

HP『海軍砲術学校』公開資料

整理番号 1 術校S - 砲術 4 7

発行年月日 5 2 . 3 . 2 4

# 射撃指揮装置 1 型

射 撃 盤

第 1 術 科 学 校 砲 術 科

<http://navgunschl.sakura.ne.jp/>

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 目 次

第1章	概 説	1
1	概 要	1
2	性 能	1
3	構 造	4
4	見越計算原理	6
5	機能別分類	11
6	主要計算部の機能	12
7	射撃盤信号系統図	16
第2章	機能、作動	18
1	演算回路	18
2	座標系	49
3	速度計出	53
4	速度平滑	62
5	入力計算部	64
6	弾道計算部	78
7	見越量計算部	106
8	見越角計算部	120
9	動揺修正計算部	132
10	占位差修正計算部	162
11	発砲諸元計算部	168
12	信管秒時計算系	172
13	星弾修正計算系	176
14	目標自動表示用諸元計算部	178
15	制御系	184
16	電源系	191

# HP『海軍砲術学校』公開資料

第3章	整備法	199
1	概要	199
2	整備点検	199
3	静的試験回路	227
4	信号チェック回路	232
第4章	記号一覧	236

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 第 1 章 概 説

### 1 概 要

射撃盤は、交流サーボ式、アナログ電子計算機であつて測的盤管制部から目標現在位置諸元を受け、上下、左右方向の見越角を計算するとともに目標の動揺、方位盤一砲間の占位差に対する修正角を算出する。

目標現在高角及び相対方位角に見越角と各修正角を加え発砲諸元として砲に送るものである。

### 2 性 能

項 目	性 能	
	1 型 A	1 型 B
計算可能最大距離	36,000 ヤード	同 左
計算可能最大の速	1200 ノット	同 左
計算最大射距離		
<u>対水上</u>	22,000 ヤード	12,000 ヤード
対空 < 35°	15,000 ヤード	9,000 ヤード (< 30°)
> 35°	22,000 ヤード	12,000 ヤード (> 30°)
計算精度		
<u>対水上</u>		
90 ノット 20,000 ヤード (12,000 ヤード)		
において		
俯仰見越角誤差	± 5 ミル以内	同 左
旋回見越角誤差	± 3 ミル以内	同 左
速度誤差	± 0.9 ノット以内	同 左

# HP『海軍砲術学校』公開資料

<u>対空</u>		
900ノット13,000 ヤード(9,000ヤード) において		
俯仰見越角誤差	± 5 ミル以内	同 左
旋回見越角誤差	± 5 ミル以内	同 左
速度誤差	± 6 ノット以内	同 左
弾道修正		
初速修正	+200 ~ 300 フィート/8	+150 ~ - 300 フィート/8
気温修正	なし	+ 50 ~ - 100 F
空気密度修正	+ 20 ~ - 30 %	同 左
風力修正	0 ~ 60 ノット	同 左
発砲諸元修正		
射距離修正	± 1000 ヤード	同 左
左右修正	±100ミル ±25ミルの切換	同 左
上下修正	± 25 ミル	同 左
陸上射撃修正		
東西方向	± 5,000 ヤード	同 左
南北方向	± 5,000 ヤード	同 左
上下方向	± 100 ヤード	同 左
星弾射撃修正		
信管秒時	± 5 秒	なし
俯仰修正	± 9 度	
旋回修正	± 9 度	
消費電力		
60HZ440V	40KVA 以下	20KVA 以下
400HZ115V	20KVA 以下	10KVA 以下
計算基準電圧	400HZ15V → 1	同 左

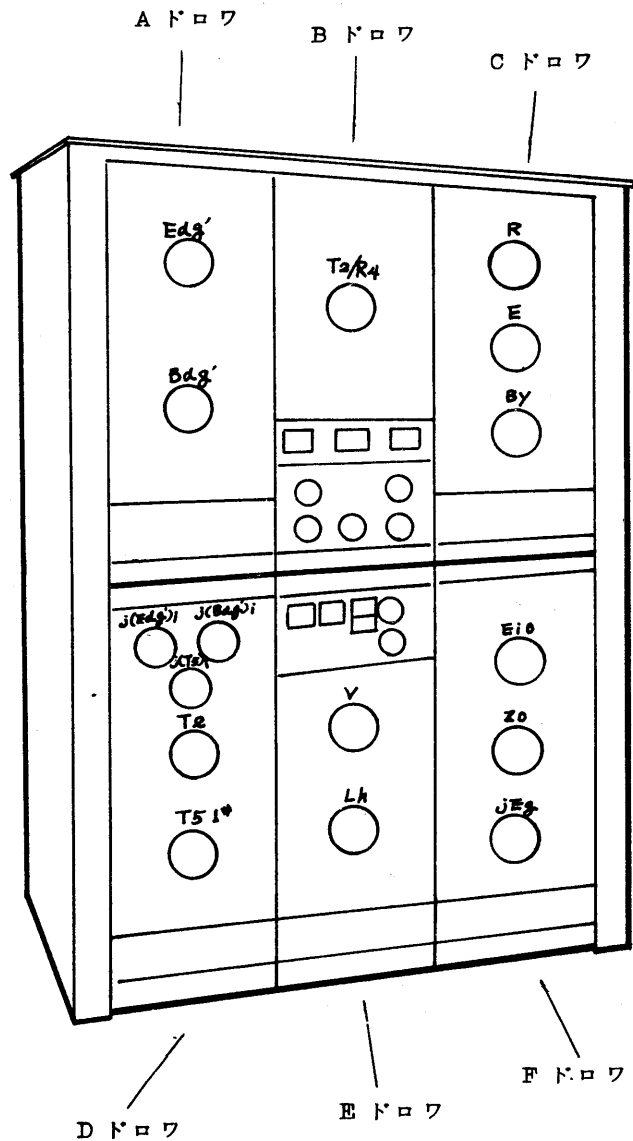
# HP『海軍砲術学校』公開資料

距離	30,000 ヤード	} 1	同 左
速度	900 ノット		
加速度	50 ヤード/秒 <sup>2</sup>		
時間	50 秒		

# HP『海軍砲術学校』公開資料

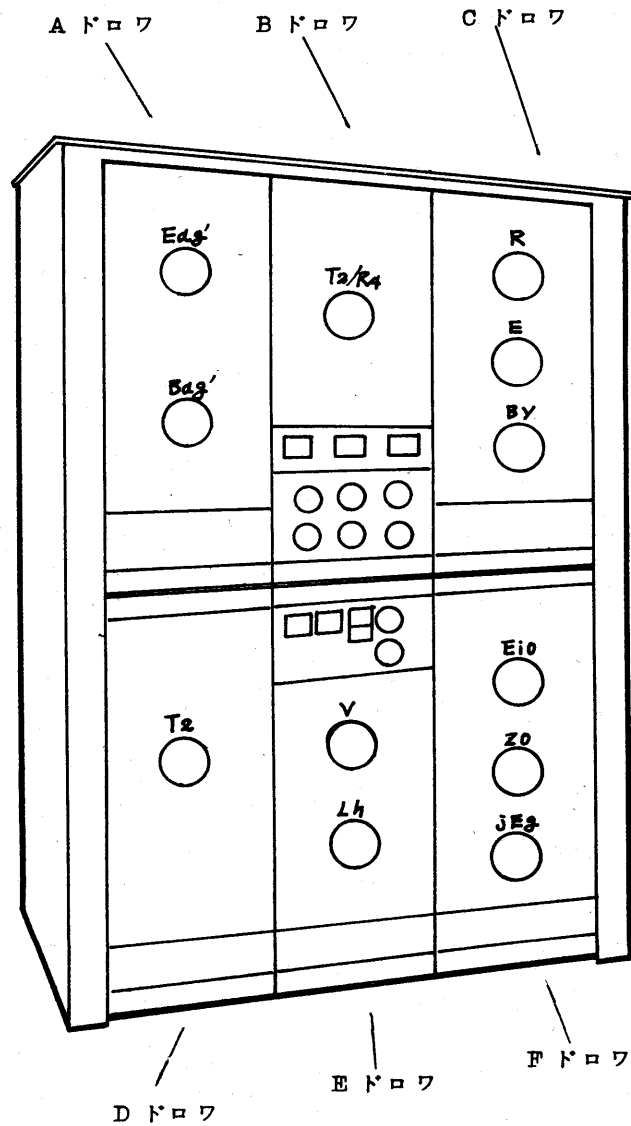
## 3 構造

### (1) 1型A



# HP『海軍砲術学校』公開資料

(2) 1型B

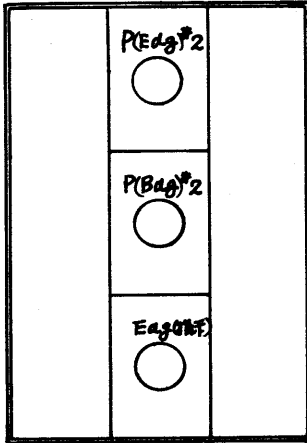




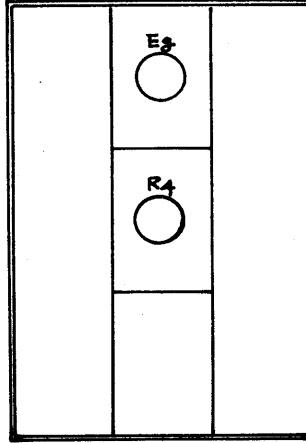
# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (3) 射撃盤各ドロア右側面

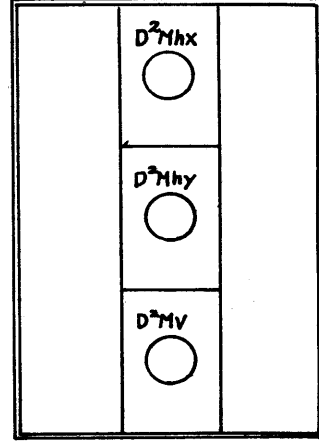
A ドロワ



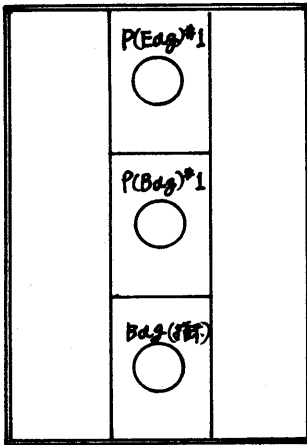
B ドロワ



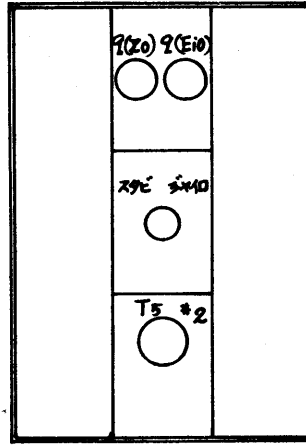
C ドロワ



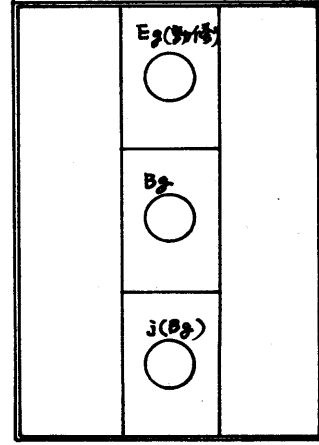
D ドロワ



E ドロワ



F ドロワ



## 4 見越計算原理

射撃盤の詳しい作動を理解するには、入り乱れる種々多数の信号の流れを正しく把握しなければならない。

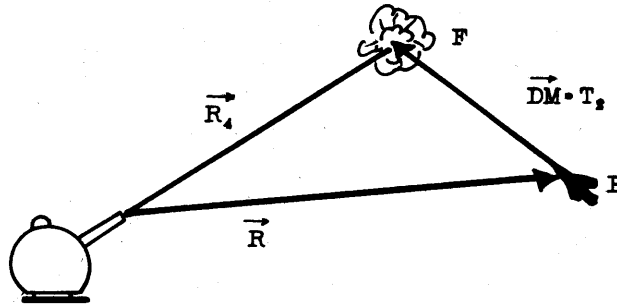
この射撃盤の最も重要な機能である見越計算原理について理解を深め

# HP『海軍砲術学校』公開資料

るものとする。

次の説明における弾道を直線弾道（弾丸の重力降下はない。）と仮定する。

## (1) 命中三角形



第1図 命中三角形

第1図において

P点を目標が既知の速度  $\vec{DM}$  で移動している場合を考え時間  $t=0$  で弾丸を発射したとすると、弾丸が目標に命中する条件は、次の式で示される。

$$\vec{R}_4 = \vec{R} + \vec{DM} \cdot T_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$\vec{R}_4$  : 弾丸が目標に命中する点、すなわち砲指向の位置諸元で射撃盤の見越角計算部で算出される。

$\vec{R}$  : 弾丸を打出した瞬間の目標現在位置諸元でレーダで検出され測的盤から刻々射撃盤へ送られてくる。

$T_2$  : 命中点までの弾丸の飛行時間で射撃盤の弾道計算部で算出される。

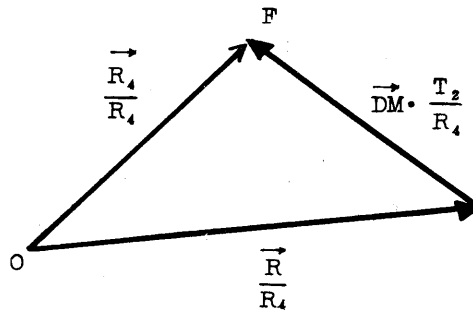
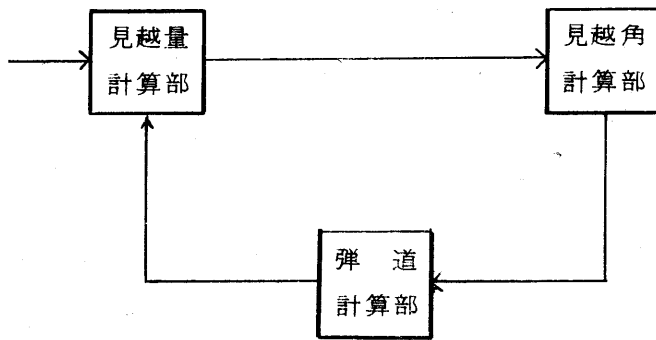
$\vec{DM} \cdot T_2$  : 目標の速度見越量で、射撃盤の見越角計算部で算出される。

なお、 $\vec{DM}$  は目標位置諸元を微分した信号で測的盤管制部か

# HP『海軍砲術学校』公開資料

ら送られてくる。

(1)式が満足されるには正しい $T_2$  がわからなければならないが、 $T_2$  は $R_4$ の函数で与えられる。また $R_4$ も $T_2$ の函数であるため見越量計算部、見越角計算部及び弾道計算部は閉じたループを形成しなければならないのである。



第2図 命中3角形

# HP『海軍砲術学校』公開資料

(2) 第2図の命中条件式は

$$\frac{\vec{R}_4}{R_4} = \frac{\vec{R}}{R_4} + \vec{DM} \cdot \frac{T_2}{R_4} \dots\dots\dots (2)$$

となり(1)式では弾道変数が  $T_2$  であつたのに対して(2)式では  $T_2/R_4$  が弾道変数となる。

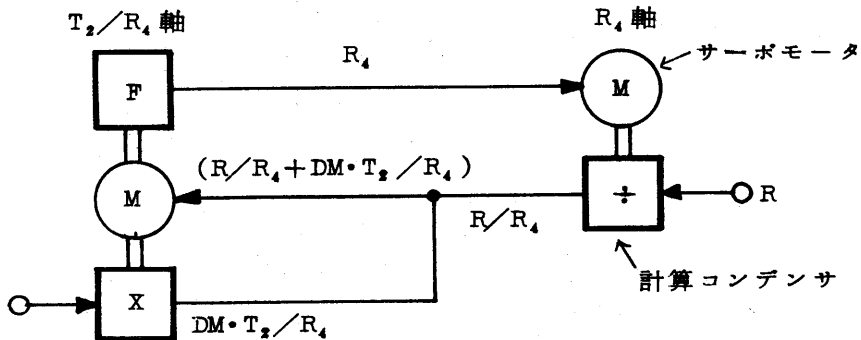
射撃盤の基本見越計算式は(2)式を変形して次のようにしている。

$$\frac{\vec{R}_4}{R_4} - \left( \frac{\vec{R}}{R_4} + \vec{DM} \cdot \frac{T_2}{R_4} \right) = \epsilon \dots\dots\dots (3)$$

刻々に変化する  $\vec{R}$  に対して常に  $\epsilon = 0$  とするよな  $\vec{R}_4$  を求めているわけである。

実際には、 $\vec{R}$ 、 $\vec{R}_4$ 、 $\vec{DM}$  は3次元(座標)のベクトルであるのでこのベクトルの分解や、座標変換のため複雑な計算回路が必要となる。

簡単な例として、1次元の場合の見越計算系ブロック図を示せば次のとおりである。

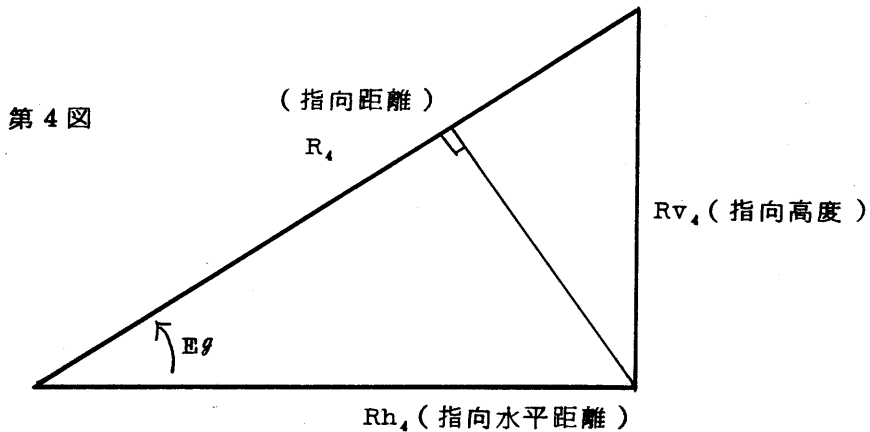


第3図 見越計算系ブロック略図

# HP『海軍砲術学校』公開資料

- (3) 射撃盤の見越計算に用いられる距離を表わす量は(2)項のようにすべて  $R_4$  で割つて無次元化された信号 ( $\frac{R}{R_4} \cdot \frac{T}{R_4}$  のように) である。

これは、アナログ計算機において幾何計算の精度を上げるため、逆数の  $\frac{1}{R_4}$  を使うことによつて計算電圧をできるだけ大きくしている。



第4図におけるサーボ制式は、

$$RV_4 \cos Eg - Rh_4 \sin Eg = 0$$

であるがこれを  $R_4$  で割り

$$\frac{RV_4}{R_4} \cos Eg - \frac{Rh_4}{R_4} \sin Eg = 0$$

アナログ計算機では、この計算を行う場合、 $R$  のスケールを入れる必要がある。射撃盤では  $R \rightarrow 30,000$  ヤードを  $1$  とし、 $15V$  としている。

たとえば、 $Rh_4$  が  $10,000$  ヤードの場合は  $\frac{1}{3}$  であり電圧は  $5V$  となる。ところが近距離  $1,000$  ヤードのときは  $\frac{1}{30}$  となり、 $0.5V$  と小さい電圧となつてしまう。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

もし、計算過程に同じ誤差が発生するものとするれば小さな電圧のときほど誤差の影響が大となるのである。これを防ぎ大きい電圧計算を行わせるため射撃盤では $\frac{Rh_4}{R_4}$ のように各諸元を $R_4$ で割って計算をしている。

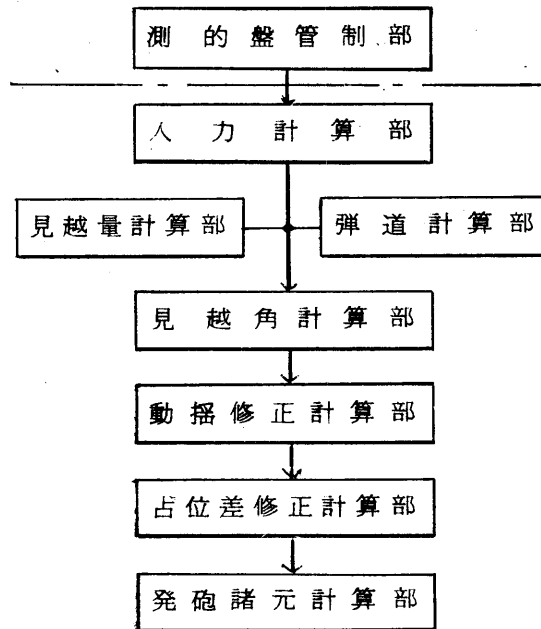
## 5 機能別分類

射撃盤を機能別に分類すれば、次の計算部に大別される。

- 入力計算部
- 見越算計算部
- 弾道計算部
- 見越角計算部
- 動揺修正計算部
- 占位差修正計算部
- 発砲諸元計算部
- 目標表示用諸元計算部
- 信管秒時計算部
- 星弾修正計算部

A ドロワ	B	C
D	E	F

# HP『海軍砲術学校』公開資料



## 6 主要計算部の機能

### (1) 入力計算部

入力計算部は、測的盤から目標現在位置諸元を一旦サーボ軸で受ける部分であり、またこの軸に取付けられている計算素子は各計算部（E・B・Y・R）の演算を行う。

速度諸元には、目標が加速度運動をしている場合は適切な加速度修正量を加えられて見越量計算部に送られる。

### (2) 見越量計算部

見越量計算部においては、弾道計算部で決定される弾道変数  $T_2/R_4$ （弾丸飛行秒時を指向距離  $R_4$  で割算した信号）と、目標速度  $DM_{hx}$ 、 $DM_{hy}$ 、 $DM_v$  とによつて東西(X)、南北(Y)、上下(Z)方向の速度見越量

# HP『海軍砲術学校』公開資料

を算出する。

弾道計算部から算出された初速、空気密度、気温（5インチなし）及び風等の当日修正による水平面内射線方向の弾道偏差量と、定偏及び横風による水平面内射線・右方向の弾道偏差量とを $X$ 、 $Y$ 方向成分に座標変換する。

速度見越量と弾道偏差量の $X$ 、 $Y$ 方向成分をまとめ変位総和の $Mhx_4/R_4$ 、 $Mhy_4/R_4$ を算出する。

$Z$ 方向については、弾道計算部で算出される砲軸角成分及び当日修正による上下方向弾道偏差量を $Z$ 方向速度見越量に加えて、 $Z$ 方向変位総和 $MV_4/R_4$ を算出する。

また陸上支援射撃等の場合はその修正量 $\Delta X/R_4$ 及び $\Delta Z/R_4$ を各方向変位に加える。

### (3) 弾道計算部

見越角計算部からの $Rh_4/R_4$ と $RV_4/R_4$ によつて射線高角 $E\theta$ を決定し、 $R_4$ と $E\theta$ で決定される $T_2/R_4$ 及び各種弾道量（主弾道 $R_4$ 、砲軸角成分 $b(Mv)/R_4$ 、定偏 $b(Mb)/R_4$ 、その他当日修正による弾道偏差量）並びに弾丸飛行秒時を算出して見越計算部に送る。

### (4) 見越角計算部

見越角計算部は、目標現在位置諸元及び見越量計算部で求めた $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 方向変位総和をもとに北基準直角座標系の原点に砲を固定した場合、砲がねらうべき指向方向の位置諸元を算出する。

このうち照尺角 $(V)$ と水平面苗頭 $(Lh)$ は、発砲諸元計算部に送られて発砲諸元計出に寄与するが、指向距離 $R_4/R_4$ 、指向水平距離 $Rh_4/R_4$ 及び指向高度 $RV_4/R_4$ は弾道変数 $T_2/R_4$ を正しく決定す



# HP『海軍砲術学校』公開資料

るため弾道計算部に送られる。

## (5) 動揺修正計算部

垂直ジャイロ(MK19ジャイロ)から、ロール角 $Z_0$ 及びピッチ角 $E_{10}$ を受けて(スタビライザ経由)、水平面内艦首基準直角座標系での照準点を甲板面艦首基準直角座標系に座標変換し、この移動量から砲に対する旋回及び俯仰の修正角を算出する。

速度見越、弾道偏差量等から見越角が算出されたが、これは水平面内にスタビライズされた方位盤中心直角座標系での値である。したがって、甲板上にある砲は甲板面艦首基準直角座標系で管制されており艦の動揺に応じて座標軸は傾き照準点は移動するのでこれに対する修正角を算出する。

## (6) 占位差修正計算部

算定された見越角及び修正角はすべて砲を方位盤中心に一致させた場合の値であり、実際には砲と方位盤との間には占位差がある。この占位差に対する修正角を計算するのが占位差修正計算部である。

## (7) 発砲諸元計算部

算定された見越角及び動揺修正角はシンクロの角度信号として旋回及び俯仰の成分ごとくまとめ、これに方位盤の目標現在相対方位 $B$ 及び目標高角 $E$ を加えて発砲諸元を算出する。求められた発砲諸元はシンクロ角度信号として砲に送られ砲を管制する。

## (8) 目標表示用諸元計算部

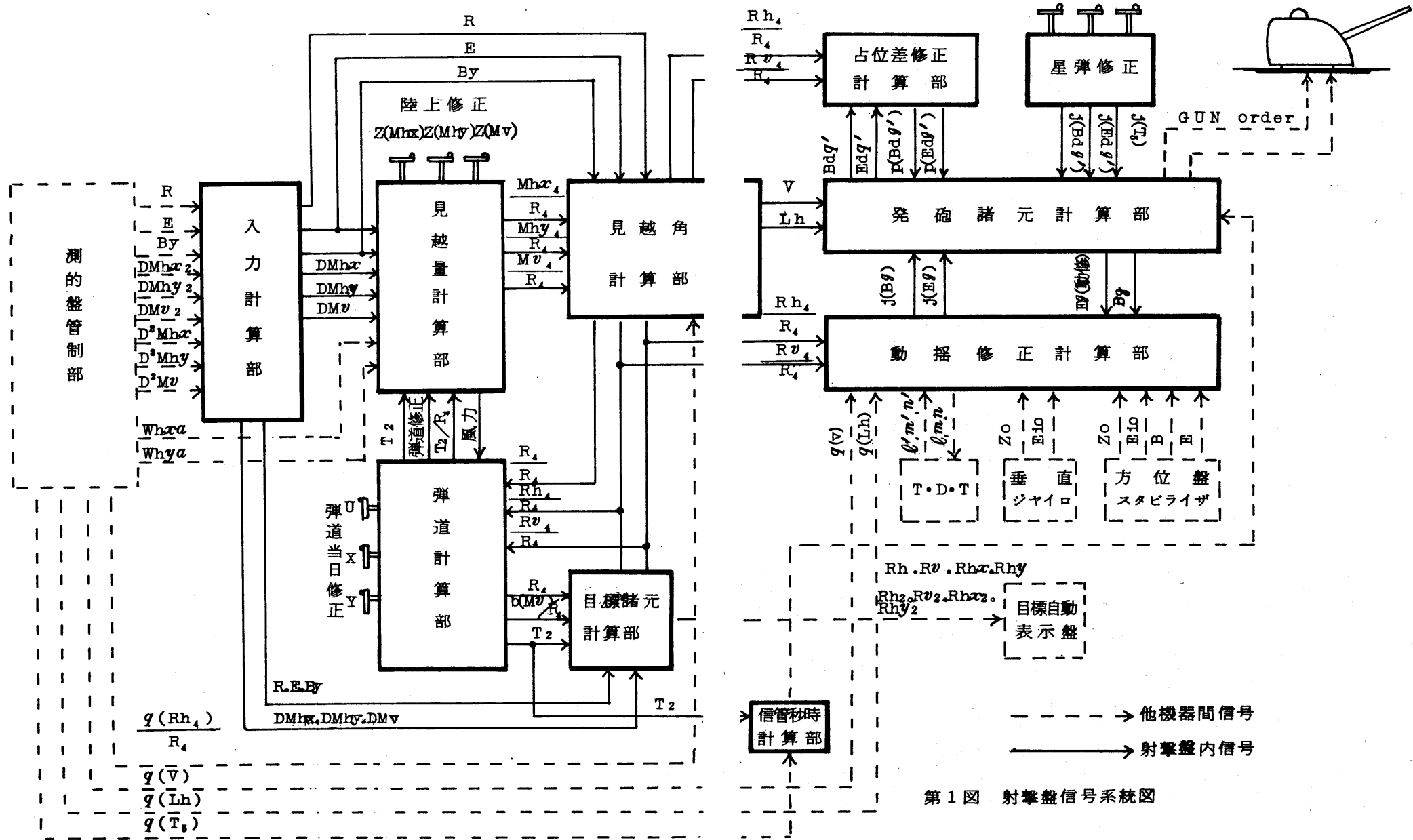
この計算部は、目標自動表示盤に目標運動の航跡(水平面内、垂直面内)を記録するための諸元を算出する。

(9) 信管秒時計算部

信管秒時計算部は1型Aのみで、Bドロワにおいて弾丸飛行秒時 $T_2$ をもとに装てん費消時等を加え算出される。

信管秒時修正量 $q(T_0)$ は測的盤管制部から加えられる。

7 射撃盤信号系統



## 第2章 機能、作動

### 1 演算回路

現用計算機にはアナログ型とデジタル型があるがGFCS 1型の射撃盤は400HZ交流サーボ式アナログ計算機である。

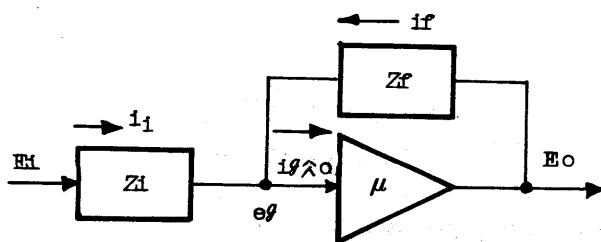
この射撃盤では、「距離」「時間」「速度」「角度」等の量をすべてスケーリングした電圧(例:距離30,000ヤードを15V)に置きかえ、基本的な四則演算、微分、積分及び三角関数の演算を行っている。

射撃盤全体は非常に複雑ではあるが、各種演算回路の集まりにすぎないので個々の基本演算回路を十分理解しておけば計算機全体の動作も容易には握ることができる。

#### (1) 演算増幅器

アナログ計算機において、その基本となるものは演算増幅器である。演算増幅器は高ゲイン、高入力インピーダンスを有する増幅器であり、射撃盤ではAC3S増幅器が用いられている。

アナログ計算機の最も基本となるのは、第1図のように増幅器にフィードバックをかけたときの入力電圧 $E_i$ と出力電圧 $E_o$ の関係である。



第1図 基本演算回路

$$\mu = -\frac{E_o}{e_f} \quad (\text{演算増幅器のゲイン})$$

$z_i, Z_f$ : 演算インピーダンス

# HP『海軍砲術学校』公開資料

第1図において増幅器の入力インピーダンスが十分高く  $i_g = 0$  (増幅器に電流が流れ込まない) とすれば、次の関係が成立する。

キルヒホッフの法則により

$$i_n + i_f = i_g = 0$$

$$\text{故に } \frac{E_i - e_g}{Z_i} + \frac{E_o - e_g}{Z_f} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\mu = - \frac{E_o}{e_g} \quad \dots\dots\dots (2)$$

(1)式に(2)式を代入し  $e_g$  を消去すると

(2)式から  $e_g = - \frac{E_o}{\mu}$  であるから(1)式は

$$\frac{E_i + E_o/\mu}{Z_i} + \frac{E_o + E_o/\mu}{Z_f} = \frac{E_i}{Z_i} + \frac{E_o}{\mu Z_i} + \frac{E_o}{Z_f} + \frac{E_o}{\mu Z_f} = \frac{E_i}{Z_i} +$$

$$\frac{E_o (Z_f + \mu Z_i + Z_i)}{\mu Z_i Z_f}$$

$$\rightarrow E_o = - \frac{E_i}{Z_i} \times \frac{\mu Z_i Z_f}{Z_f + \mu Z_i + Z_i} \quad \dots\dots\dots (3)$$

(3)式の分子、分母を  $\mu$  で割り整理すると

$$E_o = - E_i \frac{Z_f}{Z_i + \frac{Z_i + Z_f}{\mu}} = - E_i \frac{Z_f}{Z_i} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{\mu} \left(1 + \frac{Z_f}{Z_i}\right)} \quad \dots\dots (4)$$

(4)式において  $\mu$  が非常に大きいとすれば

$$\frac{1}{1 + \frac{1}{\mu} \left(1 + \frac{Z_f}{Z_i}\right)} \text{ の項は } 1 \text{ に近付き } \boxed{E_o \doteq - \frac{Z_f}{Z_i} E_i} \text{ となる。}$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

このことは、回路の利得(ゲイン)は入力インピーダンス( $Z_i$ )と帰還インピーダンス( $Z_f$ )の比で決つてしまい、増幅器の利得に直接関係しないことを示している。

## 演算増幅器の要求性能

- 高ゲイン
- 低出力インピーダンス
- 低歪率
- 低ノイズ

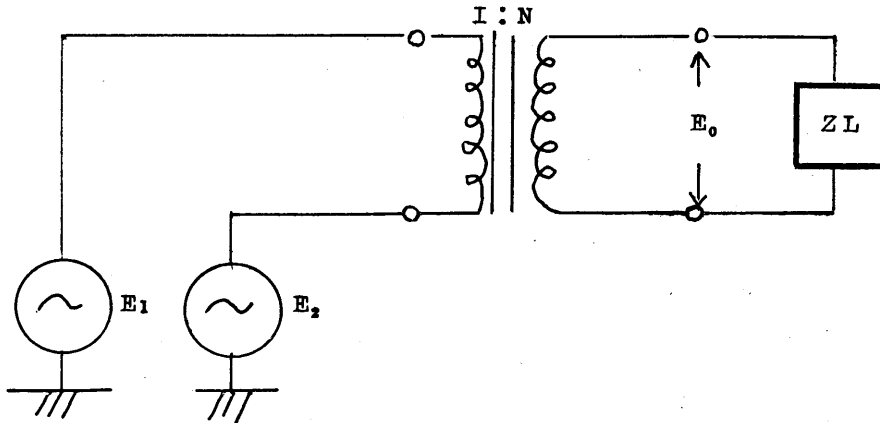
## 演算増幅器(AC3S)の性能

項	目	性 能
開回路ゲイン	60db以上	66db(2000倍)以上
最大出力	10V以上	23V(r.m.s)以上
ノイズ	60db以下	2mV以下(ゲイン=1のとき)
入力インピーダンス	$10^8 \Omega$ 以上	$12^{12} \Omega$ 以上
出力インピーダンス	$10^5 \Omega$ 以下	39K $\Omega$

## (2) 加算回路

交流演算で加減算を行うにはトランスを用いる方法と演算増幅器を用いる方法がある。

### ア トランス加算回路



第2図 トランスを用いた回路

トランスを用いる場合には、第2図のような接続となり、 $E_1$ 、 $E_2$ の信号源インピーダンスが共に低く、負荷インピーダンス $Z_L$ が高いときに誤差が少なく有効である。

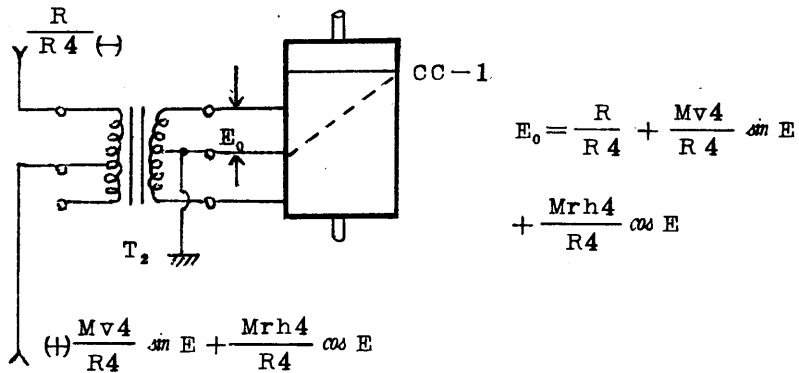
いま、 $E_1$ 、 $E_2$ が同相の場合

$$\text{出力 } E_0 = (E_1 - E_2) N \dots\dots\dots \text{減算}$$

$E_1$ 、 $E_2$ が逆相の場合

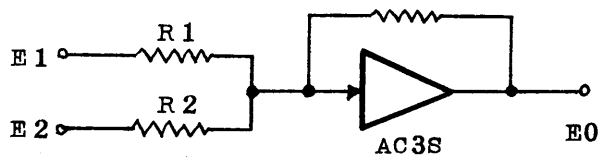
$$E_0 = (E_1 + E_2) N \dots\dots\dots \text{加算 となる。}$$

第3図は射撃盤EドロワV機構部の計算コンデンサCC1励磁用トランス $T_2$ で行っている加算例を示す。



第3図 トランスによる加算回路

イ 演算増幅器を用いた加算回路



第4図 演算増幅器による加算回路

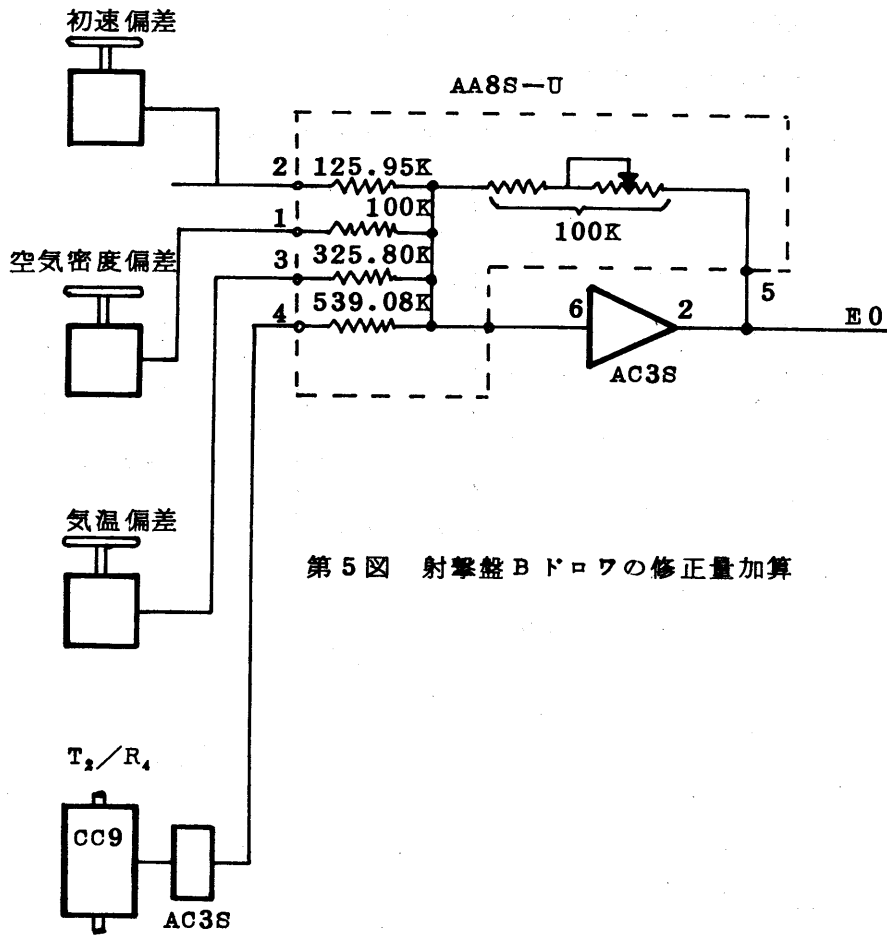
第4図は(1)項の基本演算回路の  $Z_1$ 、 $Z_f$  に抵抗を用いた場合であり、 $R_1$ 、 $R_2$  及び  $R_f$  の抵抗値を等しく選べば、

$$E_0 = -(E_1 + E_2) \text{ となる。}$$

$E_1$  と  $E_2$  を逆相にすれば  $E_0 = -(E_1 - E_2)$  となり減算となる。また  $\frac{R_f}{R_1}$ 、 $\frac{R_f}{R_2}$  を適当な値に選ぶことにより係数を持った加減算を行うことができる。

外部に付属する入力抵抗 ( $R_1$ 、 $R_2$ )、帰還抵抗 ( $R_f$ ) は A488 (アダプタ) に收容されている。





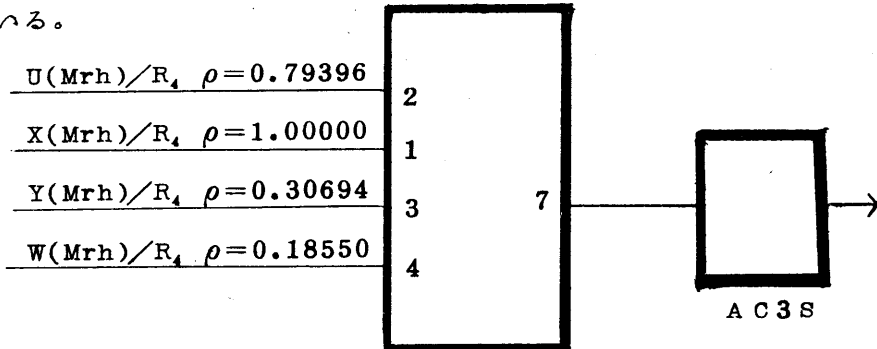
第5図 射撃盤Bドロワの修正量加算

$$\begin{aligned}
 E_0 &= - \left[ \frac{U(\text{Mrh})}{R_4} \cdot \frac{100}{125.95} + \frac{X(\text{Mrh})}{R_4} \cdot \frac{100}{100} + \frac{Y(\text{Mrh})}{R_4} \cdot \right. \\
 &\quad \left. \frac{100}{325.80} + \frac{W(\text{Mrh})}{R_4} \cdot \frac{100}{539.08} \right] \\
 &= - \left[ 0.7936 \frac{U(\text{Mrh})}{R_4} + \frac{X(\text{Mrh})}{R_4} + 0.30694 \frac{Y(\text{Mrh})}{R_4} + \right. \\
 &\quad \left. 0.1855 \frac{W(\text{Mrh})}{R_4} \right]
 \end{aligned}$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

ウ 演算増幅器ではすべて入力・出力間の位相が $180^\circ$ 違うため出力 ( $E_0$ ) に〔-〕の記号をつけている。

射撃盤では、このような加算回路を第6図に示す記号で表わしている。



第6図 演算増幅器の回路記号

### (3) 乗算回路

アナログ計算機で乗算を行うには、純電気回路による方法と、サーボ方式による方法の2つがある。

射撃盤ではすべてサーボ方式によつて乗算は行われる。

第7図は最も基本的なサーボ式乗算回路である。

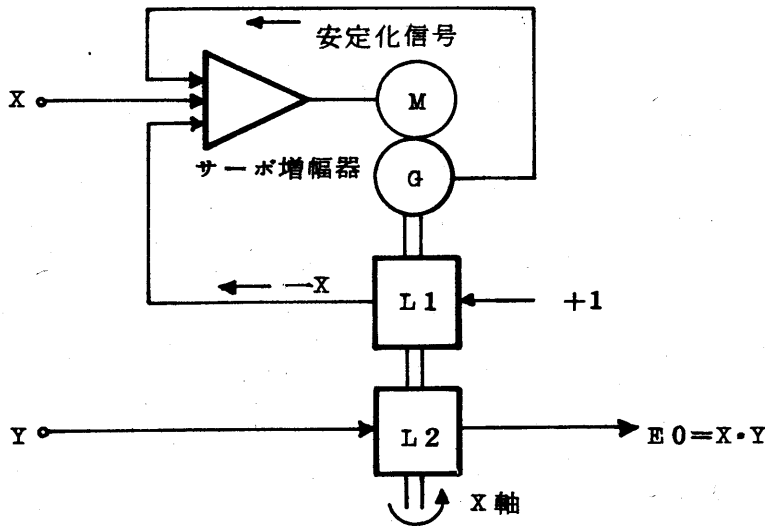
$L_1$  は直線型の計算コンデンサ又はポテンシヨメータとすれば、入力が $X(V)$ のとき、 $L_1$  からサーボ増幅器に帰還される電圧が $-X(V)$ に達するまでサーボモータは回転を続け、 $-X(V)$ の点でサーボは静止する。

すなわち $X$ 入力では $X$ 軸をある $\theta$ だけ回転させることになり、 $L_2$  に入力 $Y$ があれば、その出力は両入力( $X$ 、 $Y$ )の積( $E_0 = X \cdot Y$ )と

して  $L_2$  から取り出される。

また、直線形でなく、例えば三角函数あるいは特殊な弾道計算を行う函数形  $f(X)$  にすると、出力  $E_0 = E_0 = Y \cdot f(X)$  となる。

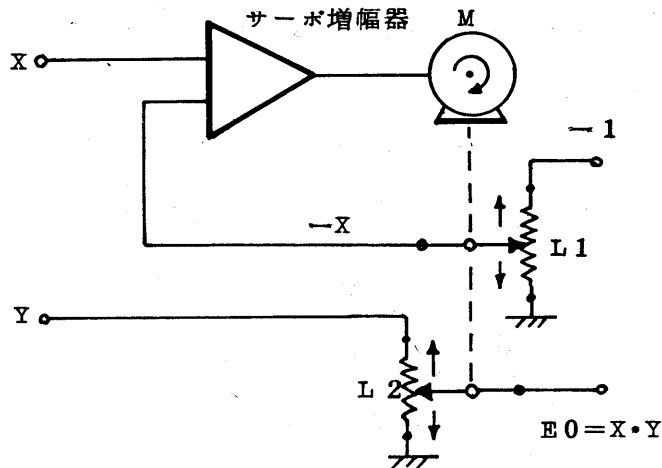
射撃盤では  $L_1$ 、 $L_2$  はすべて計算コンデンサを使用している。計算コンデンサは一種の可変空気コンデンサである。



