射撃指揮装置１型

（射撃理論）

第１術科学校砲術科

目　　次

記号一覧表

記　号　一　覧

1.1　速度計算

DMhx	相対速度東西成分
DMhy	〃　南北成分
DMv	〃　上下成分
r(DMhx)	相対速度修正東西成分
r(DMhy)	〃　南北成分
r(DMv)	〃　上下成分
D^2Mhx	相対加速度東西成分
D^2Mhy	〃　南北成分
D^2Mv	〃　上下成分
$DMhx_2$	平均相対速度東西成分
$DMhy_2$	〃　南北成分
DMv_2	〃　上下成分
R	距　離
E	高　角
By	真方位角
DMr	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

C	相対運動的針
Et	昇 降 角
Co	自　　針
DMho	自　　速
Bot	的　　角
B	相対方位

1:2　弾道計算

Mhx4	東西方向変位総和
Mhy4	南北方向　〃
Mv4	鉛　　直　〃
Mrh4	水平面内射線方向変位総和
Mb4	〃　　左右方向変位総和
U (Mrh)	初速偏差水平面内射線方向成分
X (Mrh)	空気密度偏差水平面内射線方向成分
Y (Mrh)	気温偏差水平面内射線方向成分
W (Mrh)	弾道風水平面内射線方向成分
D (Mb)	定偏水平面内射線方向成分
W (Mb)	弾道風水平面内射線左右方向成分
b (Mv)	砲軸角成分
U (Mv)	初速偏差上下成分
X (Mv)	空気密度偏差上下成分
Y (Mv)	気温偏差上下成分
Z (Mhx)	陸上射撃測定東西成分
Z (Mhy)	〃　　南北成分

Z（Mv）	陸上射撃調定上下成分
T_2	飛行時
R_2	指向距離
$\frac{T_2}{R_2}$	弾道変数
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

1.3　見越角計算

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）	弾着距離修正

1.4　動揺修正計算

Zo　　ロール

Eio　　ピッチ

Eg　　射線高角

Bg　　射線相対方位

j (Eg)　　射線高角動揺修正量

j (Bg)　　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

1.5　TDT信号動揺修正計算

Ed′　　方位盤仰角

Bd′　　方位盤旋回角

ℓ' (x成分)
m′ (y成分)　　動揺している方向余弦
n′ (z成分)

ℓ (x成分)
m (y成分)　　動揺修正された方向余弦
n (z成分)

1.6　基準発砲角計算

Edg′　　砲仰角

Bdg′　　砲旋回角

q (v)　　照尺角修正

q (Lh)　　水平面苗頭修正

1.7 砲占位差修正角計算

Pvd′ 1 *	垂直占位差（１番砲）
Pvd′ 2 *	〃　（２番砲）
Pd 1 *	甲板面内占位差（１番砲）
Pd 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）

1.8 発砲諸元計算

(Edg′)p1 *	集中角俯仰角修正（１番砲）
(Edg′)p2 *	〃　（２番砲）
(Bdg′)p1 *	集中角旋回角修正（１番砲）
(Bdg′)p2 *	〃　（２番砲）
j(Edg′)i	星弾仰角調定量
j(Bdg′)i	星弾旋回角調定量

1.9 信管秒時計算

T_s	指令信管秒時
Tg	装てん費消時
$q(T_s)$	指令信管秒時修正量

1.10 目標自動表示盤用信号計算

Rhx	現在距離東西成分
Rhy	現在距離南北成分
Rhx_s	未来距離東西成分

Rhy_2　　未来距離南北成分

Rh_2　　〃　水平成分

Rv_2　　未来高度

射撃指揮装置1型

射撃理論

1 弾道計算 コンデンサ (Ballastics Computing Condencer)

(1) 概　説

目標に弾丸を命中させるには、目標の現在位置を連続に測的することによつて、目標の運動方向、運動量を計出し、弾丸の飛行秒時中の移動量を求め、現在位置へ加算することによつて未来位置を決定する。この位置へ、タイムリイに弾丸を到達させるには、時間と3次元の空間に関する連立方程を解法し、砲を指向すべき照準位置を決定しなければならない。

この射撃問題を解法するには、地球上において避けることのできない重力・大気の影響などの複雑な値を考えねばならない。このため、砲種及び弾種について基準状態における弾道に関する諸データが射表として編算され、基準弾道に射撃時の条件の変化については、補正を加え射撃問題の解法を行なつている。

射撃指揮装置は、一般にある機構によつて未来位置をファクターとして射表を精密に記憶させる装置を内臓し、測的で得られた未来位置から記憶装置の諸データを逆にとりだす方式が行なわれている。

ここで注意すべきことは、照準位置計算部と弾道計算部とは常に入出力関係にあり、サーボ・ループを形成していることである。

即ち、弾道に関する全てのデータは、大気状態を基準とすれば射距離、仰角、及び初速度の関数である。従つて、計画初速に従つて砲仰角と射距離に応じて弾道諸データを記録させ、測定した未来位置の距

離、仰角に基づきこの記録データを取り出し、射撃時の条件の変化によつてデータを補正し、射撃理論をアナログサーボ連立方程式で解法する。

本射撃指揮装置は、一種の可変コンデンサである弾道コンデンサが採用され、装備砲について次の値を記憶させている。

指向距離（仮想未来距離）	R_4	
砲軸角（重力降下量）	SE	b(Mv)
初　速	U(Mrh)	U(Mv)
空気密度偏差	X(Mrh)	X(Mv)
定　偏	b(Mb)	
温度偏差	Y(Mrh)	Y(Mv)

〔注〕3"R/Fのみ。5"R/Fについては無修正

以上の弾道関数は、射距離のかわりに飛行秒時T_2及びEgの変化についての偏差量で与えられ、数学的に考えれば弾道関数は、T_2とEgの2価関数ということができ次式で示される。

$$F = f(T_2 \cdot Eg)$$

即ち、射撃盤内の記録機構である弾道コンデンサは、T_2・Egの変化量で偏差量をコンデンサ容量として発生する形状に加工し、測的によつて求めた未来位置のT_2及びEgから偏差量を逆に取り出すこととなる。

しかし、同時に$f(T_2 \cdot Eg)$を算出することは技術的に困難であるため、求める偏差量をEgのみの関数とするf及びT_2のみを関数とするgとし、両者を組み合せて偏差量を計出する1価関数に展開する必要がある

即ち、　$F = f(T_2 \cdot Eg) \doteqdot f_1(T_2) + f_2(T_2)g_1(Eg) - f_3(T_2)g_2(Eg)$

$+ \cdots\cdots\cdots\cdots + f_n(T_2)g_{n-1}(Eg)$

としている。展開されたf・gの量が多ければ、多いほど精度があがるが、コンデンサの数が増加し不経済であるので、処望の精度内に入る値で展開される。

本装置では、射程が大となればT₂の値が大となりコンデンサ作製が粗雑となるので本装置の計算は、データをR_4で割り三角形斜辺を常に1とする比例算で計算することによつて、精度をあげている。そのため$\frac{1}{R_4}$で処理されている。従つて、T_2は$\frac{T_2}{R_4}$とし無次元化の方式をとつている。よつて、上記の式は

$$F = f\left(\frac{T_2}{R_4} \cdot Eg\right) \doteqdot f_1\left(\frac{T_2}{R_4}\right) + f_2\left(\frac{T_2}{R_4}\right)g_1(Eg) + f_3\left(\frac{T_2}{R_4}\right)g_2(Eg)$$

$$+ \cdots\cdots\cdots\cdots + f_n\left(\frac{T_2}{R_4}\right)g_{n-1}(Eg)$$

で表わされる。使用射表は

OP1766「AA RANGE TABLE FOR 3－INCH 50 CALIBER GUN」

OP1184「AA RANGE TABLE FOR 5－INCH 54 CALIBER GUN」

である。

(2) 弾道コンデンサの製作

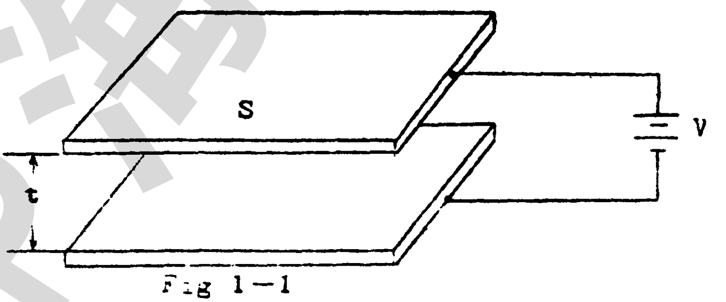


Fig 1－1

2枚の平面コンデンサ容量は

電界の強さ：E Volt/m

面　　積：S m^2

二面の距離：t m

加えた電圧：V Volt

電荷密度：ρ クローン/m^2

全電荷：Q

誘電率：ε_0

空気の比誘電率：ε_s　　　とすれば

クローンの法則から

$$E = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon_s} \rho$$

$$ES = \frac{\rho}{\varepsilon_0 \varepsilon_s} S = \frac{Q}{\varepsilon_0 \varepsilon_s} \qquad \therefore \quad E = \frac{Q}{\varepsilon_0 \varepsilon_s S}$$

$$V = \int_0^t E\,dt = \int_0^t \frac{Q}{\varepsilon_0 \varepsilon_s S}\,dt = \frac{Q t}{\varepsilon_0 \varepsilon_s S}$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_s S}{t}$$

即ち、容量は、面積に比例する。従つてFig 1－2のようにロータの形状を偏差量に応じた面積になるように作製し、サーボのEg軸、$\frac{E_2}{R_4}$軸で変化すれば所要の容量を得ることができる。

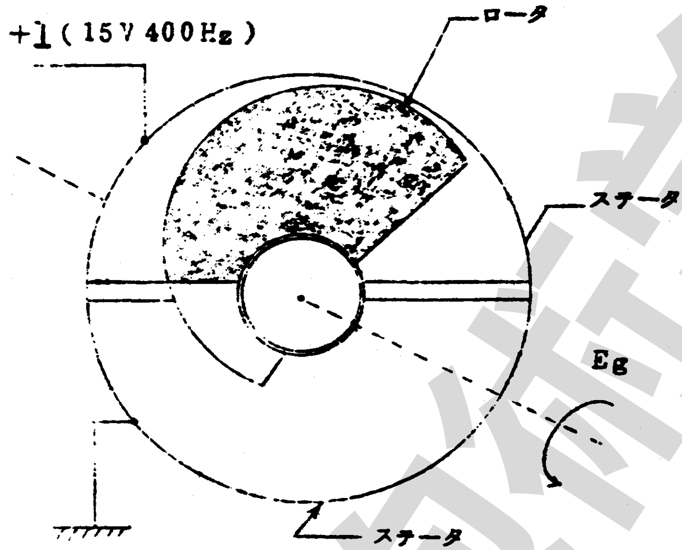


Fig 1－2

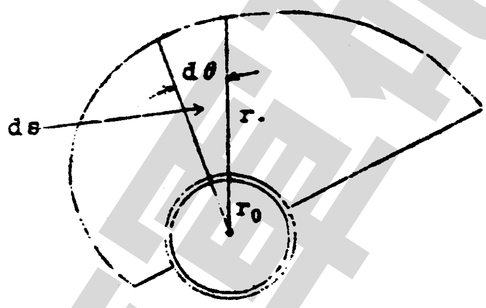


Fig 1－3

今、作成したい関数をF(x)とし、(+)電位に接触する面積S(θ)とし、Kを変換係数とすれば

$$F(x) = KS(\theta)$$

となる。

r_0 ：回転軸の半径

r ：求めるローターの半径

とすれば、Fi・3において微小面積をdSとなす微小角dθとすれば扇形の面積から次のようになる。

$$dS=\frac{1}{2}(r^2-r_0^2)d\theta \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{①}$$

$$dF=\frac{K}{2}(r^2-r_0^2)dX \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{②}$$

$$\frac{dF}{dX}=\frac{K}{2}(r^2-r_0^2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{③}$$

$$\left(\frac{dF}{dX}\right)_{max}=\frac{K}{2}(r_{max}^2-r_0^2)$$ (注) max は最大値を示す

$$\frac{K}{2}=\frac{\left(\frac{dF}{dX}\right)_{max}}{r_{max}^2-r_0^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{④}$$

③式から

$$r^2=\frac{2}{K}\left(\frac{dF}{dX}\right)+r_0^2=\frac{r_{max}^2-r_0^2}{\left(\frac{dF}{dX}\right)_{max}}\cdot\left(\frac{dF}{dX}\right)+r_0^2$$

$$\therefore\quad r=\sqrt{\frac{r_{max}^2-r_0^2}{\left(\frac{dF}{dX}\right)_{max}}\left(\frac{dF}{dX}\right)+r_0^2}$$

$r_0=14.5$ mm　$r_{max}=39.5$ mm　とし、$\frac{dF}{dX}$は、射表を分析し電子計算機IBM7090で計出し、回転角に応じた半径を定めローター形状を求め、常に＝1に接した面積が求める弾道のデータ値を示すように精密作製がなされる。

(3)　各種弾道コンデンサ

ア　R_4

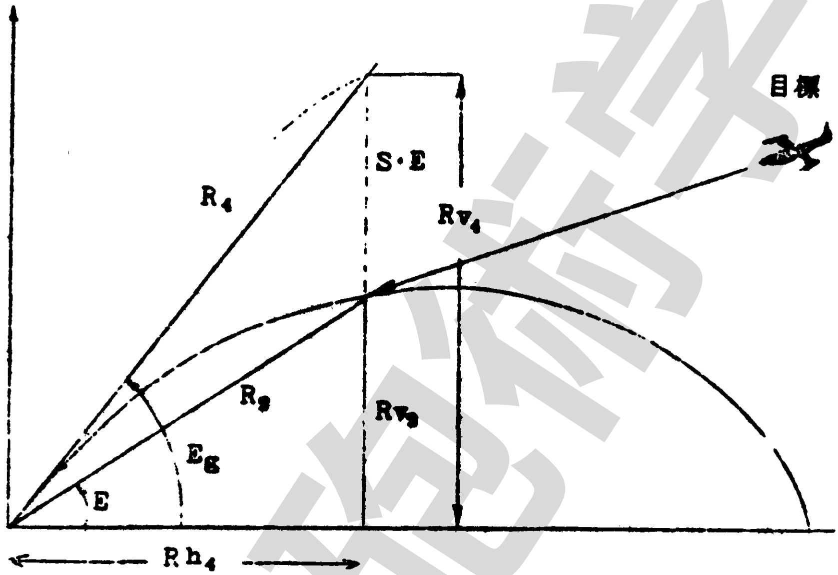


Fig 1－4

射表には、R_4及びSEの値はのっていないので、次の計算式で求めている。

$$R_4 = Rh_4 / \cos Eg$$

$$S \cdot E = Rh_4 \tan Eg - Rv_g$$

弾道コンデンサは、次の記号で表示する。

5F …………　5″/54弾道で$\frac{T_2}{R_4}$の関数

5G …………　5″/54弾道でEgの関数

3F …………　3″/50弾道で$\frac{T_2}{R_4}$の関数

3G …………　3″/50弾道でEgの関数

$R_4 = 5F1 + 5F2 \times (5G1 - 0.065) - 5F3 \times (5G2 - 1.015 - 5G3)$

$R_4 = 3F1 + 3F2 \times (3G1 - 0.071) + 3F3 \times (3G2 - 0.02)$

イ　重力降下量　S・E

$$\frac{SE}{R_4} = 5F4 + 5F6 \times (5G4 - 0.07) + 5F6 \times (5G5 - 0.01)$$

$$\frac{SE}{R_4} = 3F4 + 3F5 \times (3G3 - 0.057) + 3F6 \times (3G4 - 2.00)$$

ウ　初速度偏差　（IV 100ft/secの増減に関する偏差）

(ア)　水平面内射線方向

初速度偏差U（Mrh）/Rh_4は、Eg に関して射表をプロットした結果、Egが変化してもU(Mrh)/R_4 の変化量は、微小で精度上無視しT_2/R_4についてのみ1価関数として展開している。

U(Mrh)は、Rh_4について展開しているので$\frac{U(Mrh)}{Rh_4}$を

$\frac{U(Mrh)}{R_4}$に変換しなければならない。

$$\frac{U(Mrh)}{R_4} = \frac{Rh_4}{R_4} \times \frac{U(Mrh)}{Rh_4} = \frac{Rh_4}{R_4} \times (3.825 \times 10^{-2} - 5F7)$$

$$\frac{U(Mrh)}{R_4} = \frac{Rh_4}{R_4} \times \frac{U(Mrh)}{Rh_4} = \frac{Rh_4}{R_4} \times (37.78 \times 10^{-3} - 3F7)$$

(イ) 鉛直面内の上下偏差

$U(Mv)/R_4$ を$\frac{T_2}{R_4}$で展開すれば直線的に変化するので、

$Eg=30°$についての$\frac{T_2}{R_4}$で展開した数値にEgの変化に対する比をもつて補正し、次の式としている。

$$\frac{U(Mv)}{R_4}=(1.9571\times 10^{-2}-5F8)\times 5G5$$

$$\frac{U(Mv)}{R_4}=(18.5\times 10^{-3}-3F8)\times 3G5$$

ウ　空気密度偏差　（空気密度10%増減に関する偏差）

(ア) 水平面内の射線方向

$\frac{X(Mrh)}{R_4}$は、初速度偏差と同様にEgでプロットすれば直線的変化となり、しかもEgの変化量による値は、精度上無視できるので$\frac{T_2}{R_4}$のみの展開としている。

5F9は$\frac{1}{Rh_4}$について展開された値であるため$\frac{1}{R_4}$に換算する必要がある。

$$\frac{X(Mrh)}{R_4}=\frac{Rh_4}{R_4}\times\frac{X(Mrh)}{Rh_4}=\frac{Rh_4}{R_4}\times 5F9$$

$$\frac{X(Mrh)}{R_4}=\frac{Rh_4}{R_4}\times\frac{X(Mrh)}{Rh_4}=\frac{Rh_4}{R_4}\times 3F9$$

(イ) 鉛直面内の上下偏差

$\frac{X(Mv)}{R_4}$は、$Eg=30°$を基準とし、5F10を展開し、Egの各砲仰角の値の比で補正する。

$$\frac{X(Mv)}{R_4} = 5F10 \times (5G7 - 0.08)$$

$$\frac{X(Mv)}{R_4} = 3F10 \times (3G6 - 0.044)$$

エ　弾道風偏差（弾道風10ktの増減に関する偏差）

弾道風のコンデンサは、射線方向風成分(Rear Wind)及び射線と直角成分(Cross Wind)に対して、水平面の射線方向、左右成分とした10ktを基準の偏差量を計出する。

(ア)　縦　風　(Rear Wind)

$\frac{W(Mrh)}{R_4}$は、射表Egについてプロットすれば Egに関する変化量はほとんどない。しかも$\frac{T_2}{R_4}$については、直線的に変化している。従つて$\frac{T_2}{R_4}$を変数として1価関数として展開している。

$$\frac{W(Mrh)}{R_4} = 5F11$$

$$\frac{W(Mrh)}{R_4} = 3F14$$

(イ)　横　風　(Cross Wind)

$\frac{W(Mb)}{R_4}$は、射表をEgについてプロットしてもEgに関する変化量はほとんど変化しない。従つて$\frac{T_2}{R_4}$の1価関数として展開する。

$$\frac{W(Mb)}{R_4} = 5F12$$

$$\frac{W(Mb)}{R_4} = 3F15$$

オ　定　偏　(Drift)

$\frac{b(Mb)}{R_4}$は、射表を、Egについて展開すればEg = 25° を中心に分布し、平均値Eg = 25° の定偏をとつても、要求上の精度は満足される。従つてEg = 25°における$\frac{T_2}{R_4}$の展開値で作製されている。

$$\frac{b(Mb)}{R_4} = 5F13 \qquad \frac{b(Mb)}{R_4} = 3F16$$

カ　気温偏差

気温が100°F変化した場合の水平面内射線方向偏差及び上下偏差について展開されている。

(ア) 水平面内射線方向偏差

$\frac{Y(Mrh)}{R_4}$のプロットは、複雑な曲線を示し、単調な曲線とならない。従つて、折線で近似化し、Eg = 50° における曲線を折線近似し3F11を設計し、これを俯角の諸値を3G7によつて修正している。

$$\frac{Y(Mrh)}{R_4} = (3F11 - 2.3 \times 10^{-3})(1.605 - 3G7)$$

(イ) 上下偏差　$Y(Mv)/R_4$

Eg = 30°の$Y(Mv)/R_4$と展開関数3F12とEg = 5°の$Y(Mv)/R_4$の展開関数3F12を基準としてEgによつて展開関数3G8で倍数による修正をしたもので示している。

$$\frac{Y(Mv)}{R_4} = 3F12(3G8 - 0.1992) - 3F13$$

5″/54砲

主変数	関数	種類	
T_2/R_4	5F1	R_4	
〃	5F2	R_4	
〃	5F3	R_4	
〃	5F4	SE/R_4	
〃	5F5	SE/R_4	
〃	5F6	SE/R_4	
〃	5F7	IV/Rh_4	(水平方向)
〃	5F8	IV/R_4	(上下方向)
〃	5F9	$A\cdot D/Rh_4$	(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	5G1	R_4	
〃	5G2	R_4	
〃	5G3	R_4	
〃	5G4	SE/R_4	
〃	5G5	SE/R_4	
〃	5G6	IV/R_4	(上下方向)
〃	5G7	$A\cdot D/R_4$	(上下方向)

3″/50 砲

主変数	関数	種類		
T_2/R_4	3F1	R_4		
〃	3F2	R_4		
〃	3F3	R_4		
〃	3F4	SE/R_4		
〃	3F5	SE/R_4		
〃	3F6	SE/R_4		
〃	3F7	IV/Rh_4		（水平方向）
〃	3F8	IV/R_4		（上下方向）
〃	3F9	$A\cdot D/Rh_4$	（空気密度）	（水平方向）
〃	3F10	$A\cdot D/R_4$	（ 〃 ）	（上下方向）
〃	3F11	$Temp/R_4$		（水平方向）
〃	3F12	$Temp/R_4$		（上下方向）
〃	3F13	$Temp/R_4$		（ 〃 ）
〃	3F14	$R\cdot W/R_4$		（水平方向）
〃	3F15	CW/R_4		（左右方向）
〃	3F16	$DRIFT/R_4$		
Eg	3G1	R_4		
〃	3G2	R_4		
〃	3G3	SE/R_4		
〃	3G4	SE/R_4		
〃	3G5	$I\cdot V/R_4$		（上下方向）$/R_4$
〃	3G6	$A\cdot D/R_4$		（ 〃 ）$/R_4$
〃	3G7	$Temp/R_4$		（水平方向）$/R_4$
〃	3G8	$Temp/R_4$		（上下方向）$/R_4$

