初級軍事数学

野原博・著

秋田屋書房

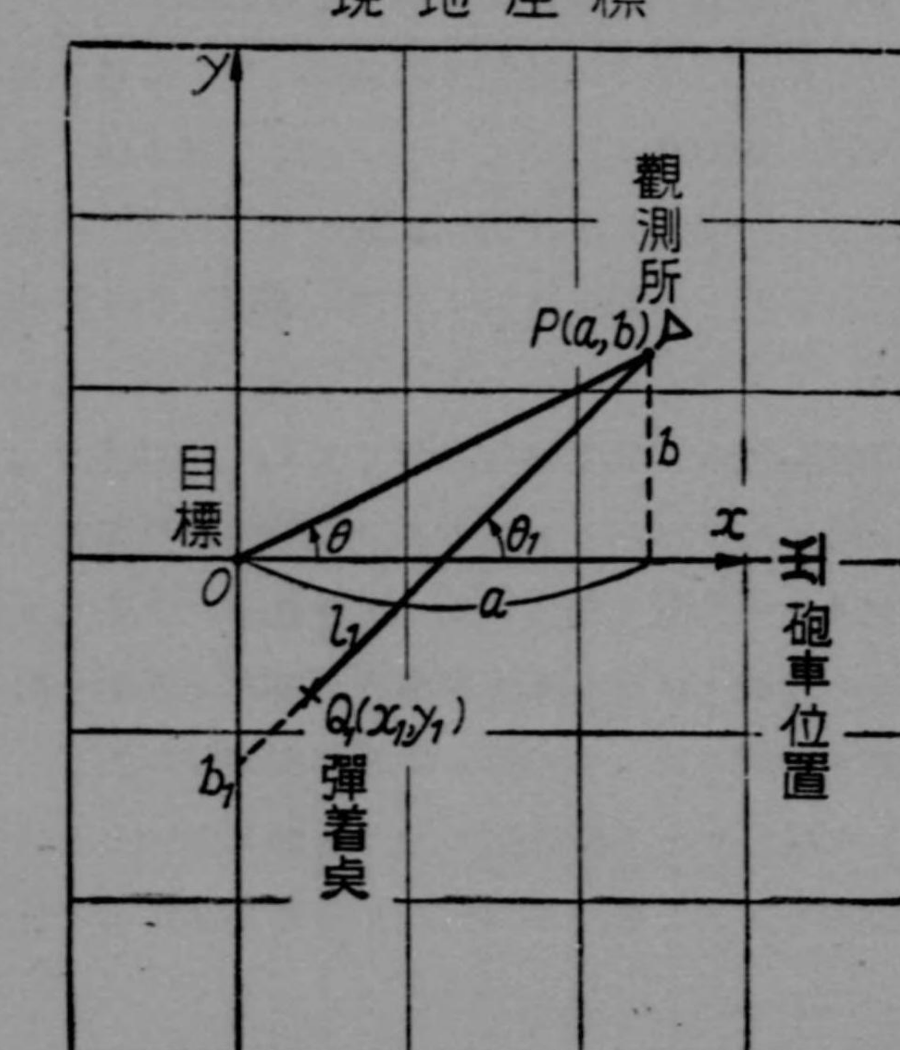
図形編

昭和１８

初級 軍事數學 (圖形編)

陸軍豫科士官學校教官
陸軍中尉 野原博著

現地座標



秋田屋書房發行

序

國家ノ總力ヲ擧ゲテ大東亞ノ建設ニ邁進シツヽアルノトキ小著

初級　軍事數學（圖形編）

ヲ戰線及銃後ニ送リ，一ハ以テ皇軍初級幹部ノ識能ノ向上ニ資シ，一ハ以テ普通教育關係者ニ數學ノ軍事ヘノ應用ノ一端ヲ紹介シ一般生徒教育ノタメノ參考書タラシメントス。

戰爭トハ“國家ノ總力ヲ擧ゲテ行フ科學的創造ナリ”トモ謂フヲ得ベク，兵器技術ハ勿論，戰略，戰術一ツトシテ數理ヲ基礎トセザルハナシ。從ツテ軍事數學ト特ニ名附クベキ數學アリトセバ，ソノ關係ノ程度ノ差コソアレ全數學ヲ包含スルモノト謂フベシ。今日ニ到ル迄斯クノ如キ書ノ現ハレザリシ所以モ亦此處ニ存スベシ。然レドモ其ノ應用ノ部ニ於テハ確カニ野戰軍ノ特異性（實驗室或ハ講堂內，軍艦內等ト異リ野戰ニ於テハ極メテ僅少ノ將兵ヲ以テ而モ砲煙彈雨ノ中ニ在リテ行フ科學，數學ナルコトヲ意味ス。）ニ基ク特性ヲ具フベク，自然科學ノタメノ數學或ハ工業ノタメノ數學ノ存在ガ許サルヽ如ク當然軍事數學ノ存在モ許サルベキモノト信ズ。

然レ共之ガ構成ハ容易ノ事ニ非ズ。依ツテ取敢ヘズ本書ニ於テハ微分學，積分學等ノ所謂高等數學ト稱セラルヽ部分ヲ使用セザル範圍ニ限定シテ之ヲ初級軍事數學ト名附ケ，其ノ內特ニ圖形，齒車等ニ關スルモノヽ一端ヲ收メテ之ヲ圖形編トセル次第ナリ。

將來完備セル軍事數學書ノ出ンコトヲ軍ノタメニ祈念シテ止マズ。

次ニ編纂ニ當リ特ニ著意セル事項ヲ揭ゲテ讀者ノ參考トス。

1. 概ネ今日迄ノ所謂中等數學ノ一部ヲ基礎トシテ豫想セルコト。
從ツテ中等教育ヲ受ケタルモノナラバ容易ニ理解シ得。

2. 昭和十七年度ヨリ中等敎育ニ於ケル數學ハ劃期的ノ變革行ハレタルモ本書ハ其ノ改革ノ趣旨ニ卽應シ之ガ具現ニ努メタルコト。

3. 軍事學書ニ於テ直接取扱ハレヲラザルモ初級幹部ノ理解アル使用ヲ望ムモノヲ收メタルコト。

（例ヘバ　第一章統計ぐらふ）

4. 其ノ理ハ深遠ニシテ到底中等程度ノ敎育ヲ受ケタル者ニテハ理解シ難ク其ノ取扱ノミヲ習得セシムルヲ以テ滿足セルカノ如ク思ハルヽモノヲモ平易ニ說明セント努メタルコト。

（例ヘバ　第三章火藥「ガス」壓力ノ仕事，第九章偏差交會法等）

5. 兵器（航空機ヲ含マズ。）ノ機構及作用及其ノ理論中最モ基本的ナリト考ヘラルヽ事項中，數學ニ關係深キ事項ヲ努メテ平易ニ說ベタルコト。

（例ヘバ第二篇密位法，第三篇ねぢト齒車，第四篇計算線圖等）

6. 本書トシテハ或ハ專門ニ過グルヤモ知レズト思考セラルヽモ數學ノ巧ナル應用ヲ一般ニ紹介スベキ資料ヲ收メタルコト。

（例ヘバ　第九章偏差交會法）

稿ヲ終ルニ當リ最初ニ企圖セル所ハ到底滿シアラザルコトハ自ラ認ムルモ一先ヅ之ヲ以テ上梓スルコトトス。

最後ニ精神，訓練共ニ世界無比ノ皇軍ニ對シ本小著ガ些少タリトモ數學的威力ヲ加ヘ得ルトセバ銃後ニ在ル著者ノ滿足之ニ過グルモノナシ。

然シ乍ラ數學，科學ハ一種ノ兵器ニシテ萬一之ニ使ハルヽコトアリトセバ由々シキ大事ナリ。數量ヲ基礎ニシテ而モ之ヲ超越スル所ニ皇軍本領ノ存スルコト今更茲ニ多言ヲ要セズ。

本書ノ編纂ニ當リ種々有益ナル意見ヲ寄セラレタル陸軍少佐高橋湯之介氏及校正其ノ他ニ勞ヲ煩ハセシ陸軍敎授國府田恒夫氏ニ對シ

謝意ヲ表ス。

又本書編纂ニ當リ參考トセル書籍ヲアゲ其ノ著者ニ謝意ヲ捧グ。

作戰要務令　第一部，第二部，

諸兵射擊敎範　第一部，第二部，第三部，

砲兵射擊敎範

砲兵觀測敎範

高射砲射擊敎範

陸軍豫科士官學校敎程（數學，測圖等）

陸軍士官學校敎程（兵器，射擊，應用戰術ノ參考等）

陸軍科學學校敎程（兵器學，觀測學等）

陸軍整備學校自動車敎程

陸軍航空整備學校理科學敎程

自動車工學　三省堂發行　築山閏二氏著

時計學　丸善發行　靑木保氏著

工場數學・工場機械學　知進社發行　吉原鐵夫氏著

旋盤工になるまで　工業圖書株式會社發行　大西光雄・吉原鐵夫氏共著

航空實用數學　同上　宮本晃男・坂入一郎氏共著

實用力學　共立社發行　橫山武人氏著

最新力學及材料强弱學　工業圖書株式會社發行　飛永甚治氏著

國勢圖會　國勢社發行

昭和十七年九月

目　次

第一篇　ぐらふ

第一章　統計ぐらふ

1. 緒　言

昭和十五年十月一日實施セラレタ國勢調査ノ結果ニ依レバ日本內地ノ人口ハ 7311,4308 人デアル。コノ數ハ統計トシテハ甚ダ重要ナモノデ一人ノ誤リモ許サルベキデハナイガ，平常コノ數字ヲ第一位迄正確ニ記憶シテヰルコトハ左程必要デハナイ。

然シナガラ七千萬或ハ七千三百萬程度ノ數字ハ是非トモ記憶シテオキタイモノデアル。

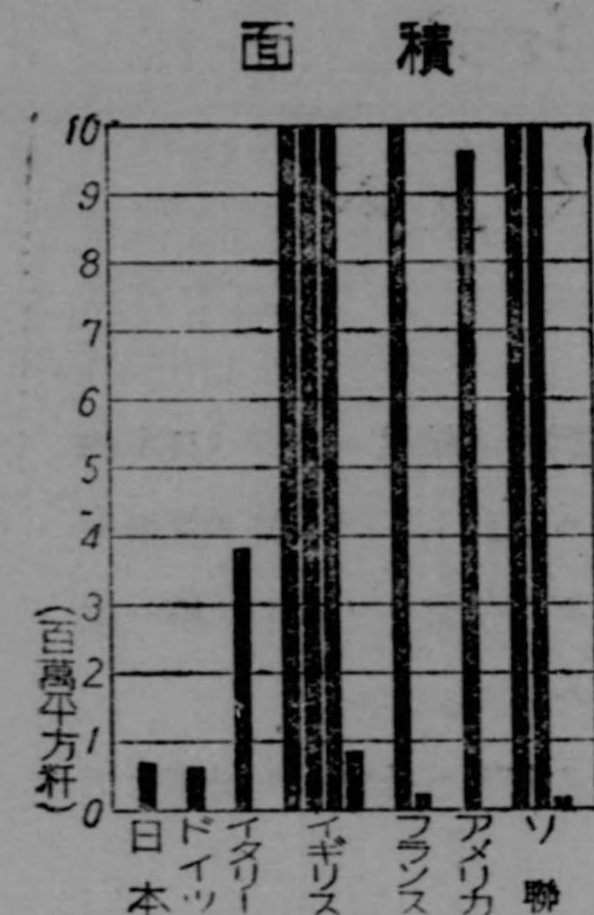
又次ノ表ニ示ス樣ナ主要國ノ面積ト人口ノ如キモ精密ニ記憶シテヰルコトモ良イガ，例ヘバ

（1） 日本ノ面積ハ68萬平方粁，人口1億，人口密度ハ1平方粁ニツキ 150 デアツテ，ドイツノ面積，人口，人口密度ハ略々日本ト等シイ。

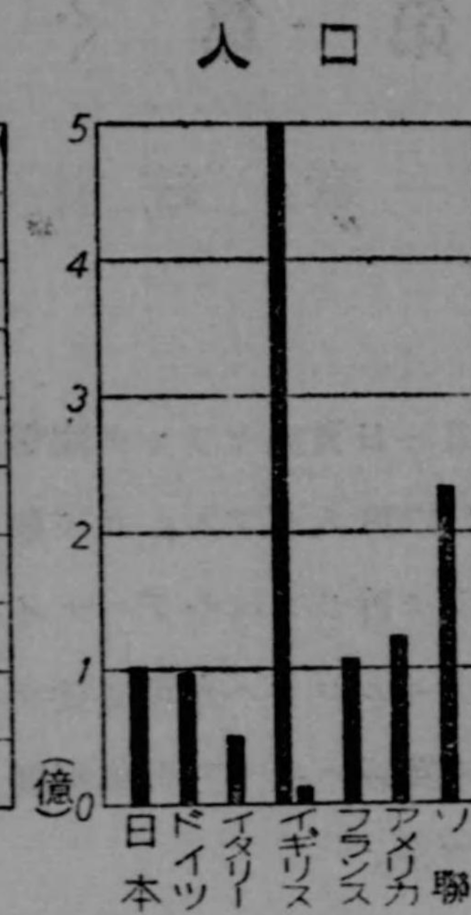
（2）「英國ノ面積ハ日本ノ58倍，人口ハ5倍，從ツテ人口密度ハ日本ノ12分ノ1デ13デアル」等ノ如キ概數及ビ相互間ノ比率コソ有用ナモノデアル。

主要國ノ面積，人口，人口密度
（屬領植民地ヲ含ム）

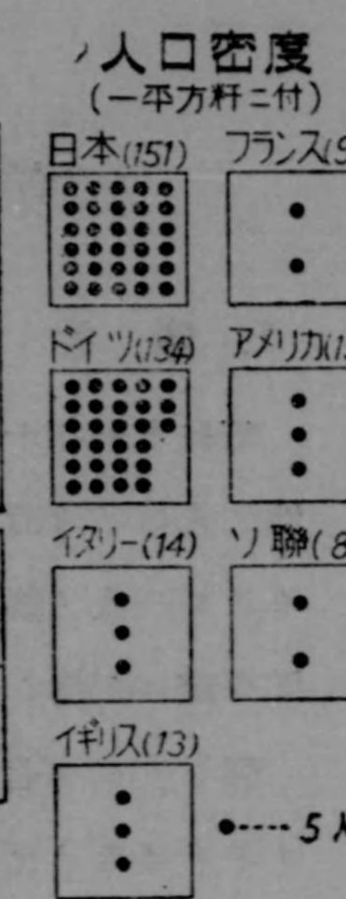
	面　積	人　口（昭和13年首）	人口密度（1平方粁ニ付）
	千平方粁	萬人	人
日　本	681	1,0278.8	151
ドイツ	586	7867.9	134
イタリー	3809	5275.5	14
イギリス	3,9141	5,2900.4	13
フランス	1,2656	1,1214.6	9
アメリカ	9673	1,4616.7	15
ソ　聯	2,1179	1,6900.0	8



第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖

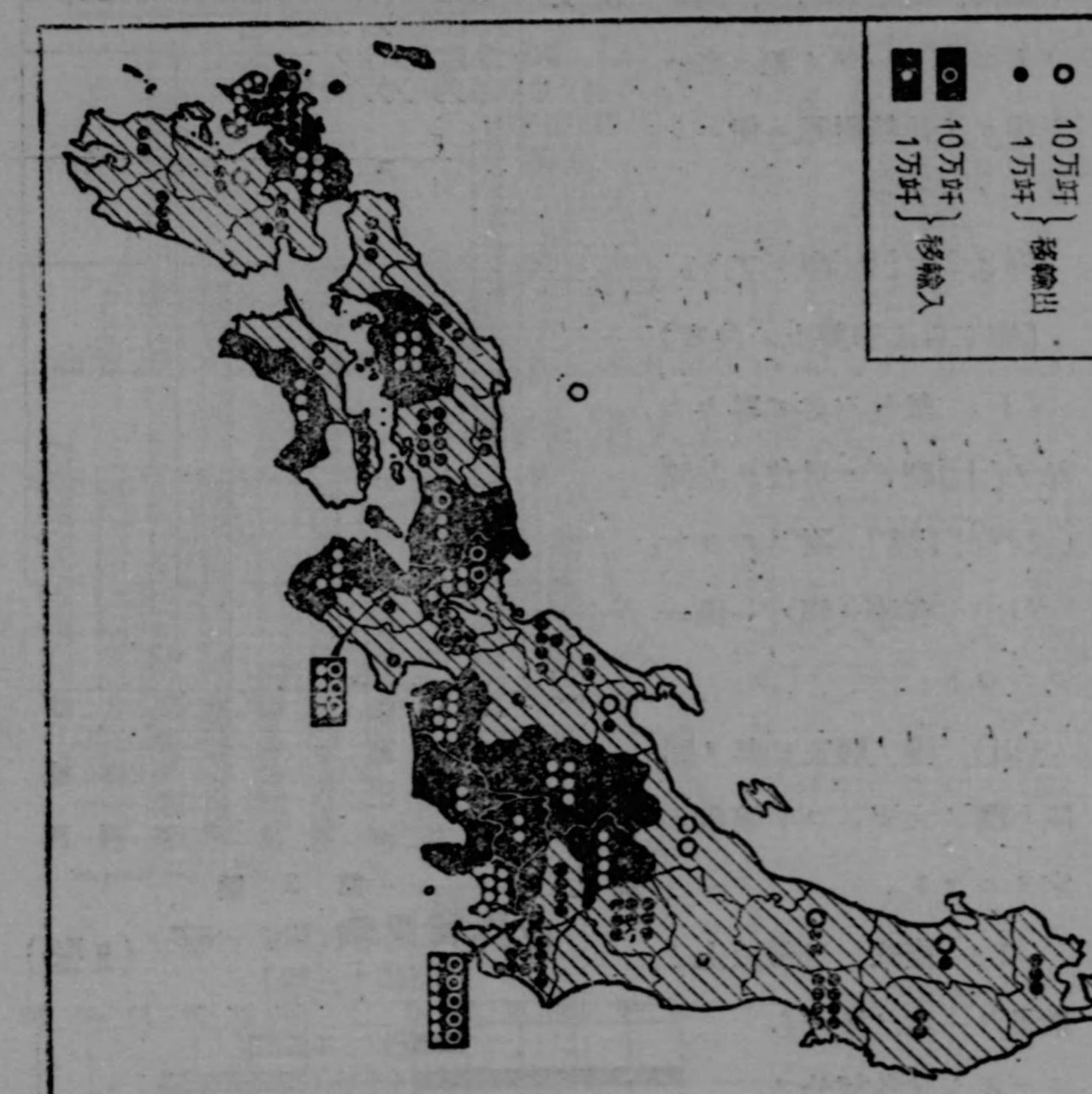
コレガタメニハ例ヘバ第1,2圖ノ様ニ面積或ハ人口ヲソレニ比例スル棒ノ長サデ表ハシ，或ハ又人口密度ヲ第3圖ノ様ニ示セバ數字ノ羅列サレタ表ヲ見ルヨリハ各々ノ概數及ビ相互間ノ關係ヲ直觀的ニ把握スルコトガ出來ル便ガアル。ソレ故ニ數ノ表ト共ニ之ヲ棒ノ長サ，角ノ大サ，圖形ノ面積等ニヨツテ表ハシタ圖卽チぐらふハ直觀的ニ之ヲ理解シ又變化ノ狀態ヲ知ルタメニ便利デアルカラ，軍事上ニ於テモ屢々利用セラレル。

次ニ各種ぐらふノ作リ方及ビ讀ミ方ヲ說明スル。

2. 點ぐらふ

比較スベキ量ノ或ル單位（或ハ一定個數）ニツイテ一ツノ點ヲ與ヘ，ソノ數ノ多少ニヨリ統計數値ヲ示ス方法デ人口密度ナドヲ表ハスノニ用ヒラレル。第3圖及ビ第4圖ハコノ種ノモノデアル。

例　米移輸出入割合（日本内地）



第 4 圖

3. 棒ぐらふ

或ル幅ヲモツ棒ヲ並ベテ其ノ長短デ數量ノ大小ヲ比較スルノニ通常用ヒラレル方法デアル。今ソノ形式ヲ二種ニ分ケ，假リニ

（1）**單式**　單ニ一種ノ量ノミ表ハスモノヲイヒ，尙之ヲ[Ⅰ]型，[Ⅱ]型ニ分ケル。

[Ⅰ]型ハ例1ノ如キモノ，[Ⅱ]型ハ對稱的ナ二種ノ量例ヘバ輸出

ト輸入, 出生ト死亡, 男女ノ人口等ヲ一ツノ圖ニ表ハシ相互ノ比較對照ニ便ニシタモノデアル。

例2,3ハ[II]型デアル。

[棒ぐらふ作製上ノ注意]

(i) 數量ハ必ズ零カラ始メ[I]型デハ單位ヲ左側(又ハ左下隅)ニ附スルコト。

(ii) 各棒ノ幅ハ一樣ニスルコト。

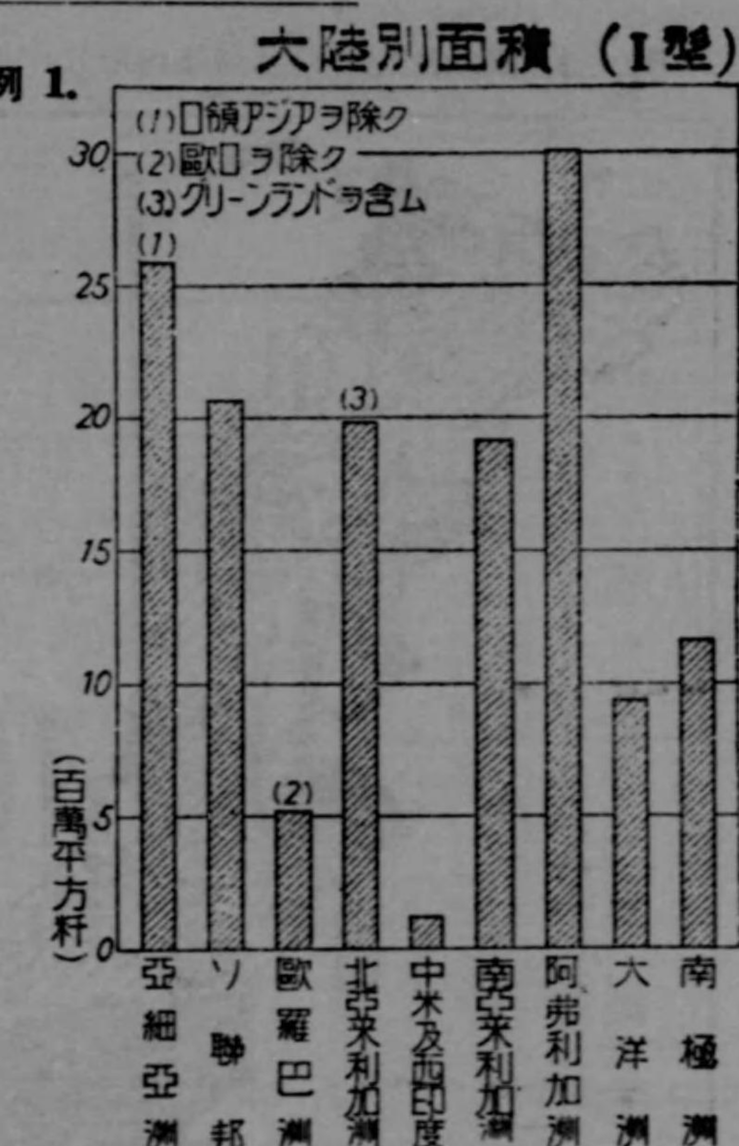
(iii) 棒ノ幅及ビ其ノ間隔ハ圖ノ大サニヨリ適當ニ定メルコト。

(2) **複式**　二種以上ノ數量ヲ一本ノ棒ぐらふデ示シ又各部分ノ比例ヲモ示ス。

例4ハ本邦軍事費ノ各年次ノ比較ト共ニ陸, 海軍各々ノ比較ヲスルノニ便デアル。(第6頁第8圖)

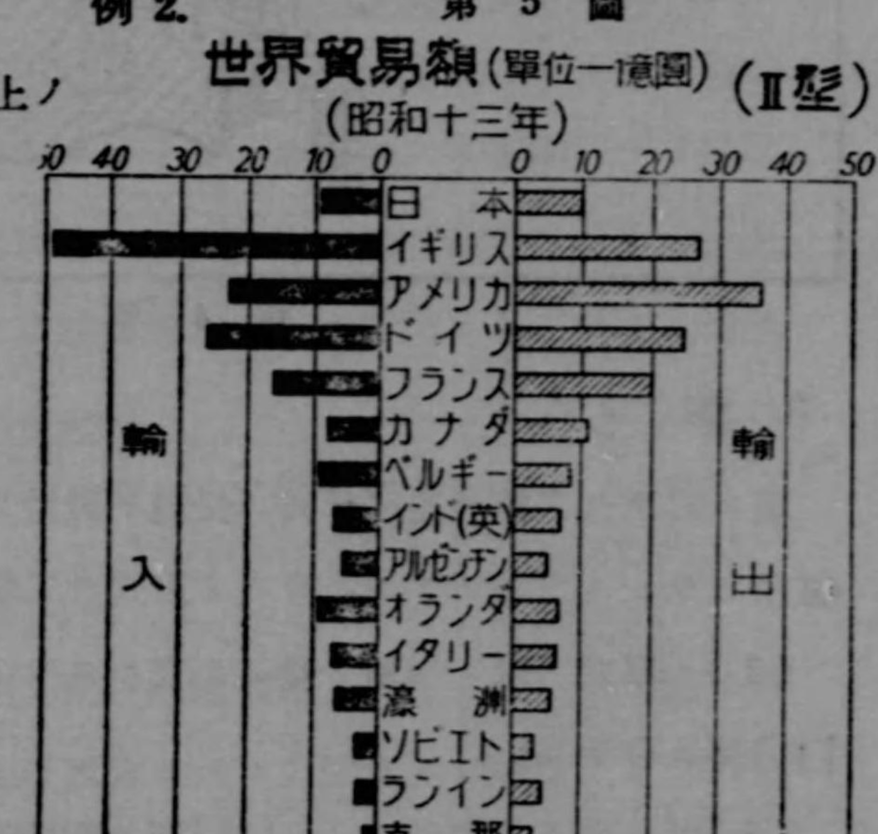
此種ぐらふハ財政

例 1.



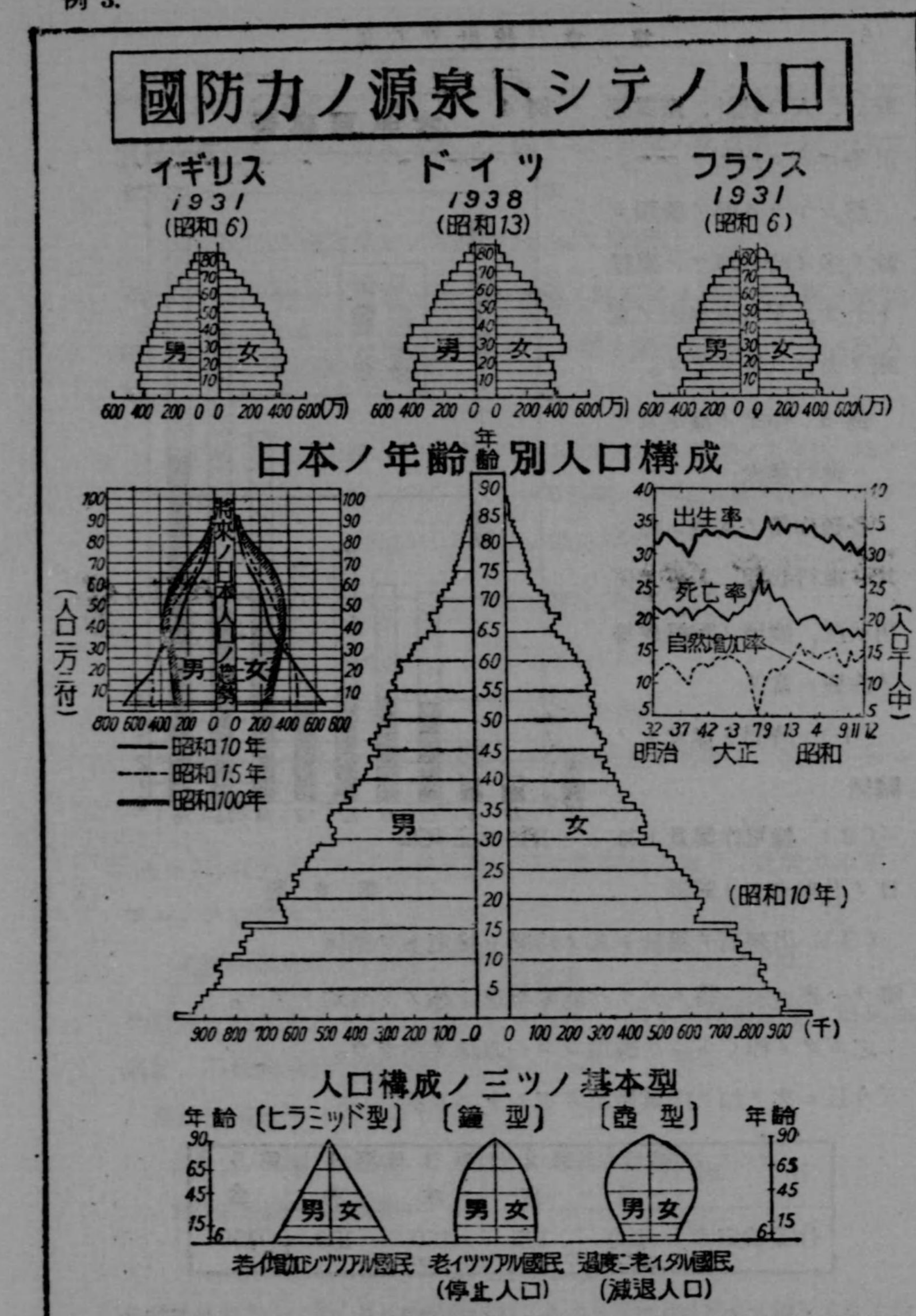
第 5 圖

例 2.



第 6 圖

例 3.



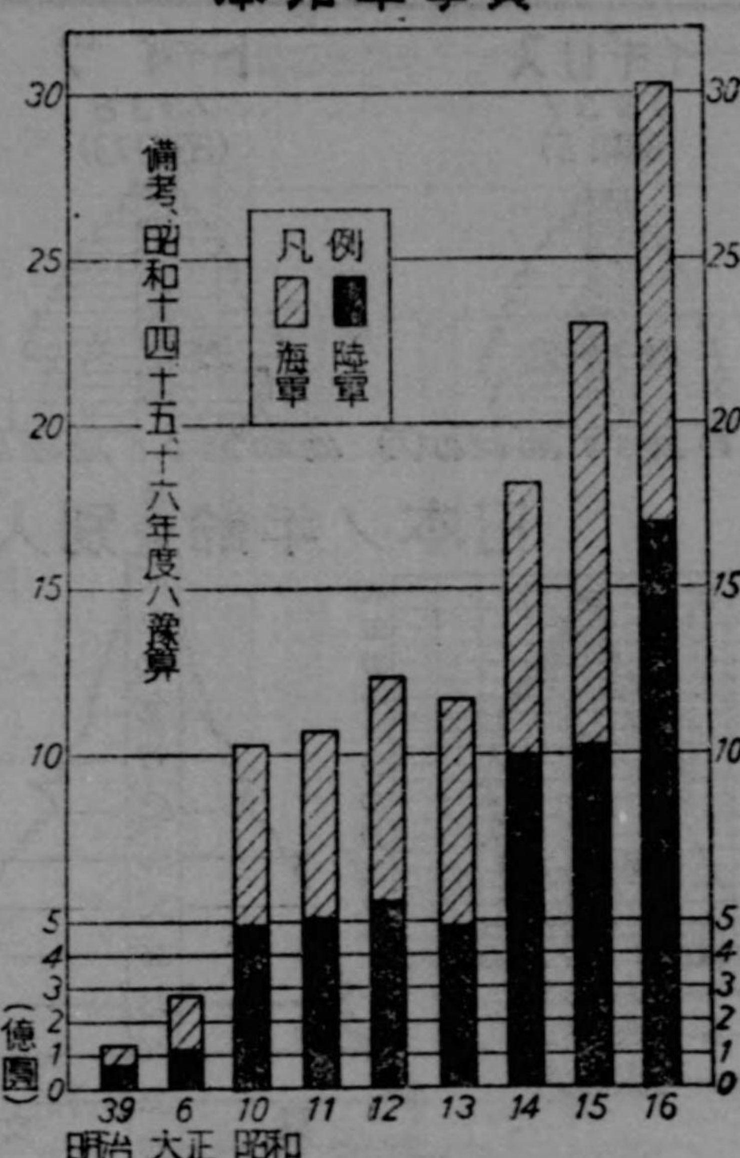
第 7 圖

統計，人口統計，產業統計等ニ廣ク用ヒラレル。

然シ乍ラ各部ノ種類ガ餘リ多イ時ハ却ツテ複雜トナリ，ぐらふ本來ノ意味ヲ失フコトガアル。

例 4.

本邦軍事費



第 8 圖

例 5　作業ノ豫定及ビ進行圖表

各種作業ノ實施ニ際シ其ノ進行狀態，人員ノ使用狀況，機械ノ記錄表等ノ作製ニ當リ

（1）　時間ト豫定トノ關係

（2）　豫定作業量ト每日ノ出來高トノ關係

（3）　出來高ノ累計ト其ノ時間ト豫定トノ關係

等ヲ一表ニ示シ得ルナラバ能率增進上極メテ有效デアル。

之ガタメ棒ぐらふヲ應用シタ一方法ヲ示サウ。

今茲ニ次ノ如キ作業豫定ガアルトスル。

日　　附	第 1 日 月	第 2 日 火	第 3 日 水	第 4 日 木	第 5 日 金
作業豫定量	100	125	150	150	150

（イ）　先ヅ表（第9圖）ヲ等分シテ日附欄ヲ作リ，且各日付欄ヲ五等分シ，次イデ豫定作業量ヲ記入欄ノ左上隅ニ，又之ガ累計卽チ累積豫定量ヲ右上隅ニ記入スル。（以下凡テ計算ハ次頁第一表デ行フモノトスル）

コレデ時間ト豫定量トノ關係ガ分ル。（第9圖）

（ロ）　次ニ每日ノ豫定ニ對スル實際ノ出來高ノ百分比（第一表比率）卽チ　$\frac{\text{出來高}}{\text{豫定量}}\times 100$　ヲ求メ之ヲ第9圖（黑細線）ノ如ク記入スル。

卽チ第1日ノ欄全體ハ1日ノ豫定量（100%）ヲ示シ實際ノ出來高ハ此ノ日ノ豫定ノ $\frac{75}{100}\times 100=75\%$ デアルカラ全欄ノ75%丈ケ線ヲ引ク。以下同樣ニ

第2日ハ　$\frac{100}{125}\times 100=80\%$

第3日ハ　$\frac{150}{150}\times 100=100\%$

第4日ハ　$\frac{180}{150}\times 100=120\%$

第5日ハ　$\frac{75}{150}\times 100=50\%$

之ニ依ツテ作業豫定量ト出來高トノ比較及ビ時間トノ關係ヲ知ルコトガ出來ル。

（ハ）　以上ノ二ツノミデハ豫定及ビ出來高ノ累計ノ比較ガ不明デアル。ソレ故ニ

$$\text{累積作業比率}=\frac{\text{出來高}-\text{前日迄ノ不足高累計}}{\text{豫定量}}\times 100$$

ヲ計算シ之ヲ記入スル。（第9圖黑太線）　但シ累積豫定量，出來高累計，不足高累計ハ第一表デ計算スル。

累積作業比率ノ計算及ビ記入

第1日ノ累積作業比率ハ75%デアルカラ　$A_1A_2=75$　トスル。

第2日ノ累積作業比率ハ

$$\frac{100-25}{125}\times 100=\frac{75}{125}\times 100=60\%$$

デアルカラ之ハ第1日ノ不足高ヲ補ツタ上ニ第2日ノ豫定ノ60%ノ出來高

ノアルコトヲ示ス（理由ハ次頁一般的說明參照）カラ A_2A_3 ヲ引キ，尙之ヲ $A_3A_4=60$ 迄延長スル。

第3日ノ累積作業比率ハ

$$\frac{150-50}{150}\times100=\frac{100}{150}\times100=67\%$$

デアルカラ之ハ第2日迄ノ不足累計ヲ補ツタ上ニ此ノ日ノ豫定ノ67%ノ出來高ノアルコトヲ示スカラ A_4A_5 ヲ補ヒ且之ヲ $A_5A_6=67$ 迄延長スル。

第4日ノ累積作業比率ハ

$$\frac{180-50}{150}\times100=\frac{130}{150}\times100=87\%$$

デアルカラ之ハ第3日迄ノ不足高ヲ補ツタ上ニ此ノ日ノ豫定ノ87%ノ出來高ノアルコトヲ示スカラ A_6A_7 ヲ補ヒ且之ヲ $A_7A_8=87$ 迄延長スル。

第5日ノ累積作業比率ハ

$$\frac{75-20}{150}\times100=\frac{55}{150}\times100=37\%$$

デアルカラ之ハ第4日迄ノ不足高ヲ補ツタ上ニ此ノ日ノ豫定ノ37%ノ出來高ノアルコトヲ示スカラ A_8A_9 ヲ補ヒ且之ヲ A_9A_{10} 迄延長スル。

從ツテ第5日迄ノ作業ニ於テハ作業ガ豫定ヨリ後レルコト第5日ノ豫定量ノ 100−37=63% ナルコトガ分ル。

圖表作製ノタメ必要ナル計算ハ次表ノ如ク行フ。

第一表　作業比率及ビ累積作業比率計算例

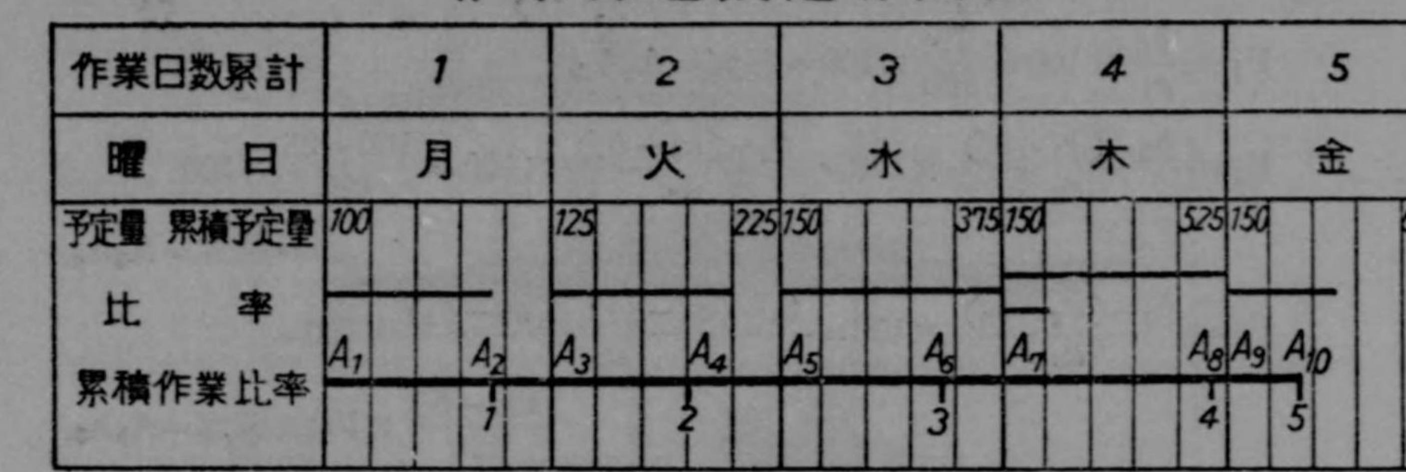
日	(a)豫定量	(b)出來高	(c) 比率	(d) 累積豫定量	(e) 出來高累計	(d−e) 不足高累計	(F) 累積作業比率
1	100	75	75%	100	75	25	75%
2	125	100	80	225	175	50	60
3	150	150	100	375	325	50	67
4	150	180	120	525	505	20	87
5	150	75	50	675	580	95	37

備考　比率(c)$=\dfrac{\text{出來高}(b)}{\text{豫定量}(a)}\times100$

累積作業比率(F)$=\dfrac{\text{出來高}(b)-\text{前日迄ノ不足高累計}(d-e)}{\text{豫定量}(a)}\times100$

以上ノ計算ニヨツテ次ノ圖表ヲ作ル。

作業豫定及進行圖表



第 9 圖

參考　累積作業比率計算說明

(a) 豫定量　(b) 出來高　(d) 累積豫定量

$a_1=100$　$b_1=75$　$d_1=a_1=100$

$a_2=125$　$b_2=100$　$d_2=a_1+a_2=d_1+a_2=225$

$c_3=150$　$b_3=150$　$d_3=a_1+a_2+a_3=d_2+a_3=375$

$a_4=150$　$b_4=180$　$d_4=a_1+a_2+a_3+a_4=d_3+a_4=525$

$a_5=150$　$b_5=75$　$d_5=a_1+a_2+a_3+a_4+a_5=d_4+a_5=675$

(e) 出來高累計

$e_1=b_1=75$

$e_2=b_1+b_2=e_1+b_1=175$

$e_3=b_1+b_2+b_3=e_2+b_3=325$

$e_4=b_1+b_2+b_3+b_4=e_3+b_4=505$

$e_5=b_1+b_2+b_3+b_4+b_5=e_4+b_5=580$

(d−e) 不足高累計

$d_1-e_1=a_1-b_1=25$

$d_2-e_2=(a_1-b_1)+(a_2-b_2)=50$

$d_3-e_3=(a_1-b_1)+(a_2-b_2)+(a_3-b_3)=50$

$d_4-e_4=(a_1-b_1)+(a_2-b_2)+(a_3-b_3)+(a_4-b_4)=20$

$$d_5-c_5=(a_1-b_1)+(a_2-b_2)+(a_3-b_3)+(a_4-b_4)+(a_5-b_5)=95$$

(F) 累積作業比率

$$F_1=\frac{b_1}{a_1}\times 100=\frac{75}{100}\times 100=75\%=A_1A_2,$$

$$F_2=\frac{b_2-(d_1-e_1)}{a_2}\times 100=\frac{b_2-(a_1-b_1)}{a_2}\times 100=\frac{100-25}{125}\times 100$$
$$=60\%=A_3A_4,$$

$$F_3=\frac{b_3-(d_2-e_2)}{a_3}\times 100=\frac{b_3-(a_1-b_1)-(a_2-b_2)}{a_3}\times 100=$$
$$\frac{150-50}{150}\times 100=67\%=A_5A_6,$$

$$F_5=\frac{b_5-(d_4-e_4)}{a_5}\times 100=\frac{b_5-(a_1-b_1)-(a_2-b_2)-\cdots(a_4-b_4)}{a_5}$$
$$=\frac{75-20}{150}\times 100=37\%=A_9A_{10}$$

卽チ或日ノ累積作業比率トハ其ノ前日迄ノ不足高ヲ補ヒ且其ノ日ノ豫定量ノ何%作業シタカヲ示スモノデアル。

又毎日ノ殘リ A_2A_3, A_4A_5, A_6A_7, ……ノ意味ハ

$$A_2A_3=100-F_1=100\left(1-\frac{b_1}{a_1}\right)=100\times\frac{a_1-b_1}{a_1},$$

$$A_4A_5=100-F_2=100\left(1-\frac{b_2-(a_1-b_1)}{a_2}\right)=100\times\frac{(a_2-b_2)+(a_1-b_1)}{a_2},$$

$$A_6A_7=100-F_3=100\times\frac{(a_3-b_3)+(a_2-b_2)+(a_1-b_1)}{a_3}, \quad\cdots\cdots\cdots\cdots$$

故ニ之等ハ當日迄ノ不足高累計ノ當日ノ豫定ニ對スル百分率デアル。

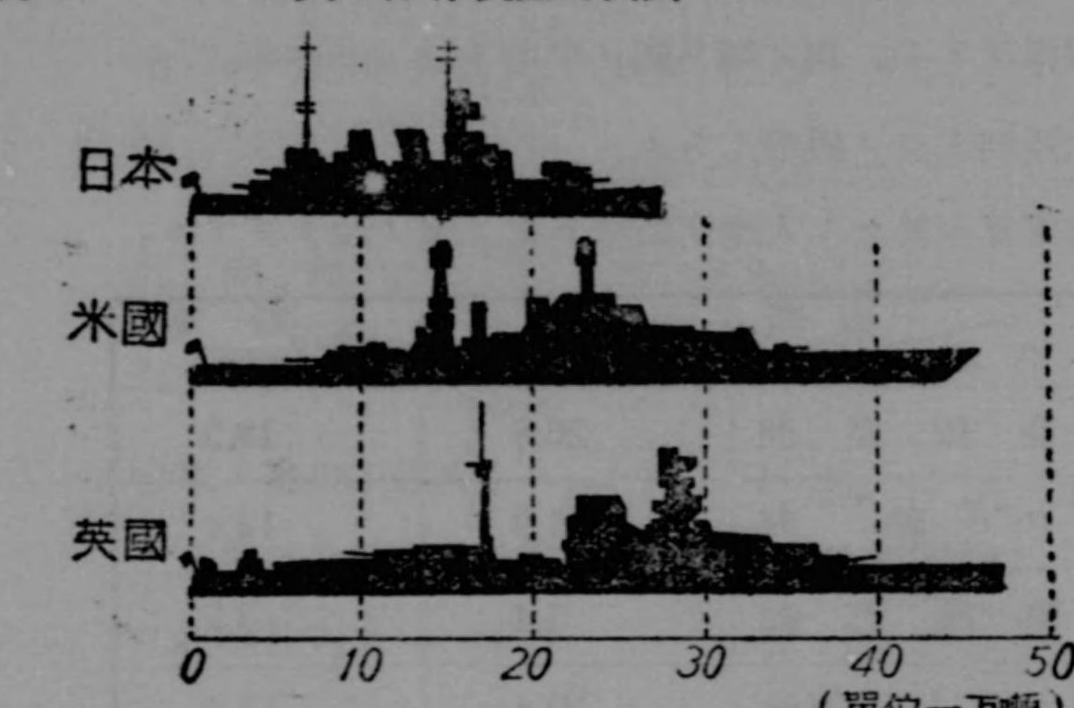
4. 繪ぐらふ

棒ぐらふノ一種デ，宣傳用或ハ一般說明用トシテハ有効デアルガ次ノ缺點ガアル。

（1） 作製勞力ノ大ナルコト。

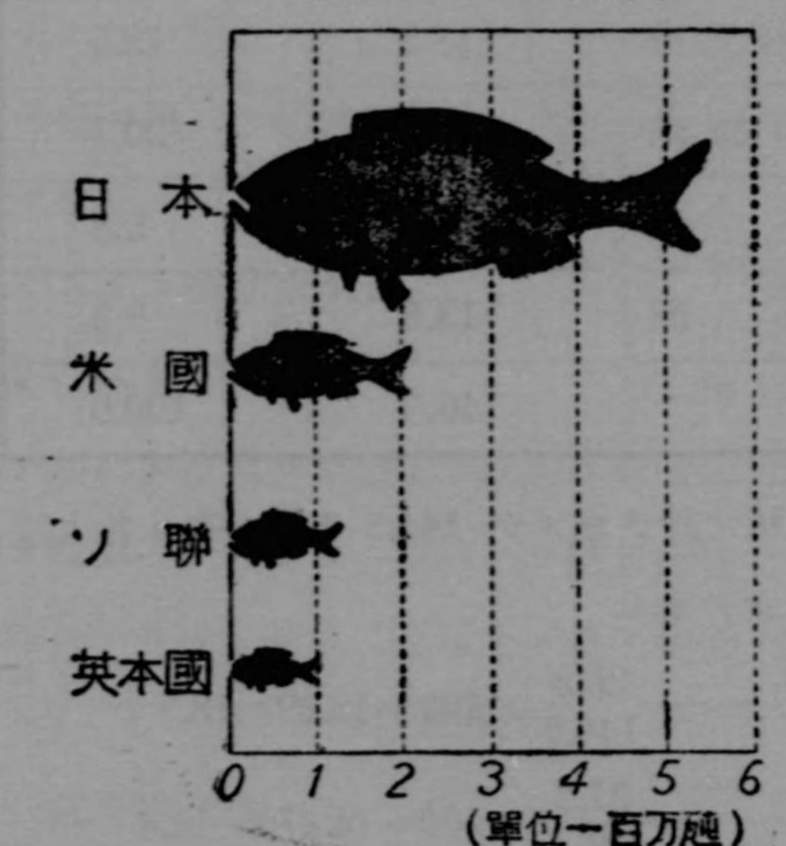
（2） 長サヲ以テ比較スルモノデアルカ，面積或ハ又體積ヲ以テ比較スルモノデアルカ判別シ難イ場合ガアル。斯樣ナ場合ニ於テハ數ヲ並記スルカ或ハ比較ノ基準ヲ與ヘル必要ガアル。

例 1. 日英米保有戰艦比較表（昭和13年）



第 10 圖

例 2. 漁獲高比較表



第 11 圖

5. 扇形ぐらふ

扇形ノ面積ハ圓弧ノ長サ又ハ中心角ノ大サニ比例スルカラ圓周ヲ

百等分シタモノヲ用ヒ，各部ノ全體ニ對スル百分率ヲ求メ，ソレニ應ジテ圓弧ヲトリ，其ノ端ヲ圓ノ中心ト結ンデ作ル。

例　大陸別人口ノ扇形ぐらふ

昭和13年首ニ於ケル大陸別面積ハ次ノ表ノ如クデアル。

名稱 ＼ 面積	單位（百萬方粁）	百分率（%）
亞細亞洲	26.8	18.3
ソ聯邦	21.2	14.4
歐羅巴洲	5.4	3.7
北亞米利加洲	19.6	13.4
中米及西印度	2.8	1.9
南亞米利加洲	18.3	12.5
阿弗利加洲	30.3	20.7
大洋洲	8.6	5.8
南極洲	13.6	9.3
計	146.5	100.0

先ヅ全大陸ノ面積ノ計ヲ求メテ 146.5 ヲ得，次ニ各大陸ノ全大陸ニ對スル百分率ヲ求メレバ

亞細亞洲……… $\frac{26.8}{146.5}\times 100 \fallingdotseq 18.29 \fallingdotseq 18.3$

ソ聯邦……… $\frac{21.2}{146.5}\times 100 \fallingdotseq 14.470 \fallingdotseq 14.4$

歐羅巴洲……… $\frac{5.4}{146.5}\times 100 \fallingdotseq 3.68 \fallingdotseq 3.7$

北亞米利加洲… $\frac{19.6}{146.5}\times 100 \fallingdotseq 13.372 \fallingdotseq 13.4$

中米及西印度… $\frac{2.8}{146.5}\times 100 \fallingdotseq 1.91 \fallingdotseq 1.9$

南亞米利加洲… $\frac{18.3}{146.5}\times 100 \fallingdotseq 12.49 \fallingdotseq 12.5$

阿弗利加洲…… $\frac{30.3}{146.5}\times 100 \fallingdotseq 20.68 \fallingdotseq 20.7$

大洋洲…… $\frac{8.6}{146.5}\times 100 \fallingdotseq 5.86 \fallingdotseq 5.8$

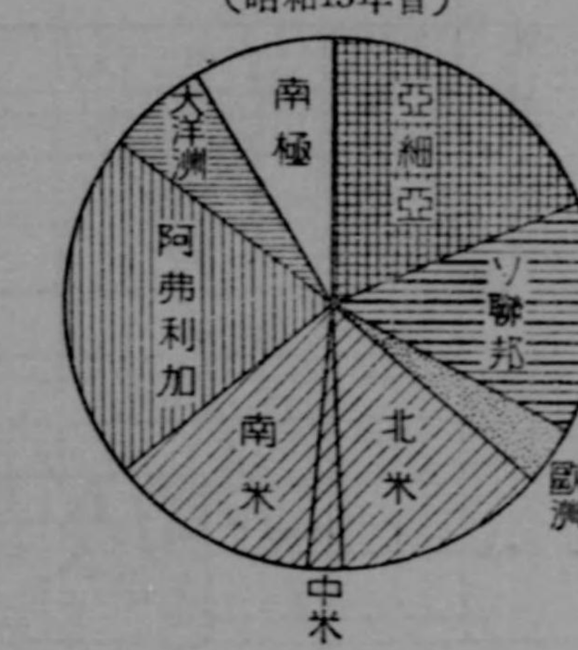
南極洲…… $\frac{13.6}{146.5}\times 100 \fallingdotseq 9.28 \fallingdotseq 9.3$

茲ニ百分率ノ總和ハ理論上ハ 100 トナルベキモ凡テ小數點第2位以下ヲ四捨五入スレバ計ハ 100.2 トナルカラソ聯ト大洋洲ハ小數點第二位以下ヲ切捨テ計ガ 100 トナル如ク補正スル。

コノ百分率ニ應ジテ圓弧ヲトリ其ノ端ヲ中心ニ結ビ付ケレバ右ノ扇形ぐらふガ得ラレル。

大陸別人口

（昭和13年首）



第 12 圖

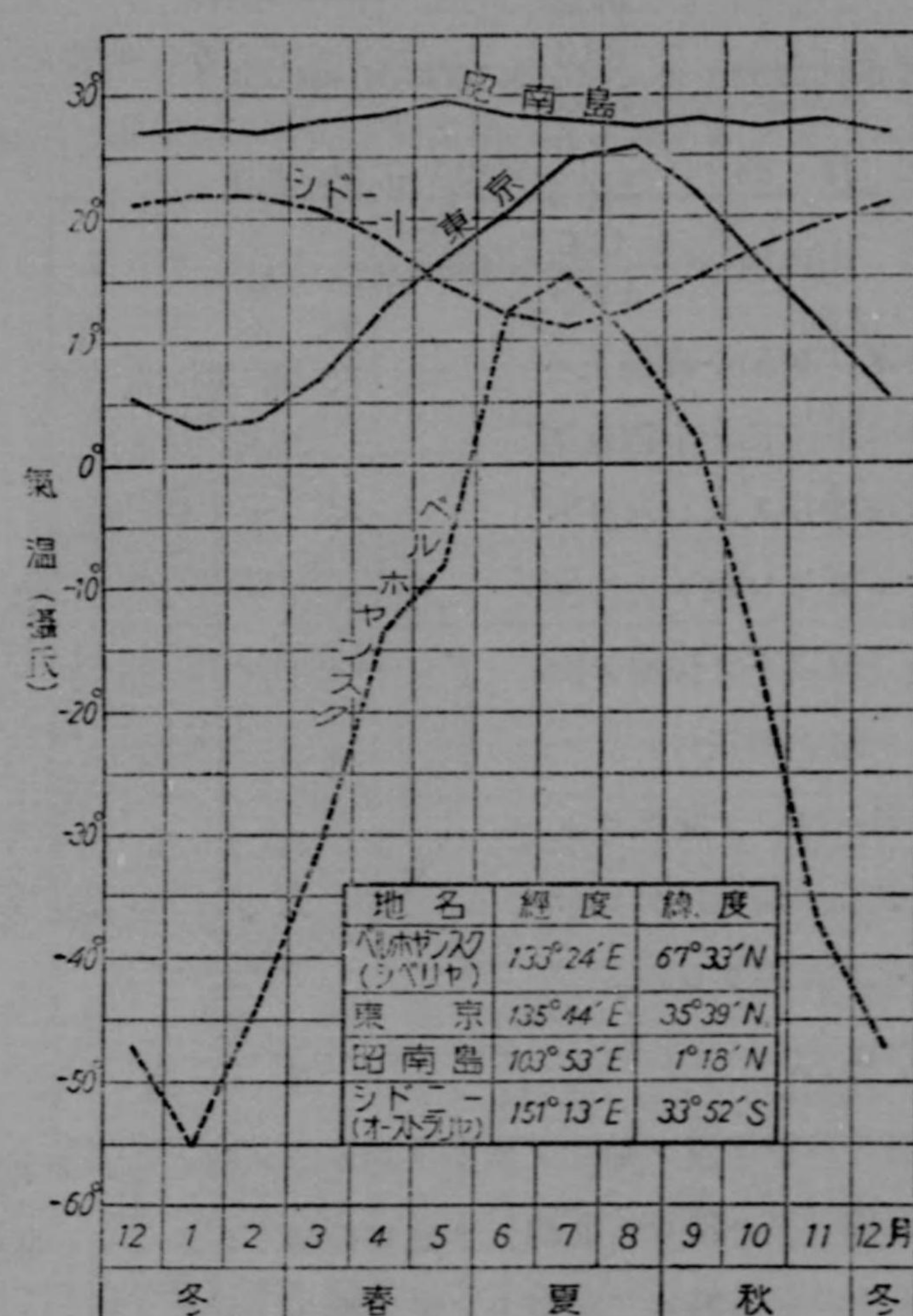
6. 折線ぐらふ

某期間ニ於ケル或ル量ノ變化ノ狀態ヲ知ルニハ棒ぐらふヲ省略シテ其ノ端ヲ直線（又ハ滑カナ曲線）デ結ビ折線ぐらふ（又ハ曲線ぐらふ）ヲ作ルトヨイ。特ニ二種以上ノ量ノ變化ノ關係ヲ知ル上ニハ便利デアル。（第13圖ヨリ第19圖参照）

問題 1. 氣溫變化表

東徑 100° カラ東徑 150° 附近ニ亘リ寒帶，溫帶，熱帶ニアル四地點ノ一年間ニ於ケル各月平均氣溫ヲぐらふデ示セバ次圖ノ如クナル。（東亞地圖参照）

ベルホヤンスク 東京 昭南島 シドニー 一年間日平均氣溫比較



第 13 圖

問 1. 各地ノ氣溫變化ノ狀態ヲ研究セヨ。各々ノ最高氣溫及ビ最低氣溫ノ差ヲ測リ，又之等ガ自然及ビ人生ニ及ボス影響ヲ考ヘヨ。

問 2. 各地ノ最低，最高氣溫ヲ示ス月ヲ調ベ又氣溫ノ變化ノ激シサヲ比較シテ考ヘヨ。

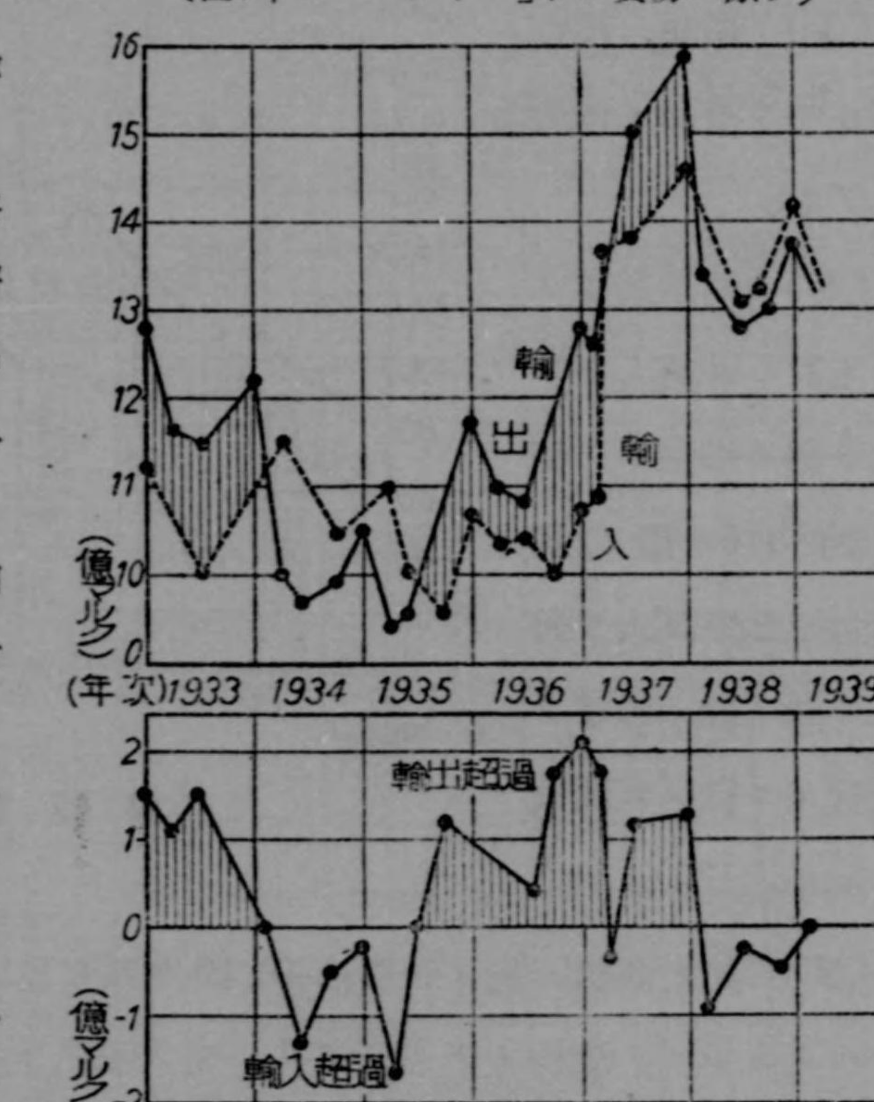
問 3. 四季ノ變化ハ各地共ニアルカ。

問 4. 北半球ニアル東京ト南半球ニアル「シドニー」トノ四季ヲ比較セヨ。日本ノ冬,春,夏,秋ハ夫々「シドニー」デハ如何ナル季節カ。

以上ノ研究ニ依リ日本ガ如何ニ自然ニ惠マレテヰルカガ分ルデアラウ。

問題 2 「ナチスドイツ」ノ對外貿易

ナチスドイツ對外貿易ぐらふ
（但シ「オースタリー」トノ貿易ヲ除ク）



第 14 圖

右圖ハ「ナチスドイツ」トナツテカラ1939年春迄ノ同國輸出入情況デアル。1933年中ハ未ダ本格的ナル「ナチ」ノ經濟組織ハ現ハレズ輸出增加デアルガ輸出入共ニ數字ガ小サイ。1934年ト1935年ノ前半ニ於テハ四ケ年計畫ノ强力ナル遂行ト軍備ノ極秘着手ノタメ輸出能力ヲ著シク減ジ輸入超過トナリ1935年ノ後半以後ハ指導經濟ノ效果漸ク現ハレ輸出超過ノママ輸出入共漸增ノ方向ニ轉ジ1937年後半ニ於テ其ノ頂點ニ達シテヰル。當時ハ共ノ軍備ニ漸ク自信ヲ持ツタ「ナチスドイツ」ガ極度ニ輸出ヲ奬勵シ乍ラ莫大ナル食料，燃料ヲ輸入シテ萬一ニ備ヘタ情況ガ明カデアル。1938

年カラ僅カ乍ラ輸入超過ニ轉ジタノハ愈々「ポーランド」其ノ他ニ對シ實力行使ノ止ムヲ得ザルヲ覺悟シテ更ニ高度ノ軍備擴充ト食料其ノ他ノ輸入ニ着手シタタメ輸出能力ヲ漸減シ來ツタコトヲ表ハシテヰル。（森川氏，「ナチスドイツ」ノ解剖參照）

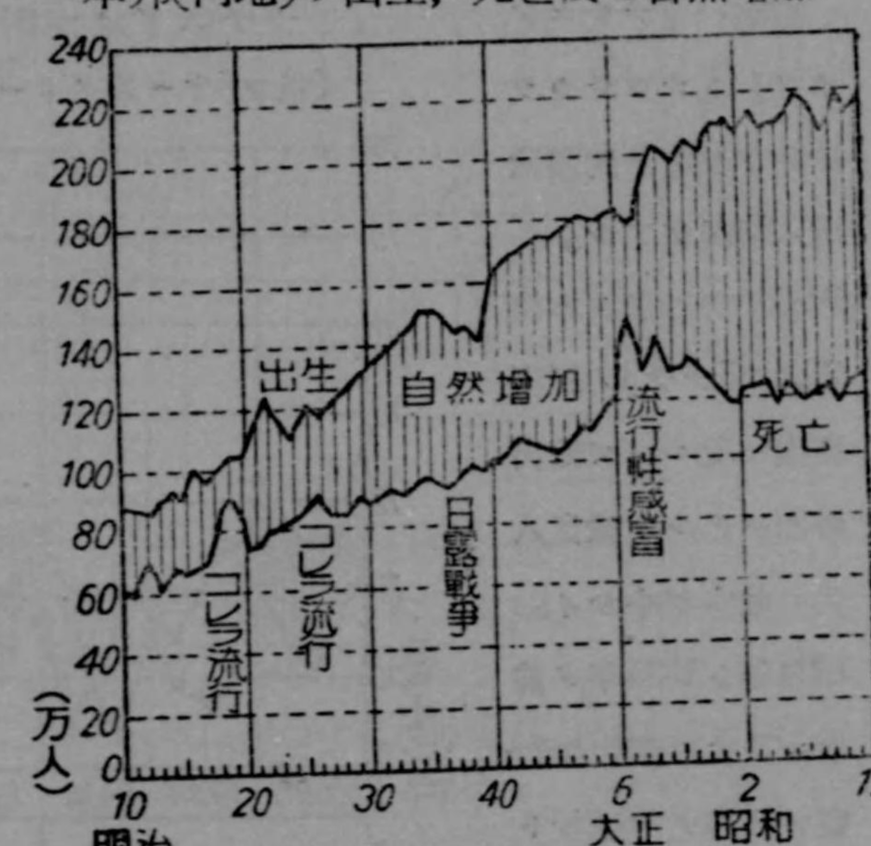
問題 3. 本邦(内地)ノ出生，死亡及ビ人口自然増加

第15圖ヲ見テ次ノ事柄ガ分ル。

（1） 出生，死亡共ニ年々増加ノ傾向ニアル。

（2） 明治10年ノ出生數ハ90萬人デアルガ年々増加シテ昭和2年以後ハ概ネ210萬乃至220萬人デ將來モ概ネ此ノ數字ヲ持續スル様ニ判斷セラレル。

本邦(内地)ノ出生，死亡及ビ自然増加



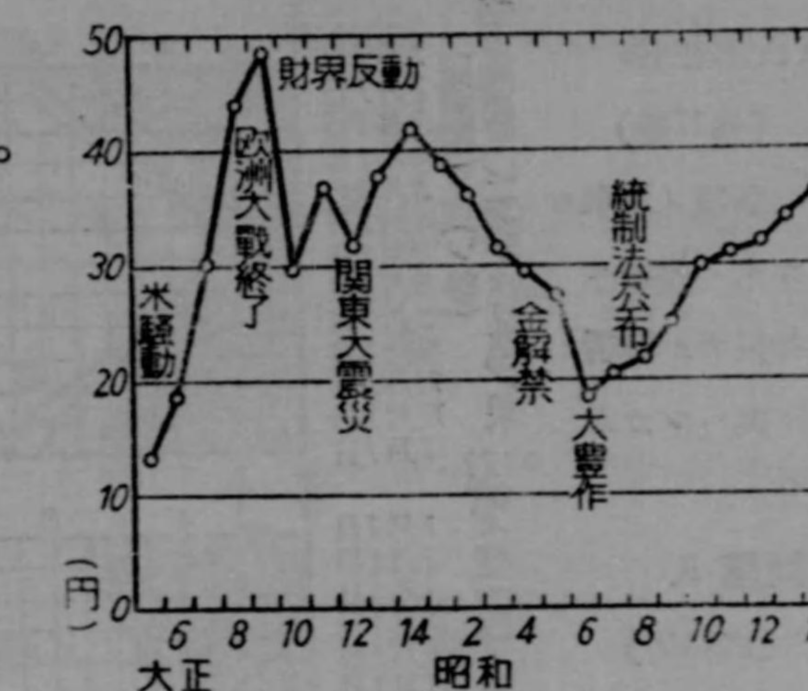
第 15 圖

（3） 死亡曲線ニ就イテ明治18,19年及ビ同25年ニ死亡數ノ多イノハ「コレラ」流行ノタメデアリ，又大正7,9年ニハ流行性感冒ノタメ多數ノ死亡者ヲ出シテヰル。日露戰爭デハ 4.5萬ノ戰死者ヲ出シタガ其ノ年齡ハ概ネ青壯年ニ限リ國民全體ヨリ見レバ死亡曲線ハ左程影響ヲ受ケテヰラナイコトヲ知ル。然シ乍ラ此ノ間ニ於ケル出生數ノ減少ハ認メラレル。

最近ノ死亡者ハ毎年概ネ120萬人デ將來モ同程度ト判斷セラレル。

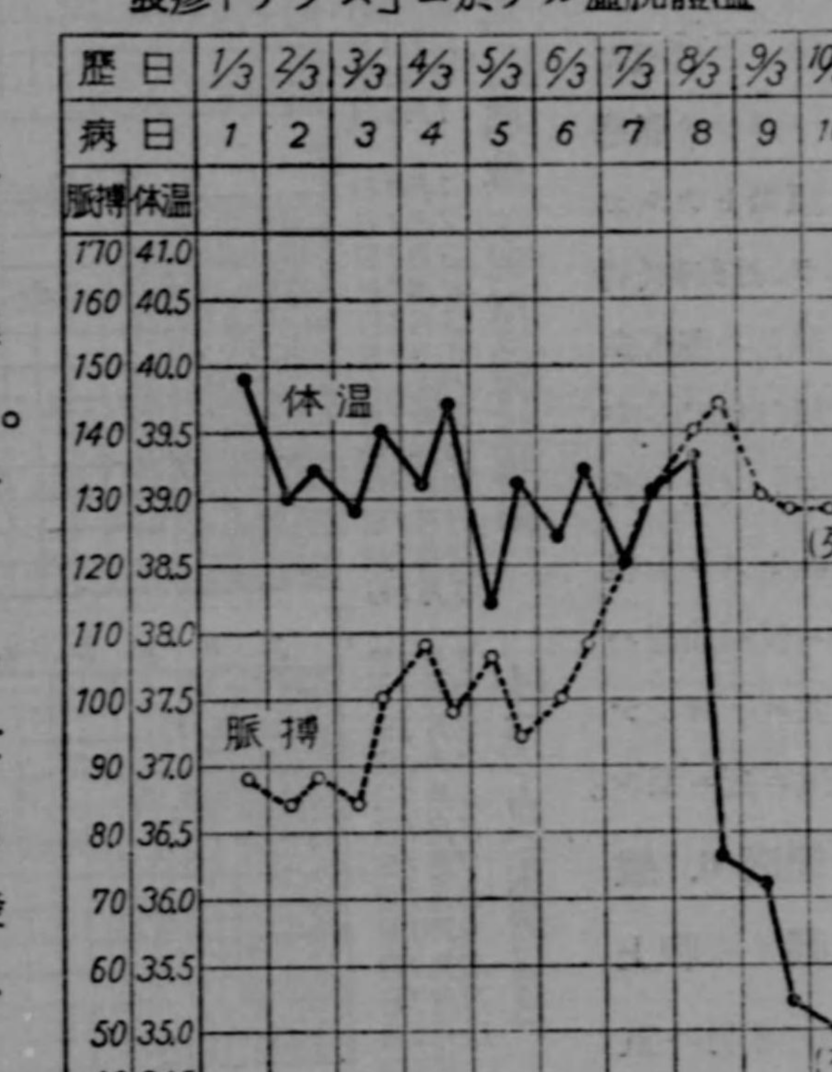
（4）（出生數）－(死亡數）ヲ人口ノ自然増加トイヒ其ノ一年間ニ於ケル人口ノ増加ヲ示ス。出生數及死亡數ガ漸増ノ傾向アルノミデハ効果ナク，此ノ自然増加數ノ増加コソ國力發展ノ基礎デアル。明治以來之モ亦漸増ノ傾向ニアツタガ，昭和2年頃ヨリ概ネ90萬人程度デ停止ノ狀態ニアル。其ノ原因ノ探求ト之ガ排除及ビ多產ノ奬勵，衞生施設ノ完備ニ依ル死亡特ニ乳幼兒ノ死亡防止ニ依リ益々此ノ自然増加ヲ増大シ國力發展ノ基礎ヲ確立スベキデアル。

