

デジタル電子計算機による電気点火系の特性計算

Calculations of Characteristics of Electrical Ignition Systems Using a Digital Electronic Computer

藤 崎 耿*
Akira Fujisaki

要 旨

ガソリンエンジンの電気点火系に関する特性計算問題は、複数组の連立一階線形定係数常微分方程式の初期値問題に帰着することを述べ、電子計算機を用いてこれを解くには、特性方程式である高次代数方程式の根を求めることにより解の関数形を定め、その積分定数は多元連立一次方程式を解くことにより決定されることを示した。さらにその手法を用いてデジタル電子計算機にて数値計算を行なう場合の計算プログラムの概要を記し、具体的計算例として抵抗負荷回路の一次、二次電圧波形の計算値と実測値を比較し、また点火コイルの一次、二次電圧比の時間変化、点火系に貯蔵されるエネルギーの時間変化などについて、本論の有用性の一端を紹介した。

1. 緒 言

この報告で取り扱う電気点火系とは、ガソリンエンジンの点火に用いられる装置のことで、いわゆる電装品の中で充電系、始動系と並んで主要部門の一つと考えられている⁽¹⁾。周知のようにガソリンエンジンの点火には、そのほとんどが点火コイルと呼ばれる高電圧誘導用の一種の変圧器を有し、種々の方法でその一次コイルの電流を急変させることにより、二次側に高電圧を誘導させる機構を採っている。

これらの電気点火系の動作解析に関しては、古来多くの先人達によって研究がなされ⁽²⁾⁽³⁾、理論的な取り扱いに関する限り特に新たに論ずべき点は残されていないかのような観がある。しかしながら、それらの理論に基づいて点火系の設計に必要な具体的数値、たとえば二次電圧波形あるいは二次放電エネルギーなどを計算するに当たっては、従来の電動計算機程度を使用したのでは時間的な制約のため、ある程度の不正確さを覚悟のうえで近似計算法を採らざるを得なかった⁽²⁾⁽³⁾。近年エンジン性能向上に伴い、点火系の性能もしだいに高くなる反面、経済的にはますます廉価なことが要求されつつあり、設計計算の精度も必然的に高めざるを得ない事態に直面しているのである。

筆者はこの現状にかんがみ、電子計算機を利用して電気点火系の特性計算について究明を行ない、良好な結果を得ることができた。ここにその計算法の概要と実際の数値計算結果の数例を紹介する。

2. 電気点火系の概要

広く一般に実用されている電気点火系の例として、直流電源点火系と、点火コイル外付交流電源点火系について、それらの構成部品の外観図を図1,2に、それらの回路を図3,4に示す。

これらの回路中の断続器は、エンジンの回転に同期して周期的に断続される。まず図3の回路について、その動作を考えてみると、断続器の接点が閉じると、

バッテリー→一次コイル→断続器の接点→バッテリー
という回路に一次電流が流れる。この接点閉状態がある時間持続された後に接点が開かれると、一次電流が急激に減少するため、点火コイルの二次側に高電圧が誘導される。この二次電圧が点火プラグに導かれ、プラグの放電電圧に達すると電極間に放電を開始し、エンジンシリンダ内のガソリンと空気の混合ガスに点火して爆発させる。次に図4の回路の動作は、断続器の接点を閉じると

