416
As 1
資料室

20299
教科書文庫
2
414
40-1878
20003
01485
M8
1875

測角便蒙

凡例

一弧三角術ハ球體の表面ニ於て成立つものなり故ニ其辺も度を以て稱す而して斜弧三角術直角弧三角術象辺弧三角術ニ區別するなり

一斜弧三角ハ其角辺各九十度ならさるものを云

一直角弧三角ハ其一角九十度なるものを云

一象辺弧三角ハ其一辺九十度なるものを云

資料室
416
As1
廣島大學圖書之印
広島大学 教 NO.12765 図書

測角便蒙目録

卷之四
斜弧三角術
直角弧三角術
象限弧三角術
雜題
卷之五
星學論
航海論
實測雜題

採原雑題

廣島大學圖書之印

測角便蒙巻之四

淺田世良編

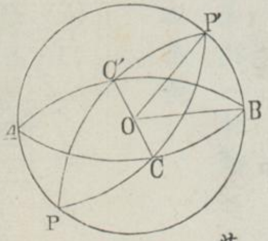
弧三角術

夫弧三角術ハ球體の中心ニおゐて立體角を像る三個の平面ニ因て取圍む球の表面の部分ニして大圏の三弧ニ因て區域するものなり故ニ日月星辰等都て我居地より測り算定するが如き皆此の理より外ならず

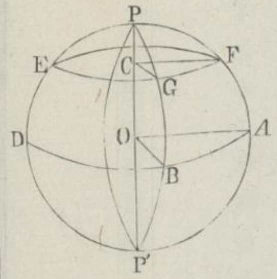
○第一圖ニ於てACBC′及PCP′C′ハ中心Oを切通す処の

大圏なり又第二圖EGFハ中心Oを切通せ支を得さるものにして小圏なり而して第一圖COC'ハ大圏の径故にBCP及BCP'の如きハ大圏ACBC' PCP'C'及APBP'の弧に因て區域せるものなり故に弧三角形なる支明なり

第一圖

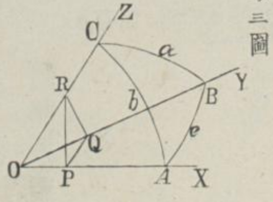


第二圖



○第三圖に於てOを球の中心ならしめOを通して或る平面にOX OZの直線を引き他の平面にOYを引くよの三個の面XOY YOZ及XOZハOに於て立體角を像る然る時ハABCハXOY YOZ及XOZの面に因て取圍むものにして中心Oを保つ处の球の表面の部分即ち弧三角なり而してA B Cの角の對辺をしてa b cに因て顯はせなり

第三圖



斜弧三角術

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

の證式如何

第三畾に於て XOZ の平面に垂線 RP を引き XOY の平面より垂線 QP を引き QR を接ぎ然る時ハ RPQ の角ハ XOZ XOY の平面の傾きなり故に A 角に同し又 a b c の辺ハ ZOY ZOX 及 YOX の度量即ち A B 及 C 角ノ對辺なり

ORQ 及 RPQ の斜三角に於て (A) 式（巻之二第六十三葉を見へし）を変化して

$$2OR.OQ.\cos ROQ = OR^2 + OQ^2 - RQ^2$$
$$2RP.PQ.\cos RPQ = RP^2 + PQ^2 - RQ^2 \quad (-$$

$$2OR.OQ.\cos ROQ - 2RP.PQ.\cos RPQ = OR^2 - RP^2 + OQ^2 - PQ^2$$

OPR ······· 直角　　OPQ ······· 直角

$$\therefore OR^2 - RP^2 = OP^2 \qquad OQ^2 - PQ^2 = OP^2$$

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

上式を OR OQ の倍を以て除き

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

$$\frac{RP}{OR}=\sin b \qquad \frac{OP}{OR}=\cos b$$

$$\frac{PQ}{OQ}=\sin c \qquad \frac{OP}{OQ}=\cos c$$

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

$$\text{or}\quad \cos A=\frac{\cos a-\cos b.\cos c}{\sin b.\sin c}$$

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

の證式如何

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

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

$$\therefore\ \sin^2 b.\sin^2 c.\sin^2 A=(1-\cos^2 b)(1-\cos^2 c)-(\cos a-\cos b.\cos c)^2$$

$$=1-\cos^2 a\ \cos^2 b-\cos^2 c+2\cos a.\cos b.\cos c$$

上式を $(\sin^2 a.\sin^2 b.\sin^2 c)$ にて除せ

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

上式の後節ニ於て三辺各同量を得る故ニ之をθと命せ

$$\therefore\ \frac{\sin A}{\sin a}=\theta,\quad \frac{\sin B}{\sin b}=\theta,\quad \frac{\sin C}{\sin c}=\theta,$$

$$\frac{\sin A}{\sin B}=\frac{\sin a}{\sin b} \qquad \text{(N)}$$

(N)の證式如何

$$\frac{\sin A}{\sin a}=\theta \qquad \frac{\sin B}{\sin b}=\theta$$

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

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

$$\text{havers}\,A=\text{cosec}\,b\,\text{cosec}\,c\sqrt{\text{havers}(a+\overline{b\sim c})\,\text{havers}(a-\overline{b\sim c})} \qquad \text{(O)}$$

(O)の證式如何

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

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

$$\therefore 2\sin b\sin c\,\text{havers}\,A=-\cos a+\cos b\cos c+\sin b\sin c$$

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

$$=-\{\cos a-\cos(b\sim c)\}$$

$$=2\sin\tfrac{1}{2}(a+\overline{b\sim c})\sin\tfrac{1}{2}(a-\overline{b\sim c})$$

$$\sin b\sin c\,\text{havers}\,A=\sqrt{\text{havers}(a+\overline{b\sim c})}\sqrt{\text{havers}(a-\overline{b\sim c})}$$

$$\therefore \text{havers}\,A=\text{cosec}\,b\,\text{cosec}\,c\sqrt{\text{havers}(a+\overline{b\sim c})\,\text{havers}(a-\overline{b\sim c})}$$

$$\sin^2\frac{1}{2}A = \operatorname{cosec} b \operatorname{cosec} c \sin\frac{1}{2}(a+\overline{b\sim c})\sin\frac{1}{2}(a-\overline{b\sim c}) \quad (O')$$

の證式如何

$$2\sin^2\frac{1}{2}A = \operatorname{vers} A = 1-\cos A$$

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

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

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

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

$$= -\{\cos a-\cos(b\sim c)\}$$

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

$$\therefore \sin^2\frac{1}{2}A = \operatorname{cosec} b \operatorname{cosec} c \sin\frac{1}{2}(a+\overline{b\sim c})\sin\frac{1}{2}(a-\overline{b\sim c})$$

$$\cos^2\frac{1}{2}A = \operatorname{cosec} b \operatorname{cosec} c \sin\frac{1}{2}(b+c+a)\sin\frac{1}{2}(b+c-a) \quad (P)$$

の證式如何

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{vers}\, a = \text{vers}(b \sim c) + \sin b \sin c \,\text{vers} A \qquad \text{(Q)}$$

の證式如何

$$1 - \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c} = 1 - \cos A = \text{vers} A$$

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

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

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

$$+1 = +1$$

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

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

$$\cos a = \frac{\cos A + \cos B \cos C}{\sin B \sin C} \qquad \text{(R)}$$

の證式如何

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

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

$$\therefore \sin^2 a \sin b \sin c (\cos A + \cos B \cos C) =$$

$$\sin^2 a (\cos a - \cos b \cos c) + (\cos b - \cos a \cos c)(\cos c - \cos a \cos b)$$

$$= (1 - \cos^2 a) \cdot (\cos a - \cos b \cos c) + \cos b \cos c - \cos a \cos^2 b -$$

$$\cos a \cos^2 c + \cos^2 a \cos b \cos c$$

$$= \cos a - \cos^3 a - \cos a \cos^2 b - \cos a \cos^2 c + 2\cos^2 a \cos b \cos c$$

$$= \cos a (1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2 \cos a \cos b \cos c) \quad (a)$$

$$\frac{\sin B}{\sin b} \frac{\sin C}{\sin c} = e^2$$

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

or $\sin^2 a \sin b \sin c \sin B \sin C =$
$$1-\cos^2 a-\cos^2 b-\cos^2 c+2\cos a\cos b\cos c \quad (\beta)$$

(α)式より(β)式を減ず

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

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

$$\cot A\sin B-\cot a\sin c-\cos B\cos c \quad (\delta)$$

の證式如付

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

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

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

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

$$=\frac{\cos a\sin c}{\sin b}\quad\frac{\cos b-\cos a\cos c}{\sin b\sin c}\cos c \quad (\alpha)$$

$$\frac{\sin B}{\sin A}=\frac{\sin b}{\sin a}\cdots\cdots\cdots\cdots(\beta)$$

(α)式及(β)式を相乗ず

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

$$\frac{\cos A}{\sin A}=\cot A,\ \frac{\cos a}{\sin a}=\cot a,\ \cos B=\frac{\cos b-\cos a\cos c}{\sin a\sin c}$$

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

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

の證式如何

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

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

$$\therefore \sin b\sin c\cos A=\cos a\sin^2 b+\cos a\cos^2 b-\cos b\cos c$$

$$-\cos a\sin^2 b-(\cos c-\cos a\cos b)\cos b$$

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

$$\therefore \sin a\sin b\cos C=\cos c-\cos a\cos b$$

$$\text{or } \sin b\sin c\cos A=\cos a\sin^2 b-\sin a\sin b\cos C\cos b$$

$$\sin c\cos A=\cos a\sin b-\sin a\cos b\cos C \quad (\alpha)$$

$$\operatorname{havers} a=-\operatorname{cosec} B\operatorname{cosec} C\cos\tfrac{1}{2}(B+C+A)\cos\tfrac{1}{2}(B+C-A) \quad (T)$$

の證式如何

$$\operatorname{havers} a=\sin^2\tfrac{1}{2}a=\frac{1-\cos a}{2}=\frac{1-\dfrac{\cos A+\cos B\cos C}{\sin B\sin C}}{2}$$

$$=\frac{\sin B\sin C-\cos A-\cos B\cos C}{2\sin B\sin C}$$

$$=\frac{-(\cos B\cos C-\sin B\sin C)-\cos A}{2\sin B\sin C}$$

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

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

$$\therefore \operatorname{havers} a=-\operatorname{cosec} B\operatorname{cosec} C\cos\tfrac{1}{2}(B+C+A)\cos\tfrac{1}{2}(B+C-A)$$

(α)式のA角をB角ニ換へa辺をb辺ニ換得る

$$\sin C \cos B = \cos b \sin a - \sin b \cos a \cos C \quad (\beta)$$

(α)式ニ(β)式を加ふ

$$\therefore \sin C(\cos A + \cos B) = \sin a \cos b + \cos a \sin b - (\sin a \cos b + \cos a \sin b)\cos C$$

$$= \sin(a+b) - \sin(a+b)\cos C$$

$$= \sin(a+b)(1 - \cos C)$$

$$= 2\sin(a+b)\sin^2\tfrac{1}{2}C \quad (\gamma)$$

$$\sin C \sin A = \sin C \sin a = 2\sin a \sin\tfrac{1}{2}C\cos\tfrac{1}{2}C \quad (\delta)$$

$$\sin C \sin B = \sin C \sin b = 2\sin b \sin\tfrac{1}{2}C\cos\tfrac{1}{2}C \quad (\varepsilon)$$

(δ)式ニ(ε)式を加減す

$$\sin C(\sin A + \sin B) = 2\sin\tfrac{1}{2}C\cos\tfrac{1}{2}C(\sin a + \sin b) \quad (\zeta)$$

$$\sin C(\sin A - \sin B) = 2\sin\tfrac{1}{2}C\cos\tfrac{1}{2}C(\sin a - \sin b) \quad (\eta)$$

(γ)式を以て(ζ)式を除す

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

$$\therefore \frac{\sin A + \sin B}{\cos A + \cos B} = \frac{\sin a + \sin b}{\sin(a+b)}\cot\tfrac{1}{2}C$$

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

$$\therefore \tan\tfrac{1}{2}(A+B) = \frac{\cos\frac{1}{2}(a-b)}{\cos\frac{1}{2}(a+b)}\cot\tfrac{1}{2}C$$

$$\cos a = \frac{\cos A+\cos B\cos C}{\sin B\sin C} = \frac{\cos A\times 1+\cos B\cos C}{\sin B\sin C}$$

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

$$\therefore \sin B\sin C\cos a = \cos A\sin^2 B+\cos A\cos^2 B+\cos B\cos C$$

$$= \cos A\sin^2 B+(\cos A\cos B+\cos C)\cos B$$

$$\cos c = \frac{\cos C+\cos A\cos B}{\sin A\sin B}$$

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

or $\sin B\sin C\cos a = \cos A\sin^2 B+\sin A\sin B\cos c\cos B$

$$\sin C\cos a = \cos A\sin B+\sin A\cos B\cos c \quad (\alpha)$$

(α)式のa辺をb辺ニ換ヘA角をB角ニ換得ル

$$\sin C\cos b = \cos B\sin A+\sin B\cos A\cos c \quad (\beta)$$

(γ)式を以て(η)式を除キ

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

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

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

$$\therefore \tan\frac{1}{2}(A-B) = \frac{\sin\frac{1}{2}(a-b)}{\sin\frac{1}{2}(a+b)}\cot\frac{1}{2}C$$

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

の證式如何

(α)式ヿ(β)式を加ふ

$$\sin C(\cos a+\cos b)=\sin(A+B)+\sin(A+B)\cos c$$

$$=\sin(A+B)(1+\cos c)$$

$$=2\sin(A+B)\cos^2\tfrac{1}{2}c \quad (\gamma)$$

$$\sin a\sin C=\sin A\sin c=2\sin A\sin\tfrac{1}{2}c\cos\tfrac{1}{2}c \quad (\delta)$$

$$\sin b\sin C=\sin B\sin c=2\sin B\sin\tfrac{1}{2}c\cos\tfrac{1}{2}c \quad (\varepsilon)$$

(δ)式ヿ(ε)式を加減を

$$\sin C(\sin a+\sin b)=2\sin\tfrac{1}{2}c\cos\tfrac{1}{2}c(\sin A+\sin B) \quad (\zeta)$$

$$\sin C(\sin a-\sin b)=2\sin\tfrac{1}{2}c\cos\tfrac{1}{2}c(\sin A-\sin B) \quad (\eta)$$

(γ)式を以て(ζ)式を除き

$$\frac{\sin C(\sin a+\sin b)}{\sin C(\cos a+\cos b)}=\frac{2\sin\frac{1}{2}c\cos\frac{1}{2}c(\sin A+\sin B)}{2\cos^2\frac{1}{2}c\sin(A+B)}$$

$$\text{or}\quad \frac{\sin a+\sin b}{\cos a+\cos b}=\tan\tfrac{1}{2}c\cdot\frac{\sin A+\sin B}{\sin(A+B)}$$

$$\frac{2\sin\frac{1}{2}(a+b)\cos\frac{1}{2}(a-b)}{2\cos\frac{1}{2}(a+b)\cos\frac{1}{2}(a-b)}=\tan\tfrac{1}{2}c\frac{2\sin\frac{1}{2}(A+B)\cos\frac{1}{2}(A-B)}{2\sin\frac{1}{2}(A+B)\cos\frac{1}{2}(A+B)}$$

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

(γ)式を以て(η)式を除き

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

斜弧三角公式集合

$$\cos A=\frac{\cos a-\cos b\cos c}{\sin b\sin c}\qquad\text{(L)}$$

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

$$\frac{\sin A}{\sin B}=\frac{\sin a}{\sin b}\qquad\text{(N)}$$

$$\left.\begin{array}{l}\operatorname{havers}A=\operatorname{cosec}b\operatorname{cosec}c\sqrt{\operatorname{havers}(a+\overline{b\sim c})\operatorname{havers}(a-\overline{b\sim c})}\\ \sin^2\tfrac{1}{2}A=\operatorname{cosec}b\operatorname{cosec}c\sin\tfrac{1}{2}(a+\overline{b\sim c})\sin\tfrac{1}{2}(a-\overline{b\sim c})\end{array}\right\}\text{(O)}$$

$$\cos^2\tfrac{1}{2}A=\operatorname{cosec}b\operatorname{cosec}c\sin\tfrac{1}{2}(b+c+a)\sin\tfrac{1}{2}(b+c-a)\qquad\text{(P)}$$

$$\operatorname{vers}a=\operatorname{vers}(b\sim c)+\sin b\sin c\operatorname{vers}A\qquad\text{(Q)}$$

$$\cos a=\frac{\cos A+\cos B\cos C}{\sin B\sin C}\qquad\text{(R)}$$

$$\cot A\sin B=\cot a\sin c-\cos B\cos c\qquad\text{(S)}$$

$$\operatorname{havers}a=-\operatorname{cosec}B\operatorname{cosec}C\cos\tfrac{1}{2}(B+C+A)\cos\tfrac{1}{2}(B+C-A)\qquad\text{(T)}$$

