

松本安藏著

航海術

明治
38 3 27
内交

航海術

第一編

1. 航海術 Navigation トハ船舶航行中其所在地ノ
經緯度ヲ確知シ目的地ニ向テ捷徑ノ針路ヲ決定スル等ノ
術ヲ謂フ之ヲ測地法 Geo-navigation or Dead Reckoning
測天法 Cælo-navigation or Nautical Astronomy ノ二部
ニ區分ス。

測地法

2. 測地法トハ視定シタル一地點ノ經緯度ヲ基點
トシ爾後駛行シタル針路及航程ニ依リ船舶ガ現ニ居ル所
ノ位置ノ經緯度ヲ推定シ又ハ兩地ノ經緯度ヲ知テ其間ノ
針路及航程ヲ算スル法ナリ。

此法ヲ講ズルニハ之ニ必要ナル術語ヲ諳ク而シテ三角
學公式ノ解法及對數法用ニ通曉セザルベカラズ。

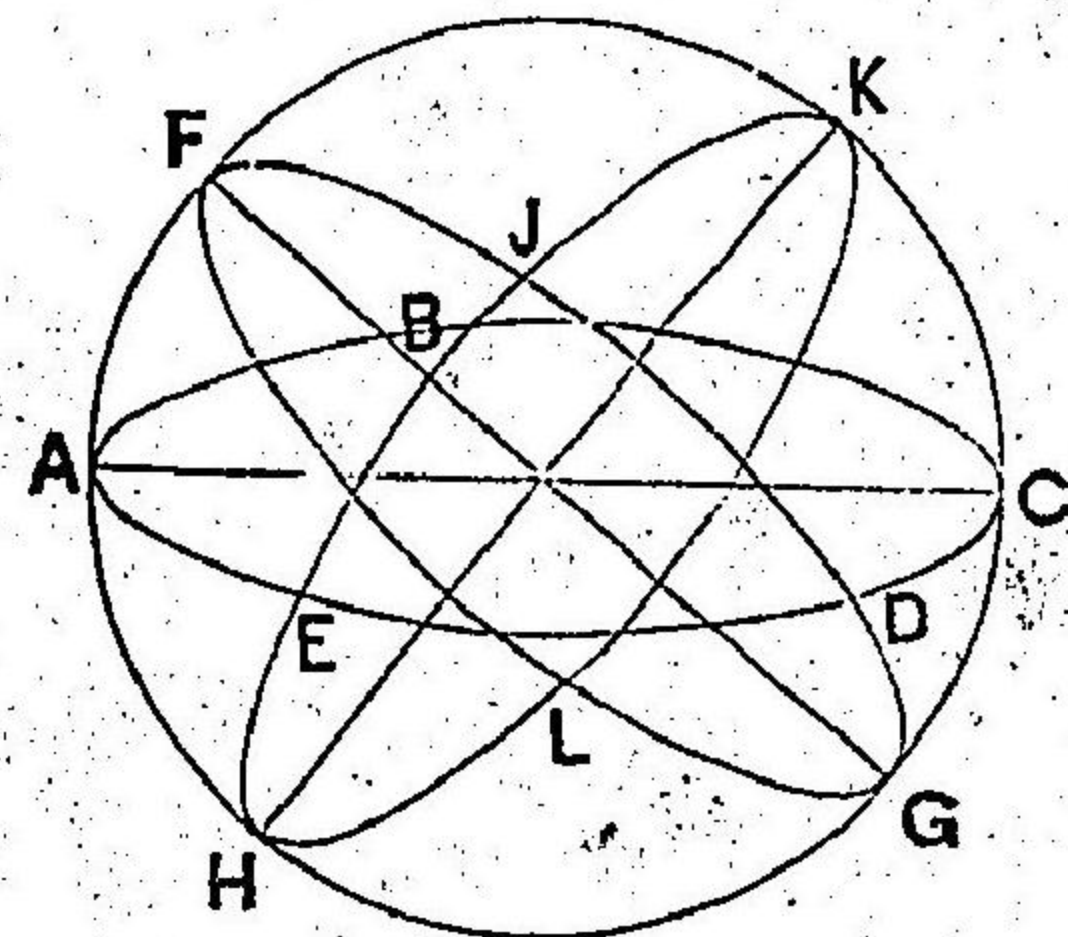
界說

(1) 大圈 Great Circle ハ其面、球心ヲ貫キ之ヲ二等
分スル所ノ圈ナリ ○第一圖 ABCDE, FJDGL, EBJKL
ハ皆ナ大圈ナリ。

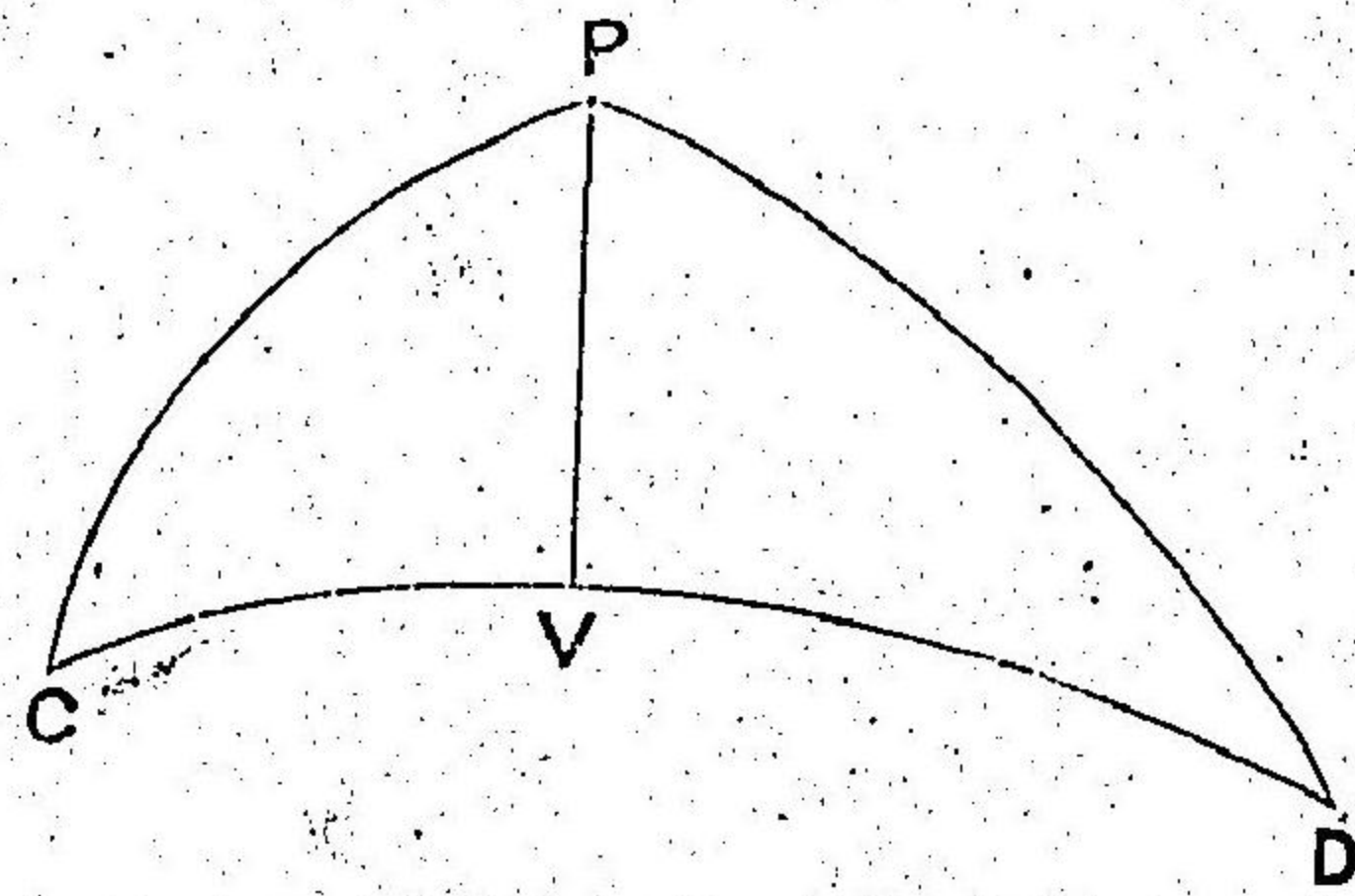
(2) 大圈ノ頂點 Vertex of a Great Circle ハ赤道ヨ
リ最遠ノ點ニシテ兩地ヲ貫ク大圈上最高緯度ニ在リ ○第

二圖 V へ C 及 D ナル兩地ヲ貫ク大圈 CD ノ頂點ナリ。

第一圖

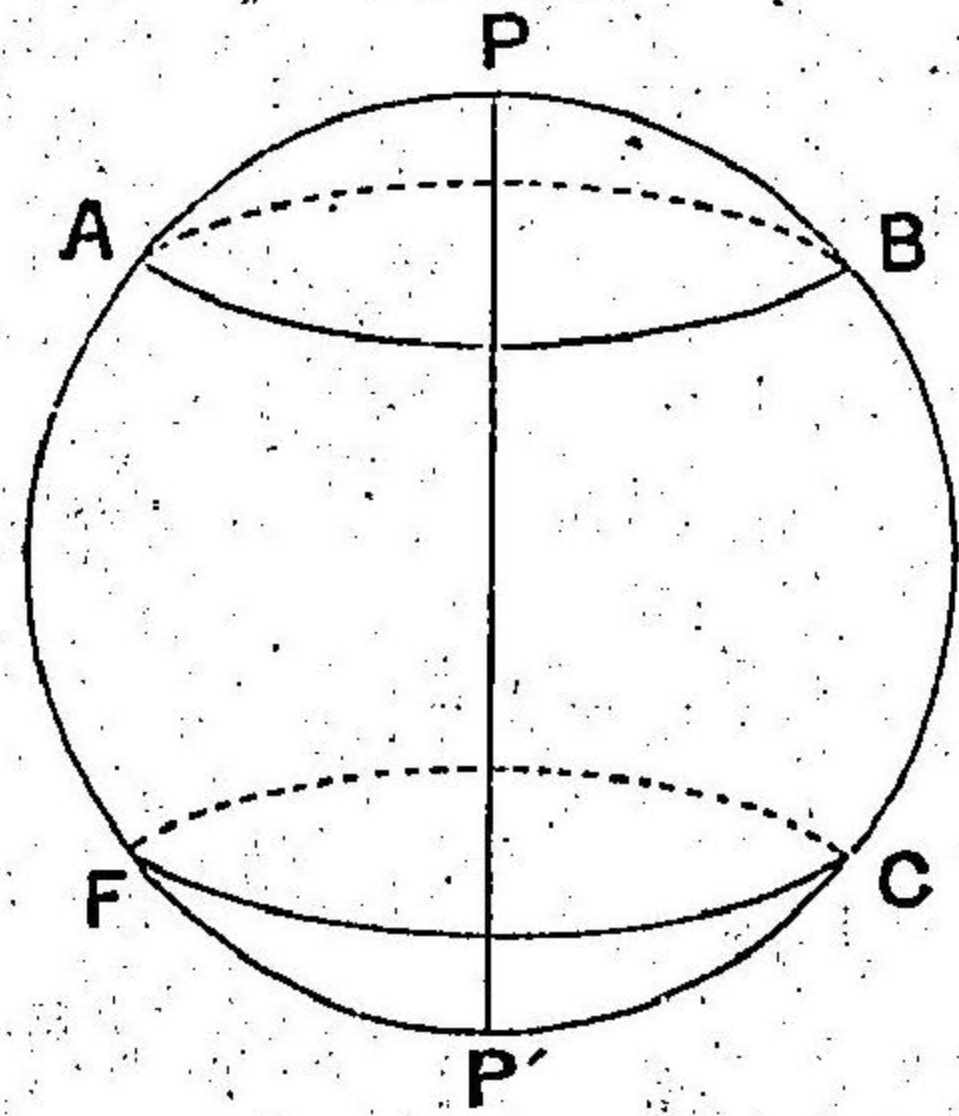


第二圖

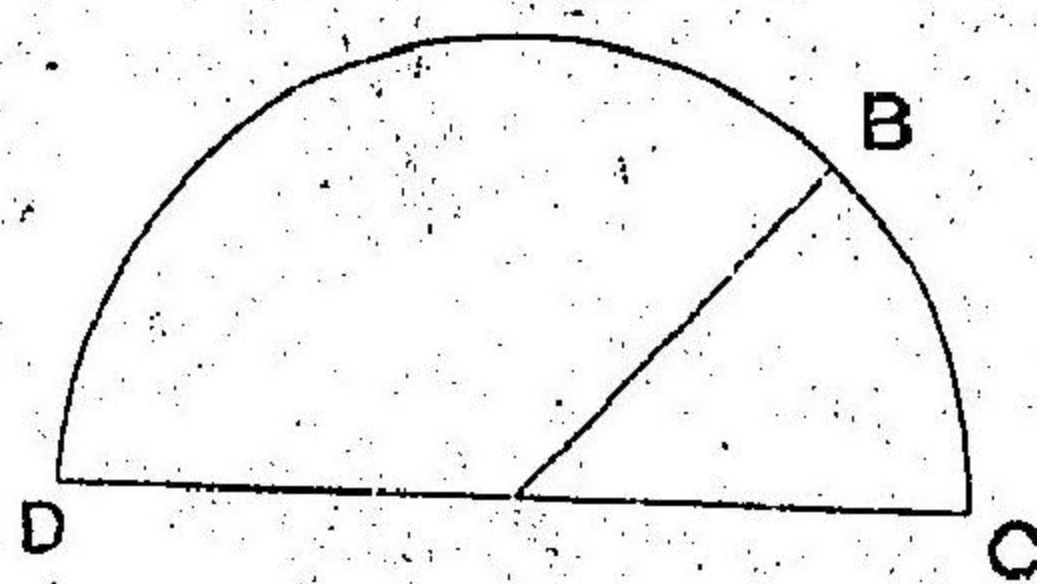


(3) 小圈 Small Circles へ其面、球心ヲ貫カズシテ其兩極ヨリ不等距ノ所ニ在ル圈ナリ。第三圖 AB, FC へ皆ナ小圈ナリ。

第三圖



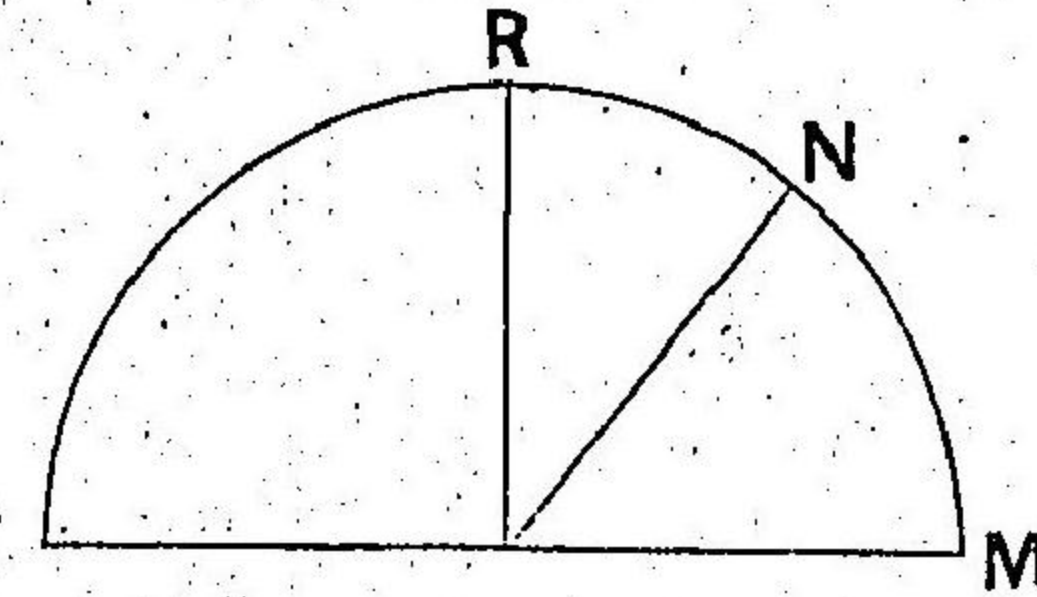
第四圖



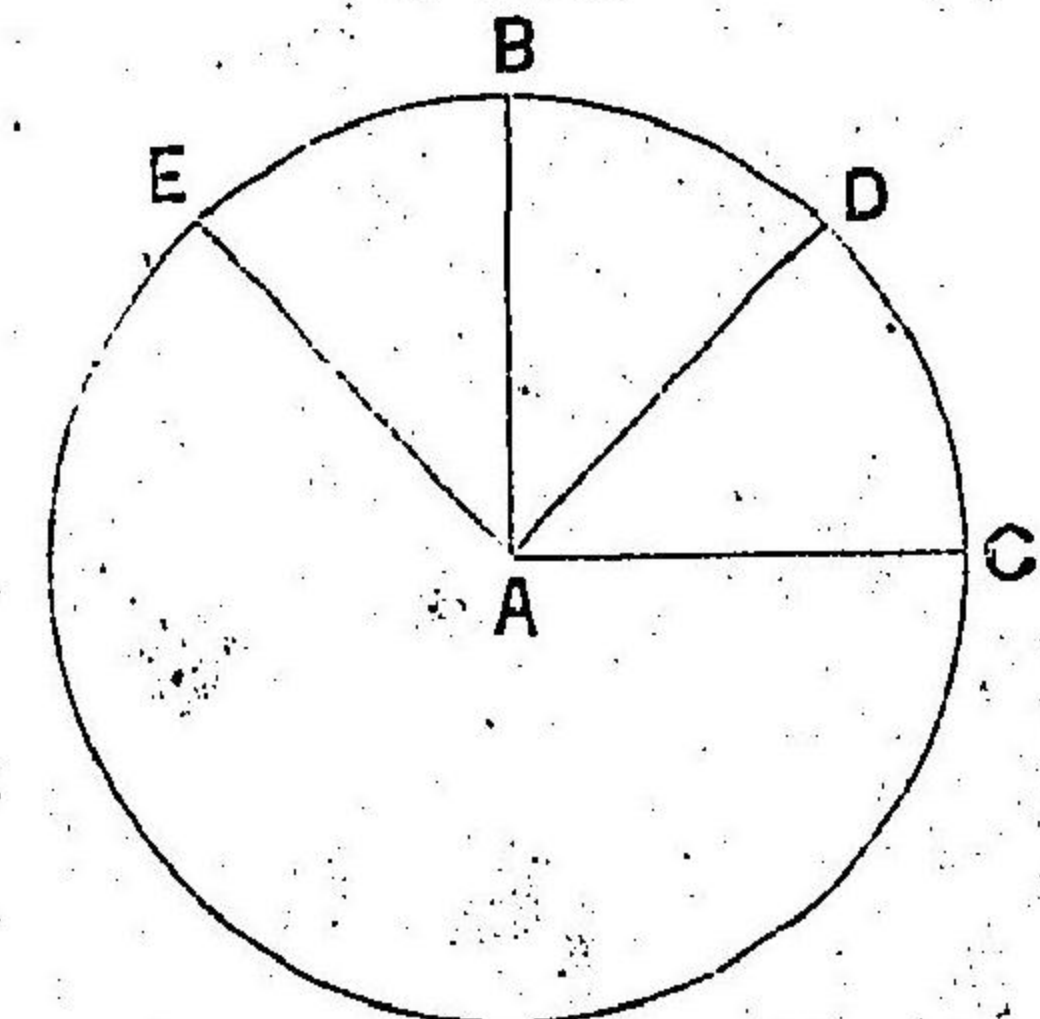
(4) 弧 An Arc へ圓周ノ一部ナリ。第四圖 BC, BD
(5) 餘弧 Complement of an Arc へ九十度ヨリ一ツノ弧ヲ減シタル差弧ナリ。第五圖 NR へ MN ノ餘弧ナリ。

(6) 補弧 Supplement of an Arc へ一ツノ弧ヲ百八

第五圖



第六圖



十度ヨリ減シタル差弧ナリ。第四圖 BD へ BC ノ補弧ナリ。

(7) 直角 A Right Angle へ一ツノ直線ト之ニ對シテ垂直ニ引キタル他ノ直線トノ間ニ形造シタル角度ニシテ九十度ヲ有ス。第六圖 BAC へ直角ナリ。

(8) 斜角 An Oblique Angle へ直角ニ非ザル總テノ他ノ角ナリ。第六圖 DAC, EAC へ斜角ナリ。

(9) 鈍角 An Obtuse Angle へ直角ヨリ大ナル角ナリ。第六圖 EAC。

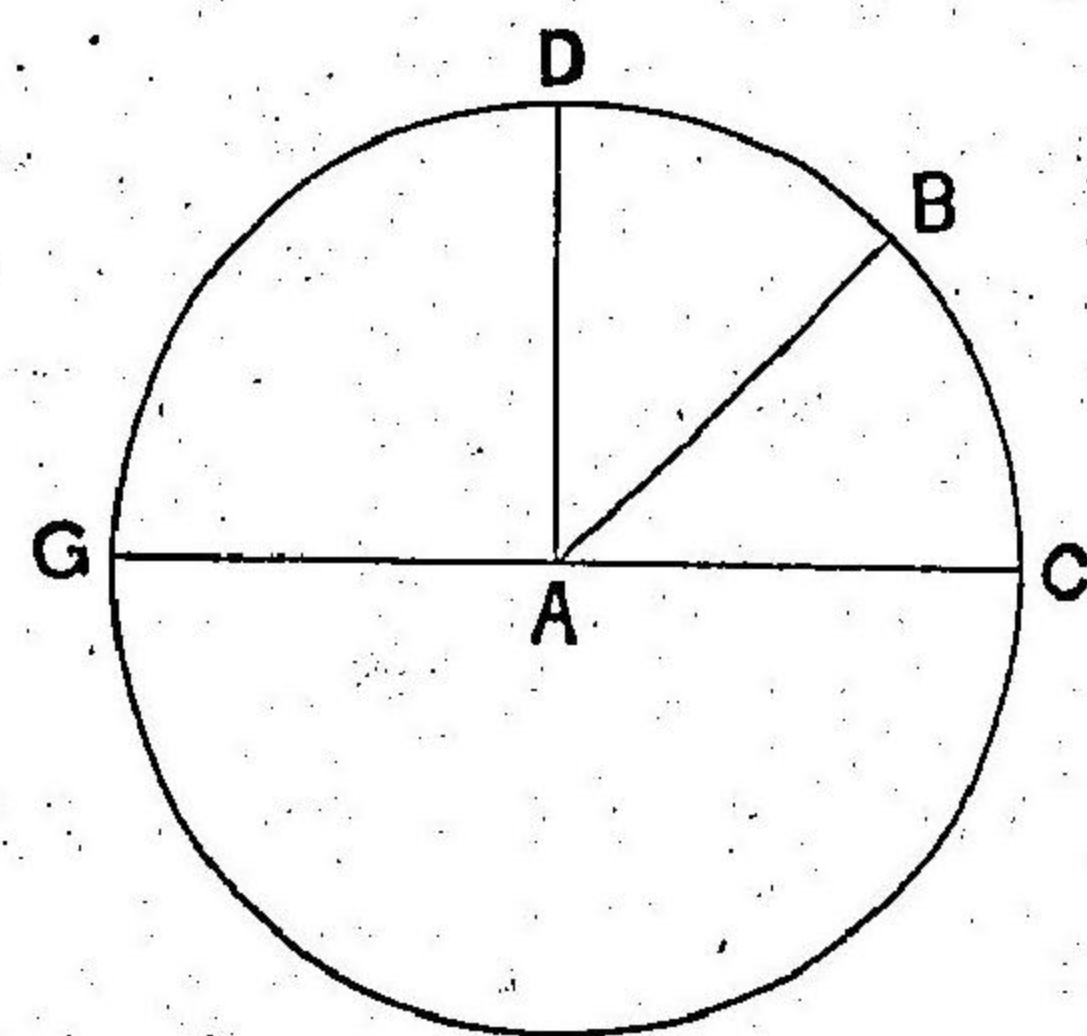
(10) 鋭角 An Acute Angle へ直角ヨリ小ナル角ナリ。第六圖 CAD。

(11) 餘角 The Complement of an Angle へ九十度ヨリ一ツノ角ヲ減シタル差角ナリ。第七圖 DAB へ CAB ノ餘角ナリ。

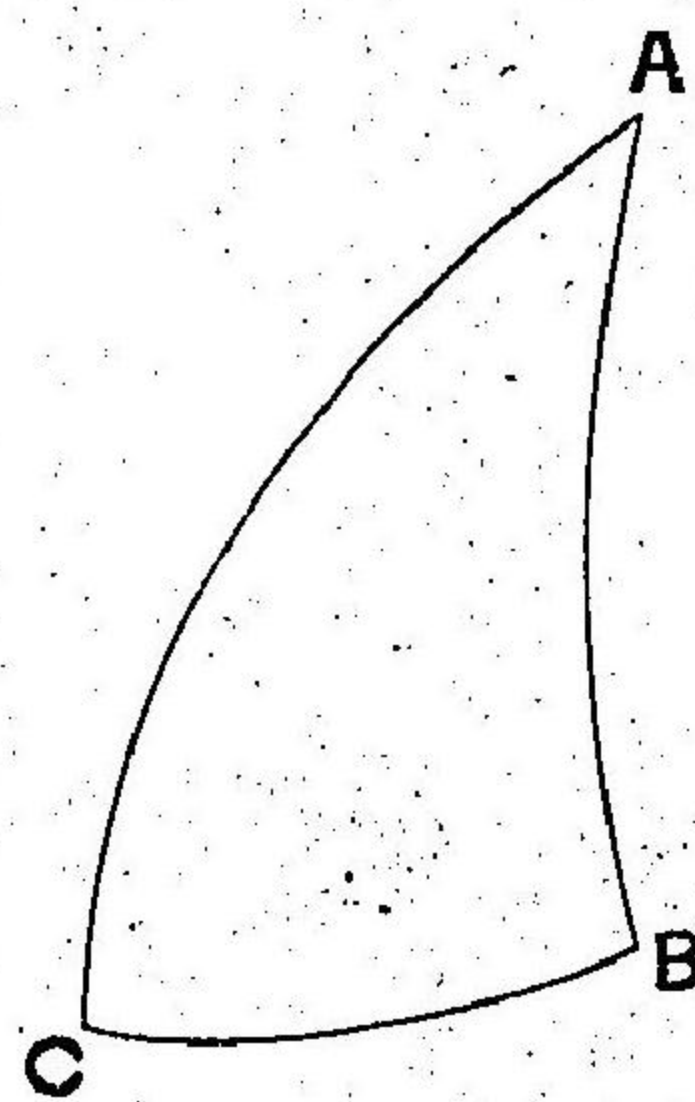
(12) 補角 The Supplement of an Angle へ百八十度

ヨリ一角ヲ減シタル差角ナリ○第七圖 BAG ハ CAB 之補角ナリ。

第七圖



第八圖



(13) 球面角 Spherical Angle ハ球面上ニ於テ其二
大圈相交ル所ノ挾角ナリ○第八圖 AB, AC ハ大圈ノ弧
ニシテ CAB ハ球面角ナリ。

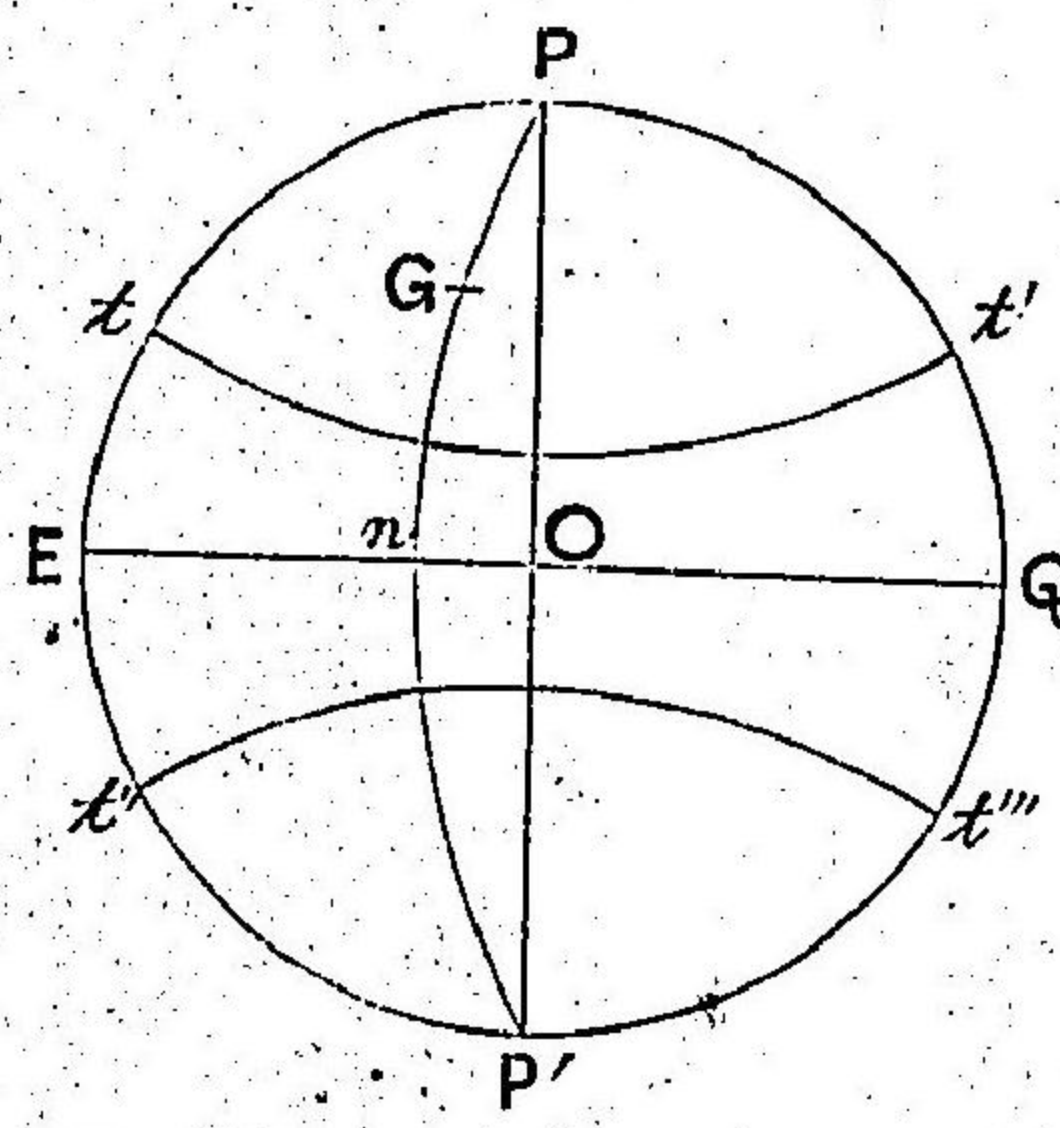
(14) 地軸 The Axis of the Earth ハ地球ノ南北ノ徑
ニシテ其自轉スル樞軸トナルモノナリ○第九圖 PP'。

(15) 地極 The Poles of the Earth ハ地軸ノ兩端ナ
リ即チ地球ノ北若クハ南ノ極點ニシテ一ヲ北極ト云ヒ一
ヲ南極ト稱ス而シテ之ヲ合稱シテ地極ト云フ○圖ヲ畫ク
ニハ北極ヲ上方ニシ南極ヲ下方ニスルヲ常トス故ニ第九
圖ニ於テ P ハ北極 North Pole P' ハ南極 South Pole ナ
リ。

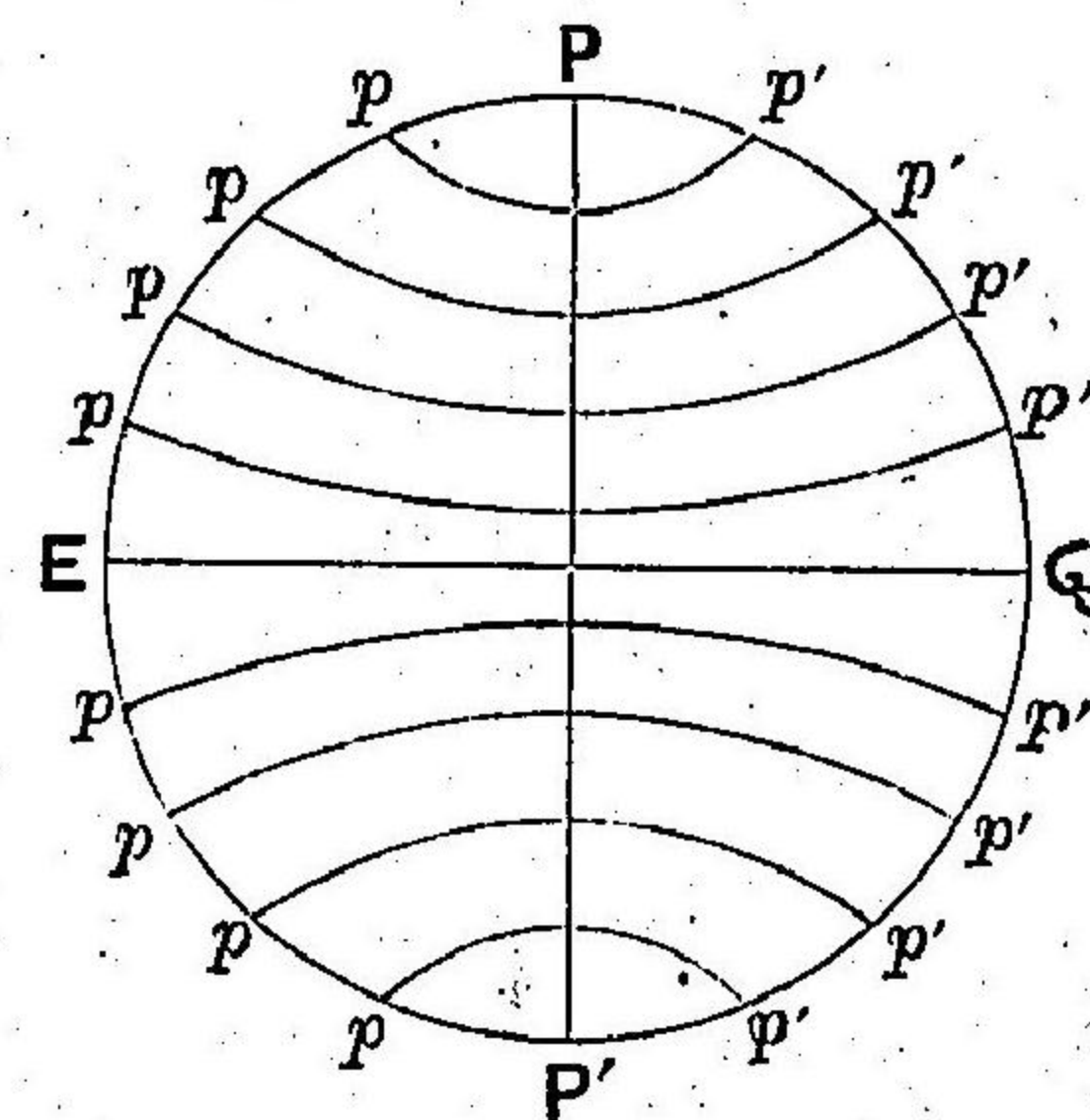
(16) 子午線 Meridian ハ地極ヲ貫キ皆チ赤道ト直角

ニ相交ル所ノ大圈ノ半分ナリ○第九圖 PEP', PnP', POP'。

第九圖



第十圖



(17) 本初子午線 The Prime Meridian ハ經度ヲ算ス
ル爲メニ特ニ定メタル基本ノ子午線ナリ○我國ニテハ英
國綠威 Greenwich 天文臺子午儀ノ中心ヲ經過スル子午
線ヲ以テ經度ノ本初子午線トス故ニ第九圖ニ於テ G ヲ
以テ綠威ノ地トスレバ PnP' ハ本初子午線ナリ。

(18) 赤道 The Equator ハ地球ノ面上ニ於テ其各點、
兩極ヨリ等距度ヲ有スル一大圈ニシテ各子午線ト直角ニ
交リ其面、地球ヲ北半球ト南半球トニ等分スルモノナリ○
第九圖 EQ。

410
10
490
2490
3450

(19) 距等圈 Parallels of Latitude ハ其面、赤道ノ面
ニ平行スル小圈ナリ○第十圖 pp'。

(20) 二至線 The Tropics ハ赤道ヲ距ルコト南北各二

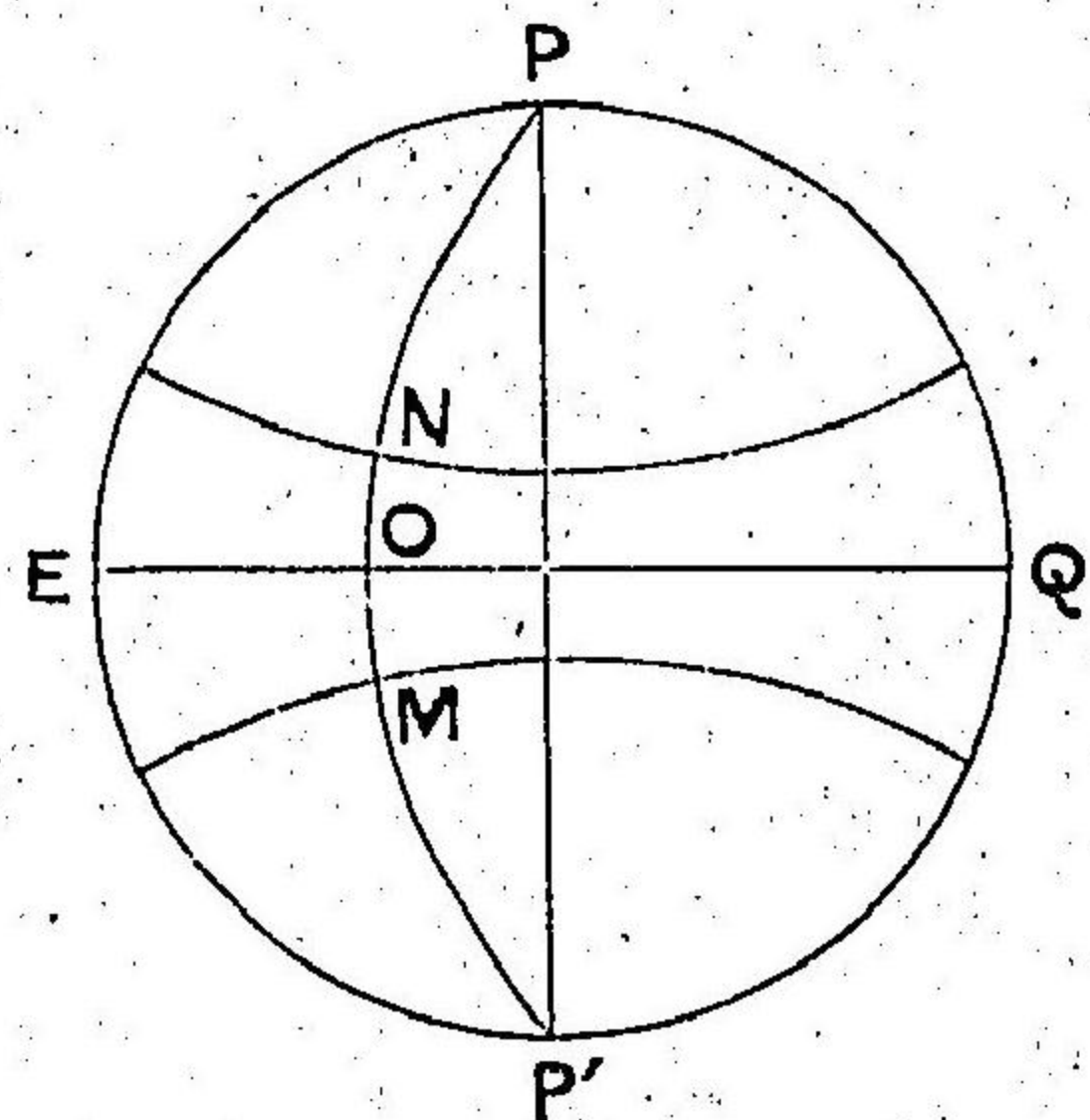
十三度二十八分ノ距等圈ニシテ北方ニ在ルヲ夏至圈 The Tropic of Cancer ト稱シ南方ニ在ルヲ冬至圈 The Tropic of Capricorn ト云フ第九圖 tt' ハ夏至圈 $tt'' t'''$ ハ冬至圈ナリ。

(21) 北極圈 Arctic Circle ハ北緯六十六度三十二分ノ距等圈ナリ。

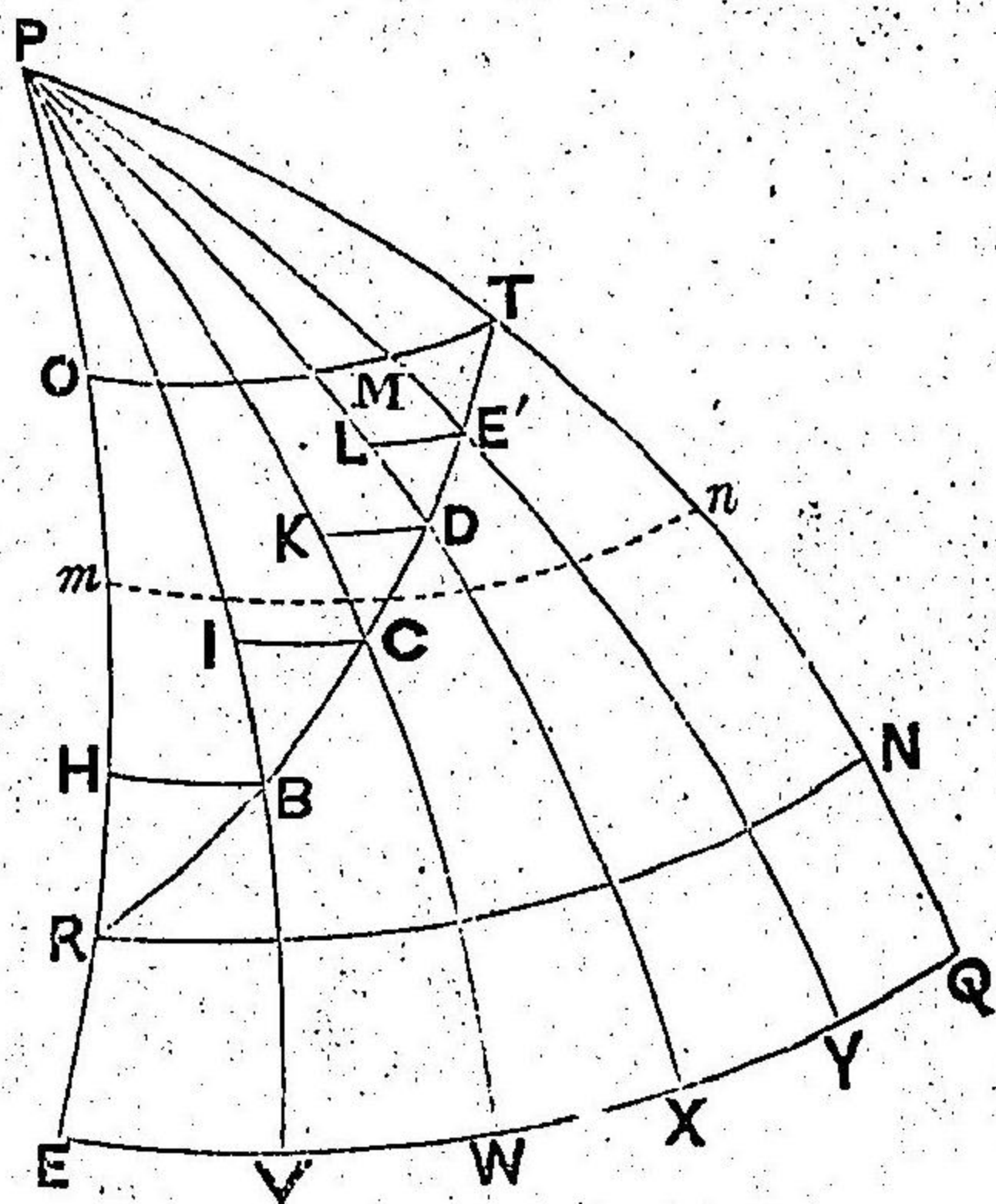
(22) 南極圈 Antarctic Circle ハ南緯六十六度三十二分ノ距等圈ナリ。

(23) 緯度 The Latitude of a place ハ赤道ヨリ北或ハ南ヘ度リタル其地ノ子午線ノ弧ナリ凡ソ緯度ハ赤道上ノ零ヨリ始マリ極ノ九十度ニ終リ北ニ度レバ北緯ト稱シ **N** ト符ス南ニ度レバ南緯ト稱シ **S** ト符ス第十一圖ノ **P** ハ

第十一圖



第十二圖



北極ナルガ故ニ **N** 地ノ緯度ハ **ON** ニシテ北緯ナリ又 **P'** ハ南極ナルガ故ニ **M** ノ緯度ハ **OM** ニシテ南緯ナリ。

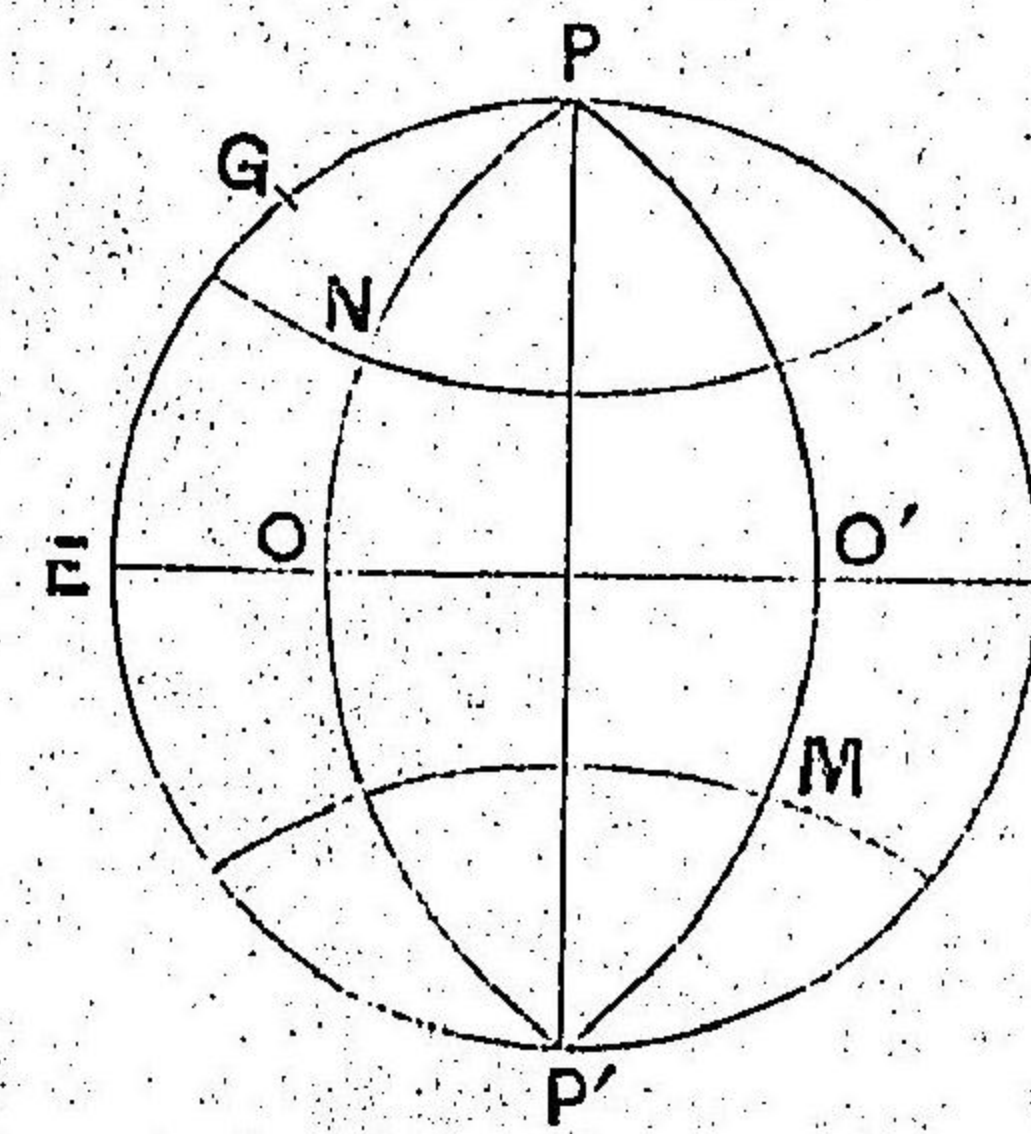
(24) 起程緯度 Latitude from or Lat. from ハ船ノ發スル地ノ緯度ナリ。

(25) 着達緯度 Latitude in or Lat. in ハ船ノ着達スル地ノ緯度ナリ第十二圖ニ於テ **P** ヲ北極、**EQ** ヲ赤道、**R** ヲ起程地、**T** ヲ着達地トスレバ **ER** ハ起程緯度ニシテ **QT** ハ着達緯度ナリ。

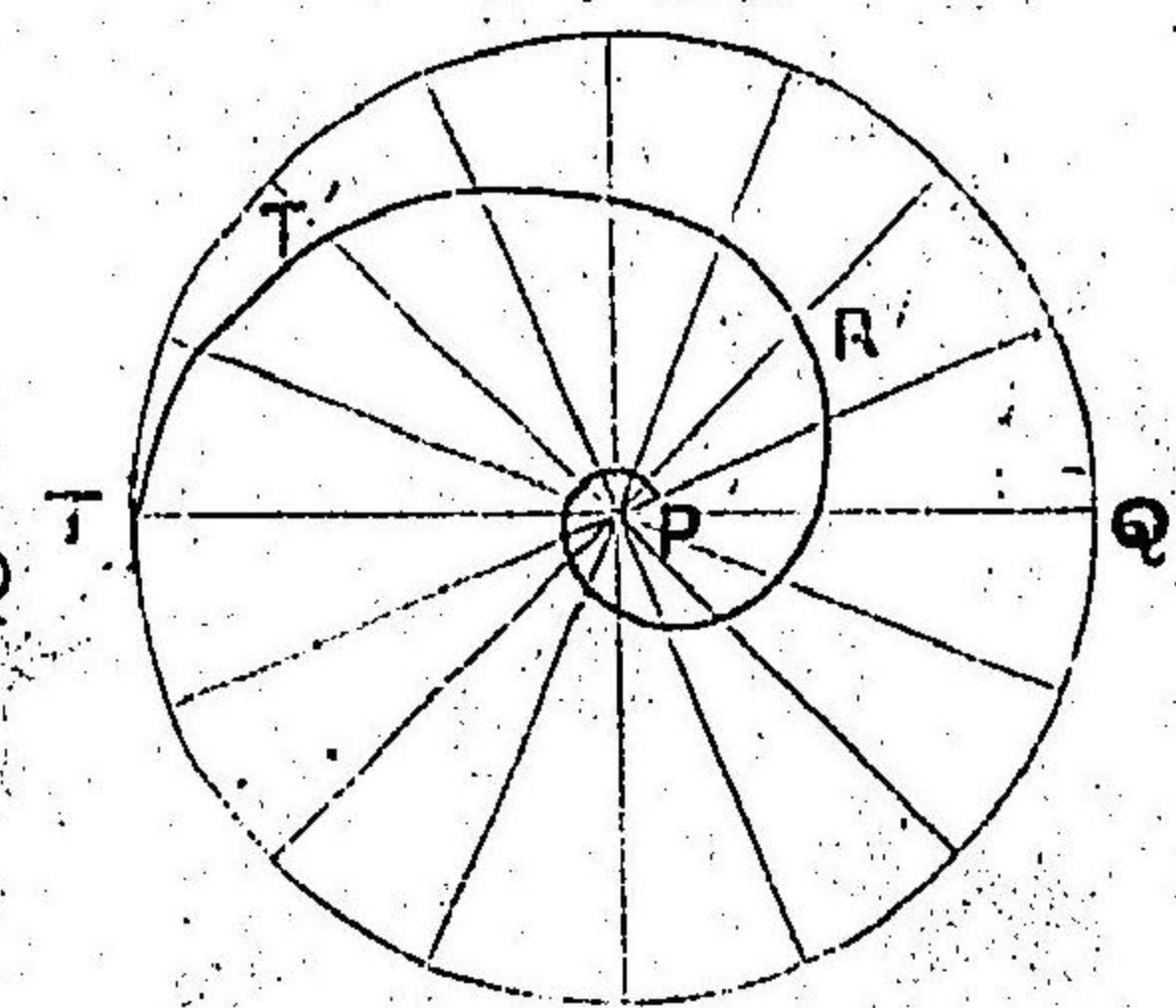
(26) 變緯 Difference of Latitude Between two places or Diff. Lat. ハ兩地ヲ貫ク距等圈間ノ子午線ノ弧ナリ第十一圖 **QN + OM** ハ **N** 及 **M** 間ニ於ケル變緯ナリ。

(27) 經度 The Longitude of a place ハ本地ノ子午線ト本初子午線トノ間ニテ度リタル赤道ノ弧ナリ○經度ハ本初子午線ヲ零トシ其東西各百八十度ニ至ル迄度リ東ニ度レバ東經ト稱シ **E** ト符ス西ニ度レバ西經ト稱シ **W** ト

第十三圖



第十四圖



符ス第十三圖ハ緯度ノ子午線ノ面ヲ圖シタルモノニシテ $PGEP'$ ハ本初子午線ナルガ故ニ N 地ノ緯度ハ赤道ノ弧 EO ニシテ M 地ノ緯度ハ EO' ナリ共ニ本初子午線ノ東方ニ在ルヲ以テ東經トス。