* 日立製作所多賀工場

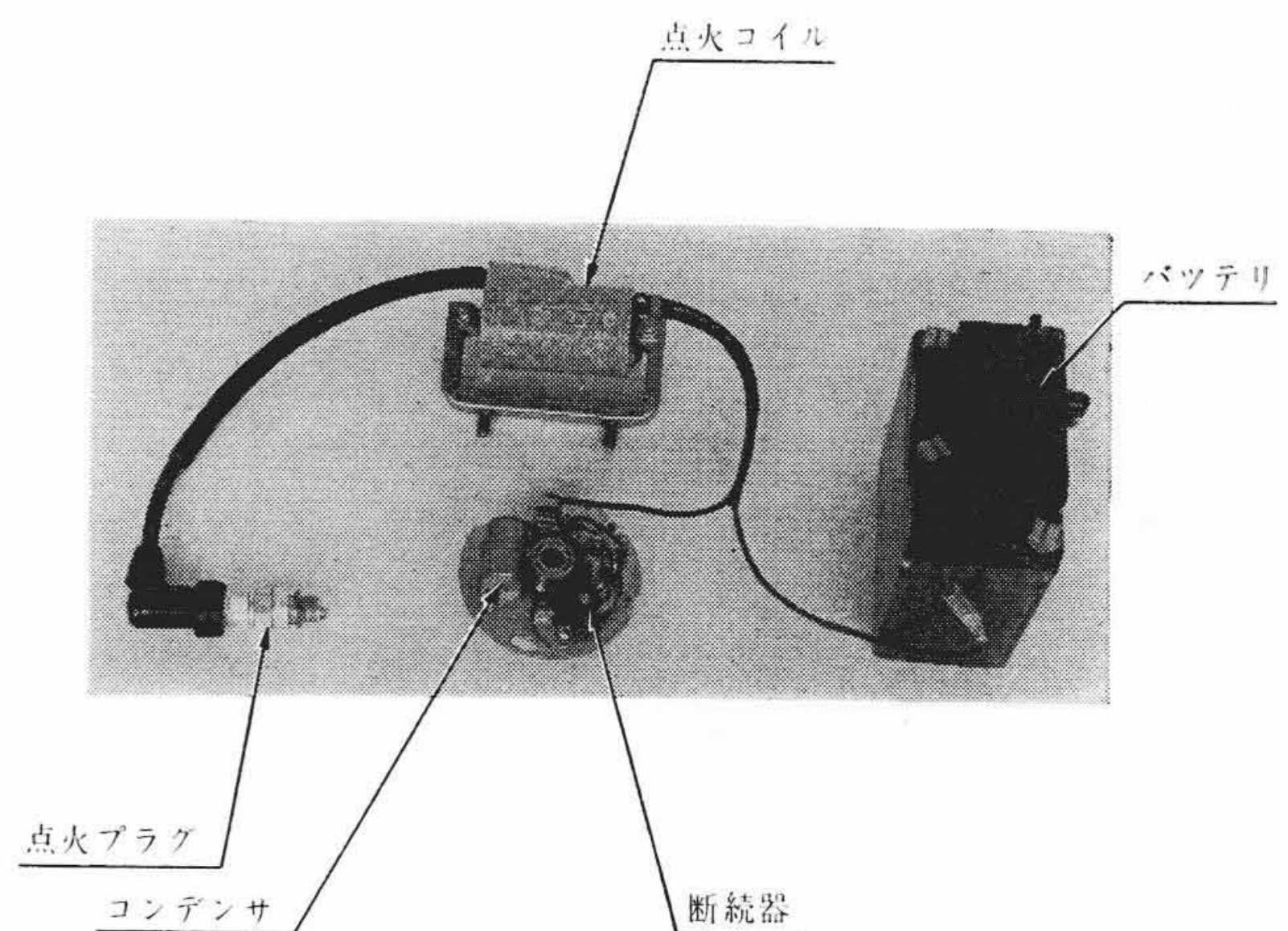


図1 直流電源点火系の構成部品

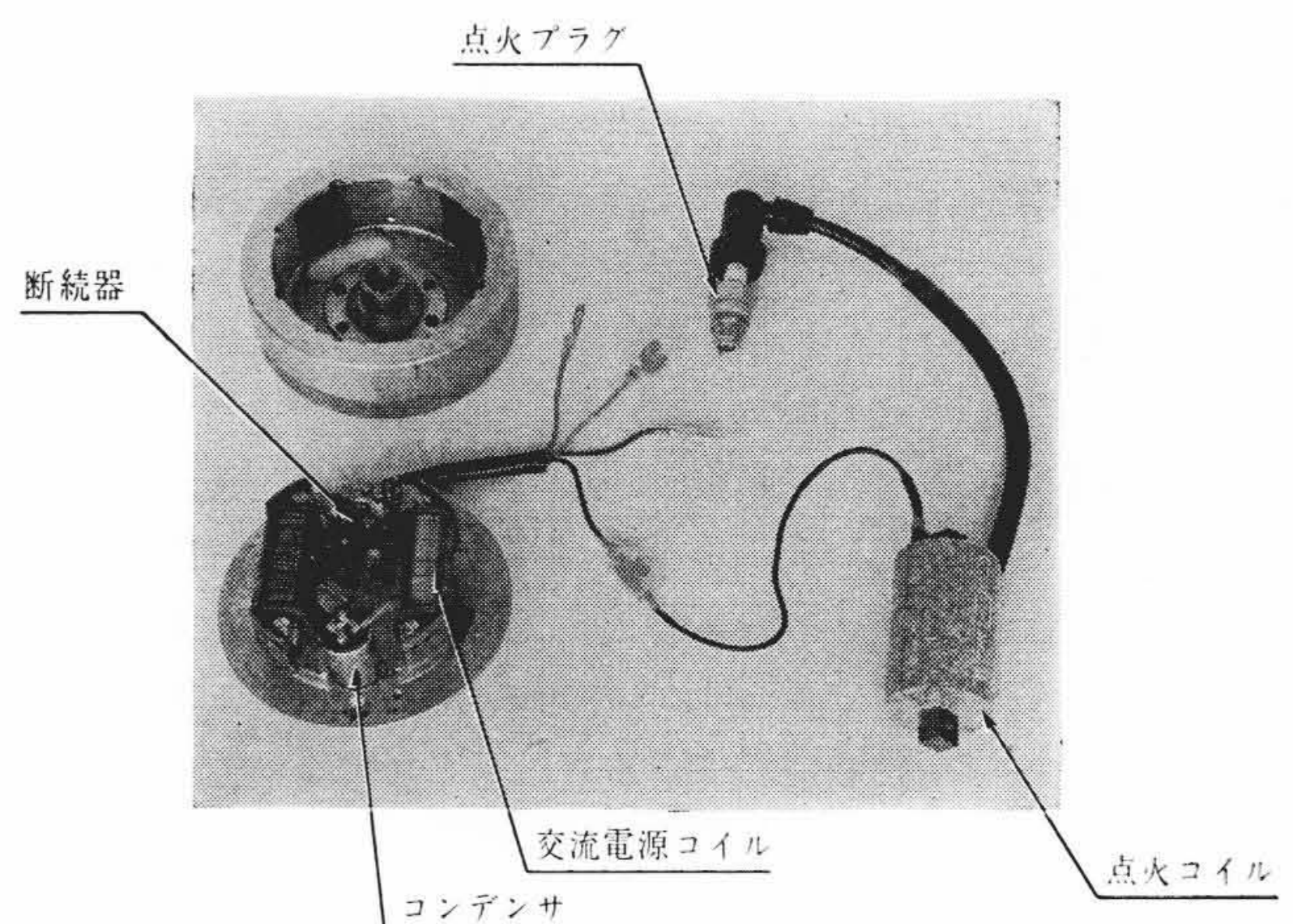


図2 点火コイル外付交流電源点火系の構成部品

交流電源コイル→断続器の接点→交流電源コイル
という回路に電流が流れる。適当な時点で接点が開かれると、一次コイルに一次電流が流入することにより、二次側に高電圧が誘導され、以下図3の回路の場合と同様にエンジンに点火するのである。