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

$$\text{or}\ \frac{2\cos\frac{1}{2}(a+b)\sin\frac{1}{2}(a-b)}{2\cos\frac{1}{2}(a+b)\cos\frac{1}{2}(a-b)}=\tan\tfrac{1}{2}c\,\frac{2\cos\frac{1}{2}(A+B)\sin\frac{1}{2}(A-B)}{2\sin\frac{1}{2}(A+B)\cos\frac{1}{2}(A+B)}$$

$$\therefore\ \tan\tfrac{1}{2}(a-b)=\tan\tfrac{1}{2}c\,\frac{\sin\frac{1}{2}(A-B)}{\sin\frac{1}{2}(A+B)}$$

$$\tan\tfrac{1}{2}(A+B)=\frac{\cos\frac{1}{2}(a-b)}{\cos\frac{1}{2}(a+b)}\cdot\cot\tfrac{1}{2}C$$
$$\tan\tfrac{1}{2}(A-B)=\frac{\sin\frac{1}{2}(a-b)}{\sin\frac{1}{2}(a+b)}\cdot\cot\tfrac{1}{2}C \qquad \text{(U)}$$

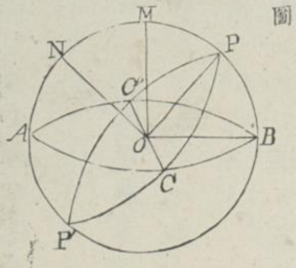
$$\tan\tfrac{1}{2}(a+b)=\frac{\cos\frac{1}{2}(A-B)}{\cos\frac{1}{2}(A+B)}\cdot\tan\tfrac{1}{2}c$$
$$\tan\tfrac{1}{2}(a-b)=\frac{\sin\frac{1}{2}(A-B)}{\sin\frac{1}{2}(A+B)}\cdot\tan\tfrac{1}{2}c. \qquad \text{(V)}$$

弧三角性質

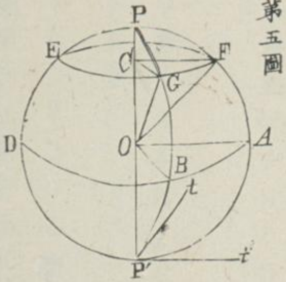
一　球の截面の彊界を圏(シルクル)と云

○第四圖に於て球の中心を通して平面に截断きACBC′是なり

第四圖



第五圖



OをPAPBの球心とせ然る時ハ截面ACBC'ハ圏周なる事明了なり而してACBC'の各點ハ球心Oより同距離なるものなり

○第五圖に於て球心を通しなさずして平面に截断せEGF是なり

球心よりEGFの平面に垂線OPを引きCに於てEGFの面を切る而してC點よりG及F點に迄直線CG OFを引きOG OFを接せ然る時ハOG OFハ共に球の半径なる故相等し又OCF OCGハ直角なり「OCハCG CFの面に垂直なる故な」。

$$CG=\sqrt{OG^2-OC^2}=\sqrt{rad^2-OC^2}$$

$$CF=\sqrt{OF^2-OC^2}=\sqrt{rad^2-OC^2}$$

$$\therefore\ CG=CF$$

同法に依てEGFの線に迄Cより引く諸線ハCG CFに等しき事を證し得故に這般線EGFハ圏にしてCハ其中心なる事明なり

(二) 圏の極「ポール」ハ圏周の各點より同距離なるのなり

○第五圖に於てEGFの圏周に兩點F及Gを設く

P ハ極なり而して CG CF PG 及 PF を挟む然る時ハ PCG 及ひ PCF ハ直角又 CG ハ CF ニ等しく共ニ半径なり

$$PF = \sqrt{PO^2 + rad^2}$$

$$PG = \sqrt{PO^2 + rad^2}$$

$$\therefore PF = PG$$

極より P 及 C 迄の距離 PF PG 相同しきを以て圏周の各點より極迄の距離相等しき事明なり

[三]弧角(スフェリカル アングル)ハ或角をして弧形を像るものにして平面の傾きなり

○第五圖ニ於て P'A P'B を大圏の弧とし P' ニ於て相會す然る時ハ POP' ハ球径なり而して径の一端 P' ニ於て P'BO の面ニ切線 P't を引き他の面 PAO ニ P't を引く然る時ハ tP't の角ハ圏の面の傾きニして PP' ニ直角を為す又 P'B P'A の弧も P' 點ニ於て PP' ニ直角なり故ニ此の P'B P'A の弧ハ P' 點ニ於て切線ニ一致す故ニ弧角 BP'A ハ直線角 tP't ニ同し而して角ハ其平面ニ於て弧形を像り角を為す平面の

傾きなり故ニ弧角BPAハ平面の傾きニ同し夫故
ニBPA及BPAハ共ニ平面の傾きなる故相同し
[四]第五畫ニ於てPを大圏ABDの極とせ然る時ハ
PBハP及大圏ABDの間の大圏の弧なり故ニ象限
なり而してABDニ直角をなせるなり
○Oを球心とし OB OPを接せ然る時ハPハABDの
極POハABDの面ニ垂直せ故ニPOBハ直角PBハ象限
なり復云POハABDの面ニ垂直なる故POを貫ぬく
他の面PBOも又ABDニ垂直せ故ニPBAハ直角なり
[餘論一]PBの弧ハ象限ニして ABDニ垂直なる時P
ハABDの極なり
[同二]PA PBハ象限ニしてPニ於て横切る大圏の
弧なる時PハA及B點を經過せる大圏の極な
り
[同三]PA PBハ大圏の両弧ニして他の大圏ABDニ直
角なる時其両弧ハ必ず極ニ於て會せ一し
[五]第二圏「セコンデリース」ハ他の大圏の極を貫ぬく大
圏なり第五畫BP APハ大圏ABDの第二圏なり
[六]第二圏両弧の中間の弧ハ其極ニ依て保つ弧
角の度量なり

○第五畫に於てAP BPハ大圏ABDの第二圏とも而してAO BOを接も然る時ハAO BOハPOに垂直も又AOB角ハ平面PBO及PAOの傾きなり故にAPBの弧角に等し又ABの弧ハAOB角の度量なる故弧角APBの度量なり

七 両大圏の極の中間なる大圏の弧ハ夫の両圏に依て係る弧角の度量なり而して両圏横切る処の點ハ夫の両圏の極を径過もる大圏の極なり

○第四畫に於て大圏NMPBの両點M及Nをして両大圏ACB PCPの極とも然して夫の面径CCに依て横切も然る時ハC點ハM及Nを過る圏の極又CON及COMハ直角COハ平面MONに垂直も故にCハ圏NMPBの極なりNOP MOBより又直角なり而して弧角PCBに等しきNOM及POBの普通角MOPを取る然る時ハ弧NMハ弧角PCBの変量なり

八 第五畫に於て小圏の弧GFハ第二圏PA PBの中間にあり而して大圏ABDの同し極Pを保つ故に次の如き比例を得る

$$AB : FG :: OA : CF$$

$$\therefore \frac{FG}{AB} = \cos AF$$

上式ハ航海術ニ於て最要用なり

○圏の径OPをしてGEFの面をC點ニ於て切らしむ然る時CハGEFの中心なり而してGEFの面ニCG及CFを接しCPニ垂直ならしむ故ニGCF角ハ平面PA及PBの傾きなり同理ニ於てAOB角も又同し平面の傾きなり故ニGCF角ハAOB角ニ同し又圏の中心ニ於て為を同し角の弧ハ圏の半径と比例を

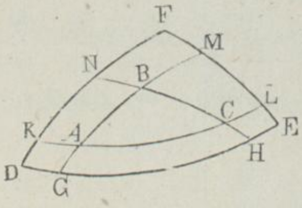
即ち

$$\frac{FG}{AB} = \frac{CF}{OA} = \frac{CF}{FO} = \sin POF$$

$$= \cos FOA \text{ or } \cos AF$$

再餘度三角

〔九〕左圖ニ於テ弧三角ABCノ角點ABCハ三個ノ大圏ノ横切リニ因テ他ノ弧三角FDEヲ像ル圏ノ極ナル時キノ両三角ヲ相互ノ再餘度「ソツプレメント」ト名付ク又リ三角ノ一角及他ノ三角ノ對辺ノ和ハ半圜ニ等シ



〇三角ABCヲ像ル大圏ノ横切ニ因テ他ノ三角FDEヲ像ル大圏ヲGHLMN及KニテF切ラシム

然ル時ハA及CハEF及FDノ極FLK及FKLハ直角ナリ(圖ニ據ル)又FハACノ極(圖餘論三)FL及FKハ象限ナリ(圖ニ據ル)又同理ニ依テEM及EGモ象限ナリ故ニFL及EMノ和即チLM及FEノ和ハ二象限即チ半圜ナリ、

〇AハLMノ極故ニLMハ弧角BACノ度量ナリ又BAC角及他ノ對辺ノ(三角FDEノ辺)FEノ和ハ半圜即チ一百八十度ナリ

CN及BHハ象限(圖ニ據ル)故ニNH及BCノ和ハ半圜ナリ又N及HノハD角ハ直角ナリ故ニNHハD角ノ度量ニシテDハNHノ極ナリ(圖餘論三)故ニD角及Dニ對

する他の三角辺BCの和ハ半圓なり又同理ニ依て他の角辺を證する事を得へし

十 前章ハ弧三角の角辺ABC及abcの成立を證すへく要用なり而して再餘度三角の角及辺ニ於ても保證し得る即ち辺の再餘度を角ニ換へ角の再餘度を辺ニ換へ得ル時ニ確實なる為なり故ニ弧三角の角辺をABC及abcとし再餘度弧三角の角辺をA'B'C'及a'b'c'とし次の式を得る

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

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

$$A'=180^\circ-a \qquad a'=180^\circ-A$$

$$b'=180^\circ-B \qquad c'=180^\circ-C$$

$$\cos(180^\circ-a)=\frac{\cos(180^\circ-A)-\cos(180^\circ-B)\cos(180^\circ-C)}{\sin(180^\circ-B)\sin(180^\circ-C)}$$

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

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

他も准して證すへし

十一 二等辺弧三角に於て底の左右の角は相等し

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

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

$$a=b$$

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

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

$$\therefore \cos A=\cos B$$

$$\text{or } A=B$$

十二 弧三角に於て底の左右の角相同しき時は是に對する辺又相等し

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

$$\cos b=\frac{\cos B+\cos A\cos C}{\sin A\sin C}$$

$$B=A$$

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

$$\cos b=\frac{\cos A+\cos A\cos C}{\sin A\sin C}$$

$$\therefore \cos a=\cos b$$

$$\text{or } a=b.$$

十三 弧三角の三角の和は二直角より大にして六直角より小なるものなり

〔十四〕弧三角の大辺ハ大角ニ對せるものなり

○ABCの三角ニ於てBAC角ハABC角より大ならしむ然る時ハa辺ハb辺より大なり

$A=180°-a'$　$B=180°-b'$

$C=180°-c'$

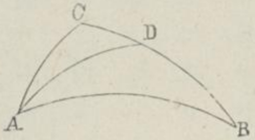
$\therefore A+B+C+a'+b'+c'=6R.A$

$a'+b'+c'<4R.A$

$\therefore A+B+C>2R.A$

or $A+B+C<6R.A$

上面ニ於てB角ニ等しきDAB角を作る然る時ハ



$DAB=B$　$\therefore DA=DB$

$DA+DC=DB+DC=a$

$DA+DC>AC$ or b

$\therefore a>b$

〔十五〕立體角を保つ三個の平面角ニ於て幾何學ニ拠て證を得る條次の如し

一 或一角ハ二直角より小なるものなり

二 或一角ハ他二角の和より小なるものなり

三 三角の和ハ四直角より小なるものなり

○ 弧三角の辺を像る三個の弧ハ立體角を保ツ三個の平面角の度量なり故に前證に因て次の規則を得る

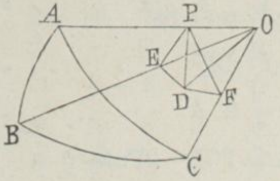
一 或一辺ハ半圓より小なるものなり

二 或一辺ハ他両辺の和より小なるものなり

三 三辺の和ハ大圏の周圍より小なるものなり

正弦式両答證

十六 左畐に於てΔABCハ弧三角にしてOハ球心なり令OA線中にP點を設けBOCの面と垂直にPDを引きDよりOB OCと垂直にDE DFを引きPE PF及ODを接きせバ即ちPDハBOCの面に垂直なる故其面に會せる各直線と直角を為すが故に

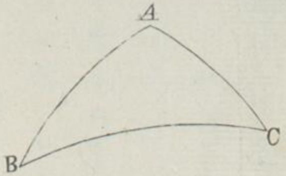


其の畫に於て b c B C の各直角より小なる者とき是ハ右の式を以て證せへし若しB角をして直角より大ならしむれハD點OB OCの中間にあらすしてOBの外部に在り故にPEDハBの再餘度にして其正弦ハBの正弦に等しきを以て自答二數を得る故に題意に拠て參考せへき者とす然是共實地に於て其の疑惑ハ無き叓とせるなり

$$PE^2 = PD^2 + DE^2$$
$$= PO^2 - DO^2 + DE^2$$
$$= PO^2 - OE^2$$
$$\therefore PEO = B.A$$
$$PE = OP \sin POE = OP \sin c$$
$$PD = PE \sin PED = PE \sin B$$
$$= OP \sin c . \sin B$$
$$PF = OP \sin POF = OP \sin b$$
$$PD = PF \sin PFD = PF \sin C$$
$$= OP \sin b \sin C$$
$$\therefore \frac{\sin B}{\sin C} = \frac{\sin b}{\sin c}$$

三辺あり角を求むる法

例 斜弧三角あり其 a 辺一百二十四度一十分零秒 b 辺八十九度零分一十五秒及 c 辺一百零八度四十分零秒なりA B及C角如何



A角を求む式

第一法

$$\text{haversin}\,A=\text{cosec}\,b\,\text{cosec}\,c\sqrt{\text{hav}(a+b\sim c)\,\text{hav}(a-b\sim c)} \qquad (Q)$$

上式の$(a+b\sim c)$をSとし$(a-b\sim c)$をDとし算式を得る

$$\therefore\ \text{hav}\,A=\text{cosec}\,b\,\text{cosec}\,c\sqrt{\text{hav}\,S\ \text{hav}\,D}$$

	89° 0' 15"	log. hav. S	9.955990
	108. 40. 0.	" " D	9.796036
	19. 39. 45.	2)	19.752026
	124. 10. 0.		9.876013
S ..	143. 49. 45.	log. cosec b	0.000066
D ..	104 30. 15.	" " c	0.023468

$$\log \text{hav}\,A = 9.899547$$

$$\therefore\ A = 125°56'71"$$

上式を尹氏表半正矢半對數に依て算定を為さハ容易なり其式次のごとし

B角を求式

第一法

$\text{havers } B = \text{cosec } a \text{ cosec } c \ \tfrac{1}{2}\text{hav. } S \ \tfrac{1}{2}\text{hav. } D$

	124° 10′ 0″	log. cosec a	0.082281
	108. 40. 0.	〃 cosec c	0.023468
	15 30. 0	½ log. hav. S	4.898078
	89 0. 15.	½ log. hav. D	4.776958
S	104. 30. 15.	log. hav. B	9.780725
D	73 30. 15.	∴ B =	107° 57′ 15″

C角を求式

第一法

$\text{havers. } C = \text{cosec } a \text{ cosec } b \ \tfrac{1}{2}\text{hav } S \ \tfrac{1}{2}\text{hav. } D$

	124° 10′ 0″	log cosec a	0.082281
	89. 0. 15.	〃 cosec b	0.000066
	35. 9. 45.	½ log hav. S	4.977995
	108. 40. 0.	½ log. hav. D	4.776958
S	143. 49. 45.	log. hav. C	9.83730[illegible]
D	73. 30. 15.	∴ C =	112° 1′ 47″

$\text{hav. } A = \text{cosec } b. \text{ cosec } c. \ \tfrac{1}{2}\text{hav. } S \ \tfrac{1}{2}\text{hav. } D$

log. cosec b	0.000066
〃 cosec c	0.023468
½ log. hav. S	4.977995
½ log. hav D	4.898018
log. havers A =	9.899547
∴ A =	125° 56′ 41″

第二法

$\sin^2 \tfrac{1}{2}A = \text{cosec } b \text{ cosec } c \ \sin\tfrac{1}{2}(a + b \sim c) \ \sin\tfrac{1}{2}(a - b \sim c)$ (0)

