

UDC 533.6.013.47:  
533.6.071

# 航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-261

突風風洞での突風応答予備実験 (その 2)

—テレメータ搭載の場合—

松下 洸・西村博史

1974 年 8 月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

# 突風風洞での突風応答予備実験(その2)\*

## — テレメータ搭載の場合 —

松下 洸\*\* 西村博史\*\*

### 1 概要

前回の実験の欠陥であつた計測面を改良すべく、加速度計と角速度計とを組み込んだテレメータ装置を模型に搭載して再度突風応答実験を行なつた。計測機構の改良とデータ処理方法の改良もあつて、良質の実験記録を得ることができた。今回新たに追加した縦揺れ1自由度の実験結果は簡単な線形近似のモデルによる計算とよく一致したが、上下動をも可能にした2自由度の実験は、簡単なモデルでは説明できなかつた。

本報は前報に対して実験結果と突風気流特性の記述とを補足するものである。

### 2 まえがき

既報の1回目の実験では、突風の強さを適当なレベルに選べば、採用した装置によつて突風気流中でも模型の応答を風洞測定部の限られた範囲内に収めることができることが確認された。しかしこの実験では計測装置を機構の簡易さによつて決定したために計測面で2, 3の問題を残した。

使用した模型は上下動と縦揺れの2自由度の場合、縦揺れ応答がかなり小さいため、ギア自体のバックラッシュが大きく影響して線形性を悪くした。また、データ処理上の問題として、較正信号を同時に処理しなかつたために、信号変換の各段階での信号の信頼度が落ちてしまつた。

自由飛行状態に出来るだけ近づけようというシミュレーションの立場からは、模型の運動に伴う装置のまさつ力は少ないことが望ましい。その点で信号伝送のための摺動接点やポテンションメータに附属するギアおよびブーリーはない方がよい。さらに、上下加速度や縦揺れ角速度を必要とする場合には微分演算処理を要する点でもポテンションメータによる応答の検出は好ましくない。

以上の点を考慮して今回次のような改良を加えた。まず縦揺れ検出用ギアにバックラッシュ防止の細工を施した。データ収録および処理においては較正信号と計測信号の同時処理を行なつた。さらに、当初から計画していたことであつたが、加速度計および角速度計を組み込んだテレメータ装置を試作して模型に搭載し、まさつと微分演算の問題を同時に避けることを試みた。こうした改良の結果、計測記録の質は向上した。

この動的模型の力学系は基本的には簡単であるが、前報に指適したように実際にはまさつ力が介在したり、模型の重心と縦揺れ回転軸とに偏心があつたり、突風気流の特性が位置によつて不均一であつたりして、それらの影響で複雑になつている。そこでそれらの影響を無視した極く簡単な線形モデルと実験値とを比較してみた。なお、実験には上下動を拘束して縦揺れのみを可能にした1自由度の実験を追加して、突風気流特性の位置による不均一性の影響を考察する助けとした。

今回の実験に先立つて突風気流の再計測を行なつた結果、突風気流の特性がより明らかになつた。その内容を附録として加えた。

### 3 記号

- $U_0$  風洞一様流速度
- $U_x$  風洞気流の水平方向速度成分
- $u_x$  風洞気流の水平方向変動速度成分  
 $U_x = U_0 + u_x$
- $W_x$  風洞気流の垂直方向速度成分
- $\alpha_x$  風洞気流偏角  
 $\alpha_x = \tan^{-1}(W_x/U_x)$
- $\theta_c$  可動翼列の翼列角
- $\theta$  模型の縦揺角
- $\dot{\theta}$  模型の縦揺角速度
- $h$  模型の上下変位
- $\ddot{h}$  模型の上下加速度
- $P_{\theta_c}$  翼列角  $\theta_c$  のパワースペクトル密度
- $P_{\alpha_x}$  気流偏角  $\alpha_x$  のパワースペクトル密度
- $f$  周波数

\* 昭和49年5月21日受付

\*\* 新型航空機研究グループ

G<sub>17</sub> 周波数応答(入力X, 出力Y)

### 4 実験とその結果

実施した実験状態は3種類であつて、縦揺れ1自由度、上下動と縦揺れの2自由度摺動接点つき、および2自由度摺動接点なしである。それぞれの場合、正弦突風およびランダム突風の2種類の突風状態で実験した。

実験手順は前回のままである。ただ今回は計測精度の向上に主眼があつたので、較正に注意を払つた。

テレメータシステムの調整と較正、加速度と角速度入出力の較正は特別に製作した較正装置を用い、手順を簡略化した。加速度および角速度値に対してはフルスケールに対して予じめ対応の知られた幾つかの較正基準電圧を設定して行なつた。

表1 テレメータ装置の主要目

送信方式	FM-FM	
副搬送波周波数	5.4KHz および7.35KHz	
主搬送波周波数	89.8MHz	
模型搭載機器の寸法および重量		
テレメータ送信器(配線、スイッチ、コネクタを含む)	90×70×38mm	292gr
加速度計	16×16×19	23
角速度計(レートセンサー)	78×52×53	164
電池ユニット	90×50×35	290

### 4.1 実験装置

今回の実験の系統図を図1に示す。このうちテレメータ装置を除いては前回の実験のままである。テレメータ装置は表1にその仕様を示すように、加速度計と角速度計からの2信号をFM-FM変調して送信する模型に組込まれた送信部と、信号を受信・復調する風洞外部に置かれた受信器・信号弁別器から成つている。図2は模型に取付けられたテレメータ受信機等である。角速度の検出器の選定に当つて当初レートジャイロを検討したが、駆動電源を含めると搭載重量の余裕300gr以内に収めることが不可能であつた。代りに採用したレートセンサは液体リングの慣性を利用する小型軽量な計器であり、要求性能を十分満たす性能を有している。

### 4.2 実験結果

#### (1) 縦揺れ1自由度の実験結果

台車をガイドレール中央に固定して縦揺れ1自由度の実験を今回新たに行なつた。模型の応答は縦揺れ角をポテンシオメータで、縦揺れ角速度をテレメータ装置に組込んだレートセンサーで計測した。風洞の主流速度は20m/secである。正弦突風の場合の代表的な実験記録とランダム突風の場合の実験記録を図4に示す。実験記録から翼列角を入力とする模型の縦揺れ周波数応答を計算したのが図5である。前報で述べたように後述する突風気流の翼列角に対する周波数応答を用いて図5の入力を気流偏角に直した周波数応答が図6である。図には正弦突風の場合とランダム突風の

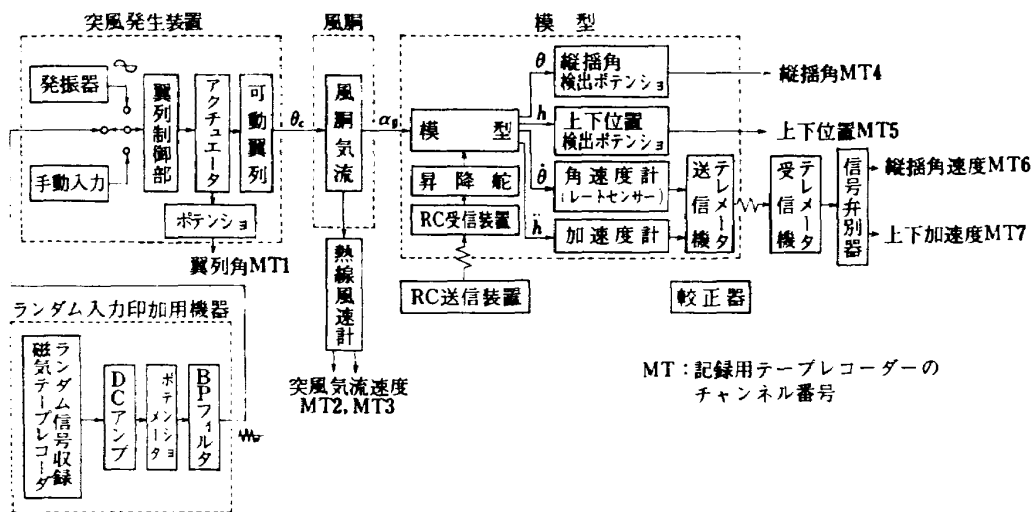


図1 実験系統図

場合とを示したが、両者の一致はきわめて良い。ただ、正弦突風の場合から推定される共振周波数の方がランダム突風の場合よりやや下まわっている。なお、ポテンシオメータの記録から縦揺角速度を計算してレート

センサーによる値と比較すると、ゲインはポテンシオメータによる方がやや低い値を示したが、位相差はほとんどの周波数帯を通じて90度を保っていて、両センサーの整合性がよいことを示している。