東京正米相場ノ變動



第 17 圖

發疹「チブス」ニ於ケル虚脫體溫



第 18 圖

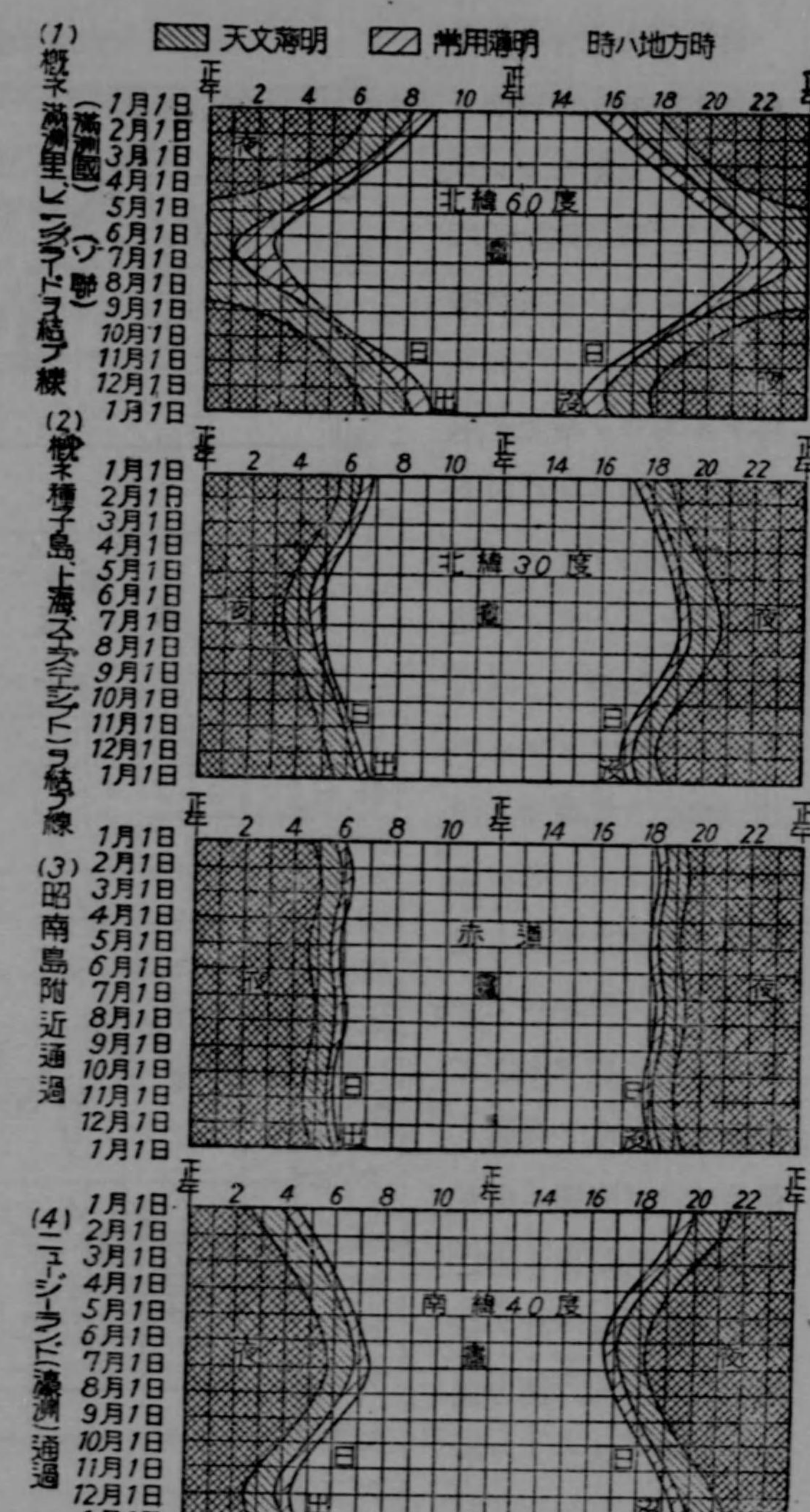
問題 4. 東京正米相場（第17圖）

各種ノ現象ガ米ノ相場ニ如何ナル影響ヲ與ヘルカガ分ル。

問題 5.（第18圖）

熱度表ヲ見ルニ虚脱ノ際多クハ體溫ガ下降シテ脈搏頻繁トナルカラ，熱曲線(實線)ハ脈搏曲線(點線)ト交叉シ（之ヲ凶兆トスル）後ニ又兩曲線ハ共ニ下降シテ遂ニ死ニ至ル。

問題 6. 晝夜圖（作戰上特ニ薄明ハ重要視セラレル）



第 19 圖

第19圖ハ何レモ横軸ニ地方時，縱軸ニ一年ノ日ヲトリ日出，薄明，日沒，夜ノ時間ヲ連ネテ得タ圖表デアル。四個ノ圖ヲ比較研究スルコトニ依リ次ノ事柄ガ分ル。

（1） 赤道附近ニ於テハ一年ヲ通ジ晝，夜ノ時間ハ概ネ相等シイ。

（2） 北緯ノ度ガ高クナルニ從ヒ內地ノ夏ノ頃ノ夜ハ短ク，冬ノ夜ハ長クナル。

（3） 南緯ノ度ガ高クナルニ從ヒ夏ノ夜ハ長ク，冬ノ夜ハ短ク北半球ト反對デアル。

（4） 緯度ガ進ンデ北極及ビ南極ニ於テハ半年ハ夜，殘リ半年ハ晝デ南北兩極ニ於テハ其ノ時期ガ相反スル。

問題 本節問題1ノ氣溫表ト對照シテ緯度ト日照時間ノ長短，氣溫トノ關係ヲ研究セヨ。

7. ぐらふ描畫上ノ注意

自動車ノ「エンヂン」ニ關シ次ノ値ヲ得タトスル。

機關每分回轉數（R.P.M）	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
實馬力（B.HP）	17	21.7	24.5	27.5	30.5	34.2	36.5	38.9	41.8	43.9	46.5	48.0	50.0
回轉力（瓩・米）	21.4	21.6	21.9	22.1	22.2	22.1	21.9	21.6	21.3	20.9	20.5	20.2	19.6
燃料消費量（立）	38	37.5	37.1	37.1	37.0	36.9	36.9	37.0	37.1	37.2	37.5	37.9	38.1

之ヲ一ツノぐらふニ表ハス場合ノ例ニ就イテ一般ニぐらふ描畫上ノ注意ヲ述ベル。（第20圖參照）

（1） 內容ヲ適確ニ表ハス題名ヲ附スルコト。

自動車機關ノ特性曲線

（2） 機關每分ノ回轉數ガ基礎ニナツテヰルカラ之ヲ橫軸上ニト

リ他ノ三量卽チ實馬力，回轉力，燃料消費量ヲ縱軸上ニトル。

（3） 機關回轉數ハ600ヨリ1800迄デアルカラ橫軸ノ目盛ハコノ間丈ケニスル。(不要ノ目盛ハ記サナイ)

（4） 實馬力ハ17以上50迄デアルカラ縱軸上例ヘバ10カラ50迄トスル。(同上)

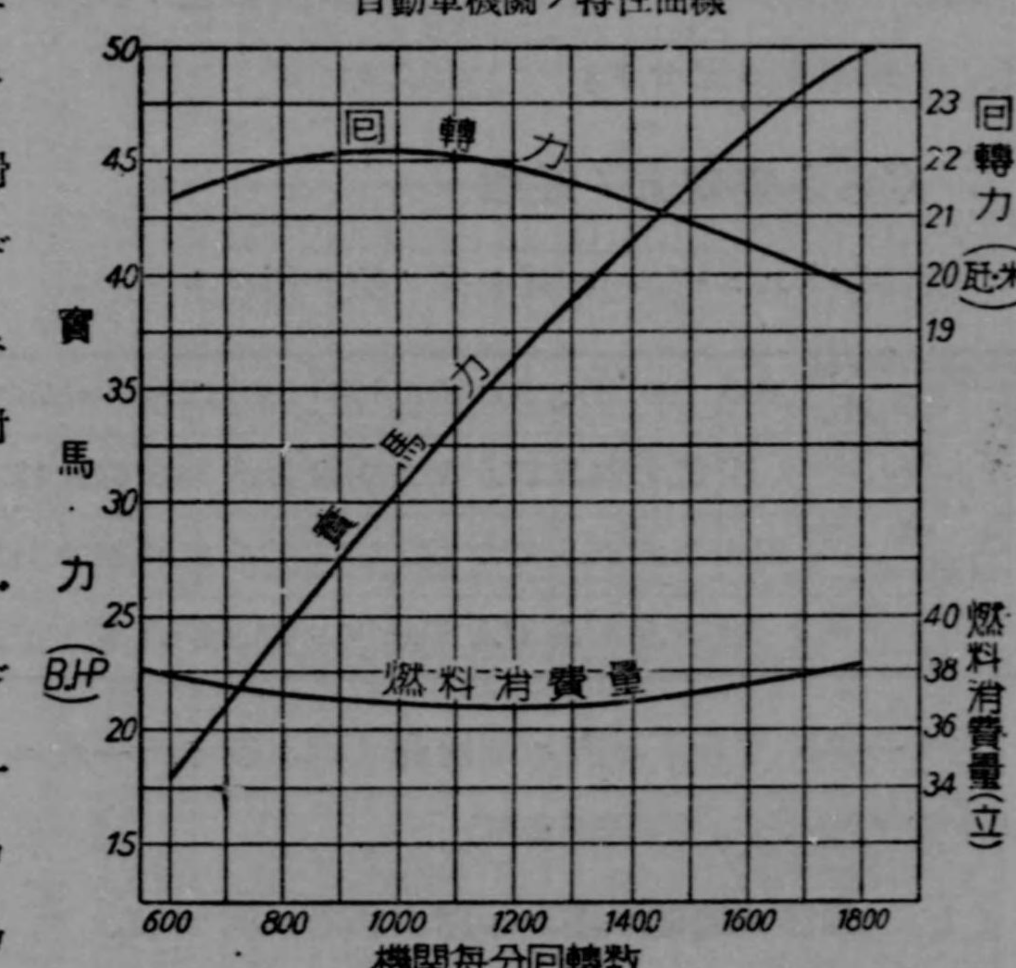
（5） 兩軸上ノ目盛ノ單位ハ適當ニ撰ブ。(必ズシモ等シクスル必要ハナイ)

（6） 回轉力，燃料消費量ハ適當ナ位置ニ撰ンデ明瞭ニ畫ク。兩者ノ數値ハ其ノ範圍何レモ小デアルカラ必要目盛丈ケヲ目盛ル。

（7） 各目盛ニ沿ヒ其ノ名稱ト單位トヲ明記スル。

（8） 表ニ基イテ各點ヲトリ之等ヲ滑カナル曲線デ結ビ，コレニ沿ヒ名稱ヲ附ケル。

自動車機關ノ特性曲線



第 20 圖

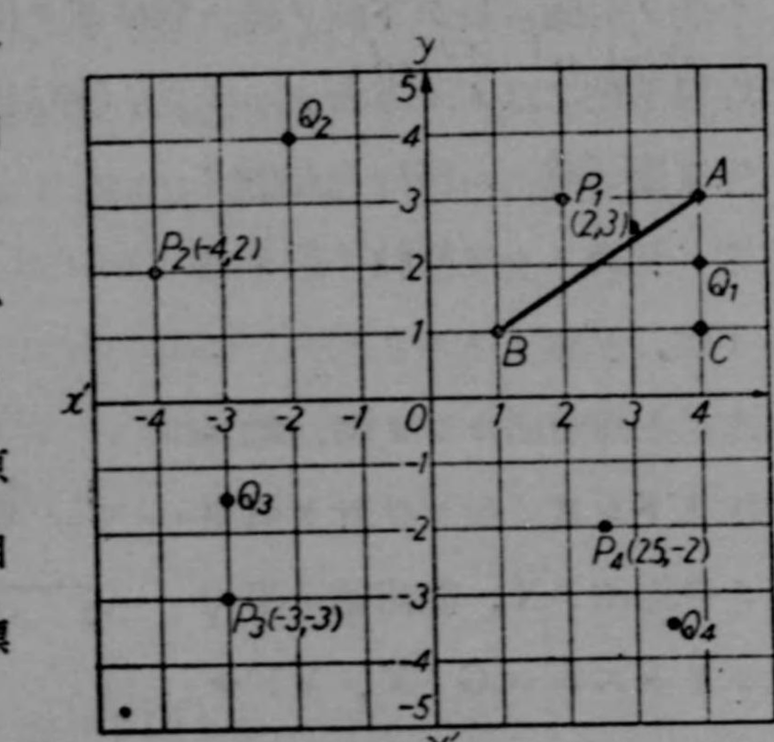
要スルニぐらふハ正確デアルト共ニ一目瞭然タルコトガ缺クベカラザル要件デアルカラ其ノ都度工夫ヲスルコトガ肝要デアル。

第二章 直線ぐらふ

8. 直角座標

平面上ノ點ノ位置ヲ示スノニ其ノ平面上ニ直交スル二直線ヲ定メ其ノ點ヨリ此ノ二直線ニ到ル距離ヲ以テスルコトガアル。

卽チ水平ナル直線（通常之ヲ橫軸又ハx軸トイフ）ト之ニ直交スル直線（通常之ヲ縱軸又ハy軸トイフ）トヲ引キ其ノ交點Oヲ原點，二直線ヲ座標軸トイヒ，此ノ上ニ原點ヨリ始メテ適當ナル單位（兩軸上ノ單位ハ必ズシモ等シクナクテモヨイ）ヲ以テ目盛ヲ施ス。



第 21 圖

此ノ時通常x軸ニ於テハ原點ヨリ右ニ正，左ニ負ノ目盛ヲ施シy軸ニ於テハ原點ヨリ上ニ正，下ニ負ノ目盛ヲ附ケル。之ヲ直角座標軸トイフ。

第21圖ニ於テ點P_1ハ原點ヨリ右ニ2（或ハy軸ヨリ右ニ2），原點ヨリ上ニ3（或ハx軸ヨリ上ニ3）ノ距離ニ在ル。

此ノ時2ヲP_1ノ橫座標又ハx座標，3ヲP_1ノ縱座標又ハy座標トイヒ纒メテ次ノ如ク記ス。 $P_1(2,3)$

又P_2ノ橫座標ハ-4，縱座標ハ2，故ニ $P_2(-4,2)$

同樣ニ $P_3(-3,-3)$

$P_4(2.5, -2)$

等ト記ス。原點Oノ座標ハ(0,0)トナル。尙斯クノ如ク座標軸ヲ設ケタ平面ヲ座標平面トイフ。

問 前圖ニ於テ點 Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 ノ座標如何。

答 $Q_1(4,2)$, $Q_2(-2,4)$

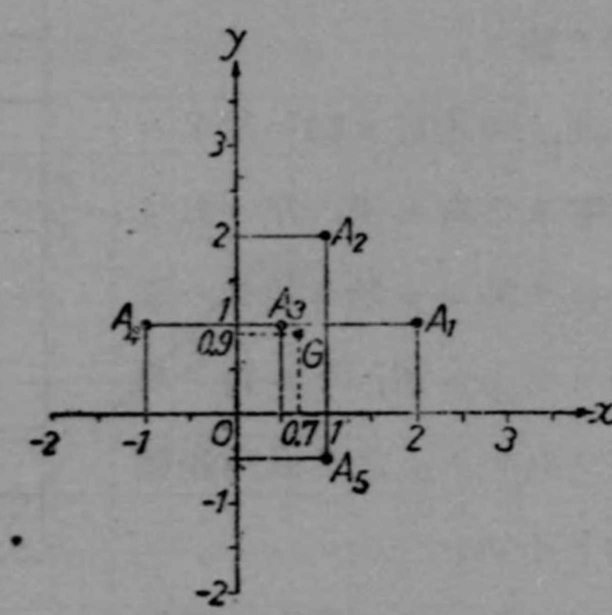
$Q_5(-3, -1.5)$, $Q_4(3.5, -3.5)$

9. 平均彈着點ノ求メ方

小銃ノ射擊ニ於テ下圖ノ樣ナ彈痕圖ヲ得タ時彈痕ノ座標ヲ測ツテ平均彈着點ヲ求メル方法ヲ示サウ。(諸兵射擊敎範第一部第三十一)

彈痕圖ヲ有スル紙面上任意ノ位置ニ直交スル座標軸ヲ設ケ之ヲ x 軸, y 軸トスル。

次ニ各彈着點カラ x 軸, y 軸ニ垂線ヲ下シ其ノ長サヲ計リ橫座標ノ平均値ヲ $\overline{X}$, 縱座標ノ平均値ヲ $\overline{Y}$ トスレバ G ($\overline{X}$, $\overline{Y}$) ナル點Gハ求ムル平均彈着點トナル。今實測ノ結果彈痕 A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 ノ兩軸ヨリノ距離卽チ座標ガ



第 22 圖

$A_1(2,1)$, $A_2(1,2)$, $A_3(0.5,1)$, $A_4(-1,1)$, $A_5(1,-0.5)$

デアツタトスレバ

$$\overline{X}=\frac{\text{橫座標ノ和}}{\text{彈數}}=\frac{2+1+0.5+(-1)+1}{5}=\frac{3.5}{5}=0.7$$

$$\overline{Y}=\frac{\text{縱座標ノ和}}{\text{彈數}}=\frac{1+2+1+1+(-0.5)}{5}=\frac{4.5}{5}=0.9$$

故ニ點G (0.7, 0.9) ハ求ムル平均彈着點デアル。

10. 二點間ノ距離

第21圖デ A, B 二點間ノ距離ヲ求メルニハ

$$BC=4-1=3, \qquad CA=3-1=2$$

故ニ「ピタゴラス」ノ定理ヨリ

$$BA=\sqrt{BC^2+CA^2}=\sqrt{3^2+2^2}=\sqrt{13}\fallingdotseq 3.6$$

一般ニ二點 $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$ ノ距離ハ次式デ與ヘラレル。

$$\mathbf{P_1P_2=\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2}}$$

例 1粁方眼ヲ施シタ五萬分ノ一地圖ニ於テ例ヘバ橫座標ガ 568.7粁, 縱座標ガ 534.3粁ノ點ヲ軍事上〔X568.7, Y534.3〕ト記ス習慣ガアル。二點 A〔X568.7, Y534.3〕, B〔X582.5, Y530.6〕ノ距離ヲ求メヨ。

解 $AB=\sqrt{(568.7-582.5)^2+(534.3-530.6)^2}$

$=\sqrt{193.21+13.69}=\sqrt{206.90}\fallingdotseq 14.3$(粁)……………(答)

A, B 共ニ兩座標ノ百位數ハ5デ等シイカラコノ時ハ5ヲ省イテヨイ。

11. 直線ぐらふ

自動車ガ每時 20km ノ速サデ進ム時, 所要時間ヲ t (時), 其ノ間ニ進ム距離ヲ S (km) トスレバ S ト t トノ間ニハ次ノ關係ガアル。

$$S=20t \quad 或ハ \quad \frac{S}{t}=20$$

此ノ樣ナ場合ニ於テハ時間ヲ 2倍, 3倍, 4倍, ……, $\frac{1}{2}$ 倍, $\frac{1}{3}$ 倍, ……等トスレバ距離ハ同ジク 2倍, 3倍, 4倍, ……, $\frac{1}{2}$ 倍, $\frac{1}{3}$ 倍, ……等トナル。斯クノ如キ關係ヲ有スル二ツノ量ハ互ニ正比例スルトイフ。

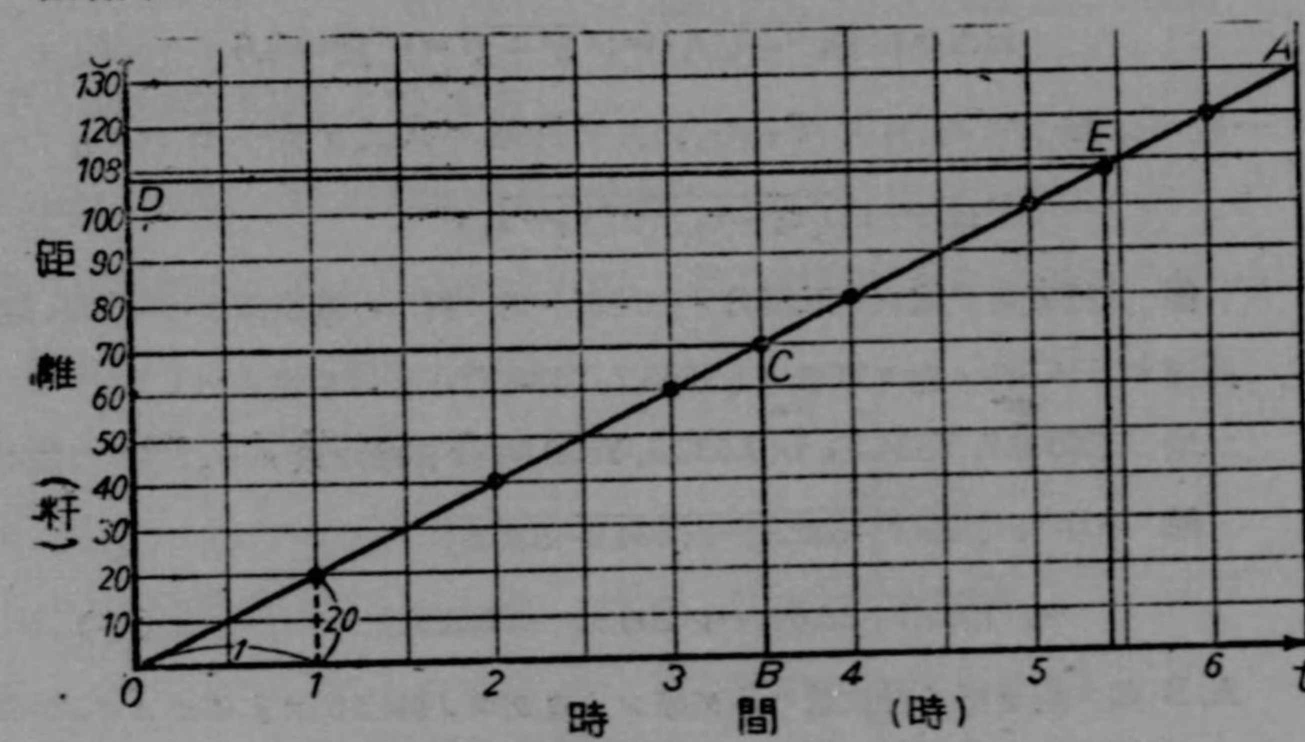
今 t ノ變化ニ伴フ S ノ變化ヲ表ニ作レバ

時間（t時）	1	2	3	4	5	6	…………
距離（Skm）	20	40	60	80	100	120	…………

トナル。茲ニ於テ時間ヲ橫座標，距離ヲ縱座標トスル點

$$(1,20),(2,40),(3,60),(4,80),(5,100),(6,120),\cdots\cdots(1)$$

ヲ座標平面上ニトレバ各點ハ一直線ＯＡ上ニアルコトヲ知ル。



第 23 圖

何トナレバ對應スルＳトtトノ値ノ比ハ凡テ 20 ニ等シク從ツテ(1)ノ各點ト原點トヲ結ブ直線ノ傾斜ハ何レモ 20 デアル。故ニ各點共ニ原點ヲ通リ傾斜ガ20デアル直線ＯＡ上ニアル。

コノぐらふヲ利用シテ所要時間ヲ與ヘテ距離ヲ，距離ヲ與ヘテ所要時間ヲ求メルコトガ出來ル。

例 1　3.5時間ニ進ム距離ハ橫軸上3.5ノ點Ｂヨリ垂線ヲ立テ直線ＯＡトノ交點Ｃノ縱座標ヲ讀ミ 70km ヲ得ル。コレガ求ムル距離デアル。

例 2　108km ヲ行クニ要スル時間ハ縱軸上108ノ點Ｄヨリ橫軸ニ平行線ヲ引キ直線ＯＡトノ交點Ｅノ橫座標ヲ讀ミ 5時24分ガ得ラレル。

定理　一般ニ x,y ガ正比例スルトキハ

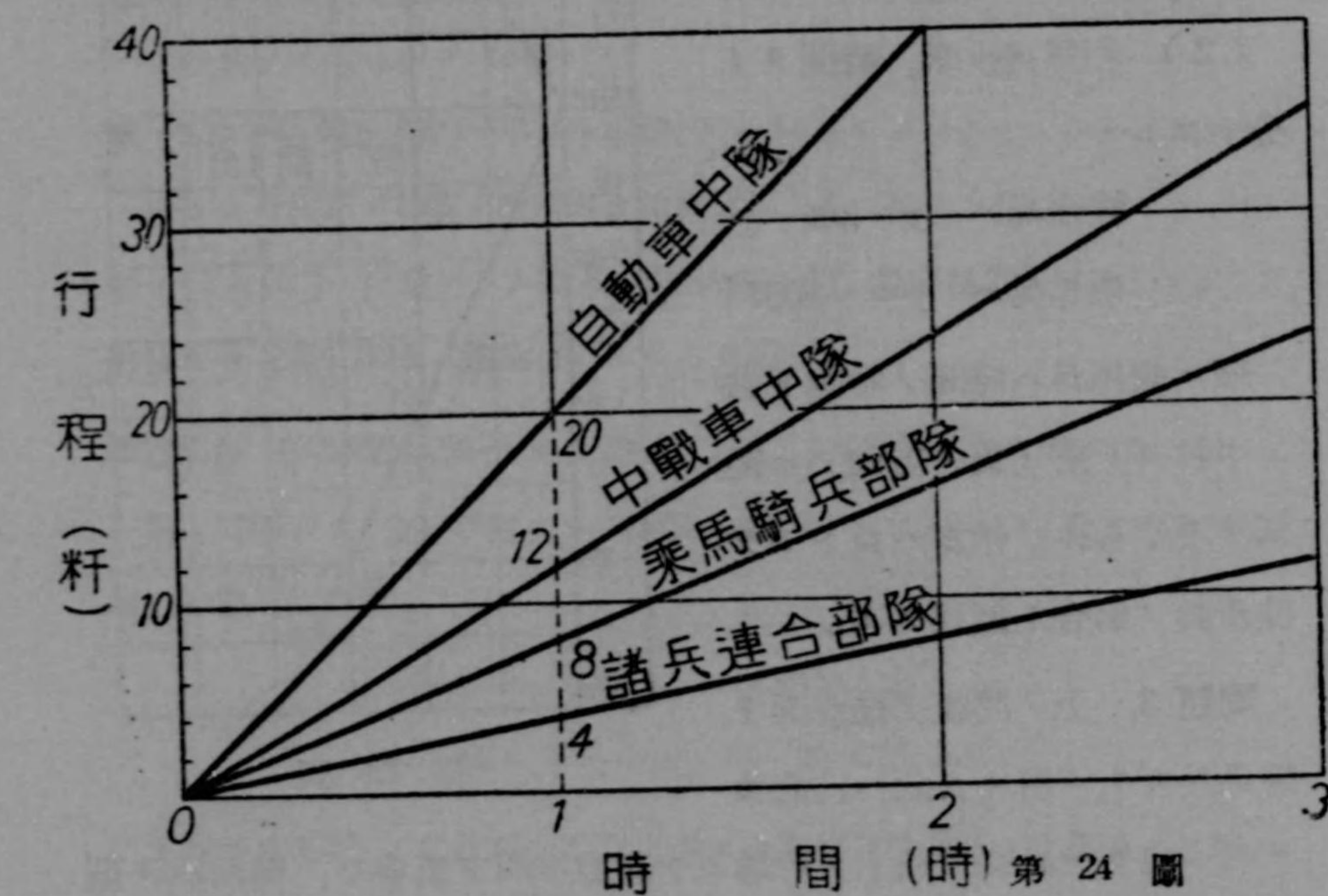
$$y=mx \quad 或ハ \quad \frac{y}{x}=m \quad （但シ m ハ常數）$$

ナル關係ガ成立シ，コノ方程式ノぐらふハ原點ヲ通リ傾斜ガ m デアル直線トナル。

問題 1. 右ノ表ヨリ各部隊ノ行軍行程ト時間トノ關係ヲぐらふデ示セ。（解第24圖）

行軍速度ノ標準表（晝間）

部　　隊	行軍速度(粁/時)
諸兵連合部隊	4
乘馬騎兵部隊	8
自動車中隊	20
中戰車中隊	12



第 24 圖

時間ヲ t（時），行程ヲ y（粁）トスレバ

諸兵連合部隊ハ　$y=4t$,　此ノ直線ノ傾斜＝4

乘馬騎兵部隊ハ　$y=8t$,　〃　＝8

自動車中隊ハ　$y=20t$,　〃　＝20

中戰車中隊ハ　$y=12t$,　此ノ直線ノ傾斜　$=12$

トナリ何レモ原點ヲ通リ傾斜ガ夫々4, 8, 20, 12ナル直線トナル。

問題 2. 甲村ヲ同時ニ出發シテ徒步兵ハ毎分86米ノ速サデ北ヘ，乘馬兵ハ毎分100米ノ速サデ南ニ進ムトキ兩者ノぐらふヲ作レバ第25圖ノ如クナル。コノぐらふヲ使ツテ

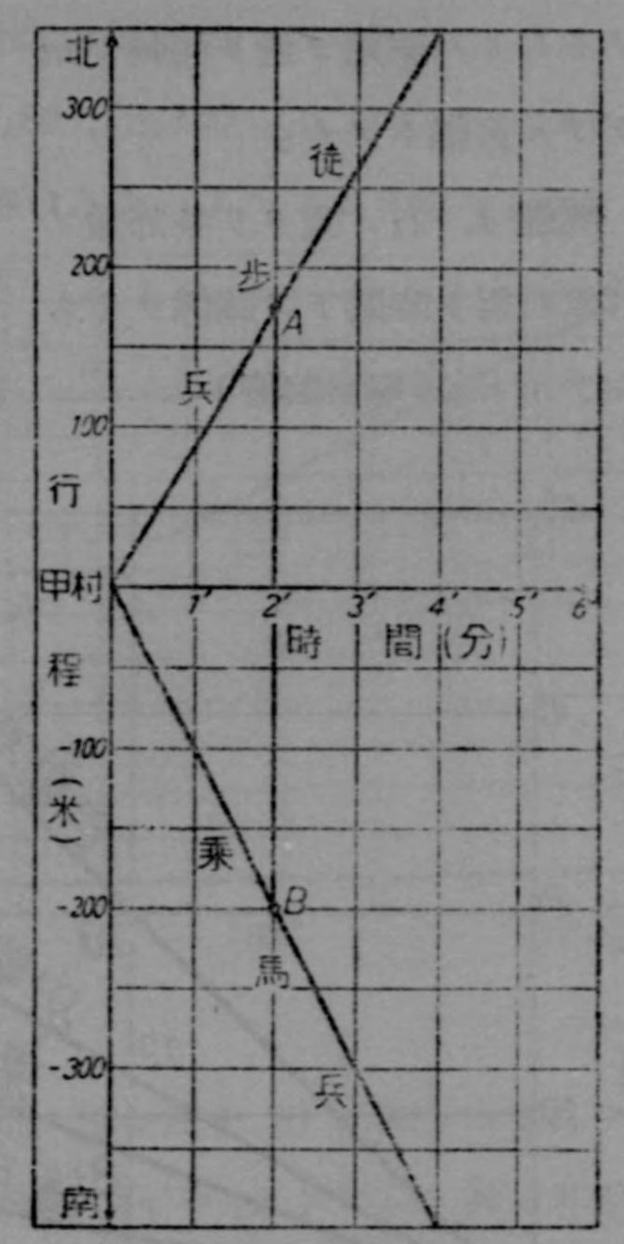
（1）　2分後ノ兩者ノ距リハ

$$BA=372m$$

（2）　行程ヲy米，時間ヲt分トスレバ

徒步兵ハ　$y=86t$

乘馬兵ハ　$y=-100t$



第 25 圖

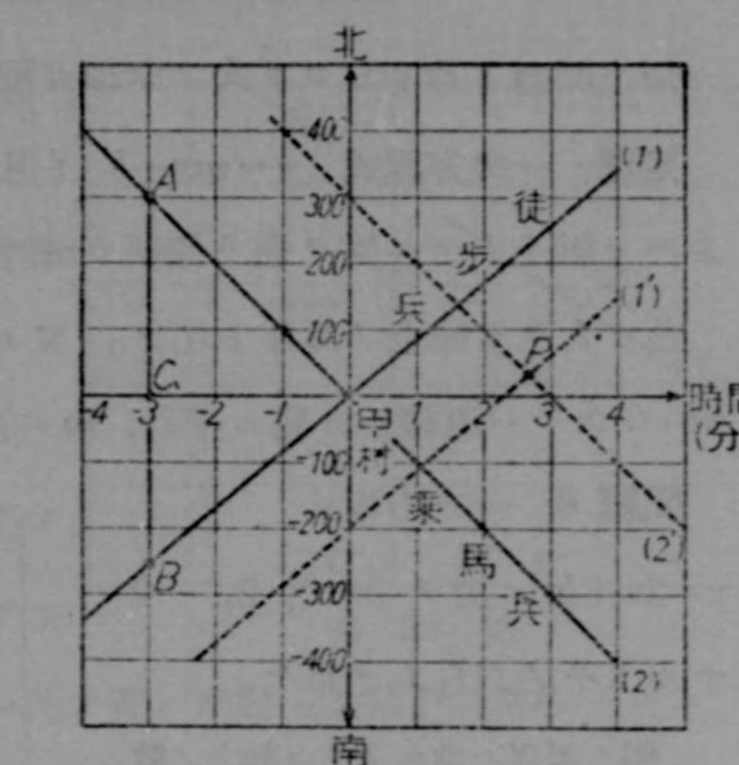
茲ニ乘馬兵ハ時間ノ增加ト共ニ甲村ヨリ南（負ノ方向）ニ距ルカラぐらふノ傾斜ハ負トシテ徒步兵ノ場合ト區別スル。

問題 3. 上ノ問題デ徒步兵ト乘馬兵ガ夫々南カラ北ヘ，北カラ南ヘ向ツテ同ジ道路上ヲ行進シテ現在甲村デ出會ヒ，尙前進ヲ續ケルトキノぐらふハ縱軸ノ左側ニモ存在スルコトトナリ，第26圖ノ如クナル。

コノぐらふニヨレバ3分前ニハ徒步兵ハ甲村ノ南258米ノ所ニ乘馬兵ハ甲村ノ北300米ノ所ニ在リ兩者ノ距リハ BA＝558米 デアツ

タコトガ分ル。

問題 4. 前ノ問題デ現在徒步兵ハ甲村ノ南方200米乘馬兵ハ甲村ノ北方300米ノ地點ヲ通過シテ前進ヲ續ケルモノトスレバ兩者ハ何時，ドノ地點デ出會フカ。



第 26 圖

解　縱軸上－200ノ點ヲ通リ(1)ニ平行ナ直線(1′)ハ徒步兵ノぐらふデアリ，縱軸上300ノ點ヲ通リ(2)ニ平行ナ直線(2′)ハ乘馬兵ノぐらふトナル。(第26圖)

從ツテ今後或ル時間ノ後兩者ガ相會スルノハ，兩者ノ距離ガ零ニナル所卽チ(1′),(2′)ノ交點デアル點Pノ橫座標約2.7，縱座標約30ヲ讀ンデ約2.7分後甲ヨリ北約30米ノ地點デアルコトヲ知ル。

問題 5. 第26圖ニ於ケル直線(1′),(2′)ノ方程式ヲ求メヨ。

解　時間ヲt(分)，甲村ヨリノ距離ヲy(米)トスレバ(1)及ビ(2)ノ方程式ハ既ニ知ル如ク

$$y=86t \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$$y=-100t \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

トコロガ(1′)ノぐらふハ(1)ノ兵ヨリ常ニ200米後レテ北進スル兵ノぐらふト考ヘラレルカラ方程式ハ

$$y=86t-200 \cdots\cdots\cdots\cdots (1')$$

又(2′)ノぐらふハ(2)ノ乘馬兵ヨリ常ニ300米後レテ南進スル兵ノぐらふト考ヘラレルカラ方程式ハ

$$y=-100t+300 \cdots\cdots\cdots\cdots (2')$$

以上問題1乃至5ヨリ次ノ定理ガ推知セラレル。

定理　一次方程式　$y=mx+b$　(但シ m,b ハ常數トス。) ノぐらふハ y 軸上 b ナル點ヲ通リ傾斜ガ m ナル直線トナル。

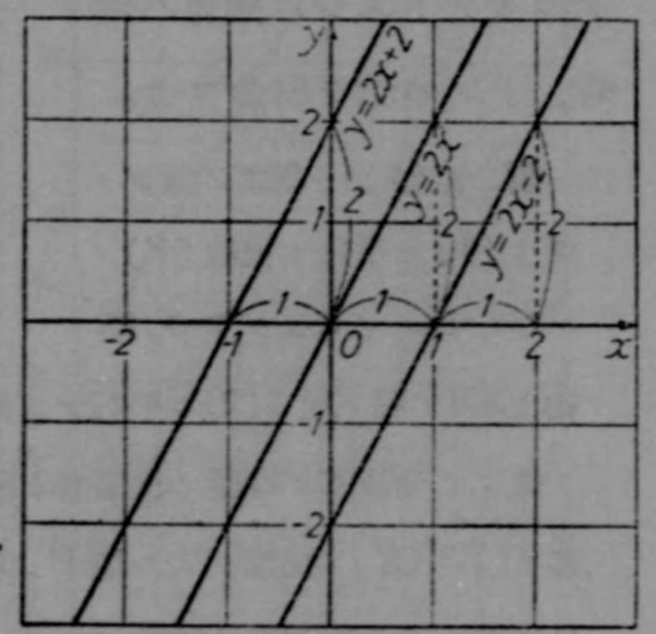
茲デ b ヲ y 軸上ノ截片(セツペン)トイフ。又 $m>0$ ナラバ直線ハ右上リ，$m=0$ ナラバ直線ハ x 軸ニ平行，$m<0$ ナラバ直線ハ右下リトナル。

問題 6.　一次方程式

$y=2x+b$　ニ於テ　$b=0,\ 2,\ -2$

ナルトキノぐらふヲ畫ケ。

解　傾斜ハ常ニ2デ y 軸上ノ截片ガ $0, 2, -2$ ナル平行直線ガ求ムルモノデアル。(第27圖)



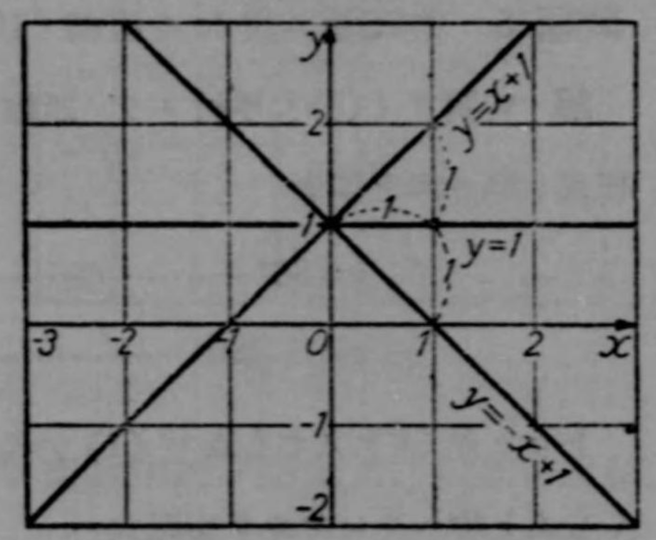
第 27 圖

問題 7.　一次方程式

$y=mx+1$　ニ於テ　$m=0, 1, -1$

ナルトキノぐらふヲ畫ケ。

解　$m=0$ ノトキハ y 軸上ノ截片ガ1デ x 軸ニ平行ナ直線トナリ，$m=1$ ノ時ハ y 軸上ノ截片ガ1デ傾斜1ナル直線，$m=-1$ ノ時ハ y 軸上ノ截片1，傾斜 -1 ナル直線トナル。(第28圖)



第 28 圖

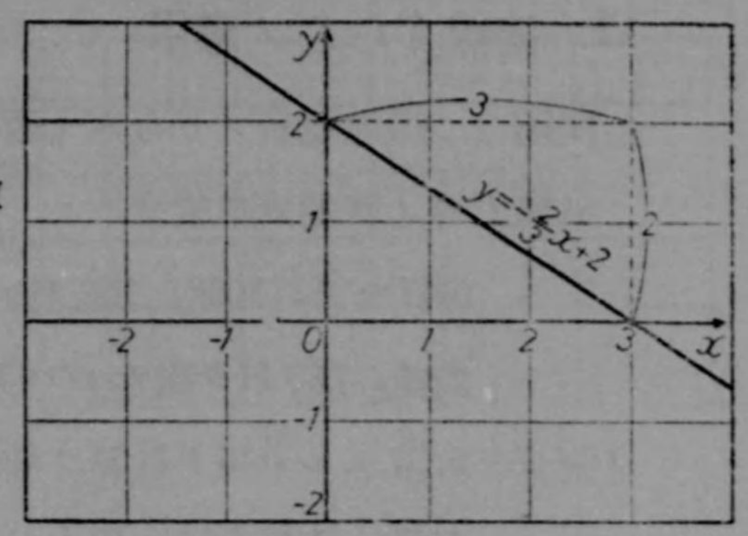
問題 8.　一次方程式

$2x+3y=6$ ノぐらふヲ畫ケ。

解　與ヘラレタ方程式ヲ y ニツイテ解ケバ

$$y=-\frac{2}{3}x+2$$

故ニ y 軸上ノ截片2，傾斜 $-\dfrac{2}{3}$ ナル直線トナル。(第29圖)



第 29 圖

問題 9. 溫度計ノ攝氏ノ度數 x ト華氏ノ度數 y トノ間ニハ

$$y=\frac{9}{5}x+32\cdots\cdots(1)$$

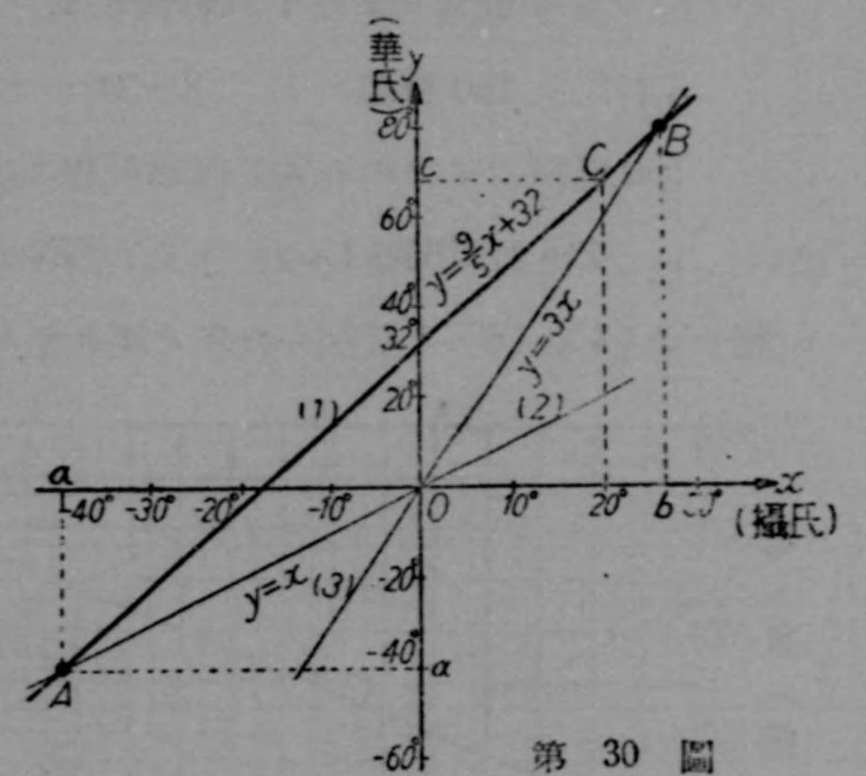
ナル關係ガアル。之ハ y 軸上ノ截片ガ $32°$ デ，傾斜ガ $\dfrac{9}{5}$ デアル直線ヲ表ハス。(第30圖)但シ此ノ圖ハ兩軸上ノ單位ハ等シクナイ。

コノ圖表ヲ利用シテ問題ヲ解ク例ヲ示ス。

(i)　攝氏 $20°$ ハ華氏何度カ。

x 座標ガ20デアル(1)上ノ點 C ノ y 座標 c ヲ讀ミ $68°$ ガ得ラレル。

(ii)　攝氏ノ度數ト華氏ノ度數トガ等シイノハ何度カ。



第 30 圖

x ト y トハ (1) ノ關係ヲ滿足スルト同時ニ $y=x\cdots\cdots(2)$ ナル關係モ滿足スベキデアルカラ (2) ノ直線ヲ畫キ (1) トノ交點 A ノ座標 (a, a) ヲ讀ミ $a=-40°$ ヲ得ル。

(iii)　華氏ノ度數ガ攝氏ノ度數ノ3倍トナルハ何度カ。

x, y ハ (1) ノ他ニ $y=3x\cdots\cdots(3)$ ヲ滿足スベキデアルカラ (3) ノ直線ヲ畫キ (1) トノ交點 B ノ橫座標 b ヲ讀ミ攝氏 $26°$ ヲ得ル。

12. 直線ぐらふノ應用

問題 1. 鐵道運賃ノぐらふ（通行稅ヲ含マズ）

省線三等ノ普通乘車賃金ハ

5粁マデハ10錢，150粁マデハ1粁ニツキ2錢，150粁ヲ超エレバ1粁ニツキ1錢 ……(1)

ノ割合デ計算スル。但シ計算ヲ簡單ニスルタメニ

粁數ハ1粁未滿ハ切上ゲ，又運賃ハ5錢未滿ハ5錢ニ，10錢未滿ハ10錢ニ切上ゲル ……(2)

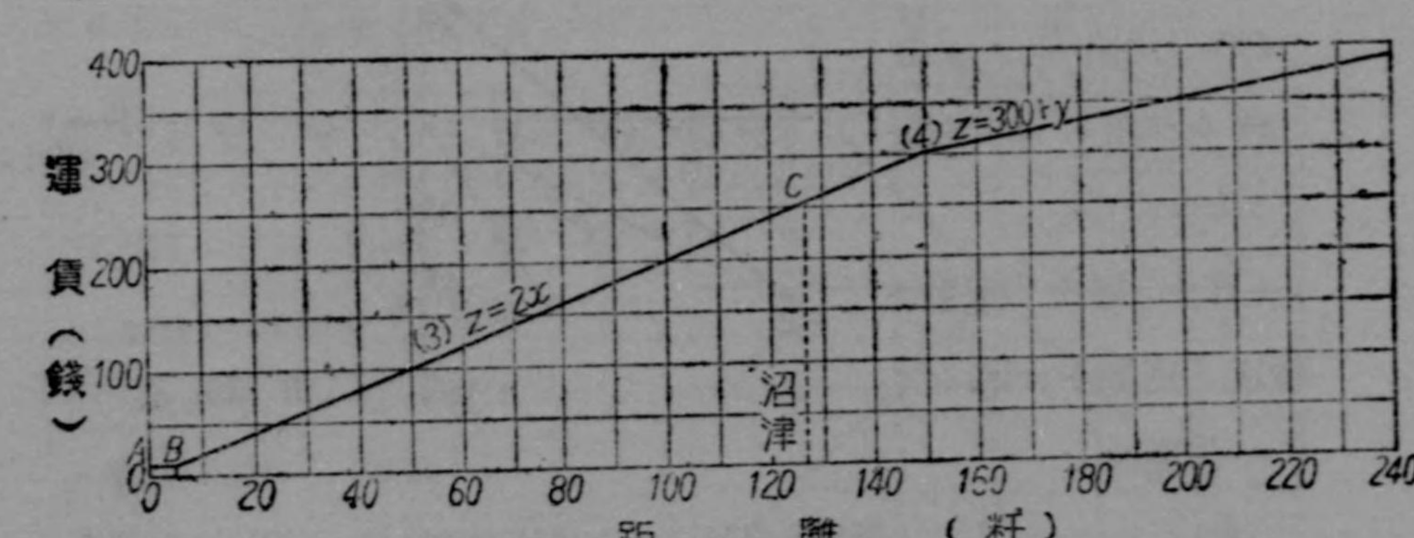
今(1)ノミニ就イテ考ヘレバ粁數ヲx，運賃ヲZ錢トスレバ

5粁以上150粁迄ハ　　$Z=2x$ ……………………………(3)

150粁以上ノトキハ其ノ超過粁數ヲyトスレバ

$Z=2\times150+1\times y$　　$\therefore$　$Z=300+y$ ……………(4)

從ツテ(3)，(4)ノぐらふハ次ノ如クナル。



第 31 圖

然シ乍ラ端數ノ計算ヲ(2)ニ依ツテ行フタメぐらふハ第32圖ノ如ク階段狀ニナル。（120粁カラ130粁ノ間ノミ示ス）

例ヘバ東京，沼津間ノ運賃計算ハ（第32圖ニヨレバ直チニ得ラレル）

距離＝126.2粁

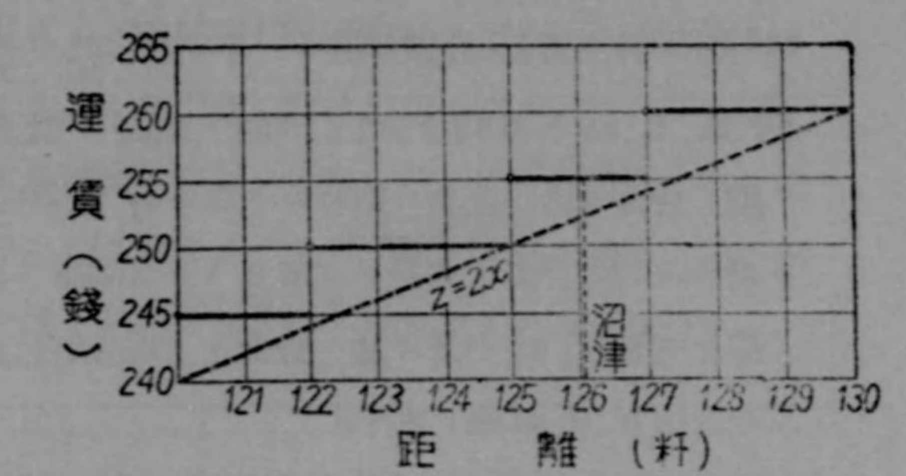
2ヲ切上ゲ127粁トシ

2錢×127＝254錢

デ4錢ヲ切上ゲテ

255錢

トナル。



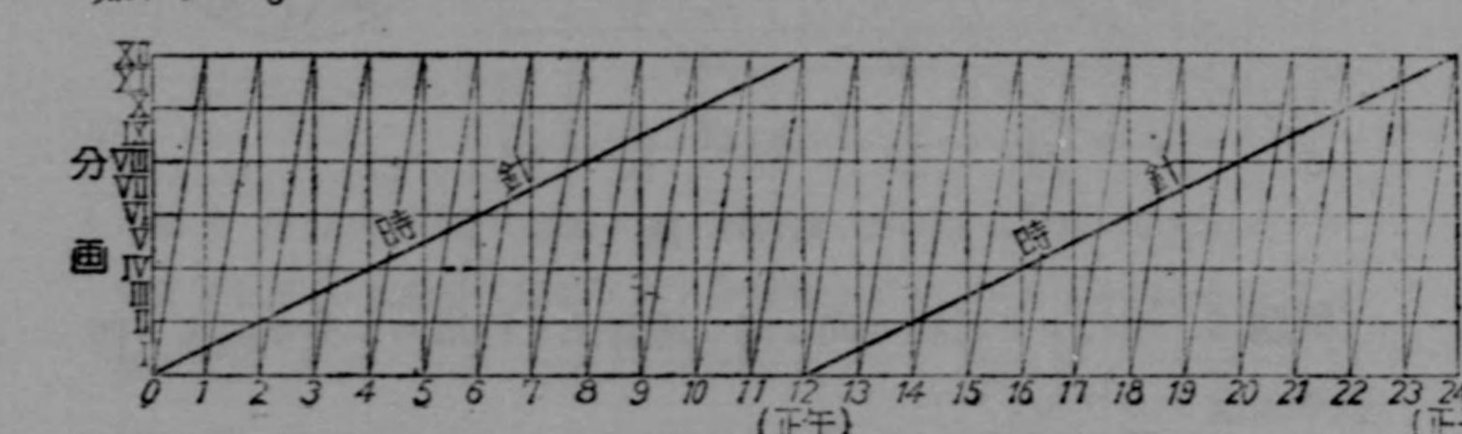
第 32 圖

然ルニ第31圖ニ依ツテ求メレバ約250錢トナリ實際ノ値ヨリ5錢少イ。從ツテ第31圖ハ概算ニハ便利デアルガ正確ニハ第32圖ヲ用ヒナケレバナラヌ。

問題 2. 時計ノ兩針

時計ノ分針，時針ハ每時各々60分畫，5分畫ヲ回轉スル。

今橫軸ニ時間，縱軸ニ分畫（便宜上5分畫ヲ單位トシ，Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ Ⅳ，Ⅹ，Ⅺ，Ⅻ …… ヲ以テ示ス）ヲトツテ兩針ノぐらふヲ作レバ次ノ如クナル。



第 33 圖

次ニ例ヘバ5時ト6時トノ間ノ圖表ヲ擴大シテ時計問題ノ解法ノ例ヲ示ス。（第34圖）

例 1. 5時ト6時トノ間ニ於テ兩針ノ重ナル時刻ヲ求メヨ。

解　分針ノぐらふaト時針ノぐらふbトノ交點Aノ橫座標ヲ讀ンデ約5

時27分20秒ヲ得。(計算ニ依レバ $5+25\div(1-\frac{1}{12})$ ＝5時27分$16\frac{7}{11}$秒)

例 2. 5時ト6時トノ間ニ於テ兩針ノ直角ヲナス時刻ヲ求メヨ。

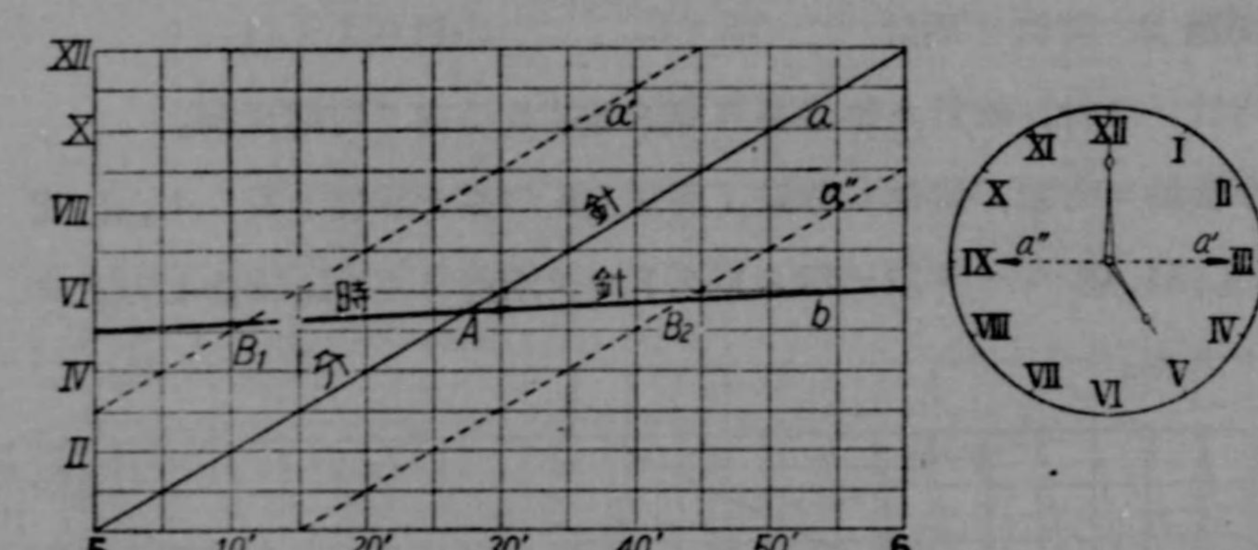
解 分針ニ之ト直角ニ取付ケラレタ針 α', α'' ヲ假想スレバ α', α'' ガ時針ト重ナル時ハ分針ト時針トガ直角ヲナス時デアル。

然ルニ針 α', α'' ハ夫々常ニ分針ヨリ15分齒先及ビ後ニアルカラ其ノぐらふハ夫々 a', a'' 直線トナル。

故ニ例1ト同様 α' ト b トノ交點 B_1 ノ横座標ヲ讀ンデ約5時11分ヲ，α'' ト b トノ交點 B_2 ノ横座標ヲ讀ンデ約5時43分ヲ得。

計算ニ依レバ　$5+10\div\frac{11}{12}$ ＝5時10分$49\frac{1}{11}$秒

$5+40\div\frac{11}{12}$ ＝5時43分$38\frac{2}{11}$秒



第 34 圖

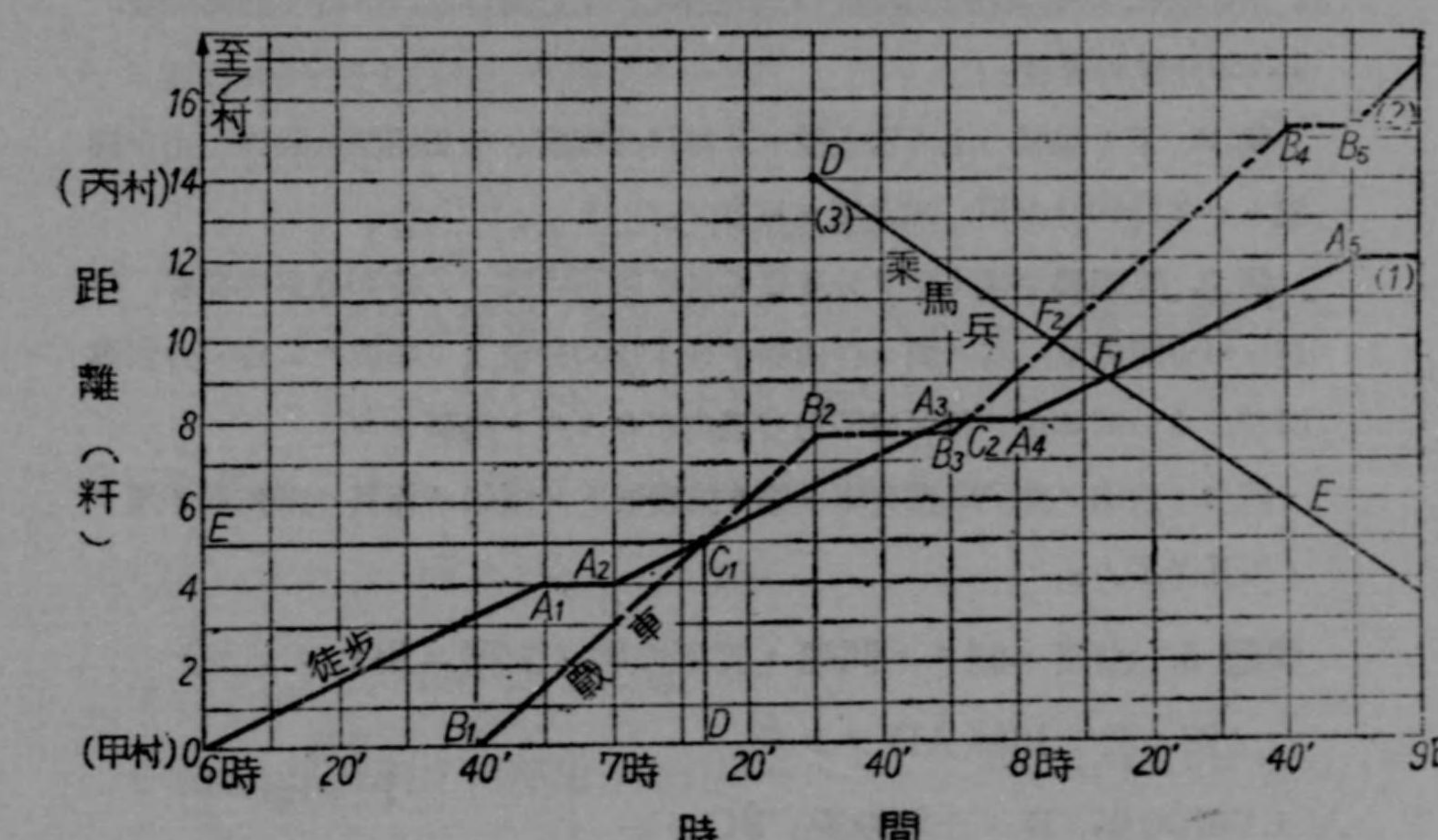
問題 3. 甲村ヨリ乙村ニ向ヒ同ジ道路上ヲ行軍スル徒歩部隊ト輕戰車部隊トガアル。

徒歩部隊ハ6時其ノ先頭ヲ以テ甲村ヲ出發シ毎時50分間ニ4粁前進シテ10分間休憩スル割合デ前進シ，輕戰車部隊ハ6時40分其ノ先頭ヲ以テ甲村ヲ出發シ50分間ニ16粁前進シテ10分間休憩スル割合デ前進スルモノトスル。但シ戰車ハ第一回ノ休憩ノ際故障修理ノタメ20分ヲ費シタ。兩者ノぐらふヲ畫キ次ノ問題ヲ研究スル。

例 1. 徒歩部隊ノ行軍ぐらふハ第35圖(1)ノ折線トナル。

例 2. 戰車部隊ノ行軍ぐらふハ第35圖(2)ノ折線トナル。

例 3. 戰車部隊ノ先頭ガ最初徒歩部隊ノ先頭ニ追ヒ付ク時間及ビ其ノ地點ガ甲村ヨリ何粁ノ地點カハ(1),(2)ノぐらふガ始メテ交ル點 C_1 ノ横座標ヲ讀ミ7時13分，縦座標ヲ讀ミ甲村カラ5粁ノ地點デアルコトガ分ル。



第 35 圖

例 4. 甲村カラ14粁ノ距離ニアル丙村ヲ7時30分ニ出發シ甲村ニ向ツタ乘馬傳令ガ$\frac{1}{4}$ノ歩度（毎時7粁）デ前進スルモノトストキ徒歩部隊及ビ戰車部隊ノ先頭ニ出會フ地點及ビ時刻ヲ求メルニハ乘馬傳令ノ行軍ぐらふDEヲ畫キ之ガ(1),(2)ノぐらふヲ切ル點 F_1, F_2 ノ兩座標ヲ讀メバヨイ。

戰車部隊ノ先頭トハ8時5分ニ甲村カラ9.9粁ノ地點デ，徒歩部隊ノ先頭トハ8時13分ニ甲村カラ9粁ノ地點デ出會フ。

問題 4. 列車運行圖表（附圖第一）

附圖第一ハ東海道線東京，靜岡間ノ列車運行表ノ一部午後1時ヨリ午後6時ニ至ル間ヲ簡略ニシタモノノ一例デアル。

橫軸ニ時間（分マデ讀メル），縱軸ニ距離（粁）[驛間距離ニ應ジテ驛名ヲ記入ス] ヲトツテアル。（現在ハ24時間制ヲ採用ス。）

運行圖表ノ讀ミ方例

例 1. 東京驛午後一時發特急鷗號（第1031列車）ハ1時26分橫濱驛着，2分間停車，1時28分同驛發，3時沼津着，4分間停車，3時4分同驛發，3時50分靜岡驛着。

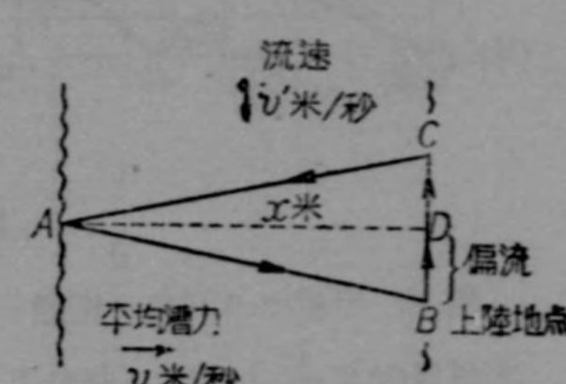
例 2. 下リ鷗號ハ上リ富士號ト2時14分鴨宮，小田原間ニ於テ，上リ櫻號トハ2時50分函南，三島間デ出會フ。

例 3. 靜岡驛午後1時9分發普通列車第703號ハ2時28分沼津驛着，待避シ11分間停車，其ノ間ニ靜岡驛午後1時50分發上リ櫻號ハ2時33分沼津驛着，4分間停車ノ後2時37分普通列車ヨリ先ニ出發スル。

例 4. 前例ノ第708號列車ト第4號櫻號トノ傾斜ノ相異ハ兩列車ノ速サノ相異ヲ示ス。

問題 5. 漕渡ニ關スル問題（渡河作戰ノ立案ニ用ヒラレル）

右ノ圖ニ於テ川幅ADヲx米，Aヲ乘船地點，Bヲ上陸地點，BCヲ對岸ノ渡場距離トスルトキ一回ノ漕渡時間及ビA渡場ノ配船數ヲ求メル公式ヲ示ス。



第 37 圖

DBハ之ヲ**偏流**トイヒ實驗上

$$偏流 \fallingdotseq 流速(米/秒) \times \frac{川幅(米)}{5}$$

故ニ流速ヲ v'米/秒 トスレバ

$$偏流DB = v' \times \frac{x}{5}$$

又 AB, AC ハ共ニ略々 AD ニ等シクx米トスレバ航路 A→B→D→C→A（之ヲ**三角航路**トイフ）ハ

$$三角航路 = 2(AB+BD) = 2\left(x + \frac{xv'}{5}\right)$$

三角航路ヲ一回往復スル時間ハ漕力ヲ平均每秒v米トスレバ

$$三角航路ヲ漕グ時間(秒) = 2\left(x + \frac{xv'}{5}\right) \div v$$

之ニAニ於ケル乘船時間（徒步兵ハ2分），Bニ於ケル上陸時間（徒步兵ハ1分）ノ和（徒步兵ナラバ3分）ヲ加ヘレバ一回ノ漕渡ニ要スル時間t（秒）ガ得ラレル。

以下徒步兵ニツイテ考ヘレバ

$$t = \frac{2}{v}\left(x + \frac{xv'}{5}\right) + 3 \times 60 \text{ (秒)} \cdots\cdots\cdots (1)$$

從ツテコノ場合A渡場ノ配船數yハ乘船時間（2×60秒）デ割ツテ

$$y = \frac{1}{60v}\left(x + \frac{xv'}{5}\right) + 1.5 \text{ (艘)} \cdots\cdots\cdots (2)$$

今流速 $v' = 1$米/秒，漕力 $v = 1$米/秒 トスレバ

(1) ヨリ $t = 2\left(x + \frac{x}{5}\right) + 180$

$$\therefore\ t = \frac{12}{5}x + 180$$

今兩邊ヲ60デ割ツテ時間ヲ分デ表ハスコトトスレバ（t秒ヲT分トス）

$$1回ノ漕渡時間\ \mathbf{T} = \frac{x}{25} + 3 \text{ (秒)} \cdots\cdots\cdots (3) 公式$$

從ツテ(2)式ハ次ノ如クナル。

$$配船數\ y = \frac{\mathbf{T}}{2} = \frac{x}{50} + 1.5 \text{ (艘)} \cdots\cdots\cdots (4) 公式$$

例 1. 川幅150米，流速每秒1米，漕力平均每秒1米ノ時徒步兵1回ノ漕渡時間及ビ其ノ渡場ノ配船數ヲ求メヨ。

解 公式(3)ニ於テ $x = 150$ トオケバ

$$漕渡時間\ T = \frac{150}{25} + 3 = 9 \text{ (分)} \cdots\cdots\cdots (答)$$

又(4)ヨリ

$$配船數\ y = \frac{T}{2} = \frac{9}{2} = 4.5 \text{ (艘)} \cdots\cdots\cdots (答)$$

例 2. 公式(3),(4)及ビ砲兵，乘(駄)馬ノ一回ノ漕渡時間ヲぐらふニ畫

ケ。

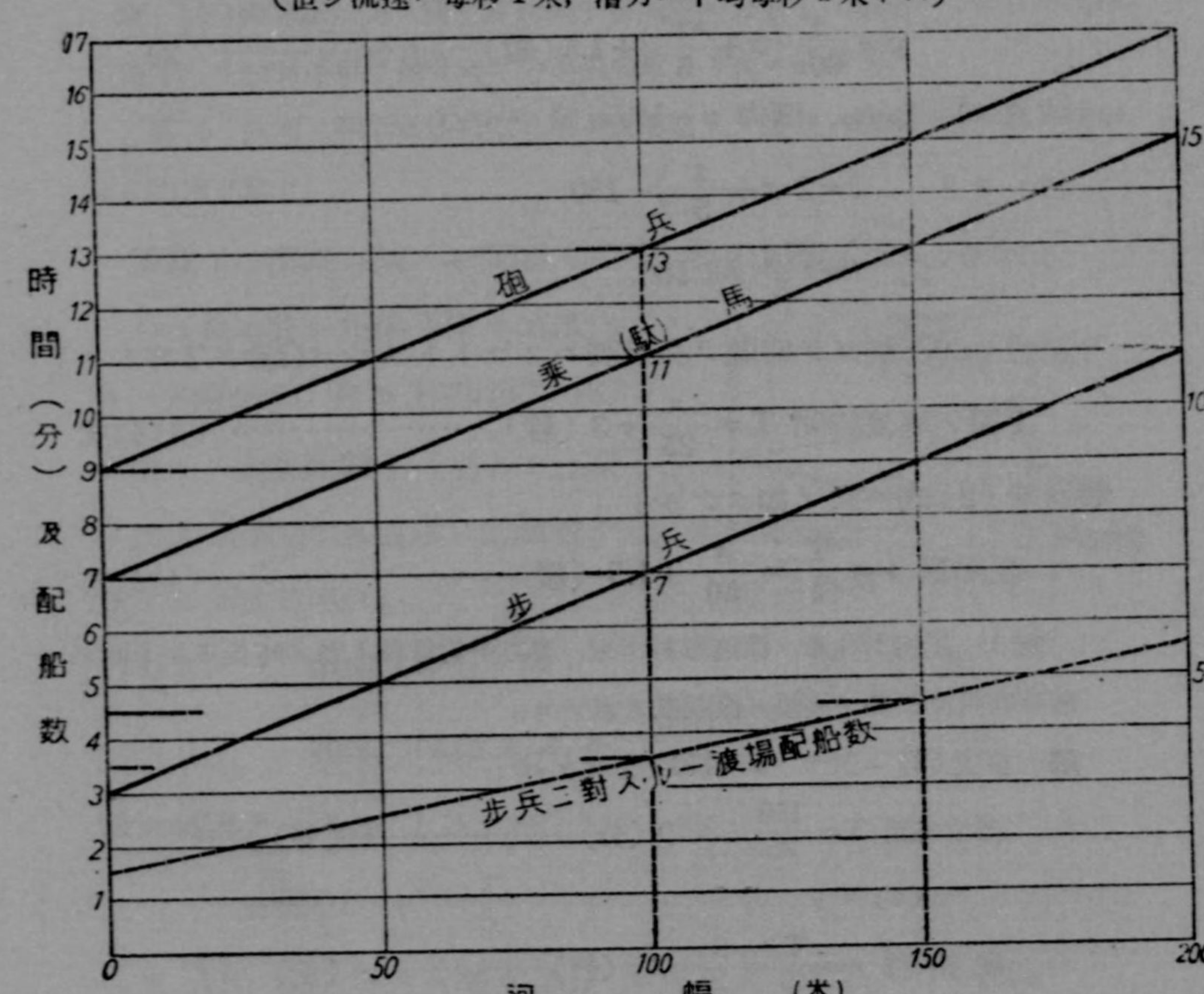
但シ砲兵，乘(駄)馬ハ乘船及ビ上陸時間ノ和ガ夫々9分，7分デアルコトノミ異ナリ，平均漕力ハ徒歩兵ノ場合ト等シイモノトスル。

解 横＝川幅(米)，縱＝時間(分)及ビ配船數ヲ目盛ルコトトスレレバ(3)ハ縱軸上3ノ所ヲ通リ傾斜ガ$\frac{1}{25}$ノ直線トナル。砲兵ノハ縱軸上9，乘(駄)馬ハ縱軸上7ノ所ヲ通リ同ジ傾斜ノ直線ヲ引ケバヨイ。

又配船數(4)ハ縱軸上1.5ノ所ヲ通リ傾斜ガ(3)ノ半分デアル$\frac{1}{50}$ノ直線トナル。(第38圖)

各兵種一回ノ漕渡時間表

(但シ流速ハ毎秒1米，漕力ハ平均毎秒1米トス)



第 38 圖

[求メ方]

(1) 川幅150米ナラバ漕渡時間ハ

歩兵9分，　砲兵15分，　乘(駄)馬13分

徒歩兵ノタメノ配船數ハ 4.5艘トナル。

(2) 川幅100米ナラバ漕渡時間ハ

歩兵7分，　砲兵13分，　乘(駄)馬11分

徒歩兵ノタメノ配船數ハ 3.5艘トナル。

問題 6. 部隊ノ集合，出發時間ノ計算ぐらふ(幅ヲ考慮ニ入レタぐらふノ例)

(附圖第二)

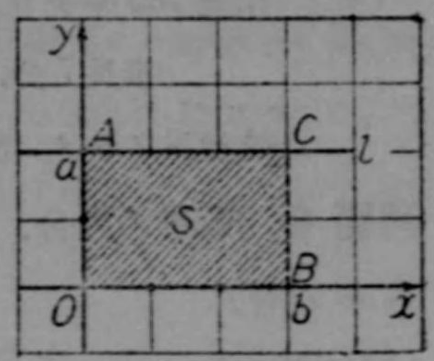
第三章　面積ノ應用

13. 座標平面上ノ圖形ノ面積

(1) 矩形ノ面積

右圖ノ如ク x, y 兩軸ト x 軸ニ平行ナ直線 l 及ビ y 軸ニ平行ナ直線 BC デ圍マレタ矩形 AOBC ノ面積 S ハ A ノ y 座標ヲ a, B ノ x 座標ヲ b トスレバ

$$S=ab$$

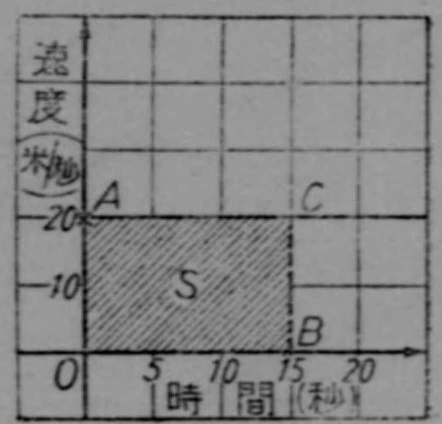


第 40 圖

例 1. 上圖ニ於テ, $a=2m$, $b=3m$ トスレバ $S=2m\times3m=6m^2$

例 2. 速度ノ圖示　毎秒20米ノ速度デ進ム物體ノ15秒間ニ進ム距離Sハ明カニ　S=20米/秒×15秒=300米

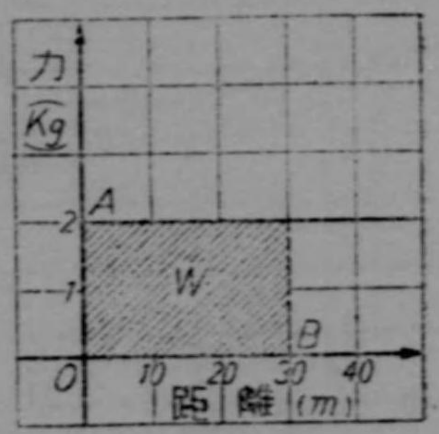
今時間ヲ横軸ニ, 速度ヲ縦軸ニトルトキ（兩軸ノ單位ヲ同ジ長サニスル必要ハナイ）速度ハ常ニ20米/秒デアルカラ速度ノぐらふハ直線 AC トナル。次ニ横軸上15秒ニ對應スル點 B ヲ通リ縦軸ニ平行線ヲ引キ AC トノ交點ヲ C トスレバ矩形 AOBC ノ面積ハ進ム距離ヲ表ハス。卽チ　$S=20米/秒\times15秒=20\times15\times\frac{米}{秒}\times秒=300米$