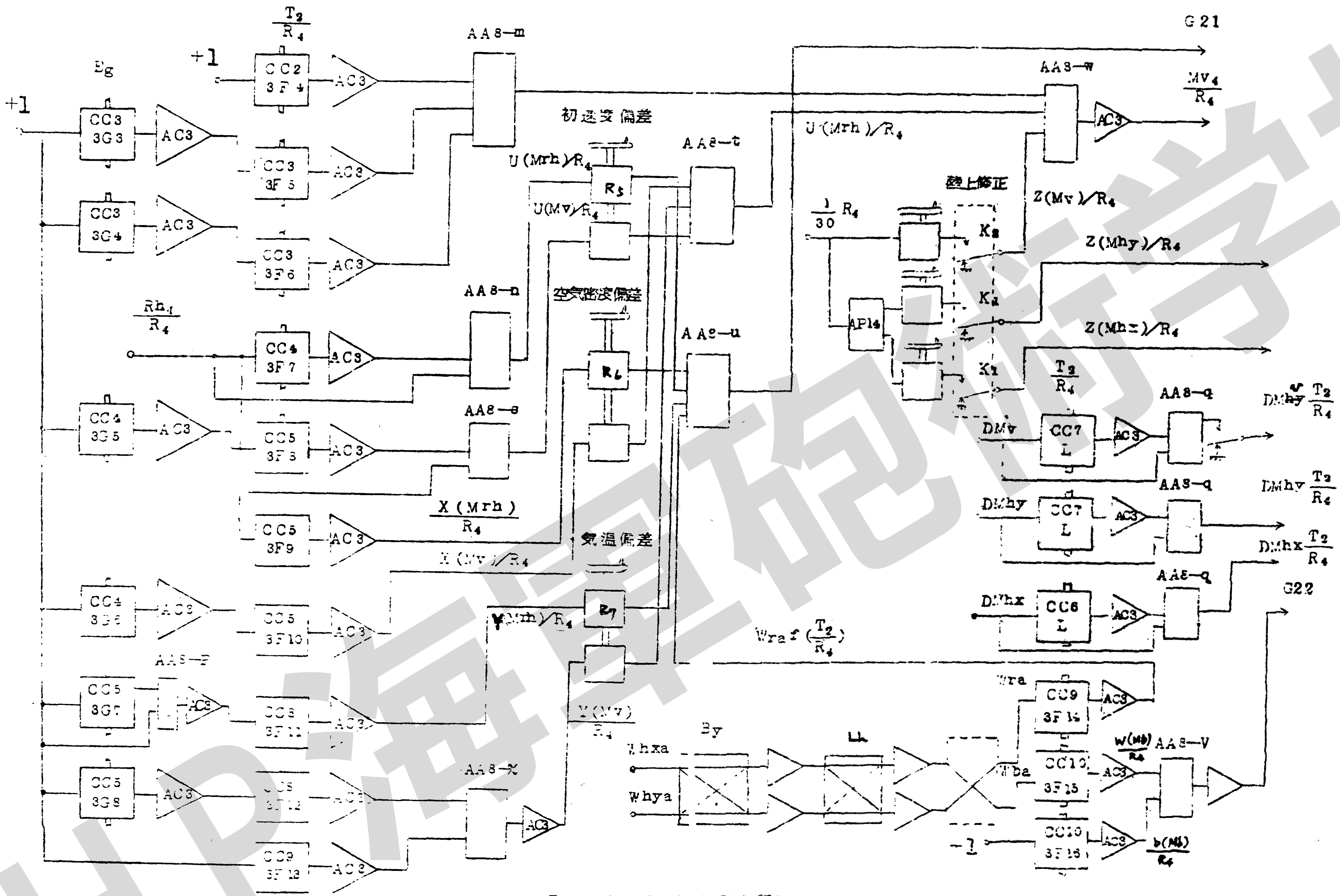


Fig 1−5 弾道計出回路

2　座標系

本射撃指揮装置は、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の極座標系で測的され、速度計算、見越角計算は、x、y、zの変化量の直角座標系で計算される。

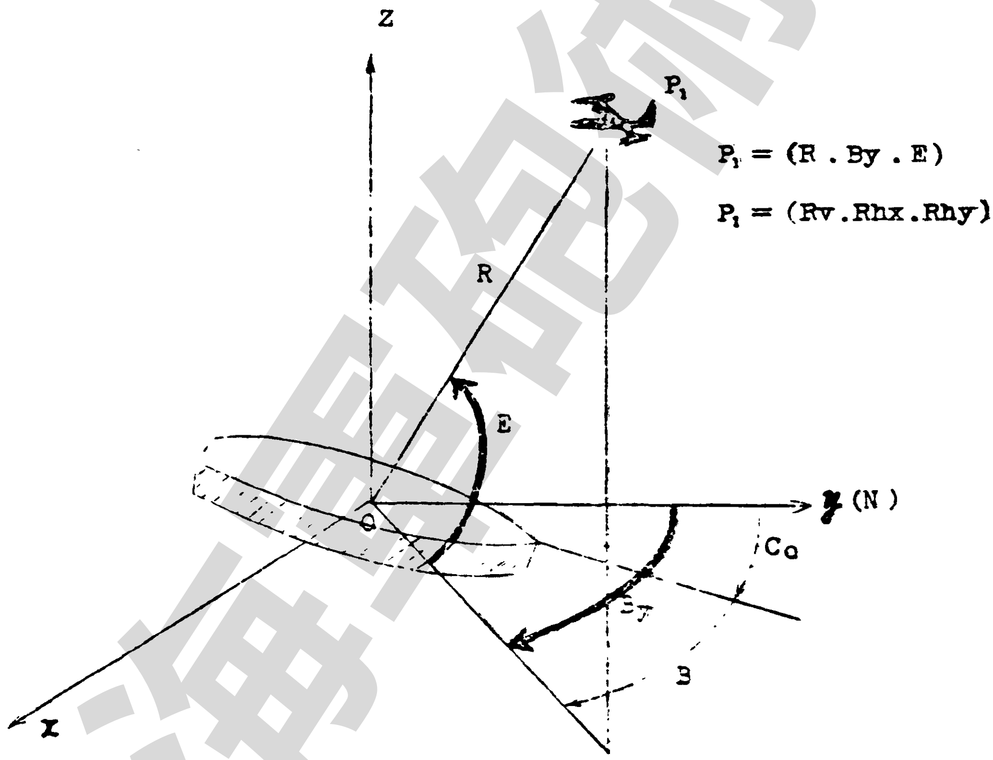


Fig　2－1

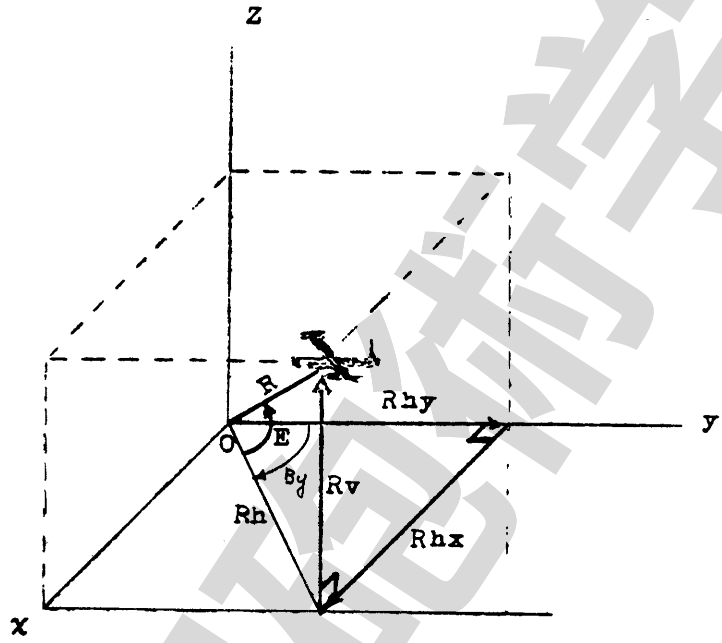


Fig 2－2

直角座標系で表わされる目標現在位置Rhx・Rhy・RvのR、By、E との間に次の関係が成立つ。

$$Rv = R \sin E$$

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

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

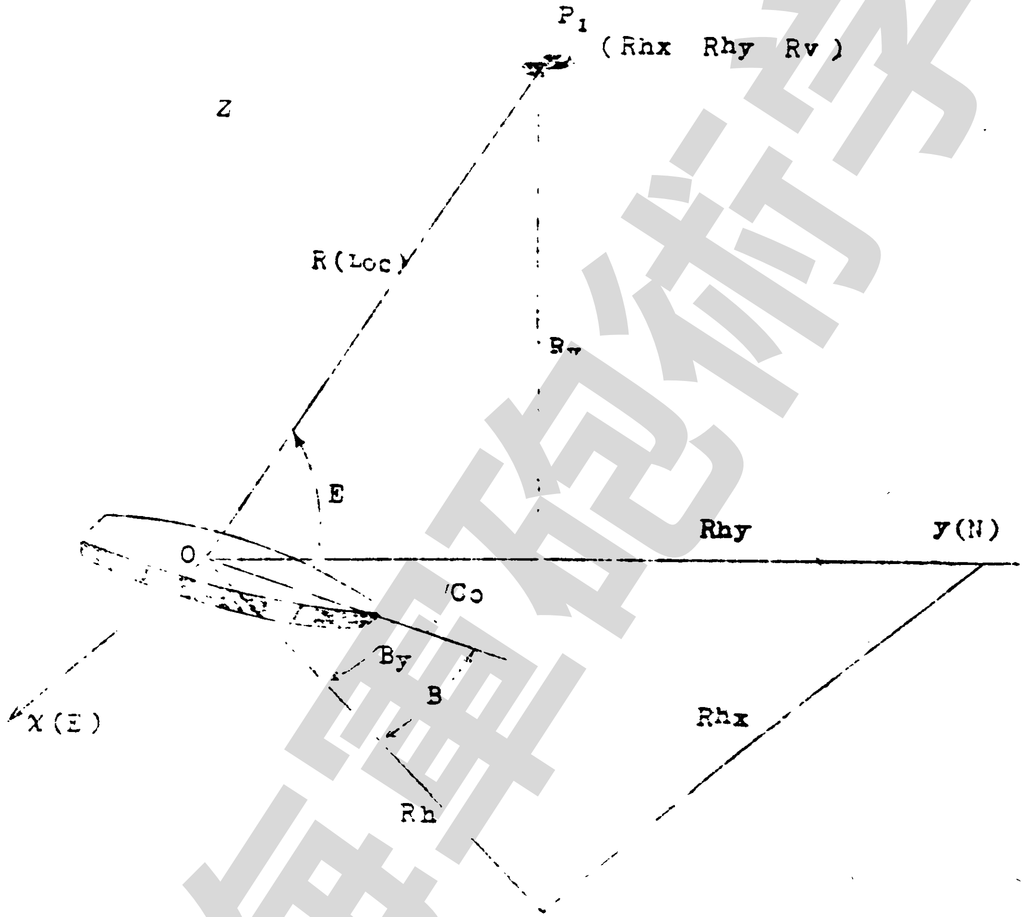


Fig 2—3

未来位置及び仮想未来位置

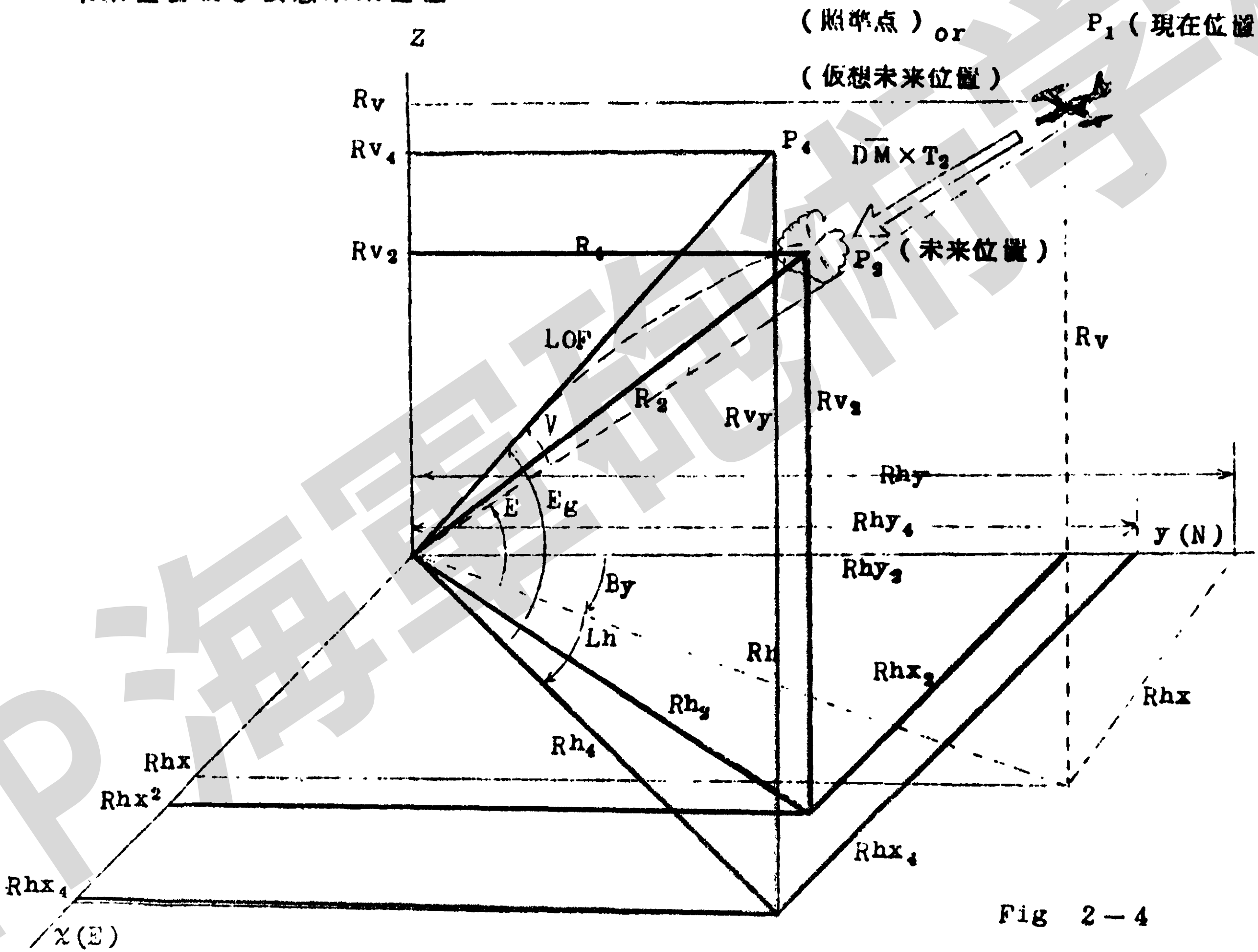
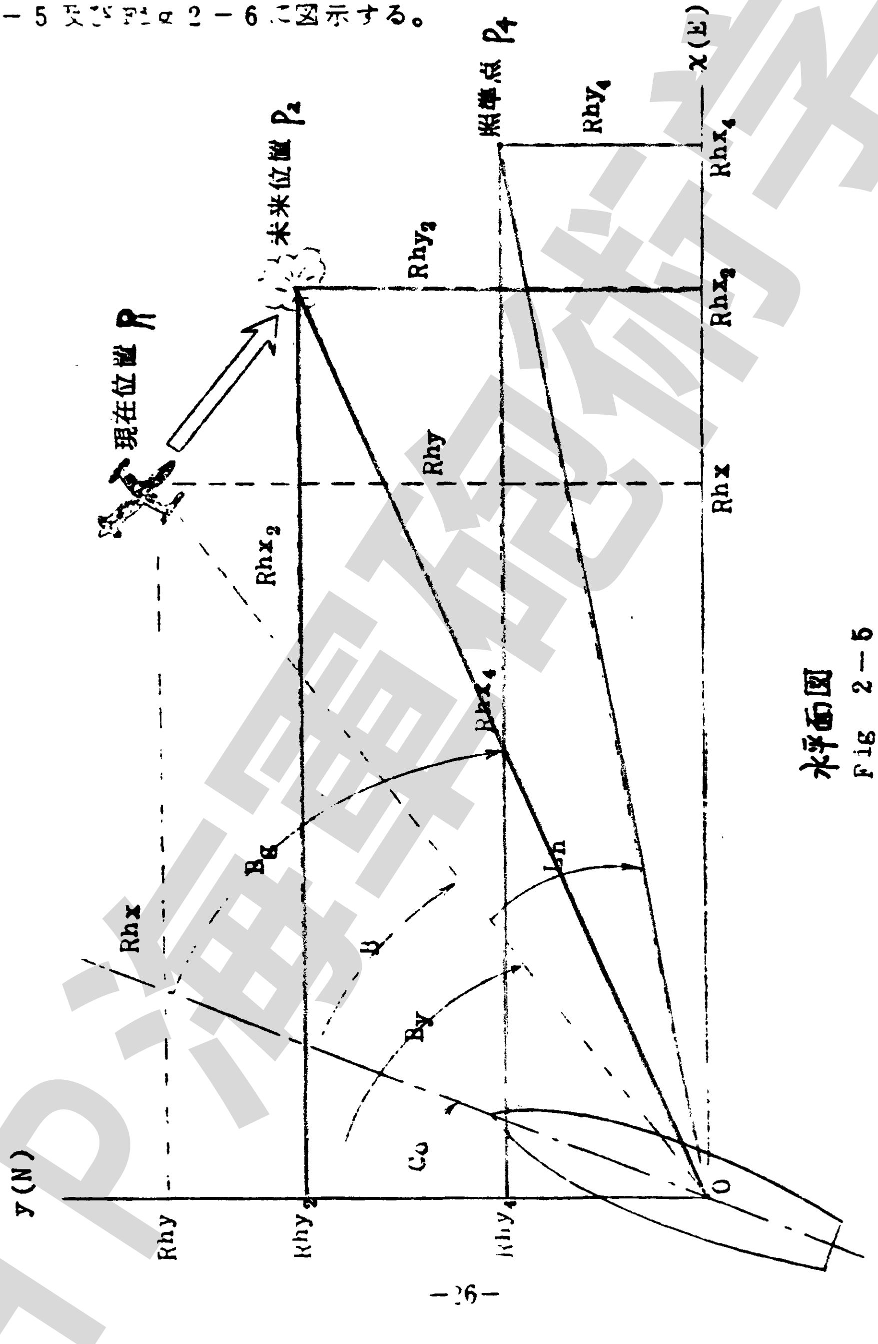


Fig 2−4

現在位置は、（Rv　Rhx　Rhy）、未来位置は（Rv_2　Rhx_2　Rhy_2）、照準点位置は（Rv_4　Rhx_4　Rhy_4）で表示する。これらの関係はFig 2－5及びFig 2－6に図示する。



水平面図
Fig 2－5

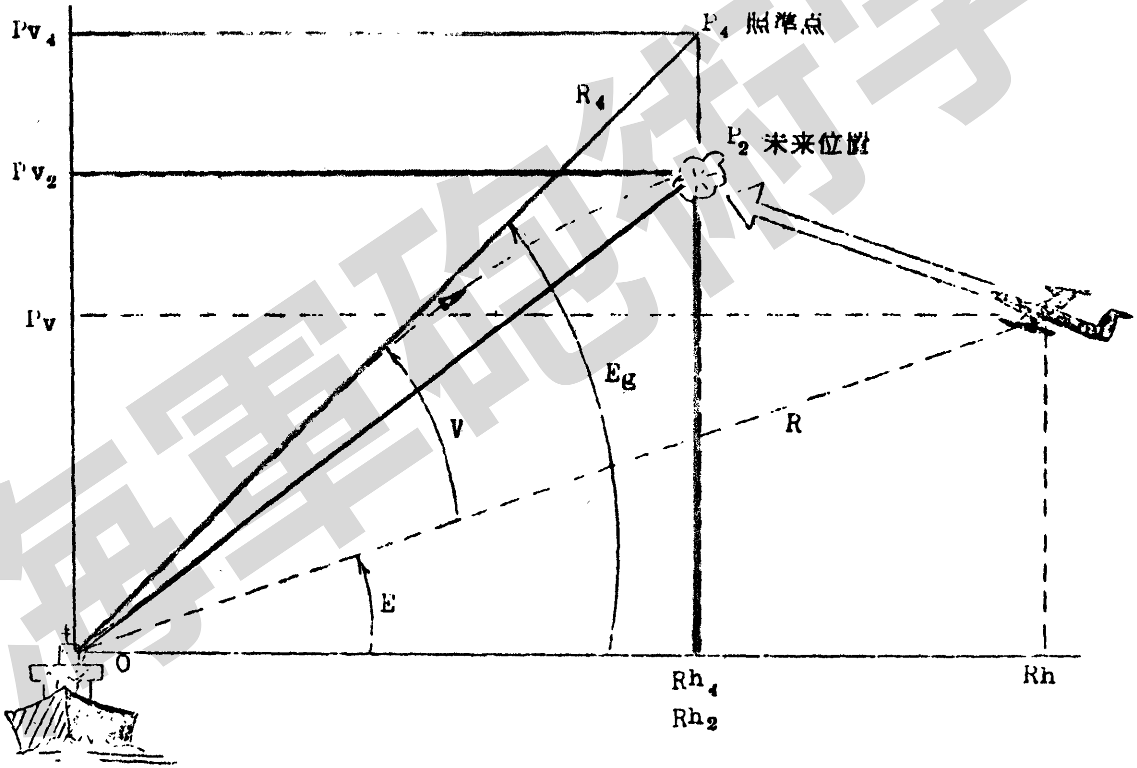


Fig 2－6

3．速度計算

目標を探知、捕そくすれば、目標の追従が行なわれる。これは光学系統及びレーダーによる自動追従によるが方位盤の旋回角の変化量、アンテナの仰角の変化量、距離追従の変化量を速度発電機（タコゼネ）から計出し、これを直角座標系の変化量に変換する。

本指揮装置の速度計算は、U－8、U－9の測的盤で計算され、U－10の射撃盤へ伝達される。この速度計算法にモード1、モード2、モード3、及びモード4の方法がある。

(1) モード1

現在位置は、次のように表わされる。

$$\begin{cases} Rhx = R\cos E \sin By \\ Rhy = R\cos E \cos By \\ Rv = R\sin E \end{cases}$$

従って、Rhxの変化量は、上式の時間tによる微分値になる。

$$\begin{cases} DMhx = \dfrac{dRhx}{dt} = \dfrac{dR}{dt}\cos E \sin By - R\sin E \sin By\dfrac{dE}{dt} + R\cos E \cos By\dfrac{dBy}{dt} \\ DMhy = \dfrac{dRhy}{dt} = \dfrac{dR}{dt}\cos E \cos By - R\sin E \cos By\dfrac{dE}{dt} - R\cos E \sin By\dfrac{dBy}{dt} \\ DMv = \dfrac{dRv}{dt} = \dfrac{dR}{dt}\sin E + R\cos E\dfrac{dE}{dt} \end{cases}$$