3. 電気点火系の解法

3.1 回路方程式と初期条件

前章の図3および図4に示した回路で、実際の動作状態における

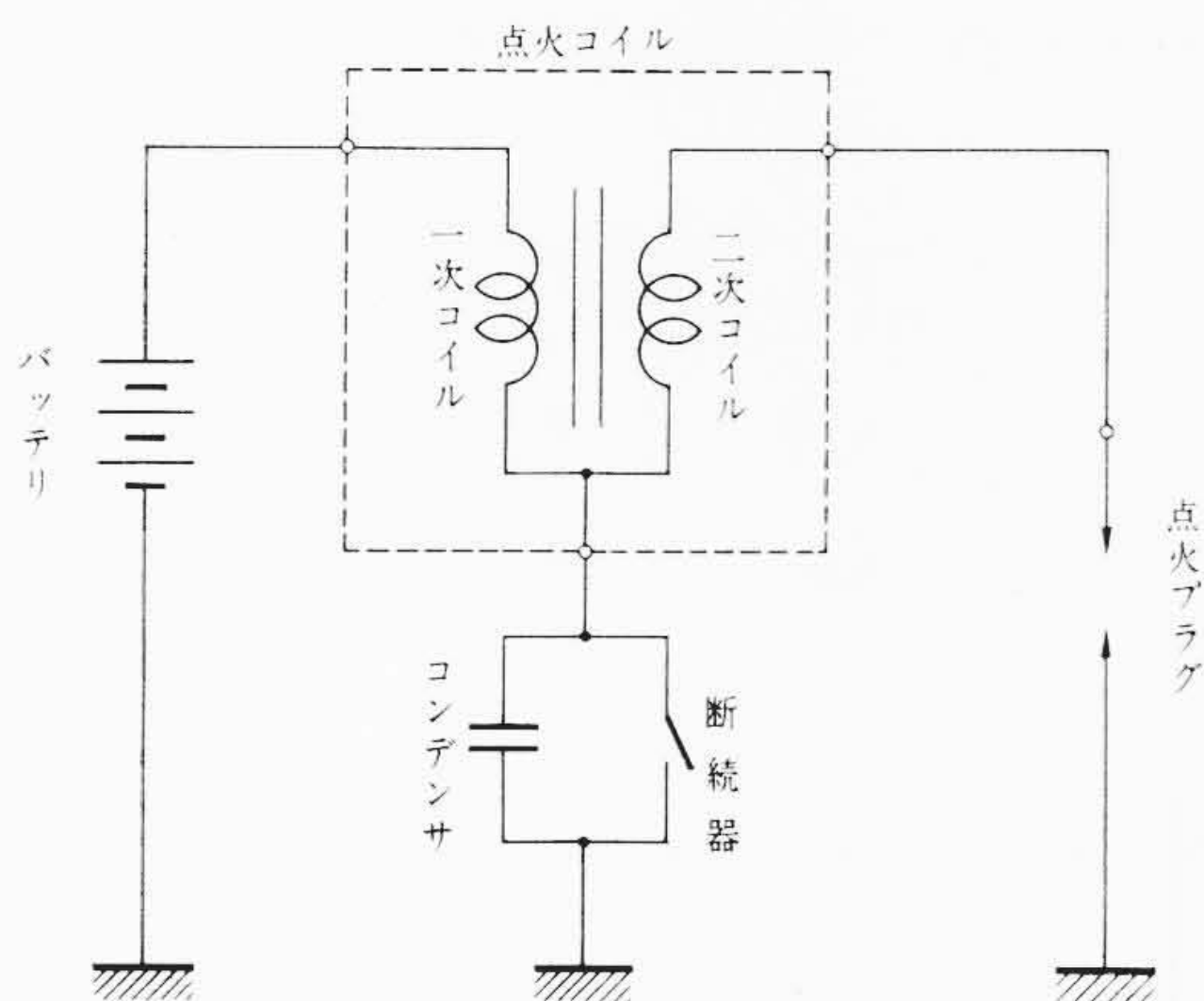


図3 直流電源点火系の回路

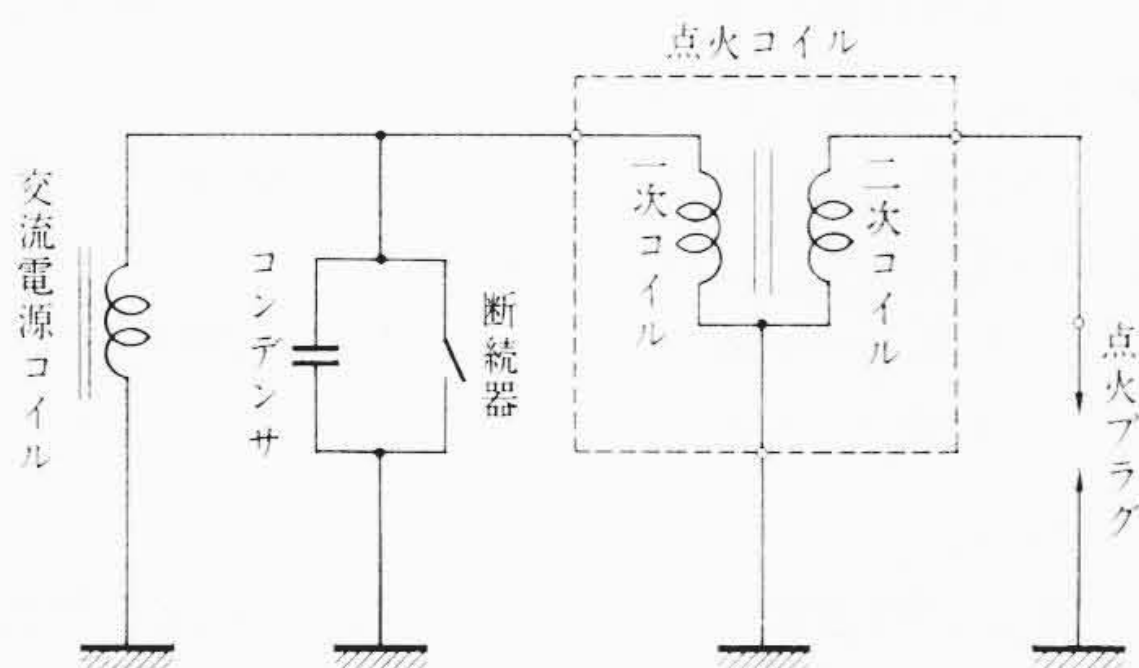


図4 点火コイル外付交流電源点火系の回路

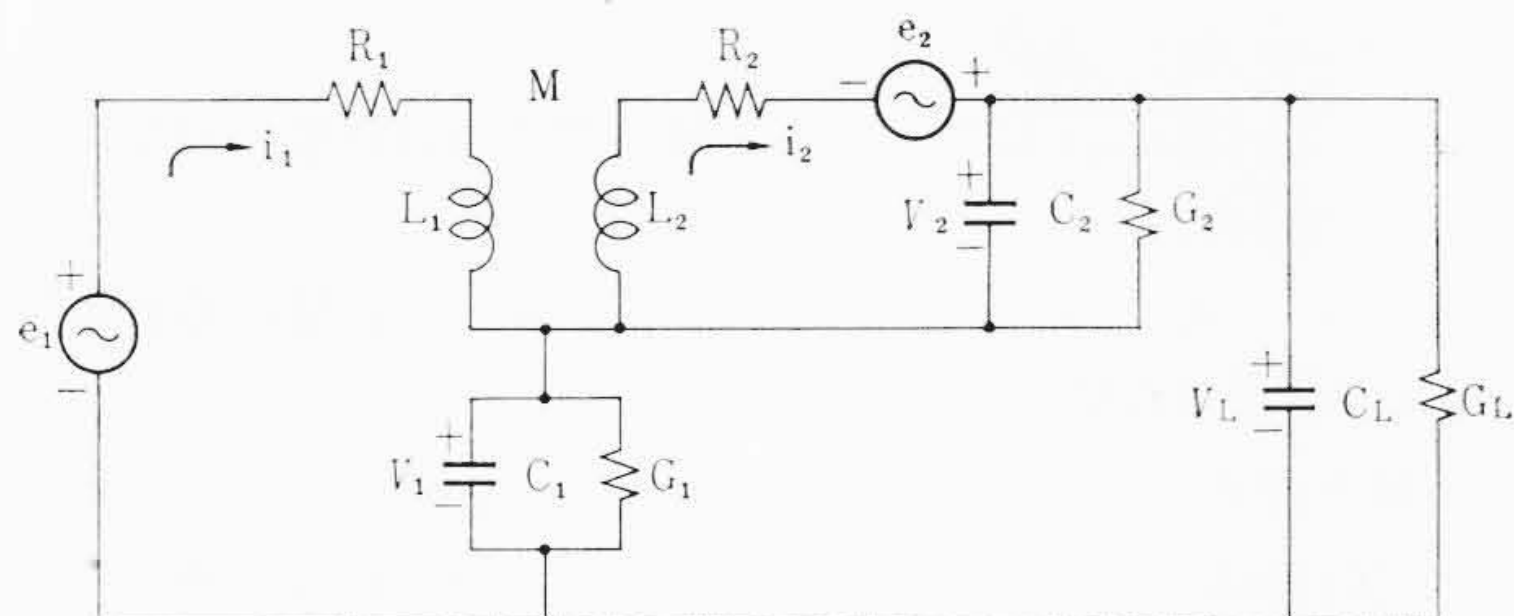


図5 特性計算に使用する回路
(図3 に対応)

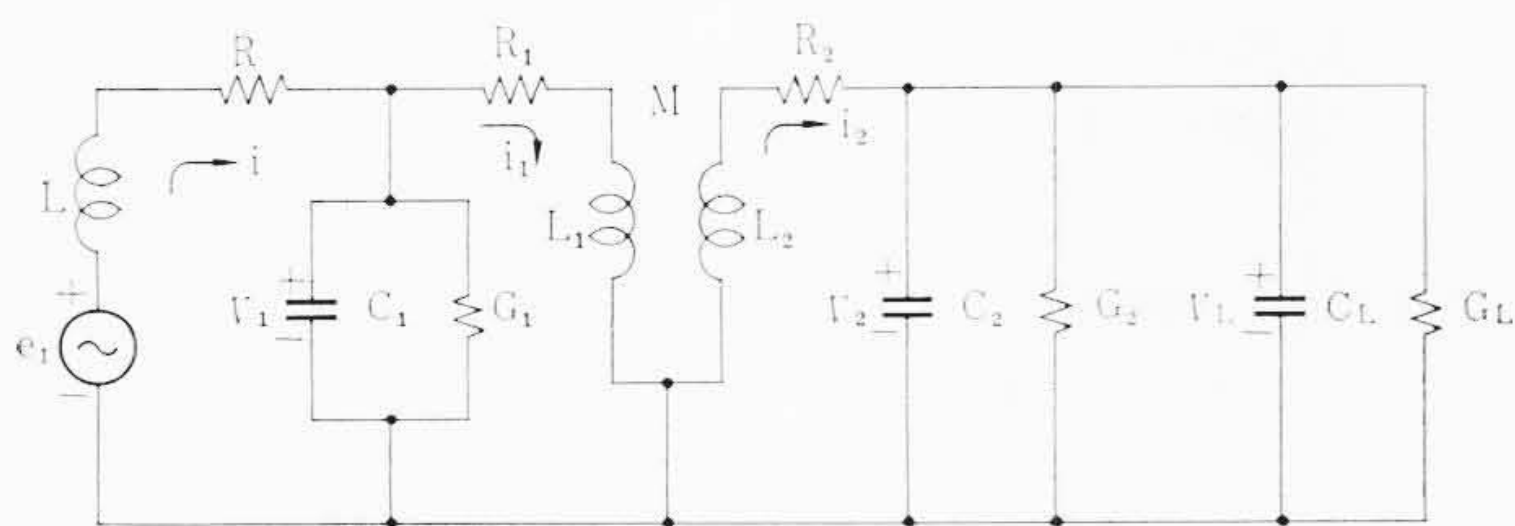


図6 特性計算に使用する回路
(図4 に対応)

各部の電流、電圧を厳密に計算するには、断続器接点間のアーク、あるいは点火プラグ電極間の放電などの、いわゆる非線形特性を取り扱わなければならない。しかしながら、一連の現象を時間に対して必要に応じて細かく分割して考えるならば、それらの各区間内で

$$\begin{bmatrix} L_1 \frac{d}{dt} + R_1 & M \frac{d}{dt} & 1 & 0 \\ M \frac{d}{dt} & L_2 \frac{d}{dt} + R_2 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & C_1 \frac{d}{dt} + G_1 & -C_2 \frac{d}{dt} - G_2 \\ 0 & -1 & C_L \frac{d}{dt} + G_L & (C_2 + C_L) \frac{d}{dt} + (G_2 + G_L) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1(t) \\ i_2(t) \\ v_1(t) \\ v_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

表1 図5の回路の記号の説明

記号	内容	備考
L_1	一次コイルのインダクタンス	既知定数
L_2	二次コイルのインダクタンス	
M	一次、二次間の相互インダクタンス	
R_1	一次コイルの直流抵抗	
R_2	二次コイルの直流抵抗	
C_1	一次側に接続したコンデンサの容量	
C_2	二次コイル分布静電容量	既知関数
C_L	負荷の静電容量	
G_1	一次側コンデンサ、断続器のコンダクタンス	
G_2	等価鉄損コンダクタンス	
G_L	負荷コンダクタンス	未知関数
e_1	一次回路電源電圧	
e_2	二次回路電源電圧	
i_1	L_1 に流れる電流	
i_2	L_2 に流れる電流	
v_1	C_1 にかかる電圧	
v_2	C_2 にかかる電圧	
v_L	C_L にかかる電圧	

表2 図6の回路の記号の説明

記号	内容	備考
L	電源コイルのインダクタンス	既知定数
L_1	一次コイルのインダクタンス	
L_2	二次コイルのインダクタンス	
M	一次、二次間の相互インダクタンス	
R	電源コイルの直流抵抗	
R_1	一次コイルの直流抵抗	
R_2	二次コイルの直流抵抗	既知関数
C_1	一次側に接続したコンデンサの容量	
C_2	二次コイル分布静電容量	
C_L	負荷の静電容量	
G_1	一次側コンデンサ、断続器のコンダクタンス	未知関数
G_2	等価鉄損コンダクタンス	
G_L	負荷コンダクタンス	
e_1	電源電圧	
i	L に流れる電流	
i_1	L_1 に流れる電流	
i_2	L_2 に流れる電流	
v_1	C_1 にかかる電圧	
v_2	C_2 にかかる電圧	
v_L	C_L にかかる電圧	

は線形特性を有するものとして取り扱っても、十分実用に供し得る結果が得られる。したがって、ここでは前章の図3に対応する回路として図5をとり、図4に対応する回路として図6をとって、それらの回路に対して次の2項目の仮定を設けて取り扱うことにする。

- 仮定 1. 各回路素子はすべて集中定数である。
 仮定 2. 各回路素子はすべて線形特性を有し、かつ時間的変化はない。

ただし、図5は直流電源点火系のみでなく、フライホイールマグネット⁽⁴⁾などの交流電源点火系をも含めて取り扱い得るように、点火コイルの一次、二次両回路に直流、交流などを含めた一般の電圧を加えてある。なお、図5および図6中の各記号の説明をそれぞれ表1, 2に示す。

図5の回路について回路方程式をたてると、 t を時間の記号として、(1)式を得る。なお図中の出力電圧 $v_L(t)$ は、この(1)式を解いて得られる $v_1(t)$, $v_2(t)$ より(2)式にて求められる。

$$v_L(t) = v_1(t) + v_2(t) \dots\dots\dots (2)$$

次に図 6 の回路について回路方程式をたてると、(3)式を得る。

$$\begin{bmatrix} L \frac{d}{dt} + R & 0 & 0 & -1 \\ 0 & L_1 \frac{d}{dt} + R_1 & M \frac{d}{dt} & 1 \\ 0 & M \frac{d}{dt} & L_2 \frac{d}{dt} + R_2 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & C_1 \frac{d}{dt} + G_1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i(t) \\ i_1(t) \\ i_2(t) \\ v_1(t) \\ v_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1(t) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

$$v_L(t) = v_2(t) \dots\dots\dots (4)$$

上記の回路方程式(1)あるいは(3)は、いずれも連立一階線形定係数常微分方程式である。次にこれらを解くための初期条件について説明する。回路方程式中の電流、電圧はそれぞれインダクタンスを流れる電流およびキャパシタンスにかかる電圧を採っているもので、これらの値は回路状態の変化に際して連続変化をする^{(5)~(8)}。したがって、回路状態切換えの直前における各電流、電圧の値が与えられているものとし、それらには添字 s をつけるとするならば、時間の原点を回路状態の切換え点においた場合、(1)式および(3)式を解くための初期条件は、それぞれ(5)、(6)式となる。

$$\begin{bmatrix} i_1(t) \\ i_2(t) \\ v_1(t) \\ v_2(t) \end{bmatrix}_{t=+0} = \begin{bmatrix} i_1(t) \\ i_2(t) \\ v_1(t) \\ v_2(t) \end{bmatrix}_{t=-0} = \begin{bmatrix} i_{1s} \\ i_{2s} \\ v_{1s} \\ v_{2s} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (5)$$

$$\begin{bmatrix} i(t) \\ i_1(t) \\ i_2(t) \\ v_1(t) \\ v_2(t) \end{bmatrix}_{t=+0} = \begin{bmatrix} i(t) \\ i_1(t) \\ i_2(t) \\ v_1(t) \\ v_2(t) \end{bmatrix}_{t=-0} = \begin{bmatrix} i_s \\ i_{1s} \\ i_{2s} \\ v_{1s} \\ v_{2s} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (6)$$