	89° 0′ 15″	log. cosec	0.000066
	108. 40. 0.	〃 cosec	0.023468
	19 39. 45.	〃 sin(½S)	9.977995
	124. 10 0.	〃 sin(½D)	9.898078
	143. 49. 45.		19.899547
	104. 30. 15.	log sin ½A (÷ 2)	9.949774
½S	71. 54. 52.5	∴ ½A =	62° 58′ 21″
½D	52. 15. 7.5		× 2
		A =	125° 56′ 42″

問題

一 a辺四十九度一十分零秒b辺五十八度二十五分零秒c辺五十六度四十二分零秒なりAB及C角如何

二 a辺一百一十九度四十二分二十秒b辺一百零八度四分一十八秒及c辺六十八度五十三分四十二秒なり以て問ふ叓前の如し

三 a辺八十七度一十分一十五秒b辺六十二度三十六分四十五秒及c辺一百度一十分一十五秒なり以て問ふ叓前の如し

四 a辺一十四度二十七分零秒b辺一十七度五十五分零秒及c辺一十三度一十四分二十六秒なり以て問ふ叓前の如し

五 a辺一百二十六度四十四分四十二秒b辺九十八度五十六分二十八秒c辺一百三十二度三十九分八秒なり以て問ふ叓前の如し

六 a辺六十六度一十九分五十四秒b辺九十五度四十分二十五秒及c辺一百一十度二十二分二十四秒なり以て問ふ叓前の如し

七 a辺一百一十三度一十分一十秒b辺九十二

度四十三分四十六秒及c辺七十度一十三分一十秒なり以て問ふ處前の如し

〔八〕a辺四十七度四十五分三十九秒b辺六十九度四十九分一十九秒及c辺八十度一十七分三十六秒なり以て問ふ處前の如し

三角あり辺を求むる法

〔例〕斜弧三角あり其A角六十六度四十九分五十秒B角八十七度一十六分一十四秒及C角一百零九度四十六分五十秒なりab及c辺如何

a辺を求む式

第一法

$$\text{hav.ver}\ a = -\operatorname{cosec}B \operatorname{cosec}C \cos\tfrac{1}{2}(B+C+A), \cos\tfrac{1}{2}(B+C-A) \quad (\mathrm{I})$$

	87° 16′ 14″	$\log \operatorname{cosec}B$ ‥ 0.000493
	109. 46. 50.	〃 $\operatorname{cosec}C$ ‥ 0.026413
	197. 3. 4.	〃 $\cos(\frac{1}{2}S)$ ‥ 9.825022
	66. 49. 50.	〃 $\cos(\frac{1}{2}D)$ ‥ 9.624147
	263. 52. 54.	〃 hav. a ‥ 9.476067
	130. 13. 14.	$a = 66°19′50″$
$\frac{1}{2}S$ ‥	131. 56. 27.	
$\frac{1}{2}D$ ‥	65. 6. 37.	

上式ハ負數式なり又三角の半和の余玄も負數なる故に正數式に變ず

第二法

$$\cos\tfrac{1}{2}a=\sqrt{\frac{\cos(S_1-B)\cos(S_1-C)}{\sin B\sin C}}$$

上式のSハ三角の半和なり

即ち

$2S_1=A+B+C$

$\therefore S_1=\frac{1}{2}(A+B+C)$

66°49'50"	co.log. sin B	0.000493
87.16.14.	co. 〃 sin C	0.026412
109.46.50.	log cos (S_1-B)	9.851970
263.52.54.	〃 cos (S_1-C)	9.966673
S.. (2) 131.56.27.		19.845548
87.16.14.	log cos ½a	9.922774
S−B ·· 44.40.13.	½a = 33°9'55"	
131.56.27.	a = 66.19.50.	
109.46.50.		
S−C ·· 22.9.37.		

餘論 弧三角の三角の和ハ二直角より大なるものなれハ(T)式ハ常ニ正数と定め算式を得へし

b辺を求式

第一法

$$\text{hav}\,b=\text{cosec}A\,\text{cosec}C\cos\tfrac{1}{2}(A+C+B)\cos\tfrac{1}{2}(A+C-B)$$

66°49'50"	log cosec A	0.036521
109.46.50.	〃 cosec C	0.026472
176.36.40.	〃 cos(½S)	9.825012
87.16.14.	〃 cos(½D)	9.857970
263.52.54.	〃 hav b	9.739975
89.20.26.	∴ b = 95°40'25"	
½S.. 131.56.27		
½D.. 44.40.13.		

c辺を求式

第一法

$$\text{hav}\,c=\text{cosec}A\,\text{cosec}B\cos\tfrac{1}{2}(A+B+C)\cos\tfrac{1}{2}(A+B-C)$$

66°49'50"	log cosec A	0.036521
87.16.14.	〃 cosec B	0.000493
154.6.4.	〃 cos ½S	9.825012
109.46.50.	〃 cos ½D	9.966673
263.52.54.	〃 hav c	9.828699
44.19.14.	∴ c = 110°22'21"	
½S.. 131.56.27.		
½D.. 22.9.37.		

問題

[一] A角一百一十三度四十分六秒B角八十四度一十九分三十四秒及C角六十九度三十七分三十六秒なりa b及c辺如何

[二] A角五十三度一十五分一十八秒B角八十一度三分三十二秒及C角四十七度二十分五十二秒なり以て問ふ叓前の如し

[三] A角一百六十五度三十二分四十秒B角一百六十二度四分三十五秒及C角一百六十六度四十五分一十六秒なり以て問ふ叓前の如し

[四] A角五十九度五十分二十二秒B角六十二度三十分四十九秒及C角九十五度零分五十七秒なり以て問ふ叓前の如し

[五] A角一百四十二度一十四分一十一秒B角一百一十度二十六分四十六秒及C角一百一十二度四十七分二十三秒なり以て問ふ叓前の如し

[六] A角九十二度二十六分四十四秒B角一百四十二度三十三分一十三秒及C角八十六度三十二分七秒なり以て問ふ叓前の如し

[七] A角一百六十五度三十三分零秒B角一百六十

二度五分零秒及C角一百六十六度四十五分三十四秒なり以て問ふ叓前の如し

八 A角七十度二十五分二十七秒B角七十二度三十三分三十七秒及C角一百三十四度一十九分零秒なり以て問ふ叓前の如し

相對辺角及一辺あり對角を求むる法

例一 斜弧三角あり其a辺七十度一十分三十秒b辺八十度五分零秒及B角三十三度一十五分零秒ありA角を求むる叓如何

$\sin A : \sin B :: \sin a : \sin b$

$\log \sin B \cdots 9.739013$

$\text{〃} \sin a \cdots 9.973466$

19.712479

$\log \sin b \cdots 9.993462$

$\text{〃} \sin A \cdots 9.719017$

$\therefore A = 31°34'32''$

此の題に於てa辺はb辺より小なる故にA角はB角より小なるべし故にA角は九十度より小なり

例二 斜弧三角あり其b辺一百一十九度四十二分二十秒a辺一百零八度四分一十八秒及A角九十九度二十一分三十秒なりB角を求むる叓如何

$\sin B . \sin A :: \sin b : \sin a$

$\log \sin A \cdots 9.994187$
$\ \sin b \cdots 9.938812$
$ 19.932993$
$\log \sin a \cdots 9.978029$
$\ \sin B \cdots 9.954964$
$B = 64°27'20"$
$180°$
$\therefore B = 115°38'40"$

又の題ニ於てb辺ハa辺より大なる故ニB角ハA角より大なるへし故ニB角ハ九十度より大なり

問題

[一] a辺一十四度二十七分二十秒c辺一十三度一十四分四十四秒及A角五十三度一十五分一十八秒なりC角如何

[二] b辺一百二十六度一十分四十秒c辺五十六度二十三分二十秒及B角一百零六度二十三分四十五秒なり以て問ふ支前の如し

[三] a辺四十度零分一十秒b辺五十度零分一十秒及A角三十四度六分四十二秒なりB角を求むる支如何

[四] a辺八十五度五十九分零秒c辺五十度六分二十秒及A角一百二十九度五十八分三十秒なりC角如何

[五] a辺八十九度一十六分五十三秒b辺五十二

度三十九分四秒及A角七十度三十九分零秒なりB角如何

〔六〕a辺一百度一十九分三十秒b辺一百四十三度一十分二十七秒及A角九十三度二十六分四十四秒なり以て問ふ事前の如し

相對辺角及一角あり對辺を求むる法

〔例〕斜弧三角あり其A角七十九度四十四分三十秒B角三十六度四十九分三十三秒及a辺八十六度三十三分一十六秒なりb辺を求むる事如何

$\sin b : \sin a :: \sin B : \sin A$

log.	Sin a	9.999274
"	Sin B	9.777705
		19.776919
log.	Sin A	9.993002
"	Sin b	9.783917

$\therefore b = 37°26'47'$

右の題に於てB角はA角より小なる故にb辺はa辺より小なるへし故にb辺は九十度より小なり

問題

〔一〕A角三十二度二十分三十秒B角三十一度一十十五分一十五秒及a辺七十八度五十九分一十秒なりb辺如何

〔二〕B角六十三度三十分四十九秒C角九十五度

度零分五十七秒及b辺六十二度一十分二十四秒ありc辺如何

[三] A角一百三十八度一十七分五十秒B角八十一度四十八分二十秒及α辺一百四十五度五十七分三十九秒ありb辺如何

[四] A角一百三十九度五十九分五十秒B角一百二十九度五十九分五十秒及α辺一百四十五度五十三分一十八秒ありb辺如何

二辺狭角あり他の辺を求むる法

[例] 斜弧三角あり其c辺一百一十九度四十二分二十秒b辺一百零八度四分一十八秒及A角七十五度三十一分三十秒ありα辺如何

第一法

$$\text{vers}\,a = \text{vers}(b \sim c) + 2\sin b \sin c\,\text{hav}\,A \qquad (Q)$$

	119°42′20″	
	108. 4. 18	
c−b ..	11. 38. 2.	
constant	...	6.301030
log sin c	...	9.938812
" sin b	...	9.978029
" hav A	...	9.574056
log	...	5.791927
nat.N.	..	619331
nat vers(c−b)	..	20544
nat.vers a	...	639875

$$\therefore a = 68°53'32''$$

問題

〔一〕A角九十六度三十二分零秒 b 辺七十六度四十二分零秒及 c 辺八十九度一十分三十秒なり a 辺如何

〔二〕A角五十度零分零秒 b 辺七十度四十五分一十秒及 c 辺六十二度一十一分十五秒なり以て問ふ支前の如し

〔三〕a 辺一百度八分四十二秒 b 辺九十八度一十分五秒及 C 角八十八度二十四分二十四秒なり c 辺如何

第二法

$$\text{vers}\, a = \text{vers}(b \sim c) + 2 \sin b \sin c \sin^2 \tfrac{1}{2} A$$

	119° 42′ 20″	constant .. 6.301030
	108 4 18	log. sin c . 9.938812
c − b .	11. 38. 2.	〃 sin b .. 9.978029
½A ..	37. 45 45.	〃 sin ½A . 9.787028
		〃 sin ½A .. 9.787028
		log. . 5.791927
		nat. 〃 . 619331
		nat. vers (c − b) . .20544
		nat. vers a .. 639875

$\therefore\ a = 68°53'32''$

第三法

$$\sin \tfrac{1}{2} a = \frac{\sin \tfrac{1}{2} A \sqrt{\sin b \sin c}}{\sin \theta}\ ;\ \tan \theta = \frac{\sin \tfrac{1}{2} A \sqrt{\sin b \sin c}}{\sin \tfrac{1}{2}(b \sim c)}$$

	119° 42′ 20″	log. sin b . 9.978029
	108. 4. 18.	〃 sin c . 9.938812
	11. 38 2	19.916841
½(c − b) ..	5. 49. 1.	2) 9.958421
		log. sin ½A 9.787028
		19.745449 ..... 19.745449
		log. sin ½(c − b) . 9.005826
		〃 tan θ .. 10.739623 . log. sin 9.992914
		〃 sin ½a 9.752535

½a = 34° 26′ 46″

2

∴ a = 68 53 32.

四 b辺一百一十八度二分一十四秒C辺一百二十度一十八分三十三秒及A角二十七度二十二分三十四秒なりa辺如何

五 a辺八十七度一十分一十五秒b辺六十二度三十六分四十五秒及C角一百零二度五十八分三十秒なりC辺如何

六 a辺六十九度一十九分一十秒b辺七十八度五十九分一十四秒及C角一百一十度四十八分四十二秒なり以て問ふこと前の如し

七 a辺三十七度四十五分四十九秒b辺六十九度三十三分一十三秒及C角七十八度四十九分三十六秒なり以て問ふこと前の如し

二辺狭角あり他両角を求むる法

例 斜弧三角あり其a辺一百二十四度一十分零秒b辺八十九度零分一十五秒及C角一百一十二度一分三十秒なりA及B角如何

但両辺の半和九十度より大なる時ハ求むる処の両角の半和を一百八十度より減すへし

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

a	124° 10′ 0″	C	112° 1′ 30″
b	89. 0. 15.	$\frac{1}{2}C$	56. 0. 45.
$a+b$	213. 10. 15.	$\frac{1}{2}(a+b)$	106. 35. 7.
$a-b$	35. 9. 45.	$\frac{1}{2}(a-b)$	17. 34. 52.

$\log.\cot\frac{1}{2}C$	9.828783		9.828783
〃 $\mathrm{cosec}\frac{1}{2}(a+b)$	0.018455	$\log.\sec\frac{1}{2}(a+b)$	0.544478
〃 $\sin\frac{1}{2}(a-b)$	0.480087	〃 $\cos\frac{1}{2}(a-b)$	9.979215
〃 $\tan\frac{1}{2}(A-B)$	9.327325	〃 $\tan\frac{1}{2}(A+B)$	10.352476

$\therefore \frac{1}{2}(A-B)=11°59'45''$　　　66° 2′ 58″

180.

$\therefore \frac{1}{2}(A+B)=113.\ 57.\ 2.$

$\frac{1}{2}(A-B)=\ 11.\ 59.\ 45.$

$\therefore A=125.\ 56.\ 47.$

$B=101.\ 57.\ 17.$

問題

〔一〕b辺八十九度零分一十五秒c辺一百零八度四十分零秒及A角一百二十五度五十六分四十五秒なりB及C角如何

〔二〕a辺三十七度四十五分四十九秒b辺六十九度三十三分一十三秒及C角七十八度四十九分三十六秒なりA及B角如何

〔三〕b辺一百三十八度四十九分三十四秒c辺七十三度五十三分四十四秒及A角一百五十三度一十三分一十三秒なりB及C角如何

四 b辺六十二度一十分二十四秒C辺七十九度四十九分四十八秒及A角五十九度五十分二十二秒あり以て問ふ事前の如し

五 a辺一百二十六度四十四分四十六秒b辺九十八度五十六分一十九秒及C角一百六十六度四十五分一十六秒ありA及B角如何

二角挟辺あり他両辺を求むる法

例 斜弧三角あり其A角一百一十三度三十三分三十秒B角五十一度三十分二十秒及C辺六十度一十八分四秒ありa及b辺如何

但前例と同理に依て両辺の半和を得へし

$$\left.\begin{aligned} \tan\tfrac{1}{2}(a+b) &= \frac{\cos\frac{1}{2}(A-B)}{\cos\frac{1}{2}(A+B)}\tan\tfrac{1}{2}C \\ \tan\tfrac{1}{2}(a-b) &= \frac{\sin\frac{1}{2}(A-B)}{\sin\frac{1}{2}(A+B)}\tan\tfrac{1}{2}C \end{aligned}\right\} \quad (V)$$

A	$113°33'30''$	C	$60°18'4$
B	$51.30.20.$	$\frac{1}{2}C$	$30.9\ 2.$
$A+B$	$165.3.50.$	$\frac{1}{2}(A+B)$	$82.31.55.$
$A-B$	$62.3.10.$	$\frac{1}{2}(A-B)$	$31.1.35.$

$\log\tan\frac{1}{2}C$	9.764070		9.764070
" $\mathrm{cosec}\frac{1}{2}(A+B)$	0.003700	$\log\sec\frac{1}{2}(A+B)$	0.886146
" $\sin\frac{1}{2}(A+B)$	9.722173	" $\cos\frac{1}{2}(A-B)$	9.932946
" $\tan\frac{1}{2}(a-b)$	9.479943	" $\tan\frac{1}{2}(a+b)$	10.583162