今 $\dfrac{dR}{dt} = DMr \qquad \dfrac{dE}{dt} = DE \qquad \dfrac{dBy}{dt} = DBy$

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

求める x 軸、y 軸、z 軸の速度成分となる。

以上を、ベクトルによつて解析してみる。

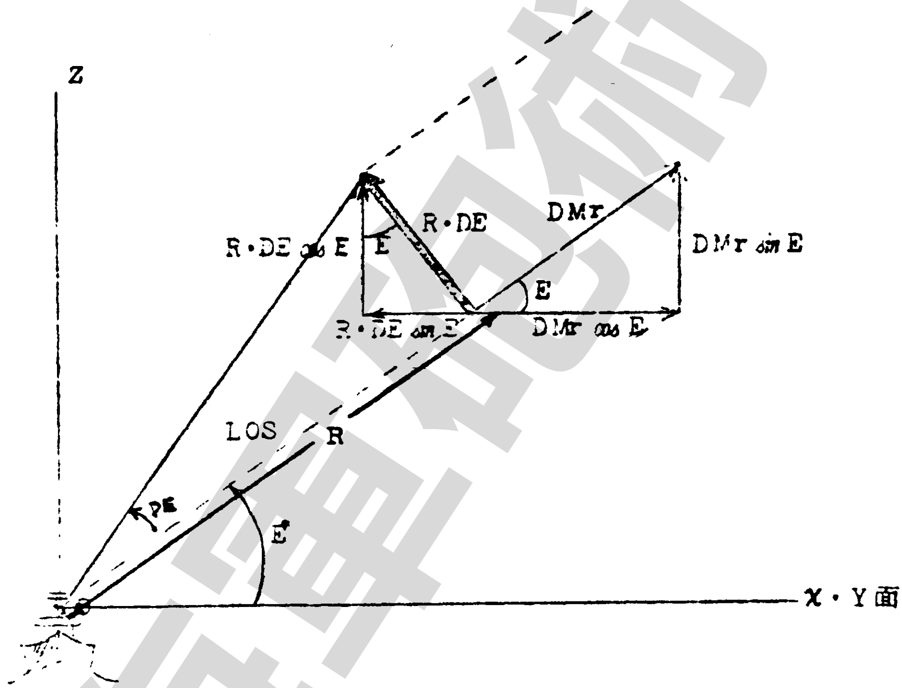


Fig 3－1

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

$DMh = DMr\cos E - R\cdot DE\sin E$ ………… x y 成分

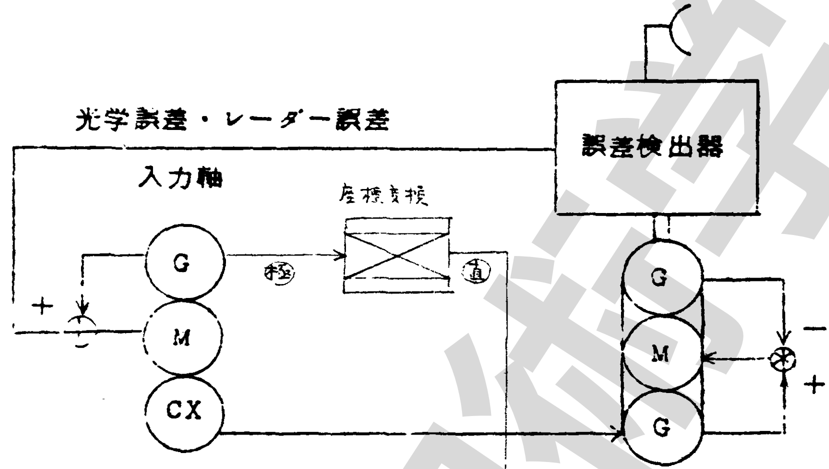
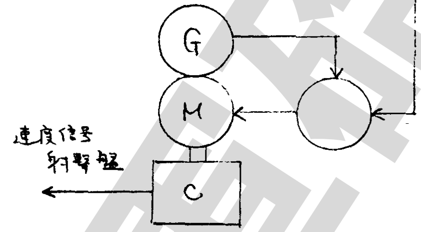


Fig 3−2 モード 1



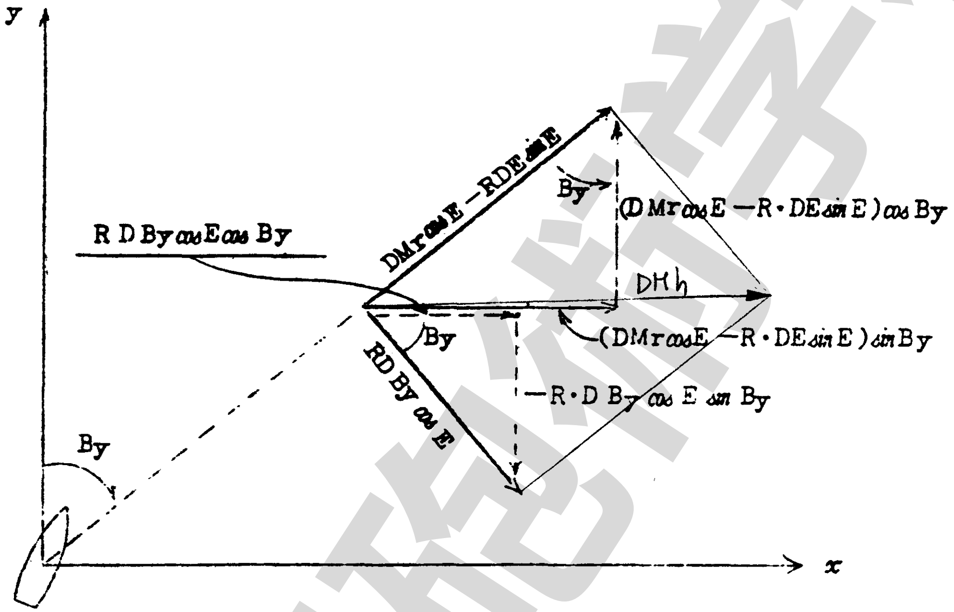


Fig 3−3

DMh を更に分解すると

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

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

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

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

以上のサーボ計算は、測的盤で行なわれる、実際的な計算は、測的盤系統図を参照。

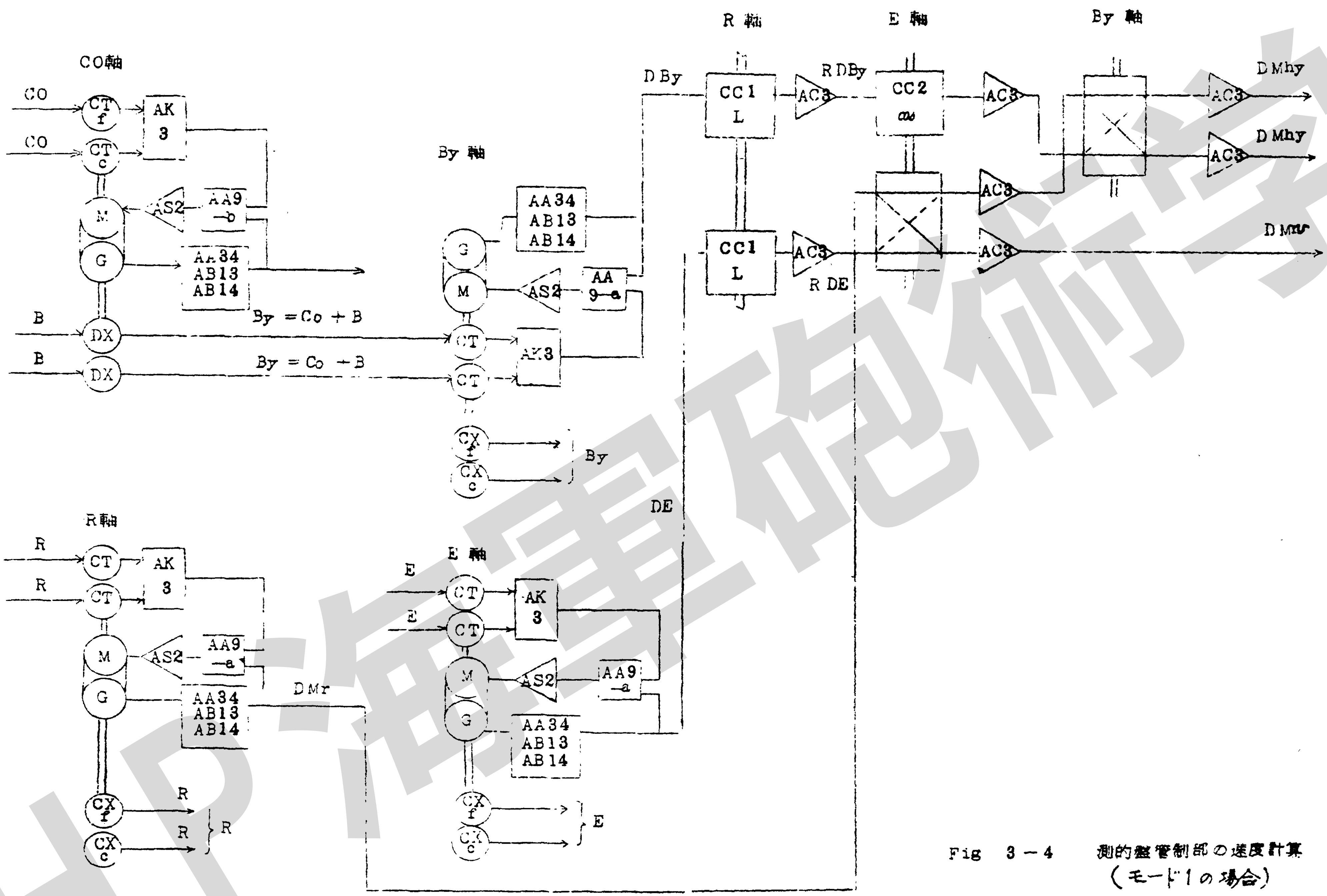


Fig 3－4 測的盤管制部の速度計算
（モード1の場合）

(2) モード2

モード2は、モード1で得られるタコゼネレーターの発信速度信号と、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つて速度信号とする。

再生速度

モード1の計算式から次の式が得られる。

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

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

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

上式の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。これは次式のようになる。

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

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

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

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

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

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

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

これらの差を速度誤差成分とする。

$$
\begin{cases}
r(DMhx) = e(R)\cos E \sin By - e(E) R \sin E \sin By \\
\qquad\qquad + e(By)\cos E \cdot R \cos By \\
r(DMhy) = e(R)\cos E \cos By - e(E) R \sin E \cos By \\
\qquad\qquad - e(By)\cos E \cdot R \sin By \\
r(DMv) = e(R)\sin E + e(E) R \cos E
\end{cases}
$$

