

運輸技術研究所納日立低速度型アナログ計算機

Hitachi Low Speed Type Analog Computer

三浦武雄* 阿部善右工門* 永田 穰* 河村重憲**
Takeo Mimura Zen'uemon Abe Minoru Nagata Shigenori Kawamura

内 容 梗 概

題記の低速度型アナログ計算機は商品としてわが国唯一の実用機で8階までの線型微分方程式を解きうる機能を有している。単体要素の精度0.2%, サークルテストによる総合精度は $\omega=1\text{ rad/s}$, $t=30\text{ 秒}$ で0.5%程度である。本機は現在航空機の安定度およびフラッタ解析などに活用されその性能を発揮している。本報告では装置の構成, 構造, 演算増幅器の性能, 制御装置, 精度試験などについて概説し, 終りに利用例をあげた。

〔I〕 緒 言

日立製作所における低速度型アナログ計算機の調査ならびに研究は, 昭和29年に開始し昭和31年4月には演算増幅器20台を有する線型要素を, 10月にはサーボ演算器5台を有する非線型架を試作し, その性能について報告した⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。その後運輸技術研究所より低速度型アナログ計算機を受注し, 昭和30年2月これを納入した。本機は商品としての国産唯一の実用機である。本機は航空機の振動および飛行中の運動の解析を目的とする高精度アナログ計算機(単体要素精度0.2%)であり, 8階までの線型微分方程式を解くに適する線型要素を有している。

〔II〕 構造および構成

(1) 概 要

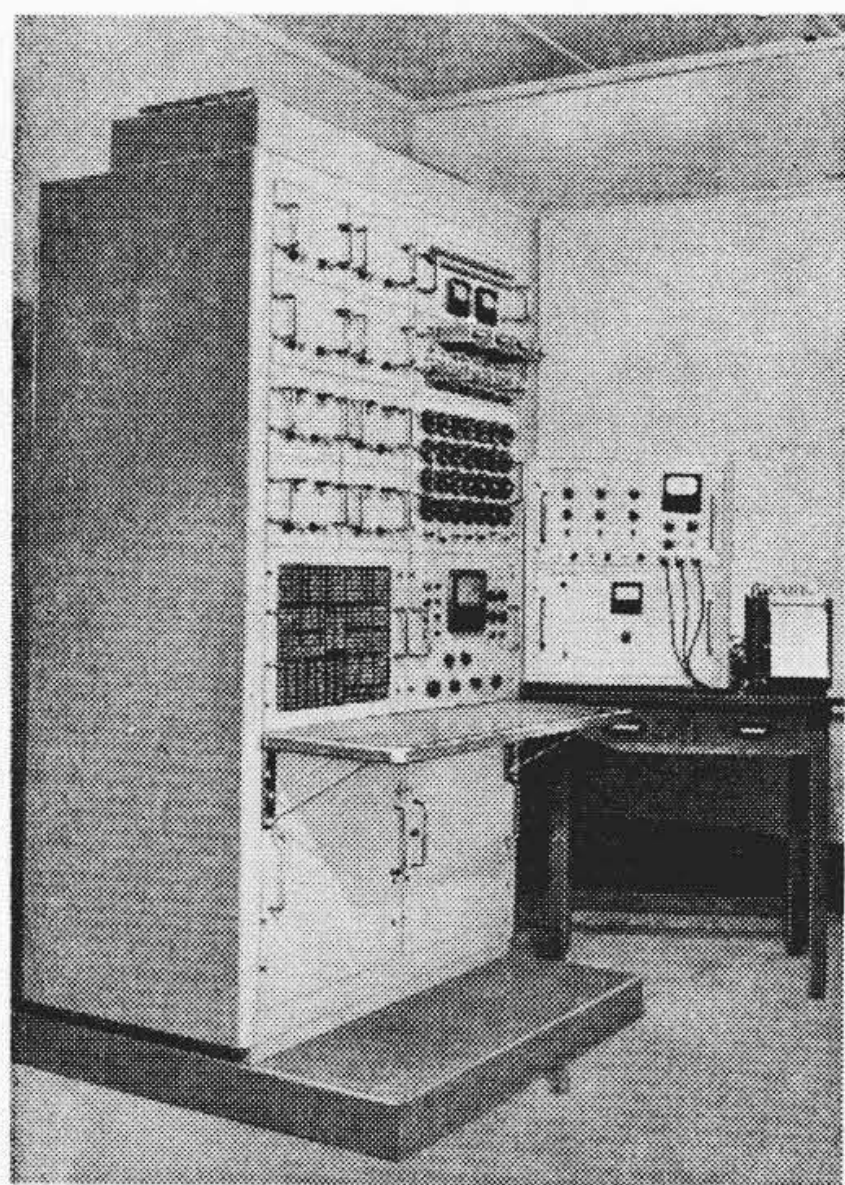
本機の外観写真ならびに配列を第1~2図に示す。図示のごとくキャビネット方式であり大きさはU.S.A.標準寸法に準じている。各要素は前面より挿入できるようになっており, さらに筐体には机を附し操作および取扱いを容易ならしめている。本機は周囲室内温度 $25^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$, 湿度70%以下として設計され, 精度とにらみ合せてとくに演算インピーダンスを恒温槽に入れることは行っていない。したがって筐体内の温度を周囲条件にできるだけ近づけるべくとくに空氣の循環には留意して設計した。すなわち筐体背面下部および筐体上部にある冷却扇により筐体下部より上部に対して強制的に通風するとき構造とし, 各シャーシをこれに準じている。

各演算器の構成を示すと次のとおりである。

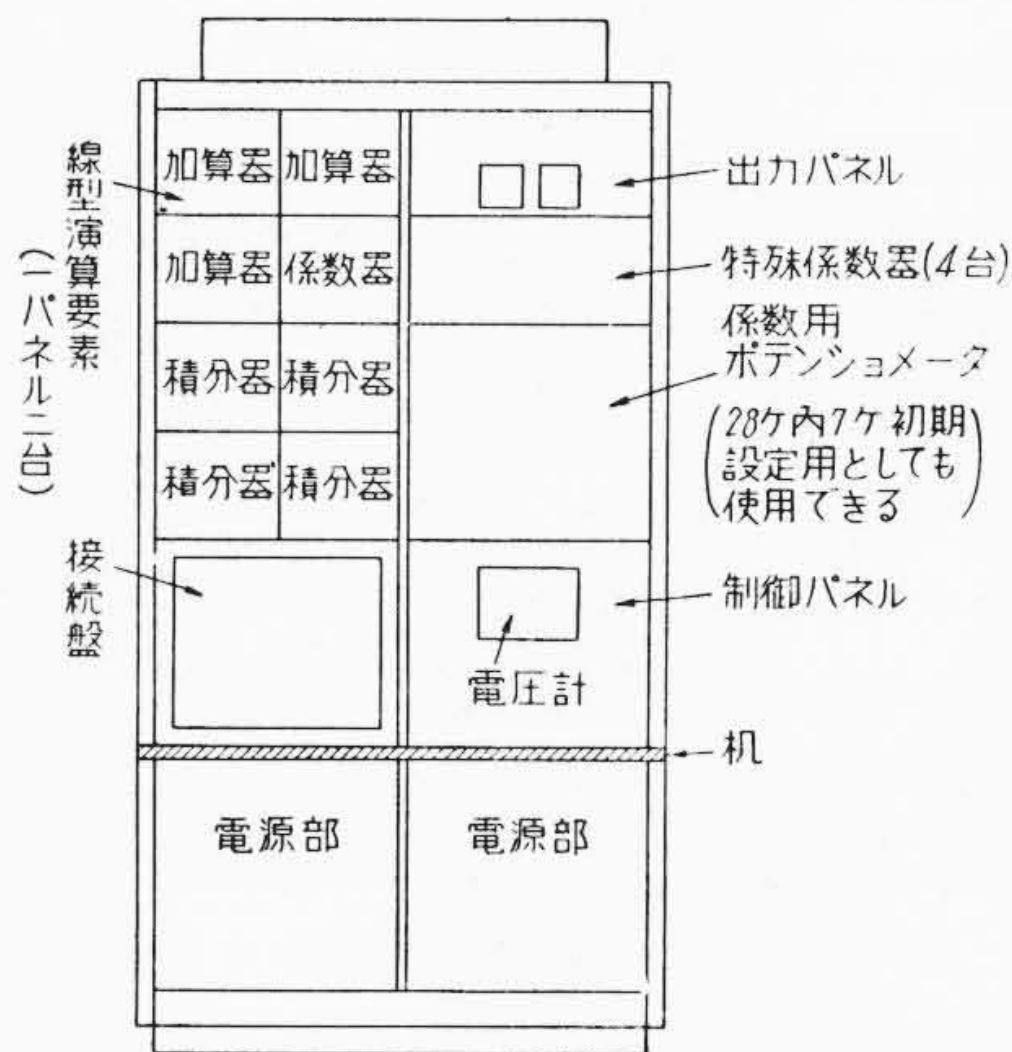
- (i) 加算積分器 (1, 1, 1, 4, 4, 10) 8 台
- (ii) 加 算 器 (1, 1, 1, 1, 1, 1) 6 台
- (iii) 係 数 器 (1, 2, 4, 4, 10, 10) 6 台
内 4 台は特殊係数器
- (iv) 係数用ポテンシヨメータ 28

* 日立製作所中央研究所

** 昭和電子株式会社



第1図 低速度型アナログ計算器外観



第2図 計 算 器 配 置 図

内 7 個は初期値設定用としても使用可能

- (v) 制 御 装 置 1 式
- (vi) 警 報 回 路 1 式
- (vii) 接 続 盤 1 式
- (viii) 電 源 1 式

各演算器の後の括弧内は入力倍率を示すものである。この中ここでは特殊係数器、警報回路について説明し制御回路については別項で述べる。なお本機で採用した接続盤はプラグイン方式のものである。電源は100V 50c/s, 所要電力は1.5kVAである。

(2) 特殊係数器

特殊係数器が係数器と異なる点は係数器の持つ性能のほかに饋還演算増幅器として使用できる機能を持っていることである。すなわち饋還演算増幅器とした場合、演算インピーダンス Z_i , Z_f として抵抗、コンデンサの直並列接続が可能である。この場合の演算コンデンサとしては0.5~0.01 μF までデケードに14種各5個を、演算抵抗としては2M Ω ~10k Ω まで20種各5個を有している。

これらの値は特殊係数器の単体演算精度を1%とするために各演算インピーダンス精度を0.5%におさえてある。各演算インピーダンスはプラグイン型ケースに収納しパネル前面より挿入できるようになっている。なおこれらの抵抗は2個までの直列、演算コンデンサは2個までの並列使用ができる。係数器の機能の切換はすべてパネル前面において操作できる。この演算器を附加したことにより各種の伝達函数の構成が容易であり伝達函数法に基づく演算回路の構成に当つては特に便利である。