(28) 起程緯度 Longitude from or Long. from ハ船ノ發スル地ノ緯度ナリ第十三圖ニ於テ船 N ヨリ發シ M 至ルトスレバ EO ナリ。

(29) 着達緯度 Longitude in or Long. in ハ船ノ達スル地ノ緯度ナリ第十三圖 EO' 。

(30) 變經 Difference of Longitude or Diff. long. ハ兩地ノ子午線間ニ於テ度リタル赤道ノ弧ナリ第十二圖 EQ 及第十三圖 OO' 。

(31) 航程ノ線 Rhumb-line ハ船ノ航過スル航路ノ線ニシテ各子午線ト常ニ同一ノ角度ニ交ルモノナリ船舶ガ東又ハ西ニ航スルトキハ航程ノ線ハ赤道或ハ距等圈ト合シ北或ハ南ニ航スルトキハ子午線ト合ス其他ノ方向ナレバ絶エズ地極ニ近ヅキ螺旋狀ヲナス第十二圖 RT 及第十四圖 $TT'R$ 。

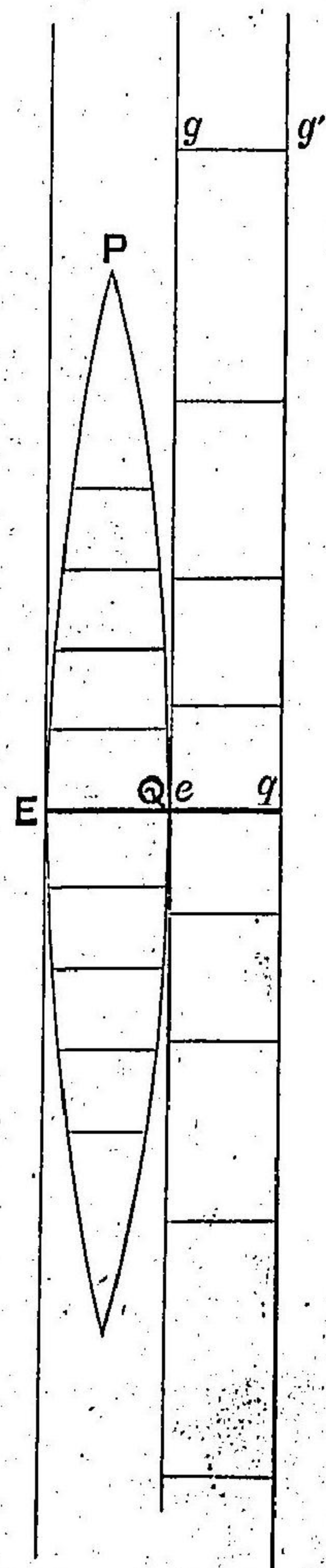
(32) 東西距 Departure or Dep. ハ同緯度ニ於ケル兩地間ノ距離ヲ海里ニテ表ハシタルモノナリ兩地ノ緯度相異ナルトキハ兩地ノ間ニ假設シタル無數ノ子午線ト航程ノ線ト相會スル各點ヲ貫キタル距等圈ノ細小ノ弧ヲ加ヘテ得タル和ヲ東西距トナス第十二圖ニ於テ $PV, PW, PX,$

PY ナル子午線ハ RT ナル航程ノ線ト B, C, D, E' ニ相會ス而シテ此等ノ點ハ甚ダ相近キモノトスレバ B, C 等ヲ貫ク HB, IC, KD, LE', MT ノ如

キ距等圈ノ小弧ノ和 $HB+IC+KD+LE'+MT$ ハ R 及 T ナル兩地間ノ東西距ナリ。

(33) 漸長緯度 Meridional Parts ハ赤道ヨリ既知之緯度ニ至ル迄眞變緯ノ一分毎ニ緯度ノ正割ノ比ニ從ヒ瑪氏圖 Mercator's Projection 上ノ子午線ノ長サヲ海里ニテ算シタルモノナリ例ヘバ第十五圖ニ於テ眞子午線 PE, PQ ヲ P 點ヨリ引離シテ eg, gq' ノ如ク互ニ平行セシムレバ距等圈ノ弧ハ伸長シテ之ニ相當スル赤道ノ弧ニ等シキニ至ル而シテ距等圈ノ弧ノミ伸長スルトキハ縱横ノ比例ヲ失スルヲ以テ距等圈ノ弧ヲ伸長シタルト同ク比例ニ從ヒ子午線ノ弧モ亦伸長セザル可ラズ此ノ如ク伸長シタル各緯度ノ壹度ノ長サヲ海里ニテ表ハシタルモノハ即チ漸長緯度ナリ。

第十五圖



(34) 漸長變緯 Meridional Difference of Latitude or M. D. lat. ハ真變緯ヲ伸長シタルモノニシテ即チ兩地ノ漸長緯度ノ差ナリ。

(35) 航程 Distance ハ起程地ヨリ着達地迄航程ノ線上ノ距離ヲ海里ニテ算シタルモノナリ。

(36) 磁氣子午線 Magnetic Meridian ハ鐵氣ノ感動ヲ受ケザル羅針ガ真子午線ニ關シテ指ス處ノ方向ナリ第十六圖 $Nt O St$ ハ真子午線ニシテ $Nm O Sm$ ハ磁氣子午線ナリ。

(37) 偏差 Variation of the Compass ハ真北ヲ基トシテ度リタル真子午線ト磁氣子午線トノ間ノ角ナリ偏差ハ地ニ由リテ差違アルノミナラズ時々刻々變化スルモノナリ。

羅針ノ北端、真北ヨリ右ニ傾クハ偏東ト云ヒ左ニ傾クハ偏西ト云フ第十六圖ニ於テ $Nt O Nm$ 角ハ四十度ニシテ偏西偏差ナリ。

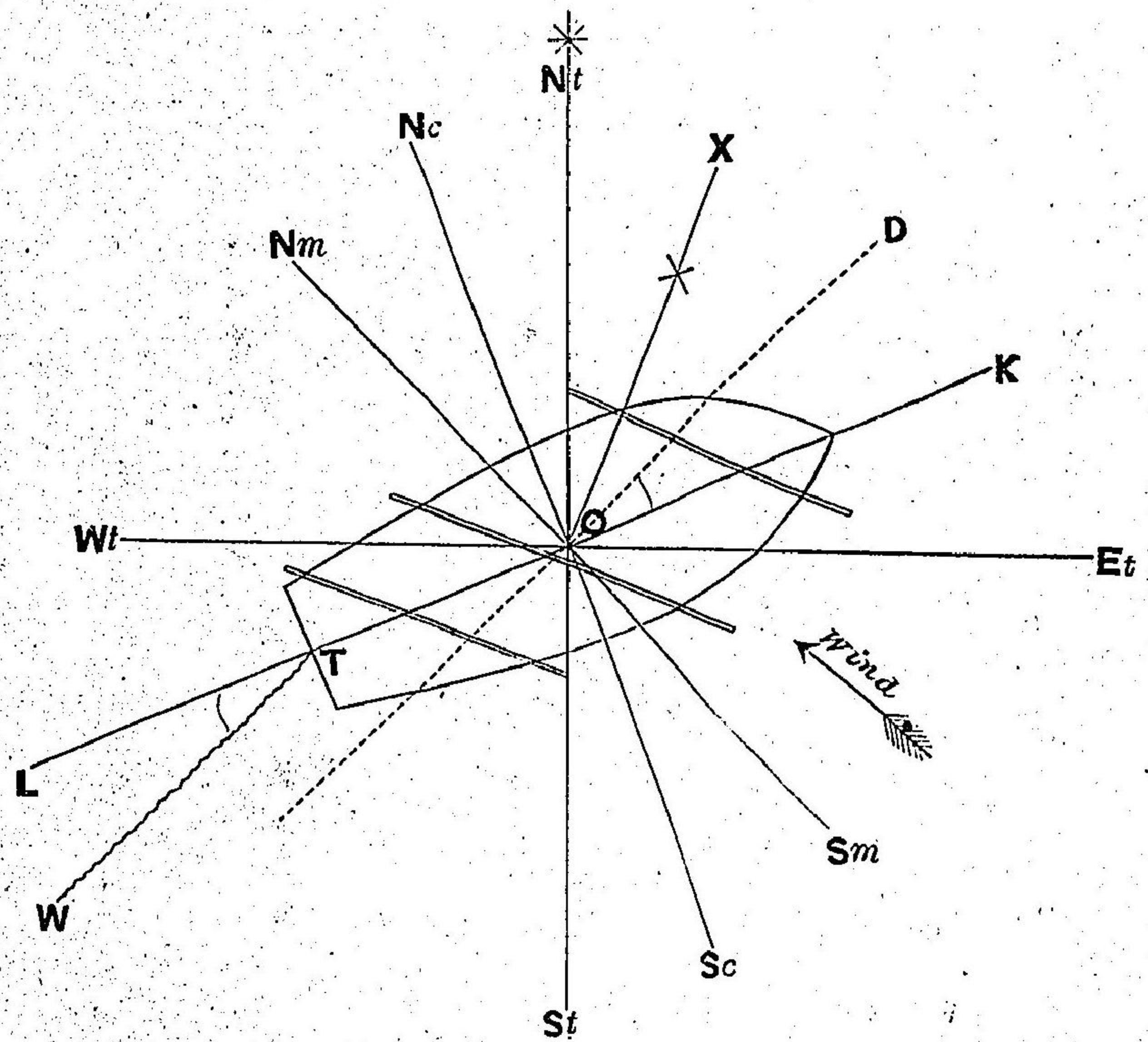
(38) 自差 Deviation of the Compass ハ羅針ノ附近ニ存在セル鐵氣ノ感動ヲ受ケタル羅針ノ南北線ガ磁氣子午線ニ對シテ爲ス若干ノ角ニシテ船首ノ方向ニ由リテ同ヲカラザルモノナリ。

羅針ノ北端、磁氣子午線ノ右ニ傾クハ偏東ト云ヒ左ニ傾クハ偏西ト云フ第十六圖ニ於テ $Nc O Sc$ ハ鐵氣ノ感動ヲ受ケタルトノ羅針ノ方向ニシテ $Nm O Sm$ ハ磁氣

子午線ナルガ故ニ $Nm O Nc$ 角ハ偏東自差ナリ。

(39) 羅針遠差 Error of the Compass or Compass Error ハ偏差ト自差トノ二合力ノ作用ニ因リ羅針ノ北

第十六圖



端、真北ヨリ東或ハ西ニ偏シタル角ナリ第十六圖ニ於テ $Nt O Nc$ 角ハ羅針遠差ナリ。

(40) 風壓差 Leeway ハ船ガ其側方ニ風ヲ受ケテ前進スルトキ漸次風下ノ方ニ壓流セラレ其航跡ト船首尾ノ直線トガ相交リテ爲ス處ノ角ナリ第十六圖ニ於テ $K O T$

ハ船首尾ノ直線、**WT** ハ航跡ニシテ **LTW** 或ハ **KOD** ハ風壓差ナリ。

(41) 眞針路 True Course ハ眞子午線ト船ノ眞ノ航跡トノ交角ナリ第十六圖ニ於テ **NOK** 角ハ眞針路ナリ。

(42) 磁針路 Magnetic Course ハ磁氣子午線ト船首尾線トノ交角ナリ第十六圖ニ於テ **NmOSm** ハ磁氣子午線ノ方向ニシテ **KO** ハ船ノ首尾線ナルガ故ニ **NmOK** ハ磁針路ナリ。

(43) 羅針路 Compass Course ハ羅針ト船首尾線トノ交角ナリ第十六圖ニ於テ **NcOSc** ハ羅針ノ方向ニシテ **KO** ハ船首尾線ノ方向ナルガ故ニ **NcOK** ハ羅針路ナリ。

(44) 視針路 Apparent Course ハ風壓差アルトキ眞子午線ト船首尾線ノ方向トノ交角ナリ第十六圖ニ於テ視針路ヲ北東微東トシ風ハ南東微南ヨリ來リ一點ノ風壓差アリトスレバ小箭ハ風向、**NtOK** ハ視針路、**NtOD** ハ眞針路ヲ顯ハスナリ。

(45) 直行眞針路 The True Course Made Good ハ眞子午線ト起程及着達ノ兩地點ヲ通過スル航程ノ線トノ交角ナリ。

(46) 直行磁針路 The Magnetic Course Made Good ハ磁氣子午線ト起程及着達ノ兩地點ヲ貫ク航程ノ線トノ交角ナリ。

(47) 直行羅針路 The Compass Course Made Good

ハ鐵氣ニ感動シタル羅針ノ方向ト起程及着達ノ兩地點ヲ貫ク航程ノ線トノ交角ナリ。

(48) 物体(或ハ場所)ノ眞方位 The True Bearing of an object or place ハ眞子午線ト物体及測士ヲ貫ク大圈トノ交角ナリ第十六圖ニ於テ **NOX** ハ物体 **X** ノ眞方位ナリ。

(49) 物体ノ磁針方位 The Magnetic Bearing or Correct Magnetic Bearing of an object ハ物体及測士ヲ貫ク大圈ト磁氣子午線トノ交角ナリ○第十六圖 **NmOX**。

(50) 物体ノ羅針方位 The Compass Bearing of an object ハ羅針ノ方向ト物体及測士ヲ貫ク大圈トノ交角ナリ○第十六圖 **NcOX**。

第 貳 編

對 數

3. 對數ノ補助ナケレバ複雑ナル數ノ計算ヲシテ簡易ナラシムルコト能ハズ是レ對數ハ乘法ヲ加法ニ除法ヲ減法ニ方乘法ヲ乘法ニ開法ヲ除法ニ變ズレバナリ。

4. 對數ハ指數 The Index 及小數 The Decimal part ノ貳部ヨリ成ル而シテ對數表ニハ唯小數 (之ヲ假數 Man-tisa ト云フ) ノミヲ載セ指數ヲ記サルガ故ニ表ヨリ假數ヲ取ルトキハ必ズ指數ヲ附加スベシ。

5. 全部若クハ一部ノ整數ノ指數ハ常ニ數字ノ個數ヨリ一個ヲ減タル正符 (+) ノ數ナレドモ若シ數字ノ全部、小數ヨリ成ラバ其指數ニハ負符 (-) ヲ配シ而シテ小數點ニ次ク數字ガ奇零 (0) ニ非ルトキハ常ニ 1 ニシテ奇零 (0) ナレバ 2、奇零貳個ナレバ 3 等ノ如ク小數點ニ次ク奇零一個毎ニ 1 ヲ増スモノトス。

眞數ヲ以テ對數ヲ求ムル法

6. 一字、二字、三字、或ハ四字ヨリ成レル眞數ノ對數ヲ求ムルニハ對數表ノ上欄ニ “No.” ト記シタル縱行ニ於テ既知ノ眞數ヲ求メ其右方ニ “Log.” ト記シタル縱

行ニテ既知ノ眞數ニ相對シタル假數 Decimal part or Mantisa ヲ取ルベシ。

眞數 578 之對數ヲ求メントスルトキハ航海表(松本安藏編成 第三版 航海表) 第壹表第三頁ニテ 578 ニ對スル假數 .761928 ヲ取り而シテ此眞數ハ三位ヨリ成レル整數ナルガ故ニ其指數ハ三ヨリ一ヲ減ジタルモノ即チ 2 ナルヲ以テ 578 之對數ハ 2.761928 ナリ又 6741 之對數ハ同法ニ依リ同表第二十頁ニテ .828724 ヲ取り之ニ指數 3 ヲ配ジタルモノ即チ 3.828724 ナル等ノ如シ。

7. 眞數四字以上ヨリ成リタル場合ニ於テハ前法ノ如ク最初ノ眞數四字ニ對スル假數ヲ取り次ニ第五番目ノ眞數ヲ最初眞數四字ノ假數ヲ取りタル行ノ同一區部ニ於テ各終尾ノ眞數即チ一位ノ數ニ合セテ其比例部ノ假數 “Proportional parts” ヲ取り之ヲ最初ノ眞數四字ニ對スル假數ノ直下ニ於テ各自上段ノ數字ト相揃ヘテ列記シ然ル後チ同法ニ依リテ第六番目ノ眞數ニ對スル比例部ノ假數ヲ取り之ヲ先キニ列記シタル比例部ノ數字ノ直下ニ於テ一字丈右方ヘ線ヲ寄セテ列記スル等自餘皆此ノ如ク列記シテ後チ數字ヲ悉ク相加ヘ而シテ五捨六入法ニ依リ所要ノ對數トシテ小數點以下第六位ニテ止ムベシ。

第五番目以下ノ數字若シ奇零ナルトキハ之ヲ其儘ニナシ置キ次ギノ比例部ノ數字ヲ一時ニ二字右方ヘ線寄セテ列記スベシ。

例 一

6234705 之對數如何

Decimal part of log. 6234 (p.18 Nautical Tables)	.794767
Proportional parts for 7	49
" 0	00
" 5	35
Decimal part of the required log.	<u>.79481635</u>
Prefixing the Index and cutting off the last two figures	<u>6.794816</u>

例 二

5784120 之對數如何

Decimal parts of log. 5784 (p.17 Nautical Tables)	.762228
Proportional parts for 1	08
" 2	15
" 0	00
Decimal parts of the required log.	<u>.76223750</u>
Prefixing the Index and cutting off the last two figures	<u>6.762237</u>

S. 壹ツノ眞數ニ對スル假數ハ、整数、整数ト小數トノ混成數或ハ純然タル小數ニ對シテモ皆同一ニシテ唯ダ其指數ヲ變ズルヲ異ナリトス。

例

眞 數	對 數
5784120	6.762237
578412.0	5.762237
57841.20	4.762237
5784.120	3.762237
578.4120	2.762237
57.84120	1.762237
5.784120	0.762237
.5784120	1 or 9.762237
.05784120	2 or 8.762237
.005784120	3 or 7.762237

注意。一航海術ノ計算ニ於テハ常ニ正符ヲ用フルガ故ニ 1, 2, 3 等ノ如キ指數ハ 10 ヲ加ヘテ 9, 8, 7 等トナスヲ普通トス。

下ニ記スル眞數ノ對數各如何。

1. 6	11. 55300.017
2. 34	12. 86430000
3. 420	13. 3
4. 7.856	14. 47
5. 38270	15. 50
6. 5	16. 100
7. .065	17. 275
8. .0013	18. 8360
9. .00000671	19. 57.29
10. 2.340401	20. 365.74

21.	1.0009	33.	32636.04
22.	75230	34.	.57
23.	62.7014	35.	.049
24.	175.008	36.	.0036
25.	23002.7	37.	.001204
26.	164.3019	38.	.006728
27.	21550.007	39.	.00028041
28.	23460	40.	.0000753
29.	3.409	41.	.0346009
30.	7.5	42.	.075604
31.	163.45	43.	.3670007
32.	704.009		

答

1.	0.778151	16.	2.000000
2.	1.531479	17.	2.439333
3.	2.623249	18.	3.922206
4.	0.895201	19.	1.758079
5.	4.582858	20.	2.563173
6.	1.698970	21.	0.000389
7.	2.812913	22.	4.876391
8.	3.113943	23.	1.797277
9.	6.826723	24.	2.243058
10.	0.369290	25.	4.361779
11.	4.742725	26.	2.215643
12.	7.936664	27.	4.333447
13.	0.477121	28.	4.370328
14.	1.672098	29.	0.532627
15.	1.698970	30.	0.875061

31.	2.213385	38.	7.827886-10
32.	2.847578	39.	6.447793-10
33.	4.513697	40.	5.876795-10
34.	9.755875-10	41.	8.539087-10
35.	7.556303-10	42.	8.878545-10
36.	8.690196-10	43.	9.564667-10
37.	7.080626-10		

對數ヲ以テ眞數ヲ求ムル法

9. 對數ヲ以テ眞數ヲ求ムルニハ下ノ如クナスベシ。

對數表ノ“Log.”ト記シタル行ニ於テ既知ノ假數ヲ試索シ而シテ既知ノ假數ニ符合セルモノアラバ直チニ其眞數ヲ取リ然ル後チ指數ノ正符又ハ負符ニ從フテ小數點ヲ附スベシ。

表ヨリ取リタル眞數ノ字數若シ不足シタル場合ニ於テハ正符ノ指數ナラバ必要ニ從ヒ眞數ノ右方ヘ奇零(0)ヲ附シ負符ノ指數ナラバ最初ニ奇零ト小數點トヲ以テ一位ヲ表ハシ其右方ニ續キテ指數ノ字數 丈奇零ヲ附スベシ。

10. 既知之假數ニ符合シタルモノナキトキハ其次ノ少ナキ假數ヲ求メ之ヲ既知ノ假數ヨリ減シ其差ヲ比例部ニテ求メ符合セルモノアラバ直チニ之レニ對スル一位ノ眞數ヲ取リ又若シ符合セルモノナキトキハ其次ノモノトノ差ト其眞數トヲ取リ此差ニ奇零一個ヲ附シ復タ之ヲ

比例部ニテ索メ其真數ヲ取リ之ヲ先キニ取リタル真數ノ
 右方ニ附加スル等必要ニ從ヒ幾回ニテモ此ノ如クナス
 ベシ。

例 一

6.199730 ノ真數如何。

Given log.	6.199730	Nat. No.
Next less ....	.199481	1583
Difference	249	
In proportional parts ...	247	... 9
Difference ...	20	
In proportional parts ...	00	... 0
Difference ...	200	
In proportional parts ...	192	... 7
Difference ...	80	
In proportional parts ...	55	... 2
Difference ...	250	
In proportional parts ...	247	... 9
Required Nat. No. to the nearest unit	1583907.3	

例 二

6.355236 ノ真數如何。

Given logarithm ...	6.355236	
Next less ...	068	2265
Diff. ...	168	
In proportional parts ...	154	... 8
Diff. ...	140	
In proportional parts ...	134	... 7
Diff. ...	60	

In proportional parts...	58	... 3
Diff. ...	20	
In proportional parts...	19	... 1
	1	
Required Nat. No. to the nearest unit	2265873.1	

下ニ記スル對數ヲ以テ真數ヲ求ム但小數點以下五位迄表ハスベシ。

對 數	真 數
1. 3.674517	1. 4726.25432
2. 1.474508	2. 29.82000
3. 0.468810	3. 2.94313
4. 9.468680-10	4. 0.29422
5. 8.753522-10	5. 0.05669
6. 7.874540-10	6. 0.00749

下ニ記スル對數ヲ以テ真數ヲ求ム但小數壹位迄トス。

對 數	真 數
1. 0.113943	1. 1.3
2. 1.791480	2. 61.9
3. 2.724931	3. 530.8
4. 6.490379	4. 3093000
5. 5.820006	5. 660703
6. 4.875003	6. 74990
7. 1.432488	7. 0.3 (五拾六入)
8. 2.715339	8. 0.0 "
9. 4.934550	9. 0.0 "
10. 3.203577	10. 1598

11. 2.145818	11. 139.9
12. 1.700271	12. 50.1
13. 0.715920	13. 5.2
14. 0.004382	14. 1.0
15. 4.681484	15. 48026.9
16. 5.690196	16. 490000
17. 6.148900	17. 1408958
18. 7.040203	18. 10769880
19. 4.806044	19. 63980
20. 5.175801	20. 149899.6
21. 6.531481	21. 3400015.5
22. 7.000435	22. 10010023.2
23. 5.361917	23. 230100
24. 4.041393	24. 11000
25. 6.049606	25. 1121000
26. 0.000434	26. 1.001
27. 3.670154	27. 4679
28. 7.276003	28. 18880043.5
29. 5.380032	29. 239901.1

乗 法

11. 對數ニ依リテ兩數ノ相乘積ヲ求ムルニハ乘セ
トスル眞數ノ對數ヲ相加フレバ其和ノ眞數ハ即チ所要ノ
乘積ナリ而シテ今乘セントスル數ノ一ツ或ハ兩方トモ小
數ニシテ其兩指數ノ和 10 以上トナラバ 10 ヲ減シ其殘
リヲ以テ乘積ニ適シタル對數ノ指數トナスベシ。

例 一

15 × 23 ノ乘積ハ如何.

Multiply ...	15	log.	1.176091
by ...	23	„	1.361728
Product ...	345	log.	2.537819

例 二

309.325 × 0.00014 ノ乘積如何.

Multiply ...	309.325	log.	2.490415
by ...	0.00014	„	6.146128
Product ...	0.0433055	log.	8.636543 - 10

例 三

58 × 203.6 ノ乘積如何.

Multiply ...	58	log.	1.763428
by ...	203.6	„	2.308778
Product ...	11808.8	log.	4.072206

例 四

250 × 500 ノ乘積如何.

Multiply ...	250	log.	2.397940
by ...	500	„	2.698970
Product ...	125000	log.	5.096910

例 五

0.61 × 31.005 ノ乘積如何.

Multiply ...	0.61	log.	9.785330
by ...	31.005	„	1.491432
Product ...	18.91305	log.	1.276762

例 六

0.0937 × 4854 ノ乗積ヲ求ム.

Multiply...	...	0.0937	log.	8.971740
by	...	4854	„	3.686100
Product	...	454.8196	log.	2.657840

注意. 一整数ト整数トヲ乗ゼバ其積ハ整数ニシテ小数ヲ小数ニ乗ゼバ其積ハ小数ナリ然ルニ整数ト小数トヲ相乗シテ其積ノ對數之指數 10 以上 (此場合ニ於テハ 10 ヲ控除ス) トナラバ其積ハ整数ヲ有ス又指數若シ 10 以下ナラバ答ハ小数ナリ.

下ニ記スル數ノ乗積各如何.

1. 479 × 41
2. 4672 × 5
3. 1037.5 × 269
4. 35890 × 10
5. 16.536 × 42.90
6. 12.45 × 3.84
7. 7.5642 × 279.008
8. 2.3467 × 123.006
9. 164.3019 × 21550.007
10. 356.8 × .0167
11. .001204 × .006728
12. 32415.5 × .0002
13. .046009 × .00028041
14. .1000012 × .00259
15. 100 × .005

16. 7642.005 × 3.26507
17. 999999 × .1
18. .0867 × 235.6004
19. .98421 × .234
20. .00765 × .23461
21. 28550 × .0444
22. 30000000 × .00765
23. 2.36 × 19.742 × .3897
24. 104.26 × .018 × 95.41 × .8

答

- | | |
|------------------|---------------|
| 1. 19639 | 13. 0.0000129 |
| 2. 23360 | 14. .0000259 |
| 3. 279087.7 | 15. 0.5 |
| 4. 358900 | 16. 24951.47 |
| 5. 709.3934 | 17. 99999.9 |
| 6. 47.808 | 18. 20.426 |
| 7. 2110.47 | 19. 0.2303 |
| 8. 288.658 | 20. 0.001795 |
| 9. 3540707.09 | 21. 1267.618 |
| 10. 5.958554 | 22. 229500 |
| 11. 0.0000081005 | 23. 18.15656 |
| 12. 6.4831 | 24. 143.2433 |

除 法

12. 實 Dividend ノ對數ヨリ法 Divisor ノ對數ヲ減シテ得タル差ハ即チ商 Quotient ノ對數ナルヲ以テ之ヲ真數ニ更ムベシ若シ法ノ指數、實ノ指數ヨリ大ナルトキハ實ノ指數 = 10 ヲ加ヘ然ル後チ實ヨリ法ヲ減ズベシ.

例 一

900 ÷ 19.8 ノ商ヲ求ム.

Divide ...	...	900	log.	2.954243
by ...	...	19.8	log.	1.296665
Quotient ...	...	45.4	log.	1.657578

例 二

34.272 ÷ 0.0056 ノ商ハ如何.

Divide...	...	34.272	log.	1.534939
by ...	...	.0056	log.	7.748188
Quotient ...	...	6120	log.	3.786751

例 三

87.98 ÷ .013 ノ商ハ如何.

Divide ...	...	87.98	log.	1.944384
by ...	...	.013	log.	8.113943
Quotient ...	...	6767.7	log.	3.830441

例 四

1746 ÷ .009 ノ商ハ如何.

Divide...	...	1746	log.	3.242044
by ...	...	.009	log.	3.954243
Quotient ...	...	193999.3	log.	5.287801

例 五

1059 ÷ 70.6 ノ商如何.

Divide...	...	1059	log.	3.024896
by ...	...	70.6	log.	1.848805
Quotient ...	...	15	log.	1.176091

例 六

0.087312 ÷ .642 ノ商ヲ求ム.

Divide...	...	0.087312	log.	8.941074
by ...	...	.642	log.	9.807535
Quotient ...	...	.136	log.	9.133539

例 七

493.5 ÷ 125 ノ商ヲ求ム.

Divide...	...	493.5	log.	2.693287
by ...	...	125	log.	2.096910
Quotient ...	...	3.948	log.	0.596377

例 八

.06 ÷ 247.5 ノ商ヲ求ム.

Divide...	...	.06	log.	8.778151
by ...	...	247.5	log.	2.393575
Quotient ...	...	.000242	log.	6.384576

例 九

.0056 ÷ .025 ノ商ヲ求ム.

答

.224

例 十

.00275 ÷ .0575 ノ商ヲ求ム.

答

.04782

例 十 一

64468 ÷ .008 ノ商ヲ求ム.

答

8058500

下ニ記スル諸數ノ商各如何.

- | | |
|--|-----------------|
| 1. 32636.04 | ÷ 704.009 |
| 2. 687.31 | ÷ 2.34 |
| 3. 45.2 | ÷ .005 |
| 4. 985.712 | ÷ .0056 |
| 5. 9.23 | ÷ 2.001 |
| 6. .64238 | ÷ 0.026 |
| 7. 99 | ÷ .0000745 |
| 8. 35161.9 | ÷ 34.24 |
| 9. .746202 | ÷ .52496 |
| 10. 197.65773 | ÷ .00139 |
| 11. 35 | ÷ 34.24063 |
| 12. 9 | ÷ 874303 |
| 13. 16192.2 | ÷ .01086 |
| 14. 1.3 | ÷ .000000290009 |
| 15. .001 | ÷ 1000 |
| 16. .000876 | ÷ .0000438 |
| 17. .012 | ÷ .009847 |
| 18. .76591 | ÷ .13 |
| 19. 198.79 | ÷ 3.46 |
| 20. 2.13 × 856.4 | ÷ .087 |
| 21. .00175 × 3872.4 | ÷ 7.69 × .0432 |
| 22. 8.32 × .096 × 248.109 ÷ 1.74 × 23.42 × 148.6 | |

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| 23. 100.108 × .36749 | ÷ .00984 × 468.06 |
| 24. .0756 × .00998 × .247 | ÷ .0001 × .0137 × .142 |

答

- | | |
|--------------|----------------|
| 1. 46.4 | 13. 1490994.4 |
| 2. 293.7 | 14. 44826195.0 |
| 3. 9040 | 15. 0.0 |
| 4. 176016.2 | 16. 20 |
| 5. 4.6 | 17. 1.2 |
| 6. 24.7 | 18. 5.9 |
| 7. 1328856.7 | 19. 57.4 |
| 8. 1026.9 | 20. 20967.1 |
| 9. 1.4 | 21. 20.4 |
| 10. 142199.8 | 22. .03 |
| 11. 1.0 | 23. 8 |
| 12. 0.0 | 24. 957.9 |

方 乘 法

13. 一數ヲ自乘センニハ其對數ニ方乘ノ指數ヲ
乘ズベシ其積ハ即チ所要眞數ノ對數ナリ.

例 一

30.03 ヲ二乗セバ如何.

30.03 log. 1.477555

2

901.8 log. 2.955110

答

901.8

例 二

(0.3003)² ハ如何.

.3003 log. 9.477555

2

.09018 log. 18.955110

答

.09018

例 三

(30.03)³ ハ如何.

30.03 log. 1.477555

3

27081 log. 4.432665

答

27081

例 四

(0896)⁵ ハ如何.

.08967 log. 2.952647

5

.000005797 log. 6.763235

答

.000005797

例 五

(.1039)⁹ ハ如何.

.1039 log. 1.016615

9

.00000001411 log. 9.149535

答

.00000001411

例 六

(.367)¹³ ハ如何.

.367 log. 1.564666

13 13

13 1.694998

5.64666

13 + 7.340658

.000002191 or, log. 6.340658

答

.000002191

開 方

14. 開方ハ方乗ノ反對ナリ即チ根ノ指數ヲ以テ既知眞數ノ對數ヲ除スベシ其商ハ所要根ノ對數ナリ.

例 一

√256 ハ如何.

256 log. 2.408240 | 2
16 log. 1.204120 |

答

16

例 二

$\sqrt{10816}$ 如何.

10816	...	...	log.	$\frac{4.034066}{2}$	|	2
104	...	...	log.	$\frac{2.017033}{2}$	|	2

答

104

例 三

$\sqrt[3]{42875}$ 如何.

42875	...	...	log.	$\frac{4.632204}{3}$	|	3
35	...	...	log.	$\frac{1.544068}{3}$	|	3

答

35

例 四

$\sqrt[5]{9.618}$ 如何.

9.618	...	...	log.	$\frac{0.983085}{5}$	|	5
1.573	...	...	log.	$\frac{0.196617}{5}$	|	5

答

1.573

例 五

$\sqrt[7]{234.68}$ 如何.

234.68	...	...	log.	$\frac{2.370476}{7}$	|	7
2.181	...	...	log.	$\frac{0.338639}{7}$	|	7

答

2.181

例 六

$\sqrt[3]{.004913}$ 如何.

.004913	...	...	log.	$\frac{3.691437}{3}$	|	3
.17	...	...	log.	$\frac{1.230479}{3}$	|	3

答

.17

例 七

$\sqrt[3]{.06174}$ 如何.

.06174	...	...	log.	$\frac{2.790567}{3}$	|	3
.3952	...	...	log.	$\frac{1 + .596356}{3}$	|	3

答

.3952

例 八

$\sqrt[5]{.007652}$ 如何.

.007652	...	...	log.	$\frac{3.883775}{5}$	|	5
.3774	...	...	log.	$\frac{1 + .576755}{5}$	|	5

答

.3774

問 題

下ニ記スル數ノ根ヲ求ム.

1. $\sqrt[3]{306.25}$

2. $\sqrt[3]{46.656}$
3. $\sqrt[3]{.002435}$
4. $\sqrt[3]{12167000}$
5. $\sqrt[3]{.000000020.07152}$
6. $\sqrt{20675}$
7. $\sqrt{769.52}$
8. $\sqrt[3]{46976482}$
9. $(91.543)^2 \times \sqrt[3]{8794.027}$
10. $\sqrt{\frac{4682}{99 \times 37987}}$
11. $\frac{\sqrt{8794.08}}{\sqrt[3]{276509}}$

答

- | | |
|-----------|-------------|
| 1. 17.5 | 7. 27.74 |
| 2. 3.6 | 8. 777.4 |
| 3. .30012 | 9. 172974.6 |
| 4. 280 | 10. .03528 |
| 5. .08 | 11. 1.439 |
| 6. 143.8 | |

注意一航海術ノ計算ニ使用スル對數表ノ假數ハ普通六位ヨリ成ルヲ以テ前項ニ與ヘタル問題ノ答案ハ四位若クハ五位ヲ超過セバ多少ノ誤違ヲ生ズベシ。

海航術ノ計算ヲナスニ當リ對數ヲ加フルハ諸項ノ眞數ヲ相乗シ對數ヲ減ズルハ眞數ノ除法ヲ行フモノナリ故ニ諸項ノ一ツガ奇零(0)ナルトキハ特ニ此一事ヲ記憶シ置クヲ要ス。

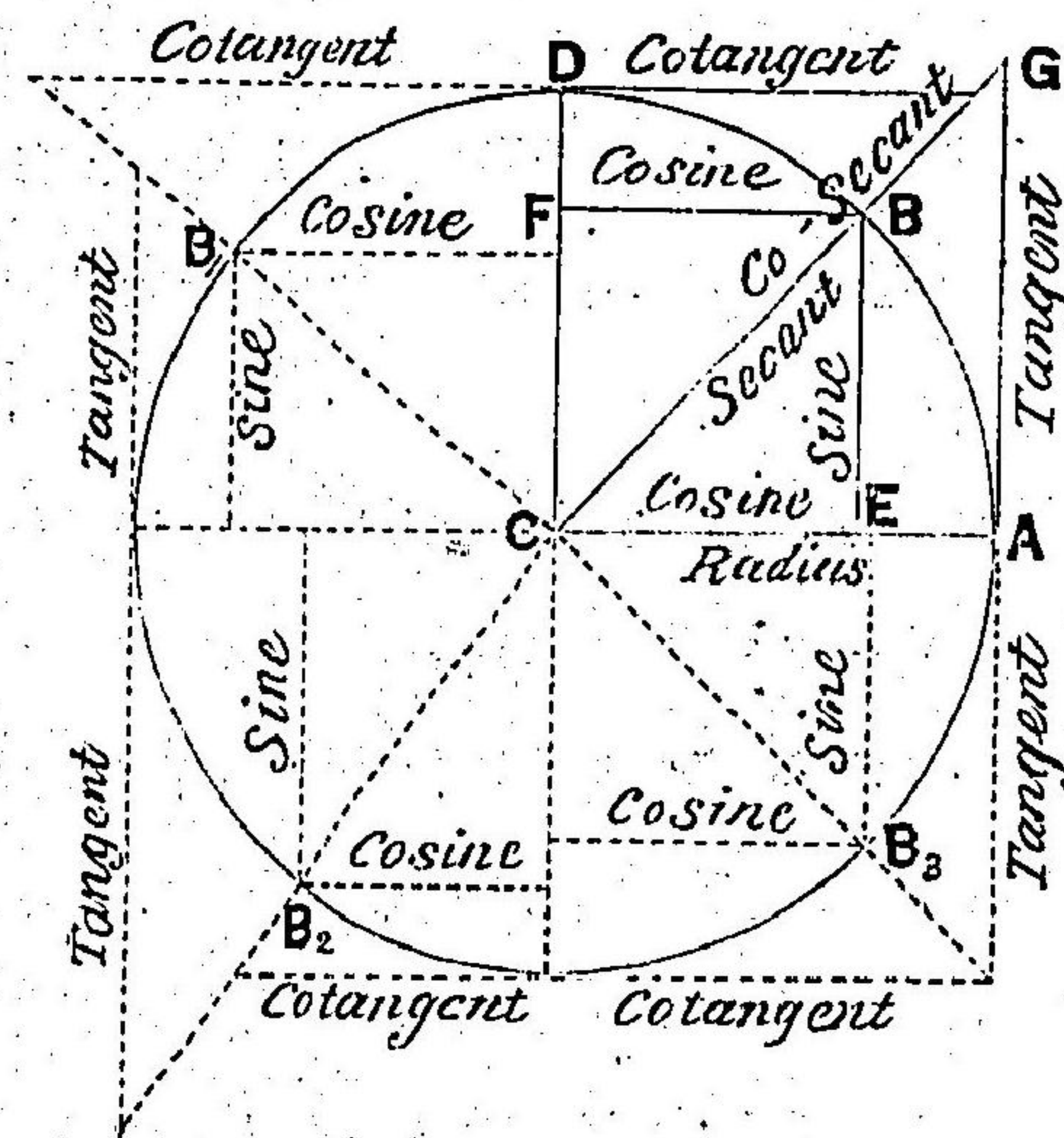
第 參 編 三 角 形 ノ 解 法

15. 三角比 Trigonometrical Ratios.

三角比ヲ正弦 Sines, 正切 Tangents, 正割 Secants, 正矢 Versines, 餘弦 Cosines, 餘切 Cotangents, 餘割 Cosecants 及餘矢 Coversines トス。

上ニ示シタル八線ノ性質ヲ了解スルニハ圓及線ノ幾何學的關係ヲ論究セザル可ズ(第十七圖參觀)。

第十七圖。



八線ノ幾何學的界説

(1) 正弦ハ弧ノ一端ヨリ他ノ一端ヲ通過スル半徑ニ垂直ニ引キタル線ニシテ必ズ常ニ圓内ニ在ルモノナリ (第十七圖 EB)

(2) 正切ハ半徑ノ端ニ於ケル垂直線ニシテ圓ニ接觸ス (同圖 AG)

(3) 正割ハ中心ヨリ正切ニ會スル一線ニシテ圓周ヲ切斷ス (同圖 CG)

(4) 正矢ハ弧ノ初メノ一端ト正弦ノ下端トノ間ニ挾マシタル直線 (同圖 EA)

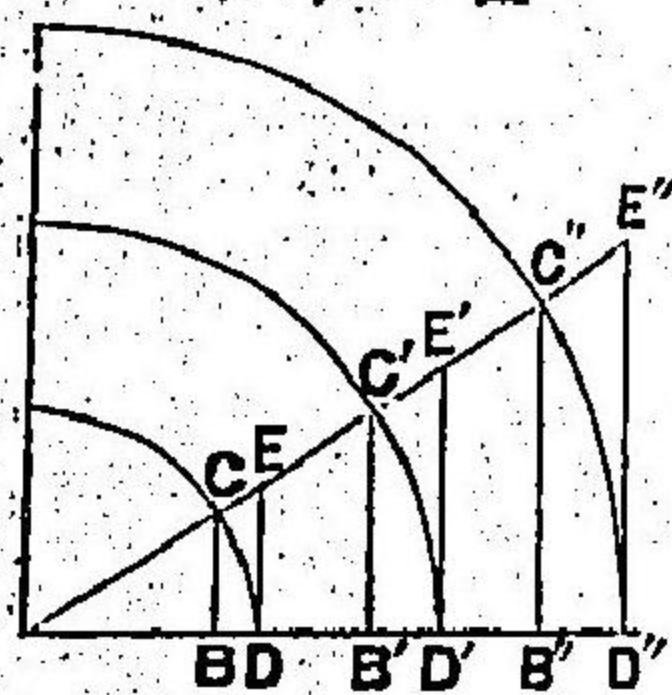
(5) 餘弦、餘切、餘割及餘矢ハ各自 AB ノ餘弧ナル BD 弧ノ正弦、正切、正割及正矢ナルコトヲ知ルベシ而シテ CE ハ FB ニ等シ故ニ CE ハ ACB 角ノ餘弦ナリ但 AB 及 BD ノ弧ハ各自 ACB 及 BCD ノ角ヲ度ルモノナリ。

角或ハ弧ガ ACB, ACB, ACB, ノ如ク 90° ヲ超過スルトキニモ同一ノ界説ヲ適用ス。

圓ハ同一ノ中心ヨリ半徑ノ長短ニ應テテ大小種々ノモノヲ畫クヲ得ルガ故ニ其大小ハ宛モ正弦、正切等ノ眞價ニ對シテ影況ヲ及スガ如ク見ユベシ然レドモ圓ノ半徑ハ常ニ 1 ニシテ三角比ハ圓ノ大小ニ由リテ變ズルモノニ

非ズ而シテ此等ノ比ハ正弦等ノ眞價ヲ顯スヲ以テ圓ノ大

第十八圖



小ハ其眞價ニ關係ヲ有セザルコト明ナリ第十八圖ニ於テ CB ハ C'B' 或ハ C''B'' ト其眞價ヲ同フシ正切 ED ハ E'D' 或ハ E''D'' ト同一ノ價ヲ有ス。

第十七圖ハ一見以テ下ノ關係ヲ示スベシ。

(1) 角度減少スレバ正弦ハ減少シ而シテ零度 (0°) ノ角ニ對スル正弦及正切ハ各自零 (0) ニシテ正割ハ半徑即チ 1 ニ減少ス。

(2) 角増加セバ正弦ハ漸次ニ増大シテ終ニ角九十度ニ至ラバ半徑即チ 1 トナリ而シテ此場合ニ於テハ正切ト正割トハ互ニ相平行スルニ至ルヲ以テ無限大トナルナリ。

同法ニ由リ 0° ノ餘弦ハ半徑即チ 1 ニ等シク角九十度ニ増加スルニ至ラバ餘弦ハ終ニ 0 トナリ餘切ハ 0° ニ對シテハ無限大ニシテ九十度ヲラバ 0 ナリ而シテ 0° ノ餘割ハ無限大ニシテ九十度ニハ 1 ナリ但無限大ヲ顯ハスニハ ∞ ノ符ヲ以テス。

要 略

$$\begin{array}{l}
 0^\circ \text{ ナラバ } \left\{ \begin{array}{l} \sin. = 0; \tan. = 0; \sec. = 1 \\ \cos. = 1; \cot. = \infty; \operatorname{cosec}. = \infty \end{array} \right. \\
 90^\circ \text{ ナラバ } \left\{ \begin{array}{l} \sin. = 1; \tan. = \infty; \sec. = \infty \\ \cos. = 0; \cot. = 0; \operatorname{cosec}. = 1 \end{array} \right.
 \end{array}$$

地平徑ノ上方ニ在ル正弦ヲ (+) plus ト命ツ下方ニ在ルヲ (-) minus トス之ニ由リ 0° ト 180° トノ間ノ角ノ正弦ハ (+) 符ニシテ 180° ト 360° トノ間ノ角ノ正弦ハ (-) 符ナリ (第十七圖參觀)。

餘弦ハ垂直徑ノ右方ニ在ルヲ (+) ト命ツ其左方ニ在ルヲ (-) トス故ニ 0° ト 90° 及 270° ト 360° トノ間ニ於ケル諸角ノ餘弦ハ (+) ナリ然ルニ 90° ト 270° トノ間ニ在ル角ノ餘弦ハ (-) ナリ (第十七圖參觀)。

正切、餘切、正割及餘割ノ符號 (+ 及 -) ハ其圖中ノ位置ヨリスルニ非ズ左ノ關係ニ因リテ決スルモノナリ。

$$\text{Tan.} = \frac{\text{sin.}}{\text{cos.}}, \quad \text{cot.} = \frac{\text{cos.}}{\text{sin.}}, \quad \text{sec.} = \frac{1}{\text{cos.}}, \quad \text{cosec.} = \frac{1}{\text{sin.}}$$

故ニ正弦及餘弦ガ共ニ (+) ナルカ若クハ (-) ナレバ正切及餘切ハ皆 (+) ナリ然レドモ其壹ガ (+) ニシテ他ノ壹ガ (-) ナレバ正切及餘切ハ (-) ナリ。

正割ハ餘弦ト同一ノ符號ヲ有ス。

餘割ハ正弦ト同一ノ符號ヲ有ス。

航海術ノ問題ニ於テハ 180° 以上ノ角ヲ使用スルコトナキヲ以テ 0° ヨリ 180° ニ至ル三角比ノ符號ヲ暗記シ置クヲ要スルノミナリ即チ 90° 迄ノ三角比ノ符號ハ總テ正符 (+) ナリ而シテ 90° ヨリ 180° 迄ハ其正弦及餘割ハ (+) ナレドモ正切、正割、餘弦及餘切ハ (-) ナリ。

90° 以上ノ角ノ正弦、正切等ハ其補角ノ正弦、正切

等ニ相均シ然レドモ其符號ハ餘割及正弦ヲ除クノ外ハ總テ (-) 符ヲ有スルコト第十七圖ニ依リテ明カナリ。

此他ニ相互ノ割合 Reciprocals ト稱スル各自ノ關係アリ即チ (a) 正弦及餘割、(b) 餘弦及正割、(c) 正切及餘切ニシテ其斯ク名ヲ配シタル所以ハ下ノ如クナレバナリ。

$$(a) \text{ Sin.} = \frac{1}{\text{cosec.}}, \quad \text{又 cosec.} = \frac{1}{\text{sin.}}$$

$$(b) \text{ Sec.} = \frac{1}{\text{cos.}}, \quad \text{又 cos.} = \frac{1}{\text{sec.}}$$

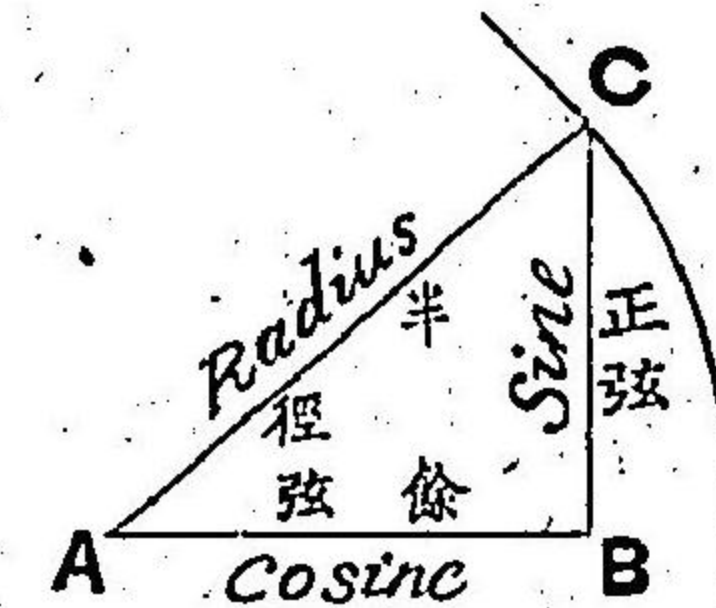
$$(c) \text{ Tan.} = \frac{1}{\text{cot.}}, \quad \text{又 cot.} = \frac{1}{\text{tan.}}$$

直三角形ノ諸邊ガ有スル相互ノ比ヲ表ハスニ當リ第十七圖ノ界説ヲ應用スルコト次ノ如シ。

(1) AC = 對スル BC (第十九圖) ノ比ハ CB = 對スル EB (第十七圖) ノ比ニ等シ故ニ BC ハ A 角ノ正弦ナリ。

第十九圖

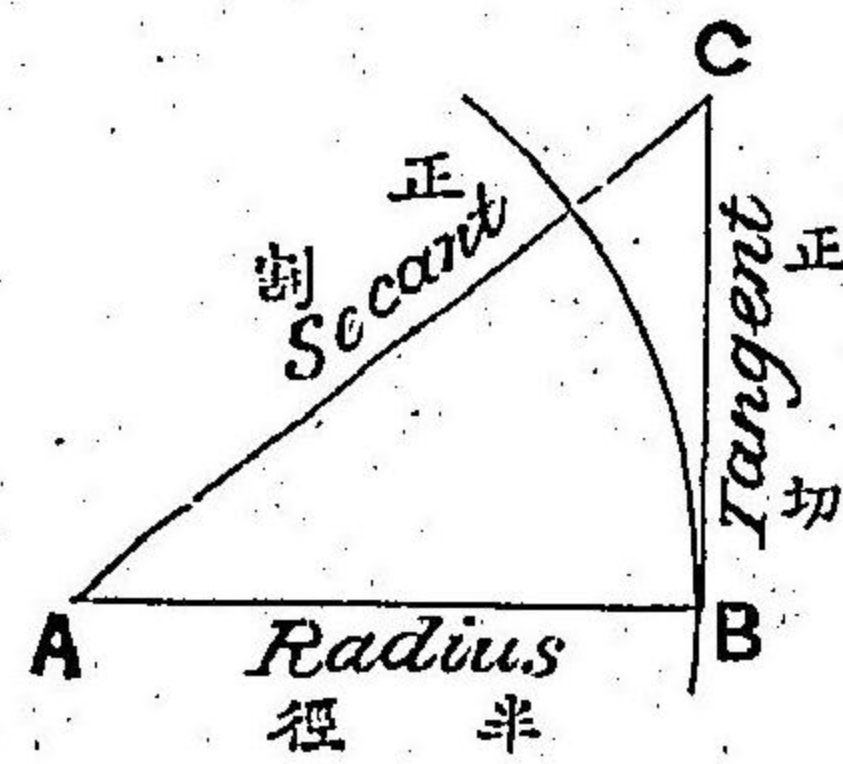
AC = 對スル AB (第十九圖) ノ比ハ CB = 對スル CE (第十七圖) ノ比ニ等シ故ニ AB ハ A 角ノ餘弦ナリ之ヲ表ハスコト次ノ如シ。



$$\frac{BC}{AC} = \text{sin. } A; \quad \frac{AB}{AC} = \text{cos. } A.$$

(2) AB = 對スル BC (第二十圖) ノ比ハ CA = 對

第二十圖

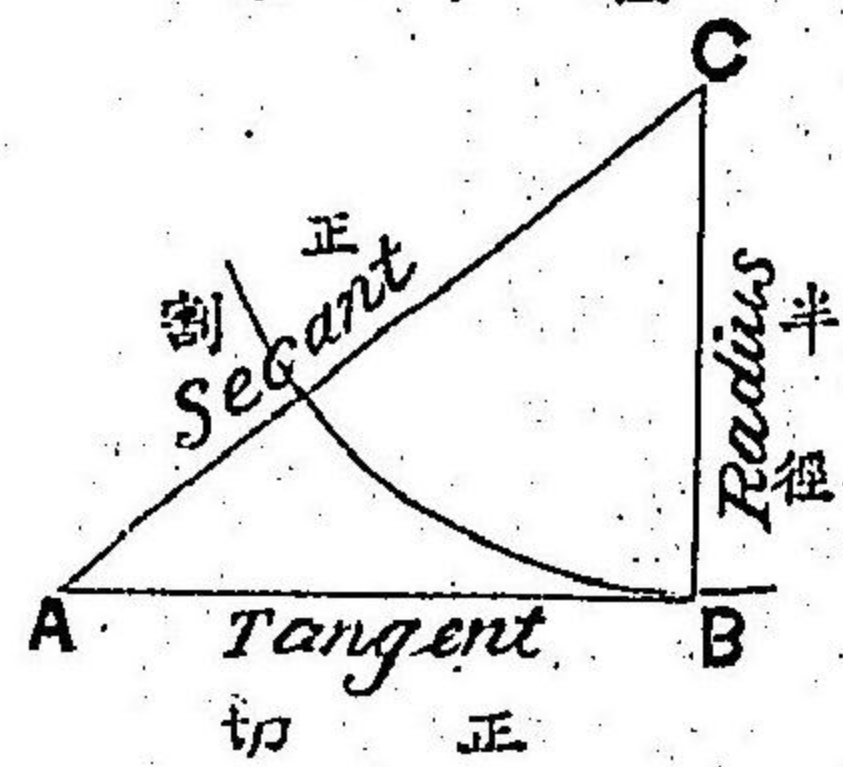


スル AG (第十七圖)ノ比=等シ
故= BC ハ A 角ノ正切ナリ。

AB = 對スル AC (第二十圖)
ノ比ハ第十七圖ノ CA = 對スル
CG ノ比=等シ故= AC ハ A
角ノ正割ナリ即チ下ノ如シ。

$$\frac{CB}{AB} = \tan. A; \quad \frac{AC}{AB} = \sec. A.$$

第二十一圖



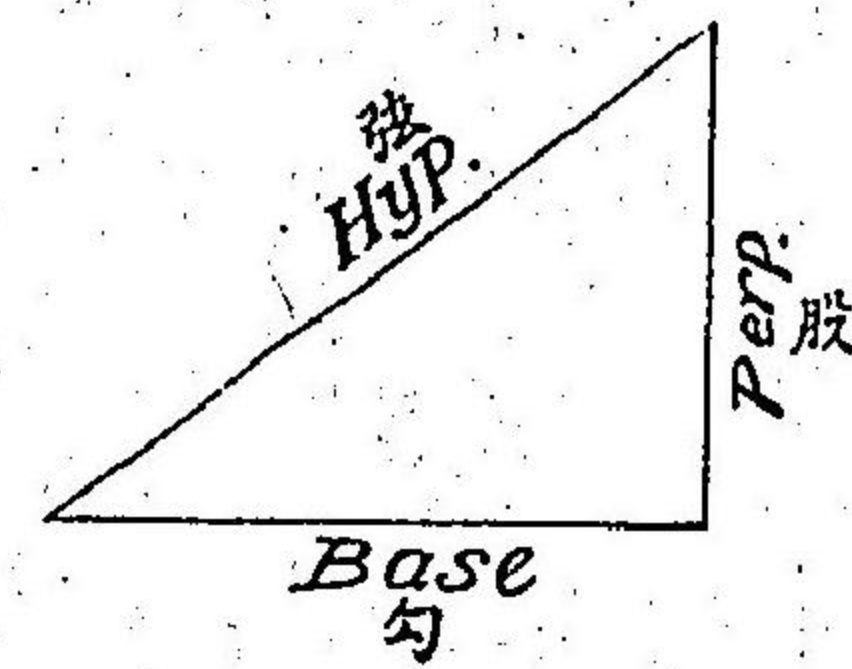
(3) 第二十一圖ハ前者ト同
一ナレドモ C ヲ圈ノ中心トシ CB
ヲ半徑トナセシテ異ナリトス故
=

$$\frac{AB}{CB} = \tan. C; \quad \frac{CA}{CB} = \sec. C.$$

今 A 及 C ナル兩角ノ和ハ九十度=等シキヲ以テ
相互=餘角ナリ故=壹角ノ正弦ハ他角ノ餘弦トナリ壹角
ノ正切ハ他角ノ餘切=シテ壹角ノ正割ハ他角ノ餘割ナリ

直角三角形ノ三邊=勾 Base, 股 Perpendicular, 弦
Hypotenuse ノ名ヲ命ズレバ上ノ三項ヲ下ノ如ク省畧ス。
ルヲ得ベシ即チ

第二十二圖



(1) 弦=對スル他ノ二邊ノ比。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\text{perp.}}{\text{hyp.}} &= \sin. A \text{ and } \cos. C \\ \frac{\text{base.}}{\text{hyp.}} &= \cos. A \text{ and } \sin. C \end{aligned} \right\} \text{第十九圖參觀}$$

(2) 勾=對スル他ノ二邊ノ比。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\text{perp.}}{\text{base.}} &= \tan. A \text{ and } \cot. C \\ \frac{\text{hyp.}}{\text{base.}} &= \sec. A \text{ and } \text{cosec } C \end{aligned} \right\} \text{第二十圖參觀}$$

(3) 股=對スル他ノ二邊ノ比。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\text{base.}}{\text{perp.}} &= \tan. C \text{ and } \cot. A \\ \frac{\text{hyp.}}{\text{perp.}} &= \sec. C \text{ and } \text{cosec } A \end{aligned} \right\} \text{第二十一圖參觀}$$

注意一 正弦ト正切トハ角=相對シ餘弦ト正割トハ
角=隣接スルモノナリ。

注意二 上ノ三項ノ比ハ平面直三角形ノ總テノ場合
ヲ解決スルガ爲ニ用フルヲ以テ平面航法、距等圈航法、中
分緯度航法及聯針路航法中ノ問題ヲ解クニモ必要ナルモ
ノナリ。

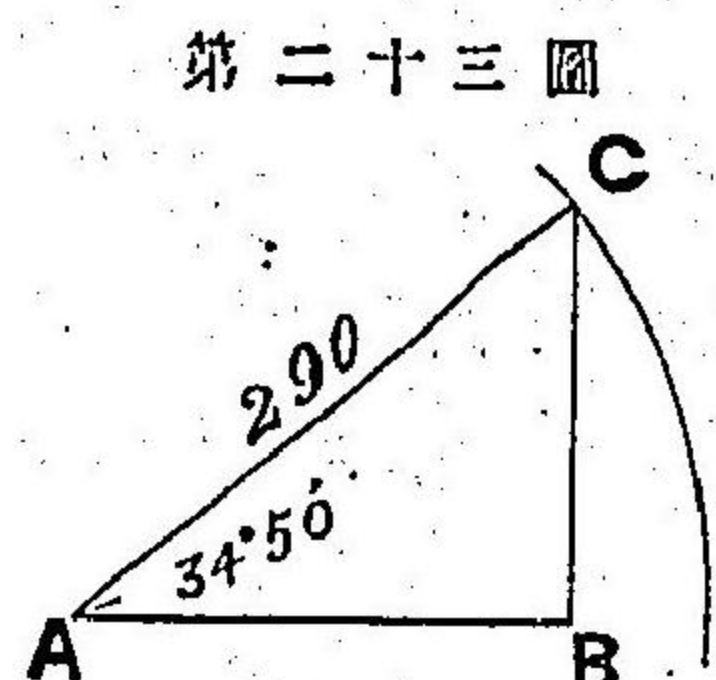
直三角形ノ解法

Solution of Right-angled Triangles.