として、これを積分回路にかけることによつて

$$DMhx = \omega_c\, \omega_i \int r(DMhx)\,dt$$

$$DMhy = \omega_c\, \omega_i \int r(DMhy)\,dt$$

$$DMv = \omega_c\, \omega_i \int r(DMv)\,dt$$

として、速度成分とする。

$\omega_c\, \omega_i$ は、積分サーボ・ループのゲイン定数を示す。

実際的には、e(R)　e(E)　e(By)は、下図のようにゲート目標エコーの差位で表われる。

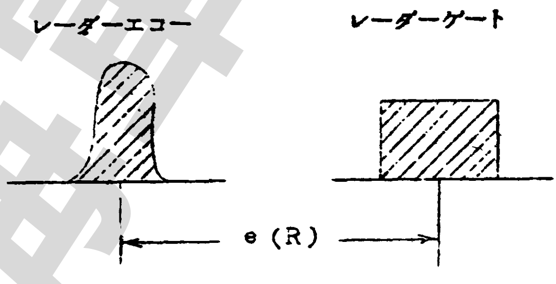


Fig　3－5　e(R)の場合

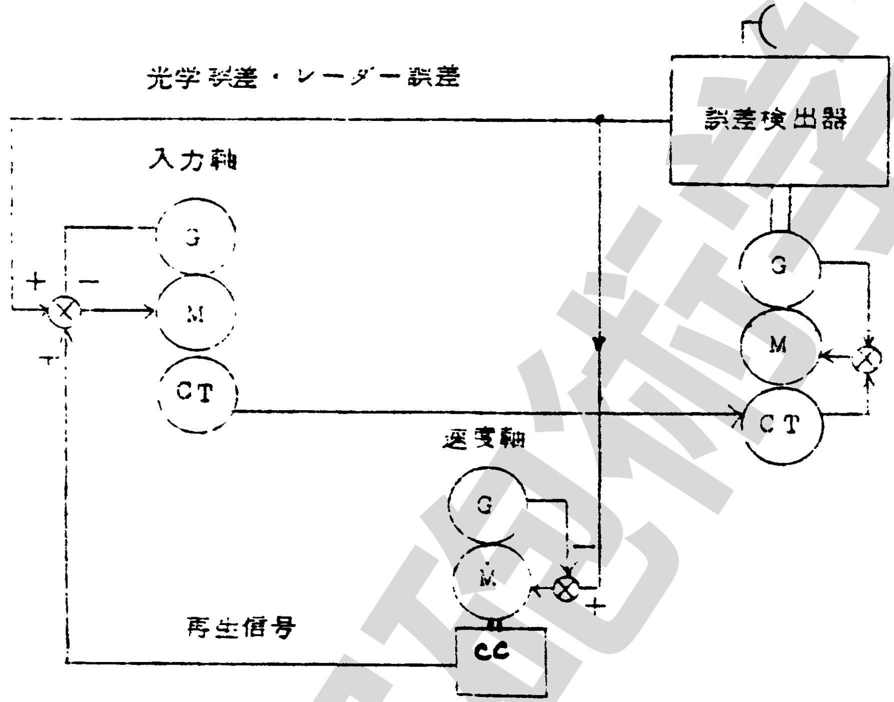


Fig 3－6 モード 2

(3) モード3

モード1の計算によつて得られるDMr DE DByからDMhx、DMhy及びDMvが得られこれらからDM、Et及びCが計出され、測的盤ドロワーに表示される。

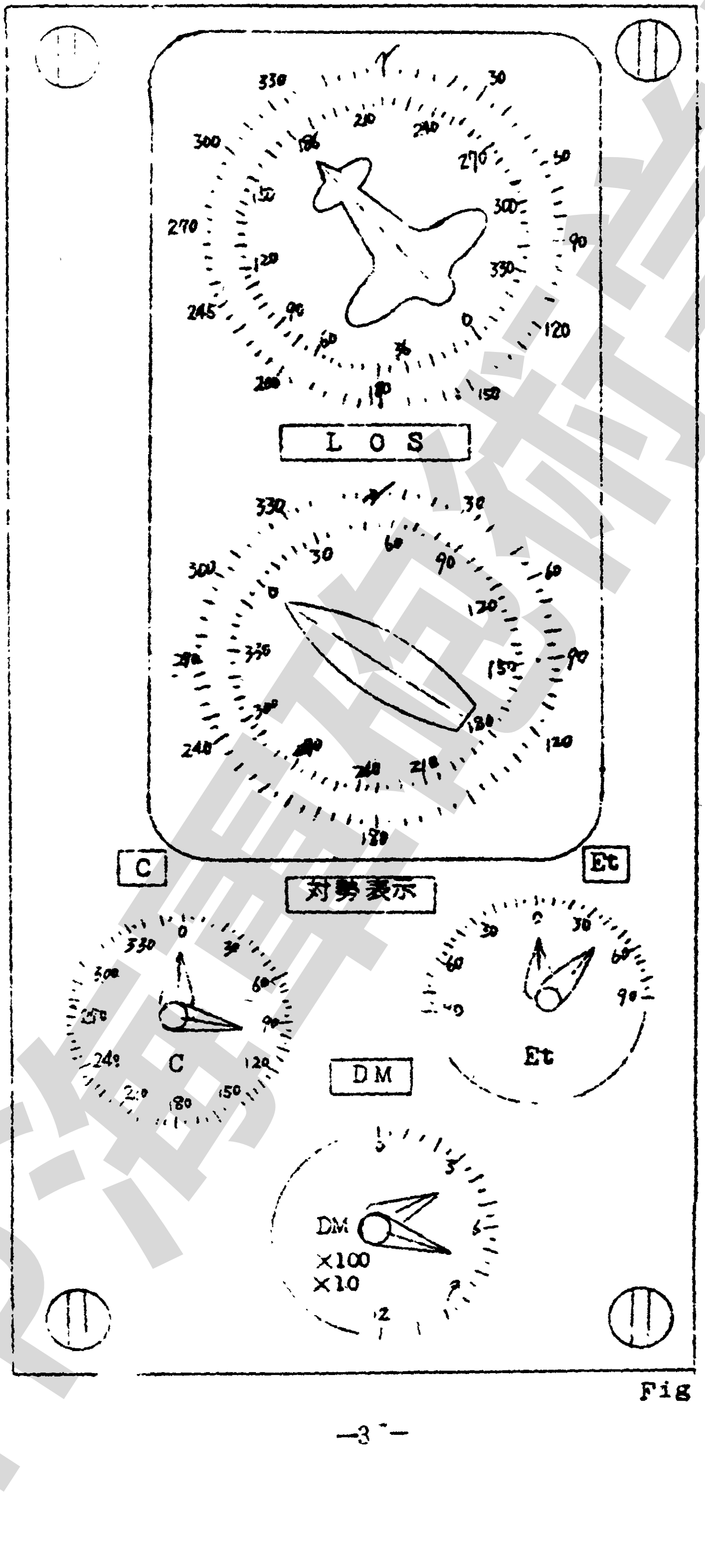


Fig 3 — 7

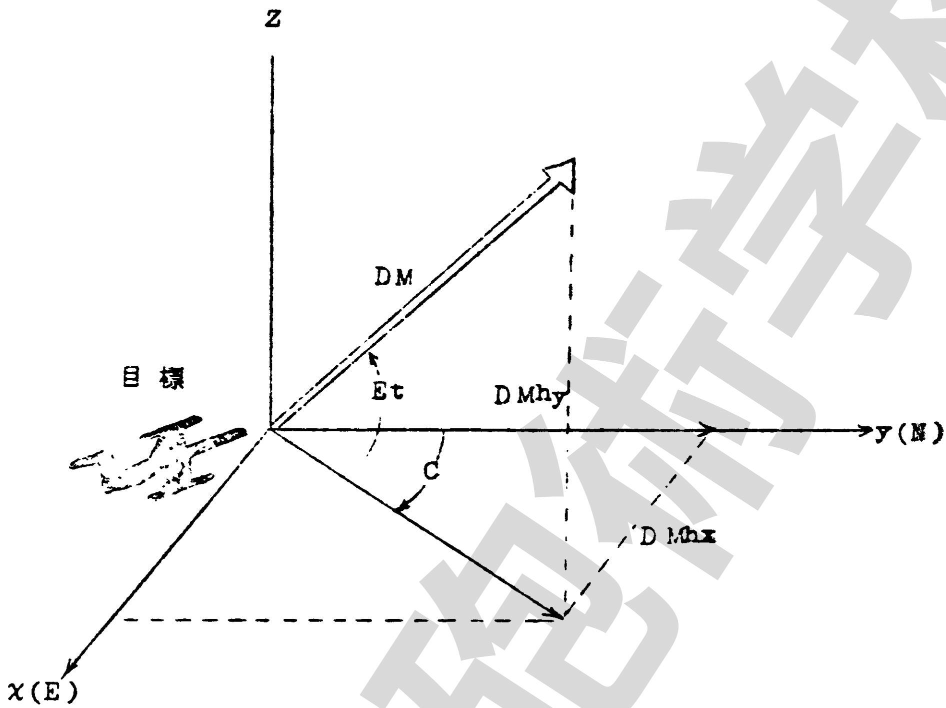


Fig 3－8

Fig 3－8に表わされるように

$$DMhx = DM \cos Et \sin C$$

$$DMhy = DM \cos Et \cos C$$

$$DMv = DM \sin Et$$

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C、Et及びDMを表示する。

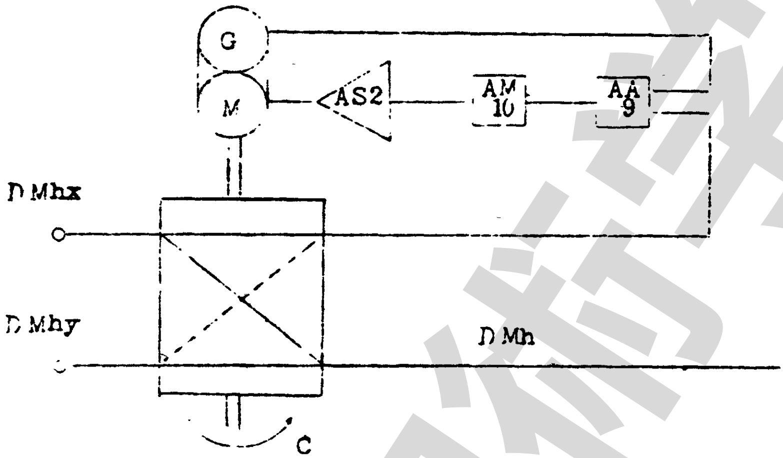


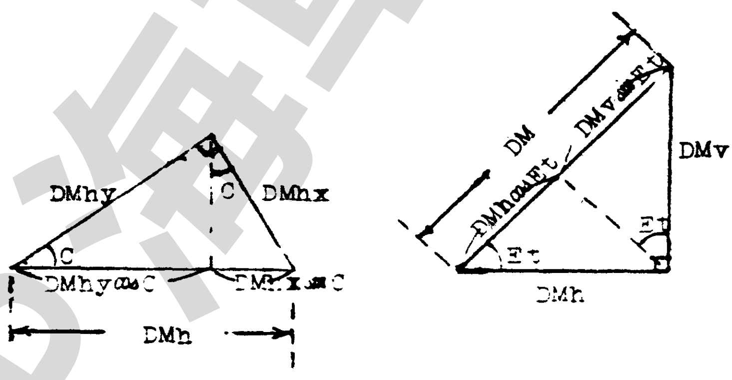
Fig 3 — 9

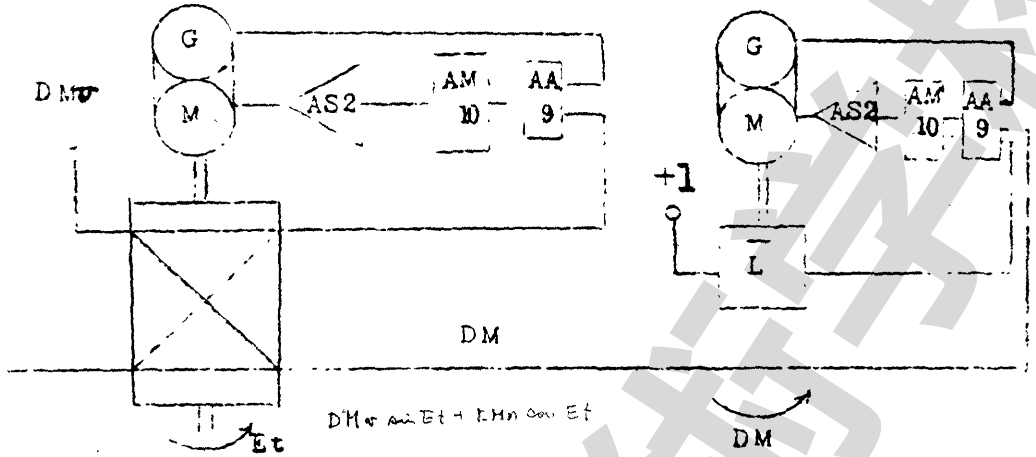
$$DMhx \cos C - DMhy \sin C = 0$$

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

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

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




G
M
DMσ
AS2
AM
10
AA
9
+1
L
DM
Et
DM

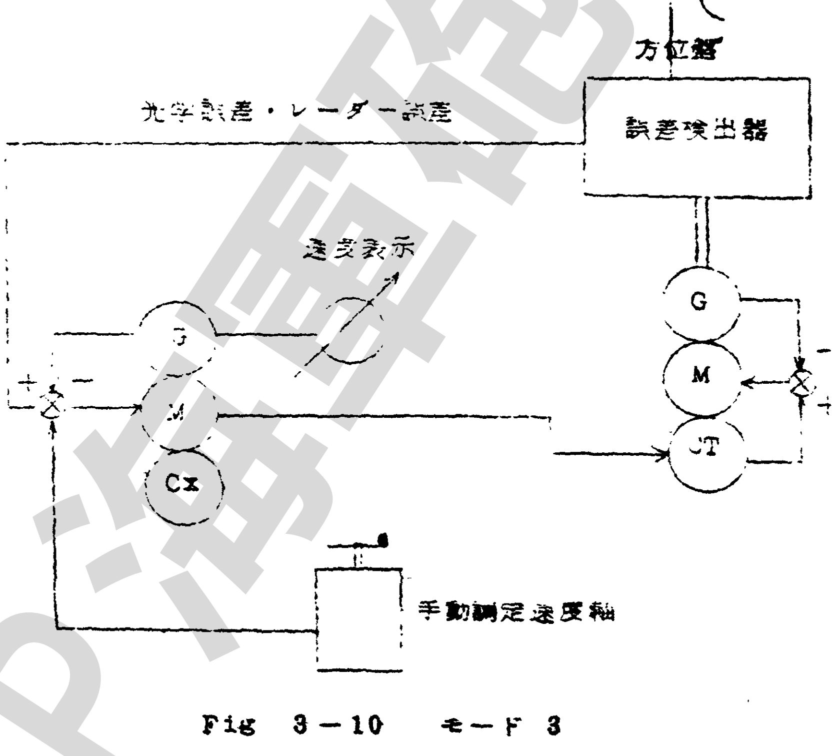

方位盤
光学誤差・レーダー誤差
誤差検出器
速度表示
G
M
Cx
G
M
CT
手動調定速度軸

Fig 3－10 モード 3

(4) モード4

モード4は、目標エコーを追従することによつて得られた過去のデータをもとにしてモード2に述べた再生速度によつて、速度計算を行なう。

目標フエード中、レーダー、ブラウン管や光学射照器TVカメラに目標が断続的に現われた時、ジョイスティクで補正計算ができる。

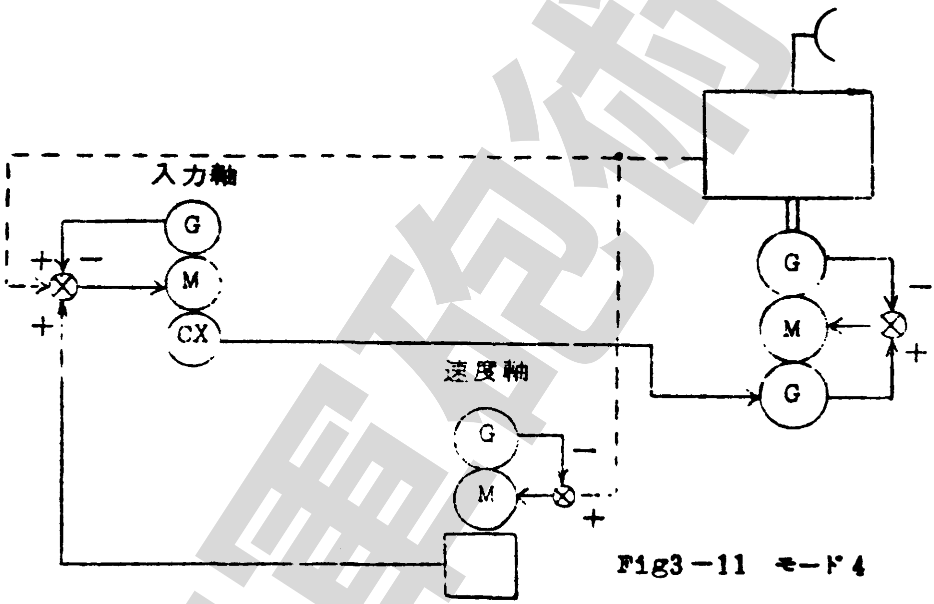


Fig3−11 モード4

モード4は、コンピュータ・エンディング方式であり、目標をフエードした場合それまでの計算した速度で目標を等速直線運動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なうものである。いわゆる盲目追従である。従つて、速度、方向の変化する目標には、かえつて誤差を生ずるので長時間の使用は、禁物である。（本装置では30秒程度としている。）

(5) 速度平滑

目標を艦上で測定するには、次のような外乱をうける。

(1) レーダー波反射強度の変化

(2) 艦の動揺修正の不完全による入力変動

(3) 艦の振動の入力変動

(4) 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、平滑な計算が行なわれない。特に位置信号から速度信号を計出するには微分機構より微分操作をしなければならない。この際、リップル成分は大きな変動となつて安定な速度計出ができない。従つて、計出値はフィルターを通すことによつて平滑化行なつている。

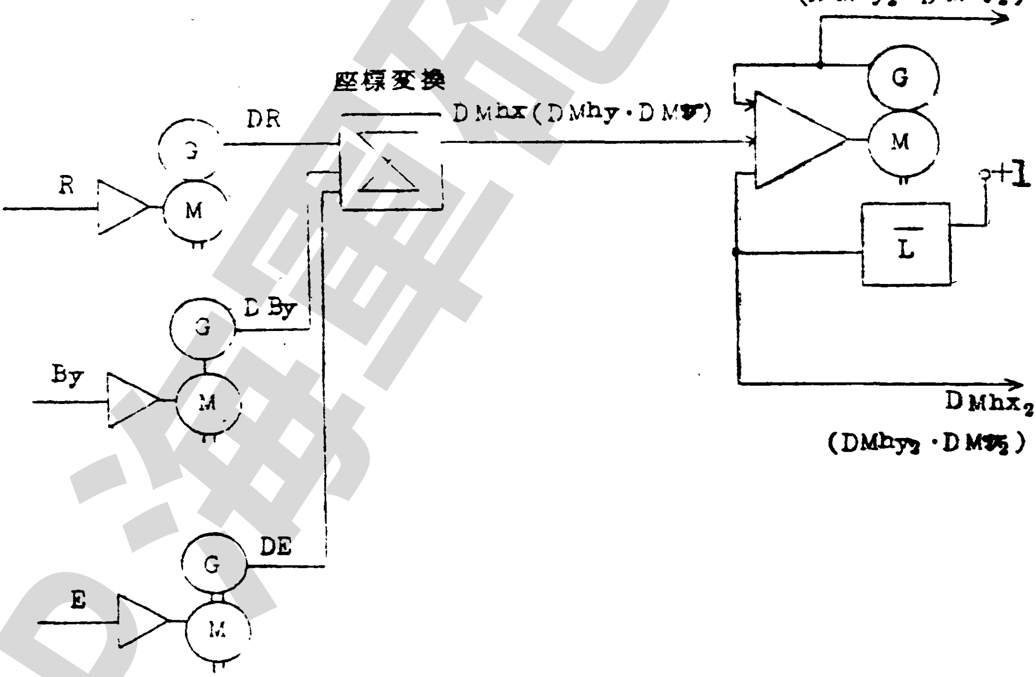


Fig 3 — 12 速度平滑ブロック図

$$DMhx_2 = \frac{1}{1 + \tau S} DMhx$$

$$DMhy_2 = \frac{1}{1 + \tau S} DMhy$$

$$DMr_2 = \frac{1}{1 + \tau S} DMv$$

但し、τはフィルターの時定数で1次遅れの速度計出を行なつている。

r = 0.2 sec　0.5 sec　1.0 sec　2.0 sec　4.0 secの切換え

(6) 曲線予想

曲線予想とは、目標の加速度変化に対しても有効な射撃を実施するため、加速度計算を行なつている。速度軸を微分することによつて、タコゼネ電圧を加速度として出している。

即ち、等速直線運動の目標運動を曲線飛行へ考えを広げたもので、陸上高射砲ではすでにこの考えは採用されていたが、艦砲は相対速度のため非常に理論的困難性がある。

$$D^2 Mhx = \frac{d}{dt}(DMhx_2)$$

$$D^2 Mhy = \frac{d}{dt}(DMhy_2)$$

$$D^2 Mv = \frac{d}{dt}(DMv_2)$$

により予測計算を行なつている。

しかし、これらの計算は、目標の意志を判断することで、これは不可能であり、近似計算によらざるを得ない。この対策として

(1)　発砲から目標撃墜までの経過時間を短縮すること。

初速度を増し、飛行秒時を縮少する。

(2)　誘導兵器を使用する。

本、GFCSにおいて、3gの加速度変化を取つている。

$$\alpha = 3 \times 9.8 \ \mathrm{m/sec^2}$$

$$= 29.4 \ \mathrm{m/sec^2}$$

$$= 31.0 \ \text{ヤード}/\mathrm{sec^2}$$

として最大値は50ヤード/sec²の値とし、50ヤード/sec²を1（15V 440Hz）としている。

目標が加速度運動を行なつている場合、$DMhx_2$、$DMhy_2$ 及び DMv_2 は、時間変化を行ない、速度は次のように示される。

$$DMhx = DMhx_2 + D^2Mhx_2\, t$$

$$DMhy = DMhy_2 - D^2Mhy_2\, t$$

$$DMv = DMv_2 - D^2Mv_2\, t$$

平滑するため時定数だけ速度遅れが生ずるので τD^2Mhx_2　τD^2Mhy_2　τD^2Mv_2 だけ補正する必要がある（τ は平滑に要する時定数）

$$\overline{DMhx} = DMhx_2 - D^2Mhx_2\, t - \tau D^2Mhx_2$$

$$\overline{DMhy} = DMhy_2 - D^2Mhy_2\, t - \tau D^2Mhy_2$$

$$\overline{DMv} = DMv_2 + D^2Mv_2\, t - \tau D^2Mv_2$$

弾丸の発射後から会中するまでの目標の変化量は

$$\int_0^{T_2} \overline{DMhx}\, dt = \int_0^{T_2} (DMhx_2 - D^2Mhx_2\, t - \tau D^2Mhx_2)\, dt$$

$$DMhx\, T_2 = (DMhx_2)\, T_2 - \tfrac{1}{2}(D^2Mhx_2)\, T_2^2 - \tau (D^2Mhx_2)\, T_2$$

$$\therefore \quad \overline{DMhx} = DMhx_2 + \tfrac{1}{2} D^2Mhx\,(T_2 + 2\tau)$$

$$\overline{DMhy} = DMhy_2 + \tfrac{1}{2} D^2Mhy\,(T_2 + 2\tau)$$

$$\overline{DMv} = DMv_2 + \tfrac{1}{2} D^2Mv\,(T_2 + 2\tau)$$

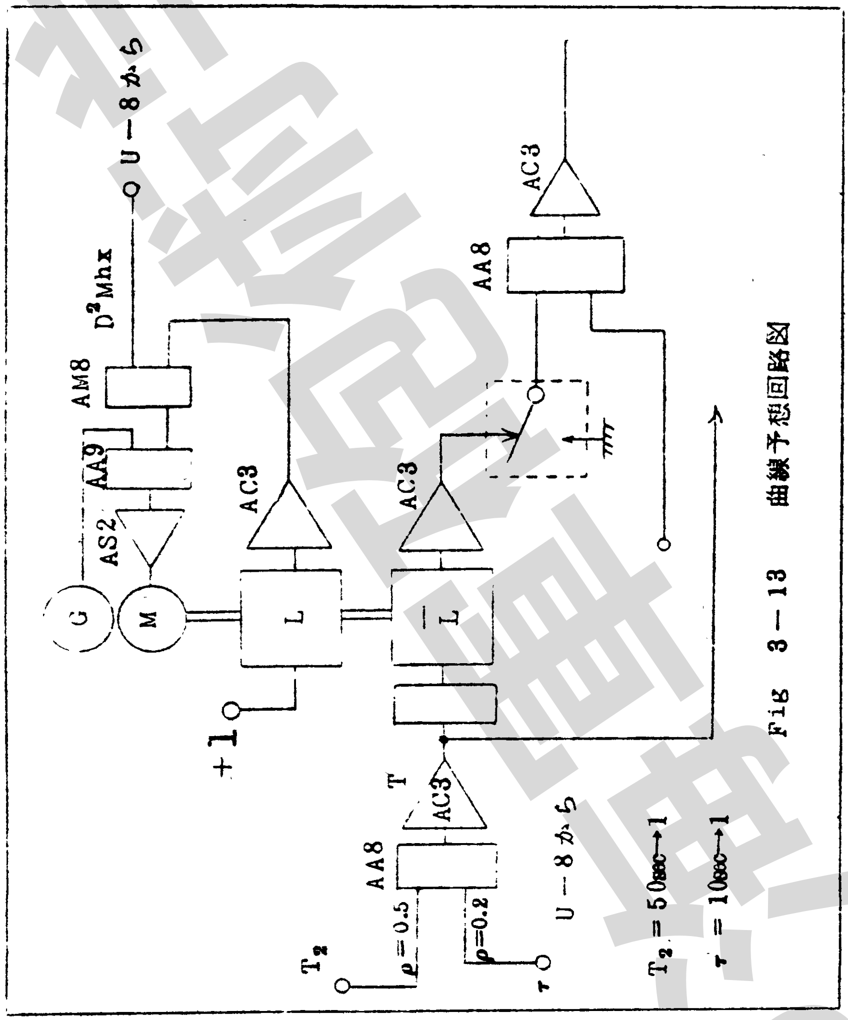


Fig 3－13 曲線予想回路図

[illegible] = 0.5　　$\rho = 0.2$ に選だ理由

T_2 は、50 sec が 1 − 15 V 400 Hz

r は、10 sec が 1 − 15 V 400 Hz

$\left(\tau + \frac{1}{2} T_2\right)$ を計算するに

AA8への入力は、$0.5\,T_2$ 及び 0.2τ となる。

これを電圧で示せば

$$\frac{15}{50} \times 0.5\,T_2\,(\mathrm{V}) = \frac{15}{100} T_2\,(\mathrm{V})$$

$$\frac{15}{10} \times 0.2\tau\,(\mathrm{V}) = \frac{30}{100}\,\tau\,(\mathrm{V})$$

よつて、AA8の出力は、加算回路であるから

$\frac{30}{100}\left(\tau + \frac{1}{2} T_2\right)$ V となり、式が満足される。

4　照準位置の決定

目標を測的することによつて、的針的速を計出し x 軸、y 軸、z 軸の線速度成分が測的盤で得られ、射撃盤へ $DMhx_2$　$DMhy_2$　DMv_2 及び D^2Mhx_2　D^2Mhy_2　D^2Mv_2 を伝達する。

射撃盤においては、これらに飛行秒時を乗算することによつて、飛行秒時中の移動量を計出する。即ち目標の未来位置の座標を決定することである。更に、照準位置を決定するには、基準弾道の修正と基準弾道の補正、即ち、当日修正量を加算し、照準位置を決定しなければならない。

現在位置の決定、T_2 の計出、未来位置の決定、弾道の計出、照準位置の決定と連続的に計算サーボが作動しある照準位置に収れんする。

弾道計算は、高精度につくられた弾道コンデンサから得られる。射線方向の弾道修正射線と直角成分の弾道修正、及び鉛直方向の弾道修正の三つに分けられる。

(1)　射線方向の弾道修正

射線方向の弾道修正は、初速度偏差U(Mrh)、空気密度偏差X(Mrh)気温偏差Y(Mrh)（5"/54砲には計算されない）及び射線方向の風力偏差W(Mrh)であり、次式で計算される。

$$G_{21}=\frac{U(Mrh)}{R_4}-\frac{X(Mrh)}{R_4}-\frac{Y(Mrh)}{R_4}+\frac{W(Mrh)}{R_4}$$

(2)　射線の左右方向の弾道修正

射線の左右方向の弾道修正は、弾丸のスピン（自転）による定偏修正量b(Mb)及び射線の左右成分の風力偏差W(Mb)の修正が行なわれ次式で計算される。

$$G_{22}=\frac{b(Mb)}{R_4}+\frac{W(Mb)}{R_4}$$

(3) 鉛直成分の修正

鉛直成分の修正は、重力降下量b(Mv)、初速度変化の修正U(Mv)及び気温変化修正Y(Mv)であり、次式で示される。

$$G_{33}=\frac{b(Mv)}{R_4}-\frac{U(Mv)}{R_4}+\frac{X(Mv)}{R_4}-\frac{Y(Mv)}{R_4}$$

(4) 苗頭修正x y z成分

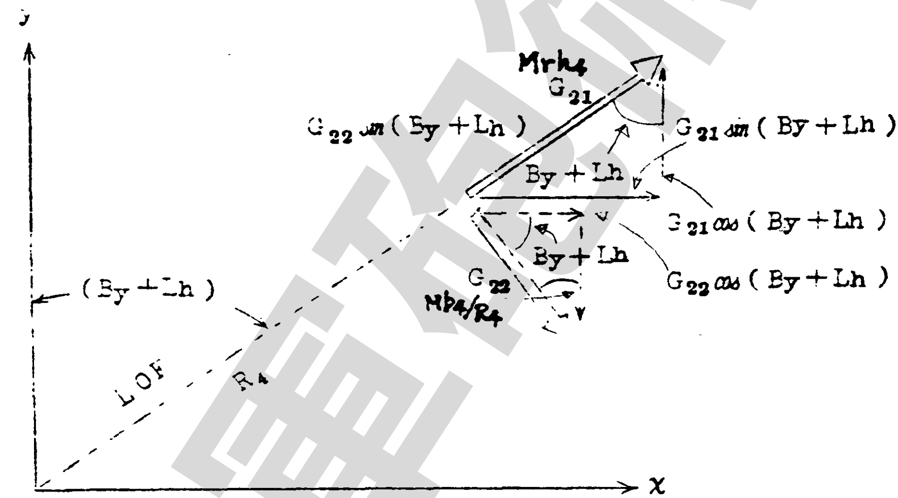


Fig 4 − 1

弾道修正量は、大きさと方向を有するベクトル量であり、射線方向、射線と直角方向の成分はx軸、y軸に分解し、目標の移動計出量と同方向成分として加算する必要がある。

Fig 4 − 1に示すとおり、G_{21}は、x軸成分が$G_{21}\sin(By+Lh)$、y成分が$G_{21}\cos(By+Lh)$に、G_{22}はx軸成分が$G_{22}\cos(By-Lh)$、y成分が$-G_{22}\sin(By-Lh)$へ分解される。

又、z成分のベクトルは分解の必要がなく、見越量の三成分は次式で示される。

$$\frac{Mhx_4}{R_4}=\frac{T_2}{R_4}DMhx_2+G_{21}\sin(By+Lh)+G_{22}\cos(By+Lh)$$

$$\left(+\frac{Z(Mhx)}{R_4}\right)$$

$$\frac{Mhy_4}{R_4}=\frac{T_2}{R_4}DMhy_2+G_{21}\cos(By+Lh)-G_{22}\sin(By+Lh)$$

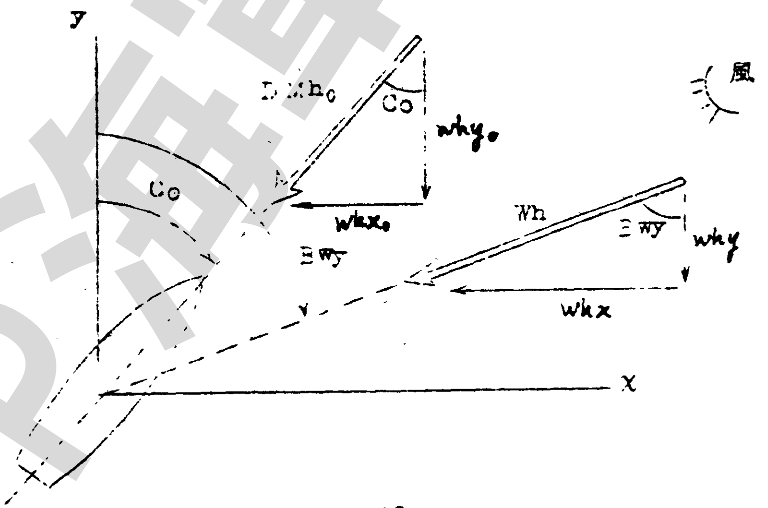
$$\left(+\frac{Z(Mhy)}{R_4}\right)$$

$$\frac{Mv_4}{R_4}=\frac{T_2}{R_4}DMv_2+G_{23}\left(+\frac{Z(Mv)}{R_4}\right)$$

上式の$\frac{Z}{R_4}$は、陸上射撃にOFF SETさせるべきxyz成分である。

(5) 風力修正成分

風力は、測的盤U8−Dドロワに真の弾道風及び弾道風速を調定することによつて計算される。



風力は、自速による風力、自然風のベクトルをx軸y軸に分解して加算され、相対風速とされる。即ち次式の計算がなされる。

$$\begin{cases} Whx_0 = DMh_0 \sin Co \\ Why_0 = DMh_0 \cos Co \end{cases}$$

$$\begin{cases} Whx = Wh \sin Bwy \\ Why = Wh \cos Bwy \end{cases}$$

$$\begin{cases} Whxa = Whx + Whx_0 \\ Whya = Why - Why_0 \end{cases}$$

~~Wha~~ Whxa 及び Whya は、更に射線方向と射線と直角方向の成分に分解される。

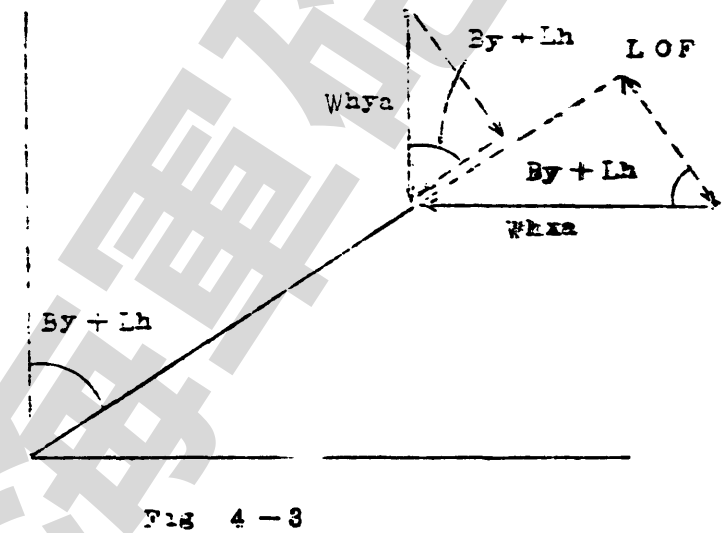


Fig 4 − 3

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 Wrb とすれば、次の式となる。

$$Wra = Whxa \sin(By + Lh) + Whya \cos(By + Lh)$$

$$= Whxa(\sin By \cos Lh + \cos By \sin Lh) + Whya(\cos By \cos Lh - \sin By \sin Lh)$$

$$= (Whxa \sin By + Whya \cos By)\cos Lh + (Whxa \cos By - Whya \sin By)\sin Lh$$

$$Wba = Whxa \cos(By + Lh) - Whya \sin(By + Lh)$$

$$= Whxa(\cos By \cos Lh - \sin By \sin Lh) - Whya(\sin By \cos Lh + \cos By \sin Lh)$$

$$= (Whxa \cos By - Whya \sin By)\cos Lh - (Whxa \sin By + Whya \cos By)\sin Lh$$

弾道コンデンサ３Ｆ14（５Ｆ11）、３Ｆ15（５Ｆ12）を加算することによつて、$\frac{W(Mrh)}{R_4}$ 及び $\frac{W(Mb)}{R_4}$ を計算する。