(3) 警報回路

演算器の信号レベルは $\pm 100\text{V}$ (10k Ω) まで所定の性能以内にあるように設計されこの値をこえた場合には演算器の直線性が害され、かつ演算増幅器を過負荷する。ゆえに信号レベルが上記所定電圧以上になったことを知らせるために本機では警報回路を備え、パネルの指示ランプと警報ブザーにより通報するようになっている。本回路の動作原理図を第3図に示す。正常の場合にはネオン放電が起らず平衡増幅器の出力は零であるが、増幅器が過電圧になった場合に平衡増幅器の一端に信号が入り、リレーに電流が流れブザーが動作する。

(4) その他

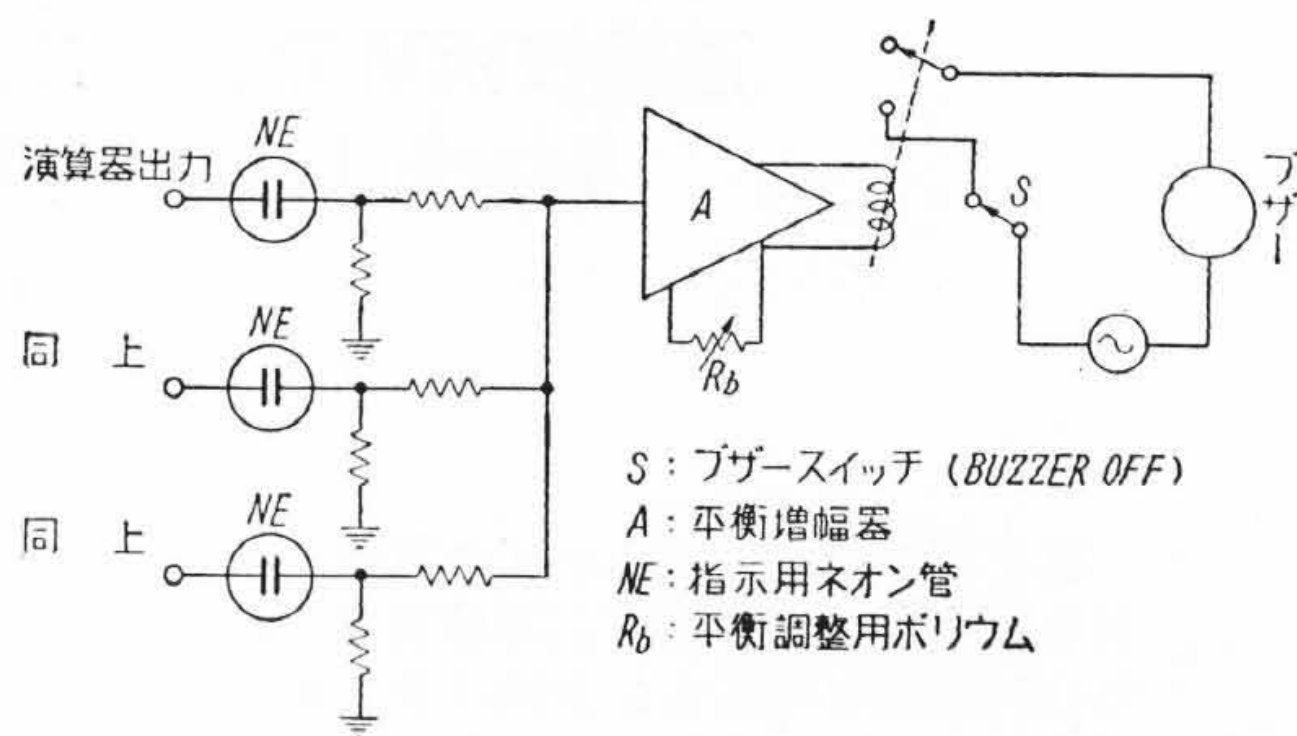
制御パネルには後述の制御回路のほかに出力計回路がある。すなわち演算増幅器の各出力は制御パネルに集中されロータリースイッチにより任意の出力をこのパネルの電圧計に接続測定できる。これに使用する電圧計は0.1, 1, 10, 100Vの4段切換ができるものであり、独立した電圧計としても用いる。

本機に使用する直流安定電圧については制御パネルに附属するスイッチにより出力パネルにある電圧計を切換えて読むことができる。

[III] 演算増幅器

(1) 概説

電子管式アナログ計算機の線型演算要素の主体となる



第3図 警報回路原理図

饋還演算器は高感度の直流増幅器と演算インピーダンスとの組合せよりなる。この組合せを普通演算増幅器といっている。高精度の低速アナコンにおいてはこの演算増幅器、特に高感度の直流増幅器の設計は非常に重要な問題である。

この演算増幅器として具備すべき条件は、

- (i) 所定の演算を高い精度で行うこと。
- (ii) 演算を行う場合饋還増幅器として安定に動作すること。

の2点である。(i) は演算器として当然のことで、加算、符号変換、積分、等々の演算を必要な周波数帯内において精密に行わねばならない。これは演算インピーダンスの性能にも関係してくる⁽⁴⁾。(ii) は演算増幅器は一種の饋還増幅器であり、しかもその饋還率が演算の種類によつて変化するので、そのすべての場合に十分安定に動作する必要がある。

(2) 設計上の注意

普通、演算インピーダンスは所定の演算を行う関係上ある程度決まってくるので、直流増幅器としては次のことが要求される。すなわち、

- (i) 直流および低周波における利得が十分大きいこと。
- (ii) 零点の移動（ドリフト）および雑音が十分小さいこと。

- (iii) すべての演算インピーダンスの組合せに対し、十分安定に動作するような周波数特性をもつこと。

以上の要求に対し、本機は次のようにしてこれを解決している。

- (i) 高感度の直結型直流増幅器で広い周波数帯にわたつて高い利得を確保し、これにチョパによる自動ドリフト補償回路を組合せ、ドリフトの十分な軽減を図る。
- (ii) 直結型増幅器部は誘導雑音、電源変動によるドリフトを避けるため平衡型の増幅回路を多段に用い、十分な同相負饋還を施す。
- (iii) 直結型増幅部の各増幅段間にRCの位相補償回

ードによる電氣的同期整流を採用したのは、チョパを電力レベルの高いところで使用するのを避け、入出力間の結合を除きかつ価格の低下を図つたのである。

なお、取扱いに便利なようにこの組合せ直流増幅器は演算インピーダンス、制御リレーとともに2台を一組にして1台のシャーシに組込まれ完全な饋還演算増幅器として本体にプラグインされるようになっている。プラグインした場合には真空管、負荷抵抗などの発熱体はまとめて強制空冷される。