第7図 サーボ式乗算回路

第8図において、ポテンシヨメータを使用した乗算回路について考えると、

$X$  は 0 から 1(V) まで変化し、 $Y$  は 0 から 5(V) まで変化するものとし、 $L_1$ 、 $L_2$  ポテンシヨメータの有効回転範囲が  $0 \sim 340$  度、 $L_1$  のアームから取り出される電圧はアームの回転位置によつて  $0V$  から  $-1(V)$  まで変化する。また、 $X$  及び  $Y$  の電圧を任意に  $X = 0.73(V)$ 、 $Y = 3.14(V)$  と仮定する。



第8図 ポテンシヨメータによる乗算

- ア 入力Xで、このサーボ系は始動しMは回転する。
- イ Mの回転はL<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>のアームを同時に回転させる。
- ウ L<sub>1</sub>のアーム電圧が-0.73(V)=-Xになつたとき、入力電圧X = 0.73(V)は打ち消されて、サーボ増幅器の出力はゼロとなり、Mは停止する。
- エ このときのL<sub>1</sub>のアーム位置、すなわち回転角度は〔340×0.73〕 = 248.2度(アームが接地したとき0度とする)である。
- オ 当然L<sub>2</sub>のアームも248.2度回転した位置となる。
- カ Yが3.14(V)であるのでL<sub>2</sub>のアームから取り出されるE<sub>0</sub>は、  

$$\frac{3.14 \times 248.2}{340} = 2.2922(V)$$
 である。これは3.14×0.73すなわちXとYの積に等しい値である。

実際の乗算でL<sub>1</sub>に加える電圧が低い(Xの値が小さい)と、サーボ系の追従精度が低下し、計算誤差が大きくなるため、ポテンシ

# HP『海軍砲術学校』公開資料

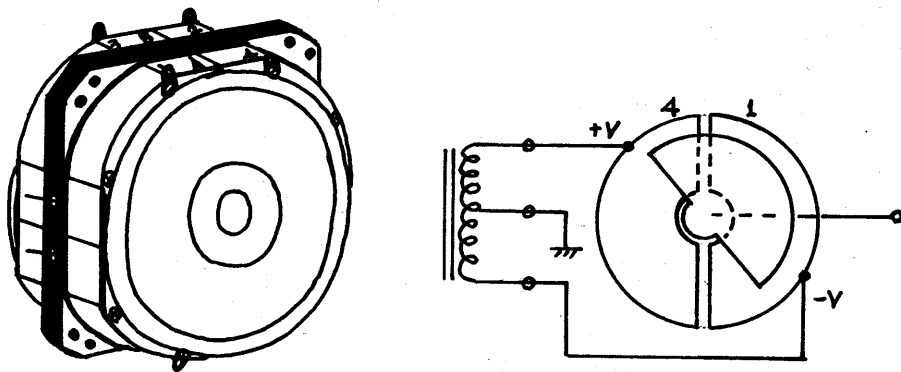
ポテンシオメータを用いるのは、適当でない。そのため射撃盤では計算コンデンサと演算増幅器を組み合わせた回路を用いているが、原理はポテンシオメータを用いる場合と同じである。

## (4) 計算コンデンサ

射撃盤及び測的盤の計算精度を決定する重要素子で、その構造は可変コンデンサの一種である。

直線、三角及び弾道関数を発生するようロータを加工し、ロータとステータの対向面積を角度により変化させ種々の関数を計算させている。

1個の計算コンデンサにより2チャンネル(a、b)の機能がある。



第9図 計算コンデンサ

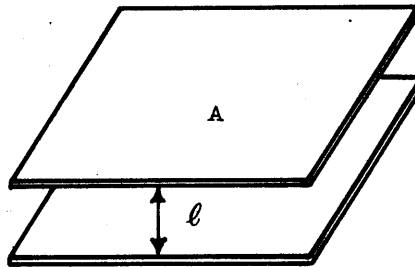
### ア 作動原理

第10図のような面積  $A$  ( $m^2$ ) の金属板2枚を  $l$  ( $m$ ) の間隔をおいたときの静電容量  $C$  は(1)式で示される。

$$C = \epsilon_0 \epsilon_s \frac{A}{l} \text{ (F)} \quad \text{----- (1)}$$

$\epsilon_0$  : 誘電率  $8,855 \times 10^{-12}$  (F/m)

$\epsilon_s$  : 比誘電率 (物質の真空に対する誘電率)

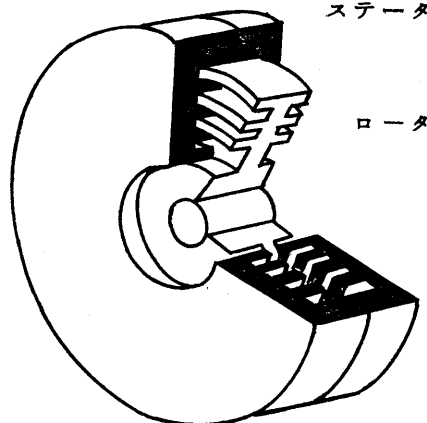


第 10 図

すなわち、静電容量(C)は比誘電率( $\epsilon_s$ )と対向面積(A)の積に比例し、対向距離( $l$ )に反比例する。

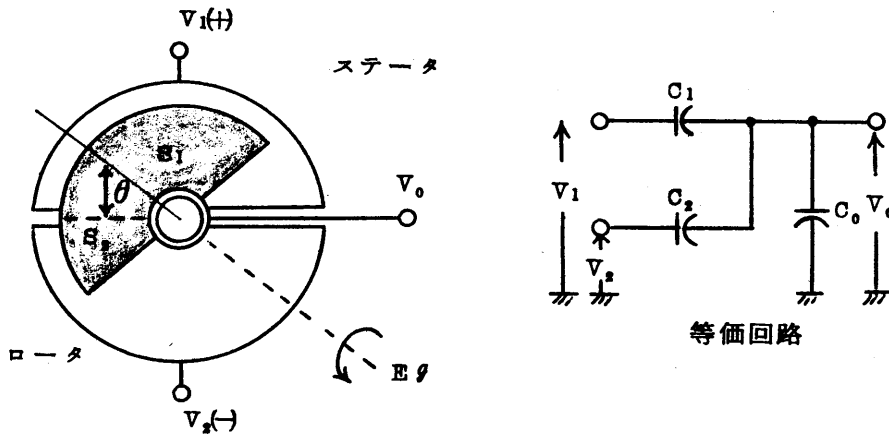
計算コンデンサは比誘電率の大きい誘電体を入れることはできず誘電体が空気であるので比誘電率は1であり、そのため、静電容量を増加させる為には対向面積を大きくするか、対向距離を短かくするという2つの方法がある。

しかし、対向距離を狭くすることは機械的に限度があるので、クシ形の溝を作り、できるだけ対向面積を増し 静電容量を増加している。



第 11 図

第 11 図のようなクシ形のロータ、ステータを作り、さらにロータ形状を偏差量に応じた面積になるように作成して、軸を回転させることによつて所要の容量とされている。



第12図 計算コンデンサ原理

$C_1$  : 面積  $S_1$  の静電容量

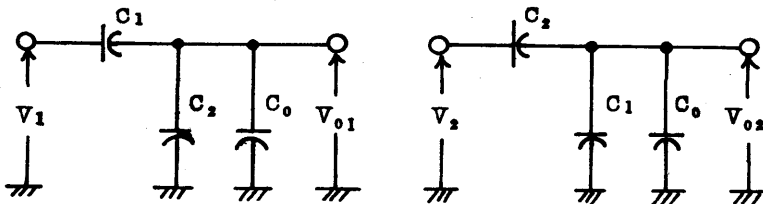
$C_2$  : 面積  $S_2$  の静電容量

$C_0$  : ロータ引出し線やその他の浮遊容量

第12図において、ロータの回転角  $\theta$  のとき、ステータとロータの対向面積を  $S_1$ 、 $S_2$  とすると、静電容量  $C_1$ 、 $C_2$  は面積  $S_1$ 、 $S_2$  に比例する。

ステータに  $V_1$ 、 $V_2$  の交流電圧を加えると、ロータの出力電圧  $V_0$  は、次のようにして求められる。

等価回路を変形（重ねの理）すると、



第13図 計算コンデンサ等価回路

$$V_{O1} = \frac{\frac{1}{j\omega(C_2 + C_0)}}{\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega(C_2 + C_0)}} V_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{O2} = \frac{\frac{1}{j\omega(C_1 + C_0)}}{\frac{1}{j\omega C_2} + \frac{1}{j\omega(C_1 + C_0)}} V_2 \dots\dots\dots (2)$$

$$V_O = V_{O1} + V_{O2}$$

$$= \frac{\frac{1}{j\omega(C_2 + C_0)} V_1}{\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega(C_2 + C_0)}} + \frac{\frac{1}{j\omega(C_1 + C_0)} V_2}{\frac{1}{j\omega C_2} + \frac{1}{j\omega(C_1 + C_0)}} \dots\dots\dots (3)$$

$$= \frac{C_1 V_1}{C_1 + C_2 + C_0} + \frac{C_2 V_2}{C_1 + C_2 + C_0} \dots\dots\dots (4)$$

$V_1 = -V_2$   $f(d)$ を回転角 $\theta$ の関数とすると、 $C_1 - C_2 = C_0 f(d)$

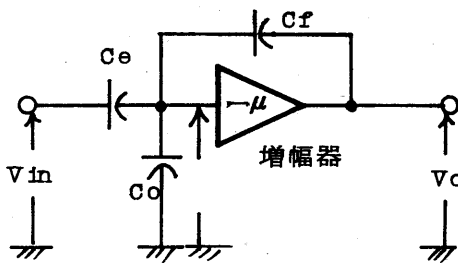
となり、

$$V_O = \frac{C_0}{C_1 + C_2 + C_0} f(d) V_1 \dots\dots\dots (5)$$

$C_0$ は $C_1 - C_2$ の最大容量である。 $C_1 - C_2$ の容量を任意の関数にしておけば回転角に対する任意の関数が得られるのである。

計算電圧の周波数は400Hzを用い第6図の負帰還増幅器で演算をしている。



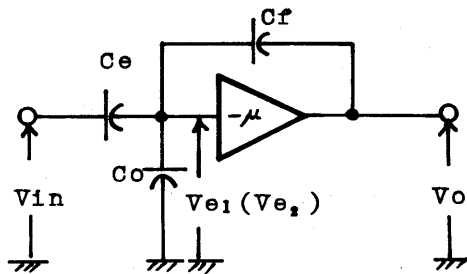


$V_{in}$ : 入力電圧  
 $V_o$ : 出力電圧  
 $C_e$ : 計算コンデンサ容量  
 $C_f$ : 帰還コンデンサ容量  
 $C_o$ : 浮遊容量

第 14 図 計算コンデンサ増幅回路

増幅器の入力インピーダンスが非常に高いので、増幅器に電流が流れないものとする。

重ねの理により第 15 図に示す等価回路となる。



第 15 図 等価回路

$$V_{e1} = \frac{\frac{1}{j\omega(C_o + C_f)} V_{in}}{\frac{1}{j\omega C_e} + \frac{1}{j\omega(C_o + C_f)}} \quad (1)$$

$$V_{e2} = \frac{\frac{1}{j\omega(Ce+Co)} V_o}{\frac{1}{j\omega Cf} + \frac{1}{j\omega(Ce+Co)}} \quad (2)$$

$$V_e = V_{e1} + V_{e2} = \frac{Ce}{Co+Cf+Ce} V_{in} + \frac{Cf}{Co+Cf+Ce} V_o \quad (3)$$

増幅器の利得を $-\mu$ とすると、

$$V_o = -\mu V_e \quad (4)$$

$$\frac{V_o}{-\mu} = \frac{Ce}{Co+Cf+Ce} V_{in} + \frac{Cf}{Co+Cf+Ce} V_o \quad (5)$$

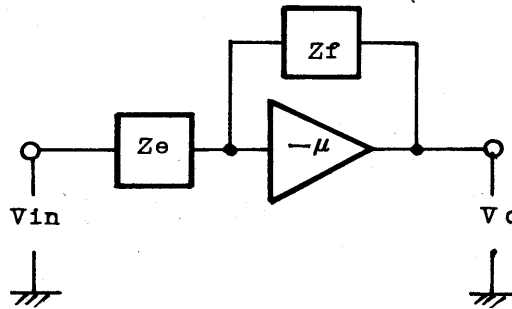
$$\frac{Co+Cf+Ce+\mu Cf}{\mu(Co+Cf+Ce)} V_o = -\frac{Ce}{Co+Cf+Ce} V_{in} \quad (6)$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{\mu Ce}{Co+Cf+Ce+\mu Cf} = \frac{Ce}{\frac{Co+Cf+Ce}{\mu} + Cf} \quad (7)$$

式で $\mu$ が大きいので $\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{Ce}{Cf}$ になる。

帰還容量 $Cf$ を所要の利得に合わせておくと、計算コンデンサの容量 $Ce$ は、ロータ回転角によつて変化するので、回転角に対する所要の関数が得られるのである。

一般的に第16図の演算回路は $\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{Z_f}{Z_e}$ なる関係が成立する。

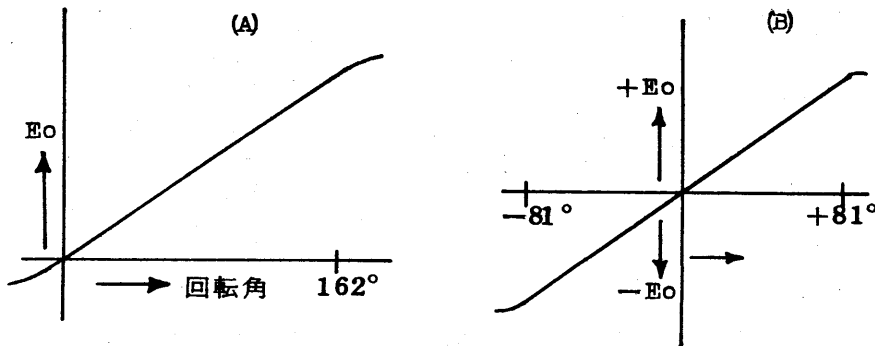


第16図 演算回路

直線型計算コンデンサ  $C_i$  の最大値は 200PF 程度であるから、帰還コンデンサ  $C_f$  に 210PF を固定とし、AA7 のゲイン調整用抵抗  $(G)$  を可変すれば  $C_i$  の最大値の点で  $E_o = -E_i$  とすることができる。

計算コンデンサの回転角  $\theta$  と出力電圧  $E_o$  の関係を示せば次のようになる。

第17図の実線の場合はA、点線で示した場合はBのようになる。



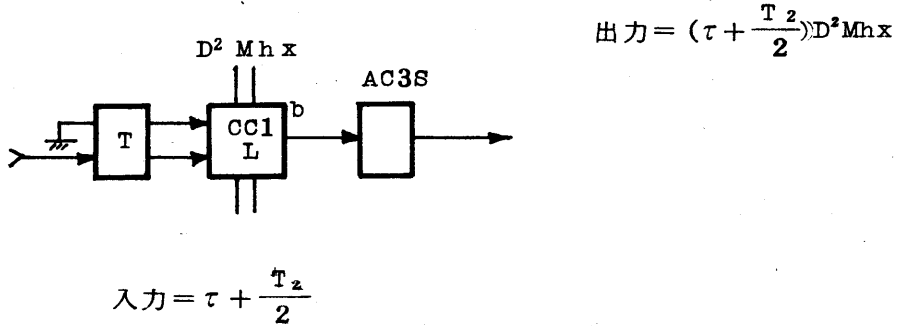
第17図 出力電圧  $E_o$

このように直線型計算コンデンサはその軸の回転角に比例した出力電圧を発生する。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

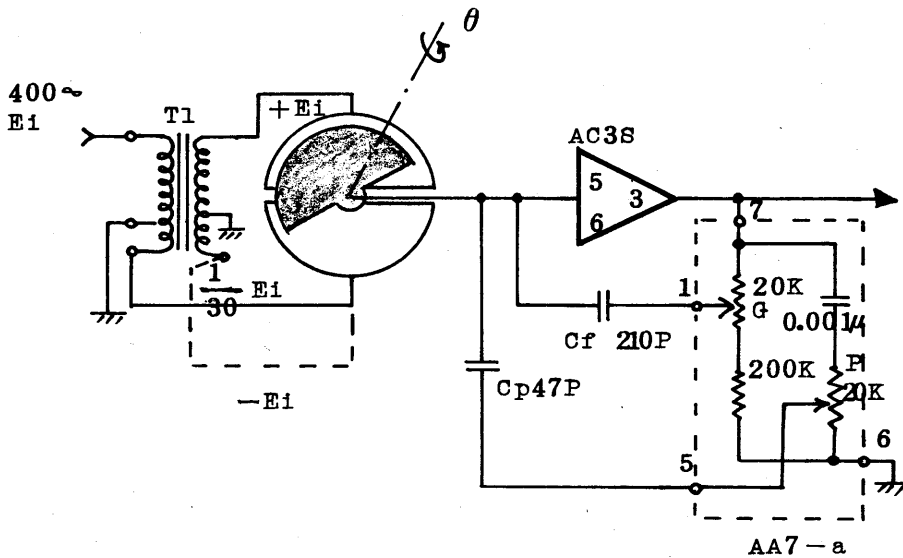
直線型計算コンデンサと演算増幅器を用いた回路の記号を第18

図のように表わしている。



第18図

## イ 直線型計算コンデンサ



第19図 直線型計算コンデンサの使用回路

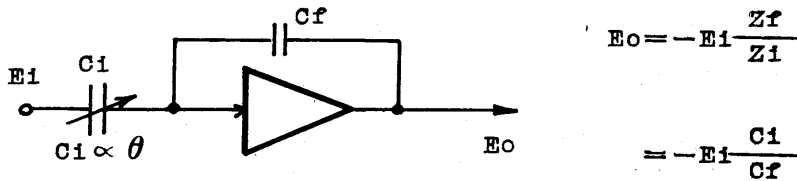
第19図は実際の使用回路である。

入力電圧  $E_i$  は計算コンデンサ励磁用トランス  $T_1$  で精度良く、  
 $+E_i$ 、 $-\frac{1}{30} E_i$  (又は  $-E_i$ ) に分割され計算コンデンサのステータ

# HP『海軍砲術学校』公開資料

に加えられる。 $-\frac{1}{30}E_1$ は計算特性を良好にするために加えられる電圧である。(物理的に計算コンデンサの静電容量をゼロにすることは不可能であるから、電氣的に実効容量を減らしておく)

直線型計算コンデンサの場合、ロータ、ステータ間の容量は回転角 $\theta$ に比例するので第19図は次図の等価回路に書き換えられる。

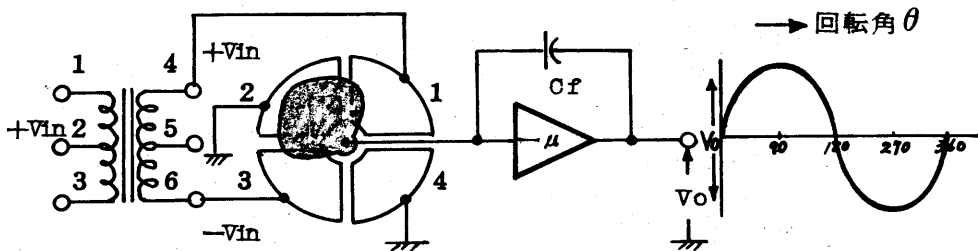


第20図

## ウ 三角関数 (sin, cos) 型計算コンデンサ

sin型計算コンデンサは座標変換等に用いられる代表的な計算コンデンサである。

回路を次の図に示す。



第21図 sin型計算コンデンサ

sin型計算コンデンサはステータが4分割されており、ロータの形状も直線型に比し小さくなっている。

第21図のようにステータの1、3に励磁(+V、-V)を加え、

# HP『海軍砲術学校』公開資料

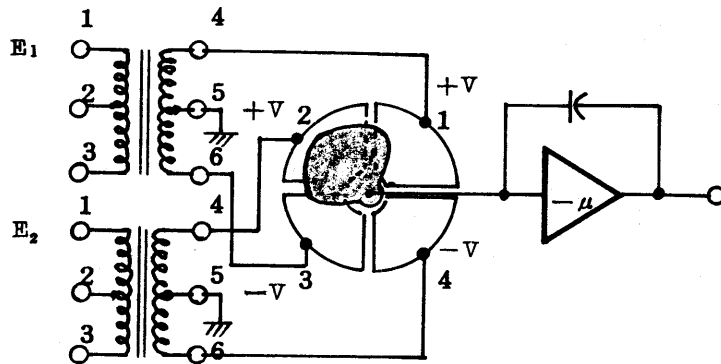
2、4をアースする。ロータがアースされたステータと対向する位置から回転すれば、出力は $\sin \theta$ に比例し、 $90^\circ$ 回転した位置から始めれば $\cos \theta$ に比例する。

すなわち、出力電圧  $V_0$  は、回転角に対し  $\sin$  関数であらわれる。

$\cos$  関数の演算は、実際にはトランスの励磁 4、6 をそれぞれ計算コンデンサのステータ 2、4 に加えている。

$\cos$  関数の相はステータに加える励磁電圧の相によつて左右され、回転方向によつては左右されない。すなわち出力  $V_0$  から正相を取り出したいときは、ステータ 2 に  $-V$ 、ステータ 4 に  $+V$  を励磁する。負相を取り出したいときは、ステータ 2 に  $+V$ 、ステータ 4 に  $-V$  を励磁すればよい。

また、 $\sin$   $\cos$  型計算コンデンサを第 22 図のように三角乗算及び加算の両電算を同時に行うことができる。



第 22 図 乗算及び加算回路

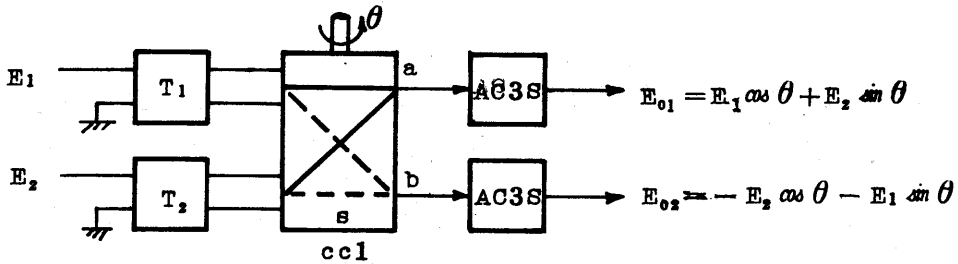
出力  $E_0$  は

$$E_0 = E_1 \sin \theta + E_2 \cos \theta$$

このような  $\sin$  型計算コンデンサ及び演算増幅器を用いた場合の記

# HP『海軍砲術学校』公開資料

号は第 23 図のように表わす。



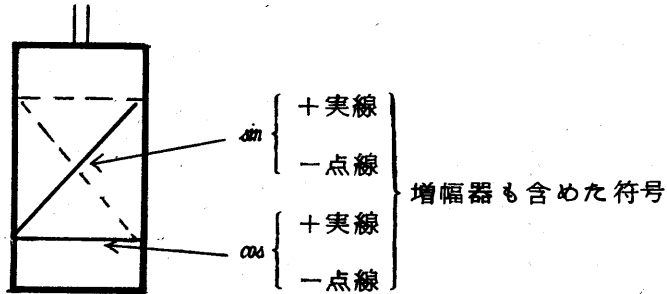
第 23 図 計算コンデンサ回路記号

注 1 S の点線部分及び b 並びに  $E_{02}$  の回路は示されていない。

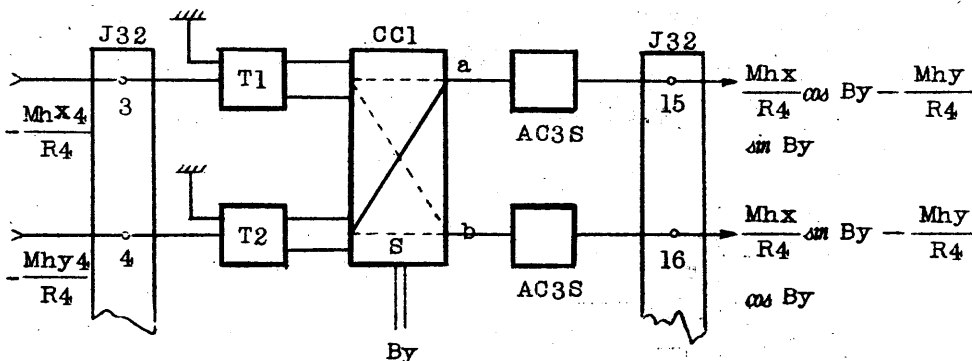
$T_1$ 、 $T_2$  の 2 次側から並列に計算コンデンサ (sin 型) が接続され AC3S 及び AA7-a が 1 回路加えられて、上図のようになる。

2 計算コンデンサは通常 2 個を 1 組として製造されているので第 23 図のような回路構成は容易に可能である。

3 第 23 図において



## 射撃盤の Sin 形計算コンデンサー使用例

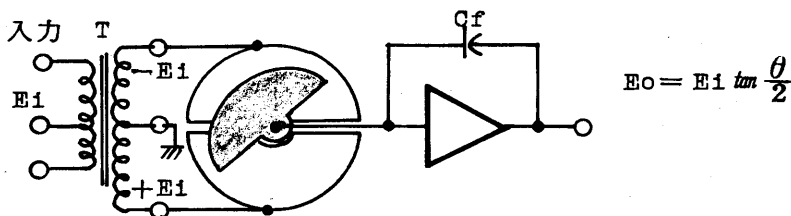


第 24 図

### エ tan 型計算コンデンサ

tan 型計算コンデンサは直線型計算コンデンサと非常によく似た構造で、励磁方法も同一でロータ形状が異つていただけである。

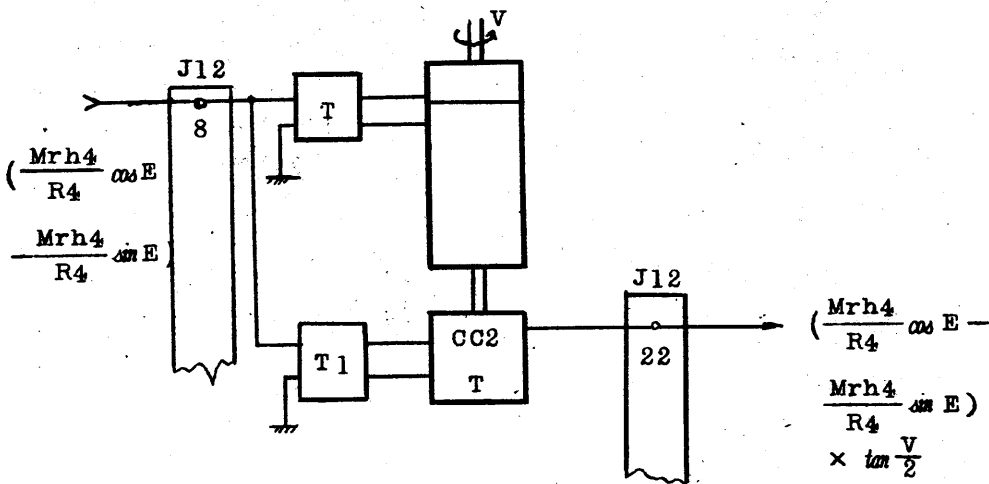
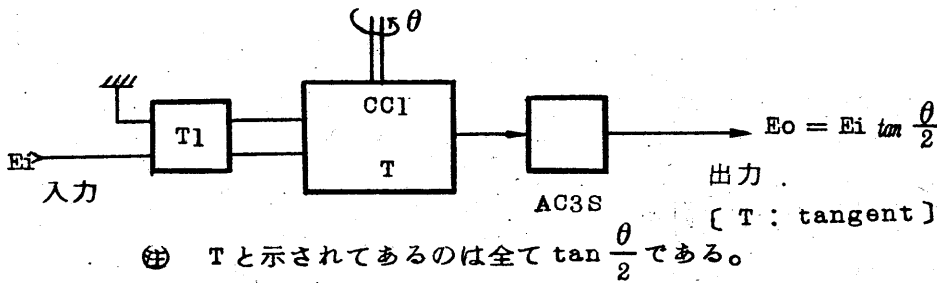
回路図を示せば第 25 図のとおりである。



第 25 図  $\tan \frac{\theta}{2}$  型計算コンデンサ

上図を記号では第 26 図のように示す。



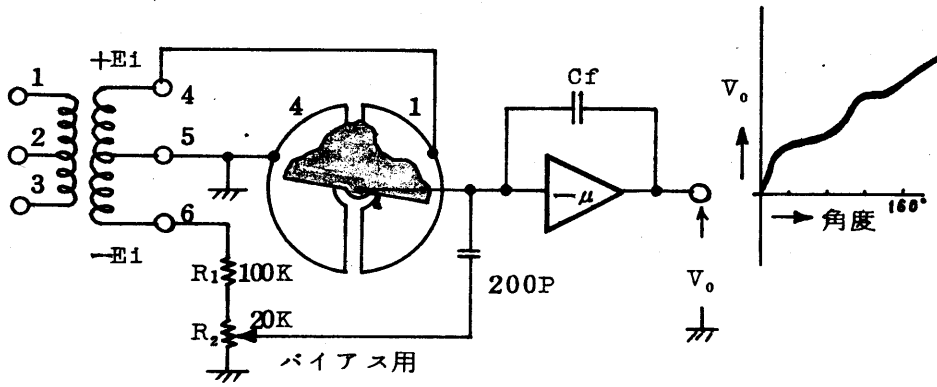


第 26 図  $\tan \frac{\theta}{2}$  型による乗算

オ 弾道計算コンデンサ (特殊関数発生用)

特殊関数型も原理は普通型と同じである。ステータには 2 分割、5 分割等であるが、その関数によつて固定バイアスを加えて特殊関数を発生しているものもある。

ロータ形状はそれぞれの特殊関数にマッチする特異な形状となっている。

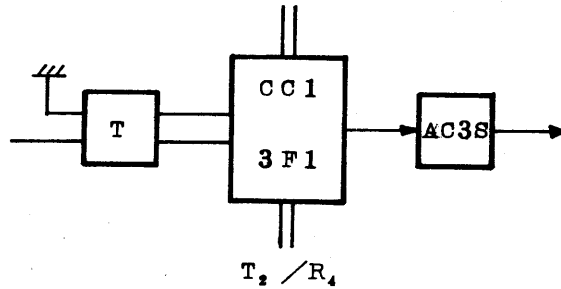


第 27 図 弾道計算コンデンサ

バイアス電圧

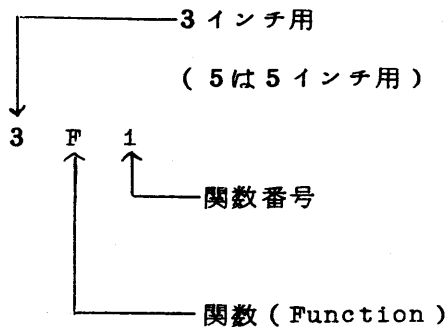
特殊関数発生用ロータは不規則な形態に設計されており、ゼロ点を調節するためバイアスをかけている。

弾道計算コンデンサを使用した回路の記号を次のように示す。



第 28 図 弾道計算コンデンサ使用の回路記号

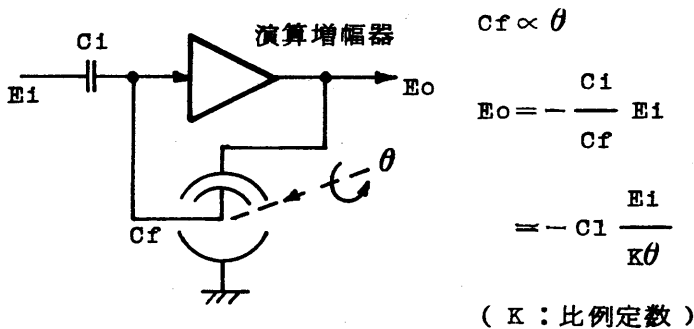
# HP『海軍砲術学校』公開資料



第28図のようにサーボ軸が計算コンデンサを直列に通す図は、乗算を意味する。

## (5) 除算回路

除算は原理的には乗算の逆を行うのである。第29図のように計算コンデンサをフィードバック側に接続することによって除算が行われる。



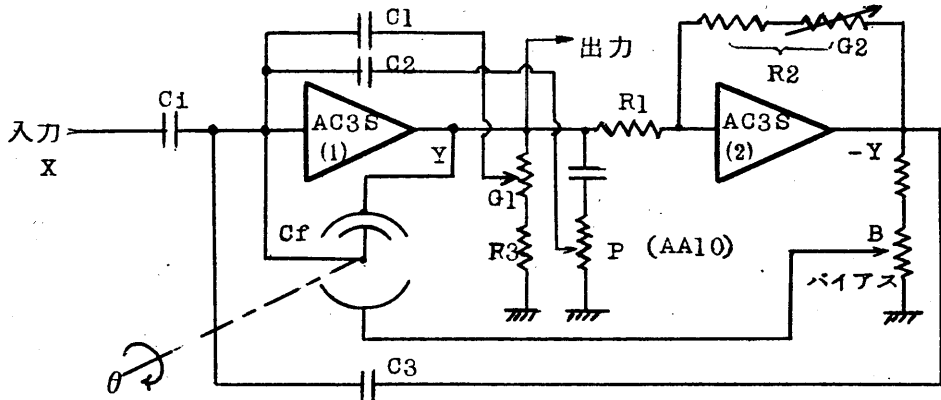
第29図 除算回路の基本

しかし、第20図の場合、演算増幅器のゲインが有限であるため高精度の演算を行うことができない。(  $C_f$  は理論的にゼロから実効最大容量まで変化しなければならないため、  $C_f$  がゼロに近い値ではゲインは無限に大きくななければならない。 )

この欠点を除くため、実際の回路では、正帰還回路を付加し、  $C_f$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

が減少して  $E_0$  が大きくなると正帰還回路が比例して増加し演算増幅回路のゲインを増大させ演算精度を図っている。



第 30 図 除算回路

〔参考〕

入力を  $X$ 、AC3S (1) の出力を  $Y$  とすれば、次の式を得る。

(AC3S (2) の回路を除外して考えると)

$$Y = -X \cdot \frac{C_1}{C_f} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{\mu} \left( 1 + \frac{C_1}{C_f} \right)}$$

この式の  $\frac{C_1}{C_f}$  が仮に 100 になったとすれば  $\frac{1}{1 + \frac{1}{\mu} \left( 1 + \frac{C_1}{C_f} \right)}$  の

項は約  $\frac{1}{1.05}$  となり、 $Y$  は  $-X \frac{C_1}{C_f}$  の値に比して約 5% マイナスの

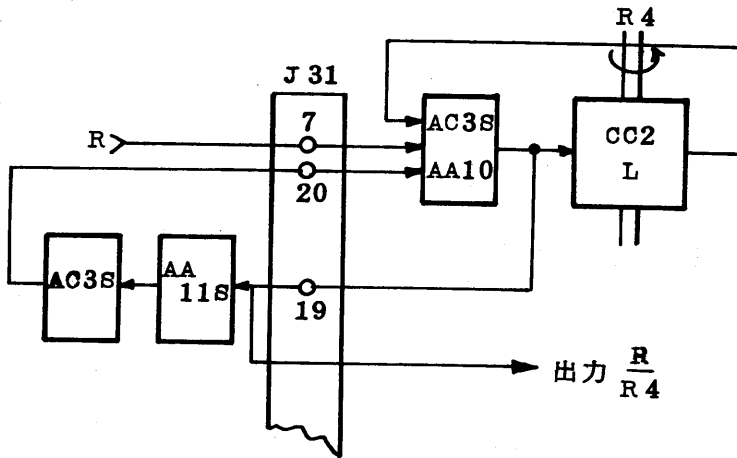
誤差を生ずる。

このとき、AC3S (2) の出力は、 $C_3$  を通して  $X$  と同相で (正) 帰還され、出力を約 5% 増加するよう動作する。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

この回路は、理論的には $\frac{C_1}{C_f} = 2000$ (AC3Sの開放利得)まで除算を行うことができる。

(2000を越えると、AC3Sが飽和して別の誤差を生ずる。)



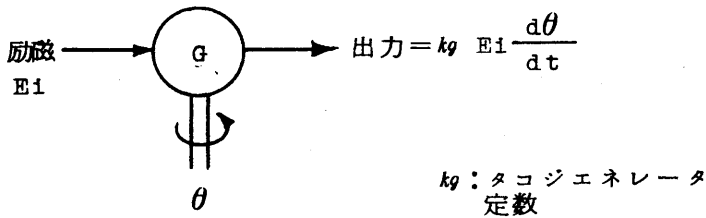
第 31 図 R<sub>4</sub> 軸の除算回路

## (6) 微分、積分回路

直流アナログ計算機では直流増幅器、抵抗、コンデンサによつて比較的簡単に微分(積分)演算を行うことができるが、交流サーボ式では交流電圧(400HZ)の包絡線を微分、積分しなければならないのでそれ程簡単ではない。

射撃盤では交流タコジェネレータ(交流速度発電機)により、この演算を行つている。タコジェネレータの出力電圧は軸の速度、すなわち回転角の微分値に比例することを利用してゐる。

### ア 微分回路

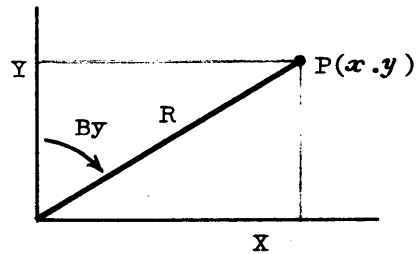


第 32 図 微分演算の基本回路

第 32 図は微分演算の基本回路である。実際には温度補償その他の補償を行う必要があつて AB13L、AB14L、AA34L などの各増幅器を必要としている。

この微分演算は、射撃指揮装置 1 型では的速を算定するのに使用される。

第 33 図 平面内の的速  
計算例



第 33 図において、目標の現在位置 P 点の座標をレーダの出力（極座標）で表わすと

$$X = R \sin By \quad Y = R \cos By$$

これらの目標速度 X、Y 成分の  $DM_x$ 、 $DM_y$  を求めれば

$$DM_x = \frac{dx}{dt} = \dot{R} \sin By + R \cdot \dot{By} \cos By \quad \left( \dot{R} = \frac{dR}{dt} \right)$$

$$DM_y = \frac{dy}{dt} = \dot{R} \cos By + R \cdot \dot{By} \sin By \quad \left( \dot{By} = \frac{dBy}{dt} \right)$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

このように  $\frac{dR}{dt}$ 、 $\frac{dBy}{dt}$  を求める必要があり、これは各軸（R軸、

By軸）に直結されたタコジェネにより取り出される。

## (7) 計算素子としてのタコジェネレータの要求精度

- 出力電圧が回転数  $(\frac{d\theta}{dt})$  に正しく比例する。（誤差 0.1% 以内）
- 周囲温度により出力電圧が変動しない。
- 励磁電圧の周波数変動により出力電圧が変動しない。
- 回転数が零の時の出力電圧（残留電圧）が小さい。

## (1) 補償回路

温度補償

周波数補償

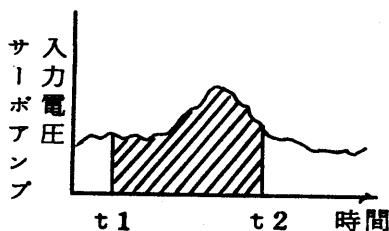
残留電圧補償

## イ 積分回路

サーボモータのロータに慣性が全くないとき。

サーボ軸の回転速度の総和は、サーボ増幅器入力電圧の積分値であるから、実際には両者を正しく比例させるために、微分素子をフィードバック側に接続することにより、積分演算を行っている。

この積分回路も的速を求めるのに使われる。



第 34 図

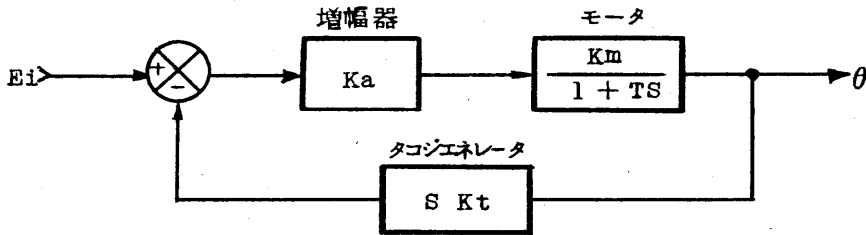
第 34 図の  $t_1$  から  $t_2$  までの間にサーボが回転する角度の総和は、斜線で示される面積に比例する。

これを数理的に解明するには簡単な微分方程式をラブラ

# HP『海軍砲術学校』公開資料

ス変換により解き、伝達関数を求めればよい。

この場合、第 35 図のブロックダイアグラムを考えれば容易になるだろう。



第 35 図 積分回路のブロックダイアグラム

$K_a$  : サーボ増幅器の利得

$K_m$  : サーボモータ速度定数

$K_t$  : タコジェネレータ定数

$T$  : 時定数

$$\begin{aligned} \frac{\theta}{E_i} &= \frac{\frac{K_a K_m}{1 + Ts}}{1 + \frac{K_a K_m}{1 + Ts} SK_t} = \frac{K_a K_m}{1 + Ts + K_a K_m SK_t} \\ &= \frac{1}{SK_t + \frac{1 + Ts}{K_a K_m}} \end{aligned}$$

上式において  $K_a$ 、 $K_m$  が非常に大きな場合、出力角  $\theta$  は

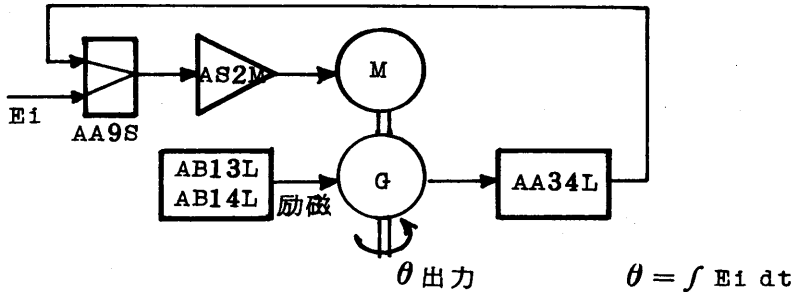
$$\theta = \frac{1}{SK_t} E_i = \frac{1}{K_t} \int E_i dt$$



# HP『海軍砲術学校』公開資料

となる。すなわち回転角 $\theta$ は入力電圧 $E_1$ を積分した値に比例する。

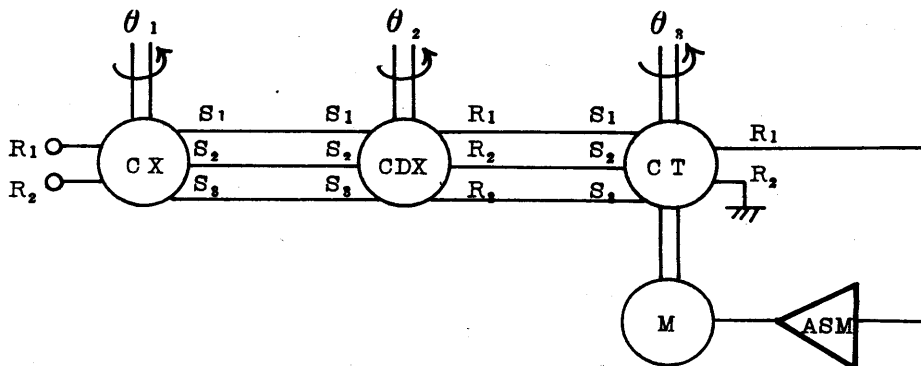
モード2における速度計出に積分が行われており、この積分回路は次の図のように表わされる。



第36図 積分回路

## (7) 角度の加減計算

角度の加減にはシンクロを使用している。2つ以上の角度の加減を演算するには、シンクロ差動発電機(DG)を用いる。



第37図 角度の加減回路

第37図において、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ を入力角とすれば出力角 $\theta_3$ は  
 $\theta_3 = \theta_1 - \theta_2$

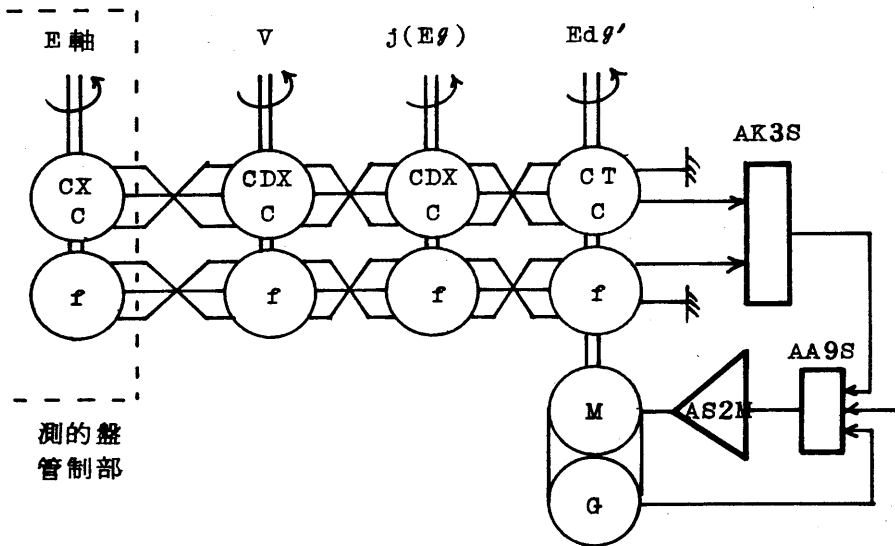
# HP『海軍砲術学校』公開資料

CDXのS1、S3を入れ替えると

$$\theta_s = \theta_1 + \theta_2$$

注 送信機(CX)はシンクロ発電機(G)を示し、CXは負荷にトルクを必要としない差動発電機(DG)、制御変圧器(CT)を接続することを表わしている。

負荷にトルクを要する場合はTXを用いる。



第38図 射撃盤の差動シンクロの使用例

$$Edg' = E + V + j(Eg)$$

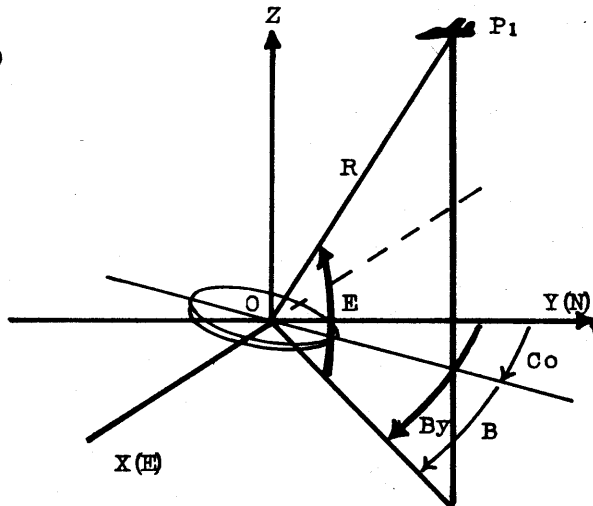
# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 2 座標系