$\frac{1}{2}(a-b)=16°48'7''$

$\therefore\ \frac{1}{2}(a+b)=75°21'57''$

$\frac{1}{2}(a-b)=16.48.7.$

$\therefore\ a=92.10.4$

$b=58.33.50.$

問題

〔一〕B角四十一度一十分二十六秒C角一百零六度六分一十六秒及a辺二十六度四十六分四十七秒なればb及c辺如何

〔二〕B角八十一度三分三十二秒A角五十三度一十五分一十八秒及c辺一十三度一十四分二十六秒なりa及b辺如何

〔三〕B角四十一度一十分二十六秒C角一百零六度六分一十六秒及a辺二十六度四十六分四十七秒なりb及c辺如何

〔四〕B角一百一十七度四十九分三十六秒C角一[illegible]度一十分一十二秒及a辺一百二十度九分三十八秒なり以て問ふ前の如し

〔五〕A角一百四十二度一十四分一十一秒B角一百一十度二十六分四十六秒及c辺一百零一度一十分二十四秒なりa及b辺如何

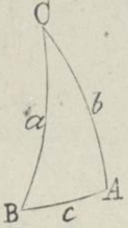
直角弧三角術

直角弧三角術ハ通例斜弧三角術公式LNRSに於てA角を九十度と定め公式を得る然れ共

尚實算ニ於て知覺し易き為め納白爾(ナピール)氏規則ニ依て容易く自得し得る其法左の如し

直角を除き他二角の餘度弦(一名大辺)の餘度及他二辺の五項ニ於て其一項を中央部と定む而して中央部の左右両項を彊界部とし殘り両項を對合部とす

○左圖ACBの直角弧三角ニ於てA角ハ直角なり然る時ハ両角BCの餘度弦a辺の餘度及他二辺bcの五項ニ於てa辺の餘度を中央部と定む然る時ハB及C角の餘度ハ彊界部ニして他二辺b及cハ對合部なり若しc辺を中央部と定むる時ハB角の餘度及b辺ハ彊界部ニしてa辺の餘度及C角の餘度ハ對合部なり



○納白爾氏規則ニ依て直角弧三角の或二項を知て他一項を求むる式次の如し

規則一 中央部の正弦ハ彊界部の正切の積ニ等し

規則二 中央部の正弦ハ對合部の餘弦の積ニ等

即ち

(1) Sin. of middle part = product of tan. of adjacent parts

(II) Sin of middle part = product of cos. of opposite parts

なり

強の餘度 $(90°-a)$ を中央部と定む然る時ハB及Cの餘角 $(90°-B)$・$(90°-C)$ ハ彊界部る及c辺ハ對合部なり

$$(1)\ \cos a = \cos b \cos c = \cot B \cot C$$

如何の議式

$$(1)\ \sin(90°-a) = \cos b \cos c$$

$$\therefore\ \cos a = \cos b \cos c$$

$$(2)\ \sin(90°-a) = \tan(90°-B)\tan(90°-C)$$

$$\therefore\ \cos a = \cot B \cot C$$

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

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

$$A = 90° \quad \therefore \cos A = 0$$

$$\therefore\ \cos a = \cos b \cos c$$

$$\cos a = \cot B \cot C$$

Cの餘角(90°−C)を中央部と定む然る時ハaの餘度(90°−a)及b辺ハ彊界部Bの餘角(90°−B)及C辺ハ對合部なり

(2) $\cos C = \sin B \cos c = \cot a \tan b$

の證式如何

(1) $\sin(90^\circ - C) = \tan(90^\circ - a)\tan b$

$\therefore \cos C = \cot a \tan b$

(2) $\sin(90^\circ - C) = \cos(90^\circ - B)\cos c$

$\therefore \cos C = \sin B \cos c$

$$\cos c = \frac{\cos C + \cos A \cos B}{\sin A \sin B} \quad (R)$$

$$\cot A \sin C = \cot a \sin b - \cos C \cos b \quad (S)$$

$A = 90^\circ \quad \therefore \cos A = 0$

$\sin A = 1 \quad \cot A = 0$

$\therefore \cos C = \cot a \tan b$

$\cos C = \sin B \cos c$

b辺を中央部と定む然る時ハCの餘角(90°−C)及c辺ハ彊界部aの餘度(90°−a)及Bの餘角(90°−B)ハ對合部なり

(3) $\sin b = \cot C \tan c = \sin B \sin a$

の證式如何

(1) $\sin b = \tan(90^\circ - C)\tan c$

$\therefore \sin b = \cot C \tan c$

(2) $\sin b = \cos(90^\circ - a)\cos(90^\circ - B)$

$\therefore \sin b = \sin a \sin B$

$$\frac{\sin A}{\sin B} = \frac{\sin a}{\sin b} \quad (N)$$

$$\cot C \sin A = \cot c \sin b - \cos A \cos b \quad (S)$$

$A = 90^\circ \quad \therefore \sin A = 1, \ \cos A = 0$

$\therefore \sin b = \sin a \sin B$

$\sin b = \cot C \tan c$

$$(4)\quad \sin c = \cot B \tan b = \sin C \sin a$$

Ｃ辺を中央部と定む然る時ハＢの餘角(90°−B)及ｂ辺ハ彊界部Ｃの餘角及ａの餘度ハ對合部なり

如何の證式

$$(1)\quad \sin c = \tan(90^\circ - B)\tan b$$

$$\therefore\ \sin c = \cot B \tan b$$

$$(2)\quad \sin c = \cos(90^\circ - C)\cos(90 - a)$$

$$\therefore\ \sin c = \sin C \sin a$$

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin C}{\sin c} \quad \ldots \quad (N)$$

$$\cot B \sin A = \cot b \sin c - \cos A \cos c \quad (S)$$

$$A = 90^\circ \quad \therefore \begin{cases} \sin A = 1 \\ \cos A = 0 \end{cases}$$

$$\therefore\ \sin c = \sin a \sin C$$

$$\sin c = \cot B \tan b$$

$$(5)\quad \cos B = \sin C \cos b = \tan c \cot a$$

Ｂの餘角(90°−B)を中央部とも然る時ハａの餘度(90°−c)及ｃ辺ハ彊界部Ｃの餘角及ｂ辺ハ對合部なり

如何の證式

$$(1)\quad \sin(90^\circ - B) = \tan(90^\circ - a)\tan c$$

$$\therefore\ \cos B = \cot a \tan c$$

$$(2)\quad \sin(90^\circ - B) = \cos(90^\circ - C)\cos b$$

$$\therefore\ \cos B = \sin C \cos b$$

$$\cos b = \frac{\cos B + \cos A \cos C}{\sin A \sin C} \quad (R)$$

$$\cot A \sin B = \cot a \sin c - \cos B \cos c \quad (S)$$

$$A = 90^\circ \quad \therefore \begin{cases} \sin A = 1 \\ \cos A = 0 \\ \cot A = 0 \end{cases}$$

$$\therefore\ \cos B = \sin C \cos b$$

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

直角弧三角術公式集合

(1) $\cos a = \cos b \cos c = \cot B \cot C$

(2) $\cos C = \sin B \cos c = \cot a \tan b$

(3) $\sin b = \cot C \tan c = \sin B \sin a$

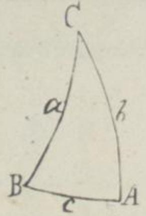
(4) $\sin c = \cot B \tan b = \sin C \sin a$

(5) $\cos B = \sin C \cos b = \tan c \cot a$

象辺弧三角術

象辺弧三角術ハ前章直角弧三角術の規則ニ因テ公式を得而シテ或一辺九十度ニシテ其左右両角及他三項の餘度を以テ算式を得るなり

○左図ABCの象辺弧三角ニ於テa辺ハ九十度ならしむ而シテ両角B C及他両辺b c及一角Aの餘度の五項ニ於テ其両項を知つて他一項を求む



○象辺弧三角術ニ於テ後節の両項ハ両角或ハ

ハ両辺なる時負数式を得る

A角の餘度$(90°-A)$を中央部と定む然る時ハC及b辺の餘度$(90°-C)$, $(90°-b)$,ハ彊界部B及C角ハ對合部なり

(1) $\cos A = -\cos B \cos C = -\cot b \cot c$

の證式如何

(1) $\sin(90°-A) = \tan(90°-b) \tan(90°-C)$

$\therefore \cos A = -\cot b \cot c$

(2) $\sin(90°-A) = -\cos B \cos C$

$\therefore \cos A = -\cos B \cos C$

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c} \quad \text{(L)}$$

$$\cos a = \frac{\cos A + \cos B \cos C}{\sin B \sin C} \quad \text{(R)}$$

$a = 90° \therefore \cos a = 0$

$\therefore \cos A = -\cot b \cot c$

$\cos A = -\cos B \cos C$

b辺の餘度$(90°-b)$を中央部と定む然る時ハA角の餘度$(90°-A)$及C角ハ彊界部C辺の餘度$(90°-C)$及B角ハ對合部なり

(2) $\cos b = \sin c \cos B = -\cot A \tan C$

の證式如何

(1) $\sin(90°-b) = -\tan(90°-A) \tan C$

$\therefore \cos b = -\cot A \tan C$

(2) $\sin(90°-b) = \cos(90°-c) \cos B$

$\therefore \cos b = \sin c \cos B$

$$\cos B = \frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c} \quad \text{(L)}$$

$$\cot A \sin C = \cot a \sin b - \cos C \cos b \quad \text{(S)}$$

$a = 90° \quad \therefore \begin{cases} \cos a = 0 \\ \sin a = 1 \\ \cot a = 0 \end{cases}$

$\therefore \cos b = -\cot A \tan C$

$\cos b = \sin c \cos B$

$(3)\ \cos c = \sin b \cos C = -\cot A \tan B$

の證式如何

Cの餘度（$90°-C$）を中央部と定む然る時ハAの餘角（$90°-A$）及B角ハ彊界部C角及bの餘度（$90°-b$）ハ對合部なり

$(1)\ \sin(90-c) = -\tan(90°-A)\tan B$

$\therefore\ \cos c = -\cot A \tan B$

$(2)\ \sin(90°-c) = \cos C \cos(90°-b)$

$\therefore\ \cos c = \cos C \sin b$

$$\cos C = \frac{\cos c - \cos a \cos b}{\sin a \sin b} \qquad (L.)$$

$$\cot A \sin B = \cot a \sin c - \cos B \cos C \qquad (S)$$

$$a = 90° \quad \therefore \begin{cases} \sin a = 1 \\ \cos a = 0 \\ \cot a = 0 \end{cases}$$

$\therefore\ \cos c = \sin b \cos C$

$\cos c = -\cot A \tan B$

$(4)\ \sin B = \sin A \sin b = \cot c \tan C$

の證式如何

B角を中央部と定む然る時ハcの餘度（$90°-C$）及C角ハ彊界部Aの餘角（$90°-A$）及bの餘度（$90°-b$）ハ對合部なり

$(1)\ \sin B = \tan C \tan(90°-c)$

$\therefore\ \sin B = \tan C \cot c$

$(2)\ \sin B = \cos(90°-A)\cos(90°-b)$

$\therefore\ \sin B = \sin A . \sin b$

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} \qquad (N)$$

$$\cot C \sin B = \cot c \sin a - \cos B \cos a \qquad (S)$$

$$a = 90° \quad \therefore \begin{cases} \sin a = 1 \\ \cos a = 0 \end{cases}$$

$\therefore\ \sin B = \sin A \sin b$

$\sin B = \cot c \tan C$

C角を中央部と定む然る時ハbの餘度($90°-b$)及B角ハ彊界部Aの餘角($90°-A$)及Cの餘度($90°-c$)ハ對合部なり

(5) $\sin C = \sin A \sin c = \cot b \tan B$

の證式如何

(1) $\sin C = \tan(90°-b)\tan B$

$\therefore \sin C = \cot b \tan B$

(2) $\sin C = \cos(90°-A)\cos(90°-c)$

$\therefore \sin C = \sin A \sin c$

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin C}{\sin c} \quad (N)$$

$$\cot B \sin C = \cot b \sin a - \cos C \cos a \quad (S)$$

$$a = 90° \quad \therefore \begin{cases} \sin a = 1 \\ \cos a = 0 \end{cases}$$

$$\therefore \sin C = \sin A \sin c$$

$$\sin C = \cot b \tan B$$

象限弧三角術公式集合

(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) $\sin C = \sin A \sin c = \cot b \tan B$

○直角弧三角術及象辺弧三角術の公式を求むる法ハ前章の如く斜弧三角術公式及納白爾氏規則ニ因て得然セ共尚學者をして容易く記臆せしむる為め納白爾氏規則畧式ニ因て委因そる吏を得る

即ち

(1) $\sin.\ mid = \tan.\ ad.$

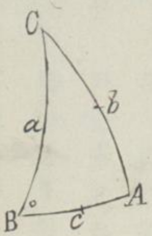
(2) $\sin.\ mid = \cos.\ op.$

此の略式ニ於てミ及a又ハミ及oなら文字の各二個一集ニ得せしを記臆せしむるなり

例 直角弧三角あり其b辺七十四度一十九分三十秒C辺三十八度五十六分零秒及A角九十度なり他の辺角如何

左圖ニ於てC辺を中央部とも然る時ハBの餘角及b辺ハ彊界部なり故ニ

B角を求む式



$\sin C = \tan(90° - B) \tan b$

$\therefore \cot B = \sin c \cot b$

$c \cdot 38°56'0''$ · log. sin ·19.793247

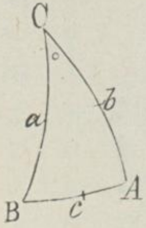
$b \cdot 74.19.30$ · · 〃 cot · ·9.448113

〃 cot B · ·9.246360

$\therefore B = 79°59'57''$

C角を求式

左圖ニ於てb辺ハ中央部ニしてCの餘角及C辺ハ彊界部なり故ニ



$$\sin b=\tan(90^\circ-c)\tan C$$

$$\therefore\ \cot C=\sin b\cot c$$

$$\log\cot C-10=\log\sin b-10+\log\cot c-10$$

$$\therefore\ \log\cot C=\log\sin b+\log\cot c-10$$

$\log\sin b\ \cdots\ 9.983540$

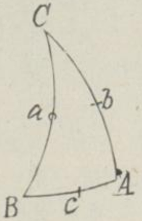
$\text{,,}\ \cot c-10\ \cdots\ 0.092664$

$\text{,,}\ \cot C\ \cdots\ 0.076204$

$\therefore\ C=39^\circ 59' 56''$

a辺を求式

左圖ニ於てaの餘度ハ中央部ニしてb及C辺ハ對合部なり



$$\sin(90^\circ-a)=\cos b\cos c$$

$$\therefore\ \cos a=\cos b\cos c$$

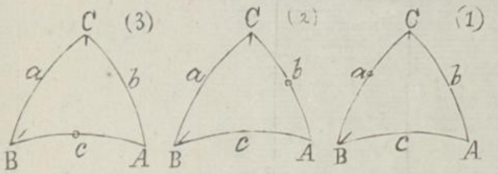
$\log\cos b\ \cdots\ 9.431834$

$\text{,,}\ \cos c\ \cdots\ 9.890917$

$\text{,,}\ \cos a\ \cdots\ 9.322565$

$\therefore\ a=77^\circ 52' 5''$

例二 直角弧三角あり共B角七十八度一十分C角一百三十一度三十二分四十五秒及A角九十度あり他の辺角如何



式求を辺c	式求を辺b	式求を辺a
$\cos C = \sin B \cos c$;	$\cos B = \cos b \sin C$;	$\cos a = \cot B \cot C$
$\log \cos C + 10 \cdots 19.821659$	$\log \cos B + 10 \cdots 19.317893$	$\log \cot B \cdots 9.821222$
$\text{,,} \sin B \cdots 9.490671$	$\text{,,} \sin C \cdots 9.874178$	$\text{,,} \cot C \cdots 9.447508$
$\text{,,} \cos c \cdots 9.830986$	$\text{,,} \cos b \cdots 9.437745$	$\text{,,} \cos a \cdots 9.268730$
$47°20'31''$	$\therefore b = 74°5'52''$	$79°18'0''$
$180°$		$180°$
$\therefore c = 132°39'29''$		$\therefore a = 100°42'0''$

問題

[一] B角七十二度一十九分零秒b辺五十度五十分零秒及A角九十度なり他の辺角如何

[二] b辺六十度一十分零秒C辺一百度零分零秒及A角九十度なり以て問ふ支前の如し

[三] B角一百度零分零秒C角八十七度一十分零秒及A角九十度なり以て問ふ支前の如し

[四] C辺四十六度一十八分二十三秒B角二十四度二十七分三十秒及A角九十度なり以く問ふ支前の如し

五 c辺一百一十八度二十一分四秒A角二十三度四十分一十二秒及B角九十度なり以て問ふ支前の如し

六 a辺一百度四十二分零秒B角七十八度一十分零秒及A角九十度なり以て問ふ支前の如し

七 c辺五十三度一十四分二十秒A角九十一度二十五分五十八秒及B角九十度なり以て問ふ支前の如し

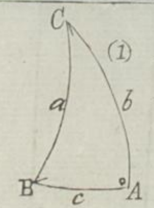
八 B角六十度三十二分一十五秒a辺九十四度五十七分二十秒及A角九十度なり以て問ふ支前の如し