(3) 演算増幅器の特性

直流増幅器の性能と所要電力、および饋還演算増幅器諸特性を次に示す。

(i) 直流増幅器の性能および所要電力

直流増幅器の性能は第1表に、周波数特性を実測した一例を第6～7図に、ドリフト特性を第8図に示す。

(ii) 饋還演算器としての性能

直流増幅器を演算インピーダンスと組合せて饋還演算器として動作させた場合の性能は第2表のとおりで、特性を実測した一例を第9～10図に示す。

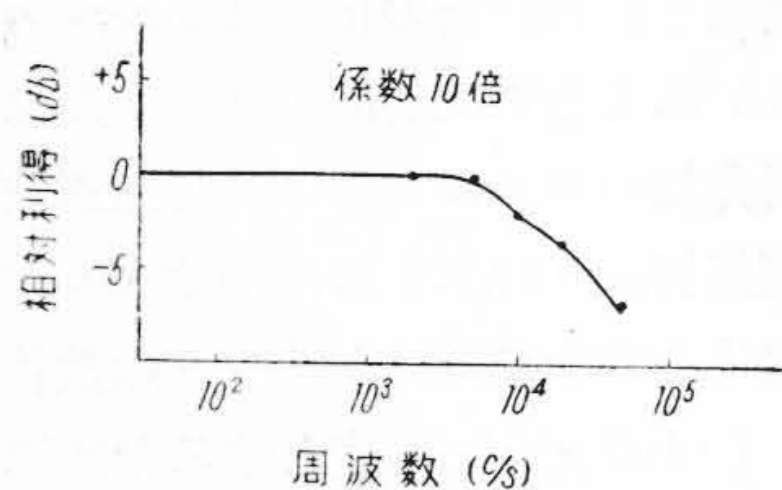
[IV] 制御回路

制御回路は (1) 演算器制御回路、(2) 印加電圧制御回路、(3) 電源制御回路、よりなり、これらは制御パネルに組込まれている。以下これらについて説明する。

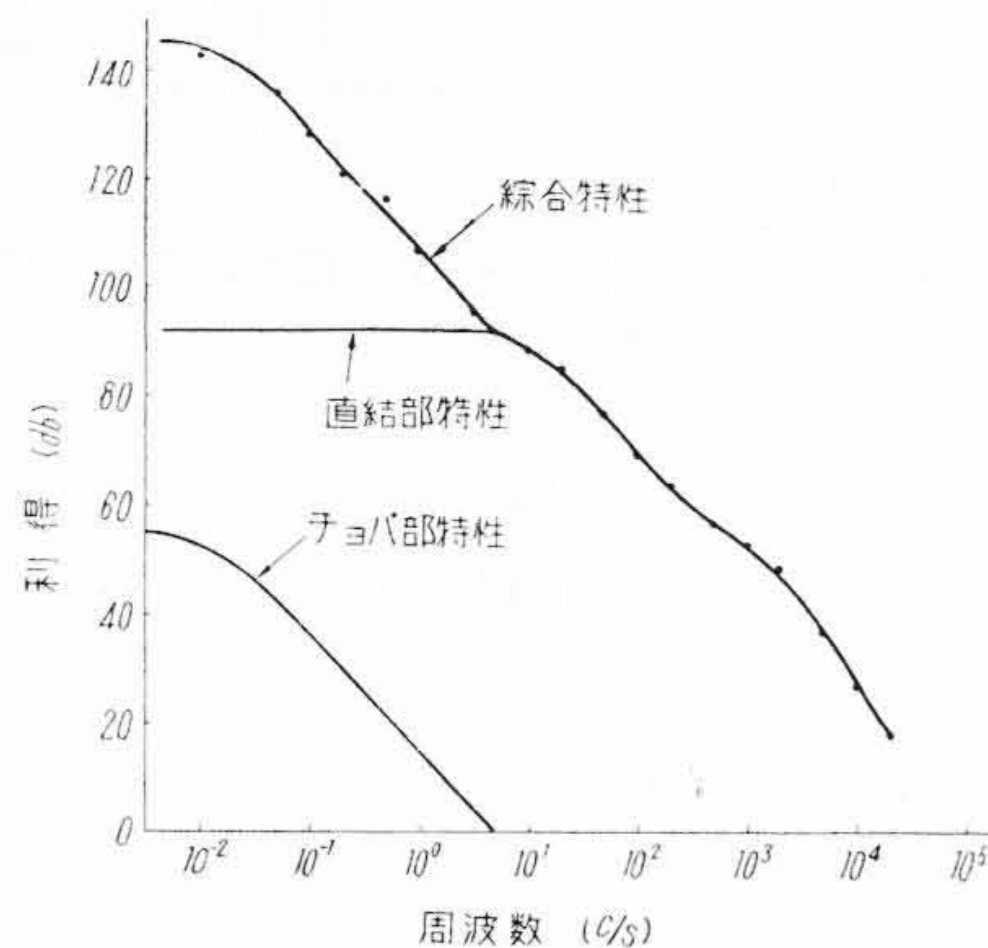
(1) 演算器制御回路

演算器の状態およびレコーダ駆動用電動機を制御する回路で演算制御スイッチでこれを行う。制御段階は次に示す6段階である。

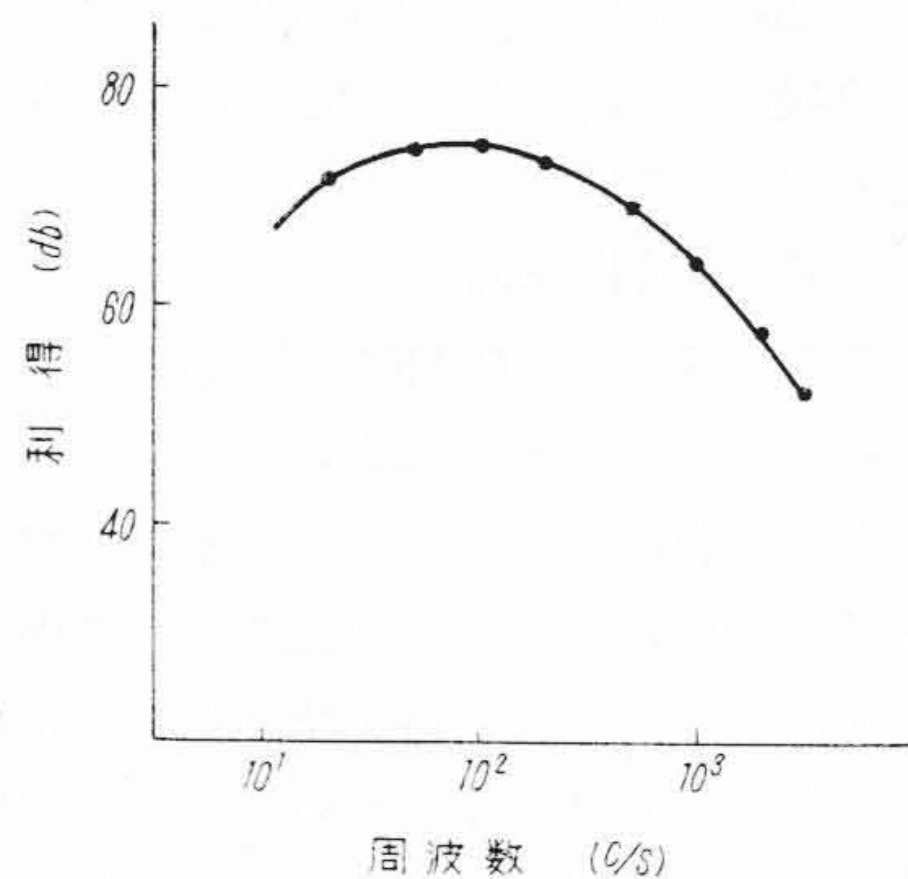
(i) バランス チェック (Balance Check)



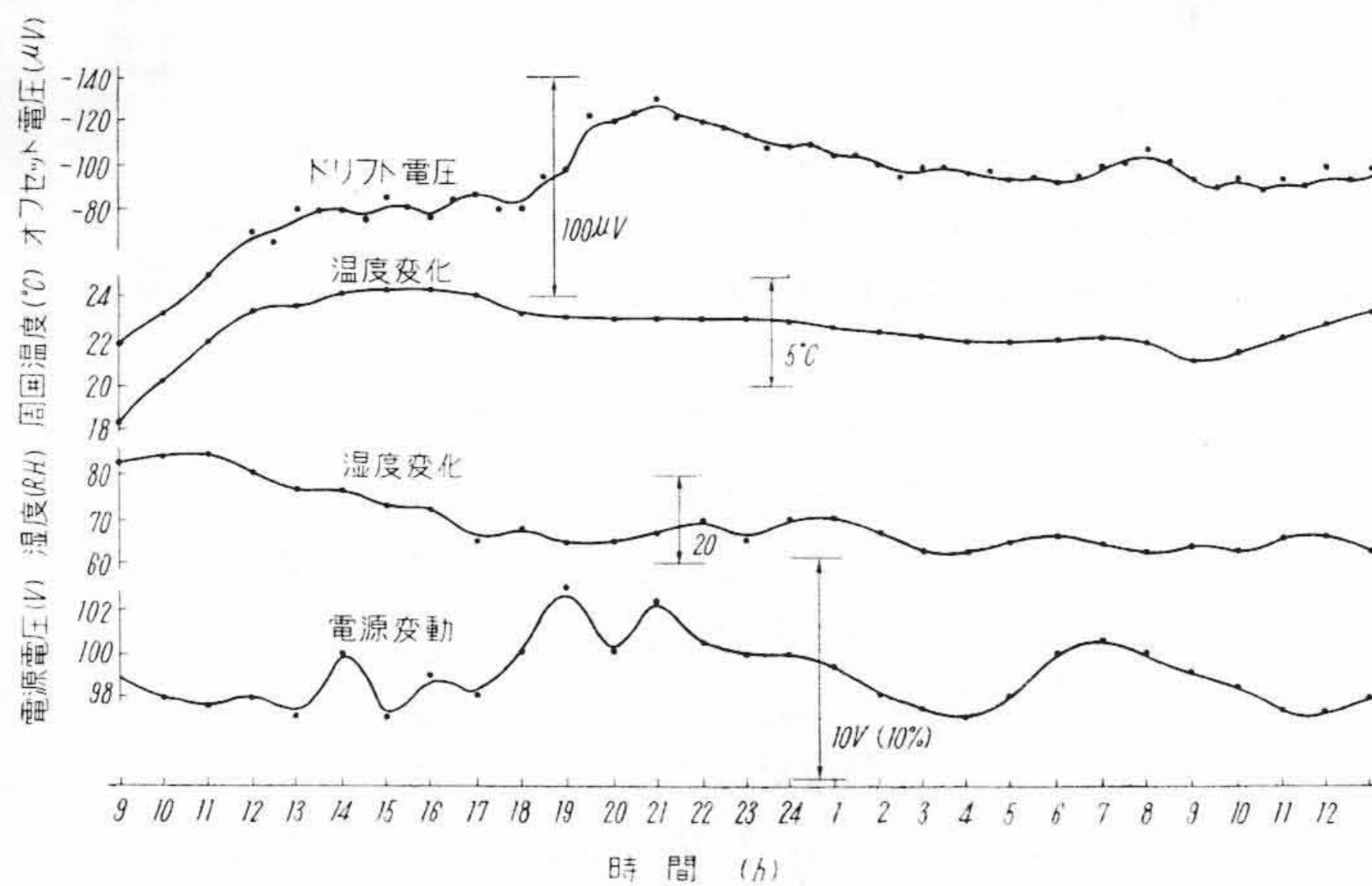
第9図(a) 係数器周波数特性



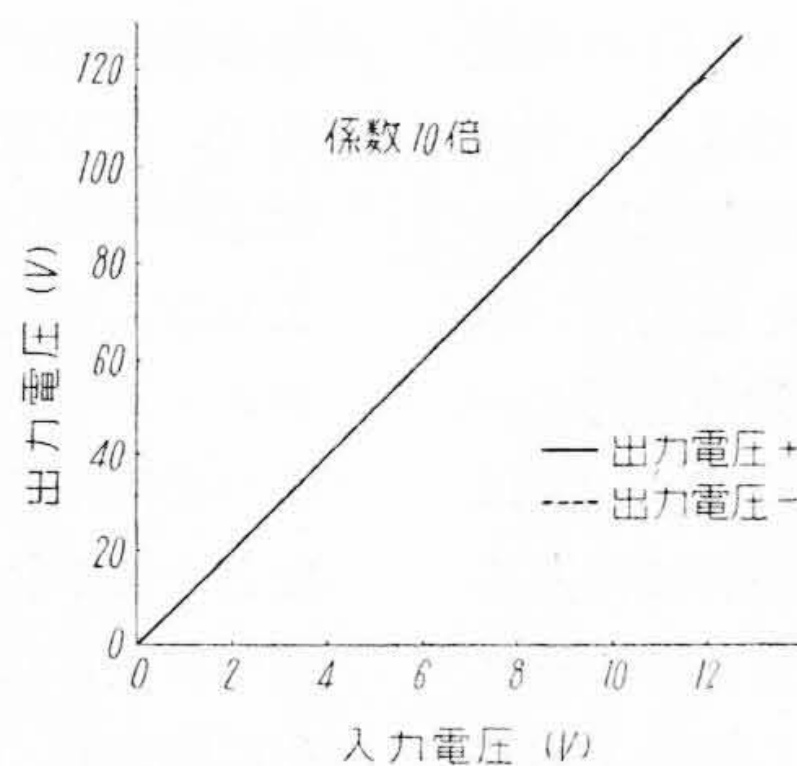
第6図 利得一周波数特性



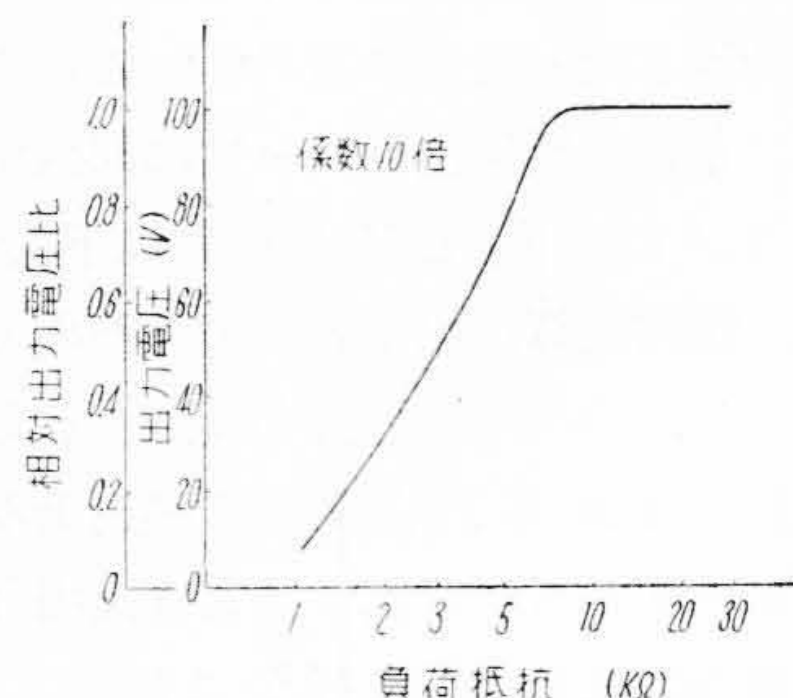
第7図 交流増幅部周波数特性



第8図 ドリフト特性



第9図(b) 係数器の直線性および飽和電圧



第9図(c) 係数器負荷特性

第1表 直流増幅器の性能

(a) 電気的性能

総合増幅器利得	$\omega=0$	140 db 以上
	$\omega=1$	120 db 以上
直結増幅部利得	$\omega \leq 1$	90 db 以上
自動ドリフト補償増幅部	交流増幅部利得	70 db 以上
	直流利得	50 db 以上
ドリフト		200 μ V/日 以下
オフセット		500 μ V 以下
グリッド電流 (直結部初段管)		5×10^{-11} A 以下
雑音電圧		数 mV (P-P)