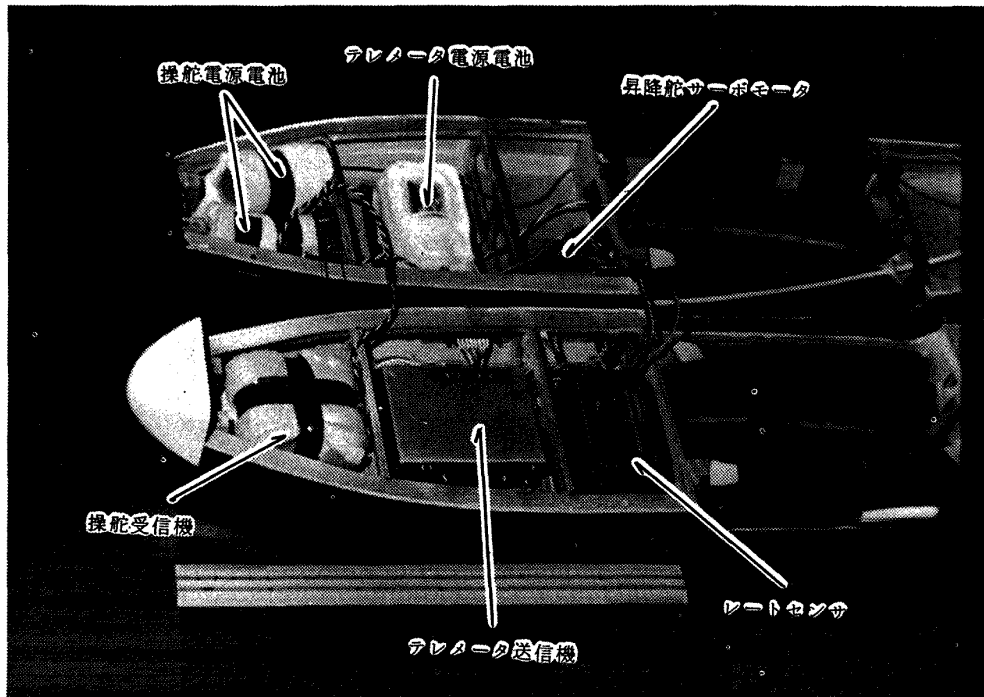


図2 模型搭載機器

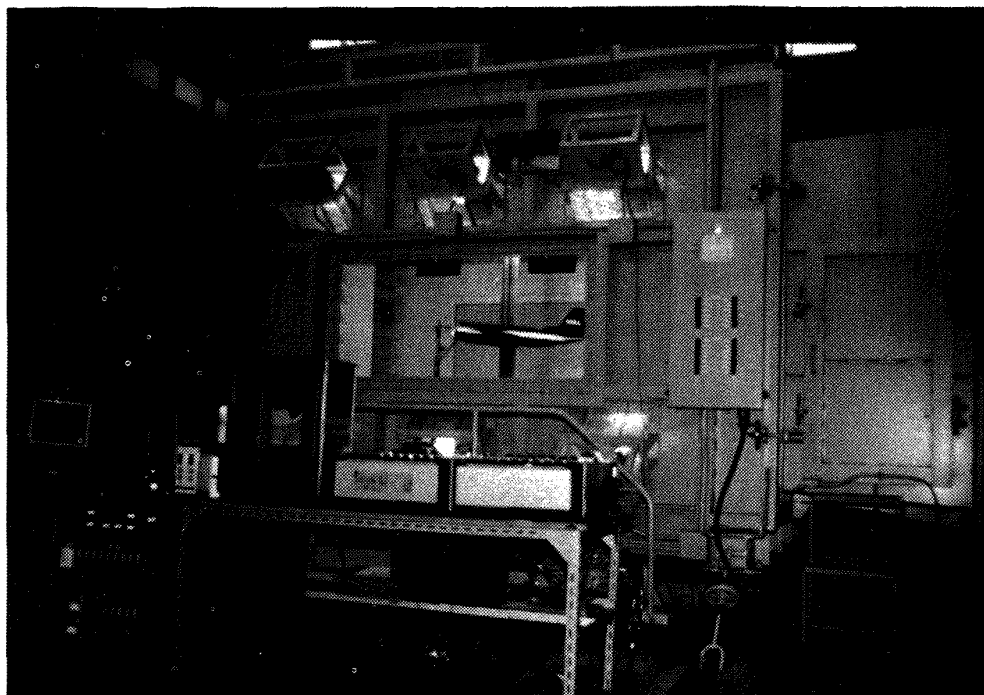


図3 実験全景

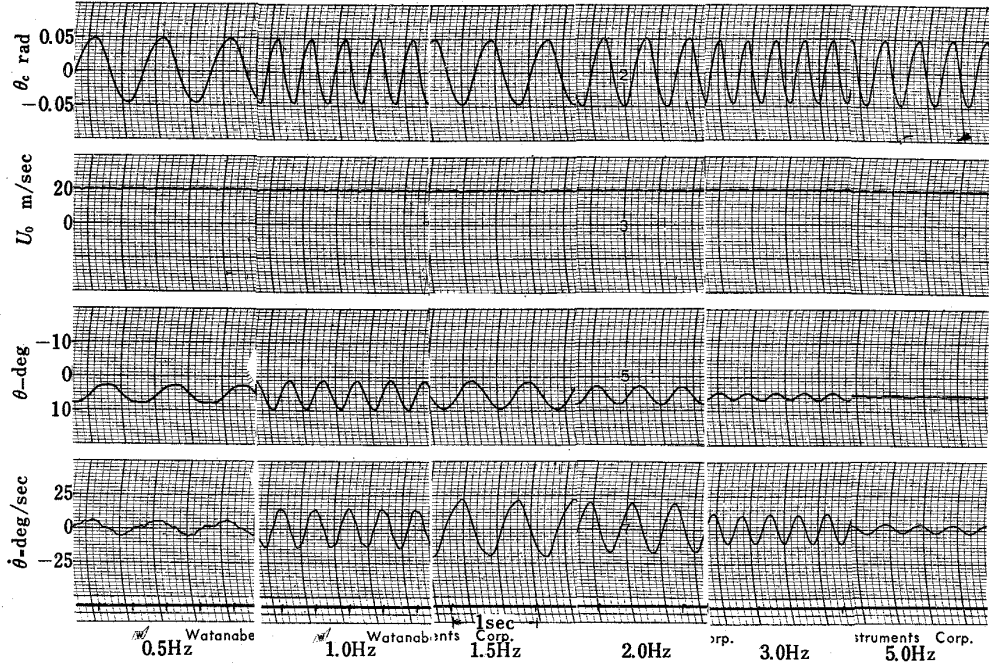


図 4 縦揺れ1自由度の実験記録

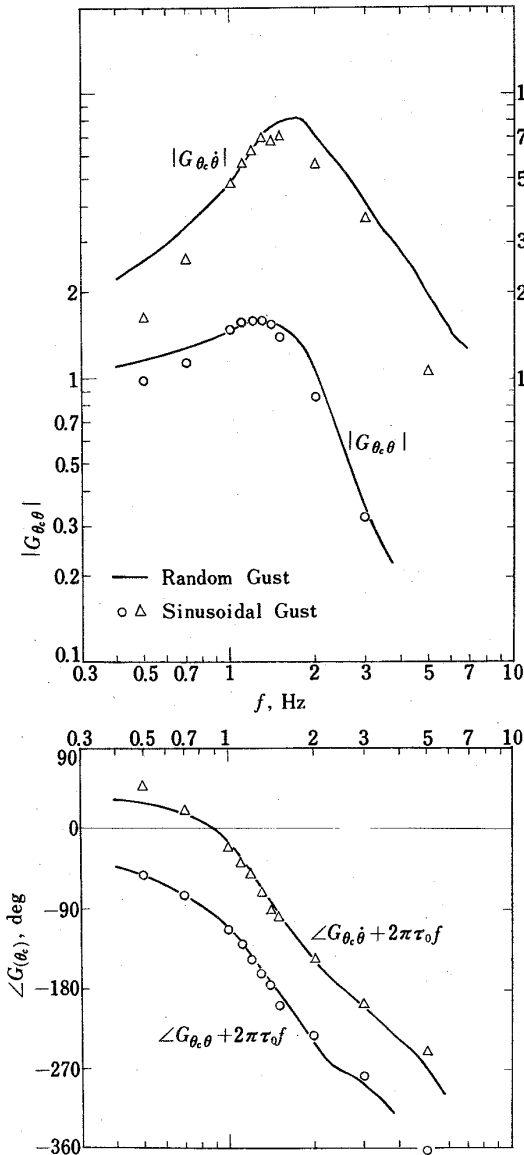


図 5 翼列角に対する模型の縦揺れ周波数応答(1自由度)

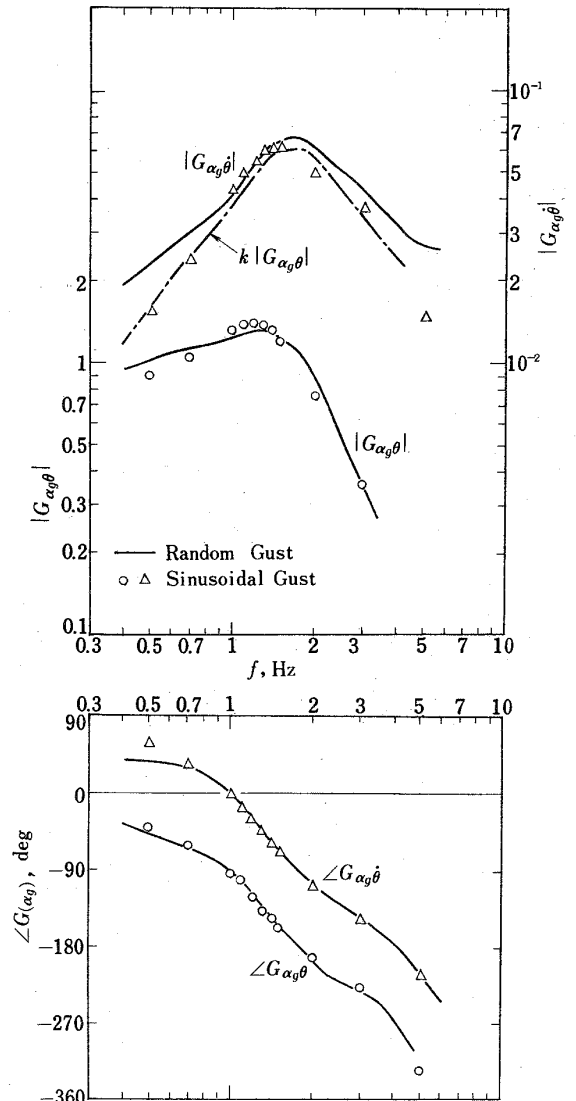


図 6 気流偏角に対する模型の縦揺れ周波数応答

(2) 2自由度の実験結果

縦揺れ・上下動の2自由度の実験は2種類の状態で行なった。前回の実験装置にテレメータ装置をつけ加えた状態と、ポテンシオメータからの信号を伝える摺動接点を離してテレメータのみで計測する状態である。

接点を付けた状態での実験記録が図7、接点を離れた状態での実験記録が図8である。両方の状態の唯一の相違は接点のまさつの有無であるが、その影響のために接点を離れた状態での実験では昇降舵による上下位置の制御にやゝ困難を感じた。両方の実験記録とも正弦突風の場合には0.5 Hzにおいて加速度の記録にスパイクが生じているのは、模型が上下いずれかの緩衝器に衝突したことを示している。このような低周波で模型を安定に応答させることが困難であつた。

接点をつけた状態での正弦突風およびランダム突風の実験記録から、翼列角を入力とする周波数応答を計算したものが図9であり、気流特性を考慮して入力を気流偏角としたときの周波数応答が図10である。

ランダム突風の実験では、模型が上下の緩衝器の範囲内で運動しているのは比較的短い限られた時間であつたために、その区間毎に周波数応答を求めてそれ

らの平均として所要の周波数応答を計算した。個々の周波数応答は図11に  $|G_{\theta,h}|$  の例を示すようにかなりのばらつきがある。これは、突風の特性が上下方向に一樣でない影響と、個々のデータの長さが不足していることのためであると思われる。ランダム突風実験の結果を上記のように整理するとその実験値と正弦突風の場合の実験値は前図9に見られるようによく一致する。

ポテンシオメータによる測定値とテレメータによる測定値との整合性はよい。即ち位相は上下動で180度、縦揺れで90度の差を保っている。ゲインについても図10に破線でポテンシオメータによる実験値から計算した加速度および角速度を示したようにテレメータによる実験値とよく一致している。ただ縦揺れのゲインに15%程度の差が生じた。

接点を離れた状態の周波数応答が図12および図13である。この場合には正弦突風の結果とランダム突風の結果とに相違が見られ、特に縦揺角速度にそれが大きい。接点をつけた場合に述べたランダム突風実験における個々の実験値のばらつきから考えると、この相違の原因はランダム応答実験値のデータ数の不足であろう。