九 a辺七十七度五十二分一十秒b辺七十四度一十九分三十秒及A角九十度なり以て問ふ支前の如し

十 a辺六十七度一十七分一十四秒C角四十三度一十九分一十二秒及A角九十度なり以て問ふ支前の如し

例 象辺弧三角あり其B角八十度一十分零秒C角四十八度五十分零秒及a辺九十度なり他の辺

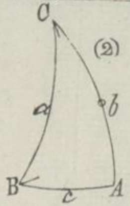
角如何



A角を求式

$$\overset{-}{\cos}A = -\overset{+}{\cos}B\,\overset{+}{\cos}C,$$

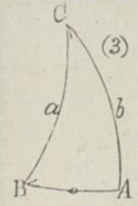
l cos B	9.232444
〃 cos C	9.818392
〃 cos A	9.050836
	83°32′43″
	180°
A =	90°27′17″



b辺を求式

$$\overset{+}{\sin}C = \overset{+}{\tan}B\,\overset{+}{\cot}b.$$

l sin C+10	19.876678
〃 tan B	10.901128
〃 cot b	9.111550
b =	82°33′58″



c辺を求式

$$\overset{+}{\sin}B = \overset{+}{\tan}C\,\overset{+}{\cot}c,$$

l sin B+10	19.993572
〃 tan C	10.058287
〃 cot c	9.935285
c =	49°14′44″

問題

一 A角一百度零分零秒c辺五十度一十分零秒及a辺九十度あり他の辺角如何

二 B角四十五度零分零秒c辺七十二度零分零秒及a辺九十度あり以て問ふ㕝前の如し

三 a辺一百度零分零秒c辺八十二度一十分三十秒及b辺九十度あり以て問ふ㕝前の如し

四 B角八十度一十分零秒C角五十度二分零秒及a辺九十度あり以て問ふ㕝前の如し

五 A角七十二度四十九分四十五秒b辺四十七

度四十四分三十秒及a辺九十度あり以て問ふ
事前の如し
六 c辺四十九度二十三分四十五秒b辺七十六
度四十一分零秒及a辺九十度あり以て問ふ事
前の如し
七 a辺六十度一十分一十五秒b辺八十度二十
分三十秒及c辺九十度あり以て問ふ事前の如し
八 B角七十四度三十六分三十秒c辺五十度一
十分零秒及a辺九十度あり以て問ふ事前の如し
九 A角九十六度一十七分五十二秒b辺八十二
度二十六分零秒及a辺九十度あり以て問ふ
事前の如し
十 c辺三十二度五十七分六秒b辺六十六度三
十二分零秒及a辺九十度あり以て問ふ事前の
如し

雜題

一 a辺一百二十度五十四分零秒b辺一百零五
度六分零秒及c辺一百零八度四十一分三十秒
ありA B及C角如何
二 A角六十度一十七分四十五秒B角七十一度

五十五分四十五秒及C角一百一十一度六分一十五秒なりa b及c辺如何

三 a辺八十一度一十分零秒A角八十一度二十四分零秒及b辺六十二度三十六分四十五秒なり他の辺角如何

四 a辺八十七度一十分一十五秒c辺一百度一十分一十五秒及B角六十一度三十一分一十五秒なり以て問ふ㕝前の如し

五 a辺四十九度一十分零秒b辺五十八度二十五分零秒及C角七十一度一十八分三十秒なり以て問ふ㕝前の如し

六 A角五十九度二分零秒B角七十四度五十四分零秒及c辺五十六分四十二分零秒なり以て問ふ㕝前の如し

七 A角一百一十五度二十八分四十五秒C角七十五度三十一分三十秒及b辺一百零八度四分一十五秒なり以て問ふ㕝前の如し

八 a辺一百一十度零分零秒c辺七十九度一十七分一十四秒及b辺五十八度零分零秒なりA B及C角如何

九　B角八十七度一十六分一十二秒C角一百零九度四十六分五十四秒及C辺一百一十度二十二分二十四秒なり他の辺角如何

十　A角一百六十五度三十二分四十秒B角一百六十二度四分三十五秒C辺一百三十二度三十九分九秒なり以て問ふ叓前の如し

十一　a辺六十三度五十六分七秒C辺四十度零分零秒及A角九十度なり他の辺角如何

十二　b辺五十二度一十三分零秒C辺四十二度一十七分零秒及A角九十度なり以て問ふ叓前の如し

十三　a辺三十六度四十八分三十六秒B角七十八度三十六分四十一秒及A角九十度なり以て問ふ叓前の如し

十四　a辺二十度一十八分九秒B角一百二十度三十分二十六秒及A角九十度なり以て問ふ叓前の如し

十五　b辺一百四十一度五十分五十四秒C辺一百四十九度五十九分五十秒及B角九十度なり以て問ふ叓前の如し

〔十六〕ｂ辺七十七度二十分四十三秒ａ辺六十二度二十三分一十六秒及B角九十度なり以て問ふ其前の如し

〔十七〕A角一百度五分四十三秒c辺八十二度一十分二十秒及ｂ辺九十度なり以て問ふ其前の如し

〔十八〕ｂ辺七十六度三十三分一十秒c辺一百零三度一十八分三十秒及A角九十度なり以て問ふ其前の如し

〔十九〕ｂ辺一百五十三度五十八分四十九秒c辺一百四十九度五十九分五十秒及A角九十度なり以て問ふ其前の如し

〔廿〕ａ辺七十一度三十六分四十九秒ｂ辺一十七度四十九分三十六秒及A角九十度なり以て問ふ其前の如し

測角便蒙巻之四終

測角便蒙巻之五

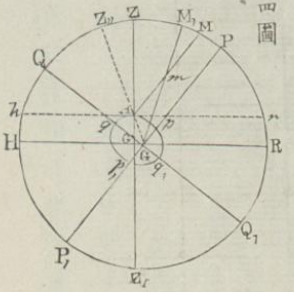
淺田世良編

夫弧三角術ハ通例星學ニ於て必要なるものなり而して尚他の學文にも備へ置故に前篇に溶解せし式をして實地に適當せしめ學者をして熟知せしむるなり

星學論

天象ハ無窮の蒼天に位すへく想像するものな

り第四圖に於て $QZPQ_1P_1$ を大球の裡面とし m を天象とし qPq_1p_1 を地球とし C を地球の中心とせ而して Cm を接し展へて M に達せしむ然る時は M_1 は天象 m の真位「ツリウプレース」といふ



第四圖

A を地球の表面に於て見る人の居る所とせ而して Am を接し展へて M に達せしむ然る時は M は天象 m の視位「アツパレントプレース」といふ

蒼天は地球の運動に因て旋轉をへく見ゆるものなり其軸を天軸といふ PP_1 これなり其 P を北極 P_1 を南極といふ

両極を距る度各九十度の処に在る大圏を天の赤道「イクアートル」といふ QQ_1 これなり

人地上 A に在る処の水平面 hr を視地平「ワイシブル ホライゾン」といふまた視地平に平行し地球の中心を貫ぬく面 HR を真地平「ラショナル ホライゾン」といふ其 A 地より直立する頂上を A 地の頂點「ゼニツ」といふ Z これなり其反蹠の所を蹠點「ナジル」といふ ZZ_1 是なり

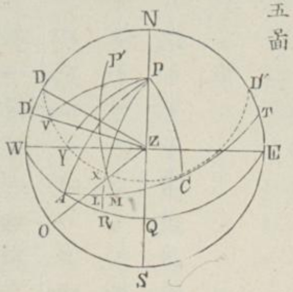
第五圖ニ於てNWSEを地平としZを天頂としPを極とすそのNSEWハ北南東西なり

NZSハ天頂及極を過る処の高度の圏「シルクル、オフ、アルチユード」といふ天上の子午線なりZD ZOも高度の圏またWZEハ高度の圏ニ於て第一の高まり正東西線「プライムバルチカル」と云

地平および赤道ハ子午線ニ垂直なるものなり大故ニEQWハ赤道NPハ極高度即ち緯度PZハ餘緯度なり

極高度ハ地上の緯度ニ同しきことを畄上ニ顕マさ支左の如し

第五圖



$$NP = 90° - PZ = 90° - colat.$$
$$= 90° - (90° - lat.)$$
$$= latitude$$

太陽ハ地球の運動ニ據て一年間ニ恒星中を一周そへく見ゆるものなりその圏を黄道「イクリプチック」と云ACTなり而して其の圏赤道ニ傾く支九

二十三度二十八分許なり亦是を黄赤交角と云MARの角亦是なり此の両圏横切る処の両會點を白羊宮の初度（春分點）及天秤宮の初度（秋分點）と云

天の極を通して赤道に引さる大圏を赤緯の圏「シルクル、オフ、デキリ子ーシヨン」と云PR PA亦是なりまた黄道の極を通して引さる大圏を緯度の圏「シルクル、オフ、ラチチュード」と云故にP'を黄道の極と定むる時ハP'Mハ緯度の圏なり

天象の赤緯「デキリ子ーシヨン」ハ其天象の位置より赤道に正交する會點迄の赤緯の圏の弧なり又赤経ハ春分點より赤道の弧を計へて赤緯の圏の會點迄の弧なり故にXを天象と定むる時ハPXRハ赤緯の圏にしてXRの弧ハ赤緯なりまたAPRの角即ちARの弧ハ赤経なり

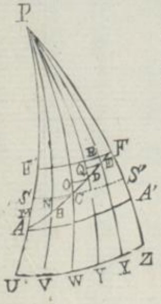
天象の位置を通して黄道の會點に至る緯圏の弧を黄緯といふまた春分點より黄道の弧を計へ緯圏の會點迄の弧を黄経といふ故にXの黄緯ハXM黄経ハAMなり

天象の高度ハ其天象の位置より地平線迄の高度の圏の弧なり故にXOハXの高度なり

天象の方位角「アシミツト」ハ子午線高度圏相會して作る処の地平の弧なり故ニSO NO即ちOZS OZNハXの方位角なり其天象D或ハD'ニ在る時の方位角を出没方位「アンプリチウド」といふ

天象の時角「オール、ヱングル」ハ赤緯の圏及子午線圏の間の極角なり故ニZPXハ天象Xニ在る時の時角なり而して大陽子午線の西Lニ在る時時角ZPLハ真時「アツパレント、タイム」といふ若し子午線の東Cニ在る時ハ二十四時より時角ZPCを減し真時を得るなり

第六圖A及Fを地球上の両地としPU PZハ両地の子午線Pハ極UZハ赤道の弧なり而してAよりFニ弧線AFを引き其中間の子午線PV PW等を切断し同し角MAB NBC OCD QDE BEFを作るニの角をAよりFニ至る針路角「クウルス」といふAFを海上里法ニて両地の距離「ジスタンス」又航程といふ而して緯線AA' FF'を引く然る時ハAUの弧ハAの



第六圖

緯度FZハFの緯度なり故にAF'の弧ハ緯度の真差「ジフヒレンシ、ラチチユド」又變緯といふAPFの角即ちUZの弧ハ經度の差「ジフヒレンシ、ロンジチユド」といふ

ABM BCN CDO等ハ皆最小なる三角なる故に平面直角三角とし其辺AB BC CD等の和ハ航程AM BN CO等の和ハ變緯MB NC OD等の和ハ東西距離なり

經度ハ極に近付に從ひ狹小なるものなれハ其東西の距離ハFF'より長くAA'よりハ短し故に航程の遠近或ハ緯度の高低に依て中分緯度法又ハ漸長緯度法を以て針路航程を算する事を得

尚航海書に就て熟知すへし

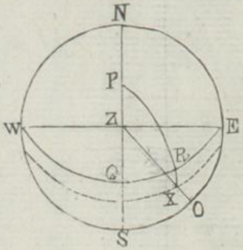
實測雜題

例一 北緯三十度四十五分の地にて大陽の高度一十四度四十五分を子午線の東にて測り得たり而して海暦に因て測時の赤緯南一十六度一十分を得たり然る時ハ大陽の方位角及時角如何

答

方位角 北より百一十九度二十六分五十八秒東

時角 四時五分一秒



上圖に於て NWSE は地平 Z は天頂 NZS は子午線 P は極なり然る時は NP は極高度即ち緯度 PZ は餘緯度なりまた PQ を九十度とせ故に WQE は赤道なり

X を測時の太陽の位置とも而して X を通して高度の圏 ZO を引く故に XO は高度また PX は赤緯の圏なり然る時は PZX の弧三角に於て PX は極距 (90°+ *declination*) ZX は天頂距 (90°— *altitude*) PZ は餘緯度 (90°— *latitude*) にしてその三項は已知數なり以て方位角 PZX 及ひ時角 ZPX を求むるなり

㊀ PZX を求式

$$\text{haversin. } A = \text{cosec. } b \ \text{cosec } c \ \tfrac{1}{2}\text{hav.}(a+\overline{b\sim c}) \ \tfrac{1}{2}\text{hav.}(a-\overline{b\sim c})$$

$$\text{or haversin. PZX} = \text{cosec. PZ. cosec. ZX. } \tfrac{1}{2}\text{hav.}(\text{PX}+\overline{\text{ZX}\ \text{PZ}}) \ \tfrac{1}{2}\text{hav.}(\text{PX}-\overline{\text{ZX}-\text{PZ}})$$

ZX = 75°15′ . . log. cosec. . . 10.074553
PZ = 59°15′ . . . " cosec. . 10.065801
16. 0.
PX = 106. 10.
122. 10. . log. ½ hav. . . 4.942165
90. 10. . . . " ½ hav. . . 4.850116
log haversin. PZX . . 9.872639
∴ PZX = 119°26′58″
or azimuth = N 119°26′58″ E

七

(二) ZPXを求式

$$hav\,ZPX = cosec\,PZ\,cosec\,PX\,\tfrac{1}{2}hav(ZX+\overline{PX-PZ})\,\tfrac{1}{2}hav(ZX-\overline{PX-PZ})$$

$PX = 106°10' \cdots log\,cosec \cdots 10.077523$

$PZ = 59.15 \cdots \therefore cosec \cdots 10.065801$

46.55

$ZX = 75.15$

$122.10 \cdots log\,\tfrac{1}{2}hav \cdots 4.942169$

$28.20 \cdots \therefore \tfrac{1}{2}hav \cdots 4.388711$

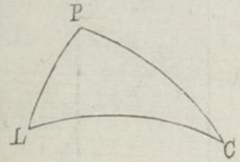
$log\,haversine\,ZPX \cdots 9.414204$

$\therefore ZPX = 4^h\,5^m\,1^s$

or $hour\ angle = 4^h\,5^m\,1^s$

例二「ロンドン」府名ニて聖僧「ゼームス」寺北緯五十一度三十一分西経零度八分「カルキュッチェ」地名北緯二十二度三十四分東経八十八度二十六分なり因て両地の距離如何 但一度ハ六十九里零五

答 四千九百四十七里



上圖LPCの弧三角ニ於てPハ北極Lハ「ロンドン」Cハ「カルキュッチェ」なり而して両地の子午線PL PCを引きまた両地の距離LCを引

く然る時ハPL PCハ餘緯度LPCハ變経なりを以て
両地の距離LCを求むるなり

vers a = vers (b ~ c) + 2 sin b. sin c hav A

or vers LC = vers (PC − PL) + 2 sin PC. sin PL hav P

PC = 67° 26′
PL = 38. 29
28. 57.
P = 88. 34.

log constant .. 6·301030
log. sin PC .. 9·965406
log. sin PL .. 9·793991
log. hav P .. 9·687968
log .. 5·748395

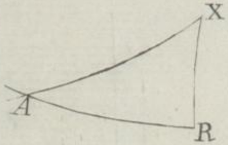
∴ nat. no 560266
vers (PC − PL) .. 124957
685223

∴ LC = 71° 39′ 10″ = 71°.65
or distance = 71°.65 × 69.05
= 4947 mile

例三　大陽の黄経六十四度三十三分一十五秒黄赤交角二十三度二十七分四十五秒なり因て大陽の赤緯及赤経如何

答

赤経　四時一十分二十秒
赤緯　北二十一度四分一十五秒



上圖ARXの直角弧三角に於てAハ春分點XハX黄道に於て大陽の位置XRハ赤緯の圏なり然る時ハAXハ黄経XARハ黄赤交角な

り以て大陽の赤緯XR及赤経ARを求むるなり

㈠ AXを求式

$$\cos A = \cot AX \tan AR$$

$$\therefore \tan AR = \cos A \tan AX$$

$AX = 64^\circ 33' 15''$	log. tan	···	10.322557
$A = 23.27.45.$	log. cos	···	9.962521
$RX = 90^\circ$	log. tan AR	···	10.285082

$$\therefore AR = 4^h 10^m 20^s$$

㈡ XRを求式

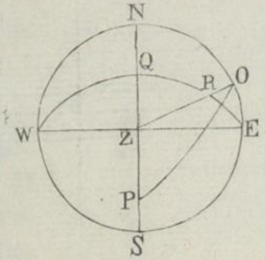
$$\sin XR = \sin A \cdot \sin AX$$

log. sin A	···	9.600045
log. sin AX	···	9.955684
log. sin XR	···	9.555729

$$\therefore XR = 21^\circ 4' 15''$$

例四 南緯三十度四十五分の地にて大陽の赤緯北一十八度二十八分なり因て大陽の日出時角を問（氣差等を算せざるに及ばず）

答 六時四十五分五十秒



上圖に於て NWSE は地平 NZS は子午線 Z は天頂 PS は南緯 P は南極なり O をして地平に於て大陽の位置とし O を通して高度の

圏ZO及赤緯の圏POを引く然る時ハZPOハ象辺弧三角あり其PZハ餘緯度POハ極距ZPOハ時角なり而して十二時より時角を減し午前日出時ZPOを得る

$$\overset{+}{\cos} ZPO = -\overset{+}{\cot} PZ \cdot \overset{-}{\cot} PO$$

$$\text{or } \cos ZPO = \cot PZ \cdot \cot PO$$

PZ = 59°15 … log. cot. .. 9.774471

PO = 108.28 .. 〃 〃 .. 9.523679

log cos ZPO .. 9.298150

$\therefore$ ZPO = $5^h\ 14^m\ 10.3$

12.

hour angle = 6. 45. 49.7

例五　納白爾氏規則直角弧三角術及象辺弧三角術に依て星學の式を與ふる左の如し

(一) 天象正東西線第五圖Yに在る時

(a) cos. hour angle = cot. lat. tan. decl.