(b) 使用真空管

直結増幅部	12AX7	2	6AQ5	1 (Booster 付の場合は 2)
自動ドリフト補償増幅部	12AX7	1		
ゲルマニウム・ダイオード	1N38A	2		

(c) 所要電力 (増幅器 1 台当り)

(i) 低圧電源

10V	DC	0.3A	} ヒータ電源
6.3V	AC	0.3A	
6.3V	AC	0.45A	
(0.9A Booster 付の場合)			
6.3V	AC	0.03A	チョパ駆動用電源
5.0V	AC	0.005A	同期整流用電源

(ii) 高圧電源

+300V	DC	20 $\pm$ 12 mA
+250V	DC	1.5 mA
-105V	DC	0.3 mA
-180V	DC	20 $\pm$ 12 mA
-410V	DC	0.15 mA

[このほかに饋還演算器として使用する場合にはリレー電源 (30V DC) が必要]

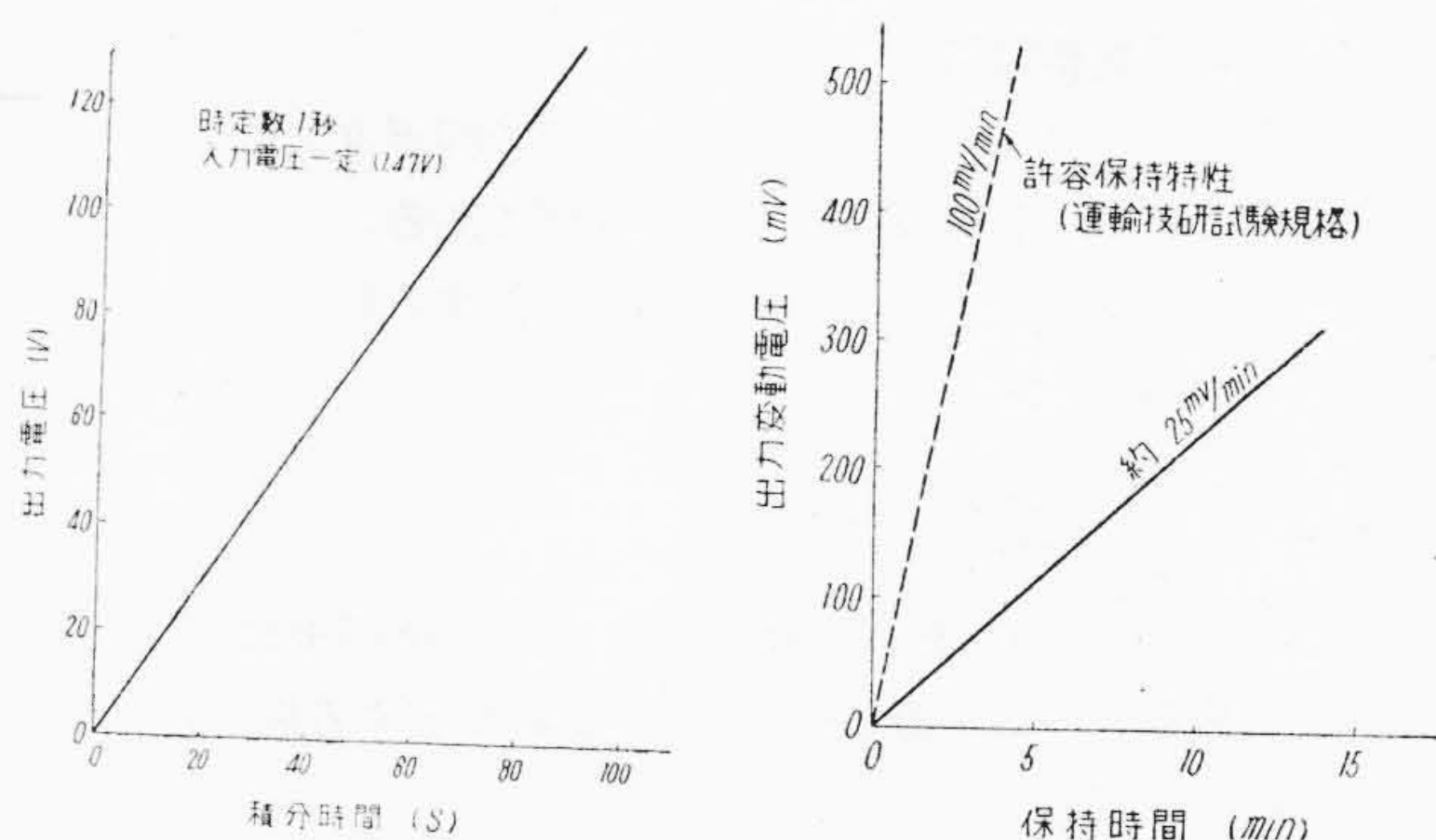
第2表 饋還演算器としての性能

入力インピーダンス	10 ⁵ ~10 ⁶ Ω
出力インピーダンス (常用演算周波数範囲で)	1 Ω 以下
周波数特性 (10 倍の係数器として使用した場合)	10 kc/s 以上 (-3 db)
最大出力電圧 (最大負荷時)	± 100 V 以上
最大負荷	10 k Ω 以下
(Booster 付最大負荷)	5 k Ω 以下)

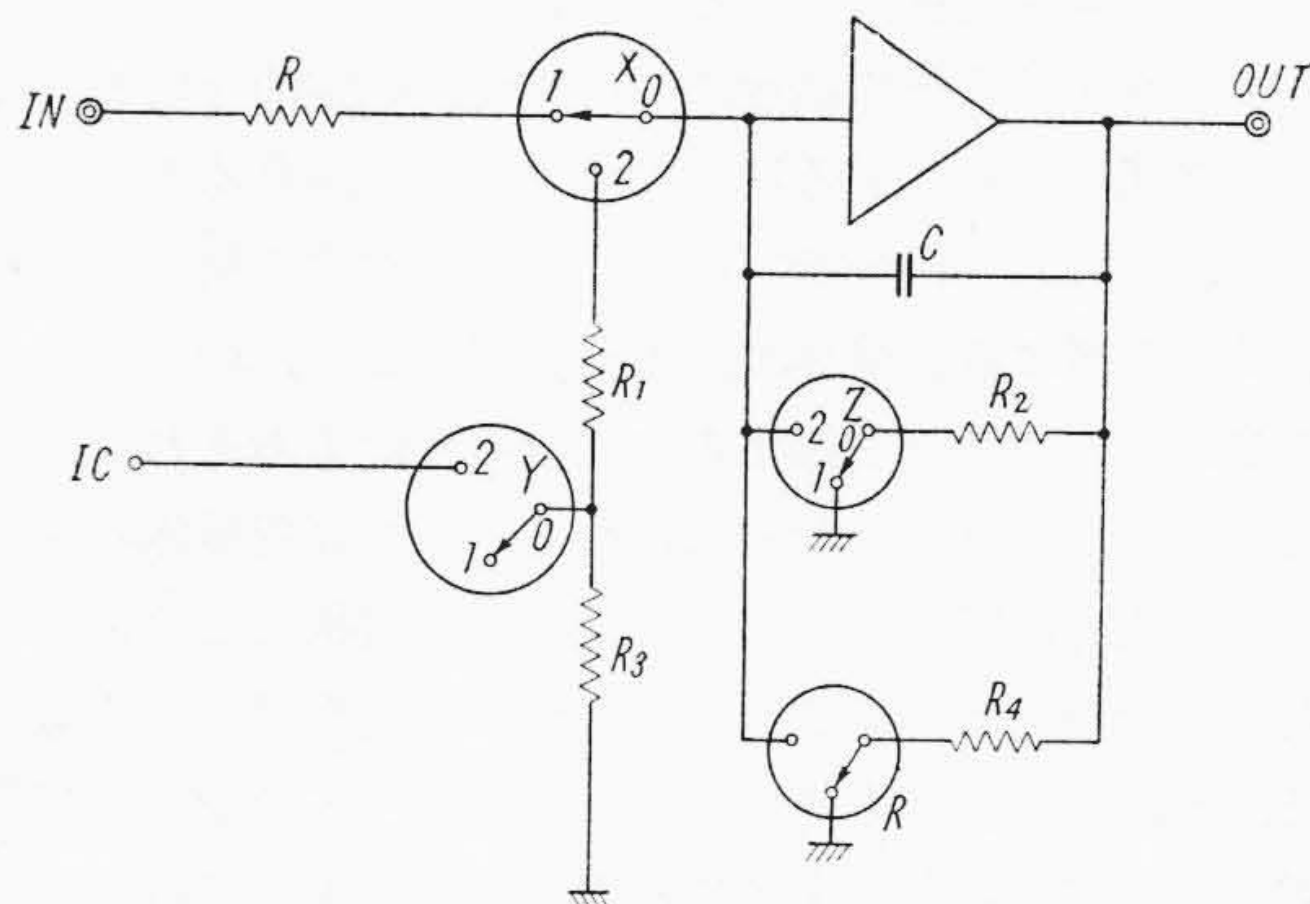
ルドで信号を保持する。モータオフは信号保持の状態であり記録計の送りのみを停止する時に必要な段階である。第11図は積分器の制御回路を示すもので X, Y, Z 3 種のリレーにより所定の切換えを行う。この場合リレーの遅れは各演算器の演算開始時間に差異を与えるために初期値電圧および信号電圧に誤差を与える⁽²⁾⁽⁵⁾。したがって少なくともこの値を 1 ms 以下にする必要がある。またリレー端子間の絶縁抵抗についても 5×10^5 M Ω 以上を必要とし、本機においては特にこれらの条件を満足する高速度リレーを使用している。時間遅れ誤差は演算器制動スイッチにおいても生じる。この対策として 1 切換 1 信号方式を創案しこれを採用した⁽⁵⁾。

