

相似型計算機

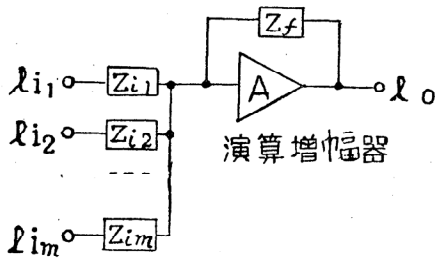
大阪大学工学部 宮 脇 一 男

1. はしがき

相似型計算機（アナログ・コンピュータ）といえば、現在では、通常、電子回路方式のもので、しかも、主として微分方程式を解くものを指すことになっている。そこで、本稿も、専らこれについて述べるのであるが、実のところ、僅かな紙数で、十分詳細な解説を与えることは困難である。したがって、筆者は、この種の計算機についてほとんど予備知識をもたない読者のために、まず、原理と構成を示し、その後の節で、現在、わが国の代表的メーカーが製作しているいくつかの型を例にとつて各要素の特性を瞥見することにした。

2. 原理と構成

第1図において、増幅器Aの利得が十分大きい場合に、入力電圧 li と出力電圧 lo との関係は



第1図 演算回路

$$lo = - \sum_{n=1}^m \frac{Zf}{Zin} lin$$

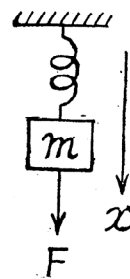
で与えられるから、入力回路インピーダンス Zi と帰還インピーダンス Zf の組合せの如何によつて、入力 li に比 Zf/Zi に対応する（インピーダンス Zf, Zi 中の jω を微分演算記号 p=d/dt に、また 1/jω を積分演算記号 1/p=dt に入れ替えた）任意の演算を施した出力 lo が得られるわけである。第1表はいくつかの最も基本的な素子の組合せと、そのそれぞれに対応した演算を示すものである。

そこで、第1図のような回路における増幅器は、計算機の中核であつて、通常、**演算増幅器**と呼ばれる。

さて、今、相似型計算機の動作を示すために、第2図のような極く簡単な機械系の運動を考えることにしよう。この場合の運動方程式は、周知のように

第1表

Z_i	Z_f	lo と li との関係
		$lo = -li$ (符号反転)
		$lo = -kli$ (常数倍)
		$lo = -pCRli$ (微分)
		$lo = -\frac{li}{pCR}$ (積分)
		$lo = -(\frac{R2}{R1} + \frac{1}{pCR2})li$
		$lo = -(\frac{R2}{R1} + pCR2)li$
		$lo = -\frac{R2}{R1} \frac{1}{1+pCR} li$ (不完全積分)
		$lo = -\frac{R2}{R1} \frac{pCR1}{1+pCR1} li$ (不完全微分)



$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F(t)$$

m: 質量, c: 減衰係数

1/k: コンプライアンス,

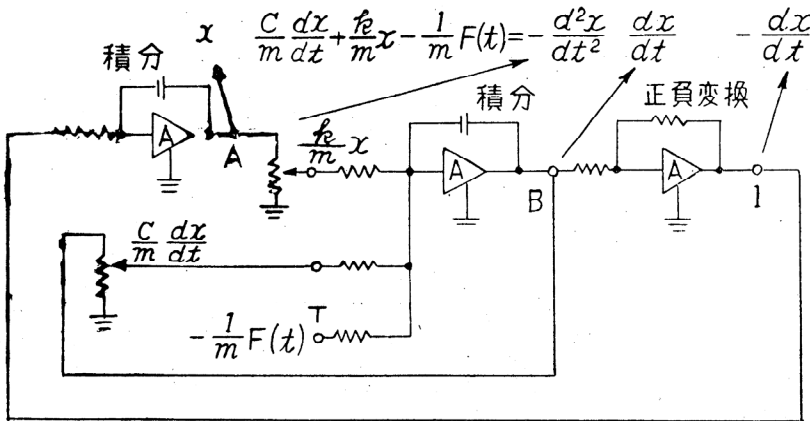
x: 変位 F(t): 外力

第2図 2次機械系

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F(t)$$

で与えられるから、演算増幅器3個と、ポテンショメータ2個とを、第3図のように結合して、端子Tから、外力F(t)に相当する電圧を加えれば、x, dx/dt は、それぞれA, B点に接続した解表示器、各種オシロスコープ等によつて観察することができる。これは、第3図に附記した各式から直に首肯されることであろう。