3.2 数学的手法

電気点火系の特性計算は、前節の図 5 あるいは図 6 に示すような回路において、その回路定数の変化によっていくつかの回路状態が順次現われる場合、すなわち図 7 に示すような場合について、これら各回路状態の回路方程式を解くことになる。

したがって、一般にこれらの問題は下記のような複数组の連立一階線形定係数常微分方程式の初期値問題に帰着する。すなわち、 n 組の連立微分方程式

$$\left\{ \begin{aligned} [A_{ij}(k) \frac{d}{dt} + B_{ij}(k)] \cdot [Z_j(k, t)] &= [C_i(k, t)] \\ i, j &= 1, 2, \dots, m(k), k = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \right\} \dots\dots (7)$$

を下記の初期条件[1]または[2]を用いて解くことになる。

初期条件[1] この場合は、第 1 回路状態に任意の初期値を与えてその回路方程式を解き、その解より第 2 回路状態の初期値を導き、以下順次この操作を繰り返してゆく場合であり、

$$\left\{ \begin{aligned} [Z_j(1, 0)] &= [D_j(1)], j = 1, 2, \dots, m(1) \\ [Z_j(k+1, 0)] &= [E_{jl}(k)] \cdot [Z_l(k, t_k)] \\ j &= 1, 2, \dots, m(k+1), l = 1, 2, \dots, m(k) \\ k &= 1, 2, \dots, n-1 \end{aligned} \right\} \dots\dots (8)$$

が初期条件である。

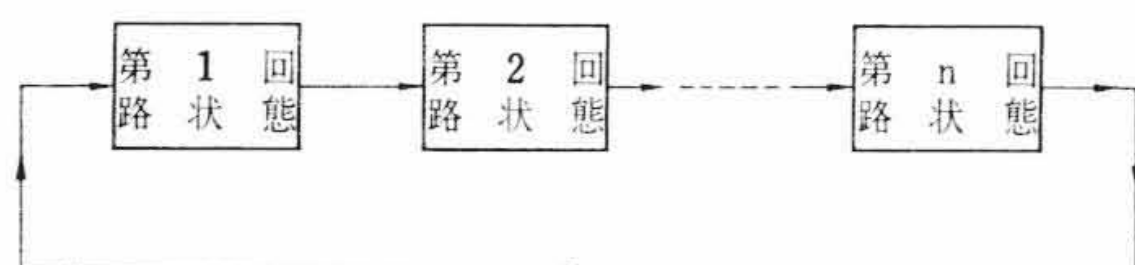


図 7 n 個の回路状態の繰り返し

なお図中の $v_L(t)$ は、(4)式より求められる。

初期条件[2] この場合は、回路状態の繰り返しが完全に周期的である場合について、各回路状態での現象は過渡現象であるが、系全体としては定常状態に達した時点の解を求める場合であり、

$$\left\{ \begin{aligned} [Z_j(1, 0)] &= [E_{jl}(1)] \cdot [Z_l(n, t_n)] \\ j &= 1, 2, \dots, m(1), l = 1, 2, \dots, m(n) \\ [Z_j(k+1, 0)] &= [E_{jl}(k)] \cdot [Z_l(k, t_k)] \\ j &= 1, 2, \dots, m(k+1), l = 1, 2, \dots, m(k) \\ k &= 1, 2, \dots, n-1 \end{aligned} \right\} \dots\dots (9)$$

が初期条件である。

上記(7)、(8)、(9)式における記号は下記のとおりである。

- $A_{ij}(k), B_{ij}(k)$: k, i, j によって定まる定数
- $C_i(k, t)$: k, i にて定まる t の既知関数
- $Z_j(k, t)$: k, j にて指定される t の未知関数
- $m(k)$: k にて定まる正整数
- $D_j(1)$: j にて定まる定数 (第 1 回路状態の初期値)
- $E_{jl}(k)$: k, j, l にて定まる定数
- t_k : k にて定まる定数 (第 k 回路状態の持続時間)

3.2.1 一般解の関数形の決定

回路方程式(7)の特殊解を $[ZS_j(k, t)]$ とすると、これは(7)式の $[C_i(k, t)]$ の関数形によっては簡単に得られない場合が多いのであるが、その関数形が定数、有理整関数、指数関数、三角関数の場合、ならびにそれらの一次結合である場合は容易に求めることができる。たとえば

$$\left\{ \begin{aligned} [C_i(k, t)] &= [C_i(k) e^{W(k)t}] \\ \text{ただし } C_i(k) &: k, i \text{ にて定まる定数} \\ W(k) &: k \text{ にて定まる定数} \end{aligned} \right\} \dots\dots (10)$$

である場合、特殊解を

$$\left\{ \begin{aligned} [ZS_j(k, t)] &= [G_j(k) e^{W(k)t}] \\ \text{ただし } G_j(k) &: \text{未定係数} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

と仮定して、(10)、(11)の両式を(7)式に代入すると、 $G_j(k)$ に関する $m(k)$ 元連立一次方程式

$$[W(k) A_{ij}(k) + B_{ij}(k)] \cdot [G_j(k)] = [C_i(k)] \dots\dots\dots (12)$$

が成立し、これを解けば特殊解が定まる。

なお、 $C_i(k, t)$ が一般の関数の場合でも、時間に関していくつかの区分に分割して、特殊解が容易に得られる関数形にて近似表示するならば、上記の方法をそのまま適用できる。

次に方程式(7)の特性方程式(p に関する $m(k)$ 次代数方程式)

$$| A_{ij}(k)p + B_{ij}(k) | = 0 \dots\dots\dots (13)$$

を解いて、たとえば重根のない場合、それらの根が

$$x(k, 1), x(k, 2), \dots, x(k, m(k))$$

であるとする、(7)式の一般解 $[ZG_j(k, t)]$ は

$$[ZG_j(k, t)] = \left[\sum_{\xi=1}^{m(k)} G_j(k, \xi) e^{x(k, \xi)t} \right] + [ZS_j(k, t)] \dots\dots (14)$$

となる。ここに $G_j(k, \xi)$ は $m(k)^2$ 個の積分定数であるが、それら

表3 回路素子の値および動作条件

記号	単位	数値
E	ボルト	5.0
R_1	オーム	1.716
R_2	キロ・オーム	12.91
L_1	ミリ・ヘンリー	7.0
L_2	ヘンリー	33.5
M	ヘンリー	0.46
C_1	マイクログファラド	0.25
C_2	ピコ・ファラド	57.0
C_L	ピコ・ファラド	27.0
G_1	マイクログ・セー	0.10
G_2	マイクログ・セー	0.333
G_L	マイクログ・セー	0.10
		2.0
t_1	ミリ・秒	12.8
t_2	ミリ・秒	7.2

の間の相互関係は

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^{m(k)} \{ (x(k, \xi) A_{ij}(k) + B_{ij}(k)) G_j(k, \xi) \} = [0] \\ \xi = 1, 2, \dots, m(k) \end{array} \right\} \dots (15)$$

i は $1, 2, \dots, m(k)$ 中任意の $m(k) - 1$ 個

にて表わされる互いに独立な $m(k)^2 - m(k)$ 個の連立一次式によって関連づけられている。つまり $m(k)^2$ 個中 $m(k)$ 個が独立であって、残りはこの $m(k)$ 個より必然的に定まる。しかしながら、回路が比較的簡単な場合、あるいは計算機の記憶容量が大きい場合には、 $m(k)^2$ 個の積分定数をすべて未知数のまま残しておいて、初期条件より求めた式と組み合わせて一挙に定めるほうがよく、回路が複雑となり $m(k)$ の値が大きい場合には、未知数の個数を $m(k)$ 個にしぼっておくほうが良いと考えられる。