(2) 印加電圧制御回路

この回路は単位電圧 (ステップ電圧) あるいは任意波



第10図 (a) 積分器の直線性 第10図 (b) 積分器の保持特性



X, Y, Z: 演算器制御リレー

R: レストスイッチ (演算器を用いない時 ON)

IC: 初期値電圧入力端子

(リレーは off の状態を示す)

リレー制御方式

	X	Y	Z
平衡点検	ON	OFF	ON
初期値設定	ON	ON	ON
演算	OFF	OFF	OFF
信号保持	ON	OFF	OFF

第11図 演算器制御回路説明図

形の電圧を演算回路に挿入する場合に用いられる。

制御方式を大別すると第3表のごとくである。印加できる電圧としては単位電圧と外部印加電圧の2種類で、前者には内蔵の ± 100 V の標準電圧を使用し後者としては2種の入力端子よりの入力を選ぶ。次にこれらの電圧の加え方として同期、非同期の二つの方法がある。同期は演算器制御スイッチのコンピュータに同期して印加電圧を加える方式のもので、非同期とはこれとはまったく無関係に印加できるものである。さらに非同期の場合の印加方式としては連続または断続の2種に切換えできる。これを特に附加した理由はたとえば航空機の安定度の計算の場合の舵角に対応する印加電圧として3角波、梯形波などを加える場合に便利のためである。

(3) 電源制御回路

電源をフルブールで制御する回路で押ボタンによつて操作できる。制御段階は下記の4種である。

- (1) フィラメントオン (冷却扇が動作する)
- (2) 高圧オン
- (3) 高圧オフ
- (4) 主電源オフ

したがつて起動は上より順次下のボタンを押せばよく、起動後数分～数十分(とくに精度を必要とする場合)で演算が開始できる。

[V] 演算各精度の測定

(1) 演算精度についての定義

アナログ計算機の精度について現在確定的な定義がない。普通いわれている精度には大別して演算器単体の精度と、これらを組合せて行つた演算に対する精度(この誤差を著者は総合演算誤差と称している⁽⁴⁾)の二つがあるが、さらに解を記録する記録計の精度も考えねばならない。またこれらのおのおのたとえば演算器単体の場合でも、入力電圧がステップ状とか正弦波状などのように入力信号の波形が異なることによつて精度を異にするものであり、総合精度も対象とする微分方程式の形状、演算周波数、演算時間によつて変る⁽⁵⁾。したがつて単に精度何%ということは無理で、極言すれば測定対象を明示しない精度は意味がない訳である。一般には演算器単体としてステップ入力加わつた場合の精度をもつてアナログ計算機の精度と称しているようであるが、これを総合精度と誤解されるむききも多い。著者はこれらの誤解を避け、かつ総合的な精度を表わす目安として、サークルテスト法を採用した。このサークルテストが総合精度に対する必要条件になりうることは計算からも明らかである。ゆえに日立アナログ計算機の公称総合精度としては演算周波数 $\omega = 1 \text{ rad/s}$ 、演算時間30秒におけるサークルテストの減衰および発散度の値を用いている。以下総合精度としてこの値を採用する。

(2) 演算器の総合精度

アナログ計算機を用いて微分方程式を解く場合に生じる総合誤差について著者の行つた検討結果⁽⁶⁾の一部を次に示す。

今、振動解の毎秒当りの発散または減衰度を ε とすると ε の原因をなす諸項は ω に対して次の関係を示す。

$$\varepsilon_{\mu} \approx \frac{\tau}{\mu} \omega^2: \text{演算増幅器に起因する誤差}$$

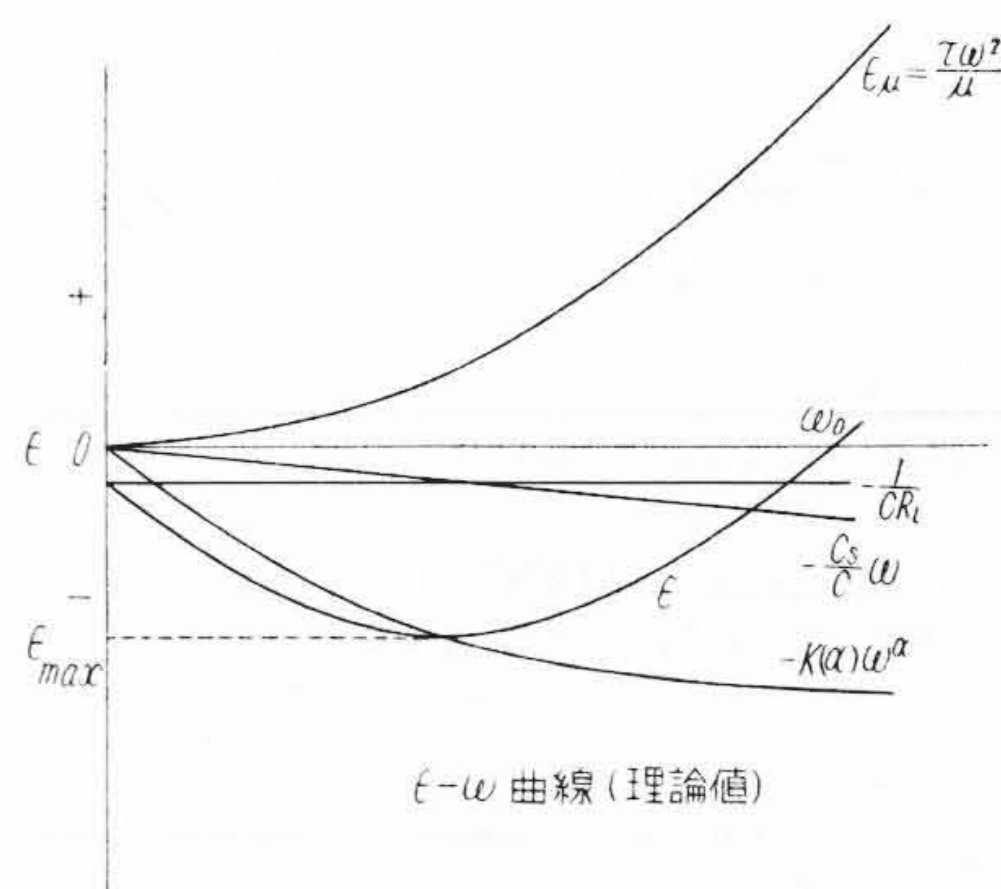
ただし μ : $\omega=0$ における利得

τ : 周波数特性を与える時定数

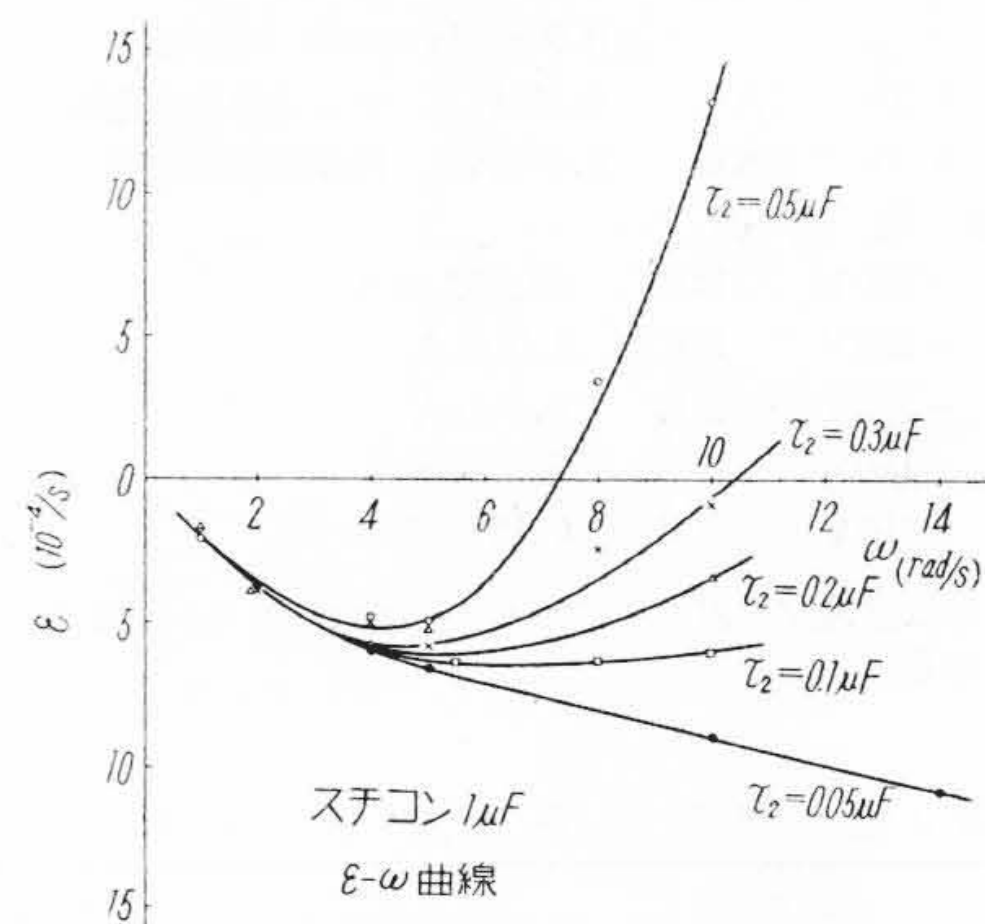
($\tau=10\sim40$ 秒程度)