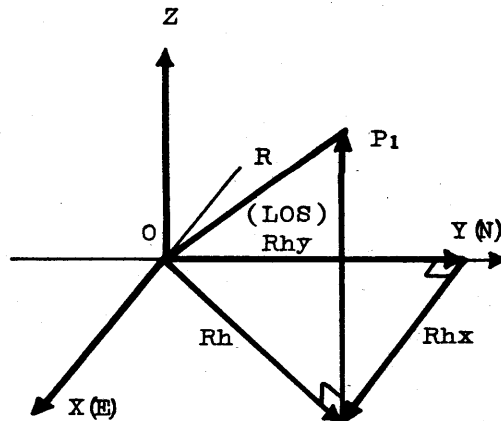
射撃指揮装置1型は、方位盤を原点とし北をY軸、東をX軸、天頂をZ軸とし、自艦に固定された絶対座標による直角座標系で計算されている。

しかし目標の測的段階においては、目標までの距離R、目標の方位By及び目標高角Eは極座標系で測的され、速度計算、見越計算はX、Y、Zの変化量の直角座標系で計算される。

$$P_1 = (R, B_y, E)$$



$$P_1 = (R_{hx}, R_{hy}, R_v)$$



第1図 目標現在位置

# HP『海軍砲術学校』公開資料

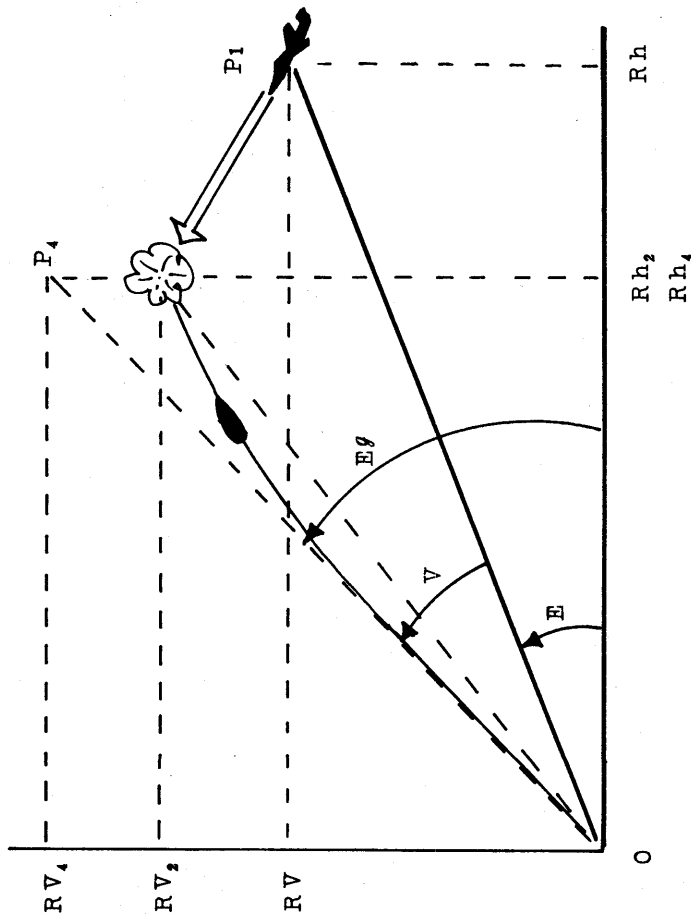
目標現在位置  $R$ 、 $By$ 、 $E$  と  $Rhx$ 、 $Rhy$ 、 $RV$  との間に次の関係が成り立つ。

$$Rhx = R \cos E \sin By$$

$$Rhy = R \cos E \cos By$$

$$RV = R \sin E$$

未来位置 ( $Rhx_2$ 、 $Rhy_2$ 、 $RV_2$ )、照準点位置 ( $Rhx_4$ 、 $Rhy_4$ 、 $RV_4$ ) の関係を次の図に示す。



第2図 垂直面図





## 3 速度計出

目標を探知、捕そくすれば目標の追尾が行われる。これは光学系統及びレーダの自動追尾による方位盤旋回角の変化量、レーダアンテナの仰角変化量及び距離追尾の変化量を速度発電機（タコジェネレータ）から計出し、これを直角座標系の変化量に変換する。

この射撃指揮装置の速度計出は、測的盤管制部で計出され射撃盤へ送られる。

速度計算にモード1、2、3及びモード4がある。

### (1) モード1

現在位置は、次のように表わされる。

$$\begin{cases} R_{hx} = R \cos E \sin By \\ R_{hy} = R \cos E \cos By \\ R_V = R \sin E \end{cases}$$

したがって、 $R_{hx}$  の変化量は、上式の時間  $t$  による微分値となる。

$$DM_{hx} = \frac{dR_{hx}}{dt} = \frac{dR}{dt} \cos E \sin By - R \sin E \sin By \frac{dE}{dt} + R \cos E \cos By \frac{dBy}{dt}$$

$$\frac{dBy}{dt}$$

$$DM_{hy} = \frac{dR_{hy}}{dt} = \frac{dR}{dt} \cos E \cos By - R \sin E \cos By \frac{dE}{dt} - R \cos E \sin By \frac{dBy}{dt}$$

$$\frac{dBy}{dt}$$

$$DM_V = \frac{dR_V}{dt} = \frac{dR}{dt} \sin E + R \cos E \frac{dE}{dt}$$

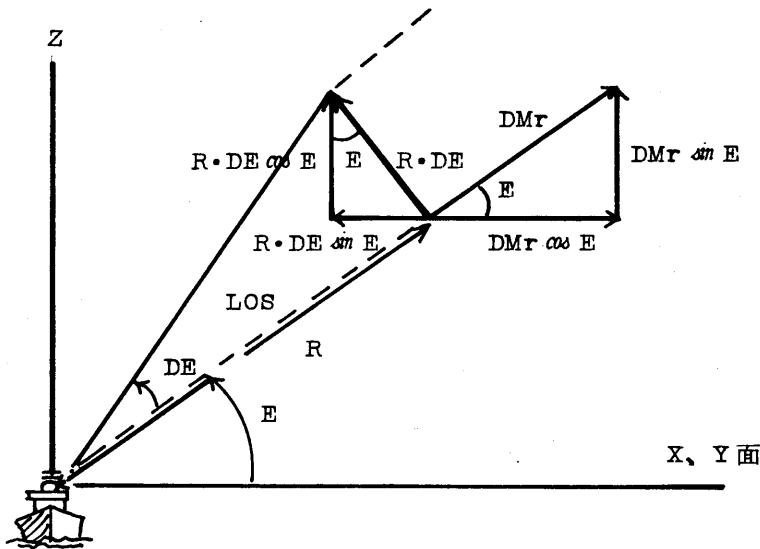
# HP『海軍砲術学校』公開資料

いま、 $\frac{dR}{dt} = DMV$ 、 $\frac{dE}{dt} = DE$ 、 $\frac{dBy}{dt} = DBy$  とすれば

$$\begin{cases} DMhx = DMr \cos E \sin By - R \cdot DE \sin E \sin By + R \cdot DBy \cos E \cos By \\ DMhy = DMr \cos E \cos By - R \cdot DE \sin E \cos By - R \cdot DBy \cos E \sin By \\ DMV = DMr \sin E + R \cdot DE \cos E \end{cases}$$

求める X 軸、Y 軸及び Z 軸の速度成分となる。

以上を、ベクトルによつて解析すれば

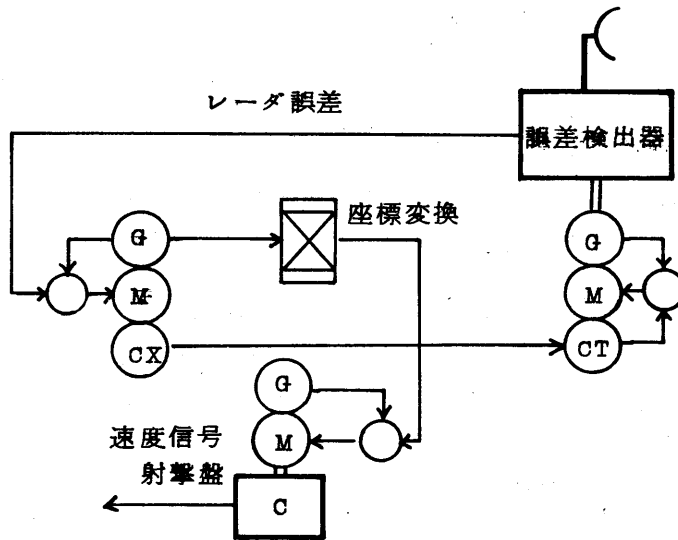


第1図 上下速度成分ベクトル

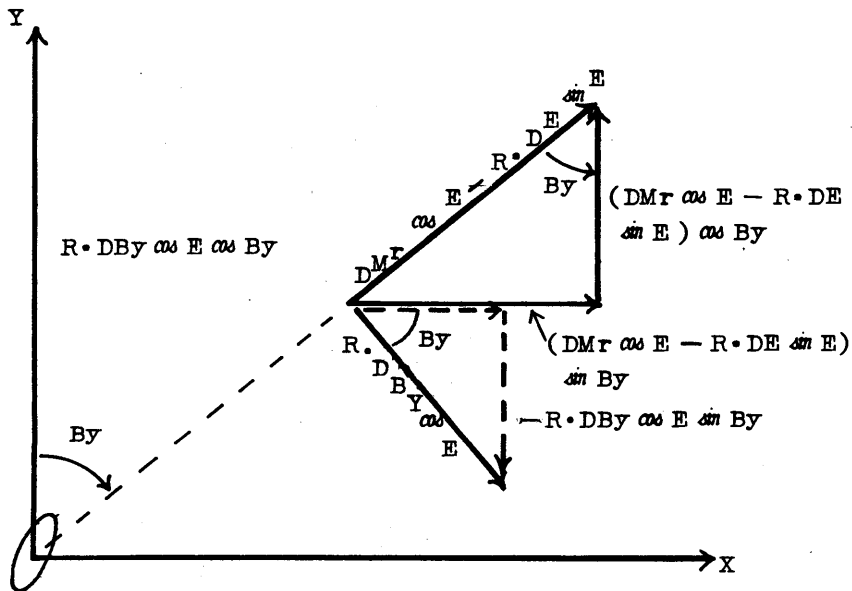
$DMV = DMr \sin E + R \cdot DE \cos E$  ..... Z 成分

$DMh = DMr \cos E - R \cdot DE \sin E$  ..... xy 成分





第2図



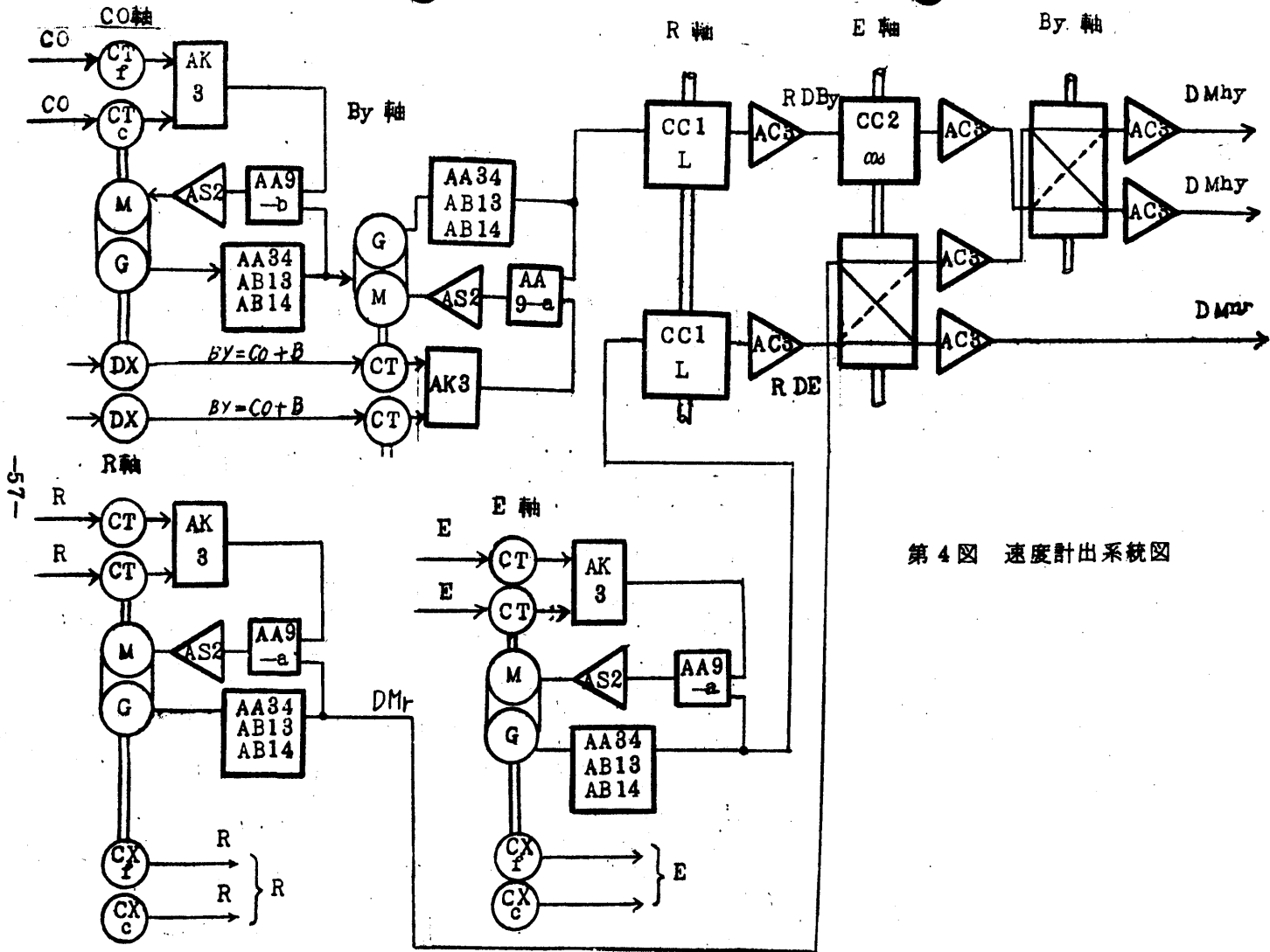
第3図 東西、南北速度成分ベクトル

# HP『海軍砲術学校』公開資料

DMh をさらに分解すると

$$\begin{aligned} DMh_x &= (DMr \cos E - R \cdot DE \sin E) \sin By + R \cdot DBy \cos E \cos By \\ &= DMr \cos E \sin By - R \cdot DE \sin E \sin By + R \cdot DBy \cos E \cos By \\ DMh_y &= (DMr \cos E - R \cdot DE \sin E) \cos By - R \cdot DBy \cos E \sin By \\ &= DMr \cos E \cos By - R \cdot DE \sin E \cos By - R \cdot DBy \cos E \sin By \end{aligned}$$

以上の式を成立させるサーボ計算は、測的盤管制部で実行される。



第 4 図 速度計出系統図

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (2) モード2

モード2は、モード1で得られるタコセネの速度信号と、再生速度で得た速度信号の差を取り、適当な利得調整の後、積分回路で積分することによって速度信号としている。

再生速度

モード1の計算式から次の式が得られる。

$$DMhx = DMr \cos E \sin By - DE \cdot R \sin E \sin By + DBy \cdot R \cos E \cos By$$

$$DMhy = DMr \cos E \cos By - DE \cdot R \sin E \cos By - DBy \cdot R \cos E \sin By$$

$$DMv = DMr \sin E + DE \cdot R \cos E$$

このDMhx、DMhy及びDMvから逆にDMr、DE及びDByを計出するのを再生速度という。

$$\overline{DMr} = DMhx \sin By \cos E + DMhy \cos By \cos E + DMv \sin E$$

$$\overline{DBy} = \frac{1}{R} (-DMhx \sin By \sin E - DMhy \cos By \sin E + DMv \cos E)$$

$$\overline{DE} = \frac{1}{R \cos E} (DMhx \cos By - DMhy \sin By)$$

いま、再生速度で計出されたものを $\overline{DMr}$ 、 $\overline{DE}$ 、 $\overline{DBy}$ とし、

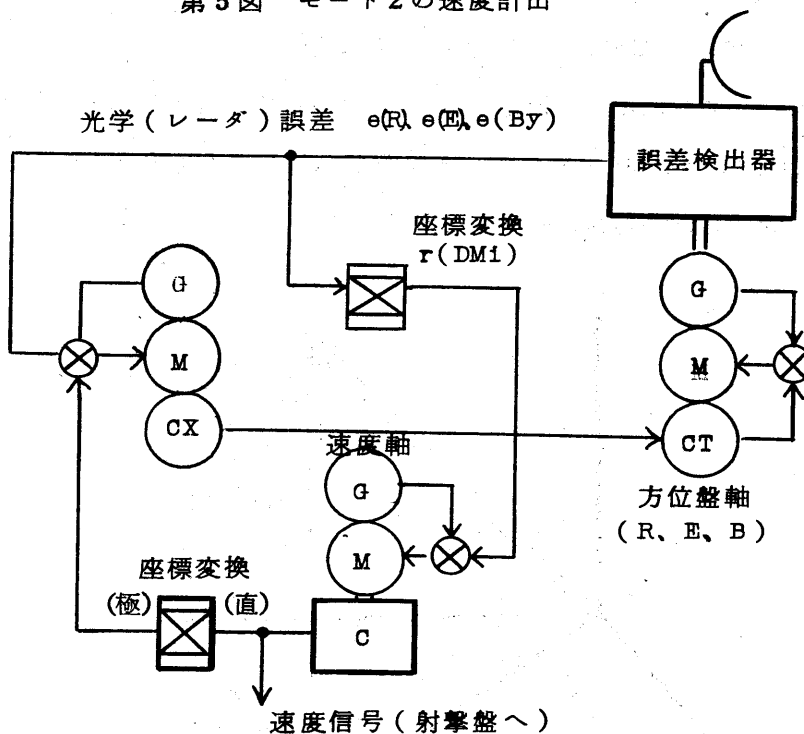
$$DMr - \overline{DMr} = e(R)$$

$$DE - \overline{DE} = e(E)$$

$$DBy - \overline{DBy} = e(By)$$

この差の $e(R)$ 、 $e(E)$ 及び $e(By)$ を速度誤差成分とする。

第5図 モード2の速度計出



$$r(DMhx) = e(R) \cos E \sin By - e(E) R \sin E \sin By + e(By) \cos E \cdot R \cos By$$

$$r(DMhy) = e(R) \cos E \cos By - e(E) R \sin E \cos By - e(By) \cos E \cdot R \sin By$$

$$r(DMv) = e(R) \sin E + e(E) R \cos E$$

として、これを積分回路にかけることによつて、

$$DMhx = \omega c \omega i \int r(DMhx) dt$$

$$DMhy = \omega c \omega i \int r(DMhy) dt$$

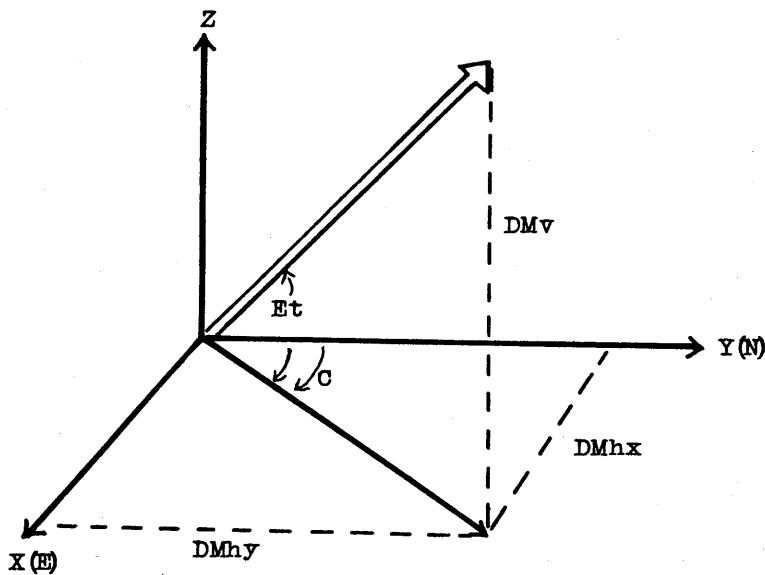
$$DMv = \omega c \omega i \int r(DMv) dt$$

とし速度成分とする。 $\omega c \omega i$ はサーボループのゲイン定数

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (3) モード3

速度計出方法は、モード1と同じ微分方式であるが、計出された  $DM_{hx}$ 、 $DM_{hy}$ 、 $DM_v$  から  $DM$ 、 $Et$  及び  $C$  を計出し測的盤  $C$  ドロワに表示する。この表示された値に  $DM$ 、 $Et$  及び  $C$  を手動追尾調定することによつて  $DM_{hx}$ 、 $DM_{hy}$  及び  $DM_v$  を逆算し、固定された速度信号として安定した追尾及び速度計出を行う。



第6図

第6図に表わされるように

$$DM_{hx} = DM \cos Et \sin C$$

$$DM_{hy} = DM \cos Et \cos C$$

$$DM_v = DM \sin Et$$

の計算式となる。測的盤では、次式の三角形解法によるサーボ連立方程式によつて  $DM$ 、 $Et$  及び  $C$  を求めて表示する。

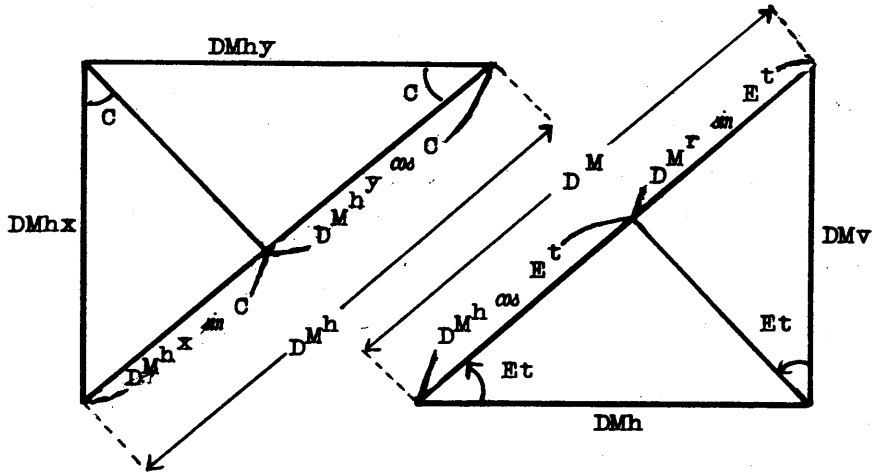
# HP『海軍砲術学校』公開資料

$$DMhx \cos C - DMhy \sin C = 0$$

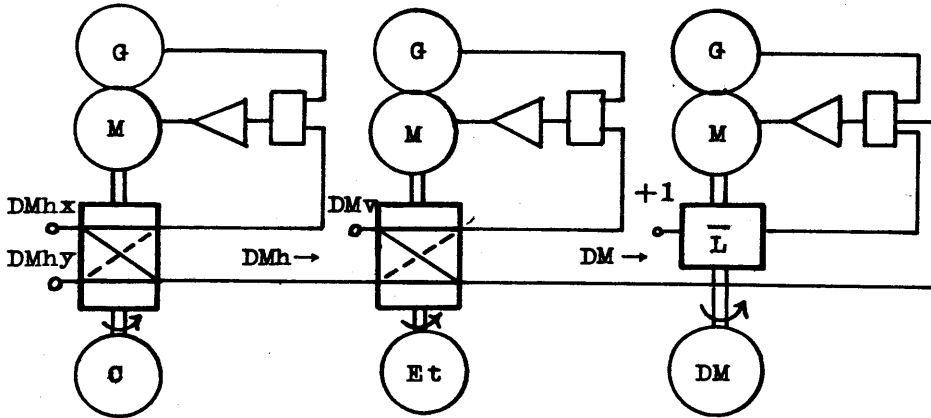
$$DMhx \sin C + DMhy \cos C = DMh$$

$$DMv \cos Et - DMh \sin Et = 0$$

$$DMv \sin Et + DMh \cos Et = DM$$



第7図 解法図



第8図 計算系統

(4) モード4

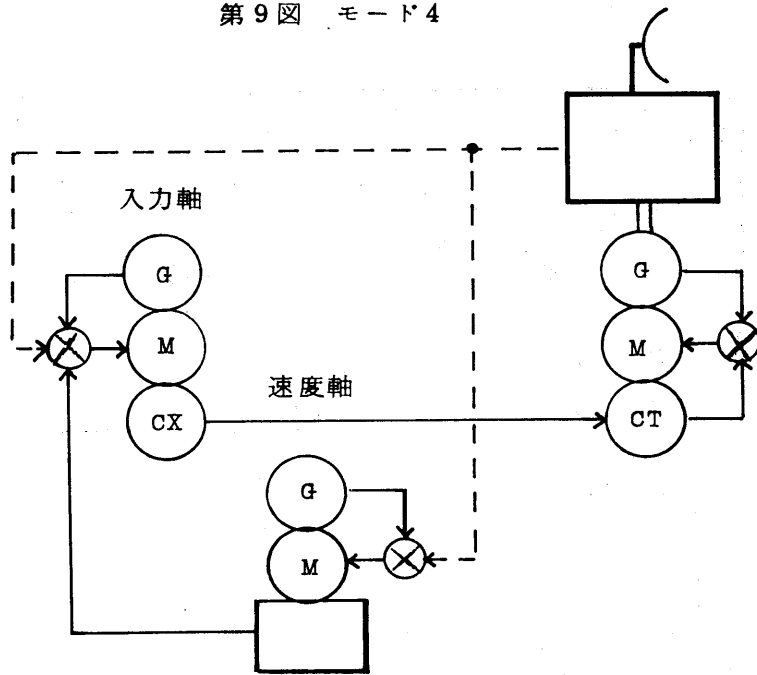
モード4は、過去の目標追従データをもとに計出されていた速度を

# HP『海軍砲術学校』公開資料

そのまま保存し、その速度によつて入力軸を駆動するのである。

目標フェード中、レーダブラウン管や照準望遠鏡又はITVに目標が断続的に現われたとき、ジョイスティックによつて補正ができる。

第9図 モード4



モード4は、コンピュータエイディング方式であり、目標をフェードした場合、それまで計算した速度で目標が等速直線運動をするものとして計算値のみで自動追従及びその他の計算を行うものである。いわゆる盲目追従である。したがつて速度、方向の変化する目標には誤差を生じるので長時間の使用はできない。(本装置では30秒程度である。)

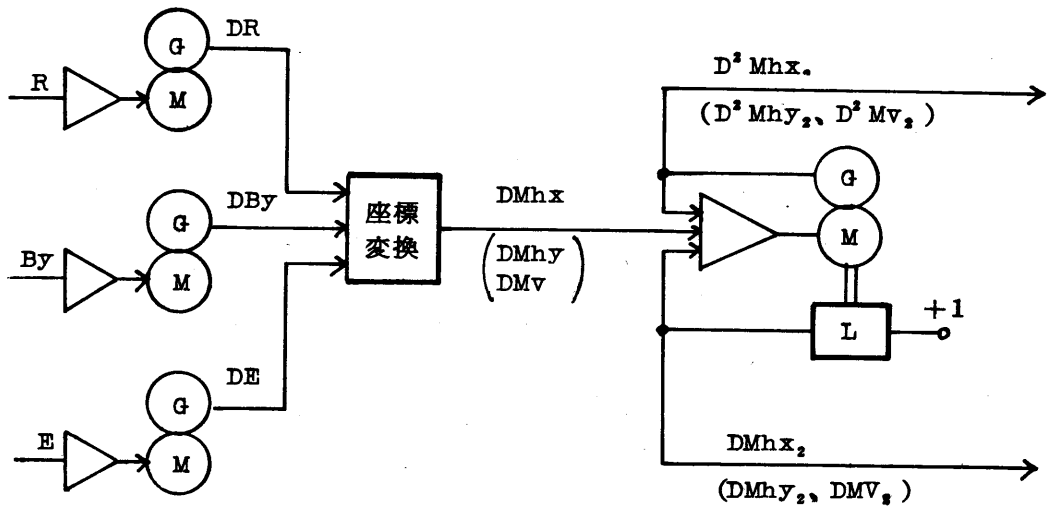
#### 4 速度平滑

目標を艦上で測定する場合、次のような外乱をうける。



- レーダ波反射強度の変化
- 艦の動揺修正の不完全による入力変動
- 艦の振動による入力変動
- 温度変化のための電子騒乱による雑音

目標の計測は、複雑なリップル成分を含み、平滑な計算が行われない。特に位置信号から速度信号を計出するには、微分機構から積分動作をしなければならない。この際にリップル成分は大きな変動となつて速度計出ができなくなる。したがつて、計出値はフィルタを通すことによつて平滑化を行う必要がある。



第1図 速度平滑ブロック図

$$DMhx = \frac{1}{1 + \tau s} DMhy \quad \tau \text{ はフィルタの時定数で1次遅れの速度}$$

$$DMhx = \frac{1}{1 + \tau s} DMhy \quad \text{計出を行つている。}$$

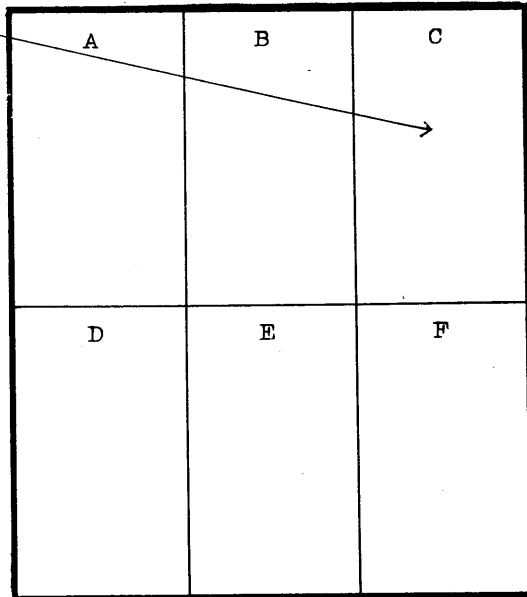
$$DMv_2 = \frac{1}{1 + \tau s} DMv$$

$\tau = 0.2 \text{ sec} \quad 0.5 \text{ sec} \quad 1.0 \text{ sec} \quad 2.0 \text{ sec} \quad 4.0 \text{ sec}$  の切換え

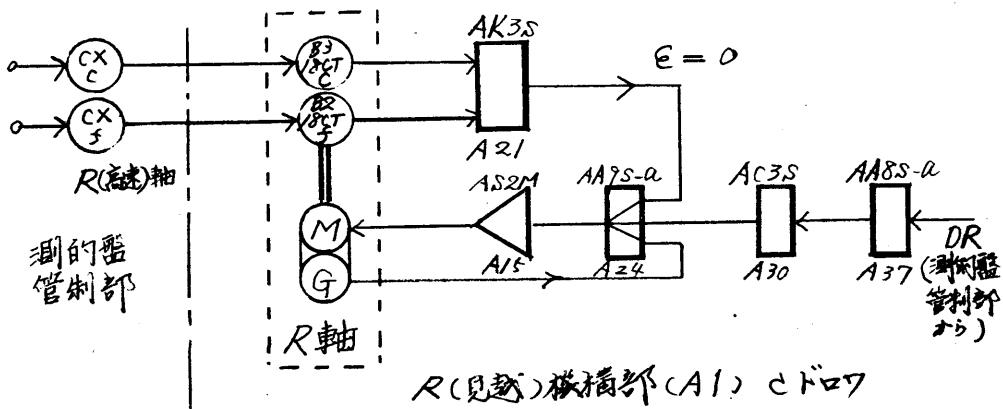
## 5 入力計算部

入力計算部は、測的盤から送られてきた目標諸元信号を受け取る部分であり、入力の種類及び計算内容によつて次の7つの系統に分けることができる。

- 目標距離(R)系
- 目標高角(θ)系
- 目標真方位 (By)系
- 相対速度 東西成分(DM<sub>hx</sub>)系
- 相対速度 南北成分(DM<sub>hy</sub>)系
- 相対速度 上下成分(DM<sub>v</sub>)系
- 風力座標変換系



### (1) R系



第1図 R系

# HP『海軍砲術学校』公開資料

CドロワのR軸に取付けられたシンクロ受信機B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>は測的盤BドロワのR高速軸に取付けられているシンクロ発信器からの角度信号を受けてこの2軸間の角度誤差を検出する。

この誤差は、精粗切換用増幅器A21(AK3S)で精又は粗のどちらか一方の誤差だけを選択し(通常は精シンクロ誤差信号)抵抗加算器A24(AA9S-a)をとおしてサーボ増幅器A15(AS2M)で増幅され誤差が零になるまでサーボモータを駆動させる。

抵抗加算器A24にはそのほかにR軸サーボ系を安定化させるためのタコジェネレータ出力と、動的な追従特性を良くするためのブースタ信号(DR)が加えられる。この2つの信号はともにR軸の回転速度に比例する信号であるがその加算の符号は常に反対(タコゼネ+)のときブースタ(-)となつている。そして目標が静止している場合はこれらの信号は零である。

以上のようにして、レーダが高速の目標を追尾しているときでも安定でしかも追従遅れのない目標距離信号を射撃盤の各計算部に送るのである。

なお、ブースタ信号(DR)は測的盤R低速軸に取付けられたタコジェネレータチェンの出力である。

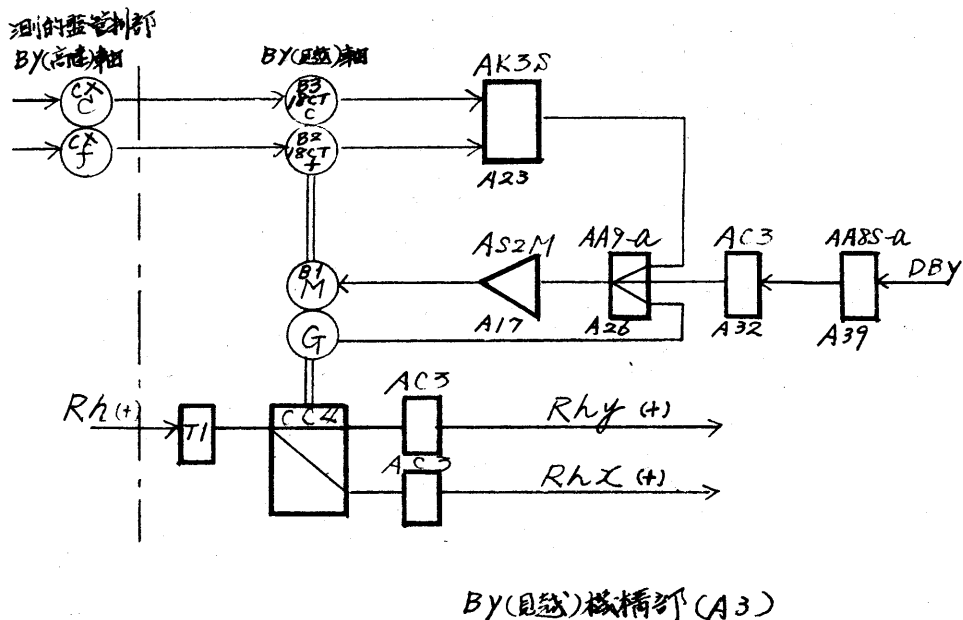
R機構部のダイヤルは72,000ヤードまで目盛られているが、計算可能最大現在距離は36,000ヤードまでである。

## (2) B系

作動はR系と同じである。



# HP『海軍砲術学校』公開資料



第3図 By系

## (4) DMhx系

### ア 入力

DMhx2 ( U8-C ドロワ A3 からの目標現在相対速度東西成分 )

D<sup>2</sup>Mhx ( 加速度成分 )

τ ( 平滑化定数 )

イ 等速直線運動の場合の (いま、t=0で弾丸を発射、t=T<sub>2</sub>で目標へ)

T<sub>2</sub> 秒間の速度見越量 Mx は、

$$Mx = T_2 \cdot DMhx_2 \dots\dots\dots (1)$$

しかしながら、加速度を有する目標 (例えば曲線飛行をしている目標など) に対しては誤差を生じることになる。

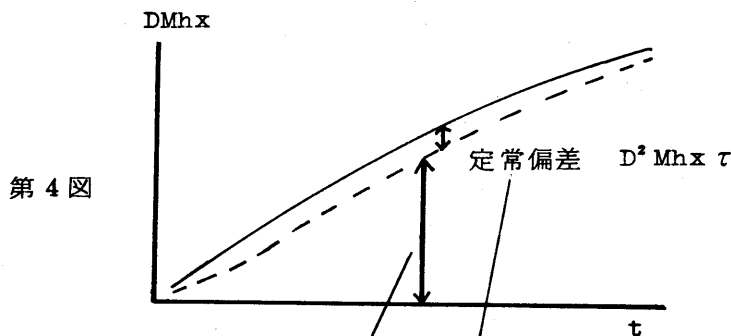
# HP『海軍砲術学校』公開資料

この場合、速度を積分する。

$$Mx = \int_0^{T^2} DMhx \, dt = \int_0^{T^2} (DMhx2 + D^2 Mhx t) dt$$

$$= (DMhx2 + \frac{1}{2} \cdot D^2 Mhx \cdot T_2) T_2 \dots\dots\dots (2)$$

ウ 時定数( $\tau$ )で平滑化されている  $DMhx2$  軸は  $D^2 Mhx$  なる一定速度で  
 変化する入力に対して  $D^2 Mhx \cdot \tau$  なる定常偏差遅れを生じる。



$$Mx = \int_0^{T^2} (DMbx2 + D^2 Mhx t + D^2 Mhx \tau) dt$$

$$= DMbx2 T + \frac{1}{2} D^2 Mhx T^2 + D^2 Mhx \tau \cdot T$$

$$= T \left\{ \frac{(DMhx + \frac{1}{2} D^2 Mhx T + D^2 Mhx \tau)}{\text{時間 速度}} \right\}$$

$$= T \cdot DMhx$$

$$DMhx = DMhx2 + \frac{1}{2} \cdot D^2 Mhx T_2 + D^2 Mhx \tau$$

$$= \underline{\underline{DMhx2 + \frac{1}{2} \cdot D^2 Mhx (T_2 + 2\tau)}} \dots\dots\dots (3)$$

射撃盤においては、この計算式をいかに処理しているか、次の系統図を見て理解しよう。

目標が加速度運動をしていると判断されて、測的盤Dドロワにある「曲線」の押ボタンスイッチを「入」にすると、K1が作動し加

# HP『海軍砲術学校』公開資料

算器(A40)の入力端子「2」に(3)式の右辺第2項の加速度による修正分が加えられる。

加速度信号 $D^2 Mhx$ は測的盤Cドロワの $DMhx$ 2軸にとりつけられたタコセネの出力でA12(AM8L-a)内で $D^2 Mhx$ 軸の直線形計算コンデンサによるフィードバック信号との誤差が検出される。この誤差はA27(AA9S)内でサーボモータを駆動する成分だけ取り出す。

一方、弾道計算部で算出された弾丸飛行秒時 $T_2$ はA43で $\tau$ と加算され $D^2 Mhx$ 軸で $D^2 Mhx$ と掛算し加速度補正項が算出されるのである。

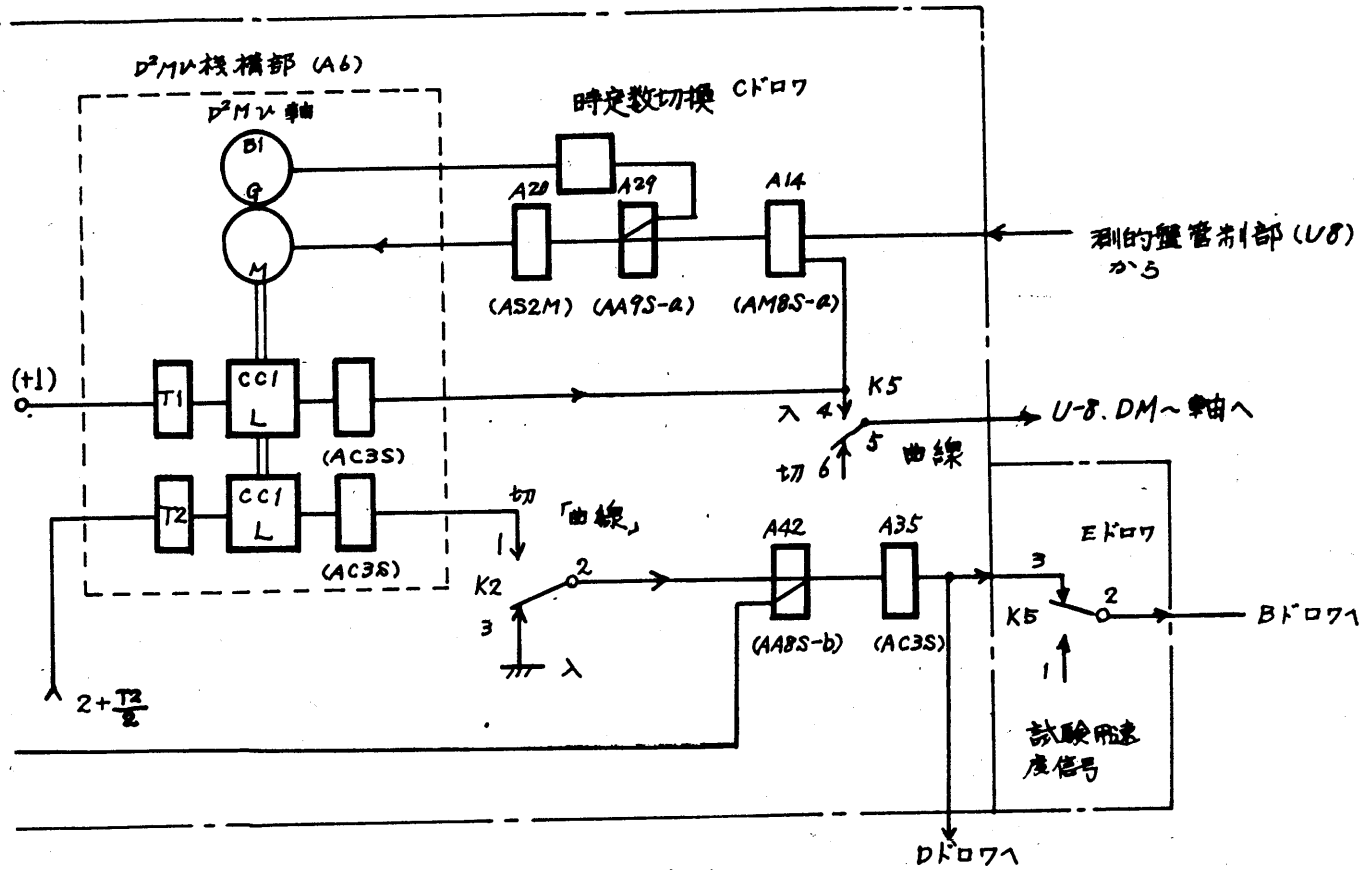
A40で加速度補正項を加えられた速度信号 $DMhx$ は、EドロワのK4を通つて見越算部(Bドロワ)に送られる。

K4は正常作動の場合は3に接しているが射撃盤の試験を行うため、Eドロワの試験スイッチを「 $DMhx$ 試験」にすると1に接となり試験用の一定信号が見越算部に送られる。









第7図 相対速度上下成分 DMU計算系

(目標表示用諸元計算のため)

# HP『海軍砲術学校』公開資料

(5) DMhy 系

作動は DMhx 系に同じである。

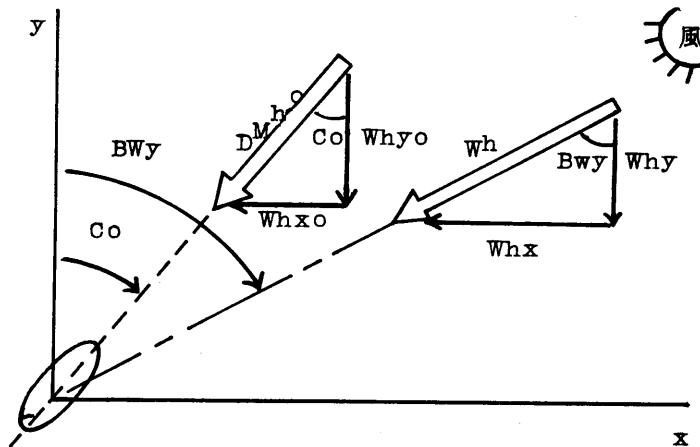
(6) DMv 系

作動は DMhx 系に同じである。

(7) 風力座標変換系

測的盤管制部 D ドロワに、Wh、BWy 機構部があつて、真風速 (Wh)、真風向 (BWy) を測定すると座標変換され東西及び南北方向の真風速 (Whx、Why) となる。