第 41 圖

例 3. 仕事ノ圖示　重サ $2kg$ ノ物體ガ $30m$ ノ高サヨリ落チル時此ノ物體ノナス仕事Wハ

W＝2瓩×30米
＝2×30瓩•米
＝60瓩•米



第 42 圖

コノ場合ニ於テモ横軸ニ距離ヲ, 縦軸ニ力ヲトリ次ニ横軸上 $30m$ ニ對應スル點 B ヲ通リ

y 軸ニ, 縦軸上 $2kg$ ニ對應スル點 A ヲ通リ x 軸ニ平行ナ直線ヲ引イテ矩形 AOBC ヲ作レバコノ矩形ノ面積ハ卽チ仕事ノ量60瓩・米ヲ表ハス。

(2) 階段線下ノ面積

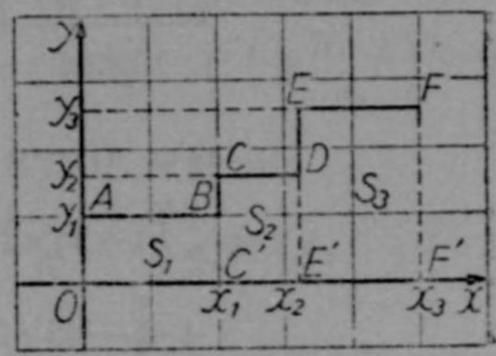
右圖ノ如ク階段線 ABCDEF ノ下ニアル圖形 OABCDEFF′ ノ面積 S ハ矩形 AOC′B, CC′E′D, EE′F′F ノ面積 S_1, S_2, S_3 ノ和デアル。然ルニ

$S_1=x_1y_1$

$S_2=(x_2-x_1)y_2$

＋) $S_3=(x_3-x_2)y_3$

∴ $S=x_1y_1+(x_2-x_1)y_2+(x_3-x_2)y_3$



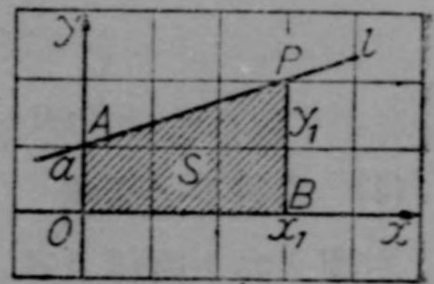
第 43 圖

例　上圖ニ於テ $x_1=10$, $x_2=16$, $x_3=25$, $y_1=5$, $y_2=8$, $y_3=13$ ナラバ

$$S=10\times5+(16-10)\times8+(25-16)\times13$$
$$=50+48+117=215$$

(3) 梯形ノ面積

右圖ニ於テ直線 l ノ下ニアル梯形 AOBP ノ面積 S ハ l ノ y 軸上ノ截片ヲ a, P ノ座標ヲ (x_1, y_1) トスレバ



第 44 圖

$$S=\frac{1}{2}(\underset{\text{上底}}{a}+\underset{\text{下底}}{y_1})\underset{\text{高サ}}{x_1}$$

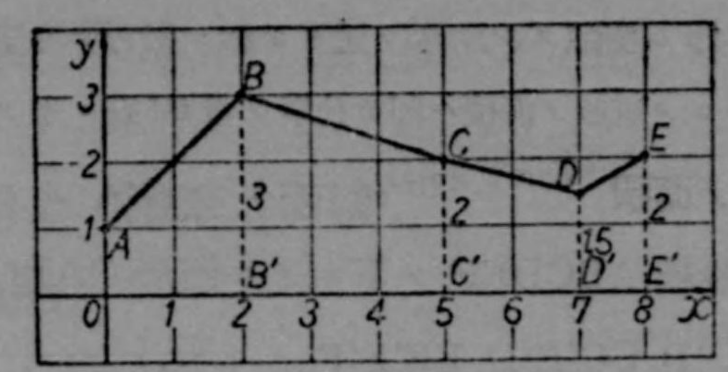
例 1. 上圖ニ於テ $a=5cm$, $x_1=15cm$, $y_1=10cm$ ナラバ

AOBP ノ面積$=\frac{1}{2}(5+10)\times15=112.5(cm^2)$

例 2. 折線下ノ面積

第45圖ニ於テ折線 ABCDE ノ下ノ面積ヲ求メヨ。但シ端點ノ座標ハ A(0, 1), B(2, 3), C(5, 2), D(7, 1.5), E(8, 2) トス。

解　求ムル面積ヲ S トスレバ

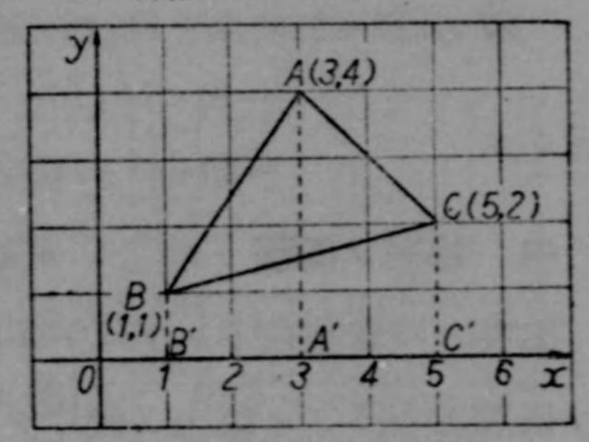


第 45 圖

$$S=\text{梯形 AOB'B}+\text{梯形 BB'C'C}+\text{梯形CC'D'D}+\text{梯形DD'E'E}$$
$$=\frac{1}{2}(1+3)\times2+\frac{1}{2}(3+2)\times(5-2)+\frac{1}{2}(2+1.5)\times(7-5)$$
$$+\frac{1}{2}(1.5+2)\times(8-7)=4+7.5+3.5+1.75=16.75$$

例 3. 三角形 ABC ノ面積ヲ求メヨ。但シ A(3,4), B(1,1), C(5,2) トス

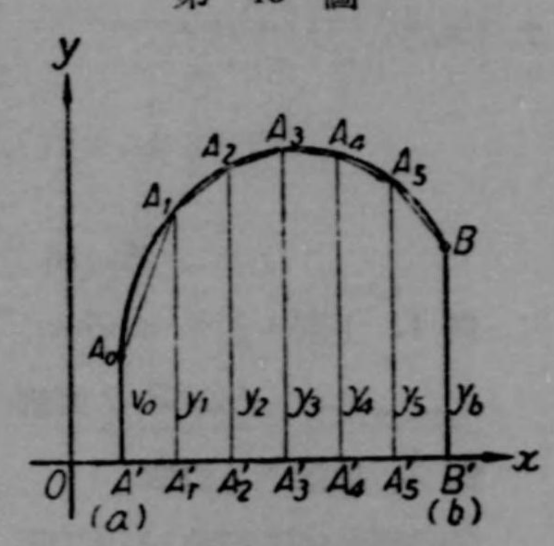
$$\triangle ABC=\text{梯形BB'A'A}+\text{梯形AA'C'C}-\text{梯形BB'C'C}$$
$$=\frac{1}{2}(1+4)\times(3-1)$$
$$+\frac{1}{2}(4+2)\times(5-3)$$
$$-\frac{1}{2}(1+2)\times(5-1)$$
$$=5+6-6=5$$



第 46 圖

(4) 曲線下ノ面積

右圖ノ如ク曲線 AB ノ下ニ在ル圖形 $A_0A'B'B$ ノ面積ヲ求ムル方法ヲ說明スル。但シ A_0, B ノ座標ハ夫々 (a, y_0), (b, y_6) トスル。A'B' ヲ例ヘバ六等分シテ其ノ分點ヲ左カラ順次 A_1', A_2', A_3', A_4', A_5' トスレバ相隣ル分點間ノ距離（之ヲ區間ノ長サトイフ）ハ $\frac{b-a}{6}$ ナリ。此ノ各分點ヲ通リ y 軸ニ平行ナ直線ヲ引キ曲線 AB トノ交點ヲ夫々 A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 トスル。



第 47 圖

次ニ $A, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$, B ヲ順次結ビ付ケレバ概ネ曲線 AB ニ近似シタ折線ガ得ラレル。從ツテ此ノ折線下ノ面積ヲ求メレバ所要ノ面積ノ近似値ガ得ラレル。之ガタメ各分點ノ y 座標ヲ夫々

$$A_1'A_1=y_1,\quad A_2'A_2=y_2,\quad A_3'A_3=y_3,\quad A_4'A_4=y_4,\quad A_5'A_5=y_5$$

トスレバ折線下ノ面積（S_6 トス）ハ高サノ相等シイ $\left(=\frac{b-a}{6}\right)$ 六個ノ梯形ノ面積ノ和ニ等シイ。即チ

$$S_6=\frac{1}{2}(y_0+y_1)\frac{b-a}{6}+\frac{1}{2}(y_1+y_2)\frac{b-a}{6}+\frac{1}{2}(y_2+y_3)\frac{b-a}{6}$$
$$+\frac{1}{2}(y_3+y_4)\frac{b-a}{6}+\frac{1}{2}(y_4+y_5)\frac{b-a}{6}+\frac{1}{2}(y_5+y_6)\frac{b-a}{6}$$
$$=\frac{1}{2}(y_0+2y_1+2y_2+2y_3+2y_4+2y_5+y_6)\frac{b-a}{6}$$
$$=\left(\frac{y_0+y_6}{2}+y_1+y_2+y_3+y_4+y_5\right)\frac{b-a}{6}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

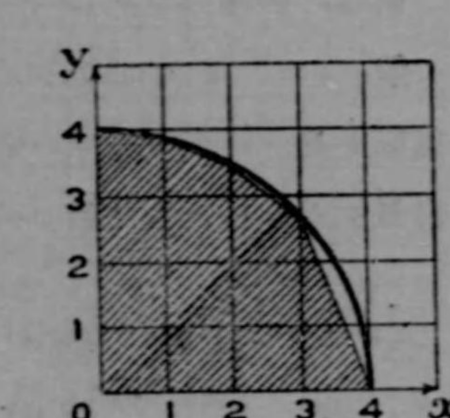
但シ A'B' 間ノ等分ノ度ヲ進メレバ折線ハ益々曲線ニ近似シ，其ノ下ニアル面積ハ愈々曲線 AB 下ノ面積ノ眞ノ値ニ近ヅク。

若シ曲線 AB ノ方程式ガ與ヘラレテヰル場合ニハ各分點ノ y 座標ハ計算ニ依リ精密ニ求メラレル。

斯樣ニシテ面積ヲ求メル方法ヲ**梯形法**トイフ。

例 1. 原點ヲ中心，半徑 $4cm$ デアル四分圓ノ面積ヲ求メヨ。

右圖ニ於テ圓弧 AB ノ下ノ面積ノ近似値ヲ梯形法デ求メル。



第 48 圖

今 O, B 間ヲ 4 等分シタ場合ニハ

$$y_0=4,\ y_1=3.9,\ y_2=3.5,\ y_3=2.6,\ y_4=0$$

$$\therefore\quad S_4=\left(\frac{y_0+y_4}{2}+y_1+y_2+y_3\right)\times1\quad \text{ヨリ}$$

$$S_4=\left(\frac{4+0}{2}+3.9+3.5+2.6\right)\times1=12(cm^2)$$

然ルニ此ノ四分圓ノ眞ノ面積 S ハ

$$S=\frac{\pi r^2}{4}\fallingdotseq\frac{3.14\times4^2}{4}\fallingdotseq12.56\,(cm^2)$$

デアルカラS_4ノ誤差ハ　$S-S_4\fallingdotseq12.56-12=0.56\,(cm^2)$

又S_4ノ誤差率*ハ　$\frac{S-S_4}{S}\times100=\frac{0.56}{12.56}\times100=4.45\%$

次ニOB間ヲ10等分スレバ區間ノ長サハ　$\frac{4}{10}=0.4\,(cm)$トナリ

* $y_0=4$,
$y_{10}=0$
$\frac{y_0+y_{10}}{2}=2$

$y_1=3.98$
$y_2=3.95$
$y_3=3.80$
$y_4=3.65$
$y_5=3.45$
$y_6=3.20$
$y_7=2.90$
$y_8=2.40$
+) $y_9=1.80$
29.13

$\therefore\ S_{10}=(2+29.13)\times0.4$
$=12.45$

誤差$=S-S_{10}=12.56-12.45=0.11$

誤差率$=\frac{S-S_{10}}{S}\times100=\frac{0.11}{12.56}\times100=0.87$

*
コノ圓ノ方程式ハ
$y\sqrt{16-x^2}$
デアルカラ x 軸上ノ各分點
$x=0,\ 0.4,\ 0.8,\ 1.6,\cdots\cdots3.6,\ 4$
ニ對シ y ノ値ヲ計算ニヨリ求メテ
$y_0, y_1, y_2,\cdots\cdots y_9, y_{10}$
トシタ。

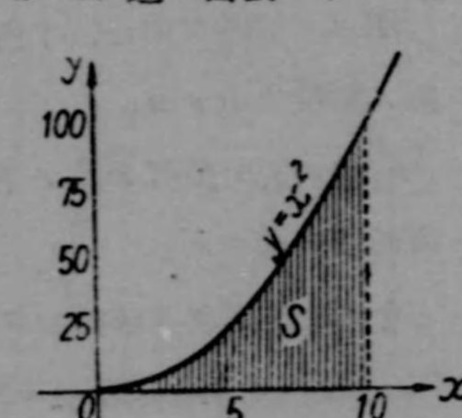
卽チ4等分ヨリ10等分ノ場合ノ方ガ正確ナ値ニ近イコトヲ知ル。

例 2. 曲線 $y=x^2$ ノ下ニアッテ $x=0$ ヨリ $x=10$ 迄ノ面積ヲ求メヨ。

解　$x=0$ ト $x=10$ トノ間ヲ10等分スレバ區間ノ長サハ1トナル。又各分點ノ縱座標ヲ計算デ求メレバ次ノ如クナル。

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x^2	0	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

$$\therefore\ S_{10}=\left(\frac{0+100}{2}+1+4+9+16+25+36+49+64+81\right)\times1=335$$



第 49 圖

* 誤差率$=\frac{(眞ノ値)-(實測値)}{(眞ノ値)}$

注意 1. 上ノ面積Sヲ別ニ理論上カラ求ムレバ（積分學）正確ナル値トシテ次ノ値ガ得ラレル。　$S=333\frac{1}{3}$

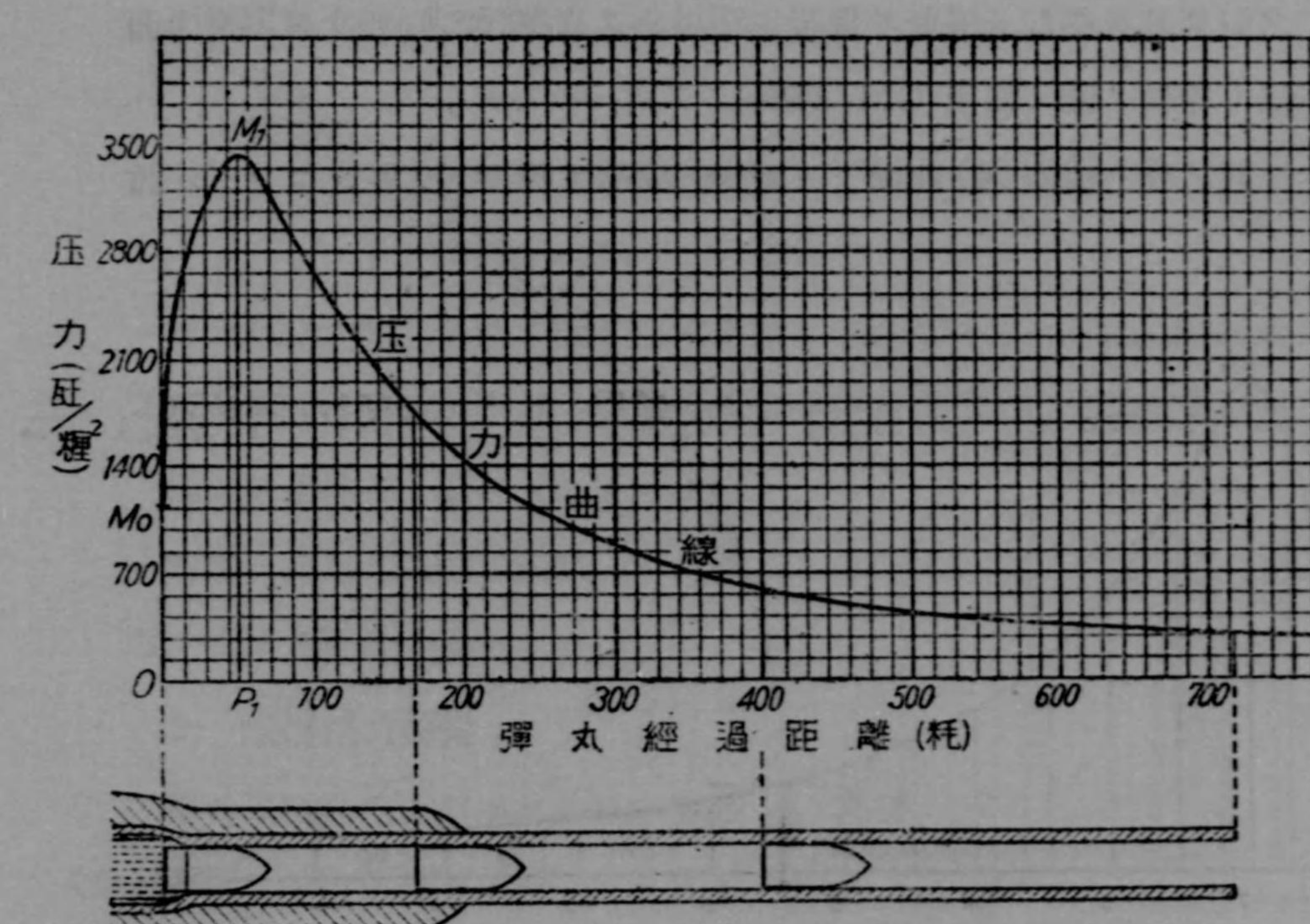
從ッテS_{10}ノ誤差率ハ　$\frac{S-S_{10}}{S}=\frac{333\frac{1}{3}-335}{333\frac{1}{3}}\times100=-0.5\%$

注意 2. 等分數ノ增加ニ伴ヒ近似ノ度合ノ進ム情況ヲ次ニ示ス。

等分數 (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	……	眞ノ値
S_n	375	351.4	343.5	340	337.9	336.7	335.9	335.3	334.5	……	$S=333\frac{1}{3}$
誤差率 $\frac{S-S_n}{S}\times100$	-12.4	-5.5	-3.55	-2	-1.39	-1.02	-0.78	-0.60	-0.5	……	

14. 腔內壓力曲線ト彈丸ノ運動「エネルギー」

(1) 腔內壓力曲線（第50圖）



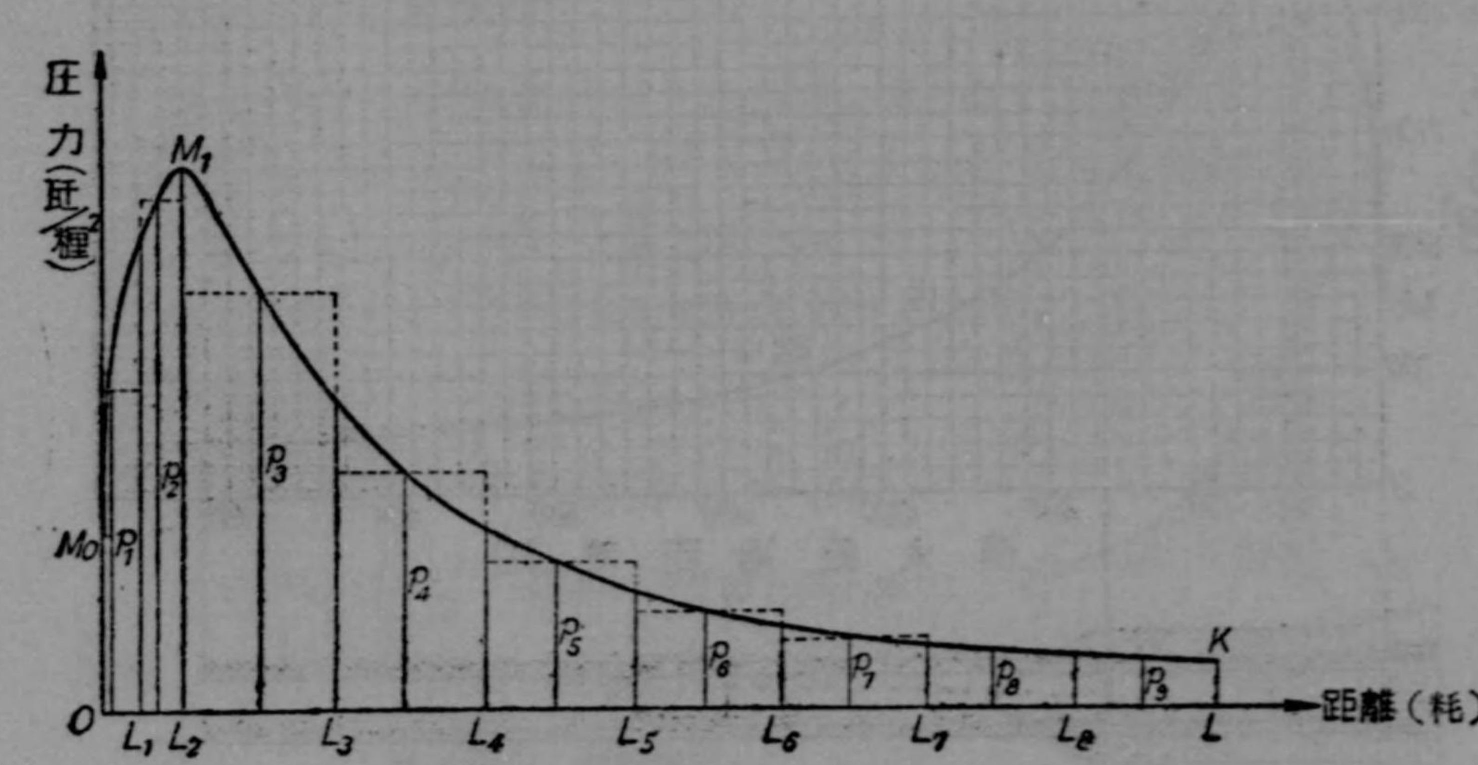
第 50 圖

起爆藥ノ爆發ニヨツテ藥莢內ノ發射藥ガ燃燒ヲ始メルト，藥室內ノ壓力（之ヲ**腔壓**トイフ）ハ燃燒速度ノ增加ト相俟ツテ急速ニ上昇シ，彈丸ノ推進ニ必要ナ值 OM_0 ニ達スルト，彈丸ハ始メテ運動ヲ開始スル。始メハ彈丸ノ速度ガ緩カデアルカラ「ガス」ノ占ムベキ容積ノ增加ニ比シ「ガス」ノ發生量ハ著シク大キク，從ツテ腔壓ハ尙急速ニ上昇スル。從ツテ彈丸ノ速度モ亦急ニ增加シ,「ガス」ノ占ムベキ容積ノ增加モ亦急速デ，同時ニ溫度ノ減少ヲ來シ，之レガタメニ「ガス」ハ腔壓ヲ增加サセ得ズシテ漸次減少スル。コノ限界 P_1M_1 ハ卽チ腔壓ノ上昇シタ最大值デ，之ヲ**最大腔壓**トイフ。

(2) 彈丸ニ及ボス火藥「ガス」壓力ノ仕事

「ガス」壓力 P（瓩/糎²）ヲ縱軸ニ，彈丸經過距離ヲ橫軸上ニトリ，之レヲ銃身長 L デ限レバ彈底ニ作用シタ火藥「ガス」ノ仕事ハ壓力曲線ト橫軸ノ間ノ面積 OM_0M_1KL デ與ヘラレル。

其ノ理ハ前節(4)曲線下ノ面積ノ說明デ明カデアルガココデハ前



第 51 圖

節ト多少異ナル方法デ考ヘルコトニスル。

今第51圖ノ如ク OL ヲ例ヘバ $L_1, L_2, L_3, \cdots\cdots, L_8$ ニヨツテ任意[(1)]ニ 9 個ノ部分ニ分ケ彈丸ガ O カラ L_1, L_1 カラ L_2, L_2 カラ L_3, ……, L_8 カラ L マデ進ム間ノ平均壓力[(2)]（(1),(2) ガ前節ノ方法ト異ナル。）ヲ夫々 $p_1, p_2, p_3, \cdots\cdots, p_9$ トスレバ

彈底ガ O カラ L_1 マデ進ム間ニ「ガス」壓力ノナス仕事 W_1 ハ

$$W_1 = p_1 \times OL_1(\text{瓩}\cdot\text{糎}) = (\text{底邊}OL_1,\ \text{高サ}\ p_1\ \text{ノ矩形ノ面積}S_1)$$

同樣ニ L_1 カラ L_2 マデ進ム間ニナス仕事 W_2 ハ

$$W_2 = p_2 \times L_1L_2(\text{瓩}\cdot\text{糎}) = (\text{底邊}L_1L_2,\ \text{高サ}\ p_2\ \text{ノ矩形ノ面積}S_2)$$

以下同樣ニシテ L_8 カラ L マデ進ム間ニナス仕事 W_9 ハ

$$W_9 = p_9 \times L_8L(\text{瓩}\cdot\text{糎}) = (\text{底邊}L_8L,\ \text{高サ}\ p_9\ \text{ノ矩形ノ面積}S_9)$$

從ツテ彈丸ガ銃口ヲ飛ビ出ス迄ニ「ガス」ヨリ受ケル仕事ノ全量 W' ハ

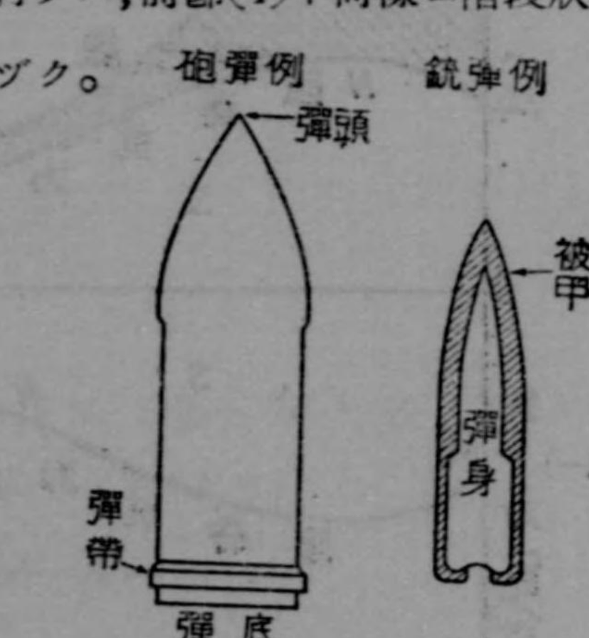
$$W' = W_1 + W_2 + W_3 + \cdots\cdots + W_9$$
$$= (\text{矩形ノ面積ノ和})$$
$$= S_1 + S_2 + S_3 + \cdots\cdots + S_9$$

扨テ OL ノ間ノ分割ノ度ヲ進メテ行ケバ，前節(4)ト同樣ニ階段狀ノ矩形ハ段々曲線ノ下部ノ圖形ニ近ヅク。

從ツテ曲線下ノ圖形 OM_0M_1KL ノ面積ハ彈丸ニ及ボス火藥「ガス」壓力ノ仕事ノ全量ヲ表ハス。

(3) 阻碍抗力曲線

彈丸ガ銃身內ヲ前進スル時ハ實際ハ諸種ノ抗力ヲ受ケルガ，コノ內重ナルモノハ次ノ二種ト云ヘル。



第 52 圖

（イ）　彈帶（銃彈デハ被甲）ノ腔綫ニ吻入スルタメ生ズル抵抗

（ロ）　銃身內ニ於ケル彈丸特ニ彈帶ノ摩擦

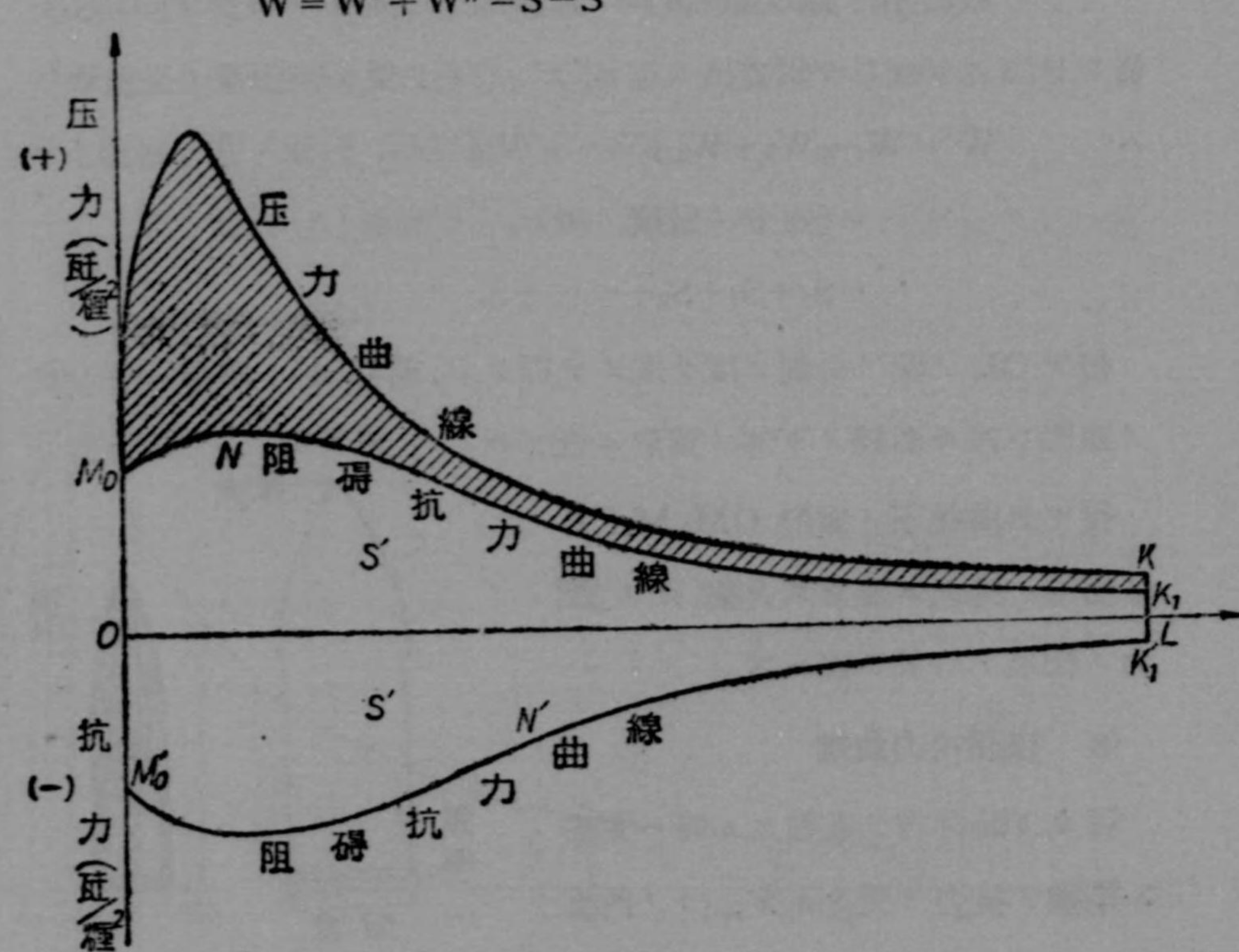
茲ニ於テ壓力曲線ヲ畫クト同樣ニ阻碍抗力ノ曲線ヲ畫クト第53圖ノ $M_0'N'K_1'$ ノ如クナル。何トナレバ，抗力ハ壓力トハ反對方向ニ働クカラ壓力ヲ正トシテヰルカラ抗力ハ負トスベキデ，曲線ハ横軸ノ下側ニ出來ル。

從ツテ曲線 $M_0'N'K_1'$ ト横軸ノ間ノ圖形 $OM_0'N'K_1'L$ ノ面積ヲ S' トスレバ阻碍抗力ノナス仕事 W'' ハ

$$W''=-S'\ （負ハ仕事ノ損失ヲ表ハス）$$

トナル。依ツテ實際ニ彈丸ガ銃口ヲ出ル迄ニ受ケル仕事 W ハ

$$W=W'+W''=S-S'$$



第 53 圖

故ニ曲線 $M_0'N'K_1'$ ヲ横軸ヲ折目トシテ上側ニ折返シタ圖形ヲ M_0NK_1 トスレバ圖形 OM_0NK_1L ノ面積ハ S' ニ等シイ。

從ツテ $S-S'$ ハ斜線ヲ施シタ部分ノ面積トナル。

之ガ卽チ實際彈丸ニ作用シタ有効壓力ノ全仕事量ヲ表ハスコトトナル。

(4)　彈丸ノ有スル運動ノ「エネルギー」

重量W瓩ナル物體ガ速度V米/秒ヲ以テ運動シテヰルトキ有スル運動ノ「エネルギー」E ハ

$$\mathbf{E}=\frac{\mathbf{WV^2}}{\mathbf{2}g}=\frac{\mathbf{WV^2}}{\mathbf{2\times9.8}}\ （瓩・米）$$

從ツテ銃身內デ彈丸ニ作用スル有効ガス壓力ノ全仕事量ハ前ニ説明シタ如ク，壓力曲線ト阻碍抗力曲線トノ間ニ夾マレル面積デ計算ガ出來ルガ一方コノ全仕事量ニヨツテ銃口ヲ出ルトキ彈丸ノ受ケタ運動ノ「エネルギー」(之ヲ初活力トイフ）モ之ニ等シイ筈デアルカラ，彈丸ノ重量ヲ W′ 瓩，初速ヲ V 米/秒トスレバ

$$\underset{(\text{ガスノ有効仕事})}{W}=\underset{(\text{運動ノエネルギー銃口ヲ出ルトキノ})}{E}=\frac{1}{2\times9.8}\underset{(\text{重量瓩})}{W'}\underset{(\text{初速米／秒})}{V^2}\ (\text{瓩・米})$$

例　三八式歩兵銃實包ノ彈丸ノ重量ハ 9 瓦，初速ハ 763 米/秒デアルカラ銃口ヲ出ルトキコノ彈丸ノ有スル運動ノ「エネルギー」E ハ

$$E=\frac{1}{2\times9.8}\times\frac{9}{1000}\times763^2=267\ （瓩・米）$$

15. 四衝程機關

(1) 四衝程機關ノ構造及ビ作動ノ大要

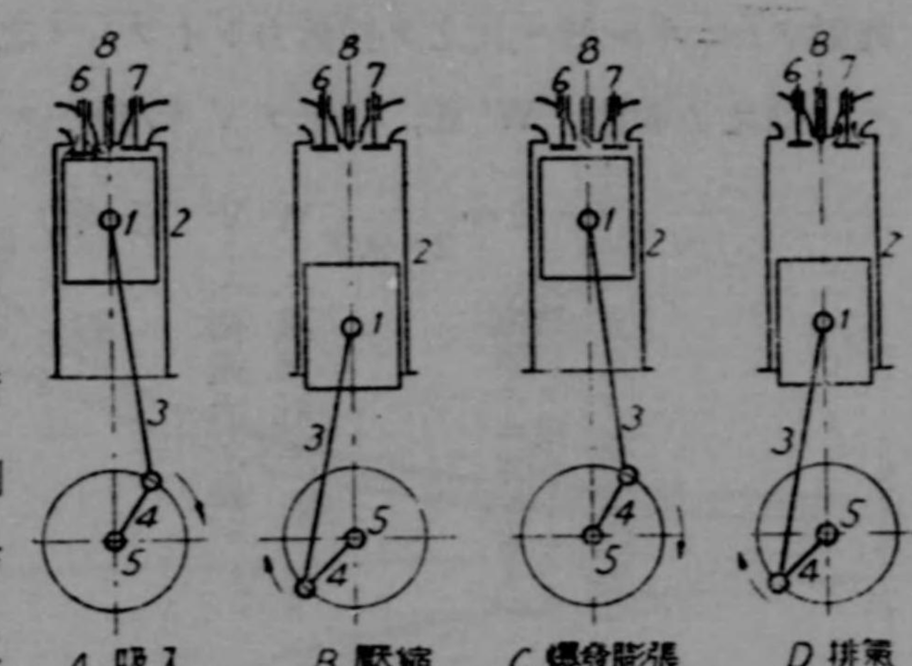
第54圖ニ於テ

A. 「ピストン」1ガ降下シテ吸入辦6ヨリ「ガス」ト空氣トノ混合「ガス」ヲ「シリンダ」2ノ内ニ吸込ム。コレヲ**吸入衝程**トイフ。コノ時「シリンダ」内ノ「ガス」壓力ノ平均ハ約 0.9 氣壓デアル。

B. 「ピストン」1ガ上昇スルトキ辦 6,7 ハ閉ヂテヰルカラ混合「ガス」ハ壓縮セラレテ「シリンダ」上部ノ燃燒室内ニ密閉サレル。コレヲ**壓縮衝程**トイヒ，最高壓力ハ約36氣壓トナル。

C. 壓縮衝程ノ終リニ近ク約3000°Cノ電氣火花ヲ「シリンダ」内ニ放チ混合「ガス」ニ點火スレバ「ガス」ハ爆發燃燒シテ「ピストン」ヲ押シ下ゲル。コレヲ**爆發及ビ膨脹衝程**トイフ。

D. 膨脹ノ終リニ近付クト排氣辦7ハ開イテ「シリンダ」ハ大氣ニ通ズルカラ「ピストン」ノ上昇衝程ニヨリ不要「ガス」ハ「シリンダ」ノ外方ニ押シ出サレル。之ヲ**排氣衝程**トイフ。

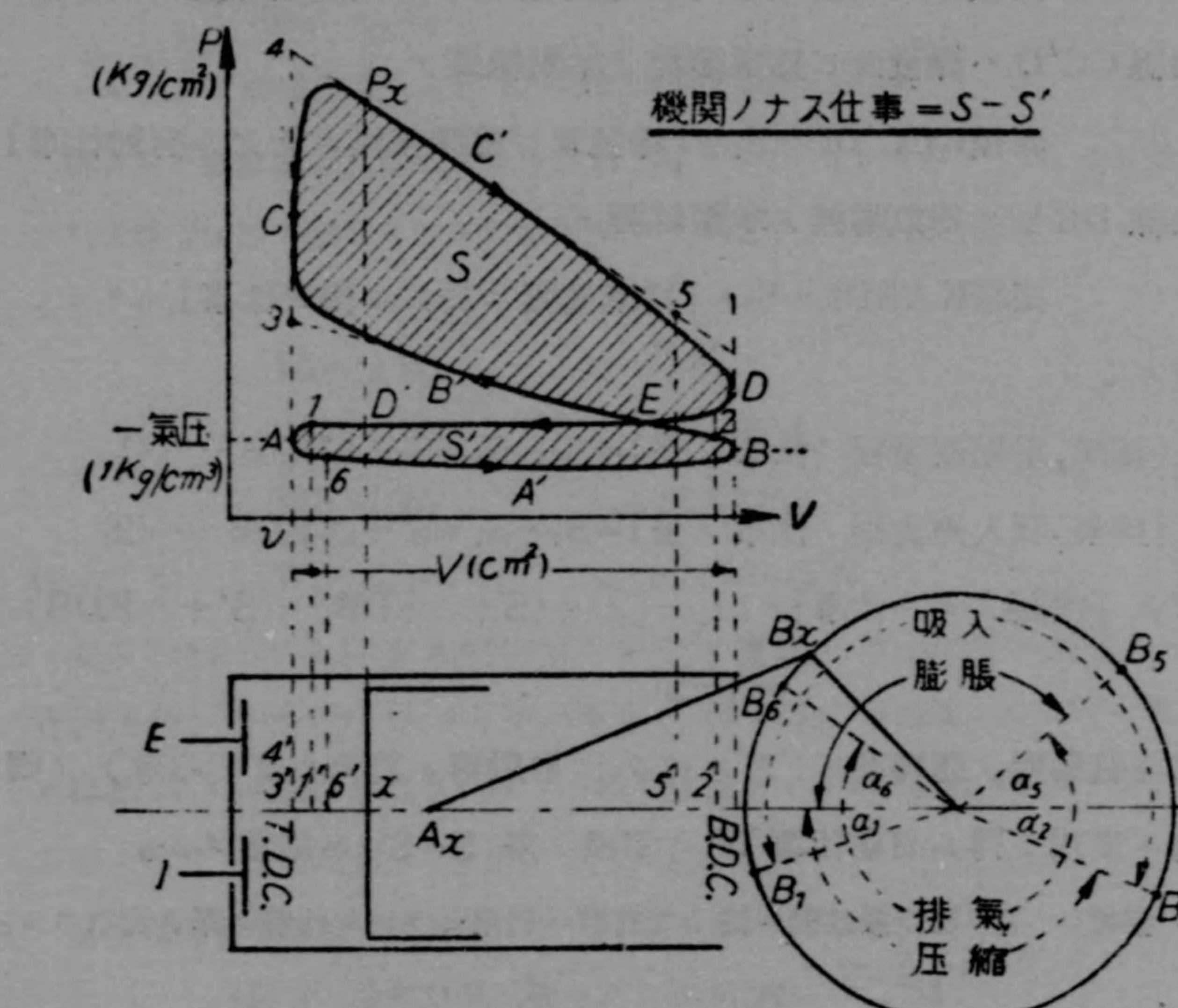


第 54 圖

「ピストン」ガ昇リ切ツタ點及ビ下リ切ツタ點ヲ夫々上死點，下死點トイフ。コノ四種ノ衝程ヲ繰返シテ動力ガ生ジ，はづみ車デ調節セラレテ車輪又ハ「プロペラ」ニ傳達セラレル。

(2) 示壓線圖（附 効率）

四衝程機關ノ各衝程ニ於ケル「シリンダ」内ノ壓力ト「ガス」容積（衝程ノ長サトイフモ同ジ）トノ關係ヲ圖ニ示セバ第55圖ノ如クナル。之ヲ**示壓線圖**トイフ。

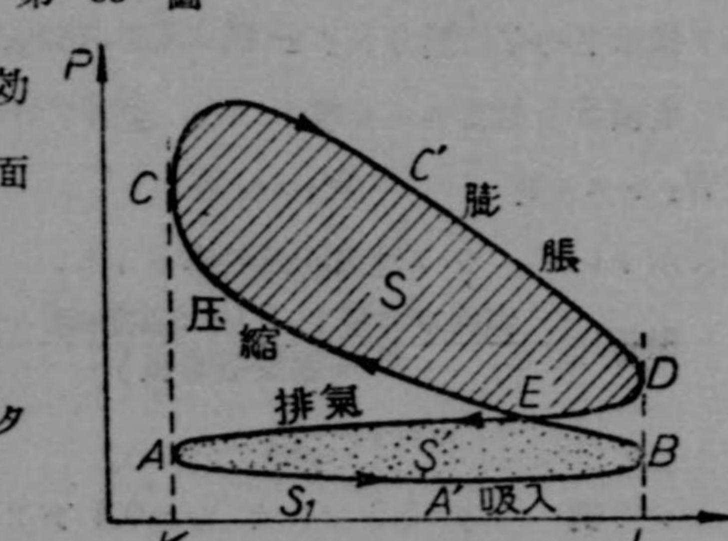


第 55 圖

上圖ニ於テ機關ノナス有効仕事ハ斜線ヲ施シタ部分ノ面積ノ差

$$S-S'$$

デ表ハサレル。之ガ説明ノタメ上圖ヲ右ノ如クスル。



第 56 圖

第56圖ニ於テ曲線AA′Bハ

吸入衝程ノ場合ノ示壓線圖デ

面積KAA′BL＝S_1＝[吸入衝程ニナス仕事]

曲線 BEC ハ壓縮衝程ノ示壓線圖デ

面積KCEBL＝S_2＝[壓縮衝程ニ於ケル損失仕事]

曲線 CC′D ハ爆發及ビ膨脹衝程ノ示壓線圖デ

面積KCC′DL＝S_3＝[爆發及ビ膨脹衝程ニ於ケル有効仕事]

曲線 DEA ハ排氣衝程ノ示壓線圖デ

面積KAEDL＝S_4＝[排氣衝程ニ於ケル損失仕事]

故ニ

[膨脹,壓縮兩衝程ノ仕事ノ差]＝$S_3-S_2=S+\triangle EDB$ ……(1)

[排氣,吸入兩衝程ノ仕事ノ差]＝$S_4-S_1=S'+\triangle EDB$……(2)

故ニ [機關ノナス仕事]＝(1)－(2)＝$(S+\triangle EDB)-(S'+\triangle EDB)$

$=S-S'$

故ニ發動機ノ運轉及ビ「プロペラ」(自動車ニ於テハはづみ車) ノ回轉ニ使用シ得ル有効仕事 W ハ面積ノ差 $S-S'$ ニ相當スル。

[參考] 次ニ航空發動機ニ就イテ實際ニ利用セラレル仕事ノ率ヲ例示スル。

$$\frac{S-S'}{V}=P_i$$

ヲ指示平均有効壓力トイヒ $P_i=8.5\sim15\,kg/cm^2$ デアル。

面積 S ニ相當スル仕事ヲ W_2, 混合「ガス」ノ有スル全「エネルギー」ヲ W_1 トスル時　　$W_2=\eta_t W_1$

デ示サレル。η_t ヲ理論的熱効率トイヒ,

壓縮比$\left[\dfrac{(\text{燃燒室容積})+(\text{上, 下死點間ノ容積})}{(\text{燃燒室容積})}\right]$ヲ ρ トスル時ハ

$$\eta_t=1-\frac{1}{\rho^{0.3}}$$

トナリ例ヘバ $\rho=5.5$ ノトキ $\eta_t=0.4$ デアル。

次イデ　　$W_3=\eta_{id}W_2$

ナル關係デ示サレル η_{id} ヲ示壓線圖効率トイヒ $\eta_{id}=85\sim95\%$ デアル。

又 W_3 ノ一部ハ發動機運轉ノタメ摩擦及ビ油ポンプ等ノ附屬裝置ノ運轉ニ消費セラレ「プロペラ」ノ回轉ニ使用シ得ル仕事卽チ軸馬力ニ相當スルモノヲ W_4 トスル時ハ W_3 及ビ W_4 ノ間ニ次ノ關係ガアル。

$$W_4=\eta_m W_3$$

コヽニ η_m ヲ機械能率トイヒ 87～92% デアル。

斯クシテ發動機ニ供給セラルル燃料ノ有スル全「エネルギー」W_1 ガ有効ナル仕事 W_4 卽チ軸馬力トシテ使用セラルル途中ニハ各種ノ損失ヲ伴フモノデアル。以上ヲ纒メレバ

$W_2=\eta_t W_1$　　$\eta_t \fallingdotseq 40\%$

$W_3=\eta_{id} W_2$　　$\eta_{id}=85\sim95\%$

$W_4=\eta_m W_3$　　$\eta_m=87\sim92\%$

故ニ　　$W_4=\eta_m\eta_{id}\eta_t W_1$　　$\eta_m\eta_{id}\eta_t=25\sim32\%$

從ツテ混合「ガス」ノ有スル「エネルギー」ノ僅カニ 25～32% ニ相當スル W_4 ガ有効ニ使用セラレルノミデ, 殘リノ 75～68% ニ相當スル W_1-W_4 ハ排氣「ガス」ニ依リ奪取ラレタリ, 或ハ冷却水ニヨツテ放散セラルル等, 各種ノ損失トシテ消費セラレルノデアル。

航空用揮發發動機ニ就キ熱分布ノ一例ヲ示ス。

冷却又ハ冷却空氣ニ與ヘラルル熱量	14
放射及ビ排氣「ガス」ニ依ル損失熱量	41
不完全燃燒ニ依ル損失熱量	11
滑油ノ奪フ熱量	2
摩擦損失熱量	6
軸馬力トシテ利用シ得ル熱量	26
全供給熱量	100

(3) 發生馬力

示壓線圖(第55圖)ニ於ケル面積 $S-S'$ ニ相等スル仕事ニヨツテ表

ハサレル馬力ヲ**示指馬力**トイヒ **I.HP** ト記ス。之ガ全部はづみ車ノ有スル馬力卽チ**軸馬力**（實馬力又ハ正味馬力トモイヒ **B.HP** ト記ス）トハナラナイデ機械ノ摩擦其ノ他ノ抵抗ノタメ小トナル。コノ割合ヲ**機械効率**トイヒ，石油機關デハ概ネ 0.80〜0.85 デアル。今コレヲ η_m トスレバ兩馬力ノ間ニハ B.HP＝I.HP×η_m ナル關係ガアル。

次ニ馬力ノ算定ハ次ノ式ニヨル。

（1）$$\mathbf{I.HP}=\frac{P\times n\times D^2\times L\times N}{1.146}$$

（2）$$\mathbf{B.HP}=\frac{P\times n\times D^2\times L\times N}{1.146}\times\eta_m$$

但シ　P：平均有効壓力$\left(=\frac{\text{面積S}-\text{S}'}{\text{衝程}}\right)$（瓩/糎²）

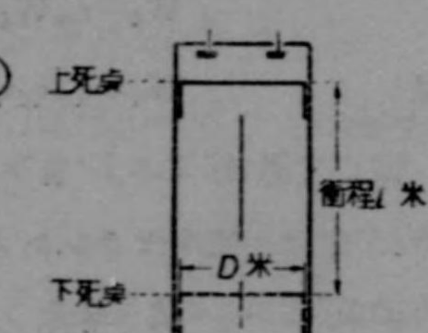
n：每分ノ回轉數（$r.p.m$ ト記ス）

D：「ピストン」ノ直徑（米）

L：衝程（米）

N：氣筒數

η_m：機械効率



第 57 圖

說明　先ヅ單氣筒ニツイテ考ヘル。

（イ）爆發「ガス」ノ「ピストン」ノ上面ニ及ボス全壓力（瓩）

$=$［「ピストン」ノ上面積（糎²）］×［有効平均壓力（瓩/糎²）］

$=\frac{\pi}{4}(100D)^2\times P$（瓩）

（ロ）爆發「ガス」ノナス仕事（瓩•米）

$=$［全壓力（瓩）］×［衝程（米）］

$=\left[\frac{\pi}{4}(100D)^2\times P\right]\times L$（瓩•米）

（ハ）每秒ノ仕事

$=$［爆發「ガス」ノナス仕事（瓩•米）］×（每分ノ爆發回數）

$=\left[\frac{\pi}{4}(100D)^2\times P\times L\right]\times\frac{n}{2\times 60}$（瓩•米/秒）

｛每分 n 回轉故ニ每秒 $\frac{n}{60}$ 回轉，又爆發ハ 2 回轉ニツキ 1 回起ルカラ每秒ノ爆發回數ハ $\frac{n}{2\times 60}$｝

（ニ）1馬力＝75瓩•米/秒 デアルカラ

I.HP＝［每秒ノ仕事］÷［75瓩•米/秒］

$=\left[\frac{\pi}{4}(100D)^2\times P\times L\times\frac{n}{2\times 60}\right]\times\frac{1}{75}$

從ツテ氣筒數ヲ N トスレバコノ機關ノ示指馬力ハ

$$\text{I.HP}=\frac{\pi}{4}(100D)^2\times P\times L\times\frac{n}{2\times 60}\times\frac{1}{75}\times N$$

$$=\frac{\mathbf{P\times n\times D^2\times L\times N}}{\mathbf{1.146}}\left[\because\frac{\pi}{4}\times 100^2\times\frac{1}{2\times 60}\times\frac{1}{75}=\frac{1}{1.146}\right]$$

例　四氣筒（N＝4），衝程 1.4米（L），「ピストン」ノ直徑 0.116米（D），平均有効壓力 6.3瓩/糎²（P），每分回轉數 100（n），機械効率 0.8（η_m）ナル機關ノ軸馬力ヲ求メヨ。

解　（2）式ヨリ　$\text{B.HP}=\frac{6.3\times 100\times 0.116\times 1.4\times 4}{1.146}\times 0.8\doteqdot 36$（馬力）

問　九氣筒，衝程16糎，氣筒內徑14糎，平均有効壓力 10瓩/糎² ナル四衝程航空發動機ノ示指馬力幾何カ。又機械効率90%ナラバ軸馬力幾何カ。

答　I.HP＝591，B.HP＝532

［參考］

（i）警視廳ニ於ケル課税用馬力算定公式ハ

$$\mathbf{B.HP}=\frac{\mathbf{N\times D^2}}{\mathbf{3}}\quad\cdots\cdots(3)$$

但シ　D：氣筒中徑（糎），N；氣筒數

コレハ如何ニシテ出スカトイフニ呎，封度制デハ

$$\text{B.HP}=\frac{P\times S\times 0.785D^2\times N\times\eta}{33000\times 4}\quad\cdots\cdots(4)$$

但シ　P：平均有効壓力（封度/吋²）

S：「ピストン」ノ速度（呎/分）

［（軸ノ回轉數）×（腕ノ長サ）×2］

D:「ピストン」ノ中徑(吋) $\left[0.785=\frac{\pi}{4}\right]$

N: 氣筒數

η: 機械効率

分母ノ33000ハ 1馬力=33000封度•呎, 4ハ四衝程機關ノ4

然ル=實驗上自動車用機關デハ

$P=90$ (封度/吋^2), $S=1000$ (呎/分), $\eta=0.75$

デアルカラ(4)ヲ簡畧=シテ

$$\mathrm{B.HP} \fallingdotseq \frac{N\times D^2}{2.489} \fallingdotseq \underbrace{\frac{N\times D^2}{2.5}}_{\|} \fallingdotseq \frac{N\times D^2}{3}$$

(米國, 英國ノ算定公式)

トシタモノデアル。

(ii) 獨逸國馬力算定公式ハ

$$\mathrm{B.HP}=0.3\times N\times D^2\times l$$

但シ N: 氣筒數

D:「シリンダ」ノ徑(糎)

l: 衝程(米)

第二篇 密位法

16. 緒 言

軍事上用ヒラレテキル角ノ單位ハ種々アルガ, 概ネ高低角ハ六十分法, 方向角ハ密位法(ミリヰ)デ測ル。密位法ハ又別ノ測角法デアル弧度法(コド)ト簡單デ而モ便利ナ關係ガアルノデ利用價値ガ一層大キイ。

次ニ之等三種ノ測角法ニ就イテ說明スル。

17. 六十分法

圓周ノ三百六十分ノ一ノ弧ニ對スル中心角ノ大サヲ一度(1°ト記ス)トイヒ, 他ニ一分($1'$ト記ス), 一秒($1''$ト記ス)ノ單位ヲ用ヒル。

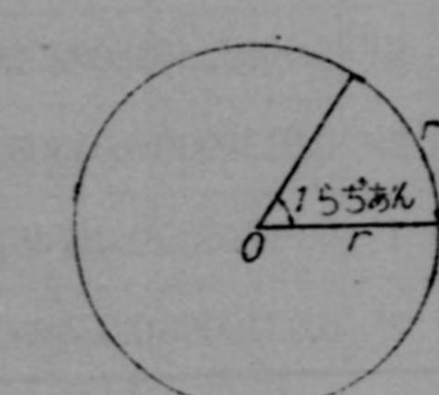
コレ等ノ單位ノ間ニハ次ノ關係ガアル。

$$1^\circ=60', \qquad 1'=60''$$

コレ等ノ單位ヲ以テ角ヲ測ル方法ヲ**六十分法**トイフ。

18. 弧度法

圓ノ半徑ノ長サニ等シイ圓弧ニ對スル中心角ノ大サヲ一弧度(コド)又ハ1らぢあんトイヒ, コノ單位ニヨル測角法ヲ**弧度法**トイフ。



第 58 圖

例 半徑$5m$ノ圓ニ於テ

(i) $5m$ノ圓弧ニ對スル中心角ハ1らぢあん

(ii) $10m$ノ圓弧ニ對スル中心角ハ2らぢあん

デアル。

定理 1. 圓ノ半徑ヲr, 弧ノ長サヲl, 中心角ヲθらぢあんトス

レバ

$$\theta=\frac{l}{r} \quad 又ハ \quad l=r\theta$$

系 180°＝πらぢあん＝3.14159……らぢあん（但シπハ圓周率）

何トナレバ半徑rノ圓ノ半圓周ハπr，コノ半圓周ニ對スル中心角ハ明カニ180°デアリ，又其ノ弧度ハ$\frac{\pi r}{r}=\pi$らぢあん デアルカラデアル。

問題 1. $1らぢあん=\frac{180^\circ}{\pi}=\frac{180^\circ}{3.1415\cdots}=57^\circ17'44.8''$

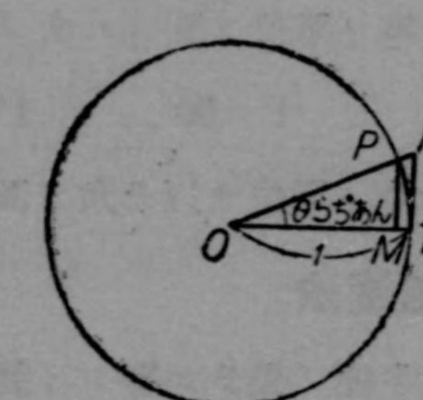
$$1度=\frac{\pi}{180}=\frac{3.1415\cdots}{180}=0.017\ らぢあん$$

定理 2. 小サイ角ノ弧度ヲθトスレバ次ノ近似式ガ成立スル。

$$\sin\theta \fallingdotseq \theta \fallingdotseq \tan\theta$$

之ハ次ノ表及ビ圖ニヨツテ理解シ得ルデアラウ。

角	角ノ弧度	$\sin\theta$	$\tan\theta$
1′	0.0002909	0.0002909	0.0002909
15′	0.0043633	0.0043633	0.0043634
30′	0.0087266	0.0087265	0.0087269
45′	0.0130900	0.0130896	0.0130907
1°	0.0174533	0.0174524	0.0174551
2°	0.0349066	0.0348995	0.0349208



$$\left.\begin{aligned}\sin\theta&=\overline{MP}\\ \theta&=\widehat{PT}\\ \tan\theta&=\overline{TN}\end{aligned}\right\}\begin{aligned}&\overline{MP}\fallingdotseq\widehat{PT}\fallingdotseq\overline{TN}\\ &\sin\theta\fallingdotseq\theta\fallingdotseq\tan\theta\end{aligned}$$

第 59 圖

系 小サイ角ノ度數ヲαトスレバ

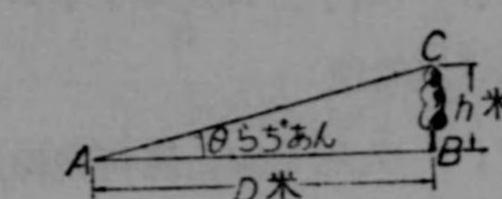
$$\sin\alpha \fallingdotseq \frac{\pi}{180}\alpha \fallingdotseq \tan\alpha$$

定理 3. 正切法（射教第一部第八十九）ノ原理

次ノ圖ニ於テ基線 AB＝D米，BC＝h米，∠CAB＝θ らぢあんト

スレバ

$$h \fallingdotseq D\theta \quad 又ハ \quad D \fallingdotseq \frac{h}{\theta}$$



第 60 圖

何トナレバ $\tan\theta=\frac{h}{D}$，又θガ小ナラバ $\tan\theta \fallingdotseq \theta$

従ツテコノ二式カラ $\theta \fallingdotseq \frac{h}{D}$ $\quad\therefore\ D \fallingdotseq \frac{h}{\theta}$，$h \fallingdotseq D\theta$

例 1. D＝120m，θ＝0.02 らぢあん ナラバ

$$h \fallingdotseq D\theta=120\times0.02=2.4m$$

例 2. h＝10m，θ＝0.12 らぢあん ナラバ

$$D \fallingdotseq \frac{h}{\theta}=\frac{10}{0.12}=83.33m$$

19. 携帶測遠器ノ原理（簡易ナル距離測量ニ使フ）

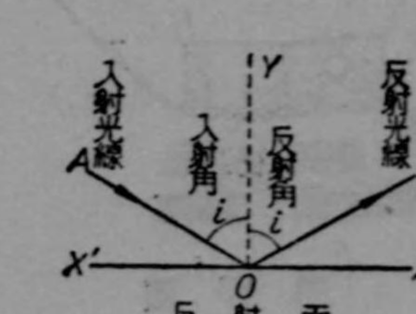
(1) **光ノ反射ノ法則** 光ガ滑カナ表面ニ當ツテ反射スルトキハ反射光線ハ次ノ法則ニ従フ。（第61圖）

（i） 入射光線，反射光線及ビ入射點ニ於テ平面ニ立テタ垂線ハ凡テ同一平面内ニアル。

（ii） 入射角ト反射角トハ常ニ相等シイ。

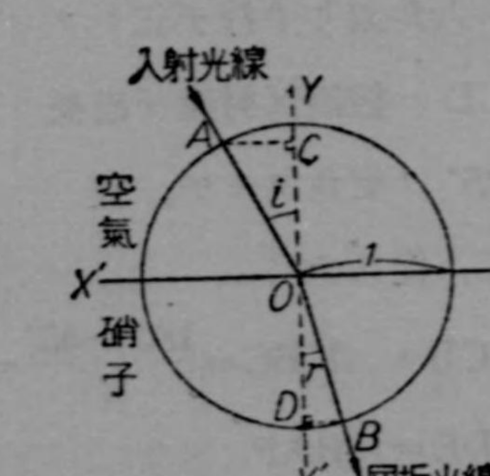
(2) **光ノ屈折ノ法則** 光線ガ一媒質（例ヘバ空氣）カラ他ノ物質

反射ノ法則



第 61 圖

屈折ノ法則



第 62 圖

（例ヘバ硝子）ニ入ルトキハ一般ニ屈折シ屈折光線ハ次ノ法則ニ從フ。（第62圖）

（i）　入射光線，屈折光線及ビ入射點ニ於テ境界面ニ立テタ垂線ハ凡テ同一平面内ニアル。

（ii）　入射角ノ正弦ト屈折角ノ正弦トノ比ハ入射角ノ如何ニ拘ハラズ兩媒質ニツキ一定シタ數デアル。

コノ比ヲ第一ノ物質ニ對スル第二ノ物質ノ**屈折率**トイフ。

今光ガ空氣ヨリ硝子ニ入ルモノトスレバ（第62圖）入射光線AO，屈折光線OB，垂線 YOY′ ハ一平面内ニアリ，又入射角ヲ i，屈折角ヲ r トスレバ

$$\text{空氣ニ對スル硝子ノ屈折率}=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{AC}{BD}$$

$$\fallingdotseq 1.5=\frac{3}{2}\ \text{（實驗値）}$$

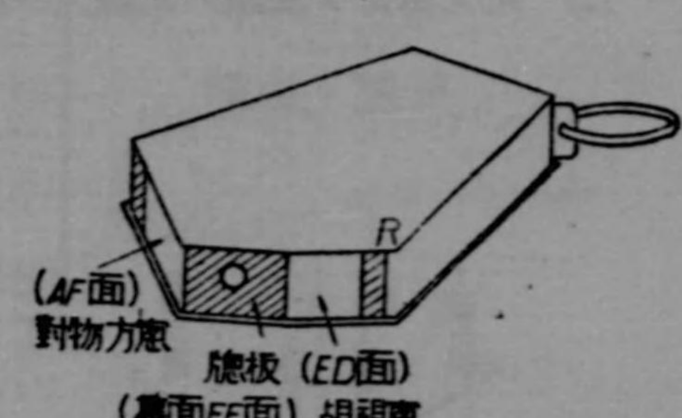
注意　空氣ニ對スル水ノ屈折率ハ $\frac{4}{3}$ デアル。

(3)　小サイ角ノ度數ヲ α° トスレバ

$$\sin\alpha^\circ\fallingdotseq\frac{\pi}{180}\alpha\ \text{らぢあん（56頁定理2系）}$$

(4)　**構造**（第64圖）

主體ハ六角ぷりずむデニツノ面 AB, CD ハ鍍銀反射面デ延長スレバ 45° ノ交角ヲモチ，且 KB=KC，從ツテ



第 63 圖

$$\angle KCB=\angle KBC=\frac{180^\circ-45^\circ}{2}=67^\circ30'$$

又　$\angle CDE=\angle BAF$

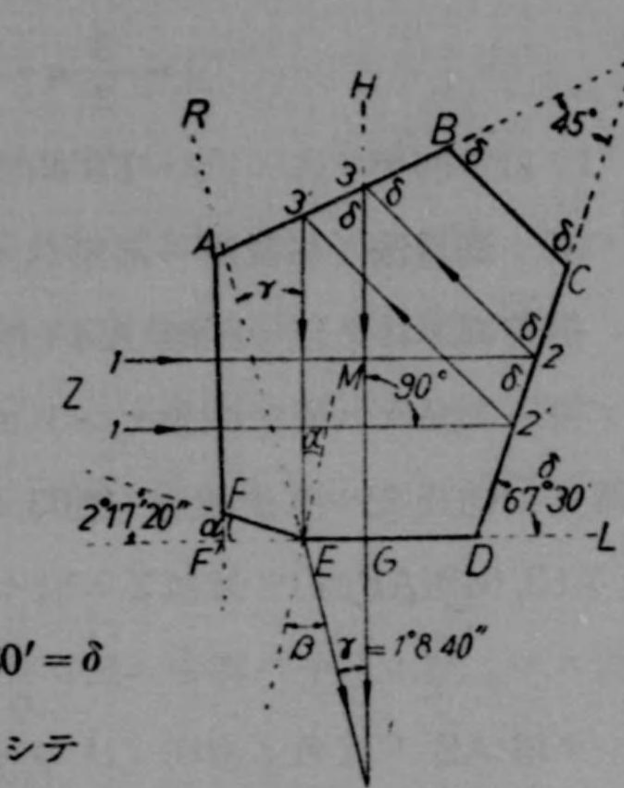
$$=180^\circ-67^\circ30'=112^\circ30'$$

$$AF\perp ED$$

$$\angle FEF'=\alpha=2^\circ17'20''$$

ED 及ビ EF ハ貼覗面，AF ハ入射面。

(5)　**機能**　AF 面ヨリ入射シタ光線 $\overline{12}$ ハ CD 面デ反射シテ $\overline{23}$ トナリ反射ノ法則ニヨリ結局



第 64 圖

$$\angle 12D=\angle 32C=\angle 2DL=67^\circ30'=\delta$$

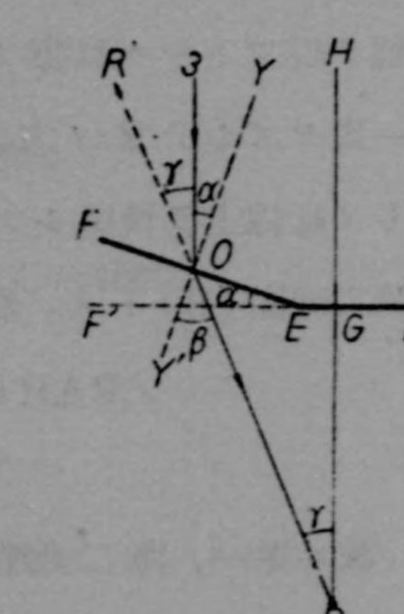
又 $\overline{23}$ ハ AB 面デ同樣ナ反射ヲシテ $\overline{3G}$ トナリ ED 面ヨリ覘視者ノ目ニ入リ

$$\angle 3M2=360^\circ-(\angle K+\angle K2M\times 2)$$

$$=360^\circ-(45^\circ+112^\circ30'\times 2)=90^\circ$$

從ツテ Z ノ像ハ ED 面ニ直角ノ H 方向ニ出來ル。

次ニ EF 面ヨリ覘視スルトキハ AB 面デ反射シタ光線ハ $\overline{30}$ ノ如ク FE 面ニ當ツテ OP ノ方向ニ空氣中ニ出テ覘視者ノ目 P ニ入ル。コノ時屈折ノ法則ニヨリ



第 65 圖

空氣ニ對スル硝子ノ屈折率

$$=\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}=\frac{3}{2}$$

又 α,β ガ小サイカラ

$$\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}=\frac{\pi\beta}{180}\div\frac{\pi\alpha}{180}=\frac{\beta}{\alpha}=\frac{3}{2}$$

$$\therefore\ \beta=\frac{3}{2}\alpha$$

又　$\angle P=\gamma=\angle RO3=\angle ROY-\angle 3OY=\angle ROY-\angle FEF'$

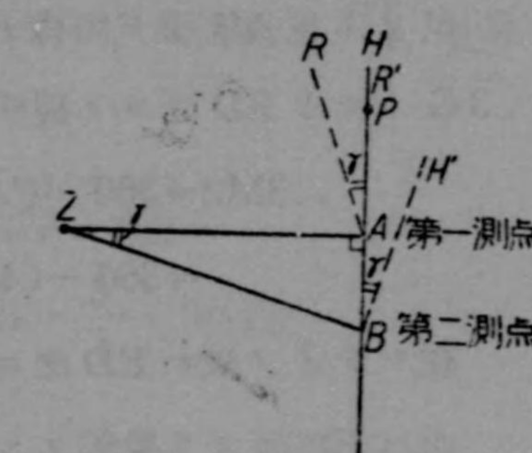
$$=\beta-\alpha\quad\text{（第65圖）}$$

$$=\frac{3}{2}\alpha-\alpha=\frac{\alpha}{2}=\frac{2°17'20''}{2}=1°8'40''$$

卽チ　　$\gamma=1°8'40''$

⑹ **測量法**（射敎第一部第八十七）（第63, 66圖）

携帶測遠器ヲ以テ距離 AZ（第66圖）ヲ測量スルニハ，測手ハ先ヅ第一測點 A ニ於テ測量セントスル目標 Z ヲ側方ニシテ立チ，測遠器ノ「R」ト記シタ覘視窓（第63, 64, 65 圖 ED面）ヲ開イテ對物方窓（第63, 64圖AF面）ヲ目標 Z ニ面セシムル樣ニ器ヲ水平ニ保持シテ覘視スル。然ルトキハ器中ニ於ケル目標ノ映像ハ目標ト測手トヲ連結シタ線 AZ ト直角ノ方向（H 方向）ニ現ハレル。測手ハ器ノ上方或ハ下方ヨリ前方ヲ通視シ，其ノ映像ト同方向ニ於テ之ト一致スベキ一ノ假標ヲ定メル。次ニ聰板ヲ「R」ノ窓ニ移シ他ノ覘視窓（第63圖 EF 面）ヨリ再ビ前ト同要領ヲ以テ目標ヲ覘フトキハ目標ノ映像ハ前ノ假標ニ一致セズシテ R ノ方向ニ生ズ。是ニ於テ測手ハ假標 H ト第一測點トノ延線上ヲ後退シツツ此ノ映像ト假標トノ一致スル點ヲ求メ之ヲ第二測點（B）トス。然ルトキハ第66圖ノ如ク



第 66 圖

$$\angle RAH=\angle R'BH'=\gamma$$
$$=\angle AZB$$

故ニ第一，第二測點 A, B 間ノ距離ヲ測リ b 米ヲ得タトスレバ

$$AZ=D(米)=AB\times\frac{AZ}{AB}=b\cot\gamma$$
$$=b\cot 1°8'40''$$
$$=50b\,(米)\quad(\because\ 眞數表ヨリ\ \cot 1°8'45''\fallingdotseq 50)$$

20. 密位法ト其ノ應用

圓周ノ六千四百分ノ一ノ圓弧ニ對スル中心角ノ大サヲ一密位（$1^{ミリ}$ ト記スコトガアル）トイヒ，コノ單位ニヨル測角法ヲ密位法トイフ。

百密位ヲ一分畫トイフ。（射敎第一部第九十五）

⑴ **密位ト度トノ關係**

同ジ圓又ハ相等シイ圓ノ中心角ノ大サハソレニ對スル圓弧ノ長サニ比例スルカラ

$$1°:1^{ミリ}=\frac{圓周}{360}:\frac{圓周}{6400}$$

$$\therefore\ 1°=1^{ミリ}\times\frac{6400}{360}\fallingdotseq 17.77\cdots\cdots^{ミリ}$$

注意　海岸要塞砲デハ一度ノ十六分ノ一ヲモ用ヒルガ之ハ上ノ關係カラ $\left(\frac{1}{16}\right)^{°}=\left(\frac{17.77\cdots}{16}\right)^{ミリ}=1.111\cdots\fallingdotseq 1^{ミリ}$ トナル。

⑵ **密位トらぢあんトノ關係**

半圓周ニ對スル中心角ノ大サハ3200密位又ハ π らぢあんデアルカラ

$$3200^{ミリ}=\pi\ らぢあん$$

故ニ　$$1^{ミリ}=\frac{\pi}{3200}=\frac{3.14159\cdots}{3200}\fallingdotseq\frac{1}{1000}\ らぢあん$$

卽チ　$1^{ミリ}\fallingdotseq\frac{1}{1000}$ **らぢあん　又ハ　1らぢあん** $\fallingdotseq 1000^{ミリ}$