16. 直角ヲ除キ五部分即チ他ノ二角及三邊ニ就キテ既知ノ二部分中其一ガ邊ナラバ未知ノ三部分ヲ算スルコトヲ得ベシ。

例

1. 弦 AC=290, A 角=34°50' ナラバ C 角並ニ AB 及 BC ノ各邊如何.



$$(1) C = 90^\circ - 34^\circ 50' = 55^\circ 10'$$

$$(2) \frac{BC}{AC} = \sin A; \therefore BC = AC \times \sin A$$

A=34°50'	log. sin.	9.756782
AC=290	log.	2.462398
		577
		120

$$(3) \frac{AB}{AC} = \cos A; \therefore AB = AC \times \cos A$$

A=34°50'	log. cos.	9.914246
AC=290	log.	2.462398
		577
		67

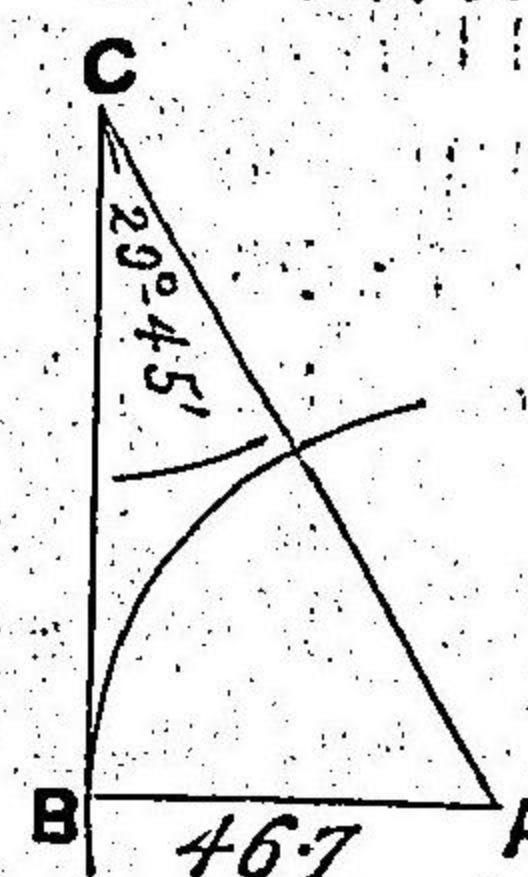
2. AB=46.7 ニシテ C 角=29°45' ナラバ A 角并ニ BC 及 AC ノ兩邊如何.

$$(1) A = 90^\circ - 29^\circ 45' = 60^\circ 15'$$

$$(2) \frac{BC}{AB} = \tan A; \therefore BC = AB \cdot \tan A$$

A=60°15'	log. tan.	10.242948
AB=46.7	log.	1.669317
		22
		43

第二十四圖



$$(3) \frac{AC}{AB} = \sec A; \therefore AC = AB \cdot \sec A$$

A=60°15'	log. sec.	10.304329
AB=46.7	log.	1.669317
		36
		10

下ノ算式ヲ用フルモ同一ノ結果ヲ得.

$$\frac{BC}{AB} = \cot C$$

and

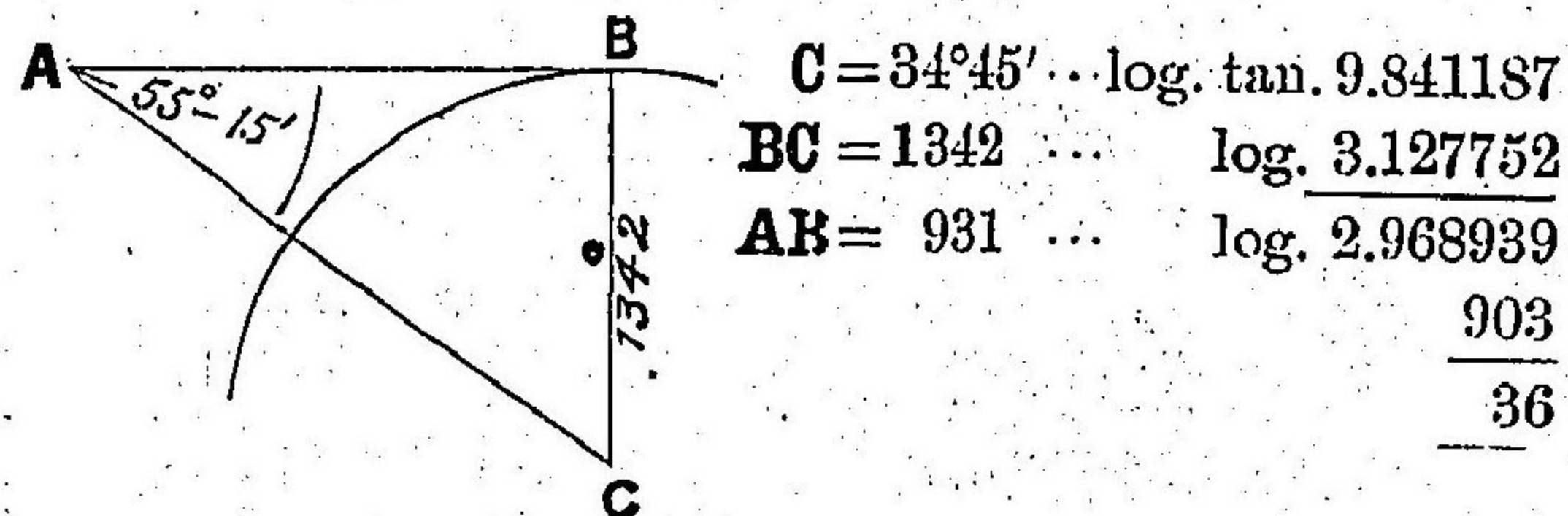
$$\frac{AC}{AB} = \operatorname{cosec} C$$

3. BC=1342, A=55°15' ナラバ C, AB 及 AC 各如何.

$$(1) C = 90^\circ - 55^\circ 15' = 34^\circ 45'$$

$$(2) \frac{AB}{CB} = \tan C; \therefore AB = BC \cdot \tan C$$

第二十五圖



(3) $\frac{AC}{CB} = \sec. C; \therefore AC = CB \cdot \sec. C$

$C = 34^{\circ}45'$	...	log. sec.	0.085315
$BC = 1342$	...	log.	3.127752
$AB = 1633.3$	...	log.	3.213067
			2986
			81

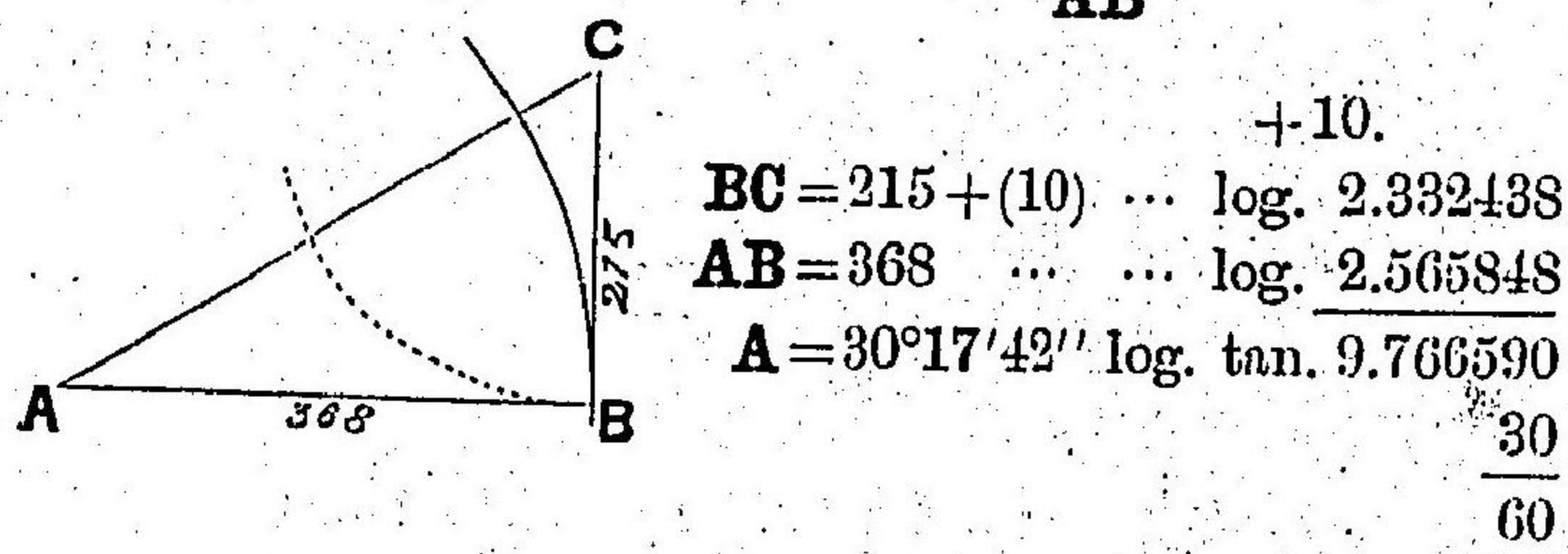
$\frac{AB}{CB} = \cot. A$ 及 $\frac{CA}{CB} = \csc. A$ ナル式ヲ用ヒテ算

スルモ尙ホ同一ノ結果ヲ得.

注意—三邊ノ内何レニテモ半徑トナスヲ得然レドモ既知ノ邊ヲ半徑トナシ之ニ對スル他ノ二邊ノ比ヲ用フレバ算式ヲ作ルニ簡便ナリ.

4. $AB = 368, BC = 215$ ナラバ二角及第三邊如何.

第二十六圖



(2) $C = 90^{\circ} - 30^{\circ}17'42'' = 59^{\circ}42'18''$

(3) $\frac{AC}{AB} = \sec. A; \therefore AC = AB \cdot \sec. A$

$A = 30^{\circ}17'42''$	...	log. sec.	0.063763
$AB = 368$	...	log.	2.565848
$AC = 426.0$	...	log.	2.629616
			3
			3

CBヲ半徑トナシ Cヲ中心トセバ算式ハ下ノ如クナルベシ.

(1) $\tan. C = \frac{AB}{CB}$

(2) $A = 90^{\circ} - C$

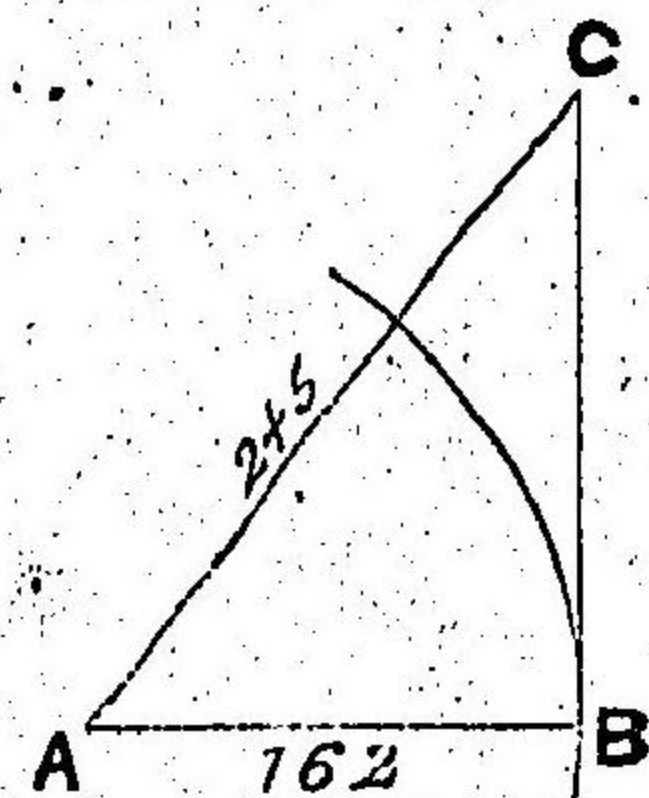
(3) $\sec. C = \frac{AC}{CB}$

5. 勾 $AB = 162$, 弦 $AC = 245$ ナラバ兩角及股如何.

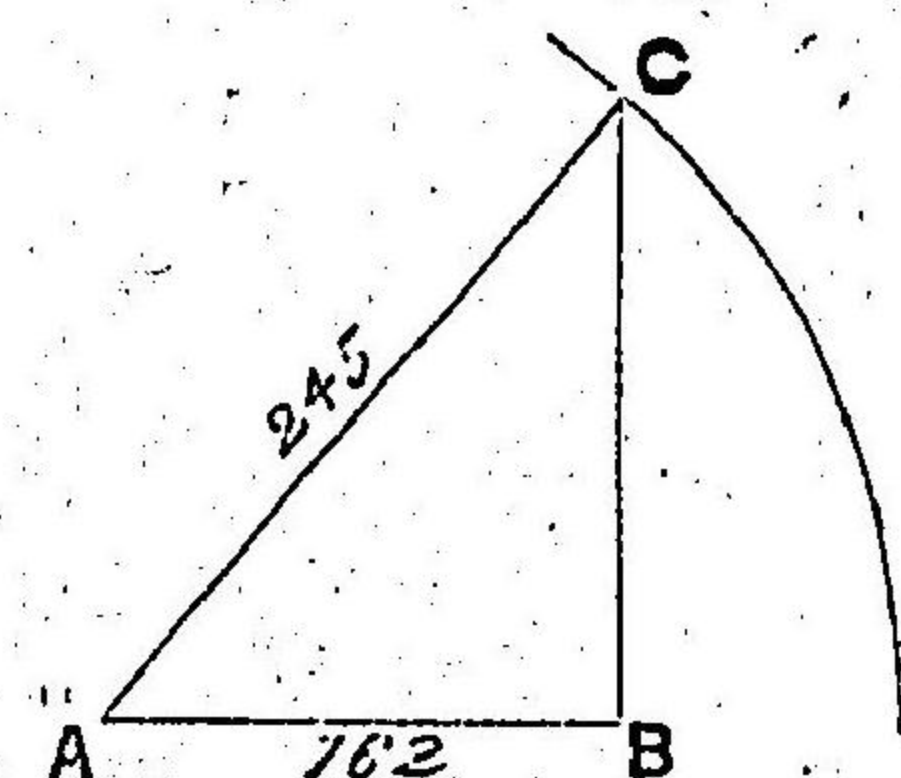
(1) $\sec. A = \frac{AC}{AB}$

			+10.
$AC = 245$	...	log.	2.389166
$AB = 162$	...	log.	2.209515
$A = 48^{\circ}36'24''$	log. sec.	10.179651	
			594
			57

第二十七圖



第二十八圖



(2) C = 90° - 48°36'24'' = 41°23'36''

(3) BC/AB = tan. A; ∴ BC = AB. tan. A

A = 48°36'24''	...	log. tan.	0.054821
AB = 162	...	log.	2.209515
BC = 183.8	...	log.	2.264336
			109
			227

AC を半徑トナスヲ得其式下ノ如シ.

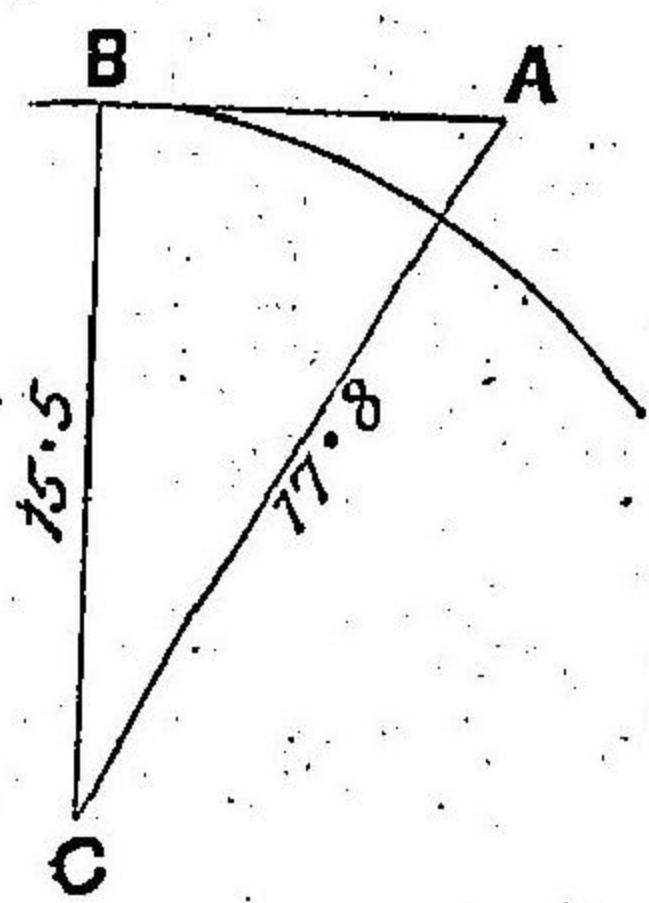
(1) Cos. A = AB/AC

(2) C = 90° - A

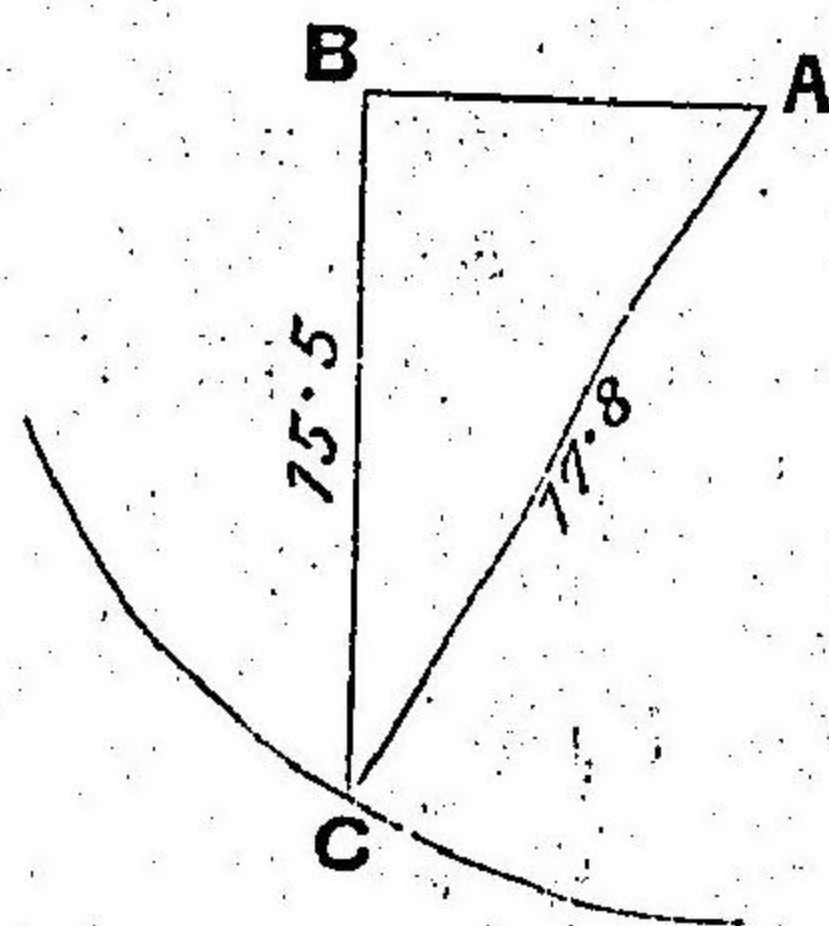
(3) BC/AC = sin. A; ∴ BC = AC. sin. A

6. 弦 AC = 17.8, 股 BC = 15.5 ナラバ兩角及勾如何

第二十九圖



第三十圖



(1) Sec. C = AC/BC

			+10.
AC = 17.8	...	log.	1.250420
BC = 15.5	...	log.	1.190332
C = 29°27'0''	...	log. sec.	10.060088

(2) A = 90° - 29°27'0'' = 60°33'0''

(3) AB/BC = tan. C; ∴ AB = BC. tan. C

C = 29°27'0''	...	log. tan.	9.751757
BC = 15.5	...	log.	1.190332
AB = 8.7	...	log.	0.942089
			58
			31

第三十圖ノ如ク A を中心、AC を半徑トセバ.

(1) Sin. A = BC/AC

(2) C = 90° - A

(3) AB/AC = cos. A = sin. C

∴ AB = AC. sin C = AC. cos. A

問 題

平面直三角形

1. 三角形 ABC = 於テ AB = 503, AC = 357, C = 90° ナリ. A, B, 及 BC を求ム.
2. 三角形 PQR = 於テ PQ = 371, QR = 204, Q = 90° ナリ. P, R, 及 PR 如何.
3. 三角形 OPB = 於テ OP = 125.7, PB = 695, O = 90° ナリ. P, B, 及 OB 如何.
4. 三角形 ABC = 於テ A = 64°41'0'', C = 90°, AB = 1037. ナリ. AC 及 BC 如何.

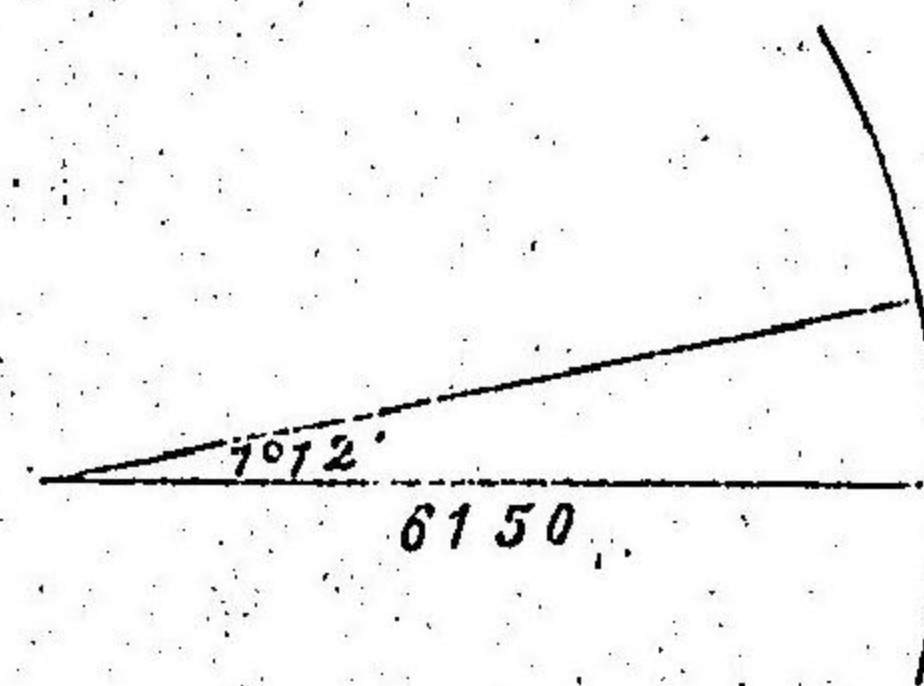
5. 三角形 ABC = 於テ $B=34^{\circ}17'0''$, $C=90^{\circ}$, $BC=905$ ナリ AB 及 AC ヲ求ム.
6. 三角形 ABC = 於テ $AB=147$, $BC=116$, $C=90^{\circ}$ ナリ A , B , 及 AC ハ如何.
7. 三角形 PQR = 於テ $P=33^{\circ}14'0''$, $PQ=4372$, $Q=90^{\circ}$ ナリ PR 及 RQ 如何.
8. 三角形 ABC = 於テ $C=90^{\circ}$, $AC=706$, $BC=981$ ナリ A , B , 及 AB ヲ求ム.
9. 旗竿ノ根本ヨリ 145 呎ノ距離ニ於テ其仰角 $32^{\circ}16'0''$ ナラバ其高サ如何.
10. 變緯 236.5 南ニシテ東西距 215.7 西ナラバ其航走セル真針路及航程如何.
11. 太陽ノ高度 $21^{\circ}32'0''$ ナルトキ或ル垂直竿ノ影ノ長サ 39 呎 6 吋ナリ其高サ如何但シ 12 時ヲ以テ一呎トス.
12. 船、航走中ニ某岬ノ方位ハ船艙 on the bow $3\frac{1}{2}$ 點ニ方レリ而シテ尙ホ同針路ニ7 哩航走シタル後チ同岬ヲ真横ニ見ルニ至レリ然ルトキハ兩方位ヲ測リシ位置ヨリ同岬迄ノ距離各如何.
13. 一燈臺ノ絶頂ノ高サ海面上 200 呎ニシテ同燈臺ハ其根本ヨリ三鏈ノ距離ニ在ル暗礁ヲ指示ス然ルトキハ其直垂危險角ハ若干度ナリヤ.
14. 低潮ニ干出スル暗礁ヨリ水平ノ方向ニ測リテ

6150 呎隔リタル一小丘ノ頂點ノ仰角ヲ測リ壹度十二分ヲ得タリ眼高六呎ニシテ潮高二十壹呎ナリ然ルキハ高潮水面上ノ小丘ノ高サハ若干呎ナリヤ.

答

1. $A=44^{\circ}47'10''$; $B=45^{\circ}12'50''$; $BC=354.3$
2. $P=28^{\circ}48'17''$; $R=61^{\circ}11'43''$; $PR=423.4$
3. $B=10^{\circ}25'12''$; $P=79^{\circ}34'48''$; $OB=683.5$
4. $AC=443.4$; $BC=937.4$
5. $AB=1095.3$; $AC=617$
6. $A=52^{\circ}6'11''$; $B=37^{\circ}53'49''$; $AC=90.3$
7. $PR=5226.9$; $QR=2864.1$
8. $A=54^{\circ}15'30''$; $B=35^{\circ}44'30''$; $AB=1208.6$
9. 91.5 呎
10. T. Co. S. $42^{\circ}22'$ W.; Dist. 320.1 miles.
11. 竿ノ高サ 15.6 呎即チ 15 呎 7 吋
12. 最初ノ距離 9 miles; 次ハ 5.7 miles.
13. $6^{\circ}20'25''$

第三十一圖



$$\frac{x}{6150} = \tan. 1^{\circ}12' \text{ or } x = 6150 \times \tan 1^{\circ}12'$$

$$\therefore x = 128.8 \text{ and } 128.8 - 21 = 107.8;$$

$$107.8 + 6 = 113.8; \therefore \text{小丘ノ高さ } 113.8 \text{ 呎}$$

平面斜三角形之解法

17. 斜三角形ハ三邊及三角ノ六部ヲ有ス.

二邊ノ和ハ何レモ第三邊ヨリモ大ナリ.

三角ノ和ハ二直角即チ 180° = 等シ.

三邊及三角ノ六部ノ内ニ於テ其三部ヲ知ルキハ他ノ三部ヲ求ムルヲ得故ニ幾何學ノ定理ニ由リ三角形ヲ決定シ得ベキ場合ノ要件四條ヲ下ニ示ス.

注意.—三角ヲ知ルキハ三部ヲ知ルモノナレバ三角形ヲ決定スルヲ能ハズ唯ダ其三邊ノ比ヲ決定シ得ルノミナリ.

第壹 貳角及壹邊既知(ユークリッド第壹本定理廿六)

第貳 貳邊及其壹對角既知(同第六本定理七)

第參 貳邊及其挾角既知(同第壹本定理四)

第四 參邊既知(同第壹本定理八)

18. 第壹之場合 邊ハ皆ナ其對角ノ正弦ニ比例スルヲ以テ壹邊及貳角ヲ知ルキハ (F) 式ヲ以テ他ノ各邊ヲ求メ得ベシ.

注意.—A, B, C ヲ以テ三角ヲ表ハシ a, b, c ヲ以テ

各自同名ノ角ニ對スル邊トス以下之ニ倣フ.

今此場合ニ於テ a, B, C ヲ知ルモノトスレバ

$$A = 180^{\circ} - (B + C)$$

即チ A 角ヲ知リ得ベシ然ルト (F) 式ニ於テ

$$b = \frac{a \cdot \sin. A}{\sin. B}, \text{ 即チ } b \text{ ヲ決定シ得ベシ.}$$

$$\text{又 } c = \frac{a \cdot \sin. C}{\sin. A}, \text{ 即チ } c \text{ ヲ決定シ得ベシ.}$$

例

B = $21^{\circ}22'$, C = $118^{\circ}30'$, b = 67.5 ナルトキ A, a, 及 c ヲ求ム.

A ヲ求ムルニハ

$$A = 180^{\circ} - (118^{\circ}30' + 21^{\circ}22') = 40^{\circ}8' \dots \dots (1)$$

a ヲ求ムルニハ

$$\sin. B : b :: \sin. A : a; \text{ or}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{\sin. A}{\sin. B}; \therefore a = \frac{b \cdot \sin. A}{\sin. B}$$

b 67.5	...	log.	1.829304	
A 40°8'	...	log. sin.	9.809269	
		Sum of logs.	11.638573	
B 21°22'	...	log. sin.	9.561501	
a 119.4	...	log.	2.077072	(2)
			04	
			68	

c ヲ求ムルニハ

$$\sin. B : b = \sin. C : c; \text{ or}$$

$$\frac{c}{b} = \frac{\sin. C}{\sin. B}; \therefore c = \frac{b \sin. C}{\sin. B}$$

b 67.5	log.	1.829304	
C 118°30'	log. sin.	9.943899	
	Sum of logs.	11.773203	
B 21°22'	log. sin.	9.561501	
c 162.8	log.	2.211702	(3)
		654	
		48	

c を求ムルニハ $\sin. A : a = \sin. C : c$; or

$$c = \frac{a \sin. C}{\sin. A} \text{ ナル比例式ヲ用フルヲアリ}$$

19. 第貳ノ場合 貳邊及其壹對角ヲ知ルトキハ

(F) 式ヲ用ヒテ他ノ壹角ヲ求メ得ベシ。

(F) 式ヲ推考スル下ノ如シ即チ a, b 及 B を知ルモノトスレバ

$$\sin. A = \frac{a \sin. B}{b}$$

上式ヲ推究スルニ求メ得タル $\sin. A$ ハ A 或ハ $180^\circ - A$ ノ兩値ヲ有ス故ニ其銳角或ハ鈍角ナルヲ決定センニハ下ノ三件ヲ考ヘザル可ラス。

第壹 $a < b$ ナルトキハ $A < B$ ナリ故ニ A ハ銳角ナルヲ以テ其値ヲ決定スルヲ得ベシ。

第貳 $a = b$ ナルトキハ $A = B$ ナリ故ニ A を決定シ得ベシ。

第參 $a > b$ ナルトキハ $A > B$ ナリ然ルトキハ直ニ A を決定シ得ルヲモアリ或ハ A ノ値ヲ貳ツ得ルヲアリ今之ヲ推考スル下ノ如シ。

$\sin. A = \sin(180^\circ - A)$ ナルガ故ニ求メ得タル A が B よりモ小ナル角度ナルトキハ既知ノ條件 $A > B$ ニ合理セザルヲ以テ唯壹ツノ $180^\circ - A$ を取ルベシ然ルトキハ A ノ値ヲ決定シ得ベシ。

若シ又求メ得タル A ノ値が B より大ナルトキハ既知ノ條件 $A > B$ ニ合理ス然ルニ $\sin. A = \sin(180^\circ - A)$ ナルガ故ニ A ノ角度ヲ $(180^\circ - A)$ トナスモ亦既知ノ條件ニ合理スルヲ以テ A ノ値ハ A 及 $(180^\circ - A)$ ノ貳ツヲ得ベシ故ニ斯ル場合ニ於テハ三角形ハ銳角三角形及鈍角三角形ノ兩形ノ内何レニテモ合理スベシ之ヲ稱シテ兩意ノ場合ト云フ。

注意一兩意ノ三角形ヲ生ズル場合ヲ考フルニ當リテハ圖ヲ作りテ幾何學ノ理ト對照スベシ。

例

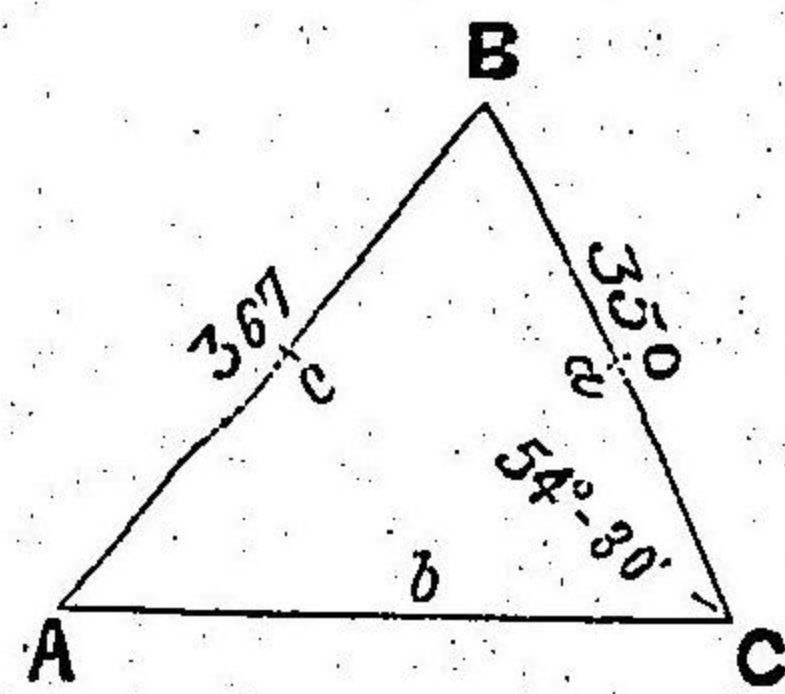
1. $a = 350, c = 367, C = 54^\circ 30'$ ナラバ b, B 及 A ハ如何。

A を求ムルニハ

$$c : \sin. C :: a : \sin. A; \text{ or}$$

$$\frac{\sin. A}{\sin. B} = \frac{a}{c}; \therefore \sin. A = \frac{\sin. C \cdot a}{c}$$

第三十二圖



C 54°30'	... log. sin.	9.910686	
a 350	... log.	2.544068	
	Sum of logs.	12.454754	
c 367	... log.	2.564666	
A = 50°55'57"	... log. sin.	9.890088	... (1)
C = 54 30 0		42	
105 25 57		46	
180			
B = 74 34 3	... (2)		

b.ヲ求ムルニハ

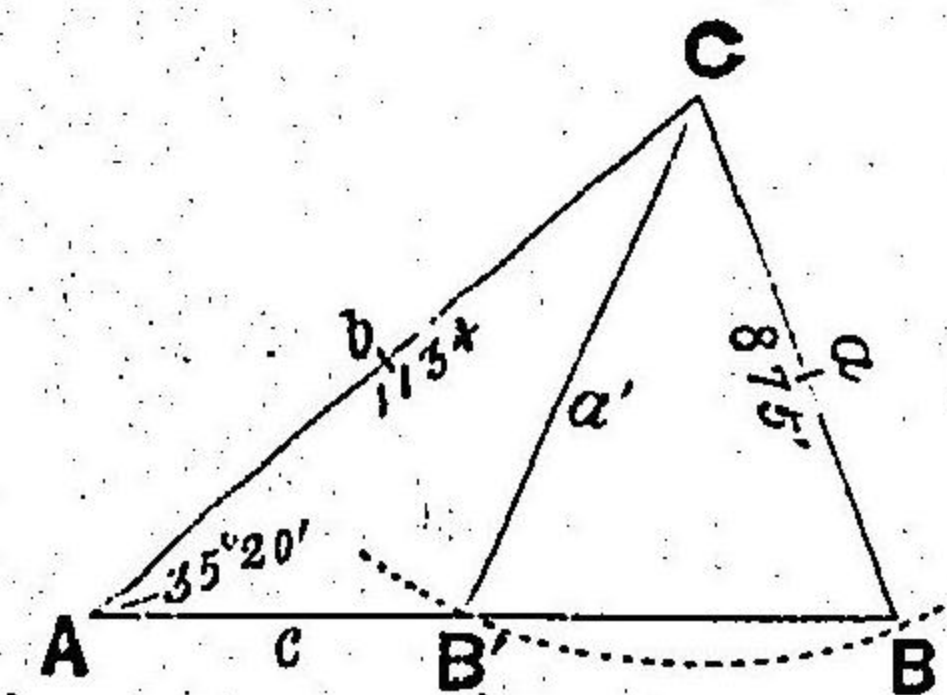
Sin. C : c = sin. B : b; or

$$\frac{b}{c} = \frac{\sin. B}{\sin. C}; \therefore b = \frac{c \cdot \sin. B}{\sin. C}$$

c 367	... log.	2.564666	
B 74°34'3"	... log. sin.	9.984052	
		12.548718	
C 54°30'0"	... log. sin.	9.910686	
b 434.5	... log.	2.638032	... (3)
		7990	
		42	

2. b=1134, a=875, A=35°20' ナルトキ c, B 及 Cヲ求メヨ.

第三十三圖



C (第三十三圖)ヲ中心、CBヲ半径トシテ BB'弧ヲ引キ CB'ヲ接スレバ ABC 及 AB'Cナル兩意ノ三角形トナル

而シテ b 及 Aハ共通ニシテ a 及 a'ハ同一ナリ。Bハ銳角ニシテ B'ハ鈍角ナリ又 Cハ大小二種トナルベシ。

B 及 B'ヲ求ムルニハ (F)式ヲ用フ即チ

$$a : \sin. A = b : \sin. B; \text{ or}$$

$$\frac{\sin. B}{\sin. A} = \frac{b}{a}; \therefore \sin. B = \frac{\sin. A \times b}{a}$$

b 1134	... log.	3.054613	
A 35°20' 0"	... log. sin.	9.762177	
		12.816790	
a 875	... log.	2.942008	
B 48°32'55"	... log. sin.	9.874782	... (1)
180		35	
B' 131 27 5		47	

大ナル三角形 ABCノCハ

$$180^\circ - (35^\circ 20' 0'' + 48^\circ 32' 55'') = 96^\circ 7' 5''$$

小ナル三角形 AB'CノCハ

$$180^\circ - (35^\circ 20' 0'' + 131^\circ 27' 5'') = 13^\circ 12' 55''$$

cナル第三邊ハC角ノ値ニ依リテ大小二種ノ値ヲ

有ス而シテ之ヲ求ムルヲ次ノ如シ.

sin. A : a = sin. C : c; or

c/a = sin. C / sin. A; ∴ c = (a * sin C) / sin. A

Table with 4 columns: value, log, sin, result. Row 1: a 875, log 2.942008. Row 2: C 96° 7' 5'', log sin 9.997519. Row 3: A 35° 20' 0'', log sin 9.762177. Row 4: c 1504.5, log 3.177350. Row 5: 248. Row 6: 102.

Table with 4 columns: value, log, sin, result. Row 1: a 875, log 2.942008. Row 2: C 13° 12' 55'', log sin 9.359096. Row 3: A 35 20 0, log sin 9.762177. Row 4: c 345.9, log 2.538927. Row 5: 825. Row 6: 102.

20. 第參之場合 二邊及挾角ヲ知ルトキハ (G)

式ヲ以テ他ノ貳角ヲ求メ得ベシ然ルトキハ第壹之場合ニ依リテ三角形ヲ決定シ得ベシ.

(G) 式ヲ推考スルコト下ノ如シ.

(a+b)/(a-b) = tan. 1/2(A+B) / tan. 1/2(A-B)

又ハ

tan. 1/2(A-B) = (a-b) * tan. 1/2(A+B) / (a+b)

上式ニ於テ a, b 及 C ヲ知ルルハ (A-B)/2 或ハ A-B ヲ決定シ得ベシ而シテ A+B=180°-C ナルガ故ニ之ヲモ亦決定シ得ベシ之ニ由リテ A 及 B ヲ決定シ得ベシ.

例

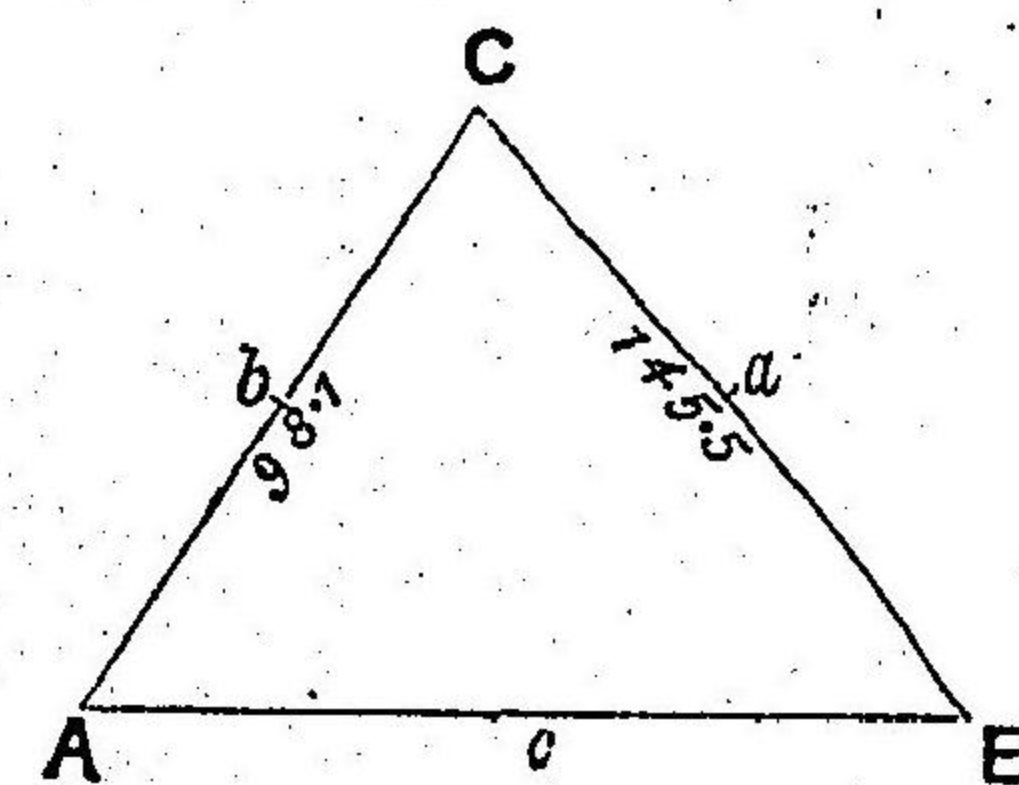
a=145.5; b=98.1; C=87°20' ナルキ A, B, 及 c ヲ求ムルヲ如何.

Table with 4 columns: value, log, sin, result. Row 1: a 145.5, log 2.162812. Row 2: b 98.1, log 1.991734. Row 3: (a+b) 243.6, log 2.386677. Row 4: (a-b) 47.4, log 1.675778. Row 5: 180° 0'. Row 6: C 87 20. Row 7: (A+B) 92 40. Row 8: 1/2(A-B) 46 20.

A 及 B ヲ求ム.

Table with 4 columns: value, log, tan, result. Row 1: 1/2(A+B) = 46° 20' 0'', log tan 9.309321. Row 2: (a-b) = 47.4, log 1.675778. Row 3: sum 11.695998. Row 4: (a+b) = 243.6, log 2.386677. Row 5: 1/2(A-B) = 11° 31' 20'', log tan 9.309321. Row 6: 1/2(A+B) = 46 20 0. Row 7: A = sum 57 51 20. Row 8: B = diff. 34 48 40. Row 9: 109. Row 10: 212.

第三十四圖



c ヲ求ム.

問 題

平面斜三角形

ABC 三角形トシ下之諸問題ニ於ケル未知ノ三部ヲ求ム。

1. $a=1056; b=359; c=1267.$
2. $a=364; b=217; c=494.$
3. $a=96; b=80; c=63.$
4. $A=37^{\circ}54'0''; B=74^{\circ}25'0''; a=104.6.$
5. $B=14^{\circ}20'0''; C=101^{\circ}13'0''; b=296.$
6. $A=97^{\circ}34'0''; C=50^{\circ}16'0''; c=16.$
7. $a=6954; b=4865; C=39^{\circ}40'0''.$
8. $a=267; c=341; B=68^{\circ}46'0''.$
9. $b=61; c=49; A=97^{\circ}18'0''.$
10. $a=865; b=742; A=52^{\circ}26'0''.$
11. $b=469; c=348; C=39^{\circ}4'0''.$
12. $a=1065; c=897; A=49^{\circ}36'0''.$
13. $a=587; b=925; A=21^{\circ}23'0''.$
14. $a=7; b=8; c=9.$
15. $a=600; b=500; c=1000.$
16. $a=50; b=60; c=70.$
17. $A=18^{\circ}20'0''; B=150^{\circ}0'0''; b=10,000.$
18. $A=78^{\circ}40'0''; C=39^{\circ}55'0''; c=135.$
19. $b=237.1; c=131; A=57^{\circ}59'0''.$

20. $a=2265.4; a=1779; B=58^{\circ}17'0''.$
21. $a=1300; b=500; A-B=30^{\circ}22'0''.$
22. $a=1586.6; b=5374.5; A=15^{\circ}11'0''.$
23. $a=200; b=300; A=35^{\circ}15'0''.$
24. AB ナル一線アリ其長サ 250 呎ニシテ其面ハ CD ナル塔ノ基礎 D ト同一ノ水平面内ニ在リ而シテ DAB 及 DBA ノ兩角ハ各自 $61^{\circ}23'0''$ 及 $47^{\circ}14'0''$ ニシテ CAD ナル仰角ハ $34^{\circ}50'0''$ ナル其塔ノ高サハ如何.

答

1. $A=47^{\circ}7'8''; B=14^{\circ}25'28''; C=118^{\circ}27'24''.$
2. $A=42^{\circ}16'44''; B=23^{\circ}38'40''; C=114^{\circ}4'36''.$
3. $A=83^{\circ}25'56''; B=55^{\circ}52'47''; C=40^{\circ}41'17''.$
4. $C=67^{\circ}41'0''; b=164.0; c=157.5.$
5. $A=61^{\circ}27'0''; a=1078.7; c=1172.8.$
6. $B=32^{\circ}10'0''; a=20.6; c=11.1.$
7. $A=96^{\circ}16'25''; B=44^{\circ}3'35''; c=4465.8.$
8. $A=45^{\circ}31'52''; C=65^{\circ}42'8''; b=348.7.$
9. $B=46^{\circ}50'2''; C=35^{\circ}51'58''; a=82.9.$
10. $B=42^{\circ}50'18''; C=84^{\circ}43'42''; c=1086.7.$
11. $B=58^{\circ}8'29''$, or $121^{\circ}51'31''; A=82^{\circ}47'31''$, or $19^{\circ}4'29''; a=547.8$, or $180.4.$
12. $B=90^{\circ}30'12''; C=39^{\circ}53'48''; b=1398.4.$

13. $B=35^{\circ} 4' 5''$, or $144^{\circ}55'55''$; $C=123^{\circ}32'55''$, or $13^{\circ}41' 5''$; $c=1341.8$, or 380.9 .
14. $A=48^{\circ}11'24''$; $B=58^{\circ}24'44''$; $C=73^{\circ}23'52''$.
15. $A=27^{\circ} 7'36''$; $B=22^{\circ}19'54''$; $C=130^{\circ}32'30''$.
16. $A=44^{\circ}24'54''$; $B=57^{\circ} 7'20''$; $C=78^{\circ}27'46''$.
17. $C=11^{\circ}40' 0''$; $a=6291$; $c=4044$.
18. $B=61^{\circ}25' 0''$; $a=206.3$; $b=184.7$.
19. $B=88^{\circ}29'26''$; $C=33^{\circ}31'34''$; $a=201.1$.
20. $A=48^{\circ}41' 9''$; $C=73^{\circ} 1'51''$; $b=2014.8$.
21. $A=46^{\circ}35'31''$; $B=16^{\circ}13'31''$; $c=1591.8$.

$$\text{但し } \tan. \frac{1}{2}(A+B) = \frac{(a+b) \times \tan. \frac{1}{2}(A-B)}{a-b}$$

22. $B=62^{\circ}31'25''$, or $117^{\circ}28'35''$; $C=102^{\circ}17'35''$, or $47^{\circ}20'25''$; $c=6056.8$ or 4455 .
23. $B=59^{\circ}57'53''$, or $120^{\circ} 2' 7''$; $C=84^{\circ}47' 7''$, or $24^{\circ}42'53''$; $c=345.1$ or 144.9 .
24. 134.8 呎但し $\sin. ADB:250 = \sin. ABD : b$ ニシテ $CD = b. \tan. 34^{\circ}50'0''$ ナリ.