主変数

3F → T_2/R_4

3G → E_g

$$\frac{W(Mrh)}{R_4} = Wra\, f\left(\frac{T_2}{R_4}\right) = Wra \cdot 3F14$$

$$\frac{W(Mb)}{R_4} = W(Mb)\, f\left(\frac{T_2}{R_4}\right) = Wba \cdot 3F15$$

5　見越角の計出

(1)　照尺角（上下苗頭）の計算

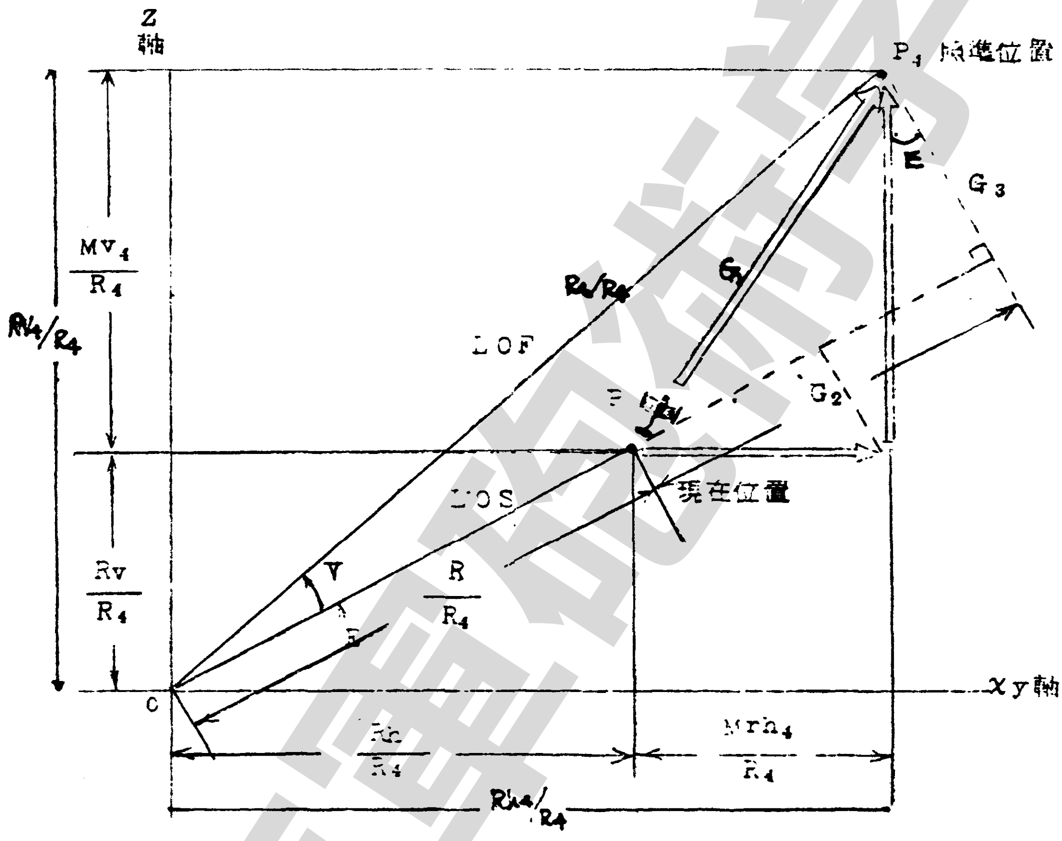


Fig　5－1

苗頭の計算は、ベクトルの分解による幾何学計算を行なう。

Fig 5－1参照。

$$G_2 = \frac{Mv_4}{R_4} \sin E - \frac{Mrh_4}{R_4} \cos E$$

$$G_3 = \frac{Mv_4}{R_4} \cos E - \frac{Mrh_4}{R_4} \sin E$$

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

Fig5－2に示すサーボ連立方程式の解法によつてVを計出する。

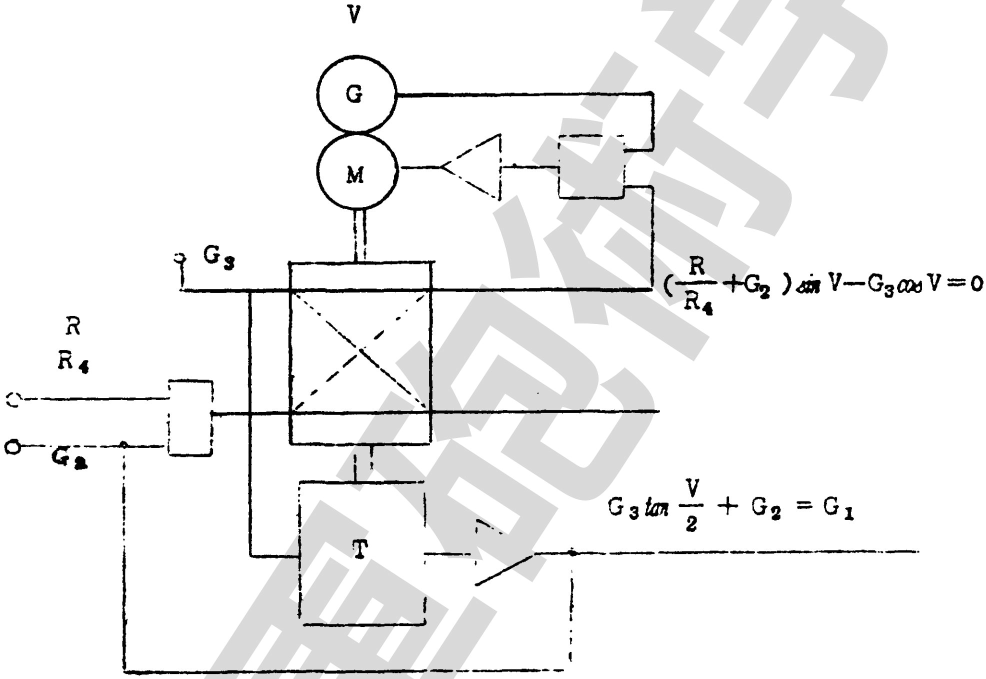


Fig　5－2

(2) R_4（指向距離）の計算

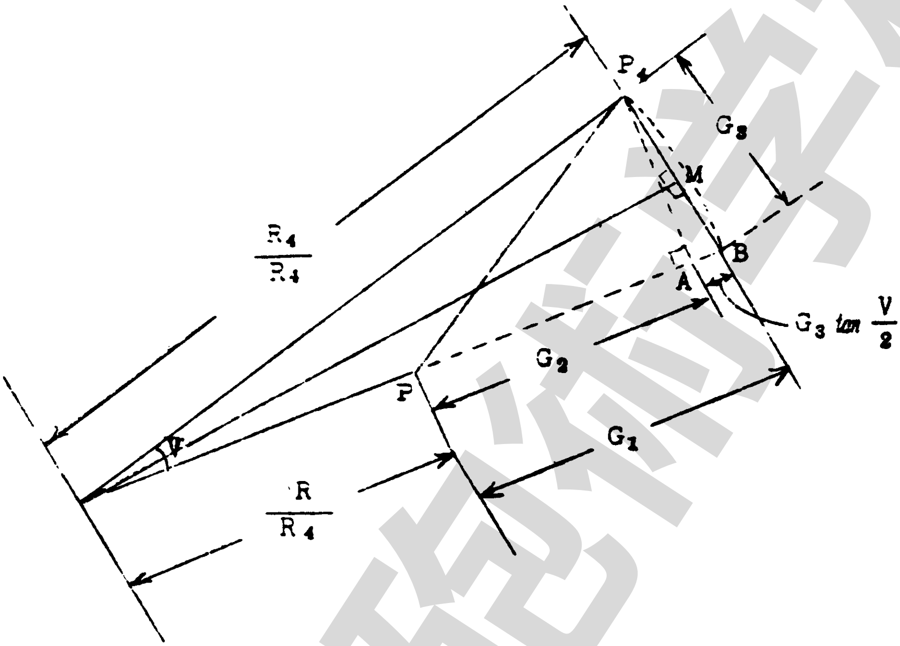


Fig 5－8

全ての計算の基礎となつているR_4は、基準弾道計算部で弾道コンデンサで計算される値と、苗頭計算に得られるR_4を相互に比較する。R_4軸と$\frac{R}{R_4}$軸とは、常時サーボループを形成し、照準位置と未来位置は連続サーボ解法を行なつていることに注意すべきである。

これは、計算値と計算の発生とが正しく合致しているかをフィードバックによつて比較する閉ループを形成している。

$$R_4 = 5F1 + 5F2(5F1 - 0.065) - 5F3(3G2 - 1.015 - 5G3)$$

$$R_4 = 3F1 + 3F2(3G1 - 0.071) + 3F3(3G2 - 0.02)$$

で計算し、苗頭計算で得られるR_4は次の式による。

$$G_1 = G_2 + G_3 \tan\frac{V}{2}$$

$$R_4 = R + R_4 G_1$$

ＡＢが$G_3 \tan\frac{V}{2}$となるのは△OP_4Mと△AP_4Bにおいて

$\angle OP_4M = \angle ABP_4 = \frac{V}{2}$であるから$AB = \tan\frac{V}{2}$となる。

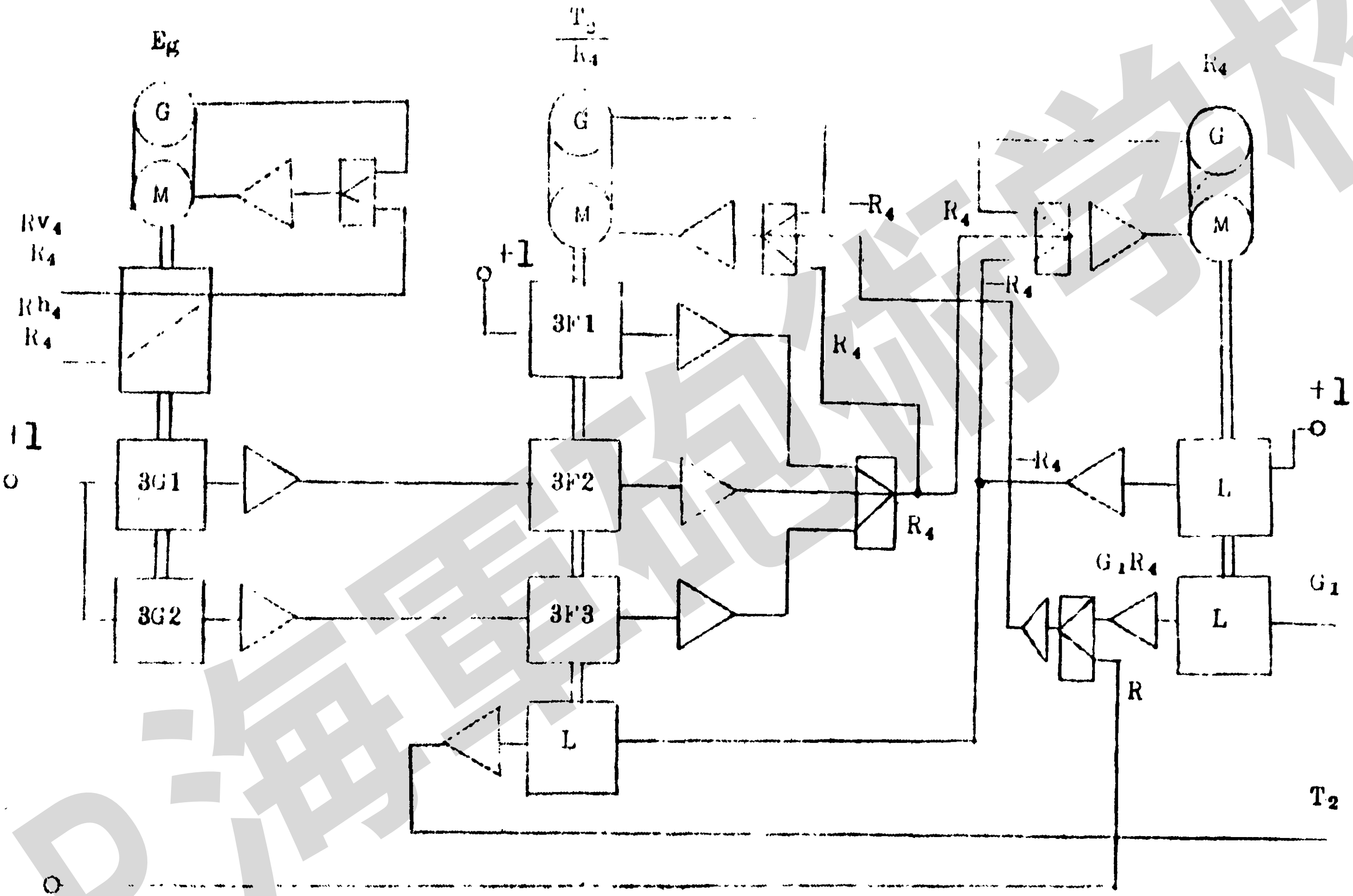


Fig 5−3 Eg $\frac{T_2}{R_4}$ R_4 計算回路

(3) Egの計出

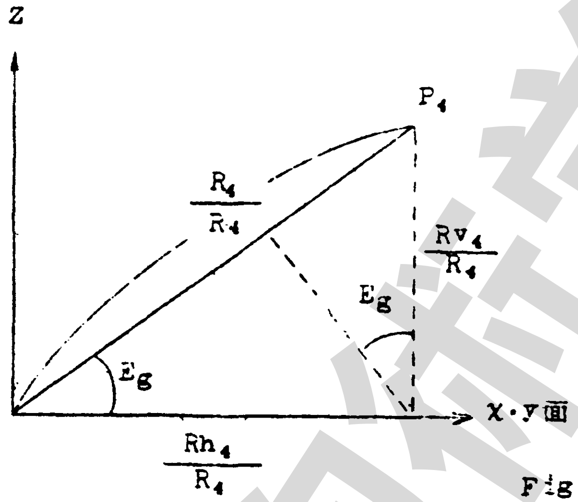


Fig 5－4

Egの計出は$\frac{Rh_4}{R_4}$及び$\frac{Rv_4}{R_4}$を入力として三角形サーボ解法を行なっている。Fig5－3参照。

$$\frac{Rv_4}{R_4}\cos Eg - \frac{Rh_4}{R_4}\sin Eg = 0$$

(4) T_2の計出

$T_2 = R_4 \times \frac{T_2}{R_4}$として$\frac{T_2}{R_4}$の出力へ$R_4$を乗算して得る。

Fig 5－3参照

一方R_4はRから出発してあらゆる見越量を加えた結果である。

したがつて命中させるためには弾道計算部より得られるR_4bとはR_4に一致させなければならない。

$$R_4 - R_4b = \varepsilon \to 0$$

この式がT_2/R_4軸（弾道度数軸）を決定する制御式である。

すなわちεが常に零になるようにT_2/R_4の値が選ばれる。

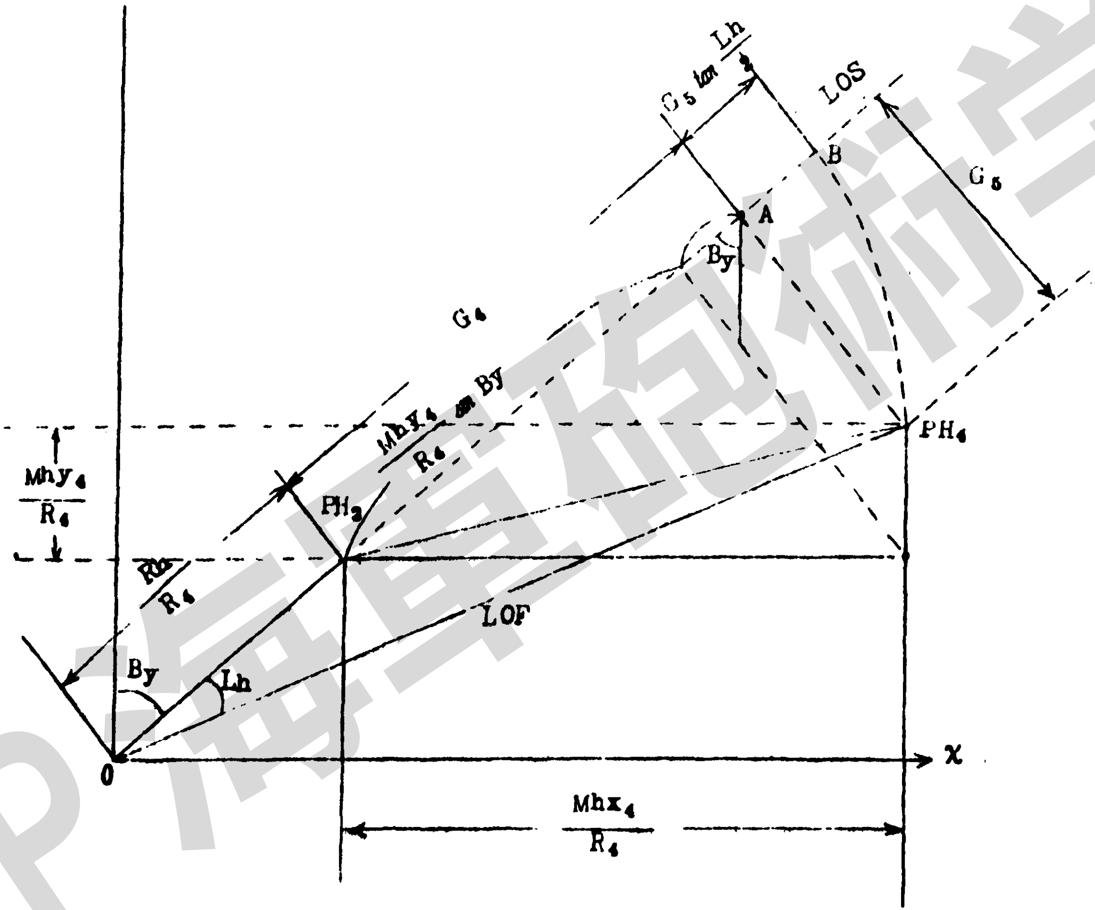


Fig 5-5 Lh の分解図

Fig 5 − 5 において

$$G_4 = \frac{Mhx_4}{R_4} \sin By + \frac{Mhy_4}{R_4} \cos By$$

$$G_5 = \frac{Mhx_4}{R_4} \cos By - \frac{Mhy_4}{R_4} \sin By$$

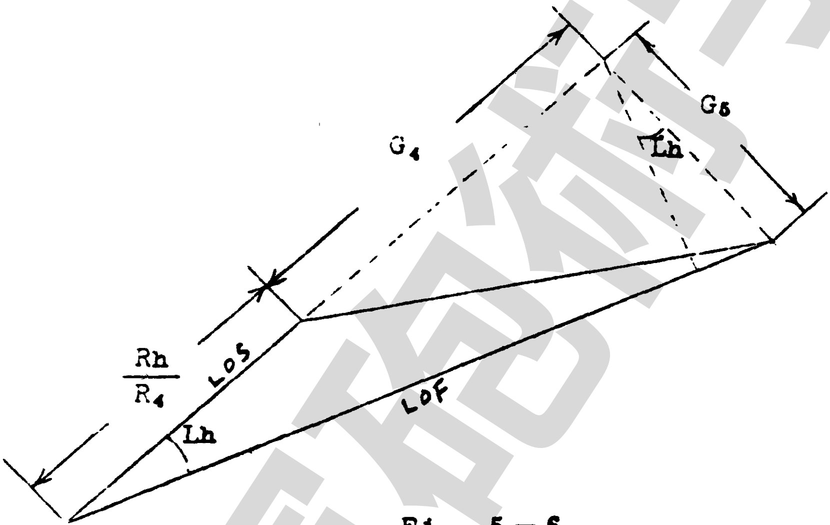


Fig 5 − 6

Fig 5 − 6 において

$$\left(\frac{Rh}{R_4} + G_4\right) \sin Lh - G_5 \cos Lh = 0$$

この計算式をFig 5 − 7の計算回路でLh軸を駆動し、Lhを算出する。又、Vの場合と同様にFig 5 − 5におけるAB = $G_5 \tan \frac{Lh}{2}$となるので