從ツテ今半徑1000米ノ圓ニ於テ

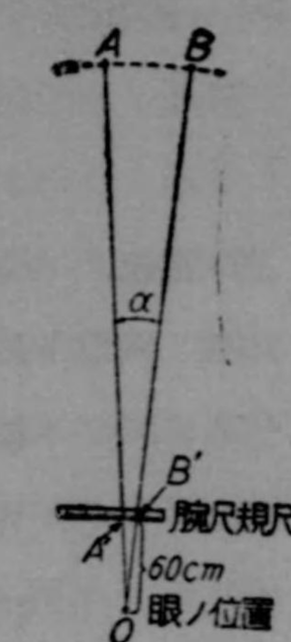
1000米ノ弧ニ對スル中心角ハ 1 らぢあん

1 米ノ弧ニ對スル中心角ハ $\frac{1}{1000}$ らぢあん $\fallingdotseq 1^{ミリ}$

卽チ射敎第一部第九十五，第一項後段ニ於テ「此ノ圓弧ハ半徑ノ約千分ノ一ノ長サニ等シ」ト示サレテヰル所以デアル。

問題 1. 腕長規尺（ワンチヤウキシヤク）ニヨル測角法（射敎第一部第百六）

腕ヲ十分前方ニ伸バシタトキノ眼ト拇指トノ水平距離（概ネ60cm）ヲ腕長トイフ。腕長ノ十分ノ一（腕長60cmノ時ハ6cm）ヲ一分畫トシテ刻ンダ規尺ヲ腕長規尺トイフ。之ヲ水平ニ保持シテ兩地點間ノ分畫ヲ測リαヲ得タトスレバ，コノ兩地點間ノ水平角ハα分畫（即チ100α密位）デアル。



第 67 圖

第67圖ニ於テ

$$\angle AOB=\frac{A'B'}{OA'}=\frac{6\alpha}{60}\text{らぢあん}=\frac{1}{10}\alpha\text{らぢあん}$$
$$=\frac{1}{10}\alpha\times1000^{\text{ミリ}}$$
$$=100\alpha^{\text{ミリ}}$$
$$=\alpha\text{分畫}$$

簡單ニ指幅ヲ用フル場合ニハ一指幅ハ概ネ2cmデアルカラ腕長60cmトスレバ

$$1\text{指幅ノ密位數}=\frac{2}{60}\times1000=33$$

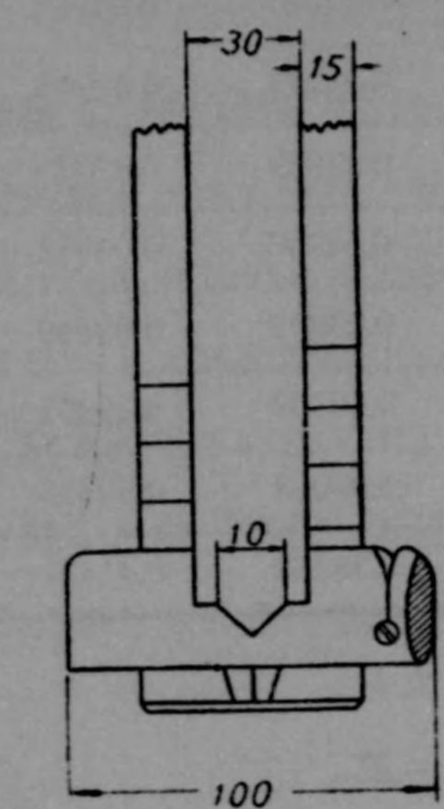
從ツテ指３本ハ概ネ一分畫トイヘル。

射教第一部第百六第二項デハ“一指幅ハ通常約三十密位”ト示サレテヰル。

問題 2. 伏射姿勢ニ於テ三八式步兵銃ノ照尺ノ各部ヲ見込ム角ノ密位概數ハ第68圖ノ如クデアル。（射教第一部附圖第三）

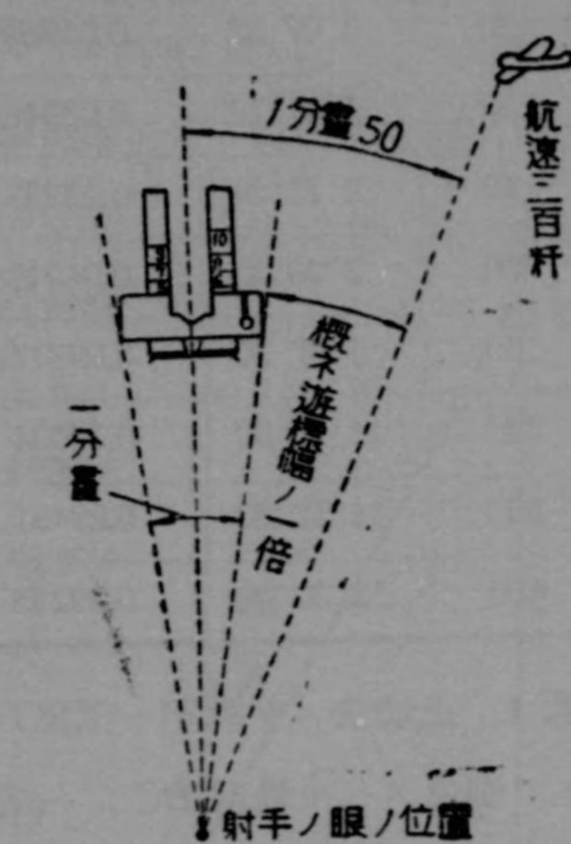
問題 3. 小銃ヲ以テ飛行機ヲ射擊スル時航速300粁デ方向上風ノ影響ナク其ノ進路ガ射線ニ直角ニ近イトキハ目標ノ前方約一分畫五十ヲ射擊スレバヨイ。（射教第二部第二十六參照）　修正量ト遊標幅トノ關係ハ第69圖ノ如クデアル。

伏射姿勢ニ於ケル三八式步兵銃照尺密位概數表



第 68 圖

前方修正量ト遊標幅トノ關係



第 69 圖

定理 4. 小サイ角ノ密位數ヲαトスレバ次ノ近似式ガ成立スル。

$$\sin\alpha\doteqdot\frac{\alpha}{1000}\doteqdot\tan\alpha\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

證明　コノ角ノ弧度ヲθトスレバ定理２ヨリ

$$\sin\theta\doteqdot\theta\doteqdot\tan\theta$$

又 $\sin\alpha=\sin\theta$, $\tan\alpha=\tan\theta$, $\frac{\alpha}{1000}\doteqdot\theta$ デアルカラ之ヲ上式ニ代入スレバ(1)ガ得ラレル。

注意 1. 此ノ關係ハ極メテ廣ク利用セラレテヰル。（次ノ各問題參照）

注意 2. 小サイ角ニツイテ定理４ヲ確メルタメ次ノ表ヲ揭ゲル。（技術本部編纂，密位對數表ニヨル）

角ノ大サ			$\sin\theta$	$\tan\theta$
密位	度	弧度		
1	0°03′23″	0.00098	0.00098	0.00098

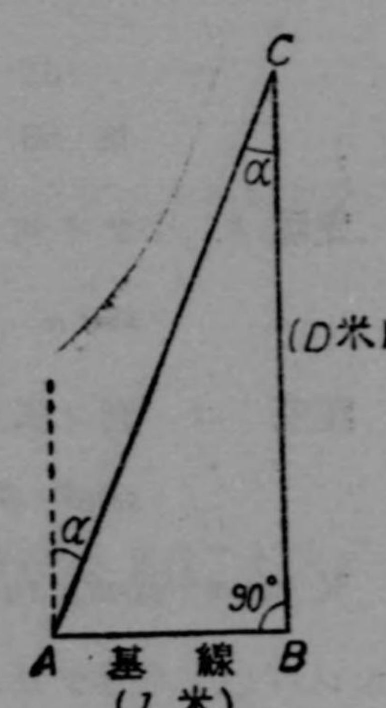
10ミリ	0°33′45″	0.00982	0.00982	0.00982
20	1 07 30	0.01964	0.01963	0.01963
30	1 41 15	0.02946	0.02945	0.02945
40	2 15 00	0.03928	0.03929	0.03929
50	2 48 45	0.04910	0.04907	0.04913
100	5 37 30	0.09817	0.09802	0.09849
200	11 15 00	0.19634	0.19509	0.19891
300	16 52 30	0.29451	0.29028	0.30335
400	22 30 00	0.39268	0.38268	0.41421

問題 1. 正切法（射教第一部第八十九）

距離ヲ測量スベキ地線BCノ一端Bニ於テ之ニ直角ナ水平ノ基線ABヲ設ケA,Bヨリ地線ノ他端Cヲ見込ム角αヲ測リ次ノ式デ計算スル。

$$D=\frac{l}{\tan\alpha}\ \left(\because\ \frac{l}{D}=\tan\alpha\right)\cdots\cdots(1)$$

αガ小サイトキ（2分畫以下）ハ上ノ表ヨリ $\tan\alpha \fallingdotseq \frac{a}{1000}$（小數點第二位又ハソレ以下マデ一致スル）デアルカラ



第 70 圖

$$D \fallingdotseq \frac{l\times 1000}{a}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

［但シD：求メル距離(米)，l：基線長(米)，a：頂角(密位)］

特ニABノ粁數ヲD′トスレバ(2)ヨリ次ノ式ヲ得ル。

$$D' \fallingdotseq \frac{l}{a}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

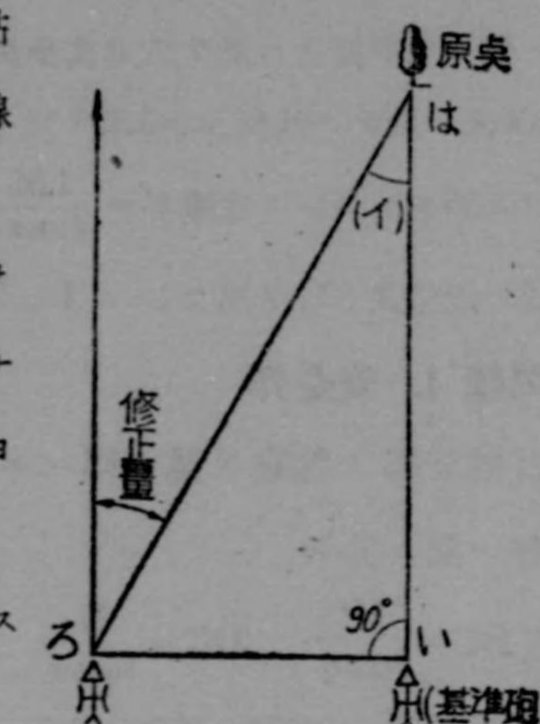
例　l=100米，α=100ミリナラバ

（1）ヨリ　$D=\frac{100}{\tan 100}=\frac{100}{0.09849}=1015.5$（米）

（2）ヨリ　$D=\frac{100\times 1000}{100}=1000$（米）

問題 2. 平行射撃ニ於ケル射向修正量（射教第三部第百十七）

射向決定ニ方リ兩砲ノ射向ガ原點ニ對シテ集中シテヰルトキ平行射線ヲ取ラセルニハ砲間隔「いろ」(米)ヲ，砲目距離「いは」(米)ノ粁數ヲ以テ除シタ量（密位）ヲ基準砲デナイ他ノ砲ノ方向角ニ修正ヲスレバヨイ。



何トナレバ（イ）角ヲa密位トスレバ

修正量＝(イ)＝a密位，

$$\tan a=\frac{「いろ」米}{「いは」米},$$

又 $\tan a \fallingdotseq \frac{a}{1000}$

（イ）$=\dfrac{「いろ」米}{\dfrac{「いは」米}{1000}}$

＝(修正量)

第 71 圖

ヨツテ　$\frac{a}{1000} \fallingdotseq \frac{「いろ」米}{「いは」米}$

$$\therefore\ a \fallingdotseq \frac{「いろ」米}{\dfrac{「いは」米}{1000}}=\frac{「いろ」米}{「いは」粁}$$

例　「いは」＝1200米，「いろ」＝20米ナラバ修正量 αミリ $=\frac{20}{1.2}\fallingdotseq 17$ミリ

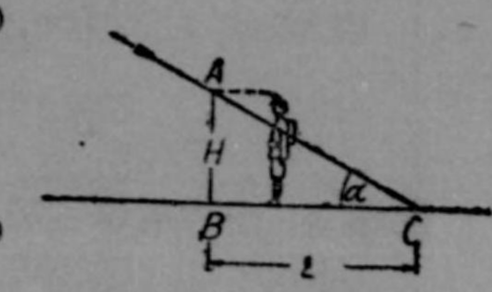
問題 3. 危険界（射教第一部第七章）

“彈道ノ目標高ヲ超過セザル地界ノ長サヲ危險界トイフ”

第72圖ニ於テBCハ立姿勢ノ人ニ對スル危險界デアル。

目標高ヲH米，落角ヲa密位トスレバ圖カラ明カニ

危險界　$\mathrm{L}=\dfrac{\mathrm{H}}{tan\alpha}$ ……………(1)


第 72 圖

a ガ小ナラバ　$tan\alpha \fallingdotseq \dfrac{a}{1000}$

$\therefore\ \mathrm{L} \fallingdotseq \dfrac{1000\,\mathrm{H}}{a}$ ……………(2)

例　水平面上ニ於テ三八式歩兵銃ハ射距離600米ニ於テハ落角 $\alpha=5.33$ ミリ 從ツテ $tan\alpha=0.0053$, 駈歩前進ノ目標高ヲ1.35米トスレバ危險界$=\dfrac{1.35}{tan\alpha}=\dfrac{1.35}{0.0053}=250$米 デアル。

或ハ近似式(2)ヲ用フレバ $\mathrm{L}=\dfrac{1000\,\mathrm{H}}{\alpha}=\dfrac{1.35\times1000}{5.33}=250.3$（米）

問題 4. 安全界

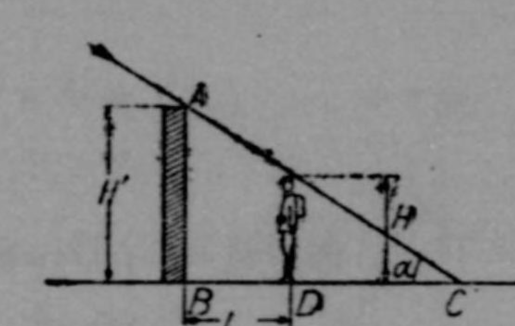
目標全部ノ危險ヲ免レ得ベキ水平面上ノ地界ヲ安全界トイフ。

右ノ圖ニ於テ

$\mathrm{BC}=\dfrac{\mathrm{H}'}{tan\alpha},\quad \mathrm{DC}=\dfrac{\mathrm{H}}{tan\alpha}$

$\therefore$ 安全界$\mathrm{L}'=\mathrm{BD}=\mathrm{BC}-\mathrm{DC}$

$=\dfrac{\mathrm{H}'-\mathrm{H}}{tan\alpha}$

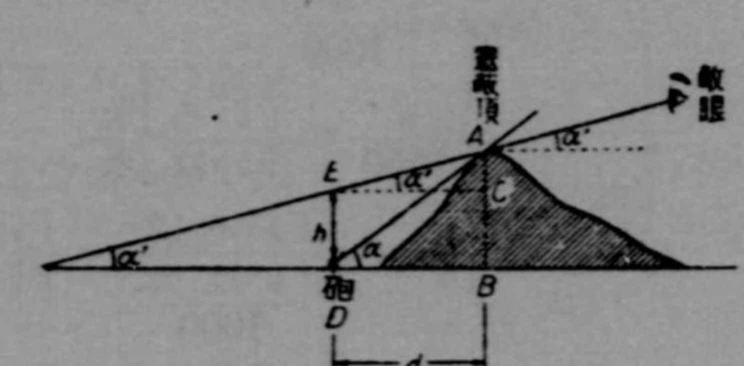

第 73 圖

a ガ小ナラバ $tan\alpha=\dfrac{a}{1000}$

$\therefore\ \mathrm{L}' \fallingdotseq \dfrac{1000(\mathrm{H}'-\mathrm{H})}{a}$

問題 5. 遮蔽度（射敎第一部第四十六，第二十一圖）

遮蔽度トハ砲ノ直上デ敵眼ト遮蔽頂トヲ連ネル線ニ至ル高サヲイヒ，次ノ式デ近似値ヲ求メルコトガ出來ル。



第 74 圖

遮蔽度 h（米）$=\mathrm{DE}=\mathrm{BC}$

$=\mathrm{BA}-\mathrm{CA}=\mathrm{DB}tan\alpha-\mathrm{EC}tan\alpha'=d(tan\alpha-tan\alpha')$

$\therefore\ h=d(tan\alpha-tan\alpha')$

又 a, a' ガ小ナラバ　$tan\,\alpha \fallingdotseq \dfrac{a}{1000},\ tan\,\alpha' \fallingdotseq \dfrac{a'}{1000}$

$\therefore\ h \fallingdotseq \dfrac{d}{1000}(a-a')$

又 d ノ粁數ヲ d' トスレバ

$h \fallingdotseq d'(a-a')$

第三篇　ねぢト齒車

第四章　回轉運動トねぢ,齒車

21. 回轉運動ノ速サ

今或ル自動車ノ車輪ガ毎分 100 回轉スルトキ

回轉速度ハ毎分 100 トイヒ，100 ($r.p.m$) ト記ス。

コノトキ又車輪ノ定半徑ハ毎秒

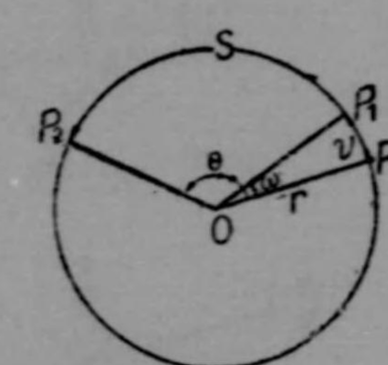
$$\frac{2\pi\times100}{60}\fallingdotseq\frac{2\times3.1416\times100}{60}\fallingdotseq10.5\ \text{らぢあん/秒}$$

回轉スルカラ　角速度 ω（オメガー）$=10.5$（らぢあん/秒）　トモイフ。

一般ニ回轉體ガ t 秒間ニ θ らぢあん 回轉スルトキハ

$$\textbf{角速度}\ \omega=\frac{\theta}{t}\ \text{(らぢあん/秒)}\qquad[\text{角速度}]=\frac{[\text{角}]}{[\text{時間}]}$$

車輪ノ半徑チ r，t 秒間ニ周上ノ點 P ガ進ム距離チ S，半徑 OP ノ回轉角チ θ らぢあんトスレバ　　$S=r\theta$



第 75 圖

周上ノ點ノ一秒間ニ進ム距離（之チ**線速度**トイフ）チ v トスレバ

$$v=\frac{S}{t}=\frac{r\theta}{t}=r\omega$$

又毎分 n 回轉スル回轉體ノ角速度ハ

$$\omega=\frac{2\pi n}{60}\ \text{らぢあん/秒}$$

デアル。

例 1. 10吋板ノ蓄音機ノ「レコード」ガ毎分75回轉スレバ

回轉速度 $r.p.m=75$

角速度 $\omega=2\pi\times75\div60\fallingdotseq2\times3.1416\times75\div60\fallingdotseq7.8$（らぢあん/秒）

周上ノ點ノ線速度 $v=r\omega\fallingdotseq10\times7.8=78$（吋/秒）

22. ねぢ，だいやる

(1) ねぢ

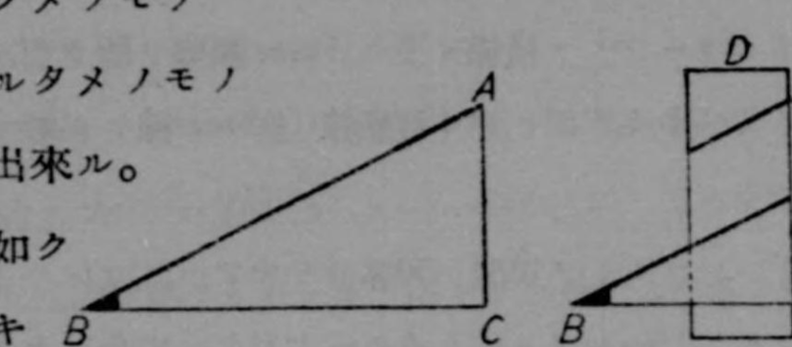
ねぢノ形ハ種々アルガ用途ノ上カラ見レバ

（イ）物チ締附ケルタメノモノ

（ロ）運動チ傳達スルタメノモノ

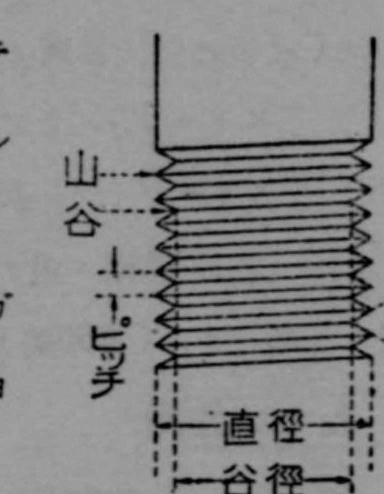
ノ二種ニ分ケルコトガ出來ル。

ねぢハ第76圖ニ示ス如ク直角三角形チ圓壔ニ卷キ附ケルトキ斜邊ノ作ル螺線チ例ヘバ山トシテ，山ノ間チ削リ取ツテ第77圖ノ如クシタモノトイフコトガ出來ル



第 76 圖

ねぢノ各部ノ名稱ハ右圖ノ如クデアル。



第 77 圖

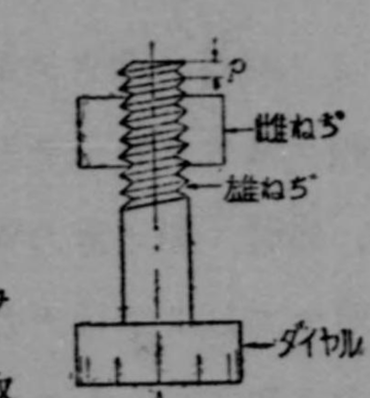
ねぢハ一個デハ用チナサズ雄ねぢノ山ガ雌ねぢノ谷ニ篏マリツツ回轉スルコトニヨツテ働キチ生ズル。

法則　「ピッチ」p ノ雄ねぢチ n 回轉サセルトキ l 丈ケ進ンダトスレバ（l チ歩（アユ）ミトイフ）

$$l=np$$

(2) だいやる

各種ノ測器，工作機械等ニ於テ僅カナ動キチ確實ニ傳達スルタメニ送リねぢニだいやるチ取付ケルコトガ多イ。（第78圖）



第 78 圖

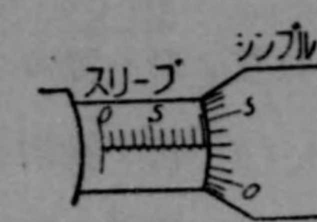
例 1. 「ピッチ」$4mm$ ノ送リねぢニ 100 等分シタだいやるヲ附ケタ時，コレヲ $\frac{1}{100}$ 回轉スレバ其ノ送リハ

$$l=np=\frac{4}{100}=0.04mm$$

例 2. 前例ニ於テ 2.3*mm* ノ送リヲ與ヘルタメだいやるノ回轉數ハ

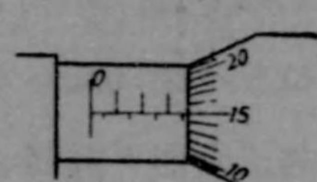
$$\frac{p}{l}=\frac{2.3}{0.04}=\frac{230}{4}=57.5\ (\text{回轉})$$

例 3. 耗目盛ノまいくろめーた（第79圖）



第 79 圖

「スリーブ」ノ横線ノ上ニ 1*mm* 間隔ノ線ヲ引キ更ニ其ノ中央下部ニ短イ目盛線（0.5*mm*線）ガ彫マレテキル。



第 80 圖

「シンブル」ノ周圍ハ50等分シテアリ，コレハ「ピッチ」0.5*mm* ノまいくろめーたねぢニ嚙合ッテキルカラ「シンブル」ヲ一回轉サセルト自ラ0.5*mm*進ム。

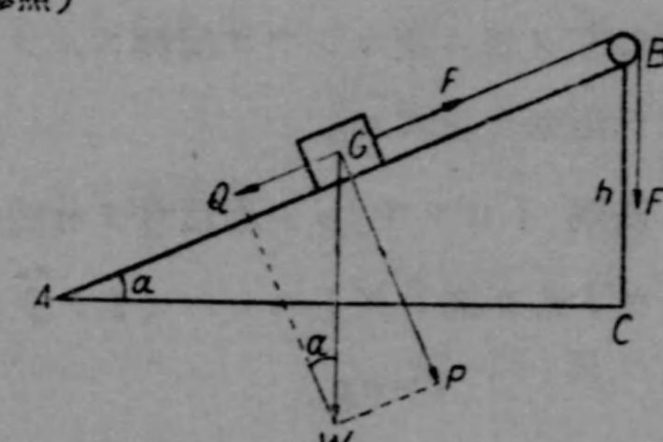
まいくろめーたノ目盛ノ讀ミ方。　例：3.5＋0.01×15＝3.65*mm*

（i）「スリーブ」ノ上デ完全ニ讀メル寸法ヲ讀ム。

（ii）「スリーブ」ノ一目ニ滿タナイ寸法ハ「シンブル」ノ何番目ノ目盛ガ「スリーブ」ノ横線ニ重ナルカヲ見テ，ソノ番號ヲ 0.01*mm* ニ乘ジテ（i）ノ讀ミニ加ヘル。（第80圖下ノ例參照）

(3) ねぢノ作用

(a) 斜面ノ利　第81圖ニ於テ斜面 AB ハ滑カナモノトスル。今コノ斜面ニ沿ウテ重サW瓩ノ物體ヲAカラBマデ引上ゲルトキ，物體ニ働ク重力Wヲ斜面ニ垂直ナ力Pト平行ナ力Qトニ分ケテ考ヘレバ，引上ゲルタメニハQノ力ヲ要スル。トコロガ △ABC ト △WGQ トハ相似デアルカラ



第 81 圖

$\angle GWQ=\angle BAC=\alpha$,　$\therefore Q=W\sin\alpha$　從ッテ　$Q<W$

從ッテAカラB迄引上ゲルトキノ仕事ノ量ハ

$$(\text{力})\times(\text{距離})=Q\times AB=W\sin\alpha\times h\operatorname{cosec}\alpha\quad(BC=h\text{米トスル})$$

$$=Wh\ (\text{瓩・米})$$

Wh(瓩・米) ハ重サW瓩ノ物體ヲ眞直ニ h 米ノ高サニ上ゲルトキノ仕事ノ量デアル。從ッテ斜面ニ沿ウテ引上ゲテモ，眞直ニ持上ゲテモ結局仕事ノ量ハ變リガナイガ，之ニ要スル力ハ $Q<W$ ナルコトヨリ小サクテヨイ。之ガ卽チ斜面ノ利デアル。

例 傾斜 30° ノ斜面ニ沿ウテ重サ1噸ノ物體ヲ押上ゲル爲ニ要スル力ハ

$$1000(\text{瓩})\times\sin 30^\circ=1000(\text{瓩})\times\frac{1}{2}=500(\text{瓩})$$

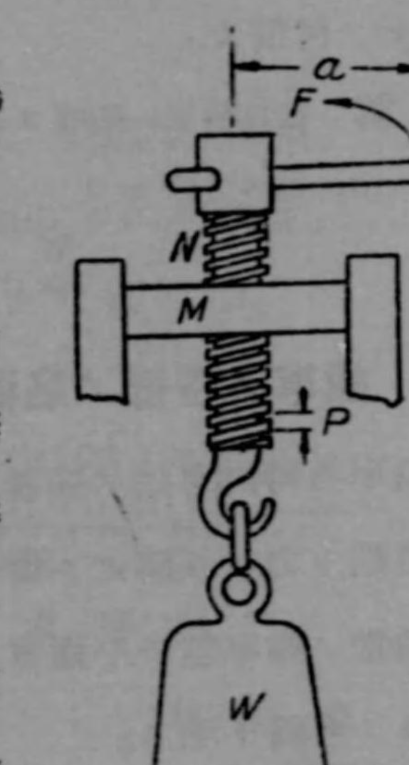
又コノ斜面ヲ利用シテ此ノ物體ヲ5米ノ高サ迄上ゲルトキノ仕事ノ量ハ，斜面ノ長サガ $5\operatorname{cosec}30^\circ=5\times2=10(\text{米})$ デアルカラ

$$500(\text{瓩})\times10(\text{米})=5000(\text{瓩・米})\cdots\cdots\cdots\cdots\text{答}$$

然シ乍ラ斜面ヲ利用シテモ力ニ利ガアル丈ケデ，ナス仕事ノ量ハ變リナイカラ，眞直ニ上ゲルトキノ仕事ノ量ハ

$$1000(\text{瓩})\times5(\text{米})=5000(\text{瓩・米})$$

トシテ求メル方ガヨイ。



第 82 圖

(b) 右ノ圖ニ於テ雌ねぢMヲ固定シ，ソレニ嵌マッテキル雄ねぢ N ニ錘Wヲ懸ケ，力 F ヲてこノ端ニ加ヘ，コノ雄ねぢヲ回シテ錘ヲ上ゲル場合ニツイテ考ヘル。雌ねぢノ溝ノ上面ハ螺旋狀ニ曲ッタ一種ノ斜面ヲ作リ，雄ねぢノ凸部ガ其ノ上ニ支ヘラレテキルカラ，斜面ノ上ニ重イ物體ガ載セラレテキルノト同様デアル。（タダ斜面ニ接スル部分ガ長イ丈ケデアル）今雄ねぢヲてこニ依ッテ一回轉サセレバ錘Wハねぢノ「ピッチ」p 丈ケ上ゲラレルカラ，錘ノ受ケル仕事ハ Wp デアル。又ねぢノ中心カラてこノ着力點マデノ距離ヲ a トスレバ，てこガ一回轉スル間ニスル仕事ハ，力ノ働ク距離 $2\pi a$ ト力Fトノ積 $2\pi aF$ デ

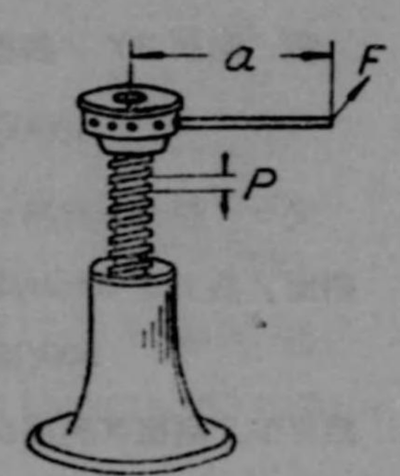
アル。コノ二ツノ仕事ノ量ハ相等シイカラ

$$\mathrm{W}p=2\pi a\mathrm{F}$$

$$\therefore\quad \mathrm{W}=\frac{2\pi a}{p}\mathrm{F}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

卽チ雄ねぢノ中心カラ距離 a ノ點ニ力F ヲ加ヘルトキ，雄ねぢハ $\frac{2\pi a}{p}$F ノ錘ヲ支ヘルコトガ出來ル。

問題 右ノ圖ハ建築物其ノ他重イモノヲ押上ゲルタメノ装置デアル。今雄ねぢニ附ケラレタてこニ雄ねぢノ中心カラ 200mm ノ點ニ力F ヲ加ヘルトキ，ねぢノ「ピッチ」ヲ 3mm トスレバ，物體ノ押上ゲラレル力Wハ加ヘタ力Fノ何倍カ。



第 83 圖

解 着力點ガ一回轉スレバ其ノねぢノ進行距離 2π×200mm，「ピッチ」3mm，故ニ(1)ヨリ

$$\therefore\quad \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{F}}=\frac{2\pi a}{p}=\frac{2\pi\times200}{3}\fallingdotseq419(\text{倍})\cdots\cdots\cdots(\text{答})$$

23. 齒車ノ各部ノ名稱ト種類

齒車ハ時計ヲ始メ各種ノ計器，機械，兵器等ニ於テ二軸ノ間ノ回轉運動ト力ノ正確ナル傳達機關ノ主體ヲナスモノデアル。

通常ノ齒車卽チ平齒車ニ就イテソノ主要部分ノ名稱ヲ示ス。

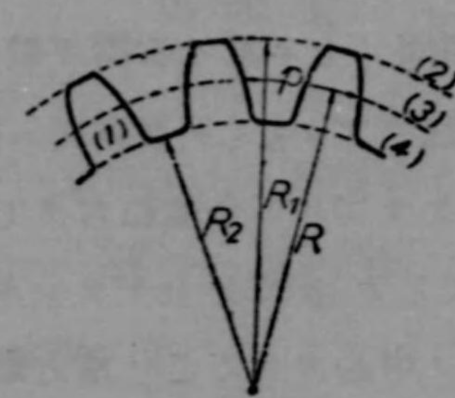
第84圖ニ於テ

(1)……齒

(2)……齒先圓

(3)……「ピッチ」圓（又ハ刻ミ圓）

(4)……齒本圓



第 84 圖

p ……「ピッチ」（又ハ圓刻ミ）

R ……「ピッチ」圓ノ半徑

R_1……齒先圓ノ半徑

R_2……齒本圓ノ半徑

齒車ノピッチp，ピッチ圓ノ半徑R及ビ齒數nトノ間ニハ次ノ關係ガアル。

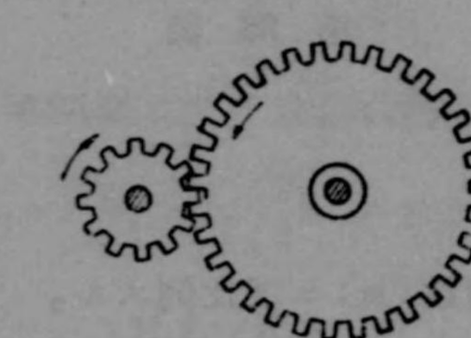
$$p=\frac{2\pi\mathrm{R}}{n}\qquad(\text{但シ}\ \pi=3.1416\ \text{圓周率})$$

次ニ齒車ハ其ノ用途ニ依リ形狀ヲ異ニスルガ，主ナモノハ次ノ三種デアル。

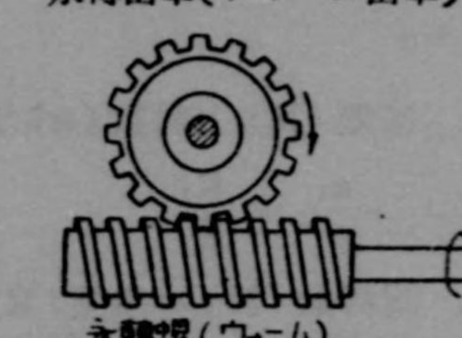
(1) **平齒車**(第85圖) 平行ナ二軸ノ間ニ回轉及ビ力ヲ傳ヘルタメニ使フ。

(2) **永轉螺（ウオーム，芋蟲）**（第86圖）減速比（95頁）ヲ大ニシ，且垂直(但シ交ラナイ)ナ二軸間ニ回轉及ビ力ヲ傳ヘルタメニ使フ。

平 齒 車


第 85 圖

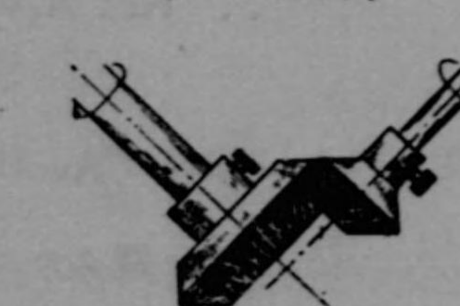
永轉齒車(ウォーム齒車)



第 86 圖

(3) **傘齒車**(ベベル齒車)(第87圖) 相交ハル二軸ノ間ニ回轉及ビ力ヲ傳ヘルタメニ使フ。

傘 齒 車
(ベベル齒車)

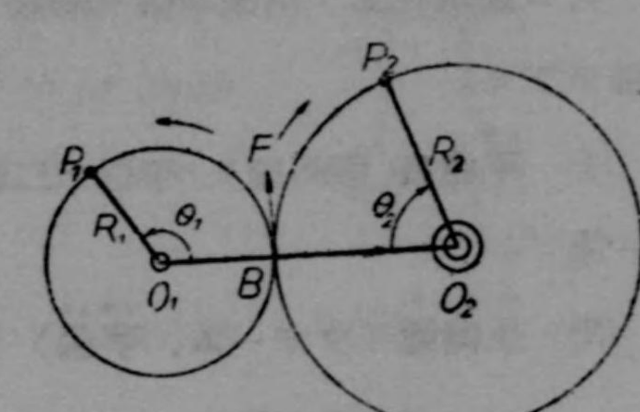

第 87 圖

24. 平齒車

(1) **外接二齒車** 第88圖ニ於テ起動軸 O_1 ノ回轉ヲ從動軸 O_2 ノ回轉及ビ回轉力ニ移スタメ兩軸ニ夫々齒車 A_1, A_2 ヲ固着サセテ嚙ミ合ハセルトキヲ考ヘル。今兩齒車ノ各種ノ數量ヲ次表ノ如ク表ハスモトスル。

	ピッチ圓ノ半徑	齒數	回轉數	角速度（らぢあん/秒）	軸ノ回轉力（kg）
A_1	R_1	n_1	N_1	w_1	F_1
A_2	R_2	n_2	N_2	w_2	F_2

又始メ相接シテキタ「ピッチ」圓周上ノ點Bガ t 秒後ニ P_1 及ビ P_2 ニマデ來タモノトスレバ次ノ諸法則ガ成立スル。



第 88 圖

法則 1. 兩齒車ノ回轉方向ハ反對デアル。

法則 2. 半徑（R）ト齒數（n）トハ正比例スル。

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{R_1}{R_2}$$

法則 3. 回轉數（N）ハ半徑（R）又ハ齒數（n）ニ反比例スル。

$$\frac{N_2}{N_1}=\frac{R_1}{R_2}=\frac{n_1}{n_2}$$

何トナレバ $2\pi R_1N_1=2\pi R_2N_2$ ヨリ $R_1N_1=R_2N_2$

$$\therefore\ N_2 : N_1=R_1 : R_2$$
$$=n_1 : n_2\ (\text{法則 }2)$$

從ツテ A_2 ノ半徑ガ A_1 ノ半徑ノ 2, 3, ……倍トナレバ A_2 ノ回轉數ハ $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, ……ト遲クナル。

コノトキ $\frac{N_2}{N_1}$ ヲ**速度比**トイフ。

注意 主動軸 O_1 ノ回轉數ハ大キクトモ從動軸 O_2 ノ回轉數ハ半徑ニ反比例シテ小トナリ不經濟ノ樣ニ考ヘラレルガ，軸ノ回轉力ハ却ツテ大トナル。之ガ次ノ法則4ノ示ストコロデアル。

法則 4. 軸ノ回轉力（F）ハ半徑（R）ニ正比例スル。

$$\frac{F_2}{F_1}=\frac{R_2}{R_1}$$

兩齒車ノ切點Bニ於ケル力ヲFトスレバ軸 O_1, O_2 ニ關スル能率卽チ回轉セントスル力 F_1, F_2 ハ

$$F_1=FR_1,\ F_2=FR_2 \qquad \therefore\ F_2 : F_1=R_2 : R_1$$

卽チ從動軸ノ半徑ガ 2, 3, ……倍トナレバ回轉數ハ $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, ……トナルガ軸ノ回轉力ハ 2, 3, ……倍トナル。

法則 5. 角速度（ω）ハ半徑（R）ニ反比例スル。

$$\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{R_1}{R_2}$$

第88圖ニ於テ $\overset{\frown}{BP_1}=\overset{\frown}{BP_2}$ デ且 $\overset{\frown}{BP_1}=R_1\theta_1$, $\overset{\frown}{BP_2}=R_2\theta_2$, 又 $\omega_1=\frac{\theta_1}{t}$, $\omega_2=\frac{\theta_2}{t}$ デアルカラ

$$R_1\theta_1=R_2\theta_2 \qquad \therefore\ R_1\frac{\theta_1}{t}=R_2\frac{\theta_2}{t} \qquad \therefore\ R_1\omega_1=R_2\omega_2$$

卽チ半徑ガ 2, 3, ……倍トナレバ角速度ハ $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, …ト遲クナル。

以上五個ノ法則ヲ纏メテ記セバ次ノ如クナル。但シ始メノ負號ハ回轉方向ノ反對ナルコトヲ示スコトトスル。

法則 6. $$\textbf{速度比}=-\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{N_2}{N_1}=\frac{n_1}{n_2}=\frac{R_1}{R_2}=\frac{F_1}{F_2}$$

問題 1. 主動齒車 A_1 ノ直徑10cmノ齒數24, 1分間ノ回轉數50ナラバ之ト嚙ミ合フ從動齒車 A_2 ノ直徑20cmノトキ A_2 ノ齒數及ビ回轉數ヲ求メヨ。

解　法則6ニ於テ $R_1=10cm$，$n_1=24$，$N_1=50$，$R_2=20cm$ デアルカラ

$$\frac{n_2}{n_1}=\frac{R_2}{R_1}\qquad\therefore\quad n_2=24\times\frac{20}{10}=48\qquad(\text{答})$$

$$\frac{N_2}{N_1}=\frac{R_1}{R_2}\qquad\therefore\quad N_2=50\times\frac{10}{20}=25\qquad(\text{答})$$

問題 2. 主動軸ガ毎分1800回轉スルトキ從動軸ヲ毎分720回轉サセルニハ，兩軸ニ附ケル齒車ノ半徑ノ比ヲ如何ニスレバヨイカ。

又コノ時從動軸ノ回轉力ハ主動軸ノ回轉力ノ何倍トナルカ。

解　法則6ニ於テ $N_1=1800$，$N_2=720$

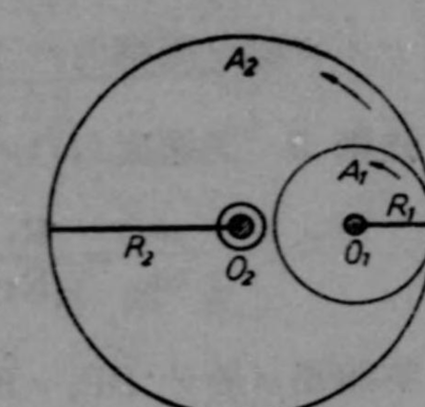
$$\frac{R_2}{R_1}=\frac{N_1}{N_2}\qquad\therefore\quad\frac{R_2}{R_1}=\frac{1800}{720}=\frac{5}{2}\qquad(\text{答})$$

又

$$\frac{F_2}{F_1}=\frac{R_2}{R_1}\qquad\therefore\quad\frac{F_2}{F_1}=\frac{5}{2}\qquad(\text{答})$$

(2)　內接二齒車

二ツノ平齒車ガ第89圖ノ如ク內接スル場合ニ於テハ回轉方向ガ同ジ法則2乃至5ハ成立スルカラ法則6ノ代リニ負號ノナイ次ノ法則7ガ成立ツ。

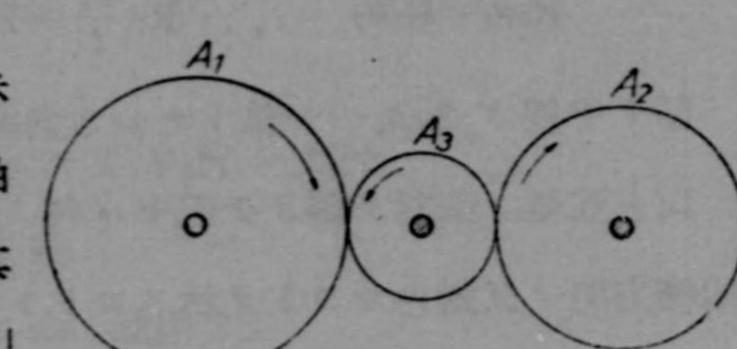


第 89 圖

法則 7. $\dfrac{\omega_2}{\omega_1}=\dfrac{N_2}{N_1}=\dfrac{n_1}{n_2}=\dfrac{R_1}{R_2}=\dfrac{F_1}{F_2}$

(3)　三ツ以上ノ平齒車

(a)　第90圖，第91圖ニ示ス A_1, A_2 ハ主動軸及ビ從動軸ニ取付ケラレタ齒車トシ，其ノ角速度ヲ ω_1, ω_2；「ピッチ」圓ノ半徑ヲ R_1, R_2 トスル。

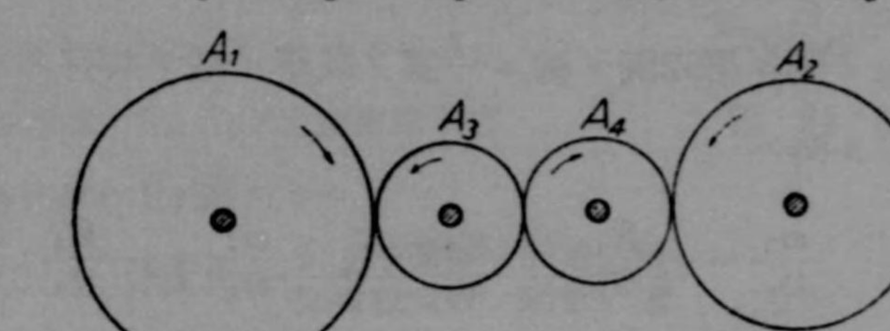


第 90 圖

今若シ A_1, A_2 ノ間ニ第90圖ノ樣ニ中間車 A_3 ヲ一ツ入レタ場合ニ A_3 ノ角速度ヲ ω_3，半徑ヲ R_3 トスレバ法則6ヨリ

$$\frac{\omega_3}{\omega_1}=-\frac{R_1}{R_3},\qquad\frac{\omega_2}{\omega_3}=-\frac{R_3}{R_2}$$

$$\therefore\quad\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{\omega_2}{\omega_3}\times\frac{\omega_3}{\omega_1}=\left(-\frac{R_3}{R_2}\right)\times\left(-\frac{R_1}{R_3}\right)=\frac{R_1}{R_2}$$



第 91 圖

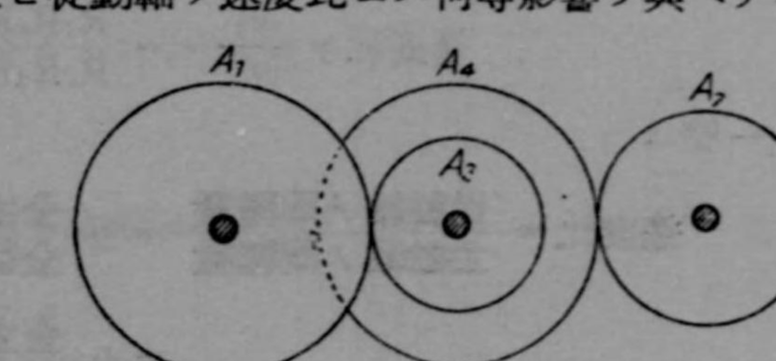
第91圖ノ場合ニハ同樣ニシテ

$$\frac{\omega_2}{\omega_1}=-\frac{R_1}{R_2}$$

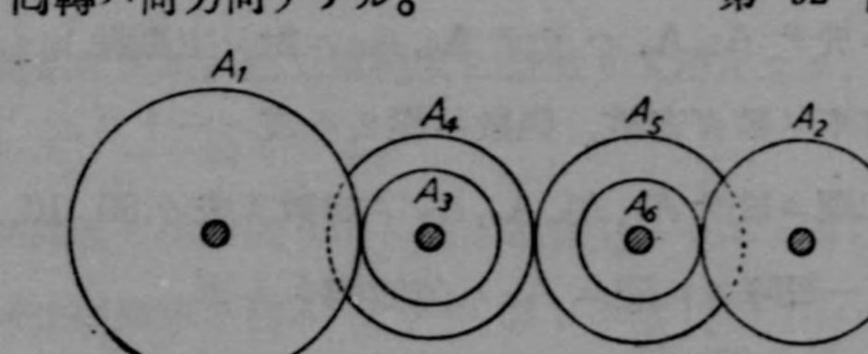
從ツテ一般ニ中間車ヲ數個用フルトキハ

$$\frac{\omega_2}{\omega_1}=\pm\frac{R_1}{R_2}=\pm\frac{N_1}{N_2}\qquad(\text{但シ}N_1, N_2\text{ハ齒數ヲ示ス})$$

卽チ中間車ハ主動軸及ビ從動軸ノ速度比ニハ何等影響ヲ與ヘナイ。タダ中間車ノ數ガ0又ハ偶數ノトキハ複號ハ負デ兩軸ノ回轉方向ハ反對，奇數ノ時ハ複號ハ正デ回轉ハ同方向デアル。



第 92 圖



第 93 圖

注意　中間車ハ速度比ニ影響ヲ與ヘナイトイフ意味デ「遊ビ車」ト呼バ

レルコトガアル。

(b) 第92圖，第93圖ニ示スA_1，A_2ハ主動軸及ビ從動軸ニ取付ケラレタ齒車デ角速度及ビ「ピッチ」圓ノ半徑ハ前ト同樣トスル。

今A_1，A_2ノ間ニ第92圖ノ樣ニ一個ノ複車（軸ヲ共有スル二ツノ齒車）ヲ入レル時ハ

$$\frac{\omega_3}{\omega_1}=-\frac{R_1}{R_3},\quad \frac{\omega_4}{\omega_3}=1,\quad \frac{\omega_2}{\omega_4}=-\frac{R_4}{R_2}$$

$$\therefore\ \text{速度比}=\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{\omega_2}{\omega_4}\times\frac{\omega_4}{\omega_3}\times\frac{\omega_3}{\omega_1}=\left(-\frac{R_4}{R_2}\right)\times 1\times\left(-\frac{R_1}{R_3}\right)=\frac{R_1R_4}{R_2R_3}$$

同樣ニ二個ノ複車ヲ入レタ第93圖ノ如キ場合ニハ

$$\frac{\omega_3}{\omega_1}=-\frac{R_1}{R_3},\quad \frac{\omega_4}{\omega_3}=1,\quad \frac{\omega_5}{\omega_4}=-\frac{R_4}{R_5},\quad \frac{\omega_6}{\omega_5}=1,$$
$$\frac{\omega_2}{\omega_6}=-\frac{R_6}{R_2}$$

$$\therefore\ \text{速度比}=\frac{\omega_2}{\omega_1}=-\frac{R_1R_4R_6}{R_2R_3R_5}$$

一般ニ

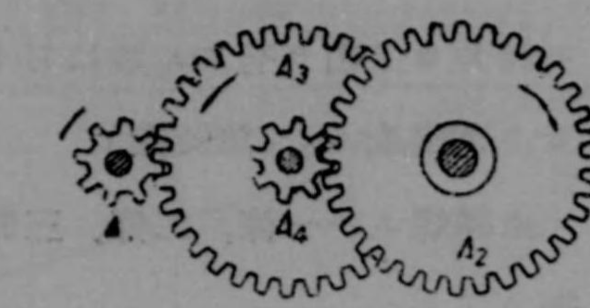
$$\text{速度比}=\frac{\text{從動軸ノ囘轉數}}{\text{主動軸ノ囘轉數}}=\pm\frac{\text{全主動軸ノ半徑ノ積}}{\text{全從動軸ノ半徑ノ積}}\cdots(1)$$
$$=\pm\frac{\text{全主動軸ノ齒數ノ積}}{\text{全從動軸ノ齒數ノ積}}\cdots(2)$$

但シ第92圖ニ於テ A_1，A_4 ハ夫々 A_3，A_2 ニ對シ主動軸トイフコトニスル。±ハ複車ノ數ガ奇數，偶數ニ從ヒ＋或ハ－トスル

問題 1. 第92圖ニ於テA_1，A_3，A_4，A_2ノ齒數ヲ夫々80，10，75，10トスル時A_1ガ一囘轉スル間ニA_2ハ何囘轉スルカ。

解 (2)ヨリ $\frac{N_2}{N_1}=\frac{80\times 75}{10\times 10}=60$，　$N_1=1$，　$\therefore\ N_2=60$

問題 2. 第94圖ニ於テA_1ハ主動齒車，A_2ハ從動齒車トシ其ノ間ニA_3A_4ノ複車ヲ入レタ時速度比ヲ求メヨ。



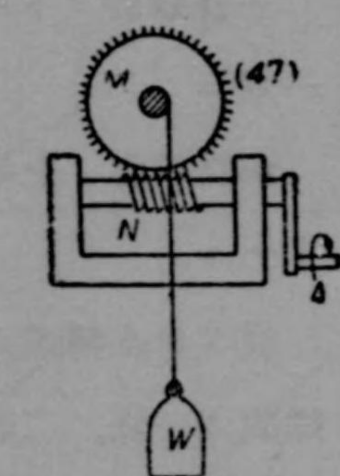
第 94 圖

解 A_1，A_2，A_3，A_4ノ齒數ハ夫々8，32，32，8デアルカラ(2)式ヲ用ヒA_1，A_4ヲ主動齒車，A_3，A_2ヲ從動齒車ト考ヘ又複車ノ數ハ1デアルカラ－ヲトリ

$$\text{速度比}=\frac{\text{全主動齒車ノ齒數ノ積}}{\text{全從動齒車ノ齒數ノ積}}=\frac{8\times 8}{32\times 32}=\frac{1}{16}\qquad 答\ \frac{1}{16}$$

25. 永轉螺（ウオーム，芋蟲）ト永轉齒車（ウオーム齒車）

之ハ右圖ノ如ク雄ねぢNノ山ノ間ニ齒車Mノ齒ガ嵌マリ「ハンドル」Aヲ囘轉スレバ齒車Mガ囘轉スル裝置デ



第 95 圖

雄ねぢNヲ永轉螺又ハ「ウォーム」，芋蟲等トイヒ，Mヲ永轉齒車又ハ「ウォーム」齒車トイフ。コノ裝置ニ依レバ

(i) 囘轉ヲ直角方向ニ傳達スル

(ii) 速度比ヲ大キクスル

(iii) 從ツテ小サナ力ヲ以テ大キナ力ヲ發揮サセル

等ノ利益ガアル。然シ摩擦及ビ磨滅ガ大キイカラ，絶エズ動力ヲ傳達スルモノニハ適シナイ。

第96圖及ビ第97圖ニ示ス如ク軍事上ニモ多ク用ヒラレル。

次ニ永轉齒車ノ齒ハ「ピッチ」圓ノ半徑(R)，「ピッチ」(p)ノ一定ナ齒形ノ斷面ヲ無數ニ重ネ合ハセテ之ヲ永轉螺ノ螺旋ノ傾角α丈ケ捩ラシタモノトイフベク（第98圖），又永轉螺ノ齒ハ圓壔面ノ周圍

ニ傾角αノ山ヲ有スル雄ねぢト云フコトガ出來ル。（第98圖）

永轉螺ニハ一條，二條，三條螺旋等ガアル。

永轉齒車ノ「ピッチ」pヲ一定ニスルトキ永轉螺ガ一回轉スルトキノ螺旋ノ歩ミハ（次頁第99圖參照）

一條螺旋ノトキハ　p

二條螺旋ノトキハ　$2p$

三條螺旋ノトキハ　$3p$

一般ニ

m條螺旋ノトキハ　mp

トナル。

從ツテ永轉螺ガ一回轉スルトキ其ノ螺旋ガ一條，二條，三條，……ナルニ從ヒ永轉齒車ノ齒ヲ一，二，三，……前進サセル。從ツテ逆ニ齒車ノ齒數ヲnトスレバ齒車ガ一回轉スル間ニ永轉螺ハ

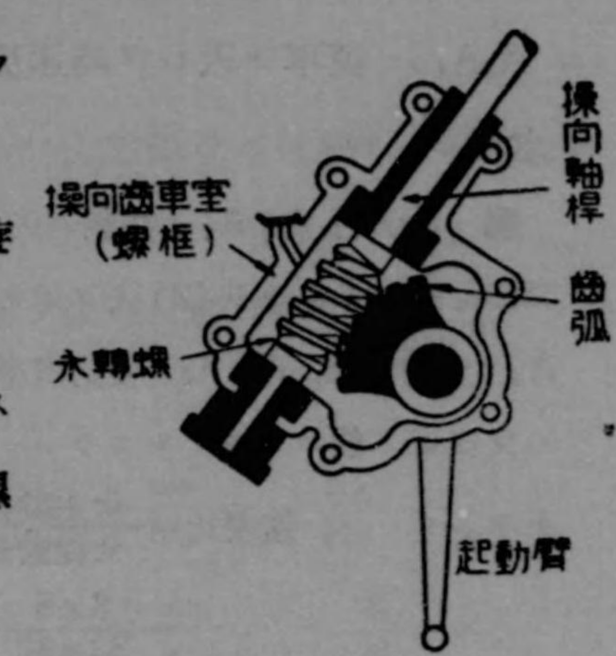
一條螺旋ノトキハ　n回

二條螺旋ノトキハ　$\frac{n}{2}$回

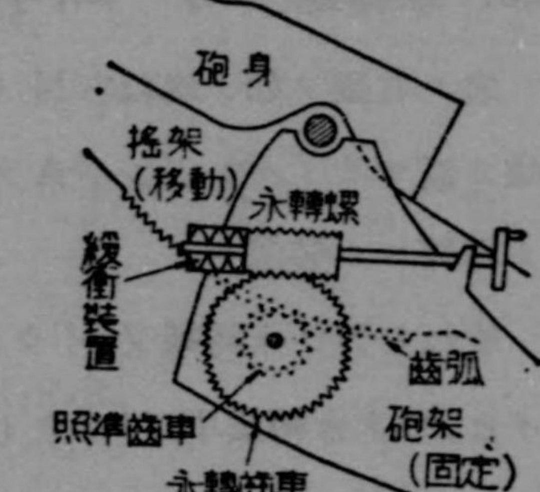
三條螺旋ノトキハ　$\frac{n}{3}$回

回轉スル。（次頁第99圖參照）

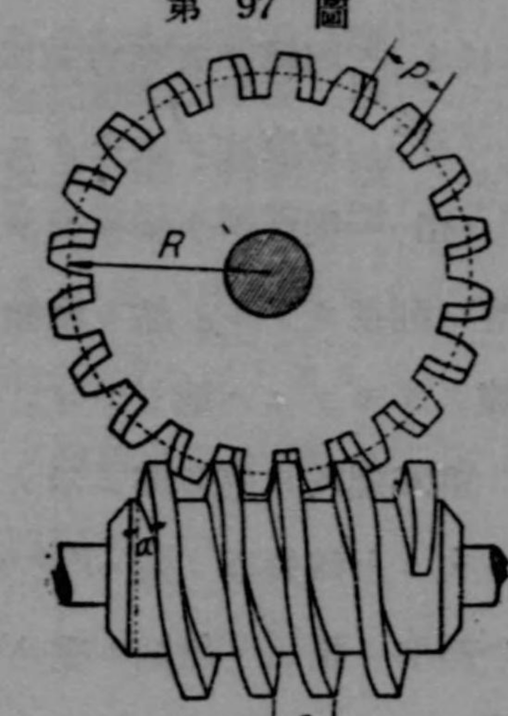
從ツテ速度比ハ夫々



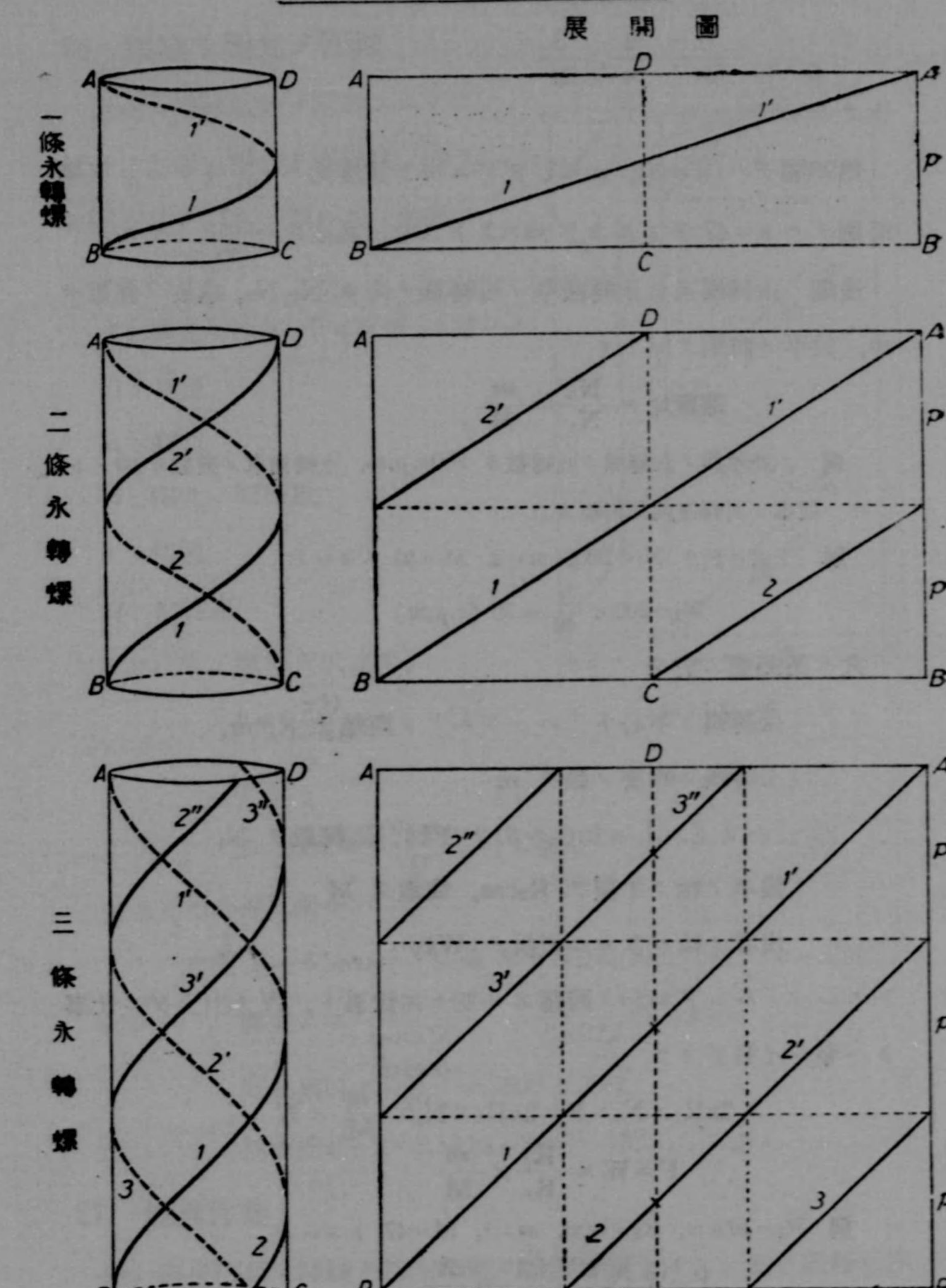
第 96 圖



第 97 圖



第 98 圖



第 99 圖

$$\frac{1}{n},\ \frac{2}{n},\ \frac{3}{n}$$

トナル。

第98圖デハ $n=20$, $m=1$ デアルカラ速度比ハ$\frac{1}{20}$トナル。又第95圖デハ $n=47$ デアルカラ $m=1$ トスレバ速度比ハ$\frac{1}{47}$トナル。

法則　永轉螺及ビ永轉齒車ノ回轉數ヲ夫々 N_1, N_2, 螺旋ノ條數ヲ m, 齒車ノ齒數ヲMトスレバ

$$\textbf{速度比}=\frac{N_2}{N_1}=\frac{m}{M}$$

例　二條螺旋ノ永轉螺ノ回轉數ガ 200$r.p.m$, 永轉齒車ノ齒數ガ40ノトキハ齒車ノ回轉速度如何程カ。

解　上式ニ於テ $N_1=200$, $m=2$, $M=40$ トオケバ

$$N_2=200\times\frac{2}{40}=10\ (r.p.m)$$

次ニ第95圖ニ於テ

永轉螺ノ中心ト「ハンドル」ノ距離ヲ $R_1 cm$,

永轉螺ノ螺旋ノ數ヲ m

「ハンドル」ニ加ヘル力ヲ Fkg, 回轉數ヲ N_1

齒車ノ軸ノ半徑ヲ $R_2 cm$, 齒數ヲ M

齒車ノ軸ニカカル抵抗ヲ Wkg

トスレバ「ハンドル」ノ回轉ニヨリナス仕事ト, Wヲ引上ゲル仕事トハ等シイ筈ダカラ

$$2\pi R_1\times N_1\times F=2\pi R_2\times N_1\times\frac{m}{M}\times W$$

$$\therefore\ \ F=W\times\frac{R_2}{R_1}\times\frac{m}{M}$$

例　$R_1=100cm$, $R_2=1cm$, $m=1$, $M=47$ トスレバ

$$F=W\times\frac{1}{100}\times\frac{1}{47}=\frac{W}{4700}$$

卽チ物體ノ重サノ $\frac{1}{4700}$ トイフ極ク小サイ力ヲ加ヘレバ釣合フ事トナル。

26. 腔綫ト彈丸ノ回轉

彈丸ニ回轉運動ヲ附與スルタメ銃身ノ内面ニ彫ツタ螺線狀ノ溝ヲ腔綫(コウセン)トイフ。右ノ圖ハ其ノ要領ヲ示ス。茲ニ於テ

l : 纏度(テンド)(ねぢノ「ピッチ」ニ當ル)

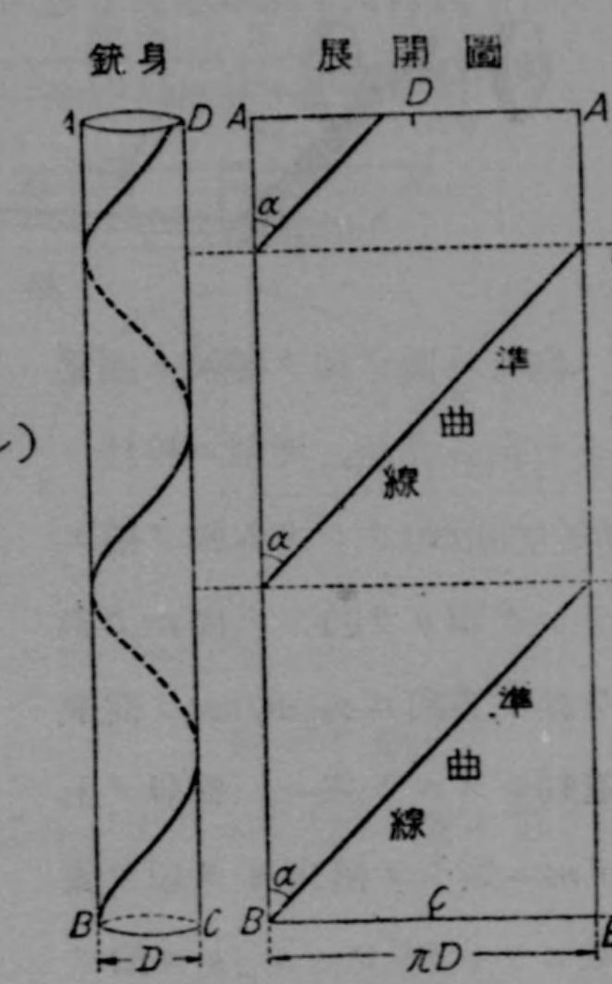
D : 口徑

α : 傾角

N : 彈丸ノ回轉數

V : 初速

Ω(オメガ) : 初旋速



第 100 圖

トスレバ次ノ關係ガ成立ツ。

$$l=\frac{\pi D}{\tan\alpha}\cdots\cdots\cdots(1)$$

$$N=\frac{V}{l}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

$$\Omega=2\pi N=\frac{2V\tan\alpha}{D}\text{らぢあん}\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

三八式步兵銃ニ於テハ

口徑 $D=6.5mm$,　初速 $V=760m/sec$,　傾角 $\alpha=5°50'$

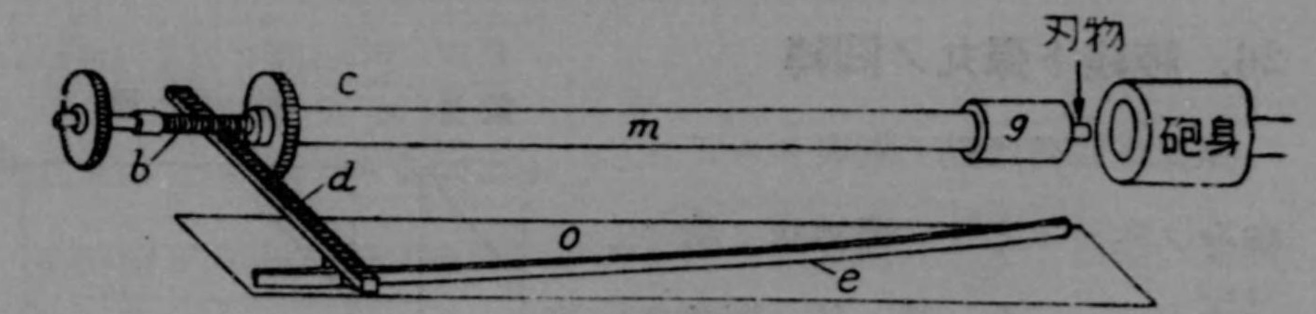
從ツテ　纏度 $l=\frac{3.1416\times6.5}{\tan5°50'}=\frac{3.1416\times6.5}{0.1022}=20cm$

$\therefore$ 回轉數 $N=\frac{76000}{20}=3800$ (每秒)

初旋速 $\Omega=2\times3.1416\times3800\fallingdotseq13876$ らぢあん

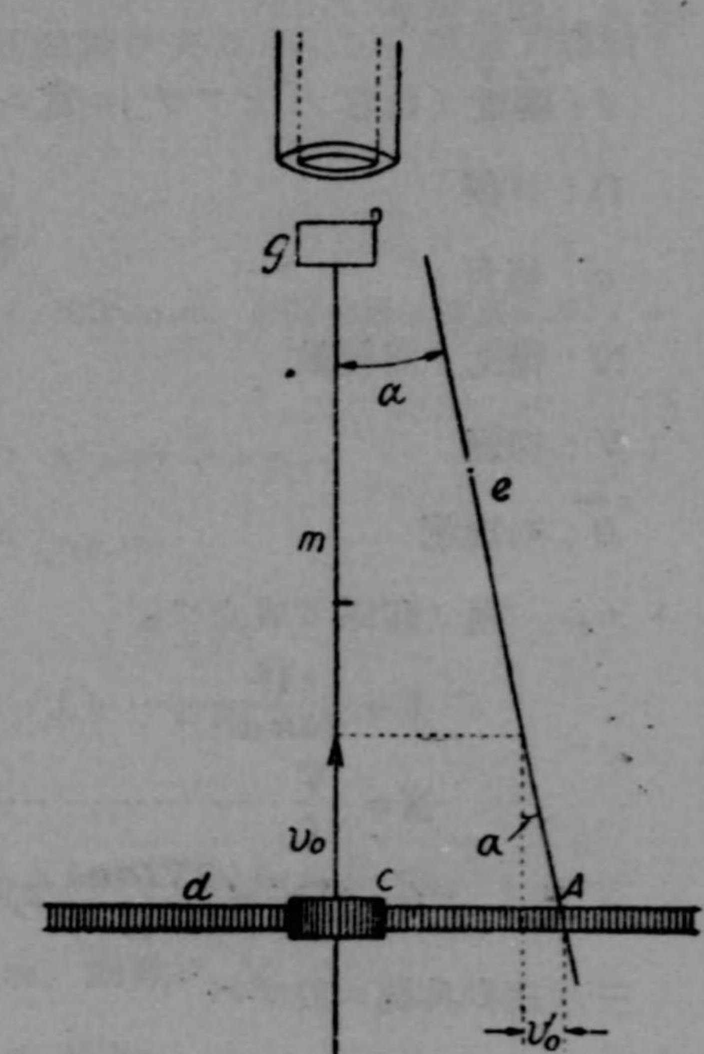
27. 旋綫作業

銃, 砲身内面ノ腔綫ヲ切ル作業ヲ**旋綫(シセン)作業**トイヒ, 甚ダ困難ナ作業デアル。其ノ要領ノ一例ヲ次圖ニ示ス。



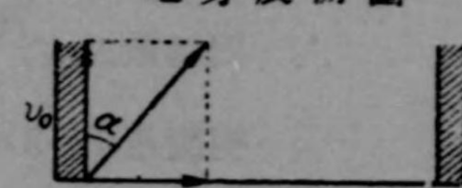
第 101 圖

砲身ハ圖ノ如ク機械ニ固定シテ据エラレ，周圍ニ腔綫ノ形(半圓形)ヲシタ刄物ノ植エラレタ頭 g ヲ持ツタ棒 m ガ砲身軸ノ方向ニ $v_0 cm/sec$ ノ前進運動ヲスルト共ニ，板Oノ上デ m ニ對シテ傾角 α ヲ以テ固定セラレタ「レール」e ニ沿ツテ d ガ滑レバ齒車ノ嚙合ハセデ c ガ周リ從ツテ m ハ回轉運動ヲモ併セ行ヒ，之ニヨツテ g ノ刄物ハ砲身ニ傾角 α ノ腔綫ヲ彫ル。



第 102 圖 (1)

砲身展開圖



第 102 圖 (2)

何トナレバ第102圖ヨリ齒車 c ガ一秒間ニ $v_0 cm$ 進ム間ニA點ハ左ヘ

$$v_0' = v_0 \tan\alpha \ (cm)$$

丈ケ進ム。從ツテ齒車 c ノ周ノ線速度ハ $v_0 \tan\alpha$ トナリ，c ノ半徑ト砲身ノ內徑トガ相等シケレバ(2)圖ヨリ明カニ腔綫ノ傾角ハ α トナル。