3.2.2 初期条件による積分定数の決定

ここでは、積分定数 $G_j(k, \xi)$ をすべて未知数として取り扱う場合について説明する。

初期条件[1]の場合。まず(8)の第1式に(7)式の一般解(14)式を代入すると、

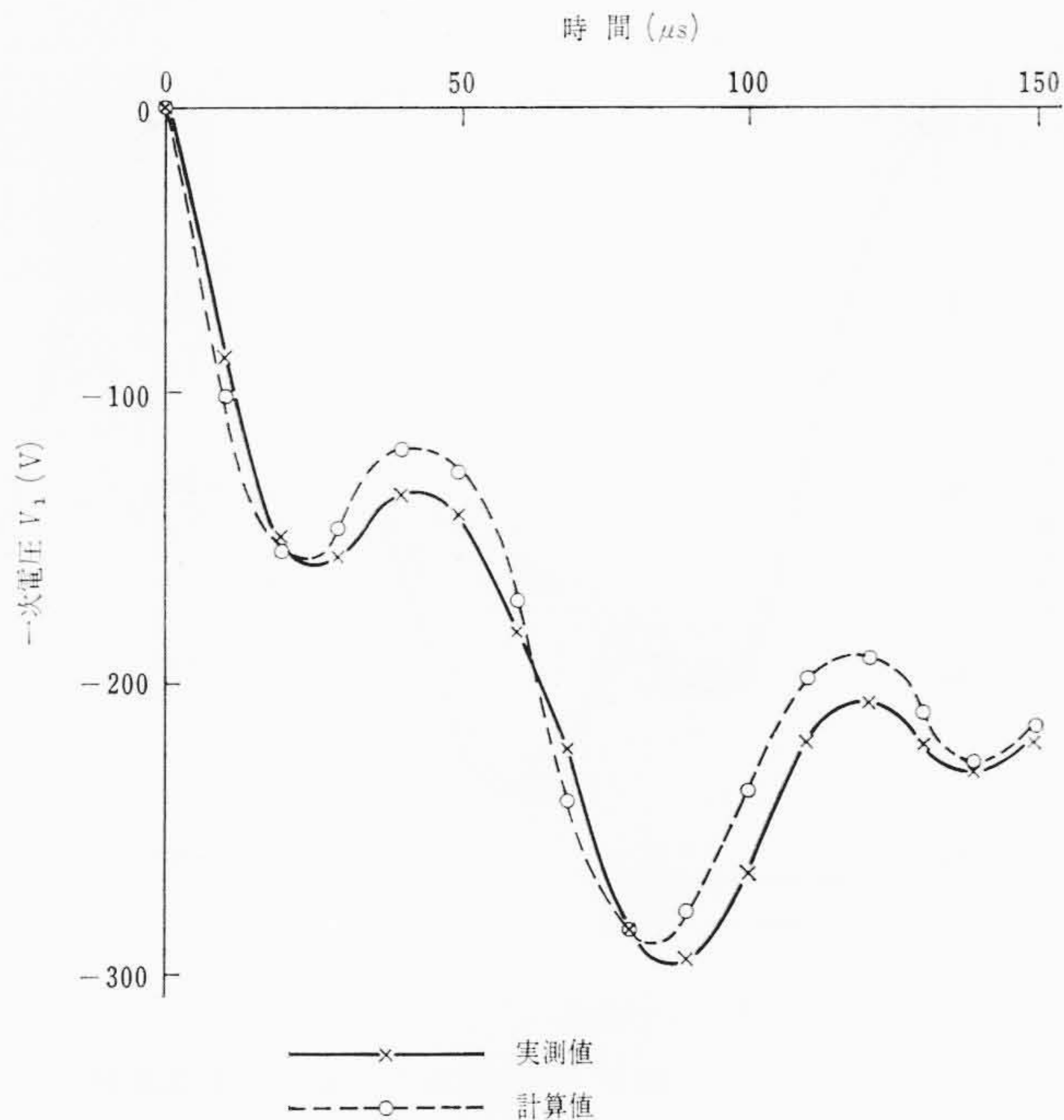
$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{\xi=1}^{m(1)} G_j(1, \xi) + [ZS_j(1, 0)] = [D_j(1)] \\ j = 1, 2, \dots, m(1) \end{array} \right\} \dots (16)$$

を得る。これと(15)式の $k=1$ なる場合を組み合わせると、 $m(1)^2$ 個の未知数 $G_j(1, \xi)$ に関する $m(1)^2$ 元連立一次方程式が得られるので、これを解けば第1回路状態に対する解 $[Z_j(1, t)]$ が得られる。以下同様の計算を $k=2, 3, \dots, n$ について順次続けるならば、すべての解が得られる。

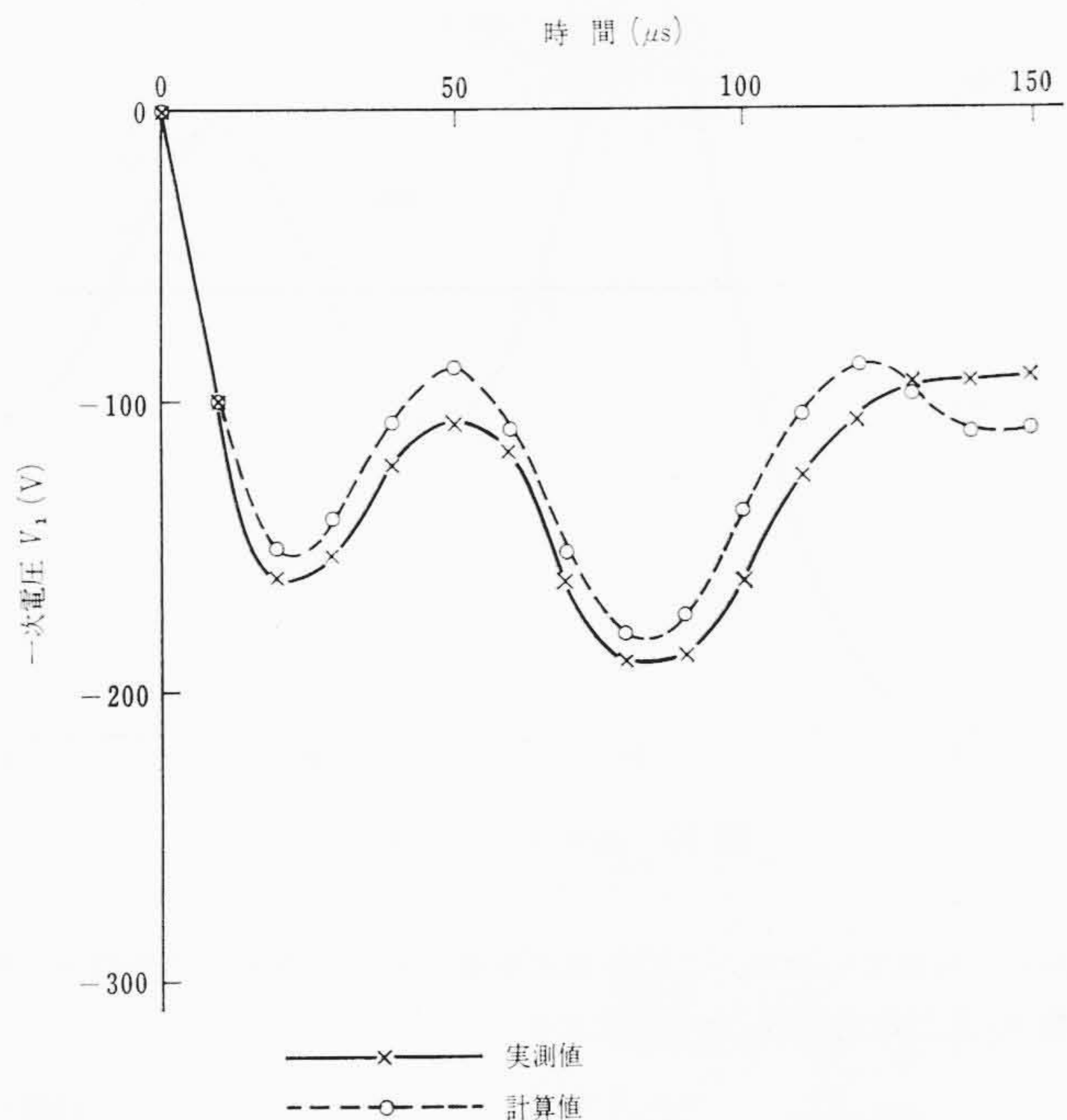
初期条件[2]の場合。この場合、 $\sum_{k=1}^n m(k)^2$ 個の積分定数 $G_j(k, \xi)$ に対して、まず(15)式より $\sum_{k=1}^n (m(k)^2 - m(k))$ 個の一次式が得られ、さらに(9)式より $\sum_{k=1}^n m(k)$ 個の一次式が得られるので、結局 $\sum_{k=1}^n m(k)^2$ 元連立一次方程式が成立し、これを解くことによりすべての積分定数が決定され、(7)式の解が得られる。

4. ディジタル電子計算機による数値計算

上述の計算法に基づいて、日立 HITAC 301C 形電子計算機⁽⁹⁾を用いて実際の数値計算を行なったいくつかの例をここに紹介する。計算プログラムの主要部分の一つは、回路方程式の解の関数形を決めるための高次代数方程式(特性方程式)を解く計算であり、他の一つは、その解の関数中に含まれる積分定数を決定するための多元連立一次方程式を解く計算である。前者には Bairstow の反復法を用い、後者には Gauss の消去法を用いた。これらのサブプログラムは一般性があるて広く研究開発されているので、ここではその詳



(a) 負荷 $G_L = 0.1 \mu\Omega$



(b) 負荷 $G_L = 2.0 \mu\Omega$

図8 一次電圧の計算値と実測波形

細は省略する⁽¹⁰⁾。

4.1 抵抗負荷回路の電圧波形

第3章の図5に示した回路において、

$$G_L = \text{一定}, e_1 = E = \text{一定}, e_2 = 0 \dots (17)$$

とした、いわゆる直流電源点火系の抵抗負荷回路について、表3に示す回路素子の値ならびに断続器の開時間 t_1 、閉時間 t_2 を有する場合について、断続器の接点开時の回路状態における一次電圧 v_1 および二次出力電圧 v_L の値を計算した結果、ならびにその実測値を図8および図9に示す。この比較によれば、本計算法による数値計算結果は十分実用に供し得る精度を有することがわかる。