第3表 印加電圧制御方式

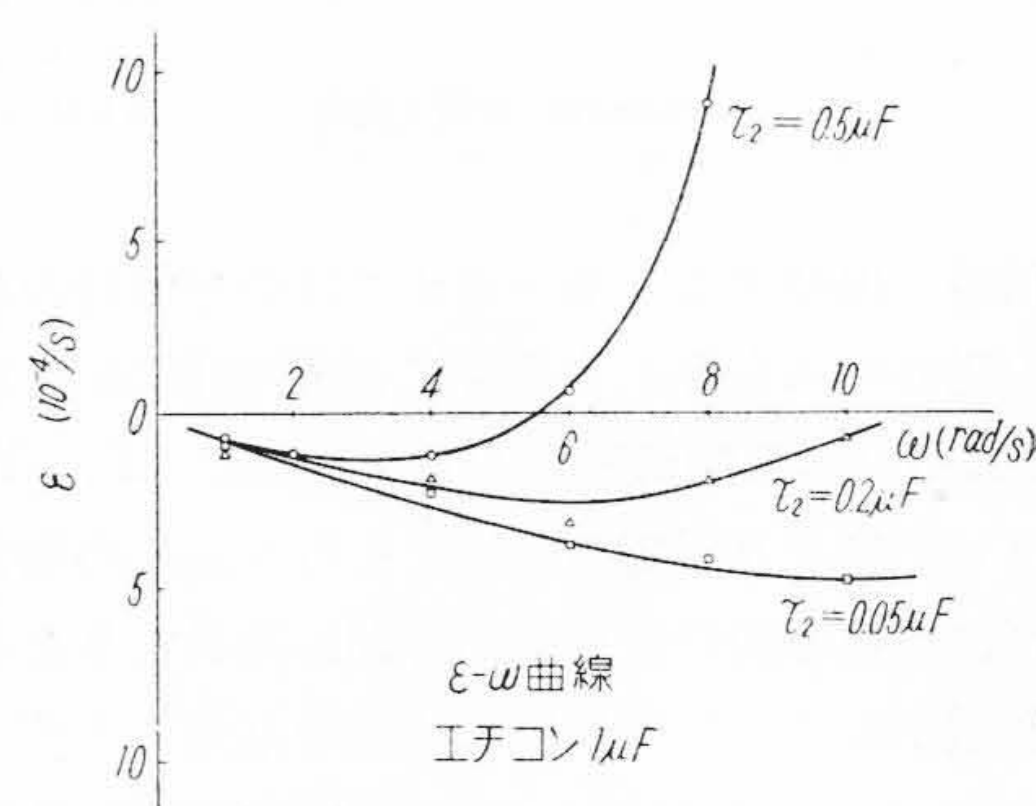
単位電圧	同期	連続
外部印加電圧	非同期	継続



第12図 演算周波数誤差曲線 (理論値)



第13図 演算周波数誤差曲線 (ポリステレンコンデンサ $1 \mu\text{F}$)



第14図 演算周波数誤差曲線 (ポリエチレンコンデンサ $1 \mu\text{F}$)

$$\varepsilon_s = -\frac{C_s}{C} \omega: \text{積分抵抗の等価並列浮遊容量 } C_s \text{ による誤差}$$

$$\varepsilon_{c1} = -\frac{1}{CR_i}: \text{積分コンデンサの等価並列漏洩抵抗}$$

R_L による誤差

$\varepsilon_{c2} = -K(\alpha) \omega^\alpha$: 積分コンデンサの吸収に依存する誤差

ただし $K(\alpha)$; α : Cole-Cole の定数
 $\alpha < 1$

これらの関係を示したのが第12図である。一般には ε_{c1} , ε_{c2} の値は小さく選ぶことができ、総合誤差は ε_μ と ε_{c2} により決定される。すなわち ω の低い所では $\varepsilon \approx \varepsilon_{c2}$, 高い所では $\varepsilon \approx \varepsilon_\mu$ となる。本機について行つたサークルテストの一例を第13~14図に示す。この実験は積分コンデンサのみをポリスチレンまたはポリエチレンコンデンサに変更し、しかも増幅器の周波数特性の影響を知るために直結部の最初の周波数特性を与える時定数 τ_2 をパラメータとして測定した結果であり、その形状は第12図と一致している。これより明らかなように積分コンデンサの影響ははなはだ大であり、ポリエチレンコンデンサが最もすぐれていることを示している。ただし温度係数はポリエチレンが $6 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$, ポリスチレンが $1.5 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ であり、特に恒温槽を持たない本機では後者が用いられている。なお巻線抵抗の温度係数は $-2 \sim -3 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ でありコンデンサのそれと相殺する可能性は大である。本機の性能は演算周波数 $\omega = 1 \text{ rad/st} = 30 \text{ 秒}$ のサークルテストで 0.5% 程度である。

(3) 演算器単体精度

次に演算器単体について行つた精度試験の一部について説明する。

(i) 係数器, 加算器係数特性

第15図に測定回路を示す。図において検流計 G に流れる電流が零になるごとく r を調整すると係数 K は次式で与えられる。

$$K = \frac{R_2 + r_2}{R_1 + r_1} = \frac{R_2 + r_2}{R_1 + r - r_2}$$

ゆえに公称係数を n とすると相対誤差 ε は次式になる。

$$\varepsilon = \frac{K - n}{n} = \frac{(R_2 - nR_1) + (n+1)r_2 - nr}{n(R_1 + r - r_2)} \times 100\%$$

測定結果の一例を第4表に示す。

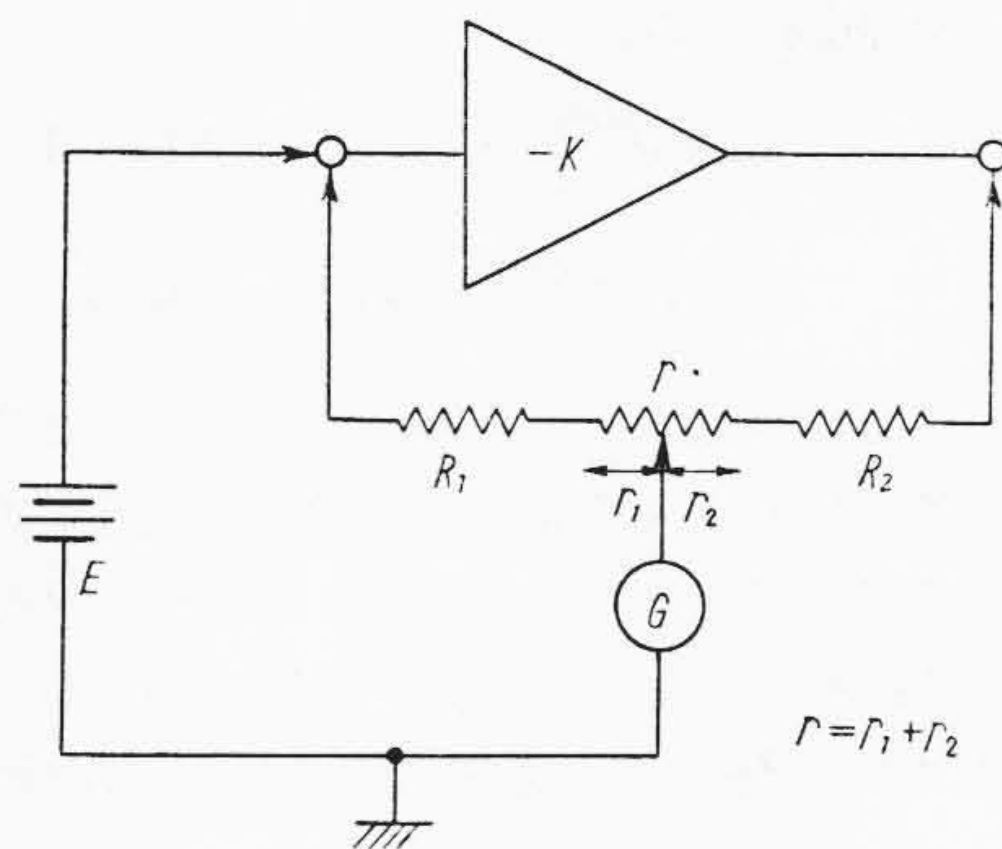
本測定の測定誤差は検討の結果 0.08% 以下と考えてよい。

(ii) 積分器

積分器誤差の測定は保持特性を対象として行つた。これは積分器誤差の原因はすべてリレー回路からの障害を除けば保持特性にも表われるからである。これについては、

(a) 保持信号零の場合

(b) 保持信号80Vの場合 (最大信号レベル附近)



▷: 被測定係数器
 R_1, R_2 : 精密抵抗器
 r : 精密可変抵抗
 G : 検流計

第15図 係数器および加算器係数特性測定原理図

第4表 加算器積度測定結果例

加 算 器 No. 2		加 算 器 No. 5	
端 子 番 号	精 度	端 子 番 号	精 度
1	+0.01 %	1	-0.08 %
2	+0.02	2	±0.00
3	-0.04	3	+0.11
4	-0.05	4	+0.16
5	+0.02	5	+0.02
6	-0.02	6	+0.02

注: 演算抵抗としては巻線抵抗 (精度 0.1%) を使用した。

について行つた。(b)の(a)と異なる点は(b)の場合積分コンデンサの漏洩抵抗の影響が問題になることである。この検討は増幅器平衡状態における増幅器のオフセット電圧の値を測定することによつても十分推定できる。実測例は別項に示した。

[VI] 実 用 例

本機の使用例として航空機の翼の振り-曲げフラッタの解析結果⁽⁷⁾について述べる。航空機の翼は気流からエネルギーを吸収して自励振動を起すことがあり、振りと曲げが連成して起るこの種の自励振動のことを振り-曲げフラッタと称している。

今 h を翼の曲げによる変位, α を振りによる角変位とした場合の振り曲げフラッタの方程式の一例を示すと

$$11\ddot{h} + 10\overline{\omega}_h^2 h + 2.30\ddot{\alpha} + \dot{\alpha} + 2c(i\omega)Z = 0$$

$$2.30\ddot{h} + 2.72\ddot{\alpha} + 0.80\dot{\alpha} + 2.50\overline{\omega}_\alpha^2 \alpha$$

$$-0.40c(i\omega)Z = 0$$

$$Z = \dot{h} + 0.8\dot{\alpha} + \alpha$$

$\overline{\omega}_h$ は曲げの振動数と風速の比, $\overline{\omega}_\alpha$ は振りの振動数と風速の比である。 $c(i\omega)$ は空気力の伝達函数であり一般

に ω のある範囲では次式で近似される。

$$c(i\omega) = 0.516 \frac{0.405 + i\omega}{0.230 + i\omega} \quad 0.1\omega \leq 1$$

$$= 0.500 \frac{0.690 + i\omega}{0.450 + i\omega} \quad 0.8 \leq \omega$$

$\bar{\omega}_h$ と $\bar{\omega}_\alpha$ を変比させて発振限界を求めるとフラッタを生じる最小速度 $V_{critical}$ と振動数の関係が求まる。数値計算結果とアナログ計算機による解析結果を図示したものが第 16 図であり数値計算結果とかなりの一致を見ている。図中の b は翼の前後方向の長さの半分である。

