G}$)。地上空気源使用の場合は 4.8 ± 0.2 、 $4.0 \pm 0.2 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ 、 20 s の送気でそれぞれ $2,560$ 、 $2,368 \text{ rpm}$ を記録し、コーストダウンタイムはそれぞれ $2 \text{ min } 12 \text{ s}$ 、 $2 \text{ min } 20 \text{ s}$ であった (No. 1 エンジン入口燃料圧力 $1.25 \text{ kg/cm}^2\text{G}$)。この実験後地上空気源に対して点火容易対策として回転数 $2,200 \pm 50 \text{ rpm}$ を設定し易いように、またタービンの保護対策として送気開閉弁の開時間 1 s を約 $5 \sim 10 \text{ s}$ とするように改修を行なった (「10.1」)。

エンジンウェットモータリングはエンジン停止状態で、機体の燃料系統からエンジン内に燃料を放出してから、ドライモータリングを行なう手順とした。エンジン入口空気圧 3.8 ± 0.5 、 $3.2 \pm 0.3 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ 、 21 s の送気でそれぞれ $2,250$ 、 $2,100 \text{ rpm}$ を記録し、コーストダウンタイムはそれぞれ $2 \text{ min } 20 \text{ s}$ 、 $2 \text{ min } 14 \text{ s}$ であった。

燃料流量測定はエンジン 1 台ずつに対して、機体側のライン途中に流量計をおいて行なった。燃料圧力 $5.85 \pm 0.5 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ に対して流量 $5.75 \pm 0.45 \text{ l/min}$ であった。

予備実験中の写真を Figure 2 に示す。

7.2 第 1 次実験

FTB を現地において組立て、拘束実験場内の推力測定台上に取り付け固定し、各種器材の展開調整を行ない「6.2」と同様の展開を行なったが遠隔操作方式を採らず搭乗操作方式とした。この展開により野外における実験準備の計画密度の目安を得ることができた。また実験はいわゆるリハーサルを行なうにとどめて実験手順の確認を行なった。

実験準備として点検、調整、整備、補給を挙げ、これ

らの作業量と重要度を検討しながら実地に行なった。

点検は手順表によるという原則にしたがって、エンジン技術員、エンジン機装技術員、自動安定装置技術員、テレメータ技術員、機体工作員、機体技術員、整備士、搭乗員が実施して手順表の数と内容を検討して、「6.3」のような点検内容とした。この外に手順表によらないものとして FTB 主担当者、地上監視責任者、実験主任の点検も行なった。

調整は点検と表裏をなし、こみ入ったものは手順表によって行なう。おもな調整対象は、自動安定装置、機上および地上テレメータ、テレビカメラ、VTR、推力測定台であるが、その他の計測器も個々の作業量はわずかでも数が多いので、全体としては相当な量となる。

整備はエンジンまわり、操縦席まわり、機械関係、電気関係に分けて行なった。この区分は担当者の職種と作業量によって自ら定まって来る。

補給は燃料 (JP-4)、エンジン潤滑油、空気タービン潤滑油、作動油、ディーゼルエンジン用軽油、自動車用ガソリン、フィルタ油、冷却液、充電などが対象となる。FTB 等に対する日常の補給ばかりでなく実験場に必要量を貯蔵することも重要である。なお燃料補給の際には火気禁止はもとより、電源断、待避などの措置をとることとした。

実験上の問題点としては交信連絡、監視、計測、消火救急などがあげられる。また実験手順上は時間研究が重要である。

交信連絡は、騒音やジェット排気の中で多人数を対象とするので面倒な手数が必要となる。実験 Case は標識板に 2 桁数字で表示して徹底を期した。実験開始合図は拡声器、黄色回転燈および搭乗員への無線機によって同時に行なった。実験中の無線機交信は指揮者と搭乗員間に限定した。非常事態の発生は赤色回転燈や赤旗によることにした。その他実験準備は緑色回転燈、異常なしまたは了解は白旗、計測指示は黄旗によることなどを定めた。

監視は FTB 両舷の地上に目標を定めて人員を配置し、また計測室では計器および FTB 外観の監視員を定めた。

計測では結果の速報を出すことの必要性および計測担当者の覚書 (失敗理由、運転との関連、精度考察など) の必要性が確認された。

消火救急は実験要員が消火救急を兼ねる編成を作ってみたが、専属要員の確保の重要性が認識された。また要員の個人装備や消火器材の使用目的を人員救急に

置くことを確認した。

時間研究は実験準備開始 10 時 40 分から実験終了 16 時 25 分までの間の作業の流れと待ち時間を分析し、電子機器の調整に相当の時間を費すことが判ったので、先行開始、不要調整省略、優先権付与などの対策を講ずることとした。

第 1 次実験時の写真を Figure 3 に示す。

8. 実験内容

第 2 次実験における実験内容は 0 から 46 までの Case No. によって表示され、Case 0 はモータリング（エンジンのから回し「7.1」）として適宜実施し Case 18, 19 は実施せず、その他は各 1 回実施した。実験 Case を Table 3 に示す。

運転は No. 1 または No. 2 エンジンをそれぞれ独立に特性を確認してから両エンジン並列運転を行なった。

エンジンは手順にしたがってアイドルに設定し、以後エンジン回転数 N [rpm] がアイドル、11,000, 12,000, 12,500, 13,000, アイドルにおいて、それぞれ 10~20s 一定回転を保持して、その間に各種計測を実施し、また運転状態の把握を行なった。ただし Task Free の場合はこの設定は行なわない。

空気ジェットノズル面積 A_n によってエンジンの抽気量を調整した。ロールおよびピッチの各 2 個のノズルの中立状態が文献 (2) の FTB に対する正規状態で $A_n=42.9\text{ cm}^2$ である。その後の計画変更によりノズル面積を増大することになったので、これに見合う面積とするため、ピッチノズル 2 個は中立のままロールノズル 2 個を全開として $A_n=59.2\text{ cm}^2$ の状態を作った。実験にはこのほかに $A_n=0$ および $A_n=21.45\text{ cm}^2$ の状態も適用した。 $A_n=0$ の場合にはエンジン抽気孔を塞いだ。

地面効果板は推力測定台中央の吹抜け穴に蓋をする形でセットし、これを傾斜させることはしなかった。

曲りジェットパイプは推力中心を機体重心と一致させる目的で取り付けられたので、ジェット方向を約 30 deg 偏向させるようにわん曲している。（このジェットパイプとエンジン出口の間隙の作用が関心の対象であった。）

運転は、エンジン試運転技師 1 名、FTB パイロット 2 名、FTB 整備士 1 名によって行なった。

エンジン排気の流れの状態を調べるために No. 1 エンジンのジェットパイプ圧力測定用の孔を利用して発煙剤を注入して青色の煙を発生させた。

9. 実験結果

安全対策実験としての第 1 次実験の結果に基づき、遠隔操作による運転方式を取り入れることにして、約 5 ヶ月後に第 2 次実験を行なった。運転は 44 回行ない、エンジンおよび関連システムが正常な機能を有することを確認した。得られた結果をつぎに述べる。実験中の写真を Figure 4 に示す。特記の外計測値は Table 7~11 にまとめた。

9.1 運転記録

実験の経過を知るために必要と思われる事項については、出来る限り詳細に記録に留めるようにした。これをまとめて運転記録として Table 4 に示す。

運転記録は開始日時、実験の順序と Case、天候、大気、運転者、貯気槽圧力、経過時間、燃料残量、備考の順に書いてある。

実験開始時刻は No. 1 エンジンへの送気開始時刻と一致する。

実験順序は Run No. で示し、実験 Case は Table 3 のとおりである。

天候は晴、曇、雨であるが、雨天の時はエンジンの上に天幕をかざしたまま実験を行なった。

実験中の大気圧 $P_a=756.6\sim 770.8\text{ mmHg}$ 、大気温度 $T_a=8.0\sim 16.5^\circ\text{C}$ 、湿度 $H=59\sim 86\%$ であった。

貯気槽圧力 $P_s=5.0\sim 7.4\text{ kg/cm}^2\text{G}$ でエンジン始動を行なっている。

経過時間はエンジンの始動、着火、アイドル到達、回転数設定、冷却運転（アイドル）、停止、コーストダウンなどの時間を必要に応じて計測室または運転室で計測し、前者は特記の外実験開始時刻を基準に、また後者はそれぞれのエンジン始動時刻を基準に（ ）内に示してある。始動時は送気開始時を採った。着火の認定は運転室ではエンジン排気の変化および（または）排気温度計の上昇によって行ない、計測室では運転室よりの合図によったので約 3s 遅れた。アイドル到達の判定は計測室ではデジタル回転計、運転室ではアナログ回転計の正常値到達を以て行なったので誤差が大きい（アイドル回転数は定数ではない）が、始動から両エンジンアイドルまでの時間は概ね 2 min 30s 以下であることが判った。設定回転数は計測の便宜を考えて 11,000, 12,000, 12,500, 13,000 rpm と定めた。冷却運転は約 20s 間行なうようにした。コーストダウン時間はエンジン運転停止を基準として計測し、約 2 min 以上あることを確認した。

燃料消費量は実験後 FTB の熱量計で計測した。低

Table 3 Experimental cases

実験ケース

Case	E/G	N_{max} [rpm]	$A_{na} + A_{ne}$ [cm ²]	G.E.P.	Curved J/P	Operator	Remarks
0							Motoring
1	No. 1	Idle	0			E/G Operator	
2	No. 2	"	"			"	
3	No. 1	12,500	"			"	
4	No. 2	"	"			"	
5	Both	"	"			"	
6	No. 1	Idle	21.45			"	Fuming
7	No. 2	"	"			"	
8	No. 1	13,000	"			"	
9	No. 2	"	"			"	
10	No. 1	Idle	42.9*			"	*Normal
11	No. 2	"	"			"	
12	Both	"	"			"	
13	"	12,500	"			"	
14	"	Idle	"	With		"	Fuming
15	"	12,500	"	"		"	"
16	"	Idle	"		With	"	
17	"	12,500	"		"	"	
(18)	"	Idle	"	With	"		No Experiment
(19)	"	12,500	"	"	"		"
20	"	12,500	59.2**			E/G Operator	** A_{na} : Full Open
21	"	Idle	"			Pilot-1	
22	"	12,500	"			"	
23	"	"	"			"	Task Free
24	"	Idle	"			Pilot-2	
25	"	12,500	"			"	
26	"	"	"			"	Task Free
27	"	Idle	"			Mechanic	
28	"	"	"			"	
29	"	"	"			Pilot-1	Fuming
30	"	12,500	"			"	"
31	"	"	"			"	Open Test
32	"	Idle	"			Pilot-2	
33	"	12,500	"			"	Fuming
34	"	"	"			"	Task Free
35	"	10,000	"			Mechanic	Fuming
36	"	Idle	"			"	"
37	"	12,500	"			"	"
38	"	Idle	"			Pilot-1	
39	"	12,500	"			"	Fuming
40	"	"	"			"	Task Free
41	"	Idle	"			Pilot-2	Fuming
42	"	12,500	"			"	
43	"	"	"			"	Fuming, Task Free
44	"	Idle	"			Mechanic	
45	"	12,500	"			"	Fuming
46	"	"	"			"	Task Free

燃量警報燈（運転室）は左タンク（No. 1）では 33 gal (125 l), 右タンク（No. 2）では 43 gal (163 l) で点燈したので実験後 32 gal (124 l) に調整した。

本実験におけるエンジンの総運転時間は No. 1; 2 h 49 min, No. 2; 2 h 14 min, 総モータリング時間は No. 1; 6 min 23 s, No. 2; 4 min 56 s, であった。燃料（JP-4, MIL-J-5624 E）の総消費量は約 4,500 kg であった。また潤滑油（MIL-L-7808D）の総消費量は約 15 l であった（標準消費率は 20 cc/min であるので、これは 12.5 h 分に相当し、運転に使用した量の 2 倍以上に当る）。

9.2 エンジン作動特性

エンジンの作動特性は始動特性とそれ以後の運転中の性能によって良否が判断される。

始動特性は始動用空気の送気開始から着火を経てアイドルに到達するまでの燃料制御、空気圧縮、燃焼、回転などの一連の特性の円滑な変化が重要であって、特に着火ならびにアイドル到達の良否は実験安全上も最大関心事であった。始動特性の 1 例を Figure 13 に示す。始動特性は No. 1, No. 2 両エンジンとも概ね良好と判断された。

定常運転中のエンジン性能はスロットル変位または回転数を基準に整理し、必要と思われる量には修正値（「2.2」）を用いて一般性を付与した。実測値は Table 7~11 に挙げてある。以下個々の結果について述べる。

燃料圧力 P_F のスロットル変位 δ_L および回転数 N に対する変化を Figure 14 に示す。ただし後者はテレメータ計測値である。前者で約 10%, 後者で約 20% の散布を示したが、いずれも計測誤差によるものが大きいと考えられる。併せて δ_L と N の関係も示してあるが散布が大きい。

燃料流量 \dot{W}_F のスロットル変位 δ_L および回転数 N に対する変化を Figure 15 に示す。いずれも約 15% の散布を示し、計測誤差の範囲と考えられる。ただし N に対する図においてエンジン単体試験の結果より $N_c > 11,000$ rpm で \dot{W}_{FC} が小さいが、これは燃料送り能力に関与するとも推定されるが断定はできない。

エンジン圧縮機入口温度 T_2 は排気再循環（Recirculation）による上昇の有無が関心事である。したがって大気温度 T_a との差を Figure 16 のようにプロットした。直読計器による値はエンジン回転数に拘わりなく約 $\pm 3^\circ\text{C}$ の散布を示し、排気再循環は認められなかった。ただし曲りジェットパイプを取り付け

た場合（Case 17） $N \geq 12,500$ rpm で温度上昇すなわち排気再循環が認められた。

エンジン圧縮機出口圧力 P_3 は、直読計器による値を Figure 17 に示す。エンジン単体試験の値より約 13% 大きい計測誤差と考えられる。

エンジン排出口空気温度 T_6 は直読計器による値の多くの点の回転数 N に対する関係およびテレメータ計測による運転履歴の 1 例を Figure 18 に示す。前者では単体試験の値より低めに出ているが、これは横風やエンジン入口温度の低下（大気温度計測値は一定）などの実験環境の相違によることも考えられる。また散布が大きいのは運転履歴、計測誤差、運転環境などの影響と考えられる。後者は No. 1, No. 2 エンジンが順次約 1 min でアイドルに達し、その間にそれぞれピークがあるが制限値（ 900°C ）を遙かに下廻って居り、またアイドル（約 10,000 rpm）以上では No. 1 は常に No. 2 より上廻っているが、これは運転時間が約 1 min 長いことも関与していると考えられる。

エンジン排出口空気圧力 P_6 は直読計器による値を Figure 19 に示す。最大 $1.6 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs}$ を示した。

エンジン総推力 F_θ の回転数 N に対する関係を Figure 20 に示す。エンジンノズル面積 $A=1,400 \text{ cm}^2$ ($422.2 \text{ mm}\phi$), エンジン抽気ノズル面積 $A_{ne}=30.9 \text{ cm}^2$ ($44.35 \text{ mm}\phi \times 2$) の場合の総推力を推力測定台で計測し、燃料消費分の補正ならびに大気圧修正を行ない、特記の外エンジン 2 台分の値を示してある。±70 kg 程度の散布を示しているが、これは計測誤差ならびに燃料消費分の補正誤差によるものと考えられる。またエンジンは 5 deg 傾斜して取り付けられているけれど、推力への影響は無視できる程度であるが、曲りジェットパイプ取り付け時（Case 16, 17）には推力線が 15 deg 傾くので推力減少は無視できない（約 8%）¹¹⁾。{燃料消費分の補正: (推力計器直読値) - (各 Case の全燃料消費量) + (推力直読後からエンジン停止までの燃料消費量の推定値)}。

エンジン圧縮機外側およびタービン外側における振動振幅は概ね制限値（3 mil）以内であった（Table 7, 8）

エンジンの 2 つの軸受温度は、運転中直読計器で適宜監視し、制限値（No. 1 軸受; 200°C , No. 2 軸受; 300°C ）以下であることを確認した。