さて、この例でわかるように、相似型計算機の最小限の構成要素は



第3図 2次線形微分方程式を解くための計算機のブロック線図

- (1) 演算増幅器
- (2) Z_f, Z_i を形成する抵抗, コンデンサ
- (3) ポテンショメータ
- (4) 解表示器

等であり, 計算機の規模が大きいほど, これらの要素を多数自蔵し, したがって複雑な方程式に対応する回路の構成が可能になる。

さて, 上述の要素は, 最小限のものであつて, これだけでは線形の演算は可能であるが, 非線形の演算は不可能である。前者と異なり後者は, その種類が極めて多くそのすべてに対応する要素を計算機に組込むことは, どうていできないが, それでも, 現在, メーカーで製作されている計算機は, その規模に応じて, いくつかの種類非線形演算のための要素を自蔵している。次にその代表的なものを挙げてみよう。

- (1) 掛算器
- (2) 特殊函数発生器 (正弦函数発生器, 単位函数発生器等)
- (3) 任意函数発生器 (フォトフォーマ, 折線近似函数発生器等)
- (4) 飽和要素
- (5) 不感域要素
- (6) ガタ要素

掛算器の重要なことはいうまでもない。またこのある種のものゝ割算器としても使える。

函数発生器は, 例えば, 第2図における外力 $F(t)$ を与える等の目的にも役立つが, また, 方程式中の非線形係数等を相似させるにも役立つ。

飽和要素, ガタ要素, バックラッシュ要素はそれぞれ, 第4図, 第5図, 第6図に示すような非線形要因を計算機に導入するために用いられる。

さて, 最後に, 相似型計算機には

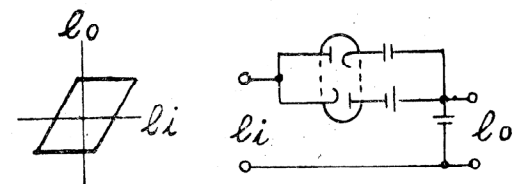
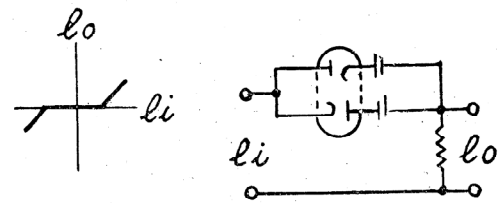
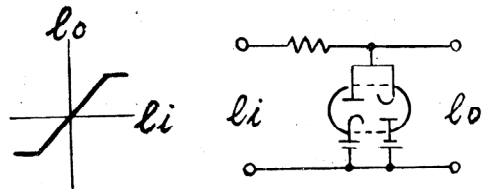
- (1) 高速型 (繰返型)

(2) 低速型
の二種類のもののあることを述べて置かねばならない。

前者は, 同じ演算を例えば, 20, 50, 100ms (N社) 等の周期で繰返し, その結果を, 陰極線オシロスコープで表示させるものである。

これに対して, 後者は, 一回の演算の結果をインク・ペン式記録器, XYプロッタ等によつて記録紙上に描かせるものである。

一般に, 高速型の方が製作技術上容易であり, その代りに精度が劣るとされている。そこで, 大規模のものは低速型, 小規模のものは高速型となる傾向が強い。



第4図 飽和要素
第5図 不感域要素
第6図 ガタ要素

第2表は, 国産計算機の概略の構成を示すものである。

3. 線形演算用要素

- (1) 演算増幅器

高速型の場合の演算増幅器は, 多く, 交流増幅器であるが, その利得は約75db (H社, ポータブル), あるいは70db以上 (N社) にとられている。直流再生のための考慮が払われているものもある。いずれも, 真空管3~