また、目速 (DMho) による相対風速は目針 (Co) で座標変換され相対的な東西及び南北方向の風速 (Whxo、Whyo) となり、真風の東西及び南北成分と加算されて射撃盤に入る。



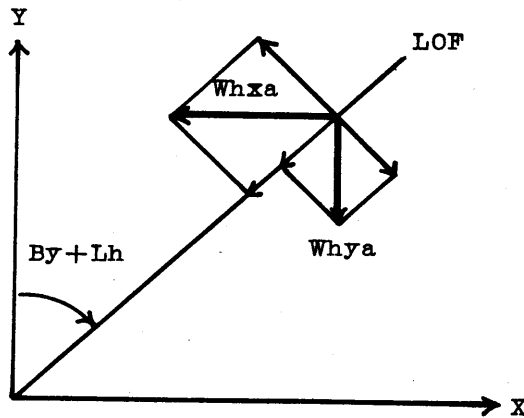
第 8 図 風力座標変換

$$\begin{cases} Whxo = DMho \sin Co \\ Whyo = DMho \cos Co \end{cases}$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

$$\begin{cases} Whx = Wh \sin Bwy \\ Why = Wh \cos Bwy \\ Whxa = Whx + Whxo \\ Whya = Why + Whyo \end{cases}$$

この  $Whxa$ 、 $Whya$  を次の式に従つて射線方向と直角方向の成分に分解（座標変換）する。



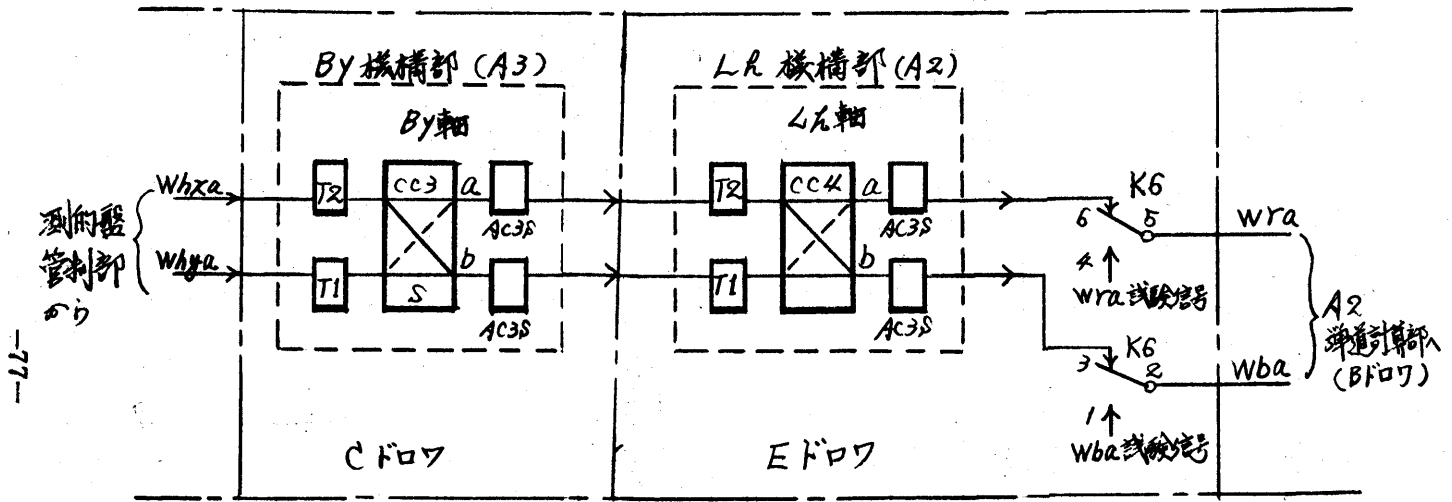
第9図 風力の射線への変換

射線方向の相対風成分を  $Wra$ 、射線と直角方向の相対風成分を  $Wba$  とすれば次の式となる。

$$\begin{aligned} Wra &= Whxa \sin (By + Lh) + Whya \cos (By + Lh) \\ &= Whxa (\sin By \cos Lh + \cos By \sin Lh) + Whya (\cos By \cos Lh - \\ &\quad \sin By \sin Lh) \\ &= (Whxa \sin By + Whya \cos By) \cos Lh + (Whxa \cos By - Whya \sin \\ &\quad By) \sin Lh \\ Wba &= Whxa \cos (By + Lh) - Whya \sin (By + Lh) \end{aligned}$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

$$\begin{aligned} &= W_h x_a (\cos B_y \cos L_h - \sin B_y \sin L_h) - W_h y_a (\sin B_y \cos L_h - \\ &\quad \cos B_y \sin L_h) \\ &= (W_h x_a \cos B_y - W_h y_a \sin B_y) \cos L_h - (W_h x_a \sin B_y + W_h y_a \cos \\ &\quad B_y) \sin L_h \end{aligned}$$



第10図 風力座標変換系

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 6 弾道計算部

弾道計算部は、見越計算部で算出される照準点に対して、これによつて決まる弾道変数  $T_2/R_4$  及び射線高角  $E\theta$  を求めると同時に、この  $T_2/R_4$  と  $E\theta$  で決定される主弾道  $R_4, b$  を算出し、見越角計算部で算出される  $R_4$  と比較して、これが等しくなるようサーボループで  $T_2/R_4$ 、 $E\theta$  を自動的に修正する。

射表の内蔵（弾道コンデサ）

決定される  $T_2/R_4$ 、 $E\theta$  についての次の要素を算出する。

砲軸角成分	$b(My)$	
定偏	$b(Mb)$	
初速	$u(Mrh) \quad u(Mv)$	} 当日修正
空気密度	$x(Mrh) \quad x(Mv)$	
気温（1型B）	$y(Mrh) \quad y(Mv)$	

⇒ 見越量計算部

風

A	B	C
	$T_2/R_4$	

当日修正修正範囲

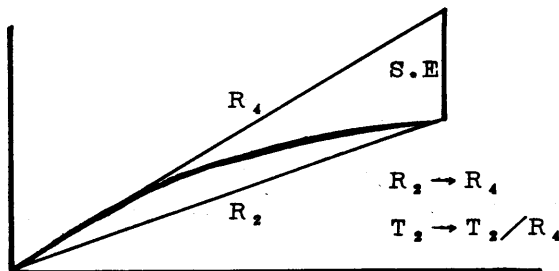
初速	$\pm 300 f/s$
空気密度	$\pm 30 \%$
気温	$\pm 100 F$
風速	100 ノット
風向	$0 \sim 360^\circ$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

弾道関数は、 $T_2$  及び  $E\theta$  の変化についての偏差量で与えられる。

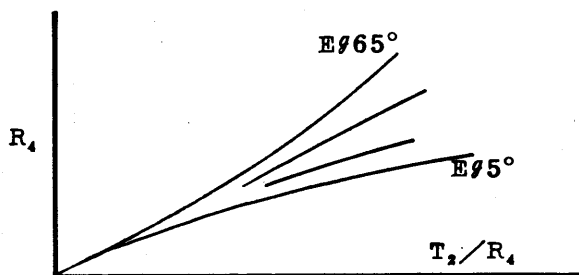
## (1) 弾道の展開

第1図



このGFCSでは、射距離  $R_2$  でなく指向距離  $R_4$  を使い、 $T_2/R_4$  と射角  $E\theta$  によつてプロットすると、

第2図



$$F(R_4) = f(T_2/R_4 \cdot E\theta) \dots\dots\dots T_2 \text{ と } E\theta \text{ の 2 価関数}$$

計算コンデンサは1価関数発生器であり、上の式の2価関数では、そのまま使えない。したがつて、1価関数とすることが必要で求める偏差量を  $E\theta$  のみの関数とする「 $f$ 」及び  $T_2$  のみを関数とする「 $\theta$ 」とし、両者を組合わせて1価関数に展開している。

$$\begin{aligned} F &= f(T_2/R_4 \cdot E\theta) \\ &= f_1(T_2/R_4) + f_2(T_2/R_4) \cdot \theta_1(E\theta) + f_3(T_2/R_4) \cdot \theta_2(E\theta) \\ &\quad + \dots\dots\dots f_n(T_2/R_4) \cdot \theta_n(E\theta) \end{aligned}$$



# HP『海軍砲術学校』公開資料

展開される  $f, g$  の量が多いほど精度はよくなるが、これを実行するのに多数の計算コンデンサが必要となり不経済である。したがって精度と基準の許容範囲内の値で展開されている。

## ア 初速偏差

### (ア) 水平面内射線方向

初速差は、 $E\theta$  について射表をプロットした結果、 $E\theta$  ( $5^\circ \sim 40^\circ$  ぐらいは) が変化しても  $U(Mrh)/R_4$  の変化量は、小さいので、 $T_2/R_4$  についてのみ 1 価関数として展開している。高角大となれば誤差を生じる。

### (イ) 鉛直面内上下偏差

$U(Mv)/R_4$  を  $T_2/R_4$  で展開するとほぼ直線的に変化するので  $E\theta = 30^\circ$  について  $T_2/R_4$  で展開した値に  $E\theta$  の変化に対する比をもつて補正している。

## イ 空気密度

### (ア) 水平面内射線方向

$X(Mrh)/R_4$  は、初速偏差と同じように  $E\theta$  でプロットすればほぼ直線的変化となり、しかも  $E\theta$  が変化 ( $5^\circ \sim 40^\circ$  ぐらいは) しても量は小さいので  $T_2/R_4$  のみの展開であるが、高角大となれば誤差を生じる。

### (イ) 鉛直面内上下偏差

$X(Mv)/R_4$  は、 $E\theta = 30^\circ$  を基準とし、5F10 を展開し  $E\theta$  の変化に対する比で補正している。

## ウ 気温

### (ア) 水平面内射線方向

# HP『海軍砲術学校』公開資料

$Y(Mrh)/R_4$ のプロットは、複雑な曲線を示す。したがって、折線で近似化し、 $E\theta=50^\circ$ における曲線から3F11を設計し、これに対する補正を3G7で行っている。

## (1) 上下偏差

$E\theta=30^\circ$ の $Y(Mv)/R_4$ と3F12及び $E\theta=5^\circ$ の3F13を基準とし、展開関数3G8で倍数による修正をしている。

## エ 定偏

$b(Mb)/R_4$ は、 $E\theta$ について展開すると $E\theta=25^\circ$ を中心に分布しており、 $E\theta=25^\circ$ における $T_2/R_4$ の展開値で作られている。

## オ 風力偏差

射線方向成分及び射線と直角成分に対して、射表でプロットすれば $E\theta$ に関する変化量は少ない。しかも $T_2/R_4$ については、直線的に変化する。したがって、 $T_2/R_4$ を変数に1価関数として展開している。

5F11.5F12      3F14.3F15

## (2) 弾道コンデンサ

### ア 記号

5F——5°/54弾道で $T_2/R_4$ の関数

5G——5°/54弾道で $E\theta$ の関数

3F——3°/50弾道で $T_2/R_4$ の関数

3G——3°/50弾道で $E\theta$ の関数

### イ 1型A(5°/54砲)

# HP『海軍砲術学校』公開資料

主変数	関数	計 算 種 別
$T_2 / R_4$	5F 1	$R_4$
"	5F 2	$R_4$
"	5F 3	$R_4$
"	5F 4	$SE / R_4$
"	5F 5	$SE / R_4$
"	5F 6	$SE / R_4$
"	5F 7	$IV / Rh_4$ (水平方向)
"	5F 8	$IV / R_4$ (上下方向)
"	5F 9	$A \cdot D / Rh_4$ (水平方向)
"	5F10	$A \cdot D / R_4$ (上下方向)
"	5F11	$R \cdot W / R_4$ (Rear Wind)
"	5F12	$C \cdot W / R_4$ (Cross Wind)
"	5F13	Drift / $R_4$
Eg	5G 1	$R_4$
"	5G 2	$R_4$
"	5G 3	$R_4$
"	5G 4	$SE / R_4$
"	5G 5	$SE / R_4$
"	5G 6	$IV / R_4$ (上下方向)
"	5G 7	$A \cdot D / R_4$ (上下方向)

## ウ 1型B (3"/50砲)

主変数	関数	計 算 種 別
$T_2 / R_4$	3F 1	$R_4$
"	3F 2	$R_4$
"	3F 3	$R_4$
"	3F 4	$SE / R_4$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

T <sub>2</sub> / R <sub>4</sub>	3F 5	SE / R <sub>4</sub>
"	3F 6	SE / R <sub>4</sub>
"	3F 7	IV / Rh <sub>4</sub> (水平方向)
"	3F 8	IV / R <sub>4</sub> (上下方向)
"	3F 9	A·D / Rh <sub>4</sub> (空気密度水平方向)
"	3F10	A·D / R <sub>4</sub> ( " 上下方向)
"	3F11	Temp / R <sub>4</sub> (水平方向)
"	3F12	Temp / R <sub>4</sub> (上下方向)
"	3F13	Temp / R <sub>4</sub> ( " )
"	3F14	R·W / R <sub>4</sub> (水平方向)
"	3F15	CW / R <sub>4</sub> (左右方向)
"	3F16	DRIFT / R <sub>4</sub>
Eθ	3G 1	R <sub>4</sub>
	3G 2	R <sub>4</sub>
	3G 3	SE / R <sub>4</sub>
	3G 4	SE / R <sub>4</sub>
	3G 5	I·V / R <sub>4</sub> (上下方向) / R <sub>4</sub>
	3G 6	A·D / R <sub>4</sub> ( " ) / R <sub>4</sub>
	3G 7	Temp / R <sub>4</sub> (水平方向) / R <sub>4</sub>
	3G 8	Temp / R <sub>4</sub> (上下方向) / R <sub>4</sub>

### (3) 計算系の種類

- 主弾道 (R<sub>4</sub> b) 計算系
- 待受け作動
- 水平面内弾道偏差量計算系
- 上下方向弾道偏差量計算系

# HP『海軍砲術学校』公開資料

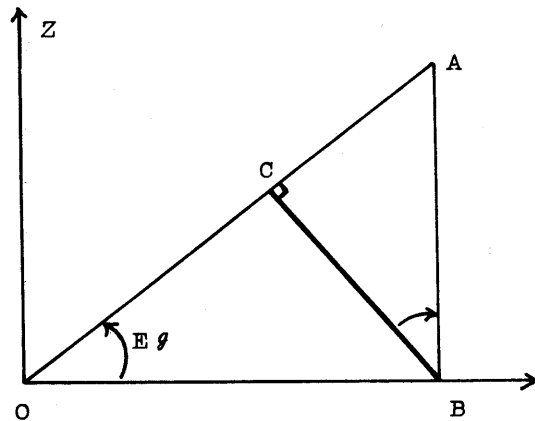
## (4) 主弾道計算系

この計算系は、見越角計算部で算出される  $Rh_4/R_4$  及び指向高度 ( $RV_4/R_4$ ) をもとに射角 ( $Eg$ ) を決定し、 $R_4/R_4$  と  $Eg$  から弾道変数 ( $T_2/R_4$ ) を決定する。

ア 見越計算部からの  $\Delta R_4/R_4$  は、B ドロウ  $R_4$  軸の L 型計算コンデ  
ンサ CC1-b で  $R_4$  がかけられ  $\Delta R_4$  となり加算器 A43 で、 $R$  と加え  
られ  $R_4$  となる。

$$R_4 = \Delta R_4 + R$$

イ



$\overline{OA}$   $R_4/R_4$   
 $\overline{AB}$   $RV_4/R_4$   
 $\overline{OB}$   $Rh_4/R_4$

第3図

制御式

$$\frac{RV_4}{R_4} \cos Eg - \frac{Rh_4}{R_4} \sin Eg = \varepsilon = 0$$

したがって、この  $\varepsilon$  を誤差として  $Eg$  (弾道) 軸のサーボモータ  
を駆動する。

ウ また、指向距離  $R_4$  は、目標現在距離から計出する。これはあら  
ゆる見越量を考慮した結果であり、弾丸を目標に命中させるために

# HP『海軍砲術学校』公開資料

は、さらに弾丸の弾道上から決定される指向距離  $R_4 b$  (主弾道) と  $R_4$  は一致させなければならない。

$$R_4 - R_4 b = \varepsilon = 0$$

この式によつて、弾道変数軸 ( $T_2/R_4$ ) を決定する。

$R_4 b$  は、 $T_2/R_4$  と  $Eg$  の 2 変数関数で次式から算出される。

$$R_4 b = [3F1] + ([3G1] - 0.0311) \times [3F2] \times 0.7032 + ([3G2] - 0.013) \times [3F3] \times 0.6909 \quad (1 \text{ 型 B})$$

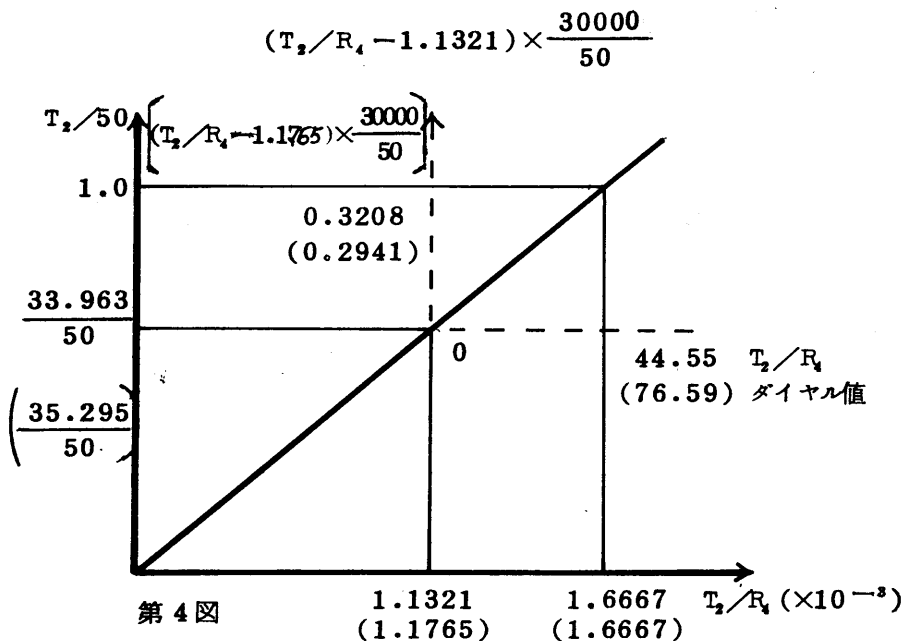
$$R_4 b = 0.9997 \times [5F1] + ([5G1] - 0.0515) \times [5F2] \times 1.0252 + ([5G2] \times 0.9714 - [5G3] \times 0.8748 - 0.338) \times [5F3] \times 0.929$$

エ 弾道計算系統図において、演算増幅器 A22 (1 型 A では A23) の出力が  $R_4 b$  であり、 $T_2/R_4$  軸を制御するために加算器 A21 に送り  $R_4$  軸を制御する。

$T_2/R_4$  軸の L 型計算コンデンサー Ccb - a は弾丸飛行秒時算出用である。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

オ  $T_2$  と  $T_2/R_4$  との関係



ただし、( ) の値 1 型 A

第4図は、 $R_4 = 30,000$  ヤード (アナログ量 1.0) の場合の  $T_2$  と  $T_2/R_4$  との関係を示す。

$T_2/R_4$  機構部 (A1) のダイヤル値が 0 のときの  $T_2/R_4$  の真値は  $1.1321 \times 10^{-3}$  (1 型 B) であるので  $R_4 = 30,000$  ヤードのときの  $T_2$  は、

$$T_2 = 1.1321 \times 10^{-3} \times 30,000 = 33,963 \text{ 秒}$$

$$T_2 = 1.1765 \times 10^{-3} \times 30,000 = 35,295 \text{ 秒 (1 型 A)}$$

これをアナログ量とすれば

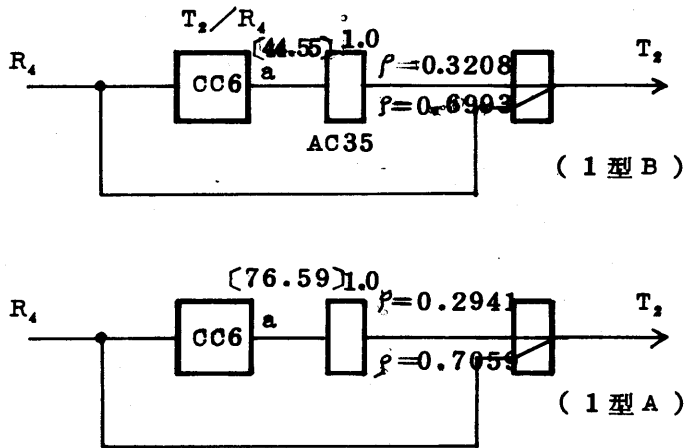
# HP『海軍砲術学校』公開資料

$$33.963/50 = 0.6793$$

$$35.295/50 = 0.7059$$

(1型A)

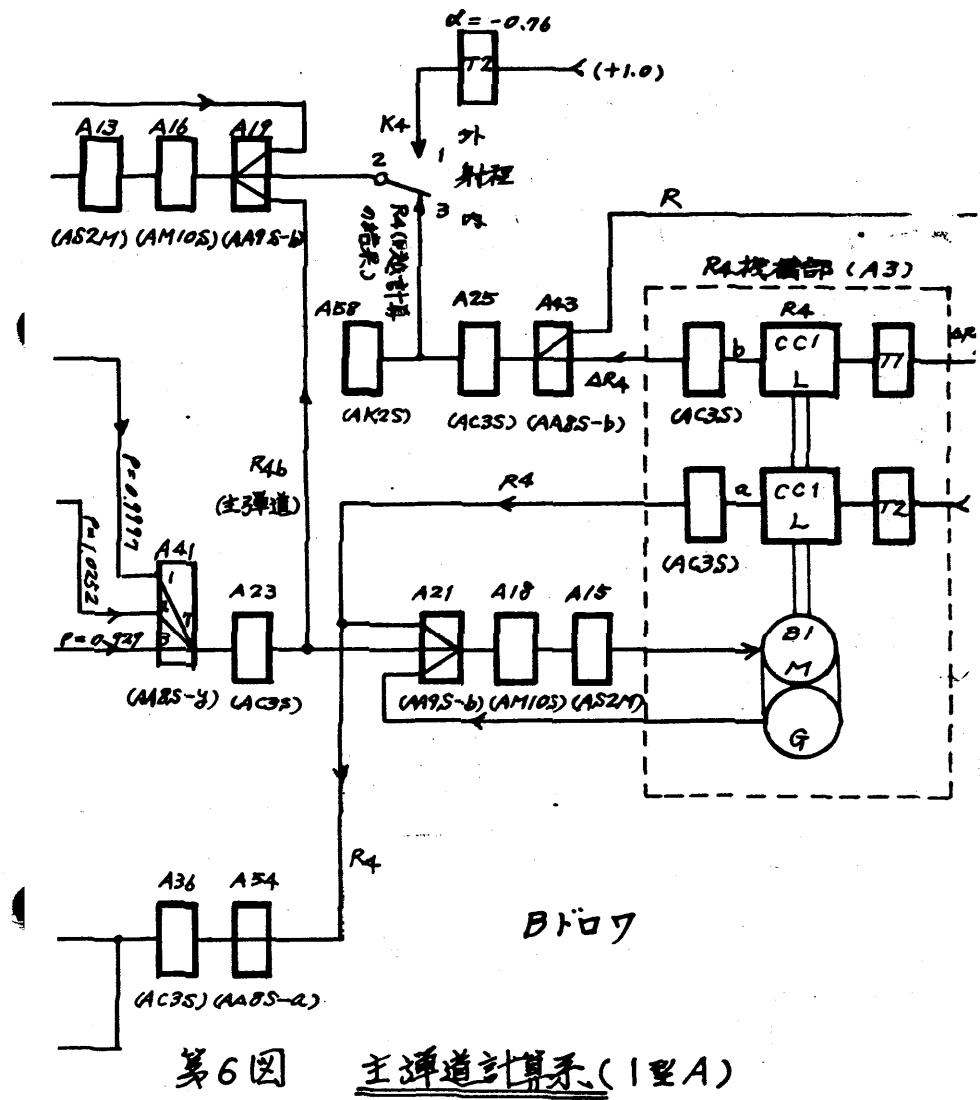
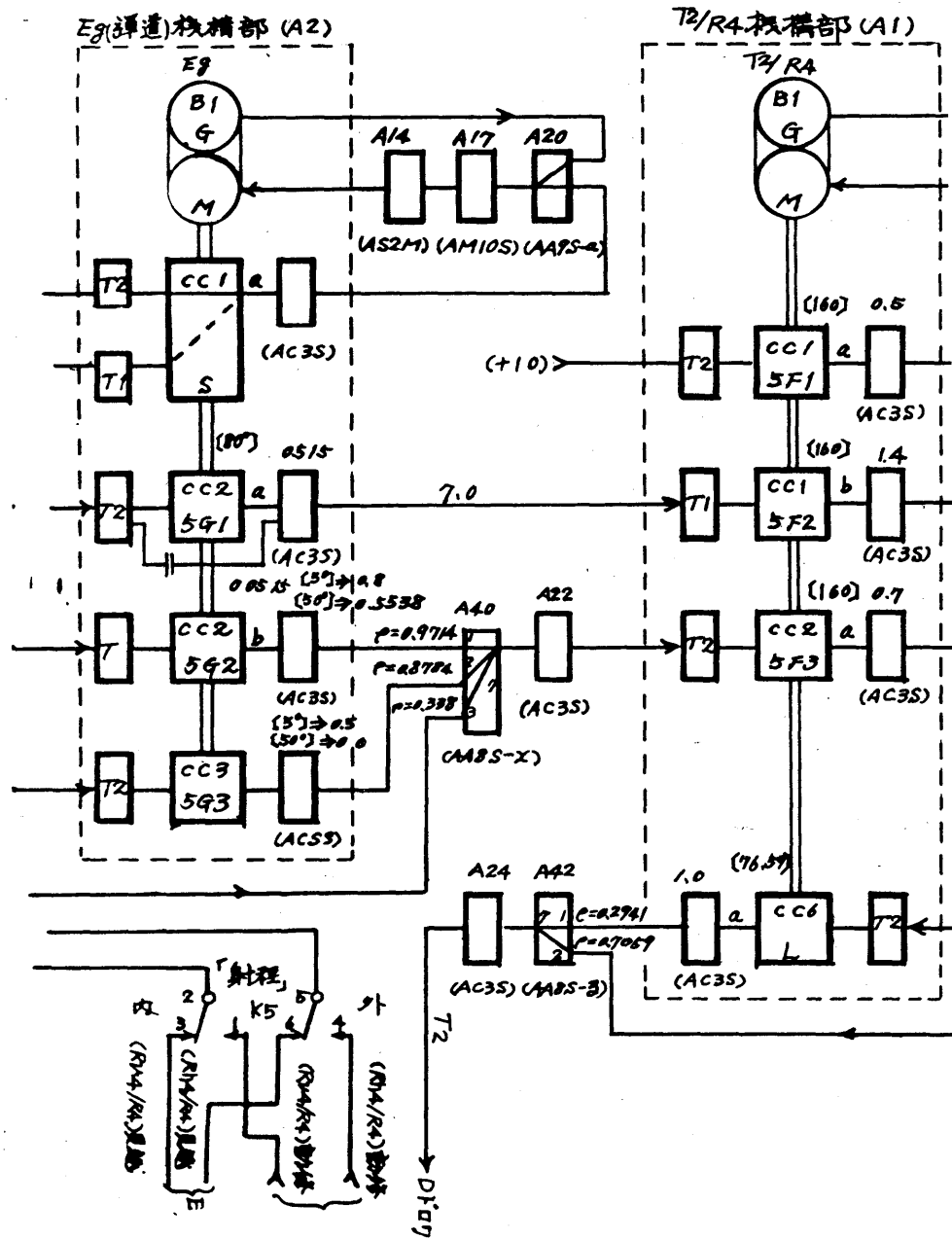
しかし、 $T_2/R_4$  軸のL型コンデンサCC6-aは図の破線で示す軸の関係しか求めていないので、1型Bでは0.6792だけ(1型Aでは0.7059)常にバイアスを加えておかなければ正しい $T_2$ が求まらない。



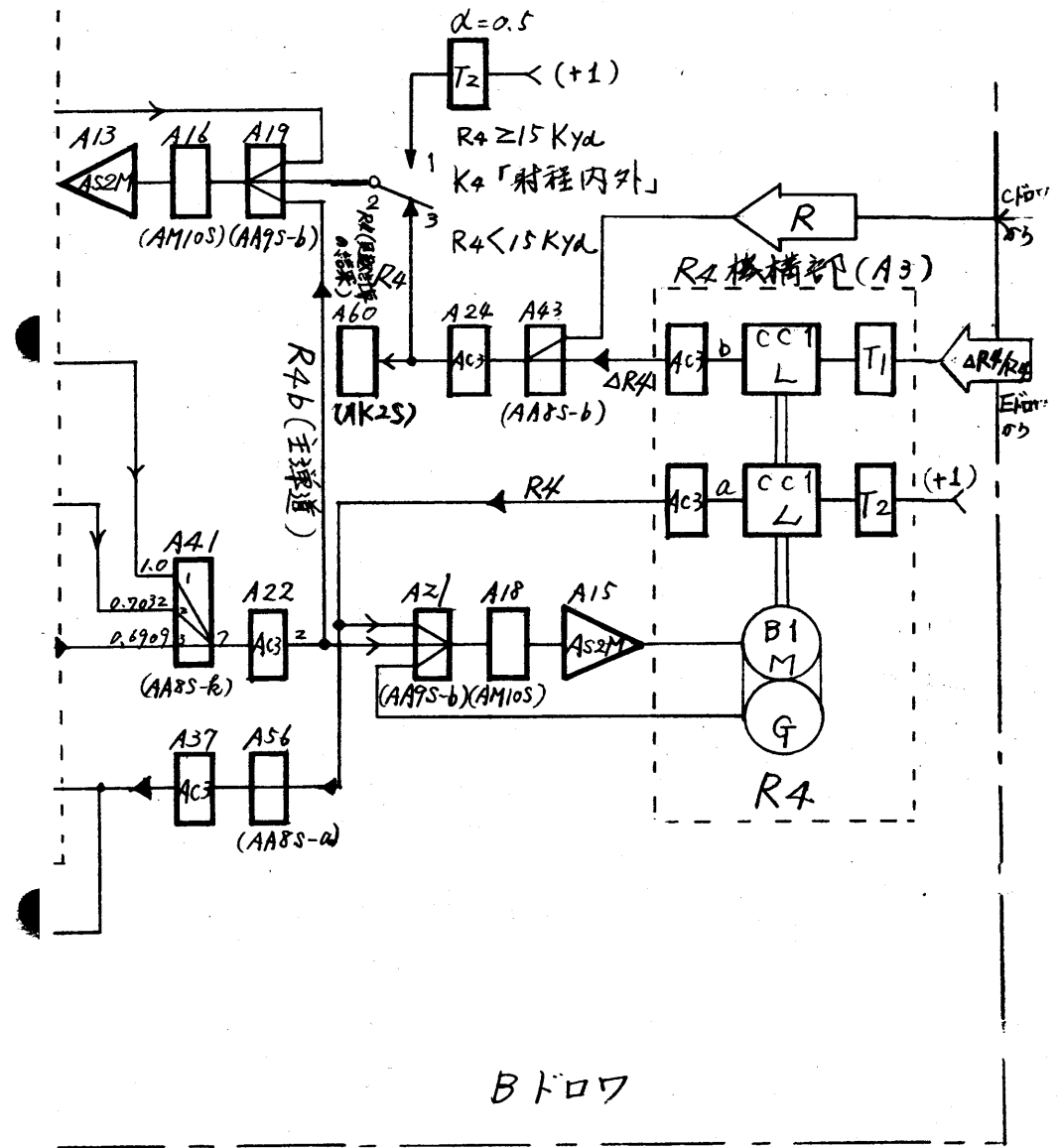
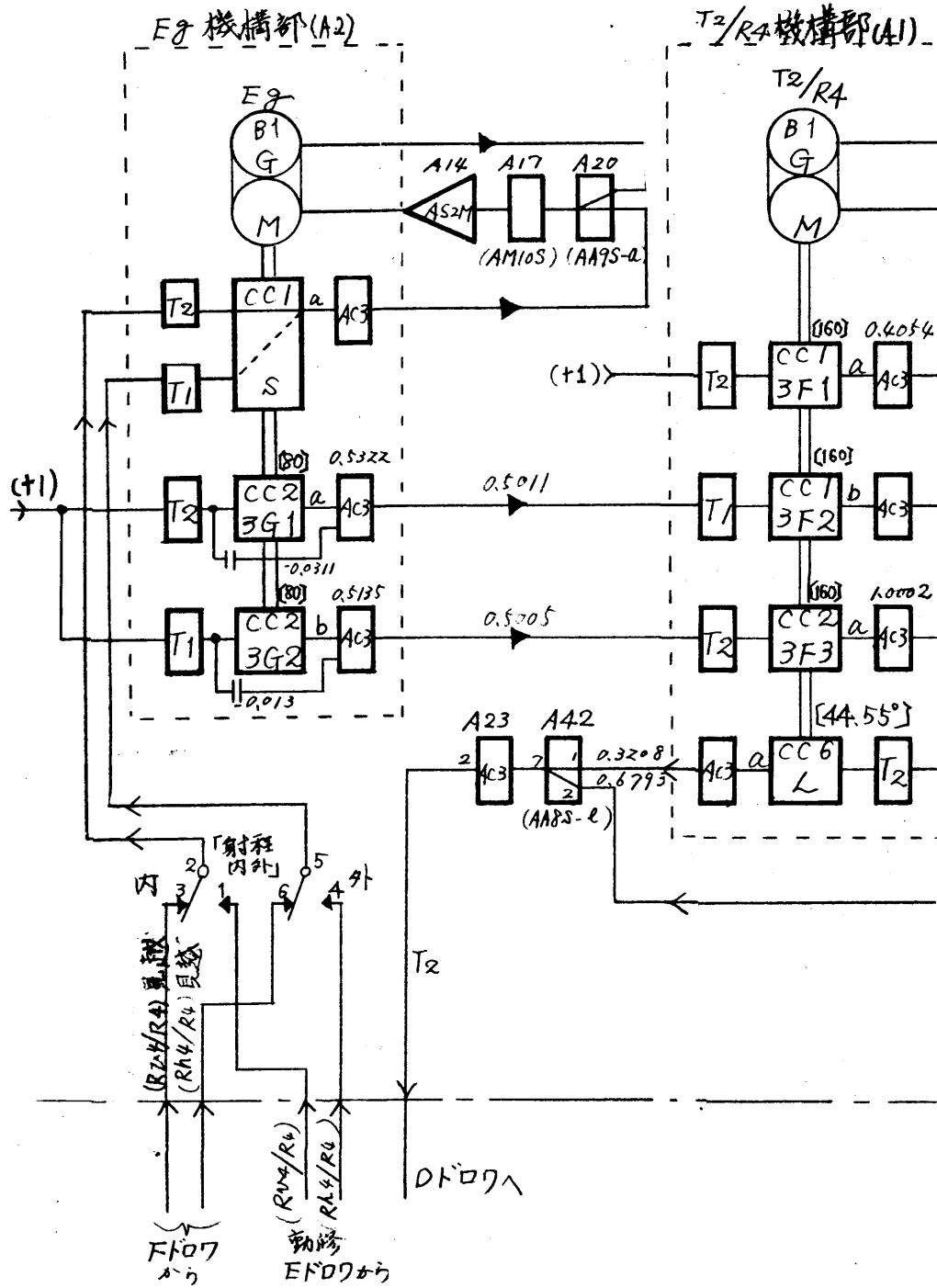
第5図  $T_2$  算出計算回路

この $T_2$ は、Dドロワに送られて $T_2$ 軸を制御する。





第6圖 主彈道計算系(1型A)



第7図 主砲道計算系 (1型B)

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (5) 待受け動作

射撃盤が正常に作動している場合には、弾道計算部、見越量計算部及び見越角計算部は閉じたループを形成している。

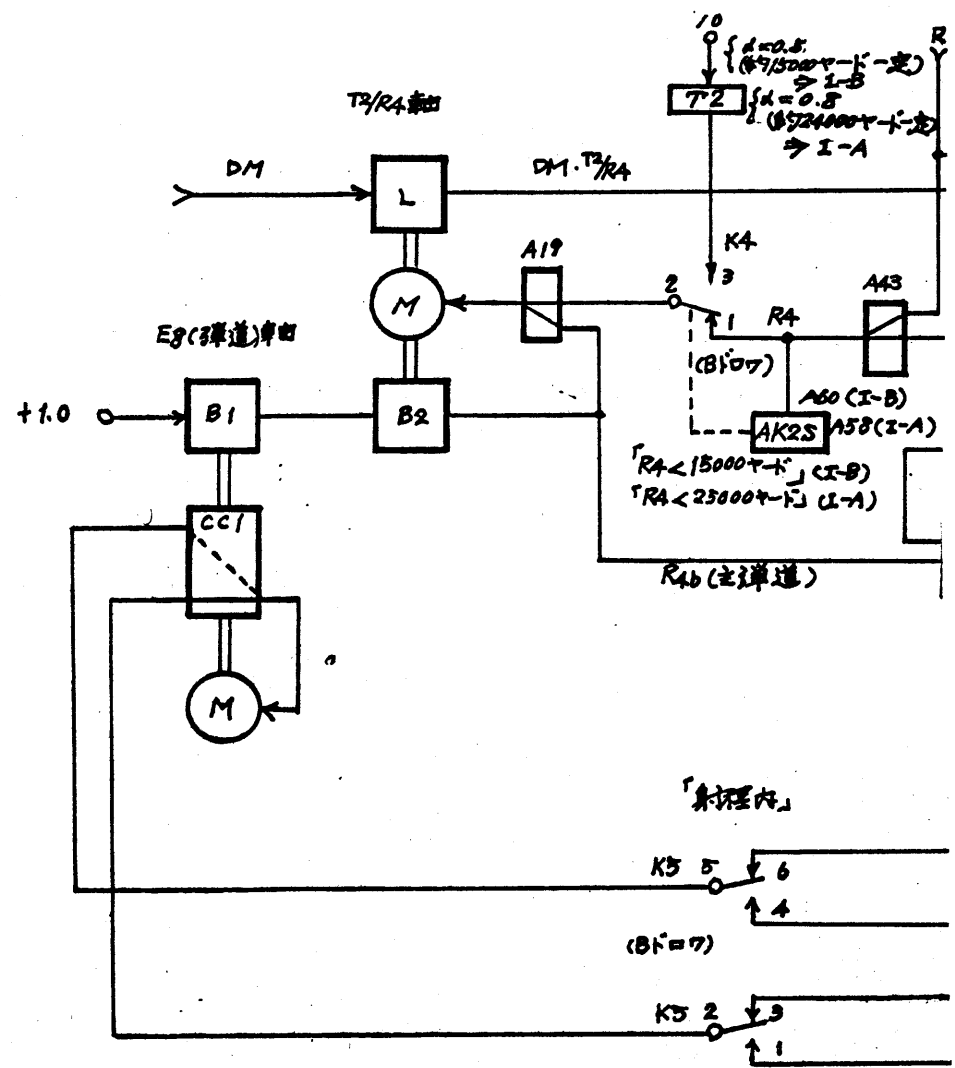
弾道計算部は見越角計算部で算出された指向距離  $R_d$  に対して、これを打消すようなフィードバック信号（主弾道  $R_d, b$ ）を算出し、 $T_2/R_d$  軸を制御している。しかし、主弾道  $R_d, b$  は、1型Bで約15,000ヤード、1型Aで約25,000ヤードまでしか算出しないため、 $R_d$  がこれ以上となると  $T_2/R_d$  軸は収れんできずぐるぐる回わつてしまう。このような状態では見越角（ $V, Lh$ ）軸は安定に収れんできず射撃盤と砲の連携動作を行うことは不可能となる。

$R_d$  が大きく「射程外」の場合でも、射撃盤が砲をむやみにふり回さないよう、また、 $T_2/R_d$  軸が安定に収れんするようリレーによって制御しているのが待受動作である。

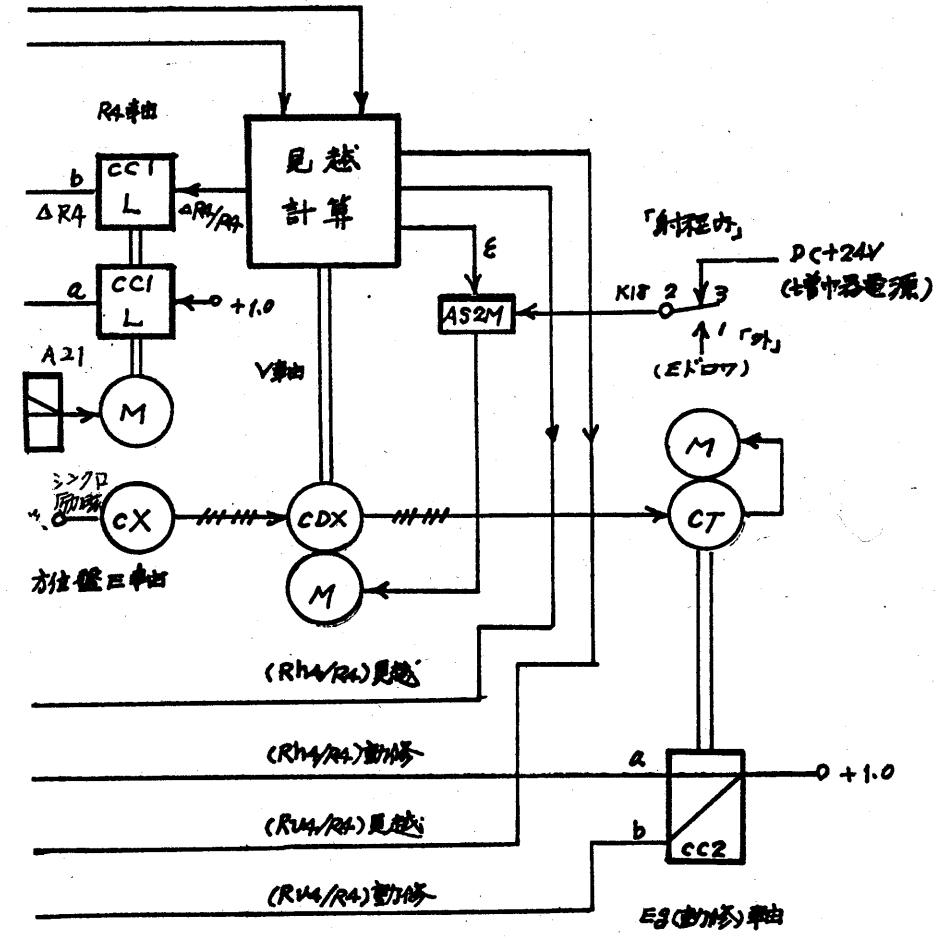
$R_d$  と見越計算性能の関係( )内は1型Aの場合

ア	$R_d \geq 15,000 (25,000)$	$T_2/R_d$ 軸収れんできず見越計算不能
イ	$12,000 \leq R_d < 15,000 (E\theta \geq 30^\circ)$	$T_2/R_d$ 軸は一応収れん 可能 見越計算誤差大
	$14,000 \leq R_d < 15,000 (E\theta < 30^\circ)$	
	$(20,000 \leq R_d < 25,000 (E\theta \geq 35^\circ))$	
	$(24,000 \leq R_d < 25,000 (E\theta < 35^\circ))$	
ウ	$500 < R_d < 12,000 (E\theta \geq 30^\circ)$	有効な射撃が期待できる 精度の見越計算可能「射程内」
	$500 < R_d < 14,000 (E\theta < 30^\circ)$	
	$(500 < R_d < 20,000 (E\theta \geq 35^\circ))$	
	$(500 < R_d < 24,000 (E\theta < 35^\circ))$	





第8圖 「待受け」動作



「射程外」 (I-B)

↓

{ Eg ≥ 30° の時 R4 ≥ 12000ヤード

{ Eg < 30° " R4 ≥ 14000 "

「射程外」 (I-A)

↓

{ Eg ≥ 35° R4 ≥ 20000ヤード

{ Eg < 35° R4 ≥ 24000ヤード

# HP『海軍砲術学校』公開資料

アの場合 ……… K 4 は接点 3 につき、見越計算ループは開かれて  $T_2/R_4$  サーボ入力は 15,000(24,000) ヤード一定値となる。このとき、V、Lh サーボアンプは電源 (DC+24) が断となっており一定角度を示す。そして E $\theta$  (弾道) 軸は E $\theta$  (動修) 軸に追従している。これは見越計算ループが閉じられていないので E $\theta$  (弾道) 軸を制御する  $Rh_4/R_4$ 、 $Rv_4/R_4$  が見越角計算部で正しく算出されない。

イの場合 ……… 目標が接近し、 $R_4$  が 15,000(25,000) に近づくとつれ、B 点は A 点に近づき、 $R_4$  が 15,000 (25,000) となると、A 点と B 点は一致し、K 4 は接点 1 に接となり、 $T_2/R_4$  軸は正常な制御状態となる。

しかし、V、Lh サーボはまだ作動していないので 見越計算ループは形成されていない。

ウの場合 ……… 目標がさらに接近、 $R_4$  が「射程内」の状態となると E ドロワの K18 が作動し、サーボ電源が入り V、Lh サーボ軸が作動、E $\theta$  (弾道) 軸は、見越計算部の  $Rh_4/R_4$ 、 $Rv_4/R_4$  で制御され見越計算ループを形成する。