9.3 排気温度特性

曲りジェットパイプはわん曲しているので、その温度分布の特異性の有無が問題となる。また一般にジェット排気による地表部分や機体部分の加熱は安全対

策, 器材人員配置, 機体設計などの見地から重要である。

曲リジェットタイプの温度分布を Figure 21 に示す。これは2台の多点式記録計の記録から読取ったものであって計測間隔最大 1min のずれがあるので回転数変動や脈流や横風による誤差が入りやすい。No. 2 エンジンの計測点 5 は異常に高い値を示して容認し難いが, その他は概ね正常と考えられる。上流側と下流側の温度差は殆んど認められなかった。アイドルでは No. 1, No. 2 エンジンとも計測点 2, 6 が常に高めであるが, これはこの時の排気の流れに関係あるとも考えられる。回転が上がると No. 1 エンジンでは全計測点の温度がほぼ均等に上がるが, No. 2 エンジンでは計測点 2, 3, 6, 7 が計測点 1, 4, 5, 8 よりも高めの温度となる。一般に No. 1 エンジンより No. 2 エンジンの方が温度が高い。因みに No. 2 エンジンが前, No. 1 エンジンが後に搭載されている。これらの温度特性は正規のエンジン排出口空気温度 T_8 と比較しても殆んど差がない (Table 8)。

ジェット排気による推力測定台の表面温度測定場所を Figure 22 に, 測定結果を Table 5 に示す。また推力測定台上の地面効果板, 排気吹抜口の地面, 機体部分の表面温度の測定場所を Figure 23 に, 測定結果を Table 6 に示す。測定は主として軟鋼部分にサーモカラーを塗布して行なったが, 温度範囲の予測がむずかしいことおよび塗料の種類に限りがあり, 温度間隔を密にとれないこともあって十分な精度は得られていないが大凡の特性は判る。

推力測定台の上面は地面効果板がない時は高々 60°C 以下であるが, 地面効果板を取り付けるとアイドルで $250 \pm 50^\circ\text{C}$, $N=12,500 \text{ rpm}$ で $365 \pm 60^\circ\text{C}$ まで上がる。また曲リジェットパイプを取り付けると吹け抜け口の内面が約 $100 \sim 200^\circ\text{C}$ に上がる。外面はいつも 55°C 以下である。下面の平坦部はエンジン1台運転時は大体 $55 \sim 100^\circ\text{C}$ であり, エンジン2台運転時は前方を除いて大体 $145 \pm 50^\circ\text{C}$ であるが地面効果板や曲リジェットパイプを取り付けた時は低くなる。下面の突起部も平坦部と同程度であるが場所によって多少異なる。

地面効果板はエンジン出口から約 1.4m の位置にあって, その中央部では $470 \pm 40^\circ\text{C}$ を示し, 約 1m 離れると約 100°C 下がることがある。推力測定台の吹抜口直下の地面はエンジン出口から約 3.35m の位置にあって, そこに鋼板を敷いたが, その中央部では $470 \pm 40^\circ\text{C}$ であるが, 約 1m 離れると約 200°C 低下

する。FTB フレーム途中の抽気配管はエンジンアイドルでは $75 \pm 20^\circ\text{C}$, $N=12,500 \text{ rpm}$ では $145 \pm 50^\circ\text{C}$ を示した。曲リジェットパイプ外側は大体 $400 \sim 600^\circ\text{C}$ であって Figure 21 の結果とほぼ一致するが, 計測点 35, 40 が低く 32, 37 が高いのが特徴である。操縦席背当裏側および燃料タンク外側は 60°C 以下, また左脚支柱および中央部フレーム下面は $75 \pm 20^\circ\text{C}$ といずれも低い温度を示した。

9.4 エンジン作動に関連する FTB 各部の特性

エンジン運転によって生ずる FTB 各部の特性として抽気, 機体振動およびテレメータの特性が検討の対象となる。

抽気特性としてはリングタンクおよび空気ジェットノズル入口の温度と圧力が重要である。抽気温度のリングタンク, 左ノズル入口, 後ノズル入口におけるテレメータ計測値の修正値のエンジン回転数に対する関係を Figure 24 に示す。3者ともほぼ同様の特性を示し, エンジンから離れるほど温度が低下するという傾向は殆んど認められなかったが, エンジン単体試験の場合の出口温度よりは $0 \sim 50^\circ\text{C}$ 低めの値を示し (ただし後述のようにテレメータ計測値が低めであったかも知れない), また回転数とともに温度が上昇する傾向は, エンジン単体試験の場合と同様であった。ただ Case 15 のアイドルで異常に高い値を示しているが特異現象というより恐らくは計測値が誤りであったと考えられる (Table 8)。抽気温度特性は Figure 23, Table 6 と対比されるが計測精度の相違により相関を求めることはむずかしい。

リングタンク圧力, 後ノズル入口圧力, エンジン圧縮機出口圧力などのテレメータ計測値の修正値のエンジン回転数に対する関係およびエンジン圧縮機出口圧力とリングタンク圧力の関係ならびにリングタンク圧力と後ノズル入口圧力の関係を Figure 25 に示す。左ノズル入口圧力は検出器故障のため計測を行なわなかった。3つの圧力のエンジン回転数とともに増加する傾向ならびに散布の状況は, ほぼ同様の特性を示している。エンジン圧縮機出口からリングタンクまで, およびリングタンクから後ノズル入口までの圧力損失は, それぞれ約 8% および約 10% である (ただし圧力は壁圧である)。

機体振動は縦フレーム, 横フレーム, 計器板上部の上下加速度ならびに中央部フレームの上下振幅を殆んどどの Case, 曲リジェットパイプ取り付け支柱の縦と横の振幅を 2Case 計測した。

3つの上下加速度のテレメータ計測によるペンレコ

ータ記録の1例を Figure 26 に示す。いずれも振動数が高く、振動試験の結果³⁾を遙かに上廻っているが、加振力となるエンジンの回転数が高いこと (12,000 rpm で 200 Hz) および脚固定の影響が大きいこと、などが原因と考えられる。つぎにこの振動で上下ピーク幅 (最大値幅ではない) の 1/2 の値とエンジン回転数との関係を Figure 27 に示す。 g_x , g_y , g_z の値は同一エンジン回転数 N に対して散布が大きく、また3者とも N の増加と共に僅かに増大する傾向が認められた。3者の最大値はそれぞれ 0.65 g, 0.9 g, 0.33 g である。振幅は縦フレーム先端で高々 1 mm 程度と考えられる。以上総合して特に振動に問題なしと判断した。

曲りジェットパイプを取り付けた時の振動振幅のエンジン回転数 N に対する関係の1例を Figure 28 に示す。中央フレームの上下振動における値が一番小さく約 3 mil 前後、つぎに No. 1 エンジン用支柱の縦と横の振動および No. 2 エンジン用支柱の横の振動における値が1グループを形成して約 10 mil 前後、No. 2 エンジン用支柱の横振動における値が一番高く約 20 mil (変位約 0.5 mm) の値をそれぞれ示した (長時間持続すれば有害と考えられる)。なお Table 7, 8 によれば中央フレーム上下振動では約 4~5 mil を記録したこともあるが 70 Hz 以下をカットすると約 1 mil 程度に減少した (Case 13, 15)。アイドル以上では振動は N とはあまり関係ないものようであった。

本実験ではテレメータは本格的使用を行わず、調整上の問題点を深りながらデータを利用する方法を採った。テレメータによる9種類、18項目の計測のうち直読計器による計測を併用した6種類、11項目について両者の比較を行なった結果を Figure 29 に示し、特記の外修正値を使用した。エンジン回転数 N はデジタル回転計を基準としてアイドル以上では大体 -200~+600 rpm の範囲に散布しているが、今後使用する時はテレメータの調整および記録を慎重に行なえば多少は改善されるであろう。燃料圧力 P_F では約 10 (No. 1 E/G)~25 (No. 2 E/G)%, エンジン圧縮機出口圧力 P_S では約 0~25%, リングタンク抽気圧力 P_R では約 15% と圧力に関するテレメータ計測値は相当低い値を示し、また散布も大きい、対策としては検出器を含む校正を行なうこと、歪ゲージを使用しているので中継状態を使用状態に合わせて校正を行なうことなどが挙げられる。エンジン入口空気温度 T_1 は -1.5~+4°C の範囲に散布し、概ねこの程度と考えられる。排気温度 T_2 は値の小さい所では +60~

-180°C の範囲に散布し、値の大きい所では -50~-80°C とまとまりが良くなっているが前者は直読とテレメータの測定時刻のずれが大きく関与しているとも考えられ、後者が低めに出ているのは計測誤差の範囲と考えられる。

9.5 外部騒音特性

FTB では自重以上の推力を発生する小型のターボジェットエンジンを搭載しているため、騒音は殆んどエンジンに左右される。FTB のその他の音源としては4個の空気ジェットノズルがあり、実験場の主な音源としては、ディーゼル機関で駆動される発動発電機および空気圧縮機があった。騒音の測定場所および指示騒音計の聴感補正回路の A 特性による測定結果を Figure 30 に示す (Table 7~9 には、A, C 両特性による測定結果を示してある)。騒音はエンジン回転数とともに増加し、エンジンに近づくほど大きくなる。FTB から約 30m, 2台のディーゼル機関から 10m 余離れた D 地点では、アイドルにおいて約 110±2 dB, $N=12,500$ rpm において約 116±2 dB であったがエンジンを運転していないときは約 71±3 dB (C 特性では約 82 dB) であった。これがエンジンから約 10m の B 地点では、アイドルにおいて約 121±3 dB, $N=12,500$ rpm において約 127±2 dB と格段に大きくなる。また FTB の計器板付近のバックミラー位置ではアイドルにおいて約 124±2 dB, $N=12,500$ rpm において約 130 dB と増加した (エンジンだけ2台運転した場合にエンジンから約 1m の側方で C 特性 132 dB という別の報告もある)。いずれにしろ3騒音については搭乗員、地上員、交信装置、実験運営法などについて対策が必要であることが判った。なお計測室では防音対策が施されており、その遮蔽効果は約 30±1 dB (C 特性では約 22 dB) であることも判った。なおエンジンについては今後本格的な騒音解析が必要と考えられる。

10. 実験に関する特記事項

全機作動実験は機体とエンジンを組み合わせてのはじめての実験であったので、当然ながら大小さまざまな問題が起った。実験の計画、準備、実施の段階で問題となったいくつかの事項を取り上げて、その概要をつぎにまとめておく。

10.1 始動空気

エンジンの始動に必要な空気は、地上空気源から機体の空気取入口、始動空気系統を經由してエンジンに達するが、これらにおける問題と対策はつぎのとおり

であった。

地上空気源については圧力および容量は十分であるが、エンジン入口圧力 $3.7\sim 4.5\text{ kg/cm}^2\text{G}$ 時に $2,370\sim 2,560\text{ rpm}$ と回転数過大となって着火が難かしいことが予備実験において予想されたので、タンク出口部に手動弁を置き、その開度を変えることにより圧力を調節してエンジン回転数を $2,200\pm 50\text{ rpm}$ とするようにした。またタンクよりの送気開閉弁（エアシリンダ作動）の開時間が約 1 s では、エンジン回転数の増大が急激に過ぎタービン部に好ましくぬ荷重を生ずる恐れがあることが予備実験において判明したので、その後開時間を $5\sim 10\text{ s}$ とするためエアシリンダ内にオリフィスを新設したが、これは又加速がゆるくなるので、着火時にスロットルのタイミングを合わせやすい方向ともなった。

地上空気源を接続してエンジン始動空気供給口までの始動空気系統は、右舷前方から操縦席後までは固定配管で、その後は各エンジン 2 本合計 4 本の可撓配管によっているが、機体フレームとエンジン間の狭い空間を機構的な干渉のないように配管するため、2, 3 の設計変更や部品交換を行なった。

10.2 燃料始動ブースト圧

燃料始動ブーストポンプは燃料系統中唯一の修理対象であったが、その内容は文献 (8) に詳しい。第 2 次実験に焦点を合わせてやや詳述するとつぎのとおりである。

実験直前に、No. 2 エンジン入口にブースト圧計を取付けて計測した結果、ブースト圧 $1.5\text{ kg/cm}^2\text{G}$ 、始動ブースト圧 $8.2\text{ kg/cm}^2\text{G}$ を得、後者が制限値 $5\sim 6.5\text{ kg/cm}^2\text{G}$ を超えていることを発見した。

直ちに始動ブーストポンプ内の減圧弁の押えバネを取外し、代りにゆるい押え座金（アルミ合金）を現場で製作充当して減圧効果を増し、始動ブースト圧 $6.2\text{ kg/cm}^2\text{G}$ とすることを得た。第 2 次実験はこの状態で実施した。

10.3 抽気孔面積

JR 100F エンジンの圧縮機で加圧された空気は燃焼器に送り込まれる 1 次空気の外に、2 次空気として燃焼器の外側とエンジン外殻の間を通る冷却用空気として利用され、2 次空気の途中の抽気孔から機体用に抽気される仕組みになっている。したがって抽気を多く取り過ぎると冷却用空気が少なくなってエンジンの運転に支障を生じるので特に高速運転では注意を要する。このため、はじめての運転時には抽気を零 (Case 1~5) とし、またエンジン 1 台だけで最大連続回転数

$12,500\text{ rpm}$ まで運転する時は機体の空気配管を接続しても空気ジェットノズルの吹出し口の面積を所定の $1/2$ とする金具を取付けてエンジン単体試験の状態から逸脱しないようにした (Case 6~9)。

一方、機体の姿勢制御モーメント用空気ジェットノズルは本実験終了後開口面積を増大したものに換装が予定されていたので、正規の開口面積 42.9 cm^2 での実験 (Case 10~17) の外に、予定された増大面積 (59.2 cm^2) に合わせるために、ピッチ・ヨーノズル開口面積中立（前、後ノズルとも開度 $1/2$ ）のまま左右のロールノズル開口面積を全開とした状態での実験を行なった (Case 20~46)。

10.4 曲リジェットパイプ

2 台エンジンの内 1 台故障したときにピッチングモーメントを生じると、これを打消すだけの空気ジェットノズルによる姿勢制御モーメントの余裕がないので、その対策として推力中心線が機体重心を通過するように垂直から 15° 傾斜した推力線となるような曲リジェットパイプを取付けることを計画し、これを実験した (Case 16, 17)。

曲リジェットパイプはエンジン出口において間隙約 30 mm を与えるように半径を大きくし、また気流方向に約 115 mm の重なりを与えて機体のフレームに支柱を介して取付け、エンジンと遊離させて推力偏向による水平成分や熱応力がエンジンにかからないようにした。

Case 16 において、No. 1, No. 2 両エンジンアイドルまでの運転で異常が認められなかったので、Case 17 において、両エンジン最大連続回転数まで運転して、実験後点検により曲リジェットパイプ取付部左舷中央の電線ならびに支柱塗料の焦げを発見した。原因はエンジン出口と曲リジェットパイプ入口の間隙からの吹き返しによるものと断定された。

曲リジェットパイプを取付けると、エンジン 1 台故障時にピッチングモーメントを生じないけれど、前進または後退の力を生じてその影響は無視できないこと、また高度が低い場合にはピッチングモーメントがあっても、機体の傾きは着地に対してあまり問題とならないことなどの議論があり、実験の方法によっては曲リジェットパイプがなくても安全上問題ないと判断されたので、自由飛行においても曲リジェットパイプ付では実験を行なわないことにした。

10.5 地面効果

地上 3 点姿勢でエンジン出口から地面までの距離は約 $1,300\text{ mm}$ で、エンジン出口直径は 422 mm であ

り、その比は約 3:1 である。この場合にエンジン排気による機体下面の過熱や、排気再循環によるエンジン入口温度上昇ならびに異常振動などの問題のないことを確認するために、推力測定台上に地面効果板を張って実験を行なった (Case 14, 15)。

10.6 気流試験

エンジン排気が再循環してエンジン入口に達したり、また機体や地上の器材に対して有害な流れを生じないかを見るために、排気を着色する方法が屢々使用される。

本実験においては No. 1 エンジンに対して排気圧力検出口を利用してここより灯油を注入することにより排気を青く着色した (Figure 4)。

また機体まわりの気流状況を見るために、紐状の白布を要所に縛り付けた。この気流子によってエンジン入口付近では天幕の有無に拘らず気流はそよ風程度であり、また機体中央部でも排気による誘導や逆風などは認められず、さらに脚柱も地上 0.5m 辺では気流の乱れは殆んどないことが判った。

10.7 排気の吹上げ対策

エンジン運転中は排気が地面を走るの途中に突起物があると、これに当たって吹上げを生じる。この吹上げは、排気口直下に近い突起物で平板を立てたような形のものにおいて特に激しい。このような突起物には、ひさしをつけて F 型とし、排気を再び地面に巻返す方法が有効である。このような対策を講じたものはつぎのとおりである。推力測定台上ロードセル 3, 脚用排気防御カバー 3, 脱出台固定用 L 材 2, また当然ながら排気によって吹飛ばされる懸念のある可搬物はすべて撤去した。