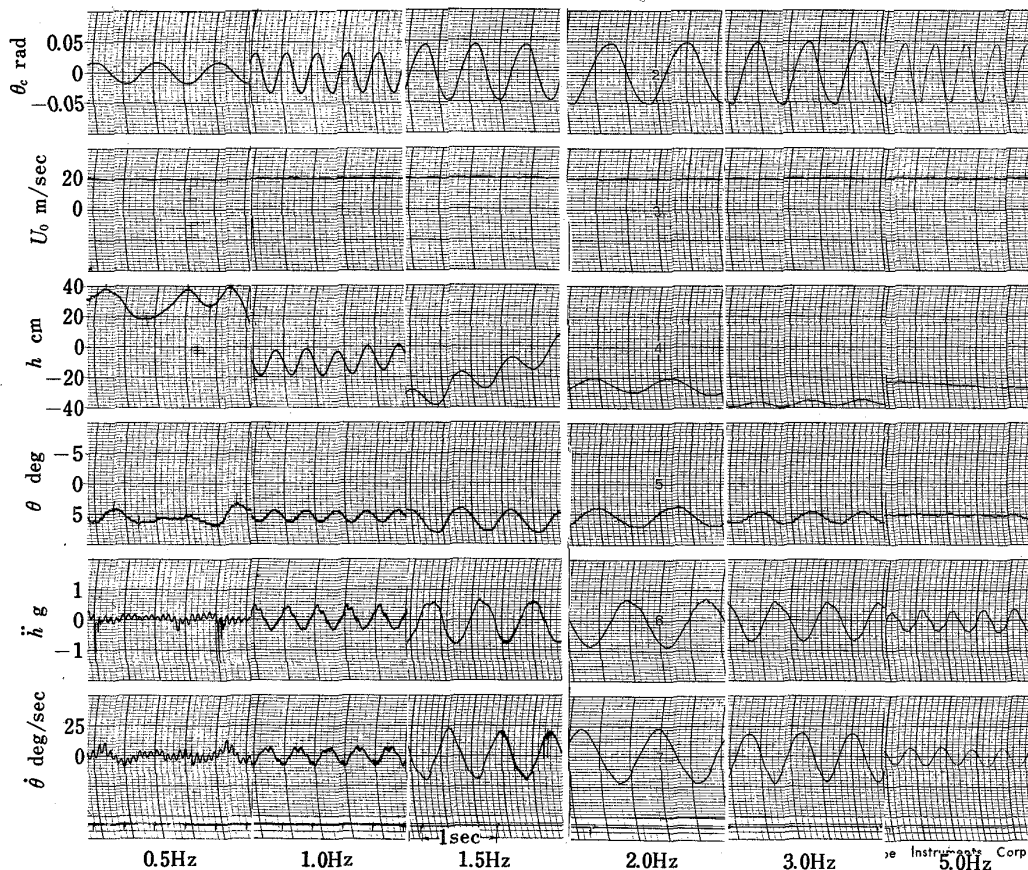


図7 2自由度の実験記録(摺動接点つき)

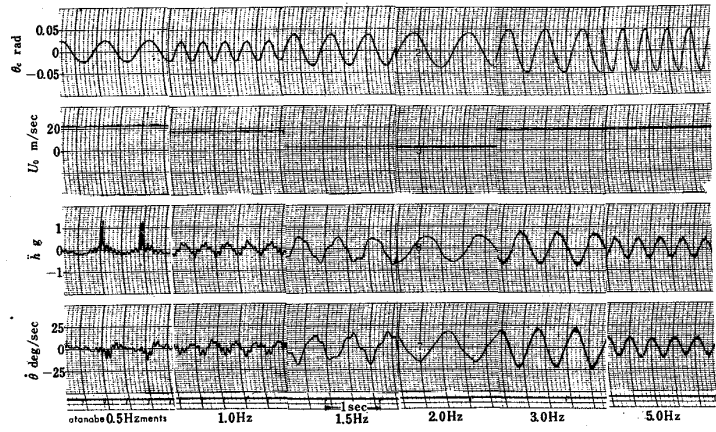


図 8 2自由度の実験記録（摺動接点なし）

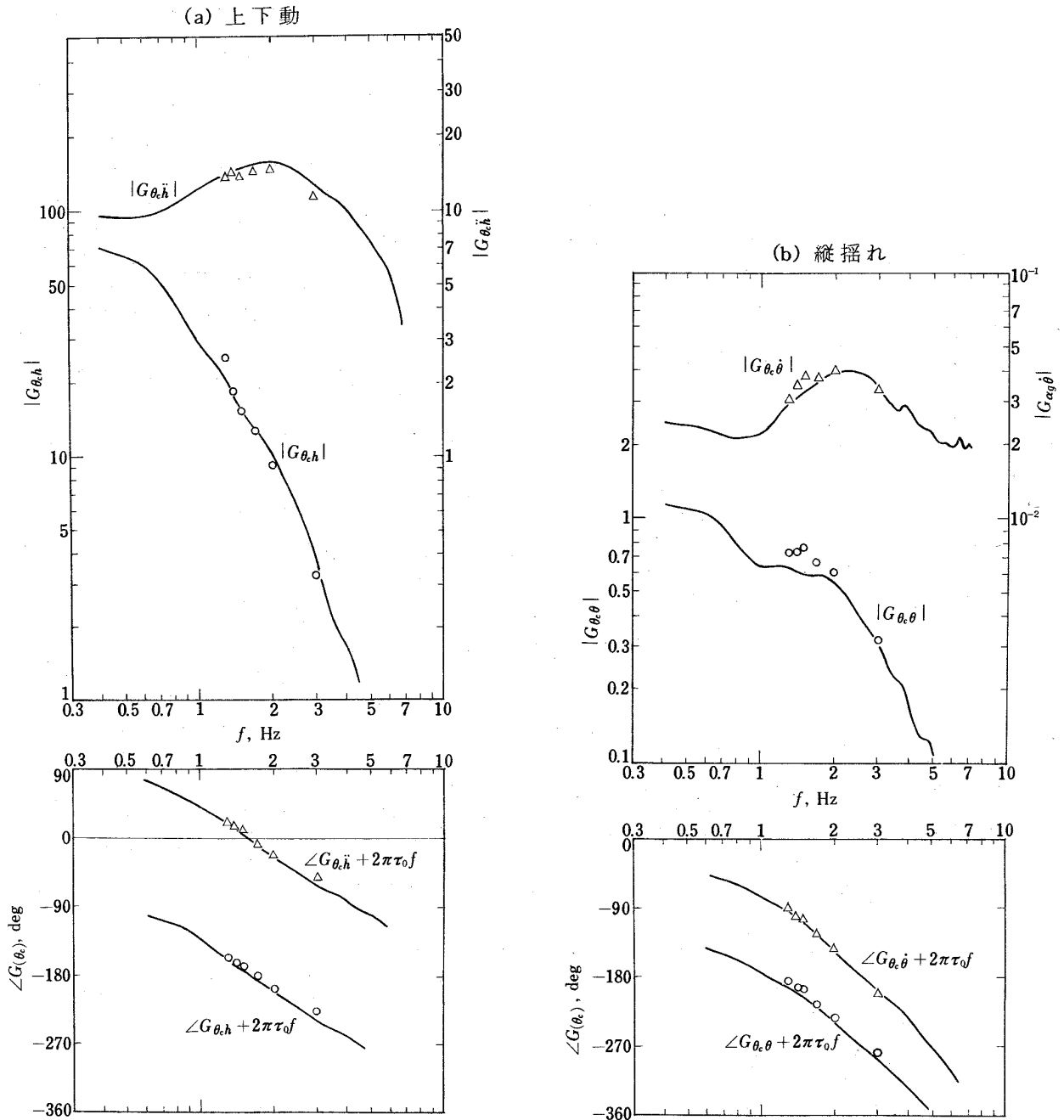
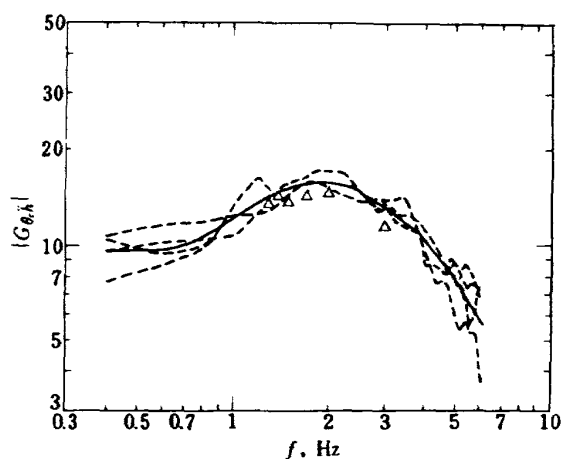
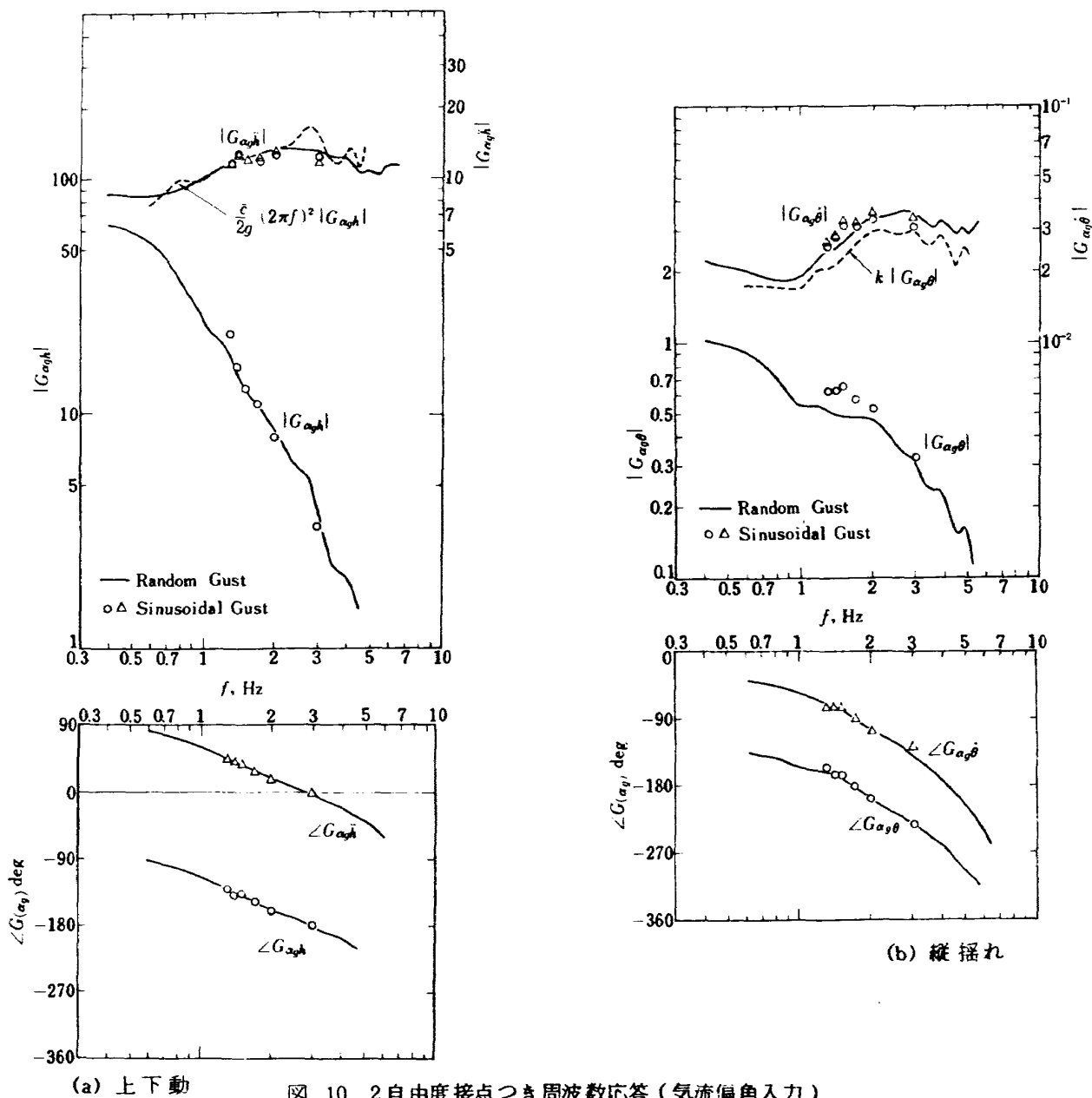