第 四 編

球 面 三 角 形

22. 球面三角形ハ三大圓ノ弧ヲ以テ界シタル球面ノ一部ニシテ平面三角形ノ如ク三邊及三角ヲ有ス而シテ邊ハ圓ノ弧ナルガ故ニ角ニ等シク度、分、秒($^{\circ}$ ' ")ニテ計ルモノトス.

三角ノ内ニ壹ツガ 90° ナルキハ之ヲ球面直三角形ト云ヒ其壹邊ガ 90° ナルトキハ之ヲ象限三角形ト云フ又一邊或ハ一角ガ 90° ナラザルトキハ之ヲ球面斜三角形ト稱ス.

球面三角形ハ二角或ハ三角トモ各 90° ナルコトアリ又一邊、二邊或ハ三邊トモ皆 90° ナルコトアリ然レドモ一角或ハ一邊ノミガ 180° 大ニ至ルコトナキモノナリ.

二邊ノ和ハ第三邊ヨリモ必ズ大ナリ.

球面三角形ノ三角ノ和ハ常ニ 180° ヨリ大ニシテ 540° ヨリ小ナリ而シテ三邊ノ和ハ 360° ヨリ小ナリ.

大ナル角ハ大ナル邊ニ相對スルモノナリ.

兩等邊三角形ノ底ニ於ケル兩角ハ互ニ相等シキモノナリ.

23. 球面直三角形ノ解法. 一球面直三角形ノ問題

ヲ解クニハ五部分 Five Circular parts ヨリ組成スベキ
ネビイア-氏式ヲ用フレバ甚ダ簡易ナリ。

24. 五部分ハ直角ヲ挟ム所ノ二邊、第三邊ノ餘
弧及他ノ二角ノ餘角ヲ云フ。

第三十六圖ニ於テ A, B, C
ヲ角トシ a, b, c ヲ邊トスレバ
五部分ハ a, b, 90°-A, 90°-B,
及 90°-c ナリ。

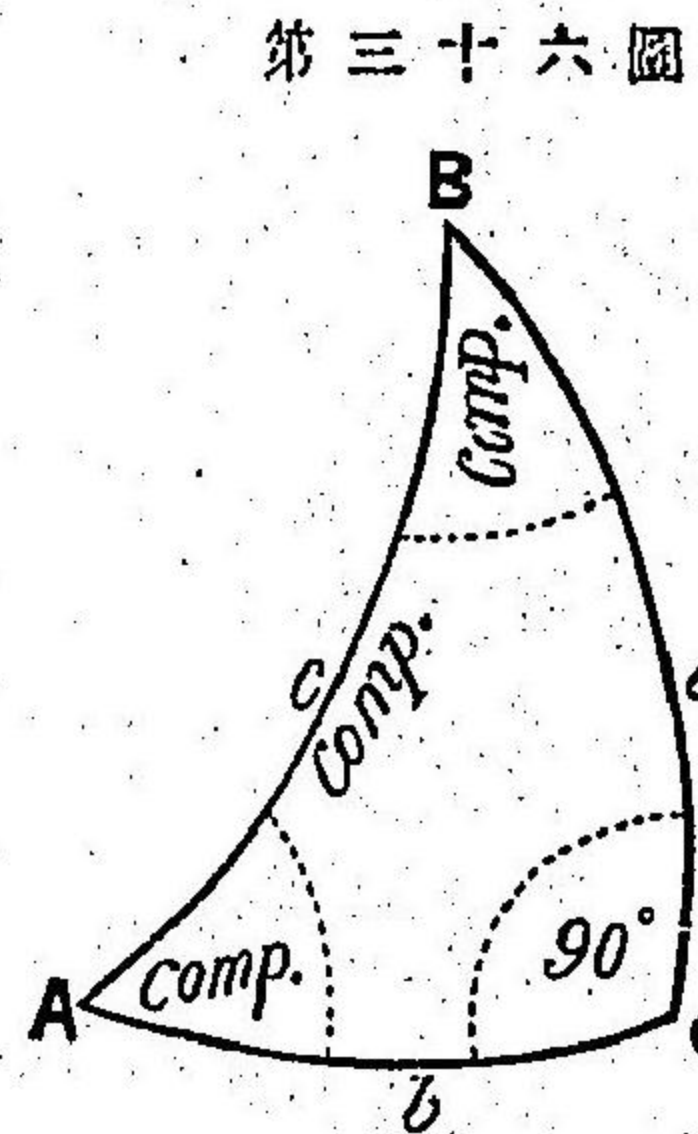
五部分ノ内何レニテモ壹ヲ
中部トナスコトヲ得而シテ中部
ハ二個ノ接部ト二個ノ隔部トヲ
有スルモノナリ。

此圖ニ由リテ各部ノ關係ヲ示スコト下ノ表ノ如シ。

中 部	接 部	隔 部
A	b 及 90°-c	a 及 90°-B
c	90°-A 及 90°-B	a 及 b
B	a 及 90°-c	b 及 90°-A
a	b 及 90°-B	90°-A 及 90°-c
b	a 及 90°-A	90°-B 及 90°-c

25. 五部分ノ内何レカ二部分ヲ知ルトキハネビ
イア-氏ノ規則ニ依リテ他ノ三部分ヲ求ムルコトヲ得ベ
シ。

ネビイア-氏規則



第三十六圖

- 1.° 中部ノ正弦ハ接部ノ正切ノ積ニ等シ。
- 2.° 中部ノ正弦ハ隔部ノ餘弦ノ積ニ等シ。

既知ノ貳部ニ依リ未知ノ壹邊或ハ壹角ヲ求ムルノ問
題ハ三十種ニ變化スルヲ得レドモ此等ハ總テ參ツノ場合
ヲ以テ包括スルヲ得ルコト次ノ如シ。

26. 第壹之場合 二個ノ接部ヲ知ルトキハ他ノ
一邊或ハ一角ヲ求メ得ベシ。

A 及 B ヲ以テ c ヲ求メントスルトキハ c ノ餘弧
ハ中部ニシテ A 及 B ノ餘角ハ接部ナリ然ルトキハ (1°)
ノ規則ニ依リ次ノ式ヲ作ル。

$$\sin. (90^\circ - c) = \tan. (90^\circ - A) \cdot \tan. (90^\circ - B)$$

即チ

$$\cos. c = \cot. A \cdot \cot. B$$

例

1. A=64°30', B=56°25' ナルトキ c ヲ求ム

$$A \ 64^\circ 30' \dots \dots \cot. \ 9.678496$$

$$B \ 56 \ 25 \dots \dots \cot. \ 9.822154$$

$$c \ 71^\circ 32' 11'' \dots \cos. \ 9.500650$$

$$\underline{531}$$

$$119$$

2. a=46°20', c=113°40' ナルトキ B ヲ求ム

$$\sin. (90^\circ - B) = \tan. a \cdot \tan. (90^\circ - c)$$

即チ

$$\cos. B = \tan. a \cdot \cot. c$$

2. $b=61^{\circ}50'$, $B=83^{\circ}44'$ ナルトキ c ハ如何.

此問題ニ於テハ b ヲ中部トス然ルトキハ B ノ餘角
及 c ノ餘弧ハ隔部ナリ故ニ (2°) ノ規則ニ依リ

$$\sin. b = \cos. (90^{\circ} - B) \cdot \cos. (90^{\circ} - c)$$

$$= \sin. B \cdot \sin. c$$

$$\therefore \sin. c = \frac{\sin. b}{\sin. B}$$

$$b \ 61^{\circ}50'0'' \dots \dots \dots \sin. \ 9.945261$$

$$B \ 83 \ 44 \ 0 \dots \dots \dots \sin. \ 9.997377$$

$$c \ 62 \ 29 \ 1 \dots \dots \dots \sin. \ 9.947864$$

$$\frac{3}{1}$$

問 題

直角球面三角形

下之問題ニ於テ未知ノ三部ヲ求ム但シ $C=90^{\circ}$

1. $a = 51^{\circ}36'$, $b = 65^{\circ}12'$

2. $A = 78^{\circ}11'$, $B = 39^{\circ}49'$

3. $c = 84^{\circ}13'$, $a = 61^{\circ}44'$

4. $c = 79^{\circ}27'$, $A = 51^{\circ}30'$

5. $a = 32^{\circ}51'$, $B = 56^{\circ}17'$

6. $a = 54^{\circ}37'$, $A = 67^{\circ}53'$

7. $a = 70^{\circ}29'$, $b = 102^{\circ}38'$

8. $a = 110^{\circ}17'$, $b = 98^{\circ}46'$

9. $A = 114^{\circ}51'$, $B = 67^{\circ}32'$

10. $A = 92^{\circ}31'$, $B = 118^{\circ}44'$

11. $c = 107^{\circ}19'$, $a = 69^{\circ}8'$

12. $c = 88^{\circ}36'$, $b = 101^{\circ}25'$

13. $b = 97^{\circ}20'$, $c = 94^{\circ}13'$

14. $c = 113^{\circ}10'$, $B = 74^{\circ}32'$

15. $c = 83^{\circ}12'$, $B = 98^{\circ}15'$

16. $b = 95^{\circ}52'$, $A = 76^{\circ}13'$

17. $a = 106^{\circ}27'$, $B = 94^{\circ}8'$

18. $b = 114^{\circ}22'$, $B = 108^{\circ}19'$

答

1. $A = 54^{\circ}15'55''$; $B = 70^{\circ}5'38''$; $c = 74^{\circ}53'52''$.

2. $a = 71^{\circ}20'57''$; $b = 38^{\circ}18'17''$; $c = 75^{\circ}27'57''$.

3. $A = 63^{\circ}17'2''$; $B = 79^{\circ}8'33''$; $b = 77^{\circ}42'53''$.

4. $B = 77^{\circ}2'15''$; $a = 50^{\circ}17'53''$; $b = 73^{\circ}20'39''$.

5. $A = 45^{\circ}40'14''$; $b = 39^{\circ}6'21''$; $c = 49^{\circ}18'54''$.

6. $B = 139^{\circ}26'36''$ or $40^{\circ}33'24''$; $b = 145^{\circ}5'45''$ or

$34^{\circ}54'15''$; $c = 118^{\circ}21'6''$ or $61^{\circ}38'54''$

7. $A = 70^{\circ}55'17''$; $B = 101^{\circ}55'44''$; $c = 94^{\circ}11'25''$.

8. $A = 110^{\circ}3'55''$; $B = 98^{\circ}13'51''$; $c = 86^{\circ}58'17''$.

9. $a = 117^{\circ}2'58''$; $b = 65^{\circ}5'37''$; $c = 101^{\circ}2'29''$.

10. $a = 92^{\circ}52'13''$; $b = 118^{\circ}45'49''$; $c = 88^{\circ}37'9''$.

11. $A = 78^{\circ}10'28''$; $B = 144^{\circ}52'26''$; $b = 146^{\circ}41'0''$.

12. $A = 96^{\circ}57'4''$; $B = 101^{\circ}19'54''$; $a = 97^{\circ}5'24''$.

13. $A = 55^{\circ}2'52''$; $B = 96^{\circ}0'20''$; $a = 54^{\circ}49'36''$.

- 14. $A=144^{\circ}52'47''$; $a=148^{\circ}4'7''$; $b=62^{\circ}23'2''$.
- 15. $A=129^{\circ}14'9''$; $a=129^{\circ}43'36''$; $b=100^{\circ}40'35''$.
- 16. $B=95^{\circ}41'50''$; $a=76^{\circ}8'49''$; $c=91^{\circ}24'9''$.
- 17. $A=106^{\circ}24'22''$; $b=94^{\circ}18'33''$; $c=88^{\circ}47'0''$.
- 18. $A=49^{\circ}37'0''$, or $130^{\circ}23'0''$; $a=46^{\circ}57'45''$, or $133^{\circ}2'15''$; $c=106^{\circ}21'15''$, or $73^{\circ}38'45''$.

29. 斜角球面三角形之解法。一之ニ屬スル諸種ノ場合ト公式トハ平面斜三角形ト殆ト同一ナルヲ以テ記憶上甚タ便ナリ。

30. 第壹之場合 a, b 及 c ノ三邊ヲ知ルトキハ A, B 及 C ノ三角ヲ求メ得ベシ。

31. 邊ト角トノ關係ヲ表ハス所ノ基礎ノ公式ヲ下ニ示ス。

$$\text{Cos. } A = \frac{\text{cos. } a - \text{cos. } b \cdot \text{cos. } c}{\text{sin. } b \cdot \text{sin. } c} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Cos. } B = \frac{\text{cos. } b - \text{cos. } a \cdot \text{cos. } c}{\text{sin. } a \cdot \text{sin. } c} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Cos. } C = \frac{\text{cos. } c - \text{cos. } a \cdot \text{cos. } b}{\text{sin. } a \cdot \text{sin. } b} \dots \dots \dots (3)$$

(2) 及 (3) ハ (1) ニ於テ單ニ文字ヲ錯列シタルモノナリ。

32. 上ノ三式ハ對數ニテ算ヲナスニ適セザルヲ以テ此等ノ式ニ基キテ作りタル下ノ三式ヲ用フ。

$$\text{Sin } \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\text{sin. } (s-b) \cdot \text{sin. } (s-c)}{\text{sin. } b \cdot \text{sin. } c}} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Cos. } \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\text{sin. } s \cdot \text{sin. } (s-a)}{\text{sin. } b \cdot \text{sin. } c}} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Tan. } \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\text{sin. } (s-b) \cdot \text{sin. } (s-c)}{\text{sin. } s \cdot \text{sin. } (s-a)}} \dots \dots \dots (3)$$

但シ上ノ三式ニ於テ $s = \frac{1}{2}(a+b+c)$ トス。

B 及 C ヲ算スルニハ上ノ (1), (2) 及 (3) ニ於テ單ニ文字ヲ變換スベシ。

33. 第貳之場合 a, b ノ貳邊及 C ノ挾角ヲ知ルトキハ A 及 B ヲ求メ得ベシ。

$$\text{Tan. } \frac{1}{2} (A+B) = \frac{\text{cos. } \frac{1}{2} (a-b)}{\text{cos. } \frac{1}{2} (a+b)} \cdot \text{cot. } \frac{1}{2} C \dots \dots (1)$$

$$\text{Tan. } \frac{1}{2} (A-B) = \frac{\text{sin. } \frac{1}{2} (a-b)}{\text{sin. } \frac{1}{2} (a+b)} \cdot \text{cot. } \frac{1}{2} C \dots \dots (2)$$

(1) 及 (2) ニ依リ A 及 B ノ半和ト半差トヲ得ルナリ。

大ナル角 $A = \frac{1}{2}$ 和 $+$ $\frac{1}{2}$ 差。

小ナル角 $B = \frac{1}{2}$ 和 $-$ $\frac{1}{2}$ 差。

第參邊 c ハ下ノ公式ニ依リテ求ムルヲ得。

$$\text{Cos. } \frac{1}{2} c = \frac{\text{cos. } \frac{1}{2} (a+b)}{\text{cos. } \frac{1}{2} (A+B)} \cdot \text{sin. } \frac{1}{2} C \dots \dots (3)$$

34. 第參之場合 二角ト其一角ニ對スル一邊トヲ知ルトキハ他ノ一角ニ對スル一邊ヲ求メ得ベク或ハ二邊ト其一邊ニ對スル一角トヲ以テ他ノ一邊ニ對スル一角ヲ求ムルコトヲ得ベシ。

邊ノ正弦ハ其對角ノ正弦ニ比例スルヲ以テ今 A, B

及 a ヲ知テ b ヲ求メシニハ

$$\text{Sin. } b : \text{sin. } a :: \text{sin. } B : \text{sin. } A$$

或ハ

$$\frac{\text{sin. } b}{\text{sin. } a} = \frac{\text{sin. } B}{\text{sin. } A}$$

$$\therefore \text{sin. } b = \frac{\text{sin. } a \cdot \text{sin. } B}{\text{sin. } A} \dots \dots (1)$$

a, b 及 A ヲ知テ B ヲ求メシニハ

$$\text{Sin. } B : \text{sin. } A = \text{sin. } b : \text{sin. } a$$

或ハ

$$\frac{\text{sin. } B}{\text{sin. } A} = \frac{\text{sin. } b}{\text{sin. } a}$$

$$\therefore \text{sin. } B = \frac{\text{sin. } A \cdot \text{sin. } b}{\text{sin. } a} \dots \dots (2)$$

自餘ノ角及邊ヲ求ムルニハ上ノ法ニ依ルベシ。

此公式ニテハ單ニ壹邊或ハ一角ノミヲ求メ得ベキモ
第參ノ邊或ハ第參ノ角ヲ求ムルコト能ハズ故ニ下ノ式ヲ
用フルヲ要ス。

$$\text{Cot. } \frac{1}{2} C = \frac{\cos. \frac{1}{2} (a+b)}{\cos. \frac{1}{2} (a-b)} \cdot \tan. \frac{1}{2} (A+B) \dots \dots (3)$$

$$\text{Tan. } \frac{1}{2} c = \frac{\cos. \frac{1}{2} (A+B)}{\cos. \frac{1}{2} (A-B)} \cdot \tan. \frac{1}{2} (a+b) \dots \dots (4)$$

C ヲ求メタル後チハ (1) 式ニ依リテ c ヲ求ムルコ
トアリ。

例

1. a=84°30', b=108°44', c=72°20' ナルトキ A, B
及 C ヲ求ム。

最初ハ下ノ式ヲ用ヒテ A ヲ求ム。

$$\begin{aligned} \text{Cos. } \frac{1}{2} A &= \sqrt{\frac{\text{sin. } s \cdot \text{sin. } (s-a)}{\text{sin. } b \cdot \text{sin. } c}} \\ &= \sqrt{\text{sin. } s \cdot \text{sin. } (s-a) \cdot \text{cosec. } b \cdot \text{cosec. } c} \end{aligned}$$

a = 84°30'	
b = 108 44 cosec.	0.023639
c = 72 20 cosec.	0.020981
2) 265 34	
s = 132 47 sin.	9.865653
(s-a) = 48 17 sin.	9.872998
2) 19.783271	
½ A = 38°48'54" cos.	9.891635
2	24
A = 77 37 48	11 = 6"

正弦式 (2) = 依リテ B ヲ求ム。

$$\frac{\text{sin. } B}{\text{sin. } A} = \frac{\text{sin. } b}{\text{sin. } a}$$

$$\therefore \text{sin. } B = \frac{\text{sin. } A \cdot \text{sin. } b}{\text{sin. } a} = \text{sin. } A \cdot \text{sin. } b \cdot \text{cosec. } a$$

A = 77°37'48" sin.	9.989798
b = 108 44 0 sin.	9.976361
a = 84 30 0 cosec.	0.002004
-B = 68 19 42 sin.	9.968163
180	53
B = 111 40 18	10 = 12"

上式=於テ b ハ 90°ヲ超過セルヲ以テ B モ亦 90°
以上ナリト知ルベシ.

同式=依リテ C ヲ求ム.

$$\frac{\sin. C}{\sin. A} = \frac{\sin. c}{\sin. a}$$

$$\therefore \sin. C = \frac{\sin. A \cdot \sin. c}{\sin. a} = \sin. A \cdot \sin. c \cdot \operatorname{cosec}. a.$$

A=77°37'48" sin. 9.989798
c=72 20 0 sin. 9.979319
a=84 30 0 csc. 0.002004
C=69 13 52 sin. 9.970821
03
18=22"

正弦式ヲ用ヒザルトキハ下ノ式=依リテ A, B, C
ヲ求ムルヲ便トス何トナレバ最初 A ヲ求ムルトキ表ヨ
リ取リタル正弦對數ハ B 又ハ C ヲ求ムルトキニモ使
用スルヲ得レバナリ.

$$\operatorname{Tan.} \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\sin. (s-b) \cdot \sin. (s-c)}{\sin. s \cdot \sin. (s-a)}}$$

$$\operatorname{Tan.} \frac{1}{2} B = \sqrt{\frac{\sin. (s-a) \cdot \sin. (s-c)}{\sin. s \cdot \sin. (s-b)}}$$

$$\operatorname{Tan.} \frac{1}{2} C = \sqrt{\frac{\sin. (s-a) \cdot \sin. (s-b)}{\sin. s \cdot \sin. (s-c)}}$$

例

a= 84°30'
b=108 44
c= 72 20
2) 265 34
s=132 47

$$(s-a) = 48 17$$

$$(s-b) = 24 3$$

$$(s-c) = 60 27$$

A ヲ求ム.

(s-b)=24° 3' ... sin. 9.610164	s=132°47' ... sin. 9.865653
(s-c)=60 27 ... sin. 9.939482	(s-a)= 48 17 ... sin. 9.872998
19.549646	9.738651
9.738651	2)19.810995
∠A=38°48'53" tan. 9.905497	
2	397
A=77 37 46	100=23"

B ヲ求ム.

(s-a)=48°17' ... sin. 9.872998	s=132°47' ... sin. 9.865653
(s-c)=60 27 ... sin. 9.939482	(s-b)= 24 3 ... sin. 9.610164
19.812480	9.475817
9.475817	2)20.336663
∠B=55°50' 9" tan. 10.168331	
2	291
B=111 40 18	40=9"

C ヲ求ム.

(s-a)=48°17' ... sin. 9.872998	s=132°47' ... sin. 9.865653
(s-b)=24 3 ... sin. 9.610164	(s-c)= 60 27 ... sin. 9.939482
19.483162	9.805135
9.805135	2)19.678027
∠C=34°36'57" ... tan. 9.839013	
2	8892
C=69 13 54	121=27"

例 二

$a=88^{\circ}20'$, $b=60^{\circ}50'$ ニシテ $C=75^{\circ}30'$ ナルトキ A, B 及 c ハ如何.

A 及 B ヲ求ム.

$$\text{Tan. } \frac{1}{2}(A+B) = \frac{\cos. \frac{1}{2}(a-b)}{\cos. \frac{1}{2}(a+b)} \cdot \cot. \frac{1}{2}C \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$= \cos. \frac{1}{2}(a-b) \cdot \sec. \frac{1}{2}(a+b) \cdot \cot. \frac{1}{2}C$$

$$\text{Tan. } \frac{1}{2}(A-B) = \frac{\sin. \frac{1}{2}(a-b)}{\sin. \frac{1}{2}(a+b)} \cdot \cot. \frac{1}{2}C \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$= \sin. \frac{1}{2}(a-b) \cdot \text{cosec. } \frac{1}{2}(a+b) \cdot \cot. \frac{1}{2}C$$

$a = 88^{\circ}20'$

$b = 60^{\circ}50'$

$a+b = 149^{\circ}10'$ $\frac{1}{2}(a+b) = 74^{\circ}35' 0''$ $\sec. 0.575385$ $\text{cosec. } 0.015915$

$a-b = 27^{\circ}30'$ $\frac{1}{2}(a-b) = 13^{\circ}45'$ $\cos. 9.987372$ $\sin. 9.376003$

$C = 75^{\circ}30'$ $\frac{1}{2}C = 37^{\circ}45'$ $\cot. 0.111100$ $\cot. 0.111100$

$\frac{1}{2}(A+B) = 78^{\circ}28'$ $\tan. 10.673857$ $\tan. 9.503018$

$\frac{1}{2}(A-B) = 17^{\circ}39'47''$ $\frac{769}{2891}$

$A = 95^{\circ}41'52''$ $88 = 8''$ $127 = 17''$

$B = 60^{\circ}22'21''$

c ヲ求ム.

$$\text{Cos. } \frac{1}{2}c = \frac{\cos. \frac{1}{2}(a+b)}{\cos. \frac{1}{2}(A+B)} \cdot \sin. \frac{1}{2}C$$

$$= \cos. \frac{1}{2}(a+b) \cdot \sec. \frac{1}{2}(A+B) \cdot \sin. \frac{1}{2}C$$

$\frac{1}{2}C = 37^{\circ}45' 0''$ $\dots \dots \dots \sin. 9.786906$

$\frac{1}{2}(a+b) = 74^{\circ}35' 0''$ $\dots \dots \dots \cos. 9.424615$

$\frac{1}{2}(A+B) = 78^{\circ}28' 8''$ $\dots \dots \dots \sec. 0.683311$

$\frac{1}{2}c = 38^{\circ}17' 9''$ $\dots \dots \dots \cos. 9.894832$

$\frac{2}{796}$

$c = 76^{\circ}34'18''$ $36 = 21''$

例 三

$A=67^{\circ}30'$, $B=55^{\circ}50'$, $a=78^{\circ}10'$ ナルトキ b ヲ求ム.

$$\frac{\sin. b}{\sin. a} = \frac{\sin. B}{\sin. A}$$

$$\sin. b = \frac{\sin. a \cdot \sin. B}{\sin. A}$$

$$= \sin. a \cdot \sin. B \cdot \text{cosec. } A$$

$a = 78^{\circ}10' 0''$ $\dots \dots \dots \sin. 9.990671$

$B = 55^{\circ}50' 0''$ $\dots \dots \dots \sin. 9.917719$

$A = 67^{\circ}30' 0''$ $\dots \dots \dots \text{cosec. } 0.034385$

$b = 61^{\circ}13'47''$ $\dots \dots \dots \sin. 9.942775$

$\frac{60}{15} = 17''$

例 四

$a=75^{\circ}54'$, $b=63^{\circ}25'$, $A=72^{\circ}10'$ ナルトキ B ハ如何.

$$\frac{\sin. B}{\sin. A} = \frac{\sin. b}{\sin. a}$$

$$\sin. B = \frac{\sin. A \cdot \sin. b}{\sin. a}$$

$$= \sin. A \cdot \sin. b \cdot \text{cosec. } a$$

$A = 72^{\circ}10' 0''$ $\dots \dots \dots \sin. 9.978615$

$b = 63^{\circ}25' 0''$ $\dots \dots \dots \sin. 9.951476$

$a = 75^{\circ}54' 0''$ $\dots \dots \dots \text{cosec. } 0.013286$

$B = 61^{\circ}22'25''$ $\dots \dots \dots \sin. 9.943377$

$\frac{48}{29} = 25'$

問題

斜角球面三角形

下ノ問題ニ於テ未知ノ三部ヲ求ム。

1. $a=82^{\circ}26'$, $b=92^{\circ}2'$, $c=104^{\circ}28'$ ナラバ如何
2. $a=140^{\circ}$, $b=70^{\circ}$, $c=80^{\circ}0'$ ナラバ如何
3. $a=113^{\circ}2'$, $b=82^{\circ}40'$, $C=138^{\circ}50'$ ナラバ如何
4. $b=60^{\circ}0'$, $c=84^{\circ}22'$, $A=95^{\circ}0'$ ナラバ如何
5. $a=115^{\circ}20'$, $c=84^{\circ}42'$, $B=65^{\circ}30'$ ナラバ如何
6. $A=75^{\circ}0'$, $B=15^{\circ}0'$, $c=60^{\circ}0'$ ナラバ如何
7. $A=137^{\circ}22'$, $B=60^{\circ}0'$, $c=81^{\circ}0'$ ナラバ如何
8. $B=88^{\circ}52'$, $b=73^{\circ}50'$, $a=120^{\circ}0'$ ナラバ如何
9. $A=136^{\circ}0'$, $a=155^{\circ}55'$, $b=144^{\circ}45'$ ナラバ如何
10. $a=90^{\circ}0'$, $b=75^{\circ}29'$, $c=84^{\circ}13'$ ナラバ如何
11. $b=90^{\circ}0'$, $A=100^{\circ}20'$, $B=82^{\circ}50'$ ナラバ如何
12. $c=90^{\circ}0'$, $A=63^{\circ}32'$, $B=98^{\circ}17'$ ナラバ如何

答

1. $A=82^{\circ}42'30''$; $B=90^{\circ}9'16''$; $C=104^{\circ}19'36''$
2. $A=153^{\circ}7'14''$; $B=41^{\circ}22'24''$; $C=43^{\circ}50'32''$
3. $A=116^{\circ}19'7''$; $B=104^{\circ}58'43''$; $c=137^{\circ}29'0''$
4. $B=59^{\circ}39'27''$; $C=82^{\circ}37'19''$; $a=91^{\circ}29'30''$
5. $A=119^{\circ}15'0''$; $C=73^{\circ}59'0''$; $b=70^{\circ}30'0''$
6. $c=97^{\circ}10'50''$; $a=57^{\circ}28'20''$; $b=13^{\circ}3'24''$

7. $c=62^{\circ}38'18''$; $a=131^{\circ}7'42''$; $b=74^{\circ}23'24''$
8. $A=115^{\circ}38'35''$
9. $B=79^{\circ}15'40''$ or $100^{\circ}44'20''$; $C=40^{\circ}0'16''$ or $63^{\circ}28'32''$; $c=22^{\circ}11'12''$ or $31^{\circ}42'32''$
10. $A=91^{\circ}30'10''$; $B=75^{\circ}24'27''$; $C=84^{\circ}1'31''$
11. $C=45^{\circ}55'57''$; $a=97^{\circ}27'52''$; $c=46^{\circ}24'2''$
12. $B=99^{\circ}14'14''$; $C=85^{\circ}53'51''$; $a=63^{\circ}49'50''$

公式要集

第壹

平面三角形

1. $\text{Sin. } A = \frac{1}{\text{cosec. } A}$, $\text{cos. } A = \frac{1}{\text{sec. } A}$,
 $\text{tan. } A = \frac{1}{\text{cot. } A}$, $\text{Cosec. } A = \frac{1}{\text{sin. } A}$,
 $\text{sec. } A = \frac{1}{\text{cos. } A}$, $\text{cot. } A = \frac{1}{\text{tan. } A}$
2. $\text{Tan. } A = \frac{\text{sin. } A}{\text{cos. } A}$, $\text{cot. } A = \frac{\text{cos. } A}{\text{sin. } A}$
3. $\text{Sin.}^2 A + \text{cos.}^2 A = 1$
4. $1 + \text{tan.}^2 A = \text{sec.}^2 A$
5. $1 + \text{cot.}^2 A = \text{cosec.}^2 A$
6. $A + B + C = 180^{\circ}$
7. $\text{Sin. } A = \text{cos. } (90^{\circ} - A)$

8. $\text{Cos. } \mathbf{A} = \sin. (90^\circ - \mathbf{A}).$
9. $\text{Sin. } \mathbf{A} = \sin. (180^\circ - \mathbf{A}).$
10. $\text{Cos. } \mathbf{A} = -\text{cos. } (180^\circ - \mathbf{A}).$
11. $\text{Sin. } (90^\circ + \mathbf{A}) = \text{cos. } \mathbf{A}.$
12. $\text{Cos. } (90^\circ + \mathbf{A}) = -\text{sin. } \mathbf{A}.$
13. $\text{Sin. } (180^\circ + \mathbf{A}) = -\text{sin. } \mathbf{A}.$
14. $\text{Cos. } (180^\circ + \mathbf{A}) = -\text{cos. } \mathbf{A}.$
15. $\text{Sin. } (360^\circ + \mathbf{A}) = \text{sin. } \mathbf{A}.$
16. $\text{Cos. } (360^\circ - \mathbf{A}) = \text{cos. } \mathbf{A}.$
17. $\text{Sin. } (-\mathbf{A}) = -\text{sin. } \mathbf{A}.$
18. $\text{Cos. } (-\mathbf{A}) = \text{cos. } \mathbf{A}.$
19. $\text{Sin. } (\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \text{sin. } \mathbf{A} \text{ cos. } \mathbf{B} + \text{cos. } \mathbf{A} \text{ sin. } \mathbf{B}.$
20. $\text{Sin. } (\mathbf{A} - \mathbf{B}) = \text{sin. } \mathbf{A} \text{ cos. } \mathbf{B} - \text{cos. } \mathbf{A} \text{ sin. } \mathbf{B}.$
21. $\text{Cos. } (\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \text{cos. } \mathbf{A} \text{ cos. } \mathbf{B} - \text{sin. } \mathbf{A} \text{ sin. } \mathbf{B}.$
22. $\text{Cos. } (\mathbf{A} - \mathbf{B}) = \text{cos. } \mathbf{A} \text{ cos. } \mathbf{B} + \text{sin. } \mathbf{A} \text{ sin. } \mathbf{B}.$
23. $\text{Sin. } (\mathbf{A} + \mathbf{B}) + \text{sin. } (\mathbf{A} - \mathbf{B}) = 2 \text{ sin. } \mathbf{A} \text{ cos. } \mathbf{B}.$
24. $\text{Sin. } (\mathbf{A} + \mathbf{B}) - \text{sin. } (\mathbf{A} - \mathbf{B}) = 2 \text{ cos. } \mathbf{A} \text{ sin. } \mathbf{B}.$
25. $\text{Cos. } (\mathbf{A} + \mathbf{B}) + \text{cos. } (\mathbf{A} - \mathbf{B}) = 2 \text{ cos. } \mathbf{A} \text{ cos. } \mathbf{B}.$
26. $\text{Cos. } (\mathbf{A} + \mathbf{B}) - \text{cos. } (\mathbf{A} - \mathbf{B}) = -2 \text{ sin. } \mathbf{A} \text{ sin. } \mathbf{B}.$
27. $\text{Sin. } \mathbf{A} + \text{sin. } \mathbf{B} = 2 \text{ sin. } \frac{1}{2} (\mathbf{A} + \mathbf{B}) \text{ cos. } \frac{1}{2} (\mathbf{A} - \mathbf{B}).$
28. $\text{Sin. } \mathbf{A} - \text{sin. } \mathbf{B} = 2 \text{ cos. } \frac{1}{2} (\mathbf{A} + \mathbf{B}) \text{ sin. } \frac{1}{2} (\mathbf{A} - \mathbf{B}).$
29. $\text{Cos. } \mathbf{A} + \text{cos. } \mathbf{B} = 2 \text{ cos. } \frac{1}{2} (\mathbf{A} + \mathbf{B}) \text{ cos. } \frac{1}{2} (\mathbf{A} - \mathbf{B}).$
30. $\text{Cos. } \mathbf{A} - \text{cos. } \mathbf{B} = -2 \text{ sin. } \frac{1}{2} (\mathbf{A} + \mathbf{B}) \text{ sin. } \frac{1}{2} (\mathbf{A} - \mathbf{B}).$

31. $\text{Sin. } 2\mathbf{A} = 2 \text{ sin. } \mathbf{A} \text{ cos. } \mathbf{A}.$
32. $\text{Cos. } 2\mathbf{A} = \text{cos.}^2 \mathbf{A} - \text{sin.}^2 \mathbf{A}.$
 $= 1 - 2 \text{ sin.}^2 \mathbf{A}.$
 $= 2 \text{ cos.}^2 \mathbf{A} - 1.$
33. $\text{Vers. } \mathbf{A} = 2 \text{ sin.}^2 \frac{\mathbf{A}}{2}, \text{ or havens. } \mathbf{A} = \text{sin.}^2 \frac{\mathbf{A}}{2}$
34. $\frac{\text{Sin. } \mathbf{A} + \text{sin. } \mathbf{B}}{\text{Sin. } \mathbf{A} - \text{sin. } \mathbf{B}} = \frac{\text{tan. } \frac{1}{2} (\mathbf{A} + \mathbf{B})}{\text{tan. } \frac{1}{2} (\mathbf{A} - \mathbf{B})}$
35. $\text{Tan. } (\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \frac{\text{tan. } \mathbf{A} + \text{tan. } \mathbf{B}}{1 - \text{tan. } \mathbf{A} \text{ tan. } \mathbf{B}}$
36. $\text{Tan. } (\mathbf{A} - \mathbf{B}) = \frac{\text{tan. } \mathbf{A} - \text{tan. } \mathbf{B}}{1 + \text{tan. } \mathbf{A} \text{ tan. } \mathbf{B}}$
37. $\text{Tan. } 2\mathbf{A} = \frac{2 \text{ tan. } \mathbf{A}}{1 - \text{tan.}^2 \mathbf{A}}$
38. $\text{Sin. } 0^\circ = 0, \text{ sin. } 30^\circ = \frac{1}{2}, \text{ sin. } 45^\circ = \frac{1}{2}\sqrt{2},$
 $\text{sin. } 60^\circ = \frac{1}{2}\sqrt{3}, \text{ sin. } 90^\circ = 1.$
39. $\left\{ \begin{array}{l} 2bc \text{ cos. } \mathbf{A} = b^2 + c^2 - a^2 \\ \text{or cos. } \mathbf{A} = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \end{array} \right\} \dots \dots \dots (\mathbf{A})$
40. $bc \text{ havens. } \mathbf{A} = \frac{1}{2}(a+b-c) \cdot \frac{1}{2}(a-b-c) \dots \dots \dots (\mathbf{B})$
41. $\left\{ \begin{array}{l} bc \text{ sin.}^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = \frac{1}{2}(a+b-c) \cdot \frac{1}{2}(a-b-c) \\ \text{Sin. } \frac{\mathbf{A}}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{bc}} \text{ 但 } s = \frac{1}{2}(a+b+c) \end{array} \right\} (\mathbf{C})$

$$42. \left\{ \begin{aligned} bc \cos^2 \frac{A}{2} &= \frac{1}{2}(b+c+a) \cdot \frac{1}{2}(b+c-a) \\ \cos \frac{A}{2} &= \sqrt{\frac{s(s-a)}{bc}} \text{ 但 } s = \frac{1}{2}(a+b+c) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (D)$$

$$43. 2bc \sin A = \sqrt{(a+b-c)(a-b-c)(b+c+a)(b+c-a)} \dots \dots \dots (E)$$

$$44. \frac{a}{b} = \frac{\sin A}{\sin B} \dots \dots \dots (F)$$

$$45. \frac{a+b}{a-b} = \frac{\tan \frac{1}{2}(A+B)}{\tan \frac{1}{2}(A-B)} \dots \dots \dots (G)$$

$$46. a = \frac{\sqrt{4bc \text{ havers. } A}}{\sin \theta} \text{ where } \tan \theta = \frac{\sqrt{4bc \text{ havers. } A}}{b-c} \dots \dots \dots (H)$$

$$47. 2 \text{ area} = bc \sin A \dots \dots \dots (I)$$

$$48. \text{Area} = \sqrt{s \cdot s-a \cdot s-b \cdot s-c} \text{ where } s = \frac{1}{2}(a+b+c) \dots \dots \dots (K)$$

第 貳

斜角球面三角形

$$49. \cos A = \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c} \dots \dots \dots (L)$$

$$50. \frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sqrt{(1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2 \cos a \cos b \cos c)}}{\sin a \sin b \sin c} (M)$$

$$51. \frac{\sin A}{\sin B} = \frac{\sin a}{\sin b} \dots \dots \dots (N)$$

$$52. \left\{ \begin{aligned} \text{Havers. } A &= \text{cosec. } b \cdot \text{cosec. } c \sqrt{\text{hav.}(a+b-c) \text{hav.}(a-b-c)} \\ \text{or } \sin^2 \frac{A}{2} &= \text{cosec. } b \cdot \text{cosec. } c \sin \frac{1}{2}(a+b-c) \sin \frac{1}{2}(a-b-c) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (O)$$

$$53. \cos^2 \frac{A}{2} = \text{cosec. } b \cdot \text{cosec. } c \sin \frac{1}{2}(b+c+a) \sin \frac{1}{2}(b+c-a) \dots \dots \dots (P)$$

$$54. \text{Vers. } a = \text{vers. } (b-c) + \sin b \sin c \text{ vers. } A \dots \dots (Q)$$

$$55. \cos a = \frac{\cos A + \cos B \cos C}{\sin B \sin C} \dots \dots \dots (R)$$

$$56. \cot A \sin B = \cot a \sin c - \cos B \cos c \dots \dots (S)$$

$$57. \left\{ \begin{aligned} \tan \frac{1}{2}(A+B) &= \frac{\cos \frac{1}{2}(a-b)}{\cos \frac{1}{2}(a+b)} \cot \frac{1}{2}C \\ \tan \frac{1}{2}(A-B) &= \frac{\sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin \frac{1}{2}(a+b)} \cot \frac{1}{2}C \end{aligned} \right\} \dots \dots (T)$$

$$58. \left\{ \begin{aligned} \tan \frac{1}{2}(a+b) &= \frac{\cos \frac{1}{2}(A-B)}{\cos \frac{1}{2}(A+B)} \tan \frac{1}{2}c \\ \tan \frac{1}{2}(a-b) &= \frac{\sin \frac{1}{2}(A-B)}{\sin \frac{1}{2}(A+B)} \tan \frac{1}{2}c \end{aligned} \right\} \dots \dots (U)$$

第 參

直角球面三角形

$$59. \left\{ \begin{aligned} [1] \cos a &= \cos b \cos c = \cot B \cot C \\ [2] \cos C &= \sin B \cos c = \cot a \tan b \\ [3] \sin b &= \cot C \tan c = \sin B \sin a \\ [4] \sin c &= \cot B \tan b = \sin C \sin a \\ [5] \cos B &= \sin C \cos b = \tan c \cot a \end{aligned} \right\} \dots \dots (V)$$

第 四

象限球面三角形

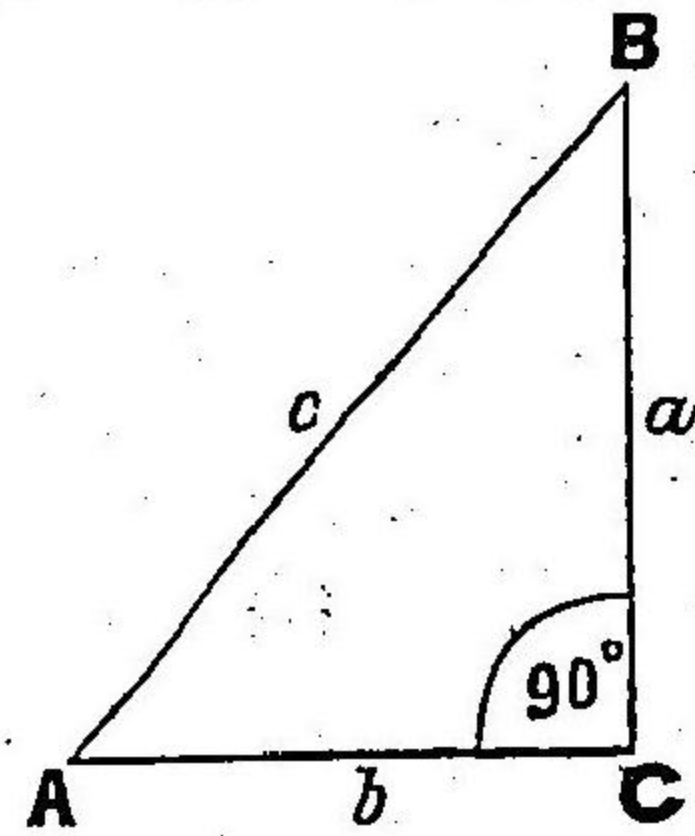
$$60. \left\{ \begin{aligned} [1] \cos A &= -\cos B \cos C = -\cot b \cot c \\ [2] \cos b &= \sin c \cos B = -\cot A \tan C \\ [3] \cos c &= \sin b \cos C = -\cot A \tan B \\ [4] \sin B &= \sin A \sin b = \cot c \tan C \\ [5] \sin C &= \sin A \sin c = \cot b \tan B \end{aligned} \right\} (W)$$

公式ノ證明

(3) 及 (5) = 至ル公式即チ

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin.^2 A + \cos.^2 A = 1 \\ 1 + \tan.^2 A = \sec.^2 A \\ 1 + \cot.^2 A = \operatorname{cosec}.^2 A \end{array} \right\} \text{ノ證各如何}$$

第三十七圖



第三十七圖 = 於テ A, B, 及 C
= 對スル邊ノ長サヲ各自 a, b 及
c トセバ幾何學定理 (直三角形 =
於テ斜邊 c 上ノ正方形ハ他ノ二邊
a 及 b 上ノ正方形ノ和 = 等シ) =
依リテ

$$a^2 + b^2 = c^2$$

此式ヲ各自 c^2 , b^2 及 a^2 ニテ順次 = 除スレバ下ノ如シ

$$\frac{a^2}{c^2} + \frac{b^2}{c^2} = \frac{c^2}{c^2} \text{ 即チ } \sin.^2 A + \cos.^2 A = 1;$$

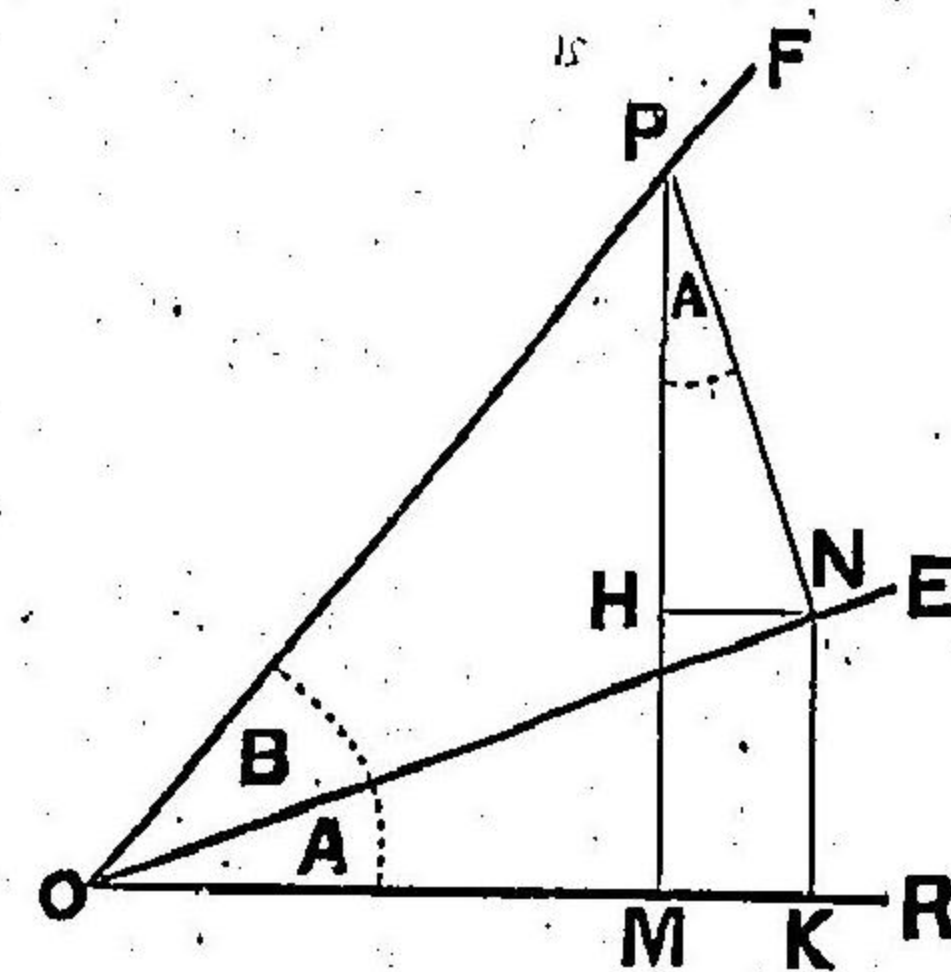
$$\frac{a^2}{b^2} + \frac{b^2}{b^2} = \frac{c^2}{b^2} \text{ 即チ } \tan.^2 A + 1 = \sec.^2 A;$$

$$\frac{a^2}{a^2} + \frac{b^2}{a^2} = \frac{c^2}{a^2} \text{ 即チ } 1 + \cot.^2 A = \operatorname{cosec}.^2 A.$$

$\sin. (A+B) = \sin. A \cos. B + \cos. A \sin. B$ [公式(19)] ノ證

如何

第三十八圖



トキハ

$$\angle NPH = 90^\circ - \angle HNP = \angle HNO = \angle ROE = A.$$

之 = 由テ

$$\sin. (A+B) = \sin. ROF = \frac{PM}{OP} = \frac{PH+HM}{OP} = \frac{NK}{OP} + \frac{PH}{OP}$$

今上ノ分數ト A 及 B ナル兩角ノ三角比トノ關係
ヲ全フスルガ爲メ = $\frac{NK}{OP} = \frac{ON}{ON}$ ヲ乘テ $\frac{PH}{OP} = \frac{PN}{PN}$

ヲ乘ズレバ下ノ如クナルベシ

$$\sin. (A+B) = \frac{NK}{OP} \cdot \frac{ON}{ON} + \frac{PH}{OP} \cdot \frac{PN}{PN}$$

$$= \frac{NK}{ON} \cdot \frac{ON}{OP} + \frac{PH}{PN} \cdot \frac{PN}{OP}$$

$$= \sin. A \cos. B + \cos. A \sin. B.$$

注意一此公式ハ實ニ基礎ノ範式ニシテ第八十頁ノ
公式ハ大抵皆ナ之ニ基キタルモノナルガ故ニ學生ハ必ズ
之ヲ暗誦シ置クヲ要ス

$\sin. (A-B) = \sin. A \cos. B - \cos. A \sin. B$ ノ證如何

[公式(9) = 依リテ] $\sin. A = \sin. (180^\circ - A)$ ナルガ故
 $= A$ ノ代リ $= A - B$ ヲ用フレバ

$$\sin. (A - B) = \sin. (180^\circ - \overline{A - B}) = \sin. (\overline{180^\circ - A + B}).$$

[公式(19) = 依リテ]

$$= \sin. (180^\circ - A). \cos. B + \cos. (180^\circ - A). \sin. B.$$

[(9) 及 (10) = 依リテ] $= \sin. A. \cos. B - \cos. A. \sin. B.$

$\cos. (A + B) = \cos. A. \cos. B - \sin. A. \sin. B$ ノ證如何

[(8) = 依リテ] $\cos. A = \sin. (90^\circ - A)$ ナルガ故 $= A$ ノ

代リ $= A + B$ ヲ用フレバ

$$\cos. (A + B) = \sin. (90^\circ - \overline{A + B}) = \sin. (\overline{90^\circ - A - B})$$

[(20) = 依リテ]

$$= \sin. (90^\circ - A). \cos. B - \cos. (90^\circ - A). \sin. B$$

$$= \cos. A. \cos. B - \sin. A. \sin. B.$$

$\cos. (A - B) = \cos. A. \cos. B + \sin. A. \sin. B$ ノ證如何

[(8) = 依リテ] $\cos. A = \sin. (90^\circ - A)$ ナルガ故 $= A + B$

ヲ A = 代用スレバ

$$\cos. (A - B) = \sin. (90^\circ - \overline{A - B}) = \sin. (\overline{90^\circ - A + B})$$

[(19) = 依リテ]

$$= \sin. (90^\circ - A). \cos. B + \cos. (90^\circ - A). \sin. B$$

$$= \cos. A. \cos. B + \sin. A. \sin. B.$$

(23), (24), (25) 及 (26) ノ公式ノ證各如何

(19) 及 (20) ノ公式ヲ加減スレバ (23) 及 (24) ヲ得又

(21) 及 (22) ヲ加減スレバ (25) 及 (26) ヲ得ベシ.