11. むすび

以上、FTB の全機作動実験について述べた。これを要約すると、つぎのとおりである。

(1) 実験は、試作機によるはじめての野外実験となるので、予備実験、第 1 次実験と 2 回にわたる安全対策実験を重ねた後、運転実験に入った。

(2) 機体は、地上約 2m の高さの推力測定台上に固定され、約 50m 離れた屋内からの遠隔操作によって 44 回の運転が行なわれた。エンジン運転時間は合計約 4h におよび、毎回約 30 項目の計測がテレメータ、有線、地上の独立した機器によって行なわれた。

(3) 実験の結果、エンジンの運転性能、エンジンの

運転に直接関与する機体システムの作動特性、エンジンの運転によって生ずる機体システムや機外への影響について多くのデータを得、全般に特性良好であることが確認された。

(4) 実験に関連して、始動空気圧、燃料始動ブースト圧、抽気量、曲りジェットパイプ取り付け、排気の吹き上げや再循環などが問題となった。

本実験に際して、富士重工業(株)、石川島播磨重工業(株)、日本電気(株)、大和製衡(株)の御協力に負う所が大きく、ここに深甚なる謝意を表す。また地元角田市、特に消防署の方々には大きな御支援を頂き併せて厚く御礼申上げる。実験には角田支所の全面的協力を頂いた。図および原稿の整理は新型航空機第一研究室の岡田典秋技官、佐竹淑江嬢によった。

文 献

- 1) 滝澤直人; フライングテストベッド (FTB) について, 日本機械学会誌, 71 巻 598 号 (1968/11)
- 2) 新型航空機部; フライングテストベッドの計画一本体のシステムデザイン, 航技研報告 TR-154 (1968/5)
- 3) 滝澤直人, 田辺義一, 渋谷昭義, 小川敏雄, 藤枝郭俊, 甲斐忠夫, 西村博史, 小野幸一, 後藤芳夫; フライングテストベッド機体総合実験—エンジンを除く本体の機能, 航技研報告 TR-276 (1972/2)
- 4) 松木正勝, 鳥崎忠雄; リフトジェットエンジン JR 100 の概要, 日本機械学会誌, 70 巻 581 号 (1967/6)
- 5) 田辺義一, 小暮泰之, 川崎純男; フライングテストベッド空気系統試験, 航技研資料 TM-213 (1972/2)
- 6) 甲斐忠夫, 十河弘; フライングテストベッド電気系統試験, 航技研資料 TM-232 (1972/2)
- 7) 藤枝郭俊, 川崎純男; フライングテストベッド操縦系統試験, 航技研資料 TM-227 (1972/7)
- 8) 田辺義一, 小暮泰之, 川崎純男; フライングテストベッド燃料系統試験, 航技研資料 TM-214 (1972/2)
- 9) 滝澤直人, 渋谷昭義, 小川敏雄, 藤枝郭俊, 甲斐忠夫, 宮本義人, 田辺義一, 小野幸一; フライングテストベッド用付帯設備の計画, 航技研報告 TR-306 (1972/11)
- 10) 小野幸一, 十河弘, 池上博; フライングテストベッドテレメータ性能試験, 航技研資料 TM-220 (1972/5)
- 11) 田辺義一; フライングテストベッド用偏向ジェットパイプの模型実験, 航技研報告 TR-209 (1970/10)

Table 4 Operational records

Date (1968)	Start Time	Run	Case	Weather	P_a [mmHg]	T_a [°C]	H [%]	Operator	P_s [kg/cm ² G]		t_f No. 1	t_t No. 1
									No. 1	No. 2		
Dec. 6	15:28	1	0	Clear	764.0	15.5	59	Muto	6.5	—	—	—
	15:42	2	0	"	"	"	"	"	5.5	—	—	—
	15:48	3	0	"	"	"	"	"	—	6.5	—	—
	15:52	4	0	"	"	"	"	"	—	6.5	—	—
	16:12	5	1	"	"	14.0	72	"	6.25	—	—	(26'')
	16:25	6	2	"	"	"	"	"	—	6.2	—	—
7	10:53	7	0	Cloudy	764.4	9.6	84	Muto	6.5	—	—	—
	10:58	8	0	"	"	"	"	"	—	6.5	—	—
	11:06	9	3	"	764.1	12.2	"	"	6.5	—	—	(25)
	11:26	10	4	"	"	"	75	"	—	6.4	—	—
	11:49	11	5	"	763.6	13.3	"	"	6.5	6.5	—	(30)
8	11:00	12	0	Clear	769.5	13.7	74	Muto	6.6	—	—	—
	11:04	13	0	"	"	"	"	"	—	6.5	—	—
	11:09	14	6	"	"	"	"	"	6.5	—	—	(33)
	11:21	15	7	"	"	"	"	"	—	6.5	—	—
	11:44	16	8	"	769.1	14.5	"	"	6.4	—	—	(30)
	11:58	17	9	"	"	"	"	"	—	6.3	—	—
	14:05	18	10	"	769.6	14.0	67	"	6.7	—	—	(30)
	14:12	19	11	"	"	"	"	"	—	6.5	—	—
	14:25	20	12	"	769.8	13.3	"	"	6.8	6.3	—	(26)
	14:52	21	13	"	"	"	"	"	7.2	6.3	—	(25)
9	10:41	22	0	Cloudy	770.8	9.0	85	Muto	7.2	—	—	—
	10:45	23	0	"	"	"	"	"	—	7.4	—	—
	10:57	24	14	"	"	"	"	"	7.4	6.5	—	(25)
	11:39	25	15	"	769.5	12.9	81	"	7.4	6.5	—	(26)
10	15:07	26	0	Clear	756.7	16.3	86	Muto	6.7	—	—	—
	15:12	27	0	"	"	"	"	"	—	6.2	—	—
	15:51	28	16	"	757.1	15.2	"	"	7.2	6.5	—	(26)
	16:06	29	17	"	757.2	13.5	"	"	7.0	6.5	—	(26)
11	9:50	30	0	Clear	766.4	14.5	71	Muto	7.3	—	—	—
	13:23	31	0	"	765.6	15.6	56	"	7.0	—	—	—
	13:27	32	0	"	"	"	"	"	—	7.3	—	—
	13:36	33	20	"	"	"	"	"	6.5	6.0	—	(26)
	13:55	34	21	"	"	"	"	Goto	7.2	6.5	15''	41'' (26)
	14:08	35	22	"	766.2	15.5	"	"	7.2	5.7	15	43 (28)
	14:31	36	23	"	"	"	"	"	6.9	6.5	17	51 (34)
	15:08	37	24	"	766.9	14.5	"	Suzuki	7.2	6.2	—	(25)
	15:19	38	25	"	"	"	"	"	7.2	5.6	12	46 (34)
	15:42	39	26	"	"	"	67	"	7.0	5.0	15	59 (44)
	15:57	40	27	"	"	"	"	Oike	7.0	5.5	15	45 (30)
16:10	41	28	"	"	"	"	"	6.6	5.5	—	(55)	
12	10:40	42	0	Clear	764.1	12.3	79	Muto	7.2	—	—	—
	10:44	43	0	"	"	"	"	"	—	—	—	—
	10:58	44	29	"	"	"	"	Goto	—	—	(13'')	(34)
	11:12	45	30	"	"	"	"	"	—	15 (13)	—	49 (32)
	11:28	46	31	"	763.3	13.2	"	"	—	13 (12)	—	44 (31)
	11:54	47	32	"	"	"	76	Suzuki	—	12 (11)	—	48 (36)
	12:04	48	33	"	"	"	"	"	—	11	—	—
	13:32	49	34	Rainy	762.0	13.0	81	"	—	13 (11)	—	1'03'' (50)
	14:11	50	35	"	"	12.0	"	Oike	—	15 (14)	—	(58)
	14:26	51	36	"	"	11.8	"	"	—	16 (15)	—	(51)
14:42	52	37	"	761.9	11.5	"	"	—	20 (13)	—	1 32 (72)	
13	9:40	53	0	Rainy	761.3	13.5	80	Oike	6.3	—	—	—
	9:44	54	0	"	"	"	"	"	—	7.1	—	—
	9:52	55	38	"	"	"	"	Goto	7.4	—	15 (12)	(34)
	10:01	56	39	"	"	8.5	"	"	—	20 (16)	—	57 (37)
	10:13	57	40	"	"	"	"	"	—	17 (14)	—	54 (37)
	10:34	58	41	"	"	"	63	Suzuki	7.3	—	12 (12)	46 (34)
	10:44	59	42	"	761.5	9.6	"	"	7.3	—	11 (8)	40 (29)
	10:58	60	43	"	"	"	"	"	—	—	11 (7)	42 (31)
	11:37	61	44	"	761.4	9.0	"	Oike	7.4	—	15 (13)	1 14 (59)
	11:52	62	45	"	"	"	"	"	7.4	—	15 (10)	1 04 (49)
	12:07	63	46	"	"	"	74	"	—	—	19 (16)	1 11 (52)

[Note] No. 1, No. 2; E/G No., (); Time monitored at the control room from each

運 転 記 録

t_s No. 2	t_f No. 2	t_i No. 2	t_{11}	t_{12}	t_m	t_t	t_0	t_c		W_F [kg]	Remarks
								No. 1	No. 2		
—	—	—	—	—	—	—	20'	2'05"	—	—	No. 1 Dry Motoring
—	—	—	—	—	—	—	30	200	—	—	No. 1 Wet Motoring
—	—	—	—	—	—	—	20	—	2'18"	—	No. 2 Dry Motoring
—	—	—	—	—	—	—	50	—	221	—	No. 2 Wet Motoring
—	—	—	—	—	—	—	2'	223	—	15	
—	—	(32")	—	—	—	—	2	—	215	15	Fuming
—	—	—	—	—	—	—	30	158	—	—	No. 1 Wet Motoring
—	—	—	—	—	—	—	30	—	214	—	No. 2 "
—	—	—	—	—	—	—	4	213	—	65	
—	—	(32)	—	—	—	—	4	—	216	62	
—	—	(33)	—	—	—	—	810	208	205	229	
—	—	—	—	—	—	—	30	158	—	—	No. 1 Wet Motoring
—	—	—	—	—	—	—	30	—	211	—	No. 2 "
—	—	—	—	—	—	—	3	210	—	42	
—	—	(34)	—	—	—	—	4	—	215	42	
—	—	—	—	—	—	—	530	212	—	104	
—	—	(31)	—	—	—	—	5	—	209	80	
—	—	—	—	—	—	—	2	212	—	30	
—	—	(29)	—	—	—	—	2	—	214	39	
—	—	(27)	—	—	—	—	330	212	213	74	
—	—	(29)	—	—	—	—	7	208	215	205	
—	—	—	—	—	—	—	30	159	—	—	No. 1 Wet Motoring
—	—	(27)	—	—	—	—	30	—	210	—	No. 2 "
—	—	(28)	—	—	4'	5'	5	215	216	110	Fuming
—	—	—	—	—	—	—	6	214	216	176	
—	—	—	—	—	—	—	30	202	—	—	No. 1 Wet Motoring
—	—	(26)	—	—	—	—	45	—	214	—	No. 2 "
—	—	(26)	2'25"	3'10"	3'50"	—	305	216	219	77	
—	—	—	—	—	—	—	458	215	217	149	
—	—	—	—	—	—	—	2	203	—	—	No. 1 Dry Motoring
—	—	—	—	—	—	—	30	202	—	—	No. 1 Wet Motoring
—	—	(23)	—	—	—	—	30	—	216	—	No. 2 "
—	1'30"	1'53" (23)	—	—	230	3'15"	340	216	216	107	
—	110	138 (28)	235	3	335	405	430	218	218	71	
—	120	154 (34)	—	—	3	405	430	216	218	122	
—	135	207 (32)	—	—	—	—	425	211	215	122	Task Free
—	125	159 (35)	323	354	423	562	540	215	208	234	
—	—	(43)	—	—	350	549	630	213	207	202	Task Free
—	—	(35)	—	—	—	—	330	213	207	67	
—	—	(36)	—	—	—	—	402	212	207	79	
—	—	—	—	—	—	—	30	159	—	—	No. 1 Wet Motoring
—	—	—	—	—	—	—	30	—	213	—	No. 2 "
—	(17")	(32)	—	—	—	—	3	215	217	68	Fuming
—	118 (17)	153 (33)	255	325	337	423	450	214	217	137	
—	(14)	(30)	—	—	240	326	4	206	212	104	Open Test
—	110 (15)	150 (40)	—	—	—	155	235	210	213	49	
—	128	207 (32)	—	—	—	223	4	210	213	110	Fuming
—	142 (16)	223 (41)	—	—	—	—	408	213	208	98	Task Free
1'23"	(19)	(45)	—	—	—	—	3	213	210	60	Fuming
—	(20)	(50)	—	—	—	—	410	216	206	110	"
—	(15)	(37)	—	—	345	—	5	212	206	110	"
—	—	—	—	—	—	—	33	155	—	—	No. 1 Wet Motoring
—	—	—	—	—	—	—	31	—	211	—	No. 2 "
—	(17)	(37)	—	—	—	220	229	212	219	54	
107	124 (19)	201 (37)	232	250	307	343	430	213	210	128	Fuming
110	124 (11)	(32)	—	—	—	—	430	212	208	110	Task Free
—	(15)	(32)	—	—	—	207	3	214	208	62	Fuming
—	(14)	(28)	208	228	252	321	4	214	208	116	
—	(10)	(25)	206	234	—	—	539	213	207	173	Fuming, Task Free
—	(22)	(45)	—	—	—	239	330	214	209	71	
—	120 (12)	157 (37)	258	319	342	416	501	213	208	134	Fuming
—	120 (12)	150 (30)	—	—	342	522	540	209	205	146	Task Free

engine start.

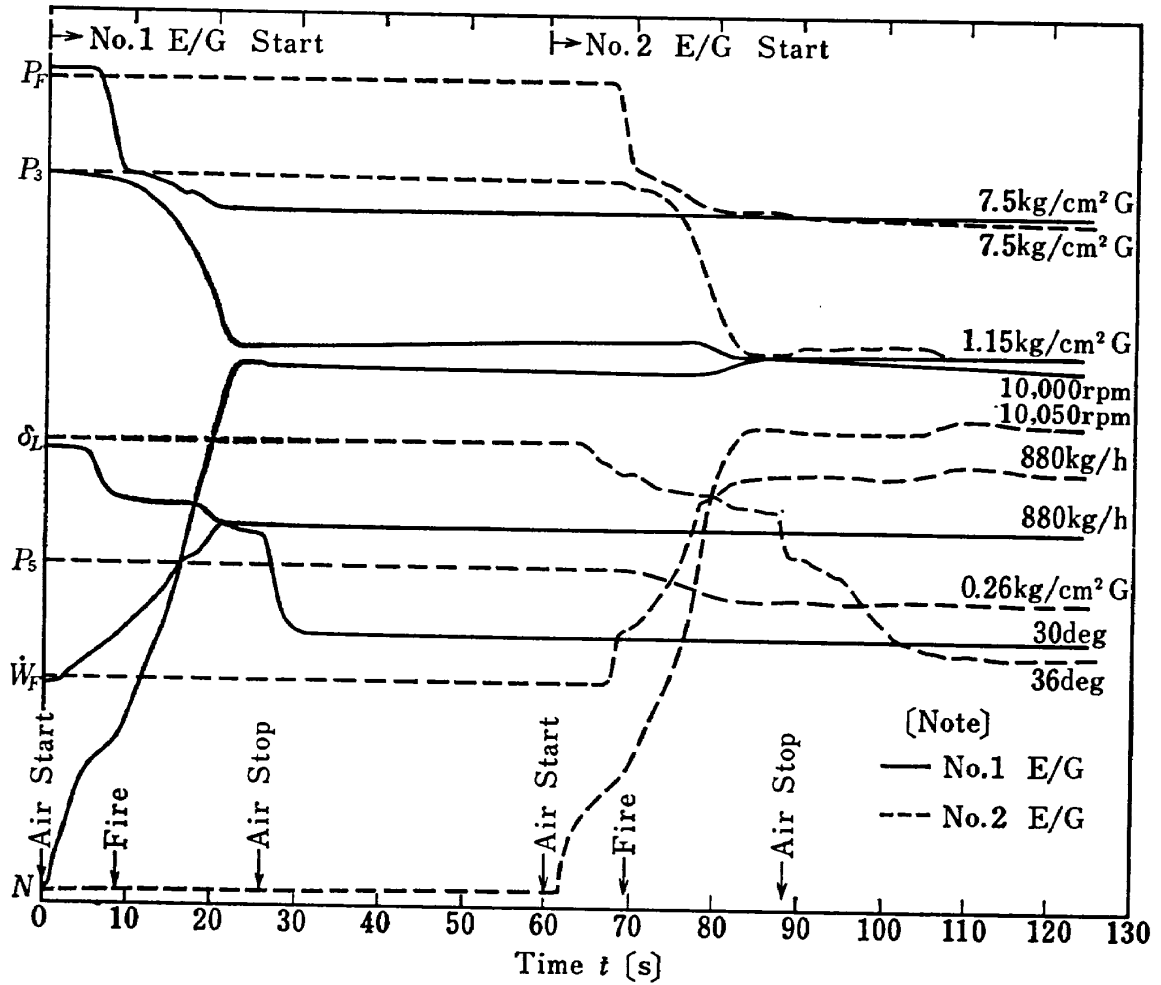


Figure 13 Engine starting record (Case 13)