$$G_4 - G_5 \tan \frac{Lh}{2} = \frac{Mrh_4}{R_4}$$

$$G_5 \tan \frac{Lh}{2} - G_4 - \frac{Rh}{R_4} = \frac{Ph_4}{R_4}$$

となる。

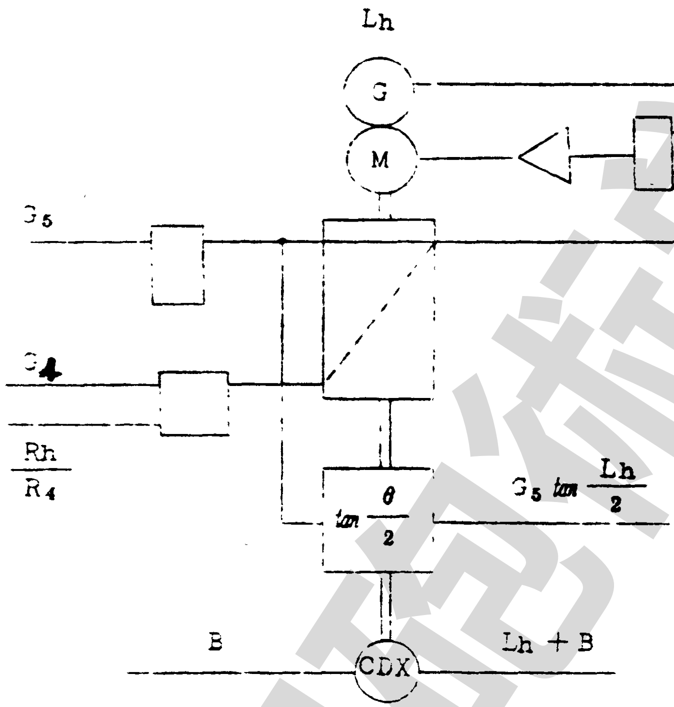


Fig 5－7　Lh 計算回路

6　動揺修正理論

砲旋回角、砲仰角は下図のシンクロ系で砲側へ伝達される。

Fig6－1に示すように動揺修正は、差動シンクロによつてB(Bg)軸を作動することによつて、水平面の計出発砲角を甲板の発砲角へ動揺修正することになる。

動揺修正は、射撃盤ア[illegible]コフにおいて行なわれる。

本装置における動揺はロールは右舷上りを正、ピッチは艦首さがりを正として計算される。

動揺修正は、次の順序で計算される。

ア　ピッチ角のみの場合、LOFの位置変化。

イ　ピッチ角をうけたLOFにロール角によるLOFの位置変化。

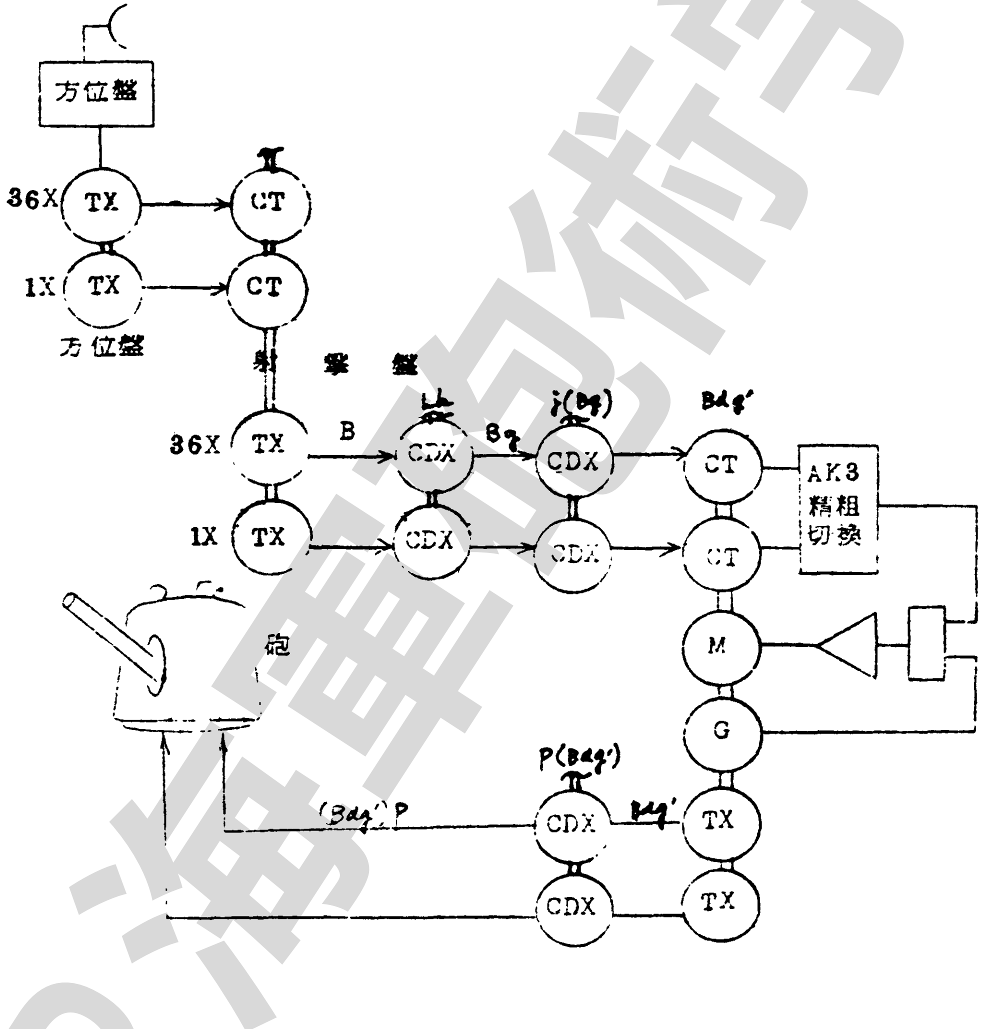


Fig　6－1　Bdg' 用のシンクロ

ウ　位置修正によつて動揺修正角 i(Eg) 及び j(Eg) を求める。

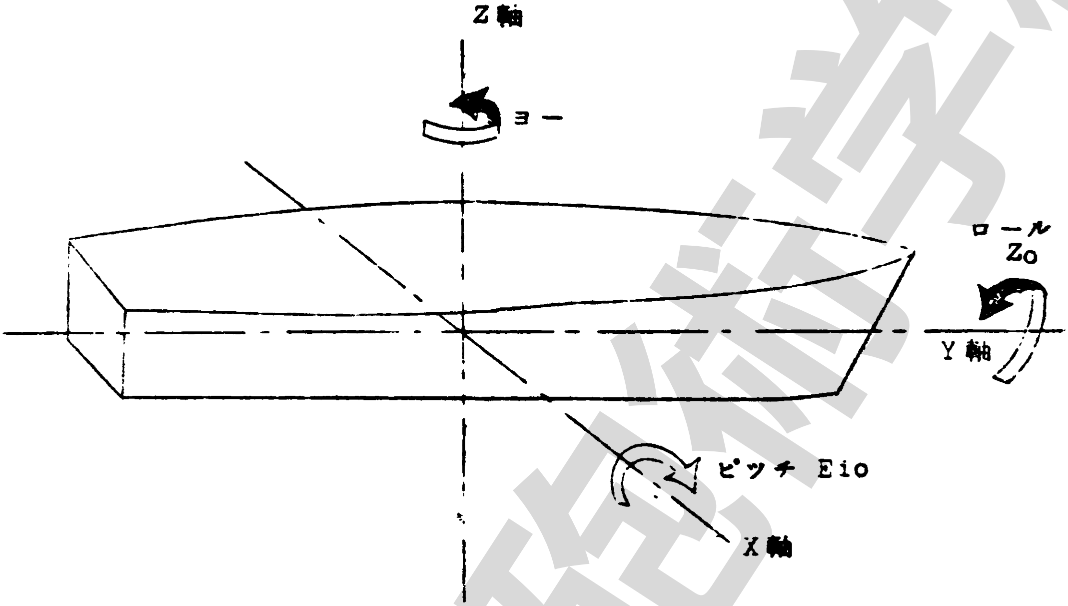


Fig　6－2　動揺系の軸

(1)　動揺修正の座標変換

艦首方向をY軸、艦首に対して正横方向をX軸、鉛直方向をZ軸とする。

水平座標系を　0 －XYZ

ピッチのみかかつた座標系を　0 － X″Y″Z″

ピッチ及びロールのかかつた座標系を　0 －X′ Y′ Z′

各座標系の照準点の移動量をそれぞれ

0 －XYZと0 －X′ Y′ Z′ の変化量を△X △Y △Z

0 －X′ Y′ Z′と0 －X″Y″Z″の変化量を△X′ △Y′ △Z′

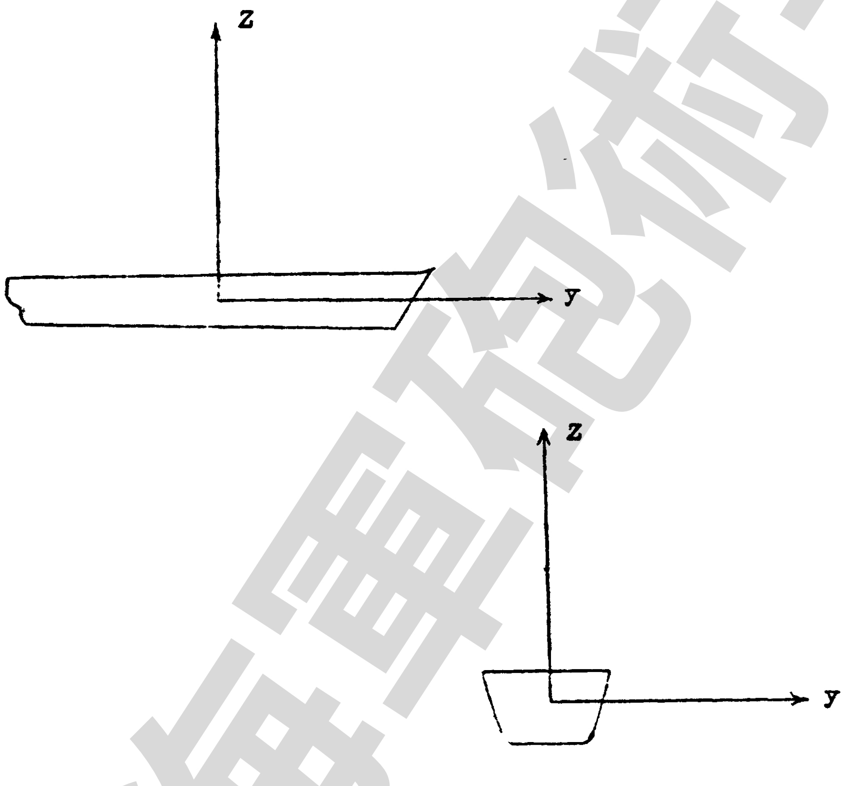
0 －X″Y″Z″と0 －XYZの変化量を△X″△Y″△Z″

とすれば、次の関係がある。

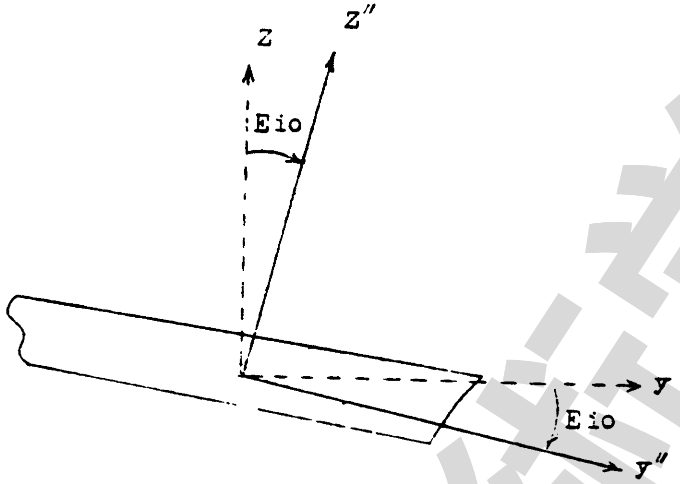
$$\triangle X = X' - X = X' - X'' + X'' - X = \triangle X' + \triangle X''$$

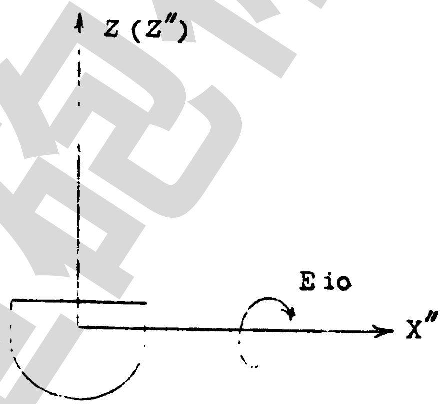
$$\triangle Y = Y' - Y = Y' - Y'' + Y'' - Y = \triangle Y' + \triangle Y''$$

$$\triangle Z = Z' - Z = Z' - Z'' + Z'' - Z = \triangle Z' + \triangle Z''$$

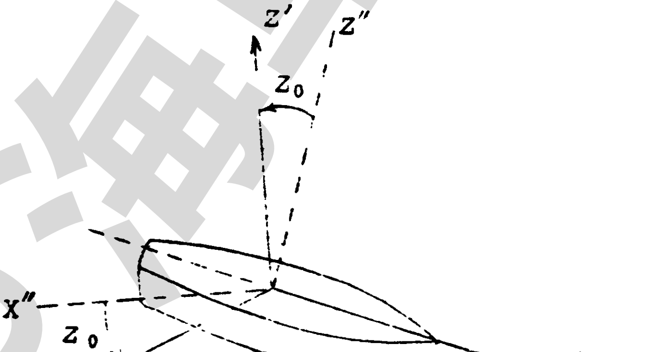


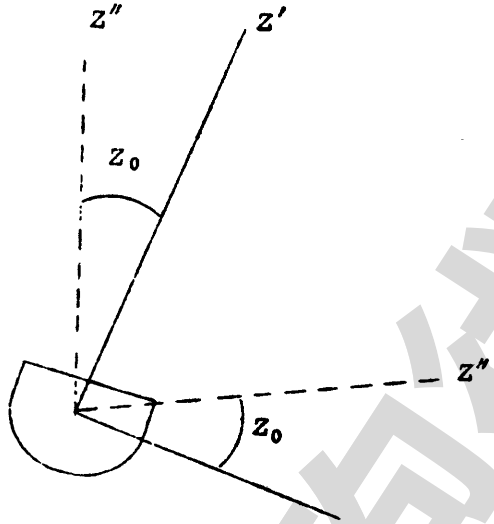
a　水平座標





b　ピッチ座標

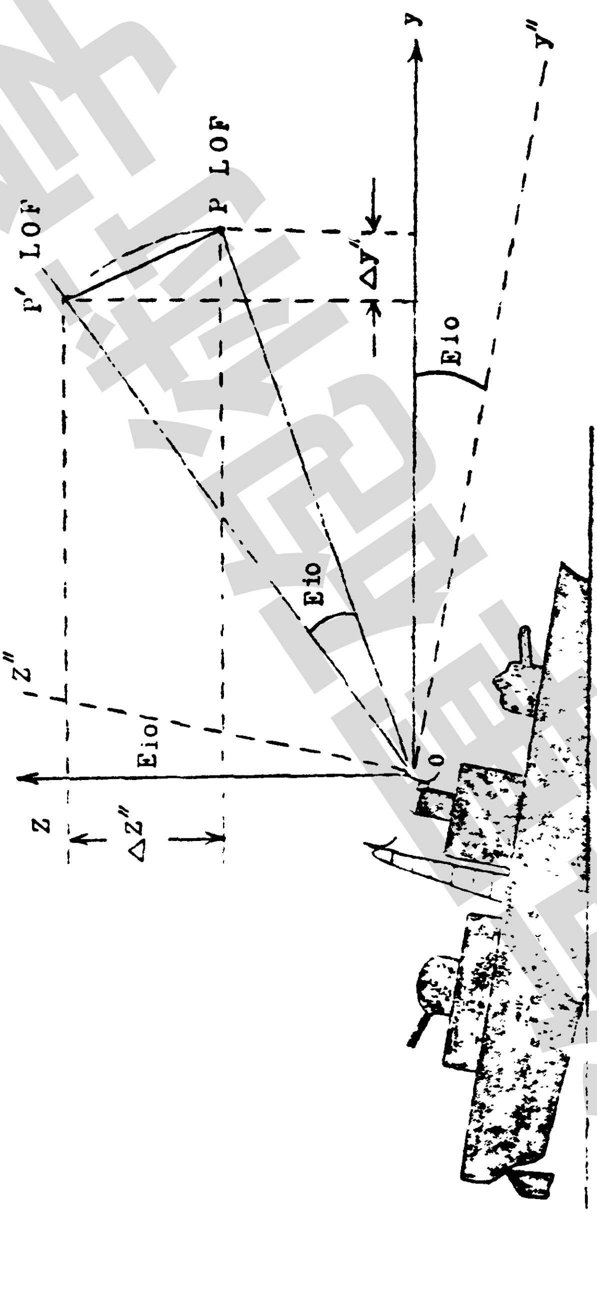




c　ピッチ・ロール座標

Fig　6－3　動揺の座標

(2) ピッチ角傾斜の計算式



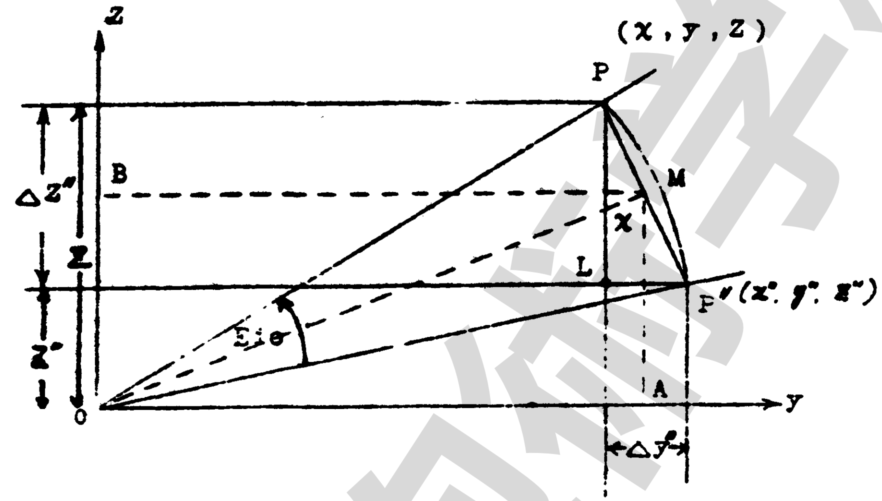


Fig 6－4　ピッチ修正

$\triangle P''LP$ と $\triangle OMA$ において

$\angle MAO = \angle P''LP = \angle R$

$\angle P''PL = \angle MOA$

$\therefore\ \triangle P''LP \backsim \triangle OMA$

従つて

$$\frac{\Delta Z''}{PP''} = \frac{OA}{OM} \qquad \Delta Z'' = PP'' \times \frac{OA}{OM}$$

しかるに　$PP'' = OM \cdot 2\tan\frac{Eio}{2}$

$$OA = Y + \frac{\Delta Y''}{2}$$

$$\Delta Z'' = 2\tan\frac{Eio}{2}\left(Y + \frac{1}{2}\Delta Y''\right)$$

同様に

$$\triangle Y'' = PP'' \times \frac{OB}{OM}$$

$$PP'' = OM \times 2\tan\frac{Eic}{2}$$

$$OB = Z - \frac{\triangle Z''}{2}$$

$$\triangle Y'' = -2\tan\frac{Eic}{2}\left(Z - \frac{\triangle Z''}{2}\right)$$

まとめれば次の関係式が成り立つ。

$$\begin{cases} \triangle X'' = 0 \\ \triangle Y'' = -2\tan\dfrac{Eic}{2}\left(Z - \dfrac{1}{2}\triangle Z''\right) \\ \triangle Z'' = 2\tan\dfrac{Eic}{2}\left(Y + \dfrac{1}{2}\triangle Y''\right) \end{cases}$$

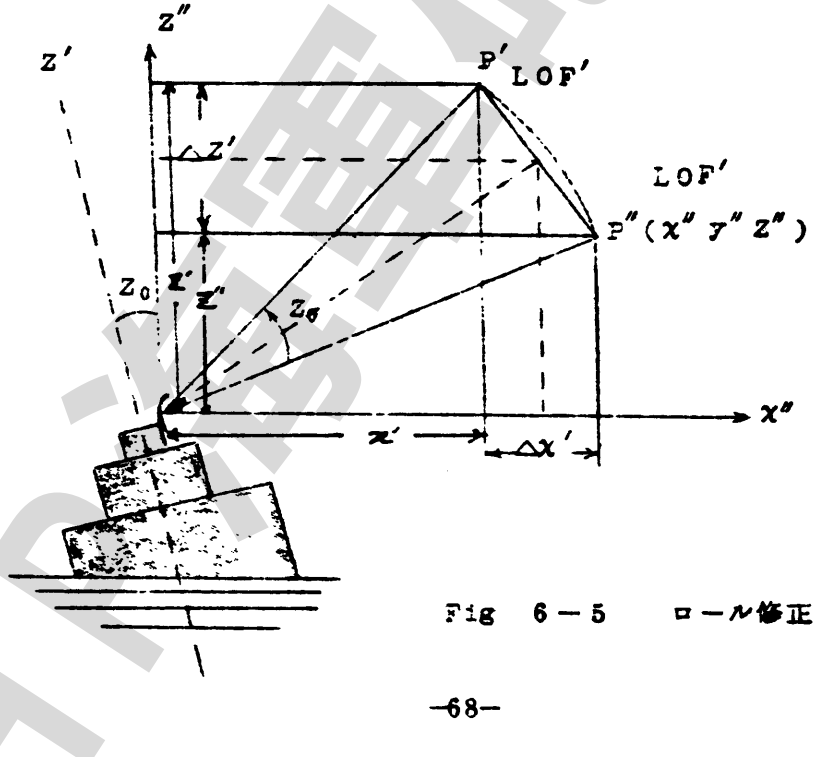


Fig　6－5　　ロール修正

(2)の場合と同様に

$$\triangle X'=-2\tan\frac{Z_0}{2}\left(Z''+\frac{\triangle Z'}{2}\right)$$

$$\triangle Y'=0$$

$$\triangle Z'=2\tan\frac{Z_0}{2}\left(X''-\frac{\triangle X'}{2}\right)$$

しかるに

$$X''=X+\triangle X''=X$$

$$Y''=Y+\triangle Y''$$

$$Z''=Z+\triangle Z''$$

であるから

$$\triangle X'=-2\tan\frac{Z_0}{2}\left\{(Z+\triangle Z'')+\frac{\triangle Z'}{2}\right\}$$

$$\triangle Y'=0$$

$$\triangle Z'=2\tan\frac{Z_0}{2}\left(X+\frac{\triangle X'}{2}\right)$$

となる。

故に

$$\triangle X=\triangle X''+\triangle X'=-2\left\{(Z+\triangle Z'')+\frac{1}{2}\triangle Z'\right\}\tan\frac{Z_0}{2}$$

$$\triangle Y=\triangle Y''+\triangle Y'=-2\left(Z-\frac{1}{2}\triangle Z''\right)\tan\frac{Eic}{2}$$

$$\triangle Z=\triangle Z''+\triangle Z'=2\left(Y+\frac{1}{2}\triangle Y''\right)\tan\frac{Eic}{2}$$
$$+2\left(X+\frac{1}{2}\triangle X'\right)\tan\frac{Z_0}{2}$$

の計算式が得られる。しかるに本装置では、

$$X=\frac{Rhx_4}{R_4}\qquad Y=\frac{Rhy_4}{R_4}\qquad Z=\frac{Rv_4}{R_4}$$

及び

$$\frac{\triangle X}{R_4}=\frac{Migx}{R_4}\qquad\frac{\triangle Y}{R_4}=\frac{Migy}{R_4}\qquad\frac{\triangle Z}{R_4}=\frac{Migz}{R_4}$$

で計算されるから、射撃盤Fドロワの計算は次式で示される。

ピッチ計算サーボにおいて

$$\boxed{\begin{aligned}\frac{\triangle X''}{2R_4}&=0\\ \frac{\triangle Y''}{2R_4}&=-\left(\frac{Rv_4}{R_4}-\frac{\triangle Z''}{2R_4}\right)\tan\frac{Eic}{2}\\ \frac{\triangle Z''}{2R_4}&=\left(\frac{Rhy_4}{R_4}+\frac{\triangle Y''}{2R_4}\right)\tan\frac{Eic}{2}\end{aligned}}$$

ピッチ・ロール計算サーボにおいて、

$$\boxed{\begin{aligned}\frac{\triangle X'}{2R_4}&=-\left\{\left(\frac{Rv_4}{R_4}-\frac{\triangle Z''}{R_4}\right)+\frac{\triangle Z'}{2R_4}\right\}\tan\frac{Z_o}{2}\\ \frac{\triangle Y'}{2R_4}&=0\\ \frac{\triangle Z'}{2R_4}&=\left\{\frac{Rhx_4}{R_4}+\frac{\triangle X'}{2R_4}\right\}\tan\frac{Z_o}{2}\end{aligned}}$$

総合的に動揺によるＬＯＦの座標の変化量は

$$\boxed{\begin{aligned} \frac{Migx}{R_4} &= \frac{\Delta X'}{R_4} \\ \frac{Migy}{R_4} &= \frac{\Delta Y''}{R_4} \\ \frac{Migz}{R_4} &= \frac{\Delta Z''}{R_4} + \frac{\Delta Z''}{R_4} \end{aligned}}$$