(27), (28), (29) 及 (30) ノ公式ノ證各如何

$A + B = S, A - B = D$ トスレバ

$$2A = S + D \text{ トナル故} = A = \frac{1}{2}S + \frac{1}{2}D$$

$$2B = S - D \text{ トナル故} = B = \frac{1}{2}S - \frac{1}{2}D$$

$$\therefore \sin. A = \sin. (\frac{1}{2}S + \frac{1}{2}D) = \sin. \frac{1}{2}S. \cos. \frac{1}{2}D + \cos. \frac{1}{2}S. \sin. \frac{1}{2}D$$

$$\sin. B = \sin. (\frac{1}{2}S - \frac{1}{2}D) = \sin. \frac{1}{2}S. \cos. \frac{1}{2}D - \cos. \frac{1}{2}S. \sin. \frac{1}{2}D$$

此二個ノ方程式ヲ加減シ S 及 D ヲ其原値ニ復スレバ
 (27) 及 (28) ノ公式トナル即チ

$$\sin. A + \sin. B = 2 \sin. \frac{1}{2}(A + B). \cos. \frac{1}{2}(A - B)$$

$$\sin. A - \sin. B = 2 \cos. \frac{1}{2}(A + B). \sin. \frac{1}{2}(A - B)$$

同法ニ依リテ

$$\cos. A = \cos. (\frac{1}{2}S + \frac{1}{2}D) = \cos. \frac{1}{2}S. \cos. \frac{1}{2}D - \sin. \frac{1}{2}S. \sin. \frac{1}{2}D$$

$$\cos. B = \cos. (\frac{1}{2}S - \frac{1}{2}D) = \cos. \frac{1}{2}S. \cos. \frac{1}{2}D + \sin. \frac{1}{2}S. \sin. \frac{1}{2}D$$

此二方程式ヲ加減シ S 及 D = 其原値ヲ附スレバ
 (29) 及 (30) ノ公式ヲ得即チ

$$\cos. A + \cos. B = 2 \cos. \frac{1}{2}(A + B). \cos. \frac{1}{2}(A - B)$$

$$\cos. A - \cos. B = -2 \sin. \frac{1}{2}(A + B). \sin. \frac{1}{2}(A - B)$$

$$\sin. 2A = 2 \sin. A. \cos. A \text{ ヲ證セヨ.}$$

$$\sin. (A + B) = \sin. A. \cos. B + \cos. A. \sin. B = \text{於テ } B = A$$

トスレバ

$$\sin. (A + A) = \sin. A. \cos. A + \cos. A. \sin. A$$

$$\therefore \sin. 2A = 2 \sin. A. \cos. A.$$

$$\cos. 2A = \cos.^2 A - \sin.^2 A \text{ ヲ證セヨ.}$$

$$\text{Cos. } (A+B) = \text{cos. } A \cdot \text{cos. } B - \text{sin. } A \cdot \text{sin. } B \quad \text{= 於テ } B=A$$

トスレバ

$$\text{Cos. } (A+A) = \text{cos. } A \cdot \text{cos. } A - \text{sin. } A \cdot \text{sin. } A$$

$$\therefore \text{cos } 2A = 2 \text{cos.}^2 A - \text{sin.}^2 A$$

$$\text{Cos. } 2A = 2 \text{cos.}^2 A - 1 \quad \text{ヲ證セヨ.}$$

$$\text{Cos. } (A+B) = \text{cos. } A \cdot \text{cos. } B - \text{sin. } A \cdot \text{sin. } B \quad \text{= 於テ } B=A$$

トスレバ

$$\begin{aligned} \text{Cos. } 2A &= \text{cos.}^2 A - \text{sin.}^2 A \\ &= \text{cos.}^2 A - (1 - \text{cos.}^2 A) \\ &= 2 \text{cos.}^2 A - 1. \end{aligned}$$

$$\text{Vers. } A = 2 \text{sin.}^2 \frac{A}{2} \quad \text{ヲ證セヨ.}$$

$$\text{Cos. } 2A = 1 - 2 \text{sin.}^2 A \quad \text{= 於テ } A = \frac{A}{2} \quad \text{トスレバ}$$

$$\text{Cos. } A = 1 - 2 \text{sin.}^2 \frac{A}{2}$$

或ハ

$$1 - \text{cos. } A = 2 \text{sin.}^2 \frac{A}{2}$$

$$\therefore \text{Vers. } A = 2 \text{sin.}^2 \frac{A}{2}$$

$$\text{Havers. } A = \text{sin.}^2 \frac{A}{2} \quad \text{ノ證如何.}$$

$$\text{Vers. } A = 2 \text{sin.}^2 \frac{A}{2} \quad \text{ヲ二除スレバ}$$

$$\frac{1}{2} \text{Vers. } A \text{ or havers. } = \text{sin.}^2 \frac{A}{2}$$

$$\frac{\text{Sin. } A + \text{sin. } B}{\text{Sin. } A - \text{sin. } B} = \frac{\text{tan. } \frac{1}{2}(A+B)}{\text{tan. } \frac{1}{2}(A-B)} \quad \text{ヲ證セヨ.}$$

[(27) 及 (28) = ヨリテ]

$$\frac{\text{sin. } A + \text{sin. } B}{\text{sin. } A - \text{sin. } B} = \frac{2 \text{sin. } \frac{1}{2}(A+B) \cdot \text{cos. } \frac{1}{2}(A-B)}{2 \text{cos. } \frac{1}{2}(A+B) \cdot \text{sin. } \frac{1}{2}(A-B)}$$

$$= \text{tan. } \frac{1}{2}(A+B) \cdot \text{cot. } \frac{1}{2}(A-B)$$

$$= \frac{\text{tan. } \frac{1}{2}(A+B)}{\text{tan. } \frac{1}{2}(A-B)}$$

$$\text{Tan. } (A+B) = \frac{\text{tan. } A + \text{tan. } B}{1 - \text{tan. } A \cdot \text{tan. } B} \quad \text{ヲ證セヨ.}$$

$$\text{Tan } (A+B) = \frac{\text{sin. } (A+B)}{\text{cos. } (A+B)} = \frac{\text{sin. } A \cdot \text{cos. } B + \text{cos. } A \cdot \text{sin. } B}{\text{cos. } A \cdot \text{cos. } B - \text{sin. } A \cdot \text{sin. } B}$$

此式ノ分母子ヲ $\text{cos. } A \cdot \text{cos. } B$ ニテ除スレバ

$$\text{Tan. } (A+B) = \frac{\frac{\text{sin. } A \cdot \text{cos. } B}{\text{cos. } A \cdot \text{cos. } B} + \frac{\text{cos. } A \cdot \text{sin. } B}{\text{cos. } A \cdot \text{cos. } B}}{\frac{\text{cos. } A \cdot \text{cos. } B}{\text{cos. } A \cdot \text{cos. } B} - \frac{\text{sin. } A \cdot \text{sin. } B}{\text{cos. } A \cdot \text{cos. } B}}$$

$$= \frac{\text{tan. } A + \text{tan. } B}{1 - \text{tan. } A \cdot \text{tan. } B}$$

$$\text{Tan. } (A-B) = \frac{\text{tan. } A - \text{tan. } B}{1 + \text{tan. } A \cdot \text{tan. } B} \quad \text{ヲ證セヨ}$$

上ト同法ニ依リテ證スルコトヲ得ベシ.

$$\text{Tan. } 2A = \frac{2 \text{tan. } A}{1 - \text{tan.}^2 A} \quad \text{ノ證如何.}$$

$$\text{Tan. } (A+B) = \frac{\text{tan. } A + \text{tan. } B}{1 - \text{tan. } A \cdot \text{tan. } B} \quad \text{= 於テ } B=A \quad \text{トスレバ}$$

$$\text{Tan. } 2A = \frac{\text{tan. } A + \text{tan. } A}{1 - \text{tan. } A \cdot \text{tan. } A} = \frac{2 \text{tan. } A}{1 - \text{tan.}^2 A}$$

$\text{Sin. } 0^\circ = 0, \text{ sin. } 30^\circ = \frac{1}{2}, \text{ sin. } 45^\circ = \frac{1}{2}\sqrt{2}, \text{ sin. } 60^\circ = \frac{1}{2}\sqrt{3}, \text{ sin. } 90^\circ = 1$ ノ證各如何.

$\text{Sin. } 0^\circ = 0$ ノ證.

$\text{Sin. (A-B)} = \text{sin. A. cos. B} - \text{cos. A. sin. B}$ = 於テ $B=A$

トスレバ

$$\text{Sin. } 0^\circ = \text{sin. A. cos. A} - \text{cos. A. sin. A} = 0.$$

$\text{Sin. } 30^\circ = \frac{1}{2}$ ノ證.

$\text{Sin. } 2A = 2 \text{ sin. A. cos. A}$ = 於テ $A=30^\circ$ トスレバ

$$\text{Sin. } 60^\circ = 2 \text{ sin. } 30^\circ \text{ cos. } 30^\circ = 2 \text{ sin. } 30^\circ \text{ sin. } 60^\circ$$

今此式ノ左右トモ $\text{sin. } 60^\circ$ = テ除スレバ

$$1 = 2 \text{ sin. } 30^\circ \therefore \text{ sin. } 30^\circ = \frac{1}{2}.$$

$\text{Sin. } 45^\circ = \frac{1}{2}\sqrt{2}$ ノ證.

$\text{Sin.}^2 A + \text{cos.}^2 A = 1$ = 於テ $A=45^\circ$ トスレバ.

$$\text{Sin.}^2 45^\circ + \text{cos.}^2 45^\circ = 1.$$

或ハ

$$\text{Sin.}^2 45^\circ + \text{cos.}^2 45^\circ = 1.$$

$$2 \text{ sin.}^2 45^\circ = 1.$$

$$\text{sin.}^2 45^\circ = \frac{1}{2}$$

∴

$$\text{sin. } 45^\circ = \frac{1}{2}\sqrt{2}.$$

$\text{Sin. } 60^\circ = \frac{1}{2}\sqrt{3}$ ノ證.

$\text{Sin.}^2 A + \text{cos.}^2 A = 1$ = 於テ $A=60^\circ$ トスレバ

$$\text{Sin.}^2 60^\circ + \text{cos.}^2 60^\circ = 1$$

$$\text{Sin.}^2 60^\circ + \text{sin.}^2 30^\circ = 1$$

$$\text{Sin.}^2 60^\circ + \frac{1}{4} = 1$$

∴

$$\text{Sin. } 60^\circ = \frac{1}{2}\sqrt{3}.$$

$\text{Sin. } 90^\circ = 1$ ノ證.

$\text{Sin. (A+B)} = \text{sin. A. cos. B} + \text{cos. A. sin. B}$ = 於テ $A=B=45^\circ$ トスレバ.

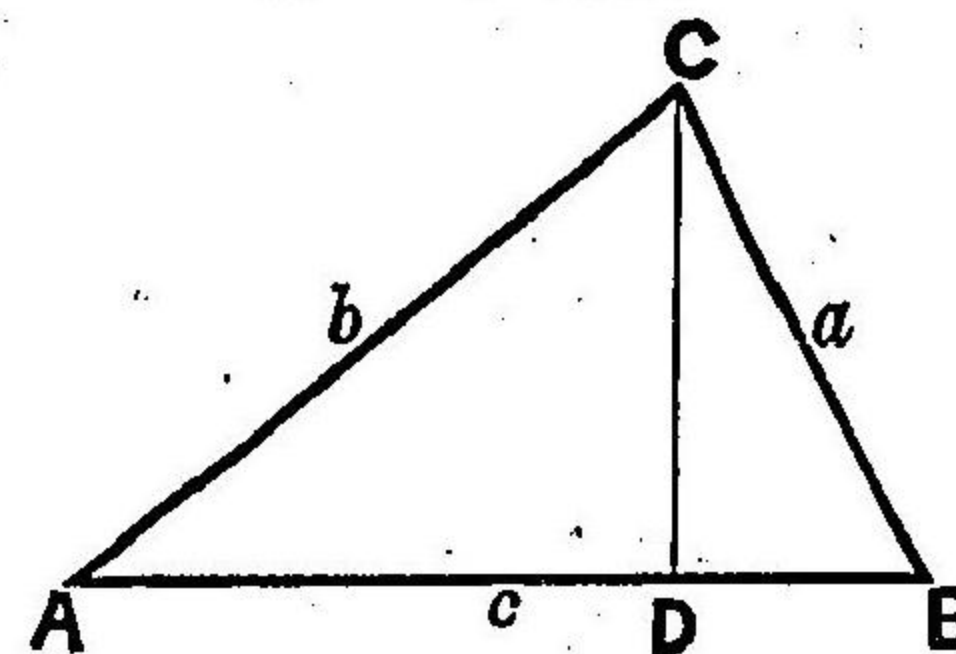
$$\text{Sin. } 90^\circ = \text{sin. } 45^\circ \text{ cos. } 45^\circ + \text{cos. } 45^\circ \text{ sin. } 45^\circ$$

$$= \text{sin. } 45^\circ \text{ sin. } 45^\circ + \text{sin. } 45^\circ \text{ sin. } 45^\circ$$

$$= 2 \text{ sin.}^2 45^\circ = 1.$$

(A) $2bc \text{ cos. } A = b^2 + c^2 - a^2$ ノ證ヲ求ム.

第三十九圖



[1.] 第三十九圖ニ於テ Aヲ銳角トシ Cヨリ底線 cニ對シテ CDナル垂線ヲ引クトキハ

$$DB = c - AD$$

之ヲ自乘スレバ

$$DB^2 = c^2 - 2c \cdot AD + AD^2$$

此式ノ左右ニ CD^2 ヲ加フレバ

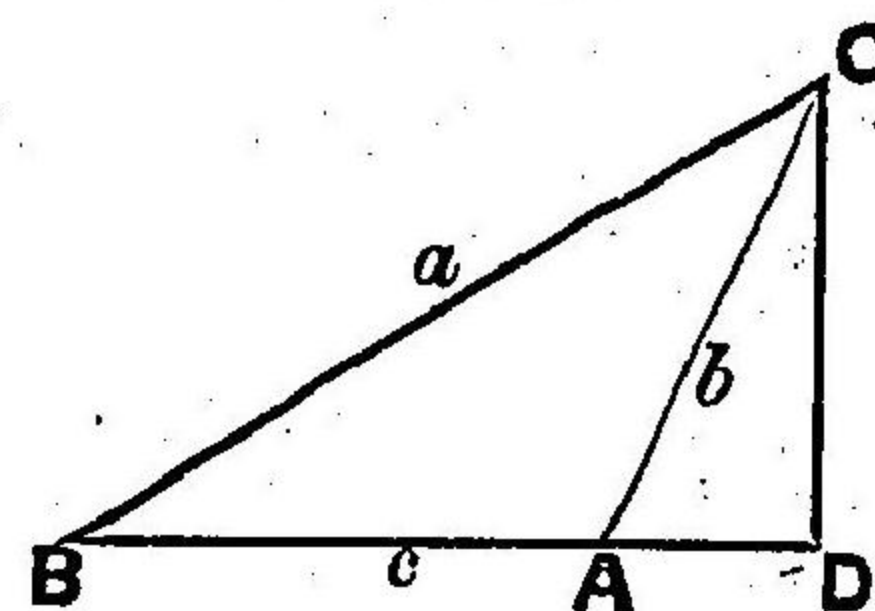
$$DB^2 + CD^2 = c^2 - 2c \cdot AD + AD^2 + CD^2$$

$$= c^2 - 2c \cdot AD + (AD^2 + CD^2)$$

今 $DB^2 + CD^2 = a^2$ ニシテ $AD^2 + CD^2 = b^2$ ナリ

$$\begin{aligned} \therefore a^2 &= c^2 - 2c \cdot AD + b^2 \\ &= b^2 + c^2 - 2c \cdot AD. \end{aligned}$$

第四十圖



[2.] 第四十圖 = 於テ A
ヲ鈍角トシ BA ヲ D 迄延バ
シ其上 = C ヨリ垂線 CD ヲ
引クトキハ

$$BD = c + AD$$

之ヲ自乗スレバ

$$BD^2 = c^2 + 2c \cdot AD + AD^2$$

此式ノ左右 = CD^2 ヲ加フレバ

$$BD^2 + CD^2 = c^2 + 2c \cdot AD + AD^2 + CD^2$$

$$\therefore a^2 = c^2 + 2c \cdot AD + b^2.$$

今第三十九圖ノ場合ノ如ク鋭角斜三角形ナレバ

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2c \cdot AD \dots \dots \text{I.}$$

然ル = $\triangle ACD$ ノ直三角形 = 於テ

$$\frac{AD}{b} = \cos. A \quad \therefore AD = b \cdot \cos. A$$

I = 於テ AD ヲ $b \cdot \cos. A$ = 取替ユルトキハ

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos. A$$

$$\therefore 2bc \cdot \cos. A = b^2 + c^2 - a^2$$

又第四十圖ノ如ク鈍角斜三角形ノ場合 = 於テハ

$$a^2 = b^2 + c^2 + 2c \cdot AD \dots \dots \text{II.}$$

然ル = 直三角形 $\triangle ACD$ = 於テ

$$\frac{AD}{b} = \cos. CAD$$

$$= \cos. (180^\circ - BAC) = -\cos. A$$

$$\therefore AD = -b \cdot \cos. A.$$

II = 於テ AD ヲ $-b \cdot \cos. A$ = 取替ユルトキハ

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos. A$$

$$\therefore 2bc \cdot \cos. A = b^2 + c^2 - a^2.$$

A 式ヲ證スル = ハ下ノ如クナスコトアリ

A が鋭角ナルトキハ

$$a^2 = CD^2 + DB^2$$

$$\text{然ル} = \frac{CD^2}{b^2} = \sin.^2 A \quad \text{即チ } CD^2 = b.^2 \sin.^2 A, \text{ 又 } DB^2$$

$$= (c - AD)^2 \text{ ナリ.}$$

$$\therefore a^2 = b.^2 \sin.^2 A + (c - AD)^2$$

$$= b.^2 \sin.^2 A + (c - b \cdot \cos. A)^2$$

$$= b.^2 \sin.^2 A + c^2 - 2bc \cdot \cos. A + b.^2 \cos.^2 A$$

$$= b.^2 (\sin.^2 A + \cos.^2 A) + c^2 - 2bc \cdot \cos. A$$

$$= b.^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos. A$$

$$\therefore 2bc \cdot \cos. A = b^2 + c^2 - a^2$$

又 A が鈍角ナルトキハ

$$a^2 = CD^2 + DB^2 = b.^2 \sin.^2 A + (c + AD)^2$$

$$= b.^2 \sin.^2 A + (c + b \cdot \cos. CAD)^2 = b.^2 \sin.^2 A + (c - b \cdot \cos. A)^2$$

$$\therefore 2bc \cdot \cos. A = b^2 + c^2 - a^2$$

(B) $bc \cdot \text{hav. } A = \frac{1}{2}(a + b - c) \cdot \frac{1}{2}(a - b - c)$ ヲ證セヨ.

$$\text{Havers. } \mathbf{A} = \frac{1}{2} \text{vers. } \mathbf{A} = \frac{1}{2}(1 - \cos. \mathbf{A})$$

$$\begin{aligned} [(\mathbf{A}) = \text{依リテ}] \dots &= \frac{1}{2} \left(1 - \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \right) \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{2bc - b^2 - c^2 + a^2}{2bc} = \frac{a^2 - (b^2 - 2bc + c^2)}{4bc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore bc. \text{havers. } \mathbf{A} &= \frac{a^2 - (b-c)^2}{4} \\ &= \frac{a + (b-c)}{2} \cdot \frac{a - (b-c)}{2} \end{aligned}$$

$$(C) \quad bc. \sin.^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = \frac{1}{2}(a + \overline{b-c}) \cdot \frac{1}{2}(a - \overline{b-c}) \quad \text{ノ證如何.}$$

[(32)ノ公式ニ依リテ] $1 - 2 \sin.^2 \mathbf{A} = \cos. 2\mathbf{A}$ ナルヲ以テ

$$1 - 2 \sin.^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = \cos. \mathbf{A}$$

$$[(\mathbf{A}) \text{式ニ依リテ}] \quad = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$2bc. - 4bc. \sin.^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = b^2 + c^2 - a^2$$

$$4bc. \sin.^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = 2bc - b^2 - c^2 + a^2$$

$$= a^2 - (b^2 - 2bc + c^2)$$

$$= a^2 - (b-c)^2 = (a + \overline{b-c}) \cdot (a - \overline{b-c})$$

$$\therefore bc. \sin.^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = \frac{1}{2}(a + \overline{b-c}) \cdot \frac{1}{2}(a - \overline{b-c}).$$

$$(D) \quad bc. \cos.^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = \frac{1}{2}(b+c+a) \cdot \frac{1}{2}(b+c-a) \quad \text{ヲ證セヨ.}$$

$$\text{Cos. } 2\mathbf{A} = 2 \cos.^2 \mathbf{A} - 1 \quad \text{ナルヲ以テ}$$

$$2 \cos.^2 \mathbf{A} = 1 + \cos. 2\mathbf{A}$$

$$\cos.^2 \mathbf{A} = \frac{1}{2}(1 + \cos. 2\mathbf{A})$$

∴

$$\text{ccs.}^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = \frac{1}{2}(1 + \cos. \mathbf{A})$$

$$= \frac{1}{2} \left(1 + \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2bc + b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \right)$$

$$\therefore bc. \cos.^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = \frac{(b+c)^2 - a^2}{4}$$

$$= \frac{b+c+a}{2} \cdot \frac{b+c-a}{2}$$

$$(E) \quad 2bc. \sin. \mathbf{A} = \sqrt{(a+b-c) \cdot (a-\overline{b-c}) \cdot (b+c+a) \cdot (b+c-a)}$$

$$[(C) = \text{依リテ}] \quad bc. \sin.^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = \frac{1}{2}(a + \overline{b-c}) \cdot \frac{1}{2}(a - \overline{b-c})$$

$$[(D) = \text{依リテ}] \quad bc. \cos.^2 \frac{\mathbf{A}}{2} = \frac{1}{2}(b+c+a) \cdot \frac{1}{2}(b+c-a)$$

(C) 及 (D) ノ二式ヲ乘ズレバ

$$16bc.^2 \sin.^2 \frac{\mathbf{A}}{2} \cdot \cos.^2 \frac{\mathbf{A}}{2}$$

$$= (a + \overline{b-c}) \cdot (a - \overline{b-c}) \cdot (b+c+a) \cdot (b+c-a)$$

$$\therefore 4bc. \sin. \frac{\mathbf{A}}{2} \cdot \cos. \frac{\mathbf{A}}{2}$$

$$= \sqrt{(a + \overline{b-c}) \cdot (a - \overline{b-c}) \cdot (b+c+a) \cdot (b+c-a)}$$

然ルニ (31) 式ニ依リテ

$$\sin. 2A = 2 \sin. A \cos. A$$

$$\therefore 2 \sin. \frac{A}{2} \cos. \frac{A}{2} = \sin. A$$

$$\therefore 2bc \cdot 2 \sin. \frac{A}{2} \cos. \frac{A}{2}$$

$$= \sqrt{(a+b-c)(a-b-c)(b+c+a)(b+c-a)}$$

$$\therefore 2bc \sin. A$$

$$= \sqrt{(a+b-c)(a-b-c)(b+c+a)(b+c-a)}$$

$$(F) \frac{a}{b} = \frac{\sin. A}{\sin. B} \quad \text{ノ證如何}$$

第三十九圖及第四十圖ノ三角形 ABC = 於テ

$$\sin. A = \frac{CD}{b}; \text{又 } \sin. B = \frac{CD}{a}$$

$$\therefore \frac{\sin. A}{\sin. B} = \frac{\frac{CD}{b}}{\frac{CD}{a}} = \frac{a}{b}$$

$$(G) \frac{a+b}{a-b} = \frac{\tan. \frac{1}{2}(A+B)}{\tan. \frac{1}{2}(A-B)} \quad \text{ノ證如何}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{\sin. A}{\sin. B} \quad \text{= 於テ其左右 = 1 ヲ加フレバ下ノ如ク}$$

ナルベシ

$$\frac{a}{b} + 1 = \frac{\sin. A}{\sin. B} + 1$$

$$\therefore \frac{a+b}{b} = \frac{\sin. A + \sin. B}{\sin. B} \quad \dots \quad a$$

又

$$\frac{a}{b} - 1 = \frac{\sin. A}{\sin. B} - 1$$

$$\therefore \frac{a-b}{b} = \frac{\sin. A - \sin. B}{\sin. B} \quad \dots \quad \beta$$

今 (β) ヲ以テ (α) ヲ除スレバ

$$\frac{\frac{a+b}{b}}{\frac{a-b}{b}} = \frac{\frac{\sin. A + \sin. B}{\sin. B}}{\frac{\sin. A - \sin. B}{\sin. B}}$$

$$\therefore \frac{a+b}{a-b} = \frac{\sin. A + \sin. B}{\sin. A - \sin. B}$$

$$[\text{公式 (34) = 依リテ}] = \frac{\tan. \frac{1}{2}(A+B)}{\tan. \frac{1}{2}(A-B)}$$

$$(H) a = \frac{\sqrt{4bc \cdot \text{hav. } A}}{\sin. \theta} \quad \text{ヲ證セヨ}$$

$$\text{但シ } \tan. \theta = \frac{\sqrt{4bc \cdot \text{hav. } A}}{b-c}$$

$$[\text{公式 (39) = 依リテ}] 2bc \cdot \cos. A = b^2 + c^2 - a^2$$

$$\therefore a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos. A = b^2 + c^2 - 2bc \cdot (1 - \text{vers. } A)$$

$$= b^2 - 2bc + c^2 + 2bc \cdot \text{vers. } A$$

$$= (b-c)^2 + 4bc \cdot \text{hav. } A \quad (\text{但シ } \frac{1}{2} \text{ vers. } A = \text{hav. } A)$$

$$= (b-c)^2 \left\{ 1 + \frac{4bc \cdot \text{hav. } A}{(b-c)^2} \right\}$$

然ルニ

$$\tan. \theta = \frac{\sqrt{4bc \cdot \text{hav. } A}}{b-c}$$

$$\tan^2 \theta = \frac{4bc \cdot \text{hav. } A}{(b-c)^2}$$

$$a^2 = (b-c)^2 (1 + \tan^2 \theta)$$

$$[(4) = \text{依リテ}] = (b-c)^2 \sec^2 \theta$$

$$= \frac{b-c}{\cos. \theta}$$

$$\text{然ル} = \tan. \theta = \frac{\sqrt{4bc \cdot \text{hav. } A}}{b-c} \quad \text{ナルヲ以テ}$$

$$\frac{\sin. \theta}{\cos. \theta} = \frac{\sqrt{4bc \cdot \text{hav. } A}}{b-c}$$

$$\therefore \frac{b-c}{\cos. \theta} = \frac{\sqrt{4bc \cdot \text{hav. } A}}{\sin. \theta}$$

$$\therefore a = \frac{\sqrt{4bc \cdot \text{hav. } A}}{\sin. \theta}$$

(I) $2 \text{ area} = bc \cdot \sin. A$ ヲ證セヨ

正方形ノ面積ハ其底ニ高サヲ乗ヲタルモノナルヲ以テ正方形ノ面積ハ之レト同一ノ底ト高サトヲ有スル三角形ノ面積ヲ二ツ相加ヘタルモノニ等シ故ニ第三十九圖及第四十圖ノ三角形 ABC ニ於テ

$$2 \text{ area } ABC = AB \cdot CD = c \cdot CD$$

$$\text{然ル} = \frac{CD}{b} = \sin. A \quad \text{ナルヲ以テ}$$

$$CD = b \cdot \sin. A$$

$$\therefore 2 \text{ area } ABC = bc \cdot \sin. A$$

(K) $\text{Area} = \sqrt{s \cdot (s-a) \cdot (s-b) \cdot (s-c)}$ ノ證如何

[(E) = 依リテ] $\sin. A$

$$= \frac{1}{2bc} \cdot \sqrt{(a+b-c) \cdot (a-b-c) \cdot (b+c+a) \cdot (b+c-a)}$$

$$= \frac{2}{bc} \sqrt{\frac{a+b-c}{2} \cdot \frac{a+c-b}{2} \cdot \frac{b+c+a}{2} \cdot \frac{b+c-a}{2}}$$

$$\text{今 } s = \frac{a+b+c}{2} \quad \text{トスレバ}$$

$$s-a = \frac{a+b+c}{2} - a = \frac{b+c-a}{2}$$

$$s-b = \frac{a+c-b}{2}$$

$$s-c = \frac{a+b-c}{2}$$

此等ノ値ヲ上ニ得タル式ニ於テ入換ユレバ

$$\sin. A = \frac{2}{bc} \cdot \sqrt{s \cdot (s-a) \cdot (s-b) \cdot (s-c)}$$

然ルニ (I) = 依リテ

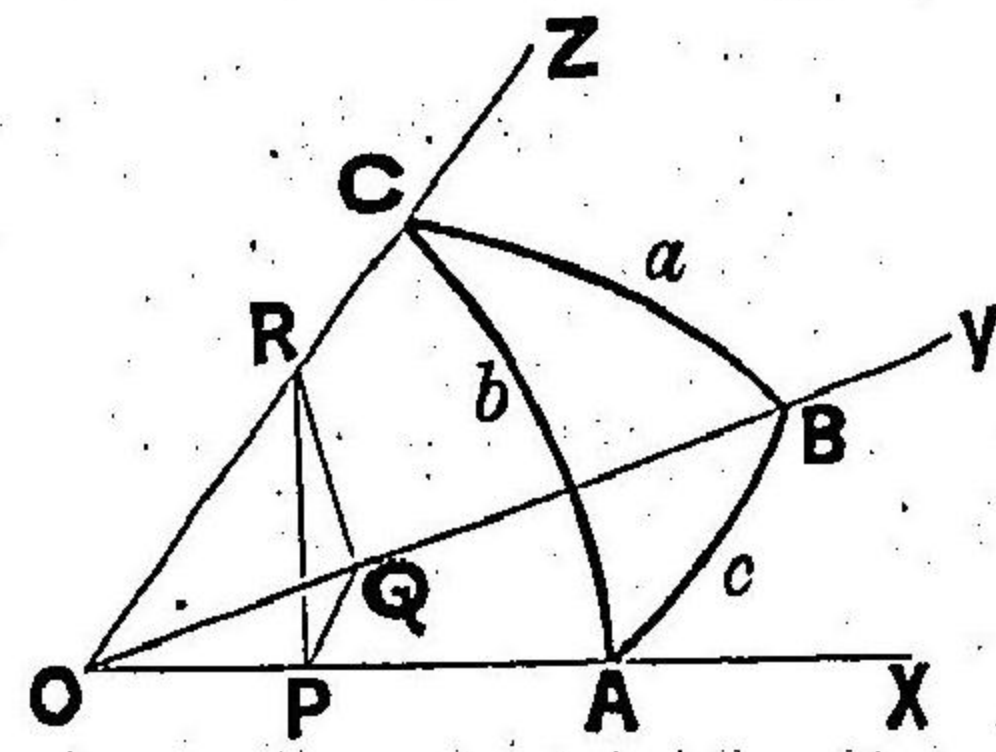
$$\text{Area} = \frac{bc}{2} \cdot \sin. A$$

∴

$$\text{Area} = \sqrt{s \cdot (s-a) \cdot (s-b) \cdot (s-c)}$$

(L) $\text{Cos. } A = \frac{\cos. a \cdot \cos. b \cdot \cos. c}{\sin. b \cdot \sin. c}$ ノ證如何

第四十一圖



第四十壹圖 = 於テ O
ヲ球ノ中心トシ壹ツノ平
面内ニ於テ O ヨリ OX,
OZ ノ二直線ヲ引キ又他
ノ平面ニ於テ OY ヲ引シ
キハ XOY, YOZ 及 XOZ

ナル三個ノ平面ハ O ニ於テ壹ノ實角ヲ形造ス今 ABC
ヲ球ノ表面トシ O ヲ XOY, YOZ, 及 XOZ ナル三個ノ
平面ニテ圍レタル該球ノ中心トスレバ ABC ナル三角形
ノ表面ハ即チ球面三角形ナリ。

A, B, C ナル三角ニ對スル三邊ヲ顯ハス爲メ a, b,
c ヲ以テスルコト平面三角形ニ異ナラズ。

O ニ於ケル實角ハ二直線ガ各自交叉シテ形造スル處
ノ XOY, YOZ, 及 XOZ ナル三角ト二平面ガ相互ニ傾
斜シテナセル三角トノ六部ヨリ成ルモノナリ。

ABC ナル球面三角形ノ六部ハ各自 O ニ於ケル實角
ノ六部ヲ度ルモノナリ即チ a, b, c ノ三邊ハ O ニ於ケル
平面角ヲ度リ而シテ A, B, C ナル球面角ハ各自二平面
ノ傾斜交角ト同一ナリ。

今 XOZ ノ平面ニ於テ RP ト XOY ノ平面ニ於テ
QP トヲ各自 OX ニ垂直ニ引キ而シテ RQ ヲ接スレバ
RPQ 角ハ XOZ, XOY ナル二平面ノ傾斜交角ニシテ球
面角 A ニ等シ又 a, b, c ナル三邊ハ各自 ZOY, ZOZ,

及 XOY ノ三角ヲ度ルモノナリ。

ORQ 及 RPQ ノ平面三角形ニ於テ公式 (A) ニ依リ

$$2 OR \cdot OQ \cdot \cos. ROQ \text{ (or } \cos. a) = OR^2 + OQ^2 - RQ^2$$

$$2 RP \cdot PQ \cdot \cos. RPQ \text{ (or } \cos. A) = RP^2 + PQ^2 - RQ^2$$

上式ヲ減ズレバ

$$2OR \cdot OQ \cdot \cos. a - 2RP \cdot PQ \cdot \cos. A = OR^2 + OQ^2 - RP^2 - PQ^2$$

然ルニ OPR 及 OPQ ハ何レモ皆ニ直角ナルヲ以テ

$$OR^2 - RP^2 = OP^2 \quad OQ^2 - PQ^2 = OP^2 \quad \text{ナリ故ニ}$$

$$2OR \cdot OQ \cdot \cos. a - 2RP \cdot PQ \cdot \cos. A = 2OP^2$$

此式ヲ 2 OR \cdot OQ ニテ除スレバ

$$\cos. a - \frac{RP \cdot PQ}{OR \cdot OQ} \cdot \cos. A = \frac{OP \cdot OP}{OR \cdot OQ}$$

即チ

$$\cos. a - \sin. b \cdot \sin. c \cdot \cos. A = \cos. b \cdot \cos. c$$

$$\therefore \cos. A = \frac{\cos. a - \cos. b \cos. c}{\sin. b \sin. c}$$

同理ニ依リテ

$$\cos. B = \frac{\cos. b - \cos. a \cos. c}{\sin. b \sin. c}$$

$$\cos. C = \frac{\cos. c - \cos. a \cos. b}{\sin. a \sin. b}$$

注意一此公式ハ實ニ基礎ノ範式ナルヲ以テ學生ハ特
ニ能ク之ヲ暗誦セザルベカラズ。

$$(M) \frac{\sin. A}{\sin. a} = \frac{\sqrt{1 - \cos.^2 a - \cos.^2 b - \cos.^2 c + 2 \cos. a \cos. b \cos. c}}{\sin. a \sin. b \sin. c}$$

ヲ證セヨ

$$\sin.^2 A = 1 - \cos.^2 A = 1 - \left(\frac{\cos. a - \cos. b \cos. c}{\sin. b \sin. c} \right)^2$$

$$\sin.^2 A = \frac{\sin.^2 b \sin.^2 c - (\cos. a - \cos. b \cos. c)^2}{\sin.^2 b \sin.^2 c}$$

$$\begin{aligned} \therefore \sin.^2 b \sin.^2 c \sin^2 A &= (1 - \cos.^2 b)(1 - \cos.^2 c) - (\cos. a - \cos. b \cos. c)^2 \\ &= 1 - \cos.^2 a - \cos.^2 b - \cos.^2 c + 2 \cos. a \cos. b \cos. c \end{aligned}$$

此式ノ兩側トモ $\sin.^2 a \sin.^2 b \sin.^2 c = \tau$ 除シ然ル後チ之ヲ平方ニ開クトキハ

$$\frac{\sin. A}{\sin. a} = \frac{\sqrt{1 - \cos.^2 a - \cos.^2 b - \cos.^2 c + 2 \cos. a \cos. b \cos. c}}{\sin. a \sin. b \sin. c}$$

此方程式ノ左右ニ於テハ a, b, c ヲ如何様ニ置換スルトモ其値ヲ變ズルコトナシ今 $\theta = \tau$ 此右方ヲ表ハストキハ下ノ如シ。

$$\frac{\sin. A}{\sin. a} = \theta; \quad \frac{\sin. B}{\sin. b} = \theta; \quad \frac{\sin. C}{\sin. c} = \theta.$$

$$(N) \frac{\sin. A}{\sin. B} = \frac{\sin. a}{\sin. b} \quad \text{ヲ證スルコト如何}$$

$$\frac{\sin. A}{\sin. a} = \theta, \quad \text{又} \quad \frac{\sin. B}{\sin. b} = \theta \quad \text{ナルヲ以テ}$$

$$\frac{\sin. A}{\sin. a} = \frac{\sin. B}{\sin. b}$$

$$\therefore \frac{\sin. A}{\sin. B} = \frac{\sin. a}{\sin. b}$$

(O) Havers. A

$$= \operatorname{cosec.} b \operatorname{cosec.} c \sqrt{\operatorname{havers.} (a+b-c) \operatorname{havers.} (a-b-c)}$$

ヲ證セヨ

$$2 \operatorname{havers.} A = \operatorname{vers.} A = 1 - \cos. A = 1 - \frac{\cos. a - \cos. b \cos. c}{\sin. b \sin. c}$$

$$= \frac{\sin. b \sin. c - \cos. a + \cos. b \cos. c}{\sin. b \sin. c}$$

$$2 \sin. b \sin. c \operatorname{havers.} A = -\cos. a + \cos. b \cos. c + \sin. b \sin. c$$

$$[(22) = \text{依リテ}] = -\cos. a + \cos. (b-c)$$

$$= -(\cos. a - \cos. (b-c))$$

$$[(30) = \text{ヨリテ}] = 2 \sin. \frac{1}{2}(a+b-c) \sin. \frac{1}{2}(a-b-c)$$

然ルニ (33) = 依リテ

$$\operatorname{havers.} A = \sin. \frac{A}{2} \quad \text{即チ} \quad \sqrt{\operatorname{havers.} A} = \sin. \frac{A}{2}$$

$\therefore 2 \sin. b \sin. c \operatorname{havers.} A$

$$= \sqrt{\operatorname{havers.} (a+b-c) \operatorname{havers.} (a-b-c)}$$

$\therefore \operatorname{havers.} A$

$$= \operatorname{cosec.} b \operatorname{cosec.} c \sqrt{\operatorname{havers.} (a+b-c) \operatorname{havers.} (a-b-c)}$$

$$\sin. \frac{A}{2} = \operatorname{cosec.} b \operatorname{cosec.} c \sin. \frac{1}{2}(a+b-c) \sin. \frac{1}{2}(a-b-c) \quad \text{ヲ}$$

證セヨ

$$[(33) = \text{依リテ}] 2 \sin. \frac{A}{2} = \text{vers } A = 1 - \cos. A \text{ ナルヲ}$$

以テ

$$2 \sin. \frac{A}{2} = 1 - \frac{\cos. a - \cos. b \cos. c}{\sin. b \sin. c}$$

又ハ

$$2 \sin. b \sin. c \sin. \frac{A}{2} = \sin. b \sin. c - \cos. a + \cos. b \cos. c$$

$$= -\cos. a + \cos. b \cos. c + \sin. b \sin. c$$

$$= -\cos. a + \cos. (b-c)$$

$$= -(\cos. a - \cos. (b-c))$$

$$[(30) = \text{依リテ}] = -2 \sin. \frac{1}{2}(a+b-c) \cdot \sin. \frac{1}{2}(a-b-c)$$

$$\therefore \sin. \frac{A}{2} = \text{cosec. } b \cdot \text{cosec. } c \cdot \sin. \frac{1}{2}(a+b-c) \cdot \sin. \frac{1}{2}(a-b-c)$$

$$(P) \cos. \frac{A}{2} = \text{cosec. } b \cdot \text{cosec. } c \cdot \sin. \frac{1}{2}(b+c+a) \cdot \sin. \frac{1}{2}(b+c-a)$$

ヲ證セヨ

$$[(32) = \text{依リテ}] \cos. A = 2 \cos. \frac{A}{2} - 1 \text{ ナルヲ以テ}$$

$$2 \cos. \frac{A}{2} = 1 + \cos. A$$

又ハ

$$2 \cos. \frac{A}{2} = 1 + \cos. A$$

$$\therefore 2 \cos. \frac{A}{2} = 1 + \frac{\cos. a - \cos. b \cos. c}{\sin. b \sin. c}$$

$$2 \sin. b \sin. c \cos. \frac{A}{2} = \sin. b \sin. c + \cos. a - \cos. b \cos. c$$

$$= \sin. b \sin. c - \cos. b \cos. c + \cos. a$$

$$= -(\cos. b \cos. c - \sin. b \sin. c) + \cos. a$$

$$= -\cos. (b+c) + \cos. a$$

$$= -(\cos. (b+c) - \cos. a)$$

$$= 2 \sin. \frac{1}{2}(b+c+a) \cdot \sin. \frac{1}{2}(b+c-a)$$

$$\therefore \cos. \frac{A}{2} = \text{cosec. } b \cdot \text{cosec. } c \cdot \sin. \frac{1}{2}(b+c+a) \cdot \sin. \frac{1}{2}(b+c-a)$$

$$(Q) \text{ Vers. } a = \text{vers. } (b-c) + \sin. b \sin. c \text{ vers. } A \text{ ヲ證セヨ}$$

$$\text{Vers. } A = 1 - \cos. A = 1 - \frac{\cos. a - \cos. b \cos. c}{\sin. b \sin. c} \text{ ナルヲ以テ}$$

$$\sin. b \sin. c - \cos. a + \cos. b \cos. c = \sin. b \sin. c \text{ vers. } A$$

$$(\cos. b \cos. c + \sin. b \sin. c) - \cos. a = \sin. b \sin. c \text{ vers. } A$$

又ハ

$$\cos. (b-c) - \cos. a = \sin. b \sin. c \text{ vers. } A$$

又ハ

$$-\cos. a = -\cos. (b-c) + \sin. b \sin. c \text{ vers. } A$$

左右ハ 1 ヲ加フルトキハ

$$1 - \cos. a = 1 - \cos. (b-c) + \sin. b \sin. c \text{ vers. } A$$

$$\therefore \text{vers. } a = \text{vers. } (b-c) + \sin. b \sin. c \text{ vers. } A$$

$$(R) \cos. a = \frac{\cos. A + \cos. B \cos. C}{\sin. B \sin. C} \text{ ヲ證ハ如何}$$

$$\cos. A + \cos. B \cos. C =$$

$$\frac{\cos. a - \cos. b \cos. c}{\sin. b \sin. c} + \frac{\cos. b - \cos. a \cos. c}{\sin. a \sin. c} = \frac{\cos. c - \cos. a \cos. b}{\sin. a \sin. b}$$

$$= \frac{\cos. a - \cos. b. \cos. c + (\cos. b - \cos. a. \cos. c)(\cos. c - \cos. a. \cos. b)}{\sin.^2 a. \sin. b. \sin. c}$$

$$\begin{aligned} \therefore \sin.^2 A. \sin. b. \sin. c. (\cos. A + \cos. B. \cos. C) &= \\ \sin.^2 a (\cos. a - \cos. b. \cos. c) + (\cos. b - \cos. a. \cos. c). (\cos. c - \cos. a. \cos. b) &= \\ = (1 - \cos.^2 a). (\cos. a - \cos. b. \cos. c) + \cos. b. \cos. c - \cos. a. \cos.^2 b &= \\ - \cos. a. \cos.^2 c + \cos.^2 a. \cos. b. \cos. c &= \\ = \cos. a - \cos.^3 a - \cos. a. \cos.^2 b - \cos. a. \cos.^2 c + 2 \cos.^2 a. \cos. b. \cos. c &= \\ = \cos. a (1 - \cos.^2 a - \cos.^2 b - \cos.^2 c + 2 \cos. a. \cos. b. \cos. c) \end{aligned}$$

$$\text{然ル} = \frac{\sin. B}{\sin. b} \cdot \frac{\sin. C}{\sin. c} = \theta^2 \text{ ナルヲ以テ}$$

$$\frac{\sin. B. \sin. C}{\sin. b. \sin. c} = \frac{1 - \cos.^2 a - \cos.^2 b - \cos.^2 c + 2 \cos. a. \cos. b. \cos. c}{\sin.^2 a. \sin.^2 b. \sin.^2 c}$$

$$\therefore \sin.^2 a. \sin. b. \sin. c. \sin. B. \sin. C = 1 - \cos.^2 a - \cos.^2 b - \cos.^2 c + 2 \cos. a. \cos. b. \cos. c$$

此値ヲ上ニ得タル式ニ於テ入換ルトキハ

$$\begin{aligned} \sin.^2 a. \sin. b. \sin. c. (\cos. A + \cos. B. \cos. C) &= \\ \cos. a. \sin.^2 a. \sin. b. \sin. c. \sin. B. \sin. C \end{aligned}$$

$\sin.^2 a. \sin. b. \sin. c$ ニテ除スレバ

$$\cos. A + \cos. B. \cos. C = \cos. a. \sin. B. \sin. C$$

$$\therefore \cos. a = \frac{\cos. A + \cos. B. \cos. C}{\sin. B. \sin. C}$$

(S) $\cot. A. \sin. B = \cot. a. \sin. c - \cos. B. \cos. c$ ノ證加何

$$\cos. A = \frac{\cos. a - \cos. b. \cos. c}{\sin. b. \sin. c} = \frac{\cos. a \times 1 - \cos. b. \cos. c}{\sin. b. \sin. c}$$

$$= \frac{\cos. a. (\sin.^2 c + \cos.^2 c) - \cos. b. \cos. c}{\sin. b. \sin. c}$$

$$= \frac{\cos. a. \sin.^2 c}{\sin. b. \sin. c} + \frac{\cos. a. \cos.^2 c - \cos. b. \cos. c}{\sin. b. \sin. c}$$

$$= \frac{\cos. a. \sin. c}{\sin. b.} + \frac{\cos. a. \cos. c - \cos. b.}{\sin. b. \sin. c} \cdot \cos. c$$

$$= \frac{\cos. a. \sin. c}{\sin. b.} - \frac{\cos. b. - \cos. a. \cos. c}{\sin. b. \sin. c} \cdot \cos. c$$

$$\text{然ル} = \frac{\sin. B}{\sin. A} = \frac{\sin. b}{\sin. a} \text{ ナリ今之ヲ上ニ得タル方程式ニ}$$

乘ズレバ下ノ如シ

$$\frac{\cos. A. \sin. B}{\sin. A}$$

$$= \frac{\sin. b.}{\sin. a.} \cdot \frac{\cos. a. \sin. c}{\sin. b.} - \frac{\sin. b.}{\sin. a.} \cdot \frac{\cos. b. - \cos. a. \cos. c}{\sin. a. \sin. c} \cdot \cos. c$$

$$= \frac{\cos. a. \sin. c}{\sin. a.} - \frac{\cos. b. - \cos. a. \cos. c}{\sin. a. \sin. c} \cdot \cos. c$$

$$\frac{\cos. A}{\sin. A} = \cot. A, \frac{\cos. a}{\sin. a} = \cot. a, \text{ and}$$

$$\frac{\cos. b. - \cos. a. \cos. c}{\sin. a. \sin. c} = \cos. B \text{ ナルヲ以テ}$$

$$\therefore \cot. A. \sin. B = \cot. a. \sin. c - \cos. B. \cos. c$$

$$\begin{aligned} \text{Tan. } \frac{1}{2}(A+B) &= \frac{\cos. \frac{1}{2}(a-b)}{\cos. \frac{1}{2}(a+b)} \cdot \cot. \frac{1}{2} C \\ \text{(T) Tan. } \frac{1}{2}(A-B) &= \frac{\sin. \frac{1}{2}(a-b)}{\sin. \frac{1}{2}(a+b)} \cdot \cot. \frac{1}{2} C \end{aligned} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{ヲ證セヨ}$$

$$\begin{aligned} \text{Cos. } \mathbf{A} &= \frac{\text{cos. } a - \text{cos. } b \cdot \text{cos. } c}{\text{sin. } b \cdot \text{sin. } c} = \frac{\text{cos. } a \times 1 - \text{cos. } b \cdot \text{cos. } c}{\text{sin. } b \cdot \text{sin. } c} \\ &= \frac{\text{cos. } a(\text{sin.}^2 b + \text{cos.}^2 b) - \text{cos. } b \cdot \text{cos. } c}{\text{sin. } b \cdot \text{sin. } c} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{sin. } b \cdot \text{sin. } c \cdot \text{cos. } \mathbf{A} &= \text{cos. } a \cdot \text{sin.}^2 b + \text{cos. } a \cdot \text{cos.}^2 b - \text{cos. } b \cdot \text{cos. } c \\ &= \text{cos. } a \cdot \text{sin.}^2 b - (\text{cos. } c - \text{cos. } a \cdot \text{cos. } b) \cdot \text{cos. } b \end{aligned}$$

然ル = $\text{cos. } \mathbf{C} = \frac{\text{cos. } c - \text{cos. } a \cdot \text{cos. } b}{\text{sin. } a \cdot \text{sin. } b}$ + ルヲ以テ

$$\text{sin. } a \cdot \text{sin. } b \cdot \text{cos. } \mathbf{C} = \text{cos. } c - \text{cos. } a \cdot \text{cos. } b$$

$$\therefore \text{sin. } b \cdot \text{sin. } c \cdot \text{cos. } \mathbf{A} = \text{cos. } a \cdot \text{sin.}^2 b - \text{sin. } a \cdot \text{sin. } b \cdot \text{cos. } \mathbf{C} \cdot \text{cos. } b$$

$$\therefore \text{sin. } c \cdot \text{cos. } \mathbf{A} = \text{cos. } a \cdot \text{sin. } b - \text{sin. } a \cdot \text{cos. } b \cdot \text{cos. } \mathbf{C} \dots \dots \dots (a)$$

同理 = 依リテ

$$\text{sin. } c \cdot \text{cos. } \mathbf{B} = \text{cos. } b \cdot \text{sin. } a - \text{sin. } b \cdot \text{cos. } a \cdot \text{cos. } \mathbf{C} \dots \dots \dots (b)$$

今 (a) 及 (b) ヲ加フレバ下ノ如シ

$$\begin{aligned} \text{sin. } c(\text{cos. } \mathbf{A} + \text{cos. } \mathbf{B}) &= \text{sin. } a \cdot \text{cos. } b + \text{cos. } a \cdot \text{sin. } b - (\text{sin. } a \cdot \text{cos. } b \\ &\quad + \text{cos. } a \cdot \text{sin. } b) \times \text{cos. } \mathbf{C} \end{aligned}$$

$$= \text{sin.}(a+b) - \text{sin.}(a+b) \cdot \text{cos. } \mathbf{C}$$

$$= \text{sin.}(a+b) \cdot (1 - \text{cos. } \mathbf{C})$$

$$[(33) = \text{依リテ}] \quad = 2 \text{sin.}(a+b) \cdot \text{sin.}^2 \frac{\mathbf{C}}{2} \dots \dots \dots (c)$$

然ル = 公式 (N) = 依リテ

$$\text{Sin. } c \cdot \text{sin. } \mathbf{A} = \text{sin. } \mathbf{C} \cdot \text{sin. } a = 2 \text{sin. } a \cdot \text{sin.} \frac{\mathbf{C}}{2} \cdot \text{cos.} \frac{\mathbf{C}}{2}$$

又

$$\text{Sin. } c \cdot \text{sin. } \mathbf{B} = \text{sin. } \mathbf{C} \cdot \text{sin. } b = 2 \text{sin. } b \cdot \text{sin.} \frac{\mathbf{C}}{2} \cdot \text{cos.} \frac{\mathbf{C}}{2}$$

上ノ二式ヲ加減スレバ

$$\text{Sin. } c \cdot (\text{sin. } \mathbf{A} + \text{sin. } \mathbf{B}) = 2 \text{sin.} \frac{\mathbf{C}}{2} \cdot \text{cos.} \frac{\mathbf{C}}{2} (\text{sin. } a + \text{sin. } b) \dots \dots (d)$$

$$\text{Sin. } c \cdot (\text{sin. } \mathbf{A} - \text{sin. } \mathbf{B}) = 2 \text{sin.} \frac{\mathbf{C}}{2} \cdot \text{cos.} \frac{\mathbf{C}}{2} (\text{sin. } a - \text{sin. } b) \dots \dots (e)$$

今 (e) = テ (d) ヲ除スレバ

$$\frac{\text{Sin. } c(\text{sin. } \mathbf{A} + \text{sin. } \mathbf{B})}{\text{Sin. } c(\text{cos. } \mathbf{A} + \text{cos. } \mathbf{B})} = \frac{2 \text{sin.} \frac{\mathbf{C}}{2} \cdot \text{cos.} \frac{\mathbf{C}}{2} \cdot (\text{sin. } a + \text{sin. } b)}{2 \text{sin.}(a+b) \cdot \text{sin.}^2 \frac{\mathbf{C}}{2}}$$

$$\therefore \frac{\text{Sin. } \mathbf{A} + \text{sin. } \mathbf{B}}{\text{Cos. } \mathbf{A} + \text{cos. } \mathbf{B}} = \text{cot.} \frac{\mathbf{C}}{2} \cdot \frac{\text{sin. } a + \text{sin. } b}{\text{sin.}(a+b)}$$

或ハ

$$\frac{2 \text{sin.} \frac{1}{2}(\mathbf{A} + \mathbf{B}) \cdot \text{cos.} \frac{1}{2}(\mathbf{A} - \mathbf{B})}{2 \text{cos.} \frac{1}{2}(\mathbf{A} + \mathbf{B}) \cdot \text{cos.} \frac{1}{2}(\mathbf{A} - \mathbf{B})} = \frac{2 \text{sin.} \frac{1}{2}(a+b) \cdot \text{cos.} \frac{1}{2}(a-b)}{2 \text{sin.} \frac{1}{2}(a+b) \cdot \text{cos.} \frac{1}{2}(a+b)} \cdot \text{cot.} \frac{\mathbf{C}}{2}$$

$$\therefore \text{Tan.} \frac{1}{2}(\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \frac{\text{cos.} \frac{1}{2}(a-b)}{\text{cos.} \frac{1}{2}(a+b)} \cdot \text{cot.} \frac{\mathbf{C}}{2}$$

同理 = 依リ (c) = テ (e) ヲ除スレバ他ノ方程式ノ證ヲ得

$$\text{Tan.} \frac{1}{2}(a+b) = \frac{\text{cos.} \frac{1}{2}(\mathbf{A} - \mathbf{B})}{\text{cos.} \frac{1}{2}(\mathbf{A} + \mathbf{B})} \cdot \text{tan.} \frac{1}{2}c$$

$$(U) \quad \text{Tan.} \frac{1}{2}(a-b) = \frac{\text{sin.} \frac{1}{2}(\mathbf{A} - \mathbf{B})}{\text{sin.} \frac{1}{2}(\mathbf{A} + \mathbf{B})} \cdot \text{tan.} \frac{1}{2}c \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{ノ證ヲ求ム}$$

$$\text{cos. } a = \frac{\text{cos. } \mathbf{A} + \text{cos. } \mathbf{B} \cdot \text{cos. } \mathbf{C}}{\text{sin. } \mathbf{B} \cdot \text{sin. } \mathbf{C}} = \frac{\text{cos. } \mathbf{A} \times 1 + \text{cos. } \mathbf{B} \cdot \text{cos. } \mathbf{C}}{\text{sin. } \mathbf{B} \cdot \text{sin. } \mathbf{C}}$$

$$= \frac{\cos. A(\sin.^2 B + \cos.^2 B) + \cos. B \cos. C}{\sin. B \sin. C}$$

$$\begin{aligned} \therefore \sin. B \sin. C \cos. a & \\ &= \cos. A \sin.^2 B + \cos. A \cos.^2 B + \cos. B \cos. C \\ &= \cos. A \sin.^2 B + (\cos. A \cos. B + \cos. C) \cos. B \end{aligned}$$

$$\text{然ル} = \cos. c = \frac{\cos. C + \cos. A \cos. B}{\sin. A \sin. B} \text{ ナルヲ以テ}$$

$$\cos. A \cos. B + \cos. C = \sin. A \sin. B \cos. c$$

$$\begin{aligned} \therefore \sin. B \sin. C \cos. a & \\ &= \cos. A \sin.^2 B + \sin. A \sin. B \cos. c \cos. B \end{aligned}$$

$$\therefore \sin. C \cos. a = \cos. A \sin. B + \sin. A \cos. B \cos. c$$

同理 = 依リ

$$\sin. C \cos. b = \cos. B \sin. A + \sin. B \cos. A \cos. c$$

此二式ヲ加フレバ下ノ如シ

$$\begin{aligned} \sin. C (\cos. a + \cos. b) &= \sin. (A+B) + \sin. (A+B) \cos. c \\ &= \sin. (A+B) (1 + \cos. c) \end{aligned}$$

$$\text{然ル} = (32) = \text{依リテ} \cos. 2A = 2 \cos.^2 A - 1 \text{ 或ハ}$$

$$1 + \cos. A = 2 \cos.^2 \frac{A}{2} \text{ ナルヲ以テ}$$

$$\sin. C (\cos. a + \cos. b) = 2 \sin. (A+B) \cos.^2 \frac{A}{2} \dots \dots (f)$$

又

$$\sin. a \sin. C = \sin. A \sin. c = 2 \sin. A \sin. \frac{c}{2} \cos. \frac{c}{2}$$

$$\sin. b \sin. C = \sin. B \sin. c = 2 \sin. B \sin. \frac{c}{2} \cos. \frac{c}{2}$$

之ヲ加減スレバ

$$\sin. C (\sin. a + \sin. b) = 2 \sin. \frac{c}{2} \cos. \frac{c}{2} (\sin. A + \sin. B) \quad (g)$$

$$\sin. C (\sin. a - \sin. b) = 2 \sin. \frac{c}{2} \cos. \frac{c}{2} (\sin. A - \sin. B) \quad (h)$$

今 (f) = テ g ヲ除スレバ

$$\frac{\sin. C (\sin. a + \sin. b)}{\sin. C (\cos. a + \cos. b)} = \frac{2 \sin. \frac{c}{2} \cos. \frac{c}{2} (\sin. A + \sin. B)}{2 \sin. (A+B) \cos.^2 \frac{A}{2}}$$

又ハ

$$\frac{\sin. a + \sin. b}{\cos. a + \cos. b} = \tan. \frac{c}{2} \cdot \frac{\sin. A + \sin. B}{\sin. (A+B)}$$

又ハ

$$\begin{aligned} \frac{2 \sin. \frac{1}{2}(a+b) \cos. \frac{1}{2}(a-b)}{2 \cos. \frac{1}{2}(a+b) \cos. \frac{1}{2}(a-b)} & \\ &= \tan. \frac{c}{2} \cdot \frac{2 \sin. \frac{1}{2}(A+B) \cos. \frac{1}{2}(A-B)}{2 \sin. \frac{1}{2}(A+B) \cos. \frac{1}{2}(A+B)} \end{aligned}$$

$$\therefore \tan. \frac{1}{2}(a+b) = \tan. \frac{c}{2} \cdot \frac{\cos. \frac{1}{2}(A-B)}{\cos. \frac{1}{2}(A+B)}$$

同理 = 依リテ (f) ヲ以テ (h) ヲ除スレバ他ノ證ヲ得

公式 (V) ノ證各自如何

第壹. 斜邊ノ餘弧ナル $90^\circ - a$ ヲ中部トスレバ $90^\circ - B$ 及 $90^\circ - C$ ハ接部ニシテ b 及 c ハ隔部ナリ然ル

トキハ

第六十五頁 (2°) ノ規則 = 依リ

$$\text{Sin.}(90^\circ - a) = \text{cos. } b \cdot \text{cos. } c \therefore \text{cos. } a = \text{cos. } b \cdot \text{cos. } c$$

$$\text{Sin.}(90^\circ - a) = \text{tan.}(90^\circ - \mathbf{B}), \text{tan.}(90^\circ - \mathbf{C})$$

$$\therefore \text{cos. } a = \text{cot. } \mathbf{B} \cdot \text{cot. } \mathbf{C}$$

$\mathbf{A} = 90^\circ$ トスレバ第八十二頁公式 (L) 及第八十三頁

(R) = 依リ尙キ前ト同一ノ方程式ヲ得ルコト下ノ如シ

$$\text{Cos. } \mathbf{A} = \frac{\text{cos. } a - \text{cos. } b \cdot \text{cos. } c}{\text{sin. } b \cdot \text{sin. } c} \dots \dots \dots (\alpha)$$

$$\text{Cos. } a = \frac{\text{cos. } \mathbf{A} + \text{cos. } \mathbf{B} \cdot \text{cos. } \mathbf{C}}{\text{sin. } \mathbf{B} \cdot \text{sin. } \mathbf{C}} \dots \dots \dots (\beta)$$

今 $\mathbf{A} = 90^\circ$ ナルヲ以テ $\text{cos. } \mathbf{A} = 0$ ナリ故ニ

(α) = 於テ

$$\text{Cos. } a = \text{cos. } b \cdot \text{cos. } c$$

(β) = 於テ

$$\text{Cos. } a = \text{cot. } \mathbf{B} \cdot \text{cot. } \mathbf{C}$$

第貳. $90^\circ - \mathbf{C}$ (\mathbf{C} ノ餘角) ヲ中部トスレバ $90^\circ - a$ 及

b ハ接部ニシテ $90^\circ - \mathbf{B}$ 及 c ハ隔部ナリ然ルトキハ

第六十五頁 (1°) ノ規則ニ依リ

$$\text{Sin.}(90^\circ - \mathbf{C}) = \text{tan.}(90^\circ - a) \cdot \text{tan. } b$$

即チ

$$\text{Cos. } \mathbf{C} = \text{cot. } a \cdot \text{tan. } b$$

$$\text{Sin.}(90^\circ - \mathbf{C}) = \text{cos.}(90^\circ - \mathbf{B}) \cdot \text{cos. } c$$

即チ

$$\text{Cos. } \mathbf{C} = \text{sin. } \mathbf{B} \cdot \text{cos. } c$$

第八十三頁公式 (R) 及 (S) = 依リテ尙キ前ト同一ノ結果ヲ得ルコト下ノ如シ.

$$\text{Cos. } c = \frac{\text{cos. } \mathbf{C} + \text{c. s. } \mathbf{A} \cdot \text{cos. } \mathbf{B}}{\text{sin. } \mathbf{A} \cdot \text{sin. } \mathbf{B}}$$

$$\text{Cot. } \mathbf{A} \cdot \text{sin. } \mathbf{C} = \text{cot. } a \cdot \text{sin. } b - \text{cos. } \mathbf{C} \cdot \text{cos. } b$$

$\mathbf{A} = 90^\circ$ トスレバ $\text{cos. } \mathbf{A} = 0$, $\text{sin. } \mathbf{A} = 1$ ニシテ $\text{cot. } \mathbf{A} = 0$

ナリ

此等ノ値ヲ入換ルトキハ

$$\text{Cos. } \mathbf{C} = \text{cot. } a \cdot \text{tan. } b$$

又

$$\text{Cos. } \mathbf{C} = \text{sin. } \mathbf{B} \cdot \text{cos. } c$$

$90^\circ - \mathbf{B}$ ヲ中部トナス場合ニ於テモ同法ニ依リテ公式ヲ證スルヲ得ベシ.