28. 差動齒車裝置

第103圖ニ於テ A_1, A_2 ヲ齒車トシ B ヲ兩齒車軸ノ支持腕トスル。

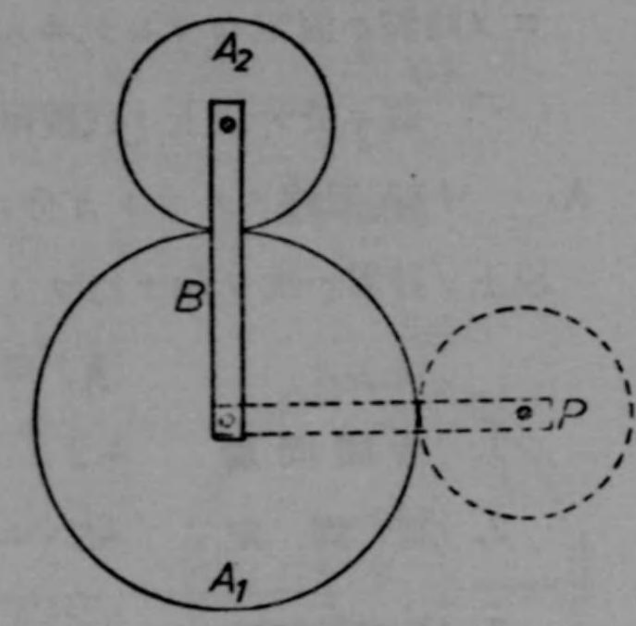
コノ裝置ニ於テ

（1） A_1 ヲ固定シオイテBヲ回轉スル時 A_2 ノ回轉ノ情況

（2） A_1 及ビ B ヲ回轉サセル時ノ A_2 ノ回轉ノ狀況

ニツイテ研究スル。

一般ニ齒車ガ自轉シツツ他ノ齒車ノ周リヲ公轉スル裝置ヲ差動齒車裝置トイフ。



第 103 圖

上ノ(1)ノ場合ハ(2)ノ特殊ナ場合デアルカラ(2)ノ解キ方ヲ研究スル。

之ニハ A_2 ノ回轉ハ，腕 B ト齒車 A_1 トノ回轉ヨリ受ケル二ツノ影響ガ合成サレテ生ズルモノト考ヘル。

今 A_1 ノ齒數ヲ80，A_2 ノ齒數ヲ40トシ腕Bガ時計ノ針ト同方向(＋)ニ3回轉シ A_1 ガ反對方向(－)ニ2回轉スル時 A_2 ノ回轉方向ト回轉數ヲ求メルニハ

（イ） 第一ニ A_1, A_2, B ヲ固定シテ一體トシ，之ニ腕ノ回轉數ヲ與ヘレバ A_1, A_2 ハ A_1 ノ軸ヲ中心トシテ共ニ $+3$ 回轉スル。

（ロ） 次ニ腕ヲ其ノ位置ニ固定シテオイテ A_1 ヲ合成回轉數ガ -2 回轉ニナル迄回轉スル。卽チ A_1 ニハ最初腕ト共ニ $+3$ 回轉ガ與ヘラレテキルカラ -5 回轉ヲ與ヘレバ合成回轉ハ -2 回轉トナル。

從ツテ A_2 ハ

$$(-5)\times\left(-\frac{80}{40}\right)=10$$

卽チ ＋10 回轉スル。

コノ時腕ハ固定セラレテヰルカラ回轉數ハ零デアル。

（ハ）茲ニ於テ以上ノ代數和ヲ取レバ各部ノ合成回轉數ガ得ラレ A_2 ハ ＋13 回轉スルコトガ分ル。

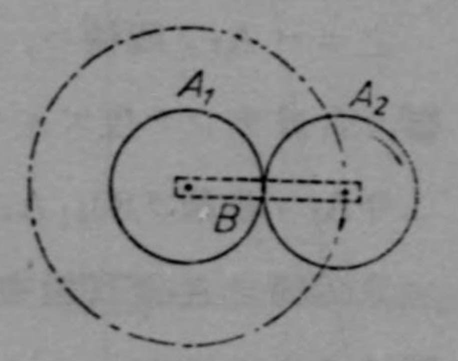
以上ノ計算ハ次ノ如ク行フノガ便利デアル。

	A_1	A_2	B
1. 全體固着	＋3	＋3	＋3
2. 腕固定	−5	$(-5)\times\left(-\frac{80}{40}\right)=+10$	0
3. 合成回轉數	−2	＋13	＋3

（＋

問題 1. 一錢銅貨ノ問題

一個ノ一錢銅貨 A_2 ヲ他ノ一錢銅貨 A_1 ノ周リニ滑ルコトナク回轉シ乍ラ一周サセルトキ，A_2 ハ何回轉スルカ。



第 104 圖

解 A_1, A_2 ノ中心ヲ結ブ腕 B ヲ假定スルト上ノ問題ト同樣ニナル。

今 A_1 ヲ固定シテ腕 B ヲ ＋1 回轉サセレバヨイ。

	A_1	A_2	B
1. 全體固着	＋1	＋1	＋1
2. 腕固定	−1	$(-1)(-1)=+1$	0
3. 合成回轉數	0	＋2	＋1

（＋

卽チ A_2 ハ 2 回自轉スル。

答　2 回轉

問題 2. 上ノ問題デ A_2 ノ半徑ガ A_1 ノ半徑ノ $\frac{1}{n}$ ノ時ハ如何ニナルカ。

	A_1	A_2	B
1. 全體固着	＋1	＋1	＋1
2. 腕固定	−1	$(-1)(-n)=+n$	0
3. 合成回轉數	0	$n+1$	＋1

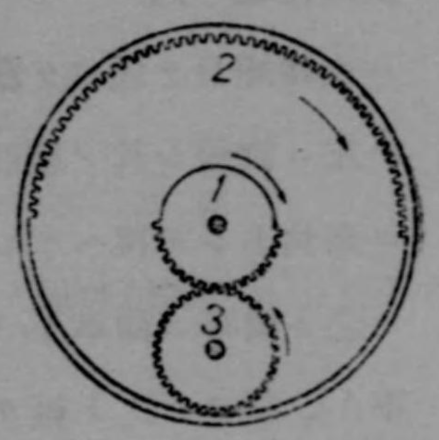
（＋

答　$n+1$ 回轉

問題 3. 齒車應用ノ早戻リ運動

第 105 圖ニ於テ缺齒車 1,2 ハ同ジ軸ヲ共有シ又同時ニ回轉スル。

今 1,2 ガ動車トナツテ右回轉ヲスレバ 3 ハ 1 ト嚙合フ間ハ左回轉スルガ，之ガ外レルヤ否ヤ 2 ト嚙合フニ至リ右回轉スル。而モ 3 ノ右回轉ハ左回轉ヨリ速イ。コノ速度比ヲ計算スル。



第 105 圖

今 1,2,3 ノ角速度ヲ夫々 ω_1, ω_2, ω_3 及ビ 2 ト 3 ガ組ムトキノ 3 ノ角速度ヲ ω_3' トシ 2,3 ノ半徑ヲ R_2, R_3 トスレバ

（イ）1,3 ガ組ム間ハ　$\omega_3 : \omega_1 = -1$ ……………………(1)

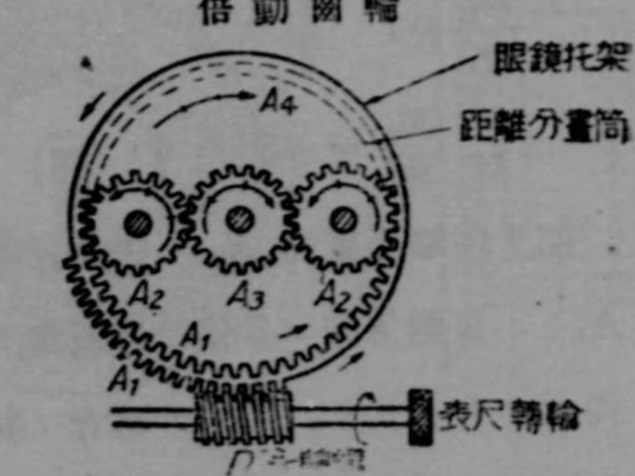
（ロ）2,3 ガ組ム間ハ　$\omega_3' : \omega_2 = \omega_3' : \omega_1$　$(\because\ \omega_1 = \omega_2)$

$= R_2 : R_3 = 3 : 1$ ……(2)

(1), (2) ヨリ　$\omega_3' : \omega_3 = -3$

卽チ 3 ノ右回轉速度ハ左回轉速度ノ 3 倍デ回轉方向ハ反對デアル之ガ早戻リ運動ヲナス理デアル。

倍動齒輪



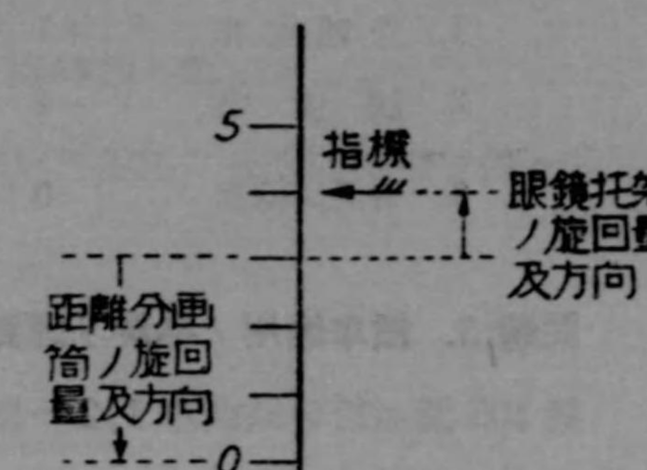
第 106 圖

問題 4. 照準眼鏡ノ倍動齒輪ノ原理

眼鏡デ目標ヲ照準シツツ砲身ニ

與ヘル微小ナ角度ノ變化ヲ擴大シテ分畫ヲ見易クスルタメ**鼓胴表尺**デハ**倍動齒輪**ガ用ヒラレテヰル。

第 108 圖ハ鼓胴表尺ノ側面圖デ，倍動齒輪ノ要領ハ第 106 圖ノ如クデアル。第106圖ニ於テ**表尺轉輪**ヲ例ヘバ右ニ旋回スレバ永轉螺Dヲ通ジテ**眼鏡托架** A_1 ハ左ニ旋回シ其ノ旋回量ハ砲身ニ高角トシテ與ヘラレル。



第 107 圖

鼓胴表尺要領圖

之ト同時ニ齒車A_2ヲ介シテ齒車A_3，從ツテ之ト軸ヲ同ジクスル**距離分畫筒**A_4ハ眼鏡托架トハ反對方向ニ旋回スル。

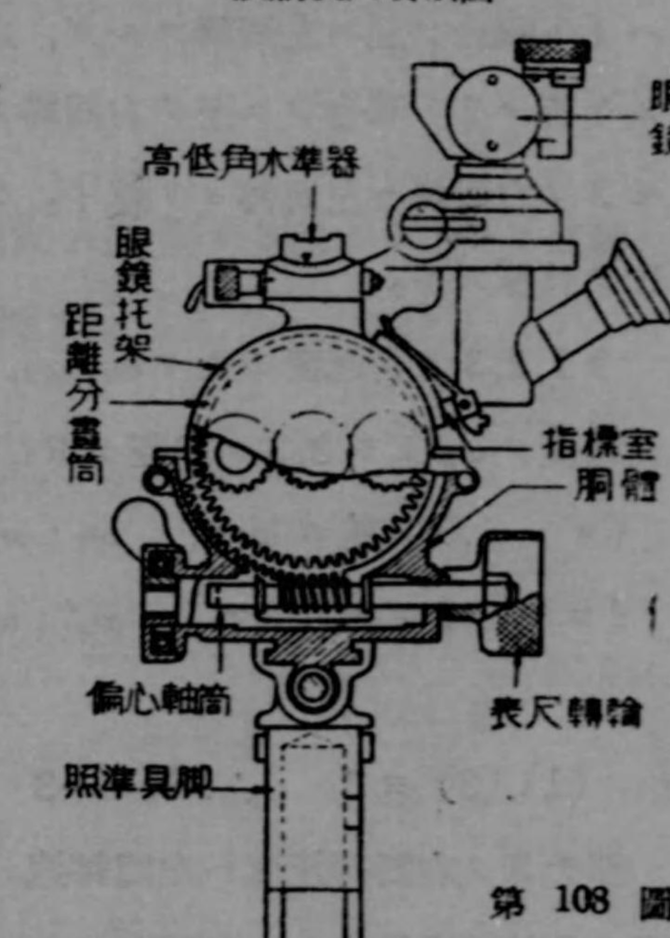
齒車 A_2, A_3 ハ齒車 A_4 ノ半徑ノ三分ノ一デアルカラ速度比ハ次ノ如クナル。

$$\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{1}{3},\quad \frac{\omega_2}{\omega_3}=-1,$$

$$\frac{\omega_3}{\omega_4}=1$$

$$\therefore\quad \frac{\omega_4}{\omega_1}=-3$$

即チ距離分畫筒 A_4 ハ眼鏡托架 A_1 トハ反對方向ニ 3 倍ノ旋回量ヲ得ルコトトナル。從ツテ兩者ノ關係速度ハ 1:4 トナル。指標ハ眼



第 108 圖

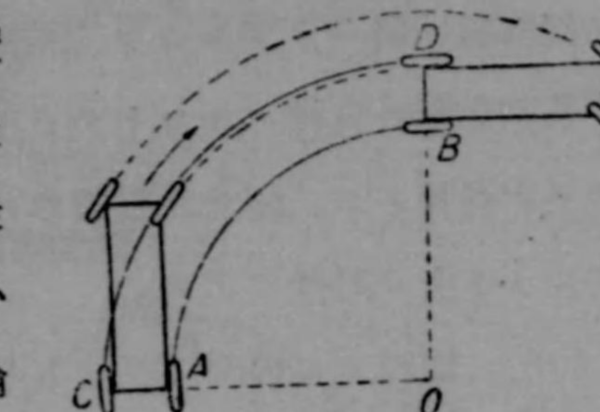
備考 1. 齒車A_3ト距離分畫筒トハ一體トナリテ旋回ス

2. 齒車 A_2 ハ胴體ニ軸ヲ有シテ其ノ位置ヲ移動スルコトナシ（第105圖）

鏡托架ニ附屬シテヰルカラ距離分畫筒ノ目盛ハ四倍ニ擴大シテ刻ムコトガ出來ル。（第107圖）コノ故ニ A_4 ヲ**倍動齒輪**トイフ。

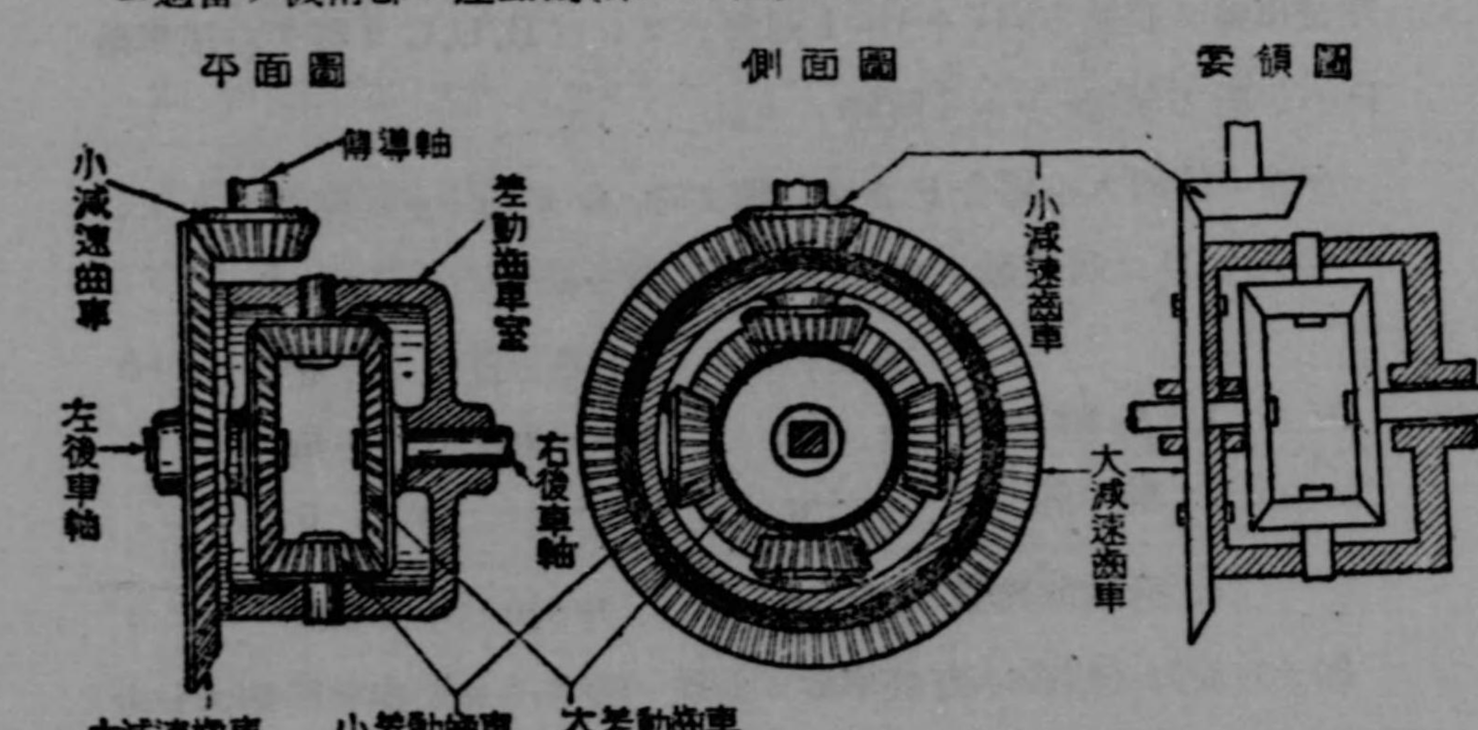
問題 5. 自動車ノ差動齒車裝置

自動車ガ方向ヲ變換スルトキ後車輪ガ滑ルコトナク圓滑ニ回轉走行スルタメニハ，內側ノ車輪ハ小サイ半徑ノ曲線上ヲ，外側ノ車輪ハ大キナ半徑ノ曲線上ヲ走ルコトトナルカラ內側車輪ノ回轉速度ハ外側車輪ノ回轉速度ヨリ小サクナケレバナラヌ。（第 109 圖參照）



第 109 圖

從ツテ起動輪デアル後車輪ヲ同一ノ軸ニ取付ケタノデハ兩車軸ハコノ樣ナ異ナツタ速度ノ回轉ヲスルコトガ出來ナイカラ別々ノ軸ニ取付ケル必要ガ起ル。コレガタメ自動車デハ傳導軸ト後車軸トノ間ニ適當ナ機構卽チ**差動機**（第 110 圖）ヲ介在サセル。

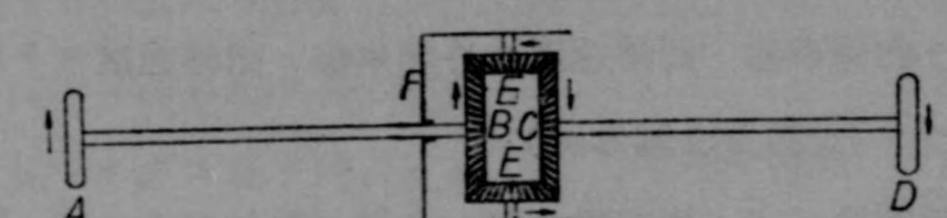


第 110 圖

次ニ差動機ノ作用ニツイテ説明スル。

（イ）直進ノ場合　自動車ガ直進スルトキハ左，右二ツノ後車輪ノ回轉數ハ同一デアルカラ大差動齒車モ亦同一回轉ヲスル。從ツテ小差動齒車ハ自轉スルコトナク差動機室ト後車軸ノ兩半部ハ一體トナツテ回轉スル。卽チ差動齒車ハ何等作用シナイデ後車軸ガ一本デアルノト全ク同樣デアル。

（ロ）旋回スル場合　コノトキハ左，右兩後車輪ノ回轉數ハ等シクナイ。次ノ圖ハ差動機及ビ兩後車輪ノ要領ノミヲ示ス。



第 111 圖

A, B 及ビ C, D ハ一體トナツテ回轉シ差動機室 F ガ前述(第28節)ノ支持腕ノ役目ヲスル。今機關ヲ停止シテ自動車ノ兩後車輪ヲ上ゲ左後車輪ヲ前進方向(＋)ニ 1 回轉サセレバ B, E, C ヲ經テ右後車輪 D ハ反對方向(－)ニ 1 回轉スル。

今右ニ旋回スル場合 F ガ m 回轉ノ時，A ガ $m+n$ 回轉シタトスレバ C 及ビ D ノ回轉數ハ次ノ計算カラ $m-n$ デアルコトガ分ル。

	A及ビB	C及ビD	F
1. 全 體 固 着	$+m$	$+m$	$+m$
2. 腕　固　定	$+n$	$(+n)(-1)=-n$	0　(＋
3. 合成回轉數	$m+n$	$m-n$	m

卽チ右旋回ノ場合ニ左後車輪ガ直進ノ時ヨリ n 回多ク回轉スレバ右後車輪ハ n 回少ク回轉スルコトヲ知ル。

例　機關カラ F ニ傳ヘラレル回轉數ガ每秒 3 回ノ時或ル曲半徑ニ應ジ

テ內方輪ガ每秒 2.8, 2.5, 2.2 回轉スレバソレニ應ジテ外方輪ハ每秒 3.2, 3.5, 3.8 回轉スル。茲ニ

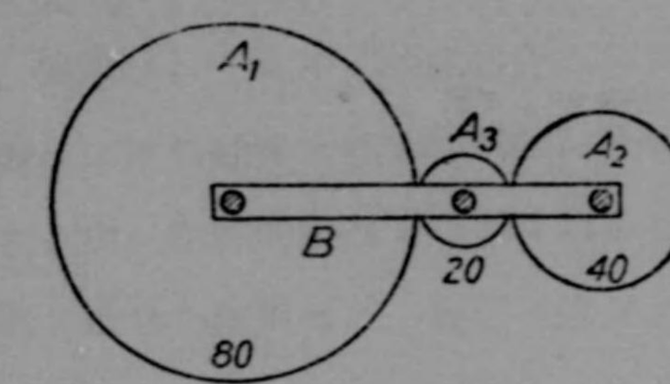
$$2.8=3-\underset{\sim}{0.2},\quad 3.2=3+\underset{\sim}{0.2};\quad 2.5=3-\underset{\sim}{0.5},\quad 3.5=3+\underset{\sim}{0.5};$$
$$2.2=3-\underset{\sim}{0.8},\quad 3.8=3+\underset{\sim}{0.8}$$

デ $m=3$ ノ時 $n=0.2,\ 0.5,\ 0.8$ ノ場合デアル。

問題 6.　中間車ヲ有スル差動齒車裝置

（イ）中間車ガ單車ノトキ

A_1, A_2 ノ間ニ中間車 A_3 ガ入ツテヰル場合，今 A_1, A_2, A_3 ノ齒數ヲ夫々 80, 40, 20 トシ，A_1 ガ -2 回轉，腕 B ガ A_1 ノ周ハリニ $+3$ 回轉スレバ A_2, A_3 ノ回轉數ハ前ト同樣ニ計算セラレル。



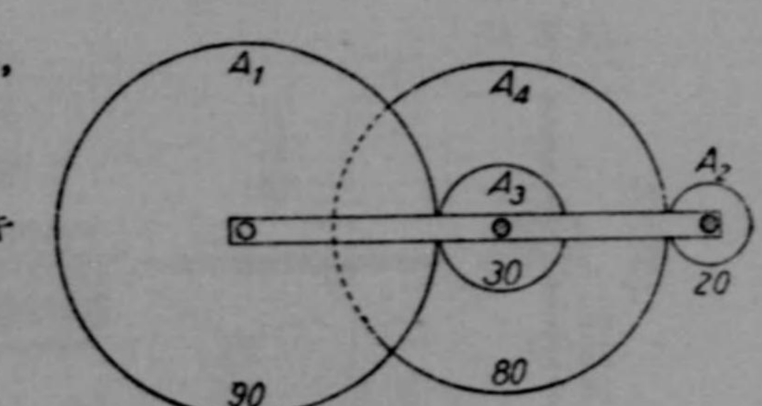
第 112 圖

	A_1	A_3	A_2	B
1. 全體固着	$+3$	$+3$	$+3$	$+3$
2. 腕 固 定	-5	$(-5)\left(-\frac{80}{20}\right)=+20$,	$20\times\left(-\frac{20}{40}\right)=-10$,	0　(＋
3. 合成回轉數	-2	$+23$	-7	$+3$

卽チ A_3 ハ正方向ニ 23 回轉，A_2 ハ負方向ニ 7 回轉スル。

（ロ）中間車ガ複車ノトキ

右ノ圖デ A_3, A_4 ハ軸ヲ同ジウスル複車デ A_1 ハ A_3 ト，A_4 ハ A_2 ト嚙合フ。A_1, A_3, A_4, A_2 ノ齒數ヲ夫々 90, 30, 80, 20 トシ A_1 ガ時計ノ針ト反對方向(－)ニ 8 回轉シ，腕 B ガ同方向ニ 5 回轉スルトキ A_3, A_4, A_2 ノ回轉方向



第 113 圖

及回轉數ヲ求メルニハ次ノ如クスレバヨイ。

	A_1	A_3	A_4	A_2	B
1. 全體固着	−5	−5	−5	−5	−5
2. 腕固定	−3	$(-3)\left(-\frac{90}{30}\right)=+9$,	+9,	$(+9)、\left(-\frac{80}{20}\right)=-36$	0 (+
3. 合成回轉數	−8	+4	+4	−41	−5

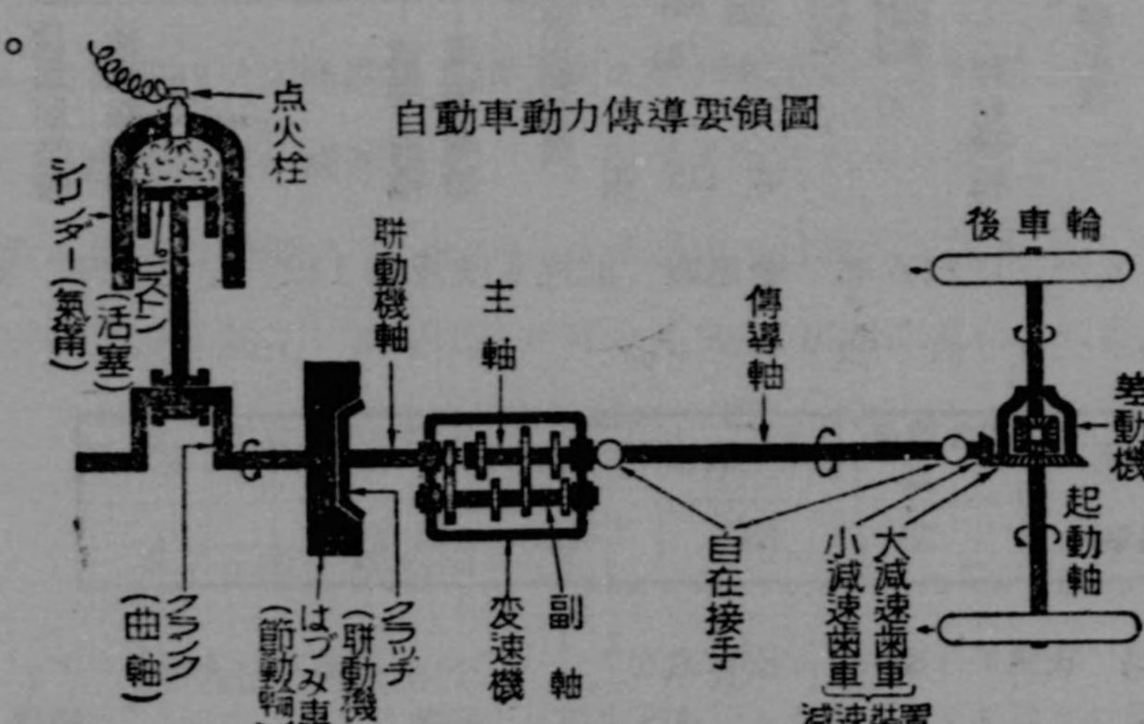
卽チ A_3, A_4 ハ正方向ニ回轉, A_2 ハ負方向ニ41回轉スル。

第五章 自動車ノ傳導裝置

29. 傳導裝置

第114圖ハ自動車ノ動力傳導ノ要領圖デアル。機關部ニ於ケル「ピストン」ノ上下運動ハ「クランク」(曲軸) ニヨリ回轉運動ニ變ジ, 此ノ回轉運動ハはづみ車ニヨリ調整セラレテ後「クラッチ」ノ接續ニヨリ聯動機軸ニ傳達セラレル。次イデ變速機ニ於テ三種若クハ四種ノ速度ニ變速セラレテ主軸, 傳導軸ニ, 次イデ減速裝置ニヨリ減速セラレ且回轉方向ヲ直角ニ變ジテ後差動機ヲ經テ起動軸, 後車輪ヲ回轉サセテ前進又ハ後退スル。但シ差動機室內ノ四個ノ齒車ハ第28節問題5ニ說明シタ如ク直進ノ場合ハ作用セズ, 旋回ノ場合ニ於テノミ內側ノ車輪ノ減速ヲ外側ノ車輪ニ傳ヘテ之ヲ增速シ, 滑ルコトナク圓滑ニ旋回スル。

卽チ機關ノ高速度ノ回轉ヲ齒車ノ組合ハセニ依リ巧ニ減速從ツテ回轉力ヲ增大シ且方向ヲ變ジテ後車輪ヲ回轉サセル樣ニ作ラレテヰル。

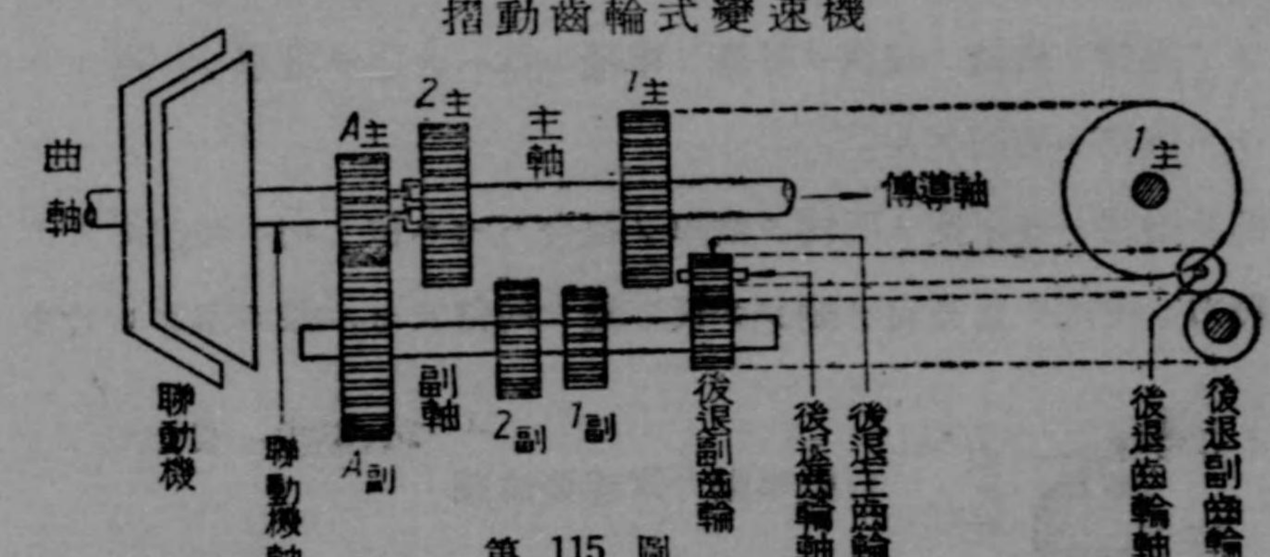


第 114 圖

30. 變速機，減速比及ビ減速裝置

（イ）　自動車ノ速度ハ道路ノ狀況特ニ坂路ノ傾斜ト障害物ニ應ジ驅動力ト走行速度ノ變化ノ要求ニ應ズルタメ機關ト傳動軸トノ間ニ通常前進3段乃至4段，後退1段ノ變速機ヲ設ケル。其ノ構造ニハ種種アルガ第115圖ハ**摺動齒輪式變速機**（セフドウ）デ機關ノ回轉ハ「クラッチ」ノ接續ニヨリ聯動機軸ニ從ッテ其ノ端ニアル齒輪$A_{主}$ヲ回轉サセル。別ニ副軸ノ齒輪$A_{副}$ガアッテ$A_{主}$ト常ニ嚙合ヒ減速スル。而シテ前進3段ノ第一，第二，第三速度ハ夫々$1_{主}$ヲ$1_{副}$ニ，$2_{主}$ヲ$2_{副}$ニ，主軸ヲ聯動機軸ニ直接連結シテ得ラレル。後退速度ハ$1_{主}$ヲ後退主齒輪ニ嚙合ハシ主，副軸ノ回轉方向ヲ同一ニシテ得ラレル。

摺動齒輪式變速機



第 115 圖

次ニ九四式自動貨車ノ變速機（前進4段後退1段）ノ各齒車ノ齒數ハ次ノ二ツノ表ノ通リデアル。

名稱	常時嚙合齒車 主	常時嚙合齒車 副	第一主齒車	第一副齒車	第二主齒車	第二副齒車
齒數	17	33	38	12	31	19

* 他ノ條件ガ一樣ナラバ走行速度ヲ$\frac{1}{2}$ニスレバ驅動力ハ2倍トナル。從ッテ坂道ヲ登ル場合ニハ速度ヲ落シテ驅動力ヲ大ニスル。（本節問題3參照）

名稱	第三主齒車	第三副齒車	後退主齒車	後退副齒車
齒數	24	25	22 38	12 18

變速機操縱裝置要領

第 116 圖

一般ニ機關ノ回轉數ト各種速度ニ於ケル主軸ノ回轉數トノ比ヲ**減（又ハ變）速比**或ハ**齒車比**トイフ。從ッテ減速比ガ6ナラバ主軸ノ回轉數ハ機關回轉數ノ$\frac{1}{6}$デアル。（減速比ハ速度比ノ逆數トナル。）

前揭ノ表ニ基イテ減速比ヲ計算ショウ。（第24節末尾公式參照）

第一速度ノ減速比ハ　$\frac{33}{17}\times\frac{38}{12}=6.15$

第二速度ノ減速比ハ　$\frac{33}{17}\times\frac{31}{19}=3.17$

第三速度ノ減速比ハ　$\frac{33}{17}\times\frac{24}{26}=1.79$

第四速度卽チ直結ノ場合ハ聯動機ト主軸トハ同一ノ回轉ヲスルカ

ヲ減速比ハ１デアル。

後退速度ノ減速比ハ $\frac{33}{17}\times\frac{22}{12}\times\frac{33}{18}=7.51$

（ロ）　減速齒車　傳導軸ノ回轉ヲ後車軸ニ傳ヘルトキ回轉方向ヲ直角ニ換ヘルト共ニ回轉速度ヲ減少シテ驅動力ヲ增大スルタメニ差動機ニ到ル直前ニ減速裝置ガアル。即チ第114圖ニ於テ小減速齒車，大減速齒車ガ之デアル。コノ裝置ニヨル減速比ヲ變速機ニヨル減速比ト區別シテ終減速比トイヒ，減速比ト終減速比トノ積ヲ全減速比又ハ全齒車比トイフコトガアル。

問題 1.　九四式六輪自動貨車ノ車速計算例

種別＼速度	機關回轉數(毎分)	變速機 常時嚙合齒車 聯動機齒車齒數	變速機 常時嚙合齒車 副軸齒車齒數	變速機 主軸齒車齒數	變速機 副軸齒車齒數	變速機 減(變)速比	減速裝置 永轉齒車式	差動機 小差動齒車齒數	差動機 大差動齒車齒數	全減速比	後車輪回轉數(毎分)	後車輪中徑	時速(粁・概數)
第一速度	例ヘバ1800回轉スルモノトス			33	12	6.15				51.2	35.1		5
第二速度				31	19	3.17	減速比			26.4	68.1		10
第三速度		17	33	24	26	1.79	8.33	12	18	14.0	128.5	36吋(＝81.44糎)	20
第四速度						1.00				8.3	216.7		33
後退速度				22 33	12 18	7.51				62.0	28.5		4

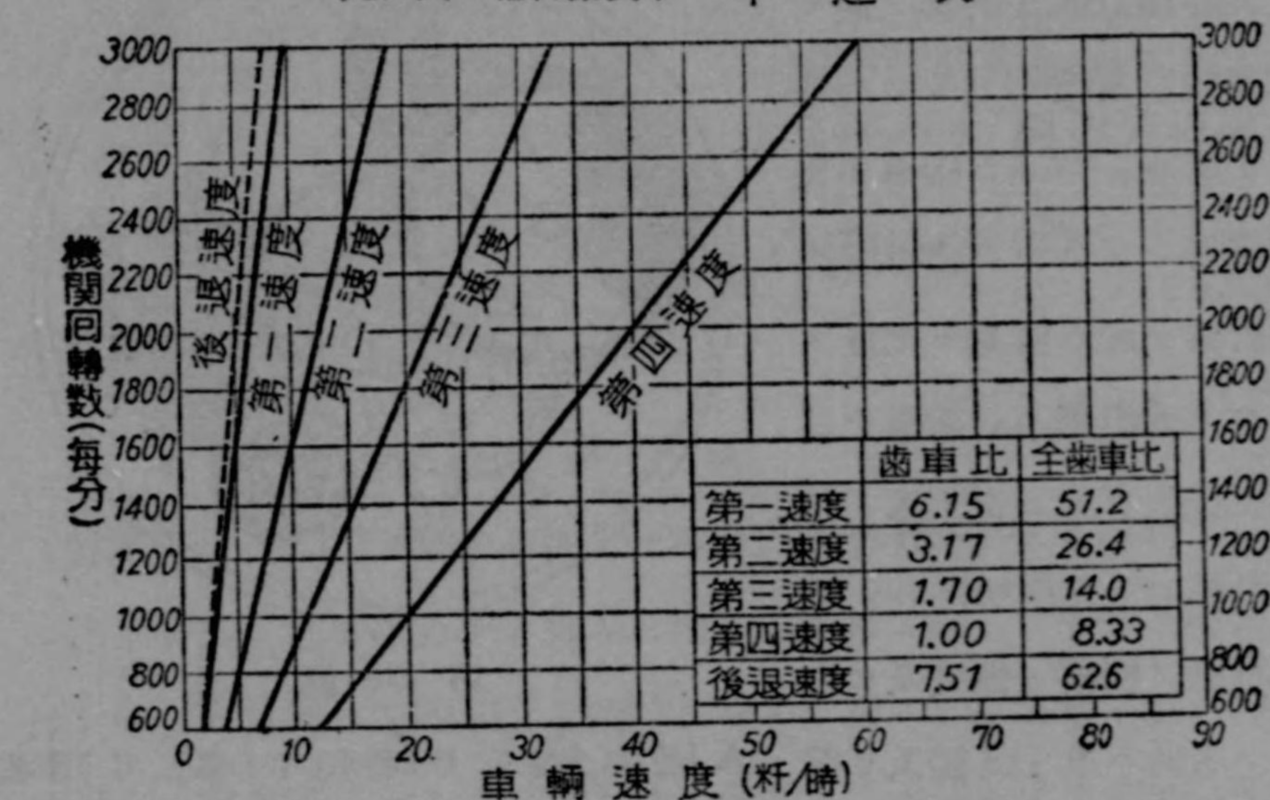
時速計算式ハ次ノ通リデアル。

$$時速(粁)＝機關回轉數(r.p.m)\times\frac{1}{全減速比}\times[後車輪中徑(糎)]\times3.1416\times\frac{60}{100000}$$

$$＝[後車輪回轉數(r.p.m)]\times[後車輪中徑(糎)]\times3.1416\times\frac{60}{100000}$$

問題 2.　九四式自動貨車ノ車速表

九四式六輪自動貨車　車　速　表



第 117 圖

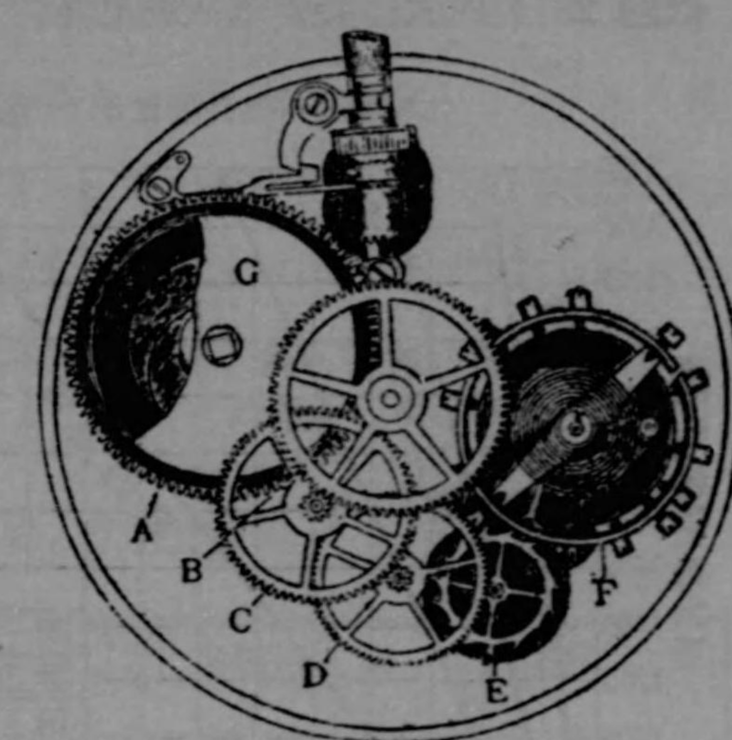
問題 3.　某自動車ニ於ケル機關ノ回轉數（$r.p.m$）ト車速，驅動力ノ一例ヲ次ニ示ス

機關回轉數（$r.p.m$）	車速（粁/時）	驅動力（瓩）
1000	10	2000
2000	13	1800
2200	70	380

第六章　時　　計

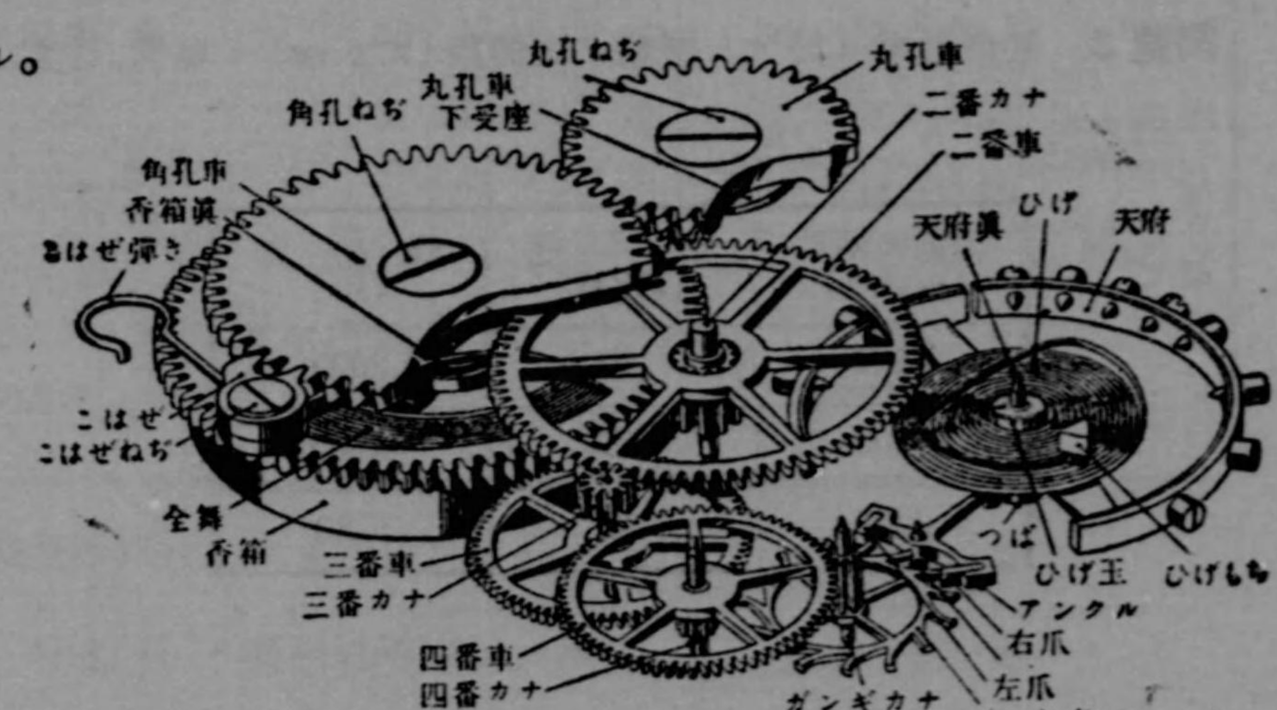
31. 齒車應用ノ計器トシテノ時計

軍事ノミナラズ一般ニ於ケル各種計器ノ內其ノ最モ代表的，基礎的ナモノハ時計デアル。コレガ機構ヲ充分理解シテヲレバ齒車應用ノ計器ノ理ハ容易ニ把握スルコトガ出來ル。斯樣ナ目的ヲ以テココニ青木博士著時計學ニヨリ說明スル。懷中時計ノ機構ノ概要及ビ各部ノ名稱ハ第118圖及ビ第119圖ヨリ知ルコトガ出來ル。



第 118 圖

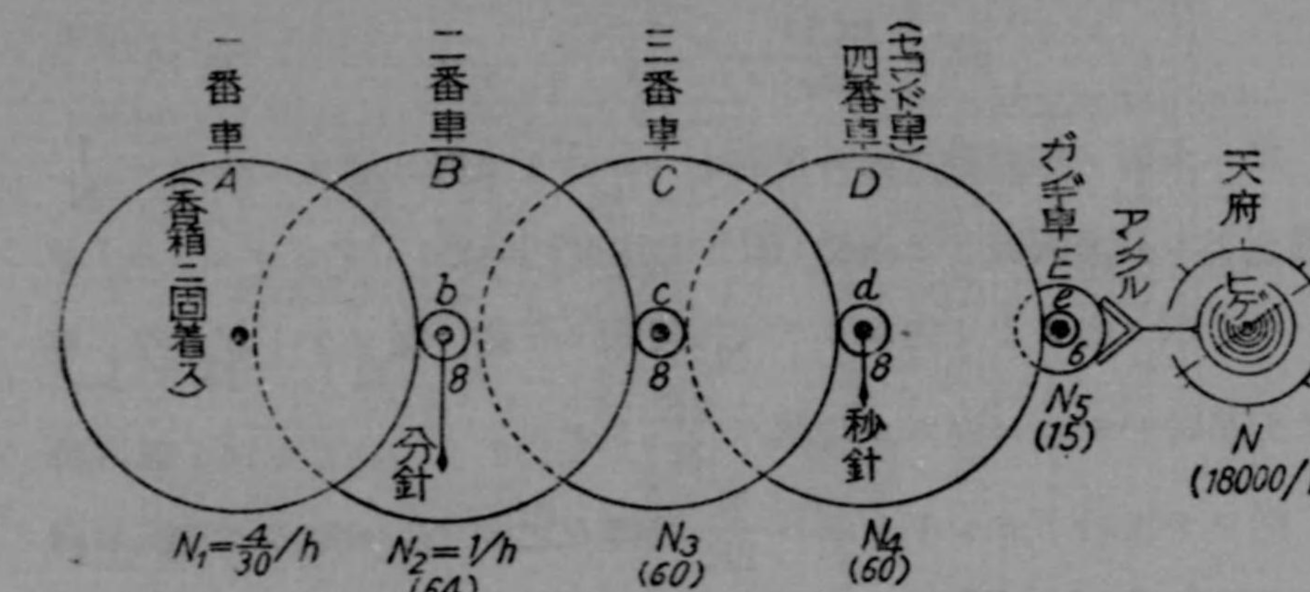
A 1番車(大車)　B 2番車(中心車)　C 3番車
D 4番車(セコンド車)　E ガンキ車　F 天府



第 119 圖

32. 懷中時計ノ傳導裝置

此ノ要領ハ第120圖ノ如クデアル。



第 120 圖

香箱[1]內ノ「バネ」ノ弛ミニ依リ一番車ハ通常30時間＝4回轉スル樣ニ作ラレル。之ガ「**カナ**」[2]車 b ニ依リ二番車ニ傳ヘラレ此ノ軸ニ取付ケテアル分針ヲ1時間＝1回轉サセル。次イデ三番車ヲ經テ秒針ヲ有スル四番車（セコンド車）ヲ1分間＝1回轉卽チ1時間＝60回轉サセル。

コノ回轉ガ「**ガンギ**」車ニ傳ハルカラ「ガンギ」車ノ回轉數ハ，一方天府（テンプ）ノ振動ニヨッテ「**アンクル**」ヲ經テ傳ヘラルル回轉數ト等シクナケレバナラナイ。

今二，三，四番車及ビ「ガンギ」車ノ齒數ヲ夫々 B, C, D, E, 每時ノ回轉數ヲ N_2, N_3, N_4, N_5 トシ各車「カナ」車ノ齒數ヲ夫々 b, c, d, e トスレバ

$$\frac{N_3}{N_2}=\frac{B}{c},\quad \frac{N_4}{N_3}=\frac{C}{d},\quad \frac{N_5}{N_4}=\frac{D}{e}$$

1) ねぢヲカケテ卷ク時計ノばねノ收メテアル箱ヲイフ。
2) 「カナ」車トハ齒數20以下ノ齒車ノ時計工業界ノ用語デアル。

$$\therefore \frac{N_5}{N_2}=\frac{BCD}{cde}$$

$N_2=1$（分針ハ毎時一回轉ス）デアルカラ

$$N_5=\frac{BCD}{cde} \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

次ニ天府ノ振動數ヲ毎時N回トスレバ1振動ニ要スル時間ハ$\frac{1}{N}$時デアル。又天府ノ2振動（卽チ1往復）ニ依リ「アンクル」ハ「ガンギ」車ノ齒ヲ1ツ送ルカラ$\frac{2}{N}$時間ニ1齒，從ツテ「ガンギ」車ヲ1回轉サセルニ要スル時間ハ$\frac{2E}{N}$トナル。

從ツテ毎時「ガンギ」車ハ$\frac{N}{2E}$回轉シ之ガ N_5 ニ等シクナケレバナラヌカラ(1)ヨリ

$$\frac{BCD}{cde}=\frac{N}{2E}$$

$$\therefore \ N=\frac{2BCDE}{cde}$$

卽チ此ノ關係ヲ滿足スル様ニ N, B, C, D, E, c, d, e ヲ定メレバ分針ハ毎時1回轉シ秒針ハ毎分1回轉スル。

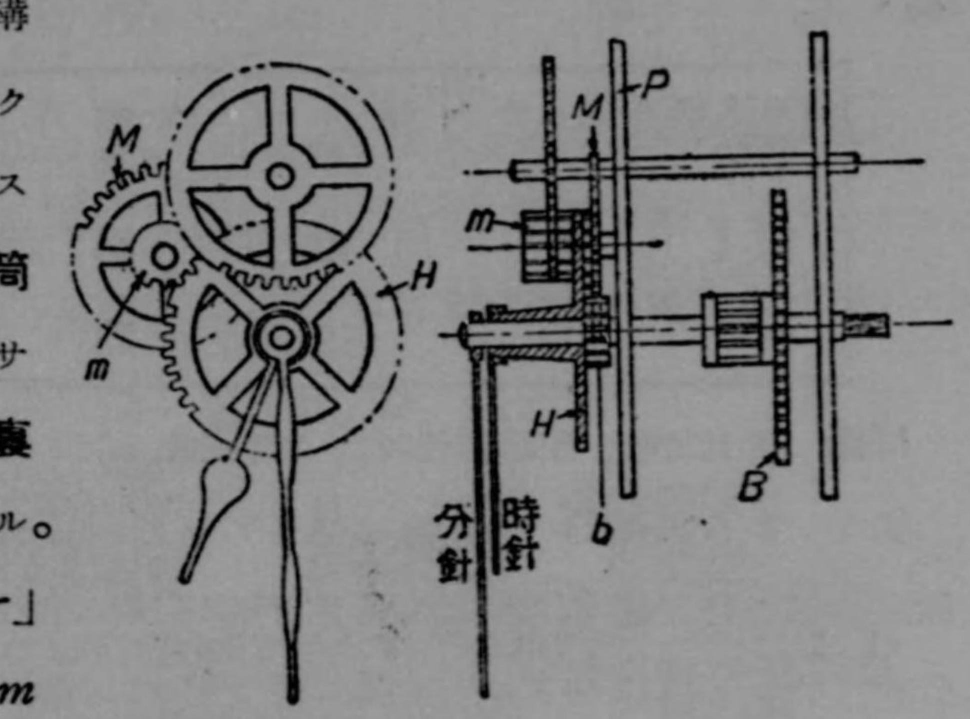
通常Eハ15トスル。

次ニ輪列ノ齒數例ヲ掲ゲル。之ニ依リ上式ノ成立スルコトヲ確メテ見ヨ。

齒車名稱（齒數）	二番車（B）	三番車ノ「カナ」（c）	三番車（C）	四番車ノ「カナ」（d）	四番車（D）	ガンギ車ノ「カナ」（e）	ガンギ車（E）	天府振動數（毎時）（N）
例 1	64	8	60	8	60	6	15	1,8000
例 2	64	8	60	8	70	7	15	1,8000
例 3	80	10	75	10	72	8	15	1,6200

33. 日ノ裏裝置

尙此ノ外ニ時針ヲ回轉サセル裝置卽チ「**日ノ裏裝置**」トイフモノ



第 121 圖

ガアル。其ノ機構要領ハ右圖ノ如ク1時間ニ1回轉スル中心軸上ニ「**筒カナ**」b ガ固定サレ之ニ嚙合フ「**裏傳ヘ車**」Mガアル。Mハ「**裏傳ヘカナ**」m ヲ有シ M, m ノ共通軸ハ地板Pニ嵌メラレテヰル。又mニハ「**本劍車**」Hガ嚙合ヒHハ中心軸ニ弛ク嵌マリ其ノ端ニ時針ヲ持ツテヰル。又分針ハ b ト共ニ中心軸ニ固定シテアル。

今 b, M, m, H ハ夫々各齒車ノ齒數ヲモ表ハスモノトシ又分針（從ツテ b），時針（從ツテH）ノ回轉數ヲ夫々 N_b, N_H トスレバ嚙合ハセノ順序ヨリ

$$N_b\times\frac{b}{M}\times\frac{m}{H}=N_H \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

然ルニ12時間制ノ時計デハ分針ノ回轉數ハ時針ノ回轉數ノ12倍デナケレバナラヌカラ

$$\frac{N_b}{N_H}=12$$

從ツテ(1)ヨリ

$$12=\frac{MH}{mb}$$

次ニ日ノ裏輪列ノ例ヲ掲ゲル。コレニヨリ上式ノ成立スルコトヲ

確メヨ。

齒車名稱（齒數）	裏傳ヘカナ（m）	筒カナ（b）	本劍車（H）	裏傳ヘ車（M）
例 1	10	12	40	36
例 2	12	12	48	36

問題 第122圖ハ普通型柱時計ノ構造圖デアル。

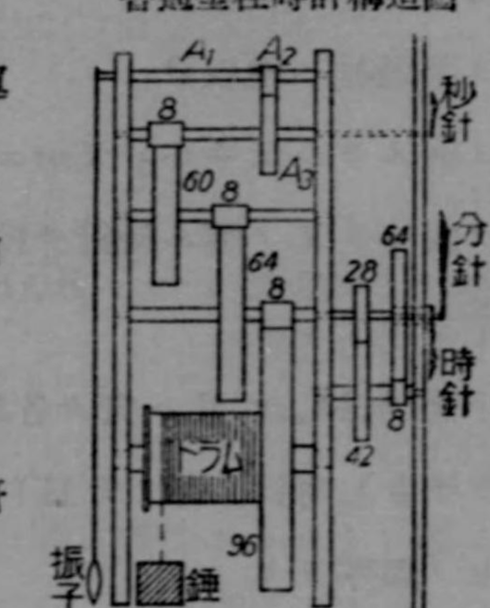
振子ノ前後ノ振動ハ A_1（軸），A_2（アンクル），A_3（ガンギ車，秒針固定ス）ヲ經テ數字ノ示ス齒數ヲ有スル「カナ」及ビ齒車ニ依リ逐次分針，時針ニ傳達セラルルト共ニ又「ドラム」ニ卷附ケラレタ錘ノ垂下ニ依リ運動ガ調整セラレル。但シ A_3 ハ振子ノ1往復ニテ1齒進ミ又分針，時針ハ夫々齒數28, 64ノ齒車ニ固定スル。

之ニ就テ

（イ） 秒針，分針，時針ノ速度比ヲ研究セヨ。（答 720：12：1）

（ロ） 「ドラム」ハ一晝夜ニ何回轉スルカヲ研究セヨ。（答2回轉）

普通型柱時計構造圖



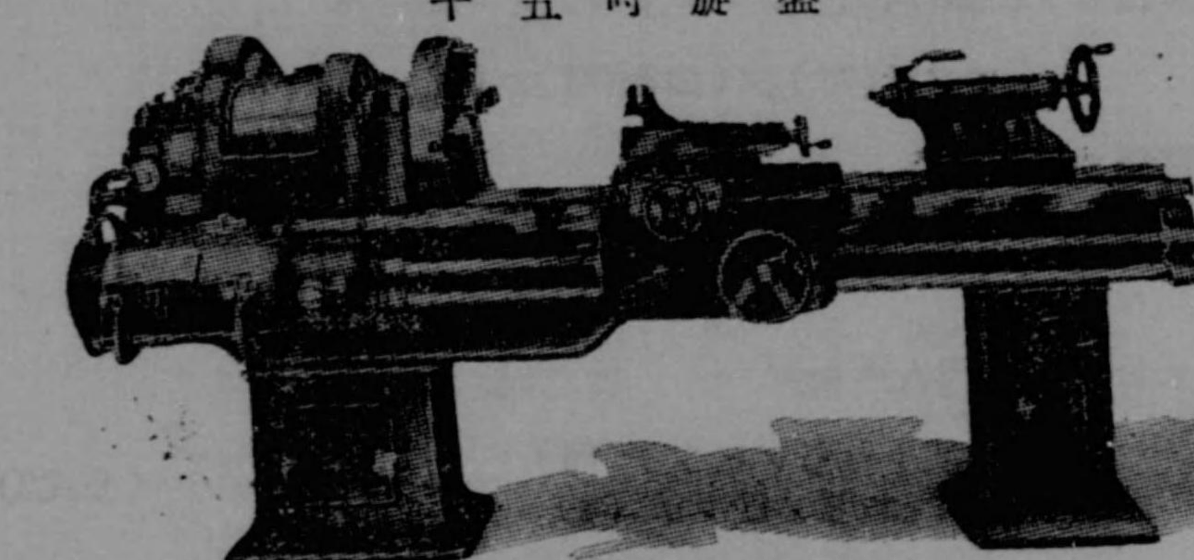
第 122 圖

第七章 旋　盤

主要工作機械ノ一ツトシテノ旋盤ニツイテねぢ切リ作業ノ場合ノ巧ミナ換齒車ノ割出シ方ノ概要ヲ述べ齒車ノ効用ヲ知ルコトニスル。

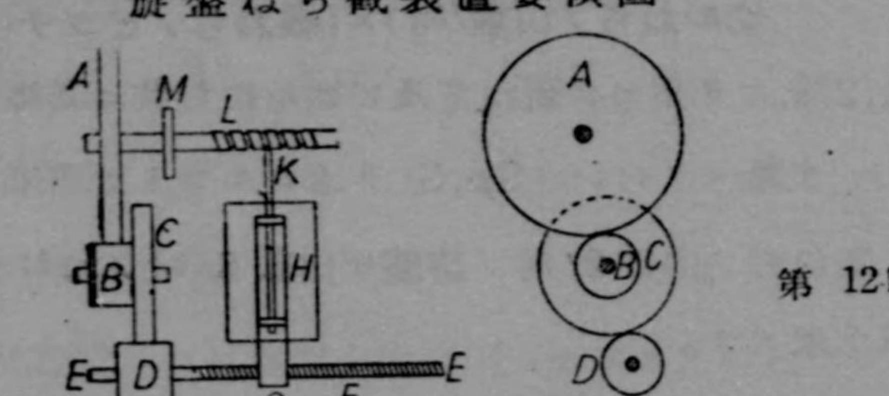
旋盤ノ形及ビ其ノ機構要領ハ第123圖及ビ第124圖ノ如クデアル。

十五吋旋盤



第 123 圖

旋盤ねぢ截裝置要領圖



第 121 圖

A,B,C,D……換齒車，　E……親ねぢ，　F……ねぢ，
G…Eノ回轉ニ伴ヒ進ム，　H……刄物臺，　K……刄物（バイト）
L……截ルベキねぢ，　M……ベルト車
特ニAヲ主軸齒車，Dヲ親ねぢ齒車トイフ。

親ねぢ齒車D（從ツテ親ねぢE）ガ回轉シテG，Kヲ1吋送ル間ニ工作物L（從ツテ主軸齒車A）ガ切ラウトスルねぢノ山數ダケ回

轉スレバ所要ノねぢガ切ラレ，兩者ノ回轉數ハ其ノ齒數ニ反比例スルカラ主軸及ビ親ねぢ齒車ノ齒數ヲ夫々Sp, S_lトスレバ

$$\frac{Sp}{S_l}=\frac{\text{主軸齒車ノ齒數}}{\text{親ねぢ齒車ノ齒數}}=\frac{\text{D ノ回轉數}}{\text{A ノ回轉數}}=\frac{\text{親ねぢノ山數/吋}}{\text{切ルねぢノ山數/吋}}$$

卽チ
$$\frac{Sp}{S_l}=\frac{\text{親ねぢノ山數/吋}}{\text{切ルねぢノ山數/吋}}\cdots\cdots\cdots\cdots(\text{公式}1)$$

次ニねぢノ山數/吋ト「ピッチ」(吋)トノ間ニハ

$$\text{「ピッチ(吋)」}\times(\text{山數/吋})=1\text{吋}$$

ナル關係ガアルカラ

$$(\text{山數/吋})=\frac{1}{\text{ピッチ(吋)}}$$

之ヲ公式1ニ代入スレバ

$$\frac{Sp}{S_l}=\frac{\text{切ルねぢノピッチ(吋)}}{\text{親ねぢノピッチ(吋)}}\cdots\cdots\cdots\cdots(\text{公式}2)$$

$$=(\text{親ねぢノ山數/吋})\times[\text{切ルねぢノピッチ(吋)}]\,(\text{公式}3)$$

$$=\frac{1}{(\text{切ルねぢノ山數/吋})\times[\text{親ねぢノピッチ(吋)}]}\,(\text{公式}4)$$

公式 1,2,3,4 ヲ用ヒテ親ねぢ及ビ切ルねぢ共ニ其等ノ山數/吋或ハ「ピッチ」ガ與ヘラレレバSp, S_lヲ求ムルコトガ出來ル。

例 親ねぢノ山數2/吋ノ旋盤デ山數6/吋ノねぢヲ切ルタメノ換齒車ヲ求メヨ。

解 公式1ヨリ$\dfrac{Sp}{S_l}=\dfrac{2}{6}=\dfrac{1}{3}$$\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$

卽チ親ねぢ齒車ト主軸齒車トノ齒車ノ比ハ 1:3 トスレバヨイ。然シ乍ラ齒數1トイフ如キ齒車ハ存在セズ又通常旋盤ニハ齒數ガ

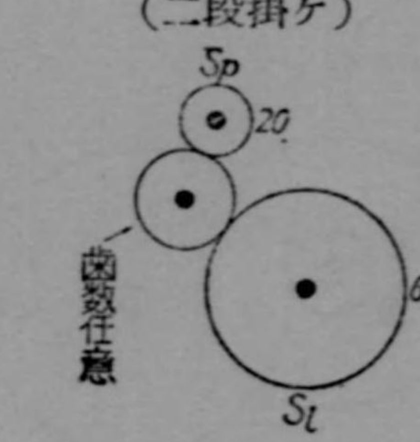
20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65,
70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115,
120, 127

ナル換齒車各一枚宛ガ附屬シテヰルカラ(1)ノ分母，分子ニ適當ナ數ヲ掛ケテ上記ノ數ノ中カラ所要ノ齒數ノ齒車ヲ撰ブ。此ノ場合二段掛ケ，四段掛ケノ二方法ガアル。通常二段掛ケデ所要ノ齒車數ヲ得ラレナイトキ四段掛ケヲ用ヒル。

$$\left.\begin{aligned}\frac{Sp}{S_l}&=\frac{1}{3}\times\frac{20}{20}=\frac{20}{60}\ (\text{第125圖})\\&=\frac{1}{3}\times\frac{30}{30}=\frac{30}{90}\end{aligned}\right\}(\text{二段掛ケ})$$

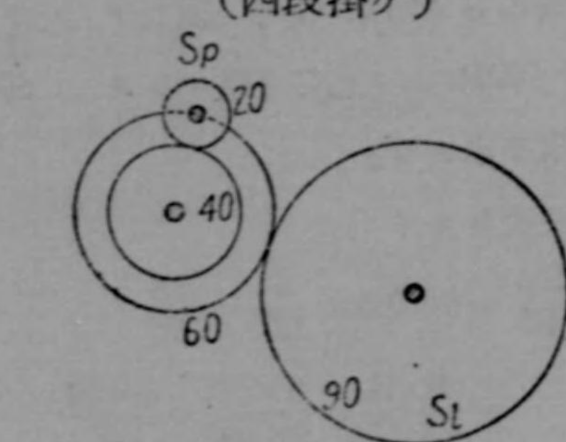
$$\left.\begin{aligned}&=\frac{2}{6}=\frac{1\times2}{2\times3}=\frac{1}{2}\times\frac{20}{20}\times\frac{2}{3}\times\frac{30}{30}=\frac{20}{40}\times\frac{60}{90}\\&\qquad\qquad(\text{第126圖})\\&=\frac{1}{2}\times\frac{25}{25}\times\frac{2}{3}\times\frac{30}{30}=\frac{25}{50}\times\frac{60}{90}\ \text{等}\end{aligned}\right\}(\text{四段掛ケ})$$

(二段掛ケ)



第 125 圖

(四段掛ケ)



第 126 圖

次ニ通常旋盤ニハ吋旋盤ト米旋盤トガアリ，吋旋盤ヲ以テ米ねぢヲ切リ，或ハ米旋盤ヲ以テ吋ねぢヲ切ルタメニハ換齒車ヲ如何ニシテ定メルカ。

之ガタメニハ 1吋$=25.4mm=\dfrac{127}{5}mm$ナルコトニ注意スル必要ガアル。

(イ) 吋旋盤ヲ以テ粍ねぢヲ切ル場合

公式3ニ於テ

切ルねぢノピッチ(吋)＝[切ルねぢノピッチ(*mm*)]$\times\frac{5}{127}$

トオケバ

$$\frac{\mathbf{S}_p}{\mathbf{S}_l}=(\text{親ねぢノ山數/吋})\times[\text{切ルねぢノピッチ}(mm)]\times\frac{5}{127}$$

…………(公式5)

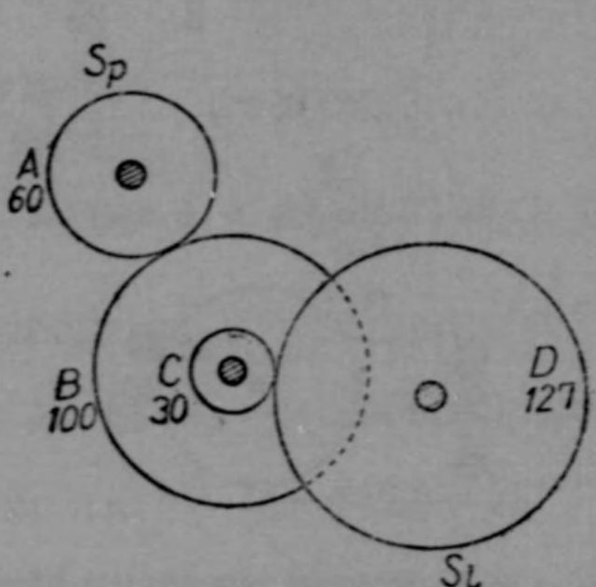
(ロ) 米旋盤ヲ以テ吋ねぢヲ切ル場合

公式4ヲ用ヒテ

$$\frac{\mathbf{S}_p}{\mathbf{S}_l}=\frac{1}{[\text{親ねぢノピッチ}(mm)]\times(\text{切ルねぢノ山數/吋})}\times\frac{127}{5}$$

…………(公式6)

注意 $\frac{127}{5}\fallingdotseq\frac{63}{2.5}$ デアルカラ公式5,6ニ於テ齒數127ノ代リニ63ノ齒車ヲ用ヒル場合ガアル。



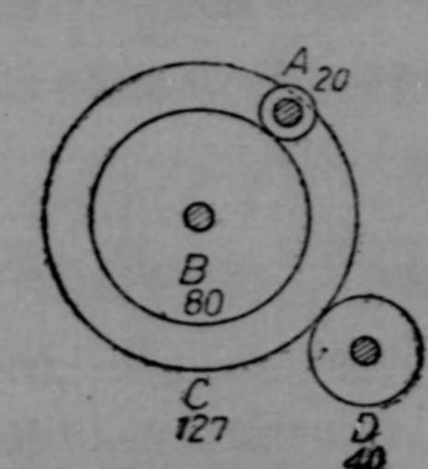
第 127 圖

例 親ねぢノ山數6/吋ノ旋盤デ「ピッチ」0.6*mm*ノねぢヲ切ルタメノ換齒車ヲ求メヨ。

解 公式5ヨリ

$$\frac{S_p}{S_l}=6\times0.6\times\frac{5}{127}=\frac{18}{127}$$
$$=\frac{6\times3}{1\times127}=\frac{6\times10}{1\times100}\times\frac{3\times10}{127}$$
$$=\frac{60}{100}\times\frac{30}{127}$$

卽チ齒數30, 60, 100, 127ヲ第127圖ノ樣ニ掛ケレバヨイ。



第 128 圖

例 親ねぢノ「ピッチ」4*mm*ノ旋盤デ山數8/吋ノねぢヲ切ルタメノ換齒車ヲ求メヨ。

解 公式6ヨリ

$$\frac{S_p}{S_l}=\frac{1}{4\times8}\times\frac{127}{5}=\frac{127}{160}$$
$$=\frac{1\times127}{4\times40}=\frac{1\times20}{4\times20}\times\frac{127}{40}$$

$$=\frac{20}{80}\times\frac{127}{40}$$

卽チ齒數20, 40, 80, 127ノ齒車ヲ第128圖ノ樣ニ掛ケレバヨイ。

問題 1. 親ねぢノ山數2/吋ノ旋盤ヲ以テ次ノ各ねぢヲ切ル場合ノ換齒車ヲ求メヨ。

(イ) 山數3/吋　(答 40,60；60,90；50,60,80,100)

(ロ) 山數6/吋　(答 20,60；20,40,50,75；50,75,40,80)

(ハ) 「ピッチ」0.5*mm*　(答 20,100,25,127)

(ニ) 「ピッチ」1.25*mm*　(答 25,100,50,127)

問題 2. 親ねぢノ「ピッチ」10*mm*ノ旋盤ヲ以テ次ノ各ねぢヲ切ル場合ノ換齒車ヲ求メヨ。

(イ) 「ピッチ」0.5*mm*　(答 20,120,30,100)

(ロ) 「ピッチ」2*mm*　(答 20,100,)

(ハ) 山數2/吋　(答 50,25,127,100)

(ニ) 山數5/吋　(答 20,100,127,50)

第四篇　計算線圖

第八章　計　算　圖　表

34. 機械的近似値ノ計算

兵器ノ設計，築城，各種觀測器具ニヨル觀測値ハ元ヨリ作戰計畫ノ樹立等ニ於ケル諸計算ハ精度ノ差コソアレ凡テ近似値ノ計算ガ必要デアル。而モ軍用兵器ノ取扱ハ兵ニ任スベキモノガ多ク而モ砲煙彈雨ノ中ニアツテ迅速ニ且所要ノ精度ヲ持ツタ觀測値ヲ得ルタメニハ筆算，珠算等デハ役立タナイカラ，コレヲ機械的ニ簡單ニ而モ迅速ニ計算スルコトガ要求セラレル。此ノ樣ナ目的ニ副フタメニ考案セラレタモノガ計算圖表デアル。(近時ハ尙進ンデ複雜ナ式ノ計算ヲ電氣的ニヤル所迄發達シテヰル。)然シ乍ラ一般ニ對スル普及ノ度ハ未ダシノ感ガ深イ。各方面ニ之ヲ利用スル樣ニナレバ軍，否國家全體ノ能率ノ向上ハ蓋シ甚大ナモノガアラウ。

次ニ之ノ基礎タル函數尺ノ作リ方カラ始メテ順次說明スルコトトスル。

35. 函數尺

例　x ガ -4 ヨリ 3 マデ變化スル時函數 $2x+3$ ノ函數尺ヲ作レ。

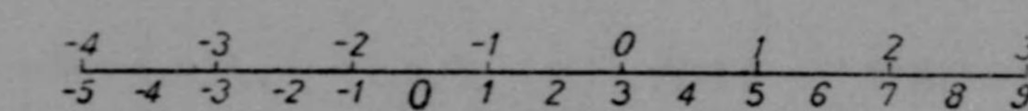
解 1. 計算ニ依ル法

x ガ -4 ヨリ 3 マデノ各整數値ヲトルトキ與ヘラレタ函數ノ値ヲ計算シテ次ノ表ヲ作ル。

x	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3
$2x+3$	-5	-3	-1	1	3	5	7	9