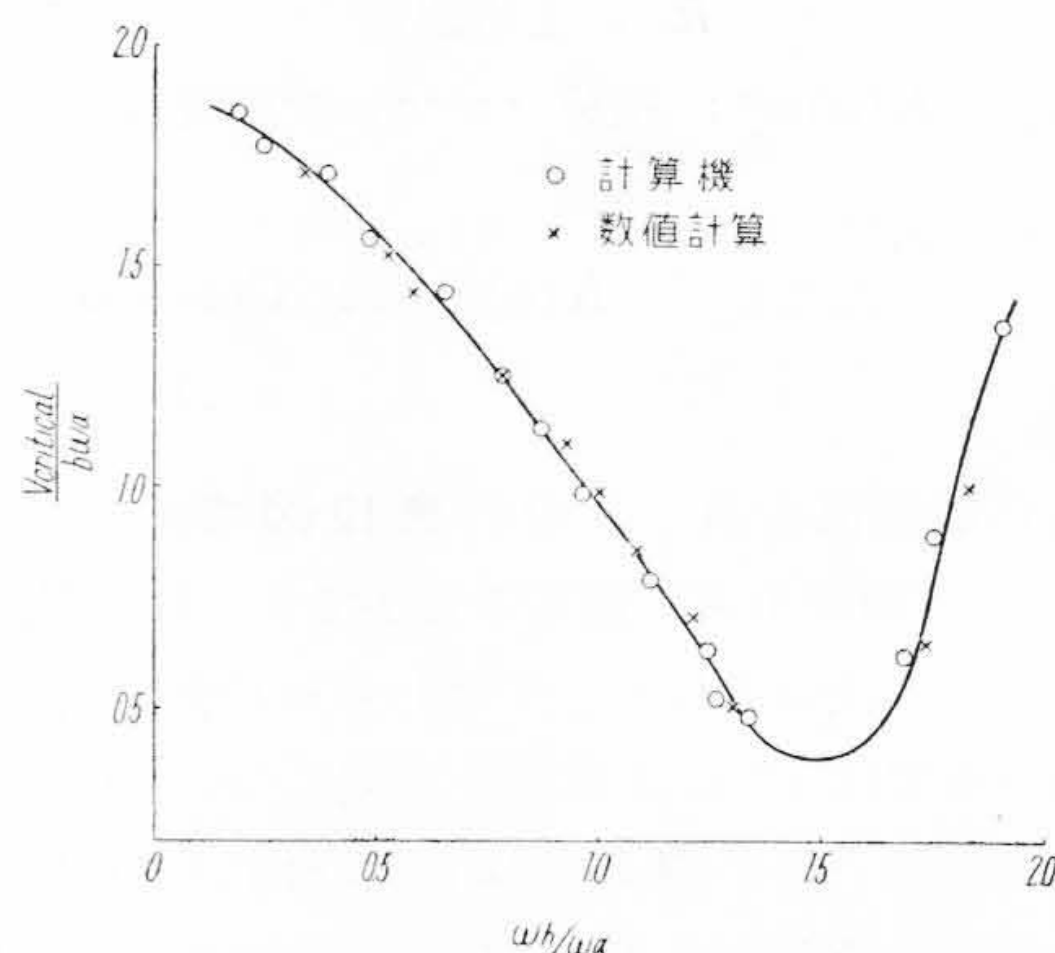
〔VII〕 結 言

運輸技術研究所納入の低速度型アナログ計算機について概説した。本機は単体精度 0.3% 以内を目標とする計算機で、さらに高精度を目標とする場合には当然設計方針も変更されなければならない。たとえば演算インピーダンスに 0.05% 以内の精度を有せしめた場合には、その温度係数による誤差を除くためにこれらを十分な恒温槽の内に納めなければならない。増幅器特性についてもさらに高い演算周波数までをも誤差対象とするならば直結部の利得を大にし (100 db 程度) かつ最初の周波数特性を与える時定数を小さく ($\omega=100$ 程度) する必要がある。

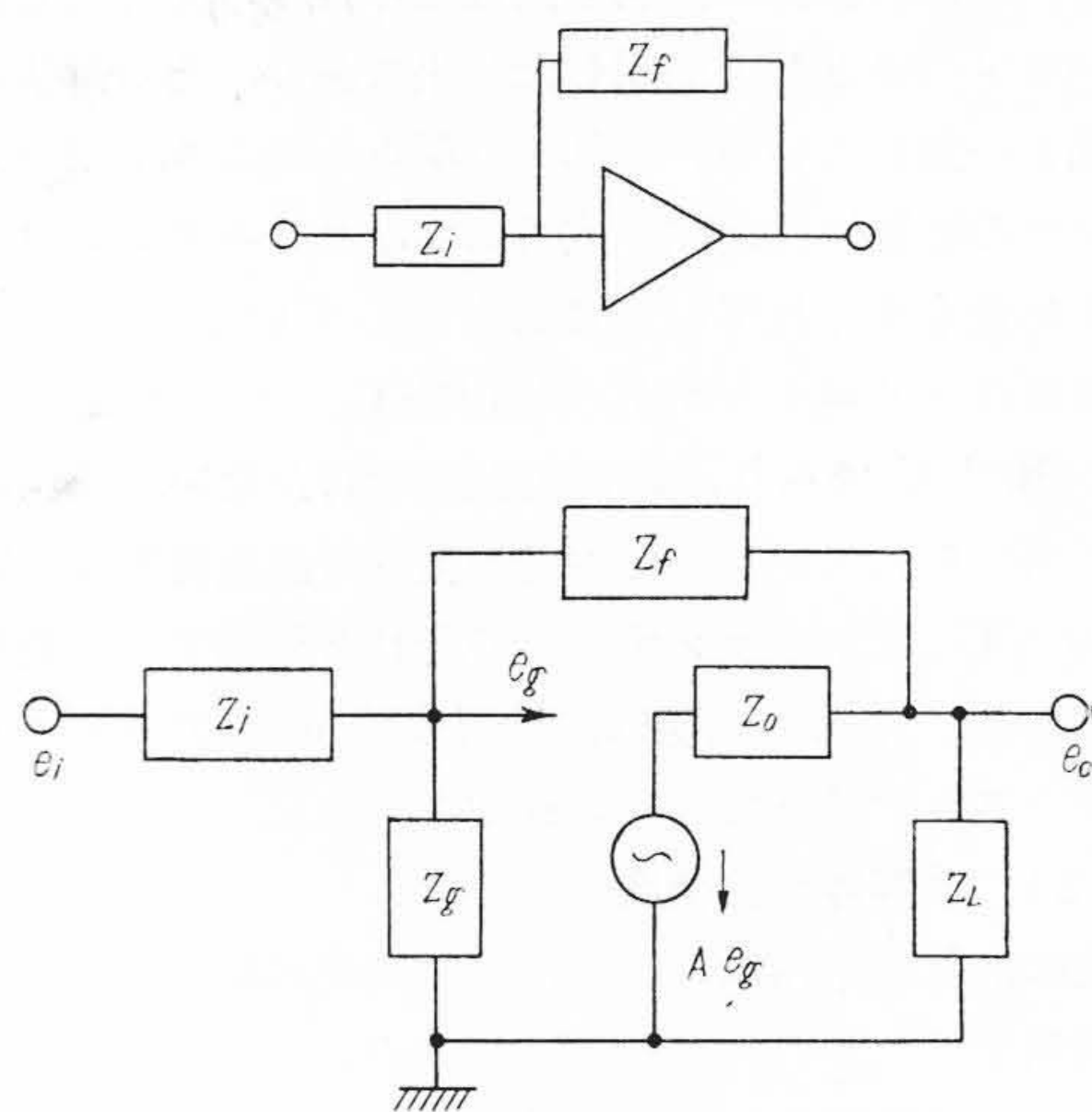
接続盤についてもプリパッチ方式がとられるべきであり改造の余地は多分にある。しかしながら現在本機は所期の性能を発揮し、各種の設計資料の算出に使用されている。またさらに今後本機に一部の線型要素と非線型要素が増設されれば大型低速度型アナログ計算機として完璧なものが完成すると思われる。本機設計に際し御指導を賜った運輸技術研究所荒木部長、市川技官に深く感謝の意を表するものである。また日頃御鞭撻を賜る日立製作所通信事業部田口次長、中央研究所只野主任研究員に謝意を表するとともに、実験、製作に際し協力された沼倉、衣川研究員、中村久吾君に対してお礼申上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 三浦, 沼倉: 電学誌 75, 807, PP. 1554~1563 (1955)
- (2) 三浦, 阿部, 沼倉, 青木, 衣川: 電学会東京支部大会 36 (昭 31-11)
- (3) 沼倉, 三浦, 阿部, 鴨井: 電学会東京支部大会 38 (昭 31-11)



第 16 図 翼の振り-曲げフラッタ解析結果



$$A = \pi \mu_i N_i \mu_o$$

- Z_i : 演算用入力インピーダンス
- Z_f : 演算用饋還インピーダンス
- Z_g : グリッド・インピーダンス
- Z_o : 出力増幅管の内部インピーダンス
- Z_L : 負荷インピーダンス
- e_g : 初段増幅管グリッドの信号電圧
- e_i : 入力信号電圧
- e_o : 出力信号電圧
- A : 出力増幅管グリッドまでの増幅率

第 17 図 演算器増幅器の等価回路

- (4) 三浦, 青木, 日比, 沼倉: 電学誌 76, PP. 896~905 (1956)
- (5) 三浦, 阿部, 永田: 電学誌 8月号 1957
- (6) 三浦, 阿部, 永田: 電学誌 (投稿予定)
- (7) 市川: (未発表)

〔附録〕 饋還増幅器としての安定度について

演算増幅器の等価回路は第 17 図のように考えられるから、その動作は (1) 式で与えられる。

$$\frac{e_o}{e_i} = -\frac{Z_f}{Z_i} \cdot \left[\frac{1}{1 - \left(\frac{Y_i \cdot Y_o}{Y_\mu \cdot Y_f} \right)} \right] \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{ただし } Y_i = \frac{1}{Z_i} + \frac{1}{Z_g} + \frac{1}{Z_f}$$

$$Y_o = \frac{1}{Z_o} + \frac{1}{Z_L} + \frac{1}{Z_f}$$

$$Y_f = \frac{1}{Z_f}$$

$$Y_\mu = \frac{1}{Z_f} + A \frac{1}{Z_o}$$

普通演算増幅器として用いられる周波数範囲では Z_L , $Z_f \gg Z_o$; $A \gg 1$ であるので (1) 式は (2) 式のようになりこれより演算器としての精度が詳細に議論されている⁽¹⁾。

$$\frac{e_o}{e_i} = \frac{-\frac{Z_f}{Z_i}}{\left(1 + \frac{1}{A} + \frac{1}{A} \frac{Z_f}{Z}\right)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{ただし } \frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_i} + \frac{1}{Z_f}$$