第參. b 邊ヲ中部トスレバ $90^\circ - \mathbf{C}$ 及 c ハ接部トナリ $90^\circ - a$ 及 $90^\circ - \mathbf{B}$ ハ隔部トナル故ニ第六十五頁 (1°) ノ規則ニ依リ

$$\text{Sin. } b = \text{tan.}(90^\circ - \mathbf{C}) \cdot \text{tan. } c$$

即チ

$$\text{Sin. } b = \text{cot. } \mathbf{C} \cdot \text{tan. } c$$

又

$$\text{Sin. } b = \text{cos.}(90^\circ - a) \cdot \text{cos.}(90^\circ - \mathbf{B})$$

即チ

$$\text{Sin. } b = \text{sin. } a \cdot \text{sin. } \mathbf{B}$$

$A=90^\circ$ トスレバ公式(N)及(S) = 依リテ同一ノ證ヲ得ベシ.

$$[(N) = 依リ] \frac{\sin. A}{\sin. B} = \frac{\sin. a}{\sin. b}$$

$$[(S) = 依リ] \cot. C \sin. A = \cot. c \sin. b - \cos. A \cos. b$$

故 =

$$\sin. b = \sin. a \sin. B$$

$$\sin. b = \cot. C \tan. c$$

c 邊ヲ中部トナス場合 = 於テモ上ト同法 = 依リテ同一ノ證ヲ得ベシ.

(W) ノ公式ノ證各如何.

第壹. $90^\circ - A$ ヲ中部トスレバ $90^\circ - c$ 及 $90^\circ - b$ ハ接部 = シテ B 及 C ハ隔部ナリ.

規則 = 依リ

$$\sin. (90^\circ - A) = -\tan. (90^\circ - b) \tan. (90^\circ - c)$$

$$= -\cot. b \cot. c.$$

$$\sin. (90^\circ - A) = -\cos. B \cos. C$$

即チ

$$\cos. A = -\cot. b \cot. c = -\cos. B \cos. C \quad [(W.)][1] \text{ノ證}$$

(L) 及 (R) = 依リ證スルコト下ノ如シ.

$$\cos. A = \frac{\cos. a - \cos. b \cos. c}{\sin. b \sin. c}$$

$$\cos. a = \frac{\cos. A + \cos. B \cos. C}{\sin. B \sin. C}$$

今 $a=90^\circ$ トスレバ $\cos. a=0$ ナルヲ以テ之ヲ上ノ式

= 於テ入換ユルトキハ下ノ如シ即チ

第一ノ方程式 = 於テハ

$$\cos. A = -\cot. b \cot. c$$

第二ノ方程式 = 於テハ

$$\cos. A = -\cos. B \cos. C$$

第貳. $90^\circ - b$ ヲ中部トスレバ $90^\circ - A$ 及 C ハ接部 = シテ $90^\circ - c$ 及 B ハ隔部ナリ.

規則 = 依リ

$$\sin. (90^\circ - b) = -\tan. (90^\circ - A) \tan. C$$

即チ

$$\cos. b = -\cot. A \tan. C$$

又

$$\sin. (90^\circ - b) = \cos. (90^\circ - c) \cos. B$$

即チ

$$\cos. b = \sin. c \cos. B$$

(L) 及 (S) ノ公式ヲ用フルモ尙ホ上ト同一ノ證ヲ得ルコト下ノ如シ.

$$\cos. B = \frac{\cos. b - \cos. a \cos. c}{\sin. a \sin. c} \quad [L]$$

$$\cot. A \sin. C = \cot. a \sin. b - \cos. C \cos. b \quad [S]$$

今 $a=90^\circ$ ナルヲ以テ $\cos. a=0$, $\sin. a$

$$= 1, \text{ニシテ } \cot. a=0 \text{ ナリ.}$$

此等ノ値ヲ上ノ (L) 及 (S) = 於テ入換ユルトキハ

第壹ノ方程式 = 於テハ

$$\text{Cos. } b = \sin. c. \text{ cos. } B$$

第二ノ方程式 = 於テハ

$$\text{Cos. } b = -\text{cot. } A. \text{ tan. } C$$

第參. **B**ヲ中部トスレバ $90^\circ - c$ 及 **C**ハ接部ニシテ
 $90^\circ - A$ 及 $90^\circ - b$ ハ隔部ナリ.

規則 = 依リ

$$\text{Sin. } B = \text{tan. } C. \text{ tan. } (90^\circ - c) = \text{tan. } C. \text{ cot. } c.$$

$$\text{Sin. } B = \text{cos. } (90^\circ - A). \text{ cos. } (90^\circ - b) = \text{sin. } A. \text{ sin. } b$$

(**N**) 及 (**S**)ノ公式ヲ用フルモ尙ホ同一ノ證ヲ得ルコト
下ノ如シ.

$$\text{Sin. } A. \text{ sin. } b = \text{sin. } a. \text{ sin. } B \text{ [N]}$$

$$\text{今 sin. } a = 1 \text{ ナルヲ以テ}$$

$$\therefore \text{sin. } B = \text{sin. } A. \text{ sin. } b$$

$$\text{Cot. } C. \text{ sin. } B = \text{cot. } c. \text{ sin. } a - \text{cos. } B. \text{ cos. } a \text{ [S]}$$

$$\text{今 sin. } a = 1 \text{ ニシテ cos. } a = 0 \text{ ナルヲ以テ}$$

$$\therefore \text{sin. } B = \frac{\text{cot. } c}{\text{cot. } C} = \text{tan. } C. \text{ cot. } c$$

注意. 一直角及象限球面三角形ノ爲メニ設ケタル予ビ
ニテ Napier 氏式ノ相則ヲ容易ク記憶センニハ左項ヲ暗
誦スベシ.

中部 = middle part.

接部 = adjacent part.

隔部 = opposite part.

規則第一

$$\text{Sin. mid.} = \text{tan. ad.}$$

規則第二

$$\text{Sin. mid.} = \text{cos. op.}$$

此規則 = 於テ貳個ノ i , 貳個ノ a , 及貳個ノ o ハ必ズ
常ニ貳個宛双體ヲナスモノナリ即チ tan. ノ a ト adjacent
ノ a 又ハ cos. ノ o ト opposite ノ o ト相寄りテ双體トナ
ルガ如シ.

第五編
測地航海術初則

Preliminary Rules in Navigation.

度ヲ海里 (Nautical Miles) = 改ムル法.

35. 壹海里ハ緯度壹分ノ長サナリ故ニ度数 = 60

ヲ乗セバ海里トナリ秒數ヲ 60 ニテ除セバ海里ノ小數トナルベシ.

例 一

19°47'40'' ヲ海里ニ改ムレバ如何.

$$\begin{array}{r} 19^{\circ}47'40'' \\ \underline{60} \\ 1140 \quad 60) 40.0 \\ \underline{47+} \quad .66 \text{ (五捨六入スベシ)} \\ 1187 \\ \underline{.7+} \\ 1187.7 \end{array}$$

例 二

129°59'36'' ヲ海里ニ改ムレバ如何.

$$\begin{array}{r} 129^{\circ} \\ \underline{60} \\ 7740 \quad 60) 36.0 \\ \underline{59+} \quad .6 \\ 7799 \\ \underline{.6+} \\ 7799.6 \end{array}$$

例 三

151°51'34'' ヲ海里ニ改ムレバ如何.

$$\begin{array}{r} 151 \\ \underline{60} \\ 9060 \quad 60) 34.0 \\ \underline{51+} \quad .56 \text{ (五捨六入スベシ)} \\ 9111 \\ \underline{.6+} \\ 9111.6 \end{array}$$

海里ヲ度ニ改ムル法.

36. 60 ヲ以テ里數ヲ除シ其商ヲ度数トス若シ殘餘ノ數ヲ生差タルトキハ分ノ數ナリ分ノ小數ハ 60 ヲ乘シテ秒ニ改ムベシ.

例 一

2591.6 海里ヲ度ニ改ムレバ如何.

$$\begin{array}{r} 60) 2591.6 \text{ (} 43^{\circ} \\ \underline{240} \\ 191 \\ \underline{180} \\ 11 \\ \underline{.6} \\ 60 \\ \underline{36.0} \\ 43^{\circ}11'36'' \end{array}$$

例 二

971.8 海里ハ如何.

$$\begin{array}{r}
 60) 971.8 (16^\circ \\
 \underline{60} \\
 371 \\
 \underline{360} \\
 11' \\
 \underline{8} \\
 60 \\
 \underline{48''} \\
 16^\circ 11' 48''
 \end{array}$$

例 三

1917 海里ハ如何.

$$\begin{array}{r}
 60) 1917 (31^\circ \\
 \underline{180} \\
 117 \\
 \underline{60} \\
 57' \\
 31^\circ 57' 0''
 \end{array}$$

37. 起程、着達、兩地ノ緯度ヲ知テ變緯ヲ求ム

ルコト.

規 則

- 1.° 兩地ノ緯度同名ナルトキハ小ナル緯度ヲ大ナルモノヨリ相減シ其差ノ度数ニ 60 ヲ乘テ分ノ數ニ改メ之ヲ眞變緯トス.
- 2.° 兩地ノ緯度異名ナラバ之ヲ相加ヘ其和ヲ分ノ數ニ改メ眞變緯トス.
- 3.° 着達緯度、起程地ノ北ニ在レバ變緯ノ分數ノ右ニ

N. ノ符ヲ配シ着達緯度、起程緯度ノ南ナラバ變緯ニ S. ノ符ヲ配スベシ.

例 一

北緯 55° 1' ノ地ヨリ北緯 57° 58' ニ至ラントス眞變緯如何.

Lat. from	55° 1' N.
Lat. in	57 58 N.
	<u>2 57</u>
	60
	<u>120</u>
	57
D. lat	<u>177' N.</u>

着達地ハ起程地ヨリ北ニ在リ故ニ N. ト符ス.

例 二

一船アリ北緯 32° 40' ヨリ北緯 20° 47' ニ至ラントス變緯如何.

Lat. from	32° 40' N.
Lat. to	20 47 N.
	<u>11 53</u>
	60
D. lat	<u>713' S.</u>

着達地ハ起程地ヨリ南ニ在リ故ニ S. ト符ス.

例 三

北緯 4° 15' ノ臺灣岬ヨリ南緯 15° 55' ノ St. Helena ニ至ラントス眞變緯如何.

Lat. C. Taiwan	...	4° 15' N.
Lat. St. Helena	...	15 55 S.
		<u>20 10 S.</u>
		60
D. lat.	...	<u>1210' S.</u>

着達地、起程地ノ南ニ在ルガ故ニ S. 符ヲ配ス.

例 四

南緯 29°53' = 在ル Port Natal ヲ發シテ北緯 20°S' = 在ル Akynb = 着セリ其真變緯如何.

Lat. Port Natal	...	29° 53' S.
Lat. Akynb	...	20 8 N.
		<u>50 1 N.</u>
		60
D. lat	...	<u>3001' N.</u>

着達地ハ起程地ノ北ニ在ルガ故ニ N. 符ヲ配ス.

例 五

一船アリ南緯 50° ヨリ南緯 45° 29' = 達セリ變緯如何.

Lat. from	...	50° 0' S.
Lat. in.	...	45 29 S.
		<u>4 31 N.</u>
		60
D. lat	...	<u>271' N.</u>

南半球ニ在リテ高緯度ヨリ低緯度ニ

至ルニハ赤道ノ方即チ北ニ向テ進航セザルベカラズ故ニ N. 符ヲ配ス.

例 六

一船アリ A ナル北緯 10° ノ地ヲ發シテ緯度 0° = 在ル B ナル地ニ到レリ然ルトキハ其真變緯若干ナリヤ.

Lat. from	...	10° N.
Lat. in	...	0' N.
		<u>10 S.</u>
		60
D. lat	...	<u>600' S.</u>

北緯 0° ハ赤道上ナルヲ以テ北緯 10° ノ地ヨリ赤道ニ向フテ進航セバ船ハ南方ヘ航セザルベカラズ故ニ S. 符ヲ配ス.

問題

下ノ問題ニ於テ A ヨリ B ニ至ル真變緯ヲ求ム.

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1. Lat. A 51° 26' N. | 2. Lat. A 5° 28' S. |
| B 42 54 N. | B 14 43 N. |
| 3. Lat. A 27 16 N. | 4. Lat. A 47 25 N. |
| B 39 41 N. | B 37 43 N. |
| 5. Lat. A 18 25 S. | 6. Lat. A 35 19 S. |
| B 36 17 S. | B 18 45 S. |
| 7. Lat. A 12 27 N. | 8. Lat. A 3 19 S. |
| B 5 16 S. | B 22 47 N. |
| 9. Lat. A 55 0 N. | 10. Lat. A 50 38 N. |
| B 58 23 N. | B 42 48 N. |

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 11. Lat. A 58 24 S. | 12. Lat. A 3 42 S. |
| B 63 17 S. | B 1 48 N. |
| 13. Lat. A 13 15 S. | 14. Lat. A 0 0 |
| B 0 0 | B 2 37 S. |
| 15. Lat. A 10 10 N. | 16. Lat. A 49 52 S. |
| B 0 0 | B 42 13 S. |
| 17. Lat. A 0 17 S. | 18. Lat. A 0 20 N. |
| B 1 17 N. | B 2 1 S. |

答

真 變 緯

- | | | | |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 1. 512' S. | 2. 1211' N. | 3. 745' N. | 4. 582' S. |
| 5. 1072 S. | 6. 994 N. | 7. 1063 S. | 8. 1566 N. |
| 9. 203 N. | 10. 470 S. | 11. 293 S. | 12. 330 N. |
| 13. 795 N. | 14. 157 S. | 15. 610 S. | 16. 459 N. |
| 17. 94 N. | 18. 141 S. | | |

38. 着達及起程兩地ノ緯度ヲ知テ其漸長變緯ヲ求ムルコト.

航海表第百五十八頁ノ漸長緯度表 Table VI. Meridional Parts ヨリ兩地ノ真緯度ニ對スル漸長緯度ノ分數ヲ取り緯度同名ノトキハ其差、異名ナラバ其和ヲ取リ以テ漸長變緯トス.

例 一

Lat. **A** 49° 10' **N.**, Lat. **B** 27° 40' **N.** ナラバ其漸長變緯ハ如何.

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Lat. A 49° 10' N. ... | M. P. 3397. 35 |
| B 27 40 N. ... | " 1728. 54 |
| | M. D. Lat. <u>1668. 81</u> |

例 二

南緯 57° 49' ヲ發シテ南緯 42° 49' ニ至ラントスルトキハ其漸長變緯如何.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Lat. from 57° 49' S. ... | M. P. 4273. 59 |
| Lat. in 42 49 S. ... | " 2848. 08 |
| | M. D. Lat. <u>1425. 51</u> |

例 三

Lat. from 29° 53' **S.**, Lat. in 20° 8' **N.** ナラバ如何.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Lat. from 29° 53' S. ... | M. P. 1880. 30 |
| " in 20 8 N. ... | " 1233. 66 |
| | M. D. Lat. <u>3113. 96</u> |

例 四

北緯 47° 53' ヨリ南緯 29° 39' ニ至ル間ノ漸長變緯ヲ求ム.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Lat. from 47° 53' N. ... | M. P. 3281. 08 |
| " in 29 39 S. ... | " 1964. 17 |
| | M. D. Lat. <u>5145. 25</u> |

問 題

下ノ問題ニ於テ漸長變緯ハ各如何.

1. Lat. from 34° 40' **N.** Lat. in 33° 20' **N.**
2. " 24 12 **S.** " 15 18 **N.**

- 3. Lat. from 49 10 S. Lat. in 52 47 S.
- 4. ,, 15 44 N. ,, 4 20 S.
- 5. ,, 60 20 S. ,, 67 10 S.
- 6. ,, 0 0 ,, 4 20 N.

答

漸長變緯

- 1. 96.5 2. 2426.3 3. 344.9
- 4. 1216.3 5. 932.1 6. 260.2

以上ノ答案ニ於テ小數點以下ハ總テ五拾六入シテ小數點以下一位ノミニ止ムベシ。

39. 起程緯度及眞變緯ヲ知テ着達緯度ヲ求ム。

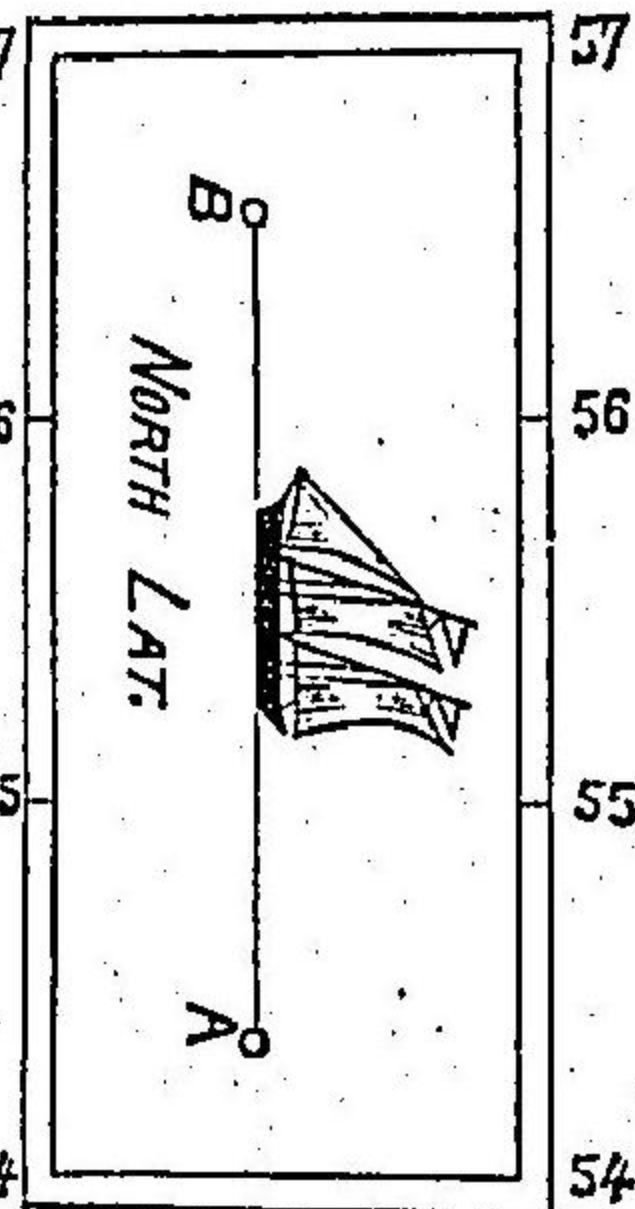
1.° 起程緯度及眞變緯同名ナルトキハ變緯ヲ度分秒ニ改(必要ナラバ)メ之ヲ起程緯度ニ相加ヘ其和ヲ起程緯度ト同名ノ着達緯度トス。

2.° 起程緯度及眞變緯異名ナルトキハ眞變緯ノ分數ヲ度分秒ニ改(必要ナラバ)メタル後之ヲ起程緯度ノ下ニ記シ大ナル數ヨリ小ナルモノヲ相減シ其差ヲ大ナル方ト同名ノ着達緯度トス。

注意.— 船舶ガ赤道ヨリ遠ザカレバ緯度ハ増大シ之ニ反シテ赤道ニ近ヅクトキハ減少ス故ニ前者ノ場合ニ於テハ起程緯度ニ變緯ヲ相加ヘ後者ニ於テハ相減ズルコトヲ記憶シ置クベシ。

例 一

一船アリ北緯 54° 20' ノ地ヲ發シテ地緯 135 海里トナル迄眞北ニ向フテ航走セリ以テ問フ着達緯度ハ如何。

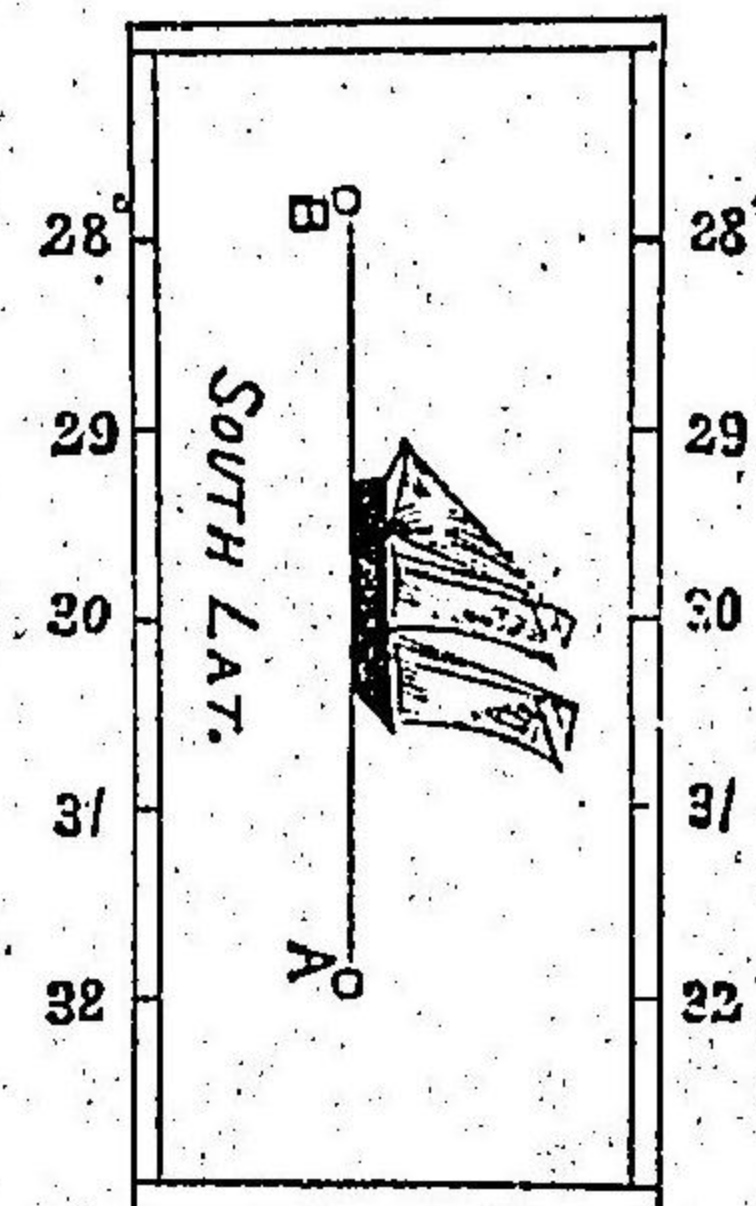


D. Lat.	Lat. from 54° 20' N.	} 同名
60 135	D. Lat. 2 15 N.	
2° 15'		56 35 N. 和

此例題ニ於テ船ハ北緯ノ地ヨリ尙ホ北ニ進ム 2° 15' ナルヲ以テ赤道ヨリ遠ザカリタルナリ故ニ着達緯度ハ起程緯度ニ變緯ヲ相加ヘタルモノトス。(第四十二圖ヲ見ヨ)

例 二

一船アリ南緯 31° 50' ノ地ヨリ其變緯 234 海里トナル迄北ニ向フテ航走セリ其着達緯度ハ如何。



D. lat.	Lat. from 31° 50' S.	} 異名
60 234	D. lat. 3 54 N.	
3° 54'		27 56 S. 差

此例題ニ於テ船ハ南緯ヨリ北ニ向フテ進ム 3° 54' ノ變緯ヲナセリ故ニ船ハ赤道ニ近キタルナリ。(第四十三圖ヲ見ヨ)

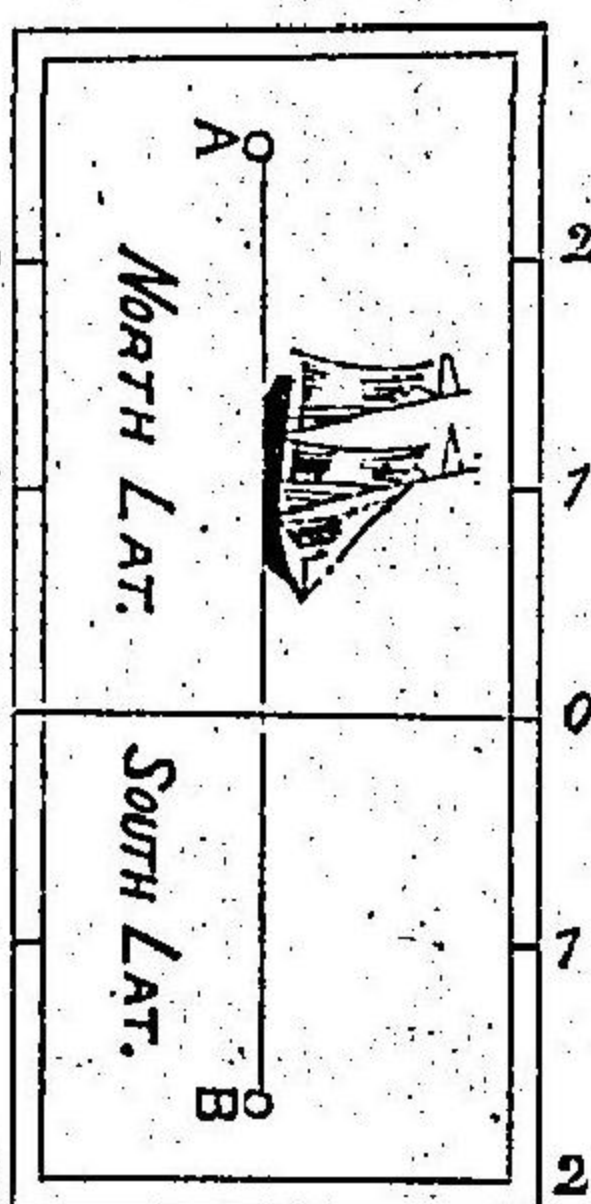
例 三

北緯 2° 25' ノ地ヨリ南ニ向フテ進ミ 250 海里ノ變
緯ヲナセリ然ルトキハ船ノ着達緯
度如何.

D.lat.	Lat. from	2° 25' N.	} 異名差
60)250	D. lat. ...	4 10 S.	
	4°10' Lat. in ...	1 45 S.	

此例題ニ於テ變緯ノ 4° 10' S.
ハ起程緯度 2° 25' N. ヨリ大ナル
ガ故ニ船ハ赤道ヲ航過シテ南緯ニ
入リタルコト明カナリ。(第四十四
圖ヲ見ヨ)

第四十四圖



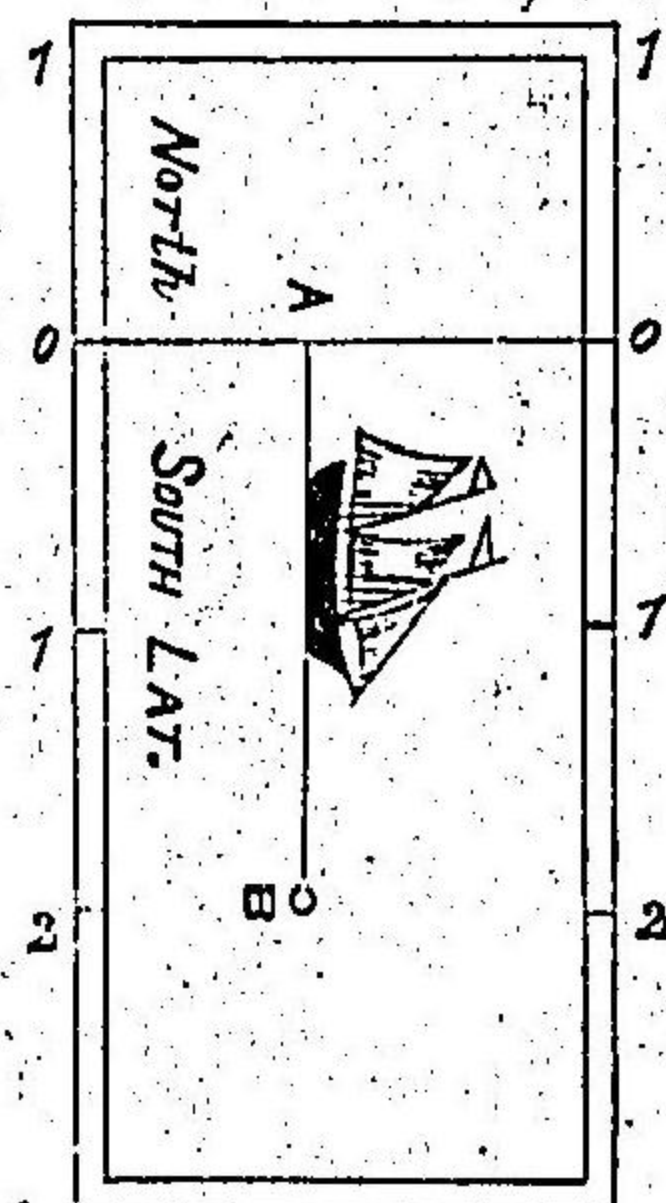
例 四

船アリ赤道上ノ壹地ヲ發シテ南航スルコト 120 海里
ナラバ着達緯度ハ如何.

D.lat.	Lat. from	0 0
60)120	D. lat. ...	2 0 S.
	2°0' Lat. in ...	2 0 S.

此例題ニ於テ船ハ赤道ヲ發シ
テ變緯ヲナスコト南ニ 2° ナルヲ
以テ其着達セシ緯度ハ變緯ト同數
同名ナリ。(第四十五圖ヲ見ヨ)

第四十五圖



問 題

下ノ問題ニ於テ着達緯度各如何.

1. Lat. from 31° 10' N. D. lat. 172' N.
2. „ 29 38 N. „ 104 S.
3. „ 2 56 S. „ 357 N.
4. „ 0 0 „ 168 S.
5. „ 0 8 N. „ 182 S.
6. „ 3 58 N. „ 238 S.
7. „ 4 48 S. „ 288 N.
8. „ 35 25 S. „ 229 S.

答

1. 34° 2' N. 2. 27° 54' N. 3. 3° 1' N.
4. 2° 48' S. 5. 2° 54' S. 6. 赤道上
7. 赤道上 8. 39° 14' S.

40. 起程及着達緯度ヲ知テ中分緯度ヲ求ム.

兩地ノ緯度同名ナルトキハ相加ヘ其半和ヲ平均中分
緯度 Mean Middle Latitude トス抑モ平均中分緯度ハ眞
中分緯度 True Middle Latitude ヨリ常ニ聊カ低キニ失
スルモノナリ故ニ眞中分緯度ト平均中分緯度トノ差ヲ算
シテ表ニ編シ平均中分緯度改正表(明治三十五年一月發
行第三版航海表第二百七十五頁第十表ニ載ス)ト云フ此
表ニ依リ改正率ヲ求メ常ニ之ヲ平均中分緯度ニ加ヘ以テ
眞中分緯度トス若シ平均中分緯度 15° 未滿ナルカ又ハ兩

地間ノ眞變緯 True Diff. Lat. 2° 以下ナルトキハ改正ヲ
 ナスヲ要セズ而シテ平均中分緯度 15° ヲ超過シ變緯 2°
 乃至 3° ナルトキハ改正率トシテ常ニ 0° 1' ヲ加フベシ。

兩地ノ緯度異名ナルトキハ上ノ如ク簡易ニ眞中分緯
 度ヲ求ムルノ法ナシ故ニ斯ル場合ニ於テ航海術ノ普通ノ
 問題ヲ解クガ爲メニハ決シテ中分緯度ヲ使用セザルヲ良
 シトス。

例 一

起程地ハ北緯 50° 25' ニシテ着達地ハ北緯 47° 12' ナ
 ルトキ其眞中分緯度ヲ求ム。

Lat. from ...	50° 25' 0" N.	...	50° 25' N.
Lat. in ...	47 12 0 N.	...	47 12 N.
	2) 97 37 0	Sum. D. lat.	3 13
Mean mid. lat.	48 48 30	Sum.	
Cor. from Table	} 2 0		
X, p. 275			
	48 50 30		

例 二

起程地南緯 6° 28' 着達地南緯 14° 50' ナラバ如何。

Lat. from	6° 28' S.	...	6° 28' S.
Lat. in	14 50 S.	...	14 50 S.
	2) 21 18	...	D. lat. 8 22
T. Mid. lat.	10 39		

變緯ハ 3° 以上ナレドモ平均中分緯度ハ 10° 39' 即チ
 15° 未滿ナルヲ以テ航海表第二百七十五頁第十表ノ改正
 率ヲ用フルノ必要ナシ。

例 三

起程地北緯 29° 10' 着達地北緯 31° 10' ナラバ如何。

Lat. from	29° 10' N.	...	29° 10' N.
Lat. in	31 10 N.	...	31 10 N.
	2) 60 20	...	D. lat. 2 0
Mean Mid. Lat.	30 10		
	1 +		
T. Mid. lat.	30 11		

變緯ハ 2° 乃至 3° ノ範圍ニ在ルヲ以テ平均中分緯度
 = 0° 1' ノ改正率ヲ加フベシ。

例 四

起程地南緯 16° 30' 着達地南緯 17° 58' ナラバ如何。

Lat. from	16° 30' S.	...	16° 30' S.
Lat. in	17 58 S.	...	17 58 S.
	2) 34 28	D. lat.	1 28
T. Mid. lat.	17 14		

平均中分緯度ハ 15° ヲ超過スルモ變緯ハ 2° 未滿ナ
 ルガ故ニ平均中分緯度ハ改正ヲナサズシテ直ニ之ヲ以テ
 眞中分緯度トス。

問 題

下ニ示ス各問題ニ於テ眞中分緯度ヲ求ム。

1. Lat. A 63° 53' S. Lat. B 59° 10' S.
2. „ 56 10 N. „ 50 15 N.
3. „ 67 20 S. „ 61 42 S.
4. „ 16 10 S. D. Lat. 138' S.

5. Lat. **A** 1 40 **S.** D. lat. 61' **S.**
 6. „ 36 22 **N.** „ 90 **S.**

答

真 中 分 緯 度

1. 61°35'30'' 2. 53°18'30'' 3. 64°38'0''
 4. 17 20 0 5. 1 20 30 6. 35 37 0

41. 起程及着達兩地ノ經度ヲ知テ變經ヲ求ム.

1° 同名ノ經度ナルトキハ其差ヲ取り之ヲ分ノ數ニ改メ以テ變經トシ且ツ着達地ガ起程地ヨリ東又ハ西ナルカヲ見テ分數ノ右ニ **E.** 或ハ **W.** ノ符ヲ配スベシ.

2° 兩地ノ經度異名ナルトキハ其和ヲ取り其和若シ 180° 未滿 ナラバ直チニ其和ヲ以テ變經トナシ其右ニ **E.** 或ハ **W.** ノ符ヲ配スルコト (1°) ノ規則ノ如シ然レドモ其和 180° ヲ超過スルトキハ之ヲ 360° ヨリ相減シタル差ヲ分ノ數ニ改メ之ヲ變經トナシ (1°) ノ規則ニ依リテ得タル變經ノ符ト反對ノモノヲ配スベシ.

例 一

船アリ西經 5°12' ノ地ヨリ西經 90° ノ一港ニ到ラントスルトキハ其變經如何.

Long. from	...	...	5°12' W.
Long. in	...	...	90 0 W.
			<hr/>
			84 48 W.
			60
			<hr/>
Diff. long.	...	...	5088 W.

小ナル西經ノ地ヨリ大ナル西經ノ地ニ至ラントスルトキ船ハ起程地ノ西ニ航走スルガ故ニ變經ノ右ニ **W.** ヲ配ス.

例 二

起程地西經 89°42' ニシテ着達地西經 79°42' ナルトキハ其變經若干ナリヤ.

Long. from	...	...	89°42' W.
„ in	...	...	79 42 W.
			<hr/>
			10 0 E.
			60
			<hr/>
Diff. long.	...	...	600 E.

起程地ノ經度ハ着達地ノモノヨリ大ナルヲ以テ船ハ東ニ向フテ進航セザルベカラズ故ニ變經ノ右ニ **E.** ト符ス.

例 三

東經 3°48' ニ在ル Cape Bajoli ヨリ東經 5°51' ニ在ル Cape Sicie ニ至ラントスル船ハ若干ノ變經ヲナスヤ.

Long. from	...	...	3°48' E.
„ in	...	...	5 51 E.
			<hr/>
			2 3 E.
			60
			<hr/>
Diff. long.	...	...	123 E.

例 四

東經 165° ノ地ヨリ東經 72°12' ノ地ニ至ラントスル船ハ若干ノ變經ヲナスベキヤ.

Long. from	...	...	165° 0' E.
" in	...	...	72 12 E.
			<u>92 48 W.</u>
			60
Diff. long.	...	...	<u>5568 W.</u>

此例ニ於テ船ハ大ナル東經ヨリ小ナル東經ニ進ムヲ以テ着達地ハ起程地ノ西ニ方ルガ故ニ變經ニ W. ト符ス.

例 五

起程地ハ東經 12°20' ニシテ着達地ハ西經 2°45' ナルコトヲ知ラバ變經ハ如何.

Long. from	...	...	12°20' E.
" in	...	...	2 45 W.
			<u>15 5 W.</u>
			60
Diff. long.	...	...	<u>905 W.</u>

茲ニ船ハ東經ヨリ西經ニ向テ航過セントスルガ故ニ變經ハ西ナラザルベカラズ.

例 六

西經 1°25' ニ在ル Tynemouth ヨリ東經 7°12' ニ至ラントスルニハ其變經如何.

Long. from	...	...	1°25' W.
" in	...	...	7 12 E.
			<u>8 37 E.</u>
			60
Diff. long.	...	...	<u>517 E.</u>

茲ニ船ハ西ヨリ東ニ向フテ緯度ノ本初子午線ヲ航過

セントスル故ニ變經ハ東ナリ.

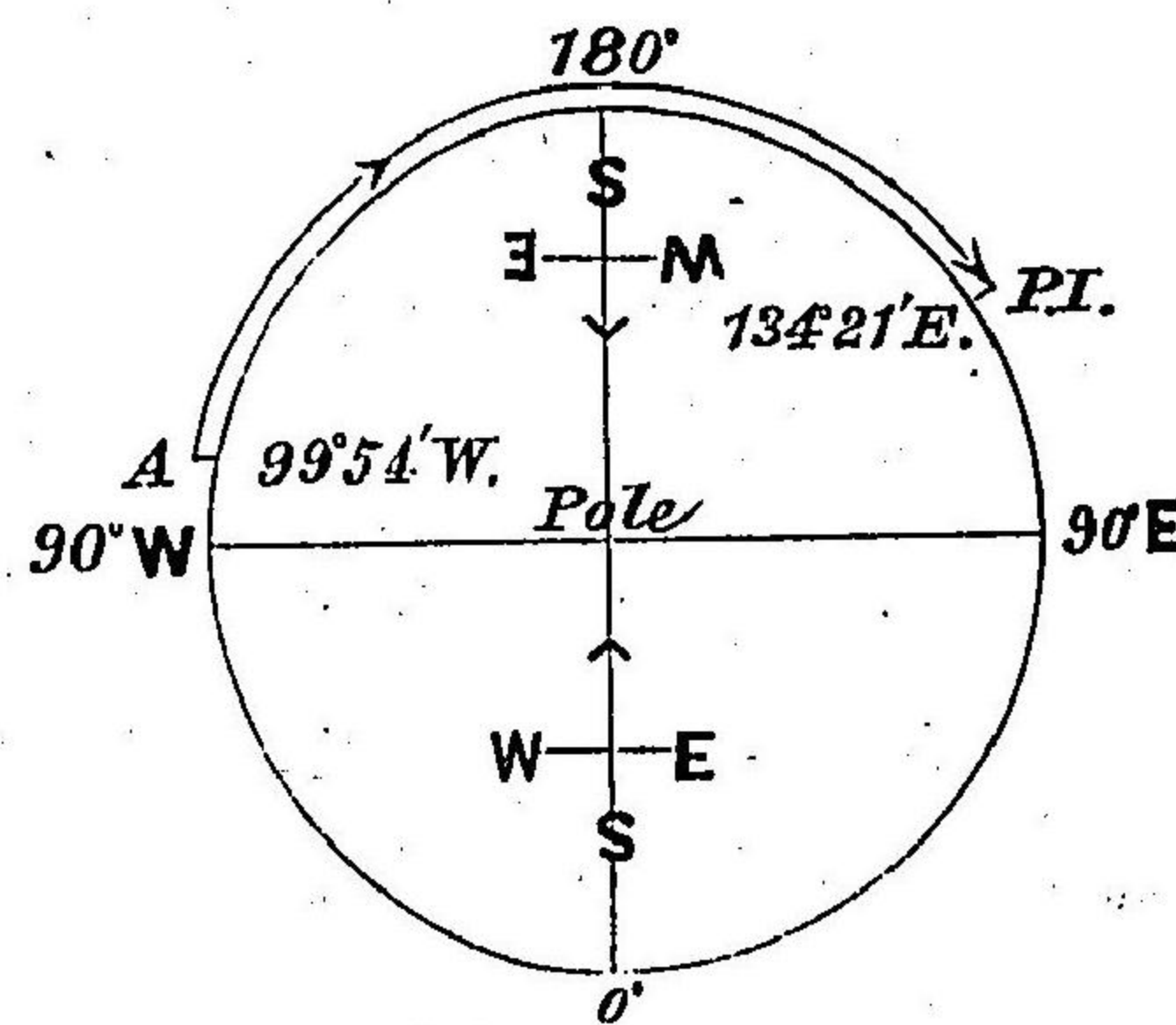
例 七

西經 99°54' ニ在ル Acapulco ヨリ東經 134°21' ニ在ル Pellew Island ニ至ラントスルトキハ兩地間ニ於ケル變經ハ若干ナリヤ.

Long. Acapulco.	...	...	99°54' W.
" Pellew Id.	...	...	134 21 E.
			<u>234 15 E.</u>
			360 0
			<u>125 45 W.</u>
			60
Diff. long.	...	...	<u>7545 W.</u>

第四十六圖

第四十六圖ノ如ク Aヨリ P.I.ニ至ランニハ 0°ヲ經テ迂回スレバ東方ニ向フテ 234°15'ヲ走ルベク又近路ヲ取ラントスルトキハ 180°ヲ經テ



西方ニ航スルヲ要ス然ルニ航程ヲ短縮スルハ航法ノ主眼ナリ故ニ此場合ニ於テハ兩地ノ經度ヲ相加ヘ其和ニ E. ト符シ之ヲ 360°ヨリ相減テ其差ニ E. ト反對ノ名即チ W. ノ符ヲ配シ以テ變經トナス.

例 八

東經 177°50' ノ地ヨリ西經 178°10' ノ地ニ至ラント
スル船ハ若干分ノ變經ヲナスヤ.

Long. from	177°50' E.
„ in	178 10 W.
	356 0 W.
	360
	4
	60
Diff. long.	240 E.

問 題

下ノ問題ニ於テ A ヨリ B ニ至ル兩地間ノ變經ヲ求ム.

1. Long. A 9°29' W. Long. B 4°29' W.
2. „ 1 25 W. „ 7 2 E.
3. „ 6 11 E. „ 5 45 W.
4. „ 0 0 „ 4 20 W.
5. „ 4 20 W. „ 0 10 E.
6. „ 7 2 E. „ 0 0
7. „ 0 55 E. „ 7 3 E.
8. „ 40 10 E. „ 33 10 E.
9. „ 178 30 W. „ 178 30 E.
10. „ 176 34 E. „ 176 34 W.
11. „ 38 32 W. „ 8 43 E.
12. „ 5 12 W. „ 25 12 W.

13. Long. A 120 0 W. Long. B 79 0 E.
14. „ 5 47 W. „ 3 16 E.
15. „ 4 24 E. „ 9 37 W.
16. „ 164 29 W. „ 134 19 E.
17. „ 127 32 E. „ 96 47 W.

答

1. 300' E. 2. 507' E. 3. 716' W. 4. 260' W.
5. 270 E. 6. 422 W. 7. 368 E. 8. 420 W.
9. 180 W. 10. 412 E. 11. 2835 E. 12. 1200 W.
13. 9660 W. 14. 543 E. 15. 841 W. 16. 3672 W.
17. 8141 E.

42. 起程經度及變經ヲ知テ着達經度ヲ求ム.

1.° 起程經度及變經同名ナルトキハ起程經度ニ變經
(必要ナラバ分ヲ度ニ改ム)ヲ相加ヘ其和 180° 未滿ナラバ
之ヲ起程經度ト同名ノ着達經度トナシ其和若シ 180° ヲ
超過セバ之ヲ 360° ヨリ相減シ其差ヲ着達經度トシ之ニ
起程經度ト反對ノ名ヲ配ス.

2.° 起程經度及變經異名ナルトキハ起程經度ノ下ニ
變經(必要ナラバ分ヲ度ニ改ム)ヲ記シ大ナル方ヨリ小ナ
ルモノヲ相減シ其差ヲ大ナル方ト同名ノ着達經度トス.

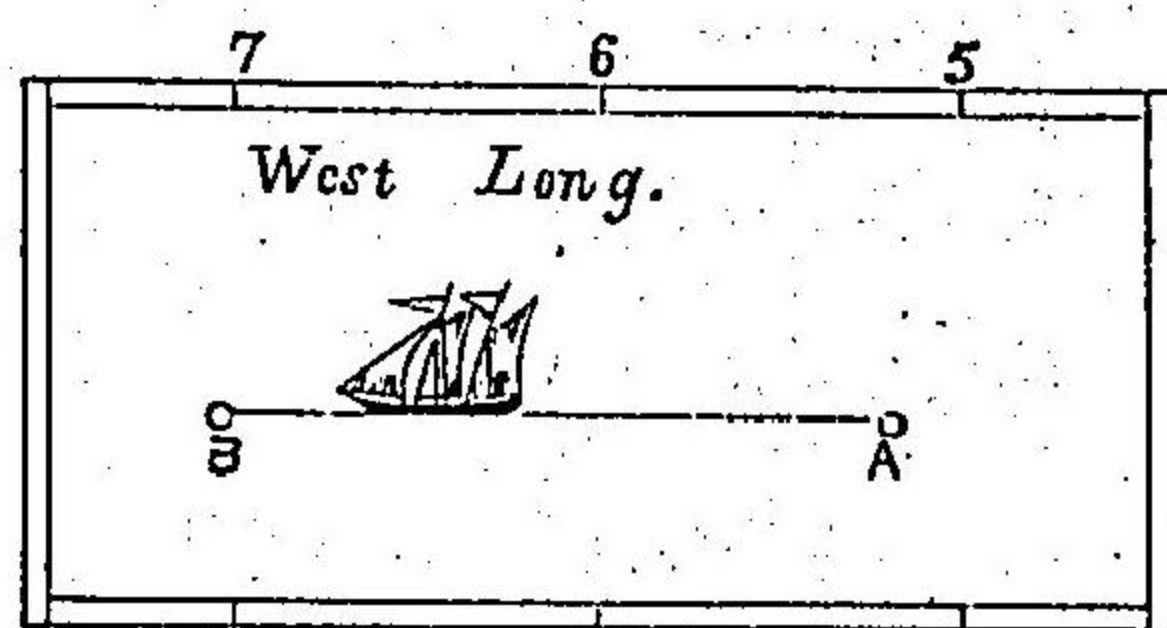
注意一. 船ガ本初子午線ヨリ遠ザカルトキハ其經度
ハ増大シ之ニ近クバ減少ス.