次ニ函數尺ノ臺トナルベキ直線ヲ定メ其ノ上ニ原點Oト正負ノ方向（玆デハ右ノ方ヲ正，左ノ方ヲ負トスル。）及ビ適當ナ長サノ單位（玆デハ1cmトスル。）ヲ定メ，上ノ表ニ基イテ x ノ各値ニ應ズル函數値ニ從ツテ此ノ直線上ニ次ノ如ク分畫ヲ目盛ル。

$x=-4$ ノトキ函數ノ値ハ -5 デアルカラ原點カラ左ヘ 5cm ノ所ニ -4, $x=-3$ ノトキ函數ノ値ハ -3 デアルカラ原點カラ左ヘ 3cm ノ所ニ -3, 以下同樣ニ原點カラ左ヘ 1cm ノ所ニ -2, 右ヘ 1cm ノ所ニ -1, 右ヘ 3cm ノ所ニ 0, 右ヘ 5cm ノ所ニ 1, 右ヘ 7cm ノ所ニ 2, 右ヘ 9cm ノ所ニ 3 ト目盛レバ次ノ如キ物差ガ得ラレル。之ガ卽チ函數 $2x+3$ ノ函數



（縮尺二分ノ一）

第 129 圖

尺デアル。但シ下側ノ數字ハ普通尺ノ目盛デ原點カラノ距離ト方向ヲ示スモノデ，函數尺ソノモノニハ不用デアル。

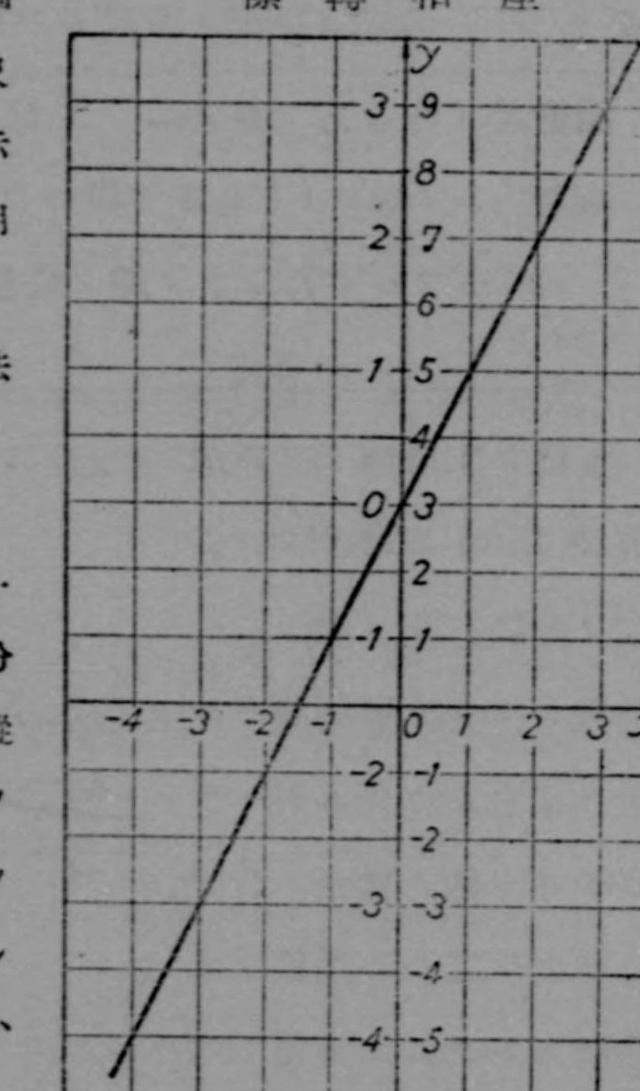
解 2. 函數ノぐらふヲ利用スル法

與ヘラレタ函數ノぐらふ

$$y=2x+3$$

ガ畫カレテキル時ハ $x=-4$, $-3\cdots$ $\cdots1, 2, 3$ 等ニ對スル函數ノ値ハ各分點ヲ通ル縱線ガぐらふヲ切ル點ノ縱座標デ與ヘラレルカラ之レヲ y 軸ノ上ニ平行ニ移シ，其ノ點ニ横座標ノ値ヲ目盛レバ所要ノ函數尺ガ得ラレル。右圖ニ於テ y 軸ノ右側ノ目盛ハ普通尺デアル。

標　轉　相　座



第 130 圖

函數尺ノ作リ方　其ノ一

變數xガ $x=x_1$ カラ $x=x_n$ マデ變化スル間ノ函數 $f(x)$ ノ函數尺ヲ作ルニハ

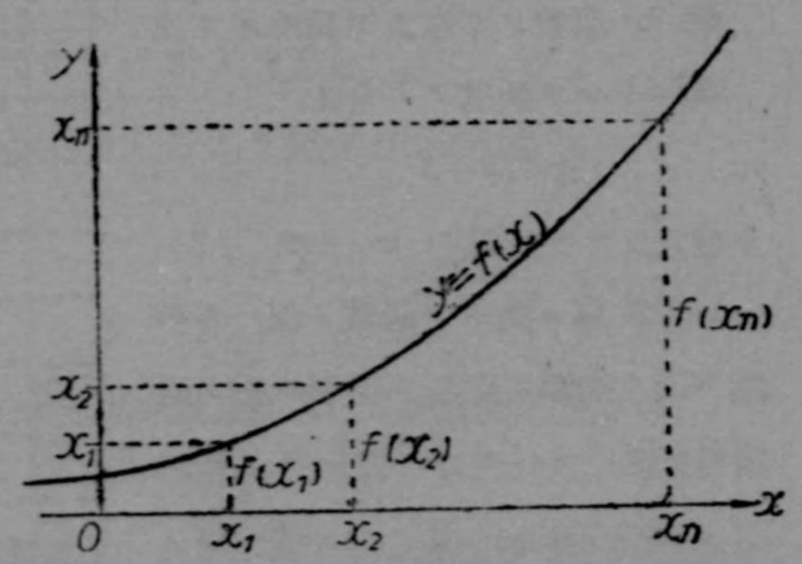
（i）x ノ各値 $x_1, x_2 \cdots\cdots x_n$ ニ對スル函數ノ値 $f(x_1)$，$f(x_2)\cdots\cdots f(x_n)$ ヲ計算スル。

（ii）一直線上ニ原點Oト正，負ノ方向ヲ定メ，別ニ適當ナル長サノ單位kヲ定メル。（上例デハ $k=1cm$）此ノ直線ヲ函數尺ノ軸又ハ支持線トイフ。

（iii）コノ直線上ニ函數値 $f(x_1)$，$f(x_2), \cdots\cdots, f(x_n)$ ニ應ジテkヲ單位トシテ正方向又ハ負方向ニ線分ヲトリ，其ノ端ニ夫々變數ノ値 $x_1, x_2 \cdots\cdots x_n$ ノ分畫ヲ目盛レバ所用ノ函數尺ガ得ラレル。

函數尺ノ作リ方　其ノ二

函數 $y=f(x)$ ノぐらふガ與ヘラレテヰル時ニハ x 座標ガ$x_1, x_2, \cdots, x_n$ デアルぐらふ上ノ點ノ縦座標ヲy軸上ニ移シ此ノ點ニ夫々 $x_1, x_2, \cdots\cdots, x_n$ ヲ目盛レバy軸ヲ支持線トスル函數尺 $f(x)$ ガ得ラレル。其ノ要領右圖ノ如シ。



第 131 圖

然シ乍ラ實際問題トシテハぐらふガ先ニ與ヘラレテヰル樣ナ場合ハ先ヅナイカラ之レハ函數尺ヲ理解スルタメノ方便ト考ヘレバヨイ。

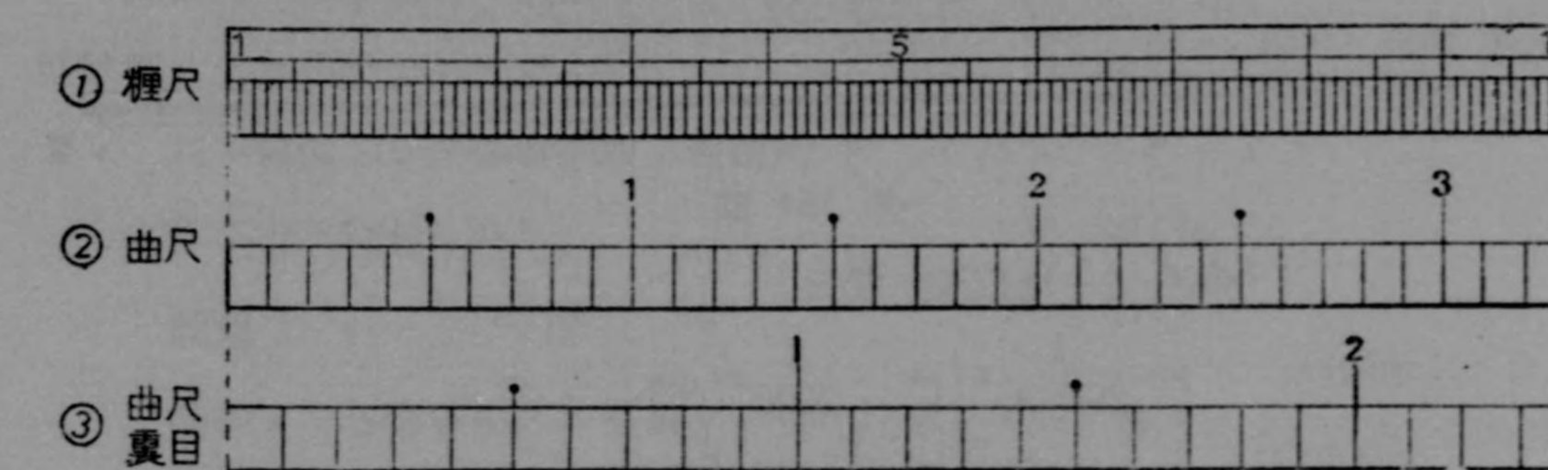
以上ノ方法ニヨリ函數尺ヲ作ルトキハ分畫ノ目盛ガ等間隔ノモノ

卽チ普通尺ト不等間隔ノモノトノ二種ガ出來ル。

(a)　等間隔目盛尺（普通尺）

（i）$y=kx$

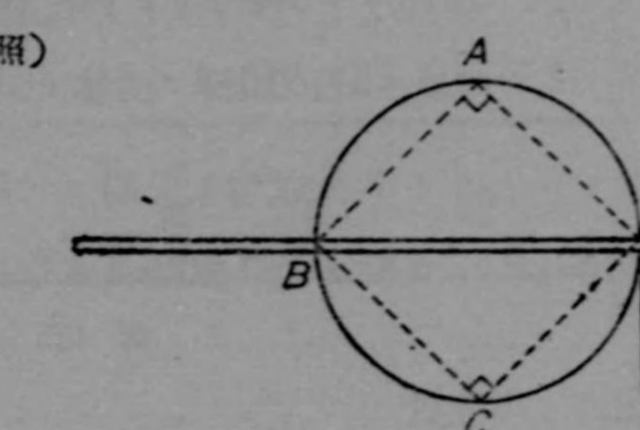
$k=1cm$，1寸，$\sqrt{2}$寸 ニ對スル函數尺ヲ作レバ次ノ如ク①糎尺，②曲尺，③曲尺ノ裏目ヲ得。



第 132 圖

注意　裏目ノ使用例（第133圖參照）

丸材ノ直徑ヲ裏目デ測リ1尺2寸5分アレバコノ丸材ヨリトレル最大ノ角材（斷面正方形）ノ一邊ノ長サハ曲尺デ同一ノ寸法，卽チ1尺2寸5分トナル。



第 133 圖

AB＝AD＝a寸（曲尺）

トスレバ

BD＝$\sqrt{2}a$寸（曲尺）

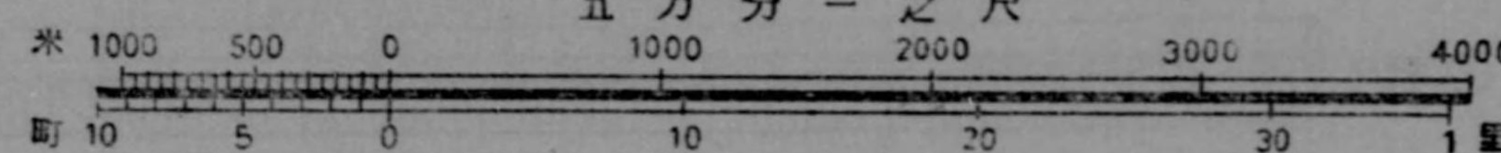
＝a寸（裏目）

（ii）　梯尺（縮尺）

（イ）五萬分ノ一地形圖ノ梯尺函數及ビ函數尺卽チ梯尺ノ分畫ノ目盛方次表ノ通リ。

函數	x	函數值	梯尺ノ分畫ノ目盛方
$y=\frac{1}{50000}x$	1000米	$\frac{1000}{50000}=\frac{1}{50}(m)=2(cm)$	原點ヨリ$2cm$毎ニ$1000m$, $2000m$, ……ノ分畫ヲ目盛ル
	10町	$\frac{10}{50000}(町)=\frac{10\times60\times6\times10\times10}{50000}(分)$ $=7.2(分)$	原點ヨリ7.2分毎ニ10町, 20町, ……ノ分畫ヲ目盛ル

五万分一之尺



第 134 圖

(b) 二十萬分ノ一地形圖ノ梯尺

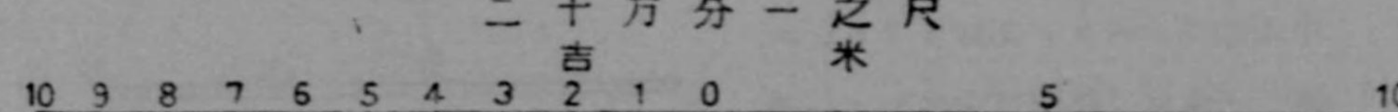
函數ハ　$y=\frac{1}{200000}x(m)=\frac{1}{2000}x(cm)$

$x=1000m$ トスレバ　$y=0.5cm=5mm$

∴ 原點ヨリ$5mm$毎ニ1粁, 2粁, ……ノ分畫ヲ目盛ル（左側）

又 $2.5cm$毎ニ5粁, 10粁ノ分畫ヲ目盛ル（右側）

二十万分一之尺



第 135 圖

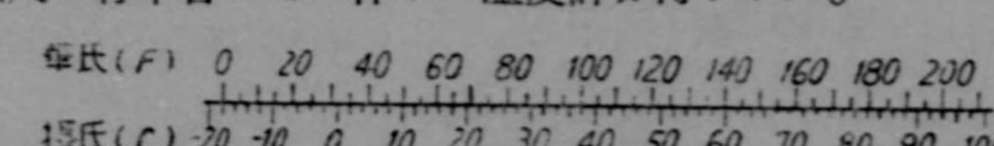
(iii) 溫度計

攝氏ノ度數ヲC, 華氏ノ度數ヲFトスルトキ

華氏：$y=\frac{5}{9}(F-32)=\frac{5}{9}F-\frac{160}{9}$ ……………(1)

攝氏：$y=C$ ……………………………………(2)

ノ函數尺ヲ背中合ハセニ作レバ溫度計ガ得ラレル。



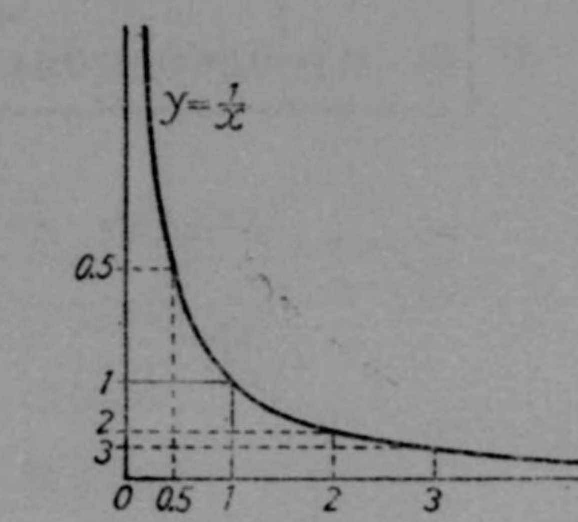
第 136 圖

一般ニ變數xニ對スル一次函數 $f(x)=ax+b$（a,bハ常數）ノ函數尺ハ凡テ等間隔ノ目盛尺トナル。

(b) **不等間隔目盛尺**

等間隔目盛尺ハ普通ノ物差デ別ニ變ツタコトハナイガ, 一般ノ函數ノ函數尺ハ不等間隔ノ目盛尺トナリ, 極メテ有効ナモノデアル。

以下問題トシテ各種函數ノ函數尺ノ作リ方ヲ説明ショウ。



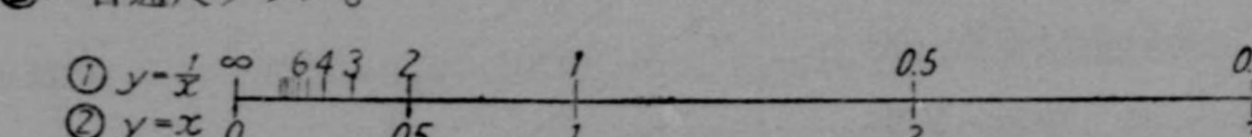
第 137 圖

問題 1. $y=\frac{1}{x}$ノ函數尺

變數xノ各値ニ應ズル函數yノ値ヲ計算シテ表ヲ作ル。

x	∞	……	6	5	4	3	2	1	0.5	0.33	……	0
$\frac{1}{x}$	0	……	0.16	0.2	0.25	0.33	0.5	1	2	3	……	∞

次ニコノ表ニヨリ函數ノ値ニ應ズル線分ヲ原點ヨリトリ, ソノ端ニ其ノ時ノ變數xノ値ヲ目盛レバ求メル函數尺①ガ得ラレル。但シ②ハ普通尺デアル。



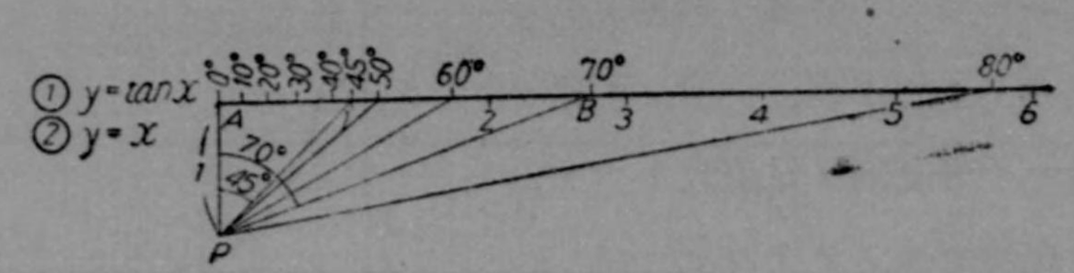
第 138 圖

ぐらふヲ利用シテ作ル方法ハ第137圖ニ依ツテ明カデアル。

問題 2. $y=\tan x$ ノ函數尺（**正切尺又ハ正切線**）

（1） 角度xニ應ズルyノ値ヲ三角函數眞數表ヨリ求メ（小數點第二位以下四捨五入）レバ次表ガ得ラレルカラ, 之ニ基イテ函數尺ヲ作レバヨイ。

x	10°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	80°	90°
y	0.18	0.36	0.58	0.84	1	1.19	1.73	2.75	5.67	0°



第 139 圖

上圖ニ於テ共通水平距離（P—O°線）ヲ函數尺ノ單位ノ長サニトレバO°ヨリ45°或ハ70°ノ目盛迄ノ長サハ高サヲ表ハシ

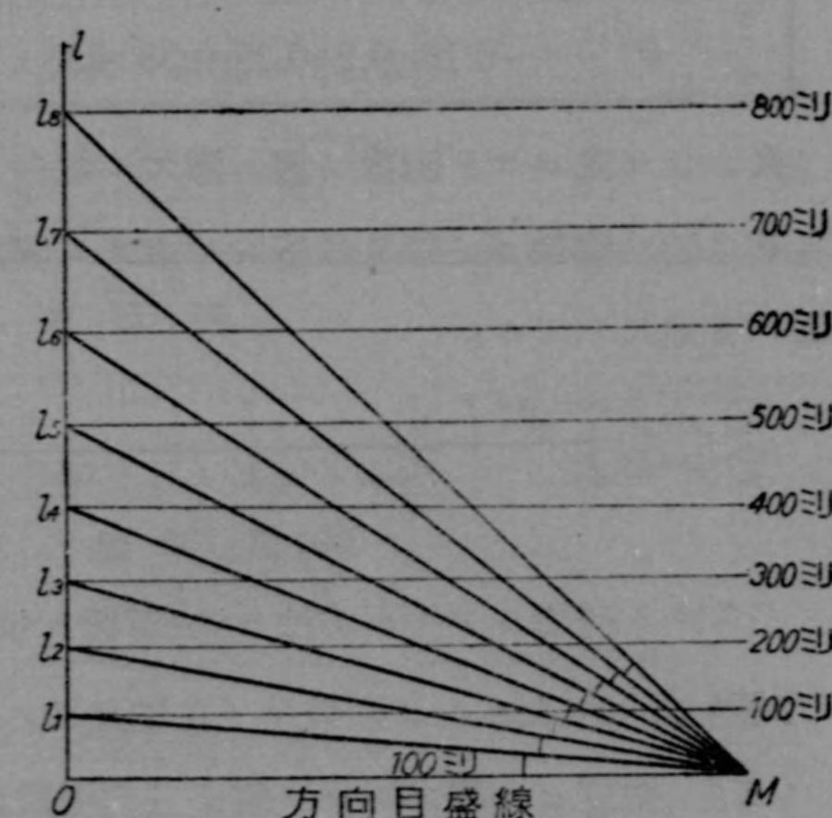
$$tan70° = \frac{AB}{PA} = \frac{AB}{1} = AB$$

$$\therefore \quad AB = tan70° = 2.75$$

線分 P—45°, P—70°等ハ夫々45°, 70°等ノ傾斜ヲモツ直線トナル。

（２） **交會法線圖**

（砲兵射擊教範第一部第三百五，實物ハ附圖ニアリ）コノ正切線モ全ク（1）ト同様ニシテ作ラレルガタダ函數ガ $20cm \times tan\theta$ トナリ，θ ガ密位デ測ラレテヰルノガ違フ。今密位ヲ刻ンダ分度器ヲ用フルコトトスレバ方向目盛



第 140 圖

線上ニ OM=20cm ニトリ，M ニ分度器ノ中心ヲオキ MO ヲ零方向トシ Ol 線上ニ逐次 100 密位（或ハ10密位）毎ニ Ol_1, Ol_2, Ol_3, ……ヲトリ，l_1, l_2, l_3……ヲ通リ OM ニ平行線ヲ引キ，其ノ端ニ密位數ヲ記セバヨイ。

從ッテ

$Ol_1 = 20cm \times tan\,100$ミリ（≒1.96$cm$）

$Ol_2 = 20cm \times tan\,200$ミリ（=3.90$cm$）

$Ol_3 = 20cm \times tan\,300$ミリ（=6.06$cm$）

$Ol_4 = 20cm \times tan\,400$ミリ（=8.28$cm$）

$Ol_5 = 20cm \times tan\,500$ミリ（=10.69$cm$）

$Ol_6 = 20cm \times tan\,600$ミリ（=13.36$cm$）

$Ol_7 = 20cm \times tan\,700$ミリ（=16.40$cm$）

$Ol_3 = 20cm \times tan\,800$ミリ（=20.00$cm$）

（正切ノ値ハ眞數表ヨリ求メル）

問題 3. 餘切梯尺（$y=cotx$）

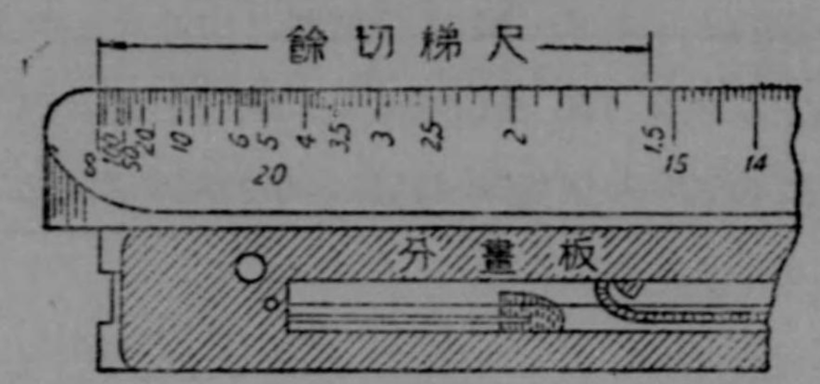
（１） **測斜儀**ニ附隨セル餘切梯尺

コノ梯尺ノ目盛ハ通常ノ函數尺ノ目盛トハ多少異ナル。例ヘバ x ガ45°ナラバ $cot45° = 1$, $x = 10°10'$ ナラバ $cot10°10' = 5$,……等デアルカラ原點Oカラ1或ハ5ノ所ニ夫々45°, 10°10′ノ如ク記セバ，普通ノ目盛方デアルガ，之ニハ**傾斜分數**ノ百分數ヲ目盛ル。

例ヘバ　$cotx = \frac{OB}{OA} = \frac{OB}{1(mm)} = OB\ (mm)$　（第141圖參照）

$$= \frac{1}{tan\,x} = \frac{1}{BA\text{ノ傾斜}} = \frac{1}{\frac{20}{100}} = 5$$

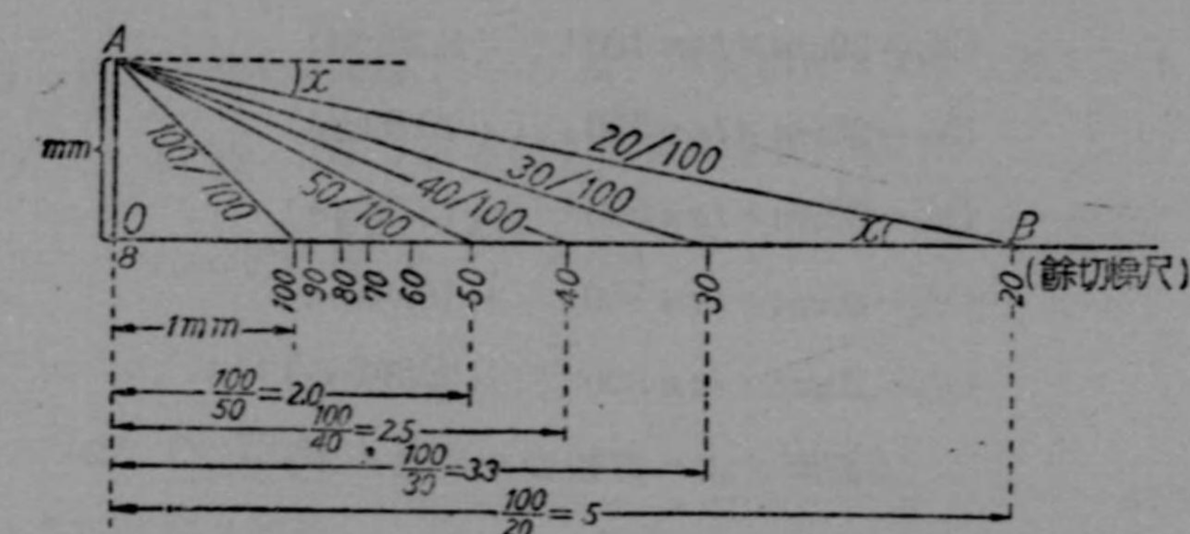
デアルカラ圖ノ如ク原點Oカラ 5mm ノB點ニ20ト目盛ル。



（測　斜　儀）

第 141 圖

餘切梯尺要領圖



第 142 圖

從ツテ餘切梯尺ニヨツテ $1mm$ ヲ高サトスル各種ノ傾斜ニ應ズル水平距離ヲ求メルコトガ出來ル。

卽チ地圖ノ上デ**水平曲線ノ間隔**（相隣ル主曲線上ニアル二點間ノ水平距離）ヲ測リ，且其ノ傾斜ヲ求メルコトガ出來ル。

卽チ**圖上等距離**（首曲線ヲ畫ククメニ設ケタ水準面間ノ距離ヲ眞等距離ト名附ケ，コレヲ其ノ地圖ノ梯尺ニ應ジテ縮尺シタモノヲ圖上等距離トイフ）$1mm$ ノ圖ニ於テ曲線間隔ヲ測リ餘切梯尺上ニ ∞—20 ヲ得タトスレバ其ノ傾斜ハ $\frac{20}{100}$ デアル。　或ハ圖上等距離 $0.5mm$（陸地測量部二萬分ノ一地形圖眞等距離ハ $10m$ デアルカラ，

圖上等距離ハソノ二萬分ノ一デ $0.5mm$ トナル。）ノ地圖ニ於テハ餘切梯尺デ曲線間隔 ∞—20 ヲ得タトスレバ其ノ傾斜ハソノ二分ノ一卽チ $\frac{10}{100}$ トナル。（次圖參照）

説明 $\left\{\begin{array}{l}\text{眞等距離} = 10m \\ \text{圖上等距離} = 0.5mm\end{array}\right.$

AB ヲ含ム垂直平面ニヨル切口上ニ

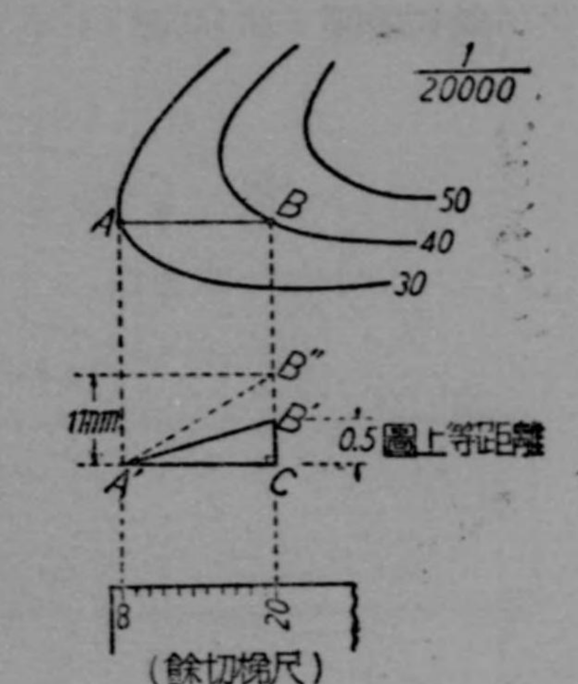
$\triangle A'B'C\left(\begin{array}{l}B'C = 0.5mm,\ \angle C = 90^\circ \\ A'C = AB\end{array}\right)$

$\triangle A'B''C(B''C = 1mm,\ \ ''\ ,\ ''\ )$

ヲ作レバ AB ハ餘切梯尺デ測ツテ ∞ —20 デアルカラ A′C モ之ニ等シイ。

$A'B'$ ノ傾斜 $= A'B''$ ノ傾斜ノ $\frac{1}{2}$

$$= \frac{20}{100} \times \frac{1}{2} = \frac{10}{100}$$



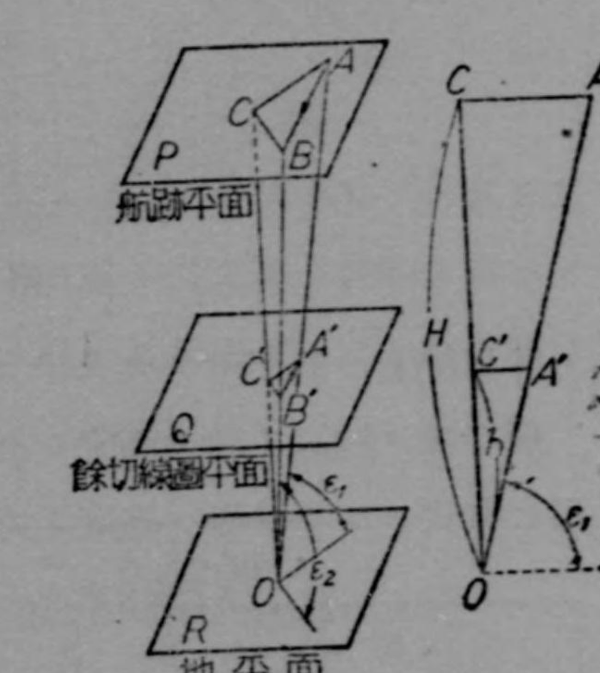
第 143 圖

問題 4.　餘切線圖

右圖ニ於テ高度 Hm ナル目標ガ A ヨリ B ニ向ヒ水平ニ飛行スルモノトシ，R ヲ地平面，O ヲ**聽音機**，Q ヲ餘切線圖ノ水平面，AB ヲ含ム水平面ヲ P トスレバ

$$\left.\begin{array}{l}C'A' = h\cot\varepsilon_1 \\ C'B' = h\cot\varepsilon_2\end{array}\right\}\cdots\cdots(1)$$

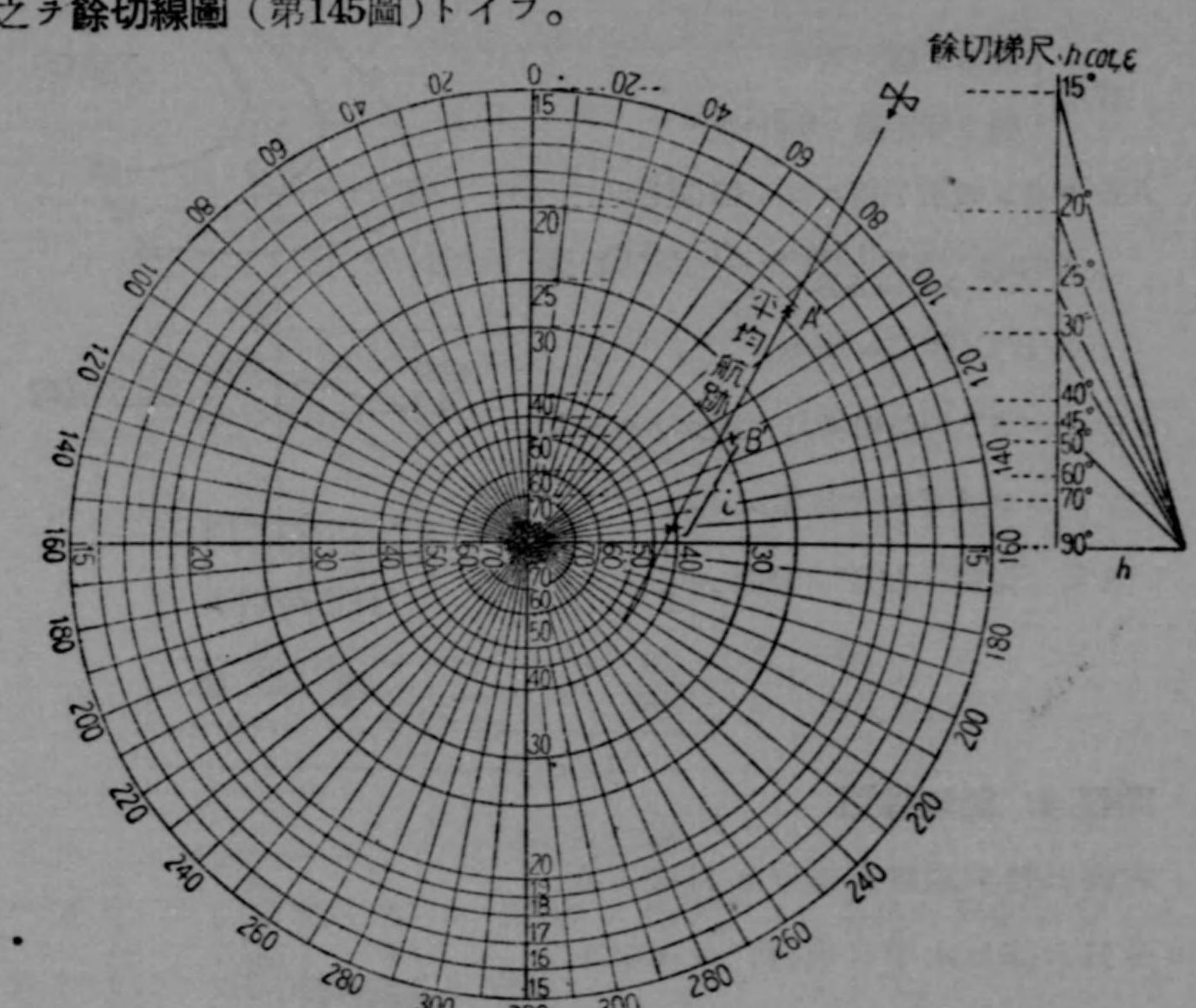
$$\overline{A'B'} = \frac{h}{H}AB\ \cdots\cdots\cdots(2)$$



第 144 圖

故ニ豫メ h ヲ決定シテオイテ各種高低角 ε° ニ應ズル $h\cot\varepsilon$ ノ値ヲ求メコレヲ半徑トスル同心圓ト方

向角(密位)チ表ハスベキ半徑線トチ畫イテ置キ聽音機ニヨリ得タ高低角及ビ方向角ニヨリ逐次其ノ位置チコノ線圖上ニ記セバ目標航跡ノ投影圖チ畫キ得テ高度，航速ノ一方チ知レバ他方ガ求メラレル。之チ**餘切線圖**（第145圖）トイフ。



第 145 圖

餘切線圖ノ使用例チ次ニ示ス。

飛行機ノ航速チ別ニ測定シ得タトキハ上圖ノ如クシテ求メタ i チ用ヒ次式ニヨリ目標ノ高度チ求メルコトガ出來ル。

$$H=\frac{V\times t\times e}{i}$$

但シ　H：目標高度（米），　V：航速（米/秒）

t：基準ノ秒時　，　e：餘切線圖ノ高サ（粍）

i：基準秒時ニ應ズル平均航跡ノ長サ（粍）

其ノ理ハ第144圖ヨリ

$$AB=Vt,\quad A'B'=i,\quad OC=H,\quad OC'=e$$

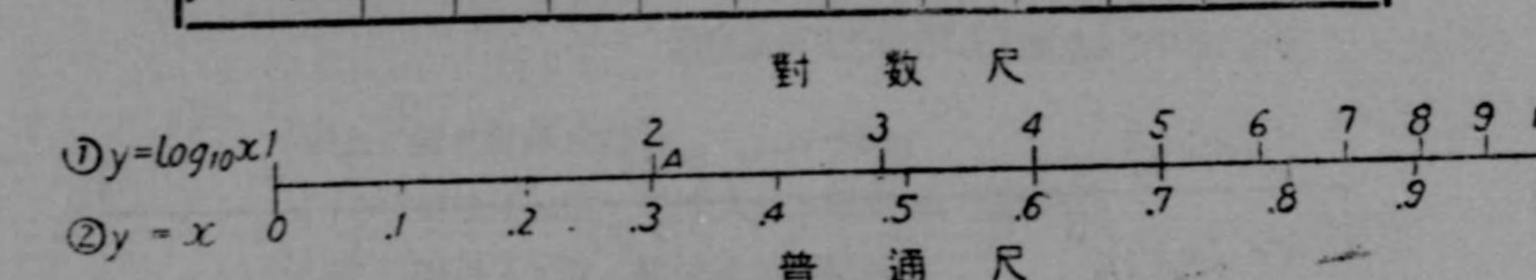
之チ　$\dfrac{OC}{OC'}=\dfrac{OB}{OB'}=\dfrac{AB}{A'B'}$　ニ代入シテ　$\dfrac{H}{e}=\dfrac{Vt}{i}$

問題 5. 對數尺及ビ計算尺ノ原理

(1) 對數尺（$y=log_{10}x$）

對數表ヨリ次ノ如ク x ト y トノ表チ作リ（y ノ値ハ小數點第二位以下四捨五入）適當ナル長サチ單位トシテ函數尺チ作レバヨイ。之チ對數尺トイヒ利用ノ範圍ハ極メテ廣イ。（第146圖）

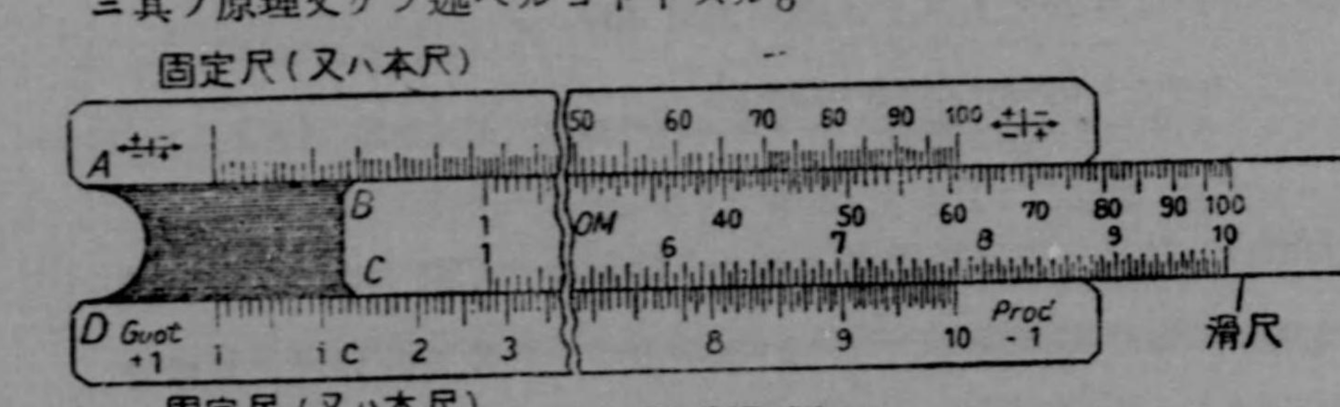
x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	……
$y=log_{10}x$	0.00	0.30	0.48	0.60	0.70	0.78	0.85	0.90	0.95	1.00	……



第 146 圖

(2) 計算尺ノ原理

計算尺ハ上述ノ對數尺チ利用シテ乘法，除法，開方等ノ計算チ近似的ニ行フ機械デ，利用ノ範圍ハ極メテ廣ク，又其ノ目的ニ應ジテ各種ノモノガ作ラレテヰルガ，玆デハ最モ基本的ナモノニ關シ簡單ニ其ノ原理丈ケチ述ベルコトトスル。



第 147 圖

第147圖ニ於テA，D尺ヲ臺尺，B，C尺ヲ滑尺トイヒ，

C尺，D尺ハ共ニ $y=log_{10}x$ ナル對數尺デ同一目盛，

A尺，B尺ハ共ニ $y=\frac{1}{2}log_{10}x$ ナル對數尺デ同一目盛

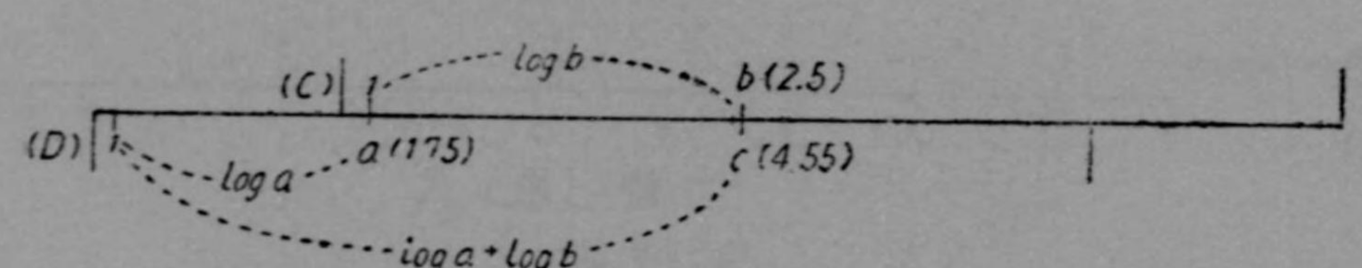
（以下底10ヲ省略スル）

デアル。從ツテ長サノ單位ハA，B尺ノ方ハC，D尺ノ單位ノ $\frac{1}{2}$ デアル。

（乘法）　C尺トD尺或ハA尺トB尺ヲ使フ。

今C尺ヲ右（或ハ左）ニ動カシテC尺ノ1（或ハ10）ヲD尺ノ a（例ヘバ1.75）ニ合ハセレバC尺上ノ目盛 b（例ヘバ2.5）ノ眞下ニアルD尺上ノ目盛 c（例ヘバ4.55）ヲ讀メバ c ハ a,b ノ積デアル。

$a\times b=c$ (1.75×2.5=4.55)



第 148 圖

（理由）

其ノ構造ヨリ

C尺ニ於テ1ヨリ b 迄ノ長サハ　$log\,b$

D尺ニ於テ1ヨリ a 迄ノ長サハ　$log\,a$

從ツテD尺ニ於テ1ヨリ c 迄ノ長サ $log\,c$ ハ

$log\,c=log\,a+log\,b=log\,ab$

$\therefore\ ab=c$

（除法）　D尺ノ上ニ被除數 c ヲトリ除數 b ヲC尺上ニトリ兩者ヲ一致セシメレバ其ノ時ノC尺ノ1（或ハ10）ト一致スルD尺ノ目盛 a ヲ讀メバ

$c\div b=a$

トナル。理由ハ第148圖カラ明カデアル。

（平方）　D尺ノ目盛 a ノ眞上A尺ノ目盛ヲ讀ミ b ヲ得レバ

$a^2=b$

（理由）　D尺ニ於テ1ヨリ a 迄ノ長サハ　$log\,a$

A尺ニ於テ1ヨリ b 迄ノ長サハ　$\frac{1}{2}log\,b$

兩者ノ長サ相等シイカラ

$log\,a=\frac{1}{2}log\,b$　　$\therefore\ 2\,log\,a=log\,b$

$\therefore\ log\,a^2=log\,b$　　$\therefore\ a^2=b$

（開方）　A尺ノ目盛 a ノ眞下D尺ノ目盛ヲ讀ミ b ヲ得レバ $\sqrt{a}=b$。

（理由ハ平方ノ場合ニ同ジ）

以上ノ如ク計算尺ハ

(i)　乘法（二數ノ乘法及ビ三數以上ノ連乘法）

(ii)　除法（二數ノ除法及ビ連除法）

(iii)　混合乘除法

(iv)　比例式解法及ビ百分率

(v)　二乘及ビ平方根

(vi)　立方及ビ立方根

(vii)　滑尺ノ裏目ヲ用ヒテ三角函數値ヲ求ムルコト

等ノ計算ニハ極メテ便利デアル。

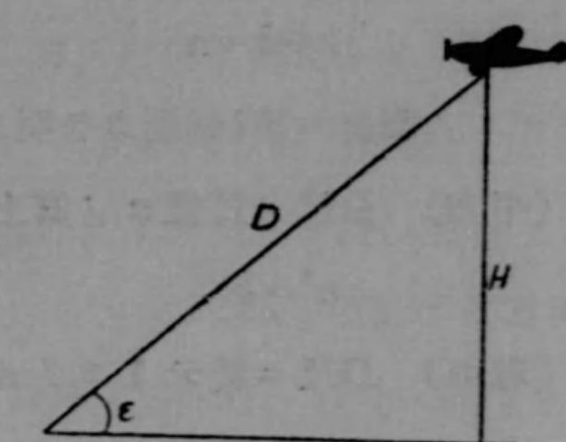
然シ乍ラ

(i)　通常加法，減法ハ行ヘナイカラ算盤ト並用スルガヨイ。

(ii)　近似計算デアル。從ツテ概算ニハヨイガ（通常ノ計算尺ナラバ三桁迄ハ正確ニ讀メル。）金錢ノ計算等ニハ不向キデアル。

然シ乍ラ軍隊ニ於テモ火砲兵器ノ設計ハ勿論射擊，築城ノ計算等ニハ盛ニ使用セラレテキルガ今一歩ヲ進メテ例ヘバ或兵站基地ヨリ先遣部隊ニ對

スル某日間ノ糧秣ノ自動貨車或ハ馱馬ヲ以テスル補給計畫ノ樹立ノ如キハ凡テ乘法，除法ノ混合算デアルカラ計算尺ハ極メテ便利デアリ，之ガ普及ヲ望ム。



第 149 圖

問題 6. 測高機ノ原理

右圖ニ於テ飛行機PノE高度ヲHm，直距離ヲ Dm，高低角ヲ ε トスレバ

$$H=D\,sin\,\varepsilon \quad \cdots\cdots(1)$$

兩邊ノ對數ヲトレバ

$$log\,H=log\,D+log\,sin\,\varepsilon$$

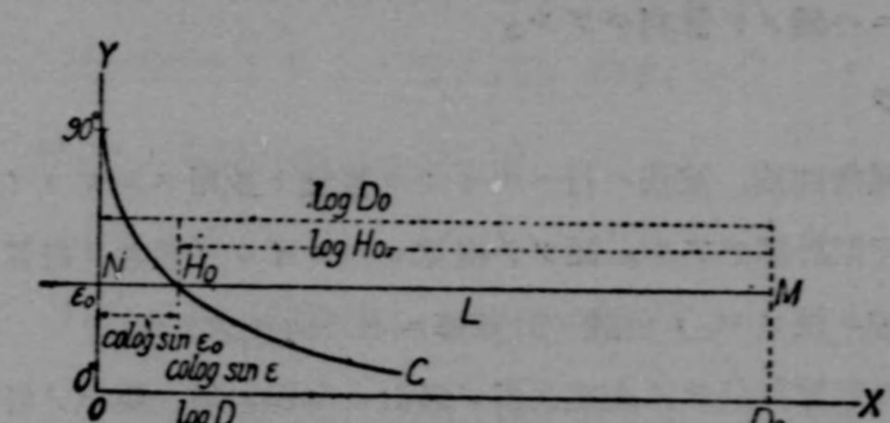
$-log\,sin\,\varepsilon=cologsin\,\varepsilon$ ヲ用ヒテ右邊ヲ差ノ形ニ直セバ

$$log\,H=log\,D-cologsin\,\varepsilon \quad \cdots\cdots(2)$$

對數尺 logD 及ビ曲線 $cologsin\,\varepsilon$ ヲ用ヒテHヲ求メル測高機ノ原理ハ下圖ニ示ス如クデアル。

卽チ曲線Cハ高低角 ε ヲ縱座標ニ，$cologsin\,\varepsilon$ ノ値ヲ橫座標ニトツテ畫イタモノデアリ，又橫軸 OX 上ニハ對數尺 logD ヲ目盛ル。別ニ之ト同ジ對數尺L ヲ OX ニ平行ニ動カシテ高度ヲ求メル。

今直距離 D_0，高低角 ε_0 ヲ得タトスレバ對數尺L ノ原點Mヲ OX



第 150 圖

上ノ目盛 D_0 ニ，又高低角 ε_0 ヲ OY 軸ノ目盛ニ合ハセレバ對數尺Lト曲線Cトノ交點ノL上ノ目盛 H_0 ハ求ムルモノデアル。

何トナレバ

$$MN=log\,D_0,\quad H_0N=cologsin\,\varepsilon_0.$$

$$\therefore\quad MH_0=log\,H_0=log\,D_0-cologsin\,\varepsilon_0.$$

36. 共點圖表

三變數ノ間ノ關係式ヲ圖ニ示ス方法ヲ考ヘルニ先ダチ次ノ例ヲ示ス。

例 1 地圖ニ於ケル緯度線，經度線ト等高線。

例ヘバ富士山ノ頂上ハ（五萬分ノ一地圖ニヨル）

北緯35°21′26″，東經138°31′18.5″ 標高3776.3m

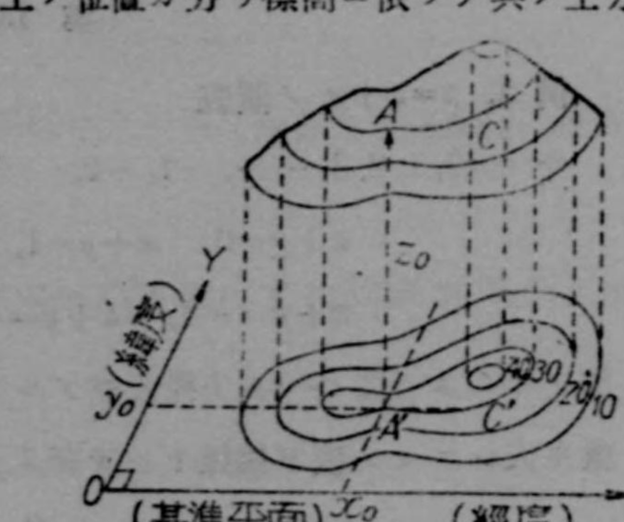
デアルトイヘバコノ頂上ガ地球上如何ナル地點ニ在ルカガ分ル。

卽チ緯度，經度ニ依ツテ地球表面上ノ位置ガ分リ標高ニ依ツテ其ノ上方何米ニアルカガ知ラレル。

一般ニ地圖ハ基準平面ニ平行デ且等間隔ナ平面ニ依ツテ切ツタ切口ヲ基準平面上ニ投影シ標高ヲ附シタモノデアルカラ高地上ノ點Aハ地圖ヨリ

緯度 $y°$，經度 $x°$，標高 z_0

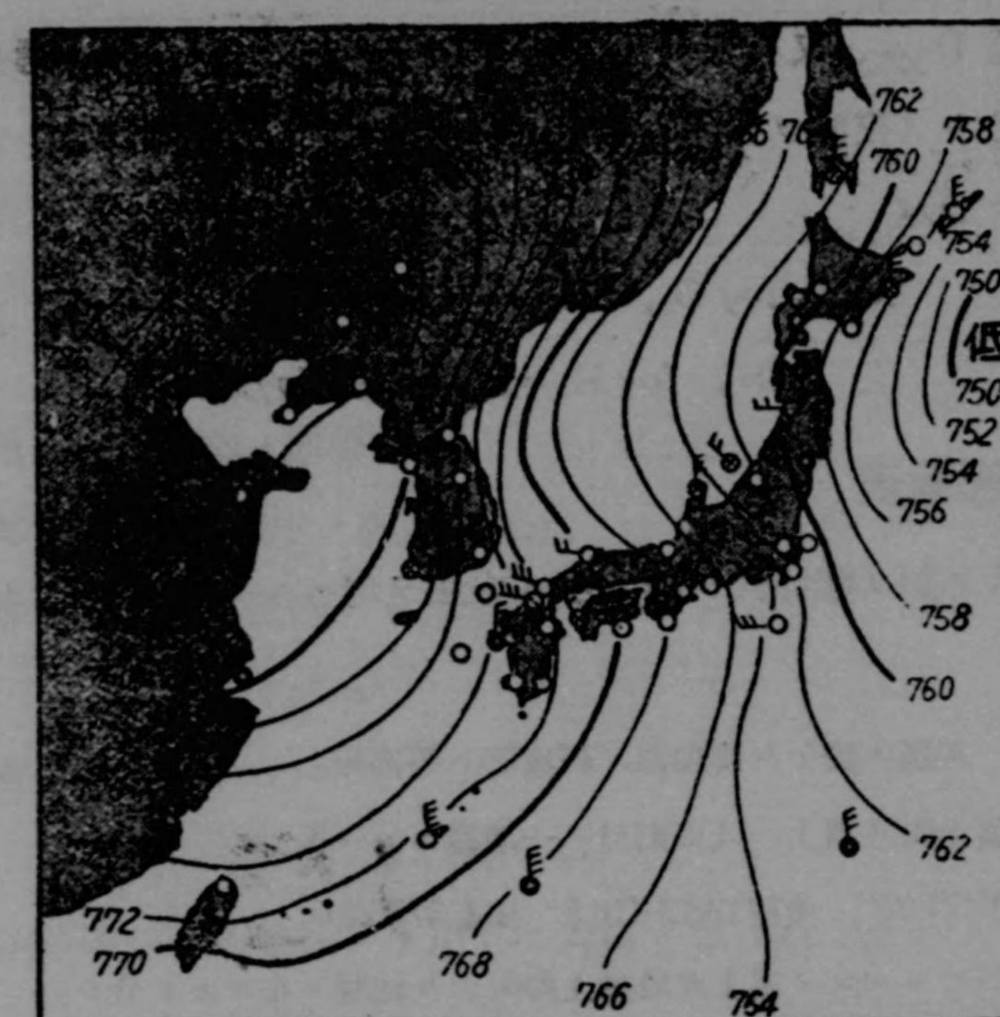
ヲ求メルコトニ依ツテ其ノ位置ガ知ラレル。卽チ緯度線，經度線ト等高線トハ一點A′ヲ共有シテヰル。



第 151 圖

例 2. 天氣圖ノ等壓線

天氣圖ニ於テハ地球上氣壓ノ等シイ地點ヲ曲線（之ヲ等壓線トイフ）デ結ブカラ緯度線，經度線及ビ等壓線ノ三曲線ニ依ツテ所望ノ地點ノ三要素ガ分ル。（第152圖ハ緯度，經度線ハ省略ス）



第 152 圖

例 3. $z=x+y$ ノ圖表

今 $z=0, 1, 2, 3, \cdots\cdots, -1, -2, -3\cdots\cdots$ 等ノ値ヲ與ヘルトキ生ズル

$$x+y=0,\quad x+y=1,\quad x+y=2,\quad x+y=3\cdots\cdots$$
$$x+y=-1,\quad x+y=-2,\quad x+y=-3\cdots\cdots\cdots$$

等ノぐらふ（之ハ一次方程式デアルカラ直線トナル）ヲ直角座標平面上ニ畫キ夫レニ z ノ値ヲ指標トシテ記入シタ直線群

$$\left.\begin{array}{l} z=0,\quad z=1,\quad z=2,\quad z=3\cdots\cdots\cdots\cdots \\ z=-1\quad z=-2\quad z=-3\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \end{array}\right\}(1)$$

ト座標軸ニ平行ナ縱，橫ノ直線群

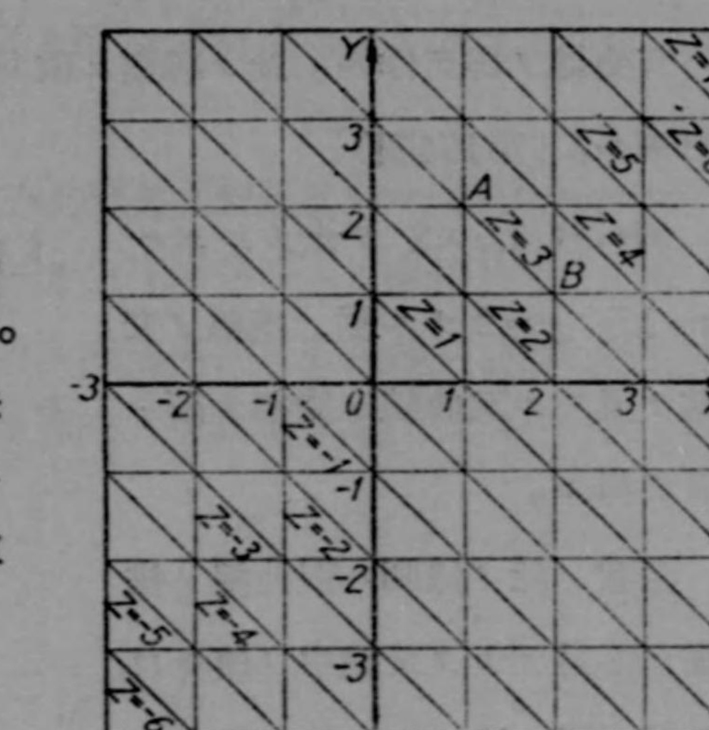
$$x=\pm1\quad x=\pm2\quad x=\pm3\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$
$$y=\pm1\quad y=\pm2\quad y=\pm3\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

ヲ以テ第153圖ノ如キ線圖ヲ作ル。

スルト此ノ圖ニ於テハ同一ノ點例ヘバAヲ過グル三直線ハ

$$x=1,\quad y=2,\quad z=3\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

デアルカラ點A (1,2) ハ Z=3 ノ直線上ニアツテ，x ノ値 1 ト y ノ値 2 トノ和ガ z ノ値 3 デアルコトガ分ル。



第 153 圖

卽チ (4) ノ一組ノ値ハ方程式 $z=x+y$ ヲ滿足スルコトニナル。

從ツテコノ線圖ヲ用ヒテ加法減法ヲ行フコトガ出來ル。例ヘバ 2 ト 3 トノ和ヲ求メルニハ直線 $x=2$, $y=3$ ノ交點ガ $z=5$ ノ上ニアルカラ $2+3=5$ トナル。

$3-2$ ヲ計算スルニハ直線 $z=3$ ト $x=2$ トノ交點 B ノ y 座標 1 ハ求ムルモノトナル。（或ハ直線 $x=3$ ト $y=-2$ トノ交點ハ $z=1$ ノ上ニアルカラ答ハ 1 デアル）

注意　本例ニ於ケル縱線，橫線，斜線ハ夫々例 1 ニ於ケル緯度線，經度線，等高線ニ相應スル。

定義　三ツノ變數 x, y, z ノ間ニ $z=f(x,y)$ ナル關係ガアルトキ $z=z_0, z_1, z_2, \cdots\cdots$ 等ノ値ヲ與ヘテ

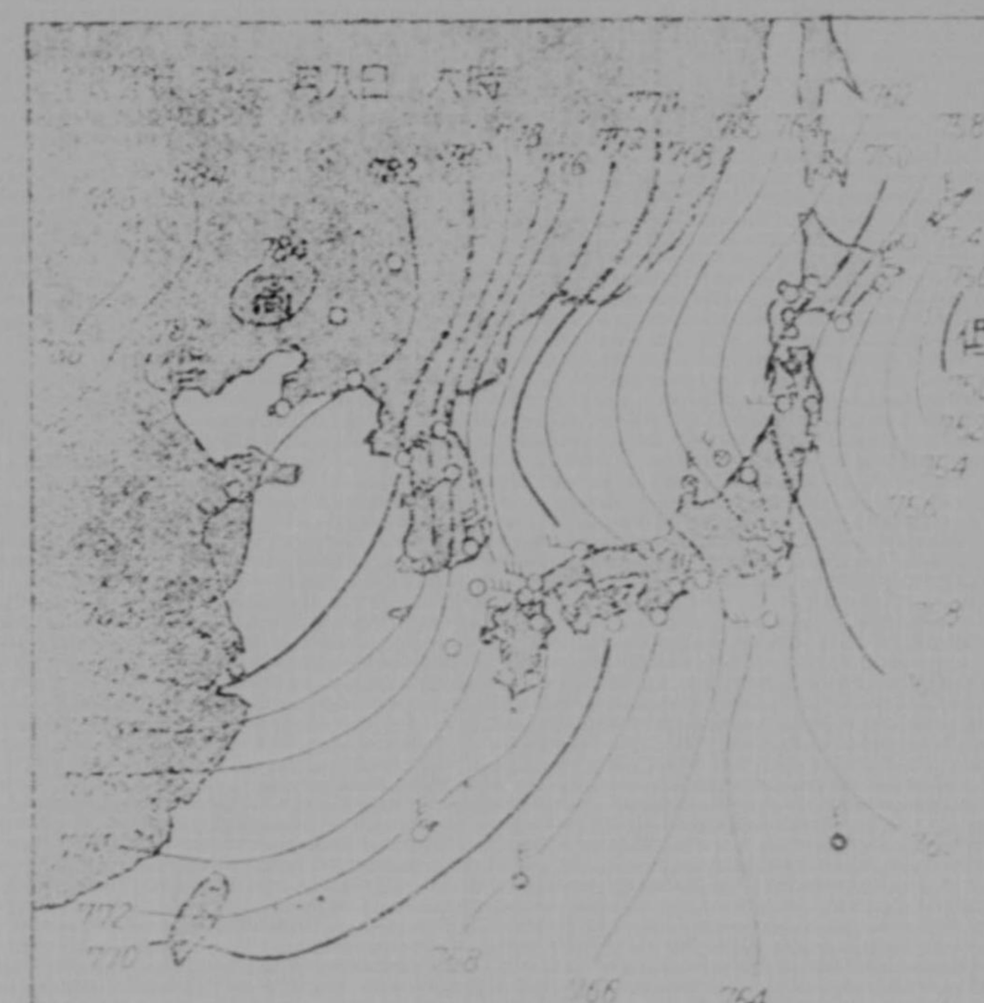
$$f(x,y)=z_0,\ f(x,y)=z_1,\ f(x,y)=z_2,\cdots\cdots\cdots\cdots$$

等ノぐらふヲ $x-y$ 座標平面上ニ畫キ（之ヲ z ノ等値曲線トイフ）コレニ夫々 $z_0, z_1, z_2, \cdots\cdots$ 等ノ指標ヲ與ヘ，又

$$x=\pm1,\ \pm2,\ \pm3,\cdots\cdots,\quad y=\pm1,\ \pm2,\ \pm3,\cdots\cdots$$

等ノ縱，橫ノ直線群ヲ作レバ之ヲ $z=f(x,y)$ ノ共點圖表トイフ。

之ニ依レバ x, y, z ノ内ノ二ツヲ與ヘレバ他ノ一ツハ簡單ニ求メラレル。



第 152 圖

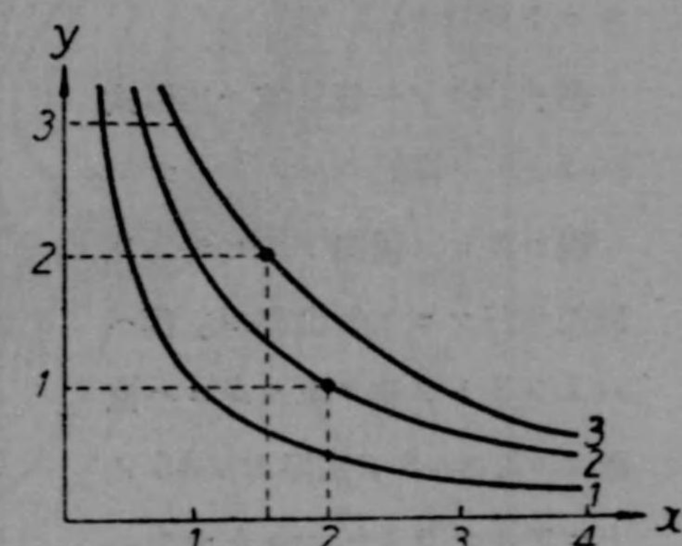
例 3.