図 9 2自由度接点つき周波数応答（翼列角入力）





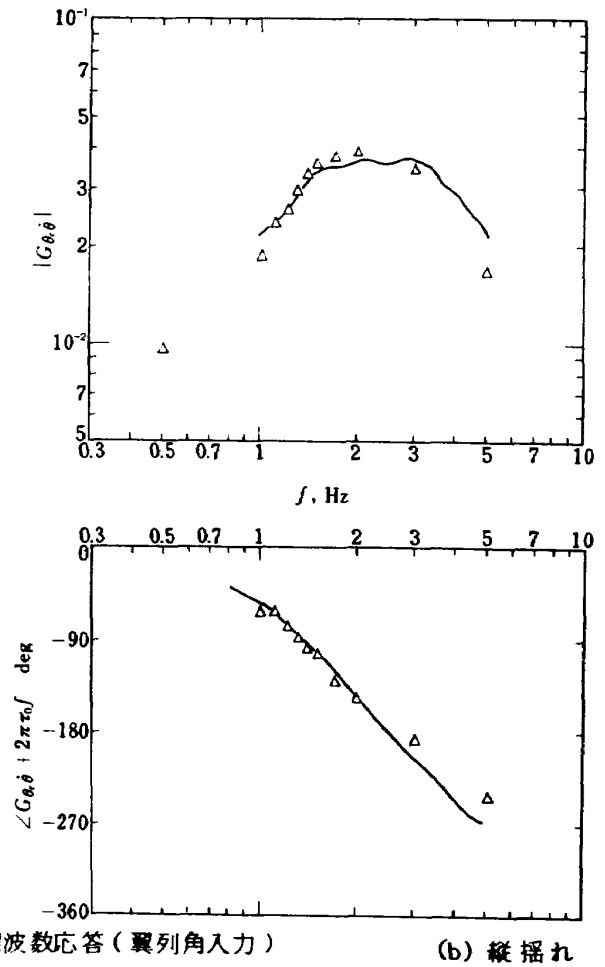
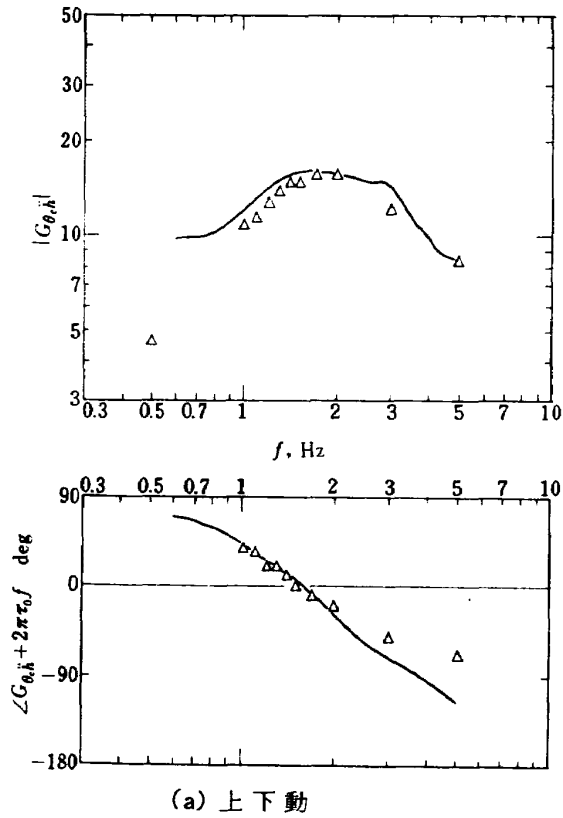


図 12 2自由度接点なし周波数応答(翼列角入力)

(b) 縦揺れ

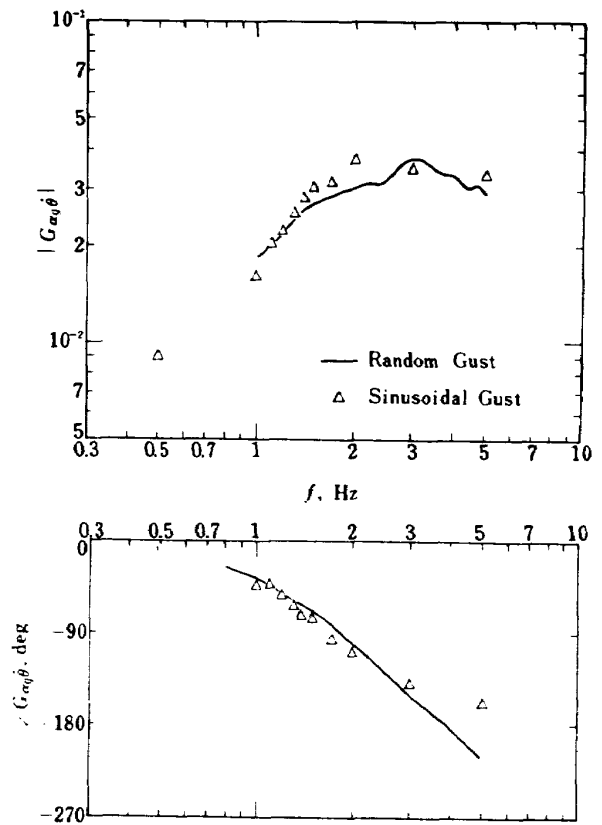
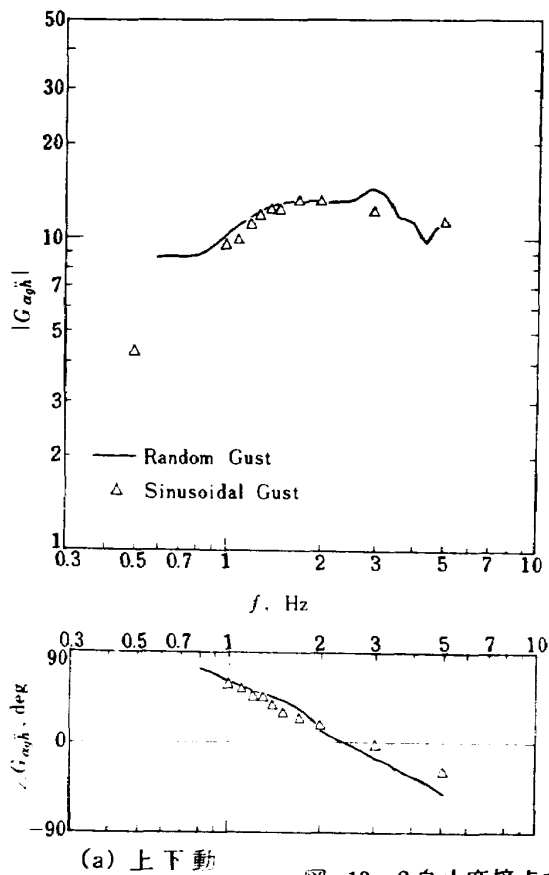


図 13 2自由度接点なし周波数応答(気流偏角入力)

(b) 縦揺れ

5 実験結果の考察

得られた実験結果を簡単な線形モデルと比較して、2, 3の検討を加える。ここではまず線形モデルから計算される周波数応答を示す。次に実験結果に現われた位相の上のむだ時間を修正して最後に実験値と計算値とを比較・考察する。

(1) 線形モデルの周波数応答

簡単にした模型の運動方程式は Laplace 変換した形で次のように書ける。<sup>2)</sup>

$$(s^2 + l_a s) \bar{h} - l_a \bar{\theta} = l_a \bar{a}_g \quad (5.1)$$

$$(m_a s^2 + m_a s) \bar{h} + [s^2 - (m_a + m_e) s - m_a] \bar{\theta} = (m_a s + m_a) \bar{a}_g \quad (5.2)$$