4.2 点火コイルの電圧比の時間変化

従来の点火系二次電圧計算には、エネルギー変換法による近似式

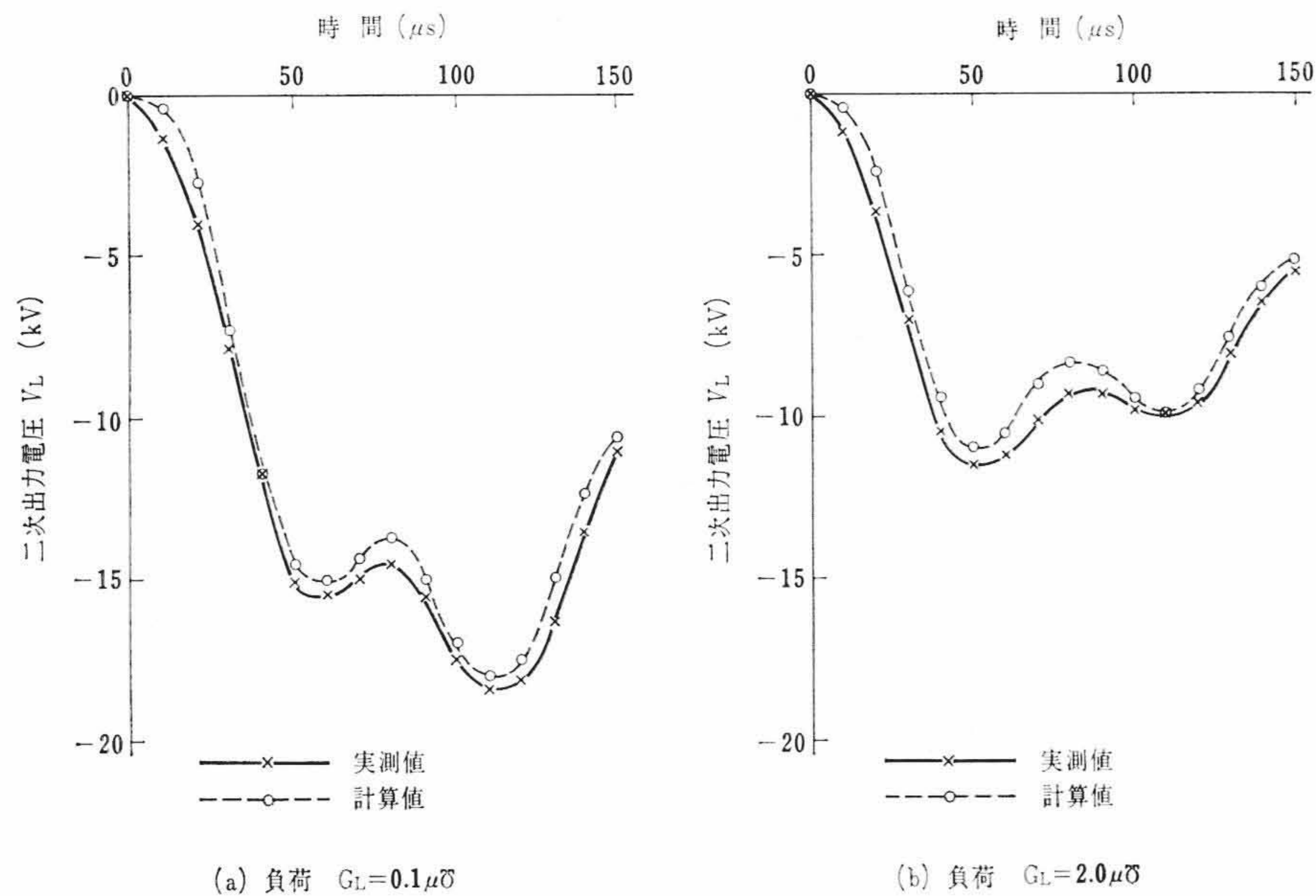


図 9 二次電圧の計算値と実測波形

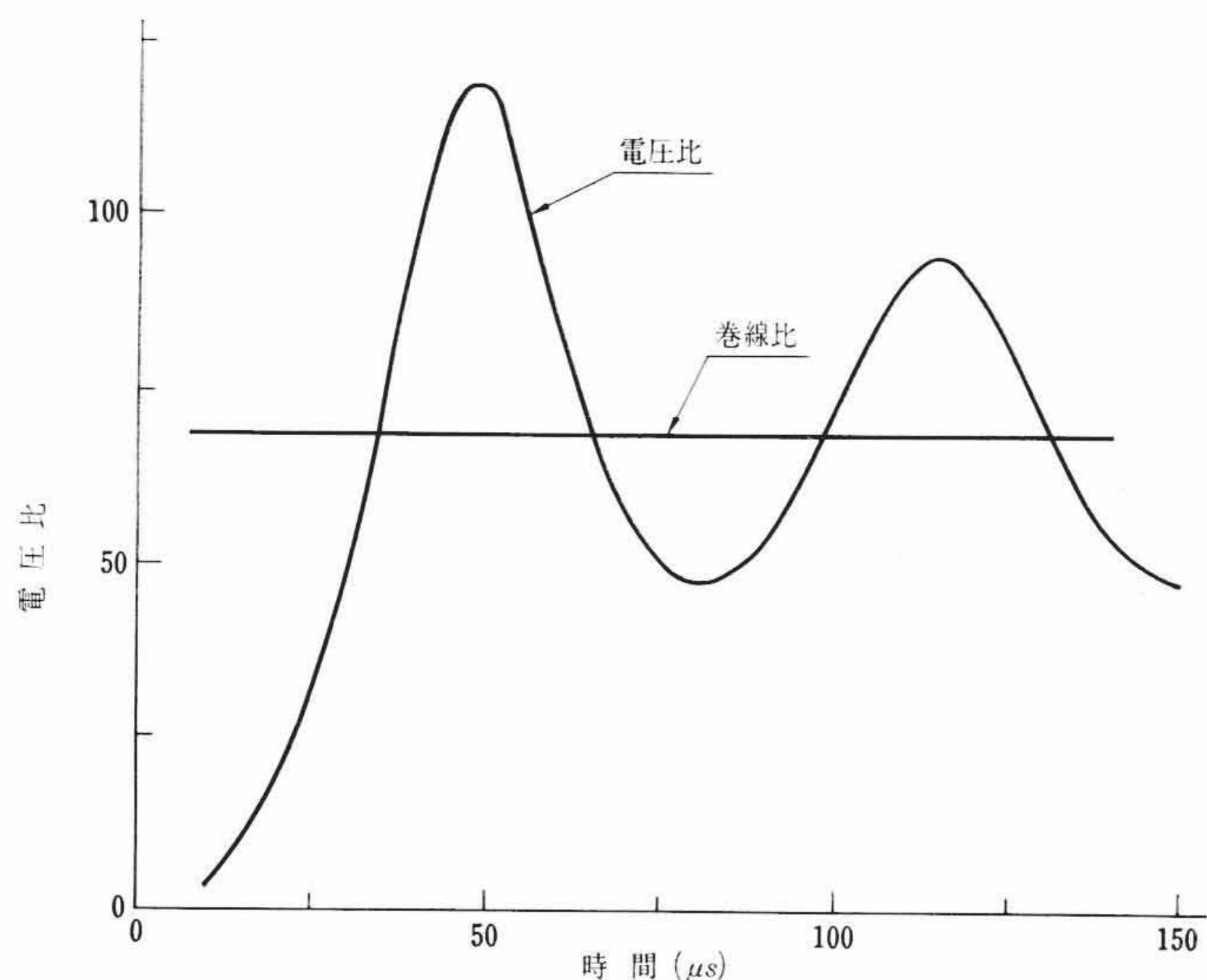


図 10 点火コイルの電圧比

が用いられていたが、この計算式を導く場合、点火コイルの一次巻数 n_1 と二次巻数 n_2 との巻数比を

$$a = \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots (18)$$

とした場合、一次電圧 v_1 と二次電圧 v_2 との電圧比を

$$\frac{v_2}{v_1} = a = \text{一定} \dots\dots\dots (19)$$

と仮定している⁽²⁾。しかしながら、前節の図 8, 9 に示した計算例についてこの電圧比を求めてみると、図 10 に示すようにかなり大幅な時間変化がみられる。

4.3 点火系にたくわえられるエネルギーの時間変化

第 3 章の図 5 に示した回路において、この系にたくわえられるエネルギーの時間変化を計算した結果を紹介する。この系のエネルギーは、磁気エネルギー

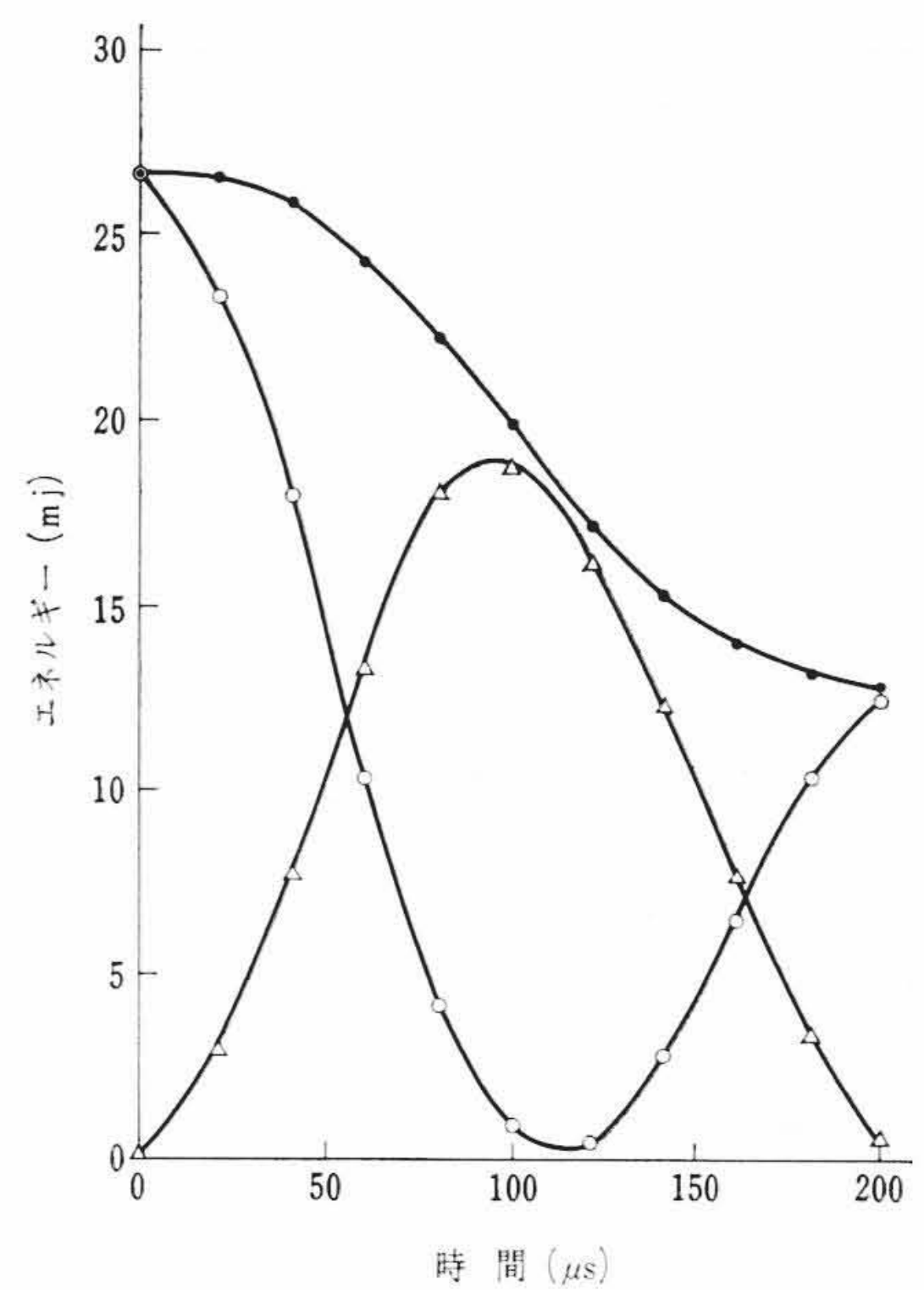
$$E_m = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2 \dots\dots\dots (20)$$

と、静電エネルギー

$$E_e = \frac{1}{2} c_1 v_1^2 + \frac{1}{2} c_2 v_2^2 + \frac{1}{2} c_L v_L^2 \dots\dots\dots (21)$$

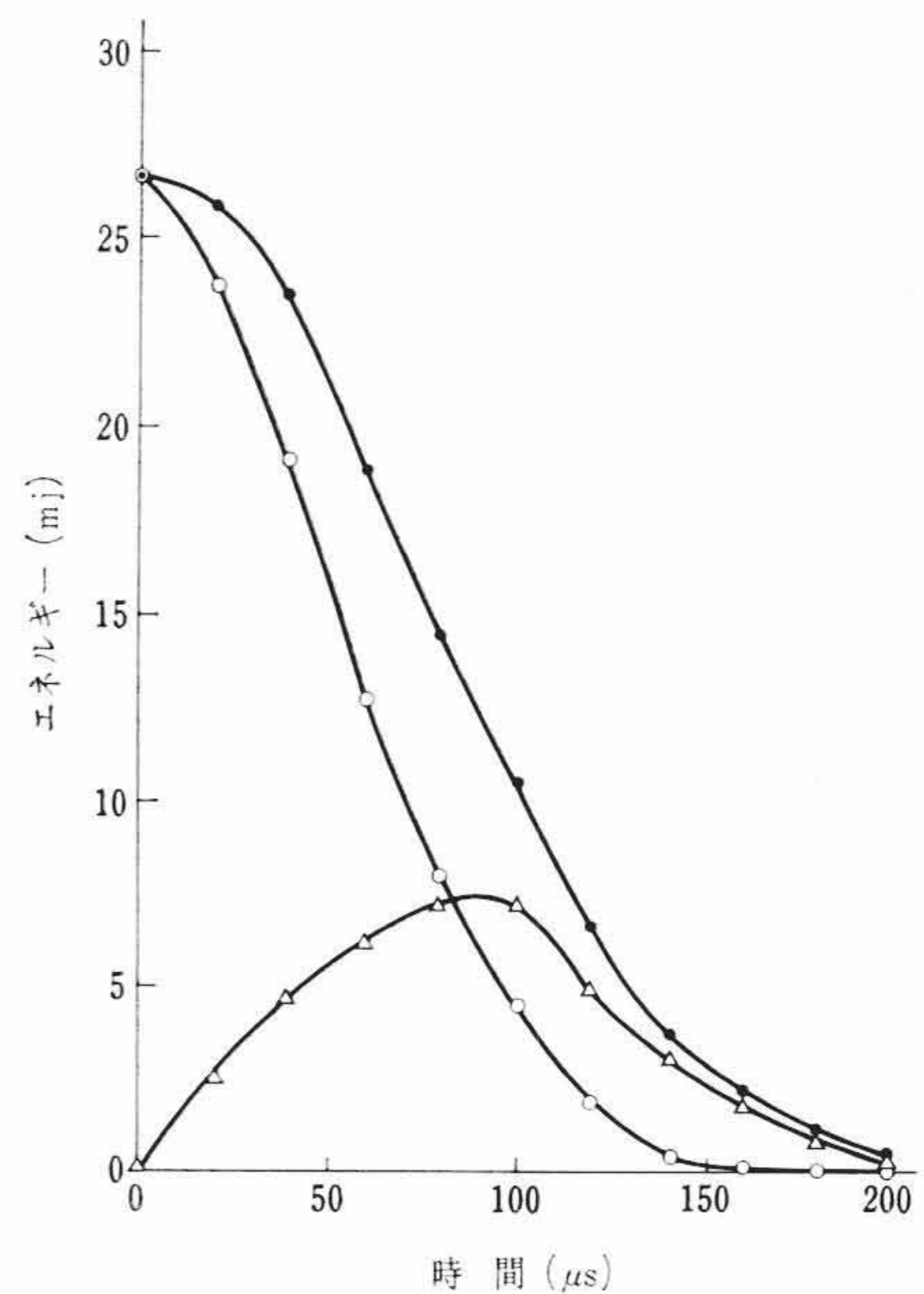
とから成り、全体では

$$E_T = E_m + E_e \dots\dots\dots (22)$$