エンジン始動記録

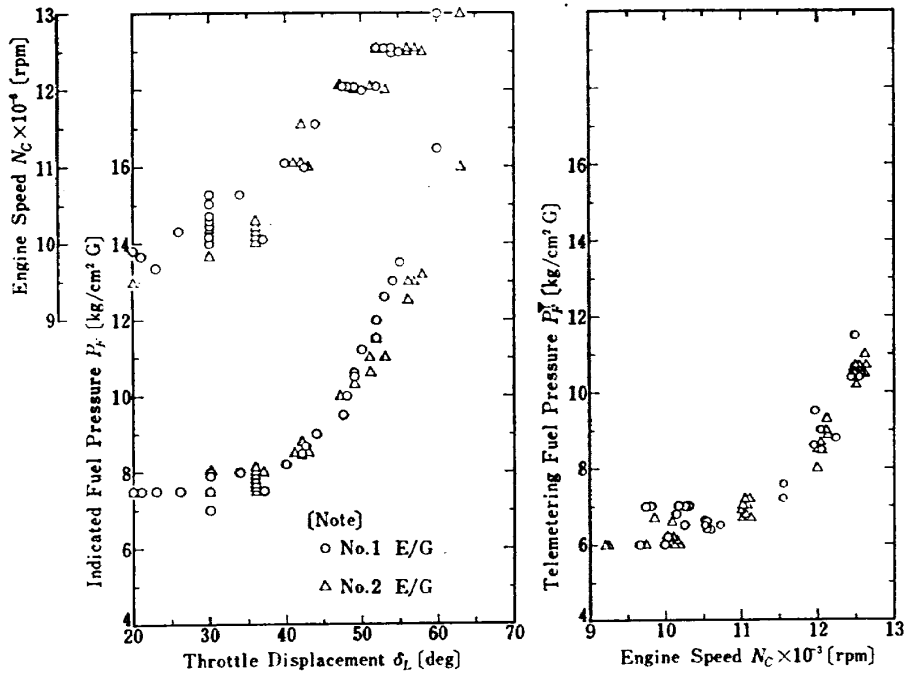


Figure 14 Fuel pressure (& throttle behaviour)
燃料圧力 (およびスロットルの動き)

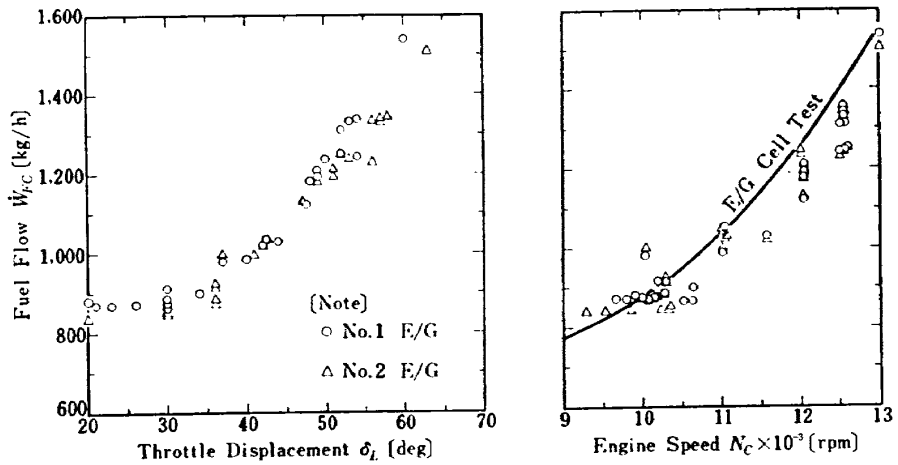


Figure 15 Fuel flow
燃料流量

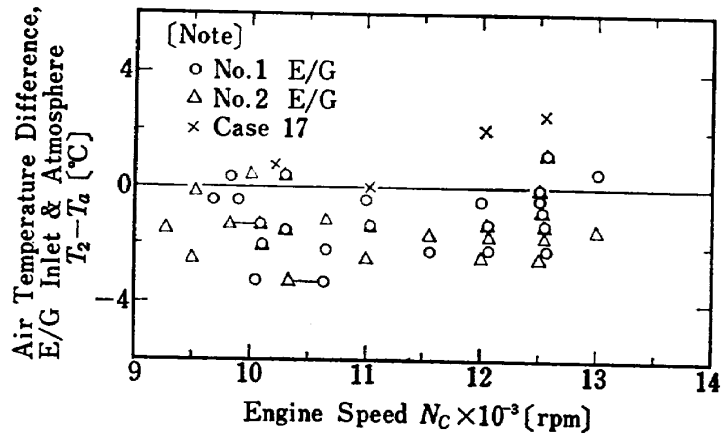


Figure 16 Engine inlet air temperature
 エンジン入口空気温度
 ($T_a = 8 \sim 16.5^\circ\text{C}$)