従つて気流偏角  $a_g$  を入力とする伝達関数は

$$G_{a_g h} = \frac{\bar{h}}{\bar{a}_g} = \frac{l_a (s - m_e)}{s^2 + (l_a - m_a - m_e) s - (m_a + l_a m_e)} \quad (5.3)$$

$$G_{a_g \bar{h}} = s^2 G_{a_g h} \quad (5.4)$$

$$G_{a_g \theta} = \frac{\bar{\theta}}{\bar{a}_g} = \frac{m_a s + m_a}{s^2 + (l_a - m_a - m_e) s - (m_a + l_a m_e)} \quad (5.5)$$

$$G_{a_g \theta} = s G_{a_g \bar{h}} \quad (5.6)$$

などとなる。

上式から計算される周波数応答のゲイン線図は図14に示すような漸近線の表式と折点の周波数をもつたものである。ただし同図bには上下動を拘束した縦揺れ1自由度の場合の周波数応答も示してあるが、その伝達関数は

$$G_{a_g \theta} = \frac{m_a s + m_a}{s^2 - (m_a + m_e) s - m_a} \quad (5.7)$$

である。また同図に示した  $k$  は無次元周波数を、 $\omega_1$  および  $\omega_2$  は1自由度および2自由度の共振周波数を示しそれぞれ次のように表わせる。

$$k = (\pi c / U_0) f$$

$$\omega_1 = \sqrt{-m_a}$$

$$\omega_2 = \sqrt{-(m_a + l_a m_e)}$$

縦揺れ周波数応答に現われる1自由度と2自由度との顕著な相違は共振周波数が2自由度の方が高いことと共振点でのゲインが2自由度の方が低くなることである。

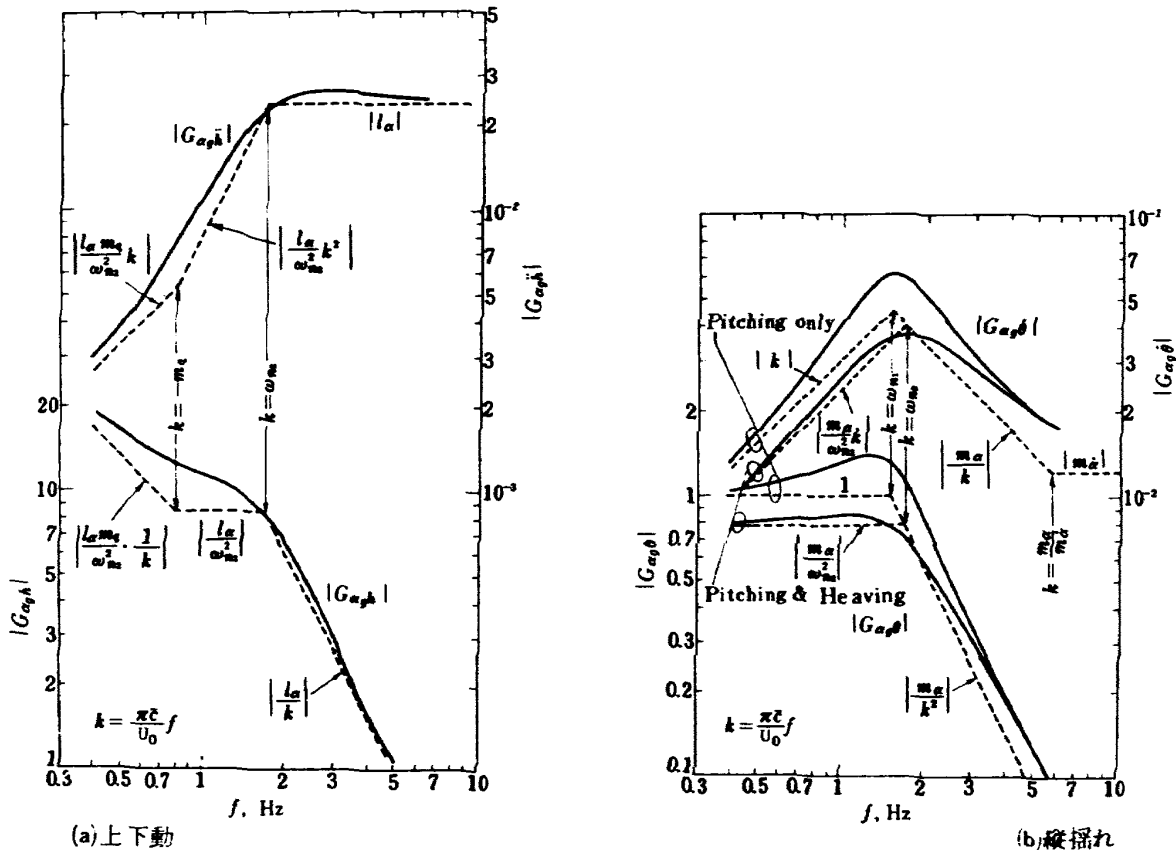


図 14 線形モデルのゲイン線図

(2) 実験結果のむだ時間補正

実験で得られた位相に特徴的なのは、周波数の増加に伴なり位相遅れが際限なく続くことで、これは系がむだ時間を含んでいることを示している。実際、周波数軸を線形にしたグラフに実験値をプロットしなおしてみると図15のように直線状に位相が遅れて、むだ時間の特徴が明らかになる。同図から推定されるむだ時間は縦揺れに関して $\tau_v = 0.091$ 秒、上下動に関して $\tau_h = 0.048$ 秒である。両者の差0.043秒のうち0.025秒は気流が主翼から尾翼までの50cmを通過するのに要するむだ時間である。残りの0.018秒および $\tau_h$ の主因は機構の固体まさつと思われる。計算値と比較するに当つては位相に関してこれらのむだ時間を補正した実験値を用いることにする。

(3) 実験結果の検討

静的空力試験で求めた静安定微係数とQueen Air機の動安定微係数とを用いて縦揺れ1自由度の周波数応答を(5.7)式によつて計算した。図16の1の曲線

がそれである。この曲線は実験値と明らかに合わない。計算に用いたパラメタのうち動安定微係数 $C_{m\dot{\alpha}}$ 、 $C_{m\dot{\beta}}$ は、模型がQueen Air機と全く相似に作られたわけではないので同じ値である保証はない。この $C_{m\dot{\alpha}}$ 、 $C_{m\dot{\beta}}$ とともに $I_v$ も変化させてゲインの実験値に計算値を合わせたのが曲線2である。 $I_v$ は計測したのでその値を変えなければ両者が合わない点に問題は残るが、ともかくかくして推定した $C_{m\dot{\alpha}}$ 、 $C_{m\dot{\beta}}$ 、 $I_v$ の値は表2のようになる。この推定値にしても位相線図を完全に合わせるには至らない。

原型値と推定値とを用いて2自由度の場合を計算すると図17のようになる。図によると全般に実験値と計算値との一致はよくないが、特に縦揺れの位相の相違が著しい。しかし、計算値で指適した傾向、即ち共振周波数が2自由度の方が高く、共振点でのゲインが2自由度の方が低いという傾向は実験値にも現われている。(図18)

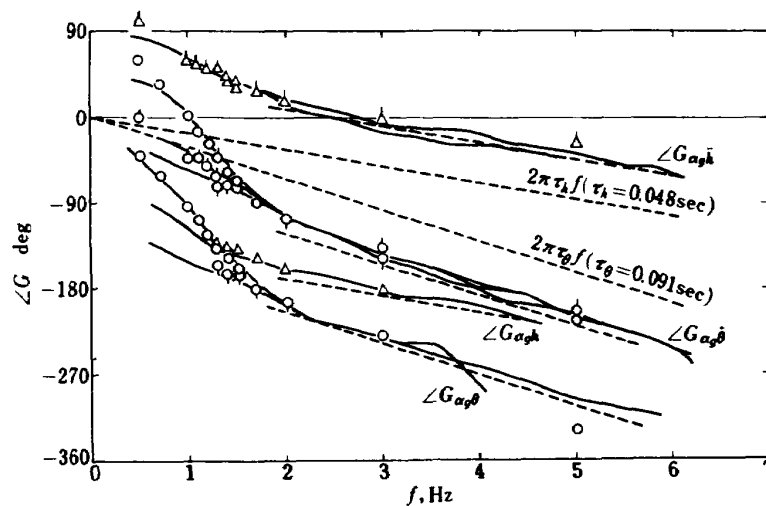


図 15 実験値のむだ時間特性

表 2 模型のパラメタ

	原型値	推定値
主翼面積	S 0.282m <sup>2</sup>	
重量	W 3.514Kg	
平均空力弦長	$\bar{c}$ 0.200m	
縦慣性モーメント	I <sub>y</sub> 144 × 10 <sup>-3</sup> Kg <sub>m</sub> sec <sup>2</sup>	1.20 × 10 <sup>-2</sup>
空力係数	C <sub>L<math>\alpha</math></sub> 4.81	
	C <sub>D0</sub> 0.04	
	C <sub>m<math>\alpha</math></sub> -0.75	
	C <sub>m<math>\dot{\alpha}</math></sub> -6	-4.2
	C <sub>m<math>\ddot{\alpha}</math></sub> -12	-8.4
	$\mu$ 101.7	101.7
$\delta B$ 409	340	
$l_\alpha$ 0.0238	0.0238	
$m_\alpha$ -0.00184	-0.00220	
$m_{\dot{\alpha}}$ -0.0147	-0.0123	
$m_{\ddot{\alpha}}$ -0.0294	-0.0247	

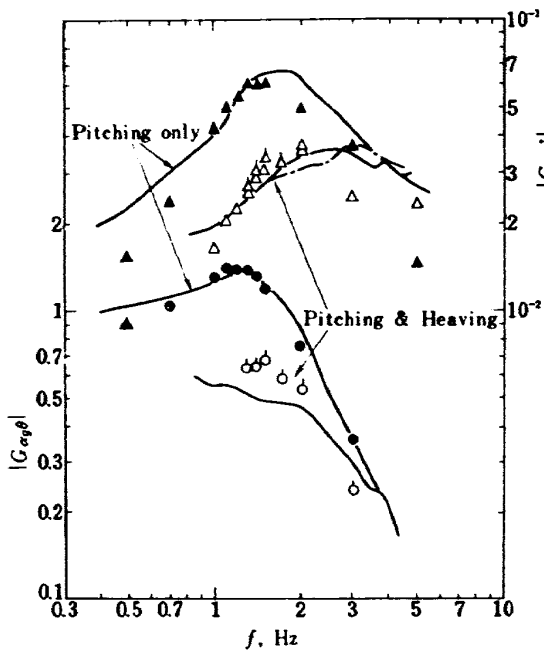
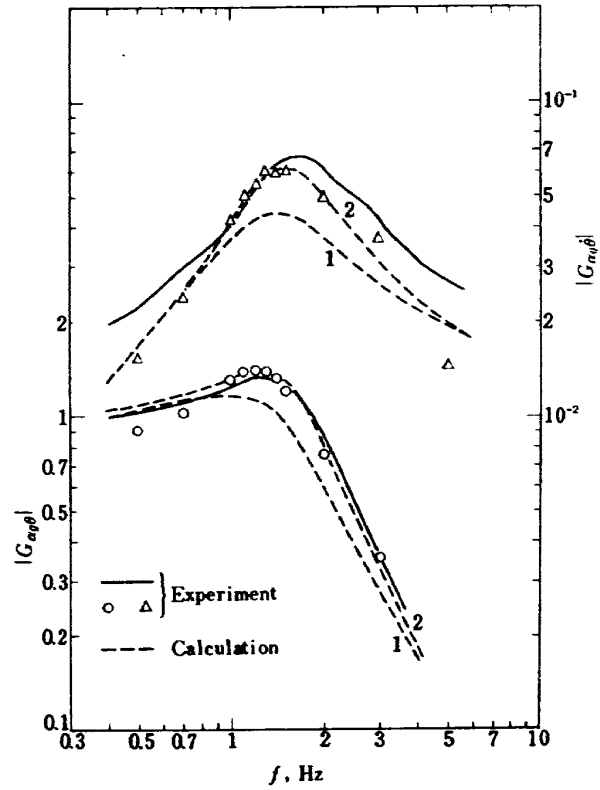