饋還増幅器としてその安定度を考える場合には (1) 式より

$$G(P) = \frac{Y_i \cdot Y_o}{Y_\mu \cdot Y_f} \dots\dots\dots (3)$$

について考察する必要がある。 Z_i , Z_f , Z_g , Z_o , Z_L として演算抵抗, 積分コンデンサ, グリッドリーク, 出力増幅管のプレート抵抗, 係数用ポテンシヨメータを考え, かつこれらに漏洩抵抗, 浮遊容量が並列すると考えると, Y_i , Y_o , Y_f はそれぞれ $k(1+PT)$ の形となる。それゆえ,

$$G(P) = K \frac{(1+PT_i)(1+PT_o)}{(1+PT_f) \cdot Y_\mu} \dots\dots\dots (4)$$

したがって T_i , T_o , T_f を適当に選んだとしても Y_μ を $\frac{K'}{(1+PT)}$ 以上の高次遅れの形にとることは好ましくない。 Z_i , Z_f , Z_g , Z_o , Z_L は演算の精度の上から制限があるので増幅器の周波数特性を $A = \frac{A_o}{(1+PT)}$ の形に設計するのがよい。ただし, 実際にはそれぞれの演算器について適当な設計をする。

日立製作所社員社外講演一覽

(昭和32年6月受付分)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
6. 5~18 7. 8~9	日刊工業新聞社 日本機械学会 日本化学会 日本繊維機械学会 その他	適正在庫量と適正購買量算定方法 放射能汚染空気の清浄処理方法	日立工場 日立研究所	大 津 文 男 諫 早 典 夫
3. 20~21 10. 31	東北電力 K.K. 日本機械学会	水車操作用圧油系統について 客電車鋼体の強度解析について (第3報)	日立工場 笠戸工場	逸 見 文 彦 飯 島 弘 伊 藤 吉 保 佐 川 健 高 井 昭
10. 31 10. 31	日本機械学会 日本機械学会	車体の曲げ剛性を考慮した客電車の上下振動 電車に用いられるカルダン駆動装置に生ずる 動荷重について	笠戸工場 笠戸工場	
10. 12~15	日本機械学会	超音波によるキャビテーションの検出方法について (続報)	亀有工場	小 堀 威 横 山 吉 青 山 肇 高 田 平 麻 生 武 阿 武 輔 鷺 見 雄
6. 24 7. 9~11	IBM 研究会 日刊工業新聞社 中部オートメーション協会	亀有工場における IBM System の概要 最近の治工具, 検査具の傾向について ラジオアイソトープ応用計器について	中央研究所 亀有工場 川崎工場 多賀工場	
7. 4 6. 21 6. 18 10. 中旬	照明学会 日刊工業新聞社 日本能率協会 日本鉄鋼協会	アメリカ照明視察談 打抜き曲げ加工法 文 書 管 理 迅速鉄鋼ガス定量法 (IV) (金属蒸着膜のガス吸着について)	亀戸工場 戸塚工場 戸塚工場 中央研究所	鈴 木 繁 好 岩 間 喜 吉 太 田 文 平 米 田 登
10. 12~15 10. 12 6. 8	日本機械学会 日本機械学会 電気化学協会	むだ時間を含む系の非線形最適制御 洋銀線の曲げん疲労試験について ゲルマニウム整流器を用いた交流設備	中央研究所 中央研究所 本 社	三 卷 達 夫 橋 本 誠 也 井 上 清 二
7. 31	日刊工業新聞社 日刊工業新聞社	社内および業界情報を資料とする市場調査 わが社における品質管理治工具管理に応用した ホールソートカードシステムの具体的実験	本 社 本 社	亀 田 進 池 田 孝
7. 2	K.K. 小松製作所	品質管理の進め方	本 社	村 川 武 雄



特 許 第 231643 号

安 河 内 春 雄・岡 田 元

掘 さ く 装 置

この掘さく装置は、ブームを下ブームと上ブームとの2部分にわけ、上ブームを下ブームに対して揺動できるよう連結し、上ブームの下側に設けたストップのローラにジッパハンドルを接触させることにより、上ブームをジッパとともにジッパ巻上ロープで俯仰させ、前記ローラの回転により、ジッパハンドルの推圧および引込作動をローラと接触状態のままでも行いうるようにしたことを特長とするものである。

掘さくに際して、ジッパを巻下すと、それにつれて上ブームは自重と巻上ロープの合成力によつて下方に下がる。そしてブーム支持ロープの緊張したところで上ブームが支持される。このように上ブームが降下した位置で掘さくを行う場合には、巻上ロープとジッパハンドルとの間の角 α が、掘さく作用中ブームが降下しない従来のものよりずっと大きくなる。一般にジッパ先端に働く有効掘さく力 P は、巻上ロープの張力を Q とすれば

$$P = K \cdot Q \cdot \sin \alpha$$

ただし K = 常数

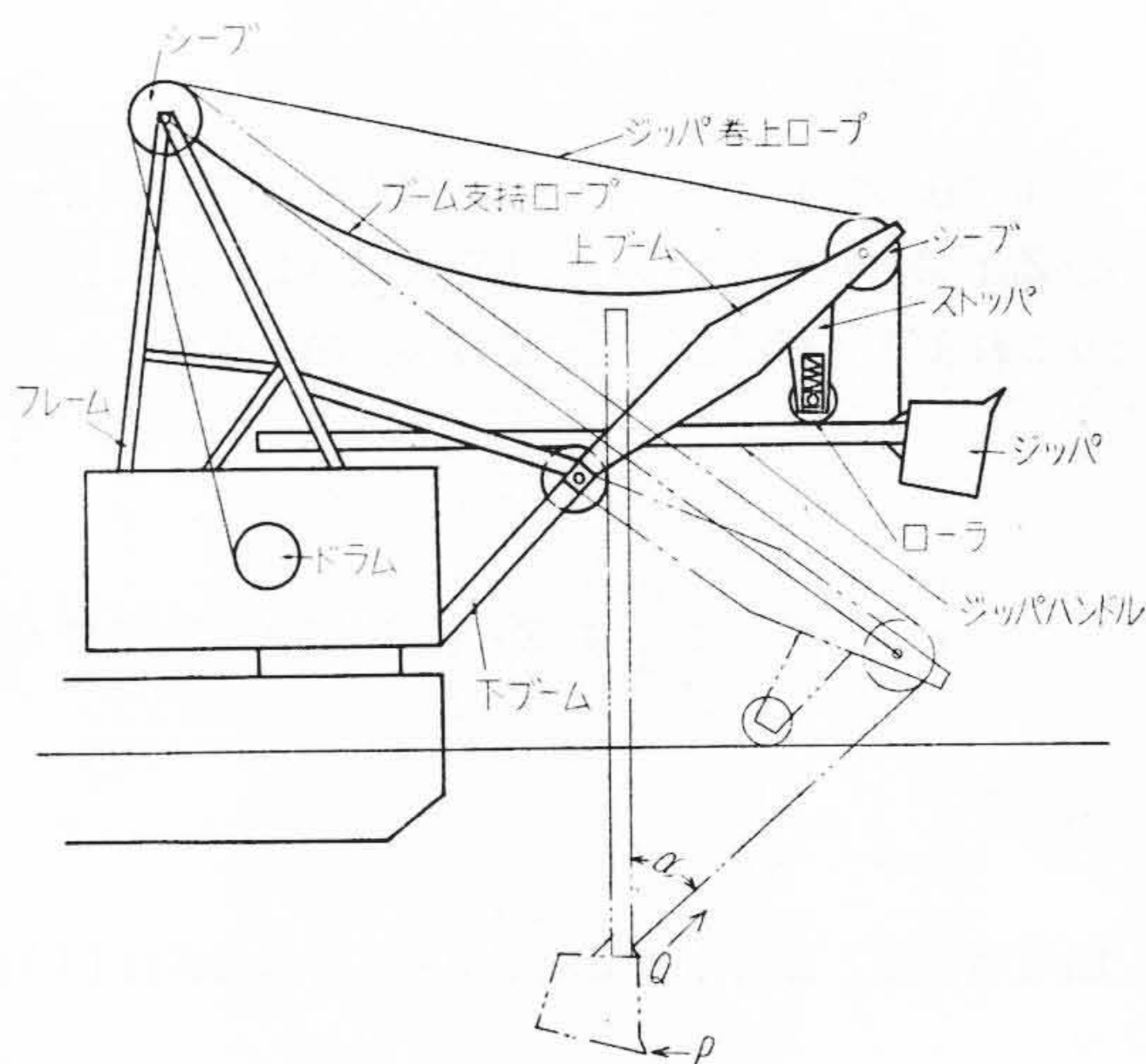
で表わされるから、 α が大きくなれば Q が一定でも有効掘さく力 P は増大する。

掘さくが終つて、ジッパハンドルがストップのローラに接触すると、それ以後は巻上ロープによつて上ブームはジッパと一体となつたまま巻上げられる。

フレームにとりつけるシーブの位置を適当に選ぶことにより、上ブームの俯仰範囲を所望のように決定することができる。

この掘さく装置によれば次にあげるような効果がある。

- (1) 掘さく作動時に角 α が大きくなるので、従来のものよりも掘さく力を大きくすることができる。



第 1 図

- (2) 掘さく作動中上ブームが俯仰するため、前記のように掘さく時に角 α を大きくすることができるとともに放荷高さも十分大きくとれる。
- (3) 巻上ロープによりブームをジッパとともに俯仰することができるため、特別のブーム俯仰機構を必要としない。
- (4) ジッパハンドルとストップのローラとが接触した状態でも容易にジッパハンドルの出し入れを行うことができるので、放荷半径を任意に変えることができる。(富田)

日 立
Vol. 19 No. 8

目 次

- ◎不安と夢をのせて.....森 赫 子
- ◎新しい化繊の洗濯
- ◎電 化 礼 讃 (井戸ポンプ)
- ◎ミキサーをめぐつて (座談会)
- ◎夏休みの工作
- ◎夏の夜のだんらん
- ◎わが家の調理室
- ◎ショールーム (井戸ポンプ)
- ◎明日への道標 (TOプラント)
- ◎新しい照明施設
- ◎電 気 の メ モ
- ◎日 立 だ よ り

誌 代 1 冊 ￥ 60 (〒 16)

発 行 所 日 立 評 論 社
東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地
振 替 口 座 東 京 71824 番
取 次 店 株式会社 オーム 社 書 店
東京都千代田区神田錦町3の1
振 替 口 座 東 京 20018 番

日 立 造 船 技 報

Vol. 18 No. 2

目 次

- ◎隔 壁 構 造 の 強 度
- ◎流 電 陽 極 に よ る 防 食 法 の 研 究
- ◎小形艦艇用ウインドラスの軽量化および非磁性化について
- ◎ディーゼル機関のクランク軸の強度に関する研究
- ◎特殊型給排気用通風筒および機動用通風筒の性能に関する研究
- ◎T-2 タンカー“スタンバック・シドニー号”の貨物油倉内船殻構造の取替えについて

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願致します。

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町60