(—○— 磁気エネルギー E_m , —△— 静電エネルギー E_e , —●— 全体のエネルギー E_T)
負荷 $G_L = 0.1 \mu\Omega$ の場合

図 11 点火系にたくわえられるエネルギー



(—○— 磁気エネルギー E_m , —△— 静電エネルギー E_e , —●— 全体のエネルギー E_T)
負荷 $G_L = 2.0 \mu\Omega$ の場合

図 12 点火系にたくわえられるエネルギー

のエネルギーを保有する。4.1 節の表 3 に示す定数値に対して計算した結果を図 10, 11 に示す。これらの図より、磁気エネルギーと静電エネルギーの交替状態、およびこの系の損失のため全体のエネルギーが消滅していく状態がよくわかる。

5. 結 言

電気点火系の特性計算に関する上記の報告を要約すると、次のようになる。

- (1) 電気点火系の解析を行なうには、一連の現象を時間に関して必要に応じて細分割して取り扱うならば、問題は複数組の連立一階線形定係数常微分方程式の初期値問題に帰着される。
- (2) 上記の問題を電子計算機を用いて解くには、特性方程式である高次代数方程式の根を求めることにより解の関数形を定め、

その積分定数は多元連立一次方程式を解くことにより決定すればよい。

(3) HITAC 301C 形電子計算機による数値計算結果と、その実測値との比較によれば、本計算結果は実用上十分な精度を有する。

(4) 点火コイルの電圧比の時間変化、点火系にたくわえられるエネルギーの時間変化について応用計算例を示したが、これらの例より本計算プログラムの有用性がうかがわれる。

なおここに紹介した計算手法は、単に電気点火系のみにとどまらず、一般の断続回路の解析にも有効であると考えられるので、本論を活用することにより、他の電気機器の設計、研究などに利するところがあれば幸いである。

最後に、本研究にあたり常にご指導、ご協力賜わった関係各位に深く感謝の意を表わすとともに、本計算法の諸ヒントは、京都大学教授林重憲氏の断続回路の一般的解析法の研究⁽⁵⁾⁻⁽⁷⁾によるところ