図 18 模型の縦揺れ周波数応答

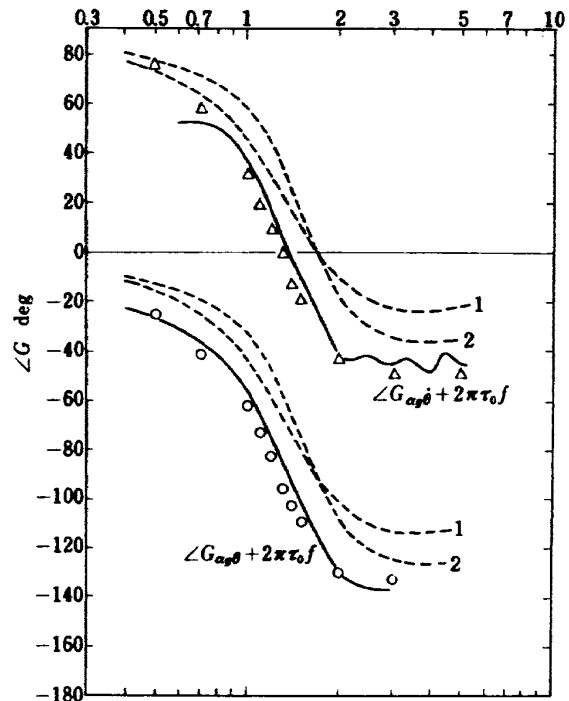


図 16 線形モデルの周波数応答

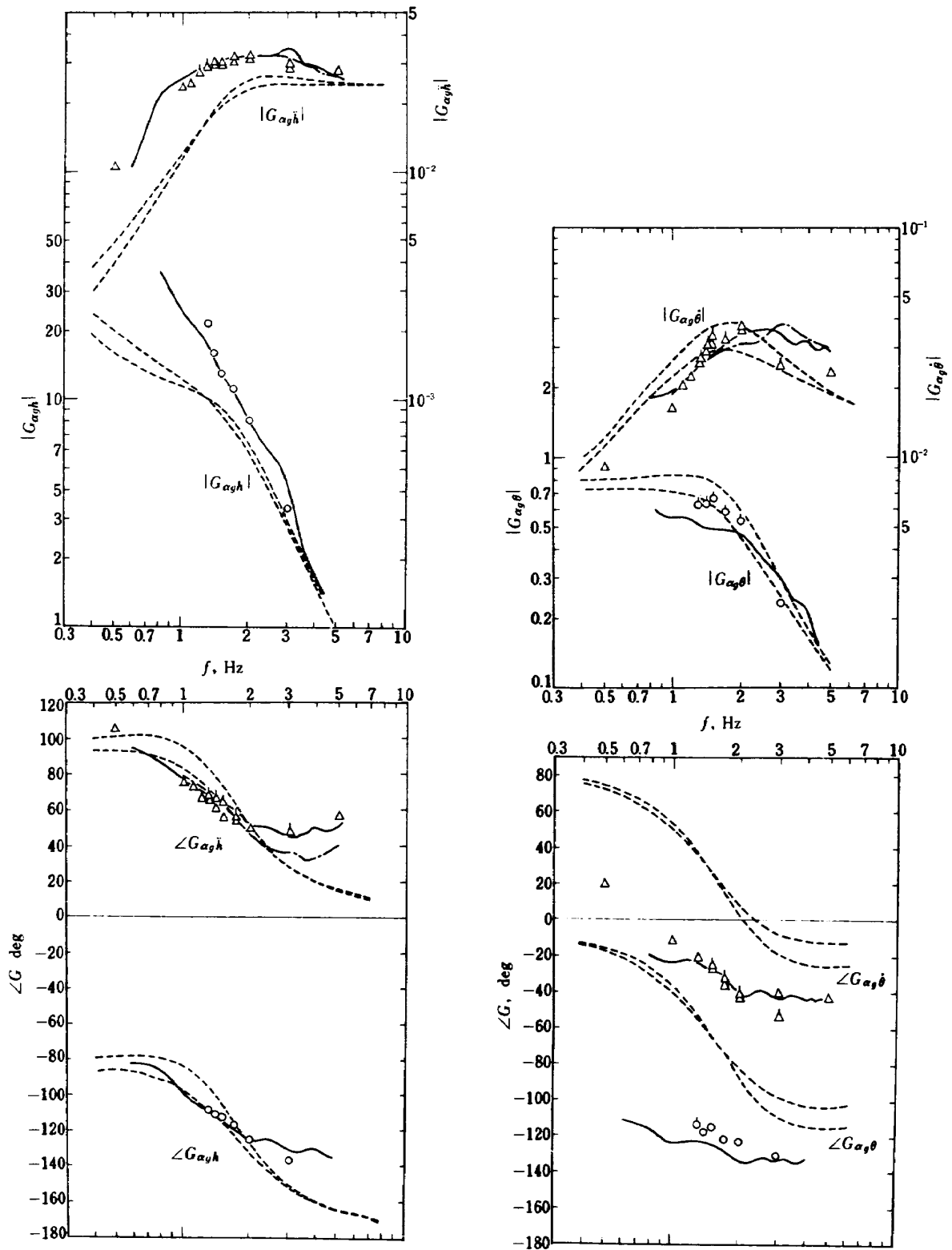


図 17 模型の周波数応答

## 6 結 び

前回の実験で明らかになつた計測機構の欠点を補う目的でテレメータ装置を導入した。実験の結果、正弦突風応答から得られた周波数応答とランダム突風応答から得られた周波数応答は種々の実験状態に亘つてほぼ一致した。縦揺れのみの実験結果は実験装置のまさつ力などを省略した簡単な線形モデルでよく説明され、実験値のあてはめによつて推定された動安定係数 $C_{m\dot{\alpha}}$ 、 $C_{m\ddot{\alpha}}$ は合理的な値である。上下動をも自由にした実験結果は簡単な線形モデルから定量的には外れたが、短周期共振周波数が縦揺れのみの場合より増加すること、共振点のゲインが減少することは実験結果にも明らかに現われた。

附随的なこととして、風洞測定部中央横断面での突風気流の特性が明らかになつた。

今回の実験で動的模型による実験技術に関する問題点が一通り明らかになつて、予備実験としての本実験は終了した。概して上下動を含む動的模型実験から有意なデータを得るには相当の困難が伴なり。

## 参 考 資 料

- 1) 松下, 西村; 突風風洞での突風応答予備実験,  
航技研資料 TM-240, 1973
- 2) 1) の P 22

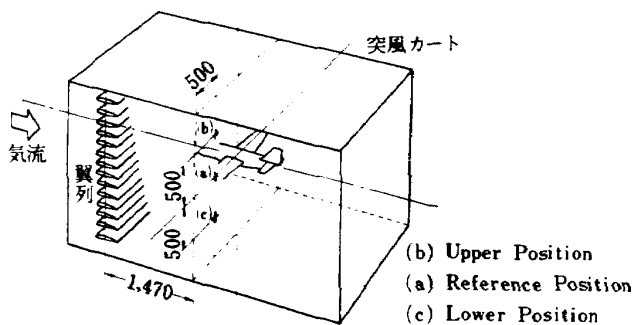
附録 突風気流の特性

模型が運動する風洞測定部の中央横断面での突風気流は、即ち前回の実験の際にも計測してその結果を報告した<sup>1)</sup> ここでは次のことが明らかになった。

- (1) 突風カートを装着した状態では、翼列を駆動しなくても気流速度に微小変動が存在し、その振動数は主流速度にほぼ比例する。
- (2) 翼列角に対する突風気流の上下速度成分の周波数応答は、上記の微小変動周波数に於てゲインが極小値を示す。
- (3) 風洞測定部中央横断面内では、上下各々ほぼ50cmの範囲を越えると上下の境界の影響で気流が乱れる。

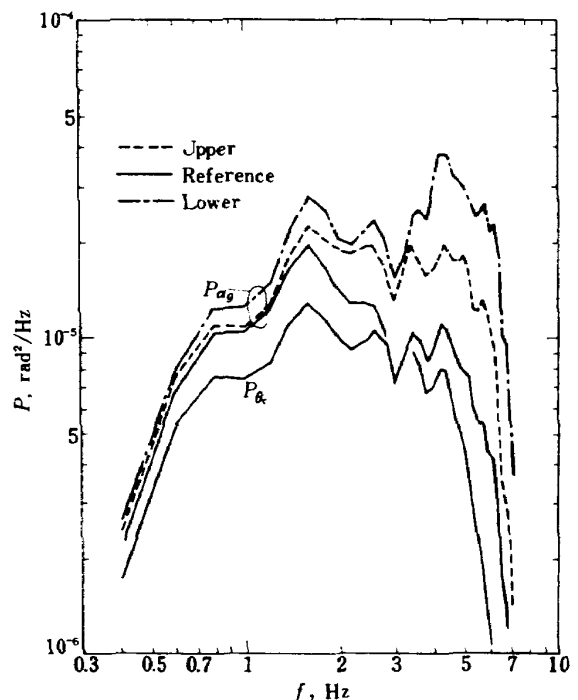
一方、実験中、模型が上半分の範囲に入ると静止しないで上昇してしまうことから、わずかながら気流が上向いていると考えられた。この傾向を修正するために突風カート上方に40cmの間隙をおいておおい板をかぶせた。今回、その影響を調べることと、前回の計測における精度上の不足を補う再計測の目的をもって再び気流測定を行なった。測定点は前回の  $H_0$ ,  $H_1$ ,  $H_2$  に相当する附図1に示す3点である。翼列駆動信号は0.3 Hz 乃至10 Hz の10種類の正弦波信号と0.5 Hz 乃至7 Hz の帯域通過フィルタを通した附図2に太線で示すパワースペクトル分布を持つランダム波信号である。

正弦波加振の場合の測定結果が附図3である。図の主流方向速度  $U_g$  の記録に見られる速度の落ち込みはその時に翼列のWakeが測定点を通過したことを示している。全てを通じて言えることは、気流は前回に指通した通りの微小変動波と、翼列駆動による基本誘導波および翼列のWakeの3種類の波から成り立っていることである。