(b) sin. decl = sin. lat. sin. alt.

(c) cos. alt = sin. hour angle cos. decl.

(d) cos. alt = cot. hour angle cot. lat.

二 天象第六時即ち子午線より九十度 第五図Vニ在ル時

(e) sin alt. = sin decl. sin lat.

(f) cos. azimuth = cot. lat. tan. alt.

(g) cos. lat = cot. decl. cot. azimuth

(h) cos decl = sin. azimuth. cos. alt.

三 天象地平線 第五図Dニ在ル時

(i) cos. hour angle = − tan. lat. tan. decl

(j) sin decl = cos. lat. sin. amplitude

(k) sin lat = − cot ampl. cot. hour angle

(l) cos amplitude = cos decl. sin hour angle

○地球の面に於て両地の短き距離「シヨルテスト ジスタンス」を過る処一名大圏航法「グレート シルクル セーリング」ハ両地を過る大圏の弧を航海する距離を得る術にして地球の弧面に従ふて針路を變しつゝ舟行すへく要用なるものなり然れ共實際に於て得難き故に左の規則に依て容易く算定し得るなり

一 弧三角術(Q)式に依て両地の餘緯度及變経を以て両地の距離を求む

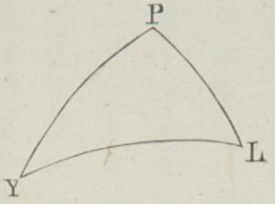
二 其の距離の弧背に於て二ツ或ハ多くの點を定め其點の経緯度を求む但し點毎の距離ハ一千里より多からさるを要す

三 漸長緯度法に依て甲地より次點迄の針路角及距離を求め逐次に乙地に至らしむ而して其距離を和すれハ大圏航法に幾んと近き距離を得るなり

例五 「ニウヨルク」府名北緯四十度四十二分西経七十三度五十九分「パポール」地名北緯五十三度二十五分西経二度五十九分なり因て大圏の弧を航海する両地の距離如何

答 二千八百七十二里

一 左圖YPLの弧三角ニ於てPL PYハ「ニウヨルク」及「レパポール」の子午線YPLの角ハ両地の變經なり以て両地の距離YLを求む



PL = 90° − 53°25′ = 36°35′
PY = 90° − 40°42′ = 49°18′
YPL = 71° 0′

49°18′
36°35′
72.43.

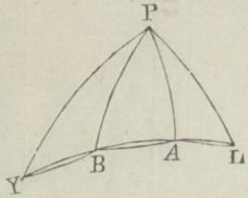
constant ··· 6.301030
log. sin PL ···· 9.775240
" sin PY ···· 9.879746
" havers P ···· 9.527908
" nat. n ···· 5.483924

nat. n ·· ·304740
nat. vers (PY−PL) ·· ·024529
vers YL ·· ·329269

YL = 47°52′ = 2872.

二 YLの弧二千八百七十二里の距離ニ於てA及B點を定めAL八百七十二里BA一千里YB一千里とし A及B點の經緯度を求む

一 PYLの弧三角ニ於て其三辺PY PL YLを以てL角を求む



log. cosec PL ·· 0.224760
" cosec YL ·· 0.129839
" ½ hav. S ·· 4.702777
" ½ hav. D ·· 4.572825
" havers L ·· 9.570201

∴ L = 75° 8′

〔二〕PLA の弧三角ニ於て其両辺 AL PL 及狭角 L を以て A 點の餘緯度 PA を求む

AL = 872′ = 14° 32′
PL = 36° 35′
L = 75° 8′

constant ... 6·301030
log sin PL .. 9·775240
" sin AL .. 9·399575
" havers L .. 9·570201
nat. n .. 5·046046

nat. n .. 111190
nat. vers (PL-AL) .. 073143
" vers AP . 184333

∴ AP = 35° 21′

or latitude = 54° 39′ N

〔三〕PLA の弧三角ニ於て AP PL AL の三辺を以て APL 角を求む

AP = 35° 21′
PL = 36° 35′
AL = 14° 32′

log. cosec AP ... 0·237644
" cosec PL ... 0·224760
" $\frac{1}{2}$ havers S ... 4·137216
" $\frac{1}{2}$ havers D ... 4·063723
" havers APL ... 8·663343
∴ APL = 24° 47′ 15″ W
long of Liverpool = 2 59 0. W
∴ " " point A = 27. 40. 15. W

〔四〕PBL の弧三角ニ於て其両辺 PL BL 及狭角 L を以て B 點の餘緯度 BP を求む

五 BPLの弧三角ニ於て其三辺PL BP BLを以てBPL角を求む

PL = 36° 35′
BL = 31. 72.
L = 75. 8.

constant . . . 6.301030
log. sin BL . . . 9.714352
" sin PL . . . 9.775240
" havers L . . . 9.570201
" nat. no . . . 5.360823
nat. no . . . 229520
vers. (PL−BL) . . . 004411
vers PB . . . 233931
PB = 40° = colat
∴ latitude of B = 50° 0′ N

三「レパポール」よりA點迄A點よりB點迄B點より「ニウヨルク」迄漸長緯度法ニ依て各の針路

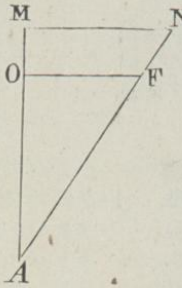
PL = 36° 35′
BP = 40° 0
BL = 31° 72′

log. cosec PB 0.191933
" cosec PL 0.224760
" ½ hav S 4.473507
" ½ hav D 4.380368
" havers BPL . . . 9.270568
BPL = 57° 10′ W
long. of Liverpool = 2° 59′ W
∴ " of point B = 54. 9. W

角及距離を求む

漸長緯度法

左圖ニ於てA及Fを両地とし AO ハ變緯 MN ハ變経 AM ハ漸長緯度の差 AF ハ距離 OAF ハ針路角なり



一 $\tan.OAF = \frac{MN}{AM}$

$\therefore \tan.course = \frac{diff.long.}{MD.lat}$

二 $AF = \frac{AO}{Cos.OAF}$

$\therefore distance = TD\,lat.\,Sec.course$

一「レパプール」よりA點迄の針路角及距離を求む

lat. L = 53°25′ N　　long. L = 2°59′0″ W
lat. A = 54.39. N　　long. A = 27.46.15. W

$\tan.course = \frac{diff.long.}{M.D.lat.}$

$distance. = TD\,lat.\,Sec.course$

lat. L = 53°25′ N　MP .. 3805.50 N　long. L = 2°59′0″ W
lat. A = 54.39. N　″ .. 3931.51 N　″ A = 27.46.15. W
1. 14.　MD. lat .. 126.01 N　24.47.15.
60　　　　50.
T.D. lat .. 74. N　　diff. long .. 1487.4 W

log. diff. long. +10 .. 13.172428
co. log. MD. lat 2.100404
log tan. course .. 11.072024
∴ course N 85°5′30″ W .. log sec. 1.073645
log T.D lat .. 1.869232
″ distance 2.942877
∴ distance = 876.4

二 A點よりB點迄の針路角及距離を求む

lat. A = 54°39′ N　long A = 27°46′15″ W
lat. B = 50. 0. N　long. B = 54. 9. 0 W

$$\tan \text{course} = \frac{\text{diff. long.}}{\text{M.D. lat.}}$$

distance = T.D. lat. sec. course

T.D. lat. 279 S.　M.D lat. 457.04
diff. long. 1582.8 W

log. diff. long . . 13.199425
co. log. M.D. lat . . 2.659954
log. tan. course 10.539471
∴ course S 73°53′30″ W. log. sec. 0.556808
log. T.D lat . . 2.445604
log. dist. 3.002412
∴ distance = 1005.6

三 B點より「ニウヨルク」迄の針路角及距離を求む

lat. B = 50° 0′ N　log. B = 54° 9′ W
lat. Y = 40. 42. N　log Y = 73. 59. W

$$\tan \text{course} = \frac{\text{diff. long}}{\text{M.D. lat.}}$$

distance = T.D. lat. sec. course

T.D. lot. = 558 S

M.D. lat. = 796.67

diff. long. = 1190 W

log. diff. long . . . 13.075547
co. log. M.D. lat. . . . 2.901278
log. tan course . . 10.174269
∴ course S 56°12′ W . . log. sec . . 10.254694
log. T.D. lat. . 2.746634
log. dist. 3.001325
∴ distance = 1003

○「レバプール」より「ニウヨルク」迄の針路角及距離を求む

lat.L＝53°2.5′N　long.L＝2°59′W
lat.Y＝40.42.N　long.Y＝73.59 W

$$\tan.\text{course} = \frac{\text{diff. long.}}{\text{M.D. lat}}$$

$$\text{distance} = \text{T.D. lat. sec. course}$$

T.D. lat －763 S

M.D. lat ＝1127.7

diff. long ＝4260 W

log. diff. long ‥ 13.629470
calog. M.D. lat. ‥ 3.052194
log. tan. course 10.577216

∴ course S 75°10′30″ W　log. sec. 0.591985
log. T.D. lat. … 2.882524
〃 dist. … 3.474509

∴ distance ＝2982

大圏の弧の両地の距離を算定する前例ハ針路を二度變する處ニ因て凡そ一十三里の誤りをなし又甲地より乙地ニ航する通例の斜針路法ニ依れハ凡そ一百一十里の誤りをなす故ニ両地の距離ニ多くの點を取得れハ大圏航法ニ幾んと近き距離を得るなり

設題

（一）北緯五十度四十八分の地ニて太陽の高度四十六度二十分（子午線の西）而して海暦ニ因て測時の赤緯北二十三度二十七分四十五秒なるを得因

て大陽の方位角如何

第五十四畫

〔二〕北緯五十度四十八分の地にて大陽の高度四十六度二十分（子午線の西）而して赤緯北二十三度二十七分四十五秒なり因て測時の真時を問

第五十四畫

〔三〕天象の方位角北より一百一十一度五十一分西なるを測り得而して同時に天象の高度四十六度二十分赤緯北二十三度二十七分四十五秒なり因て測時の真時如何

第五十四畫

〔四〕北緯五十度四十八分の地にて星の時角三十八度赤緯北一十六度なるとき星の高度如何

第五十四畫

〔五〕北緯五十度四十八分の地にて大陽の時角午前二時五十三分一秒而して赤緯北一十二度二十九分なり因て大陽の方位角を問

例一畫

〔六〕大陽の子午線高度七十度（大頂北）而して赤緯北二十度なり因て其地の緯度を問

第五十五畫

〔七〕大陽の子午線高度七十度（天頂北）而して赤緯南五度なり以て問ふ支前の如し

第五十六畫

（八）星の子午線高度七十度（天頂南）而して赤緯北二十五度なり以て問ふ事前の如し

第五十七圖

（九）大陽の子午線高度三十度（天頂南）而して赤緯北一十度なり以て問ふ事前の如し

第五十八圖

（十）北緯四十度の地にて天象の赤緯北二十度なる時子午線高度如何

第五十五圖

（十一）大陽の子午線高度三十度（天頂南）而して其地の緯度南五十度なり因て大陽の赤緯如何

第五十八圖

（十二）赤道に位する星の子午線高度五十七度（天頂北）なり因て星の赤緯を問

第九十圖

（十三）地上の緯度は常見星（極に近き星）の極上及極下の子午線高度の半和に等し其極上の子午線高度七十度極下の子午線高度二十度なり因て其地の緯度如何

第五十九圖

（十四）某地の天頂を径過する常見星極下の子午線高度二十度なり以て問ふ事前の如し

第六十圖

（十五）常見星極下の子午線高度は極上の子午線高

度の天頂距に等しき時其地の緯度如何

第五十九面

（十六）北緯六十度の地にて常見星の赤緯北四十度なり因て極上及極下の子午線高度如何

第五十九面

（十七）北緯五十度四十八分の地の天頂を径過する常見星極下の子午線高度及赤緯如何

第六十面

（十八）日没に於て太陽の中心地平線に切する時の赤緯北二十三度二十八分なり因て緯度を問

（十九）太陽の高度真西に三十度而して赤緯北二十度なり因て其地の緯度如何

第五面

（二十）北緯五十度四十八分の地にて太陽の赤緯二十三度二十七分四十五秒なり因て太陽正東西線に在る時の高度及時角如何

第五面

（廿一）同時に真東に位する両星あり其地ハ北緯五十度四十八分にして其高度二十度及四十度なり因て両星時角の差を問

第九十一面

（廿二）第六時に於て太陽の高度一十八度四十五分而して赤緯北二十度四分なり因て其地の緯度

を問　第五圖

廿三 北緯五十度四十八分の地ニて大陽の赤緯北二十三度二十七分四十五秒なり因て第六時の大陽の高度及方位角如何　第五圖

廿四 北緯五十度四十八分の地ニて大陽日出方位角東より一十度南なり（氣差等を算せろ不およば）因て大陽日出の真時如何　第六十一圖

廿五 大陽の日没方位角西より三十七度三十分北而して赤緯北一十五度一十二分なり因て其地の緯度如何　第五圖

廿六 北緯五十度四十八分の地ニて大陽の赤緯北一十八度二十八分なり因て大陽日出方位角日出時角及晝夜の長さを問　第五圖

廿七 北緯五十度四十八分の地ニて日中の長さ一十四時なる時大陽日出方位角如何　第六十一圖

廿八 大陽の高度二十二度五十六分而して時角三時零分赤緯零度なり因て其地の緯度を問　第六十二圖

廿九 大陽の高度四十二度三十分赤緯北二十二度十分而して大陽の方位角南より五十七度四十

五分西なり以て問ふ叓前の如し

第六十三圖

（三十）大陽の高度三十七度二十分（天頂北）時角二時一十五分西にして赤緯北二十二度三十分なり以て問ふ叓前の如し

第六十四圖

（三十一）大陽の赤経四時一十分二十秒黄赤交角二十三度二十七分四十五秒なり因て大陽の黄経及赤緯如何

第六十五圖

（三十二）大陽の赤経一十七時一十分黄赤交角二十三度二十七分四十五秒なり以て問ふ叓前の如し

第六十六圖

（三十三）天象の赤経二時五十九分三十七秒赤緯北二十一度二十七分四十八秒而して黄赤交角二十三度二十七分四十五秒なり因て大陽の黄緯及黄経如何

第六十五圖

（三十四）天象の赤経一十六時一十四分赤緯北二十五度五十一分黄赤交角二十三度二十七分四十五秒なり以て問ふ叓前の如し

第八十七圖

（三十五）両地共北緯四十五度なり而して経度の差一十度三十六分なり因て両地の距離如何

〔三十六〕「ボヲルツモーツ」地名北緯五十度四十八分西経一度六分「ピニヲスアヤース」地名南緯三十四度三十七分西経五十八度二十四分あり以て問ふへ前の如し　第六十七面

〔三十七〕大陰の赤経零度三十二分四十五秒赤緯南五度一十九分而して参星第七「リギウル卯ヲリヲニース」ちの赤経一百四十八度一十八分四十五秒赤緯北一十三度一十分一十五秒あり因て両天象の距度如何　第六十八面