が大であったことを記して敬意を表する。

参 考 文 献

- (1) 杉浦慎三、亀田遠三：自動車用電装品 41 (昭 33-10, 山海堂)
- (2) 熊谷三郎：発動機電気点火論 (昭 16-10, 山海堂)
- (3) 松井憲紀：電気点火 (昭 18-8, 有象堂)
- (4) 藤崎、小笠原：日立評論 45, 1975 (昭 38-12)
- (5) 林重憲：演算子法と断続回路 (昭 21-8, 大化書房)
- (6) 林重憲：過渡現象の数学的方法 (昭 19-9, 大雅堂)
- (7) S. Hayashi: Periodically Interrupted Electric Circuits (1961—Denki-Shoin, Japan)
- (8) 宮田房近：過渡現象 23 (昭 35-5, 共立出版)
- (9) 日本電子工業振興協会編：日本の電子計算機 53 (1965 年度版)
- (10) 山下英男：電子計算機ハンドブック 167, 268 (昭 35-12, コナ社)



特許 第 410146 号

特 許 の 紹 介



宇多村幸彦

X 線 管 陽 極

この発明は中空管状陽極の中空管内に冷却液体を流通させて使用する X 線管の陽極の冷却構造の改良に関するもので、図 1 に示すように外底面にターゲットを鑄込んだ中空管部分を有する有底円筒状陽極において、陽極管の一端に固定し、かつ陽極中空部分内に冷却液体を流入させる導入管を有し、この導入管の内部に冷却液体の流れによって回転させられるラセン状あるいはプロペラ状翼片をもつ回転子を軸受部を介して取り付け、さらにこの回転子には陽極の中空底部および中空側面部にごく接近し、あるいは軽く接して冷却液

体を回転攪拌させるようにした回転羽根片を複数個取付けた回転羽根取付部を一体に固定し回転するようにしたものである。

また、図 2 に示すように、図 1 における回転羽根片の代わりに陽極の中空底面および側面に冷却液体を移動しながら吹付け噴射する細隙を有する回転ジェット車を設けてもよい。

この発明によれば陽極の冷却効果を高めることにより X 線管の負荷容量を増大することができる。

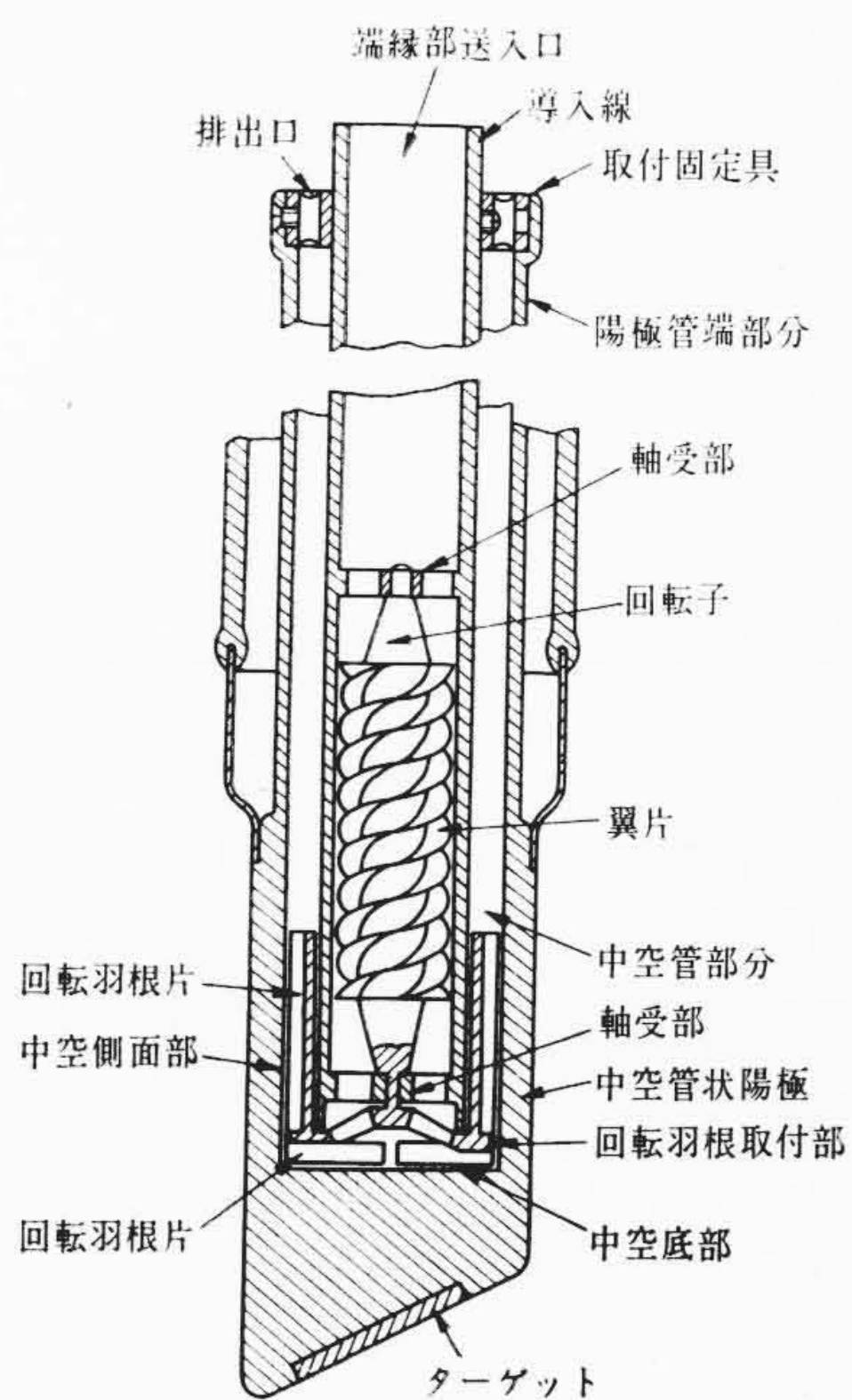


図 1

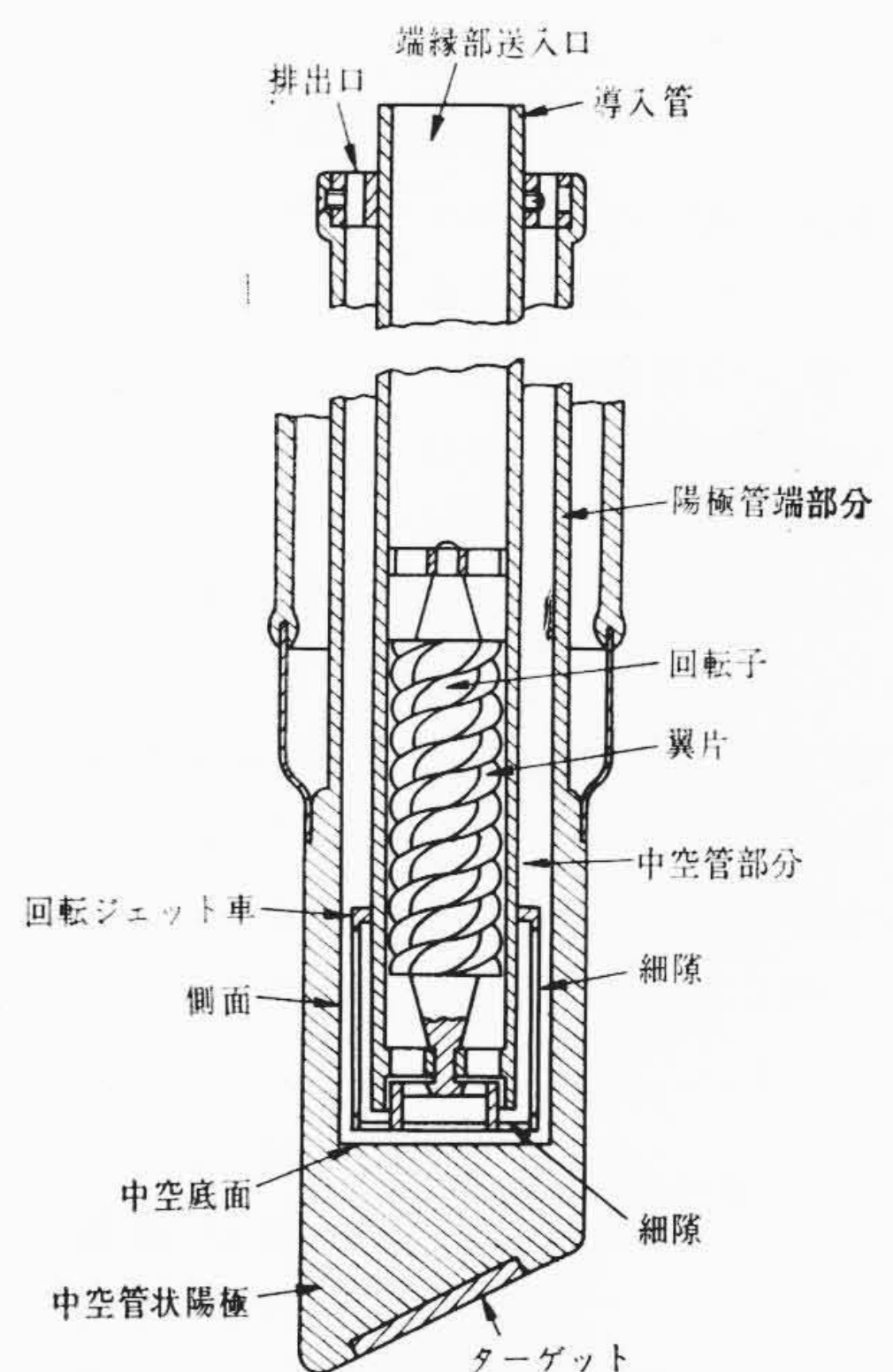


図 2