定義

問題 1.　$z=xy$ ノ共點圖表（其一）

$z=1,2,3,\cdots\cdots$ トスルトキ　$xy=1$,　$xy=2$,　$xy=3,\cdots\cdots\cdots\cdots$ ハ双曲線ノ群ヲ作ル。此ノ線圖ニ依レバ乘，除ノ計算ヲ行フコトガ出來ル。（第154圖）

例ヘバ 1.5×2 ヲ求メルニハ $x=1.5$　$y=2$ ナル縱，橫線ノ交點ヲ過ギル双曲線ノ指標ヲ讀ミ 3 ヲ得ル。



第 154 圖

注意　此ノ線圖ハ双曲線ノ描畫ガ容易デナク又途中ノ値モ目分量デ讀ミ難イカラ餘リ實用ニハナラナイ。之ガタメ次ノ方法ヲ用フル方ガ便利デアル。

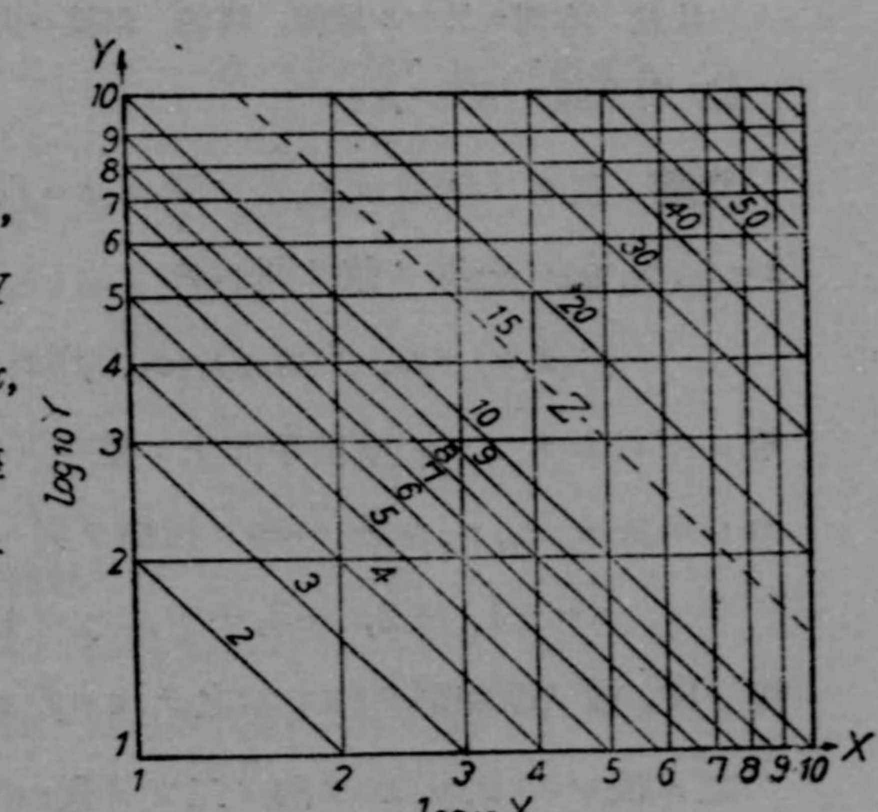
問題 2.　$z=xy$ ノ共點圖表（其二）

與式ノ對數ヲ取レバ

$$\log z=\log x+\log y$$

依ッテ $X=\log x$, $Y=\log y$, $Z=\log z$ トオケバ $Z=X+Y$ トナル故ニ對數尺 $X=\log x$, $Y=\log y$ ヲ座標軸トスル座標平面ヲ作リ（之ガタメニハ對數方眼紙ヲ用フ。）

$Z=1,2,3\cdots\cdots$ トスルトキ $X+Y=1$, $X+Y=2$, $X+Y=3$ 等ノぐらふヲ畫



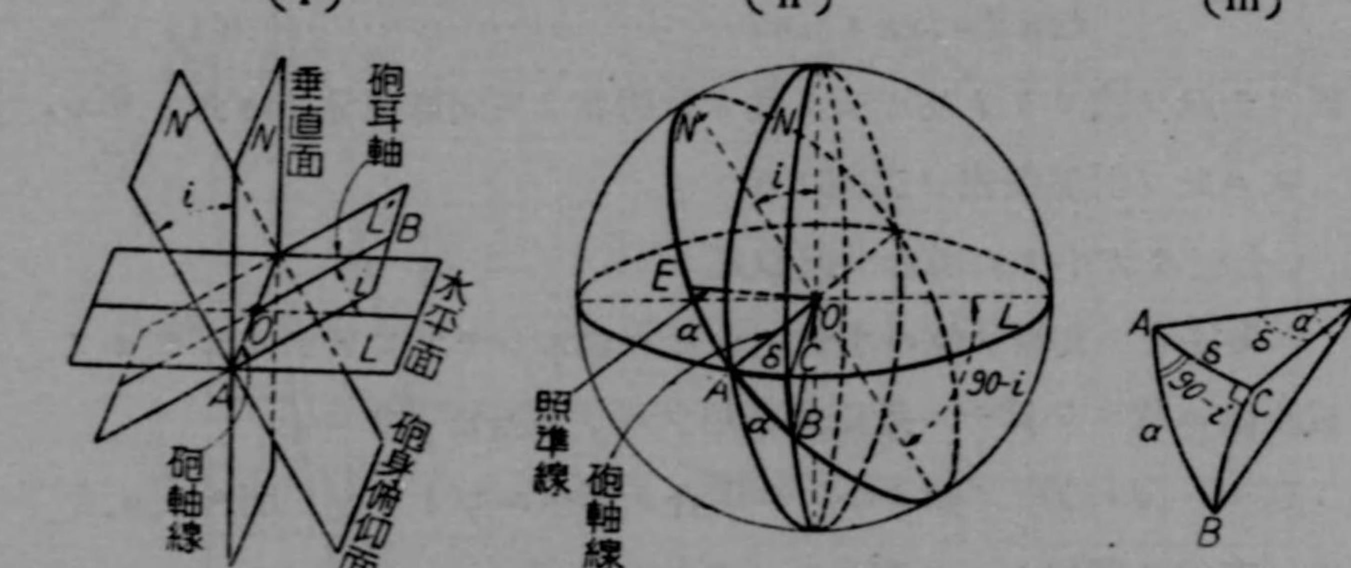
第 155 圖

ケバ之ハ直線群トナリ，ソレニ指標ヲ附スレバ第155圖ノ如キ線圖ガ得ラレル。之ヲ利用シテ 5×3 ヲ求メルニハ X=5 ヲ通ル縱線ト，Y=3 ヲ通ル橫線トノ交點ハ Z=15 ノ直線上ニアルカラ 15 ハ求ムル積デアル。

問題 3.　砲耳軸傾斜ニ基ク方向誤差ノ修正式（$\tan\delta=\tan\alpha\sin i$）

砲耳軸トハ砲身ガ之ヲ軸トシテ上下ニ俯仰スル直線ヲイフ。此ノ軸ガ水平面ニ對シテ傾斜シテヲレバ方向及ビ射距離ニ誤差ヲ生ズル。今方向ノ誤差ノ起ル原因ヲ圖解シテ誤差ノ算式ヲ示セバ次ノ如クナル。

(i)　(ii)　(iii)



O：砲身ノ中心　AE$=\alpha$：表尺上ニ與ヘタ射角　球面三角法公式
OA：砲軸線　δ：αニ基ク方向上ノ誤差　$\tan\delta=\tan\alpha\sin i$
OB：砲耳軸

第 156 圖

砲耳軸 OB ガ水平ノトキ之ヲ含ム水平面ヲ L トスル。次ニ OB ガ水平面ニ對シ角 i 丈ケ傾イタトキニハ水平面 L ハ L′ ノ位置ニ來ル。從ッテ始メ砲身ノ俯仰面（或ハ表尺ノ抽出面）ハ垂直面 N デアルガ之ガ N′ ニ移リ N, N′ 平面ノナス角ハ傾斜角 i トナル。

次ニ砲車ノ中心 O ヲ中心，半徑 1 ノ球（コレヲ單位球トイフ）ヲ考ヘテ (i) 圖ト同樣ナ平面 L, N, N′ ト球面トノ交ハリデアル大圓ヲ描

ケバ(ii)圖ノ如クナル。

今砲耳軸ノ傾斜角ガ i デアルトキ表尺ヲ AE$=\alpha$ ナル射角ニ裝定スレバ照準線ハ OE 方向デ，砲軸線ハ OA デアル。高低照準ヲ行フトキ兩線共 N′ 平面内デ俯仰シ OE 線ハ OA線ニ，OA 線ハ OB 線ニ來ル。B ヲ通ル垂直平面上ノ大圓周ガ水平面 L 上ノ大圓周ヲ切ル點ヲ C トスレバ照準線ノ方向ハ OA デ，砲身ノ方向ハ OC トナル。卽チ方向上ニ ∠AOC$=\delta$ ナル誤差ヲ生ジ射角ハ ∠BOC トナル。而シテ球面三角法ノ示ストコロニヨレバ三ツノ角 i, α, δ ノ間ニハ次ノ關係ガアル。

$$\tan\delta=\tan\alpha\sin i \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

從ツテ此ノ式ヨリ i 及ビ α ヲ知レバ所要ノ方向修正量 δ ガ求メラル。

次ニ此ノ計算圖表ノ二例ヲ示ス。

（イ）　α ガ小ナル場合ノ近似式

i 及ビ δ ノ實際ノ値ハ小サイガ α ハ必ズシモサウデナイカラ α ノ或範圍ニ依ツテ異ナル近似式ヲ用フルノガ至當デアル。

茲デハ $\alpha<30°$ ノ如ク小ナル場合ヲ考ヘルコトトシ，而モ i, α, δ 共ニ密位ヲ單位トシテ測ルモノトスレバ

$$\tan\delta\fallingdotseq\frac{\delta}{1000},\quad \tan\alpha\fallingdotseq\frac{\alpha}{1000},\quad \sin i=\frac{i}{1000}$$

故ニ (1) ヨリ　$\alpha^{(ミリ)}\times i^{(ミリ)}=1000\delta^{(ミリ)} \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$

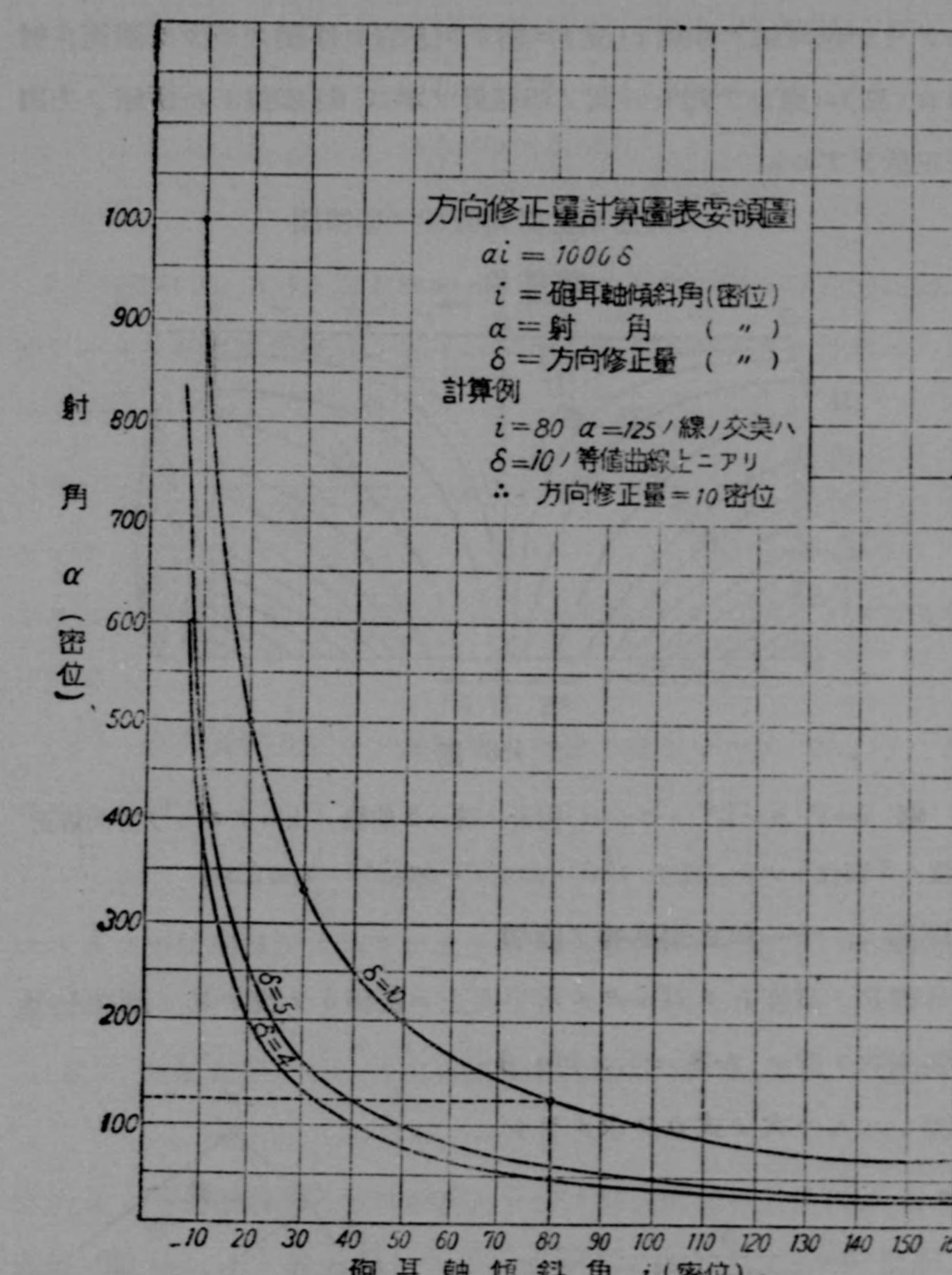
(2) ヲ用ヒテ i, α ノ某範圍ニ對スル δ ノ各値ニ應ズル等値曲線ヲ作レバ所望ノ計算圖表ガ得ラレル。第157圖ハ其ノ要領ノミヲ示ス。

（ロ）　(1) 式ニ於テ

$$z=\tan\delta,\quad x=\sin i,\quad y=\tan\alpha$$

トオケバ　　$z=xy$

トナルカラ問題1ト同樣ニシテ横座標，縱座標ニ夫々 $\sin i, \tan\alpha$ ナ

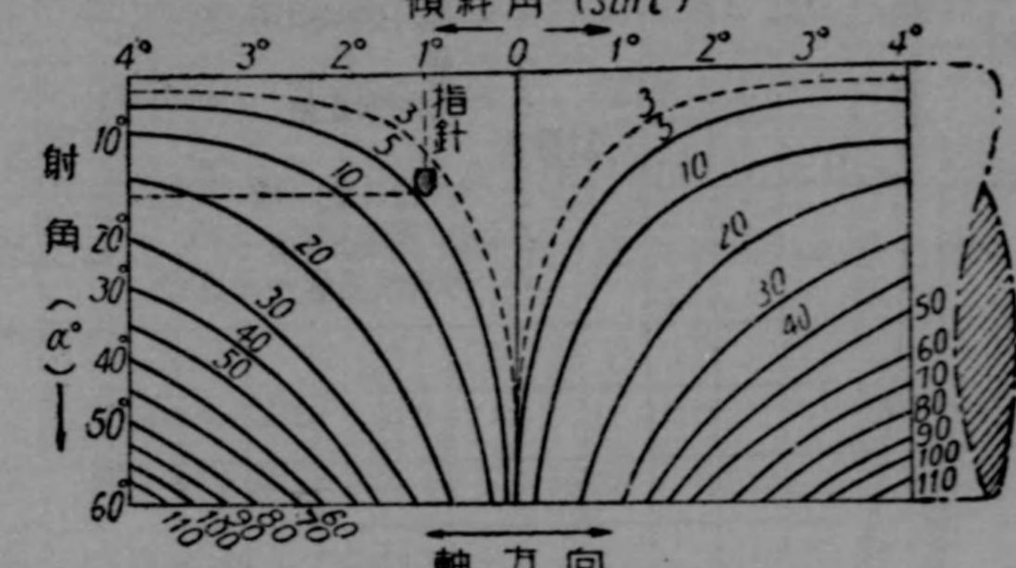


第 157 圖

ル函數尺ノ目盛ヲ附シ z 卽チ δ ノ等値曲線ヲ畫ケバ所要ノ計算圖表ガ得ラレル。第158圖ハ四五式火砲ニ使ハレテヰル計算圓筒デ軸方向ニ $\sin i$，圓周上ニ $\tan\alpha$ ガ目盛ラレテアリ，且指針ハ水準儀ト連繫

シテキテ砲耳軸ノ傾斜 i（度）ニ應ジテ左右ニ移動スルカラ圓筒ヲ射角 α（度）ニ應ジテ回セバ其ノ時指針ノ示ス δ（密位）ハ所望ノ方向修正量デアル。

方向修正量計算圓筒ノ要領圖



第 158 圖

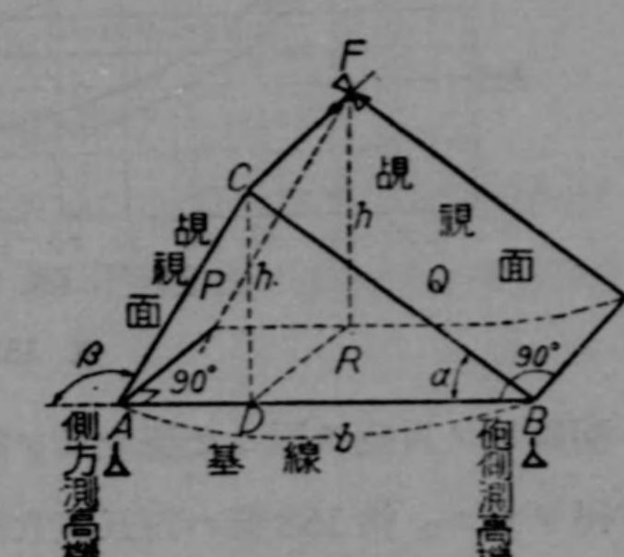
例　$i=1°$, $\alpha=17°$ トスレバ指針ノ端ハ5曲線ノ上ニアルカラ方向修正量ハ5密位トナル。卽チ $\sin 1°\times\tan 17°=\tan 5$ ミリ ガ成立ツ。

問題 4.　十一年式測高機ノ原理

目標Fノ高度 h ヲ測ルタメ水平面上ニ基線 b ヲ設ケ其ノ兩端A, Bニ觀測所ヲ置キ，右圖ニ示ス角 α, β ヲ測レバ h ハ次ノ式カラ求メラレル。

$$h=\frac{b}{\cot\alpha-\cot\beta}\cdots\cdots(1)$$

（理由）　目標Fヲ通リ基線 b ニ垂直ナ水平軸 CF ヲ含ンデ俯仰スル覘視面ヲ以テ A,B ヨリ目標Fヲ覘視シ夫々角 β, α ヲ求メレバ



第 159 圖

$$b=AB=AD+DB=CD\cot\angle CAD+CD\cot\angle CBD$$
$$=h\cot(180°-\beta)+h\cot\alpha$$
$$=h\cot\alpha-h\cot\beta$$
$$\therefore\quad h=\frac{b}{\cot\alpha-\cot\beta}\cdots\cdots\cdots\cdots(イ)$$

（イ）式中ノ α, β, b ヲ測定シテ h ヲ計算スルタメ十一年式測高機ニ於テハ次ノ樣ニ共點圖表ヲ巧ミニ利用シテ機械的ニ之ヲ計算スル如ク工夫シテアル。

先ヅ　$z=\dfrac{1}{\cot\alpha-\cot\beta}$　或ハ　$\cot\beta=\cot\alpha-\dfrac{1}{z}$　…（ロ）

トオケバ（イ）式ハ　$h=bz$ ……………………（ハ）

トナル故ニ第160圖ニ示ス如ク（ロ）ヲ底角圓筒デ，（ハ）ヲ高度圓筒デ計算スル。

（I）　底角圓筒及ビソノ展開圖カラ分ル樣ニ $\beta=\beta_1$, β_2, ……トスルトキ卽チ

$$\cot\alpha-\frac{1}{z}=\cot\beta_1,\quad \cot\alpha-\frac{1}{z}=\cot\beta_2\cdots\cdots\cdots$$

ナル β ノ等値曲線群ヲ作ツテオケバ $\alpha=\alpha_1$ ト $\beta=\beta_1$ トノ交點ノ横座標ハ $Z=z_1$ トナル。

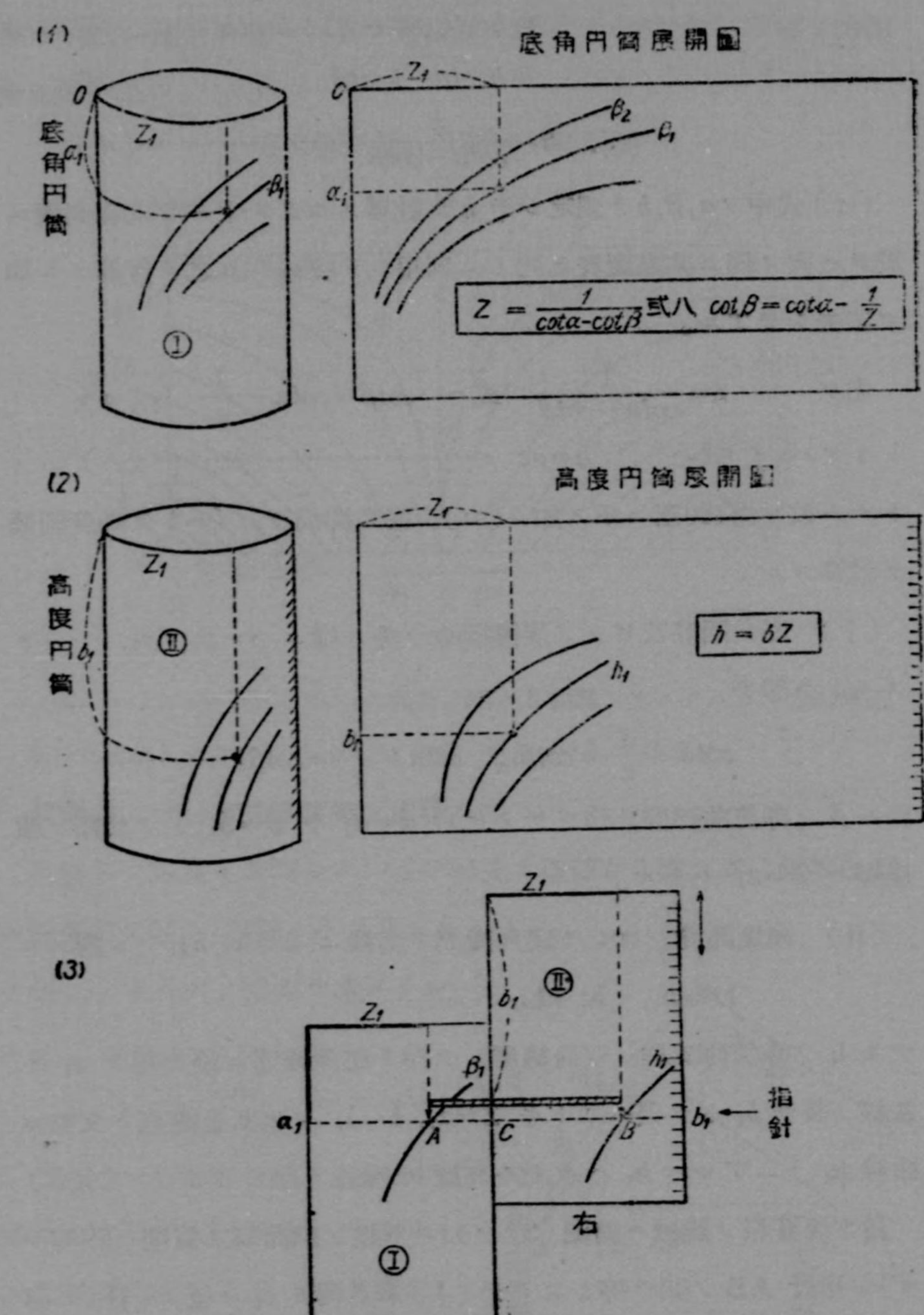
（II）　高度圓筒　コレモ底角圓筒ト同樣ニ $h=h_1, h_2, \cdots$ ニ對スル

$$bz=h_1,\quad bz=h_2,\cdots\cdots\cdots$$

ナル h ノ等値曲線群（双曲線群）ヲ作リ底角圓筒ニ於テ得タ z_1 ト基線ノ長サ b_1 トヲ與ヘルトキ $Z=z_1$, $b=b_1$ トナリ且兩線ノ交點ガ曲線 h_1 上ニアレバ h_1 ハ求メル高度トナル。

從ツテ實際ノ器械ハ同圖（3）ノ如ク上述ノ兩圓筒ノ直徑（相等シイ）ト指針 AB ノ間ヲ等シクシテ（I）ヨリ得タ z_1 ノ値ヲ（II）ニ移シ得ル樣ニ作ラレテキル。

十一年式測高機原理說明圖



第 160 圖

卽チ α_1, β_1 ヲ知レバ(Ⅰ)ニ於テ z_1 ガ求メラレル。指針Aヲ α_1, β_1 ノ交點ニ置ケバ $CB = z_1$ トナル。次ニ b_1 ヲ α_1 ト同一線上ニオクトキ指針Bガ曲線 h_1 上ニ來レバコノ h_1 コソ求ムル高サデアル。

問題 5. $x = f_1(y) z f_2(w)$ **ノ計算**（方向修正圓筒ノ原理）

與式ヲ次ノ様ニ變形シ

$$\frac{x}{f_1(y)} = z f_2(w) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

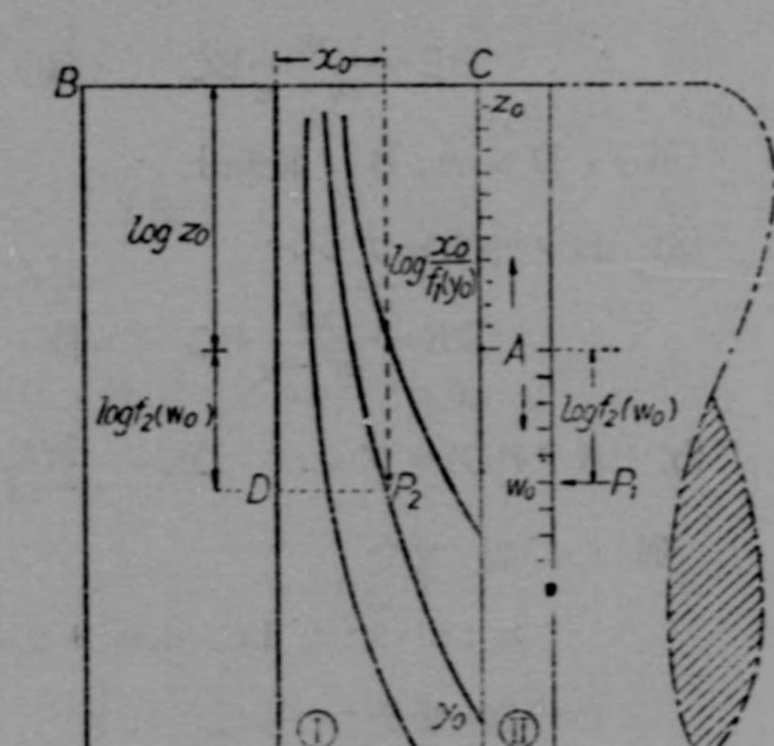
兩邊ノ對數ヲトレバ

$$\log \frac{x}{f_1(y)} = \log z + \log f_2(w)$$

$w = w_0$, $z = z_0$, $y = y_0$, トスルトキノ x ノ値 x_0 ヲ求メルノニ次ノ様ナ機構ガアル。之ハ別々ニ動ク圓筒(Ⅰ),(Ⅱ)ノ側面圖デアル。

先ヅ(Ⅱ)ノ周ニハ A ヨリ反對方向ニ右側ニハ $\log f_2(w)$ ノ函數尺，左側ニハ $\log z$ ノ函數尺ヲ目盛ル。

(Ⅰ)ニハ圓筒ノ軸方向ニ x，周上ニ縦座標トシテ $\log \frac{x}{f_1(y)}$ ヲトリ y ノ等値曲線ノ群ヲ畫ク。茲ニ於テ(Ⅱ)ノ右側ニ w_0 ヲ取リ之ニ指針 P_1 ヲ合ハセ，次ニ(Ⅱ)ヲ回轉シテ z_0 ヲ原線 BC ニ合ハセ又 P_1 ト共ニ同ジ關係位置ニアル指針 P_2 ヲ左右ニ動カシテ等値曲線 y_0 ニ合致サセレバ求メル x ノ値 x_0 ハ DP_2 トシテ出テ來ル。



第 161 圖

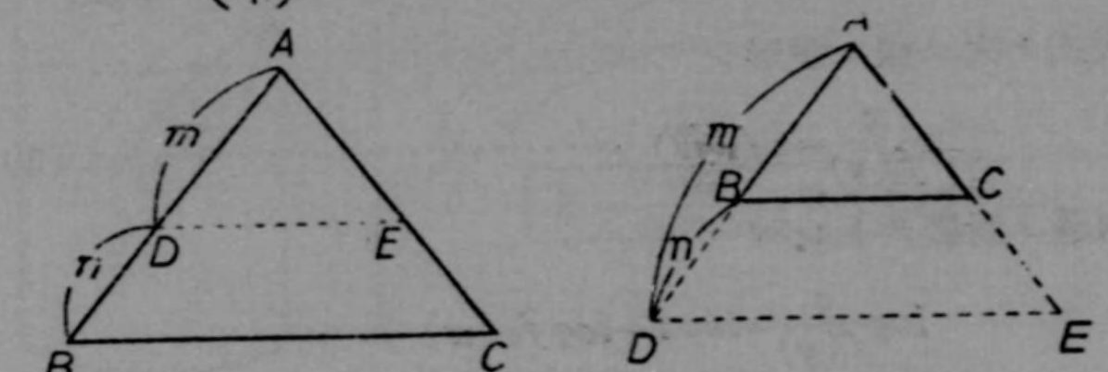
37. 共線圖表

豫備定理 1. △ABC ノ邊 AB 又ハ其ノ延長上ニ點Dヲトリ

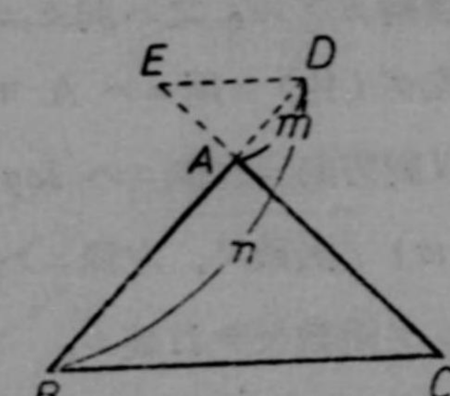
$$\mathrm{AD}:\mathrm{DB}=m:n$$

トシDヲ通リ BC ニ平行ナ直線ト AC トノ交點ヲ E トスレバ

（イ）　（ロ）



第 162 圖　（ハ）



（i） Dガ A, B ノ中間ニアレバ

$$\mathrm{DE}=\frac{m}{m+n}\mathrm{BC}$$ （イ圖）

（ii） Dガ A, B ノ延長上

(a) B ノ外方ニアレバ

$$\mathrm{DE}=\frac{m}{m-n}\mathrm{BC}$$ （ロ圖）

(b) A ノ外方ニアレバ $\mathrm{DE}=\dfrac{m}{n-m}\mathrm{BC}$ （ハ圖）

例 （イ）圖ノ場合

$m:n=3:2$, $\mathrm{BC}=6cm$ ナラバ $\mathrm{DE}=\dfrac{3}{3+2}\times6=3.6cm$

（ロ）圖ノ場合

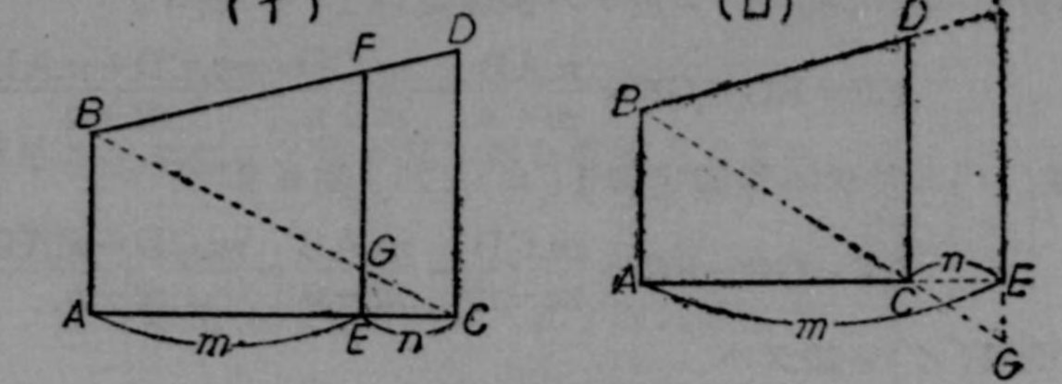
$m:n=5:2$, $\mathrm{BC}=3cm$ ナラバ $\mathrm{DE}=\dfrac{5}{5-2}\times3=5cm$

（ハ）圖ノ場合

$m:n=1:5$, $\mathrm{BC}=3cm$ ナラバ $\mathrm{DE}=\dfrac{1}{5-1}\times3=0.75cm$

豫備定理 2. 二直線 AB, CD ガ平行デ且 $\mathrm{AE}:\mathrm{EC}=m:n$, E ヲ通リ AB ニ平行ナル直線ト BD トノ交點ヲ F トスレバ（第163圖）

（イ）　（ロ）



第 163 圖

（i） AB, CD ガ同方向デ

（a） E ガ AC 上ニアレバ（イ圖）

$$\mathrm{EF}=\frac{m.\mathrm{CD}+n.\mathrm{AB}}{m+n}$$

（b） E ガ AC ノ延長上C ノ外方ニアレバ（ロ圖）

$$\mathrm{EF}=\frac{m.\mathrm{CD}-n.\mathrm{AB}}{m-n}$$

（ii） AB, CD ガ異方向デ

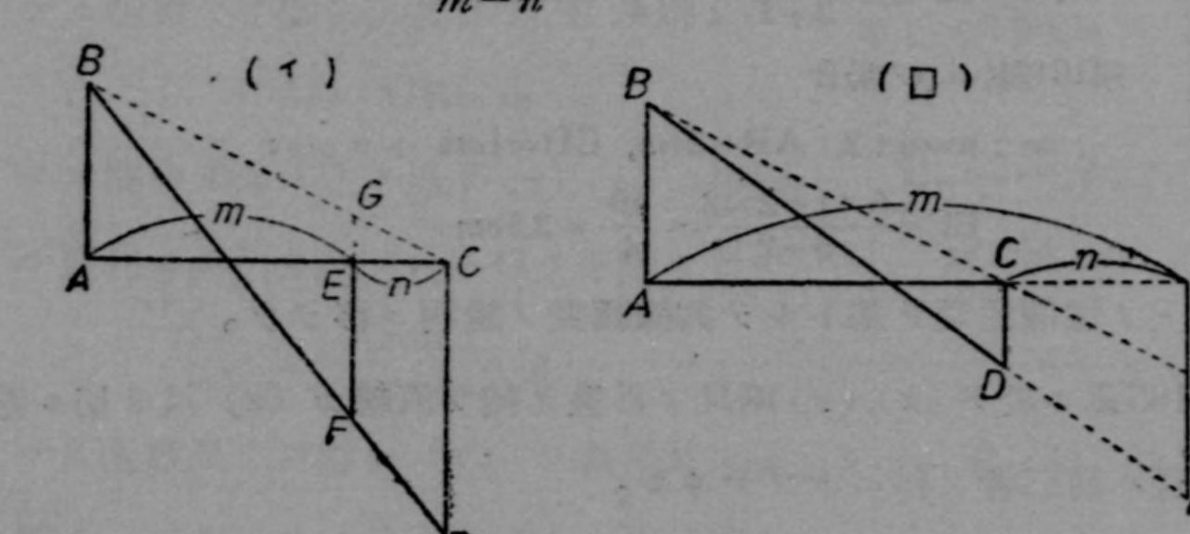
（a） E ガ AC 上ニアレバ（イ圖）

$$\mathrm{EF}=\frac{m.\mathrm{CD}-n.\mathrm{AB}}{m+n}$$

（b） E ガ AC ノ延長上C ノ外方ニアレバ（ロ圖）

$$\mathrm{EF}=\frac{m.\mathrm{CD}+n.\mathrm{AB}}{m-n}$$

（イ）　（ロ）



第 164 圖

說明

［理由］ 第163圖(イ)ニ於テハ豫備定理１(イ)圖ヨリ

$$EF=EG+GF=\frac{n.AB}{m+n}+\frac{m.CD}{m+n}=\frac{m.CD+n.AB}{m+n}$$

同圖(ロ)ニ於テハ豫備定理１(ロ),(ハ)圖ヨリ

$$EF=GF-EG=\frac{m.CD}{m-n}-\frac{m.AB}{m-n}=\frac{m.CD-n.AB}{m-n}$$

第164圖(イ)ニ於テハ

$$EF=GF-EG=\frac{m.CD}{m+n}-\frac{n.AB}{m+n}=\frac{m.CD-n.AB}{m+n}$$

同圖(ロ)ニ於テハ

$$EF=GF+EG=\frac{m.CD}{m-n}+\frac{n.AB}{m-n}=\frac{m.CD+n.AB}{m-n}$$

例 第163圖(イ)ノ場合

$m:n=3;2$, $AB=2cm$, $CD=3cm$ トスレバ

$$EF=\frac{3\times3+2\times2}{3+2}=\frac{13}{5}=2.6cm$$

第163圖(ロ)ノ場合

$m:n=4:1$, $AB=2cm$, $CD=3cm$ トスレバ

$$EF=\frac{4\times3-1\times2}{4-1}=\frac{10}{3}=3.3cm$$

第164圖(イ)ノ場合

$m:n=3:1$, $AB=2cm$, $DC=3cm$ トスレバ

$$EF=\frac{3\times3-1\times2}{3+1}=\frac{7}{4}=1.75cm$$

第164圖(ロ)ノ場合

$m:n=6:2$, $AB=2cm$, $CD=1cm$ トスレバ

$$EF=\frac{6\times1+2\times2}{6-2}=\frac{10}{4}=2.5cm$$

以上ノ豫備定理ヲ基トシテ共線圖表ノ説明ニ移ラウ。

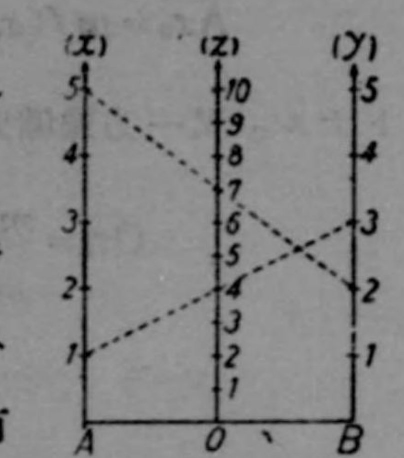
第165圖ニ於テ(x),(y)兩尺ノ目盛ヲ結ブ直線ガ(z)尺ヲ切ル點ノ目盛ハ前二者ノ和ニナツテキル。

卽チ
$$\underset{\substack{(x)\\尺}}{5}+\underset{\substack{(y)\\尺}}{2}=\underset{\substack{(z)\\尺}}{7}$$

卽チコノ線圖ニ於テハ

$$x+y=z$$

ヲ滿足スルx,y,zノ値ガ常ニ同一直線上ニアルコトヲ知ル。



第 165 圖

コノ圖表ハ先ノ共點圖表トハ其ノ原理構造ヲ全ク異ニシテキルモノデ，之ヲ共線圖表（與ヘラレタ關係ヲ滿足スル變數ノ値ガ一直線ヲ共有スルトイフ意味デカク名附ケラレテキル）トイヒ應用ノ廣イモノデアル。

共線圖表ノ作リ方

三ツノ變數x,y,zノ間ニ次ノ様ナ關係ガアルトキコレノ共線圖表ノ作リ方ヲ説明ショウ。

$$h(z)=f(x)+g(y)\cdots\cdots(1)$$

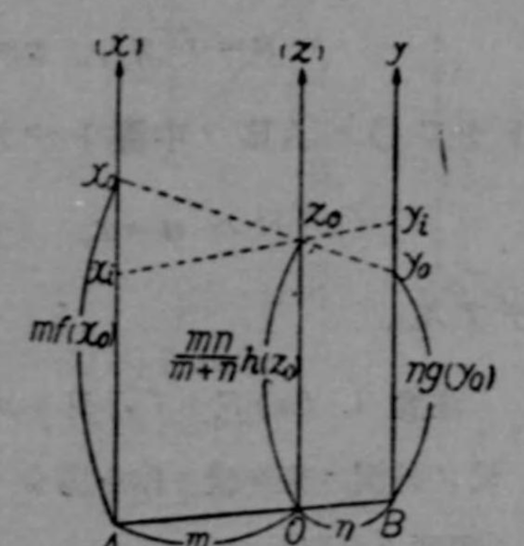
平行二直線(x),(y)ヲ引キ各々ノ上ニ夫々A,Bヲ原點トシテ

$$u=mf(x),\ v=ng(y)\cdots(2)$$

ナル函數尺ヲ作リ，次ニA,Bヲ結ンデ

$$AO:OB=m:n$$

ナル點Oヲ求メ之ヲ通リ(x),(y)ニ平行ナ直線zヲ引キ此ノ上ニOヲ原點トシテ



第 166 圖

$$w=\frac{mn}{m+n}h(z)\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

ナル函數尺ヲ目盛レバ(1)ヲ滿足スルx,y,zノ一組ノ値ハ常ニ一直線上ニアリ，コノ線圖ガ求ムルモノデアル。

理由 今任意ノ一直線ガ(x),(y),(z)軸ヲ切ル點ノ目盛ヲ夫々x_0,

y_0, z_0 トスレバ(2),(3)及ビ函數尺ノ定義カラ

$$\overline{Ax_0}=mf(x_0),\ \overline{By_0}=ng(y_0),\ \overline{Oz_0}=\frac{mn}{m+n}h(z_0)\cdots\cdots(4)$$

トナル。又一方豫備定理 2 (i) (a) ヨリ

$$\overline{Oz_0}=\frac{m.\overline{By_0}+n.\overline{Ax_0}}{m+n}=\frac{mng(y_0)+mnf(x_0)}{m+n}$$

$$=\frac{mn[g(y_0)+f(x_0)]}{m+n}\cdots\cdots\cdots(5)$$

從ツテ (4) ノ最後ノ式及ビ (5) ヨリ

$$\frac{mn}{m+n}h(z_0)=\frac{mn[g(y_0)+f(x_0)]}{m+n}$$

$$\therefore\ \ h(z_0)=f(x_0)+g(y_0)$$

卽チ同一直線上ニアル目盛ノ數値ハ與ヘラレタ關係 (1) ヲ滿足スル。特ニ $m=n$ トスレバ (2),(3),(4) ハ

$$u=f(x),\quad v=g(y),\quad w=\frac{1}{2}h(z)$$

トナリ O ハ AB ノ中點トナル。第165圖ハ卽チコノ場合デ

$$(x)\text{尺ハ}\ u=x,\quad (y)\text{尺ハ}\ v=y,\quad (z)\text{尺ハ}\ w=\frac{1}{2}z$$

デアル。

注意 1. (x) 尺ト (y) 尺トヲ反對方向ニ目盛ル時, 或ハ (z) 尺ガ (x),(y) 尺ノ外側ニ來ル樣ニ作ル場合ハ豫備定理(2)(i),(b)以下ノ理ニ依レバヨイ。(問題 1 參照)

注意 2. (1)式ニ於テ $Z=z_0$ トスルトキ $h(z_0)=f(x)+g(y)$ ヲ滿足スル x, y, ノ値ノ組ヲ $x=x_i$, $y=y_i$ トスレバ (x),(y) 尺上コノ兩目盛ノ點ヲ結ブ直線ハ (Z) 尺上ニ於テハ常ニ Z_0 ニ於テ交ハル。

注意 3. 此所デハ變數ガ三個デ然モ (1) ノ形式ノ方程式ニ限ッテ共線圖表ノ作リ方ヲ述ベタノデ形式ガ異ナレバ此ノ方法デハ役立タナイ。之ハ專門書ニ讓ル。

問題 1. $3^z=2^x+y$ ノ共線圖表

(i) $m=n$ トスレバ三ツノ函數尺ハ

$$u=2x,\quad v=y,\quad w=\frac{3}{2}z$$

トナリ第167圖 (i) ガ求ムルモノデアル。

(ii) (x) 尺ヲ (y) 尺ノ外側ニ作ラウト思ヘバ

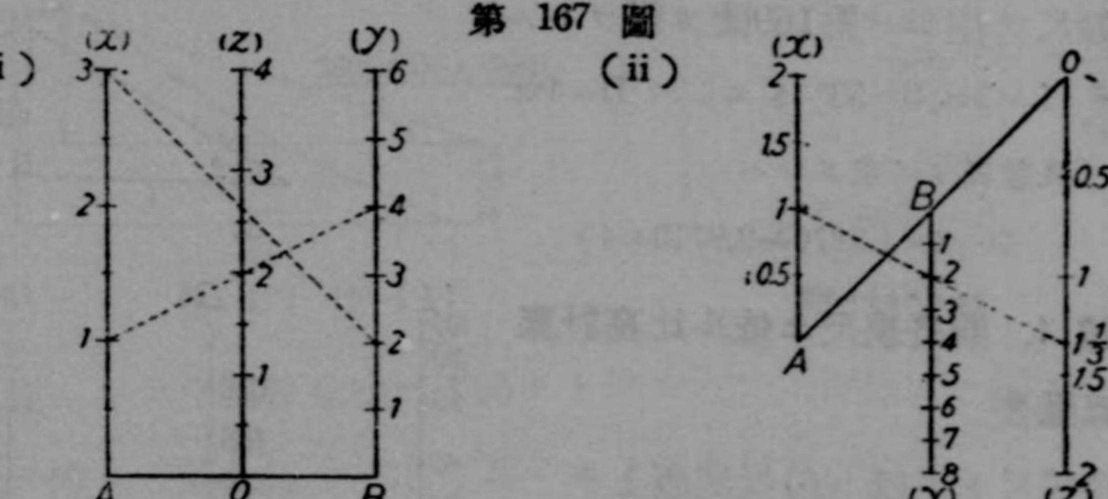
$$m=2,\quad n=1\quad \text{トスレバ}\quad u=4x,\quad v=y$$

トナリ豫備定理 (2) (i) (b) ヨリ

$$w=\frac{mn}{m-n}h(z)=\frac{2\times1}{2-1}\times3z=6z$$

トナリ第167圖(ii)ガ求ムルモノデアル。

第 167 圖



(i)
(x) : $u=2x$
(y) : $v=y$
(z) : $w=\frac{3}{2}z$

例 $x=1, y=4$ ナラバ $z=2$

(ii)
(x) : $u=4x$
(y) : $v=y$
(z) : $w=\frac{mn}{m-n}h(z)$
$=6z$

例 $x=1, y=2$ ナラバ $z=1\frac{1}{3}$

問題 2. $z=xy$ ノ共線圖表

兩邊ノ對數ヲトレバ

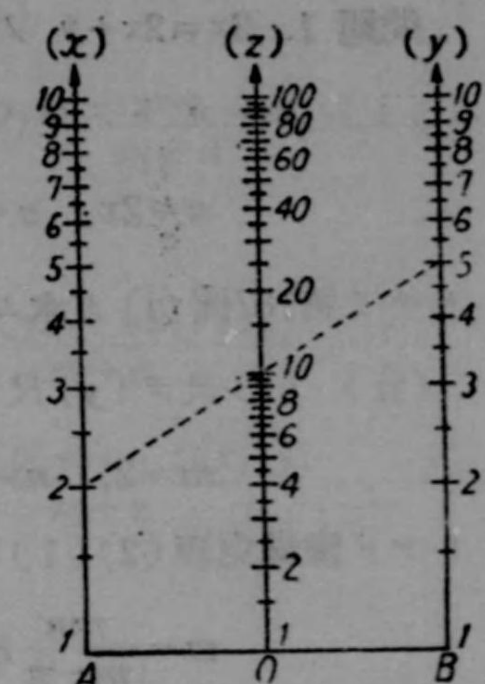
$$\log z=\log x+\log y.$$

今 $m=n$ トスレバ

$$u=\log x,\ v=\log y,\ w=\frac{1}{2}\log z$$

トナルカラ(x),(y)尺ハ計算尺ノ(c)尺，(z)尺ハ(A)尺ヲ利用スレバ簡單ニ作ルコトガ出來ル。(第168圖)

例　$x=2, y=5$ トスレバ Z=10



第 168 圖

問題 3.　$D=L^{\tan\theta}$ ノ共線圖表

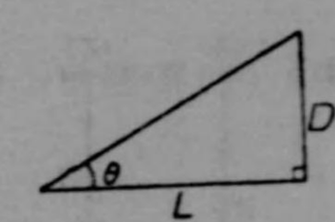
兩邊ノ對數ヲトレバ

$$\log D=\log L+\log\tan\theta$$

今 $m=n$ トシテ

$$u=\log L,\ v=\log\tan\theta,\ w=\frac{1}{2}\log D$$

ノ函數尺ヲ作レバ第169圖ガ得ラレル。

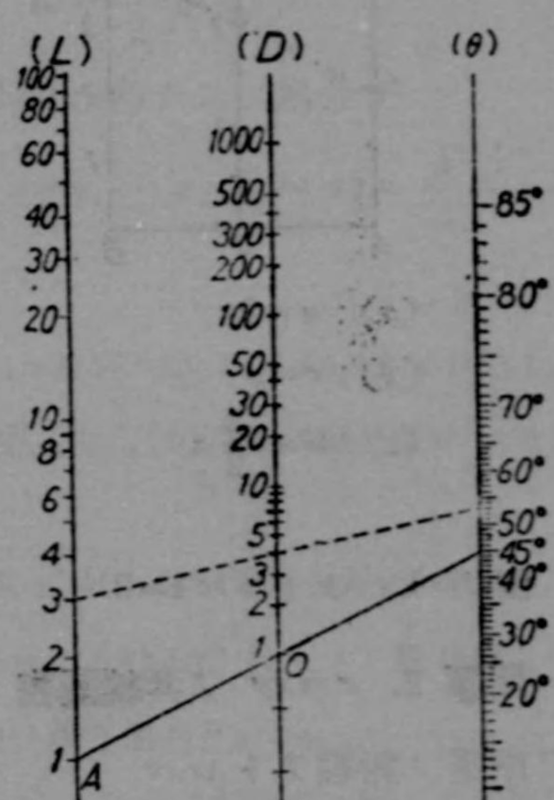


例　$L=3m, \theta=53°$ トスレバ $D=4m$

(眞數表ヨリ求メレバ

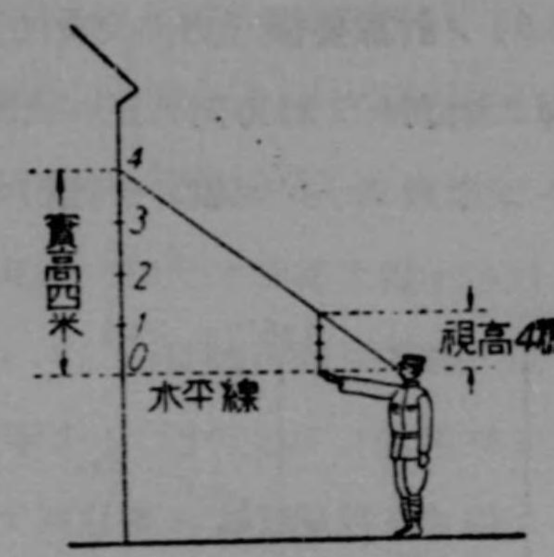
$D=3\times1.3270\doteqdot3.9710\doteqdot4$)

問題 4.　腕長規尺(ワンチヤウキシヤク)ニ依ル比高計算ノ計算圖表

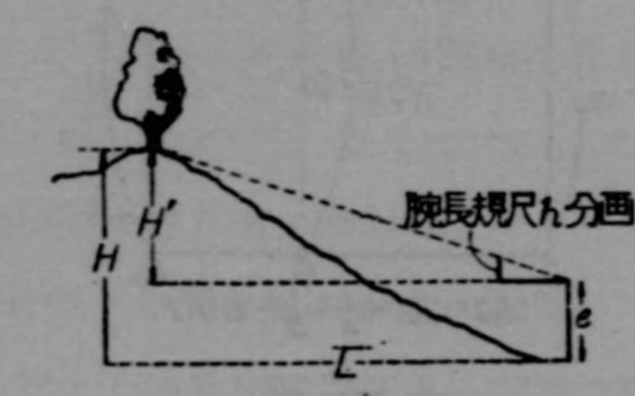


第 169 圖

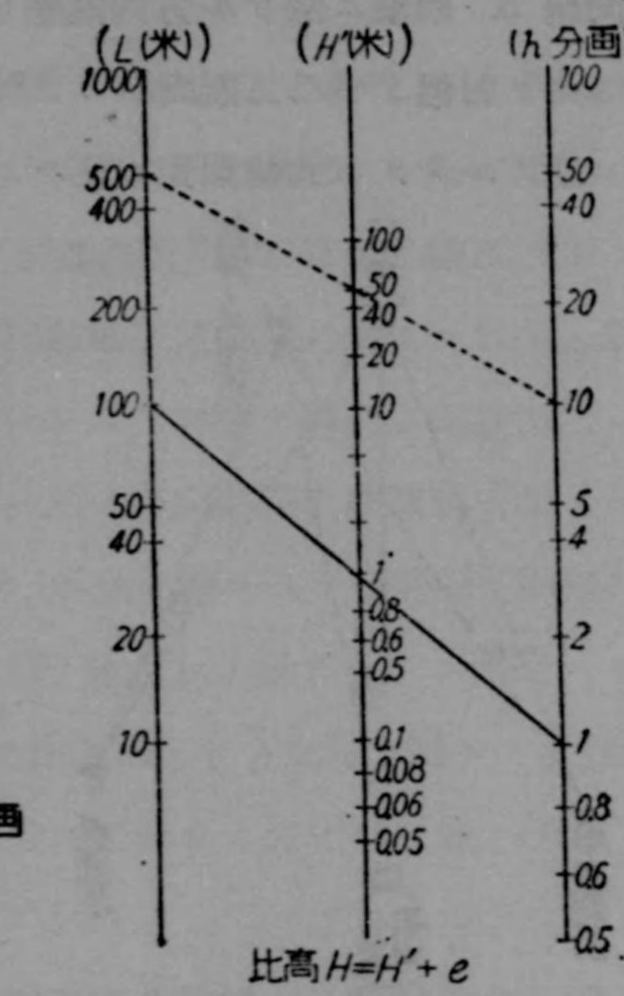
腕長規尺トハ既ニ61頁問題1デ知ル如ク腕長ノ百分數ヲ刻メル物差ヲイヒ之ヲ作ルタメニハ先ヅ腕長ヲ測ラナケレバナラナイ。之ガタメニハ第170圖ノ如ク壁面ニ眼目高ヲ標示シ其ノ上方一米間隔ニ四線ヲ畫キ糎尺ノ四糎ノ所ニ拇指ノ頭ヲ置キ四種ノ視高ガ四米ノ實高ト一致スル迄漸次壁ヨリ離隔スルトキハ腕長ハ壁ニ到ル距離ノ百分ノ一ニ等シイ。



第 170 圖



第 171 圖



第 172 圖

斯樣ニシテ今腕長60cmヲ得タトスレバソノ百分ノ一卽チ6mmヲ以テ棒ニ分畫ヲ施セバ之ガ其ノ人ノ腕長規尺トナル。

之ヲ用ヒテ比高Hヲ求ムルニハ第171圖ヨリ分ル如ク

$$H=H'+e=\frac{Lh}{100}+e$$

但シLハ水平距離(米)，hハ腕長規尺ノ分畫數，eハ眼目高(米)トスル。

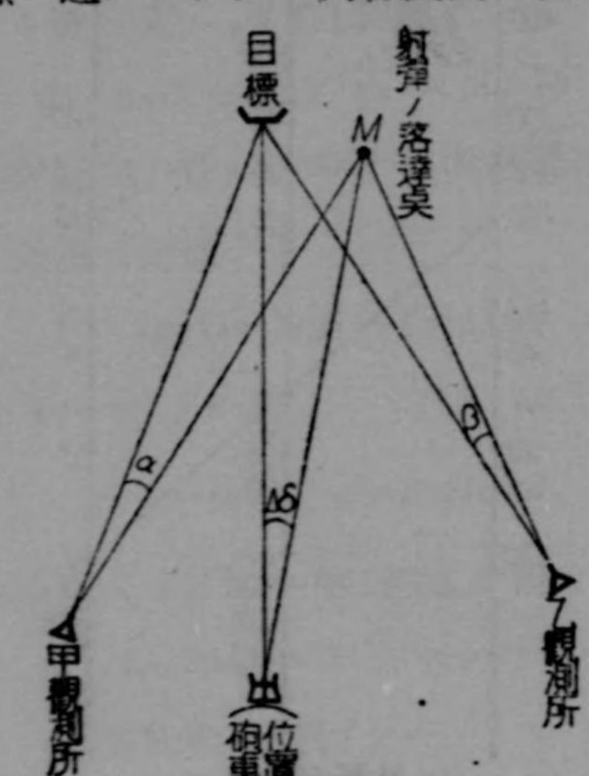
$H'=\frac{Lh}{100}$ ヨリ $\log H'=\log\frac{L}{100}+\log h$ トシ第172圖ノ如キ線圖ヲ作レバ之ヨリ得ラレルH'ニ對シ眼目高eヲ加ヘレバHガ求メラレル。

例　$L=500m,\ h=10$ トスレバ

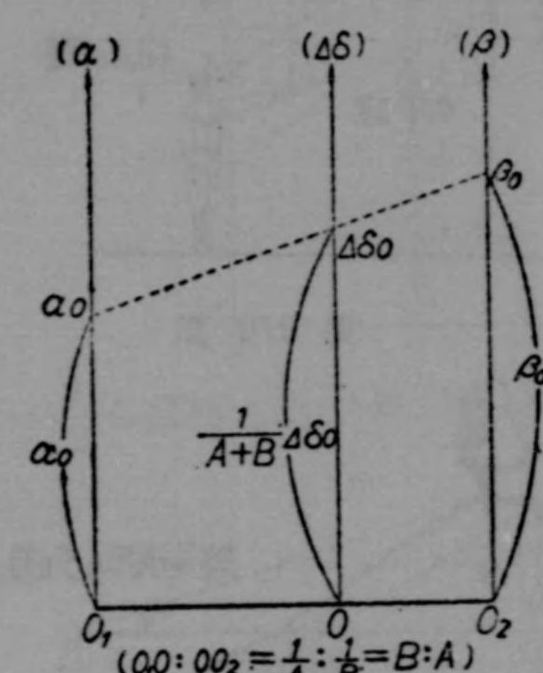
$H'=50m$，故ニ　$e=1.5m$ ナラバ　$H=51.5m$

問題 5. 射擊ニ於ケル方向偏差（$\triangle\delta$）ノ計算要領（方向交會法）

砲兵ノ射擊デ甲乙二觀測所カラ射彈ヲ觀測シテ射方向ヲ正シク目標ニ通ズルタメニ共線圖表ガ使ハレルガ今其ノ一ツニ就イテ述ベル。



第 173 圖



第 174 圖

第173圖ニ於テ $\triangle\delta \fallingdotseq A\alpha+B\beta$ ナル近似式ガ成立ツ。(本節末參照)

但シ A, B ハ兩觀測所及ビ砲車ノ關係位置ニ依リ決定スル常數デ α, β ハ密位ヲ單位トシテ測ルモノトスル。

今 $m=\dfrac{1}{A}$, $n=\dfrac{1}{B}$ 卽チ $m:n=B:A$ トスレバ

$$u=\frac{1}{A}\times A\alpha=\alpha,\quad v=\frac{1}{B}\times B\beta=\beta$$

$$w=\frac{\dfrac{1}{A}\times\dfrac{1}{B}}{\dfrac{1}{A}+\dfrac{1}{B}}\triangle\delta=\frac{1}{A+B}\triangle\delta$$

トナリ，之ヲ用ヒテ線圖ヲ作レバ第174圖ノ線圖ガ得ラレル。玆ニ(α), (β) 尺ハ同一ノ等距離目盛尺デアル。

然シナガラ ($\triangle\delta$) 尺ヲ作ルコトハ時間ヲ要スルカラ實際ニハ次ノ

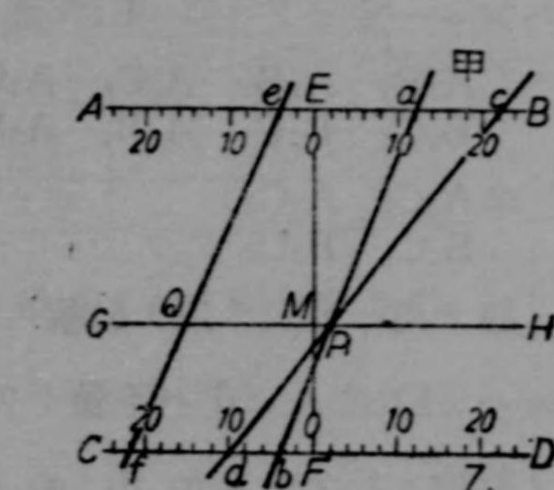
如ク行フノガ便デアル。

任意ノ間隔ヲ以テ二平行線AB, CDヲ引キ，之ニ直交スル（理論上ハ直交スル必要ナシ）直線EFヲ引キ E及ビ F ヲ原點トシ其ノ兩側ニ適宜同一梯尺ノ目盛ヲ畫キ AB ヲ甲觀測所用，CD ヲ乙觀測所用ト定メル。今目標ニ對シ大砲ヲ以テ射距離ノ差 $100m$ 若クハ $200m$, 射方向同一（卽チ $\triangle\delta$ ノ値相等シイ）ナル二射彈ヲ發射シ兩觀測所ニ於テ兩射彈ノ方向偏差ヲ觀測スル。此ノ方向偏差ヲ兩觀測所用ノ目盛ノ上ニ記シ射彈每ニ連結シテ ab, cd 線ヲ畫キ其ノ交點P［點Pハ ($\triangle\delta$) 尺上ニアル筈，138頁注意(2)參照］ヲ過ギ EF ニ直交スル GH 線［($\triangle\sigma$) 尺，臺尺トナル］ヲ作リ EF トノ交點ヲMトス。(兩觀測所ガ射方向ノ兩側ニアルカ一方ニアルカニ從ヒ GH 線ハ AB, CD 線ノ中間ニアルカ或ハ外側ニアル。)

次イデ通常10密位若クハ20密位射方向ヲ變換シテ發射シタ一彈ノ方向偏差ヲ觀測シ前ト同樣ニシテ圖上ニ ef 線ヲ畫キ GH トノ交點Qヲ求メ P, Q ノ間ヲ射方向ヲ變換シタ密位數ニ應ジテ等分シコノ梯尺ヲ以テM點ヲ原點トシテ GH 線上ニ目盛ヲ畫ク。

（卽チ函數尺 $w=\dfrac{1}{A+B}\triangle\delta$ ガ出來ル）

觀測所 ＼ 射彈	第一發	第二發（第一發ニ百米若クハ二百米ヲ修正シタ射彈）	第三發（第二發ニ十密位若クハ二十密位ヲ修正シタ射彈）
甲	+12	+22	−4
乙	−4	−10	−22



第 175 圖

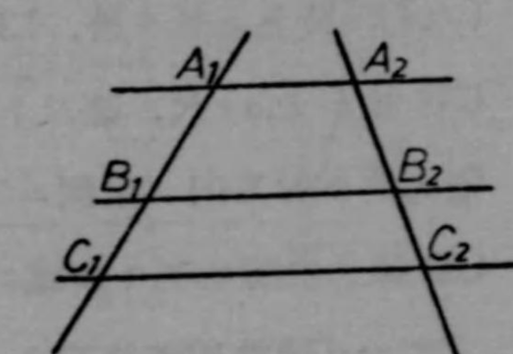
QM 密位ヲ方向ニ修正シテ發射シ ef 線ト同要領ニ依リ求メタ直線ガM點ノ近傍ヲ過ギル時ハ射方向ハ概ネ目標ニ通ジタコトニナル。

注意　昭和十六年改正ノ砲兵射擊教範總則及第一部第四篇第一章方向交會法觀測射擊要領ハ一見共線圖表ノ利用ト考ヘラレルガ之ハ全ク座標平面上ニ於テノ直線ノ方程式ノ應用ニ過ギヌ。茲デ簡單ニ說明シテ置ク。其ノ理ト云フベキモノハ次ノ三ツデアル。

（イ）　三ツノ方向偏差 $\alpha, \beta, \triangle\delta$ ノ間ニハ前ニ述ベタ如ク α, β ニ關スル次ノ一次方程式ガ成立ツコト。但シA, Bハ常數デアル。

$$A\alpha + B\beta = \triangle\delta \cdots\cdots\cdots(1)$$

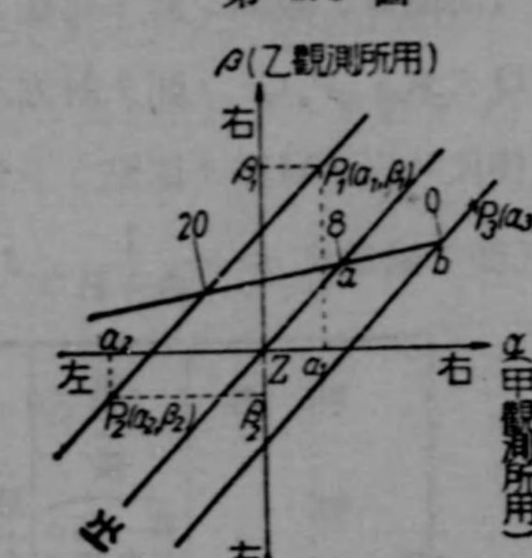
（ロ）　α, β ヲ夫々兩座標軸上ニトリ(1)ノぐらふヲ畫ケバ直線トナリ從ツテ $\triangle\delta$ ノミノ變化（A, Bハ不變）ニ對シテハ直線ガ平行ニ移動スルノミデアルコト。（卽チ方向ハ變化シナイ）



第 176 圖

（ハ）　平行三直線ガ與ヘラレタルトキ之ニ交ル任意ノ直線ヲ引ケバ平行線ノ間ニ夾マレル對應スル分ノ比ハ常ニ一定デアル。　第176圖ニ於テ

$$\frac{A_1B_1}{B_1C_1} = \frac{A_2B_2}{B_2C_2}, \quad \frac{A_1C_1}{A_1B_1} = \frac{A_2C_2}{A_2B_2}, \quad \frac{A_1C_1}{B_1C_1} = \frac{A_2C_2}{B_2C_2}$$



第 177 圖

扨テ同一方向ヲ以テ射擊スル場合ニハ(1)式ノ $\triangle\delta$ ハ不變デアルカラ今二發ノ同一方向（$\triangle\delta_0$ トス）ノ射擊ニ於テ夫々 α_1, β_1 ; α_2, β_2 ヲ得レバ點 $P_1(\alpha_1, \beta_1)$, $P_2(\alpha_2, \beta_2)$ ヲ結ブ直線ノ方程式ハ

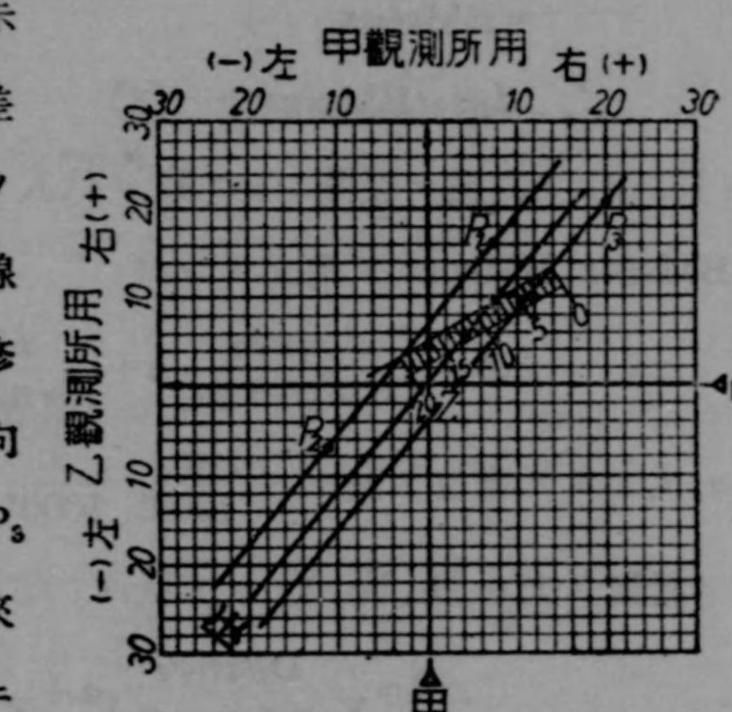
$$A\alpha + B\beta = \triangle\delta_0 \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$ デアル。

次ニ $\triangle\delta_0$ ヲ $\triangle\delta$ ニ修正シテ射擊シタトキ（通常ハ $\triangle\delta_1$ ト $\triangle\delta_0$ ノ差ハ10密位若クハ20密位）α_3, β_3 ヲ得タトスレバ點 $P_3(\alpha_3, \beta_3)$ ヲ求メテ之ヲ通リ P_1P_2 ニ平行線ヲ引ケバコノ方程式ハ

$$A\alpha + B\beta = \triangle\delta_1 \cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$ デアル。　[原理（ロ）]

次ニ原點Oヨリ P_1P_2 ニ平行線ヲ引ク。

今糎尺（教範ニハ糎尺ト示シテアルガ等距離目盛ノ物差ナラバ何デモヨイ）ノ目盛ノ一端ヲ P_3（或ハ P_1P_2）方向線ニ合ハセ次ニ其ノ尺上方向修正量ニ等シイ目盛ヲ P_1P_2 方向線（或ハ P_3）ニ一致サセル時 P_3 方向線トZ方向線トノ間ニ夾マレル糎尺ノ長サ ab（右圖ニ於テハ8密位）ヲ讀ミ此ノ値ヲソノママ目標ニ對スル P_3 ノ方向修正量ノ密位數（左ヘ8密位）トスル。〔原理（ハ）〕



第 178 圖

發射番號	号令		觀測	
	方向	距離	甲	乙
1		5300	+7	+16
2		5100	-11	-7
3	20右	5100	+20	+21
4	7左			

實施ハ右圖ノ要領ニヨル。

[參考]　$A\alpha + B\beta = \triangle\delta$ ノ導入ヲ參考ノタメ記シテオク。初メ $\alpha, \beta, \triangle\delta$ ヲ弧度デ表セバ　$\triangle\delta$ 小ナルニヨリ

$$\left.\begin{aligned} MM_0 &= X\sin\triangle\delta \fallingdotseq X\triangle\delta \\ &= BM\sin(x+\varphi_2) \end{aligned}\right\}$$

$\therefore \quad X\triangle\delta \fallingdotseq BM sin(x+\varphi_2) \cdots (1)$

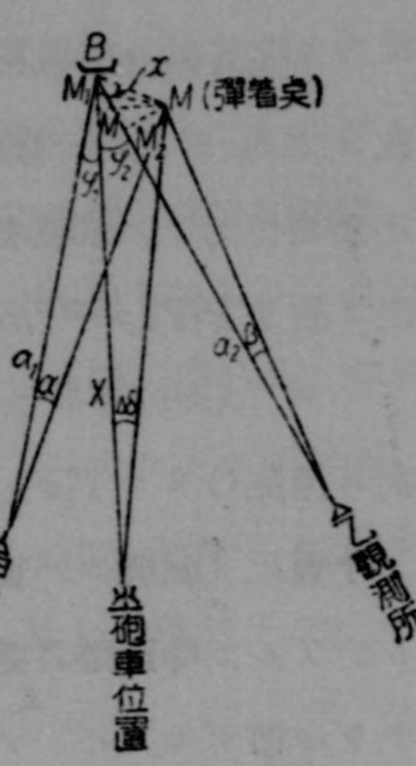
又 a, β ハ小ナルニヨリ同樣ニ

$$\left.\begin{aligned} MM_1 &= d_1 tan a \fallingdotseq d_1 a \\ &= BM sin(x+\varphi_1+\varphi_2) \end{aligned}\right\}$$

$\therefore \quad d_1 a = BM sin(x+\varphi_1+\varphi_2) \cdots (2)$

$$\left.\begin{aligned} MM_2 &= d_2 tan \beta \fallingdotseq d_2 \beta \\ &= BM sin x \end{aligned}\right\}$$

$\therefore \quad d_2\beta = BM sin x \cdots\cdots (3)$



第 179 圖

(1), (2) ノ右邊ヲ展開シテ (3) ヲ代入シ

$BM sin x$, $BM cos x$ ヲ消去スレバ

$$\triangle\delta = \frac{d_1 sin\varphi_2}{X sin(\varphi_1+\varphi_2)} a + \frac{d_2 sin\varphi_1}{X sin(\varphi_1+\varphi_2)} \beta$$

$a, \beta, \triangle\delta$ ヲ密位デ表セバ $\dfrac{a}{1000}$, $\dfrac{\beta}{1000}$, $\dfrac{\triangle\delta}{1000}$ トナルカラ今 d_1, d_2, X ノ粁數ヲ夫々 D_1, D_2, X_1 トスレバ

$$\triangle\delta = \frac{D_1 sin\varphi_2}{X_1 sin(\varphi_1+\varphi_2)} a + \frac{D_2 sin\varphi_1}{X_1 sin(\varphi_1+\varphi_2)} \beta \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

茲ニ於テ

$\dfrac{D_1 sin\varphi_2}{X_1 sin(\varphi_1+\varphi_2)} = A$, $\dfrac{D_2 sin\varphi_1}{X_1 sin(\varphi_1+\varphi_2)} = B$ トオケバ A, B ハ常數トナリ (4) ハ $Aa + B\beta = \triangle\delta$ トナル。

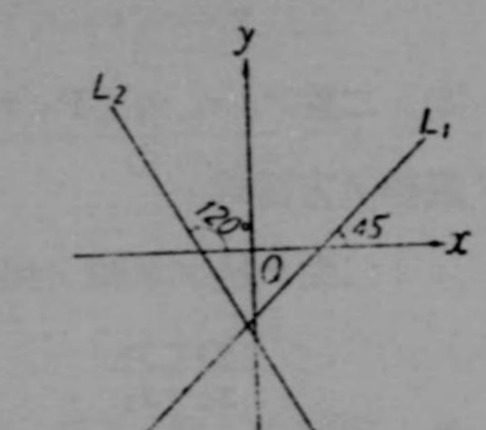
第九章 偏差交會法

38. 直線ノ方程式

既ニ第二章デ述ベタモノニ一部ヲ附加シテ豫備トスル。

(1) 直線ノ方向角ト傾斜

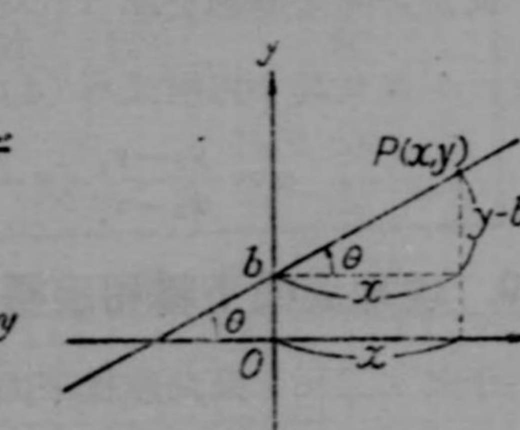
直線ガ横軸ノ正ノ方向トナス角ヲコノ直線ノ方向角，コノ角ノ正切ヲ傾斜トイフ。



第 180 圖

第180圖ニ於テ直線 L_1 ノ方向角ハ $45°$，傾斜ハ $tan 45° = 1$，L_2 ノ方向角ハ $120°$，傾斜ハ $tan 120° = -\sqrt{3}$ デアル。

(2) y 軸上ノ截片ガ b，方向角ガ θ デアル直線ノ方程式



第 181 圖

コノ直線上ノ任意ノ點 P ノ座標ヲ x, y トスレバ第181圖ヨリ明カニ

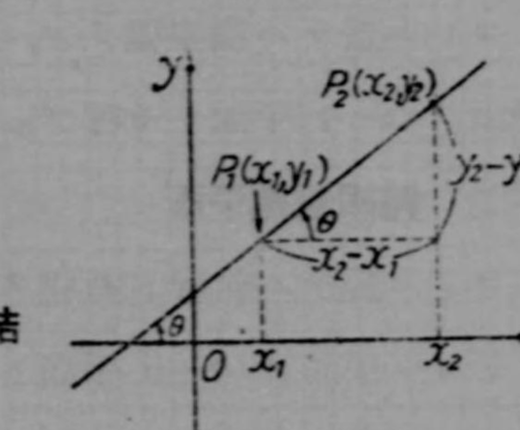
$$tan\theta = \frac{y-b}{x}$$

或ハ $\qquad y = x tan\theta + b \cdots\cdots (1)$

傾斜ヲ m トスレバ (1) ハ

$$y = mx + b \cdots\cdots\cdots (2)$$

(3) 二點 $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$ ヲ結ブ直線ノ傾斜



第 182 圖

第182圖ヨリ明カニ

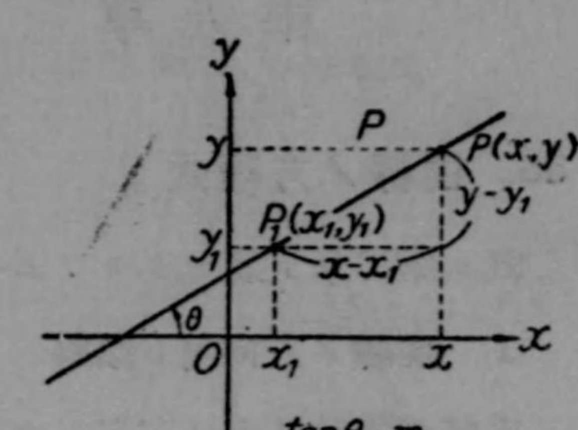
$$tan\theta = \frac{y_2-y_1}{x_2-x_1} \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

(4) 定點 $P_1(x_1, y_1)$ ヲ通リ傾斜ガ m デアル直線ノ方程式

直線上ノ任意ノ點ヲ P(x,y) トスレバ（第183圖）

$$m=\frac{y-y_1}{x-x_1}$$

$$\therefore\quad y=m(x-x_1)+y_1\cdots(4)$$



第 183 圖

(5) **二點P$_1(x_1,y_1)$, P$_2(x_2,y_2)$ヲ結ブ直線ノ方程式**

コノ二點ヲ結ブ直線ノ傾斜ハ（3）ヨリ

$$\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}$$

從ツテコノ直線ハ點 P$_1(x_1,y_1)$ ヲ通リ傾斜ガ $\dfrac{y_2-y_1}{x_2-x_1}$ デアル直線トナルカラ其ノ方程式ハ（4）ヨリ

$$y=\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}(x-x_1)+y_1 \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