〔三十八〕参星第七「ヲリヲニース」の子午線高度北極下に六度一十分を測り得たり而して赤緯北一十三度一十分あり因て其地の緯度を問　第五十九面

〔三十九〕大陽の黄経二百零二度二十四分一十五秒而して大陰黄緯北四度五十四分二十秒黄経八十九度二十五分三十秒あり因て両天象の距度如何　第六十九面

〔四十〕一船あり北緯五十度一十分の地より程を起し南西に向ふて大圏の弧を一百里航る然る時は終りの針路角如何　第七十面

〔四十一〕A及Bなる両地の緯度北四十度及北五十度

なり而して両地の距度二十度又A地の経度東一十五度なり因て両地より二十度北に在るC地の経緯度如何 第七十一七十二圖

四十二 畢宿第五「アルデバラン」及参宿第一「リギュルス」より慧星「コメット」迄の距度四十度一十二分及五十一度三十六分而して畢宿の黄緯南五度二十八分四十五秒黄経六十七度一十二分一十五秒参宿の黄緯北零度二十七分三十秒黄経一百四十七度一十五分三十秒而して慧星の位置は他の両天象を結付る大圏の弧の南東に當るといふ然る時ハは慧星の黄緯及黄経如何 第七十三圖

四十三 北緯五十四度三十六分の地にて大陽の赤緯八度三十分北而して大陽地平下沈角一十八度なり因て發晨時及黄昏時如何 第七十四圖

四十四 同所におゐて午前に大陽の両高度を測りしに二十八度四十分及三十九度五十分而して両測間隙時一時三十分赤緯北二十三度二十六分なり因て其地の緯度如何 第七十五圖

四十五 同時に星宿第一「ヘーデレー」の高度四十度四十四分及参宿第一「リギュルス」の高度四十五度を測り得さ

り（両測各子午線の東）星宿の赤経九時一十六分赤緯南七度三十七分参宿赤経九時五十三分赤緯北一十三度九分なり以て問支前の如し

（四十六）両地共南緯三十三度五十一分にして経度の差一百三十六度一十分なり然る時ハ大圏の弧に於て両地の距離ハ緯線航法に依て測りし距離より幾許里短き哉又大圏の弧に於て最高なる緯度ハ幾許なる哉

第七十六問

（四十七）「ジヤクソン」港名緯度三十三度五十一分「ホルン

但緯線航法距離六千七百八十五里

第七十七問

岬名緯度五十五度五十八分両地経度の差一百四十度二十七分なり然る時ハ大圏航法に因て達する緯度の最高如何

第七十八問

（四十八）北緯五十度四十八分の地に於て午後七時に大陽の赤緯南一十度一十五分なる時地平下の大陽方位角及沈角如何

第七十四問

（四十九）北緯二十五度の地に於て畢宿第五「アルデバルン」及積薪第十「ポヲルクス」の二星同しく東西線に在り而して畢宿の赤経四時二十六分四十六秒赤緯北一十六度一十一分積薪赤経七時三十五分一十三

秋赤緯北二十八度二十四分二十六秒なり因て畢宿の方位角を問

第七十九齣

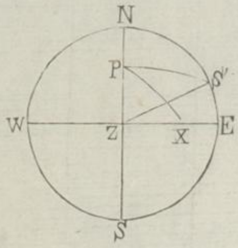
五十 子午線の東に在る大陰の實高度一十八度二分三十秒を天頂北に測り得たり而して同じ東西線に他の天象あり其赤経九時五十九分四十二秒赤緯北一十二度四十五分四十五秒又大陰赤経一十二時三十五分五十四秒赤緯南一度四十二分三十秒なり因て其地の緯度如何

第八十齣

採原雜題

例 星の高度真東に二十度にして地平線に昇る時の方位ハ東微北なり因て其地の緯度を問

答 北緯二十九度四十二分二秒



S'ハ天象の地平線に昇る位置而してXに於て正東西線に位を然る時ハPSハPXに同ふして共に星の極距EXハ高度SEハ方位角なり

a = altitude = 20°
m = amplitude = 11°15′
y = declinution
x = latitude

$$PS = PX = 90° - y$$
$$PZ = 90° - x$$
$$ZX = 90° - a$$

PZSの象辺弧三角ニ於て

$$\sin y = \cos x \sin m \quad \ldots\ldots (1)$$

PZXの直角弧三角ニ於て

$$\sin y = \sin x \sin a \quad \ldots\ldots (2)$$

$$\therefore \sin x \sin a = \cos x \sin m$$

or $$\frac{\sin x}{\cos x} = \frac{\sin m}{\sin a}$$

$$\therefore \tan x = \sin m \operatorname{cosec} a$$

$$\begin{array}{r} 9.290236 \\ 0.465948 \\ \hline 9.756184 \end{array}$$

$$\therefore x = 29°42'2'' \text{ N}$$

設題

一 星の高度真東ニ一十度真南ニ四十度なる時其地の緯度如何 第九十二圖

二 太陽の高度真西ニ二十七度二十四分第六時ニ一十四度四十三分三十秒なり因て其地の緯度及太陽赤緯如何 第五圖

三 第六時ニ太陽の高度一十四度四十三分三十秒ニして出没方位角三十度四十四分三十秒ニなり以て問ふ事前の如し 第五圖

四 第六時ニ太陽の高度一十四度四十三分三十

秒日没時角七時三十五分二十二秒なり以て問ふ事前の如し　第五圖

五　大陽東西線の西に在る時四時四十三分二十八秒なり而して日没時角七時三十五分二十二秒なり以て問ふ事前の如し　第五圖

六　大陽の赤緯北二十度にして西方時角及日没時角の間隙時二時五十一分五十四秒なり因て其地の緯度を問　第五圖

七　大陽の出没方位角西より三十度四十四分三十秒北同しく第六時の方位角北より七十六度一十八分四十五秒西なり因て其地の緯度及大陽の赤緯如何　第五圖

八　大陽の子午線高度六十二度同しく第六時の高度一十四度四十三分三十秒なり以て問ふ事前の如し　第五圖

九　大陽の子午線高度五十六度にして日出時角七時なり因て其地の緯度如何　第五圖

十　北緯四十八度の地にて真西の大陽時角及日没の間隙時二時五十一分五十四秒なり因て大陽の赤緯を問　第五圖

(十一)天象の赤緯地上の緯度より大なる時最大方位角を問又天象最大方位角を得る時の時角及高度を問

(示例)北緯二十度の地にて大陽の赤緯北二十三度二十八分なり

第八十一圖

(十二)北緯二十度の地にて大陽の赤緯北二十三度二十八分なる時最大方位の時角を問又日出方位角及最大方位角の差および両方位時角の差を問

第八十一圖

(十三)大陽の赤緯北一十度一十五分大陰の赤緯南一十二度四十六分にして赤経の差一時五十三分四十二秒なり而して両天象同時に地平線に出顕せる直を測り得たり然る時ハ其地の緯度及測時の時角如何

第六十一圖

(十四)同し瞬間時に大陽「ドブレイン」及「ビルネンボツク」の地平上に顕える日ハ一年に幾許日なる哉但し両地の緯度北五十三度二十一分及南八度一十三分経度西六度一十九分及西三十五度五分なり

十五 ABCDなる正方形の野原あり其辺五十間而して其野の中央に高さ六十尺の頌徳標を置けり其標の陰其地の隅に届く時大陽高度幾許なる哉

十六 最短日の正午に垂直なる杖の陰の長さハ最長日の正午の七倍なり而して赤緯二十三度二十八分なり因て其地の緯度を問

第八十二圖

十七 北緯四十五度の地にて両日の大陽赤緯北一十五度及南一十五度なる時正午に垂直なる杖の陰の長さの比較如何

第八十二圖

十八 北緯三十三度三十分の地にて大陽の赤緯北一十度一十五分なる時吾陰ハ吾高さにおゐて五と三との如き比較を得たり然る時ハ大陽の高度及時角如何

第八十二圖

十九 垂直なる物体の陰の長さ四尺にして若干尺傾けたるときハ五尺なり然る時ハ大陽の高度如何

第八十三圖

二十 雲の高さ二十度を得同時に大陽の高度二十二度を同じ場所におゐて測り得たり而して雲の陰より測処迄の距離四百間なり因て雲の高さを問

第八十四圖

廿一　北緯四十五度の地ニて大陽の子午線高度三十度なり然る時ハ日の長さの四分の一の正切ハ[illegible]なり其證如何

第八十五齣

廿二　某地の大陽日出午前七時なり而して大陽子午線高度の天頂距ハ緯度の倍なり因て其地の緯度を問

第五十六八十五齣

廿三　北緯四十五度の地ニて大陽の日出午前四時なる時子午線高度の正切ハ三なりといふ其證如何

第五齣

廿四　北緯五十度の地ニて大陽の赤緯北五度三十八分なる時大陽の半径一十六分なり因て日出ニ於て大陽の両辺地平ニ切する間隙時を問

第八十六齣

廿五　大陽の赤緯二十三度四分半経一十六分一十七秒三分なる時大陽の中心子午線を径過する時を問

第八十七齣

廿六　北緯五十九度六分東経六度一十五分の地ニて地方の一點を北東ニ測り然る後東北東へ六里航し已前の點を北二分の一西ニ見る因る點の経緯度を問

第八十九齣

廿七 北緯四十五度の地にて大陽の赤緯二十三度二十八分なり因て最長日および最短日の差を問

第六十一畫

廿八 最長日および最短日の差六時なる時其地の緯度北何度なる哉

第六十一畫

廿九 某地にゐて大陽の赤緯一十度北なる時の日出ハ赤緯廿度北なる時より一時遅しにく然る時ハ其地の緯度如何

第九十三畫

三十 最短日ハ最長日の三分の一なる時赤緯二十三度二十九なり然る時ハ北緯何度なる哉

第六十一畫

三十一 最短日ハ最長日の五分の二にして赤緯二十三度二十九分なる時ハ如何

三十二 一船某地より程を起し真東に一百里真南へ一百里真西へ一百五十里航せしに同し経度に達せしといふ然る時ハ已達の地の緯度如何

第八十八畫

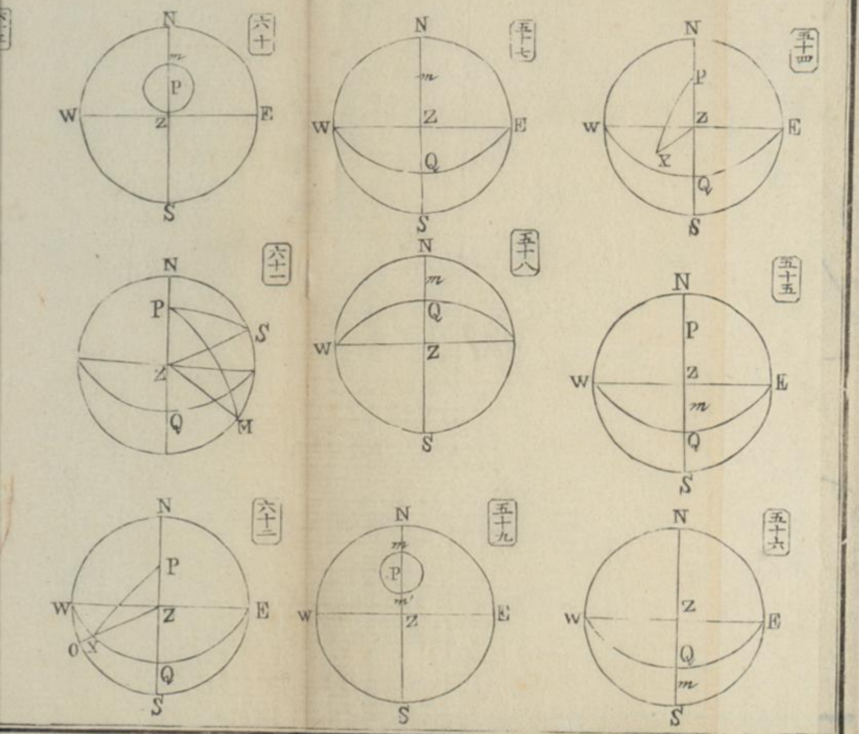
三十三 北緯七度五十一分の地にて大陽の下切高度一十度三十分を測り（子午線の西）而して眼線の同し水平におゐて地上の一物体より大陽の右に距

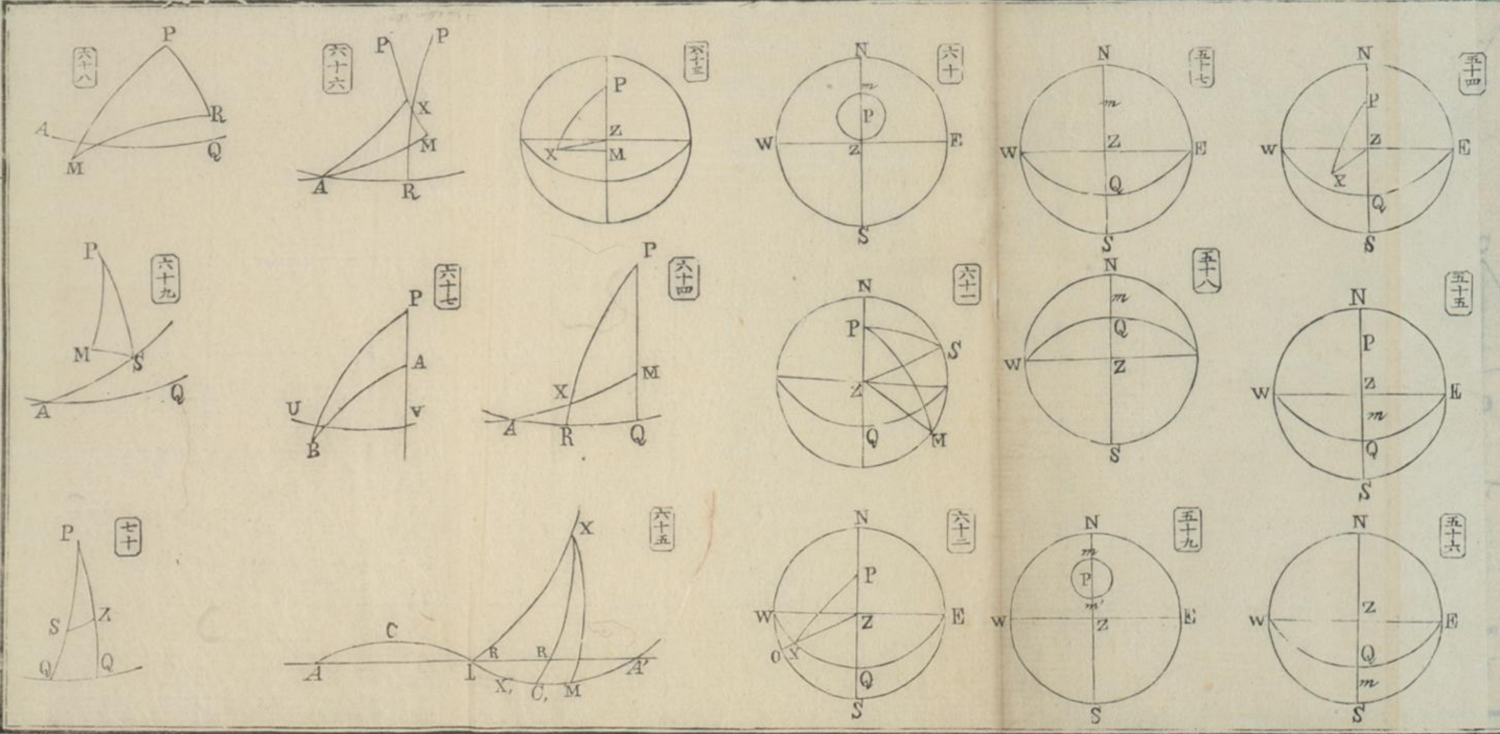
度九十五度一十六分を測り得たり高度の測器差負五十秒距度の測器差正一分一十秒眼の高さ一十四「フート」ふして高度の改正率負三分四十一秒大陽の赤緯南二十二度二十四分半径一十五分四十五秒なり然る時ハ物体の真方位幾許なる哉

第八十九問

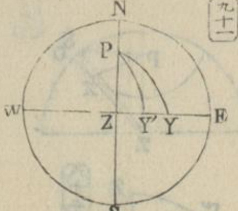
(三十四)前題ふ因て地上の物体眼線の上ふ高さより 碇へ ハ山陵の如し 其頂角一十度ふちれ如何