見越計算ループを 2 段階で閉じるのは、K 4、K18 を同時に作動させると見越計算ループが振動的となるためである。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (6) 水平面内弾道偏差量計算系

水平面内弾道偏差量には、初速、空気密度、気温及びたて風などの当日修正による射線方向成分と、定偏及び横風による射線左右方向成分とがある。

これらの偏差量は  $T_2/R_4$  及び  $E\theta$  を変数とする弾道量であつて特殊に加工された弾道用計算コンデンサによつて計出される。

なお、これらの値は射表では長さの単位(ヤード)で与えられているが射撃盤内では全て  $R_4$  で割られた無次元量でなければならない。

したがつて、計算コンデンサから発生する値はすでに無次元化されたものである。

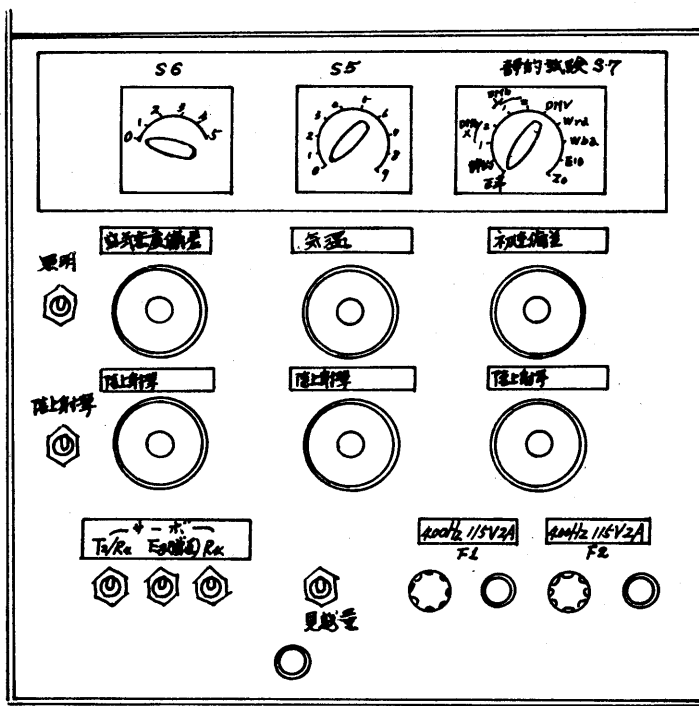
系統図において、A34 の出力が水平面内射線方向の弾道偏差総和 G21 であり、次の計算式で与えられる。

$$G21 = \{Mz \times (1 - 0.4748 \times [3F7]) \times 0.1588 + Ad \times 0.2001 \\ (1型B) \times [3F9]\} \times Rh_4 / R_4 + Tem \times (1 - 0.8262 \times [3G7]) \times \\ (0.406 \times [3F11] + 0.0843) \times 0.0614 + Wra \times [3F14] \\ \times 0.1855 \dots\dots\dots (17)$$

ただし、Mz初速、Ad 空気密度、Tem 気温は標準状態からの測定量でBドロワにおいて測定する。

### 基準値

初速	2650 フィート/秒 (1型Aは 2550 フィート/秒)
空気密度	12034 kg/m <sup>3</sup>
気温	59°F



第9図 当日修正等調定パネル

物理量との対応

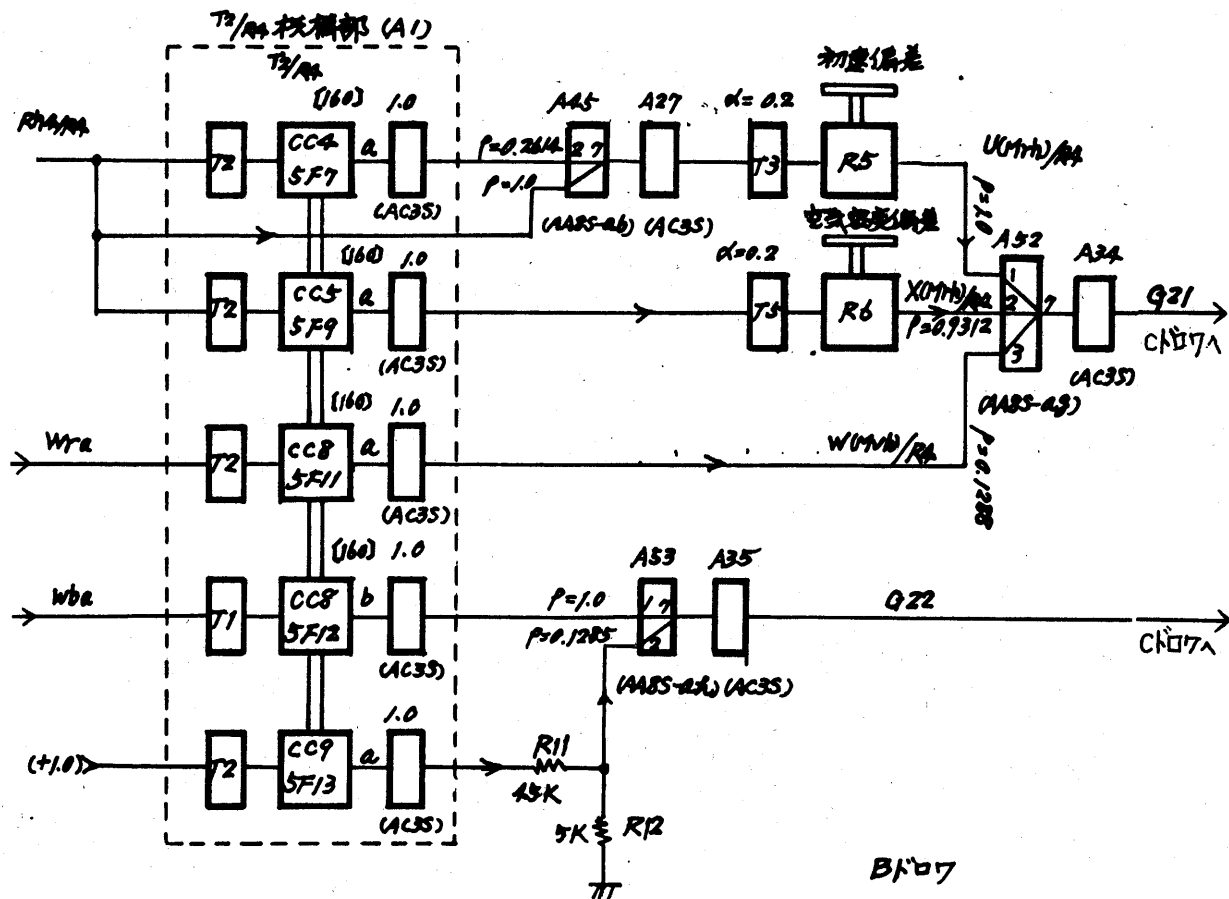
Mz = 1.0 300 フィート/s

Ad = 1.0 30 %

Tem = 1.0 100 °F

Wra = 1.0 100 ノット





第10圖 水平面内彈道偏差量計算系 (1/A)



# HP『海軍砲術学校』公開資料

なお、3F7、9、11、14は $T_2/R_4$ を変数とする弾道関数で $T_2/R_4 = 0$ で0となり、また図中に「」内に示す $T_2/R_4$ の値で1.0となるような関数である。

3G7は $E\theta$ を変数とする弾道関数で $E\theta = 0$ で0となり、 $80^\circ$ で1.0となるような関数である。

初速及び空気密度による偏差量は $Rh_4$ で割って無次元化された量が発生されるので $R_4$ で無次元化するためには、 $Rh_4/R_4$ を乗じなければならない。そのため、3F7、3F9（1型B）及び5F7、5F9（1型A）の弾道計算コンデンサについては特に $Rh_4/R_4$ で励磁がかけられている。

これらの偏差量が $Rh_4$ で無次元化されているのは、偏差量を $\cos E\theta$ （ $=Rh_4/R_4$ ）で割ると射角に対する偏差量の変化がほとんどなくなり、 $T_2/R_4$ だけの関数となる。このために特殊なロータ形状をした弾道コンデンサの数が少なくなり装置が簡潔となるためである。

射線左右方向偏差量G22（A35の出力）は、次の式によつて求められている。

$$G22 = Wba \times [3F14] \times 0.1522 + [3F16] \times 0.0217 \dots\dots\dots (18)$$

(1型B)

$$(1型A) = Wba \times [5F12] + [5F13] \times 0.01285$$

また、 $[3F16] \times 0.0217$ で求まる量は定偏である。これも $R_4$ で割られた無次元量である。(17)式及び(18)式で求められたG21、G22はそれぞれ実際の偏差量の1.401倍である。したがつて、第7項の見越計算部弾道偏差量座標変換系でX、Y方向の値に変換された後、A32及びA33で0.7138倍されて実際の値になる。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (7) 上下方向弾道偏差量計算系

上下方向弾道偏差量には、砲軸角成分によるものと初速、空気密度及び気温の当日修正による弾道偏差とがある。このうち特に重要なのは砲軸角成分で、次の式(19)によつて算出される。

$$\frac{b(Mv)}{R_4} = \{ 0.4281 \times [3F4] + (0.5249 \times [3G3] - 0.0244) \times \\ 0.7365 \times [3F5] + (0.7256 \times [3G4] - 0.0255) \times \\ 1.0015 \times [3F6] \} \times 0.9917 \dots\dots\dots (19)$$

{ } の値は A25 ( Bドロワ ) の出力である。

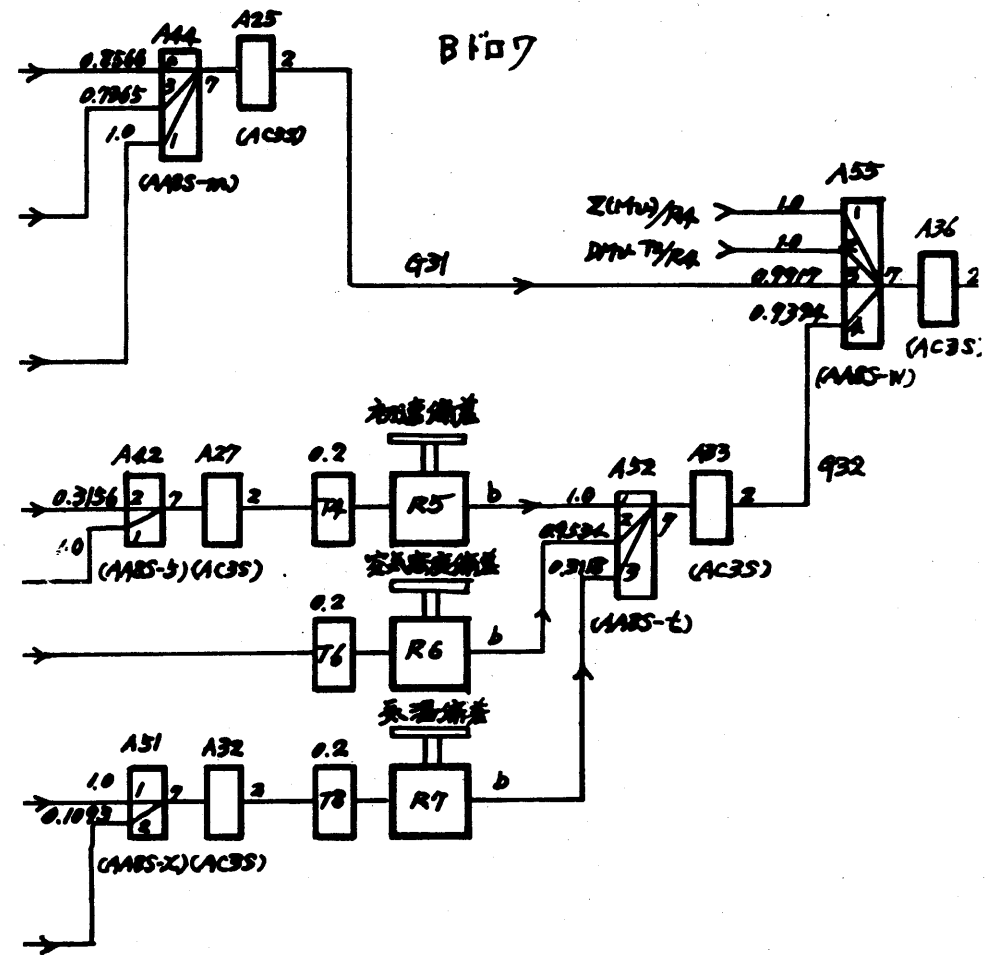
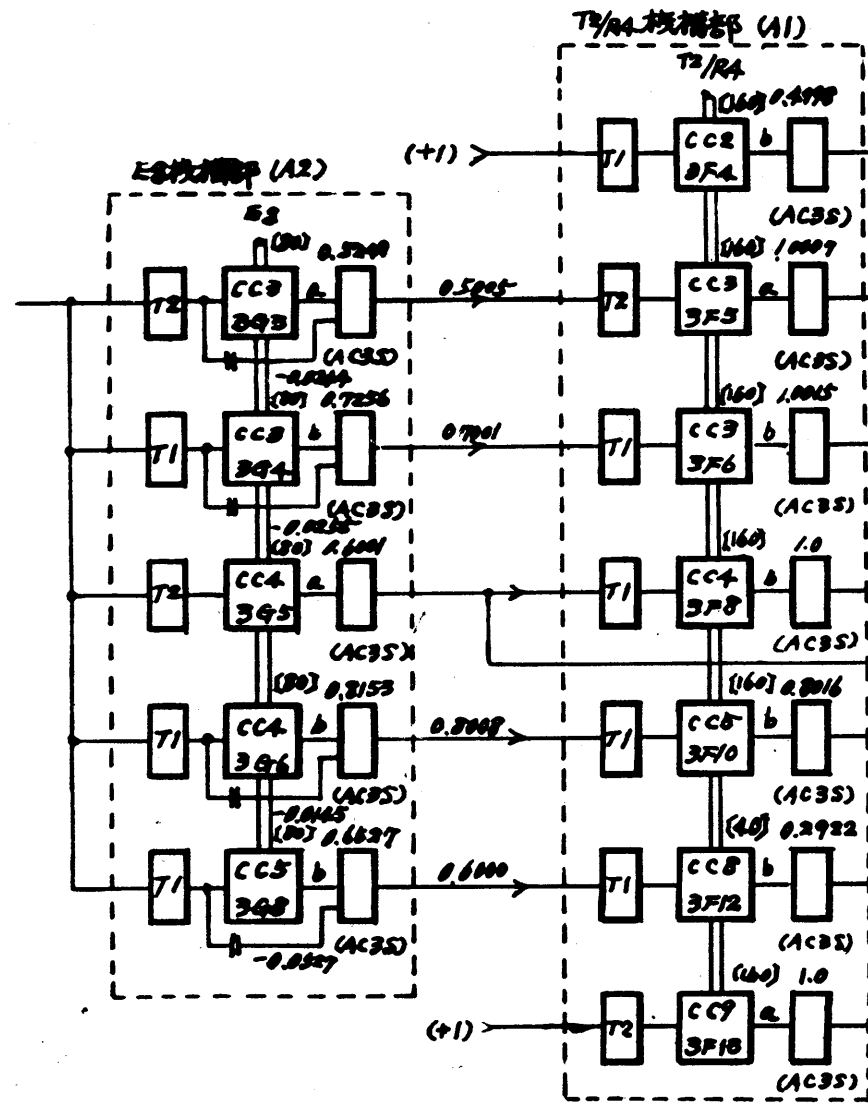
次に当日修正による偏差量 G32 は、次の式(20)により与えられる。

$$G32 = [Mz \times [3G5] \times (1 - 0.3156 \times [3F8]) \times 0.2 + Ad \times \\ (0.18153 \times [3G6] - 0.0145) \times 0.15284 \times [3F10] + Tem \\ \times \{ (0.6527 \times [3G8] - 0.0527) \times 0.5 \times [3F12] + 0.1093 \\ \times [3F13] \} \times 0.0624] \times 0.9394 \dots\dots\dots (20)$$

[ ] の値は A33 の出力である。

以上算出された  $b(Mv)/R_4$ 、G31 は A55 で速度見越量及び陸上射撃修正量と加えられて上下方向変位総和となる。

第12圖 上下方向彈道偏差計算系 (I型B)



# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 7 見越量計算部

見越量計算部は、砲を指向すべき方向を決定する見越ベクトルの北基準直角座標系 ( $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ ) の各成分 ( $Mhx_4/R_4$ 、 $Mhy_4/R_4$  及び  $Mv_4/R_4$ ) を算出する。

見越量としては、速度見越、弾道見越及び陸上支援射撃時の陸上射撃修正があるが、このうち速度見越と陸上射撃修正はもともと  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  成分で与えられるので問題はない。しかし、弾道計算部で算出された弾道見越は水平面内射線方向変位 ( $Mrh_4/R_4$ )、水平面内射線左右方向変位 ( $Mb_4/R_4$ ) 及び上下方向変位で与えられるため、 $Mrh_4/R_4$  及び  $Mb_4/R_4$  については  $X$ 、 $Y$  成分に座標変換する必要がある。

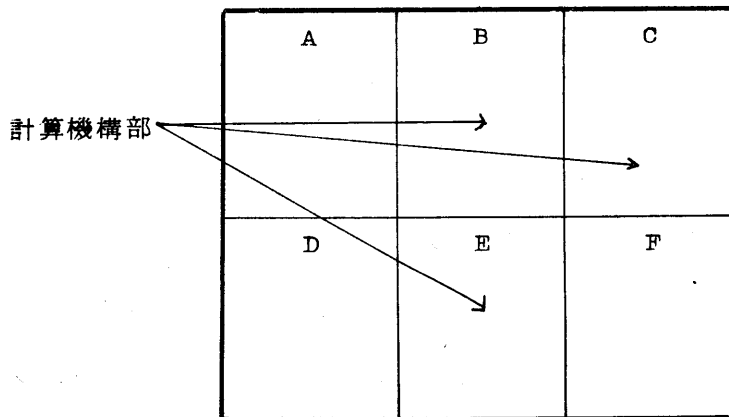
(1) 見越量計算部は、次の計算系からなっている。

ア 弾道偏差による水平面内見越量座標変換系

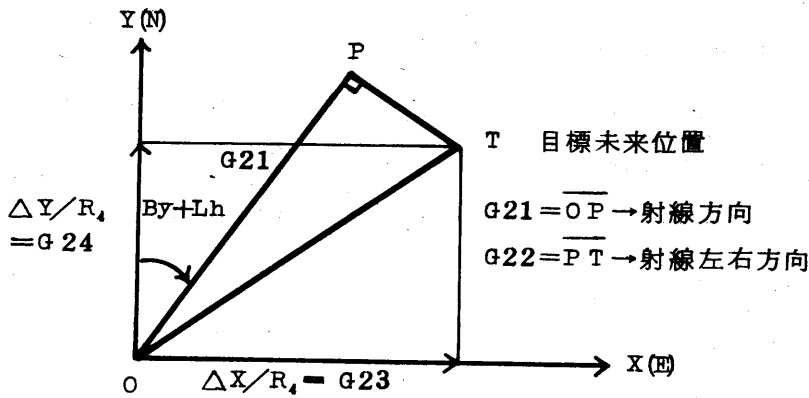
イ  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  方向変位総和計算系

(2) 水平面内弾道偏差量座標変換系

この座標系においては、水平面内における弾道偏差量の射線方向変位、射線左右方向変位を北基準に座標変換する。



第1図 座標変換



上図の  $\overline{OP}$  及び  $\overline{PT}$  が弾道計算部から算出された水平面内射線方向変位総和  $G21$  及び水平面内射線左右方向変位総和  $G22$  である。

点  $O$  は当日修正（弾道偏差）のない場合の照準点の水平面内投影であり、点  $P$  は当日修正を加えた場合の照準点の水平面内投影である。

したがって、砲は点  $O$  と  $P$  を結ぶ方向に向いていることになる。

（射線方向）

点  $T$  は、弾丸の弾着点であり正しい見越計算がなされている場合には目標の未来位置である。

ア  $G21, G22$  を  $X, Y$  成分に変換

$$G23 = G21 \sin (By + Lh) + G22 \cos (By + Lh)$$

$$= G21 ( \sin By \cos Lh + \cos By \sin Lh ) + G22 ( \cos By \cos Lh - \sin By \sin Lh )$$

$$G24 = G21 \cos (By + Lh) - G22 \sin (By + Lh)$$

$$= G21 ( \cos By \cos Lh - \sin By \sin Lh ) + G22 ( \sin By \cos Lh + \cos By \sin Lh )$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## イ 射撃盤における計算

次の系統図のように(7)の計算が行われている。

G21及びG22は、Bドロワ(A<sub>2</sub>)の演算増幅器A34及びA35の出力である。(詳細については、弾道計算部参照のこと。)

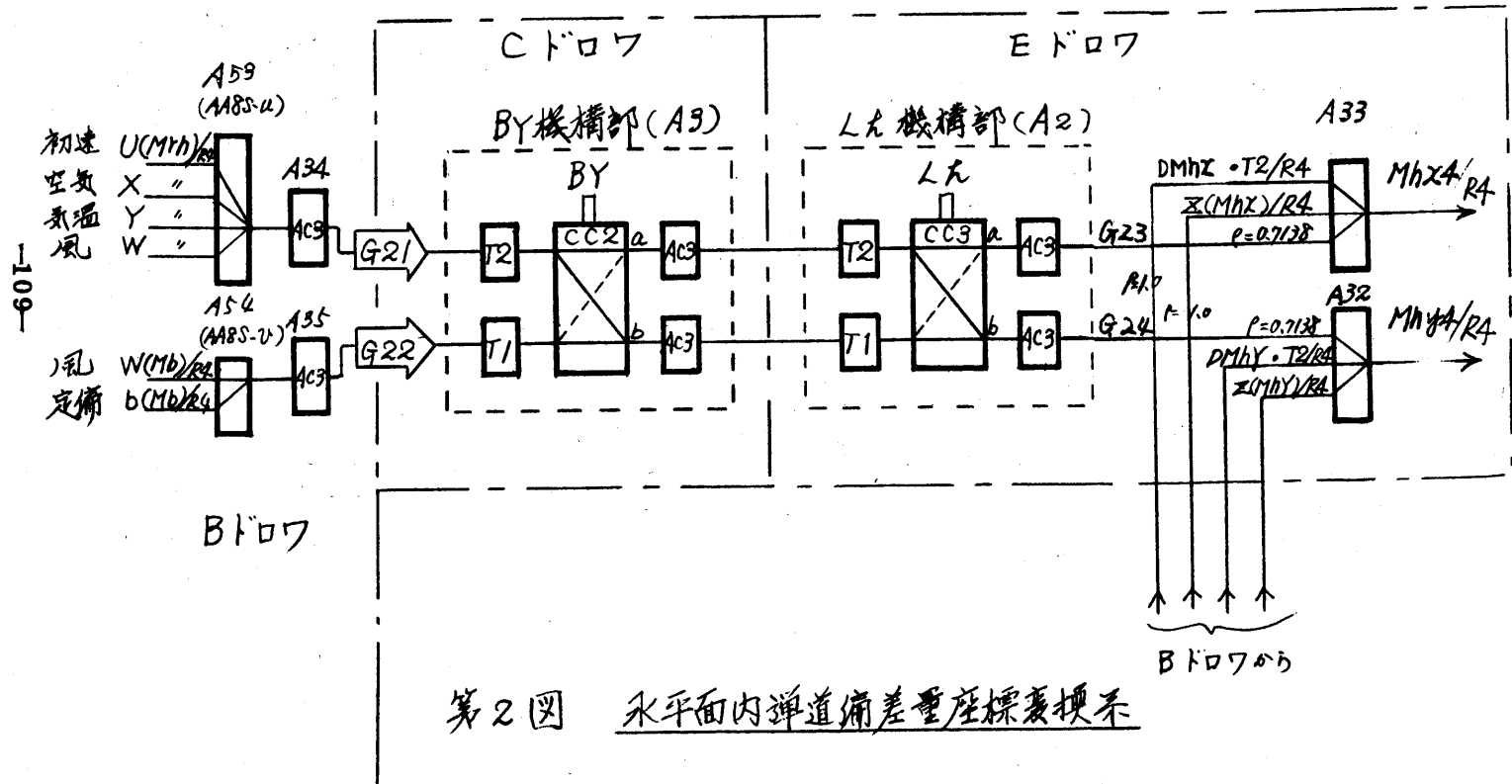
もし、射撃盤内に(B<sub>y</sub>+L<sub>h</sub>)軸があれば、座標変換は、(B<sub>y</sub>+L<sub>h</sub>)軸に取付けられた計算コンデンサだけで十分であるが、実際にはB<sub>y</sub>軸(Cドロワ)とL<sub>h</sub>軸(Eドロワ)に分かれているため(7)の加法定理で展開された式に従って計算が行われている。

こうして算出されたG23(X方向)及びG24(Y方向)は、実際の値の1.401倍となっており、A32及びA33において他の見越量を加えるとき、加算比を $0.7138 (= \frac{1}{1.401})$ として加算を行っている。



$$G_{21} = \frac{U(Mrh)}{R4} + \frac{X(Mrh)}{R4} + \frac{Y(Mrh)}{R4} + \frac{W(Mrh)}{R4}$$

$$G_{22} = \frac{b(Mb)}{R4} + \frac{w(Mb)}{R4}$$



第2図 水平面内弾道偏差量座標表換系

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (3) X、Y、Z方向変位総和計算系

見越角の計算に必要なX、Y、Z方向の総見越量を計算する。

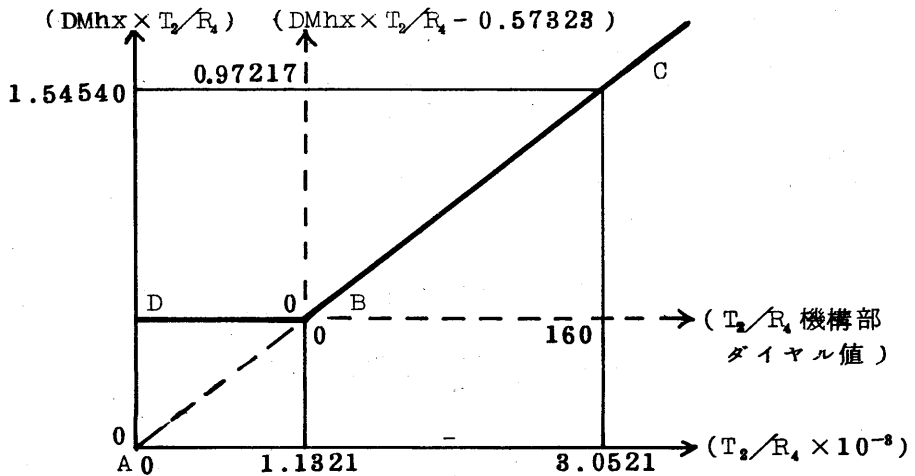
見越量には、弾道見越、速度見越及び陸上射撃修正の3種がある。

このうち水平面内弾道偏差量については、A項においてX、Y成分に変換された。

速度見越量のX、Y、Z方向成分は、 $DMhx \times T_2/R_4$ 、 $DMhy \times T_2/R_4$  及び  $DMv \times T_2/R_4$  である。しかし、弾道変数である  $T_2/R_4$  は機構上、零から始まっていないので、速度信号を  $T_2/R_4$  軸の直線型(L)計算コンデンサを通すだけの単なる乗算では求められない。

すなわち、 $T_2/R_4$  機構部(A1)のダイヤル目盛が、0.0 のとき  $T_2/R_4$  の値は  $1.1321 \times 10^{-3}$  (1型B)、また、ダイヤル目盛が160.0の値は  $3.0521 \times 10^{-3}$  である。

ここで、速度  $DMhx$  が +1.0 (= 506.34 yd/s = 900 ノット) の場合における  $T_2/R_4$  と  $DMhx \times T_2/R_4$  の関係を示すと次のようになる。



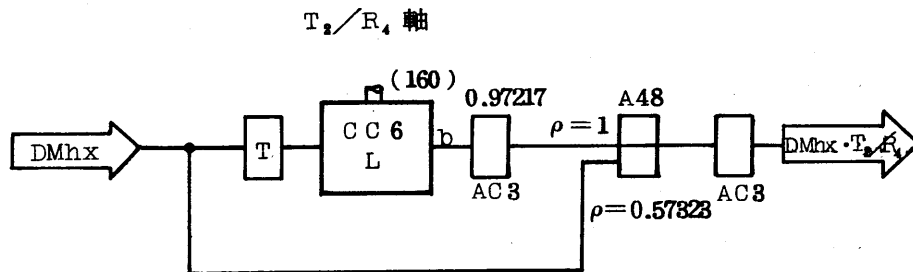
第3図  $T_2/R_4$  と  $DMhx \cdot T_2/R_4$  の関係 (1型B)

# HP『海軍砲術学校』公開資料

今、われわれが必要としている  $DMhx \cdot T_2/R_4$  の値は  $T_2/R_4$  が  $1.1321 \times 10^{-3}$  以上のときの値だけである。

計算コンデンサの出力に  $1.1321 \cdot 10^{-3} \times DMhx$  だけ加えてやれば、 $DMhx \cdot T_2/R_4$  が求まるのである。

これを実行する回路構成が次のとおりである。



第4図  $DMhx \cdot T_2/R_4$  (1型B)

計算コンデンサ cc 6-b 用の演算増幅器のゲインは入力を +1 (すなわち 900ノットに対応するアナログ量) としたとき、 $T_2/R_4$  ダイヤル値が 160.0 で 0.97217 となるよう調整される。

加算器 A 48 の加算比は 1 : 0.57323 となっている。

$DMhy \cdot T_2/R_4$  及び  $DMv \cdot T_2/R_4$  については、 $DMhx \cdot T_2/R_4$  と同じ方法でこれを算出している。

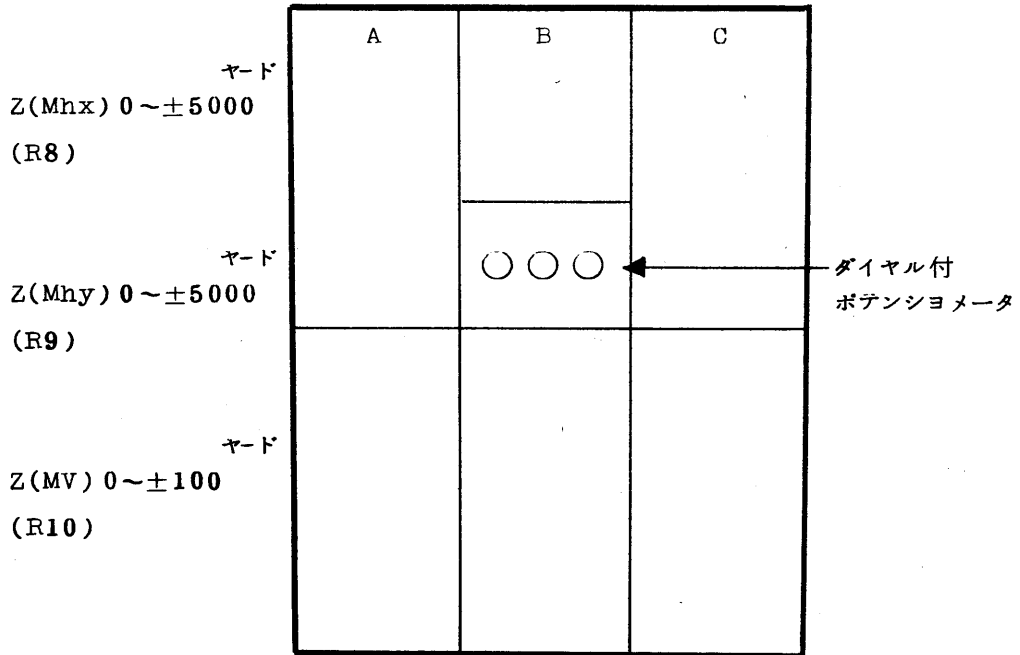
## ア 陸上射撃修正

一般に陸上の目標は、レーダで捕そく追尾することは困難である。

そのため、陸上支援射撃時レーダは、海上の艦船又は浮標等を捕そく追尾し、これから陸上の攻撃目標までどのくらい離れているかを測定、その値を北基準直角座標系の X、Y、Z 成分の値に分解して

# HP『海軍砲術学校』公開資料

オフセット量を射撃盤に調定するのである。



この調定される量は距離を表わす量である。

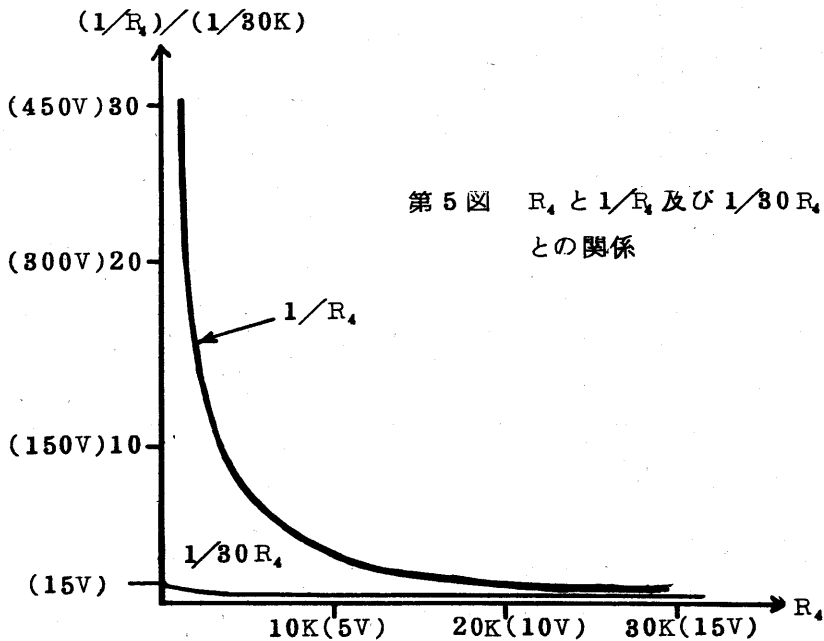
他の距離を表わす量はすべて  $R_4$  で割った無次元化された値となっており、これらと合わせるためには  $Z(Mhx)$ 、 $Z(Mhy)$  及び  $Z(MV)$  についても  $1/R_4$  を乗じてやる必要がある。

$1/R_4$  は、B ドロワ  $R_4$  機構部の L 型計算コンデンサ CC2-b に  
よる割算回路で算出される。

(7) 系統図からわかるように実際に算出されるものは  $1/R_4$  ではなく  $1/30R_4$  となつている。

これは次の図から、

# HP『海軍砲術学校』公開資料



距離を表わす量は 30,000 ヤードを 1.0 (15V) としているので逆数  $1/R_4$  は  $\frac{1}{30,000}$  のとき 1.0 (15V) となる。

$R_4$  最小距離が 1000 ヤードとすれば、このときの  $1/R_4$  は  $(\frac{1}{1,000} / \frac{1}{30,000}) \times 15V = 450V$  となる。

また、 $\frac{1}{30}R_4$  にすれば  $R_4$  1000 ヤードで 15V となるのである。

したがって、 $1/R_4$  を正しく算出するためには非常に大きな出力電圧 (450V) を精度よく取出す増幅器が必要になり、このような増幅器を作ることはきわめて困難であるので実際には、 $\frac{1}{30}R_4$  を求め精度をあげている。

- (1) Z(Mhx) 及び Z(Mhy) のポテンシヨメータのフルスケールが ±5000 ヤードとなっており、もし、 $1/30R_4$  が直接ポテンシヨメータに加えられるときの出力は

# HP『海軍砲術学校』公開資料

$$Z(\text{Mhx})(\text{又は } Z(\text{Mhy})) \frac{\cancel{30000}}{5000} \cdot \frac{1}{\cancel{30}R_4} = \frac{Z(\text{Mhx})(\text{又は } Z(\text{Mhy}))}{5R_4}$$

となり、所要の  $\frac{1}{5}$  の値となる。そのため A12 (AP14L) で  $1/30R_4$  を 5 倍 ( $\alpha = 5.0$ ) しているのである。

- (ウ)  $Z(\text{MV})$  のフルスケールは、 $\pm 100$  ヤードであり、 $Z(\text{Mhx})$ 、 $Z(\text{Mhy})$  の要領では誤差となる。また  $1/30R_4$  を直接ポテンシオメータに加えれば

$$\frac{1}{30R_4} \times \frac{30,000}{100} \times Z(\text{MV}) = 10 \times \frac{Z(\text{MV})}{R_4}$$

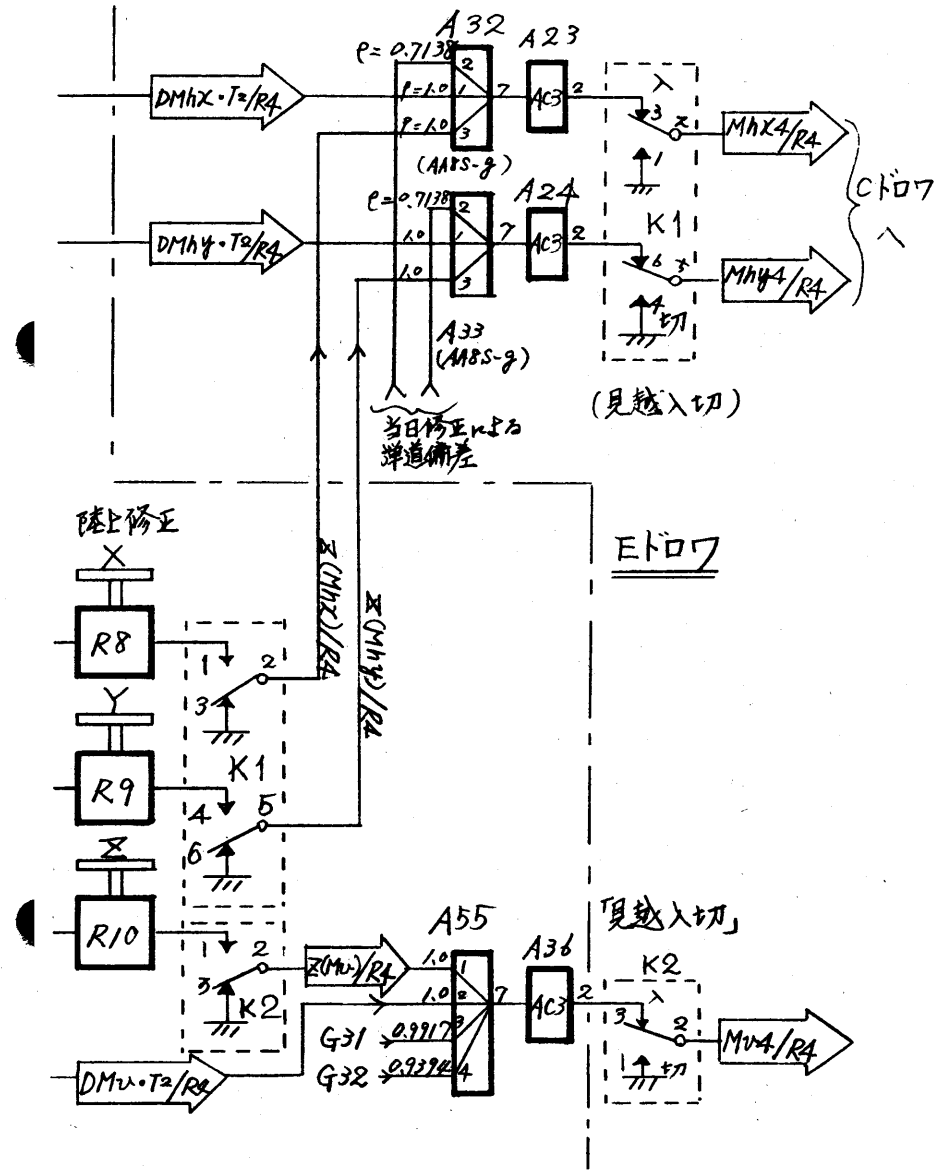
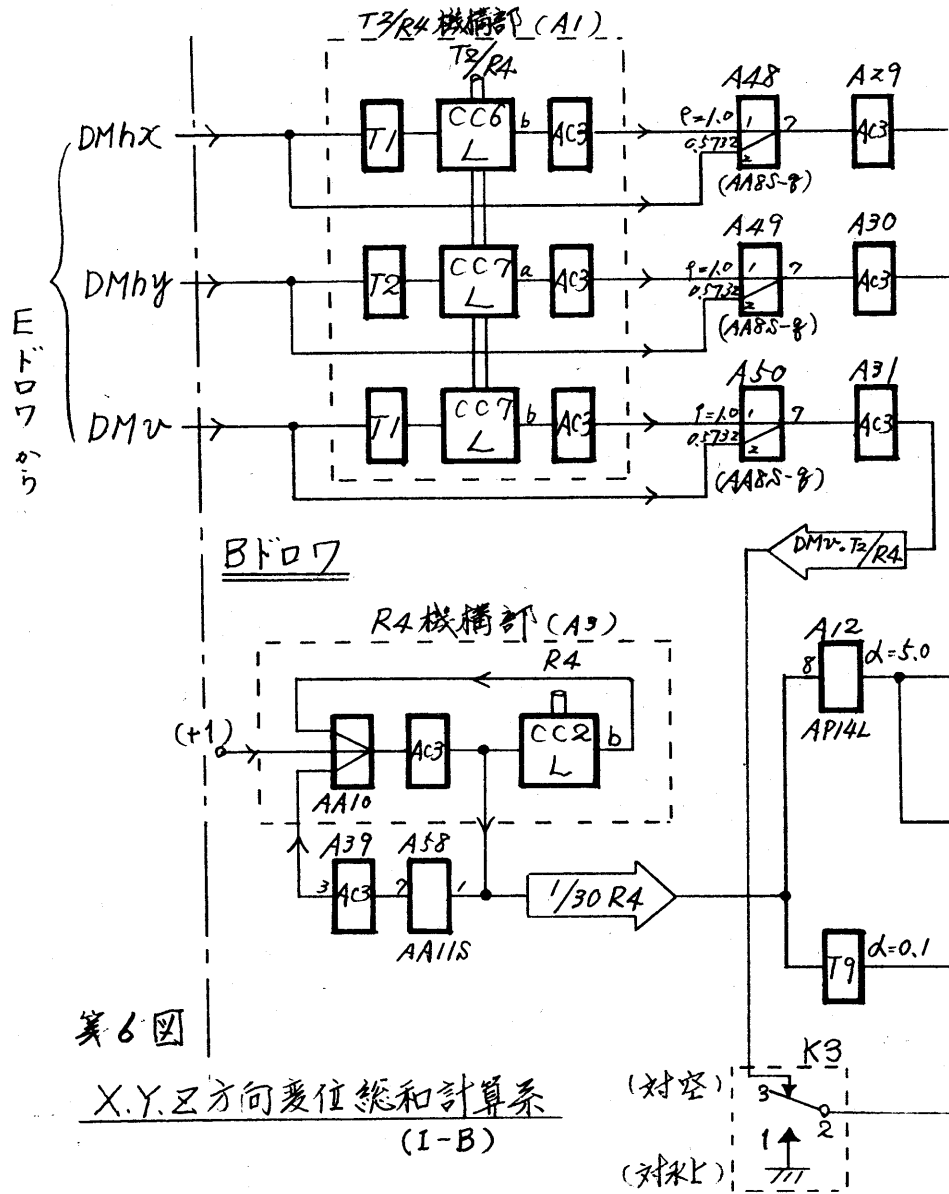
となり、所要の 10 倍の値となつてしまふ。このために、T9 で  $1/30R_4$  を  $1/10(0.1)$  にしている。

このように算出された X、Y、Z 方向速度見越量、陸上射撃修正量及び弾道見越量は、X 方向、Y 方向についてそれぞれ E ドロワの A32 及び A33 で加算し、X、Y 方向変位総和 ( $\text{Mhx}_4/R_4$ 、 $\text{Mhy}_4/R_4$ ) となる。

また Z 方向については、B ドロワ弾道計算部で算出された砲軸角成分  $b(\text{MV})/R_4$  及び当日修正 (初速、空気密度、気温) による上下方向偏差が B ドロワの A55 で速度見越量及び陸上射撃修正量と加えられて、Z 方向変位総和  $\text{MV}_4/R_4$  となる。