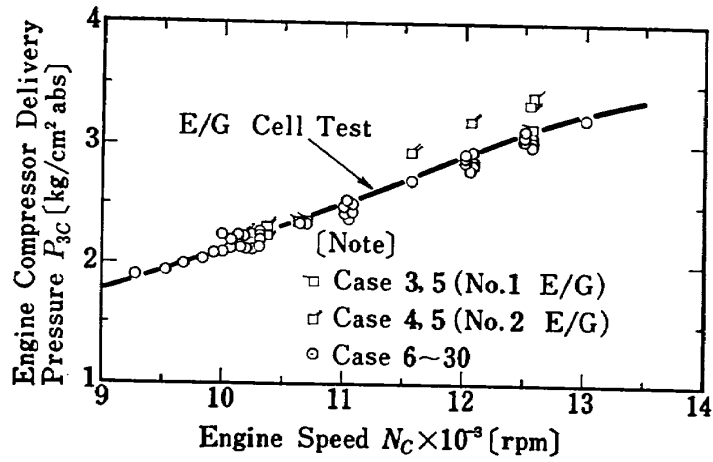


Figure 17 Engine compressor delivery pressure
 エンジン圧縮機出口圧力

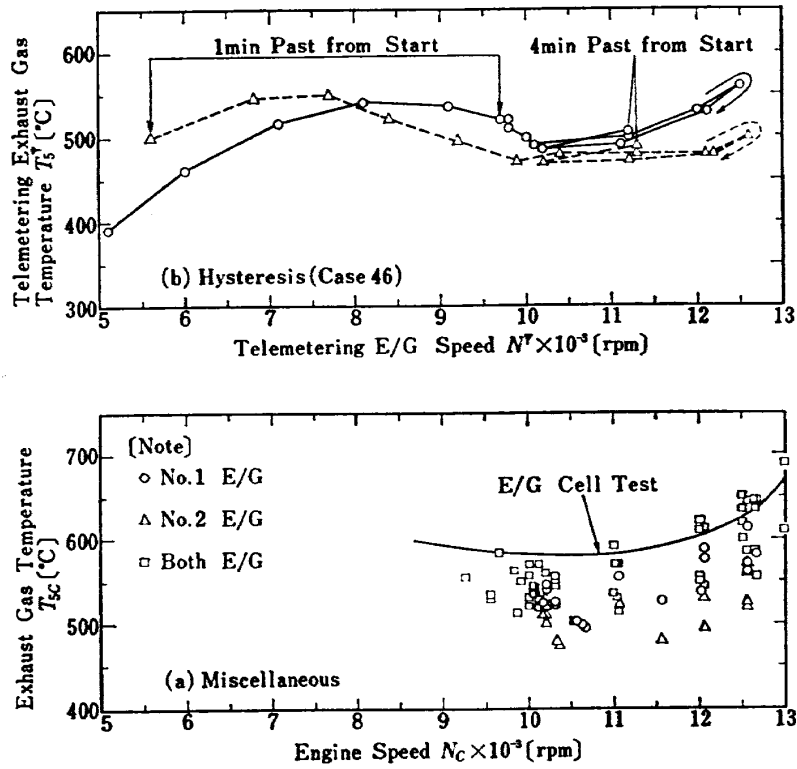


Figure 18 Exhaust gas temperature
排気温度

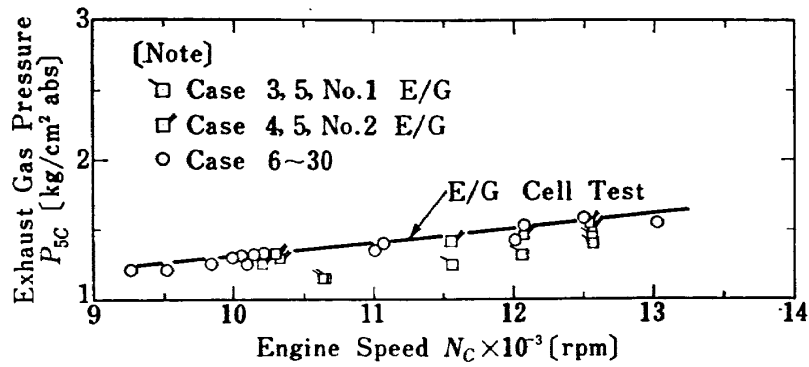


Figure 19 Exhaust gas pressure
排気圧力

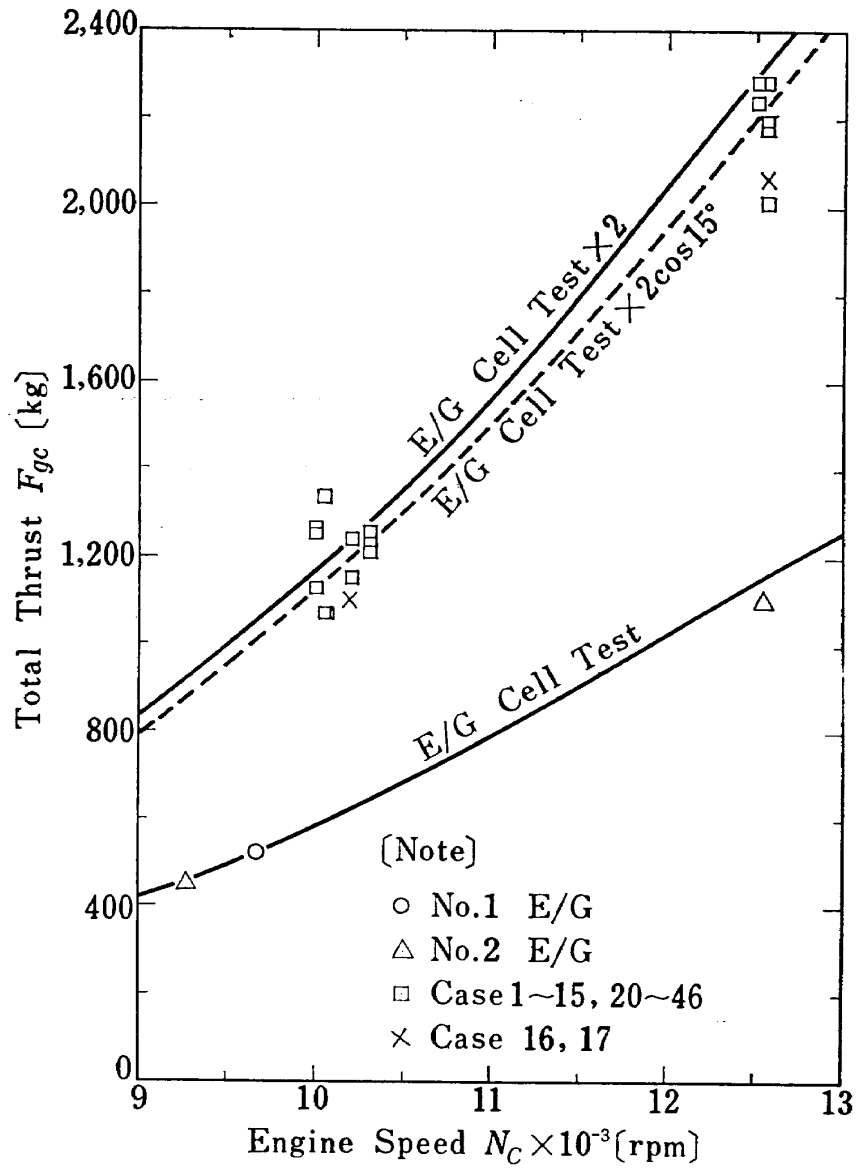


Figure 20 Total thrust
全推力

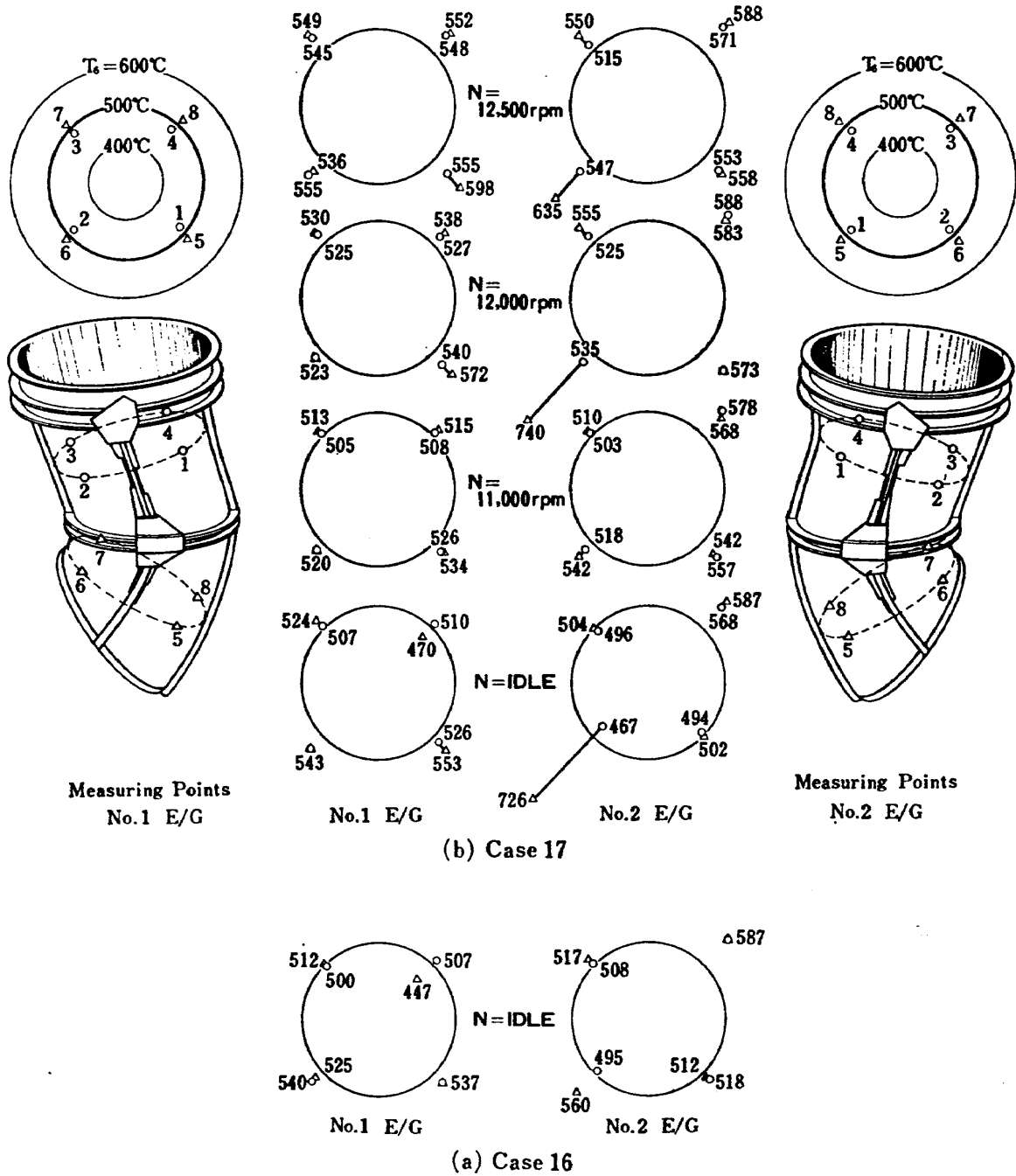


Figure 21 Exhaust gas temperature in curved jet pipes
 曲りジェットパイプ中の排気温度

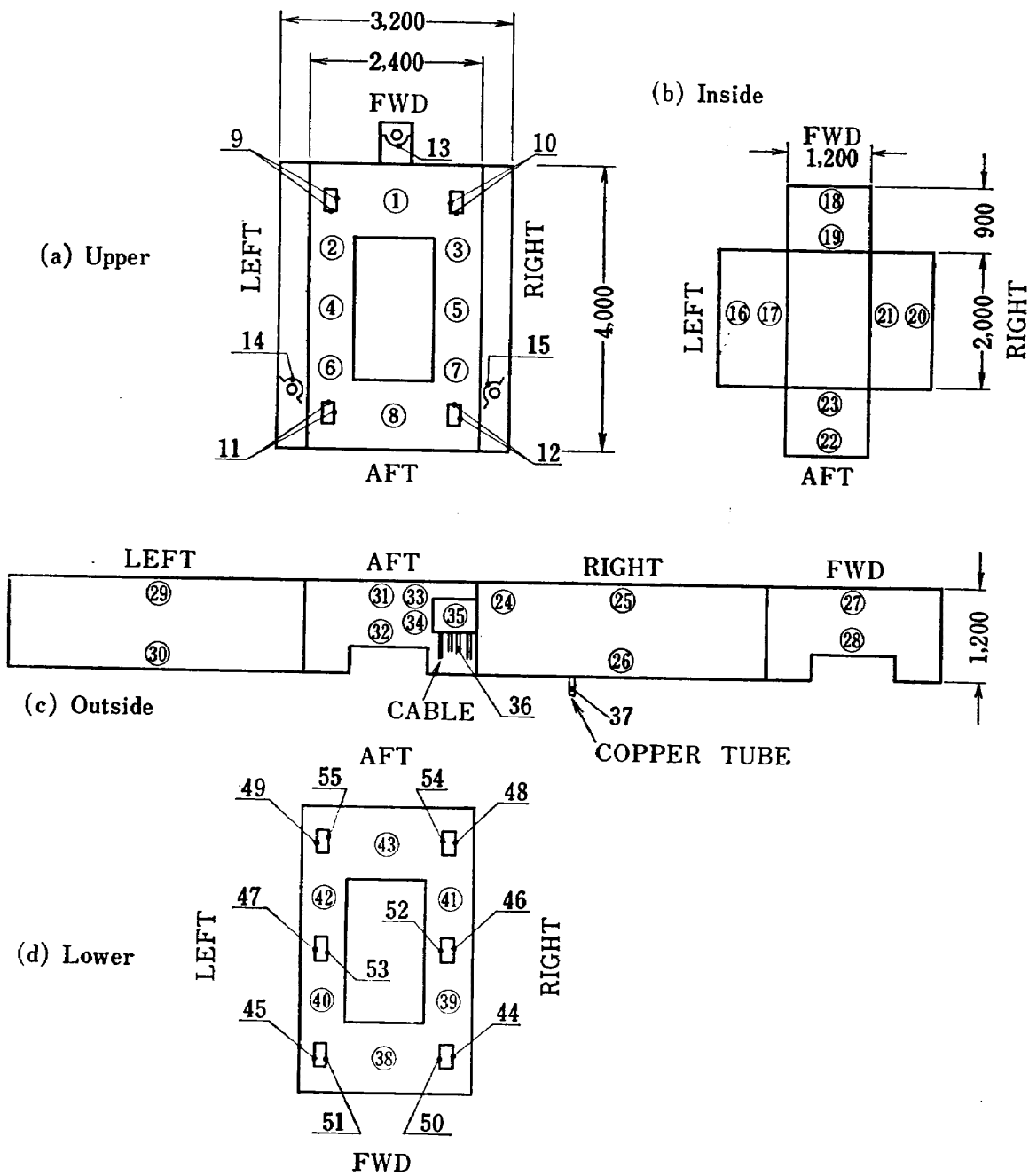


Figure 22 Measuring points for surface temperature on force test stand
 推力測定台表面温度測定点

Table 5 Temperature on force test stand
 推力測定台の温度

Case	1, 6, 10	2, 7, 11	3	4	5, 13	8	9	12	14	15	16	17
E/G	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	Both	No. 1	No. 2	Both	Both	Both	Both	Both
N [rpm]	Idle	Idle	12500	12500	12500	13000	13000	Idle	Idle	12500	Idle	12500
G.E.P									With	With		
C.J/P											With	With
1	55 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓	—	145 E	60 ↓	60 ↓
2	"	"	"	"	"	"	"	"	250 E	365 F	"	"
3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6	"	"	"	"	"	"	"	"	90 ↓	"	"	"
7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
8	"	"	"	"	"	"	"	"	145 E	145 E	"	"
9	—	—	—	—	—	—	—	—	90 ↓	90 ↓	"	"
10	—	—	—	—	—	—	—	—	"	"	"	"
11	—	—	—	—	—	—	—	—	145 E	"	"	"
12	—	—	—	—	—	—	—	—	90 ↓	"	"	"
13	—	—	—	—	—	—	—	—	145 E	—	"	"
14	—	—	—	—	—	—	—	—	"	—	75 B	75 B
15	—	—	—	—	—	—	—	—	"	—	"	"
16	55 ↓	55 ↓	90 ↓	90 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓	60 ↓	75 B	145 E	200 ↑
17	"	"	145 E	"	75 B	"	"	75 B	"	55 ↓	"	"
18	"	"	90 ↓	"	55 ↓	"	"	55 ↓	"	75 B	90 ↓	90 ↓
19	"	"	"	"	"	"	"	"	"	55 ↓	145 E	145 E
20	"	"	"	"	"	"	"	"	"	75 B	"	200 ↑
21	"	"	145 E	"	75 B	"	"	75 B	"	55 ↓	200 ↑	"
22	"	"	90 ↓	"	55 ↓	"	"	55 ↓	"	75 B	90 ↓	90 ↓
23	"	"	"	"	"	"	"	"	"	55 ↓	145 E	145 E
24	"	"	55 ↓	55 ↓	"	"	"	"	"	50 ↓	55 ↓	55 ↓
25	"	"	"	"	"	"	"	"	"	50 A	"	"
26	"	"	"	"	"	"	"	"	"	50 ↓	"	"
27	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
28	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
29	"	"	"	"	"	"	"	"	"	50 A	"	"
30	"	"	"	"	"	"	"	"	"	50 ↓	"	"
31	"	"	"	"	"	"	"	"	"	50 A	"	"
32	"	"	"	"	"	"	"	"	"	50 ↓	"	"
33	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
34	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
35	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
36	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
37	—	—	—	—	145 E	—	—	75 B	—	—	—	—
38	55 ↓	55 ↓	90 ↓	90 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓	60 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓
39	"	"	"	"	145 E	75 B	75 B	145 E	"	"	"	145 E
40	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
41	"	"	"	"	"	"	145 E	"	"	"	"	"
42	"	"	"	"	"	"	75 B	"	"	"	"	"
43	"	"	"	"	55 ↓	55 ↓	55 ↓	55 ↓	"	"	"	55 ↓
44	90 ↓	—	200 ↓	200 ↓	75 B	—	—	—	—	—	55 ↓	"
45	"	—	"	"	"	—	—	—	—	—	"	"
46	"	120 C	"	"	145 E	120 C	120 C	75 B	—	—	145 E	145 E
47	"	—	"	"	75 B	—	—	—	—	—	75 B	75 B
48	"	120 C	"	"	"	120 C	120 C	75 B	—	—	145 E	145 E
49	"	"	"	"	"	"	"	"	—	—	"	"
50	—	—	—	—	90 ↓	—	—	250 E	—	—	—	—
51	—	—	—	—	"	—	—	"	—	—	—	—
52	—	—	—	145 E	200 ↓	—	—	175 B	—	—	—	—
53	—	—	—	—	120 C	—	—	250 E	—	—	—	—
54	—	—	—	145 E	175 B	—	—	145 E	—	—	—	—
55	—	—	—	"	"	—	—	"	—	—	—	—

Measuring Points (See Figure 22)

[Note] A : ±10°C C : ±30°C E : ±50°C ↑ : over
 B : ±20 D : ±40 F : ±60 ↓ : below

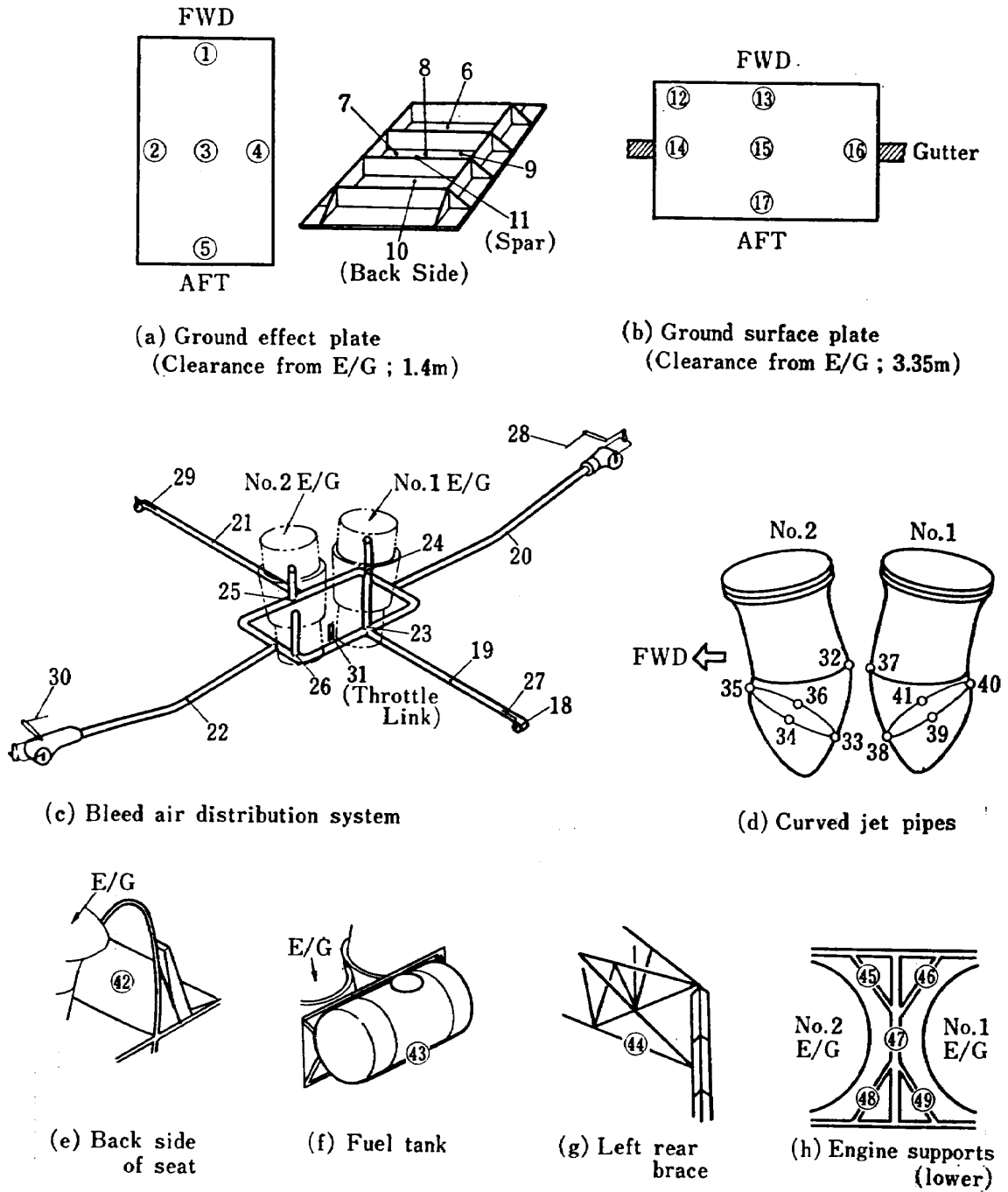


Figure 23 Measuring points for surface temperature on various parts of FTB and others
FTB 等の各部表面温度測定点

Table 6 Temperature on various parts of FTB and others
FTB 等の各部温度

Case		1, 6, 10	2, 7, 11	5, 13	12	14	15	16	17	20~29	
Measuring Points (See Figure 23)	1					300 ↓	365 F				
	2						"				
	3					470 D	470 D				
	4						"				
	5					470 D	"				
	6					365 F	365 F				
	7					"	"				
	8					"	470 D				
	9					"	"				
	10					"	"				
	11							200 ↓			
	12		200 ↓	200 ↓							
	13		"	250 E	250 E	250 E			145 E	200 ↑	
	14		250 E	"	"	200 ↓			"	"	
	15		470 D	470 D		470 D			250 E	365 F	
	16		200 ↓	200 ↓	250 E	250 E			145 E	145 E	
	17		250 E	250 E	"	"			200 ↑	200 ↑	
	18		75 B				75 B			75 B	
	19		"				"	145 E			
	20		"				"	"			
	21		"				"	"			
	22		"				"	"			
	23		200 ↓				120 C				
	24		"				"				
	25		"				"			200 ↓	
	26		145 E				"				
	27						60 ↓				
	28						"				
	29						"				
	30						"				
	31										
	32									565 E	
	33									470 D	
	34									"	
	35									430 ↓	
	36									470 D	
	37									565 E	
	38									470 D	
	39									"	
	40									430 ↓	
	41									470 D	
	42						60 ↓				
	43						"				
	44						145 E				
	45										75 B
	46										"
	47						60 ↓				
	48										75 B
	49										"

[Note] A : ±10°C
 B : ±20
 C : ±30
 D : ±40
 E : ±50
 F : ±60
 ↑ : over
 ↓ : below