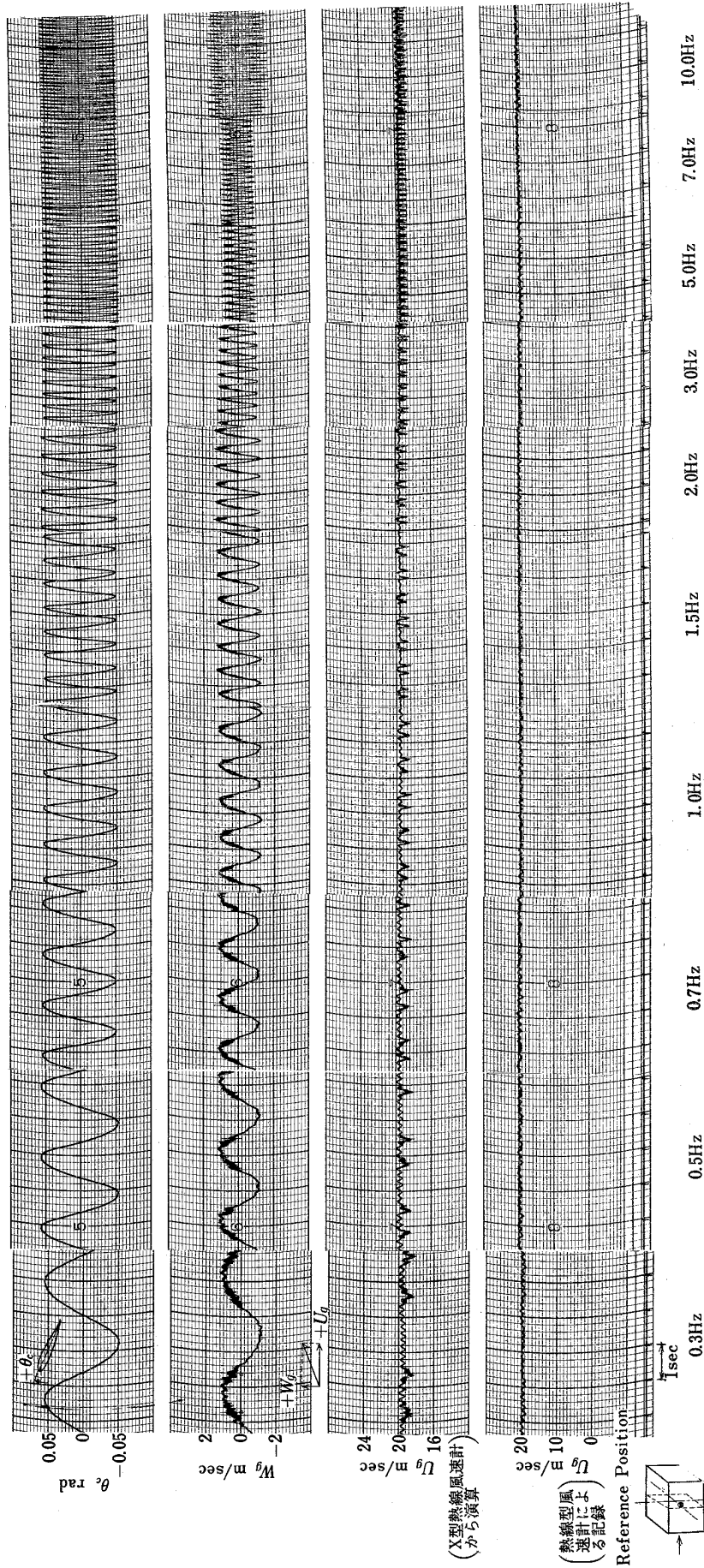


附図1 突風気流測定点

まず中央位置の気流についてみるに、この位置では微小変動波は主として主流方向に速度変動し、垂直方向の速度変動はほとんどない。この微小変動波と翼列のWakeを除いた基本波の垂直速度成分波形は3 Hz くらいまでの低周波数範囲では翼列角によく相似している。主流方向速度の変動率が高々8%ほどであることを考慮すると気流の偏角はほぼ翼列角と等しい値を示している。周波数が5 Hz を越えると波形はくずれだし、次第に三角波状に変形する。この中央位置と翼列構成翼素との相対位置は附図4(a)に示すような関係にあり、中央に位置する2枚の翼素の中間の後方にこの測定点がある。従つて気流が正しく平行に流れていれば、この2枚の翼素から出たWakeは交互に等しい影響を測定点に与える筈だから、そのときの速度成分のパターンは附図4(a)のようになる筈である。しかるに実際の記録はそうならず気流が平均的にやや上向きに流れていることを物語っている。そのずれの角度はほぼ  $1.5^\circ$  と計算される。翼列角の振幅は周波数に依らず一定の0.05 radであるが、垂直速度成分(あるいは気流の偏角)の基本波の振幅は、ほぼ2 Hz まででは一定であるがそれ以上で減り始め5 Hz で極小値をとる。その後再び増加の傾向を示している。振幅の変化の定量的な結果については位相の変化とともに周波数応答として後にランダム加振の場合と共に述べる。

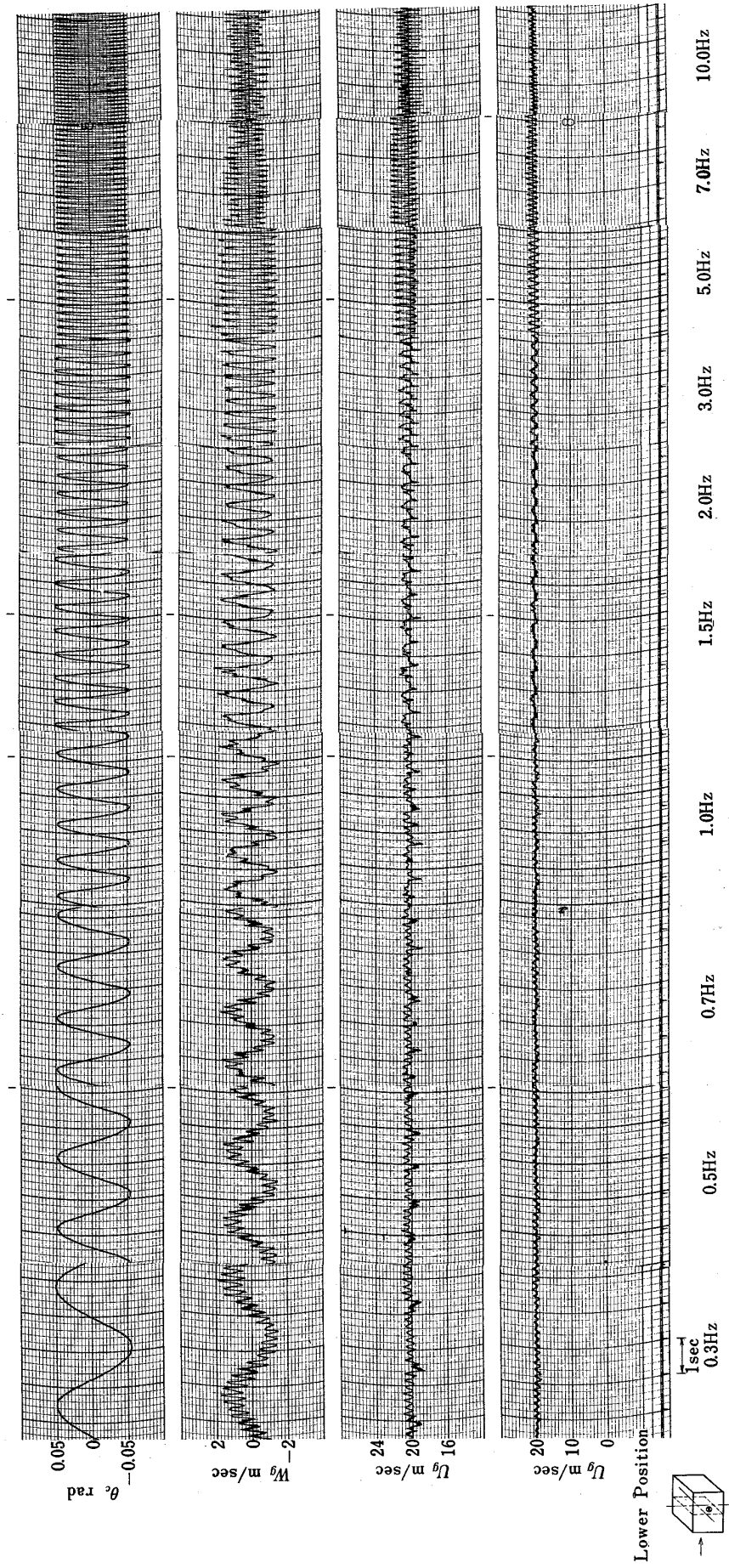


附図2 ランダム信号および突風気流偏角の  
パワースペクトル密度

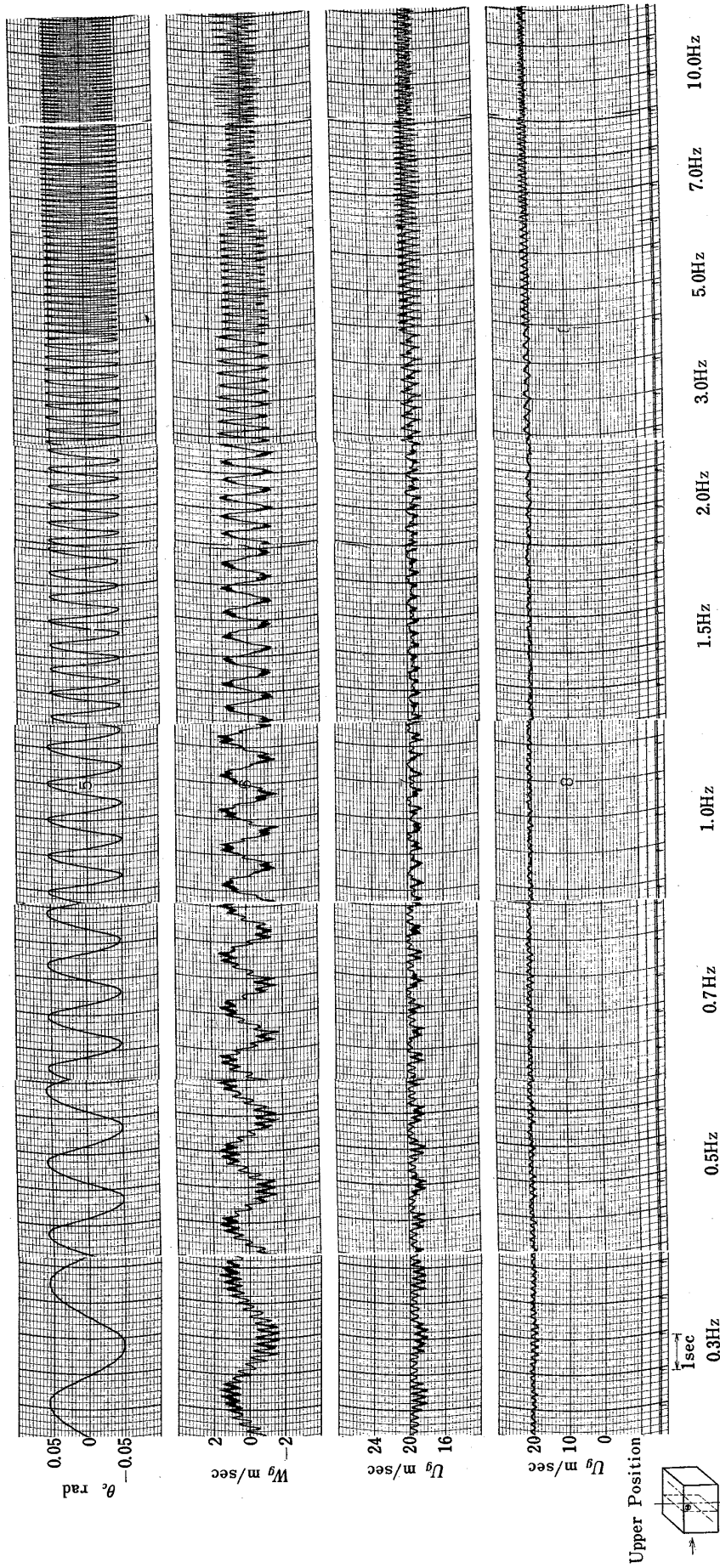


附図 3-(a) 正弦波突風気流の測定記録 (Reference Position)