例

船、西經 5°12' ノ地ヲ發シテ變經ヲナスコト西へ 113 海里ニ及ベリ其着達經度ハ如何。

D. long.	Long. from 5°12' W.	同名
60)113	Diff. long. 1 53 W.	
<u>1°53'</u>	Long. in <u>7 5 W.</u> ... 和	

第四十七圖



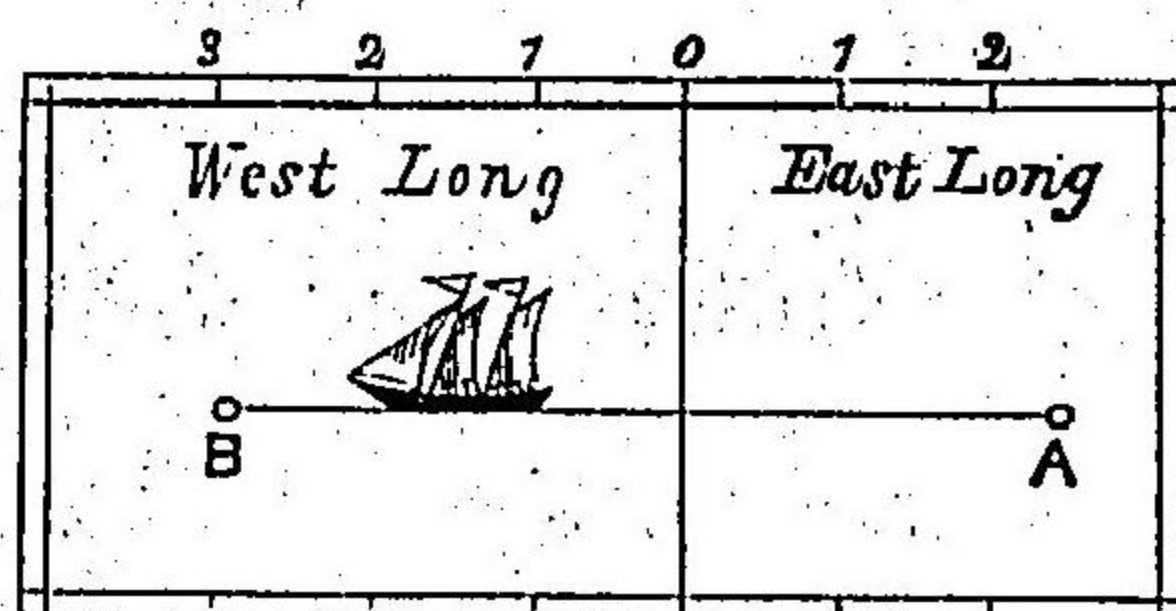
此例ニ於テ船ハ西經ノ A 地ヨリ西へ變經ヲナスコト 1°53' ナリ故ニ其西經ハ増大セシコト明カナリ。(第四十七圖ヲ見ヨ)

例 二

船アリ東經 2°30' ニ在ル A 地ヲ發シテ其經度ヲ變ズルコト西方へ 330 海里ナルトキハ其着達經度如何。

D. long.	Long. from 2°30' E.
60)330	Diff. long. 5 30 W.
<u>5°30'</u>	Long. in <u>3 0 W.</u>

第四十八圖



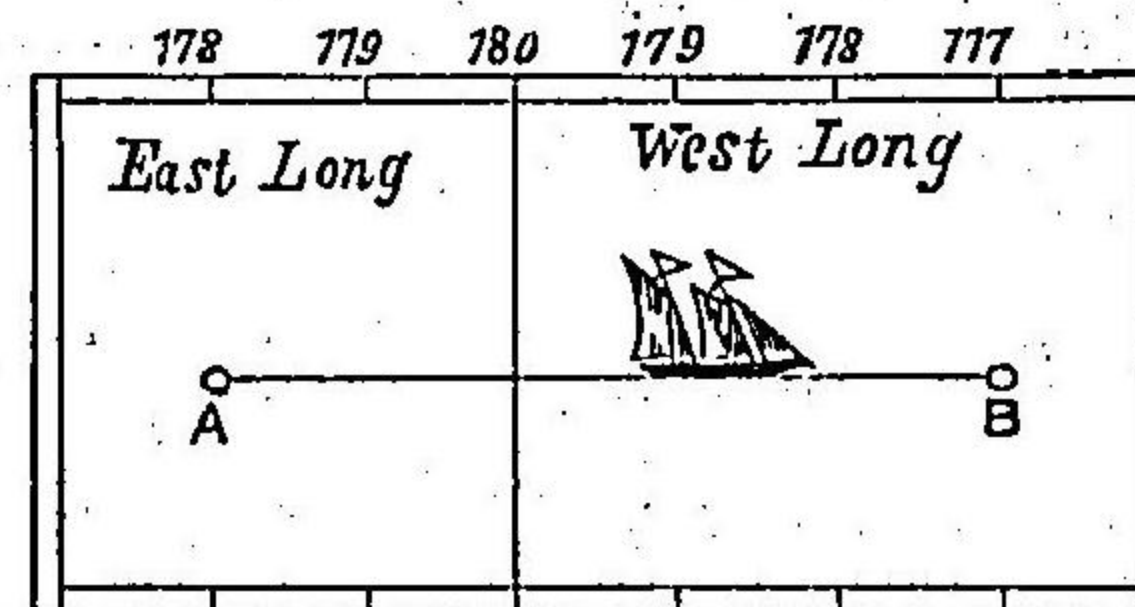
此例ニ於テ船ハ東ヨリ西ニ航走シテ本初子午線ヲ經過セリ故ニ船ハ今西經ニ在ルナリ。(第四十八圖)

例 三

船、東經 178°2' ノ地ヲ發シ東方ニ向フテ 298' ノ變經ヲナセリ其着達經度如何。

D. long.	Long. from 178° 2' E.
60)298	Diff. long. 4 58 E.
<u>4°58'</u>	183 0 E.
	360
	Long. in <u>177 0 W.</u>

第四十九圖



此例ニ於テ船ハ東西ノ界限ナル 180° ノ經度ヲ越ヘテ西經ニ入りタルヲ以テ其着達經度ハ西ナラザルベカラズ。(第四十九圖)

例 四

船、西經 174°4' ノ地ヲ發シ變經ヲナスコト西へ 797 海里ナラバ其着達經度如何。

D. long.	Long. from 174° 4' W.
60)797	Diff. long. 13 17 W.
<u>13°17'</u>	187 21 W.
	360
	Long. in <u>172 39 E.</u>

例 五

船、綠威ノ子午線ヲ發シ東ニ向フテ變經 178 海里ヲナセリ然ルトキハ其着達經度如何。

D. long.	Long. from 0 0
60)178	Diff. long. 2 58 E.
<u>2°58'</u>	Long. in <u>2 58 E.</u>

問 題

下ノ問題ニ於テ着達經度ヲ求ム。

Long. from	Diff. long.	Long. from	Diff. long.
1. 27°18' W.	2461' W.	11. 1°20' W.	236' E.
2. 74 16 W.	3547 E.	12. 0 59 W.	137 E.
3. 114 29 E.	1293 E.	13. 29 10 E.	114 E.
4. 87 23 E.	1459 W.	14. 3 10 E.	220 W.
5. 5 29 E.	787 W.	15. 2 47 W.	242 E.
6. 4 27 W.	953 E.	16. 3 12 E.	237 W.
7. 169 25 E.	1347 E.	17. 41 29 W.	139 E.
8. 158 47 W.	1729 W.	18. 94 4 E.	115 E.
9. 178 13 E.	201 E.	19. 179 59 W.	2 W.
10. 177 6 W.	237 W.	20. 179 50 E.	79 E.

答

1. 68°19' W.	11. 2°36' E.
2. 15 9 W.	12. 1 18 E.
3. 136 2 E.	13. 31 4 E.
4. 63 4 E.	14. 0 30 W.
5. 7 38 W.	15. 1 15 E.
6. 11 26 E.	16. 0 45 W.
7. 168 8 W.	17. 39 10 W.
8. 172 24 E.	18. 92 9 E.
9. 178 26 W.	19. 179 59 E.
10. 178 57 E.	20. 178 51 W.

第 六 編
針 路 改 正

CORRECTING COURSES.

43. 羅針ハ眞北ヲ指スコト殆ド絶無ニシテ大抵ハ眞北ノ東方或ハ西方ヘ偏スルモノナリ故ニ羅針儀ノ示ス方向ヲ改メテ羅針ガ眞北ト一致スルトキニ示スベキモノトナスヲ要ス而シテ羅針路ヲ眞針路ニ改メ又ハ眞針路ヲ羅針路トナスニハ普通二差ヲ以テスト雖ドモ時ニヨリテ三差ヲ用フルノ必要アリ即チ

1. 風壓差 Leeway.
2. 偏 差 Variation.
3. 自 差 Deviation.

1. 風壓差

44. 第十一頁(40)ノ界説ヲ見ヨ。

汽船ハ風壓差ノ爲メニ影況ヲ蒙ルコト甚ダ稀レナリ然レドモ帆船ハ其舷側ニ風ヲ受ケテ進航スルニ當リテハ往々風壓差ヲ生ズルコトアリ。

帆船、風ヲ左舷ニ受ケテ航走スルトキハ之ヲ左舷開ト云ヒ風ヲ右舷ニ受ルトキハ右舷開ト云フ。

風壓差ハ羅針違差 Compass error ノ一ニハ非ズシテ風向及風力并ニ船足ノ釣合如何ニ由リテ起ル針路ノ誤

差 An error of the course ナリ.

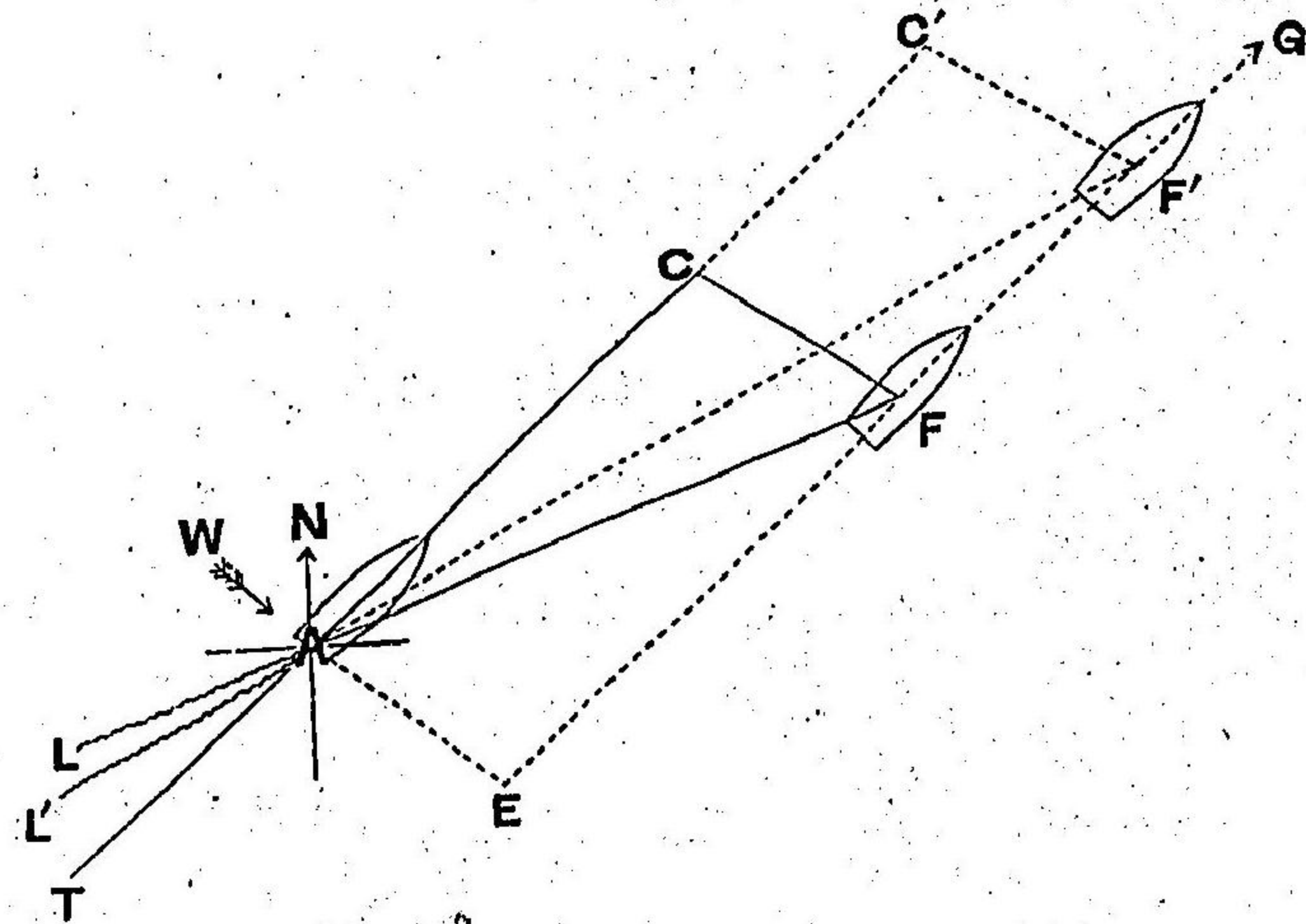
帆船ハ風ヲ其舷側ニ受ケテ帆走中風力ノ爲メ絶エズ其針路ノ風下ニ壓流セラル、モノニシテ實際ノ針路 Actual course ハ必ズ多少ハ視針路ノ風下ニ在ルヲ免レズ而シテ風壓差ノ多少ハ船體ノ構造、展帆ノ數、前進力ノ遲速、其他ノ狀況ニ由リ毎船異ナルモノナレバ自ラ之ヲ實地ニ試ミテ其幾點ナルカラ測知スベシ.

此差ハ航海日誌算法ニ於テ羅針路ヲ眞針路ニ改ニルニ用フベキモノ、壹ツナリ.

風壓差ハ航力速キトキハ随フテ小ニ航力遅キトキハ愈々大ナルモノナリ.

第五十圖ニ於テ A ヲ船トシ NAC ヲ視針路トシ W

第 五 十 圖



ヲ風ノ方向トスレバ A ノ船ハ其向キノ儘ニテ直行セバ壹時間ニ假令バ C ニ至ルベキモ同時ニ W ノ方向ヨリ風來リ一時間ニ假令バ E 迄壓流サル、力ヲ受クルニ因リ C ノ方向ニモ E ノ方向ニモ動クコトナク必ズ其中間ニ一路ヲ求メテ進ムベシ其方向ハ必ズ AC, AE ヲ隣邊トセル平行四邊形ノ對角線ニシテ一時間ニ角點 F ニ達シ FAC 或ハ TAL ノ角即チ風壓差ヲ生ズベシ此場合ニ於テ NAF ハ實際、船ノ進航シツ、アル針路ニシテ船首ハ向ホ AC ニ平行セル GF ノ方向即チ舊トノ視針路ヲ指ス今風力同一ニシテ航力更ニ速ク一時間ニ C' ニ達スベキモノトスレバ船ハ AE, AC' ヲ隣邊トセル平行四邊形ノ對角線 AF' ノ方向ニ進ミ一時間ニ角點 F' ニ達シ F'AC' 或ハ TAL' ノ風壓差ヲ生ズベシ此場合ニ於テ NAC' ノ視針路ハ NAC ニ等シク NAF' ハ、實際、船ガ航走シタル針路ナリ之ニ由リテ之ヲ觀レバ $\angle FAC < \angle F'AC'$ ヨリモ大ニシテ即チ航力速クレバ風壓差隨フテ小ニ航力遅クレバ愈々大ナルコト明ナリ.

45. 針路ヲ改正スル者ハ必ズ常ニ羅針ノ中心ヨリ其北又ハ南ニ面スルモノト假定シ針路北ヨリ東又ハ南ヨリ西ナラバ度分(秒數ハ五拾六入法ニヨリ三十六秒以上ナラバ必ズ之ヲ分位ニ繰上ケ三十六秒以下ハ切捨ツベシ)或ハ點數ノ右ニ R (Right 即チ右) ト記シ北ヨリ西又ハ南ヨリ東ナラバ L (Left 即チ左) ト記シ而シテ更ニ其右

ニ N. 若クハ S. 符ヲ配スルヲ便ナリトス.

例バ E. N. E. ハ北ヨリ六點右方ニ在ルガ故ニ 6 pts. R. of N. ト符シ N. W. ハ北ヨリ算シテ四點左方ニ在ルヲ以テ 4 pts. L. of N. ト符ス又 S. E./E. ハ南ヨリ左へ五點ナルガ故ニ 5 pts. L. of S. ト記シ S. W./S. ハ南ヨリ數へテ右へ二點半ナルヲ以テ 2 pts. 2 qrs. R. of S. ト記スル等ノ如シ.

風壓差ヲ以テ視針路ヲ改正スル法

- 1° 視針路ノ點數ノ右ニ R. of N., L. of S. 等ノ符ヲ配スルヲ 45 ノ如クスベシ.
- 2° 右舷開ナレバ風壓差ノ右ニ L. ト記シ左舷開ナレバ R. ト記スベシ.
- 3° 視針路ノ下ニ風壓差ヲ記シ同名ナラバ相加へテ視針路ト同一ノ名ヲ配シ異名ナラバ相減ヲテ大ナル方ノ名ヲ配シテ眞針路トス.
- 4° 其和、八點ヲ超加シタルトキハ之ヲ十六點ヨリ減ヲテ符ヲ反スベシ (L. of N. ナラバ R. of S. トナシ R. of N. ナラバ L. of S. トナスガ如キヲ云フ)

例 一

視針路ハ N. W./W. ニシテ風ハ N. E. ヨリ來リ 1½ 點ノ風壓差アリ以テ問フ眞針路如何.

App. Co. 5° 0' L. of N.
 L. (右舷開) 1 1 L.
 T. Co. 6 1 L. of N.
 Or W./N.¾N.

注意、一方位ヲ點數或ハ度分ニ改メ又ハ點數或ハ度分ヲ方位ニ改ムルニハ航海表第一頁 A 表ヲ用フベシ

例 二

視針路ハ S. E. ニシテ風壓差ノ爲メニ右へ壓流セラレ、コト 2½ 點ナラバ眞針路ハ如何.

App. Co. 1 0 L. of S.
 L. (左舷開) 2 3 R.
 T. Co. 1 3 R. of S.
 Or S./W.¾W.

例 三

視針路ハ N. E./N. ニシテ風ハ N. W./N. ヨリ來リ 1 點ノ風壓差アリ以テ問フ眞針路如何.

App. Co. 3 0 R. of N.
 L. (左舷開) 1 0 R.
 T. Co. 4 0 R. of N.
 Or N. E.

例 四

視針路ハ W. ニシテ風ハ N. N. W. ヨリ來リ 3½ 點ノ風壓差アリ以テ眞針路ヲ求ム.

App. Co. 8 0 L. of N.
 L. (右舷開) 3 2 L.
 11 2 L. of N.

T. Co. $\frac{16}{42}$ R. of S.
Or S. W. $\frac{1}{2}$ W.

問題

下ニ示ス問題ニ於テ風壓差ヲ以テ各針路ヲ改正スベシ

視針路.	風向.	風壓差.
1. S.S.W.	SE.	1 $\frac{1}{2}$ 點
2. S.W. $\frac{1}{2}$ W.	W.N.W.	2 $\frac{1}{4}$
3. N/E.	E/N.	$\frac{1}{4}$
4. N.N.E. $\frac{1}{2}$ E.	N.W. $\frac{1}{2}$ N.	2
5. E/N.	N/E.	1 $\frac{1}{4}$
6. N.W. $\frac{1}{2}$ N.	N.E. $\frac{1}{2}$ E.	1 $\frac{1}{4}$
7. S.W. $\frac{1}{2}$ W.	S/E.	2 $\frac{1}{4}$
8. N.E. $\frac{1}{2}$ E.	N/W.	1 $\frac{1}{2}$
9. E.N.E.	S.E.	1 $\frac{1}{2}$
10. S/E.	W.S.W.	2

答

- | | | |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1. S.W. $\frac{1}{2}$ S. | 2. S.S.W. $\frac{1}{2}$ W. | 3. N. $\frac{1}{2}$ E. |
| 4. N.E. $\frac{1}{2}$ E. | 5. E/S. | 6. N.W. $\frac{1}{2}$ W. |
| 7. W. $\frac{1}{2}$ S. | 8. N.E. $\frac{1}{2}$ E. | 9. N.E. $\frac{1}{2}$ E. |
| 10. S.E./S. | | |

(a) 船、暴風中ニ漂蕩スルトキハ風上ヘ昇リ切ル
方位ト風下ヘ落テ切ル方位トノ中間ノ方位ヲ取り之ヲ以

テ視針路トナスベシ.

例 一

船其「メインスル」ヲ展シ右舷開キニ漂蕩セルトキ
E/S.ニ昇リ N.E./E.ニ落テテ5點ノ風壓差アリ以テ問
フ真針路如何.

E/S.ト N.E./E.トノ中間ノ方位 E/N.ヲ視針路ト
ナスベシ.

App. Co. 7⁰ 0' R. of N.
L. (右舷開) 5 0 L.
T. Co. 2 0 R. of N.
Or N.N.E.

例 二

左舷開ニ「ロー」メイント「ブスル」ヲ展シテ漂蕩セル
船 S.S.W.ト S.W./W.トノ間ヲ昇降シ其風壓差2 $\frac{1}{2}$ 點ナ
リ真針路如何.

S.S.W.ト S.W./W.トノ中間ノ方位 S.W. $\frac{1}{2}$ S.ヲ取リテ
視針路トナスベシ.

App. Co. 3⁰ 2' R. of S.
L. (左舷開) 2 2 R.
T. Co. 6 0 R. of S.
Or W.S.W.

例 三

漂蕩セル一船 S/E.ト S.E./E.トノ間ニ昇降ス風ハ
S.W.ヨリ來リ5點ノ風壓差アリ真針路如何.

S/E.ト S.E./E.トノ中間ノ方位 S.E./S.ヲ取リテ視針

路トナスベシ.

App. Co. ...	...	5 0	L. of S.
L. (右舷開) ...	...	5 0	L.
T. Co. ...	...	8 0	L. of S.
	Or	<u>East.</u>	

例 四

左舷開 = 漂跡セル一船 W./S. = 溯リ N.W./W. = 落
チ 5 點ノ風壓差ヲ生ズルトキハ眞針路如何.

App. Co. W./N. ...	...	7 0	L. of N.
L. (左舷開) ...	...	5 0	R.
T. Co. ...	...	2 0	L. of N.
	Or	<u>N.N.W.</u>	

2. 偏 差

46. 羅針ハ磁北ヲ指ス故ニ其ノ指ス所、地ニ因
テ同シカラズ概テ眞北ヨリ右或ハ左ニ偏シ其地ノ子午線
ト若干ノ角ヲナス之ヲ偏差ト云フ.

羅針ノ北點、眞北ヨリ右ニ傾クハ偏東ト云ヒ左ニ傾
クハ偏西ト云フ.

47. 偏差ハ海圖ニ依リテ求ムルモノニシテ羅針
路或ハ羅針方位ヲ眞針路或ハ眞方位ニ改ムルニ要スル改
正差ノ一ツナリ.

磁針路ヲ眞針路ニ改ムル法

1° 磁針路 N. ヨリ E. 又ハ S. ヨリ W. ナラバ其點數

ノ右ニ R. ト記シ N. ヨリ W. 又ハ S. ヨリ E. ナラバ此處
ニ L. ト記シ而シテ更ニ其右ニ N. 若クハ S. 符ヲ配スベ
シ.

2° 偏差東ナラバ R. ト記シ西ナラバ L. ト記スベシ

3° 磁針路ノ下ニ偏差ヲ記シ同名ナラバ相加ヘ其和ヲ
磁針路ト同名ノ眞針路トス.

(a) 其和、八點トナルトキハ眞針路ヲ東又ハ西トス

(b) 其和、八點ヲ超過スルトキハ之ヲ十六點ヨリ相
減シ其差ニ磁針路ノ符ト反對ノ名ヲ配ス.

4° 兩項異名ナラバ相減シ其差ニ大ナル方ノ名ヲ配
シテ眞針路トス.

(c) 偏差ヲ針路ヨリ相減セントスルニ當リ偏差ノ點
數若シ針路ノ點數ヨリモ大ナルトキハ偏差ヨリ針路ノ點
數ヲ相減シ其差ニ偏差ニ屬シタル R. 若クハ L. 及舊トノ
針路ノ N. 或ハ S. ヲ配スベシ.

(d) 差若シ零(0)トナラバ針路ハ北若クハ南ナリ.

例 一

磁針路ハ各 S.S.W., N.E.½E., W.S.W. 及 E/N. ニ
シテ偏差ハ偏東 3½ 點ナリ眞針路如何.

S.S.W. ...	2 0	R. of S.	N.E.½E. ...	1 2	R. of N.
Var. ...	3 2	R. [3°]	Var. ...	3 2	R. [3°]
T. Co. ...	5 2	R. of S.	T. Co. ...	5 0	R. of N.
	Or	<u>S.W.½W.</u>		Or	<u>N.E/E.</u>

W.S.W. ... 6 0 R. of S.	E./N. ... 7 0 R. of N.
Var ... 3 2 R. [b]	Var ... 3 2 R. [b]
9 2 R. of S.	10 2 R. of N.
16	16
T. Co. ... 6 2 L. of N.	T. Co. ... 5 2 L. of S.
Or <u>W./N. 1/2 N.</u>	Or <u>S.E./E. 1/2 E.</u>

括弧内ノ数字及文字ハ上ニ示シタル規則ノ各項ニ關ス.

例 二

磁針路ハ各 N.N.W., S./E., W. 1/2 N. 及 E./S. ニシテ
偏差ハ 2 1/2 點西ナリ各眞針路ヲ求ム.

N.N.W. ... 2 0 L. of N.	S./E. ... 1 0 L. of S.
Var. ... 2 2 L. [3°]	Var. ... 2 2 L. [3°]
T. Co. ... 4 2 L. of N.	T. Co. ... 3 2 L. of S.
Or <u>N.W. 1/2 W.</u>	Or <u>S.E. 1/2 S.</u>
W. 1/2 N. ... 7 2 L. of N.	E./S. ... 7 0 L. of S.
Var. ... 2 2 L. [b]	Var. ... 2 2 L. [b]
10 0 L. of N.	9 2 L. of S.
16	16
T. Co. ... 6 0 R. of S.	T. Co. ... 6 2 R. of N.
Or <u>W.S.W.</u>	Or <u>E.N. 1/2 N.</u>

例 三

磁針路ハ各 N.E. 1/2 E., S.W. 1/2 W., N. 1/2 E. 及 S./W. ニ
シテ偏差 2 1/2 點西ナリ問フ眞針路ハ如何.

N.E. 1/2 E. ... 4 2 R. of E.	S.W. 1/2 W. ... 4 3 R. of S.
Var. ... 2 1 L.	Var. ... 2 1 L.
T. Co. ... 2 1 R. of N.	T. Co. ... 2 2 R. of S.
Or <u>N.N.E. 1/2 E.</u>	Or <u>S.S.W. 1/2 W.</u>

N./E. ... 1 0 R. of N.	S./W. ... 1 0 R. of S.
Var. ... 2 1 L. [c]	Var. ... 2 1 L. [c]
T. Co. ... 1 1 L. of N.	T. Co. ... 1 1 L. of S.
Or <u>N./W. 1/2 W.</u>	Or <u>S./E. 1/2 E.</u>

例 四

磁針路ハ N.W. 1/2 W., S.E./E., N./W. 1/2 W. 及 S./E. ニ
シテ偏差 3 1/2 點東ナリ眞針路如何.

N.W. 1/2 W. ... 5 0 L. of N.	S.E./E. ... 5 0 L. of S.
Var. ... 3 1 R.	Var. ... 3 1 R.
T. Co. ... 1 3 L. of N.	T. Co. ... 1 3 L. of S.
Or <u>N./W. 1/2 W.</u>	Or <u>S./E. 1/2 E.</u>
N./W. 1/2 W. ... 1 2 L. of N.	S./E. ... 1 0 L. of S.
Var. ... 3 1 R.	Var. ... 3 1 R.
T. Co. ... 1 3 R. of N.	T. Co. ... 2 1 R. of S.
Or <u>N./E. 1/2 E.</u>	Or <u>S.S.W. 1/2 W.</u>

例 五

磁針路 N.N.E., 偏差 2 點西; S./E., 偏差 1 點東; W./S.
偏差 1 點東; 及 E.S.E., 偏差 2 點西ナラバ眞針路如何.

N.N.E. ... 2 0 R. of N.	S./E. ... 1 0 L. of S.
Var. ... 2 0 L.	Var. ... 1 0 R.
T. Co. ... 0 0 [d]	T. Co. ... 0 0 [d]
Or <u>North.</u>	Or <u>South.</u>
W./S. ... 7 0 R. of S.	E.S.E. ... 6 0 L. of S.
Var. ... 1 0 R.	Var. ... 2 0 L.
T. Co. ... 8 0 R. of S. [a]	T. Co. ... 8 0 L. of S. [a]
Or <u>West.</u>	Or <u>East.</u>

例 六

N., 偏差 2 點東; S., 偏差 2 點西; W., 偏差 2 點西; 及

E, 偏差 2 點東ナリ真針路如何.

N. ... 0 0 R. of N.	S. ... 0 0 L. of S.
Var. ... 2 0 R.	Var. ... 2 0 L.
T. Co. ... 2 0 R. of N. [3°]	T. Co. ... 2 0 L. of S.
Or <u>N.N.E.</u>	Or <u>S.S.E.</u>
W. ... 8 0 R. of S.	E. ... 8 0 L. of S.
Var. ... 2 0 L.	Var. ... 2 0 R.
T. Co. ... 6 0 R. of S.	T. Co. ... 6 0 L. of S.
Or <u>W.S.W.</u>	Or <u>E.S.E.</u>

18. 偏差若シ度分ナラベ下ノ如クスベシ.

1.° 針路 N. ヨリ E. 又ハ S. ヨリ W. ナラバ其度數ノ右ニ R. ト記シ N. ヨリ W. 又ハ S. ヨリ E. ナラバ L. ト記シ而シテ更ニ其右ニ N. 若クハ S. 符ヲ配ス.

2.° 偏差東ナラバ R. ト記シ西ナラバ L. ト記ス.

3.° 針路ノ下ニ偏差ヲ記シ同名ナラバ加相ヘテ其和ヲ磁針路ト同名ノ真針路トス.

(a) 其和 90° トナルトキハ真針路ハ東若クハ西ナリ.

(b) 其和 90° 以上トナルトキハ之ヲ 180° ヨリ相減シ其殘數ニ磁針路ト全ク反對ノ符ヲ配シ之ヲ真針路トス.

4.° 兩項異名ナラバ其差ヲ取り大ナル方ノ名ヲ配シテ真針路トス.

(c) 偏差針路ヨリモ大ナラバ偏差ヨリ針路ノ度分ヲ減シ其殘數ニ偏差ノ R. 若クハ L. ヲ配スベシ.

(d) 殘數ニシテ 0° ノトキハ其場合ニ從ヒ北又ハ南

ナリ.

(e) 改正ヲナシタル針路ノ分數ハ五拾六入法ニ依リ三十六分以上ハ線上ケテ壹度トナシ以下ナラバ切捨ツベシ.

例 一

磁針路 N.N.E., S/W.½W., W.N.W., 及 S.E.½E. ニシテ偏差 36½° 東ナリ真針路各如何.

<u>N.N.E.</u>	<u>S/W.½W.</u>
Mag. Co. ... 22°30' R. of N.	Mag. Co. ... 16°52' R. of S.
Var. ... 36 30 R.	Var. ... 36 30 R.
T. Co. ... 59 0 R. of N.	T. Co. ... 53 22 R. of S.
Or <u>N. 59° E.</u>	Or <u>S. 53° W. [e]</u>

<u>W.N.W.</u>	<u>S.E.½E.</u>
Mag. Co. ... 67°30' L. of N.	Mag. Co. ... 50°37' L. of S.
Var. ... 36 30 R.	Var. ... 36 30 R.
T. Co. ... 31 0 L. of N.	T. Co. ... 14 7 L. of S.
Or <u>N. 31° W.</u>	Or <u>S. 14° E. [e]</u>

例 二

磁針路 E.N.E., W/S., N.N.W., 及 S/E. シテ偏差 36°30' 東ナリ真針路如何.

<u>E.N.E.</u>	<u>W/S.</u>
Mag. Co. ... 67°30' R. of N.	Mag. Co. ... 78°45' R. of S.
Var. ... 36 30 R.	Var. ... 36 30 R.
104 0 R. of N. [b]	115 15 R. of S. [b]
180	180
T. Co. ... 76 0 L. of S.	T. Co. ... 64 45 L. of N.
Or <u>S. 76° E.</u>	Or <u>N. 65° W. [e]</u>

N.N.W.		S./E.	
Mag. Co. ...	22°30' L. of N.	Mag. Co. ...	11°15' L. of S.
Var. ...	36 30 R.	Var. ...	36 30 R.
T. Co. ...	14 0 R. of N. [e]	T. Co. ...	25 15 R. of S. [e]
Or	<u>N. 14° E.</u>	Or	<u>S. 25° W. [e]</u>

例 三

磁針路 N.E. S.W. S., N.W. N., S.E. S. ニシテ偏
差 25°19' W. ナラバ真針路各如何.

N.E.		S.W. S.	
Mag. Co. ...	45° 0' R. of N.	Mag. Co. ...	39°22' R. of S.
Var. ...	25 19 L.	Var. ...	25 19 L.
T. Co. ...	19 41 R. of N. [4°]	T. Co. ...	14 3 R. of S. [4°]
Or	<u>N. 20° E. [e]</u>	Or	<u>S. 14° W.</u>

N.W. N.		S.E. S.	
Mag. Co. ...	39°22' L. of N.	Mag. Co. ...	42°11' L. of S.
Var. ...	25 19 L.	Var. ...	25 19 L.
T. Co. ...	64 41 L. of N.	T. Co. ...	67 30 L. of S.
Or	<u>N. 65° W. [e]</u>	Or	<u>S. 67° E. [e]</u>

例 四

磁針路 N/E, S/W, W, N. 及 E/S. ニシテ偏
差 25°19' 西ナルトキ真針路各如何.

N/E.		S/W. W.	
Mag. Co. ...	11°15' R. of N.	Mag. Co. ...	14° 4' R. of S.
Var. ...	25 19 L.	Var. ...	25 19 L.
T. Co. ...	14 4 L. of N. [4°]	T. Co. ...	11 15 L. of S.
Or	<u>N. 14° W. [e]</u>	Or	<u>S. 11° E.</u>

W. N.		E/S.	
Mag. Co. ...	84°22' L. of N.	Mag. Co. ...	78°45' L. of S.
Var. ...	25 19 L.	Var. ...	25 19 L.
	109 41 L. of N.		104 4 L. of S.
	180		180
T. Co. ...	70 19 R. of S.	T. Co. ...	75 56 R. of N. [4]
Or	<u>S. 70° W.</u>	Or	<u>N. 76° E.</u>

例 五

磁針路 N.N.E., 偏差 22°30' 西; S/E., 偏差 11°15' 東;
W/S., 偏差 11°15' 東; 及 E.S.E., 偏差 22°30' 西ナラバ
真針路各如何.

N.N.E.		S/E.	
Mag. Co. ...	22°30' R. of N.	Mag. Co. ...	11°15' L. of S.
Var. ...	22 30 L.	Var. ...	11 15 R.
T. Co. ...	0 0 [7]	T. Co. ...	0 0
Or	<u>N.</u>	Or	<u>S.</u>

W/S.		E.S.E.	
Mag. Co. ...	78°45' R. of S.	Mag. Co. ...	67°30' L. of S.
Var. ...	11 15 R.	Var. ...	22 30 L.
T. Co. ...	90 0 R. of S.	T. Co. ...	90 0 L. of S.
Or	<u>W.</u>	Or	<u>E.</u>

3. 自 差

19. 自差ハ羅針路及羅針方位ヲ真針路及真方位
ニ改ムルニ要スル改正ノ一ナリ.

自差ハ船首ノ方向ニヨリテ同ヨカラズ故ニ各船其各
方位ニ随フテ其度分ヲ測リ次ノ如ク表ニ編シテ貯ヘ以テ
航海ノ用ニ供ス之ヲ自差表 Deviation Table ト云フ.

羅針ノ北點、磁氣子午線ノ右ニ傾クテ偏東ト云ヒ左ニ傾クテ偏西ト云フ。

船首ノ方向	自 差		船首ノ方向	自 差	
	度 分	點		度 分	點
N.	2°39' E.	$\frac{1}{4}$	S.	2°50' W.	$\frac{1}{4}$
N/E.	4 10 E.	$\frac{1}{2}$	S./W.	4 10 W.	$\frac{1}{2}$
N.N.E.	6 57 E.	$\frac{3}{4}$	S.S.W.	4 50 W.	$\frac{1}{2}$
N.E./N.	8 30 E.	$\frac{3}{4}$	S.W./S.	5 57 W.	$\frac{1}{2}$
N.E.	9 30 E.	$\frac{3}{4}$	S.W.	6 50 W.	$\frac{1}{2}$
N.E./E.	10 35 E.	1	S.W./W.	7 17 W.	$\frac{3}{4}$
E.N.E.	10 20 E.	1	W.S.W.	7 40 W.	$\frac{3}{4}$
E./N.	9 35 E.	$\frac{3}{4}$	W./S.	8 10 W.	$\frac{3}{4}$
E.	8 30 E.	$\frac{3}{4}$	W.	8 40 W.	$\frac{3}{4}$
E./S.	6 55 E.	$\frac{1}{2}$	W./N.	8 10 W.	$\frac{3}{4}$
E.S.E.	5 15 E.	$\frac{1}{2}$	W.N.W.	6 58 W.	$\frac{1}{2}$
S.E./E.	3 20 E.	$\frac{1}{4}$	N.W./W.	6 10 W.	$\frac{1}{2}$
S.E.	2 0 E.	$\frac{1}{4}$	N.W.	5 10 W.	$\frac{1}{2}$
S.E./S.	1 0 E.	0	N.W./N.	3 40 W.	$\frac{1}{4}$
S.S.E.	0 36 W.	0	N.N.W.	2 10 W.	$\frac{1}{4}$
S/E.	2 10 W.	$\frac{1}{4}$	N/W.	1 15 E.	0

羅針路ヲ磁針路ニ改ムル法

羅針路及自差ニ名ヲ配スル等總テ磁針路ヲ眞針路ニ改ムル法ニ同シ。

自差表ヨリ自差ヲ採ルニハ羅針路恰モ表中ノ船首方

向ニ合セバ其方位ノ自差ヲ採ルベシト雖モ若シ若干點ト分數ヲ有シテ爲メニ合セザルトキハ其分數、四分ノ一點以下ナルカ又ハ四分ノ三點以上ナラバ最近ノ方位ノ自差ヲ採リ若シ其分數、四分ノ一點ヲ超過シ又ハ四分ノ三點未滿ナルトキハ同名ナレバ其針路ヲ挾ム兩方位ノ自差ノ中數ヲ採リ異名ナレバ其差ヲ二分シテ大ナル方ノ名ヲ配スベシ。

例

羅針路ハ W./S., N.E./E., S.50°E., N.54°W., S.S.

E.及 S.W. ニシテ自差ハ上ノ表ノ如シ以テ問フ磁針路各如何。

W./S.	N.E./E.
C. Co. ... 78°45' R. of S.	C. Co. ... 59° 4' R. of N.
Dev. ... 8 10 L.	Dev. ... 10 35 R.
Mag. Co. ... 70 35 R. of S.	Mag. Co. ... 69 39 R. of N.
Or <u>S. 70° W.</u>	Or <u>N. 70° E.</u>

S. 50° E. = S.E. E.	N. 54° W. = N.W. W.
Dev. for S.E. ... 2° 0' R.	C. Co. ... 54 0 L. of N.
.. S.E./E. ... 3 20 R.	Dev. ... 6 10 L.
.. S.E. E. ... 2 40 R.	Mag. Co. ... 60 10 L. of N.
C. Co. ... 50° 0' L. of S.	Or <u>N. 60° W.</u>
Dev. ... 2 40 R.	
Mag. Co. ... 47 20 L. of S.	
Or <u>S. 47° E.</u>	

S.S.E. ½ E.
 Dev. for **S.S.E.** ... 0°36' L.
 " **S.E./S.** ... 1 0 R.
 200 24 R.
 Dev. for **S.S.E. ½ E.** ... 0 12 R.
C. Co. ... 28° 7' L. of S.
 Dev. ... 0 12 R.
Mag. Co. ... 27 55 L. of S.
 Or **S. 28° E.**

S. ½ W.
C. Co. ... 2 49 R. of S.
 Dev. for **S.** ... 2 50 L.
Mag. Co. ... 0 1 L. of S.
 Or **S.**

例 二

羅針路 **E.S.E.**, 自差 9°8' 東; **N.N.W.**, 自差 5°2' 西;
E. ½ N., 自差 14° 東; **S./W.**, 自差 25° 西ナリ 磁針路各如何.

E.S.E.	N.N.W.
C. Co. ... 67°30' L. of S.	C. Co. ... 22°30' L. of N.
Dev. ... 9 8 R.	Dev. ... 5 2 L.
Mag. Co. ... 58 22 L. of S.	Mag. Co. ... 27 32 L. of N.
Or S. 58° E.	Or N. 27° W.
E. ½ N.	S./W.
C. Co. ... 84°22' R. of N.	C. Co. ... 11°15' R. of S.
Dev. ... 14 0 R.	Dev. ... 25° 0 L.
98 22 R. of N.	Mag. Co. ... 13 45 L. of S.
180	Or S. 14° E.
Mag. Co. ... 81 38 L. of S.	
Or S. 82° E.	

問題

下ノ問題ニ於テ磁針路ヲ求ム.

羅針路	自差	答
1. S. ½ E.	15°40' E.	S. 10° W.

- | | | |
|----------------------|----------|-----------------|
| 2. N. ½ W. | 12 30 E. | N. 10 E. |
| 3. W. ½ S. | 25 0 W. | S. 59 W. |
| 4. S. ½ E. | 31 0 E. | S. 22 W. |
| 5. S./W. ½ W. | 20 0 W. | S. 6 E. |
| 6. N./W. | 50 0 E. | N. 39 E. |
| 7. S.S.E. | 25 0 W. | S. 47 E. |
| 8. W./N. ½ N. | 19 30 W. | S. 87 W. |

三差合併改正

50. 下ニ記スル處ノ諸例ハ風壓差、偏差、及自差ヲ以テ羅針路ヲ眞針路ニ改ムル方法ヲ明示スルガ爲メナリ.

例 一

羅針路ハ **E.N.E.**, 偏差 17° 東、自差 21° 東; 風ハ **S.E.** ニシテ 2½ 點ノ風壓差アリ以テ問フ眞針路如何.

C. Co. **E.N.E.** ... 6° 0' R. of N.
L. (右舷開) ... 2 2 L.
 Var. ... 17° R. ... 3 2 R. of N.
 Dev. ... 21 R. 3° 2' ... 39° 22' R. of N.
 38 R. ... 38 0 R.
T. Co. ... 77 22 R. of N.
 Or **N. 77° E.**

例 二

羅針路 **N.N.W.**, 風ハ **N.E.** ニシテ 2½ 點ノ風壓差

アリ偏差 45° 西、自差 16°52' 東ナリ間フ眞針路如何...

C. Co. **N.N.W.** ... 2° 0' **L.** of **N.**
 L. (右舷開) ... 2 2 **L.**
 Var. 45° 0' **L.** ... 4 2 **L.** of **N.**
 Dev. 16 52 **R.** 4° 2' ... 50°37' **L.** of **N.**
 28 8 **L.** ... 28 8 **L.**
 T. Co. ... 78 45 **L.** of **N.**
 Or **N. 79° W.**

例 三

羅針路ハ **W./S.**、風ハ **S./W.** ニシテ 1½ 點ノ風壓差
 アリ偏差ハ 36°34' 東、自差ハ 13°50' 西ナリ眞針路如何.

C. Co. **W./S.** ... 7° 0' **R.** of **S.**
 L. (左舷開) ... 1 3 **R.**
 8 3 **R.** of **S.**
 16
 Var. 36°34' **R.** ... 7 1 **L.** of **N.**
 Dev. 13 50 **L.** 7° 1' ... 81°34' **L.** of **N.**
 22 44 **R.** ... 22 44 **R.**
 T. Co. ... 58 50 **L.** of **N.**
 Or **N. 59° W.**

問 題

下ニ記スル羅針路ヲ眞針路ニ改ムベシ.

羅針路	風向	風壓差	偏差	自差
1. S.	W.S.W.	2½ 點	16°52' 東	14° 4' 東
2. E.½S.	S./E.	1½ ,,	42 0 東	15 0 東
3. W.N.W.	N.	3 ,,	42 0 東	18 30 西
4. N.E./E.	N./W.	0½ ,,	14 0 東	19 0 東

羅針路	風向	風壓差	偏差	自差
5. W./S.	S./W.	0½ 點	10°30' 東	19° 0' 西
6. S.	E.S.E.	0½ ,,	17 0 西	3 0 東
7. W.	N.N.W.	1½ ,,	18 30 東	21 0 西
8. S.S.W.½W.	S.E./S.	2½ ,,	17 0 西	5 0 西
9. N.W./W.	N./E.	3 ,,	25 0 西	7 30 西
10. E./N.	S.E./S.	1½ ,,	32 0 東	12 0 東
11. W./S.½S.	S./W.	2 ,,	15 0 東	15 0 西
12. E.½S.	N.N.E.½E.	2½ ,,	21 0 西	4 0 西
13. S.W./S.	W./N.	1½ ,,	25 0 東	10 0 西
14. S.	E.S.E.	1½ ,,	52 0 西	2 0 東
15. S.W.½S.	S.S.E.½E.	1½ ,,	52 0 西	13 0 西
16. E.½S.	S./E.½E.	0½ ,,	52 0 西	24 0 東
17. E.	S.S.E.	2½ ,,	8 30 東	15 35 東
18. W.½N.	N.N.W.	1½ ,,	8 30 東	21 30 西
19. N.½W.	W./N.	0½ ,,	15 45 東	6 0 西
20. E.½N.	N.N.E.	2½ ,,	13 0 西	20 0 東
21. N./W.½W.	N.E.½E.	2½ ,,	53 0 西	8 30 西
22. N.N.E.	E.	1½ ,,	25 0 西	6 0 東
23. S.½W.	W./S.½S.	1½ ,,	25 0 西	14 0 東
24. W.N.W.	S.W.	1 ,,	25 0 西	9 0 西
25. S.W.	W.N.W.	1½ ,,	25 0 西	6 0 西
26. E.½N.	N./E.	3½ ,,	42 0 東	19 45 東

羅針路	風向	風壓差	偏差	自差
27. W.	S.S.W.	1 點	70° 0' 西	16° 0' 西
28. S.W./S.	S.E./S.	3 $\frac{1}{4}$,,	70 0 西	5 0 西
29. S/E.	S.W./W.	2 $\frac{1}{4}$,,	70 0 西	4 0 東
30. S $\frac{1}{2}$ W.	W/S.	2 $\frac{1}{4}$,,	59 0 西	50 0 西
31. E $\frac{1}{4}$ N.	N/E.	3 $\frac{1}{4}$,,	59 0 西	16 30 西
32. E/S $\frac{1}{4}$ S.	N.E.	3 ,,	37 0 東	14 0 東
33. S.W. $\frac{1}{4}$ W.	S/E.	3 $\frac{1}{4}$,,	59 0 西	9 0 西
34. N.E. $\frac{1}{4}$ N.	N.N.W.	0 $\frac{1}{4}$,,	37 0 東	8 0 東

答

1. S.	12. S. 81°15' E.	23. S. 19°26' E.
2. S. 44°15' E.	13. S. 31 53 W.	24. S. 89 45 W.
3. N. 77 45 W.	14. S. 35 56 E.	25. S. 0 4 E.
4. S. 85 7 E.	15. S. 8 45 E.	26. S. 0 8 E.
5. S. 78 41 W.	16. N. 59 11 E.	27. S. 15 15 W.
6. S. 5 34 E.	17. N. 88 46 E.	28. S. 4 41 E.
7. S. 73 26 W.	18. S. 60 8 W.	29. N. 77 26 E.
8. S. 31 26 W.	19. N. 9 45 E.	30. N. 51 19 E.
9. S. 57 30 W.	20. S. 60 30 E.	31. N. 42 37 E.
10. S. 76 56 E.	21. S. 76 19 W.	32. S. 14 26 W.
11. N. 84 23 W.	22. N. 10 34 W.	33. S. 24 49 W.
	34. E.	

眞針路ヲ羅針路ニ改ムル法.

51. 甲地ヨリ乙地ニ至ルニ兩地ノ經緯度分明ナルトキハ中分緯度航法或ハ漸長緯度航法ニ據リテ其眞針路ヲ知ルコトヲ得ベシ(中分緯度航法及漸長緯度航法ハ後ニ出ヅ).

眞針路ヲ羅針路ニ改ムルニハ偏差、自差ニ配スルニ前ト反對ノ名ヲ以テス即チ偏東ヲ L トシ偏西ヲ R トシ最初、眞針路ニ偏差ヲ改正シテ得タル磁針路ヲ以テ假リニ羅針路ト見做シ之ニ相當スル自差ヲ採リ其名ニ從ヒテ加減スベシ此得タル數ハ即チ近似ノ羅針路ナルヲ以テ再ビ之ニ相當スル自差ヲ採リテ元ノ磁針路ニ改正スベシ此ノ如クシテ得タルモノ近似ノモノト同數ナラバ之ヲ以テ羅針路トス若シ差アレバ同數ヲ得ル迄猶ホ右ノ如クナスベシ.

若シ風壓差ノ改正ヲ要スルトキハ最初ニ之ヲ改正シテ視針路トナシ次ニ偏差ヲ改正シテ磁針路トナスベシ但シ風壓差ハ風、右舷ヨリ來レバ R ト符シ左舷ヨリ來レバ L ト符ス.

例 一

眞針路ハ W./N. ニシテ偏差ハ 1 點東、自差ハ前表ノ如ク問フ羅針路如何.

T. Co.	7 0 L. of N.
Var.	1 0 L.
Mag. Co.	8 0 L. of N.
Dev.	0 3 R.
C. Co.	7 1 L. of N.
	Or <u>W. $\frac{1}{4}$ N.</u>

例 二

真針路 S. 76° E. ニシテ偏差ハ 16°10' 東、自差ハ
前表ノ如シ羅針路如何。

T. Co.	76 0 L. of S.
Var.	16 10 L.
Mag. Co.	92 10 L. of S.
	180
	87 50 R. of N. = <u>E. $\frac{1}{4}$ N.</u> little easterly.
Dev. for E.	8 30 L.
C. Co. Nearly	79 20 R. of N. = <u>E./N.</u> little easterly.
Mag. Co.	87 50 R. of N.
Dev. for E./N.	9 35 L.
C. Co.	78 15 R. of N.
	Or <u>N. 78° E.</u>

例 三

真針路 N. 42°30' E. ニシテ偏差ハ 3°10' 西ナリ而
シテ風ハ E.S.E. ヨリ來リ 1 點ノ風壓差アリト云フ以テ
問フ羅針路ハ如何但シ自差ハ前表ノ如シ。

T. Co.	42°30' R. of N.
L. (右舷開)	11 15 R.
App. Co.	53 45 R. of N.
Var.	3 10 R.
Mag. Co.	56 55 R. of N.
	Or <u>N.E./E.</u> little easterly.

Mag. Co.	56 55 R. of N.
Dev. for N.E./E.	10 35 L.
C. Co. Nearly	46 20 R. of N.
	Or <u>N.E.</u> little easterly.
Mag. Co.	56 25 R. of N.
Dev. for N.E.	9 30 L.
Comp. Co.	47 25 R. of N.
	Or <u>N. 47° E.</u>

羅針差ニ名ヲ配スルニハ宜シク次ノ字ヲ暗記シ以テ
備忘トナスベシ。

羅針路ヲ以テ真針路ヲ求ムルニハ

WCE

[Or W(est) C(ompass)(course) E(ast)]

東(E)ハ Cノ右ニ在リ西(W)ハ其左ニ在リ故ニ羅
針路ヲ改正シテ真針路トナスニハ偏東ノ偏差及自差ハ
R. トシ偏西ハ L. トナスナリ。

真針路ヲ以テ羅針路ヲ求ムルニハ

ETW

[Or E(ast) T(rue)(course) W(est)]

西(W)ハ Tノ右ニ在リ東(E)ハ其左ニ在リ故ニ真針
路ヲ知リテ羅針路ヲ推スニハ偏西ノ偏差及自差ヲ R. ト
シ偏東ヲ L. ト記スルナリ。

第七編 平面航法

Plane Sailing.