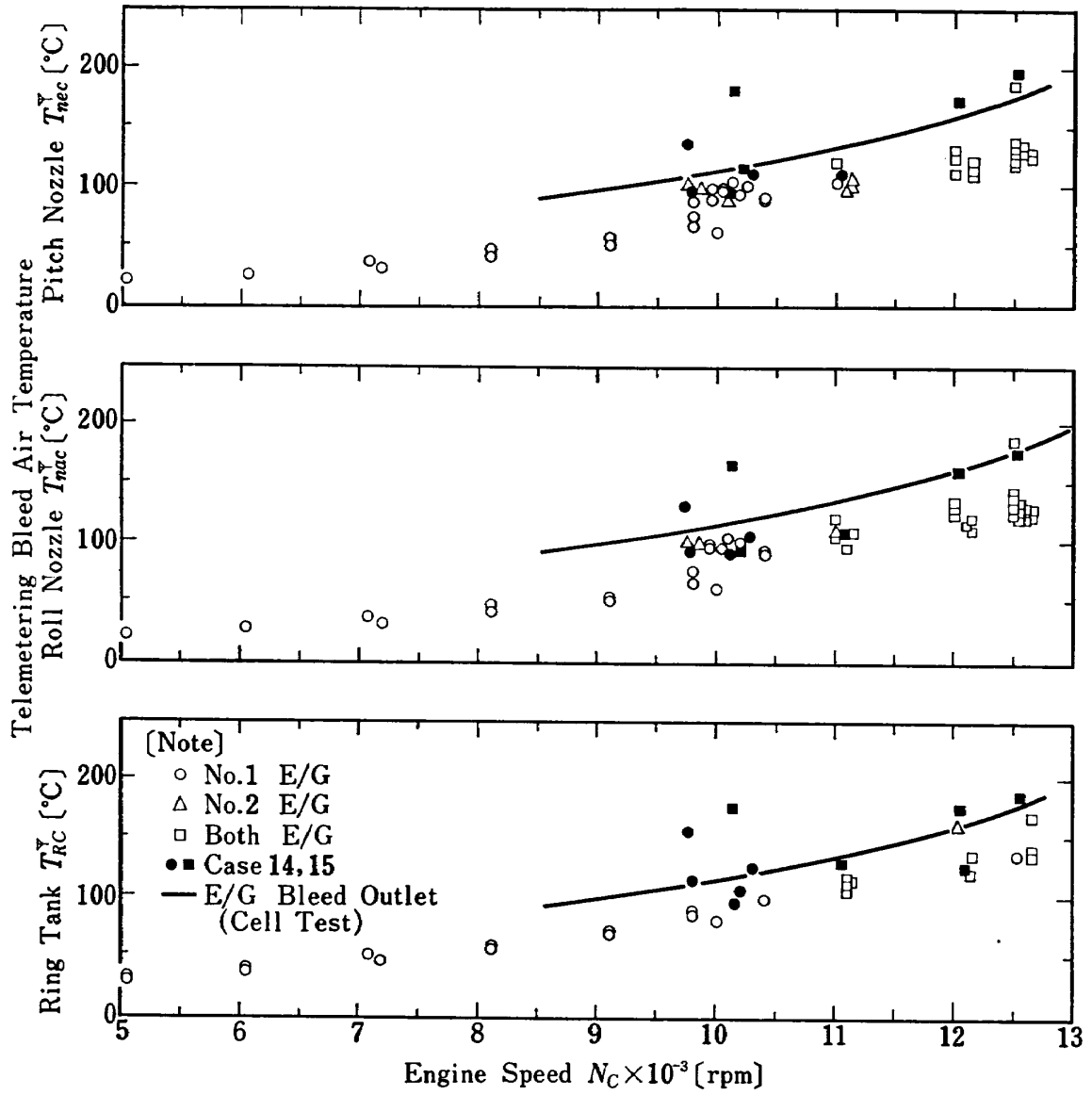


Figure 24 Bleed air temperature
抽気温度

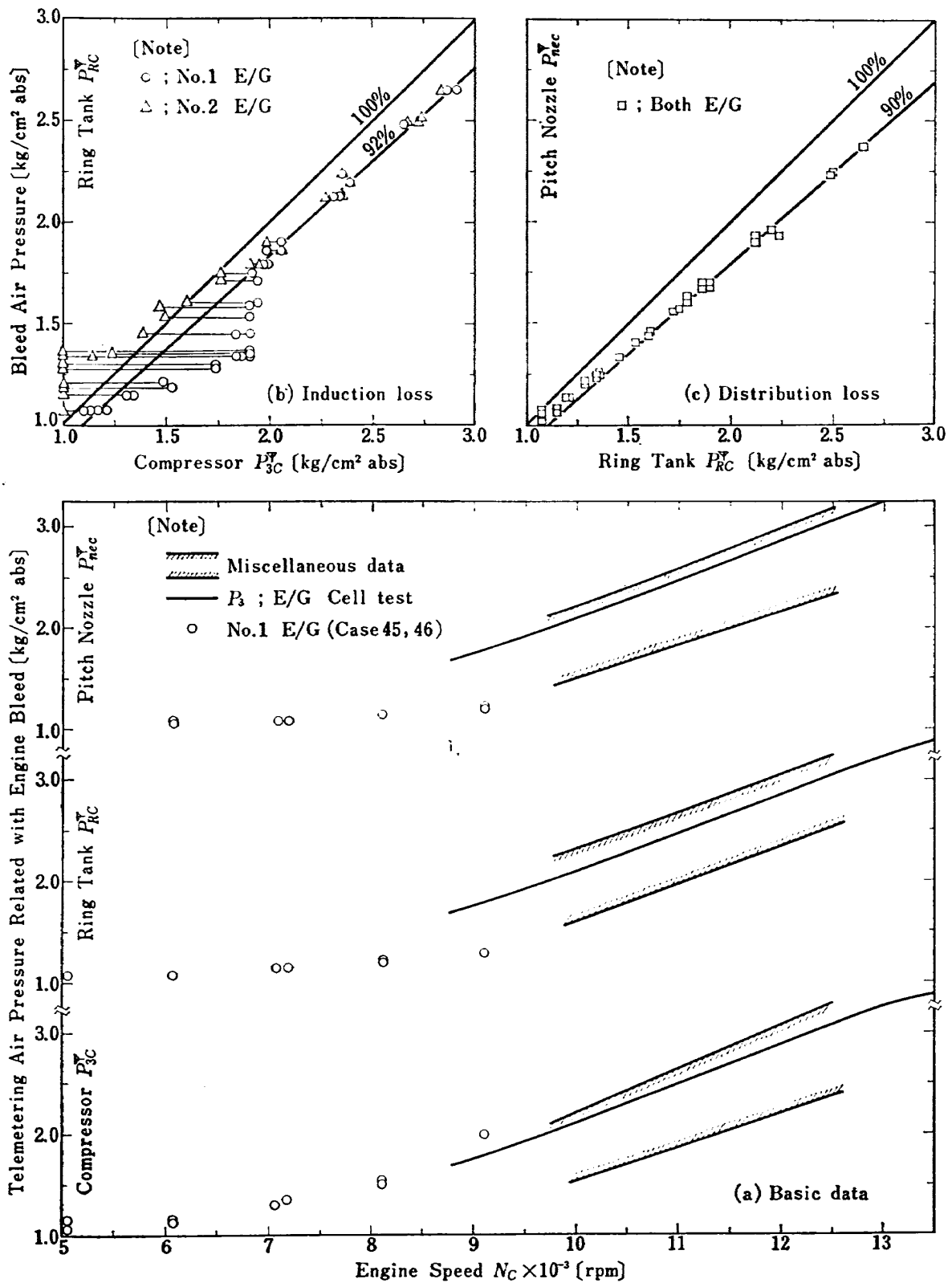


Figure 25 Bleed air pressure
抽気圧力

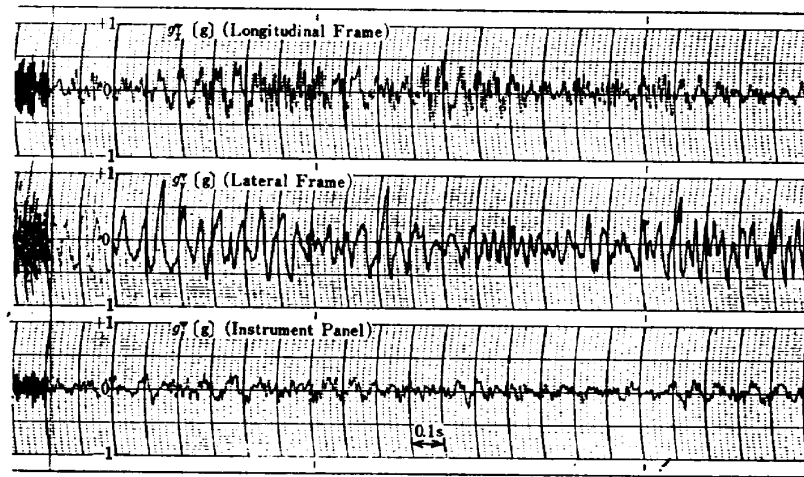


Figure 26 Vertical vibrating acceleration (case 15, $N=12,500$ rpm)
上下振動加速度

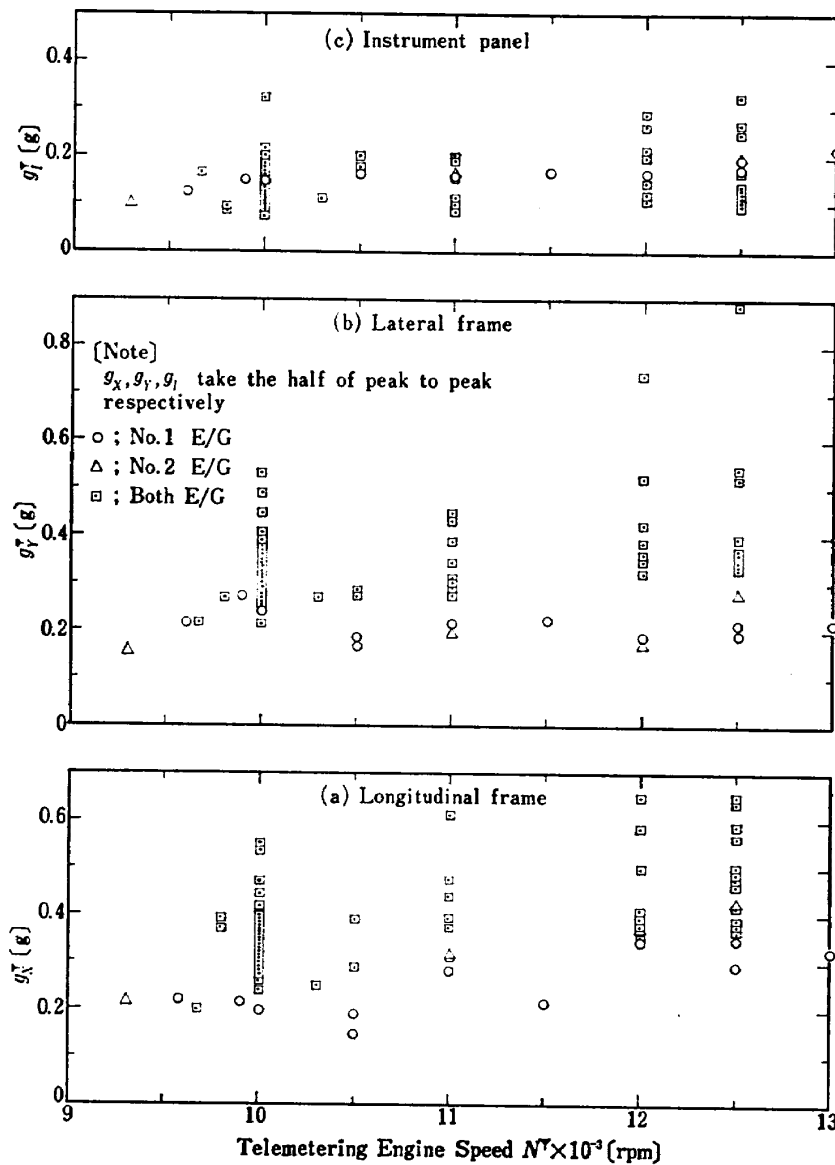


Figure 27 Vertical vibrating acceleration of frame & instrument panel
フレームおよび計器板の上下振動加速度

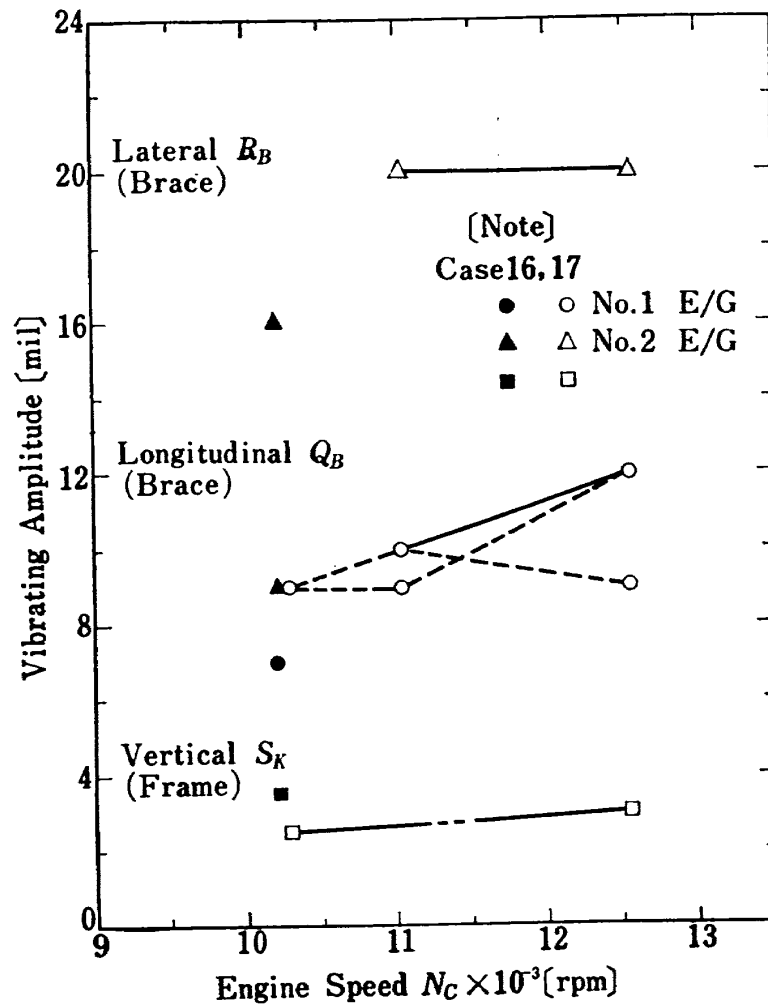


Figure 28 Vibrating amplitude of frame & brace
フレームおよび支柱の振幅

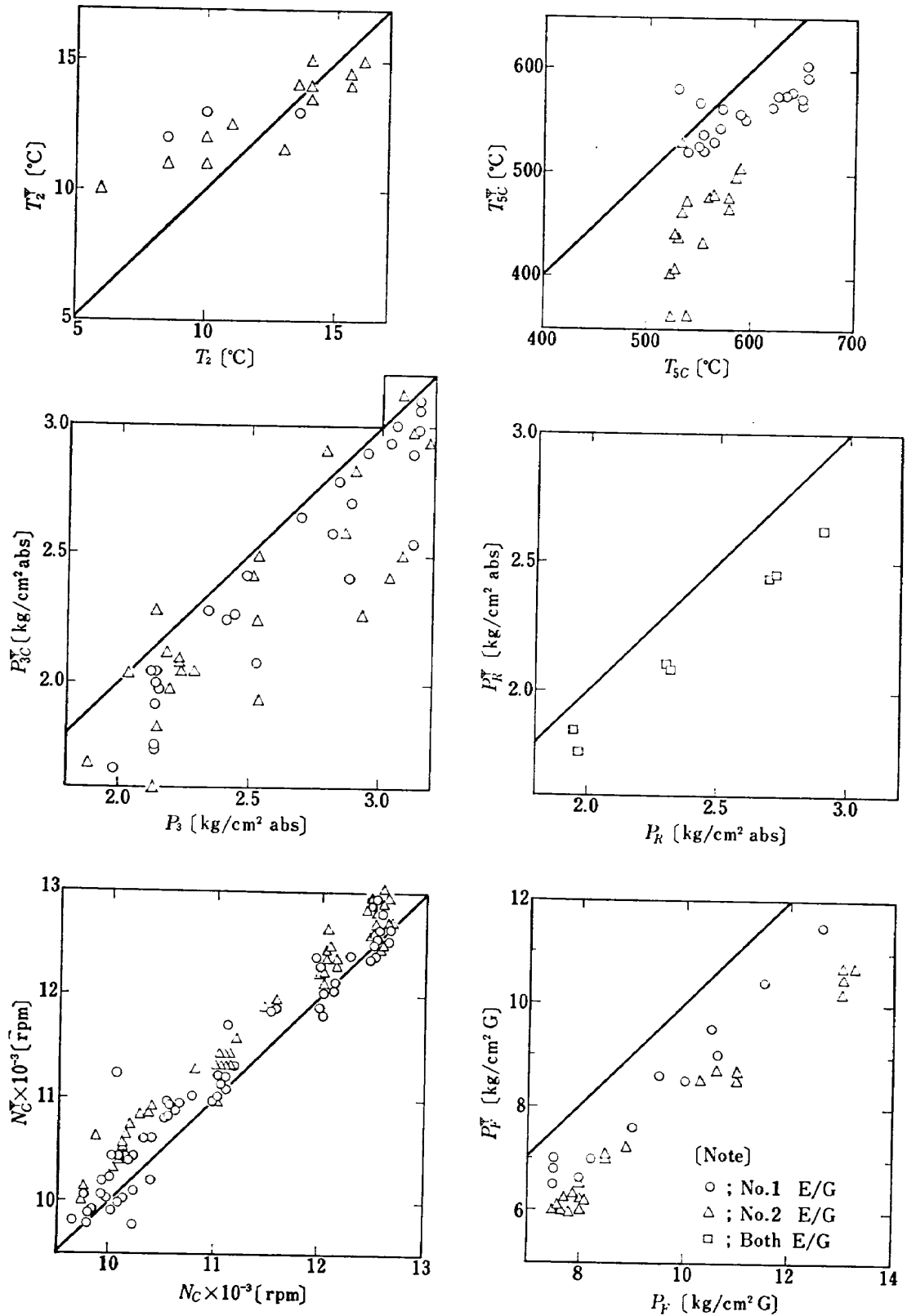
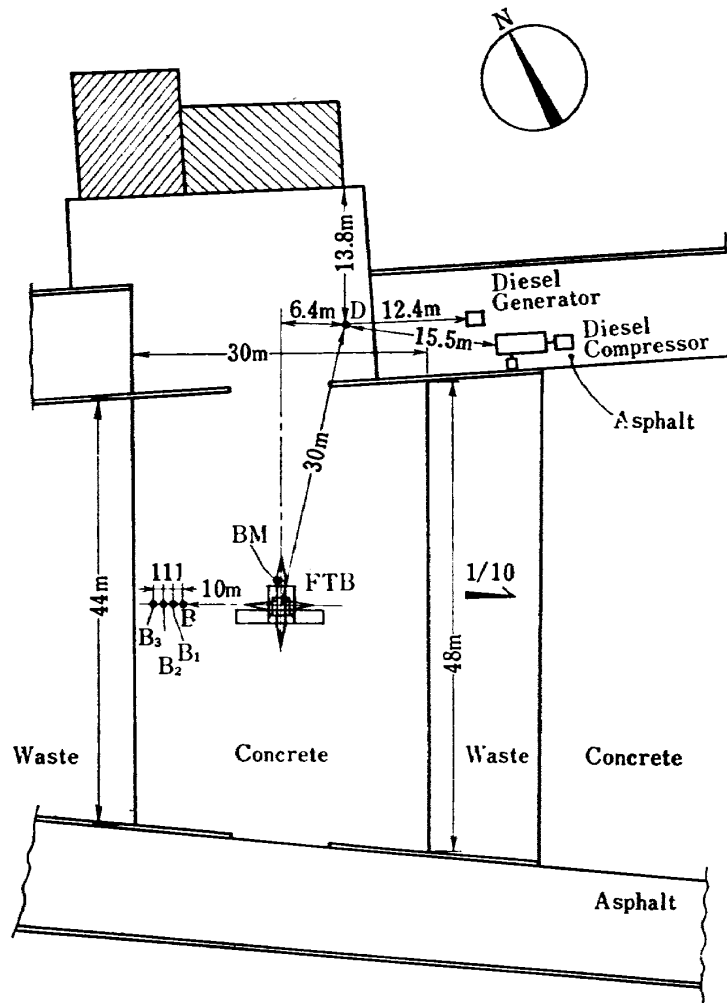
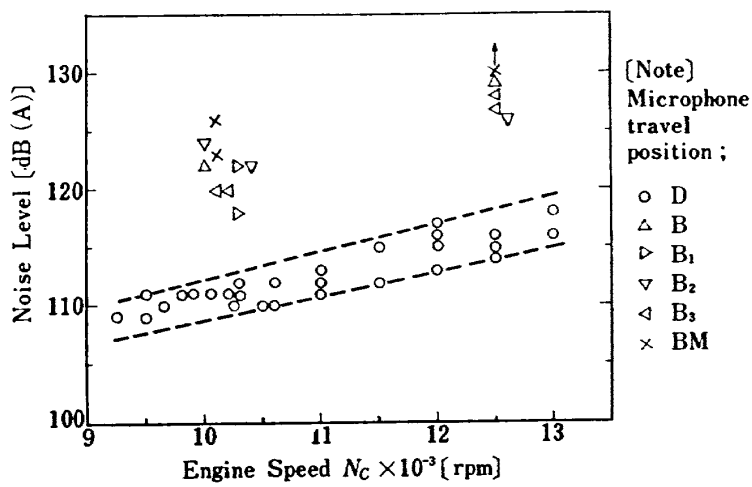