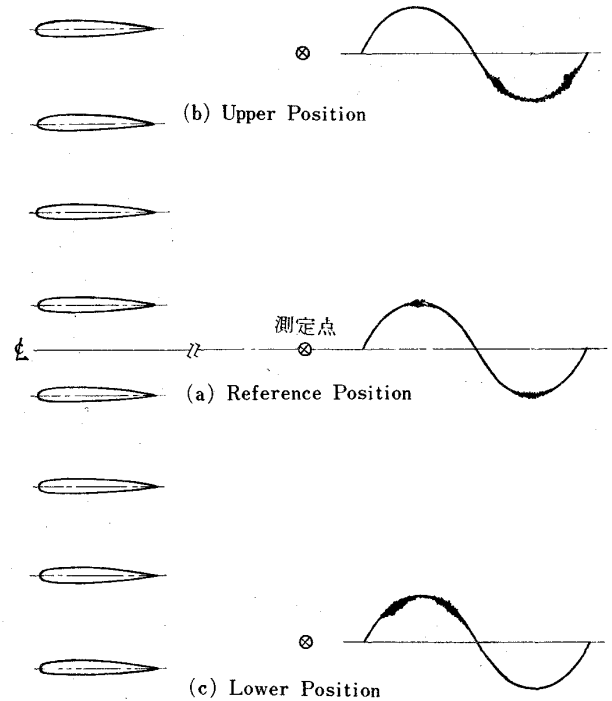
附图 3-(b) 正弦波突風気流の測定記録 (Upper Position)



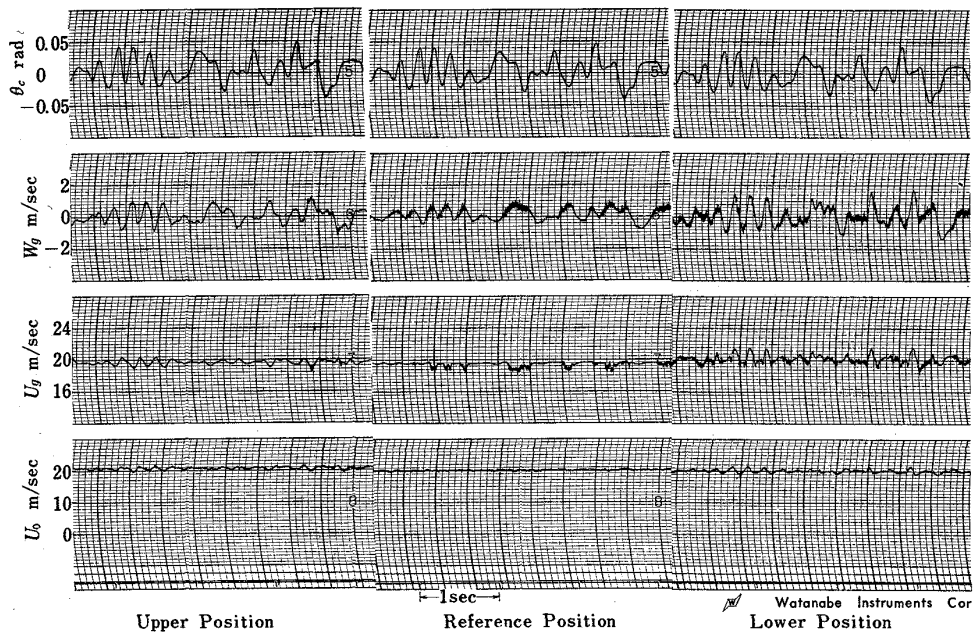
附図 3-1(c) 正弦波突風気流の測定記録 (Lower Position)

次に上方及び下方位置の気流を調べる。両位置は共に中央位置より 50 cm 離れているから境界条件が等しければ気流の特性は等しい筈である。実際に、大ざっぱには等しい特性を示しているものの、細部で相違が生じている。まず微小変動波の顕著な結果は変動が垂直方向にも現われて、主流方向の変動をやや上まわっていることである。(附図3, ただし図の  $W_g$  の単位は  $U_g$  の2倍である点に注意。)この傾向は下方位置の方がいく分大きい。この変動波が大きいために垂直速度成分の基本波形は大きく変形している。上下の測定位置と前方の翼列との相対位置はそれぞれ附図4(b), (c)のようになっているので、測定記録に現われている Wake のパターンはこの位置でも平均流の上向き傾向をうらずけている。垂直速度成分の基本波形の振幅は図から判断する限りでは上下位置とも 7 Hz で極小値を示す。なおこれらの位置では 5 Hz および 7 Hz において、主流方向の変動が極めて大きくなっている点が注目される。

ランダム波加振の場合の測定記録は附図5である。同図は別個の測定記録のうちから翼列角の同一部分を抜き出したものである。測定は同時に行なつたものではないが、プローブが気流に与える影響はほとんど無視できると考えられるから、図を同時測定のものと同等に取扱うことにする。まず垂直速度成分の記録にノイズとして現われている Wake の影響は正弦波の場合に述べたように生じている。即ち中央位置では気流が



附図 4 測定点と翼列の上下相対位置と Wake の影響による気流変動のパターン



附図 5 ランダム突風気流測定記録の一部

や、吹き上げになる時点で現われ、上方位置では気流方向が水平になるときに現われる。下方位置では翼列角の最大振幅が正弦波の場合より小さいため Wake の影響を受けない。垂直速度成分の波形は翼列角の波形にほぼ 0.1 sec の遅れをもつて従っているが、高い周波数成分まではつききれない。さらに記録の前部の 5 周期に亘るほぼ 5 Hz の波形に明瞭に現われているように、この位の高い周波数では、中央位置の垂直速度成分のゲインは減少し、上下位置でのゲインは増大する。また主流方向速度成分を見ると、中央位置では Wake の部分を除いてはほぼ一定速度だが、上下位置では激しく変動している。

今回ランダム気流発生に使用した狭帯域白色性ランダム信号は熱電子を発生源とする雑音発生器によつて次のように作った。まず雑音発生器の特性変化の影響を減少させる目的で、一連の記録から 9 個の部分を取り出し、それらをアナログ的に算術平均して 1 つのランダム信号を得た。こうすることによつて、雑音発生器からのなまの信号より短い信号で比較的白色性の良い信号が得られた。後に応答実験にも使用するので、模型の運動範囲を制限する必要から、こうして限られた信号を帯域フィルタを通して所用の信号を得た。そのパワースペクトル密度が先に示したものである。

( 附図 2 )

附図の部分を含む 5.0 秒に亘るデータをサンプル間隔 0.05 秒で計算した気流偏角  $\alpha_g$  のパワースペクトル密度が附図 2、翼列角に対する気流偏角の周波数応答を計算したのが附図 6 である。

正弦波加振の特に低周波数の場合に顕著に見られた微小変動波は、ランダム加振の場合には附図 5 に示されるように不明瞭になり、附図 6 の周波数応答にも目立つた影響が現われていない。

附図 6 の位相線図に示した位相は  $2\pi\tau_0 f$  を差引いているが、この量は気流が翼列の 1/4 弦点を通過して測定点に達するのに要する時間  $\tau_0 = 0.074$  sec に相当する位相角である。従つて同図はこの補償をしてもなお気流の偏角には遅れがあることを示している。この遅れ時間はむだ時間にして約 0.025 sec になる。

図の周波数応答から次の点が明らかになった。

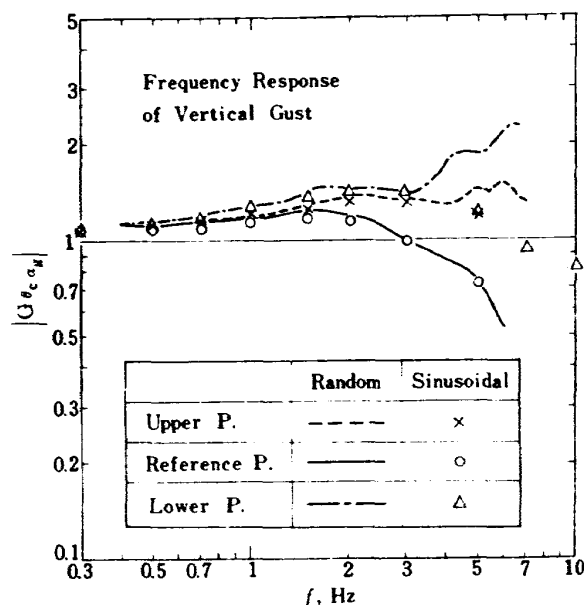
- (1) 翼列角に対する気流偏角の周波数応答のゲインが微小変動周波数に於て極小値を示すという前報の結果は中央の基準位置においての正弦波による結果であり、ランダム波では当初予測されたようには極小値が表われない。上下位置では高周波域

でのゲインの減少傾向は中央位置ほど顕著ではない。

- (2) 正弦波の場合の結果とランダム波の場合の結果とはかなりよい一致を示す。ただしゲイン、位相共よく一致するのは 3 Hz 位までで、それ以上では両者の相違はひろがる。
- (3) 気流偏角の位相遅れは翼列と測定点間の距離を補償してもなお存在し、その量はむだ時間に換算して 0.025 sec である。

付表 1 は気流の諸量を rms で比較したものであるが、この表から次のことが分る。

- (1) 中央位置では気流の偏角は翼列角とほぼ等しい rms 値を示すが、上下位置では気流の偏角の rms 値の方が翼列角の rms 値より大きくなる。上下位置を比較すると下方位置の方が気流偏角の rms は大きい。
- (2) 主流方向の速度変動の rms は、垂直方向の rms のほぼ 2/3 に達している。



附図 6 気流偏角の周波数応答

附表 1 気流諸量の r.m.s.

	上 方	中 央	下 方
$\theta_c$ rad	0.0181	0.0180	0.0180
$u_g$ m/sec	0.332	0.226	0.518
$W_g$ m/sec	0.491	0.353	0.631
$\alpha_g$ rad ( $\frac{\alpha_g}{\theta_c}$ )	0.0247 (1.37)	0.0178 (0.99)	0.0307 (1.71)

---

## 航空宇宙技術研究所資料261号

昭和49年8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

---