第 2 表

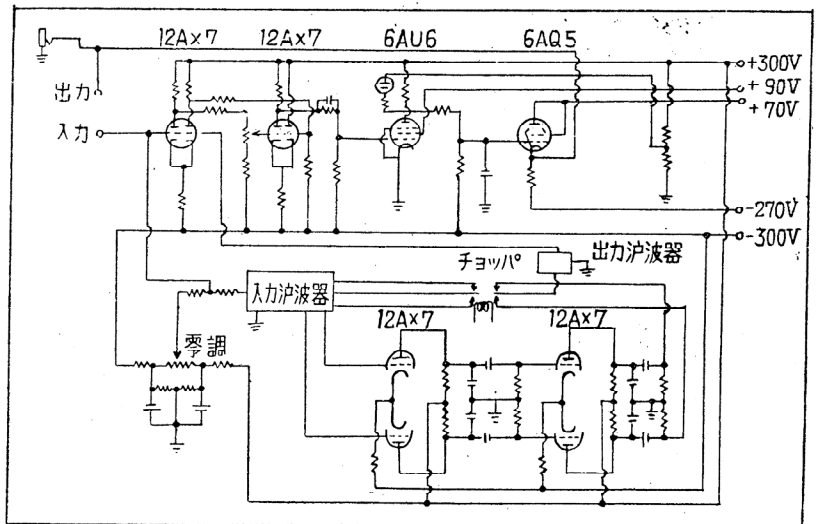
	H 社 高速型	H 社 高速ポータブル型	H 社 低速ポータブル型	T 社 高速型	T 社 低速簡易型	T 社 低速型	N 社 高速型	N 社 低速型	M 社 低速型
演算増幅器	12	8	4	12	24	21			14
加算器	6	4	4			10	4	12	
加算積分器			4			20	6	8	
加算微分器								4	
符号変換器	4					10	4		
常数乗算器			6						
ポテンシヨメータ	12	8	16		12	50	6	16	5
低速掛算器						1			
高速掛算器	1			1	1				
フォトフォーマ	1			1		1			
折線近似函数発生器	1			1	1	1			
リミッタ			2						2
不感域要素				1		3			
飽和要素						3			
カタ要素						3			
サーボ式対数発生器						1			
矩形波発生器				1					
正弦余弦函数発生器						1			

註：本表は国産計算機の構成の極く概略を示すものに過ぎない。

5本程度のものでありMT管が一般に用いられている。この型ではドリフトは比較的問題にならないが10mV/H程度という報告がある。

なお、直結直流増幅器を用いた例（T社）もあり、この場合の利得は約63dbである。

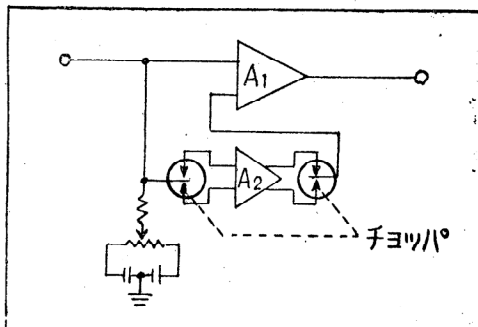
低速型では、無論、高利得の直流増幅器が用いられる。この型では、ドリフトが最も問題になるが、現在の入力、出力電圧範囲が±50Vのもので、そのドリフトは、5mV/H（T社）、簡易型、10mV/8H（H社、ポータブル型）、1mV/H



第 7 図 第 7 図の演算増巾器の細部

（M社）以下であるが、これらに対応する利得は、それぞれ 66db, 90db, 80db である。

演算時間は10秒程度を普通とするが、特に30秒という長い型のもの（T社）では、第7図のように、直結直流増幅器 A₁ とドリフト自動補償増幅器 A₂ とを用いて、ドリフトを50μV/H以下に保つようになっている。この場合、A₁, A₂ の各利得は、それぞれ 80db, 60db である。第8図はこの回路の細部を示すものである。N社の同型のもも、2種の増幅器を用いたドリフト補償方式であ



第 8 図 低速型における演算増巾器

り、ドリフトは $200\mu\text{V}/\text{H}$ と公称されている。

真空管としては、MT管が普通であるが、GT管を用いた例(M社)もある。

(2) インピーダンス素子

一般に、抵抗とコンデンサであるが、前者としては高真空封入型炭素皮膜抵抗で $\pm 0.05\sim 0.1\%$ の精度のもの、後者としては、ポリスチレン・コンデンサが用いられている。機械によつては、ノッチ式の変高抵抗をも備えている。