39. 現地座標ト轉相座標

今次ノ二ツノ直角座標平面ヲ考ヘル。

(1) **現地座標平面**

コレニ於テハ横座標ヲ x, 縱座標ヲ y トスルコトトシ從ツテコノ平面ヲ x—y 平面トモ呼ブ。

(2) **轉相座標平面**

コレニ於テハ前者ト區別スルタメ横座標ヲ u, 縱座標ヲ v トシ從ツテコノ平面ヲ u—v 平面トモ呼ブ。

玆ニ於テ現地座標平面上ノ直線ニ對シ次ノ規約ニヨツテ轉相座標平面上ノ點ヲ對應サセル。

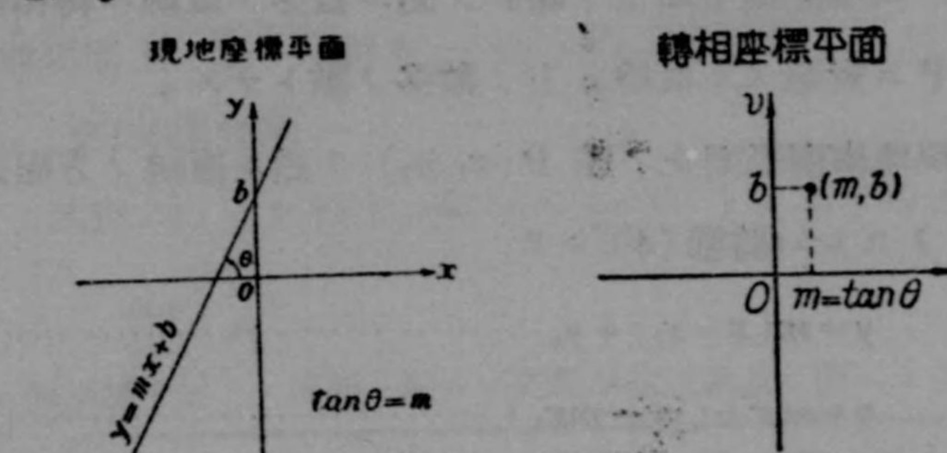
規約 現地座標平面上デy軸上ノ截片ガ b, 傾斜ガmデアル直線

$$y=mx+b$$

ニ對シ轉相座標平面上デハ横座標ガm, 縱座標ガ b デアル點

$$(m,b)$$

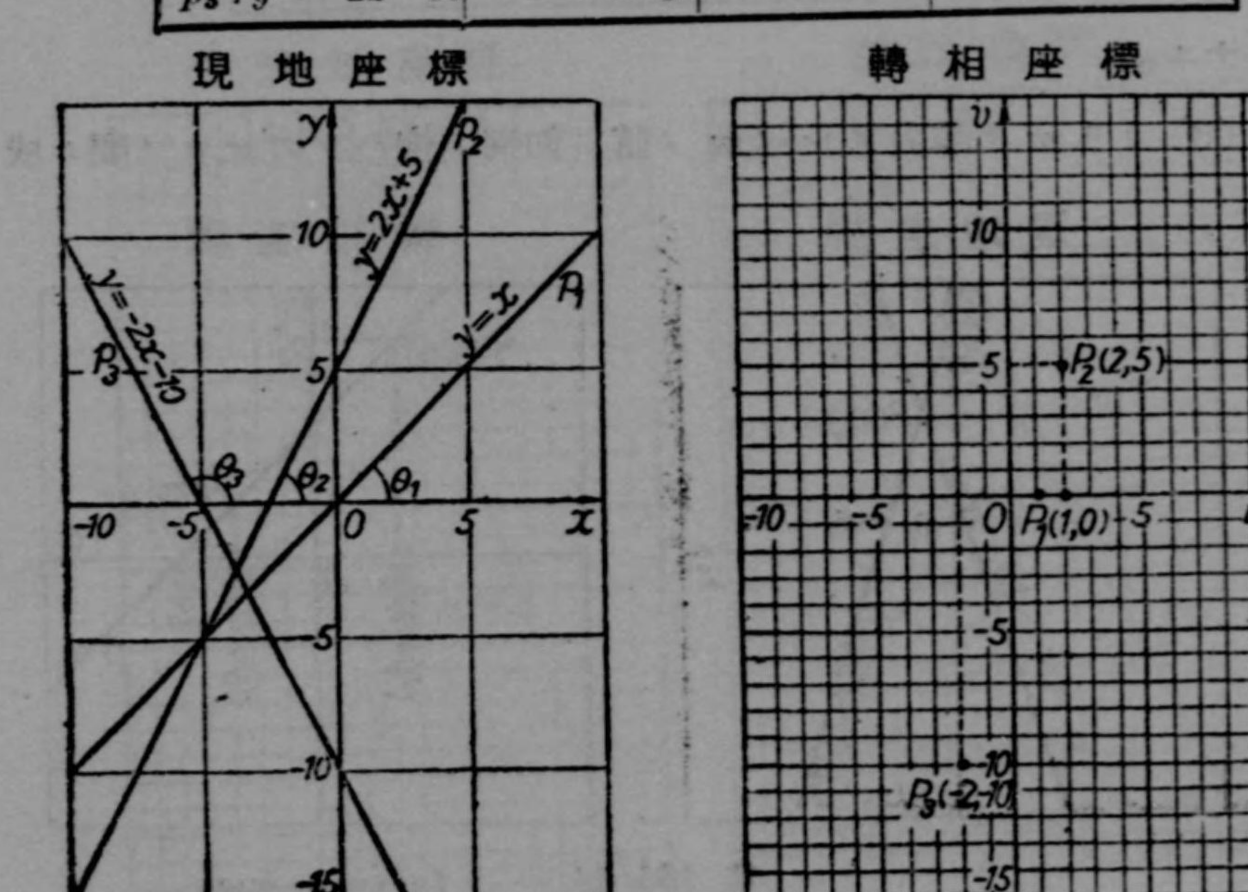
ヲ對應サセル。



第 184 圖

例 兩座標平面上ノ直線ト點トノ對應ヲ次ノ表及ビ圖ニヨリ研究セヨ。

現地座標			轉相座標
直線	傾斜	y軸上ノ截片	點
$p_1: y=x$	$1=\tan\theta_1$	0	P$_1(1,0)$
$p_2: y=2x+5$	$2=\tan\theta_2$	5	P$_2(2,5)$
$p_3: y=-2x-10$	$-2=\tan\theta_3$	-10	P$_3(-2,-10)$



第 185 圖

上ノ規約ニ基イテ直線ヲ點ニ換ヘルト次ノ二ツノ重要ナ關係ガ成立ツ。

定理 1. 現地座標平面上ノ點Pヲ通ル數多ノ直線ハ轉相座標平面上デハ點Pニ對應スル直線 p 上ノ數多ノ點トナル。

證明　現地座標平面上ノ點 $P(x_1, y_1)$ ヲ通ル直線ノ方程式ハ其ノ傾斜ヲ m トスレバ前節(4)ヨリ

$$y=m(x-x_1)+y_1 \quad\cdots\cdots(1)$$

或ハ

$$y=mx+(y_1-mx_1) \quad\cdots\cdots(2)$$

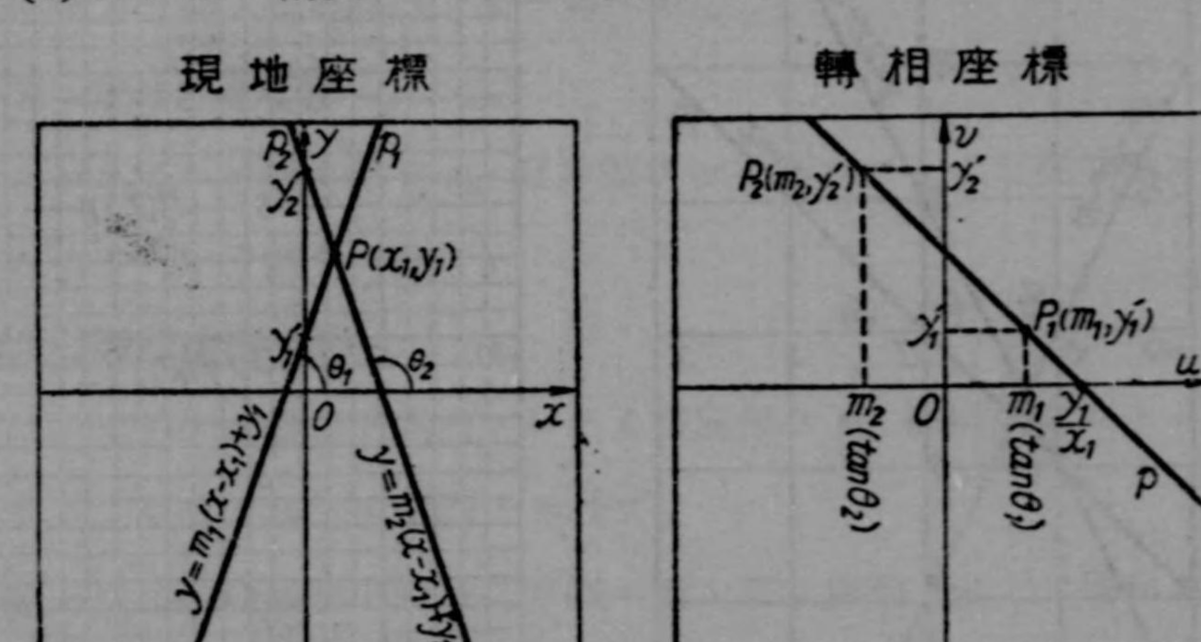
ココデ m ニ種々ノ値ヲ與ヘレバPヲ通ル數多ノ直線ノ方程式ガ得ラレル。

コノ各直線ニ對應スル轉相座標平面上ノ點ノ u, v 座標ハ規約ニ基イテ

$$u=m,\quad v=y_1-mx_1 \quad\cdots\cdots(3)$$

トナル。

(3)カラ m ヲ消去スレバ m ノ値ノ如何ニ拘ハラズ u, v ノ間ニ成



第 186 圖　$\begin{cases} y_1'=y_1-m_1x_1 \\ y_2'=y_1-m_2x_1 \end{cases}$

立スル關係，卽チ(2)ニ對應スル點ノ軌跡ノ方程式ガ得ラレル。

卽チ

$$v=-x_1u+y_1 \quad\cdots\cdots(4)$$

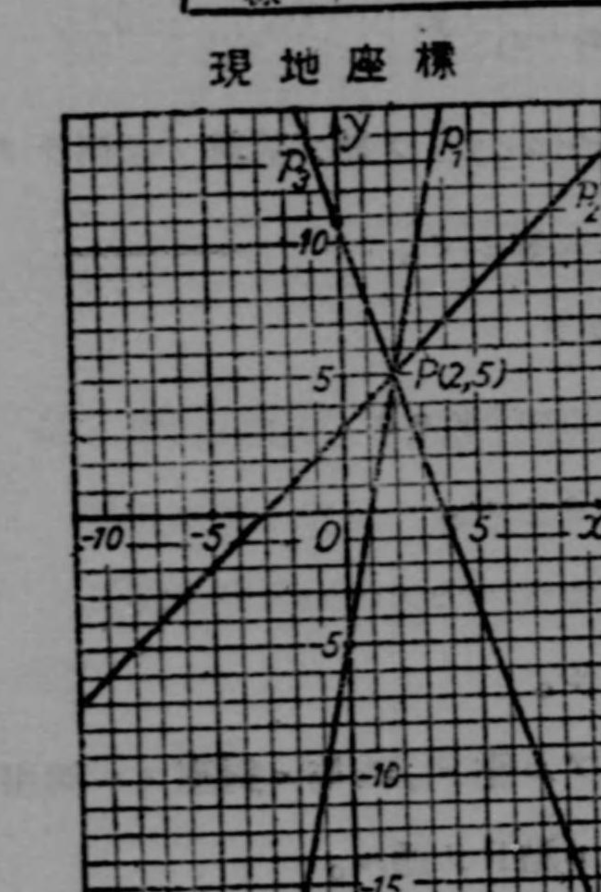
依ツテ現地座標平面上ノ點 $P(x_1, y_1)$ ヲ通ル數多ノ直線ニ對應スル轉相座標平面上ノ點ハ傾斜ガ $-x_1$, v 軸上ノ截片ガ y_1 デアル直線上ニアル。(第186圖參照)

注意　直線(4)ノ u 軸上ノ截片ハ $v=0$ トオケバ次ノ如クナル。

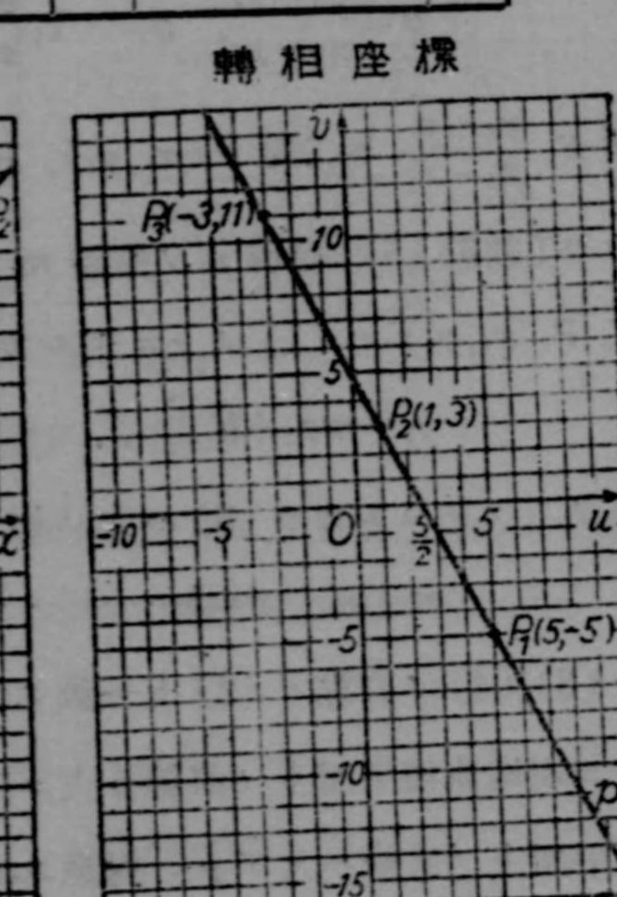
$$u=\frac{y_1}{x_1}$$

例　兩座標平面上ノ直線ト點トノ對應ヲ次ノ表及ビ圖ニヨリテ研究セヨ。

<table>
<tr><th colspan="2">現地座標</th><th colspan="3">轉相座標</th></tr>
<tr><td colspan="2">點 P(2,5)</td><td colspan="3">直線 p : $v=-2u+5$</td></tr>
<tr><td rowspan="3">點P(2,5)ヲ通ル直線</td><td>p_1 : $y=5x-5$</td><td rowspan="3">點</td><td>$P_1(5, -5)$</td><td rowspan="3">直線 p 上ニアリ</td></tr>
<tr><td>p_2 : $y=x+3$</td><td>$P_2(1, 3)$</td></tr>
<tr><td>p_3 : $y=-3x+11$</td><td>$P_3(-3, 11)$</td></tr>
</table>



第 187 圖



第 188 圖

定理 2. 現地座標平面上ノ直線 p ノ上ニアル數多ノ點ハ轉相座標平面上デハ直線 p ニ對應スル點Pヲ通ル數多ノ直線トナル。

證明 現地座標平面上ノ直線 p ノ方程式ヲ

$$y=mx+b \quad\cdots\cdots\cdots(1)$$

トスレバ之ニ對應スル轉相座標平面上ノ點ハ

$$\mathrm{P}(m,b) \quad\cdots\cdots\cdots(2)$$

トナル。

次ニ p 上ノ任意ノ二點ヲ $\mathrm{P}_1(x_1,y_1)$, $\mathrm{P}_2(x_2,y_2)$ トスレバ之ニ對應スル轉相座標平面上ノ直線ハ定理1ヨリ

$$\mathrm{P}_1(x_1,y_1) \longrightarrow v=-x_1u+y_1 \quad\cdots\cdots\cdots(3)$$

$$\mathrm{P}_2(x_2,y_2) \longrightarrow v=-x_2u+y_2 \quad\cdots\cdots\cdots(4)$$

(3),(4) ノ交點ノ座標ハ

$$u=\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1},\quad v=-x_1\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}+y_1 \quad\cdots\cdots\cdots(5)$$

所ガ $\dfrac{y_2-y_1}{x_2-x_1}$ ハ二點 $\mathrm{P}_1(x_1,y_1)$, $\mathrm{P}_2(x_2,y_2)$ ヲ結ブ直線ノ傾斜デアルカラ〔前節(5)〕直線 p ノ傾斜 m ニ等シイ。

又 $\mathrm{P}_1(x_1,y_1)$ ハ (1) ノ上ニアルカラ

$$y_1=mx_1+b \qquad \therefore\ -x_1m+y_1=b$$

コノ二ツノコトカラ (5) ハ次ノ如クナル。

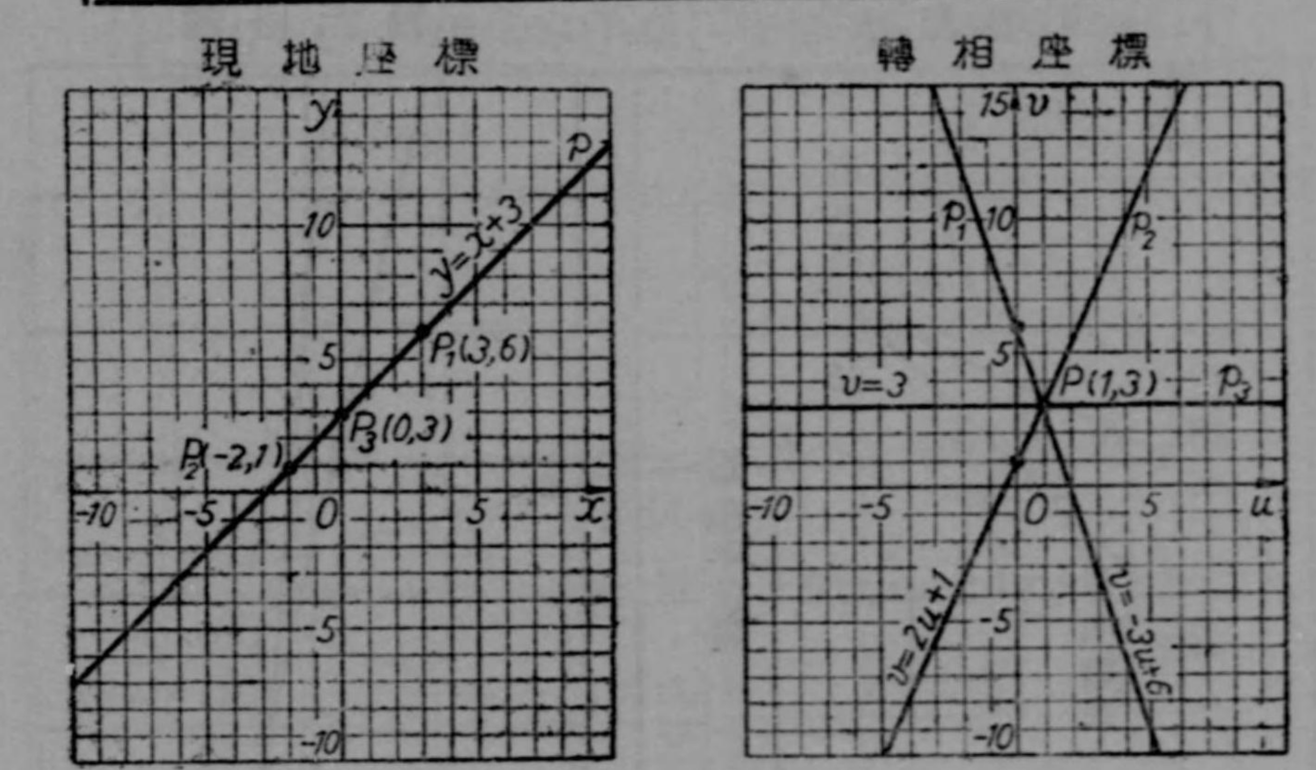
$$u=m,\quad v=b \quad\cdots\cdots\cdots(6)$$

卽チ (3),(4) ノ交點ハ (2) ト一致スル。

故ニ現地座標平面上ノ直線 p 上ニアル點 P_1, P_2 等ニ對應スル轉相座標平面上ノ直線ハ凡テ p ニ對應スル點Pヲ通ル。

例 兩座標平面上ノ直線ト點トノ對應ヲ次ノ表及ビ圖ニヨリテ研究セヨ。

現地座標			轉相座標			
直線 $p: y=x+3$	傾斜	1	點 P(1,3)			
	y 軸上ノ截片	3				
直線 p 上ノ點			P ヲ通ル直線	傾斜	v 軸上ノ截片	u 軸上ノ截片
$\mathrm{P}_1(3,6)$			$p_1: v=-3u+6$	-3	6	$\frac{6}{3}=2$
$\mathrm{P}_2(-2,1)$			$p_2: v=2x+1$	2	1	$-\frac{1}{2}$
$\mathrm{P}_3(0,3)$			$p_3: v=3$	0	3	∞



第 189 圖

40. 轉相座標ノ偏差交會法ヘノ應用

轉相座標ヲ應用シテ射彈ノ目標ニ對スル方向及ビ遠近ノ偏差ヲ圖上デ迅速且正確ニ求メル方法［砲兵射擊敎範第二章第二節］ニツキ說明スル。

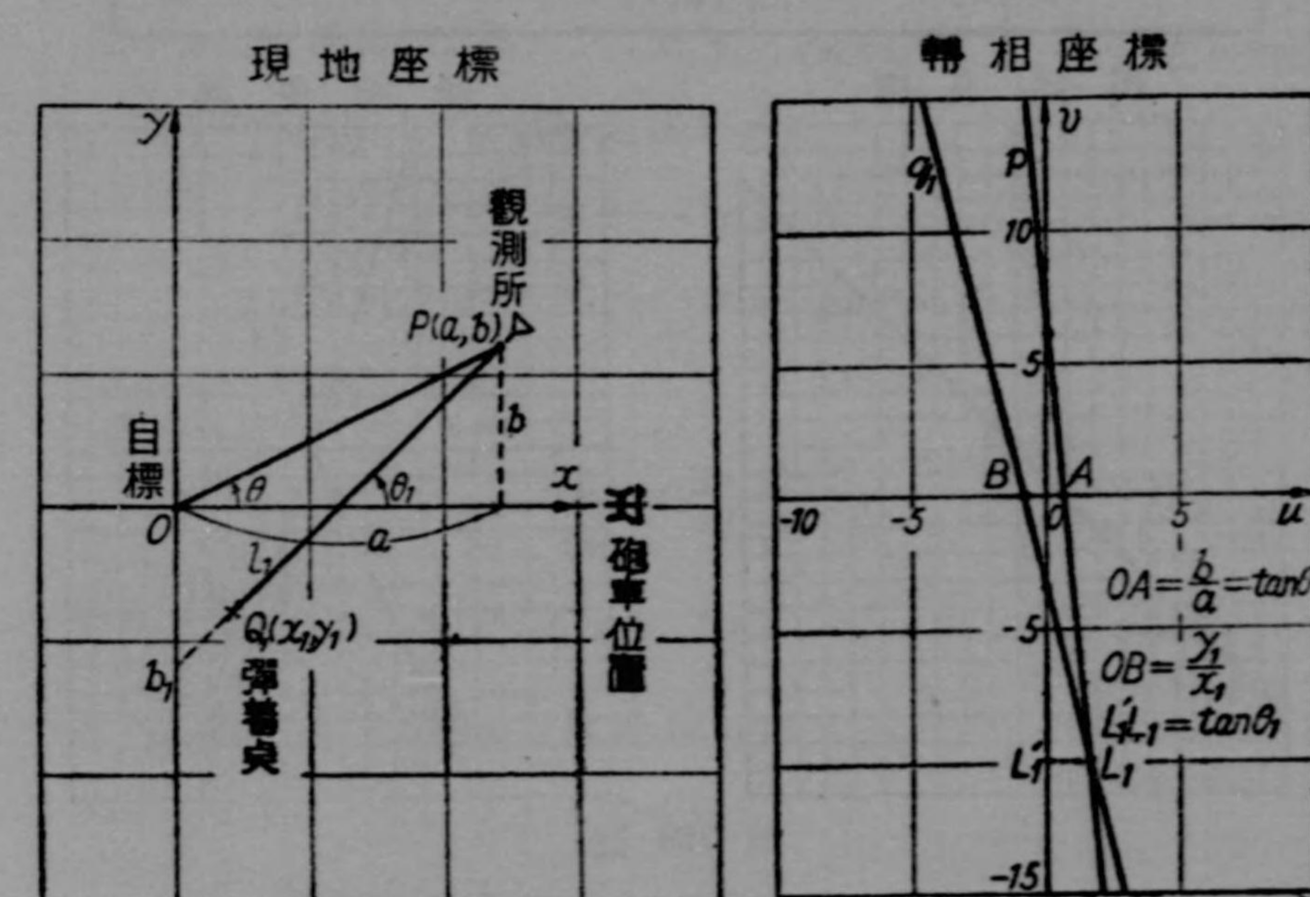
先ヅ砲車ノ位置ト目標トヲ連ネル線卽チ砲目線ヲ x 軸，目標ヲ通リ之ニ直交スル直線ヲ y 軸トシテ現地座標ヲ定メル。

之ニ對シテ轉相座標平面ヲ定メル。

砲車及ビ觀測所ノ位置及ビ射彈ノ彈着點ガ第190圖ノ如クデアレ

バ既ニ知ル如ク兩座標平面上デ次ノ對應ガ成立ツ。

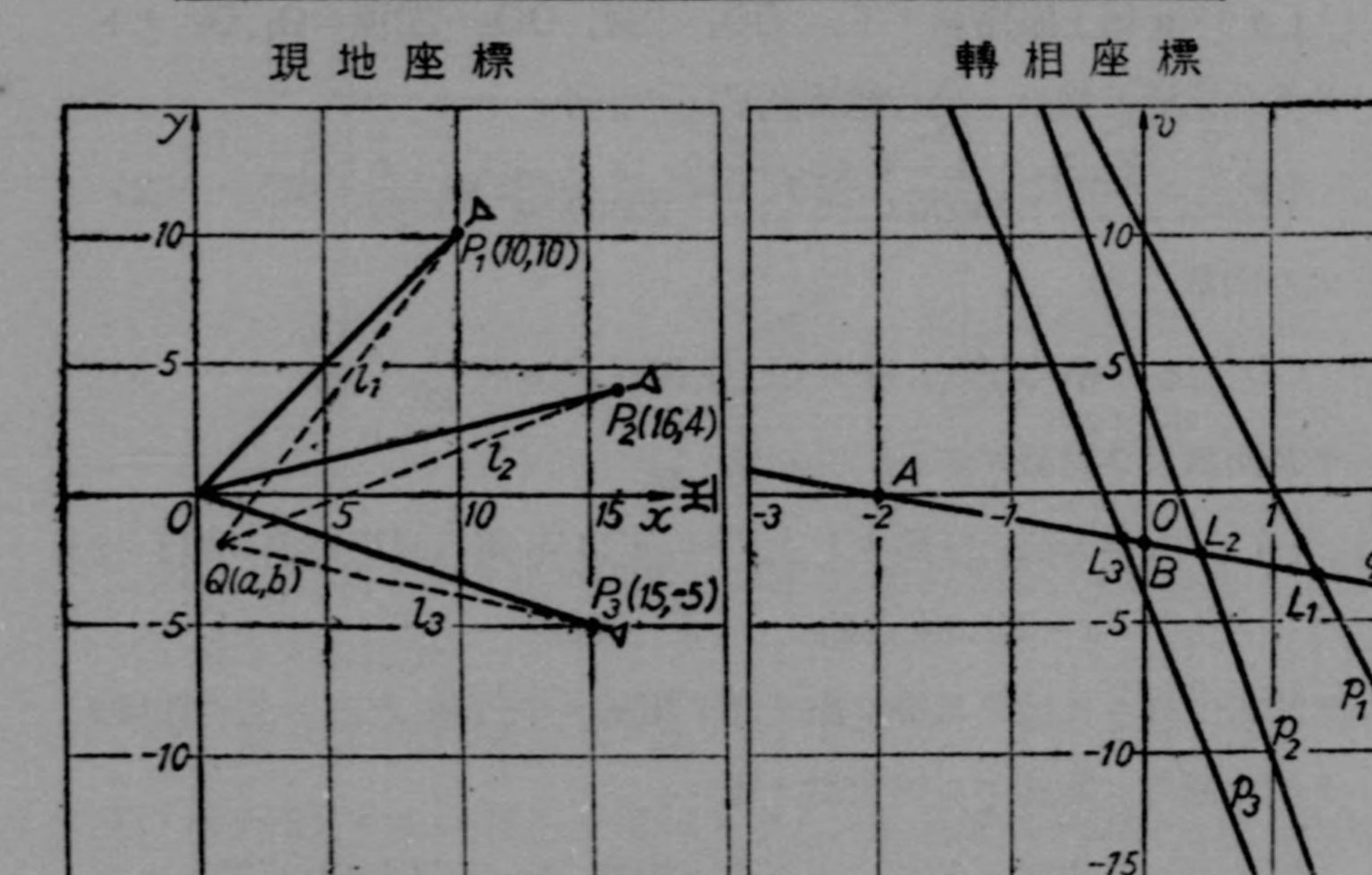
現地座標	轉相座標
觀測所 : P(a, b)	直線 p : $v=-au+b$
直線OP : $y=\frac{b}{a}x=x\tan\theta$	點A : $(u=\frac{b}{a}=\tan\theta, v=0)$
彈着點 : $Q_1(x_1, y_1)$	直線 q_1 : $v=-x_1u+y_1$
直線PQ_1 : $y=x\tan\theta_1+b_1$	p, q_1ノ交點L_1 : $(u=\tan\theta_1, v=b_1)$



第 190 圖

次ニ第189圖ノ如ク三個ノ觀測所 P_1, P_2, P_3 ガアルトキハ

現地座標	轉相座標
觀測所 : $P_1(x_1, y_1)$	直線 p_1 : $v=-x_1u+y_1$
觀測所 : $P_2(x_2, y_2)$	直線 p_2 : $v=-x_2u+y_2$
觀測所 : $P_3(x_3, y_3)$	直線 p_3 : $v=-x_3u+y_3$
彈着點 $Q(a, b)$	直線 q : $\begin{cases} v=-au+b \\ OA=\frac{b}{a}, OB=b \cdots(1) \end{cases}$
一點Qヲ通ル直線P_1Q, P_2Q, P_3Q	一直線q上ニアル點L_1, L_2, L_3



第 191 圖

上表中ノ(1)式ヨリ圖上ノ OA,OB ヲ用フレバ射彈ノ方向及ビ遠近ノ偏差ハ次ノ如クナル。

$$方向偏差\ b=OB,\quad 遠近偏差\ a=\frac{OA}{OB} \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

之ヲ簡單ニ求ムルタメニ次ニ述ベル特殊ノ線圖用紙ヲ使フ。

41. 偏差交會法用線圖ノ作リ方（添付附圖參照）

（1）縱，横各々約50糎ノ用紙ヲ用意スル。

（2）用紙ノ中央ニ原點ヲ置キ横ニ v 軸，縱ニ u 軸ヲトリ前者ハ右ヲ正，後者ハ下ヲ正トスル。

（3）v 軸上ニハ原點カラ左右ニ梯尺 1/2000 ノ目盛リ卽チッヲ米數トスレバ函數尺 $v=\frac{y}{2000}$（米）$=\frac{y}{20}$（糎）…………………（1）

ヲ目盛ル。

（4）u 軸上原點ヨリ下ニ $OO_1=2$糎，$OO_2=20$糎ニO_1, O_2 ヲトリ各々ヲ通リ横軸ニ平行線 EF, CD ヲ引キ

EF 上ニハ梯尺$\frac{1}{20000}$，卽チ $u=\frac{x}{20000}$（米）$=\frac{x}{200}$（糎）……（2）

ナル函數尺ヲ，

CD 上ニハ梯尺$\frac{1}{2000}$，卽チ（1）ト同ジク $u=\frac{y}{20}$（糎）………（3）

ナル函數尺ヲ目盛ル。

（5）次ニ u軸上原點ヨリ上，下ニ正切尺（第八章第32節問題2ノ2）

$x=20tan\theta$（糎）　（θ ハ密位）…………………（4）

ヲ50密位毎ニ目盛リ其等ノ點ヲ通リ横軸ニ平行線（左右ニ各々20糎）ヲ引キ兩端ニ對應スル密位數ヲ記ス。

縱ノ長サヲ40糎ニトレバ上下各々20糎，$tan800^{ミリ}=1$ デアルカラ

$20tan800=20$

トナリ密位數ハ 800 マデ目盛ラレルガ必要ニ應ジテ線圖用紙ヲ大ニシ同ジ要領デ大ナル密位數ニ應ズル正切線ヲ引ケバヨイ。

42. 觀測所ニ對應スル直線ノ畫キ方

觀測所 P_1 ノ現地座標ヲ (x_1, y_1) トスルトキ之ニ對應スル轉相座標

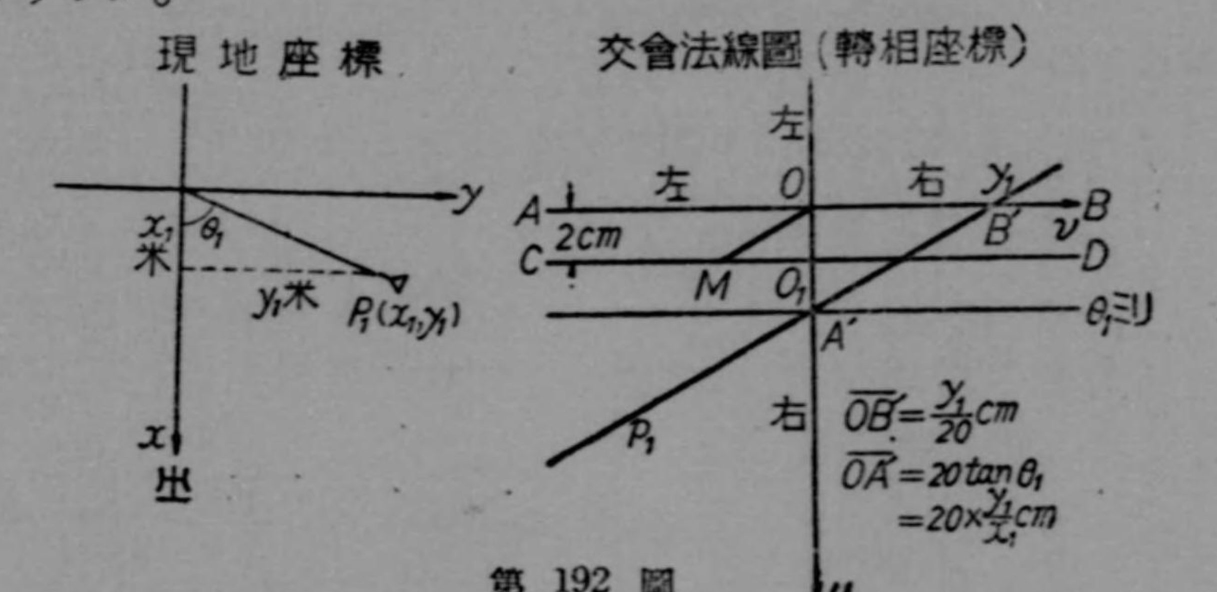
平面上ノ直線 p_1 ヲ畫クニハ（第192圖）

(a) 觀測所ガ砲目線ノ右（或ハ左）ニアレバ，v 軸上 y_1 ニ應ズル點 B′ ヲ原點ヨリ右（或ハ左）ニ，u 軸上 θ_1 ニ應ズル點 A′ ヲ原點ヨリ下（或ハ上）ニトリ A′, B′ ヲ結べバコレガ p_1 トナル。

理由　第38節デ明カナ樣ニ p_1 ノ方程式ハ

$$v=-x_1u+y_1$$

トナリ之ハ v 軸上ノ截片ガ y_1，u 軸上ノ截片ガ $y_1/x_1=tan\theta_1$ デアルカラデアル。



第 192 圖

次ニ y_1 ノ値ガ大キクテ線圖上ニ點 B′ ヲトリ得ナイ時ハ次ノ如クスレバヨイ。卽チ

(b) 觀測所ガ砲目線ノ右（或ハ左）ニアレバ，CD 直線上 O_1 ヨリ左（或ハ右）ニ x_1 ニ應ズル點 M ヲ求メ，θ_1 ニ應ズル點 A′（上ノ場合ト同樣）カラ直線 OM ニ平行線ヲ引ケバ之ガ求メル直線トナル。

理由　今 A′ ヲ通リ OM ニ平行ナ直線ガ v 軸ヲ切ル點（用紙ヲ大キクシテ）ヲ B′ トスレバ $\triangle B'OA' \backsim \triangle MO_1O$ デアルカラ

$$\frac{\overline{OB'}}{\overline{OA'}}=\frac{\overline{O_1M}}{\overline{OO_1}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

トコロガ $\overline{OO_1}=2cm$ デ又前節

(4) 式カラ　$\overline{OA'}=20\tan\theta_1=20\times\frac{y_1}{x_1}(cm)$

(2) 式カラ　$\overline{O_1M}=\frac{x_1}{200}(cm)$

從ツテ　$\overline{OB'}=\overline{OA'}\times\frac{\overline{O_1M}}{\overline{OO_1}}=20\times\frac{y_1}{x_1}\times\frac{x_1}{200}\times\frac{1}{2}=\frac{y_1}{20}(cm)$

トナリ，線圖用紙ヲ大ニシタト假定シタ場合（a）ノ方法デ求メラレル點B′ト一致スルカラコノ直線ハ求メルモノデアル。

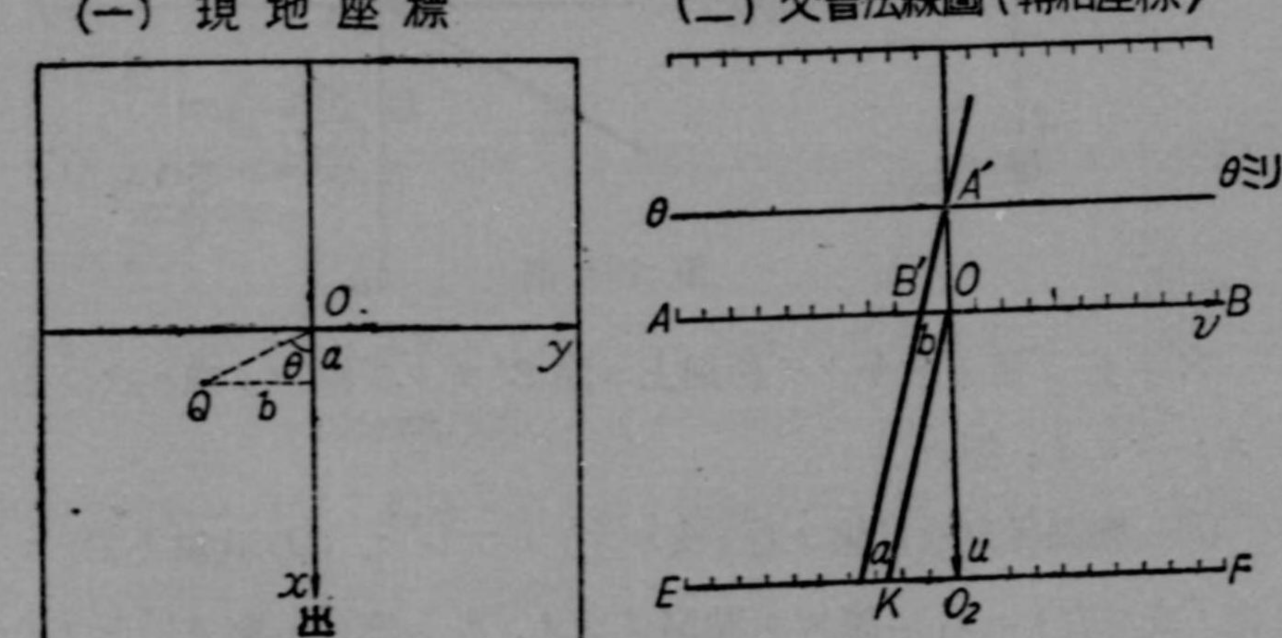
43. 偏差ノ決定法

第193圖（一）ニ於テ點Q(a,b)ヲ彈着點トスレバQ點ニ對應スル轉相座標平面上ノ直線ハ A′B′ トナリ

方向偏差 $b=OB'$ ………………………………(1)

遠近偏差 $a=\frac{OB'}{OA'}$ ………………………………(2)

（一）現地座標　　（二）交會法線圖（轉相座標）



第 193 圖

從ツテ方向偏差 b ハ點B′ノ目盛ヲ讀メバ左（或ハ右）何密位カガ分リ，又遠近偏差 a ハ前節ト同様ニ

$$\triangle A'OB' \backsim \triangle OO_2K \qquad \therefore \frac{\overline{OB'}}{\overline{OA'}}=\frac{\overline{O_2K}}{\overline{OO_2}}$$

$$\therefore \overline{O_2K}=\overline{OO_2}\times\frac{\overline{OB'}}{\overline{OA'}}=20\times\frac{b}{20}\times\frac{a}{20b}=\frac{a}{20}\ (cm)$$

トナリ EF ノ目盛ハ AB ト同ジク梯尺 1/2000 デ函數尺

$$v=\frac{y}{20}$$

ガ目盛ツテアルカラ點Kニ應ズル目盛ガ a トナリ求ムル遠近偏差トナル。

注意　添附附圖ニ依リ線圖ノ用法ヲ研究セヨ。

索　　引 1　（主ナル術語）

索　引 2 (主ナル圖表)

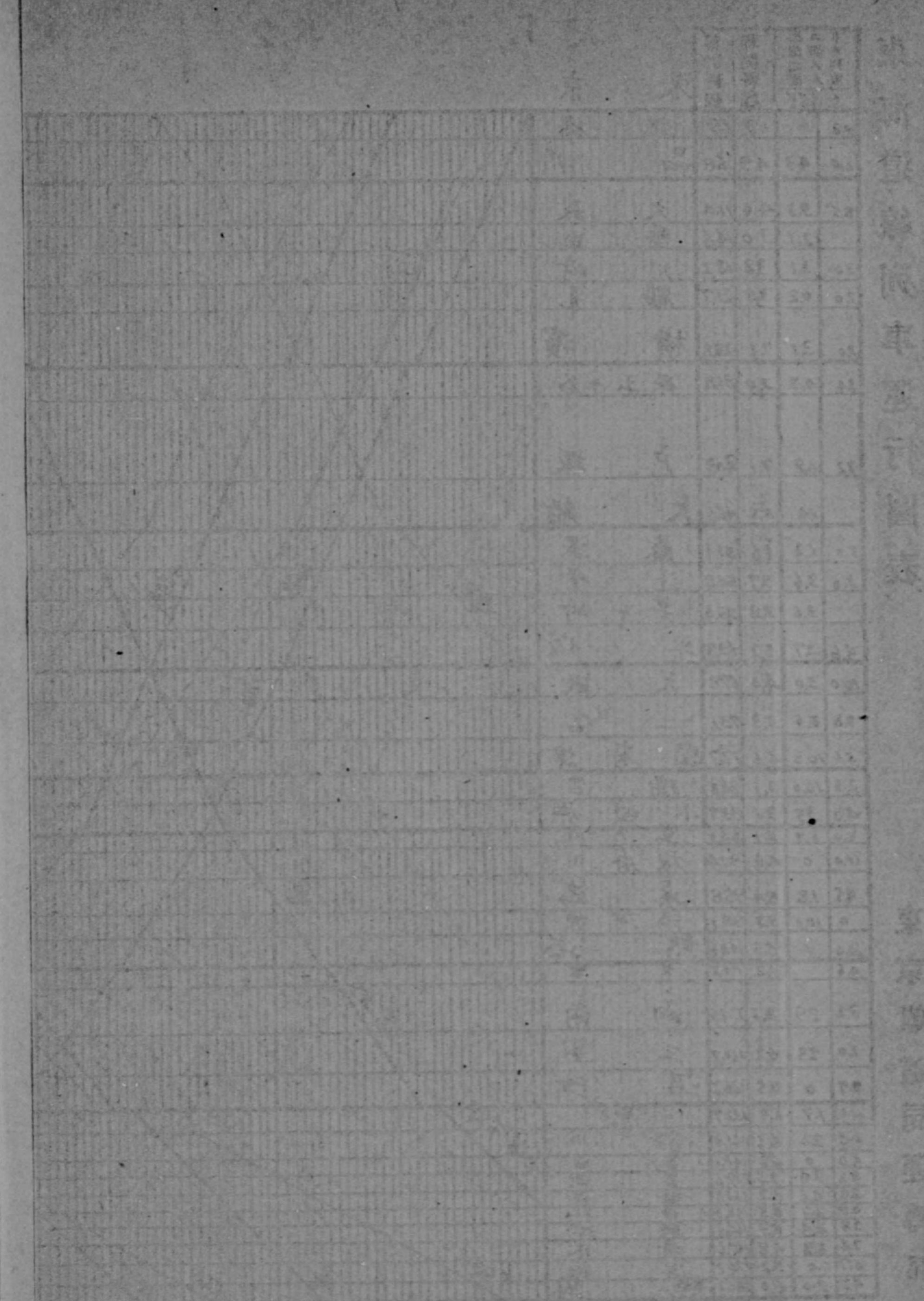
昭和十八年三月廿五日印刷
昭和十八年三月三十日發行
（三、〇〇〇部）

軍事數學
特 定價金一圓八十錢
〒十二錢

著者　野原博（ノハラ ヒロシ）
發行者　大阪市南區塩町通三丁目四三　大塚桂三
印刷者　大阪市浪速區西園手町一一〇三　岩岡忠一　印文會員番號 西大第五九號
發行所　大阪市南區塩町通三丁目四三　秋田屋書房　會員登錄番號 一〇一〇三七　振替大阪六六七七〇番
支店　東京市神田區多町二丁目一ノ三　秋田屋書房　電話神田（25）六四三番
配給元　東京市神田區淡路町二ノ九　日本出版配給株式會社

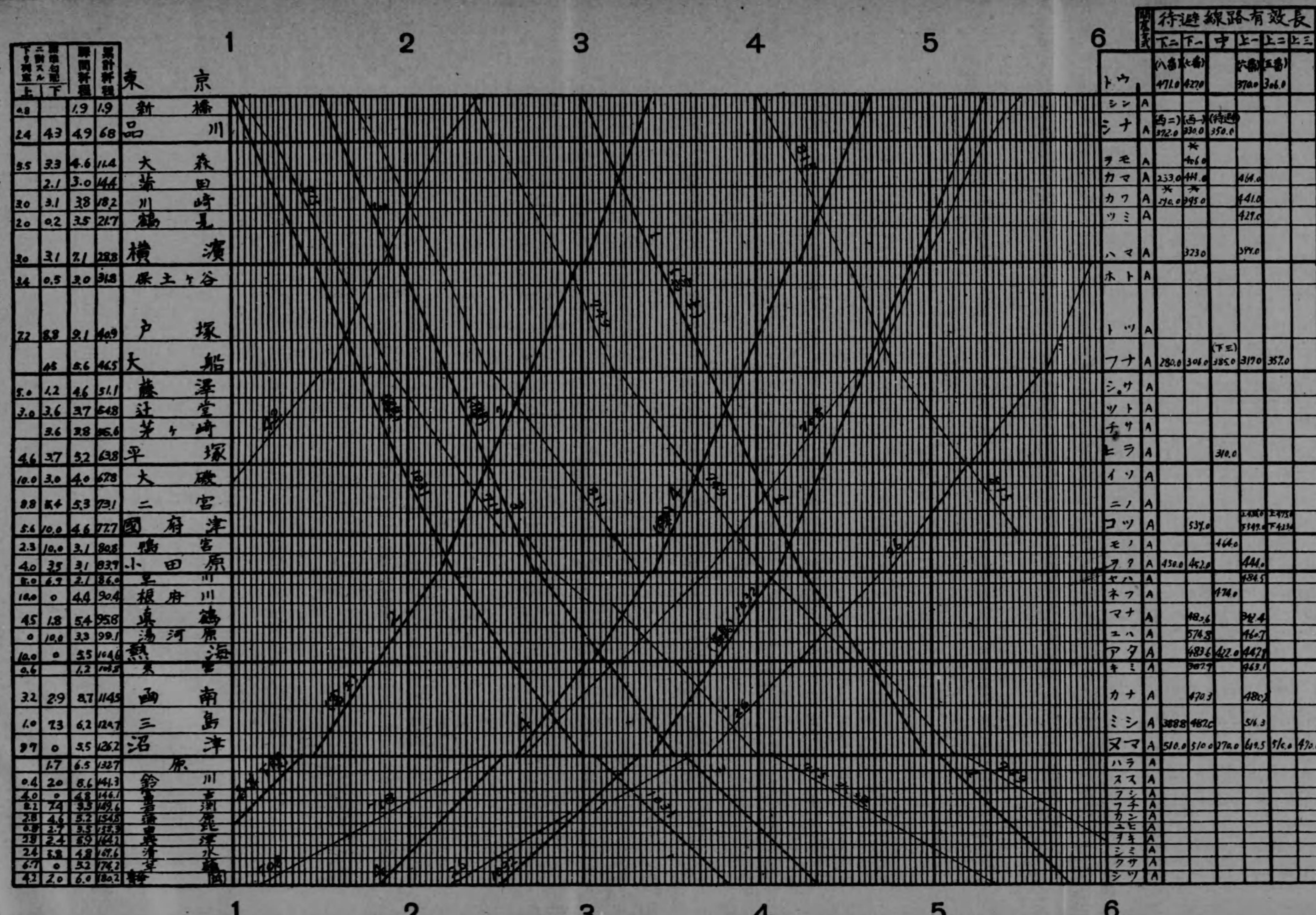
出文協承認 あ 390500

規格A列五號



東海道線列車運行圖表

東京鐵道局運轉部

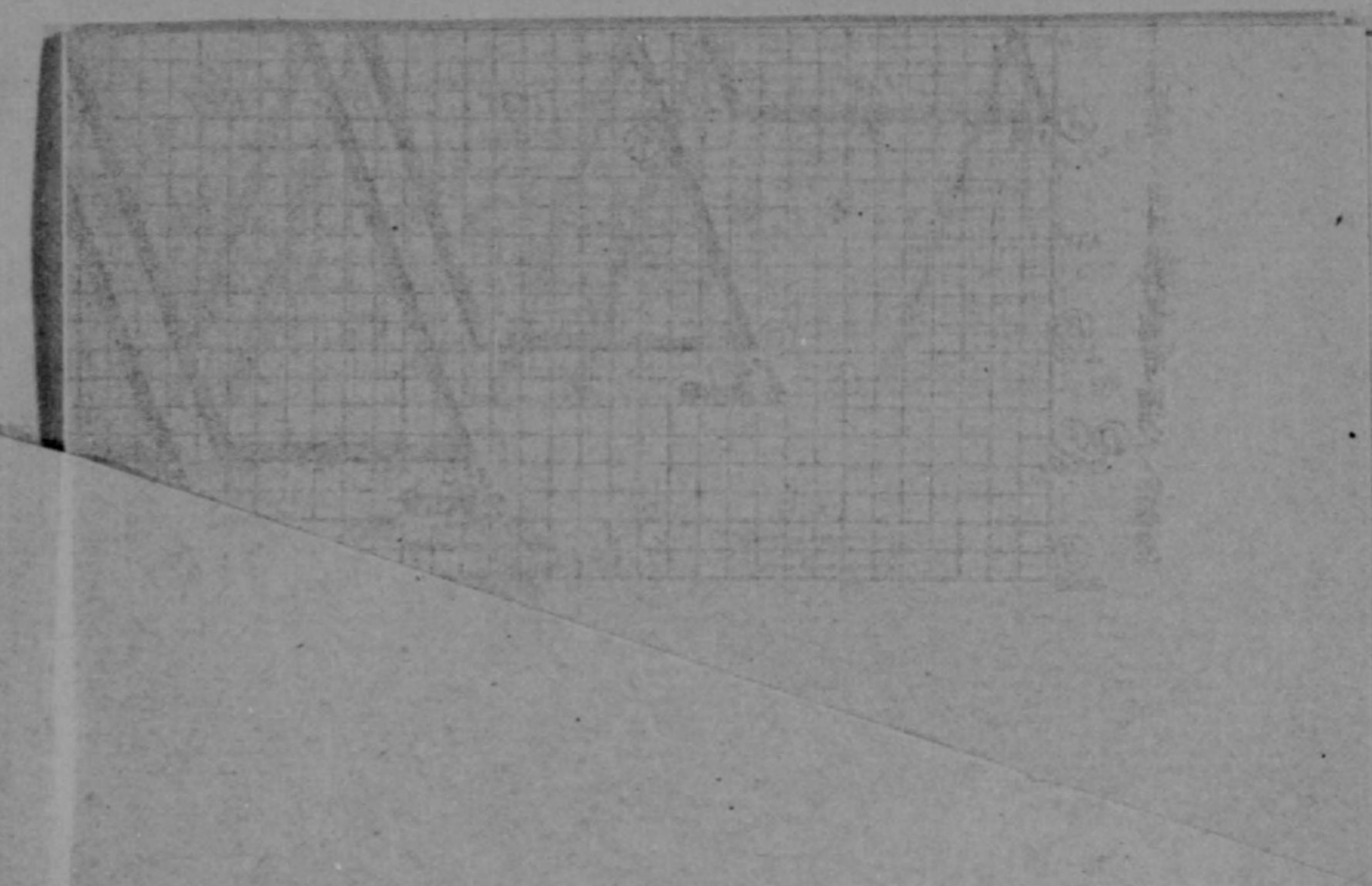


附圖第一

一、欄外數字ハ左ヨリ午後一時二時…午後六時ヲ表ハス。

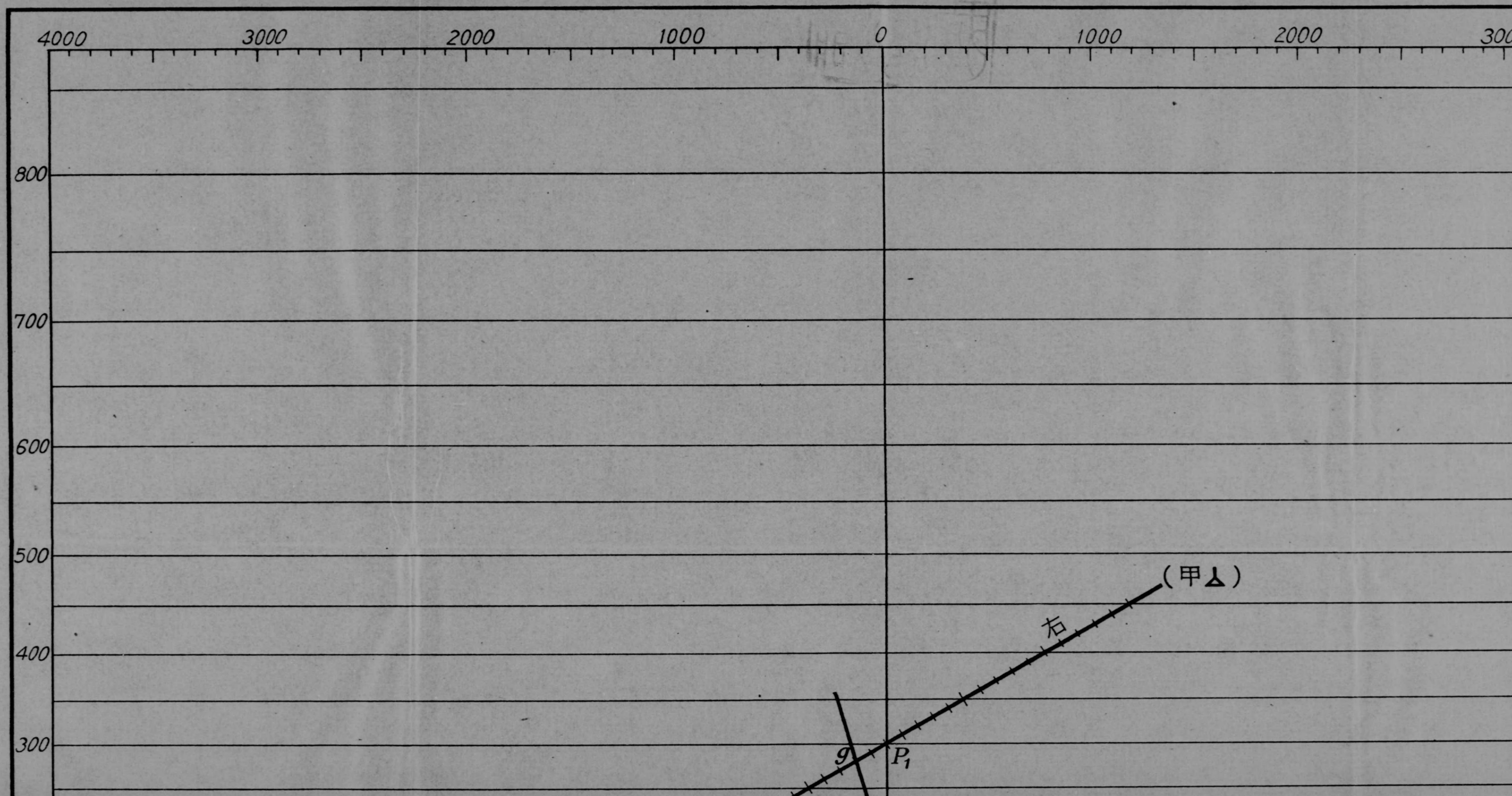
一、太線ハ急行列車、細線ハ普通列車トス。

一、線ニ沿フ數字ハ列車番號トス。

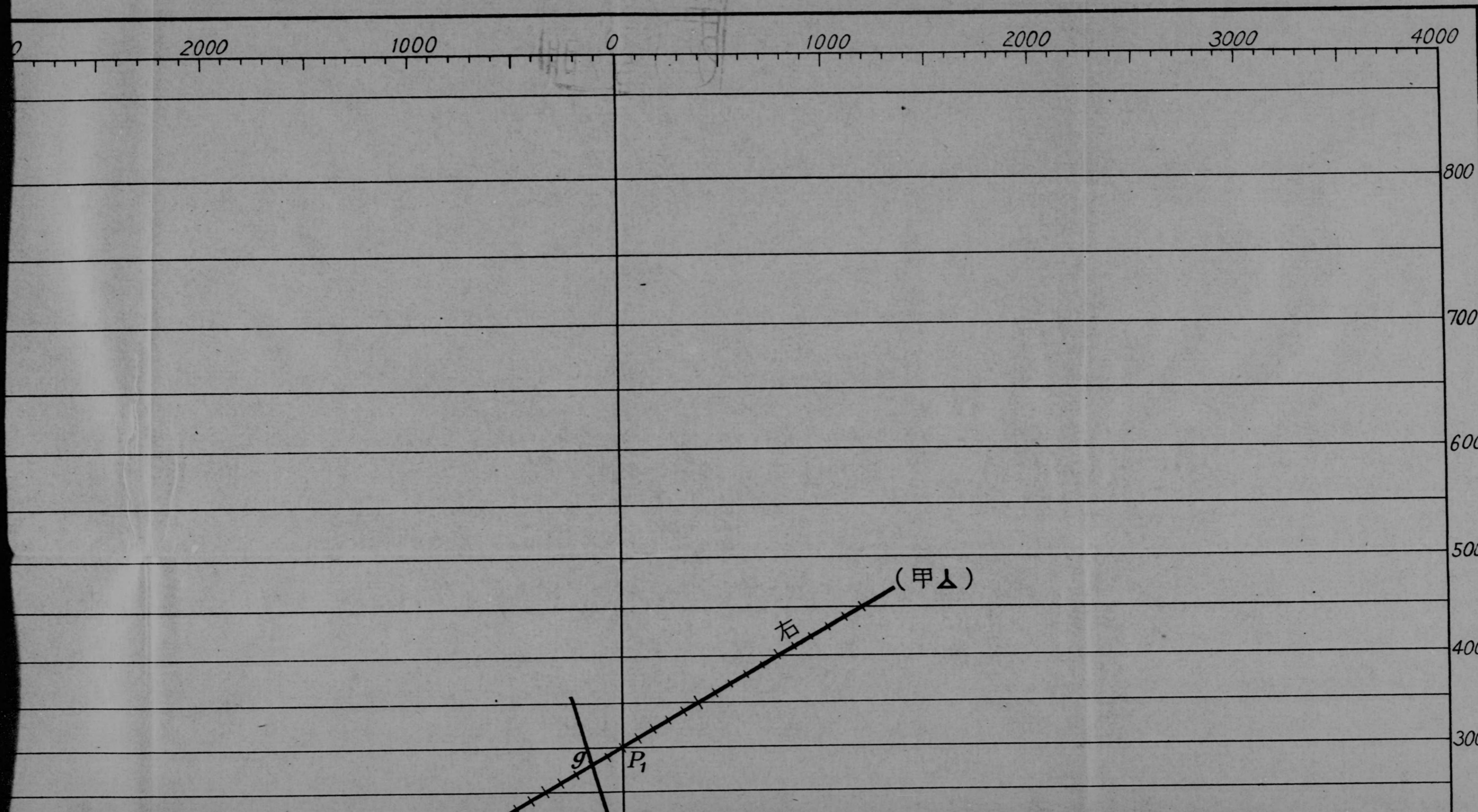


表二枚在中

偏差交會法射擊ノ要領　（線圖ハ實物大）

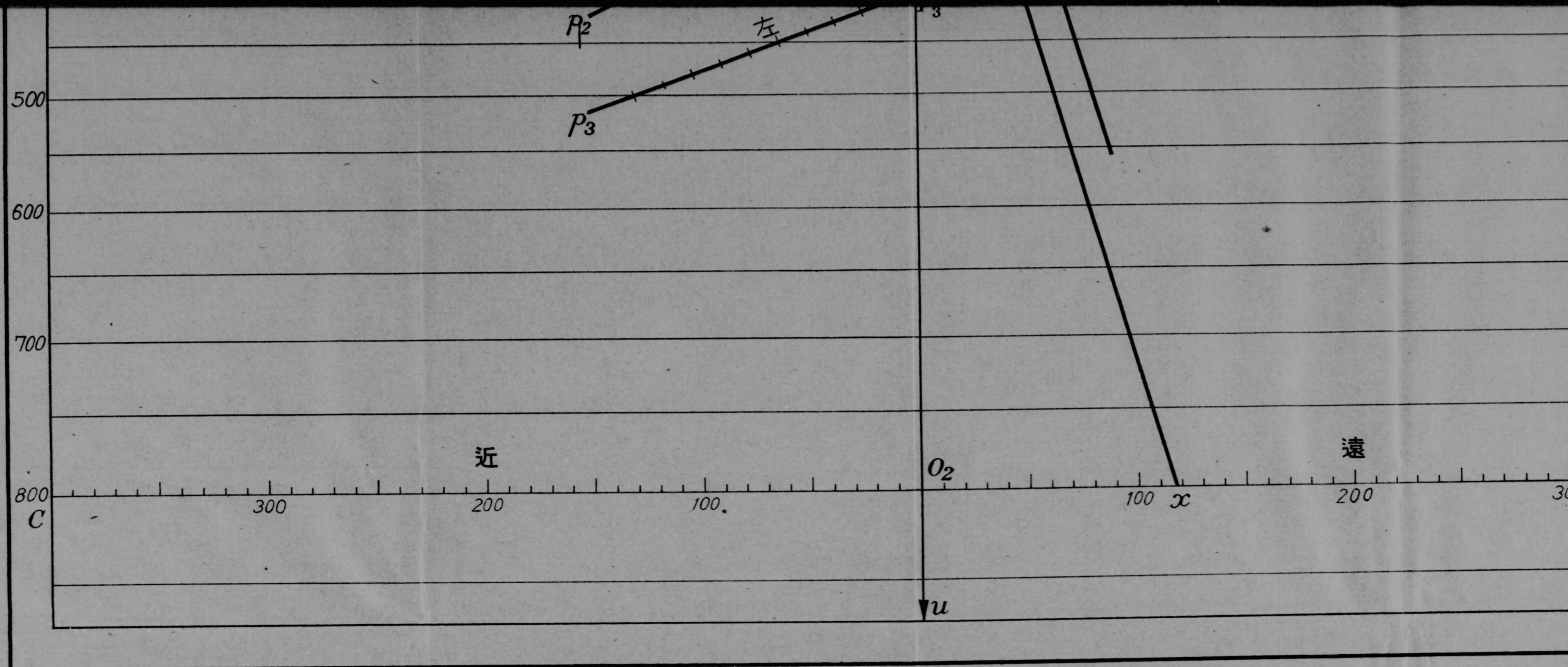


偏差交會法射擊ノ要領　（線圖ハ實物大）

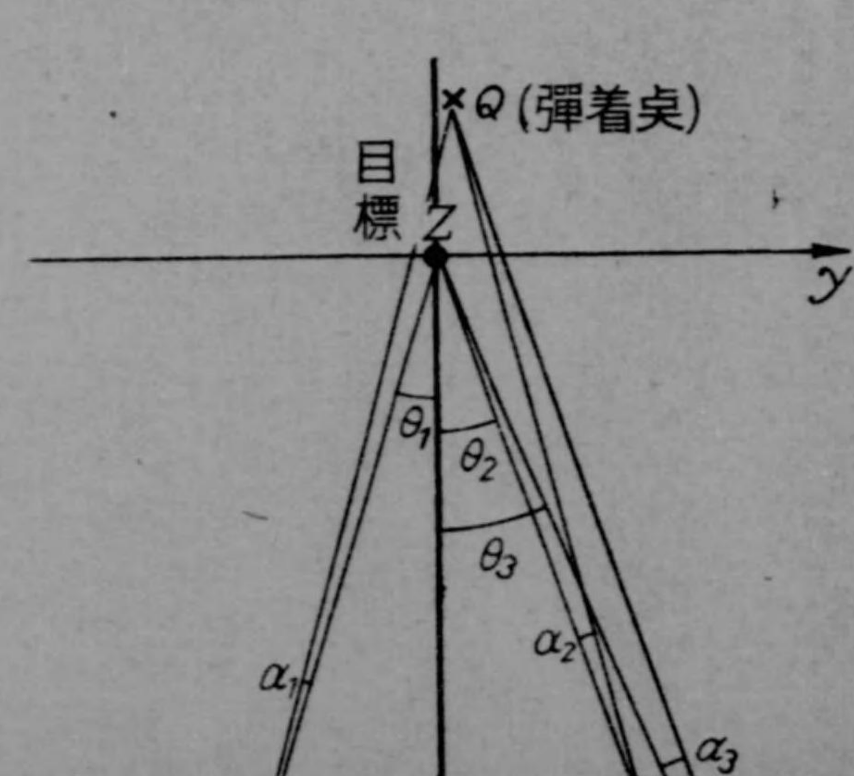


(甲)
右
左
P_1
g
B_1
O
y_1
y
A
E
E_0
E_1
E_2
E_3
O_1
P
(乙)
(丙)
k
h
P_2
P_3
100
200
300
400
500
600
1000
2000
3000
1100
800
700

(甲⅄)
右
左
P1
g
P1
B1
右
100
200
300
400
O
y1
υ
B
y
200
100
100
200
300
E3
E1
E2
E0
(乙⅄)
右
F
1100
1000
800
700
O1
1000
2000
3000
2000
P
左
k
P2
(丙⅄)
右
左
h
P3
左
P2
P3
200
300
400
500
600



現　地　座　標



左圖ニ於テ次ノモノヲ精密ニ測定ス。

$\theta_1 = 300$ 密位
$\theta_2 = 250$ 〃
$\theta_3 = 400$ 〃
$ZA_1 = 800m$
$ZA_2 = 700m$
$ZA_3 = 1100m$
$ZG = 1300m$

交會法線圖ノ作リ方及ビ偏差ノ求メ方

準　備

1. O_1 ヨリ E 方向ニ梯尺 $\frac{1}{20000}$ ヲ以テ

$O_1E_0 = ZG = 1300m$
$O_1E_1 = ZA_1 = 800m$
$O_1E_2 = ZA_2 = 700m$
$O_1E_3 = ZA_3 = 1100m$

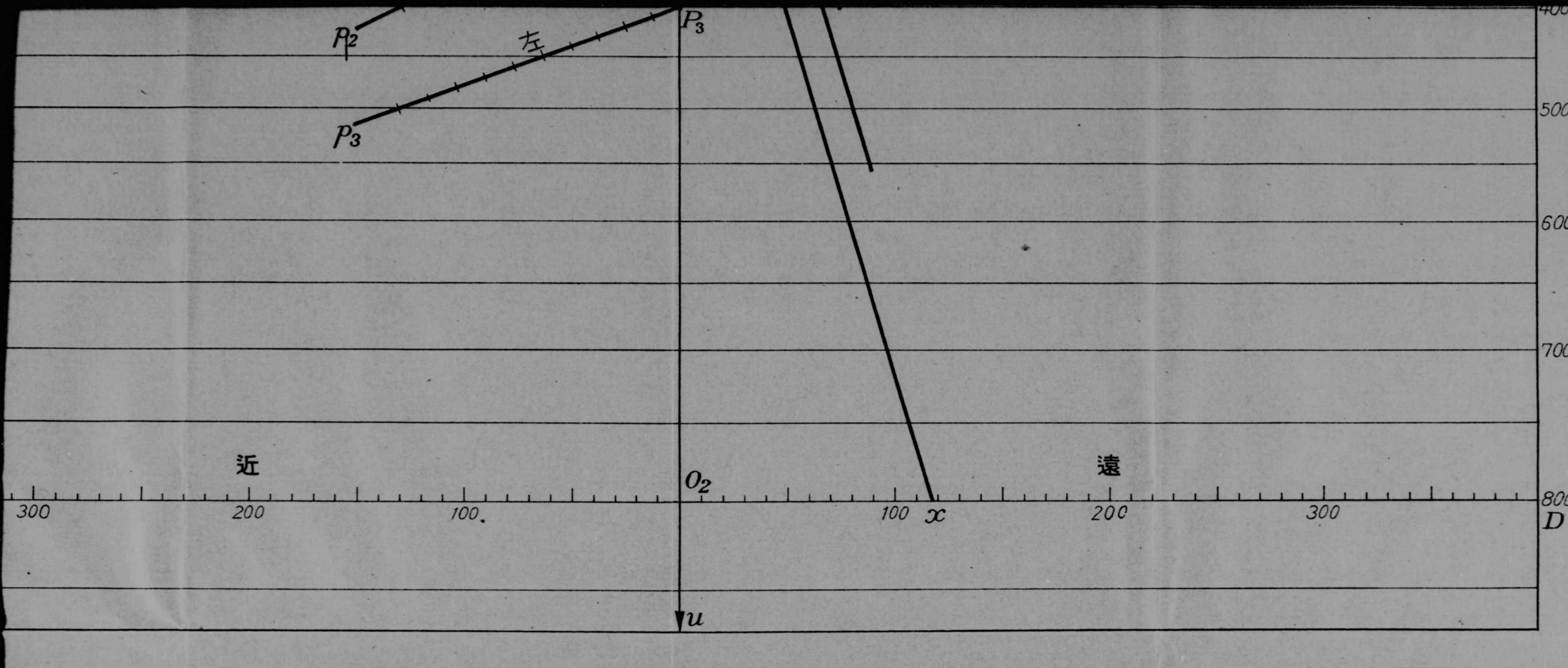
ノ如ク E_0, E_1, E_2, E_3 ヲトリ O ト結ブ。

2. 縦軸 u ト, $\theta_1 = 300$密, $\theta_2 = 250$密, $\theta_3 = 400$密 ニ應ズル正切線トノ交點ヲ夫々 P_1, P_2, P_3 トスル。而シテ P_1, P_2, P_3 ハ觀測所ガ射線ノ左(右)ニアレバ O ヨリ上(下)ニトル。

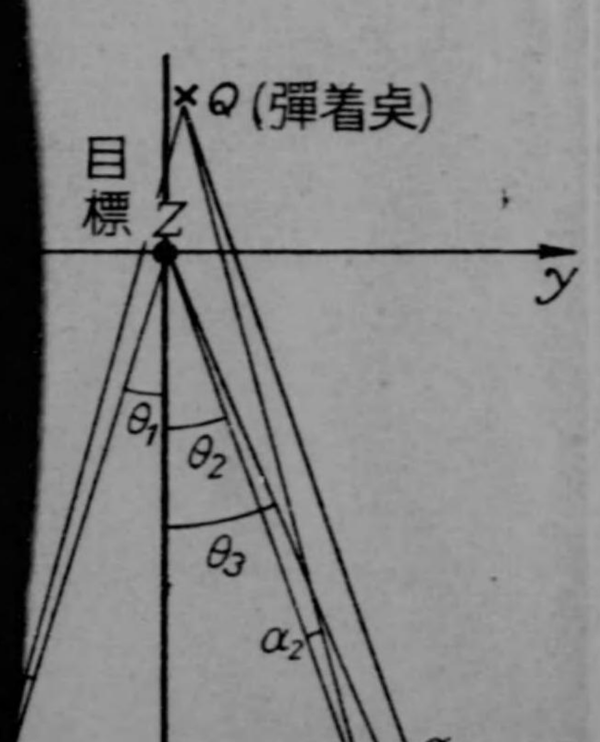
偏差ノ求メ方

1. 各觀測所デ觀測シタ一射彈ノ方
甲觀測所デハ α_1 = 2
乙 〃 α_2 = 5
丙 〃 α_3 = 5
ヲ得タトスレバ p_1, p_2, p_3 上
P_3h ヲコノ値ニトリ之ヲ直線テ
コノ gh 線ト方向偏差線 p ト
14ヲ讀ミ方向偏差右14密位ヲ得
(又 gh 線ト方向目盛線 AB ト
目盛ヲ讀メバ方向偏差右30米テ

2. 原點 O ヲ過ギ gh 線ニ平行



地 座 標



左圖ニ於テ次ノモノヲ精密ニ測定ス。

$$\left\{\begin{array}{l} \theta_1 = 300 \text{ 密位} \\ \theta_2 = 250 \text{ 〃} \\ \theta_3 = 400 \text{ 〃} \\ ZA_1 = 800\text{m} \\ ZA_2 = 700\text{m} \\ ZA_3 = 1100\text{m} \\ ZG = 1300\text{m} \end{array}\right.$$

交會法線圖ノ作リ方及ビ偏差ノ求メ方

準 備

1. O_1 ヨリ E 方向ニ梯尺 $\frac{1}{20000}$ ヲ以テ

$$O_1E_0 = ZG = 1300\text{m}$$
$$O_1E_1 = ZA_1 = 800\text{m}$$
$$O_1E_2 = ZA_2 = 700\text{m}$$
$$O_1E_3 = ZA_3 = 1100\text{m}$$

ノ如ク E_0, E_1, E_2, E_3 ヲトリ O ト結ブ。

2. 縦軸 u ト, $\theta_1 = 300$ミリ, $\theta_2 = 250$ミリ, $\theta_3 = 400$ミリ ニ應ズル正切線トノ交點ヲ夫々 P_1, P_2, P_3 トスル。而シテ P_1, P_2, P_3 ハ觀測所ガ射線ノ左(右)ニ

偏差ノ求メ方

1. 各觀測所デ觀測シタ一射彈ノ方向ノ偏差ヲ測リ

甲觀測所デハ $\alpha_1 = 20$密位左
乙 〃 $\alpha_2 = 54$密位右
丙 〃 $\alpha_3 = 50$密位右

ヲ得タトスレバ p_1, p_2, p_3 上ニ夫々 P_1g, P_2k, P_3h ヲコノ値ニトリ之ヲ直線デ結ブ。コノ gh 線ト方向偏差線 p トノ交點 y_1 ノ目盛14ヲ讀ミ方向偏差右14密位ヲ得。

(又 gh 線ト方向目盛線 AB トノ交點 y ノ目盛ヲ讀メバ方向偏差右30米ヲ得。)