- (エ) 次に X、Y、Z 方向変位総和計算系統図を示す。

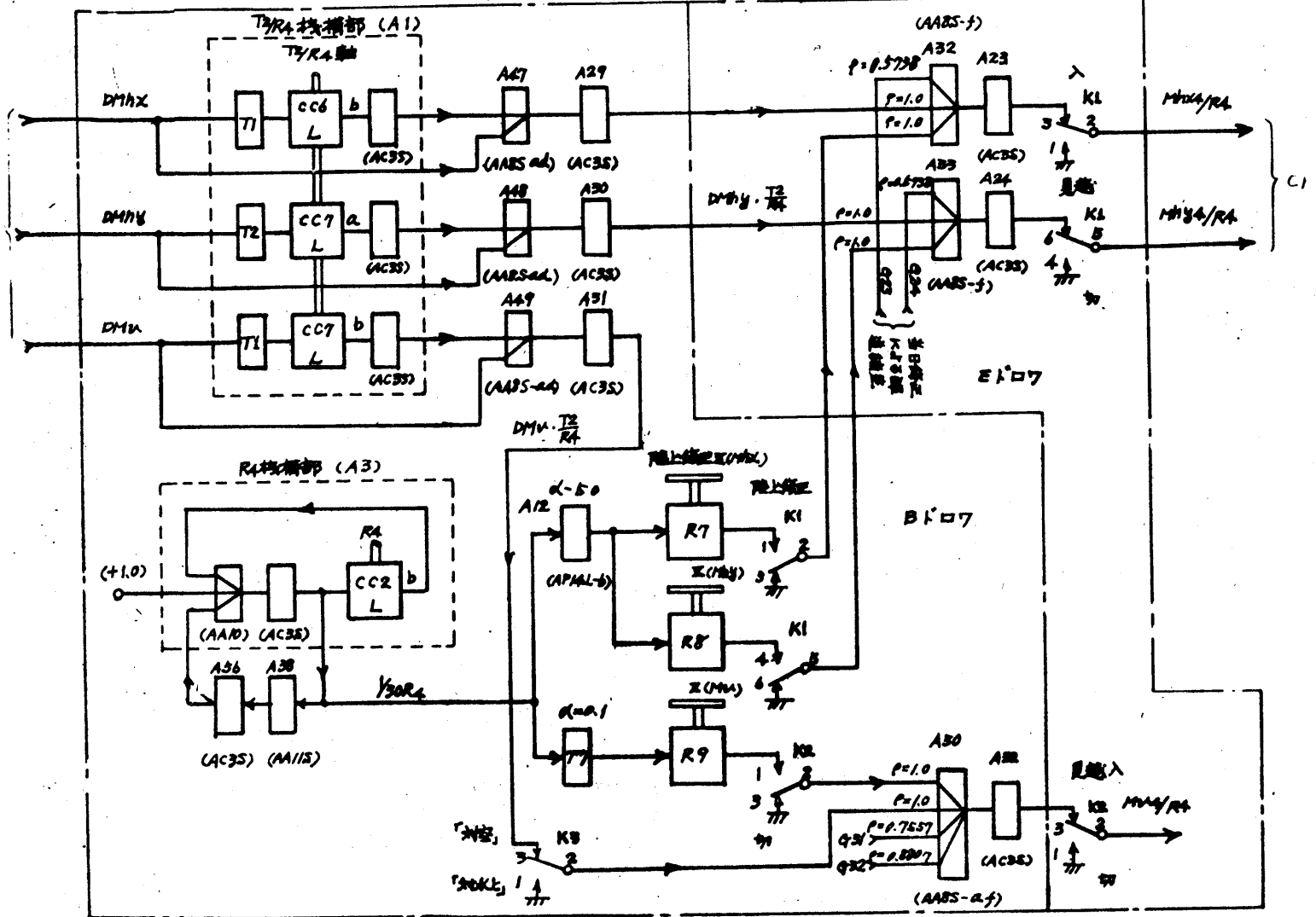






# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 第7図 X、Y、Z方向変位銃和計算系(1型A)



118-

# HP『海軍砲術学校』公開資料

(a) 陸上支援射撃を実施する場合は、

BドロワのS4(トグルスイッチ)を陸上修正「入」にすると、リレーK1、K2が作動してBパネル面に取付けられているダイヤル付ポテンシオメータ東西(R8)、南北(R9)のX、Y方向にはそれぞれ±5000ヤード、上下(R10)のZ方向は±100ヤードの範囲で修正ができる。

陸上支援射撃を行わない場合は、BドロワのK1、K2によつて陸上射撃修正量加わらないようになっている。

(b) K8

K8は、測的盤管制部のDドロワの平面パネルにあるS4(「対水上」)を「入」にすると作動し、追尾している目標が水上目標の場合は、Z方向の速度は考えられないので上下方向速度見越を強制的に零としている。

(c) 見越「入」「切」

BドロワのS8(トグルスイッチ)を見越「切」にすると、この下にある赤色ランプ(DS8)が点灯するとともにEドロワのリレーK1、K2が作動し、見越角計算に必要なすべての見越量は、零となる。

赤ランプ点灯の状態(見越なし)では、動揺修正と占位差修正は行っているが、目標現在位置追従であり、近距離の緊急射撃のほか有効な射撃は期待できない。

したがつて、射撃のとき見越「切」にする場合は、射撃盤の見越計算部が故障し見越角が全く信頼できない場合に限られる。

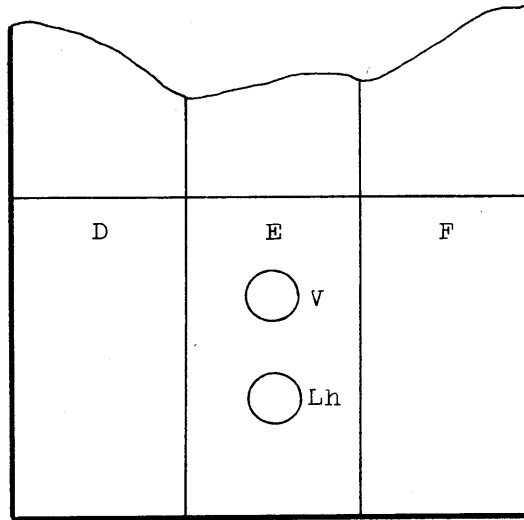
なお、射撃盤の見越計算チェック、あるいは砲の追従状況をチ

# HP『海軍砲術学校』公開資料

チェックする場合等にこのスイッチは有効である。

## 8 見越角計算部

見越角計算部は、北基準直角座標での照準点を決定するための幾可計算を行う部分で、この計算段階において $V$ （照尺角）、 $Lh$ （水平面苗頭）を算出する。



### (1) この計算部で算定されるもの

$V$ 、 $Lh$

$R_h/R_s$ （指向距離）

$R_{h_h}/R_s$ （指向水平距離）

$RV_s/R_s$ （指向高度）

$\Delta R_h/R_s$ 、 $R_{h_h}/R_s$  及び  $RV_s/R_s$  は照準点を決定する要素となる  
信号で弾道計算部に送られ正しい弾道変数を決定させる。



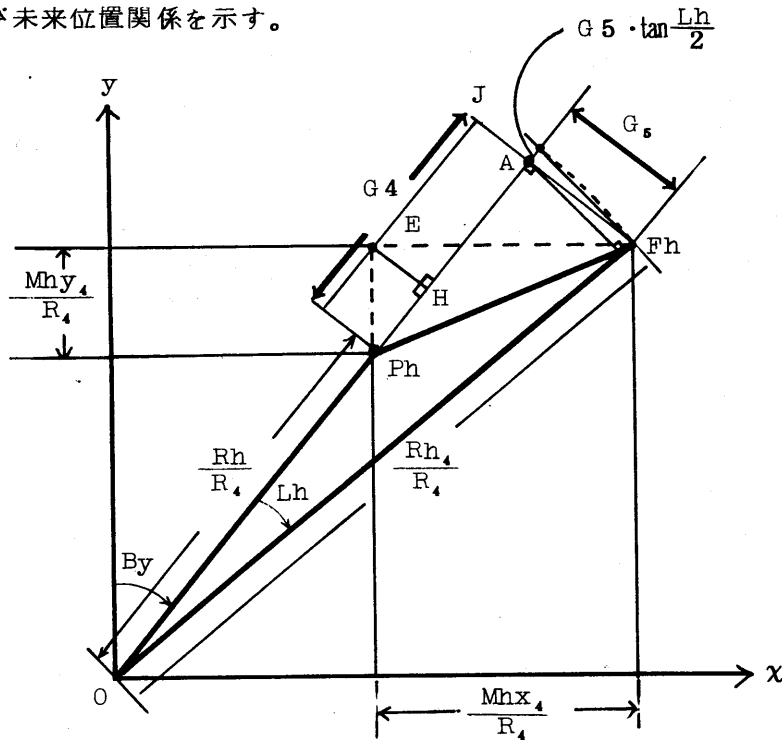
# HP『海軍砲術学校』公開資料

第1図で与えられている量は、目標現在距離  $R/R_4$ 、目標現在高角  $E$ 、目標現在真方位  $By$  のほかに見越量計算部で算出された  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  方向変位総和 ( $Mhx_4/R_4$ 、 $Mhy_4/R_4$  及び  $MV_4/R_4$ ) である。

### (3) Lh 計算系

Lh 計算系は、下図の水平面内に投影された目標現在位置  $Ph$  と、照準点  $Fh$  と関係から、 $Lh$  と  $Rh_4/R_4$  を算出する部分である。

まず  $Lh$  及び  $Rh_4/R_4$  の算出について、次に水平面内での目標現在及び未来位置関係を示す。



第2図 Lhの計出

# HP『海軍砲術学校』公開資料

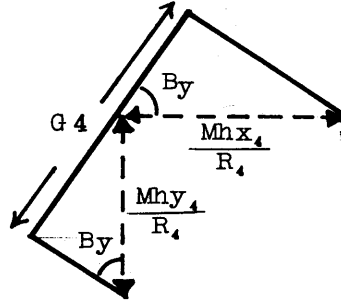
$$\overline{OPh} = Rh_4/R_4, \quad \overline{EPH} = Mhx_4/R_4$$

$$\overline{EFh} = Mhy_4/R_4$$

$$\overline{APh} = G_4 = \overline{Hph} + \overline{EJ}$$

$$\overline{AFh} = G_5 = \overline{JFh} - \overline{EH}$$

$$\begin{aligned} \overline{OFh} &= Rh_4/R_4 \\ &= \overline{OPh} + \overline{APh} + \overline{AC} \end{aligned}$$



$$\frac{Rh}{R_4} = \frac{R}{R_4} \cdot \cos E \quad \frac{RV}{R_4} = \frac{R}{R_4} \cdot \sin E \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$G_4 = \frac{Mhx_4}{R_4} \sin By + \frac{Mhy_4}{R_4} \cos By \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$G_5 = \frac{Mhx_4}{R_4} \cos By - \frac{Mhy_4}{R_4} \sin By \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\overline{AB} \text{間の長さ} = G_5 \cos Lh = (G_4 + \frac{Rh}{R_4}) \sin Lh$$

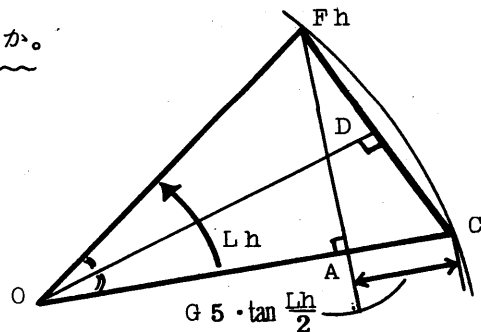
$$\therefore G_5 \cos Lh - (G_4 + \frac{Rh}{R_4}) \sin Lh = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

一方、 $Rh_4/R_4$ を求めると、

$$\begin{aligned} \frac{Rh_4}{R_4} &= \overline{OFh} = \overline{OPh} + \overline{PhA} + \overline{AC} \\ &= \frac{Rh}{R_4} + G_4 + G_5 \tan \frac{Lh}{2} \quad \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

ア  $\overline{AC}$ がなぜ $G_5 \tan \frac{Lh}{2}$ となるか。

図のような2等辺三角形  
 $\triangle O, C, Fh$ を等分した三  
 角形 $\triangle O, Fh, D$ は三角形  
 $\triangle A, C, Fh$ と相似である。



第3図



# HP『海軍砲術学校』公開資料

イ 一方、指向水平距離 ( $Rh_4/R_4$ ) は、(5)式にしたがい A 29 で各項が加算されて求められる。

なお、(5)式の第 3 項を求めるために Lh 軸には tan 型の計算コンデンサ (CC 2) が取付けられている。この計算コンデンサはある角度入力  $\theta$  に対して  $\tan \theta / 2$  なる関数を発生するように作成されており、系統図の中で「T」の記号で示されている。

A 29 にはこのほか A 38 (1 型 A では A 41) を通つて  $q(Rh_4) \times R_4$  が加えられている。これは対水上射撃を行つた場合、弾着が目標に対して遠又は近になつたとき、測的盤管制部の斜面パネルにある「発砲修正」スイッチを「入」とし、ダイヤル付ポテンシオメータ「 $q(Rh_4)$ 」で弾着偏差量を測定し、弾着を修正するためである。なお、E ドロワのリレー K 3 は、この「発砲修正」スイッチを「入」にすると作動する。

したがつて、(5)式は次のようになる。

$$\frac{Rh_4}{R_4} = \frac{Rh}{R_4} + G 4 + G 5 \tan \frac{Lh}{2} + \frac{q(Rh_4)}{R_4} \dots\dots\dots (6)$$

ウ Lh 計算系 系統図参照

まず、C ドロワの By 軸の sin 型計算コンデンサ CC 1 によつて (2) 式及び (3) 式の計算が行われ、G 4、G 5 が求められる。

同じく C ドロワの R (見越) 軸 (A 3) の計算コンデンサ CC 1 - a から発信した R は B ドロワ  $R_4$  軸 (A 3) の計算コンデンサ CC 2 - a を含む割算回路で  $R_4$  で割られ  $R/R_4$  の無次元化された値となり、E 軸 (C ドロワ) の CC 2 で (1) 式にしたがつて水平及び高度成分に分解される。ここで算出された  $Rh/R_4$  は E ドロワの Lh 機構部の計



# HP『海軍砲術学校』公開資料

算コンデンサ励磁用トランス ( $T_1$ ) で G4 と加算され G5 とともに Lh 軸の C C 1 を通つて (4) 式の左辺の式に変形される。

もし、(4) 式が満足されれば Lh 軸は静止して、その角度位置を保持するが (4) 式が零でなくある誤差が出るとこの誤差はサーボ増幅器 A 14 で電力増幅され、誤差が零となるまでサーボモータ B 1 を駆動する。A 18 - 4 の入力 は タコゼネ による速度フィードバックで、このサーボ軸の安定化のために加えられている。

また A 16 は、サーボモータに回転力を与える位相成分の電圧だけを取り出す増幅器で、不要な位相成分電流によるジュール熱 (損失熱) でサーボモータを加熱しないよう、またサーボ増幅器が飽和しないよう考慮されている。

以上で Lh は、サーボ軸の角度信号として求めることができるとともに、Lh 機構部のダイヤル上に角度表示する。

## (4) V 計算系

V 計算系は、照尺角 ( $V$ )、 $R_1/R_2$  及び  $R_1/R_2$  を算出する。

垂直面内の目標現在、未来位置の関係図を次頁に示す。

注：見越計算部の図で現在位置を示す 3 角形 OPPh と未来位置を示す 3 角形 OFFh は必ずしも同一垂直面内ではない。

しかし、実際に算出したい値は

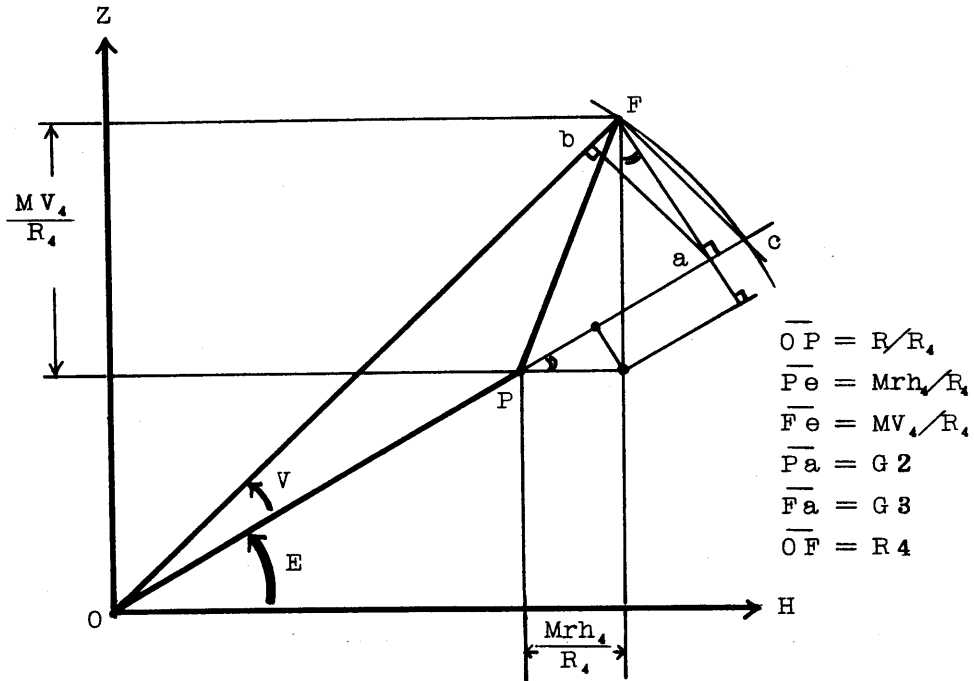
$$V = E_g - E$$

であつてベクトル  $\vec{R}_1$  と  $\vec{R}$  との間の角度ではない。

そのために、OPPh 面を Z 軸を回転軸として Lh だけ回転し

# HP『海軍砲術学校』公開資料

OFFh面と一致させた状態でVを算出すればよいのである。  
したがって、この図は空間上の目標現在位置と照準点にある垂直面に投影した関係図ではない。



第5図 Vの計出

C点はOを中心として、 $\overline{OF}$ の半径で円を描いたときに $\overline{OP}$ の延長線とこの円弧の交点である。

ア この図で既知の値は $R/R_4$ 、 $Mrh_4/R_4$ 、 $MV_4/R_4$ 及び $RV/R_4$ である。このうち $Mrh_4/R_4$ については、Lh計算系から次の式で与えられる。

$$\frac{Mrh_4}{R_4} = G4 + G5 \tan \frac{Lh}{2}$$

また、 $RV/R_4$ はLh計算系ですでに求められている。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

これらの値から、

$$G_2 = \frac{MV_4}{R_4} \sin E + \frac{Mrh}{R_4} \cos E \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$G_3 = \frac{MV_4}{R_4} \cos E - \frac{Mrh}{R_4} \sin E \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\overline{ab} = \left( \frac{R}{R_4} + G_2 \right) \sin V = G_3 \cos V$$

$$\therefore G_3 \cos V - \left( \frac{R}{R_4} + G_2 \right) \sin V = 0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

$R_4/R_4$  及び  $RV_4/R_4$  は、次のように求められる。

$$\frac{R_4}{R_4} = \overline{OP} + \overline{Pa} + \overline{ac} = \frac{R}{R_4} + G_2 + G_3 \tan \frac{V}{2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{RV_4}{R_4} = \frac{RV}{R_4} + \frac{MV_4}{R_4} \quad \dots\dots\dots (11)$$

イ 次に V 計算系の系統図を見よう。

(7)、(8)式は C ドロワの E 軸に取りつけられた sin 型計算コンデンサ (CC1) によつて実行される。なお、 $Mrh_4/R_4$  は CC1 用 励磁トランス (T1) で  $G_4$  と  $G_5 \cdot \tan Lh/2$  を加えて求めている。

ここで算出された  $G_2$ 、 $G_3$  は直ちに E ドロワ (A5) に送られ V 及び  $R_4/R_4$  算出に用いられる。

V 軸 (A1) の sin 型計算コンデンサ (CC1-a) の出力は (9) 式の左辺に等しい。

したがつて、V 軸サーボ系は (9) 式の制御式にしたがつて制御される。V 軸サーボ系は制御式こそちがうが Lh 軸サーボ系とその動作及び構成についてはほとんど変わるところがない。

したがつて、Lh と同じように V の値も V 機構部のダイヤル上に指針で角度表示する。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

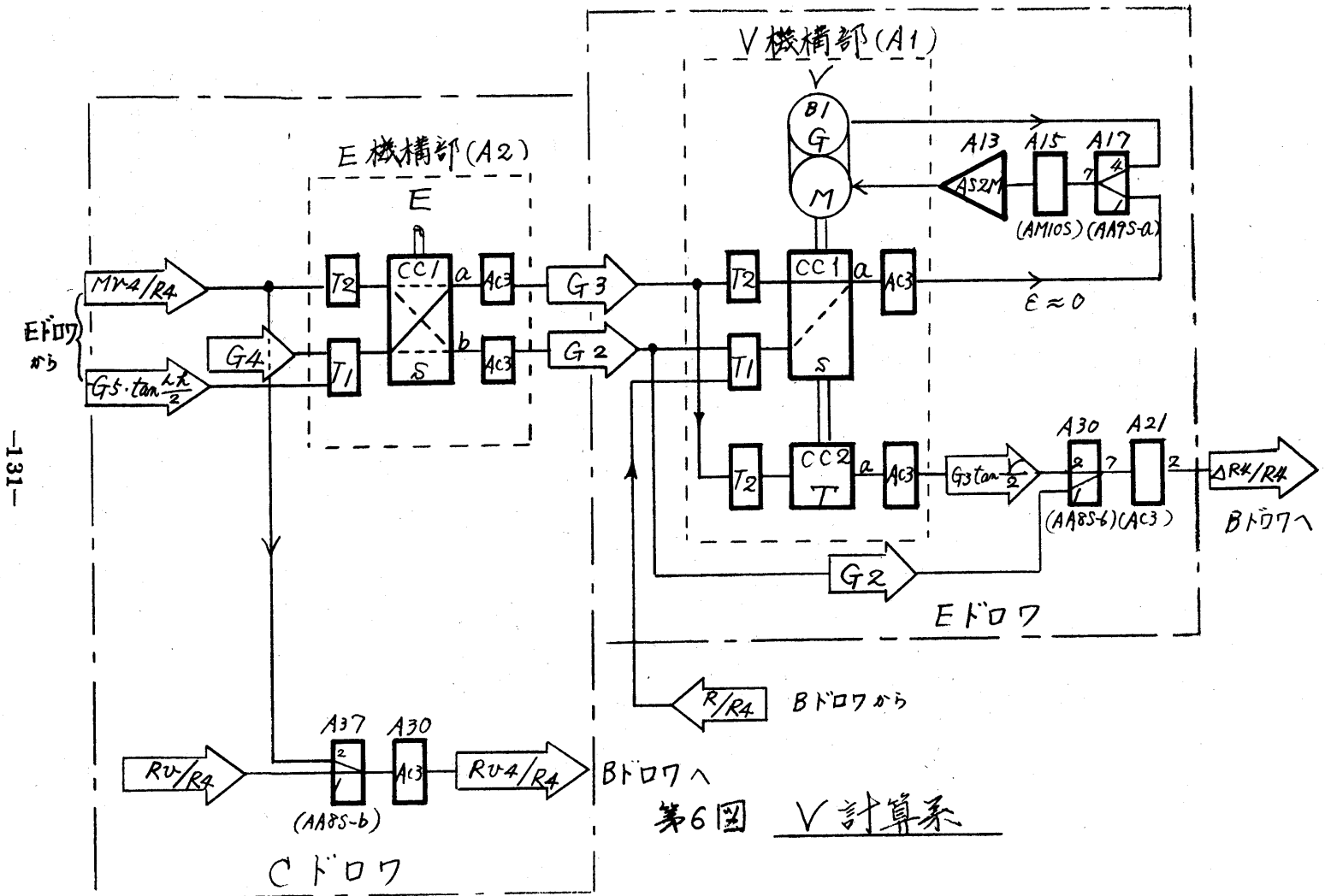
また、指向距離  $R_4/R_4$  は(10)式で算出されるが、実際には(10)式の  
右辺 2 項と 3 項の和  $\Delta R_4/R_4$

$$\frac{\Delta R_4}{R_4} = G2 + G3 \tan \frac{V}{2} \dots\dots\dots (12)$$

だけが求められ、これが弾道計算部に送られて  $R_4$  を乗じ、長さの次元をもつ  $\Delta R_4$  となり、さらに  $R$  を加えて次の式のように無次元化されない本来の  $R_4$  として求められる。

$$R_4 = R + \Delta R_4 \dots\dots\dots (13)$$

また、 $RV_4/R_4$  は、きわめて容易に(11)式にしたがいCドロワのA  
37で  $MV_4/R_4$  と  $RV/R_4$  を加算して求めている。



-131-

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 9 動揺修正計算部

動揺修正計算部は、スタビライザにのせられた方位盤が目標を追尾している場合に、方位盤で測定的される目標高角 ( $E$ ) 及び方位角 ( $B$ ) に見越角計算部で算出された見越角 ( $V, Lh$ ) を加えた諸元で、甲板面に設置された砲を管制しても艦が動揺しておれば目標に弾丸を正しく命中させることはできない。

なぜならば算出されている値は水平面内のものである。したがって、これを動揺している甲板面の値に修正する必要がある。この動揺に対する発砲諸元の修正角を算出するのが動揺修正計算部である。

### (1) 関係座標系

見越角の算出座標系 → 北基準水平面直角座標系

砲台への発砲諸元 → 艦首基準甲板面直角座標系

方位盤中心を原点とし、艦首尾線を Y 軸 (艦首方向を正方向)、Y 軸に直交しデッキ面に平行な線を X 軸 (右舷方向を正方向)、デッキ面に垂直な線を Z 軸とする座標系。

特に動揺のないとき、艦首基準水平面直角座標系という。

したがって、方位盤の  $E, B$  及び見越角  $V, Lh$  で求まる発砲諸元  $E + V, B + Lh$  はこの座標系であり艦が動揺すれば、この値で砲を管制しても正しく照準点に指向させることはできないのである。

### (2) ロール角及びピッチ角の定義

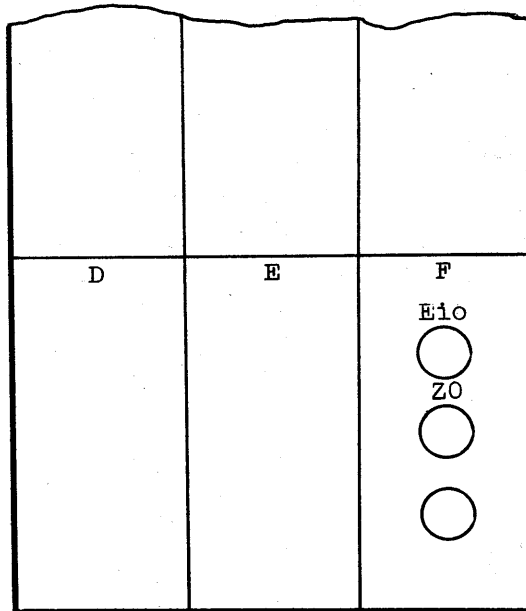
傾斜しているデッキ面と平行な面 ( $A$ ) を考え、この面内で艦首尾線と平行な直線を Y 軸とし、デッキ面に平行で Y 軸に直交する直線を X 軸とし、面 ( $A$ ) を Z 0 だけ回転し、さらに、X 軸を回転軸として

# HP『海軍砲術学校』公開資料

$E_{i0}$  だけ回転すると面(A)が水平面となる場合  $Z_0$  をロール角、  
 $E_{i0}$  をピッチ角という。

なお、 $Z_0$  の正方向 右舷上り

$E_{i0}$  の正方向 艦首下り



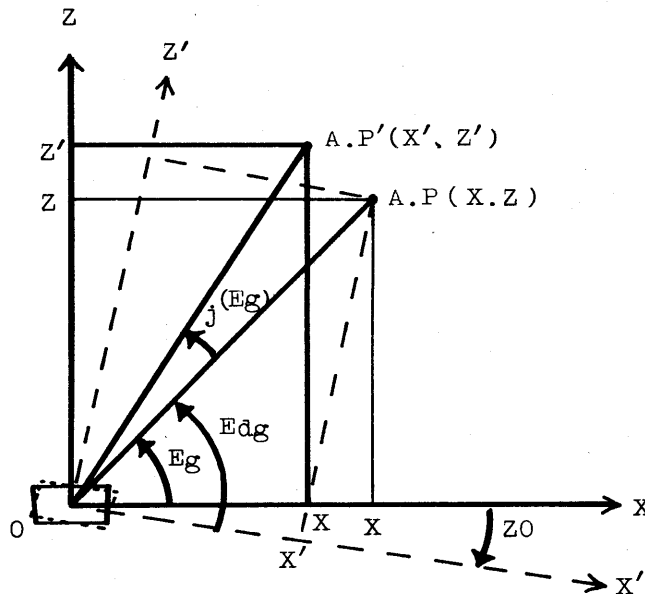
ここで注意すべきは、(A)面を回転させる順序である。すなわち  
まずX軸の回りに定義で決められた角度  $E_{i0}$  だけ回転し、次にY軸ま  
わりに先の定義どおりの角度  $Z_0$  だけ回転しても(A)面は、必ずしも  
水平面にならないということである。

このことによりロール角、ピッチ角を検出する垂直ジャイロのジン  
バル構造は決定されてしまう。

定義にしたがつてロール角、ピッチ角を検出するには、外側ロール、  
内側ピッチのジンバル構造でなければならない。また、方位盤スタビ

# HP『海軍砲術学校』公開資料

ライザのジンバル構造も同じでなければならぬことがわかる。



第1図 Z0における照準点の移動

### (3) 動揺修正の計算

第1図のように照準点はZ、X平面内にあり艦はローリングだけしているといった簡単な場合から、点A、Pが照準点である。

いま、艦がZ0だけローリングした場合を考えると、Z、X軸はZ'、X'軸のようにZ0だけ傾くこととなり点A、Pは(X、Z)から(X'、Z')へと変わる。

砲は甲板面に装備されているので、この傾いた座標系を基準にして算出された発砲諸元Edg(図においては $Edg = Eg + Z0$ )で管制されなければならない。しかし、実際に算出された値は、 $Eg (= E + V)$ であるから、これに動揺にもなり修正角を加えてやらなければならない。この修正角はX'、Z'座標系での照準点の座標関係(X Z



# HP『海軍砲術学校』公開資料

座標系の点 A.P を X', Z' 座標系に座標変換)をそつくりそのまま XZ 座標系に移換、この点を仮想の照準点 A.P' として、この仮想照準点に対する、発砲諸元と E<sub>g</sub> との差 j(E<sub>g</sub>) (図では j(E<sub>g</sub>) = Z<sub>0</sub>) として与えられる。

以上のことから、艦の動揺にともなつて傾いた X' Y' Z' 軸座標系での照準点の位置関係を X, Y, Z 座標系にそつくり置きかえ、X, Y, Z 座標系で真の照準点が仮想的にこの点に移つたものとして X, Y, Z 各方向の移動量を求め、これから発砲諸元修正角を算出するものである。

## (4) 計算系の分類

- ア 座標変換系
- イ 旋回方向修正角計算系
- ウ 俯仰方向修正角計算系
- エ TDT 動揺修正計算系

## (5) 座標変換系

この座標変換系は、動揺により仮想的に照準点が移動した偏位量を計算する。(艦首基準水平面内直角座標系)

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos z_0 & 0 & \sin z_0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin z_0 & 0 & \cos z_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos E_{i0} & -\sin E_{i0} \\ 0 & \sin E_{i0} & \cos E_{i0} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= x' - x \\ \Delta y &= y' - y \\ \Delta z &= z' - z \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

したがって数式上は(1)式にしたがつて照準点をローリング、ピッチングで傾いた座標系へ変換して、(2)式にしたがつてその差を求めるのである。

(1)式の  $E_{10}$  と  $Z_0$  の座標変換をする順序は、垂直ジャイロのジナル構造(アウターロール、インナーピッチ)から、まず、 $E_{10}$  で座標変換し、それから  $Z_0$  で変換しなければならない。

すなわち、水平面を傾いた面とするには、ロール角、ピッチ角の定義の手順と反対の操作が必要であり、まず、ピッチ角だけ傾け、それからロール角だけ傾けなければならない。

射撃盤においては、さらに精度を上げるため偏差量だけを扱い連立方程式で計算している。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta x''}{2R_4} &= 0 \\ \frac{\Delta y''}{2R_4} &= -\left(\frac{\Delta Z''}{2R_4} + \frac{RV_4}{R_4} \cdot \tan \frac{E_{10}}{2}\right) \\ \frac{\Delta Z''}{2R_4} &= \left(\frac{\Delta y''}{2R_4} + \frac{Rhy_4}{R_4}\right) \cdot \tan \frac{E_{10}}{2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta x'}{2R_4} &= \left\{ \frac{\Delta Z'}{2R_4} + \left(\frac{RV_4}{R_4} + \frac{\Delta Z''}{R_4}\right) \right\} \cdot \tan \frac{Z_0}{R_4} \\ \frac{\Delta y'}{2R_4} &= 0 \\ \frac{\Delta z'}{R_4} &= -\left(\frac{\Delta x'}{2R_4} + \frac{Rhx_4}{R_4}\right) \cdot \tan \frac{Z_0}{R_4} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

$$\left. \begin{aligned} Mig x / R_4 &= \Delta x' / R_4 \\ Mig y / R_4 &= \Delta y' / R_4 \\ Mig z / R_4 &= \Delta z' / R_4 + \Delta z'' / R_4 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

(3)式は、ピッチングによる偏差量である。ピッチングの回転軸はX軸であるから、X方向の偏差量は零となる。

同じように、(4)式はローリングによる偏差量でローリングの回転軸であるY軸方向偏差は零である。このピッチング及びローリングによる偏差量の和が各軸方向の動揺修正量で(5)式によつて実行される。

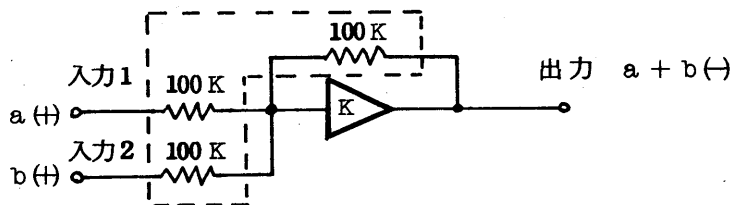
(3)、(4)及び(5)式は、一見複雑に見られるが、本質的には(1)、(2)式と同じであり(2)式に(1)式を代入した式よりはむしろ簡単となつてゐる。

第3図は、射撃盤に組み込まれた計算回路である。

この回路は連立方程式を解く関係上、閉ループとなつており、また、トランス加算が多くあつて、(3)、(4)、(5)式と実際の符号との対応がつかみにくいところである。

## ア トランス加算

通常抵抗加算器と演算増幅器を用いた加算は、次のような同符号の入力に対して出力は、その和となる。(ただし、ネガティブフィードバックがかけられているので出力符号は計算式上の和に(-1)をかけたものとなる。



第2図 トランス加算

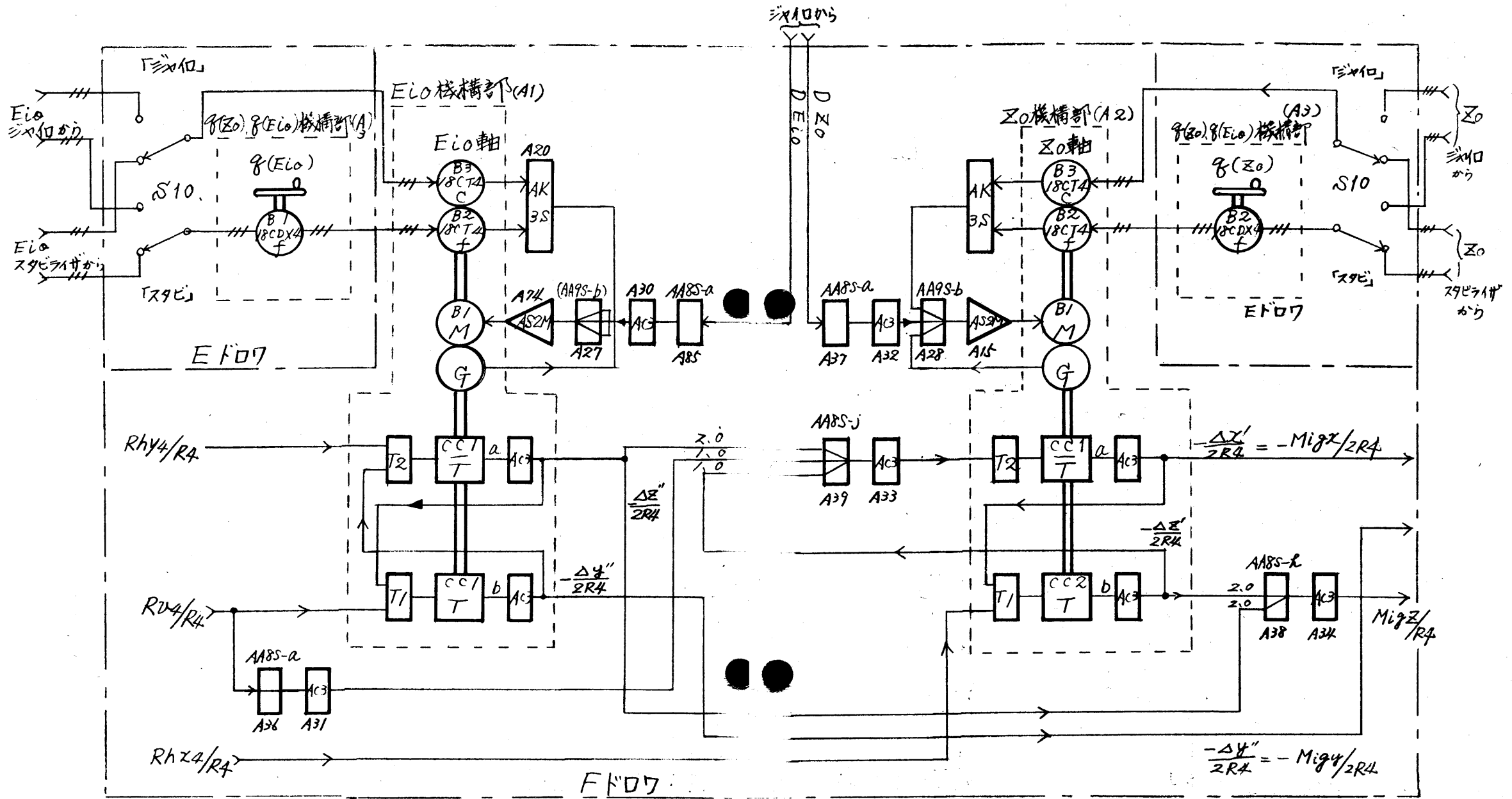
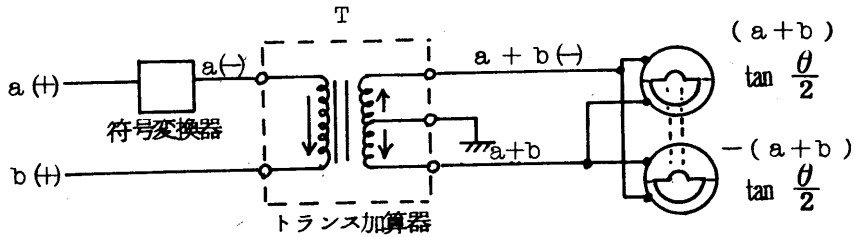


図 座標変換系

注. 計算コンデンサで「T」の記号がつけられているものは、 $\tan \frac{\theta}{2}$  を算出する計算コンデンサである。  
 なお、θ は計算コンデンサが取付けられている軸の角度である。また「T」となっているものは  $-\tan \frac{\theta}{2}$  を算出するものである。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

一方、トランス加算では前図と同じ計算をするには、次の図のように a 又は b のどちらか一方を符号変換をしなければならない。



第 4 図

この出力は通常、計算コンデンサの励磁に用いられ、トランスの出力端子の接続を入れ換えて計算コンデンサの出力符号を簡単に変換している。

イ 座標変換系におけるピッチ角による偏差量算出回路をみると、まず計算コンデンサ CC1-b の出力を(3)式の  $-\Delta y''/2R_4$  とすれば、トランス加算器  $T_2$  の出力は  $(Rhy_4/R_4 + \Delta y''/2R_4)$  となる。ところが CC1-a には「T」なる記号がつけられている。(これはさきの出力端を入れかえて計算コンデンサの出力符号を変換する意味)したがって、CC1-a の出力は  $-(Rhy_4/R_4 + \Delta y''/2R_4) \cdot \tan E_{10}/2$  となり、(3)式を見れば  $-\Delta z''/2R_4$  であることがわかる。

同じように、トランス加算器  $T_1$  と「T」の記号をつけた  $E_{10}$  軸 CC1-b の出力は  $(RV_4/R_4 + \Delta z''/2R_4) \tan E_{10}/2$  となり(3)式を参照すれば  $-\Delta y''/2R_4$  であることがわかる。

次に Z0 による偏差量の算出回路をみると、まず CC1-b の出力を  $-\Delta z'/2R_4$  と仮定すれば、抵抗加算器 A39 の出力は、 $-( -\Delta z'/2R_4 - \Delta z''/R_4 - RV_4/R_4 )$  となり、これに  $(-\tan$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

$Z0/2$  ) がかけられて  $-(\Delta z'/2R_4 + \Delta z''/R_4 + RV_4/R_4)$   
 $\tan Z0/2$  となる。

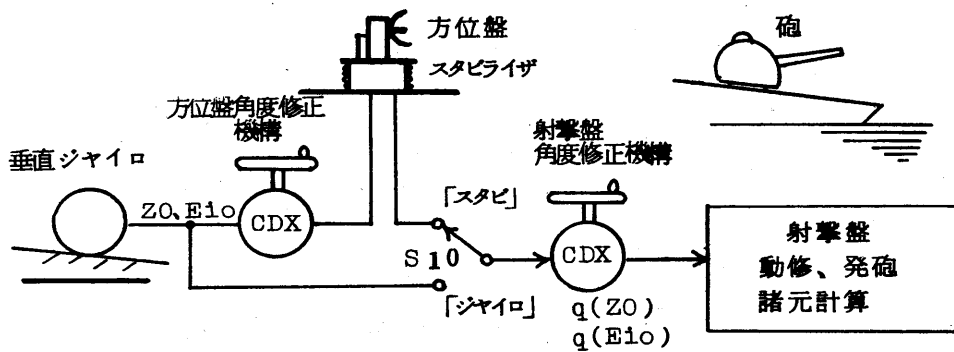
これは、(4)式をみれば  $-\Delta z'/2R_4$  であることがわかる。

一方、 $Z0$  機構部のトランス  $T_1$  での加算結果に  $\tan Z0/2$  がかけられて、 $CC1-b$  の出力は  $(\Delta z'/2R_4 + Rhx_4/R_4) \tan Z0/2$  となり、(4)式から  $(-\Delta z'/2R_4)$  が算出される。

この  $(-\Delta z'/2R_4)$  は(4)式の一歩下の式にしたがつて2倍の加算係数を持つ加算器 A88 で、 $(-\Delta z''/2R_4)$  と加えられ、 $Mig z/R_4$  が算出される。

$Mig \alpha/R_4$ 、 $Mig \beta/R_4$  は、この計算系では  $(-1/2)$  倍された値で求められているが、旋回方向修正角計算系のところで2倍され正しい修正角の算定要素となる。

ウ  $Z0$  及び  $E10$  の信号は、スタビライザと垂直ジャイロの両方からシンクロ信号で送られ、Eドロウの S10 (ロータリスイッチ) によつて、どちらの信号でも選択できるようになっている。



第5図  $Z0, E10$  系統

# HP『海軍砲術学校』公開資料

- エ 動揺がないときでも垂直ジャイロの取付面が水平面と一致してない場合は、方位盤スタビライザ面は水平面とはならないので、方位盤にある角度修正機構でスタビライザ面を水平にするような修正角を調定する。
- オ 艦が動揺を始めたときは射撃盤は角度修正されたスタビライザの  $Z0$ 、 $E10$  を用いて動揺修正計算を行わなければならない。したがって、正常時には、EドロワのS10は「スタビライザ」の方に“接”としておかなければならない。
- カ 垂直ジャイロ信号を用いるのは、スタビライザを作動させずに動揺修正計算の動的試験を実施する場合及びスタビライザの  $Z0$ 、 $E10$  のシンクロ系統にトラブルを生じた場合に限られる。
- キ 射撃盤のEドロワにある角度修正機構  $q(Z0)$ 、 $q(E10)$  は、S10が「スタビライザ」に“接”となっている場合は、動揺のないとき砲の取付面と水平面との差角を調定し、S10が「ジャイロ」に“接”とした場合は、上記のほか、方位盤角度修正機構で調定したと同じ値の修正角を加える。

## 調定範囲

$$q(Z0) \pm 1^\circ$$

$$q(E10) \pm 1^\circ$$

## (6) 旋回方向修正角計算系

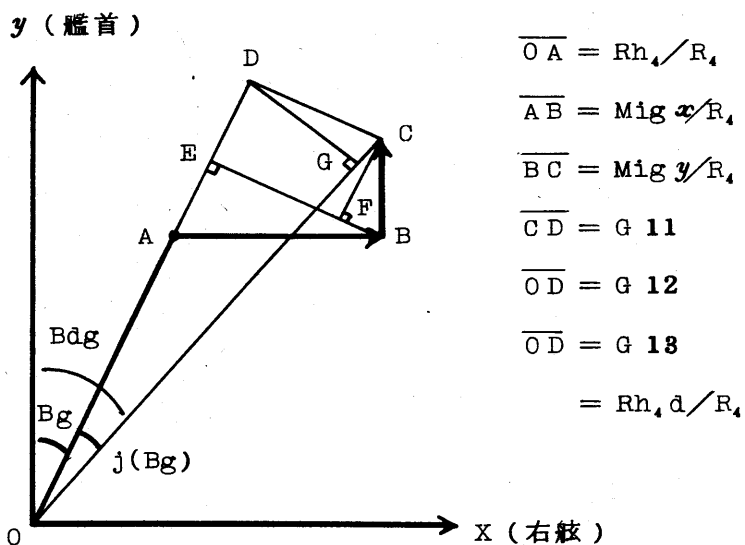
第6図のA点が動揺のない場合の艦首基準水平面直角座標系で、水平面内に投影された照準点である。動揺のため仮想的に変位した照準点がC点であり、X方向の変位  $\overline{AB}$  及びY方向の変位  $\overline{BC}$  は(5)項の座標変換系で算出された  $Mig\ x/R_4$  及び  $Mig\ y/R_4$  である。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