で示される。Fig ６－６参照

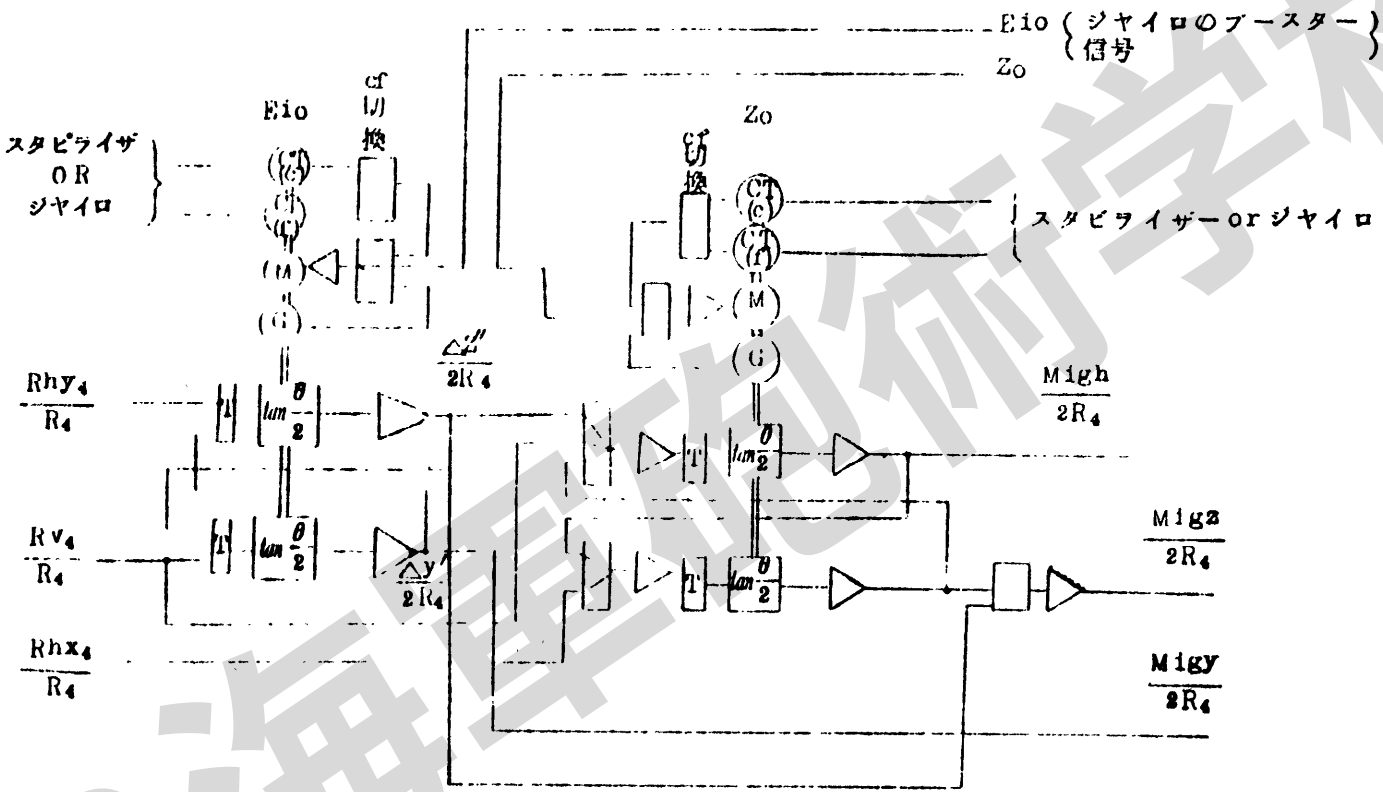


Fig 6－7 動揺修正サーボ

(4) 動揺による旋回角修正

旋回角修正 j(Bg) は、LOFの動揺による変化量 $\frac{Migx}{R_4}$ 及び $\frac{Migy}{R_4}$ を入力としてLOFのベクトル成分として旋回角の修正を行なう。

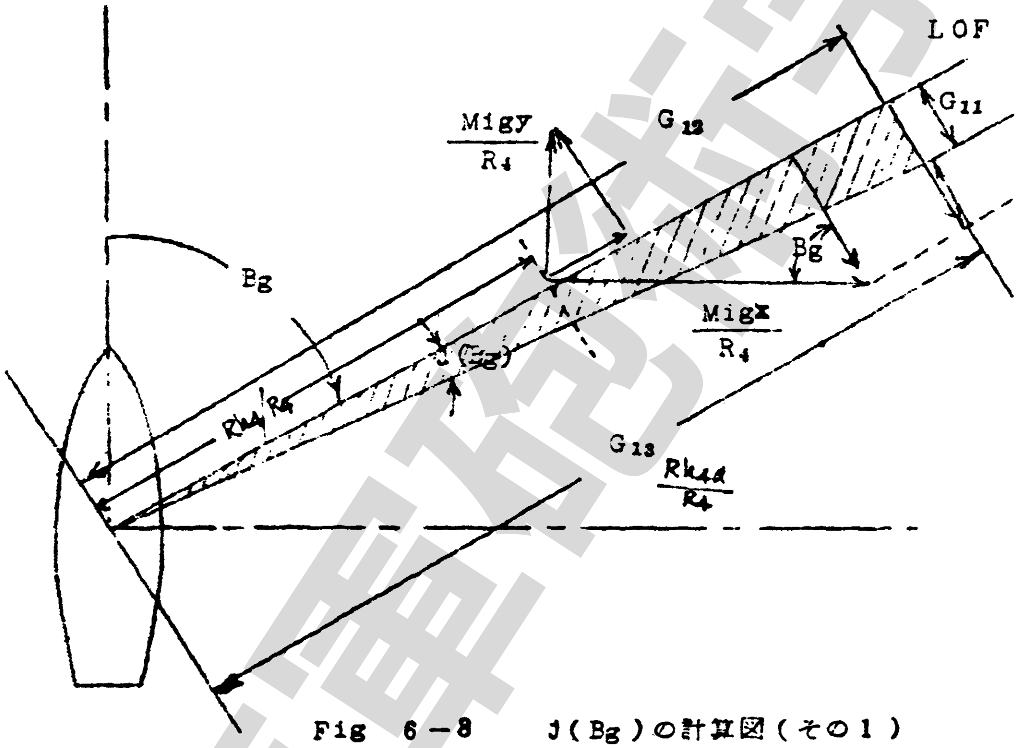


Fig 6−8 j(Bg)の計算図(その1)

$\frac{Migx}{R_4}$ をLOFの成分と直角成分に分解すれば

$+\frac{Migx}{R_4}\sin Bg$ ……………… LOF成分

$-\frac{Migx}{R_4}\cos Bg$ ………… LOFの直角成分

$\frac{Migy}{R_4}$ をLOFの成分と直角成分に分解すれば

$$-\frac{Migy}{R_4}\cos Bg \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{LOF成分}$$

$$-\frac{Migy}{R_4}\sin Bg \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{LOFの直角成分}$$

したがつて、これらの成分を加算すれば次式となる。

$$G_{11}=\frac{Migx}{R_4}\cos Bg-\frac{Migy}{R_4}\sin Bg$$

$$G_{12}=\frac{Rh_4}{R_4}-\frac{Migy}{R_4}\cos Bg+\frac{Migx}{R_4}\sin Bg$$

但し、 $Bg = B + Lh$

G_{11} 及び G_{12} によつてできる三角形において

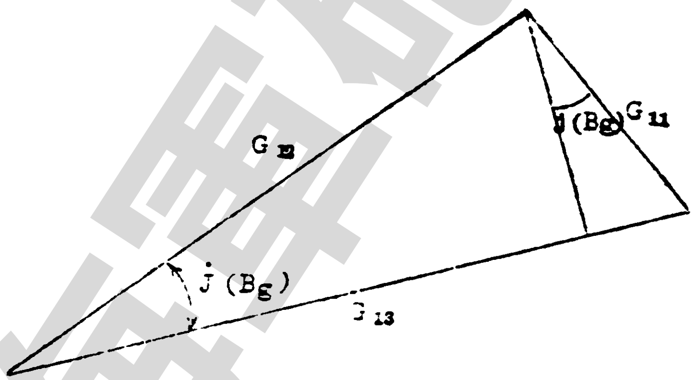


Fig 6−8 j(Bg)の計算図(その2)

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

$$G_{12}\cos j(Bg)-G_{11}\sin j(Bg)=G_{13}$$

によつてj(Bg)サーボ軸を駆動し、j(Bg)の角を得る。

j(Eg) は、j(Bg) と同様に、砲仰角についての動揺修正である。

即ち、$\frac{Migx}{R_4}$ 及び G_{13} を入力として j(Eg) が計算される。

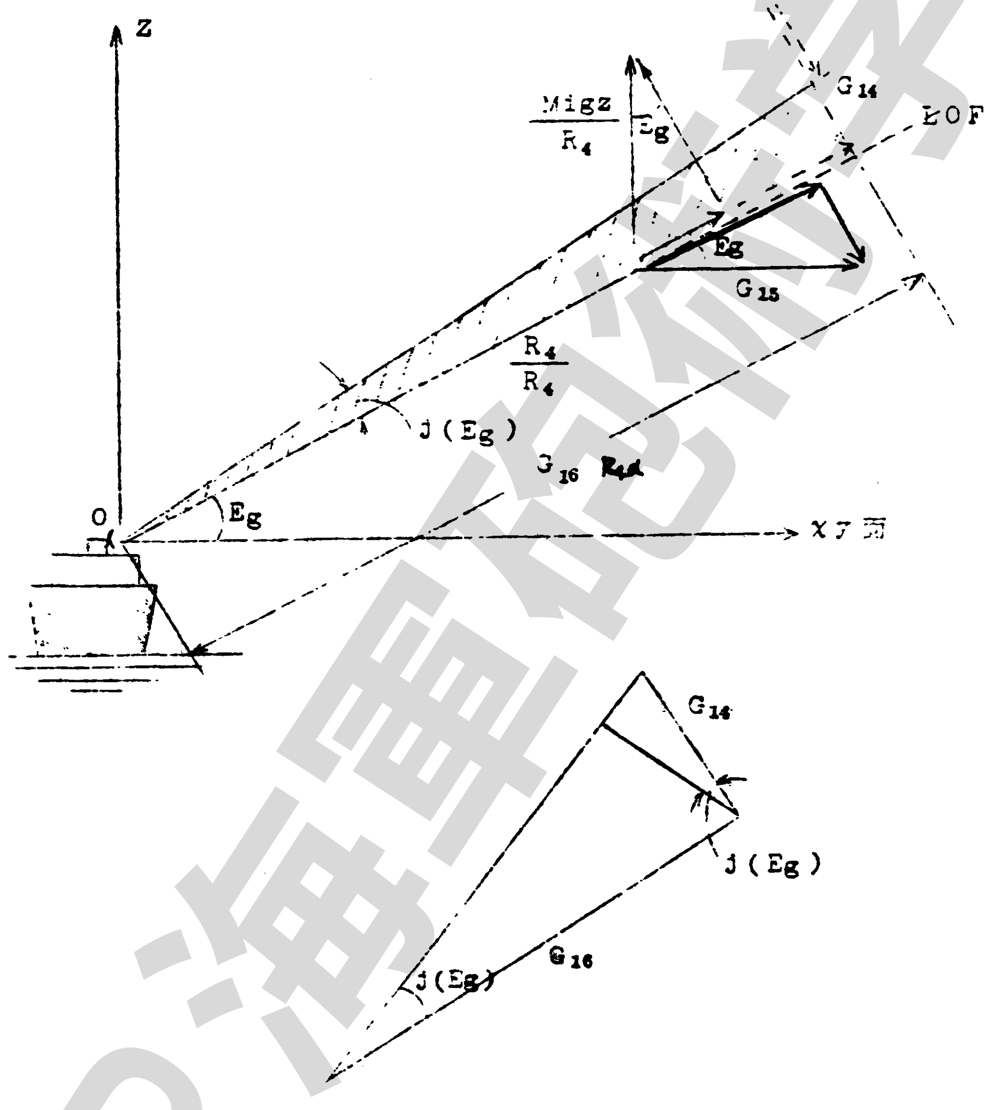


Fig 6－9 j(Eg)の計算図

XY面の動揺の成分は、

$$G_{15} = G_{13} - \frac{R_4}{R_4} \cos Eg$$

で計算される。

G_{15} をLOF及びその直角成分へベクトル分解すれば

$+G_{15} \cos Eg$ ……………… LOF成分

$-G_{15} \sin Eg$ ……………… LOF直角成分

$\frac{Migx}{R_4}$ をLOF及びその直角成分へベクトル分解すれば

$+\frac{Migz}{R_4} \sin Eg$ ……………… LOF成分

$+\frac{Migz}{R_4} \cos Eg$ ……………… LOF直角成分

従つて、Fig 6−9から図解されるように

$$G_{16} = \frac{R_4}{R_4} + G_{15} \cos Eg + \frac{Migz}{R_4} \sin Eg$$

$$G_{14} = \frac{Migz}{R_4} \cos Eg - G_{15} \sin Eg$$

$$Eg = E - V$$

を得る。

従つて、この計算回路はFig 6−9の三角形から

$$G_{14} \cos \varepsilon(Eg) - G_{16} \sin \varepsilon(Eg) = 0$$

上式によつて、サーボ軸ε(Eg)が得られる。

これらの計算連立サーボ連立方程式の解法の回路はFig 6−10に示す。

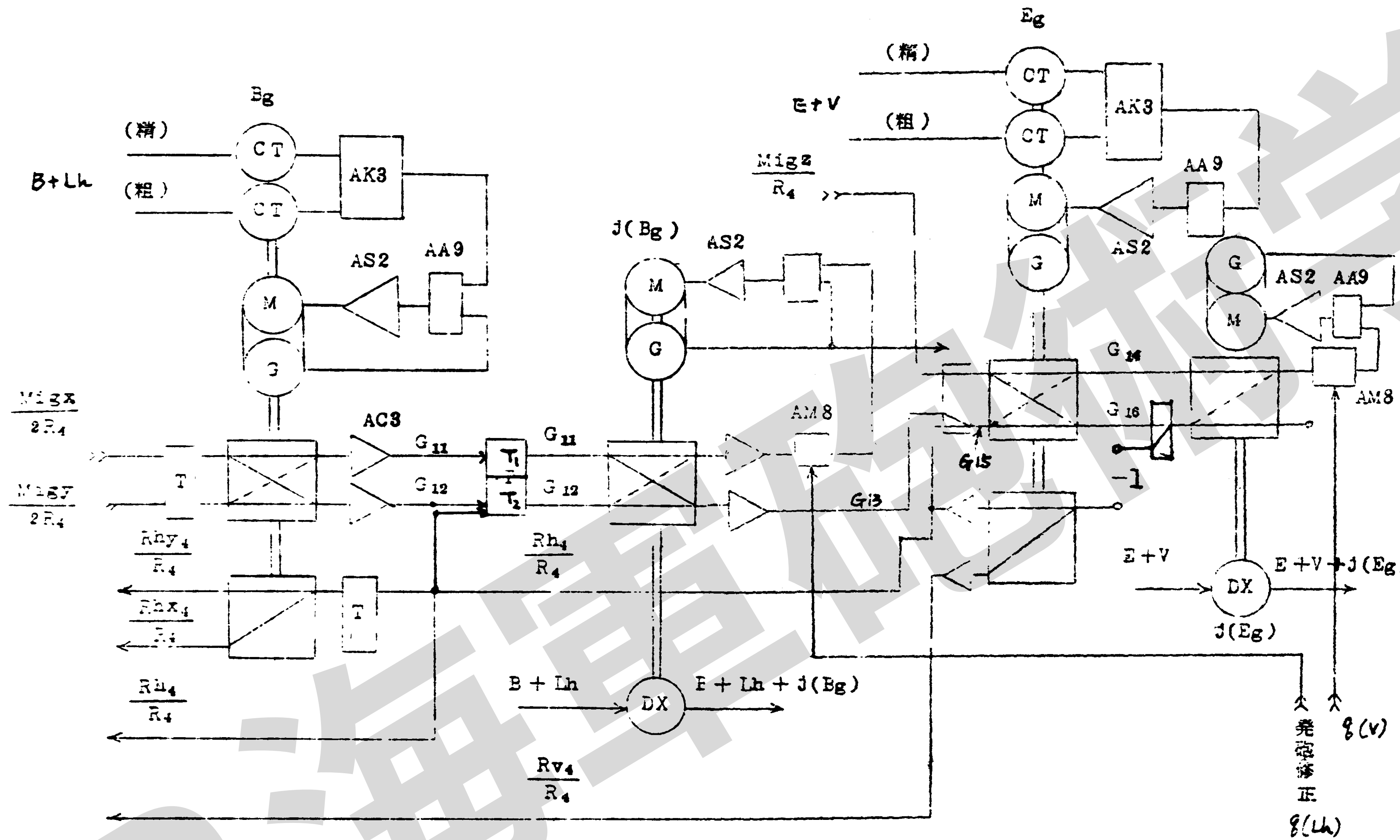


Fig 6－10 動揺計算回路

(5)　ＴＤＴの動揺修正

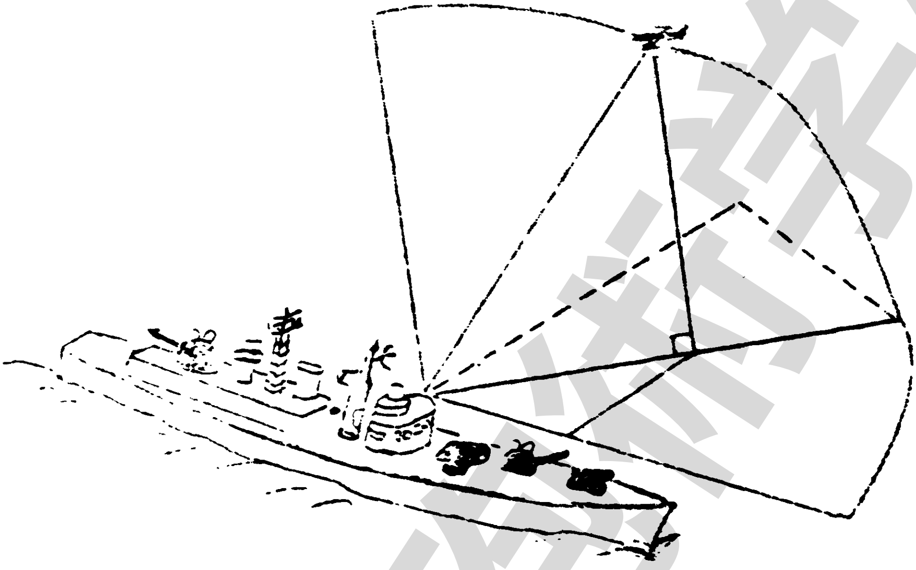


Fig　6—11　　ＴＤＴにおける測的

ＴＤＴは、種種な空見張手によつて甲板面上で目標位置を測的する。

方位盤は、スタビライズされて、この目標の位置と一致させるため射撃盤（Ｆトニワ）で動揺修正される。動揺修正するためには、艦首基準の直角座標へ座標変換しなければならない。

動揺修正した諸データは、方位盤を指向するため、方位、仰角、距離の極座標に更に座標変換をしなければならない。従つて、三つの段階の計算過程が行なわれる。

1　甲板面の目標位置を極座標から直角座標への変換　　（ＴＤＴ管制箱）

2　甲板面の直角座標位置を動揺修正し、水平面の直角座標へ変換（Ｆトニワ）

3　水平面の直角座標を極座標へ変換し、E、B を計出　（TDT 管制箱）

ア　第1段階（極座標から直角座標へ）

Fig 6 − 11 において

$X' = R\cos Ed' \sin B'd$

$Y' = R\cos Ed' \cos B'd$

$Z' = R\sin Ed'$

両辺をRで割れば

$\ell' = \dfrac{X'}{R} = \cos Ed' \sin Bd'$　　X成分の方向余弦（甲板面上）

$m' = \dfrac{Y'}{R} = \cos Ed' \cos Bd'$　　Y成分の方向余弦（　〃　）

$n' = \dfrac{Z'}{R} = \sin Ed$　　Z成分の方向余弦（　〃　）

イ　第2段階（動揺修正）

TDT位置原点として、次の座標系を定義する。

0 − XYZ　艦首基準水平座標系

0 − X'Y'Z'　ピッチとロールの傾斜した座標系

0 − X''Y''Z''　ピッチのみ傾斜した座標系

Fig 6 − 12 に示すとおりピッチとロールで傾斜した目標位置からロールのみ修正すると 0 − X''Y''Z'' と 0 − X'Y'Z' の間には次の関係がある。

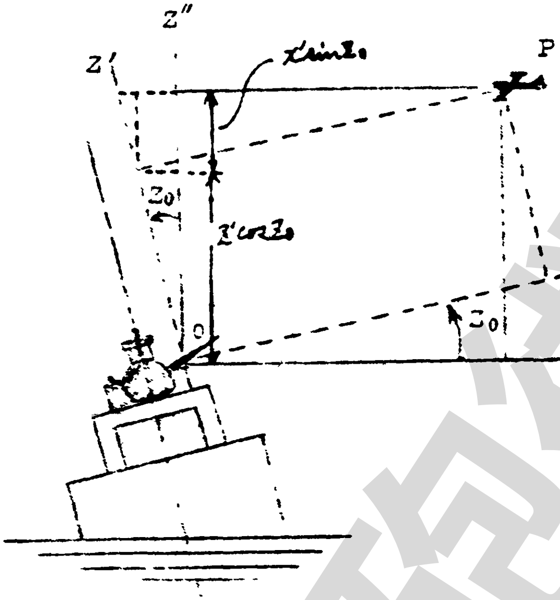


Fig　6 －12　　ロール修正

$$X'' = X'\cos Z_0 - Z'\sin Z_0$$

$$Y'' = Y'$$

$$Z'' = X'\sin Z_0 + Z'\cos Z_0$$

次にピッチを修正すれば、Fig 6 － 13 から

0 － XYZ と 0 － X''Y''Z'' との間に次の関係がある。

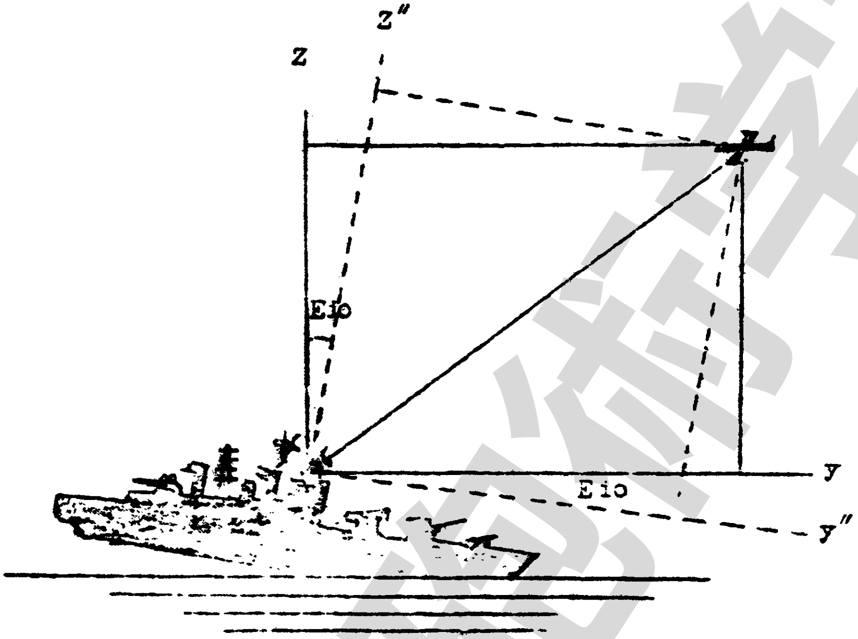


Fig 6 − 18 ピッチ修正

$X = X''$

$Y = Y''\cos Eio + Z''\sin Eio$

$Z = -Y''\sin Eio + Z''\cos Eio$

従って、0 − X Y Z と 0 − X′Y′Z′ との間に次の式が成り立つ。

$X = X'\cos Z_0 - Z'\sin Z_0$

$Y = Y'\cos Eio + (X'\sin Z_0 + Z'\cos Z_0)\sin Eio$

$Z = -Y'\sin Eio + (X'\sin Z_0 + Z'\cos Z_0)\cos Eio$

両辺をRで割り、水平面基準の方向余弦にすれば

$$\ell = \frac{X'}{R}\cos Z_0 - \frac{Z'}{R}\sin Z_0 = \ell'\cos Z_0 - n'\sin Z_0$$