(3) ポテンショメータ

これは、相似型計算機において最も大切な要素の中の1つであり、各社それぞれ工夫をこらしているが、一般にヘリカル型のものが実用されている。すなわち、10回転(M社、H社)あるいは5回転(N社)で、 $50\text{k}\Omega$ 、 $10\text{k}\Omega$ の全摺動が可能になる。

(4) 解表示器

相似型計算機によつて得られる解を表示するには、高速型では、7インチ程度の陰極線管が用いられ、低速型では一般に、インキ・ペン式のオシログラフ(M社、T社簡易型)、特別のものとしては、熱ペン式の記録器が採用されている(T社)。熱ペン式の記録器は、感熱紙に熱線をつけたガルバ・ペンを接触させる構造のもので、周波数特性は非常に良好であるといわれている。

(5) 接続要素

小規模のものでは、通常、各要素間の接続が、それぞれの要素につけられたジャック間に接続プラグ導線をさし込むという直接方法によつて行われる。高速型の機械ではこの接続プラグ導線を極力短かくしなければならぬ悩みがある。

低速型の機械では、この問題はそれほど切実ではないから、接続盤、すなわちパッチ・ボードに各要素からの入力、出力端子を集めて、必要な演算に対応する計算機要素の接続をここでまとめて行うようにしている。なお、このパッチ・ボード自体がプラグイン式になつてい

るものもあり、これはプレパッチ式と呼ばれているが、この方式の計算機では、いくつかのパッチ・ボードについて予め所要の接続をすまして置いて、これを次々と機械にかけ、演算に要する総時間を節減することができる。

4. 非線形演算用要素

非線形の演算のために、種々特殊な要素が必要となるが、前にも述べたように、これらをすべて自蔵させることは価格、容積、保守等の点で困難であるため、通常は、その一部分だけを本体に附属させ、他は要求に応じて供給し、外附装置として使用させるようにしている。

国産の最も大きい計算機の一つであるT社のものについてその自蔵する非線形演算用要素の種類と各個数とを示せば次のようである。

(1) 二連サーボ掛算器 ($X \times Y_1, X \times Y_2$)	1個
(2) 六連サーボ掛算機 ($X \times Y_1, X \times Y_2, \dots, X \times Y_6$)	2個
(3) 四連サーボ掛算器	2個
(4) 高速度掛算器	2個
(5) 折線近似函数発生器 (± 6 区間)	3個
(6) 電子管式任意函数発生器	1個
(7) ポテンショメータ式正余弦函数発生器	2個
(8) ポテンショメータ式対数函数発生器	1個
(9) 飽和要素	3個
(10) 不感域要素中立帯要素	3個
(11) ガタ要素	3個

さて、これらの非線形要素について多少とも解説したのであるが、紙数の制限のため、これを割愛することとして、ただ、最重要な掛算器としては、高速型で自乗差方式(H社)、二重変調方式(T社)、時分割方式(N社)等が採用され、低速型では、サーボ方式(T社、N社)が採用されていることだけを特に記して、本稿を終えることにしよう。

電子協・電子計算委員会

日本電子工業振興協会は5月28日電子計算機委員会をひらき、振興協会の付属機関として設置する電子計算機センターの事業計画を検討した。電子計算機センターの設置費としては通産省から1億5千万円(32年度~34年度にわたる)の補助金が交付されており1号機はIBM 604程度の小型国産電子計算機が、2号機はIBM650程度の中型国産電子計算機が設置されることになっている。

なお28日の委員会ではプログラマー(計算技術者)の養成をどうするか、いつから計算サービスを実施するかなどの細かい点についても審議された。

大日本塗料

大日本塗料では5月30日の定時株主総会で高垣勝次郎(三菱商事社長)および古村誠一(三菱金属社長)の両氏を取締役に選任した。

大鉄工業

大鉄工業ではこのほど開催の株主総会で梯茂記取締役の退任にともなつて、安田太郎、今井詮太郎の両氏を取締役に選任した。また取締役の担当を次のように変更す
△常務技術担当(常務工場長)田熊亀三△常務工場長(常務東京出張所長)北村廉△取締役総務部担当(審査部長)安田太郎△取締役東京出張所長(総務部長)今井詮太郎。