この変位にともなり旋回方向の修正角  $j(Bg)$  を算出するのがこの計算系である。

角度  $Bg$  は艦首基準水平面内直角座標系での旋回方向発砲角で、方位盤が示す相対方位  $B$  と射撃盤で算出された苗頭  $Lh$  の和である。

この角度加算は、シンクロコントロールサーボ系によつて行われる。



第 6 図 旋回方向修正角の計出



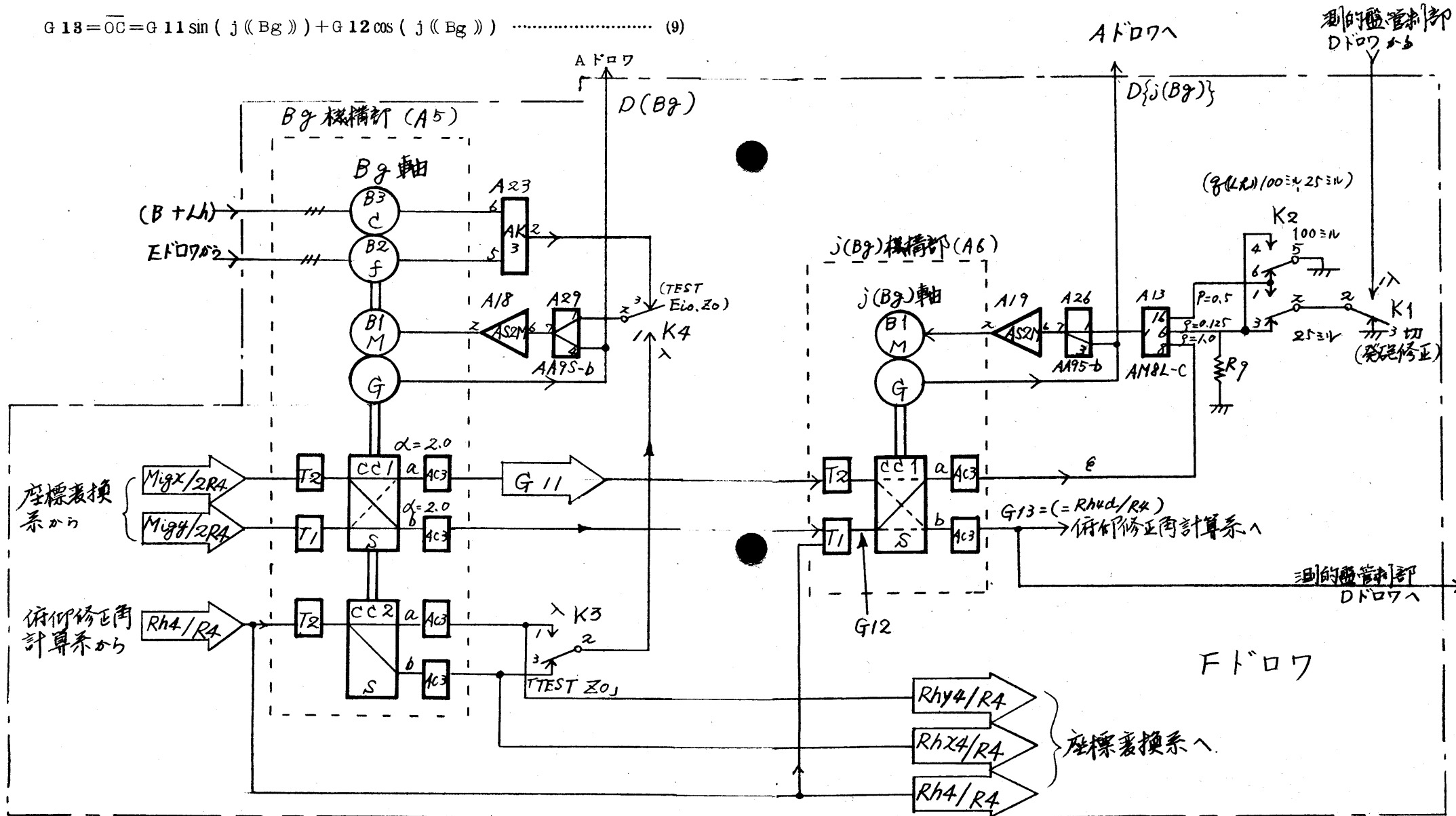
$$G_{11} = \overline{CD} = \overline{EB} - \overline{FB} = \left(\frac{Mig\ x}{R_4}\right) \cdot \cos Bg - \left(\frac{Mig\ y}{R_4}\right) \sin Bg \quad \dots\dots (6)$$

$$G_{12} = \overline{OD} = \overline{OA} + \overline{AE} + \overline{ED} = \frac{Rh_4}{R_4} + \left(\frac{Mig\ x}{R_4}\right) \sin Bg + \left(\frac{Mig\ y}{R_4}\right) \cos Bg \quad \dots\dots (7)$$

$$G_{11} \cos(j(Bg)) - G_{12} \sin(j(Bg)) = \epsilon = 0 \quad \dots\dots (8)$$

$$G_{13} = \overline{OC} = G_{11} \sin(j(Bg)) + G_{12} \cos(j(Bg)) \quad \dots\dots (9)$$

第7図 旋回方向修正角計算系



# HP『海軍砲術学校』公開資料

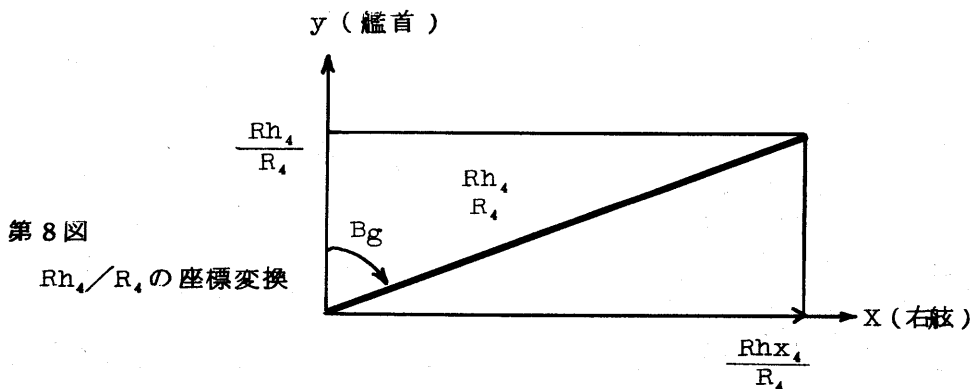
ア ここで算出された動揺による照準点の変位量（X、Y方向）は与えられた値であるので、(6)、(7)式を満足させるためには  $B_g$  軸の sin 型計算コンデンサ CC1-a、b の出力は 2 倍されるよう調整されている。

一方、(8)(9)式は  $B_g$  軸 CC1-a の出力である  $G_{11}$  と、CC1-b の出力に  $R_{h_4}/R_4$  を加えた値  $G_{12}$  ( $j(B_g)$  機構部のトランス  $T_1$  で加算されている。) とを  $j(B_g)$  軸の CC1 を通すことにより実行している。

(8)式が  $j(B_g)$  軸を制御する計算式であり、右辺の  $\varepsilon$  を零とするように  $j(B_g)$  が制御される。 $j(B_g)$  軸 CC1-a の出力がこの  $\varepsilon$  である。

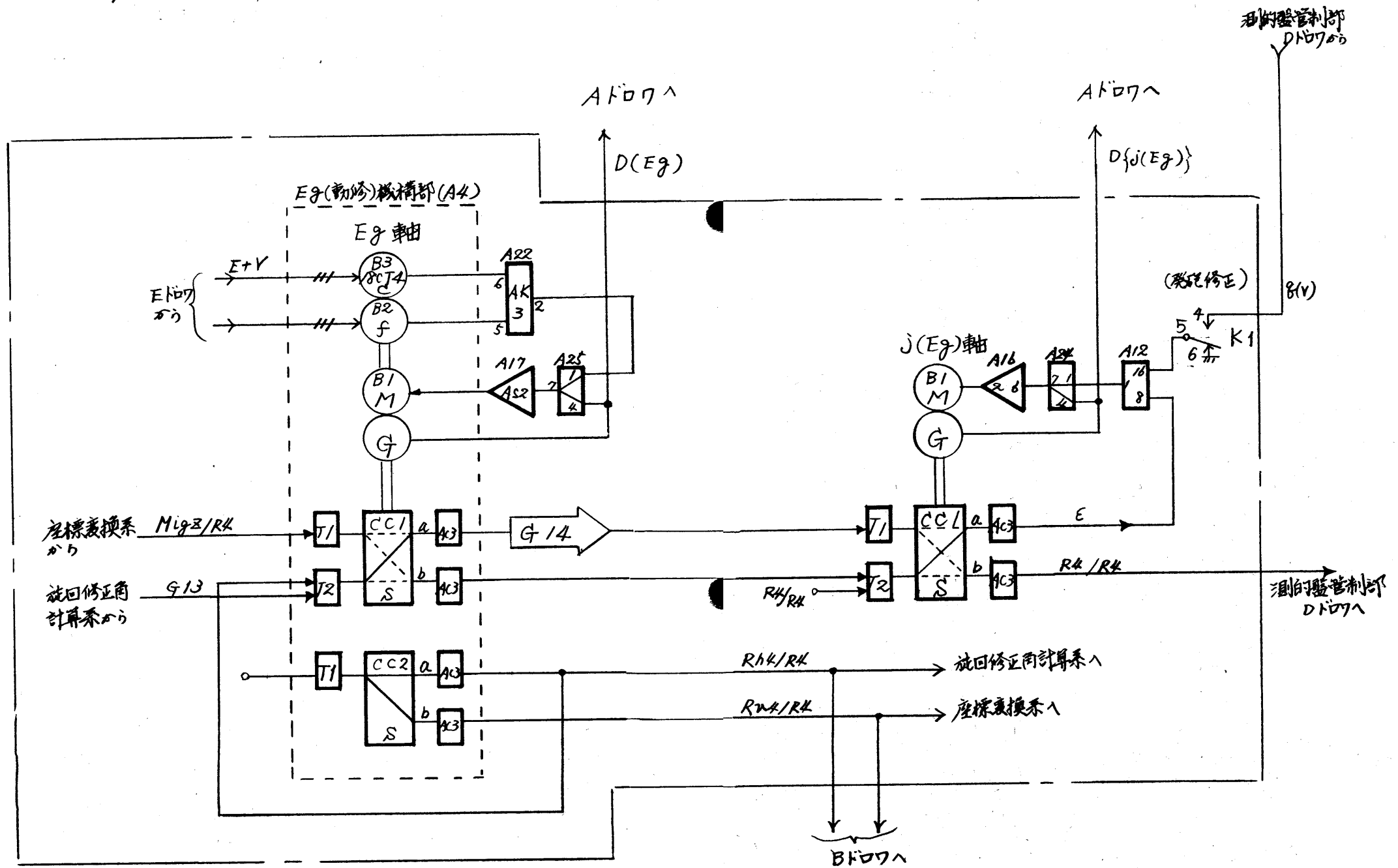
また、CC1-b の出力  $G_{13}$  は俯仰方向修正角計算系へ送られて俯仰修正角計出に寄与する。この  $G_{13}$  は照準点を艦首基準甲板面に投影した点と原点との間の長さで第 1 図の動揺図においては X 点に対応する。

イ  $B_g$  軸の sin 型コンデンサ CC2 は、第 8 図及び(10)、(11)式にしたがって、座標変換系の計算に必要な  $R_{hx_4}/R_4$ 、 $R_{hy_4}/R_4$  を算出する。





第10圖 俯仰方向修正角計算系



# HP『海軍砲術学校』公開資料

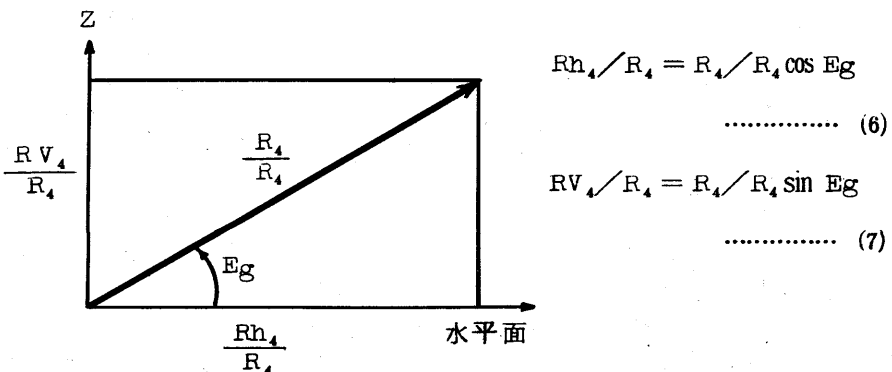
ア 旋回方向修正角計算系で算出された  $G13$  は、 $Eg$  (動修) 機構部 (A4) 内のトランス  $T_2$  で  $Rh_4/R_4$  だけ差引かれて(1)式の  $G15$  となる。この  $G15$  と、座標変換系で算出された  $Migz/R_4$  とは  $Eg$  (動修) 軸の  $\sin$  型コンデンサ  $CC1$  によつて(2)、(3)式に結合変換される。

$CC1-a$  の出力は(2)式で示される  $G14$  である。また、(3)式で示される  $G16$  は、 $CC1-b$  の出力に  $R_4/R_4 (=1.0)$  を加えて算出される。この加算は  $j(Eg)$  機構部 (A3) 内のトランス  $T_2$  によつて行われる。

$G14$  と、 $G13$  は  $j(Eg)$  軸の  $\sin$  型計算コンデンサ  $CC1$  によつて(4)、(5)式に変換され、 $CC1-a$  の出力 [(4)式の  $\varepsilon$  である。] は  $j(Eg)$  軸を制御する。

$CC1-b$  の出力は測的盤管制部  $D$  ドロワに送られ、発砲諸元修正角  $q(V)$  算出に用いられる。

イ  $Eg$  (動修) 軸の  $\sin$  型計算コンデンサ  $CC2$  は照準点の指向水平距離 ( $Rh_4/R_4$ ) と指向高度 ( $RV_4/R_4$ ) を算出するために用いられる。計算式は、次のとおりである。



第 11 図

# HP『海軍砲術学校』公開資料

CC2-aの出力が $Rh_4/R_4$ であつて、CC2-bの出力が $RV_4/R_4$ であることがわかる。

$Rh_4/R_4$ 及び $RV_4/R_4$ は、見越計算部ですでに算出されている。

見越計算ループが正常に閉じられているときは、 $E_g$ （動修）軸計算コンデンサCC2によつて求められる $Rh_4/R_4$ 及び $RV_4/R_4$ と、見越計算部で算出される $Rh_4/R_4$ と $RV_4/R_4$ は同じである。

ただし、見越計算部で求められるのは現在位置に見越量を加えていつた結果求められた値であるのに対し、 $E_g$ （動修）軸計算コンデンサCC2で求められるものは、 $R_4/R_4$ 及び $E_g$ が求められてから算出できる値である。

## ウ 静的試験「Z0」、「E10」の状態

リレーK4は、Bドロワ（A2）の静的試験スイッチを「Z0」又は「E10」にした時に作動状態となり、Bg軸はシンクロコントロール信号から切り離されて、Bg軸の計算コンデンサCC2による計算コンデンサコントロールサーボとなる。

もし、静的試験スイッチを「Z0」に選ぶと、リレーK8が作動してBg軸はCC2-aの出力が零となる状態、すなわち $Bg = 90^\circ$ に収れんする。（ $270^\circ$ でもCC2-aの出力は零となるが、 $270^\circ$ では不安定点でありここには収れんしない。）

この状態で照準点は、下図のようにX軸を含む垂直面上にあるので、

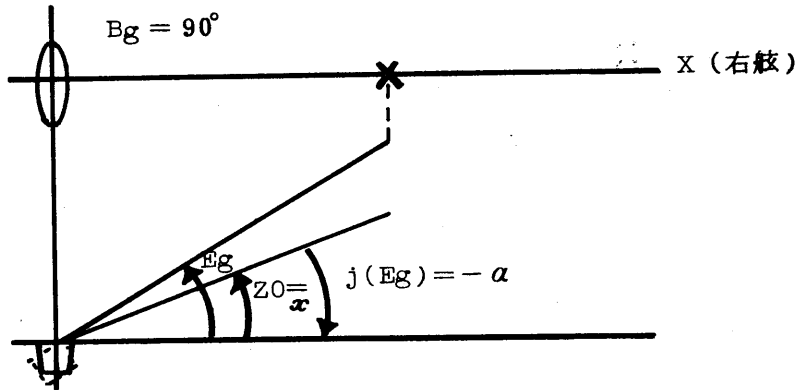
$$\text{ピッチ角}(E10) = 0$$

$$\text{ロール角}(Z0) = \alpha \text{ (一定)}$$

とすると、旋回方向修正角 $J(Bg)$ は零となり、俯仰方向修正角 $J$

( $Eg$ )は、( $-\alpha$ )となる。

すなわち、 $j(Eg) = -Z0$



第12図 静的試験「Z0」の状態

また、静的試験スイッチを「 $E10$ 」とすると、 $Bg$ 軸はCC2-bの出力が零となる状態、すなわち、 $Bg = 180^\circ$ に収れんする。(  $0^\circ$ もCC2-bの出力は零であるが不安定点であり  $0^\circ$ には収れんしない。)

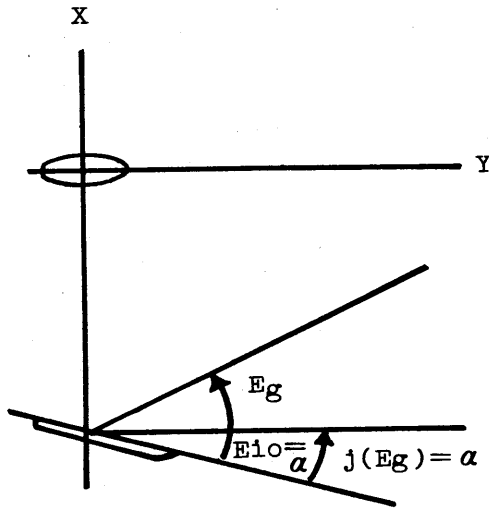
この状態では、次の図のようにY軸を含む垂直面内にあるから

$$\text{ピッチ角}(E10) = \alpha \text{ (一定)}$$

$$\text{ロール角}(Z0) = 0$$

とすれば、旋回方向修正角  $j(Bg)$  は零で、俯仰方向修正角は ( $\alpha$ ) となる。

すなわち、 $j(Eg) = E10$



第18図 静的試験「E10」の状態

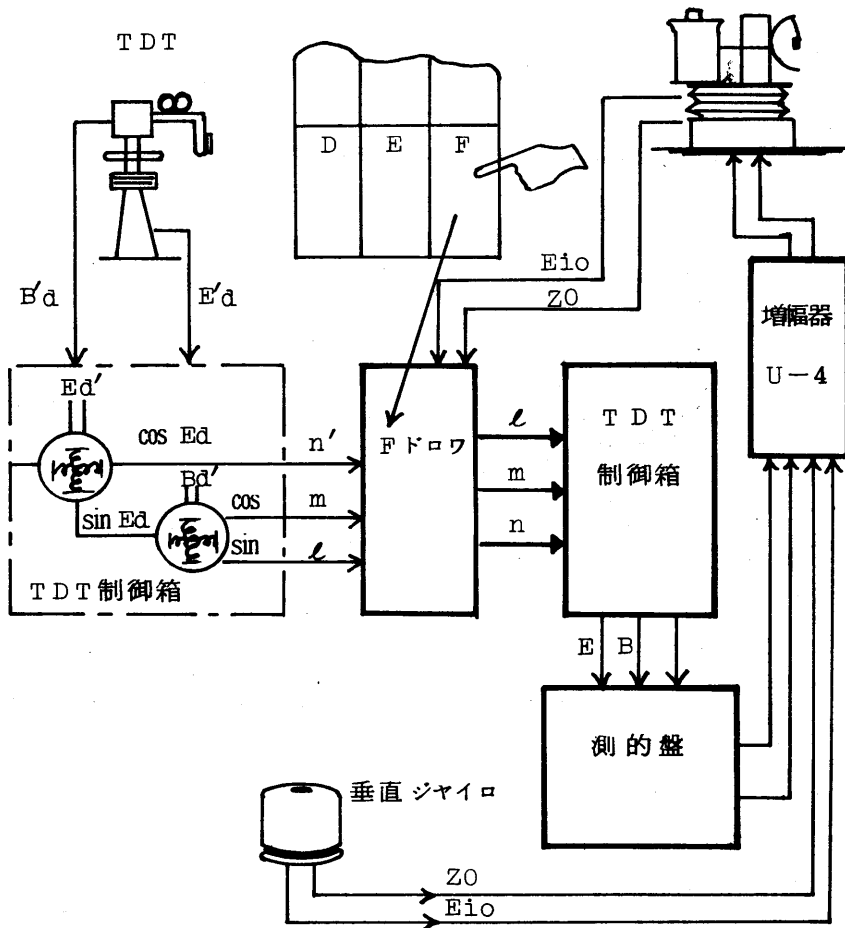
以上のように、Bドロワの静的試験スイッチ「Z0」及び「E10」を用いると、ロール角及びピッチ角による動揺修正角計算のチェックを容易に行うことができる。

## (8) TDT信号動揺修正計算系

光学的に目標を捜索、捕そくし方位盤に目標指示信号を発信するTDTは艦橋の両側又はAAステーションの甲板面に装備されている。

TDTによつて得られる目標位置信号は甲板面に対する俯仰角  $E_d$ 、旋回角  $B_d$  であるため、水平面にスタビライズされる方位盤で目標を追尾するにはこの  $E_d$ 、 $B_d$  信号を動揺修正してやる必要がある。





第 14 図 TDT 信号系統図

すなわち、艦が動揺すれば甲板面上に固定された TDT での目標信号は、方位盤でスタビライズされて観測する目標位置情報と座標系は異なっている。したがって TDT の目標信号は、ロール角、ピッチ角をファクターとしてスタビライズされた位置信号に変換する必要がある。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## ア 計算機構部及び関連機構

TDT眼鏡部

TDT制御箱

射撃盤 Fドロワ

## イ 計算過程

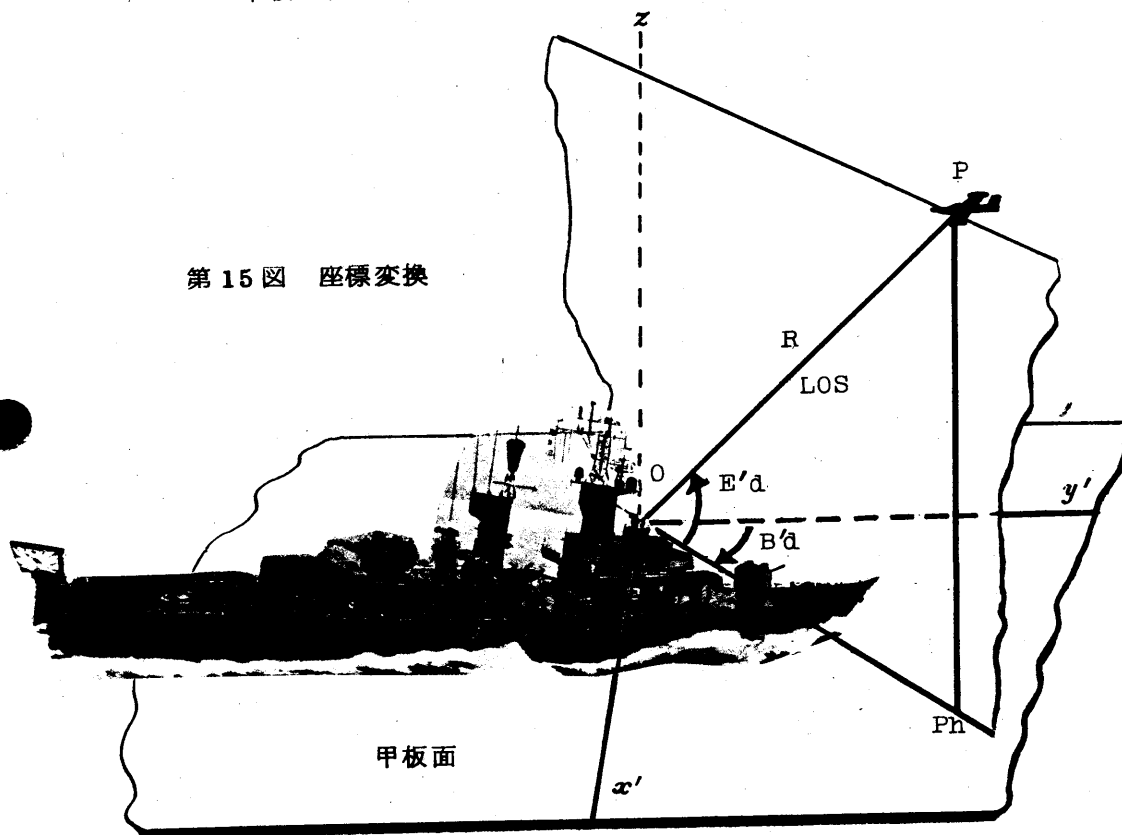
第1段階 甲板面上での測的による極座標 (E、B、R) を甲板面の直角座標に変換する。

第2段階 動揺修正を行い水平面の直角座標系とする。

第3段階 水平面直角座標系を水平面極座標系に変換する。

## (ア) 第1段階

甲板面極座標から甲板面直角座標への変換である。



# HP『海軍砲術学校』公開資料

図において

$$\left. \begin{aligned} x' &= R \cos Ed' \sin Bd' \\ y' &= R \cos Ed' \cos Bd' \\ z' &= R \sin Ed' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

両辺をRで割つて方向余弦の値として  $l'$   $m'$   $n'$  を計出する。

( TDT眼鏡部のシンクロレゾルバによる。 )

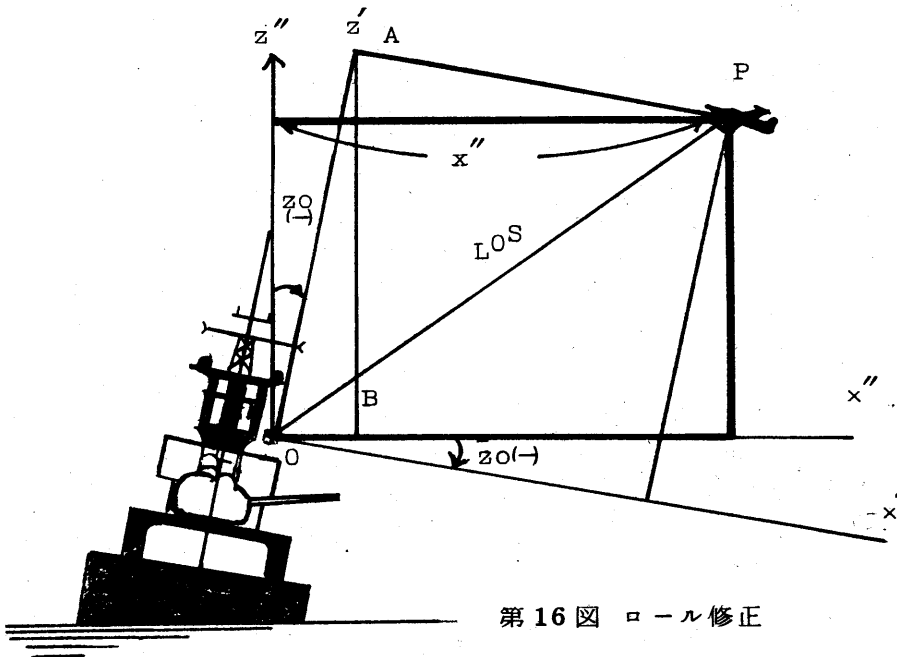
$$\left. \begin{aligned} l' &= \frac{x'}{R} = \cos Ed' \sin Bd' \\ m' &= \frac{y'}{R} = \cos Ed' \cos Bd' \\ n' &= \frac{z'}{R} = \sin Ed' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

結果的には(2)式は、入力信号  $E_d'$ 、 $B_d'$  を受け TDT 眼鏡部のレゾルバーで計算され  $\theta'$ 、 $m'$ 、 $n'$  を発信する。

## (1) 第2段階

$\theta'$ 、 $m'$ 、 $n'$  は射撃盤 F ドロワへ伝達されピッチ角及びロール角をファクターとして、水平面への直角座標変換が行われる。



第16図 ロール修正

第16図において、ロール角とピッチ角のかかつた直角座標系を

$O$  —  $x'$   $y'$   $z'$  とし

ピッチのみのかかつた座標系を

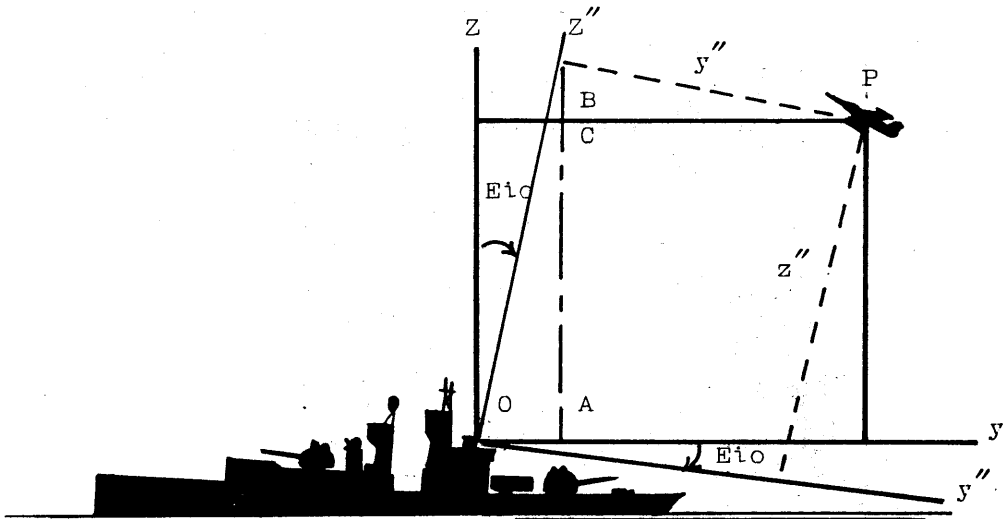
$O$  —  $x'$   $y''$   $z''$  とする。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

△PAB及び△OABを考えれば

$$\left. \begin{aligned} x'' &= x' \cos \alpha - z' \sin \alpha \\ y'' &= y' \\ z'' &= x' \sin \alpha + z' \cos \alpha \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

を得る。(右舷側に傾斜の場合  $\alpha$  ( - ) とする。)



第17図 ピッチ修正

第17図において、ピッチのみかかった直角座標系を

$$O \text{ --- } x'' \ y'' \ z''$$

スタビライズされた水平面の直角座標系を

$$O \text{ --- } x \ y \ z$$

とする。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

第17図において、 $\triangle OAB$  及び  $\triangle PBC$  を考えれば、

$$\left. \begin{aligned} x &= x'' \\ y &= y'' \cos E i o + z'' \sin E i o \\ z &= -y'' \sin E i o + z'' \cos E i o \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

を得る。

したがつて、甲板面から水平面への直角座標変換は、

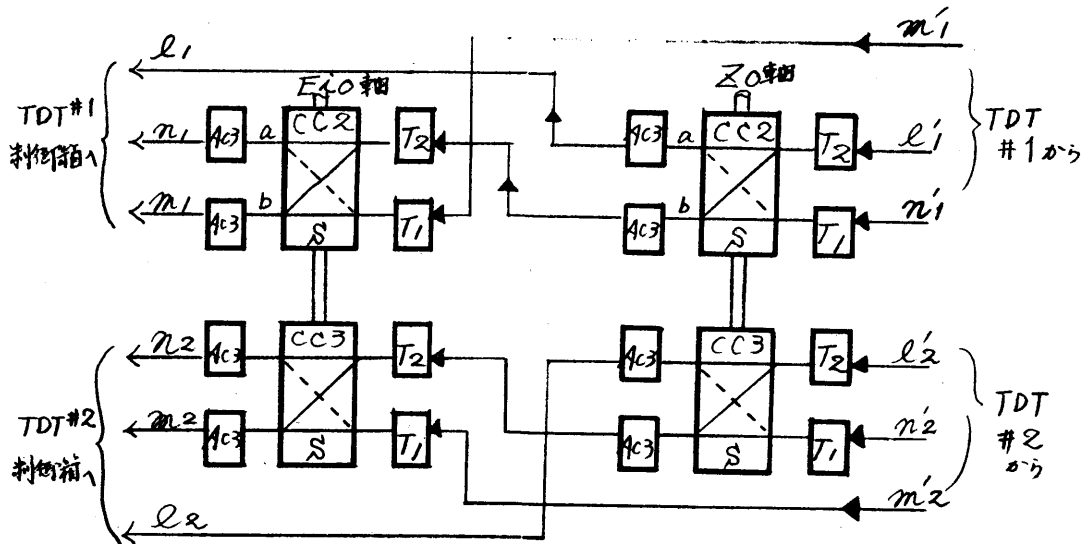
(4)式へ(3)式を代入した計算式で

$$\left. \begin{aligned} x &= x' \cos z o - z' \sin z o \\ y &= y'' \cos E i o + (x' \sin z o + z' \cos z o) \sin E i o \\ z &= -y'' \sin E i o + (x' \sin z o + z' \cos z o) \cos E i o \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

を得る。

両辺を現在距離  $R$  で割れば、方向余弦として

$$\left. \begin{aligned} \ell &= \ell' \cos z o - n' \sin z o \\ m &= m' \cos E i o + (\ell' \sin z o + n' \cos z o) \sin E i o \\ n &= m' \sin E i o + (\ell' \sin z o + n' \cos z o) \cos E i o \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$



第 18 図 TDT 信号動揺修正計算回路

(6)式の直角座標に関する計算回路を示した。

TDTは、艦橋上部甲板の両舷に装備されており、したがって2  
基分の動揺修正が必要である。

(ウ) 第 3 段階

計算回路で計出された方向余弦  $l$ 、 $m$ 、 $n$  は、TOT 制御箱へ  
送られ、次のように E、B サーボ軸を制御し、動揺修正した目標  
位置信号をシンクロで方位盤へ発信する。





すなわち、

$$\left. \begin{aligned} \ell \cos B - m \sin B &= 0 \\ (\ell \sin B + m \cos B) \sin E - n \cos E &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

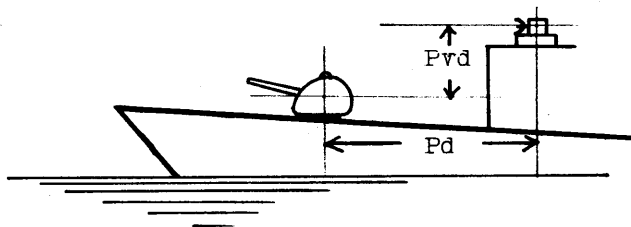
が T D T 制御箱の計算回路において、連立サーボ方程式として解法され、B、E軸を決定し、この軸につけられたシンクロ発信器によって方位盤へ目標位置信号を送るのである。

## 10 占位差修正計算部

この占位差修正計算部は、方位盤と砲の位置差によるところの発砲諸元修正角を算出する。

甲板面内占位差  $P_d$

垂直占位差  $P_{vd}$



第1図 砲と方位盤の占位差

# HP『海軍砲術学校』公開資料

(1) 計算機構

A ドロワ (#2)

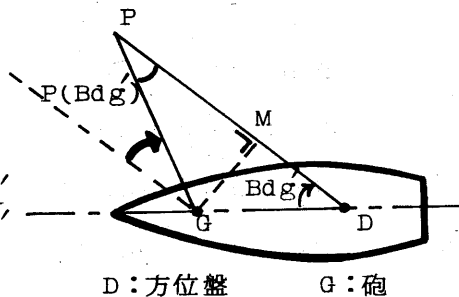
D ドロワ (#1)

A	B	C
D	E	F

占位差による修正角のうち、旋回方向のものは、Pd だけが問題となるのに対し、俯仰方向修正角は P v d だけでなく Pd も関係する。

(2) 占位差旋回角修正量・P ( Bdg' )

$$\begin{aligned} \tan p(Bdg') &= \frac{GM}{PM} = \frac{GM}{PD-MP} \\ &\div \frac{Pd \sin Bdg'}{Ph^4 - Pd \cos Bdg'} \\ &\div \frac{Pd \sin Bdg'}{Rh^4} \end{aligned}$$



ただし、

$$PD = G12 = \frac{Rh^4}{R^4} \cos Eg + \Delta x \sin Bg + \Delta y \cos Bg \div \frac{Rh^4}{R^4}$$

したがって、

$$P(Bdg') \div \pm \frac{Pd \sin Bdg'}{Rh^4}$$

$$\therefore \frac{Rh^4}{R^4} P(Bdg') = \pm \frac{Pd}{R^4} \sin Bdg'$$



# HP『海軍砲術学校』公開資料

$$\sin P ( \text{Edg}' ) V = \frac{ND}{P_4 D} = \frac{Pvd' \cos \{ \text{Edg}' + P ( \text{Edg}' ) V \}}{R_4}$$

$$\therefore P ( \text{Edg}' ) V \doteq \frac{Pvd' \cos \text{Edg}'}{R_4}$$

$$\therefore P ( \text{Edg}' ) = P ( \text{Edg}' ) h + P ( \text{Edg}' ) V$$

$$= \frac{Pd \cos \text{Edg}' \sin \text{Edg}'}{R_4} + \frac{Pvd' \cos \text{Edg}'}{R_4}$$

(3) 修正角の算出

$$\frac{Pd}{R_4} \cdot \sin \text{Edg}' - \frac{Rh_4}{R_4} P ( \text{Edg}' ) = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{Pd}{R_4} \cdot ( \cos \text{Edg}' \sin \text{Edg}' + \frac{Pvd'}{R_4} \cos \text{Edg}' - P ( \text{Edg}' ) ) = 0 \dots\dots (2)$$

第2図の計算回路は、この計算式(サーボ制御)にしたがつて組みこまれたものである。

図中の1#の記号は、1番砲に対する占位差及び修正角である。

Pd 1#及びPvd 1#は、それぞれR7及びR8によつて調定される。

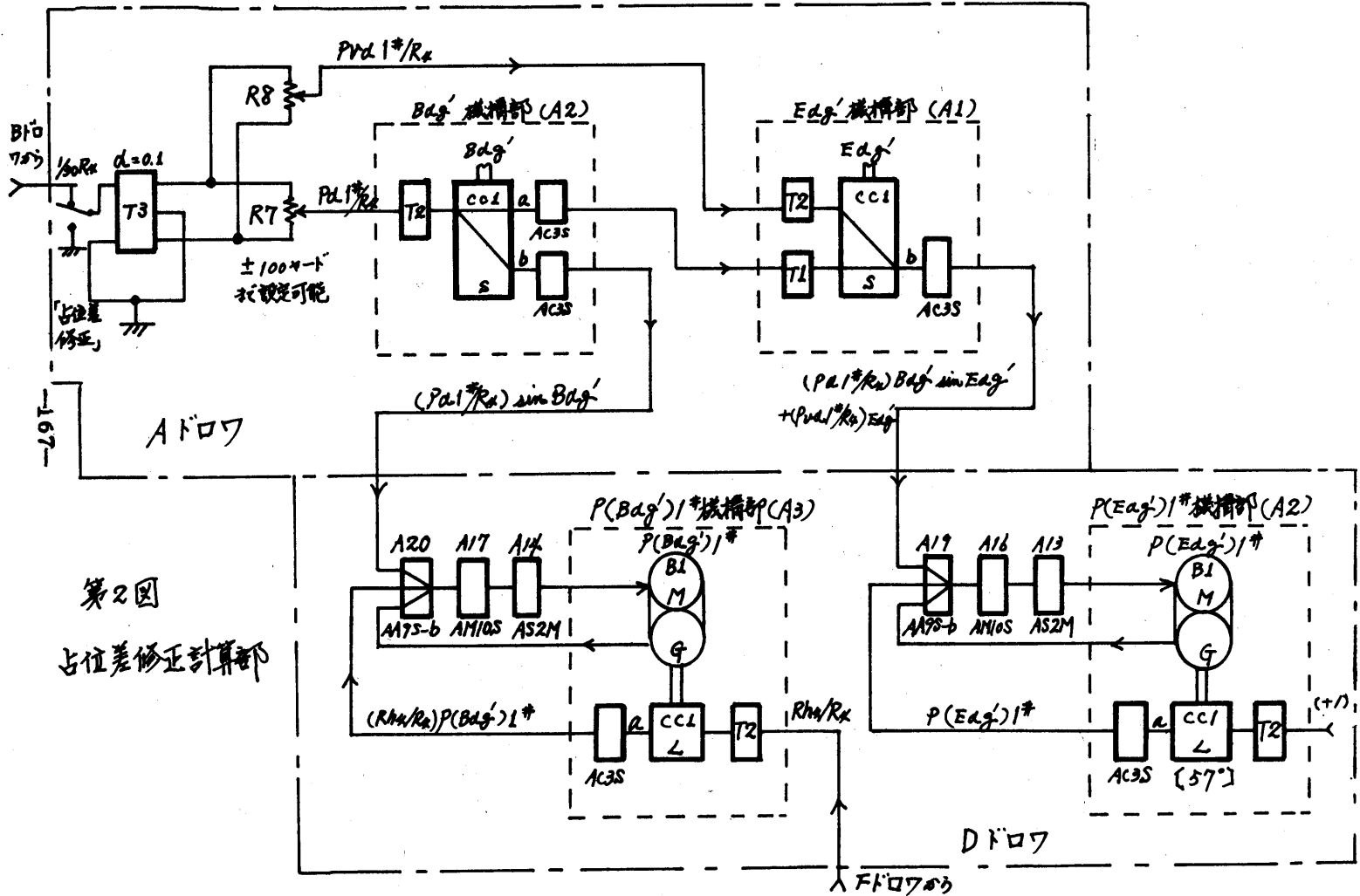
この値は一定値であるので調定後は固定されている。

Pd、Pvdの調定可能範囲は±100ヤードであるから、これを正確にR4で割つて無次元化するには1/30 R4をさらにT3で1/10にしておいてR7、R8に励磁する必要がある。

なぜなら、いまR4 = 30,000ヤード(=1.0)とすると、R7でフルスケール(100ヤード)を調定した場合の出力は1/300(100/30,000)であれば正しいのであるが、T3で1/10しないと出力は1/30となり、R7によつて1000ヤードの占位差が調定されることとなつて正しいものとはならない。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

計算回路にしたがつて、俯仰及び旋回方向の修正角  $P (Edg')$ 、  
 $P (Bdg')$  は、サーボ軸の角度位置信号として求まる。この軸につ  
けられた差動シンクロ (CDX B2、B3) は発砲諸元を算出する素  
子となるのである。



第2図  
占位差修正計算部

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 11 発砲諸元計算部

発砲諸元計算部は、方位盤からの目標諸元E、Bに見越角V、Lhと動揺修正角j(Eg)、j(Bg)及び占位差修正角P(Edg')、P(Bdg')を加え、俯仰及び旋回の角度信号Edg'、Bdg'として算出される。