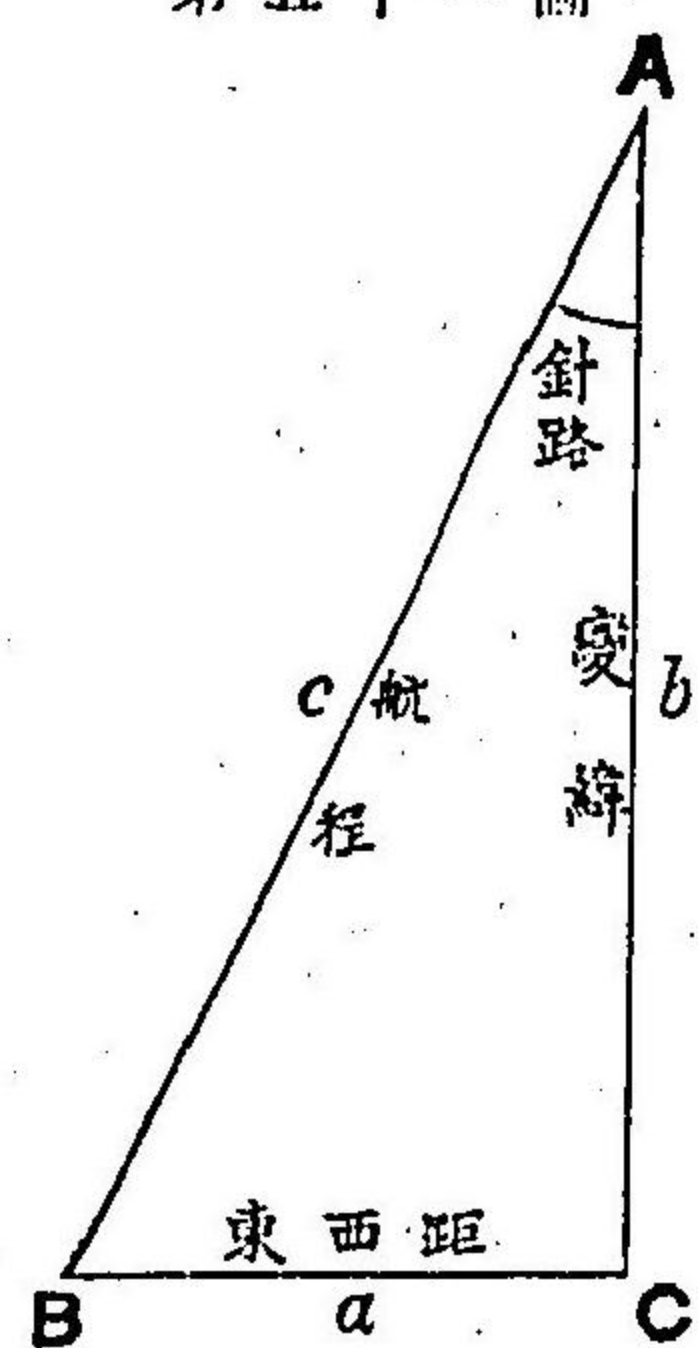
地球ノ面ヲ平面ト假定シテ算ヲナスヲ平面航法ト云フ。

赤道ノ附近ニ於テハ此法ヲ用フルモ誤リアルコトナシ高緯度ノ地ニ在リテモ航程遠カラズシテ其針路南北ニ近キトキハ此法ヲ用ヒテ妨ケナシ。

此法ニ於テ用フル各原式ハ總テ平面直三角形ニ基キテ作ルモノナリ。

今平面直三角形ヲ畫キ之ニ平面航法ノ各項ヲ命ズルコト第五十一圖ノ如シ。

第五十一圖



船 A ヨリ B ニ至ルトスレバ子午線ノ弧即チ變緯ノ線 AC ト航程ノ線 AB トノ交角 BAC ハ針路 Course or Co., 垂直邊 (南北線) b ハ變緯 Difference of Latitude or D. lat., 底邊 (東西線) a ハ東西距 Departure or Dep. ニシテ斜邊 c ハ航程 Distance or Dist. ナリ。

$$\frac{a}{c} = \sin. A.$$

$$\therefore a = c \times \sin. A.$$

$$\text{or Dep.} = \text{Dist.} \times \sin. \text{Co.} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{b}{c} = \cos. A.$$

$$\therefore b = c \times \cos. A.$$

$$\text{or D. lat.} = \text{Dist.} \times \cos. \text{Co.} \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{a}{b} = \tan. A.$$

$$\therefore \frac{\text{Dep.}}{\text{D. lat.}} = \tan. \text{Co.} \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{c}{b} = \sec. A.$$

$$\therefore c = b \times \sec. A.$$

$$\text{or Dist.} = \text{D. lat.} \times \sec. \text{Co.} \dots \dots \dots (4)$$

上ノ式ニ依レバ針路、航程、變緯、東西距ノ四項中其二ヲ知レバ他ノ二項ヲ推算スルコトヲ得ベシ。

東西距ニ名ヲ配スルニハ針路ノ東西ニ從ヒ變緯ハ針路ノ南北ニ從フ。

又針路ニ名ヲ配スルニハ北或ハ南ヲ度數若クハ點數ノ左ニ記シ東或ハ西ヲ其右ニ記スルヲ例トス而シテ其南北ハ變緯ニ從ヒ東西ハ東西距ニ從フ。

航海表第百八十四頁ヨリ第二百七十三頁ニ至ル第八表ノ方位表ニ於テ一度ヨリ四十五度迄ノ各度數(整數)ヲ針路トシ一海里ヨリ六百海里迄ノ各里數ヲ航程トシ平面航法ノ(1)及(2)ノ式ニ依リ之ニ相當スル變緯及東西距

ヲ海里ノ小数以下一位迄算シテ表ニ編ス斯ク針路ヲ四十五度ニ止ムル所以ハ一角ノ正弦ハ其餘角ノ餘弦ニ等シキカ故ニ一針路ニ對スル變緯及東西距ハ其餘角ノ東西距及變緯ニ等シクレバナリ例ヘバ針路二十度ノ變緯ハ針路七十度ノ東西距ニシテ四十度ノ東西距ハ五十度ノ變緯ナルカ如シ又針路ノ度数ノ代リニ點數ヲ用フルモノアリ其編製法前ト異ナルコトナシ航海表第百六十八頁ヨリ第百八十三頁ニ至ル第七表是レナリ。

平面直三角形ノ問題ハ總テ本表ニ依リテ容易ニ解クヲ得ルカ故ニ航海中ハ概テ本表ノミヲ使用シテ經緯度ノ推算ヲナスヲ例トス。

平面航法ニ於テハ二條ノ場合アリ下ノ如シ。

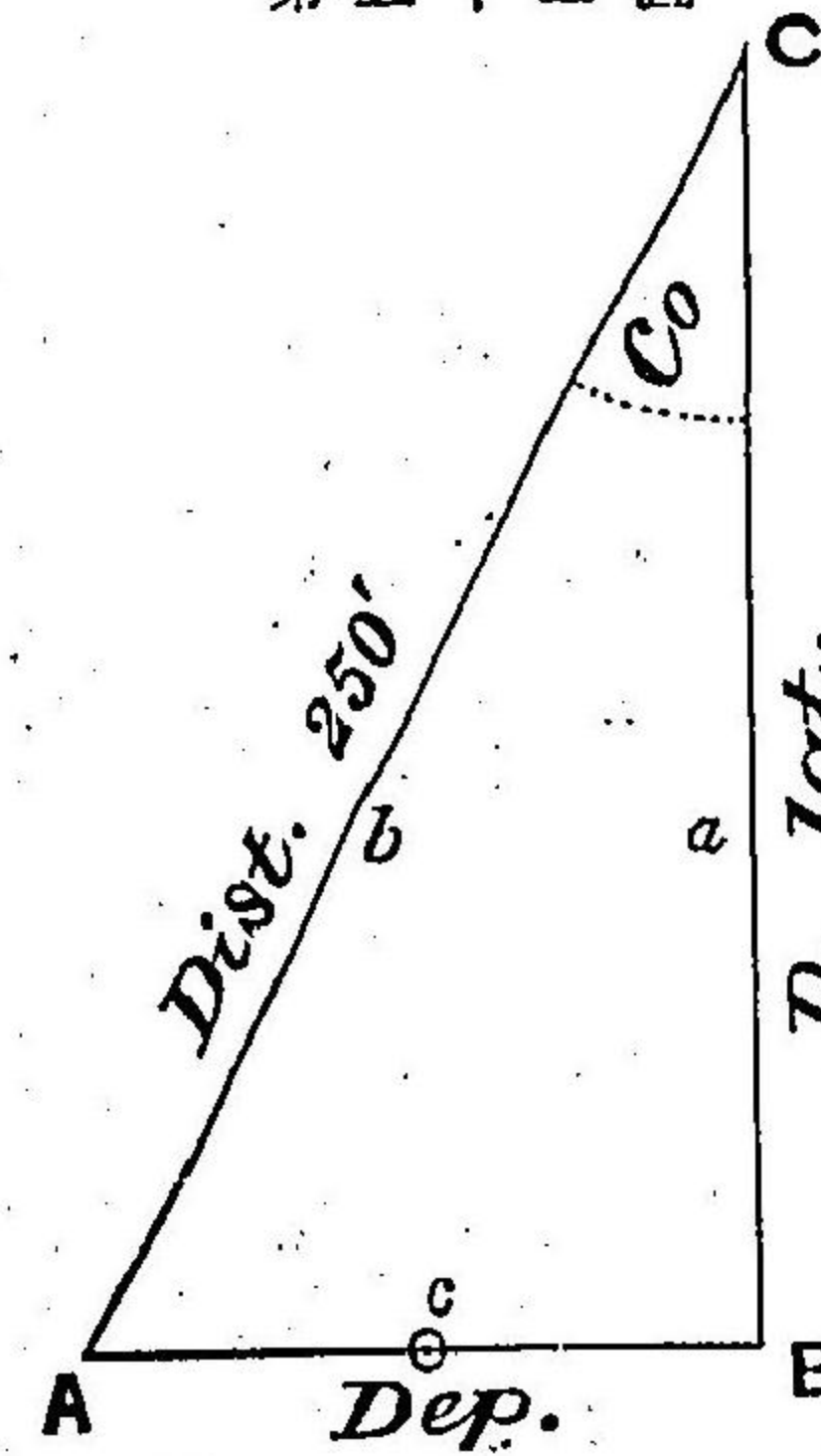
- (1) 針路及航程ヲ知ルトキハ變緯及東西距ヲ求メ得ベシ。
- (2) 變緯及東西距ヲ知ルトキハ針路及航程ヲ求メ得ベシ。

第壹ノ場合

例

一船アリ C 地ヲ發シ南三十四度西ニ向フテ走ルコト二百五十海里ニシテ A 地ニ達シタリト云フ然ルトキハ兩地間ノ變緯及東西距如何。

第五十二圖



東西距ヲ求ム。

第五十二圖

$$\frac{c}{b} = \sin. Co.$$

$$\therefore \text{Dep.} = \text{Dist.} \times \sin. Co. \dots \dots (1)$$

$$\therefore \text{Log. Dep.} = \text{log. Dist.} + \text{log. sin. Co.} - 10.$$

Log. Dist. 250'	...	2.397940
„ sin. Co. 34°	...	9.747562
„ Dep.	...	<u>2.145502</u>

$$\therefore \text{Dep. } \underline{139.8}$$

變緯ヲ求ム。

$$\frac{a}{b} = \cos. Co.$$

$$\therefore \text{D. lat.} = \text{Dist.} \times \cos. Co. \dots \dots (2)$$

$$\therefore \text{Log. D. lat.} = \text{log. Dist.} + \text{log. cos. Co.} - 10.$$

Log. Dist. 250'	...	2.397940
„ cos. Co. 34°	...	9.918574
„ D. lat.	...	<u>2.316514</u>

$$\therefore \text{D. lat. } \underline{207.3}$$

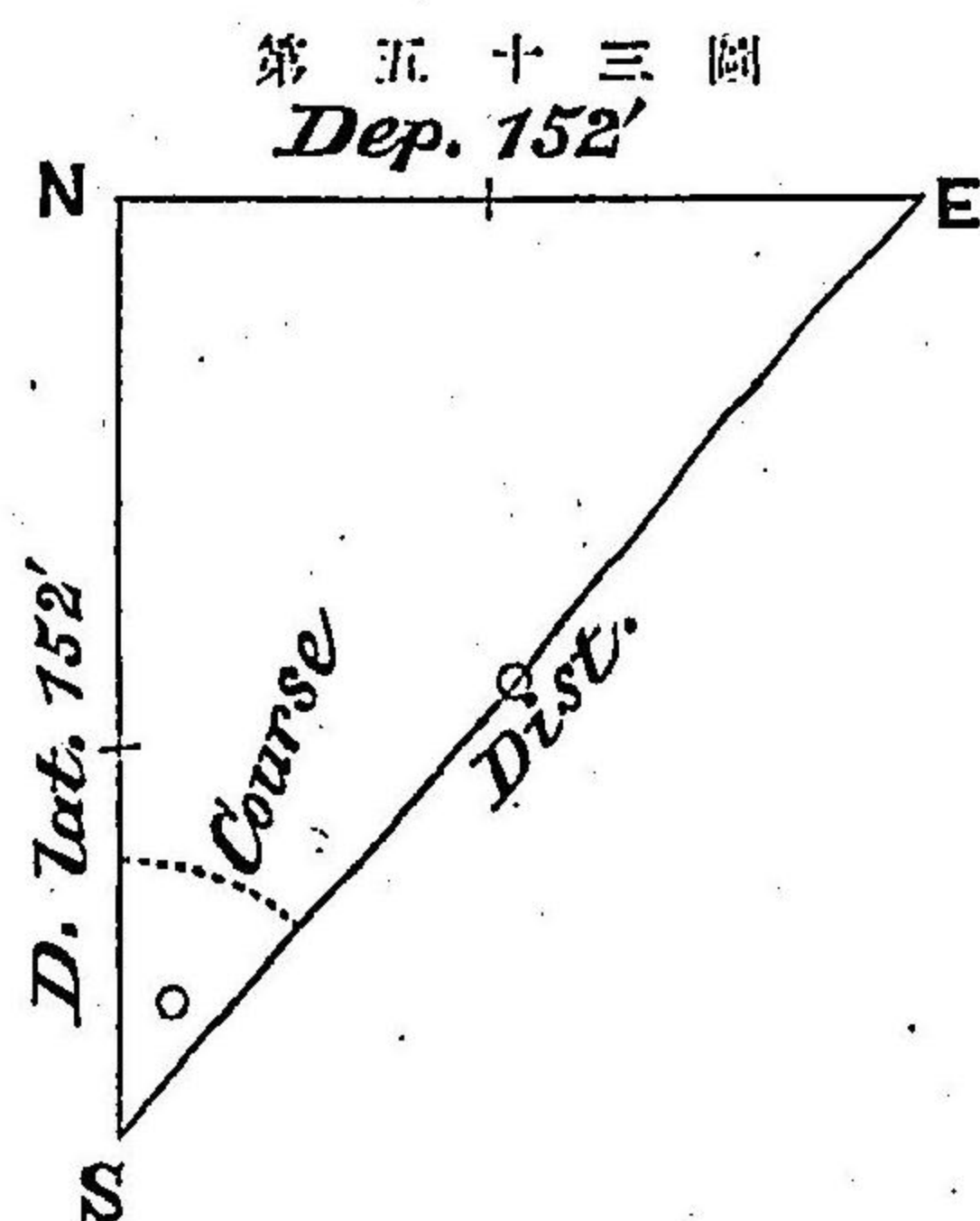
注意—正弦、餘弦等ノ對數表ニ於テハ皆テ其指數ニ10ヲ加ヘアルガ故ニ上ノ如ク對數ノ和ヨリ10ヲ相減セザルベカラズ。

第貳ノ場合

第五十三圖

例

某汽船北緯三十四度ニ在ル S 地ヲ發シ北ト東トノ間ニ航シ北緯三十六度三十二分ノ地ニ達シタリ而シテ此



兩地間ノ東西距ハ百五十二海里ナリト云フ然ルトキハ本船ノ針路及航程ハ如何.

變緯ヲ求ム.

Lat. from 34° 0' N.
 „ in 36 32 N.
 2 32
 60
 D. lat. ... 152 N.

針路ヲ求ム.

$$\frac{NE}{SN} = \tan. Co.$$

Or, $\frac{Dep.}{D. lat.} = \tan. Co. \dots \dots \dots (3)$

∴ Log. tan. Co. - 10 = log. Dep. - log. D. lat.

Or, Log. tan. Co. = 10 + log. Dep. - log. D. lat.

10 + log. Dep. 152	...	12.181844
Log. D. lat. 152	...	2.181844
Log. tan. Co.	...	10.000000

∴ Co. N. 45° E.

航程ヲ求ム.

$$\frac{SE}{SN} = \sec. Co.$$

∴ Dist. = D. lat. x sec. Co.

∴ Log. Dist. = log. D. lat. + log. sec. Co. - 10

Log. D. lat. 152	...	2.181844
„ sec. Co. 45°	...	0.150515
„ Dist.	...	2.332359

∴ Dist. 215'

問題

海里ヲ畧シテ單ニ里ト記ス以下做之

1. 一船アリ南緯三十度ノ S 地ヲ發シテ直航針路北六十七度東ニ走リ其東西距百十海里半ナリト云フ變緯及航程ハ如何.
2. 一船アリ北緯四十四度ニ於ケル N 地ヲ發シテ南ト東トノ間ニ航シ北緯三十九度三十一分三十秒ノ地ニ達シタリ而シテ此兩地間ノ航程二百九十七里ナリト云フ然ルトキハ本船ノ針路及東西距如何.
3. 一船南緯十六度ノ N 地ヲ發シ西南西ニ向フテ航シ其變緯ハ百十一里ナリト云フ然ルトキハ該船ノ東西距及航程如何.
4. 某汽船赤道上ノ S 地ヨリ北ト東トノ間ノ一針路ヲ取リテ走ルコト二百十八里ニシテ其東西距百六十七里ナルトキハ針路及着緯度如何.

5. 一船アリ北緯 13° ノ S 地ヨリ $N. 42^{\circ} W.$ = 121 里汽走セリ問フ變緯及東西距如何.
6. 一船アリ北緯 $54^{\circ} 10'$ ノ一地ヨリ $N. W. / W.$ = 航スルコト 256 里ナリ問フ該船ノ變緯、着達緯度及東西距如何.
7. 一船アリ北緯 $55^{\circ} 1'$ ノ地ヨリ $S. E. \downarrow E.$ = 240 里航走セリ問フ其着達緯度及東西距如何.
8. 一船アリ $N.$ = 向フテ 220 里航走シタル後チ $W.$ = 向フテ 120 里航走セリ其直行針路及航程如何.
9. 一船南緯 $20^{\circ} 40'$ ノ一地ヲ發シ南緯 $23^{\circ} 54'$ ノ一地ニ達シタリ而シテ其東西距ハ 140 里西ナリト云フ然ルトキハ該船ノ針路及航程如何.

答

1. 變緯 $46'.9 N.$; 航程 120 里
2. 針路 $S. 25^{\circ} E.$ ($18' 20''$ ハ五捨六入法ニ依リ切捨ツベシ).
- 東西距 $126'.9 E.$
3. 東西距 $268' W.$; 航程 290'
4. 針路 $N. 50^{\circ} E.$; 變緯 $140'.1$; 着達緯度 $2^{\circ} 20' N.$
5. 變緯 $89'.9 N.$; 東西距 $81'$
6. 變緯 $142'.2 N.$; 着達緯度 $56^{\circ} 32' N.$; 東西距 $212'.9 W.$

7. 着達緯度 $52^{\circ} 29' N.$; 東西距 $185'.5 E.$
8. 針路 $N. 29^{\circ} W.$ ($36' 38''$ ハ五捨六入シテ 1° = 切上グベシ); 航程 $250'.6$
9. 針路 $S. 36^{\circ} W.$ ($48' 58''$ ハ 1° = 切上グベシ); 航程 $239'.2$

第八編 方位表 The Traverse Table.

52. 針路及航程ヲ知テ變緯及東西距ヲ求ム.

第三版航海表第百六十八頁ヨリ第百八十三頁ニ至ル第七表或ハ第百八十四頁ヨリ第二百七十三頁ニ至ル第八表ノ内ニテ其上下何レカニ於テ針路ノ點數若クハ度數ニ合ハセテ表ヲ開キ而シテ航程ニ對スル變緯及東西距ヲ取ルベシ.

注意一針路ヲ表ノ下ニテ求メタルトキハ變緯及東西距ノ行ハ表ノ上ニテ針路ヲ求メタルトキト相反ス而シテ針路ガ四點或ハ四十五度未滿ナレバ變緯ハ東西距ヨリモ大ナリ然レドモ針路ガ四點或ハ四十五度ヲ超過スレバ東西距ハ變緯ヨリ大ナリ.

例 一

一船 N.W. $3\frac{1}{2}$ N. ニ帆走スルコト 78 里ナラバ方位表ニ依リ變緯及東西距如何.

航海表第百八十一頁ヲ開キテ針路ノ三點半ニ合ハシ然ル後テ表ノ上部ニ Dist. ト記シタル行ニ於テ 78 ヲ求メ之ニ相對スル變緯(D. Lat. ト記ス) 60'.3 及東西距 (Dep. ト記ス) 49'.5 ヲ取ルベシ.

例 二

針路 $5\frac{1}{2}$ 點ニシテ航程 98 里ナラバ如何.

第百七十七頁第七表ノ下ニ記シタル ($5\frac{1}{2}$ Points) ト Dist. ト記シタル行ニ於テ 98 トニ合シタル變緯ハ 46'.2 ニシテ東西距ハ 86'.4 ナリ.

例 三

針路 N. 40° E. ニシテ航程 50 里ナラバ如何.

上部ノ 40° ニ合ハセテ第八表第二百六十二頁ヲ開キ 50 ニ合シタル變緯 38'.3 N. ト東西距 32'.1 E. トヲ取ルベシ.

例 四

針路 N. 64° W. 航程 175 里ナラバ變緯及東西距如何.

下部ノ 64° ニ合ハセテ第二百三十四頁ヲ開キ 175 ニ對スル變緯 76'.7 N. 及東西距 157'.3 W. ヲ取ルベシ.

(a) 航程ニ小數アルトキ變緯及東西距ヲ求ムルニハ小數ヲ全數ト見做シ之ニ對スル變緯及東西距ヲ求メ然ル後テ各自ノ數ヨリ右方ノ一字ヲ五捨六入シテ小數點ヲ一位左方ニ移スベシ.

例 一

針路 $3\frac{1}{2}$ 點航程 20.3 里ナラバ變緯及東西距如何.

第七表ノ上方ヲ見合ハセ $3\frac{1}{2}$ ニ合ハセテ第百八十一頁ヲ開キ 20.3 ヲ假リニ 203 ト見做シ之ニ對スル變緯 156.9 及東西距 128.8 ヲ取り次ニ .9 及 .8 ヲ五捨六入法

ニ依リ 156.9 ヲ 157 トナシ 128.8 ヲ 129 トナシテ小數點ヲ一位左方ニ移ストキハ則チ變緯 15.7 及東西距 12.9 ヲ得ベシ。

例 二

針路 $4\frac{1}{2}$ 點及航程 $24\frac{1}{3}$ ニ適シタル變緯及東西距如何。

第七表下方ノ $4\frac{1}{2}$ 點ニ合ハセテ第百八十一頁ヲ開キ航程 $24\frac{1}{3}$ ヲ 243 ト見做シ變緯 $154\frac{1}{2}$ 及東西距 187.8 ヲ取り然ル後チ小數點ヲ一位左方ニ移シ右方ノ一字ヲ五捨六入セバ則チ變緯 15.4 及東西距 18.8 ヲ得ベシ。

例 三

一船アリ N. 67° E. ニ帆走スルコト $29\frac{1}{5}$ ナラバ如何。

第八表下方ノ 67° ニ合ハセテ第二百二十八頁ヲ開キ而シテ航程 295 ニ相對スル變緯 115.3 及東西距 271.5 ヲ取り然ル後チ (a) ニ依リテ之ヲ改ムレバ則チ $11\frac{1}{5}$ N. 及 $27\frac{1}{5}$ E. ヲ得ベシ。

例 四

N. 34° W. ニ走ルコト $20\frac{1}{6}$ ナラバ變緯及東西距ハ如何。

第八表上方ノ 34° ニ合ハセテ第二百五十頁ニ於テ 206 ニ對スル變緯 170.8 及東西距 115.2 ヲ取り之ヲ五捨六入シテ其小數點ヲ左方ニ移セバ則チ 34° 及 $20\frac{1}{6}$ ニ適シタル變緯ハ $17\frac{1}{6}$ N. ニシテ東西距ハ $11\frac{1}{6}$ W. トナルベシ。

(b) 方位表ニハ航程 1 里ヨリ 600 里迄ヲ載スルガ

故ニ若シ航程 600 里ヲ超過スレバ之ヲ二分、三分、四分若クハ五分シ先ツ之ニ合ハセテ變緯及東西距ヲ取り然ル後チ初メニ除シタル數ヲ以テ表ヨリ取りタル變緯及東西距ニ乗ズレバ則チ所要ノ變緯及東西距ヲ得ルナリ。

例 五

針路ヲ 41° トシ航程ヲ 714 里トスレバ如何。

714 ヲ二除シテ 357 トナシ第八表上方ノ 41° ニ合ハセテ第二百六十五頁ヲ開キ 357 ニ對スル變緯 269.4 及東西距 234.2 ヲ取り之ヲ各二倍スレバ則チ 41° 及 714 ニ適シタル變緯 538.8 及東西距 468.4 ヲ得ルナリ。

航程ヲ $71\frac{1}{2}$ トスレバ (a) ニ依リテ變緯ハ 53.9 トナリ東西距ハ 46.8 トナルベシ。

(c) 600' ト之ヲ超過シタル航程ノ殘數トニ對スル兩項ノ變緯及東西距ノ和ヲ取ルモ (b) ト同一ノ結果ヲ得ベシ。

例 六

針路 39° 航程 851 里ナラバ變緯及東西距如何。

第八表上方ノ 39° ニ合ハセテ第二百六十一頁ヲ開キ 600 ト 251 トニ對スル變緯 466.3 ト 195.1 及東西距 377.6 ト 158.0 トヲ取り各之ヲ相加フレバ 39° 及 851' ニ適シタル變緯及東西距ヲ得ベシ即チ變緯ハ 661.4 ニシテ東西距ハ 535.6 ナリ。

問題

下ニ記スル針路及航程ヲ以テ變緯及東西距ヲ求ム。

真針路	航程	真針路	航程
1. S.S.E.	30 里	8. S. 72° W.	35 里
2. E./S.	48 „	9. N. 21° W.	24.5 „
3. S.W. 1/4 S.	136 „	10. S. 65° W.	25.7 „
4. W. 1/4 N.	84 „	11. S. 80° W.	14.7 „
5. S.E./E. 1/4 E.	56 „	12. N. 27° W.	30.6 „
6. S.W. 1/4 W.	225 „	13. W. 10° S.	42.8 „
7. E./N. 1/4 N.	183 „	14. N. 18° W.	34.9 „

答

變緯	東西距	變緯	東西距
1. 27.7 S.	11.5 E.	8. 10.8 S.	33.3 W.
2. 9.4 S.	47.1 E.	9. 22.9 N.	8.8 W.
3. 100.8 S.	91.3 W.	10. 10.9 S.	23.3 W.
4. 12.3 N.	83.1 W.	11. 2.6 S.	14.5 W.
5. 28.8 S.	48.0 E.	12. 27.2 N.	13.9 W.
6. 142.7 S.	173.9 W.	13. 7.4 S.	42.1 W.
7. 44.5 N.	177.5 E.	14. 33.2 N.	10.8 W.

53. 變緯及東西距ヲ知テ針路及航程ヲ求ム。

規則

第八表 (航海表 第百八十四頁ヨリ 第二百七十三頁 =

至ル) 中ニテ既知ノ變緯及東西距ニ全ク符合シタルモノ又ハ符合シタルモノナキハ最モ近似ノモノヲ索メ之ニ對スル “Dist.” ノ行ニテ直行航程ヲ取り而シテ變緯ガ東西距ヨリ大ナルトキハ表ノ上方ノ度数ヲ取り若シ之ニ反シテ東西距ガ變緯ヨリモ大ナルトキハ下方ノ度数ヲ取り以テ針路トナスベシ。

針路ニ名ヲ配スルニハ變緯ノ N. 或ハ S. ト東西距ノ E. 或ハ W. トニ從フベシ。

注意一兩項ノ數ヲ求ムルニハ必ズ表ノ上方ニ “D. Int.” ト記シタル行ニテ先ツ兩項ノ内大ナル方ノ數ヲ索メ然ル後チ頁ヲ追フテ表ノ上方ニ “Dep.” ト記シタル行ニ於テ小ナル方ノ數ヲ見出シ得ルマデ一頁毎ニ表ヲ繰ルベシ此ノトキ變緯、東西距ヨリ大ナルハ針路ハ四十五度ヨリ小ナルヲ以テ表ノ上方ヨリ度数ヲ取り否ラザレバ下方ノ度数ヲ以テ針路トナスコトヲ記憶スベシ。

(a) 既知ノ變緯及東西距ニ近キ數ヲ二頁トモ引續キテ見出スモ兩項ノ數皆ナ既知ノ數ニ符合セザルコトアリ此場合ニ於テハ二頁ノ兩針路ノ度数ヲ相加シ其和ヲ二分シ以テ直行針路トナスベシ。

(b) 變緯及東西距若クハ航程ニシテ表ノ數ニ超過シタルトキハ除シ盡シ得ベキ數ニテ之ヲ除シ而シテ表ヨリ取りタル數ニ除シタル數ヲ乘シ其積ヲ所要ノ數トス但針路ハ如何ナル場合ニ於テモ決シテ乗除スベカラズ。

(c) 變緯及東西距極小ナルトキハ數頁引續キテ數ナルコトアルヲ以テ正シキ針路及航程ヲ求ムルニハ變緯及東西距 = 10 ヲ乘テ其積ヲ以テ表ヲ繰リ而シテ表ヨリ得タル航程ノ數ハ 10 ニテ除シ其商ヲ正シキ航程トス。

例 一

一船アリ北ト東トノ間ニ航シ其變緯 199 里ニシテ東西距 144.6 里ナルトキハ其針路及航程如何。

兩項ノ數ハ第八表第二百五十四頁ニ於テ針路 36° 及航程 246' ニ合スルガ故ニ針路ハ $N. 36^\circ E.$ ニシテ航程ハ 246 里ナリ。

例 二

一船アリ一針路ニ航走シ北へ變緯 $36'$ 西へ東西距 $58'$ ヲナセリ然ルトキハ針路及航程如何。

第八表ヲ開キ兩項中大ナル方ノ數即チ 58.0 ヲ表ノ上方ニ “D. Lat.” ト記シタル行ニテ見出シ然ル後チ 58.0 ニ對シ 36.0 ヲ見出シ得ルマデ表ヲ繰ルベシ斯クノ如クシテ第二百四十六頁ニ於テ求メタル 57.7 ト 36.0 トハ兩項ノ數ニ最モ近キヲ以テ之ニ對スル航程 68 ヲ取り而シテ東西距ハ變緯ヨリ大ナルガ故ニ表ノ下方ヨリ 58° ヲ取り之ヲ針路トナス但シ船ハ北ト西トノ間ニ航シタルニ由リ針路ハ $N. 58^\circ W.$ ニシテ航程ハ $68'$ ナリ。

例 三

一船アリ南ト西トノ間ニ航シ其變緯 $40'$ 東西距 139.4

ナリト云フ間ヲ針路及航程如何。

前ノ如ク 139.4 ヲ第八表ノ上方ニ記シタル “D. Lat.” ノ行ニテ求メ之ニ對シテ 40 ヲ Dep. ノ行ニ於テ見出シ得ルマデ表ヲ繰ルトキハ終ニ第二百十四頁ニ於テ 139.4 及 40 ニ對スル針路 $S. 74^\circ W.$ ト航程 $145'$ トヲ得ベシ。

例 四

變緯 $863.2 S.$ 及東西距 $833.6 E.$ ナリ針路及航程如何。

兩項ノ數ハ表中ノ數ニ超過スルヲ以テ先ツ 2 ニテ除シ 431.6 及 416.8 トナシ之ヲ表ニテ求メ第二百七十一頁ニ於テ兩項ニ對スル針路 44° 及航程 $600'$ ヲ取り而シテ 600 ヲ二倍シ 1200 ヲ以テ正シキ航程トナスベシ。

例 五

變緯 $1.0 S.$ 及東西距 $0.1 E.$ ナラバ針路及航程如何。

變緯 1.0 及東西距 0.1 ヲ以テ表ヲ繰ルニ $3^\circ, 4^\circ, 5^\circ, 6^\circ, 7^\circ,$ 及 8° ノ諸針路ヲ得今何レガ正シキ針路ナルヤヲ決センタメ變緯及東西距 = 10 ヲ乘テ 10.0 及 1.0 ヲ以テ表ヲ繰ルトキハ針路 6° ト航程 $10'$ ヲ得ベシ今 $10'$ ヲ 10 ニテ除セバ $1'$ トナル故ニ正シキ針路ハ $S. 6^\circ E.$ ニシテ航程ハ $1'$ ナリ。

問題

下ニ與ヘタル變緯及東西距ニ依リ針路及航程ヲ求ム。

變緯	東西距	變緯	東西距
1. 72.7 S.	25.0 E.	6. 37.9 N.	36.4 E.
2. 72.3 N.	171.7 E.	7. 53.3 S.	76.0 W.
3. 64.0 N.	146.9 W.	8. 160.7 S.	16.5 W.
4. 98.6 S.	37.5 E.	9. 172.6 S.	7.9 W.
5. 415.6 N.	240.0 W.	10. 164.2 N.	262.8 E.

答

針路	航程	針路	航程
1. S. 19° E.	77.0	6. N. 44° E.	52½
2. N. 67° E.	186.5	7. S. 55° W.	93
3. N. 66½° W.	161.0	8. S. 6° W.	161½
4. S. 21° E.	105½	9. S. 2½° W.	173
5. N. 30° W.	480	10. N. 58° E.	310

第九編

聯針路航法

Traverse Sailing.

54. 船ノ航走スルヤ風位ノ變遷、航路ノ中間ニ散在セル嶋嶼等ニ由リ目的ノ地ニ向フテ直行スルコト能ハズ種々ノ針路ヲ取リテ縫航スルコトアリ總テ此等實際ノ針路及航程ヲ合算シテ本船着達地ニ向フテ直行シタルト同一ノ想像的直行針路及航程ヲ求ム之ヲ聯針路航法ト云フ

此航法ノ計算ヲナスニハ普通方位表ヲ用フ是レ平面航法ニ依リ各針路及航程ニ對シテ一々變緯及東西距ヲ算スルハ繁雜ナレバナリ

規則

- 1° 下ノ例ニ示シタル形式ニ倣ヒ縱横ノ線ヲ引クベシ
- 2° 針路及航程ノ行ニ各針路及航程ヲ記入スベシ但針路ハ總テ其點數ヲ N. 或ハ S. ヨリ算シテ下ノ例ノ如ク記載スベシ
- 3° 各針路及航程ニ對シ方位表ヨリ變緯及東西距ヲ取り針路ノ N. 或ハ S. 及ビ E. 或ハ W. ナルカヲ見テ

變緯ヲ **N.** 或ハ **S.** 行ニ東西距ヲ **E.** 或ハ **W.** ノ行ニ記入スベシ

(a) 針路正北或ハ正南ナラバ東西距ヲ生ゼザルヲ以テ針路ノ **N.** 或ハ **S.** ナルカヲ見テ直チニ航程ヲ變緯トナシテ其行ニ記入スベシ又針路正東或ハ正西ナラバ同理ニ依リ變緯ヲ生ズルコトナシ故ニ航程ヲ以テ直チニ東西距トナスベシ

4.° **N.** 及 **S.** ノ各行ニ記入シタル變緯ヲ相加ヘテ各行ノ下ニ書シ小ナルモノヲ大ナル方ノ下ニ書シテ其差ヲ取り東西距モ亦ク此ノ如クシテ終ニ各一個ノ變緯及東西距トナシ之ニ其所屬ノ **N.** 或ハ **S.** 及 **E.** 或ハ **W.** ノ符ヲ配スベシ

5.° 變緯及東西距ヲ以テ針路及航程ヲ索ムルコト **53**ニ述ベタル規則ノ如クナスベシ

6.° 起程緯度ニ變緯ヲ加減シ其和或ハ差ヲ求メ以テ着達緯度トナス

(b) 結果ノ東西距ナキトキハ船其元トノ子午線ニ戻リタルコト明ナリ故ニ變緯ノ **N.** 或ハ **S.** ナルカニ由リ直行針路ハ北或ハ南ニシテ航程ハ變緯ニ等シ

(c) 變緯ナキトキハ同理ニ依リ東西距ハ航程ニ等シク直行針路ハ東西距ノ **E.** 或ハ **W.** ナルカニ從フテ正東或ハ正西ナリ

(d) 結果ノ變緯及東西距ノ兩項共ニ零ナラバ船ハ元トノ起程地ニ歸リタルナリ

(e) 變緯及東西距ノ各行ニ於テ記入ヲ要セザル行ニハ皆ナ一線ヲ引キ以テ誤記ヲ防ク爲メニス

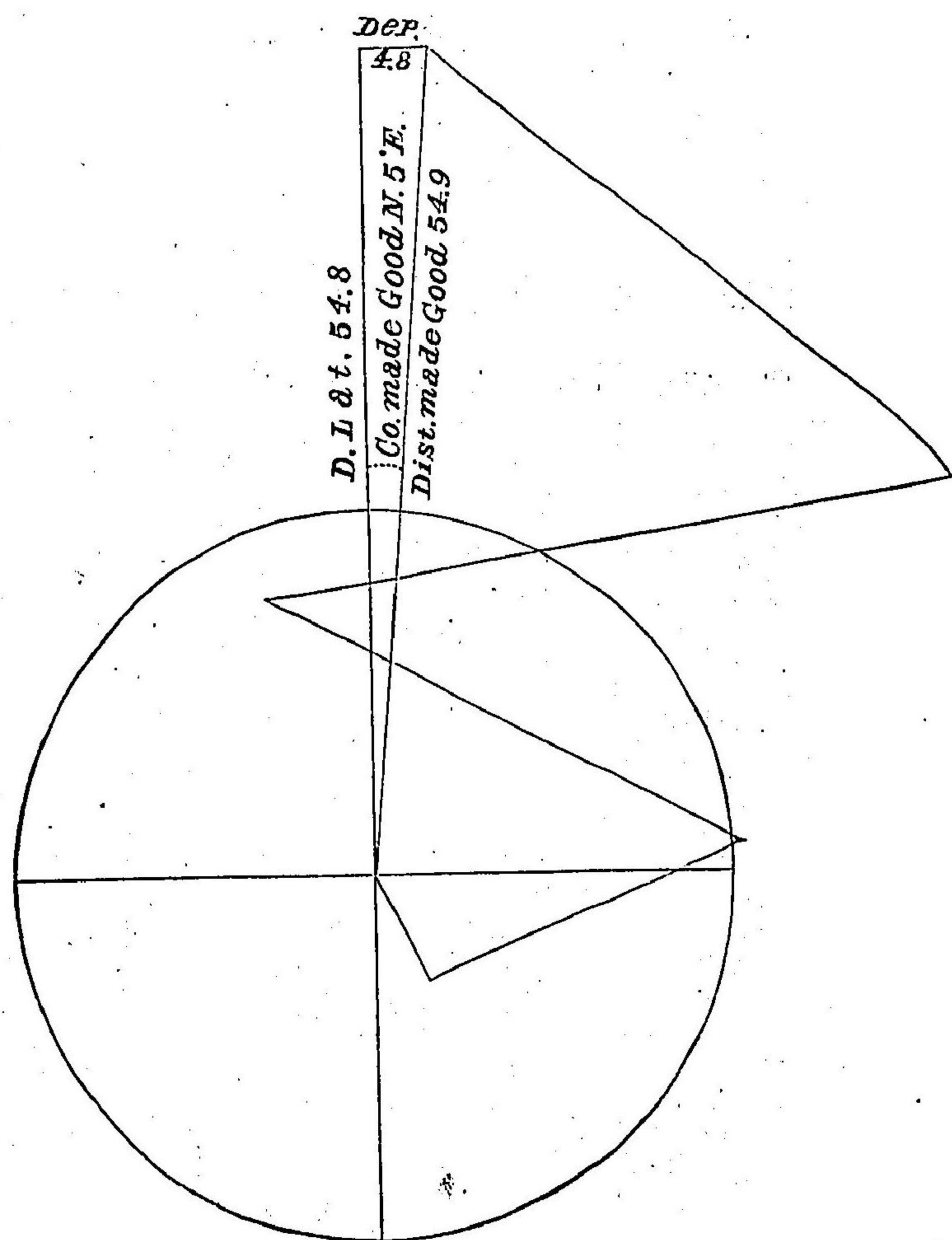
例

船アリ北緯 $53^{\circ}19'$ ニ在ル一地ヲ發シテ次ノ真針路ノ如ク航走シタリ:—**S.S.E.** $\frac{1}{2}$ **E.** 8 里; **E.N.E.** 23 里; **N.W.**/**W.** $\frac{1}{2}$ **W.** 36 里; **E.** $\frac{1}{4}$ **N.** 48 里; **N.W.**/ $\frac{1}{2}$ **W.** 46 里; 問フ其着達緯度並ニ直行針路及航程ハ如何

第五十四圖

壹時ノ十六分ノ一ナ

以テ壹海里ニ充ツ



T. courses.	Dist.	D. lat.		Dep.	
		N.	S.	E.	W.
S.S.E. $\frac{1}{2}$ E. = S. $2\frac{1}{4}$ E.*	8	—	7.2	3.4	—
E.N.E. = N. 6 E.	23	8.8	—	21.3	—
N.W. $\frac{1}{2}$ W. = N. $5\frac{1}{2}$ W.	36	17.0	—	—	31.8
E. $\frac{1}{2}$ N. = N. $7\frac{1}{2}$ E.	48	7.0	—	47.5	—
N.W. $\frac{1}{2}$ W. = N. $4\frac{1}{2}$ W.	46	29.2	—	—	35.6
Course and distance made good. N. 5° E., 55 miles.		62.0	7.2	72.2	67.4
		7.2		67.4	
		<u>54.8</u>		<u>4.8</u>	

Lat. from... $53^\circ 19' N.$
D. lat. 54.8 ... $55^\circ N.$ (54.8 五拾六入法ニ依ル)
Lat. in ... $54^\circ 14' N.$ (同名ナルヲ以テ兩項ノ和ヲ取ル)

*針路ヲ二様ニ書セシハ初學ノ者ヲシテ一見解シ易カラシムルガ爲メナリ。

規則 3° = 依リ問題ニ掲ケタル順序ニ從ヒ最初ニ針路及航程ヲ各自ノ行ニ記入シ第七表 (第三版航海表第百六十八頁ヨリ第百八十三頁ニ至ル) ニ於テ變緯及東西距ヲ索メ之ヲ各自ノ行ニ記スベシ。

變緯ノ差 54.8 及東西距ノ差 4.8 即チ直行變緯及東西距ヲ以テ第八表 (第百八十四頁ヨリ第二百七十三頁ニ至ル) ヲ繰レバ第百九十二頁ニ於テ 54.8 及 4.8 ニ對スル針路 $N. 5^\circ E.$ 及航程 55 里ヲ得ルナリ。

針路ニハ變緯ノ N. 及東西距ノ E. = 從フテ N. 5° E. ト符ス

例一ニ於テ變緯ハ東西距ヨリ大ナルガ故ニ針路ハ四點或ハ四十五度ヨリ小ナリ.

例 二

船アリ北緯 38°25' ノ地ヨリ發シテ次ノ眞針路ノ如ク航走セリ:—S.W./W. 28 里; W./N. 55 里; W. 47 里; S.E. 25 里; S. 101 里; W.S. 72 里: 問フ着達緯度并ニ直行針路及航程如何.

T. courses.	Dist.	D. lat.		Dep.	
		N.	S.	E.	W.
S. 5° W.	28	—	15.6	—	23.3
N. 7 W.	55	10.7	—	—	53.9
W.	47	—	—	—	47.0
S. 3¼ E.	25	—	20.1	14.9	—
S.	101	—	101.0	—	—
S. 7¼ W.	72	—	10.6	—	71.2
Course and distance made good. S. 53° W., 226 miles.		10.7	147.3 10.7 <u>136.6</u>	14.9	195.4 14.9 <u>180.5</u>
Lat. from	38°25' N.				
D. lat. 136' GS.	2 17 S. (異名ナルヲ以テ其差ヲ取ル)				
Lat. in	36 8 N.				

136.6 及 180.5 ヲ以テ第八表ヲ繰ルルキハ第二百五十六頁ニ於テ兩項ノ數ニ最モ近似シタルモノハ 180.5 及 136.0 ナリ故ニ此等ノ數ニ對スル 53° 及 226' ヲ取リテ S. 53° W. ヲ直行針路トシ 226 里ヲ航程トス.

例 三

一船アリ南緯 37°24' ノ地ヲ發シテ次ノ眞針路ノ如ク航走セリ問フ着達緯度並ニ直行眞針路及航程ハ如何.

眞針路	航程
S.W./S.	20'
W.	16
N.W./W.	28
S.S.E.	32
E.N.E.	14
S.W.	36

T. courses.	Dist.	D. lat.		Dep.	
		N.	S.	E.	W.
S. 3° W.	20	—	16.6	—	11.1
W.	16	—	—	—	16.0
N. 5 W.	28	15.6	—	—	23.3
S. 2 E.	32	—	29.6	12.3	—
N. 6 E.	14	5.4	—	12.9	—
S. 4 W.	36	—	25.5	—	25.5
Course and distance made good. S. 45° W., 72 miles.		21.0	71.7	25.2	75.9
			21.0		25.2
			50.7		50.7
Lat. from 37° 24' S.					
D. lat. 51 S.		} 同名、和			
Lat. in 38 15 S.					

變緯及東西距ハ各 50.7 ナルヲ以テ針路ハ 45° 或ハ
 4 點ナルコト明ナリ故ニ第八表 45° ノ處ヲ開キ最モ近似
 ノ數ナル 50.9 及 50.9 ニ對スル航程 72 ヲ取リ S. 45° W.
 ヲ直行眞針路トシ 72 里ヲ航程トス。

例 四

一船アリ北緯 46° 20' ノ地ヨリ次ノ眞針路ノ如ク航
 走セリ問フ本船ノ着達緯度并ニ直行眞針路及航程如何。

眞針路	航程
N. 72° E.	21'
N. 38 E.	17
S. 26 W.	13
S. 73 E.	19
S. 1 W.	19
S. 65 E.	48
N. 76 E.	19
N. 48 E.	48

T. courses.	Dist.	D. lat.		Dep.	
		N.	S.	E.	W.
N. 72° E.	21	6.5	—	20.0	—
N. 38 E.	17	13.4	—	10.5	—
S. 26 W.	13	—	11.7	—	5.7
S. 73 E.	19	—	5.6	18.2	—
S. 1 W.	19	—	19.0	—	0.3
S. 65 E.	48	—	20.3	43.5	—
N. 76 E.	19	4.6	—	18.4	—
N. 48 E.	48	32.1	—	35.7	—
<u>E.</u>	<u>140.3</u>	<u>56.6</u> <u>56.6</u> <u>0.0</u>	56.6	<u>146.3</u> <u>6.0</u> <u>140.3</u>	6.0
Lat. from		46°20' N.			
D. lat.		0 0			
Lat. in		<u>46 20 N.</u>			

變緯ハ北ト南トへ各 56.6 ニシテ差引 0 ナレバ元ト
 出發セン距等圈即チ元トノ地ト同一ノ緯度ニ復リタルコ
 ト明ナリ而シテ東西距ハ西へ 6 東へ 146.3 ニシテ差引東
 へ行クコト 140.3 ノ超過ナレバ本船ノ直行眞針路ハ正東
 ニシテ航程ハ 140.3 ナリ故ニ航程ハ東西距ニ等シ.

例 五

船、南緯 1°5' = 在ル地ヨリ次ノ如ク航走セリ間フ本

船ノ着達緯度並ニ直行眞針路及航程如何.

眞針路	航程
N. 17° E.	13'
North.	38
N. 27 E.	18
N. 79 E.	25
S. 83 W.	23
S. 48 E.	25.2
N. 48 W.	27.1
N. 36 W.	21

T. courses.	Dist.	D. lat.		Dep.	
		N.	S.	E.	W.
N. 17° E.	13	12.4	—	3.8	—
N.	38	38.0	—	—	—
N. 27 E.	18	16.0	—	8.2	—
N. 79 E.	25	4.8	—	24.5	—
S. 83 W.	23	—	2.8	—	22.8
S. 48 E.	25.2	—	16.9	18.7	—
N. 48 W.	27.1	18.1	—	—	20.1
N. 36 W.	21	17.0	—	—	12.3
<u>N.</u>	<u>86.6</u>	<u>106.3</u>	<u>19.7</u>	<u>55.2</u>	<u>55.2</u>
		<u>19.7</u>		<u>55.2</u>	
		<u>86.6</u>		<u>0.0</u>	
Lat. from ...	1° 5' S.				
D. lat. ...	1 27 N.				
Lat. in ...	0 22 N.	{異名、差}			

東西距ハ東ト西トヘ各 55.2 ニシテ差引 0 ナレバ船
 ハ元トノ子午線ニ歸リタルヲ以テ針路ハ正北ニシテ其航
 程ハ變緯 86.6 ニ等シ.

例 六

一船、40°0' N. ノ地ヨリ次ノ如ク航セリ着緯度ヲ
 求ムルコト如何.

真針路	航程	真針路	航程
1. ... S.E./S.	29'	13. ... W.	62'
2. ... N.N.E.	10	14. ... N.	10
3. ... E.S.E.	50	15. ... W.	8
4. ... E.N.E.	50	16. ... S.	10
5. ... S.S.E.	10	17. ... W.	62
6. ... N.E./N.	29	18. ... S.	7
7. ... W.	25	19. ... E.S.	62
8. ... S.S.E.	10	20. ... S.	110
9. ... W./S.S.	42	21. ... W./N.N.	42
10. ... N.	110	22. ... N.N.E.	10
11. ... E.N.	62	23. ... W.	25
12. ... N.	7		

T. courses.	Dist.	D. lat.		Dep.	
		N.	S.	E.	W.
S. 3 E.	29	—	24.1	16.1	—
N. 2 E.	10	9.2	—	3.8	—
S. 6 E.	50	—	19.1	46.2	—
N. 6 E.	50	19.1	—	46.2	—
S. 2 E.	10	—	9.2	3.8	—
N. 3 E.	29	24.1	—	16.1	—
W.	25	—	—	—	25.0
S. 2 E.	10	—	9.2	3.8	—
S. 6 1/2 W.	42	—	12.2	—	40.2
N.	110	110.0	—	—	—
N. 7 1/4 E.	62	9.1	—	61.3	—
N.	7	7.0	—	—	—
W.	62	—	—	—	62.0
N.	10	10.0	—	—	—
W.	8	—	—	—	8.0
S.	10	—	10.0	—	—
W.	62	—	—	—	62.0
S.	7	—	7.0	—	—
S. 7 1/4 E.	62	—	9.1	61.3	—
S.	110	—	110.0	—	—
N. 6 1/2 W.	42	12.2	—	—	40.2
N. 2 E.	10	9.2	—	3.8	—
W.	25	—	—	—	25.0
		209.9	209.9	262.4	262.4
0	0	209.9			262.4
		0.0			0.0

此例題ニ於テ變緯ハ南北同數ニシテ東西距モ亦々東西各同數ナルヲ以テ差引各0トナル故ニ船ハ元ト出發セシ地點ニ歸着シタルコト明ナリ。

問題

下ノ問題ニ於テ直行眞針路及航程並ニ着達緯度ヲ求ム。

1. 船、北緯 $52^{\circ}58'$ ニ在ル Texel 港ヨリ發シテ W./N.(眞針路以下皆ヲ之ニ倣フ) $44'$; S./E. $45'$; W./S. $35'$; S.S.E. $44'$; W./S. $42'$ 航走セリ。

2. 船、北緯 $54^{\circ}12'$ ニ在ル Heligoland ヨリ發シテ W.S.W. $12'$; N.W. $24'$; S./W. $20'$; N.W./W. $32'$; S./E. $36'$; W./N. $42'$; S.S.E. $16'$; W./N. $45'$ 航走セリ。

3. 船、北緯 $3^{\circ}50'$ ヨリ發シテ S.S.W. $112'$; S./E. $86'$; S.S.E. $112'$; S./W. $86'$ 航走セリ。

4. 船、前日南緯 19° ヲ發シテ以來 S.E. $13'$; S./E. $19'$; S.E./E. $22'$; E./S. $32'$; N.N.E. $20'$; N./W. $27'$; N.E./E. $24'$; S.W. $10'$ 航走セリ。

5. 船、北緯 1° ヨリ發シテ E. $8'$; E./N. $20'$; S.E./E. $33'$; S. $31'$; N.E. $43'$; S. $28'$; S. $21'$; S./W. $12'$ 航走セリ。

6. 船、北緯 $1^{\circ}10'$ ヨリ發シテ N. 40° W. $20'$; S. 56° W. $51'$; S. 19° W. $19'$; S. 48° W. $16'$; N. 85° E. $28'$; S. 44° E. $15'$; N. 22° W. 25 miles, S. 9° E. 54 miles, 航走セリ。

7. 船、北緯 $47^{\circ}12'$ ヨリ發シテ S. 31° W. $16'$; N. 72° E. $13'.1$; S. 52° W. $15'$; S. 44° E. $15'.1$; N. 44° W. $19'.7$; N. 77° E. $11'.4$; S. 40° W. $16'$; S. 14° E. $6'$ 航走セリ。

8. 船、北緯 $34^{\circ}11'$ ヲ發シテ以來 N. 36° W. $27'$;