Figure 29 Telemeterings vs wirings

テレメータ計測と直接計測の比較



(b) Measuring arrangement



(a) Measuring data

Figure 30 Noise level in the test

実験中の騒音レベル

Table 7 Experimental results

Case	N [rpm]				δ_L [deg]		\dot{W}_F [kg/h]		P_F [kg/cm ² G]			P_s [kg/cm ² G]			P_o [kg/cm ² G]		
	No. 1 Υ	No. 1	No. 2 Υ	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1 Υ	No. 1	No. 2	No. 1 Υ	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	
1		2000 10500	—	—	30	—	870	—		7.0	—			—		—	
2	—	—		2000 10200	—	—	—	850	—	—	7.5			1.20		0.25	
3	10800 11800 12300 12750 10900	10500 11500 11900 12500 10500	—	—	34 44 47.5 52	—	900 1030 1120 1250	—	6.6 7.6 8.6 10.4 6.4	8.0 9.0 9.5 11.5	—	1.28 1.65 1.90 2.10 1.28	1.35 1.70 1.95 2.15	—	0.15 0.25 0.32 0.40	—	
4	—	—	10600 11800 11900 12400 12800 10800	10200 11400 11500 12000 12500 10300	—	30 42 — 47 52	—	850 1020 — 1130 1250	—	—	7.0 8.8 — 10.0 11.5	—	—	1.25 1.95 — 2.20 2.40	—	0.28 0.42 — 0.46 0.53	
5	10800 12300 12800 12800 11800 11000 10950 10950 10900	10500 12200 12400 12400 11500 10700 10500 10590 10560	10800 12800 12900 11500 10900 11300	10250 12400 12500 11130 10370 10780	30 52	30 52	870 1250	850 1250	6.5 8.8 10.4 10.4 7.2 6.5 6.6 6.4 6.4	7.5 — 11.5	7.5 — 11.5	1.28 1.90 2.07 2.10 1.60 1.28 1.28 1.28 1.28	1.35 — 2.15 2.35	1.30 — 2.35	0.15 — 0.45	0.29 — 0.55	
6	—	9800	—	—	21	—	880	—		7.5	—		1.05	—		—	
7	—	—		9500	—	20	—	850	—	—	7.5			0.95		0.20	
8	—	9900 11000 12000 12500 13000 10000	—	—	20 42.5 50 55 60	—	890 1050 1250 — 1550	—	— — — — —	7.5 8.7 11.2 13.5 16.5	—	—	1.10 1.45 1.90 2.10 2.25	—	—	—	—
9	—	—		9500 11000 12000 12500 13000 idle	—	20 43 53 58 63	—	850 1050 1250 1360 1520	—	—	7.5 8.5 11.0 13.2 16.0	—	—	0.95 1.50 1.85 2.05 2.25	—	0.20 0.35 0.45 0.50 0.56	

[Note] No. 1, No. 2; E/G No., C-12, T-12 etc; O'clock position (from tail) at compressor or turbine

Table 8 Experimental results

Case	N [rpm]				δ_L [deg]		\dot{W}_F [kg/h]		P_F [kg/cm ² G]				P_R [kg/cm ² G]	P_{ne} [kg/cm ² G]	P_s [kg/cm ² G]			
	No. 1 ∇	No. 1	No. 2 ∇	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1 ∇	No. 1	No. 2 ∇	No. 2	[kg/cm ² G]	[kg/cm ² G]	No. 1 ∇	No. 1	No. 2 ∇	No. 2
10	9800	9660	—	—	23	—	880	—	6.0	7.5	—	—	0.38	0.41	0.67	1.00	—	—
11	—	—	9400	9230	—	—	850	—	—	—	6.0	7.5	0.56	0.53	—	—	0.69	0.90
12	10200	9970	9960	9700	30	30	880	850	6.0	7.5	6.0	7.5	1.20	1.04	0.75	1.15	1.04	1.05
	10400	10060	10400	10130	30	36	880	880	6.0	7.5	6.1	7.6	1.38	1.26	0.76	1.15	1.29	1.15
13	—	10050	—	10050	30	36	880	880	—	7.5	—	7.5	—	—	—	1.15	—	1.15
	11400	11000	11400	11040	42	42	1030	1030	7.0	8.5	7.1	8.5	1.57	1.50	1.09	1.55	1.50	1.55
	12400	11000	12300	12000	49	51	1220	1220	9.0	10.6	8.7	10.6	2.02	1.95	1.43	1.90	1.91	1.80
	12800	12500	12800	12500	54	57	1350	1350	10.5	13.0	10.5	13.0	2.26	2.18	1.57	2.15	2.14	2.10
	10400	10000	10300	10000	—	—	—	—	6.2	—	6.2	—	1.26	1.18	0.79	—	1.18	—
14	9900	9690	0	0	—	—	—	—	7.0	—	0	—	0.53	0.56	0.90	—	0	—
	10300	10070	10400	10000	30	36	880	880	7.0	7.5	6.0	7.7	0.98	0.98	1.05	1.15	1.09	1.25
	10500	10200	11200	10930	—	—	—	—	7.0	—	6.8	—	1.13	1.13	1.09	—	1.35	—
15	10000	9700	0	0	—	—	—	—	7.0	—	0	—	0.60	0.60	0.90	—	0	—
	10400	10110	10500	10070	26	36	880	880	6.8	7.5	6.2	7.6	1.05	1.05	1.01	1.15	1.09	1.25
	12200	11940	12600	12010	49	51	1200	1200	9.5	10.5	8.7	11.0	1.72	1.76	1.72	1.90	1.84	1.92
	12800	12450	13000	12520	53	57	1340	1340	11.5	12.6	10.7	13.0	1.95	2.02	1.91	2.15	1.99	2.15
	10600	10210	10700	10160	—	—	—	—	7.0	—	6.0	—	1.06	1.12	1.05	—	1.12	—
16	10400	10200	10400	10200	30	36	880	880	6.5	7.5	6.3	7.9	0.97	0.93	0.97	1.15	0.82	1.15
17	10600	10220	10600	10100	30	36	880	880	6.5	7.5	6.0	7.8	1.05	0.97	0.97	1.15	0.97	1.20
	11200	11000	11400	11000	40	41	980	990	7.0	8.2	7.0	8.5	1.27	1.24	1.24	1.40	1.24	1.52
	12400	12000	12400	12000	48	49	1170	1170	8.5	10.0	8.5	10.3	1.35	1.61	1.57	1.80	1.57	1.85
	—	12500 idle	—	12500 idle	52	56	1300	1320	—	12.0	—	12.5	—	—	2.00	—	2.08	—
20	12400	10000 12500	12600	10000 12500	30 54	36 56	880 1250	880 1240	—	7.5	—	7.7	—	—	1.10	—	1.25	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	13.0	10.5	13.0	—	1.93	1.91	1.99	2.15	1.94	2.20

Case	N [rpm]		No. 1 S [mil]				No. 2 S [mil]				S_K [mil]	Q_B [mil]		R_B [mil]		Noise at D	
	No. 1	No. 2	C-12	C-9	T-12	T-5	C-12	C-9	T-12	T-3		No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	[dB A]	
											[dB A]					[dB C]	
10	9660	—	0.6	0.5	0.7	0.8	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—	110	112
11	—	9230	—	—	—	—	0.9	0.8	0.6	0.8	0.7	—	—	—	—	109	111
12	9970	9700	0.7	0.7	0.7	0.8	2.9	1.5	0.8	0.8	2.0/0.9*	—	—	—	—	111	113
	10060	10130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	10050	10050	0.5	0.6	0.7	0.8	3.5	1.5	1.2	1.0	3.0	—	—	—	—	111	114
	11000	11040	0.5	0.8	0.8	0.8	1.5	1.5	0.9	1.2	2.5	—	—	—	—	112	115
	12000	12000	0.5	0.6	0.9	0.9	1.2	1.0	1.3	1.5	4.0/0.5*	—	—	—	—	115	116
	12500	12500	0.4	1.0	1.1	1.1	0.9	1.2	1.7	1.5	—	—	—	—	—	116	117
14	10000	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	9690	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10070	10000	0.7	0.7	0.8	0.8	4.0/1.2**	1.3	1.0	1.0	2.5	—	—	—	—	BM 126	BM 130
10200	10930	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

[Note] 1. See note in table 7

2. *; The value in case that a high-pass filter of 70 Hz was used

3. **; The value in case that No. 2 E/G was accelerated slowly up to 10,800 rpm.

4. BM, B; See figure 30 (b)

実験結果 (Case 10~20)

P_b [kg/cm ² G]		T_s [°C]				T_b [°C]				T_R [°C]	T_{na} [°C]	T_{ne} [°C]	F [kg]	W_F [kg]	g_X [g]	g_Y [g]	g_I [g]
№ 1	№ 2	№ 1 ∇	№ 1	№ 2 ∇	№ 2	№ 1 ∇	№ 1	№ 2 ∇	№ 2								
			13.5				585						540		0.44	0.43	0.25
	0.20				12.5				555				480	30	0.43	0.31	0.20
	0.25		12		12		540		510					39	0.68	0.58	0.33
	0.26		12		12		540		535				1125	74			
	0.26		12		12		535		515				1112				
	0.36		12		12		550		510				1622		0.75	0.62	0.38
	0.46		12		12		585		530				2082		0.70	0.70	0.53
	0.53		12		12		610		555				2382		0.84	0.69	0.50
														205	0.58	0.65	0.35
	0.33	12.0		13.0		555				110	85	90			0.40	0.43	0.33
		12.0	8.5	11.0	8.5	510	525	385	505	90	85	93	1260		0.88	1.06	0.40
		12.0		11.0		490		400		120	100	105		110			
	0.32	13.0		18.0		575				152	130	135					
	0.53	13.0	10	12.0	10	535	520		505	175	165	180	1270		0.70	0.82	0.43
	0.60	12.0	10	11.0	10	560	570		525	175	160	170	2080		1.17	1.48	0.58
		12.5	10	11.0	10	590	610		555	185	175	195	2380		1.28	1.78	0.70
				12.0		505				104	95	115		176	0.75	0.98	0.35
		15.0	16	15.0	16	543	550		530	90	95	93	1140		1.10	0.65	0.65
														77			
		15.0	14	15.0	14	535	550		520	105	100	104			1.08	0.68	0.32
		13.0	13.5	14.0	13.5	535	550		520	128	114	114			1.23	0.86	0.40
		14.5	15.5	14.5	15.5	555	585		535	162	138	162			1.30	1.05	0.43
			16		16	610	570		570				2170				
														149			
	0.30		16		16	560	560		525				1150		0.55	0.64	0.24
	0.58		15.5	14.0	15.5	575	625	432	555		126	126	2380		0.93	0.78	0.25
														107			

Case	N [rpm]		№ 1 S [mil]				№ 2 S [mil]				S_K [mil]	Q_B [mil]		R_B [mil]		Noise at D	
	№ 1	№ 2	C-12	C-9	T-12	T-5	C-12	C-9	T-12	T-3		№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	[dB A]	[dB C]
15	9700	0															
	10110	10070	0.9	0.9	0.7	0.8	2.7	1.1	1.0	1.0							BM 123 BM 129
	11940	12010	0.5	0.7	1.0	1.0	0.9	1.2	1.5	1.4							
	12450	12520	0.5	1.2	1.2	1.0	0.8	1.4	1.7	1.5	4.0/1.0*						BM 130 over
	10210	10160															
16	10200	10200	0.3	0.8	0.7	0.8	3.0	0.9	0.8	0.8		3.5	7	9	9	16	111 112
17	10220	10100	0.4	1.0	0.8	0.8	1.3	1.0	0.8	0.9		2.5	9		9		110 113
	11000	11000	0.5	0.9	0.8	0.9	0.7	1.5	0.8	0.9			9	10	10	20	111 114
	12000	12000	0.6	0.6	1.0	0.9	0.8	1.0	1.4	1.4							113 116
	12500	12500	0.4	1.1	1.1	1.0	0.8	1.4	1.3	1.3		3.0	12	12	9	20	115 117
	idle	idle												9	10	10	15
20	10000	10000	0.8	1.0	0.7	0.8	1.4	0.8	0.7	0.7		1.5					B 122 B 124
	12500	12500	0.5	1.4	1.1	1.0	0.8	1.3	1.2	1.3		3.0					B 129 B 130