### (1) 計算式

$$Edg' = E + V + j(Eg)$$

$$Bdg' = B + Lh + j(Bg)$$

$$(Edg')'P = Edg' + P(Edg')$$

$$(Bdg')'P = Bdg' + P(Bdg')$$

### (2) 計算機構

A ドロワ  $Bdg', P(Bdg')2^{\#}, Edg', P(Edg')2^{\#}$

D ドロワ  $P(Bdg')1^{\#}, P(Edg')1^{\#}$

E ドロワ  $V, Lh$

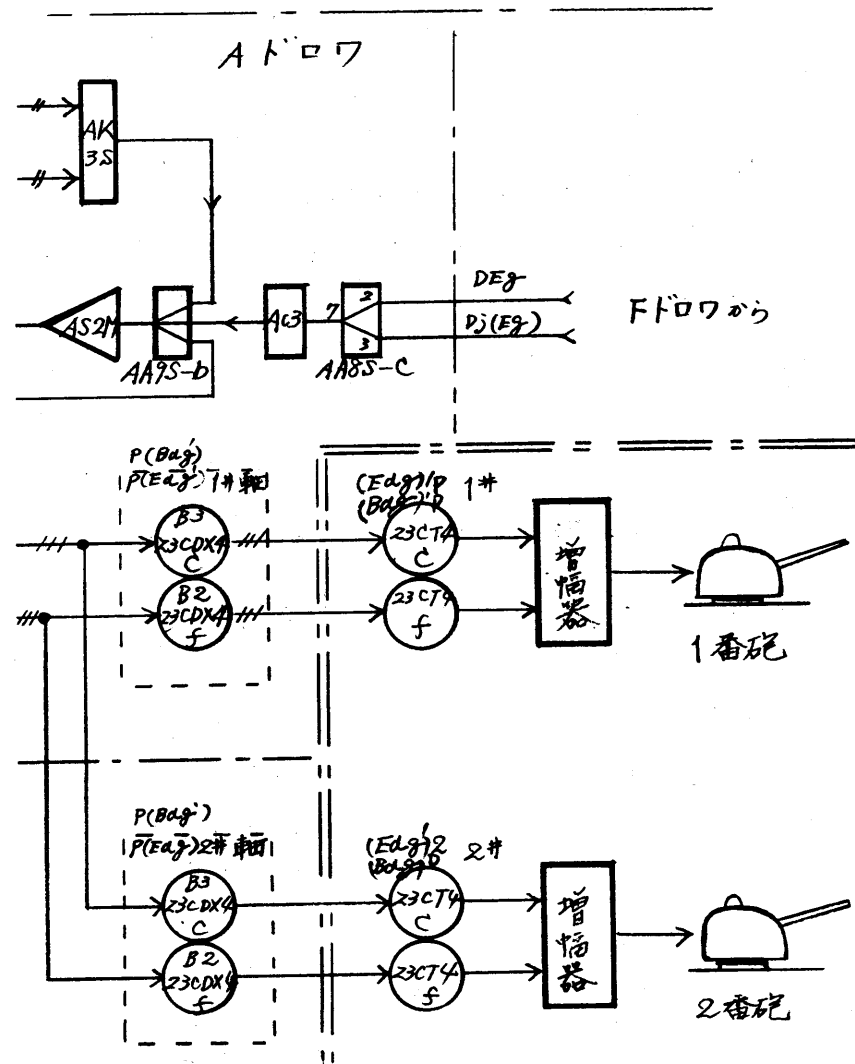
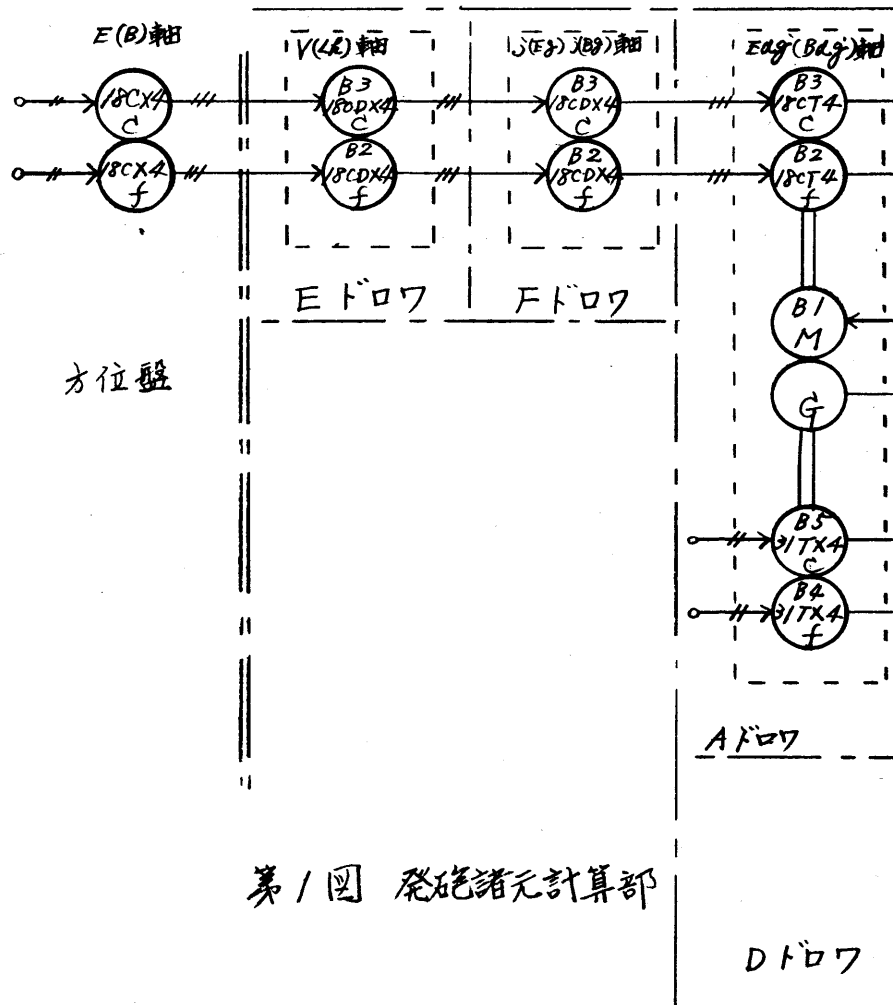
F ドロワ  $j(Eg), j(Bg)$

$$j(Edg'), j(Bdg'), j(T5), \rightarrow \text{星弾修正}$$

(3) 見越角及び修正角は、各計算部で見たようにサーボ軸によつて角度信号として求められている。この角度加算は、次の第1図に示すごとく、差動シンクロ発信器によつて行われている。







# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 12 信管秒時計算系

信管秒時の計出は1型Aのみで、射撃盤Dドロワにおいて行われている。

信管秒時は、弾丸飛行秒時 $T_2$ をもとに、次の式から算出される。

$$T_5 = T_2 + T_d \times (D T_2) \dots\dots\dots (1)$$

$T_d$  は、装てん費消時 1.25秒に一定している。

$D T_2$  は、弾丸飛行秒時 $T_2$ の時間に対する変化量で、次のようにスケールリングされている。

$$5 \text{ 秒} / \text{秒} \rightarrow 1.0$$

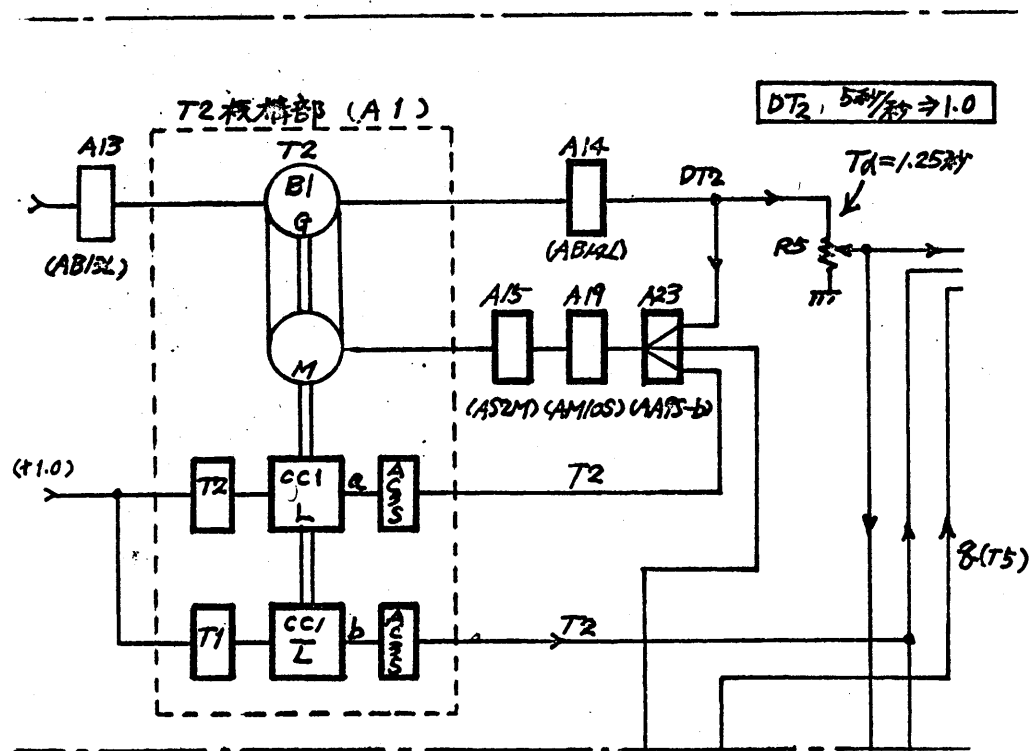
$q(T_5)$  は、 $T_5$ の修正量で測的盤管制部Dドロワにある機構部で調定される。

$j(T_5)$  は、星弾射撃時の修正量でDドロワにある星弾修正用の機構部で調定する。修正量を調定する場合には、Dドロワの「星弾修正」スイッチを「入」とすれば、リレー $K_3$ が作動し、 $j(T_5)$ の信号が $(T_5)$ 1#に加えられ修正量を±5秒調定することができる。

信管秒時の計算回路を、次の第1図に示す。

図中、 $R_5$ が装てん費消時を調定する可変抵抗で1.25秒にセット固定されている。

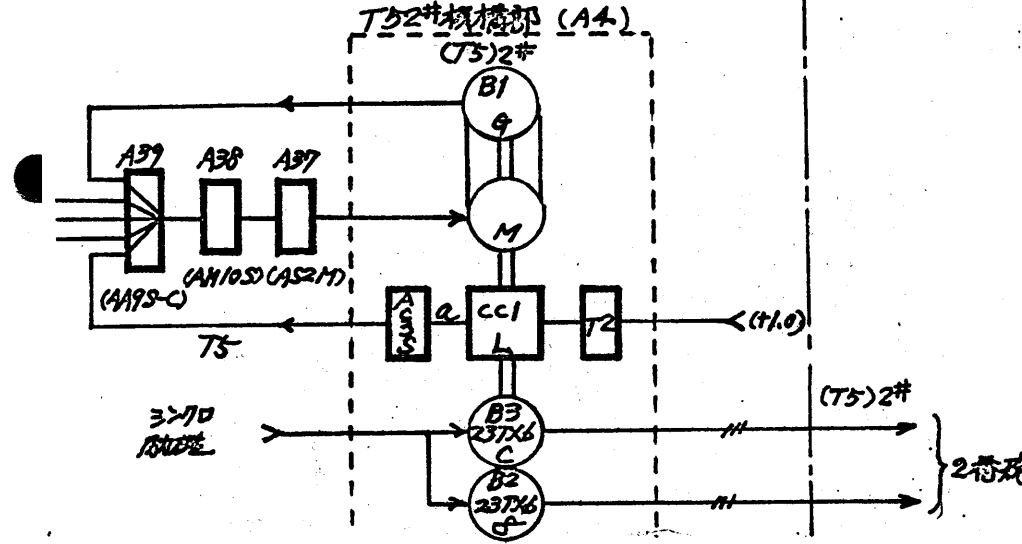
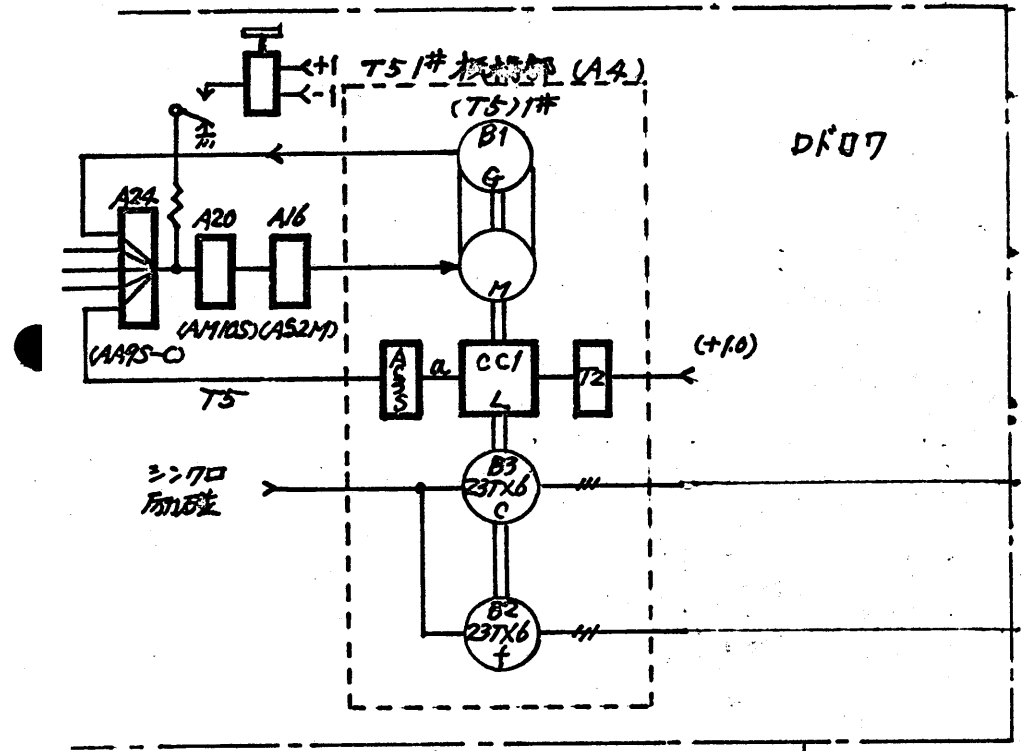




T2  
(B10781)  
8(T5)  
(U8 D10780)

第1図 信管秒時計算系

Eドロウ



# HP『海軍砲術学校』公開資料

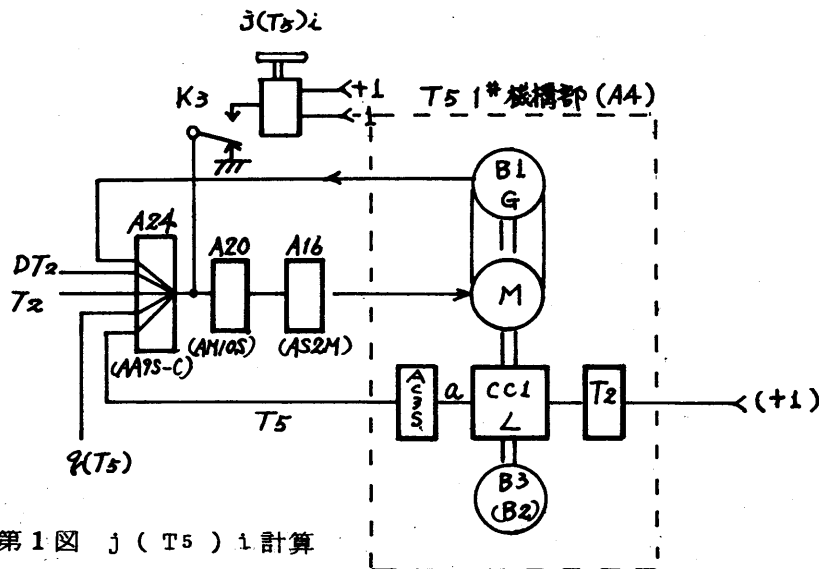
## 13 星弾修正計算系

この回路は1型AだけにあるものでDドロウのパネル部に星弾修正調定機構部が取付けられており、ここで星弾射撃における修正値を調定することにより、星弾を効果的に発射することができる。

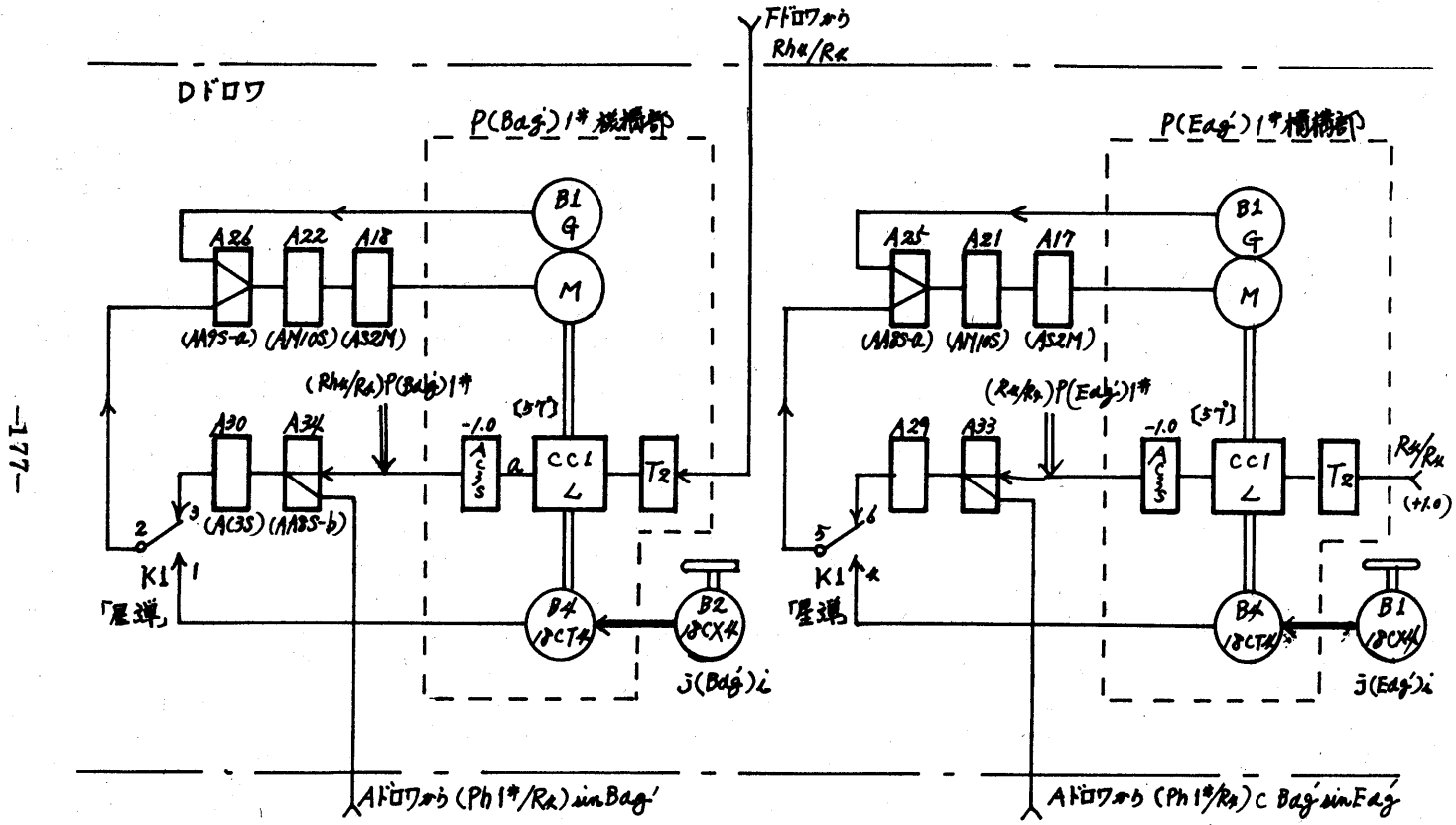
第2図を見てわかるように修正角  $j(Edg')$  i、 $j(Bdg')$  i はシンクロの角度信号として与えられ、Dドロウの「星弾修正」スイッチを「入」とすれば、リレーK1が作動し、いままで占位差修正角を算出していた  $P(Edg')$  1#、 $P(Bdg')$  1#軸は、一速のシンクロコントロールサーボとなり、さきに調定された  $j(Eg)$ 、 $j(Bg)$  の値に追従する。

なお、星弾修正は一番砲のみとなつている。

信管秒時修正  $j(T5)$  i は「星弾修正」が「入」となるとリレーK3が作動し、 $(T5)$  1#に修正量(±5秒)を加えることができる。



第1図  $j(T5)$  i 計算



第2回 星弾修正計算系



# HP『海軍砲術学校』公開資料

$$Rhx = \overline{OX1} \quad Rhy = \overline{OY1}$$

$$Rh = \overline{OPh} \quad Rv = \overline{OZ1}$$

$$Rhx2 = \overline{OX2} \quad Rhy2 = \overline{OY2}$$

$$Rh2 = \overline{OPh} \quad Rv2 = \overline{OZ2}$$

$$R = \overline{OP}$$

$$R4 = \overline{OAP}$$

$$Rh4 = \overline{OAh} \approx Rh2$$

$$Rv4 = \overline{OZ3}$$

P ⇒ 現在位置

P' ⇒ 未来位置

A.P ⇒ 照準点 破線は弾道

(2) 目標の表示用現在位置諸元計算式

$$Rh = R \cos E \dots\dots\dots (1)$$

$$Rv = R \sin E \dots\dots\dots (2)$$

$$Rhx = Rh \cos By \dots\dots\dots (3)$$

$$Rhy = Rh \sin By \dots\dots\dots (4)$$

(3) 第2図は、目標表示用諸元計算部の系統であるが(2)項の部分が上部側である。

R軸の直線型計算コンデンサCC1-bから発生されたR信号をもとに、E軸のCC3は(1)、(2)式を実行し、ここで算出したRhをもとに、By軸のCC4は(3)、(4)式を実行する。

こうして算出された値によつて目標自動表示盤は連続的に目標コースを記録する。



# HP『海軍砲術学校』公開資料

(4) 一方、見越計算部で算出された  $Rh4 / R4$ 、 $Rv4 / R4$  は、座標関係図からわかるように目標の未来位置を示すものではない。しかし、 $\overline{AhFh}$  は定偏による変位で非常にわずかな長さでしかないので  $Rh4 \sim Rh2$  と考えている。また  $Rv4$  から砲軸角成分を差引いて  $Rv2$  としているのである。

このようにして、 $Rh2$ 、 $Rv2$  を求めており系統図では左下側の部分にあたる。

$Rh4 / R4$  は、そのまま  $R4$  軸の直線型計算コンデサCC3-aをとおつて  $Rh4$  ( $\sim Rh2$ ) となり、 $Rv4 / R4$  は、次の式にしたがつて A59 で  $Rv2 / R4$  としてから  $R4$  軸 CC3-b をとおし  $Rv2$  となる。

$$\frac{Rv2}{R4} = \frac{Rv4}{R4} - \frac{b(Mv)}{R4} \dots\dots\dots (5)$$

$Rhx2$ 、 $Rhy2$  は、次のように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} Rhx2 &= Rhx + DMhx \cdot T2 \\ Rhy2 &= Rhy + DMhy \cdot T2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

系統図では右下側の部分である。

Bドロワの弾道計算部で算出された  $T2$  は、Dドロワで  $T2$  軸のサーボ軸位置信号に変換される。この軸には直線型計算コンデンサがついており、Cドロワから送られてきた  $DMhx$ 、 $DMhy$  は、CC2-a、bをとおつて目標速度変位を算出し、A25、A26でそれぞれ  $Rhx$ 、 $Rhy$  と加えられ(6)式を実行する。





# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 15 制御系

射撃盤の制御信号は、測的盤に比し簡単で管制部の制御信号によつてコントロールされるものが多く次のとおりである。

### (1) 「対空」「対水上」

現在、追尾中の目標が航空目標の場合、測的盤管制部のDドロワの「対空」押ボタンスイッチ(S3)を押すと「対空」モードとなり、射撃盤BドロワのリレーK3は作動せず、DMV.T2/R4はBドロワの加算器A55(1型AはA50)に加えられる。

水上目標の場合は、Dドロワの「対水上」押ボタンスイッチ(S4)を押すと「対水上」モードとなり、リレーK3が作動する。この状態となると上下方向の速度見越を強制的に零とし、DMV計算系に誤差が生じても影響がないようにしている。

### (2) 「曲線」

目標が加速度運動(変針運動)をしていると思われるとき、測的盤管制部Dドロワの「曲線」押ボタンスイッチ(S8)を押すと、白色点灯し「入」となつたことを示す。

このとき射撃盤CドロワのリレーK1,2が作動して加速度修正を加えた速度計算を行う。

### (3) 「計算開始」

レーダが目標を捜索している場合、測的盤管制部のR、E及びBy軸は高速でしかも不規則な回転をしている。

このような場合に、見越計算をさせても無意味であり、また、射撃盤のサーボ軸に対しても悪影響を及ぼすので、次に示すような状態となつた場合に射撃盤が計算を開始するように制御している。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

「計算開始」⇒「追尾」、又は「モード4」でしかも、目標現在距離Rが「500ヤード<R<36,000ヤード」

計算開始の制御信号は、測的盤管制部Bドロワから射撃盤Cドロワに送られ、このドロワのK3、K4を作動させる。このリレーによつて今までサーボモータ励磁電源及びサーボアンプ電源は「切」の状態が、リレーの作動でR（見越）、E（見越）及びBy（見越）の各入力サーボが「入」（正常）となり、測的盤管制部のR（高速）、E（高速）及びBy（高速）軸に追従する。

一方、CドロワのリレーK4の作動で、EドロワのK4、K5の励磁電源が断となりK4、K5は復帰し、正常の速度信号が見越量計算部に送られるのである。

なお、K4、K5は「計算開始」のほかに、Bドロワの「静的試験」スイッチを「正常」以外の位置に選択したときも作動する。

また、Eドロワの「計算開始」を「手動」にしたときもEドロワのK4、K5は復帰し速度計算が行われる。

#### (4) 「発砲諸元修正」

主として、水上目標射撃の場合、弾着が目標から一定方向に偏弾しているとき測的盤管制部Dドロワの「発砲諸元修正」スイッチを「入」とし、ポテンシオメータによつて修正値を調定することができる。

修正ポテンシオメータは「q(Rh4)」、「q(v)」及び「q(Lh)」の3種類あつて、「q(Rh4)」は遠近の弾着を距離的に調定し、「q(v)」は角度的に上下修正である。

「q(Lh)」は左右修正で、修正値は±25ミルと、±100ミルの切換えで調定することができる。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

それぞれ、修正量を加えられる回路については、系統図を参照のこと。

1型Aにおいてはさらに「q ( T5 )」がある。これも測的盤管制部のDドロワにある「q ( T5 )」機構部で手動調定する。

## (5) 「射程内」「射程外」

見越計算が可能な範囲をR4によつて次のようにしている。

### 1型B

射角 30° 以下で 500 ~ 14,000 ヤード

〃 30° 以上で 500 ~ 12,000 ヤード

### 1型A

射角 35° 以下で 500 ~ 24,000 ヤード

〃 35° 以上で 500 ~ 20,000 ヤード

この範囲を「射程内」としている。目標が射程内であるか、射程外かはEg ( 弾道 ) 及びR4機構部に取付けられているカムとマイクロスイッチによつて判定している。

すなわち、Eg ( 弾道 ) 軸が30°となつたとき、丁度マイクロスイッチを作動させるようなカムがEg ( 弾道 ) 機構部につけられている。

また、R4が500 ~ 14,000 ヤード、500 ~ 15,000 ヤードの範囲外で作動する2組のカムとマイクロスイッチが準備されている。

目標が射程内にある場合は、Eg ( 弾道 ) 及びR4機構部のマイクロスイッチはノーマルな状態で、DC + 27 V が測的盤管制部DドロワのリレーK 46のコイルに加えられる。このリレーはDドロワの「射程内」表示ランプを白色点灯させ、現在追尾中の目標が「射程内」であることを示すのである。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

もし、「射程外」であればリレー-K 46は作動しない。この場合 $T_2/R_4$ 軸及びEg(弾道)軸は一定値には収れんしない。したがって、「射程外」の状態では射撃盤と砲を運動させておけば、砲がでたらめに作動する可能性があり保安上からも危険である。

そのため、「射程外」となつたときBドロワのリレー-K 5によつて、Eg(弾道)軸をEg(動修)軸に追従させるとともに、Eドロワのリレー-K 18で、V及びLh軸サーボのアンプ電源を断として、V及びLhを或る直に固定している。そのためEg(弾道)軸はEに一定のVを加えた安定した値となり砲を自動としておいても、さきほどのような危険性はなくなるのである。この状態を「待受け」の状態をいう。

## (6) 「陸上射撃」

「陸上射撃」スイッチはBドロワのS 4で、これを「入」にするとBドロワのリレー-K 1.2が作動して、Bドロワ前面パネルに取付けられている陸上射撃修正調定用ポテンシオメータの調定信号Z(Mhx) Z(Mhy)及びZ(Mu)がEドロワのA 32(X方向)、A 33(Y方向)及びBドロワのA 55(Z方向、ただし、1型AではA 50)に加えられる。

なお、「陸上射撃」スイッチを「入」にすると測的盤管制部DドロワのK 48が作動し「対陸上」の表示ランプが点灯する。

## (7) 「占位差修正」

「占位差修正」スイッチは、Aドロワにあつて試験その他で占位差修正値を入れる必要がない場合、このスイッチを「切」にすると、1.2番砲ともに修正は零となる。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (8) 「星弾修正」

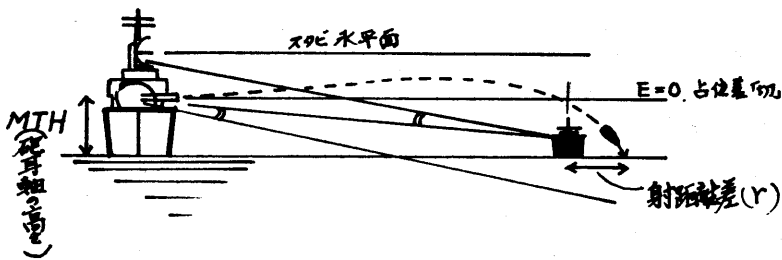
「星弾修正」スイッチは、Dドロワのパネル上にあつて、このスイッチを「入」にすると、DドロワのJ(T5)、J(Edg')<sup>1</sup>、J(Bd-g)<sup>1</sup>機構部で測定された各星弾修正量が1番砲の発砲諸元に加えられる。

## (9) 「E=0」

このスイッチには「正常」、「切」の位置があり、「正常」は対水上及び対陸上射撃に使用ができる。

「正常」にすると方位盤からのE信号は「0」となるとともに、占位差修正における仰角修正量も「0」となる。したがつて砲は、 $V + J(Edg)$ によつて管制されることになる。この場合は占位差仰角修正ができないのでこれに対する補修正について考えなければならない。

たとえば、動揺がなく目標も同一平面にある場合の方位盤、砲と目標との関係を示すと次の第3図のとおりである。



第3図

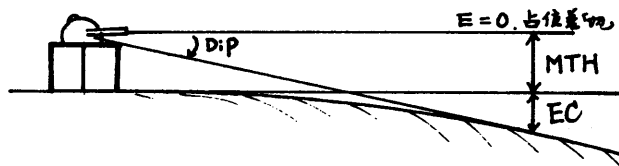


# HP『海軍砲術学校』公開資料

第3図からわかるように  $E=0$ 、占位差修正「0」の場合は、砲は水平面と平行となり目標方向には指向しないのである。したがってこの状態での弾道は破線のようになり砲耳軸の高さに相当する分だけ速に偏弾することになる。

このために、 $E=0$  スイッチを「正常」とした場合は修正を加えてやる必要がある。

また、目標が射撃盤と同一平面にないとき、すなわち地球わん曲ということについて考えて見れば次のようになる。



この場合には砲耳軸の高さと、さらに地球わん曲による高さとは加えられた分だけより速弾となるのである。

したがって、偏差量を求め、これに対する修正をしなければならぬ。

## Dipの求め方

$$\text{Dip} = \sin^{-1} \frac{(MTH+EC)}{R} \dots\dots\dots (1)$$

又は、

$$r(\text{ヤード}) = \frac{(\text{砲耳軸の高さ} + \text{地球わん曲による高さ}) \text{フィート}}{\text{射表19欄(予想射距離又は初射発砲距離のもの)}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

(2)式においては r (ヤード) を角度に換算する。

$$\Delta Edg' = \frac{r}{100} \times \text{射表 2 b 欄}$$

偏差は常に (+) である。したがって修正量は (-) であり、GF

CSI 型では、測的盤の D ドロワ q (V) に調定する。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 16 電源系

射撃盤の電源は、測的盤管副部（U8）と共有しており、主要電源部は測的盤管副部のJ、Kドロウにある。したがって全体的な作動は測的盤の作動の項を参照するものとして、ここでは、射撃盤各ドロウ内の電源系統について説明する。

測的盤管副部（U8）→射撃盤への電源は次の7種類である。

番号	電 源	用 途
1	400HZ 115V U - N間	サーボモータ励磁
2	400HZ 115V V - W間	シンクロ励磁、その他
3	400HZ 10V V - W間	モジュレータ、デモジュレータの基準用
4	400Hz 15V V - W間	計算基準
5	DC+ 27V	リレー電源
6	DC± 35V	+ 24 V 電源発生
7	60HZ 115V V - W間	ファン、ブロワ

これらの電源は、射撃盤の側面端子板に送られてきて、ここから、必要な電源だけを各ドロウに分配している。

なお、60Hz 115V v - w間はファン及びブロワ用電源で筐体内だけに用いるので、ドロウには供給されない。

各ドロウ内の電源系統は必ずしも同一ではないが、大きな違いはなく、一例として、Cドロウについて説明し、他ドロウについては、各ドロウの接続図を参照のこと。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

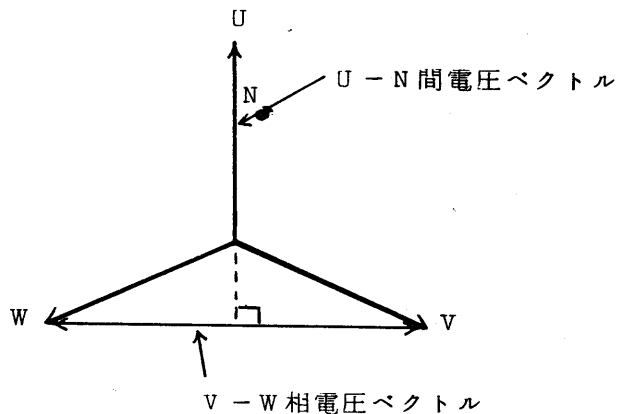
## (1) 400 Hz 115 V (U - N 間)

この電源は、サーボモータ励磁用で、モータ制御巻線電圧と $90^\circ$ 位相が違うものである。

制御巻線電圧は、誤差信号をサーボ増幅器で増幅したものであるから計算基準電圧(3相スター接続400 Hz 115 VのV - W相間電圧と同位相)と同位相か又は、丁度 $180^\circ$ 位相差があるものである。

3相スター接続400 Hzのベクトル図からU - N間電圧とV - W間電圧の位相関係を示せば、次の第1図のとおりである。

第1図 位相関係



# HP『海軍砲術学校』公開資料

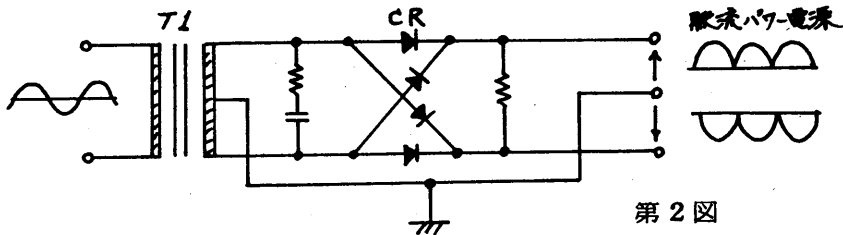
この図から、U-N間電圧はV-W相間電圧に比して $90^{\circ}$ 位相が違っていることがわかるであろう。

この電源は、ドロウ内でフューズF1(2A)を通つて、ドロウ内の各機構部のサーボモータ励磁に用いられる。もし、何らかの原因でF1が熔断した場合はネオン管DS1に電圧がかかり橙色に点灯する。

## (2) 400Hz 115V (v-w相間)

この電源は、ドロウ内のフューズF2(2A)を通つてトランスT1とT2の1次側に入る。T1の2次側出力はタコジェネレータ励磁用21Vとサーボ増幅器の脈流パワー電源用16Vである。

タコジェネレータ励磁用21VはTB1-5、6、8及び9から各機構部に分配される。また16VはダイオードCR7~10で両波整流されて、波高値 $\pm 6\sqrt{2}V$ の脈流となる。この脈流がサーボ増幅器のパワー電源である。



一方、T2の2次側出力は、2連のシンクロコントロールサーボの粗シンクロバイアス電源として用いられる。したがつて、T2はそのドロウ内にある2連シンクロコントロールサーボ機構部の個数だけ、(Cドロウの場合は3個)出力端子数を持つていなければならない。また、BドロウのようにシンクロコントロールサーボがないドロウにはT2の形のトランスは不要となる。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (3) 400Hz 10V

この電源は400Hz変調用の基準電源で、Cドロウ内で誤差信号の虚部を除去し、サーボモータに回転トルクを発生させる位相分だけを取り出す増幅器AM10Sがこの電源を必要とする。

なお、計算コンデンサコントロールサーボには必ずAM10Sが用いられているので、このようなサーボ機構部を有するドロウには、400Hz 10V電源が供給されている。

その他、Eドロウに400Hz計算信号をDC信号に変換するデモジュレータAM12L、また、Fドロウでサーボ系の低域補償にも用いられている。

モジュレータデモジュレータAM8Lもこの電源を必要とする。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (4) 400 Hz 15 V

これは射撃盤に限らずGFCS内における全ての計算回路の計算基準電源である。したがって、電圧、位相ともきわめて安定なものでなければならない。そのため、測的盤管制部(U8)Jドロウ内で定電圧装置を通り、400 Hzバンドパスフィルタを通して電源の安定化がなされている。

この電源は射撃盤の調整に必要なもので、各ドロウにはこの電圧を取り出せるようなテストポイントがもうけられている。

なお、+1と称される電源は400 Hz 15 Vで $v = w$ 間と同位相のものであり、-1は位相が丁度 $180^\circ$  違つたものである。

## (5) DC+27 V

これはリレー及びランプ用電源で、測的盤管制部(U8)Kドロウで発生されたものである。

この電源のリターン側は信号アースとは別途にもうけられ、CRRの記号が用いられている。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## (6) DC ± 35 V

増幅器（特に計算用の）を安定に作動させるためには、そのDC電源がリップルのない安定な電源であることが大切である。したがって、電源ケーブルを長々とひつばりまわして配線するのはリップルを生じやすくし、また電圧降下を生じるのであまり望ましいことではない。この点を考慮して、増幅器用電源は一個所で発生させて分配するのではなく、+24 Vを発生させる大もとの電源を各ドロウに分配し、ドロウ単位で+24 Vを発生し自給する方式をとっている。

この大もととなる電源がDC ± 35 Vで、測的盤管制部（U8）Kドロウで60 Hz 115 Vを両波整流し、平滑化したものである。

この電源はCドロウ内のA11（AP15L）で、安定な+24 Vに変換され、これがCドロウ内全ての増幅器に供給されるのである。

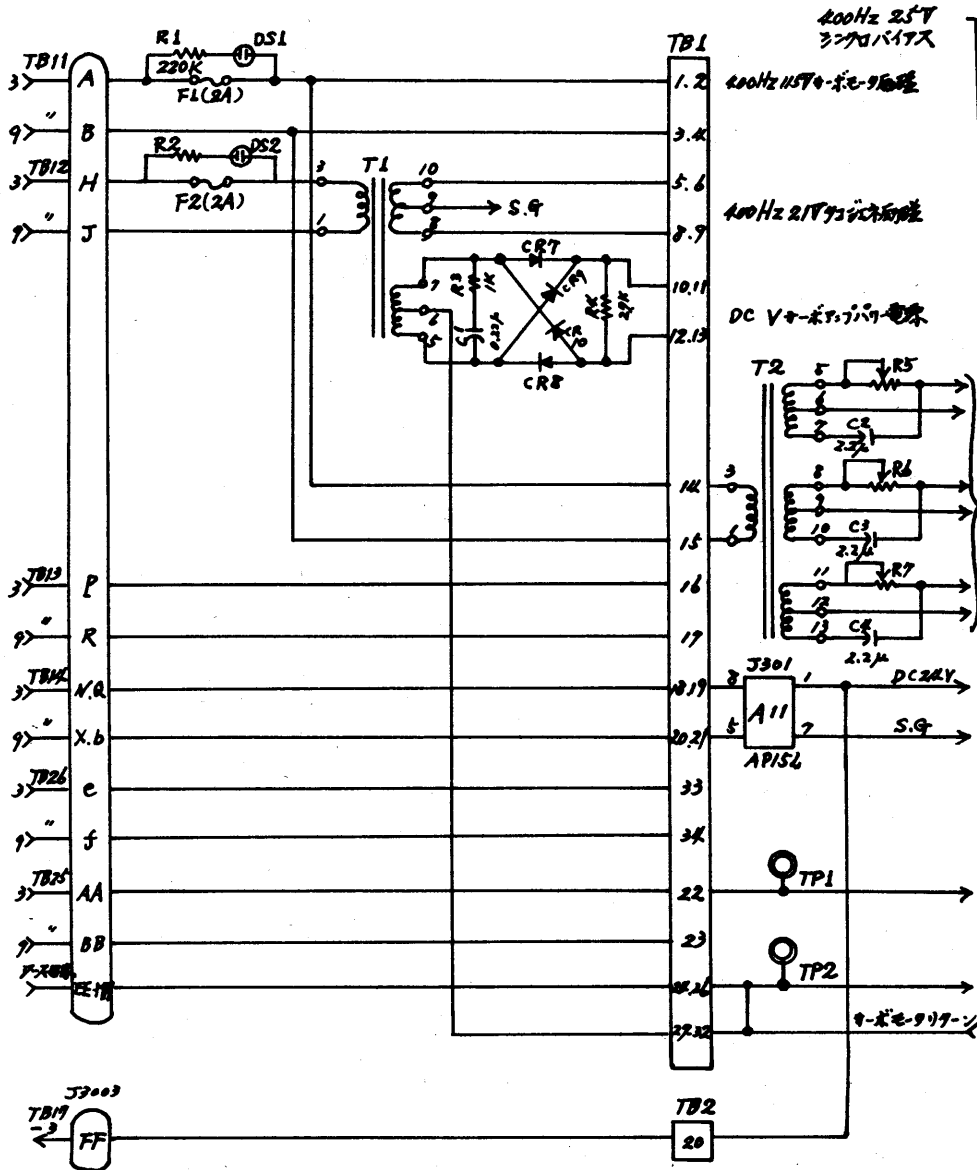
もし、A11が故障したり、入力が短絡されたりして+24 Vが出なくなると、このドロウは全く正常作動ができなくなるので、増幅器の出力が正常又は異常かを監視できるようにモニタ出力を測的盤管制部（U8）Jドロウに送っている。

もし、+24 V出力が出なくなると、Jドロウのランプがついて管制員に異常を知らせるのである。



# HP『海軍砲術学校』公開資料

(7) 電源系統 (Cドロワ)



第3図 Cドロワ 電源系統図

五  
十  
外

HP『海軍砲術学校』公開資料

<http://navgunschl.sakura.ne.jp/>

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 第 4 章 記 号 一 覧

### 1 速度計算

$DM_{hx}$	相対速度東西成分
$DM_{hy}$	〃 南北成分
$DM_v$	〃 上下成分
$r(DM_{hx})$	相対速度修正東西成分
$r(DM_{hy})$	〃 南北成分
$r(DM_v)$	〃 上下成分
$D^2M_{hx}$	相対加速度東西成分
$D^2M_{hy}$	〃 南北成分
$D^2M_v$	〃 上下成分
$DM_{hx_2}$	平均相対速度東西成分
$DM_{hy_2}$	〃 南北成分
$DM_{v_2}$	〃 上下成分
$R$	距 離
$E$	高 角
$By$	真方位角
$DM_r$	変 距
$DE$	上下変角率
$e(R)$	距離誤差
$e(E)$	高角誤差
$e(By)$	方位角誤差
$DM$	相対的速

# HP『海軍砲術学校』公開資料

C	相對運動的針
Et	昇降角
Co	自針
DMho	自速
Bot	的角
B	相對方位
2 彈道計算	
Mhx4	東西方向變位總和
Mhy4	南北方向 //
Mv4	鉛直 //
Mrh4	水平面內射線方向變位總和
Mb4	// 左右方向變位總和
U(Mrh)	初速偏差水平面內射線方向成分
X(Mrh)	空氣密度偏差水平面內射線方向成分
Y(Mrh)	氣溫偏差水平面內射線方向成分
W(Mrh)	彈道風水平面內射線方向成分
b(Mb)	定偏水平面內射線方向成分
W(Mb)	彈道風水平面內射線左右方向成分
b(Mv)	砲軸角成分
U(Mv)	初速偏差上下成分
X(Mv)	空氣密度偏差上下成分
Y(Mv)	氣溫偏差上下成分
Z(Mhx)	陸上射擊調定東西成分
Z(Mhy)	// 南北成分

~~237~~  
200

# HP『海軍砲術学校』公開資料

$Z(Mv)$	陸上射撃調定上下成分
$T_2$	飛行時
$R_2$	指向距離
$\frac{T_2}{R_4}$	彈道變數
$Rh_4$	指向水平距離
$Rv_4$	指向高度
$Wh$	水平真風速
$Bwy$	真風真風向
$Whx$	水平真風速東西成分
$Why$	〃 南北成分
$Whx_0$	自速風東西成分
$Why_0$	〃 南北成分
$Whxa$	視風速東西成分
$Whya$	〃 南北成分
$Wra$	視風速水平面内射線方向成分
$Wba$	〃 左右方向成分
<b>3 見越角計算</b>	
$V$	照尺角(上下苗頭)
$Lh$	水平面苗頭
$Rh$	水平距離
$Rv$	高度
$q(Rh_4)$	彈着距離修正

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 4 動揺修正計算

$Z_0$	ロール
$E_{i0}$	ピッチ
$E_g$	射線高角
$B_g$	射線相対方位
$j(E_g)$	射線高角動揺修正量
$j(B_g)$	射線相対方位動揺修正量
$Migy$	動揺による射線移動水平面内首尾線方向成分
$Migx$	〃 左右舷方向成分
$Migz$	〃 鉛直成分

## 5 TDT信号動揺修正計算

$E_d'$	方位盤仰角
$B_d'$	方位盤旋回角
$l'$ (x成分)	} 動揺している方向余弦
$m'$ (y成分)	
$n'$ (z成分)	
$l$ (x成分)	} 動揺修正された方向余弦
$m$ (y成分)	
$n$ (z成分)	

## 6 基準発砲角計算

$E_dg'$	砲仰角
$B_dg'$	砲旋回角
$q(v)$	照尺角修正
$q(Lh)$	水平面苗頭修正

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 7 砲占位差修正角計算

Pvd' 1 #	垂直占位差 (1 番砲)
Pvd' 2 #	" (2 番砲)
Pa 1 #	甲板面内占位差 (1 番砲)
Pa 2 #	" (2 番砲)
P(Edg') 1 #	占位差仰角修正量 (1 番砲)
P(Edg') 2 #	" (2 番砲)
P(Bdg') 1 #	占位差旋回角修正量 (1 番砲)
P(Bdg') 2 #	" (2 番砲)

## 8 発砲諸元計算

(Edg') p 1 #	集中角俯仰角修正 (1 番砲)
(Edg') p 2 #	" (2 番砲)
(Bdg') p 1 #	集中角旋回角修正 (1 番砲)
(Bdg') p 2 #	" (2 番砲)
j(Edg') i	星弾仰角調定量
j(Bdg') i	星弾旋回角調定量

## 9 信管秒時計算

T <sub>s</sub>	指令信管秒時
T <sub>g</sub>	装てん費消時
q(T <sub>s</sub> )	指令信管秒時修正量

## 10 目標自動表示盤用信号計算

R <sub>hx</sub>	現在距離東西成分
R <sub>hy</sub>	現在距離南北成分
R <sub>hx<sub>2</sub></sub>	未来距離東西成分



# HP『海軍砲術学校』公開資料

R<sub>hy</sub> 未来距離南北成分  
R<sub>h</sub> " 水平成分  
R<sub>v</sub> 未来高度

~~841~~  
204