$$m=\frac{Y'}{R}\cos Eic+\left(\frac{X'}{R}\sin Z_0+\frac{Z'}{R}\cos Z_0\right)\sin Eic$$

$$=m'\cos Eic+\left(\ell'\sin Z_0+n'\cos Z_0\right)\sin Eic$$

$$n'=\frac{Y'}{R}\sin Eic-\left(\frac{X'}{R}\sin Z_0+\frac{Z'}{R}\right)\cos Eic=-m'\sin Eic$$

$$+\left(\ell'\sin Z_0+n'\cos Z_0\right)\cos Eic$$

ウ　第3段階（水平直角座標から極座標への変換）

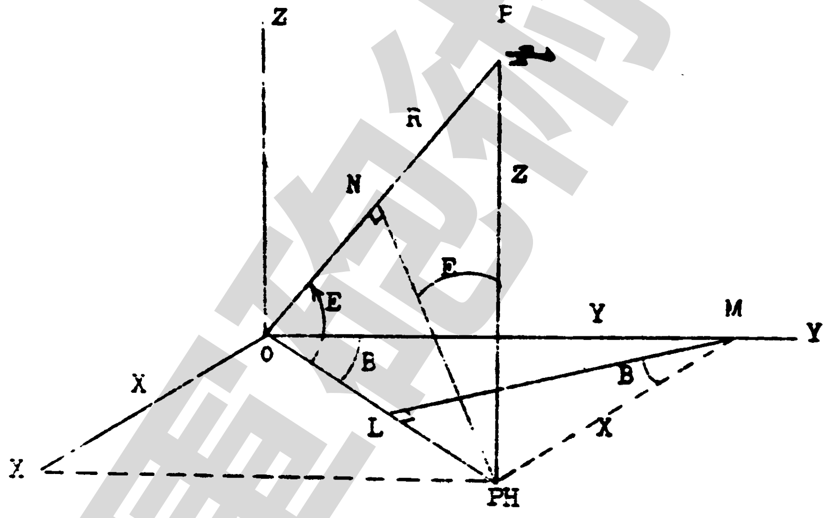


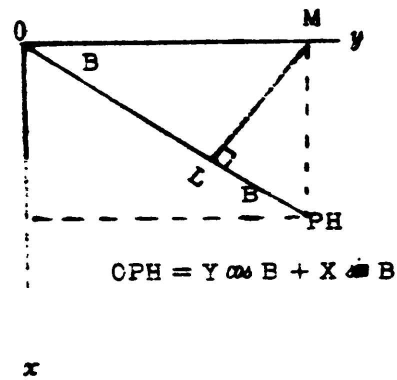
Fig　6－14

Fig 6－14の△OMPHから

$X\cos B-Y\sin B=0$

方向余弦では

$\ell\cos B-m\sin B=0$



同様に△0PFHから

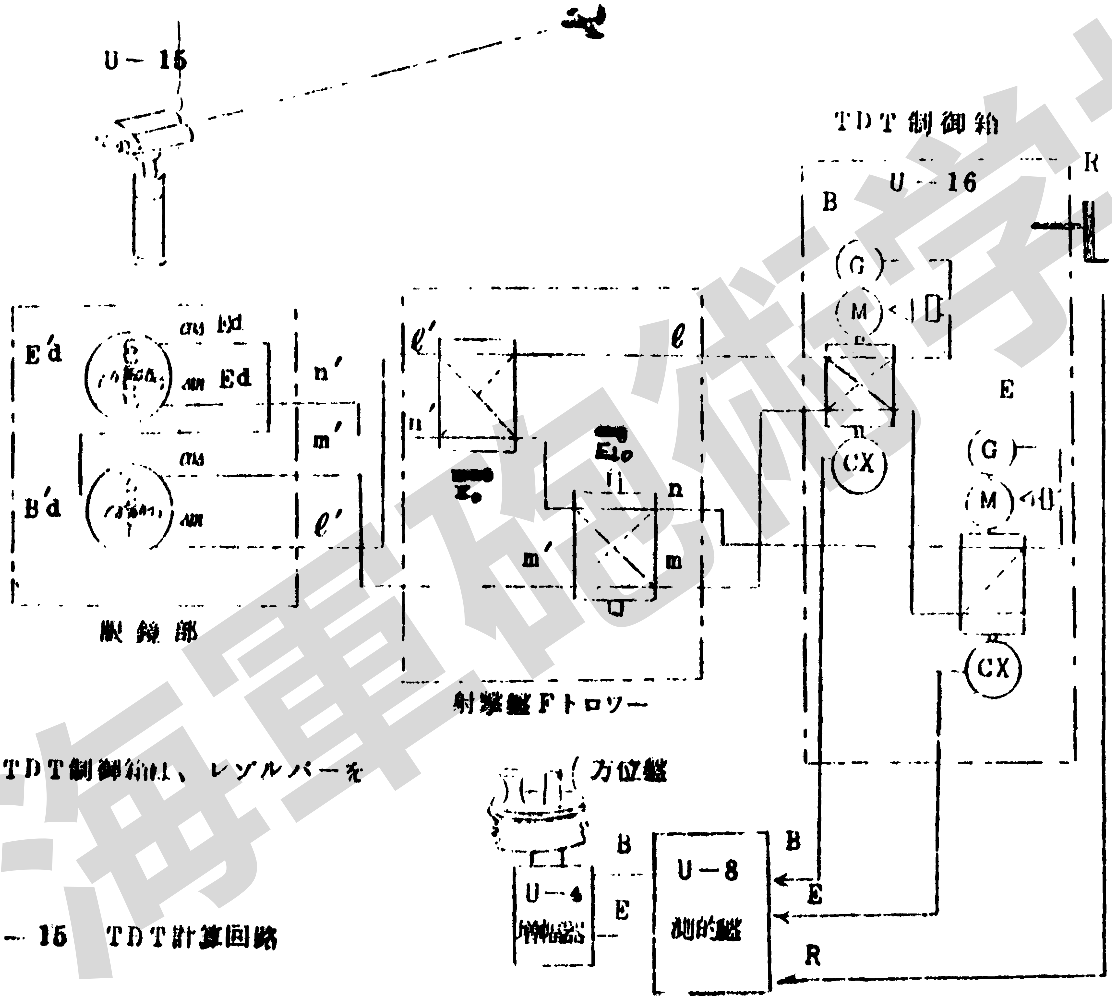
$(X\sin B+Y\cos B)\sin E-Z\cos E=0$

方向余弦で示せば

$(\ell\sin B+m\cos B)\sin E-n\cos E=0$

上の２式から連立サーボ解法によつてＢ、Ｅが計出される。

以上の計算サーボ回路は、Fig６－15に示す。



（注） U－16 TDT制御箱は、レゾルバーを使用する。

Fig 6－15 TDT計算回路

7　集中角修正

(1)　間隔差左右修正（P(Bdg′)h）

艦において、測的を行なう方位盤と砲とが同一点なく占位差のため生ずるＬＯＦの不一致を修正する。

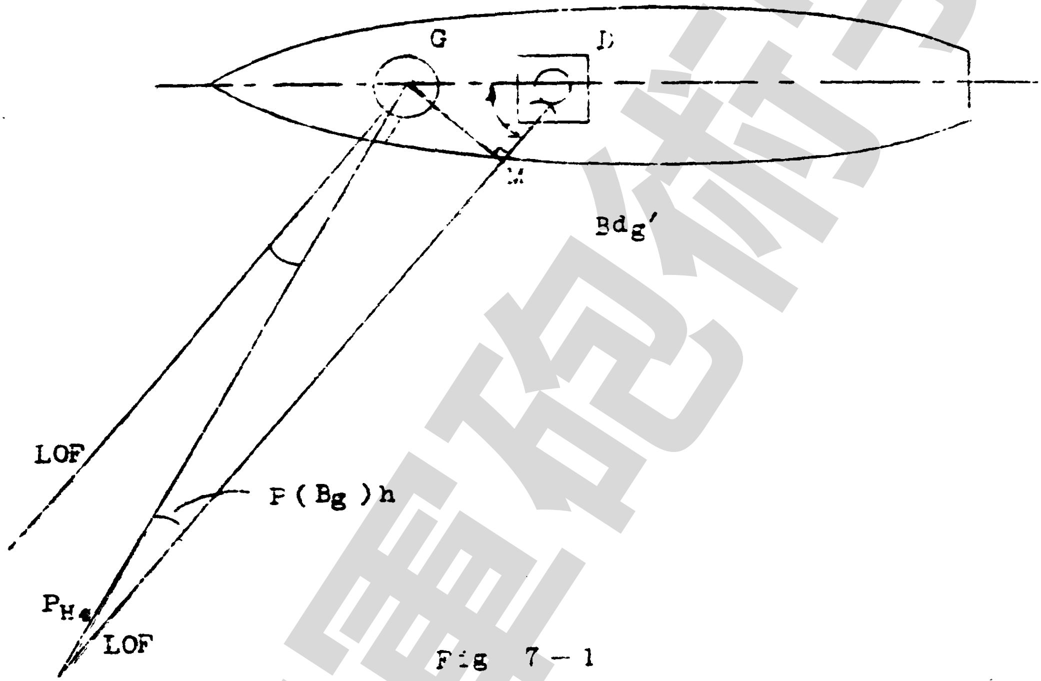


Fig　7－1

Fig 7－1から

$$\tan P(Bdg')h = \frac{GM}{P_{H_4}M} = \frac{GM}{P_{H_4}D - DM}$$

$$= \frac{Pd \sin Bdg'}{Rh_4 - Pd \cos Bdg'}$$

$$\fallingdotseq \frac{Pd \sin Bdg'}{Rh_4}$$

但し、GD＝Pd　占位差

(2) 上下集中角修正

上下集中角修正は、方位盤と砲との鉛直距離差による俯仰角の修正と水平距離差のため生ずる俯仰角の修正の二者の和をもつて上下集中角修正とする。

即ち、前者を高低差上下修正P(Edg′)v 後者を間隔差上下修正P(Edg′)hとよぶ。

即ち、P(Edg′) = P(Edg′)h + P(Edg′)v で計算される。

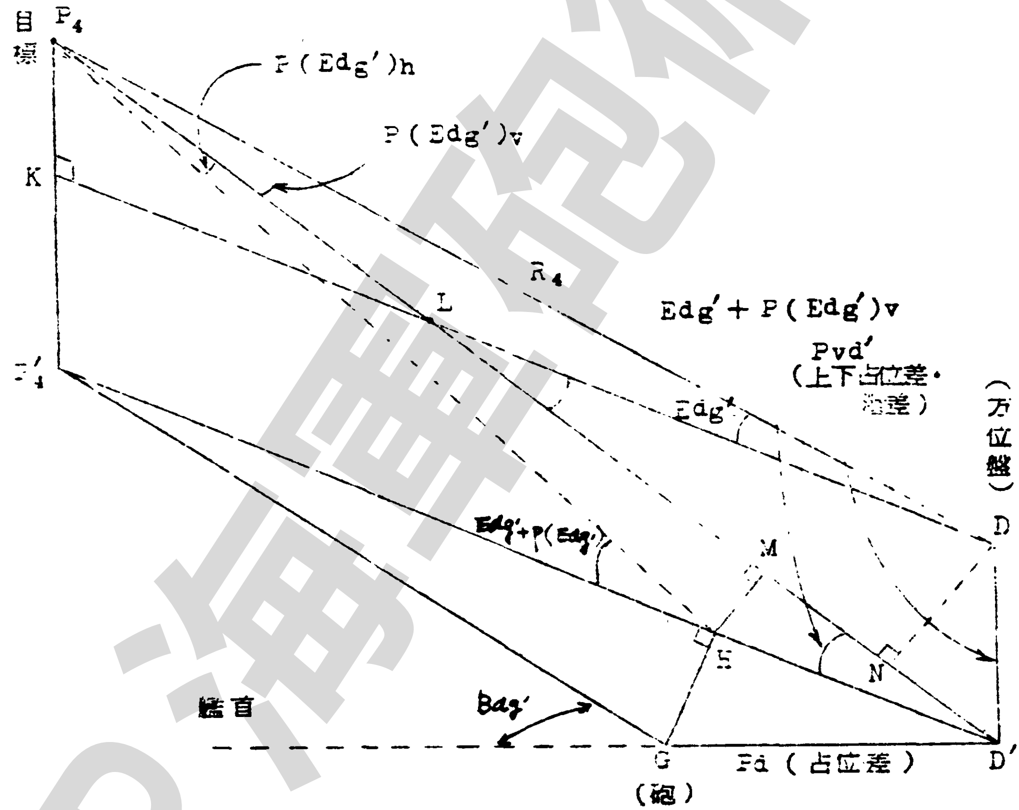


Fig 7−2 上下集中角修正

Fig 7－2から

$\angle P_4' D' G = Bdg'$

$\angle DP_4L + \angle P_4DL = \angle DLD' = \angle MD'P_4'$

$\therefore \quad \angle MD'P_4' = Edg' + P(Edg')v$

又　$P_4D \fallingdotseq P_4D' = R_4$ と考えると

$$\tan P(Edg')h = \frac{HM}{P_4M} = \frac{Pd \cos Bdg' \cdot \sin\{Edg' + P(Edg')v\}}{R_4 - Pd \cos Bdg' \cdot \cos\{Edg' + P(Edg')v\}}$$

$$\boxed{P(Edg')h \fallingdotseq \frac{Pd \cos Bdg' \cdot \sin Edg'}{R_4}}$$

Fig 7－2において$\angle NDD' = \angle DLD' = P(Edg')v + Edg'$

(注)　$\triangle DLD'$と$\triangle DND'$は直角三角形で$\angle LDD'$は直角

$$\sin P(Edg')v = \frac{DN}{P_4D} = \frac{Pvd' \cos\{Edg' + P(Edg')v\}}{R_4}$$

$$\boxed{P(Edg')v = \frac{Pvd' \cos Edg'}{R_4}}$$

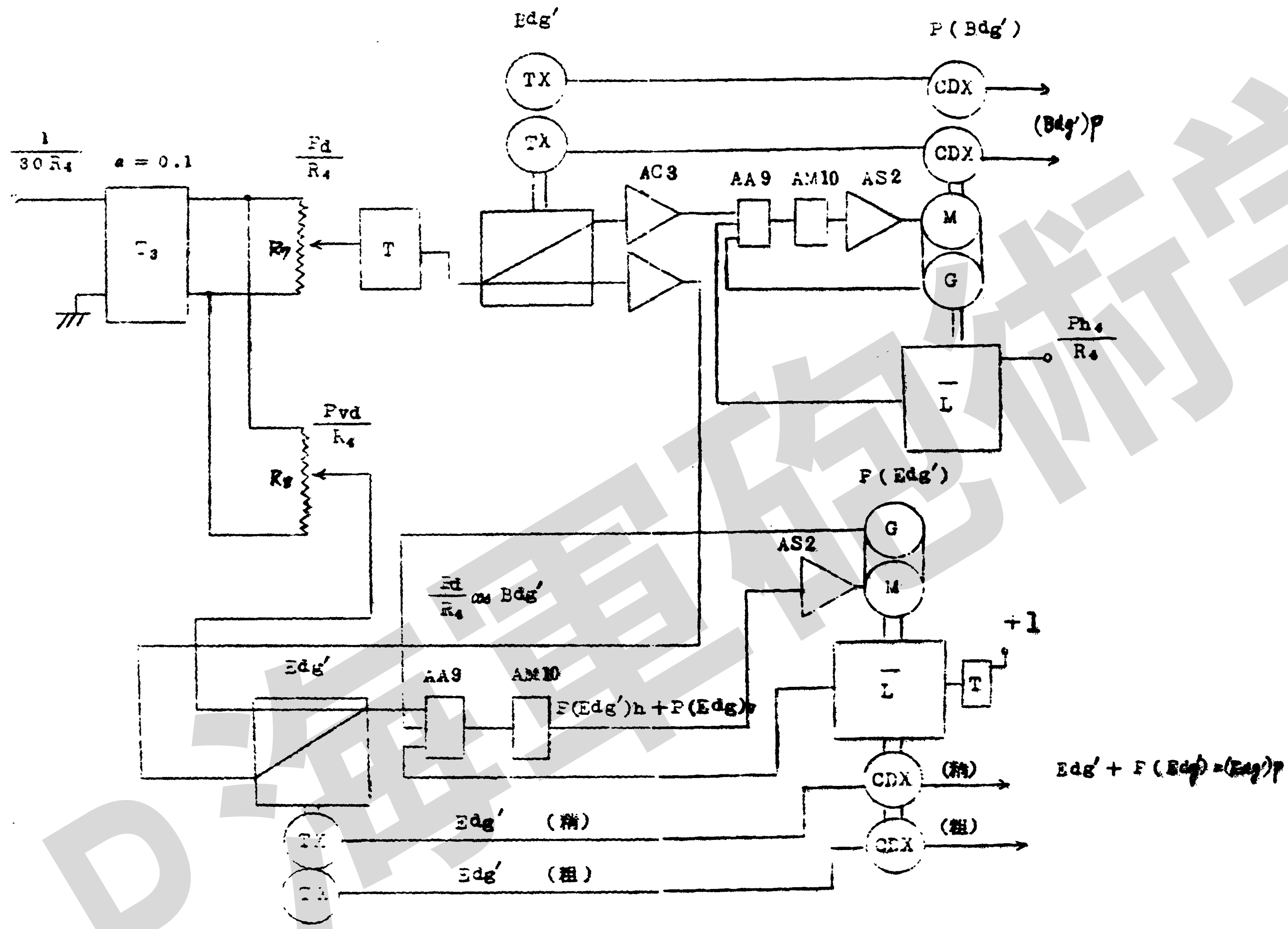


Fig 7－3 集中角計算サーボ

8　信管計出

信管は、射撃盤コドロワにおいて計算される。

T_2軸によつて計算される。即ち、信管調定機構に調定された時から発砲までの費消時間を考慮しなければならない。

信管秒時T_5は、飛行秒時の関数である。

$$T_5 = f(T_2)$$

装てん費消時を考えれば

$$T_5 = f(T_2 + Tg)$$

$$= f(T_2) - f'(T_2)Tg + \frac{1}{2!}f''(T_2)Tg^2$$

$$- \frac{1}{3!}f'''(T_2)Tg^3 + \frac{1}{4!}f''''(T_2)Tg^4$$

$$= T_2 + \frac{\partial T_2}{\partial t}Tg + \frac{1}{2!}\frac{\partial^2 T_2}{\partial t^2}Tg^2 + \frac{1}{3!}\frac{\partial^3 T_2}{\partial t^3}Tg^3 + \text{------}$$

$$\fallingdotseq T_2 + \frac{\partial T_2}{\partial t}Tg$$

修正量$g(T_5)$の修正を加え

$$T_5 = T_2 + \frac{\partial T_2}{\partial t}Tg \pm g(T_5)$$

$$= T_2 + \partial T_2 \cdot Tg \pm g(T_5)$$

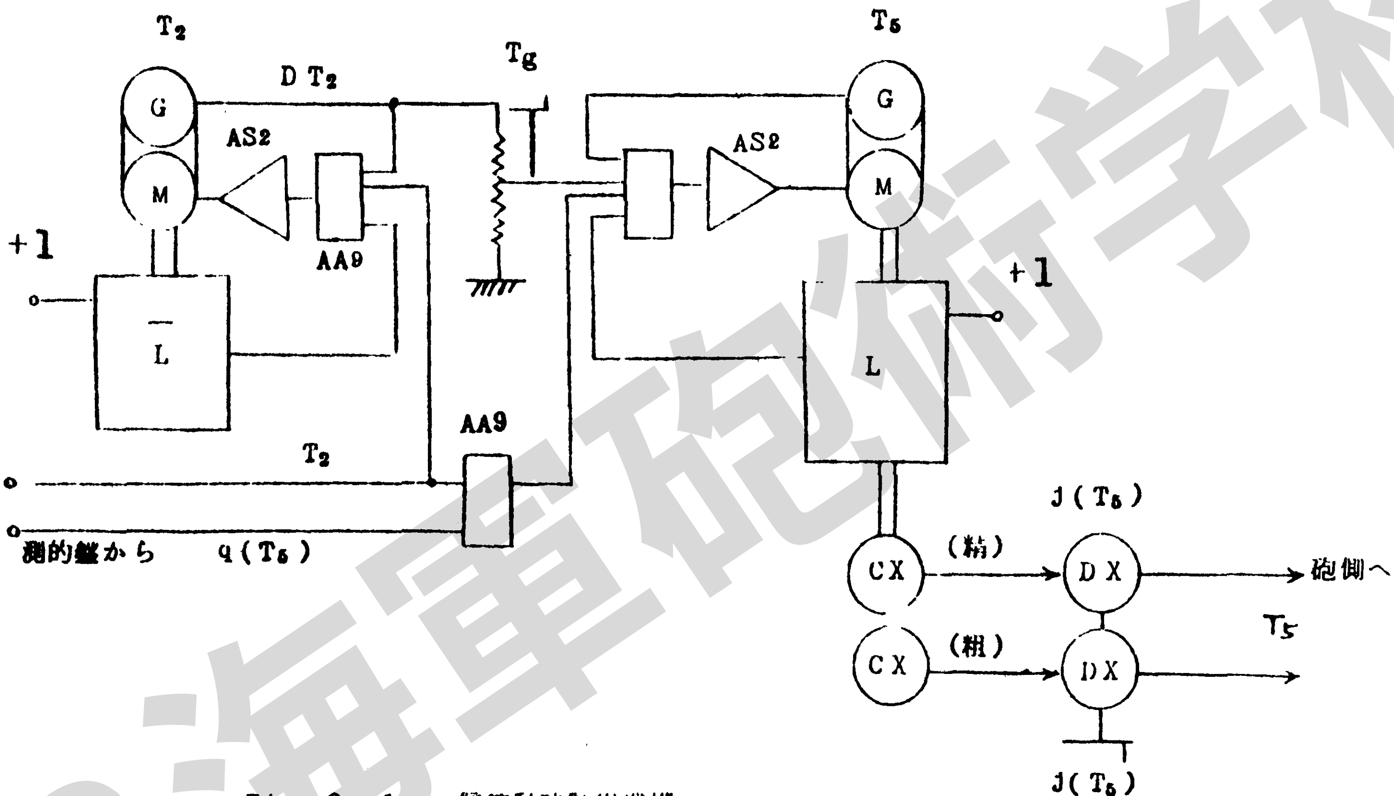


Fig 8—1 信管秒時計出機構

9　目標自動表示盤

目標自動表示盤へは、測的盤から次の計算値が送られる。

$$\left.\begin{aligned} Rhx &= R\cos E\sin By \\ Rhy &= R\cos E\sin By \\ Rh &= R\cos E \\ Rv &= R\sin E \end{aligned}\right\}\ \text{現在位置}$$

より入力2個選択し、XYプロターの入力とする。

$$\left.\begin{aligned} Rhx_2 &\fallingdotseq Rhx_4 = \frac{R_4}{R_4}\cos Eg\sin Bg \times R_4 \\ Rhy_2 &\fallingdotseq Rhy_4 = \frac{R_4}{R_4}\cos Eg\cos Bg \times R_4 \\ Rh_2 &\fallingdotseq Rh_4 = \frac{R_4}{R_4}\cos Eg \times R_4 \\ Rv_2 &= R_4\left\{\frac{R_4}{R_4}\sin Eg - \frac{R(M-)}{R_4}\right\} \end{aligned}\right\}\ \text{未来位置}$$

より入力2個選択し、XYプロターの入力とする。