Table 9 Experimental results

Case	N [rpm]				δ_L [deg]		\dot{W}_F [kg/h]		P_F [kg/cm ² G]			$P_{R\uparrow}$	$P_{ne\uparrow}$	P_s [kg/cm ² G]																
	No 1 \uparrow	No 1	No 2 \uparrow	No 2	No 1	No 2	No 1	No 2	No 1	No 2 \uparrow	No 2	[kg/cm ² G]		No 1 \uparrow	No 1	No 2 \uparrow	No 2													
21	10200	9950	10400	10100	30	36	920	920	7.9	6.2	8.0	0.97	0.91	1.05	1.15	1.05	1.25													
22	10200	10400	10500	10300	30	36	920	930	8.0	6.2	8.1	0.99	0.97	1.20	1.25	1.01	1.30													
	11000	11000	11300	11000														7.0	1.24	1.20	1.42	1.27								
	11900	12000	12200	12000														8.5	1.58	1.54	1.76	1.61								
	12500	12500	12900	12500														10.5	1.80	1.80	2.02	1.80								
	10000	10100	10400	10100														6.0	0.97	0.90	1.12	0.90								
23	10200	10400	10400	10400																										
		12000		12000														6.2	1.97	0.90	1.16	0.93								
	12500	12500	12900	12500														10.5	1.76	1.72	1.99	1.76								
		12000		12000																										
	10200	10200	10400	10300					6.0	0.97	0.90	1.20		0.90																
24	9800	9800	10200	9400																										
		10000		10000														6.0	0.76	0.64	1.05	0.60								
25		9700		9500																										
		10100		10100																										
	11000	11000	11300	11000														1050	1050	6.7	1.12	0.94	1.42	1.50	0.94	1.55				
	12000	12000	12200	12000														1250	1250	11.0	8.5	11.0	1.44	1.24	1.80	1.95	1.27	1.95		
	12400	12500	12800	12500														1320	1350	13.0	10.2	13.0	1.67	1.46	2.02	2.07	1.50	2.10		
	9800	10000					5.7		0.79	0.64	1.05		0.52																	
26	9800	10200	10400	10200																										
		11000		11000														920	900	7.5	6.0	8.0	0.82	0.65	1.05	1.15	0.60	1.15		
	12400	12500	12700	12500														1360	1360	13.2	10.7	13.2	1.65	1.39	1.95	2.05	1.42	2.05		
	11800	12000	12100	12000																	8.0		1.43	1.20	1.76		1.20			
	11000	11000	11300	11000																	6.9		1.16	0.94	1.43		0.94			
	12400	12500	12600	12500																	10.6		1.65	1.42	1.99		1.48			
	10200	10000	10400	10000					6.0	0.90	0.71	1.16		0.63																
27		9700		9500																										
		10000		10000																										
28		9700		9500																										
	10100	10200	10400	10200																	6.2		0.90	0.71	1.16		0.64			
29	11200	10000	10600	9790																										
30	10000	9900	10600	10000																										
	11100	11000	10900	11000														980	1000	7.5	6.5	8.0	0.82	0.73	0.91	1.15	1.12	1.20		
		12000		12000														1050	1030	8.5	7.2	8.9	1.12	0.97	1.27	1.45	1.42	1.52		
		12500		12500																										
31	10000	10100	10000	idle																										
	12600	12500	12400	12500																	6.0		0.86	0.71	1.01		1.05			
	10100		9900																		10.5		1.67	1.46	1.91		1.87			
									5.8		0.88	0.71	1.12		1.01															

[Note] See note in table 7, 8, B₁ B₂ B₃; See figure 30 (b)

実験結果 (Case 21~31)

P_s [kg/cm ² G]	T_2 [°C]			T_3 [°C]				T_{na} [°C]	T_{ne} [°C]	F [kg]	W_F [kg]	g_X [g]	g_Y [g]	g_Z [g]	S_K [mil]	Noise		
	No 2	No 1	No 2	No 1	No 1	No 2	No 2									[dB A]	[dB C]	
0.32	16	15.0	16	515	560	445	530	96	90	1260	71	0.49	0.73	0.23	2.0	B ₁ 122	B ₁ 124	
0.34	14	13.5	14	520	550	440	530	95	90	1320	122	0.59	0.72	0.24	2.0	B ₁ 118	B ₁ 120	
		14.0		527		450		110	105	1320		0.60	0.69	0.22	2.0			
		13.0		550		450		125	115	1620		0.75	0.73	0.34	3.5			
		13.0		590		455		140	130	2470		0.74	0.72	0.25	4.0			
		13.0		515		450		105	105			0.52	0.63	0.15				
		14.0		510		435		90	85	1350		0.53	0.55	0.18		B ₂ 122	B ₂ 124	
		14.0		575		455		132	122	2400		0.93	0.70	0.23	3.5	B ₂ 126	B ₂ 129	
		13.5		510		440		100	95	1350		0.56	0.65	0.20				
		14.5		530		470		92	89			0.75	0.70	0.19	2.5	B ₂ 124	B ₂ 123	
										1240	128		0.81	0.65	0.19	2.0	B ₃ 120	
0.55		15.0		550	590	470	535	112	100	1650		0.95	0.78	0.17	2.5			
		14.3		570	620	475	555	128	125	2130		1.00	0.65	0.24				
		13.0		600	650	475	570	140	135	2460		1.18	0.79	0.25	3.0	B ₃ 127	B ₃ 126	
		14.0		525		470		105	100			0.84	0.78	0.22				
											234							
0.57	14	14.0	14	530	560	460	530	97	94	1270		0.76	0.65	0.20	2.0	B ₃ 120	B ₃ 123	
		15.0		590	650	465	575	140	139	2410		1.00	0.68	0.25	2.5	B ₃ 128	B ₃ 129	
		13.0		550		445		136	134									
		13.5		520		445		122	120			0.75	0.90	0.20				
		13.0		575		457		187	185									
	14.0		515		450		110	106	1430					2.0				
											202				2.0/0.5*			
				570		530				1310	67				1.5			
		14.5		515		450		100	100	1300	79	0.75	0.73	0.19				
	9	12.0		560				95	96	1380	68	0.89	0.60	0.23	1.6/0.6*			
0.32	11	12.5	11	560	540		530	95	95	1210		0.94	0.68	0.23	1.8/0.6*			
		11.0		555	565	525	104	106	1640	1.23	0.55	0.20	1.8/0.3*					
0.40	10		10	605	540		540			2140					3.0			
				635	560		560			2410					3.0/0.5*			
											1300	137						
		12.0		557			93	93	1230		0.88	0.51	0.20	1.7/0.6*				
	13.0	625			130	130	2280		1.30	0.73	0.34	3.0/0.5*						
	12.0	555			112	111	1250		0.94	0.58	0.22							
											104							

Table 10 Experimental results

Case	N [rpm]				P_F [kg/cm ² G]			P_R †	P_{ne} †	P_s [kg/cm ² G]		T_s [°C]		
	No. 1 †	No. 1	No. 2 †	No. 2	No. 1	No. 2 †	No. 2	[kg/cm ² G]		No. 1 †	No. 2 †	No. 1	No. 2 †	No. 2
32	9900	9800	9400	10000		5.6		0.75	0.60	0.97	0.82		14.0	
33	10400	10000	10300	idle		6.0		0.97	0.79	1.13	1.13		12.0	
	12600	12500	12400	12500		10.5		1.69	1.46	1.88	1.88		11.0	
34	10400	10200	10100	9720		6.0		0.86	0.75	1.05	1.58		13.5	
		12500		12500										
35		10000		10000										
36	12500	12450	12400	12500		10.5		1.69	1.50	1.95	2.48	13	11.5	13
37	12400	12500	12400	12500		10.5		1.65	1.46	1.88	2.32		11.0	
	10200		9900			5.7		0.90	0.75	1.13	1.50		11.5	
38	10200	10000	10200	10240		6.5		0.82	0.67	0.99	0.54			
39	10000		10200			6.5		0.82	0.67	0.97	1.01	6	10.0	6
	11000	11000	11200	11000		7.2		1.12	0.94	1.35	1.35		10.0	
	11900	12000	12100	12000		9.3		1.49	1.24	1.73	1.69		9.5	
	12400	12500	12600	12500	13.0	10.7	13.0	1.65	1.42	1.91	1.88		9.0	
	10000		10200			6.5		0.88	0.71	1.01	1.09		9.8	
40	9800		10200			6.5		0.88	0.68	1.01	1.05		9.0	
	12400	12500	12600	12500		10.7		1.65	1.42	1.87	1.91		9.8	
	10000		10300			6.5		0.90	0.70	1.01	1.01		10.0	
41	10200	10000	10400	10000		6.5		0.90	0.69	1.05	1.05		10.7	
42	10500	10290	10300			6.4		0.90	0.75	1.13	1.05		9.5	
	11200	11000	11200	11000		7.0		1.16	0.97	1.37	1.35		10.0	
	12100	12000	12200	12000		9.0		1.50	1.27	1.72	1.69		9.0	
	12600	12500	12600	12500		10.5		1.66	1.43	1.91	1.87		8.5	
	10400		10560			6.5		0.94	0.75	1.09	1.12		9.5	
43	10400		10600			6.5		0.92	0.75	1.09	1.12		10.0	
	12800	11000		11000		11.0								
	10400	12400	12800	12500		6.4		1.65	1.43	1.88	1.91		10.0	
		10750						0.90	0.75	1.05	1.12		9.2	
44	10000	10000	10000	10000		6.2		0.82	0.64	0.97	0.90		9.0	
	10000		10400			6.5		0.88	0.69	0.98	1.05		8.7	
	10200		10450			6.5		0.90	0.75	1.05	1.05		8.2	

[Note] See note in table 7, 8, (); Horizontal vibration

実験結果 (Case 32~44)

T_s [°C]				$T_{R\uparrow}$ [°C]	$T_{na\uparrow}$ [°C]	$T_{ne\uparrow}$ [°C]	W_F [kg]	$g_{X\uparrow}$ [g]	$g_{Y\uparrow}$ [g]	$g_{I\uparrow}$ [g]	S_K [mil]
$N_a 1\uparrow$	$N_a 1$	$N_a 2\uparrow$	$N_a 2$								
570					95	95	49	0.79	0.54	0.19	1.7/0.7*
550					96	85		0.69	0.43	0.18	1.9/0.6*
620					130	131		1.13	0.73	0.22	2.7/0.6*
							110	0.88	0.58	0.28	
520	640	450	580		98	99		0.63	0.65	0.20	1.8
							98	0.98	0.69	0.28	2.2/0.7*
							60				
580		460					110	0.95	0.68	0.20	
550		470			130	125					
500		460			105	101					
							110				
495		450						(0.64)	(0.60)	0.17	
							54				
500		460			85	80		0.62	0.58	0.19	
490		460			101	94		0.79	0.60	0.20	
520		460			113	105		0.82	0.78	0.22	
550	625	480	565		160	115		0.95	0.79	0.25	
490		460			104	94		0.75	0.75	0.23	
							128				
480		460			90	79		0.75	0.72	0.15	
560	620	480	565		130	115		0.88	1.08	0.24	
490		470			101	92		0.70	0.75	0.19	
							110				
500		470			85	78		0.73	0.60	0.20	
							62				
500		474			92	84					
500		470			106	96					
530		480			118	110					
560	630	490	570		135	122					
495		480			110	100					
							116				
505		480			85	81		(0.70)	(0.55)	0.17	
570		510			130	115		(1.20)	(1.18)	0.28	
500		480			104	95					
							173				
500		475			85	80		0.69	0.69	0.21	
490		480			85	80					
490		480			90	84					
							71				

Table 11 Experimental results

Case	N [rpm]				P_F [kg/cm ² G]	$P_{R\Upsilon}$	$P_{ne\Upsilon}$	P_3 [kg/cm ² G]		T_2 [°C]		
	№ 1 Υ	№ 1	№ 2 Υ	№ 2	№ 2 Υ	[kg/cm ² G]		№ 1 Υ	№ 2 Υ	№ 1	№ 2 Υ	
45	4000		0		0			0	0		12.9	
	5000	5000	0		0	0.07	0.01	0.10	0		11.8	
	6000	6000	0		0	0.07	0.07	0.17	0		11.4	
	7000	7000	0		0	0.15	0.08	0.31	0		11.0	
	8000	8000	0		0	0.21	0.14	0.49	0		10.5	
	9100	9000	0		0	0.30	0.22	0.74	0		10.0	
	9800	9700	0		0	0.36	0.25	0.90	0		9.9	
	9650		0		0	0.34	0.23	0.86	0		10.0	
	9800		5300		4.9	0.34	0.23	0.84	0.15		11.0	
	9700		7350		5.1	0.45	0.34	0.84	0.37		10.9	
	9800		8100		5.4	0.59	0.44	0.90	0.47		10.9	
	9900		9400		6.0	0.75	0.57	0.91	0.76		11.0	
	10000		9900		6.0	0.79	0.60	0.96	0.90		10.5	
	10200	10000	10500	10000	6.5	0.90	0.69	1.05	1.05		10.9	
	11600	11000	11200	11000	7.0	1.12	0.94	1.34	1.27		9.0	
	12000	12000	12100	12000	9.0	1.49	1.24	1.65	1.66		9.0	
	12500	12500	12600	12500	10.7	1.65	1.39	1.87	1.83		11.0	
	10200		10200		6.2	0.90	0.71	1.05	0.98		8.5	
	46	5100	5000	0		0	0.07		0.14	0		11.8
		6000	6000	0		0	0.07	0.05	0.22	0		11.0
7100		7100	0		0	0.15	0.07	0.34	0		11.5	
8100		8000	0		0	0.19	0.14	0.53	0		10.5	
9100		9000	0		0	0.28	0.20	0.74	0		10.0	
9800		9900	0		0	0.34	0.25	0.90	0		9.9	
9700		9700	5600	5000	5.0	0.35	0.26	0.90	0.23		9.0	
9800			6800		5.4	0.45	0.34	0.90	0.38		9.0	
9800			7700		5.5	0.53	0.41	0.90	0.49		9.0	
9800			8400		5.5	0.60	0.45	0.94	0.60		9.0	
9800			9200		5.7	0.71	0.56	0.94	0.76		9.0	
10000			9900		6.0	0.79	0.64	0.97	0.94		9.0	
10100		10000	10400	10000	6.3	0.86	0.68	0.99	1.05	7	9.0	
11200		11000	11300	11000	7.0	1.20	0.97	1.39	1.39		9.0	
12000		12000	12100	12000	8.9	1.49	1.24	1.72	1.72		9.0	
12500		12500	12600	12500	10.5	1.65	1.39	1.91	1.87		9.0	
12100		12000	12200	12000	9.0	1.50	1.25	1.72	1.72		8.5	
11100		11000	11200	11000	6.7	1.14	0.94	1.35	1.35		8.5	
10200			10200		6.0	0.86	0.70	1.05	1.05		9.0	
11200		11000	11300	11000	6.7	1.12	0.90	1.31	1.35		9.0	

[Note] See note in table 7

実験結果 (Case 45~46)

No. 1 [▼]	T _b [°C]			T _R [▼] [°C]	T _{na} [▼] [°C]	T _{nc} [▼] [°C]	W _F [kg]	g _x [▼] [g]	g _y [▼] [g]	g _z [▼] [g]
	No. 1	No. 2 [▼]	No. 2							
160				30	15	12				
365				28	15	15				
445				34	20	20				
510				45	30	31				
540				56	39	41				
540				66	49	51				
520				80	60	61				
530				88	64	65				
540		470		92	78	78				
540		520		90	79	79				
535		500		91	80	80				
530		500		90	80	80				
510		480		90	80	80				
510		480		89	84	84		0.63	0.50	0.22
505		480		101	94	94				
540		485		115	110	110		0.88	0.58	0.30
560	620	500	540	135	124	124		0.84	1.04	0.29
490		470		105	95	94	134	0.78	0.64	0.20
390				25	15	15				
460				30	19	20				
520				40	25	27				
540				50	35	35				
535				63	44	45				
520				75	55	56				
520		500		84	71	70				
520		545		84	71	70				
520		550		84	72	70				
520		520		84	73	71				
510		495		85	73	72				
500		470		82	74	74				
490		480		84	76	76				
500		480		99	90	91				
530		480		115	104	105				
560		500		129	119	120				
530		480		128	116	116				
490		470		106	101	101				
485		470		99	90	90				
505		490		100	95	95	146			

- | | | | |
|---------|---|-----------|---|
| TR-314 | 低アスペクト比後退角平板翼の遷音速フラッタ特性におよぼす翼端付加質量の重心位置の影響
Some Effects of Center of Gravity Locations of Added Mass on Transonic Flutter Characteristics of Low Aspect Ratio and Sweptback Thin Cantilever Wing | 1973年3月 | 中井 暎一, 森田 甫之
菊池 孝男, 東久保 正年
高橋 実 |
| TR-315T | Natural Vibration and Flutter of Cylindrically Curved Panels | Apr. 1973 | Yuji Matsuzaki |
| TR-316 | 推力中断型固体ロケット用プロペラントの組成と圧力指数の関係
Relation between the Compositional Variables and the Pressure Exponent of Controllable Solid Rocket Propellant | 1973年4月 | 五代 富文, 清水 盛生
伊藤 克弥, 西村 久男
種村 利春, 藤原 勉 |
| TR-317 | ファンエンジンの性能に関する考察
Some Considerations on the Performance of the Fan Jet Engine | 1973年5月 | 鳥崎 忠雄, 森田 光男
関根 静雄 |
| TR-318T | A Convergence theorem of nonlinear semi-groups and its application to first order quasilinear equations | June 1973 | Tadayasu Takahashi |

航空宇宙技術研究所報告319号

昭和48年6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