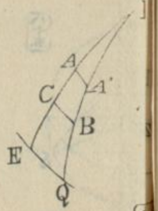
測角便蒙巻之五終



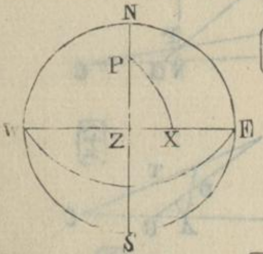

五十四
N P Z W E X Q S
五十五
N P Z W E m Q S
五十六
N Z W E Q m S
五十七
N m Z W E Q S
五十八
N m Q W Z S
五十九
N m P m' W Z E S
六十
N m P W Z E S
六十一
N P S Z Q M
六十二
N P W Z E O Y Q S
六十三
P Z X M
六十四
P M X A R Q
六十五
X C A I R R A' X, C, M
六十六
P P X M A R
六十七
P A U V B
六十八
P R A Q M
六十九
P M S A Q
七十
P S Z Q Q

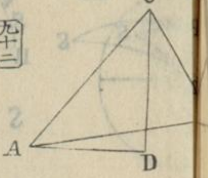
九十一



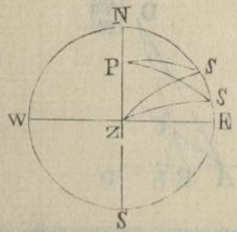


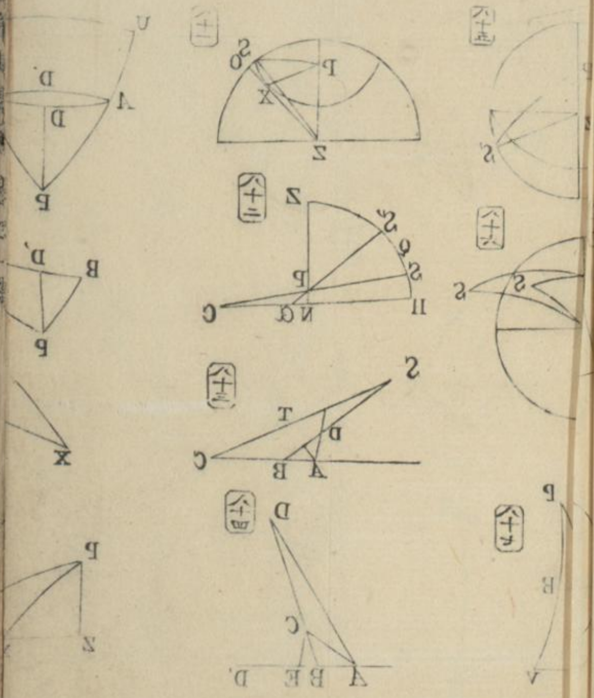
九十二

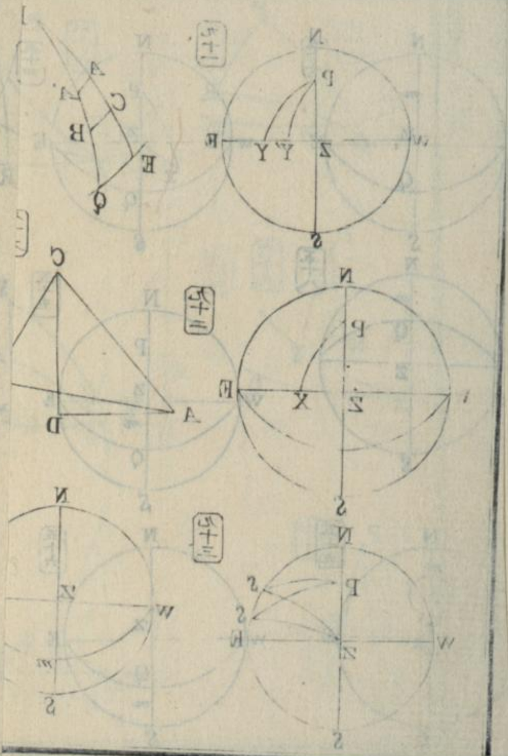




九十三





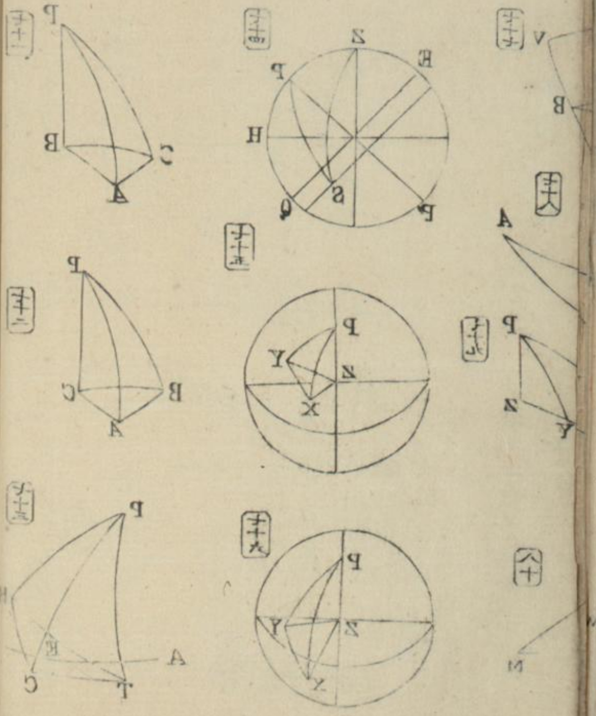


明治十年五月三日御届
同　年六月八日出版
同　二十年十月廿五日買受御届

陸軍省御藏版

板主　東京日本橋區通二丁目十三番地　小林新兵衛

發兑　同神田區錦町壱丁目十二番地　小林新造



測角便蒙巻之一荅

整數及混數示標

(一) 三個　(二) 一個　(三) 零個

小數示標

(一) 負一個　(二) 負三個　(三) 負三個

真數を以對數を求

(一) 二個五八五一八六　(二) 三個六二二八九零

(三) 五個零八二八零々　(四) 一個六八七九七五

(五) 一個六九二四零六　(六) 三個三零一零三零

(七) 負五個正零個五四四零六八

(八) 負一個正零個八七五零六一

九 負二個正零個六零二零六零

十 一個九五四四三五

對數あり真數を求

一 二十四個

二 二百四十八個

三 一個六五一三七

四 零個零二四

五 零個零々々々々七五

乗法

一 四万二千八百五十四個

二 八千零六十四個

三 九千二百六十七個

除法

一 二個

二 六十個

三 二十五個二六

四 二個二二二

五 二千一百八十七個二三

冪法

一 一万一千零七十八個

二 一千九百五十三個一二七

三 一千五百零七個八二

四 一十一個九八九

五 三千七百零一個五三

根數

一 三個七九一九五　二 一十九個一零四九八

三 一個零七一七七六　四 零個三零四九五九

五 一個零々々一二一

分數冪法

一 零個二七二零一六　二 一十個五四三九

三 零個零一一五零五　五 三十個五八六

四 零個零々々々々々々々々々々三七四一

八線對數用法

一
正玄九個五一六五三六
正切九個五四一三三二
余割一十個四八三四六四

二
正玄九個八七五零七九
正切一十個零五四六一三
余割一十個一二四九二一

三
正玄九個九四三五三二
正切一十個二六三六三零
余割一十個零五六四六八

四
正玄九個九五七七一六
正切一十個三三八零六
余割一十個零四二二八四

五 二十五度五十八分三十秒

六 七十四度三十八分二十六秒

七 一十万四千一百二十六個

八 一百九十二万五千九百六十四個

九 一百度六分一十零秒

十 二十六度三十二分一十五秒

直角三角術

一
c 辺一十五間五四五六五
a 辺三十六間一六五二
A 角六十六度四十四分二十二秒

二
c 辺四十七万九千四百六十四個四四
a 辺一十三万三千九百七十六個八
C 角七十四度二十三分一十七秒

三
a 辺二百三十間零九
A 角四十九度四十七分一十二秒
C 角四十度一十二分四十八秒

四
c 辺六千六百八十七間四九
A 角一度四十一分一十三秒
C 角八十八度一十八分四十七秒

c 辺九十五間一八二四

五
b辺一百四十五間四六四
A角四十九度七分五十秒

六
a辺二百六十二間二六
b辺四百一十三間八五七
C角五十度四十分三十五秒

七
c辺六千零一十一間七八
b辺七千零九十間二三
C角五十七度五十九分

八
a辺九十六間一三五
b辺三百八十間二九四
A角一十四度三十八分三十四秒

九
b辺一千二百間一三八
A角五十一度三十二分一十九秒
C角三十八度二十七分四十一秒

十
b辺二十九間六三一三
A角七度二十一分一十五秒
C角八十二度三十八分四十五秒

斜三角術

三辺あり角を求

A角一百零七度三十六分七秒

一

B角四十七度二十七分三十八秒
C角二十四度五十六分一十五秒

二

A角一百零七度四十六分六秒
B角五十三度七分二十四秒
C角一十九度六分三十秒

三

A角八十九度四十五分三十七秒
B角三十五度一十二分七秒
C角五十五度二分一十六秒

四

A角五十四度八分一十一秒
B角八十二度五十八分一十一秒
C角四十二度五十三分三十八秒

五

A角五十六度四分六秒
B角四十八度三十一分四秒
C角七十五度二十四分五十秒

六

A角一十度五十八分
B角一百零七度五十八分五十秒
C角六十一度三分一十秒

七

A角二十八度一十四分一十四秒
B角四十五度一十二分三十四秒
C角一百零六度三十三分一十二秒

八

A角二十九度四十四分二秒
B角一百一十五度三十六分三十二秒
C角三十四度三十九分二十六秒

相對辺角あり他の辺角を求

一

B角三十六度六分三十秒
C角一百零二度三十四分一十五秒
c辺三百一十六間三

二

C角九十一度四十二分
a辺二百七十九間七
b辺二百四十三間

三

C角四十八度零分
c辺二百零七間六
b辺二百六十五間七六

四

C角二十七度七分一十五秒
B角一百零五度五十二分一十五秒
b辺二十二間六九

五

b辺七十三間九八
B角四十九度零分
C角二十九度一十九分
c辺七十五間九二六

六

a 辺七百九十三間一二七
C角五度二十九分三十六秒

七

C角一百一十一度三十五分
b 辺零間五四一
c 辺零間六七四三

八

B角九十度零分
c 辺零間零九七九七
b 辺零間一
同上兩荅

A角五十四度二分

一

C角八十四度四十八分
c 辺二百一十九間三二
A, 角一百一十五度五十八分
C, 角一十二度五十二分
c, 辺四十九間零五

二

B角八十度三十九分四十五秒
C角四十三度七分三十秒
c 辺二千一百三十六間七
B, 角九十九度二十分一十五秒
C, 角二十四度二十七分

三

C_1 辺一千二百九十三間七

A 角七十度三十一分一十二秒

C 角六十五度一十六分四十八秒

a 辺一百四十七間四

A_1 角二十一度四分四十八秒

C_1 角一百一十四度四十三分一十二秒

a_1 辺五十七間九二

四

A 角一百一十二度五十分二十三秒

B 角五十九度六分三十八秒

a 辺五間七八九一二

A_1 角五十一度三分四十九秒

B_1 角一百二十度五十三分二十二秒

a_1 辺四間八八六二

二辺狭角あり他の辺角を求む

一

b 辺三百二十五間九

A 角五十九度零分二秒

C 角五十二度一十四分五十八秒

c 辺一十三間七八

二

A 角一百二十五度四十五分三十二秒

B 角三十一度三十五分一十五秒

三

a 辺二十三間八四六

C 角九十五度四十二分三十三秒

B 角二十七度三十三分四十三秒

四

b 辺七百八十九間一八

A 角九十度一十三分一十五秒

C 角五度二十九分三十八秒

五

C 角二十九度一十八分五十九秒

A 角一百零一度四十一分一秒

b 辺七十三間九八

A 角五十四度八分二十一秒

六

B 角八十二度五十八分一秒

c 辺四百三十間

七

B 角四十九度二十七分二十六秒

C 角一百零八度一十二分三十四秒

a 辺五間

八

B 角五十二度五十四分三十八秒

C 角六十度四十四分五十二秒

a 辺七十三間四九

一

三角積

八万零六百二十七間

二 三十二万二千百八十五間

三 一千四百九十八間三四

四 八万一千五百零九間三

五 三十四万八千零一十四間八

一 $\tan A \cos A$

二 $\operatorname{cosec} A \sec A$

三 $\cos A \cot A$

四 $\cos A \tan A$

五 $\cos A \sin B \cot C \cos D$

六 $\cos^2 A$

七 $\tan A \cos^2 B$

八 $\cos C \operatorname{cosec}^2 A \sec^2 B$

九 $\sin^4 A$

十 $\sec^2 A$

十一 $\operatorname{vers} A \sec A$

十二 $\operatorname{cosec} A \sec^2 A$

廿二 $\left\{\begin{array}{l}\sin x = 1 \\ \operatorname{cosec} x = 1\end{array}\right\}$

廿三 $\left\{\begin{array}{l}\sec x = \cot A \\ \cos x = \tan A\end{array}\right\}$

廿四 $\sin x = \operatorname{cosec} A \tan B \cos C \cot D$

廿五 $\sec x = \sec A \cos^2 B \sin C \sec D$

廿六 $\tan x = \operatorname{cosec} A \operatorname{vers} C$

廿七 $\tan x = \operatorname{cosec} A \cos B \tan^2 C$

廿八 $\cot x = \operatorname{cosec} C \tan D$

廿九 $\operatorname{vers} x = 1$

卅 $\sec x = \cos^2 A$

卅一 $\cos x = \sec^2 A$

卌四 $\cos x = \sqrt{1 - \sin^2 x}$

卌五 $\tan x = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 x}}{\cos x}$

卌六 $\tan x = \frac{\sin x}{\sqrt{1 - \sin^2 x}}$

卌七 $\sec x = \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2 x}}$

卌八 $\sin x = \frac{\tan x}{\sqrt{1 + \tan^2 x}}$

四十九
$$\begin{cases} \cos x = \dfrac{\sqrt{\operatorname{cosec}^2 x - 1}}{\operatorname{cosec} x} \\ \cot x = \sqrt{\operatorname{cosec}^2 x - 1} \\ \sec x = \dfrac{\operatorname{cosec} x}{\sqrt{\operatorname{cosec}^2 x - 1}} \end{cases}$$

五十
$$\begin{cases} \cot x = \dfrac{\cos x}{\sqrt{1-\cos^2 x}} \\ \operatorname{cosec} x = \dfrac{1}{\sqrt{1-\cos^2 x}} \\ \operatorname{vers} x = 1 - \cos x \end{cases}$$

五十一
$$\begin{cases} \sec x = \sqrt{\tan^2 x + 1} \\ \operatorname{cosec} x = \dfrac{\sqrt{1+\tan^2 x}}{\tan x} \\ \cos x = \dfrac{1}{\sqrt{\tan^2 x + 1}} \end{cases}$$

五十二
$$\begin{cases} \sin x = \sqrt{2 \operatorname{vers} x - \operatorname{vers}^2 x} \\ \tan x = \dfrac{\sqrt{2 \operatorname{vers} x - \operatorname{vers}^2 x}}{1 - \operatorname{vers} x} \\ \sec x = \dfrac{1}{1 - \operatorname{vers} x} \end{cases}$$

五十三
$$\begin{cases} \sin x = \frac{1}{2}\sqrt{3} & \operatorname{cosec} x = \frac{2}{3}\sqrt{3} \\ \cos x = \frac{1}{2} & \sec x = 2 \\ \tan x = \sqrt{3} & \cot x = \frac{1}{3}\sqrt{3} \\ \operatorname{vers} x = \frac{1}{2} & \end{cases}$$

五十四 $\sin x = \sqrt{\dfrac{a}{n}}$

五十五 $\tan x = \dfrac{b}{a}$

五十六 $\tan x = 2$

五十七
$$\begin{cases} \sin x = \frac{1}{2}\sqrt{3} \\ \cos x = \frac{1}{2} \end{cases}$$

五十八
$$\begin{cases} \sin x = \pm \dfrac{n}{\sqrt{m^2+n^2}} \\ \cos x = \pm \dfrac{m}{\sqrt{m^2+n^2}} \end{cases}$$

五十九
$$\begin{cases} \sin x = \sqrt{\dfrac{n}{n+1}} \\ \cos x = \dfrac{1}{\sqrt{n+1}} \end{cases}$$

六十 $\sin x = \frac{1}{2}\sqrt{2}$

六十一
$$\begin{cases} \sin x = \dfrac{1}{2b}\left(-a \pm \sqrt{a^2+4b^2}\right) \\ \cos x = \pm \dfrac{1}{b}\sqrt{\dfrac{-a^2 \pm a\sqrt{a^2+4b^2}}{2}} \end{cases}$$

六十二
$$\begin{cases} \cos x = \dfrac{m-n}{m+n} \\ \sin x = \dfrac{m-n}{2} \end{cases}$$

六十三
$$\begin{cases} \cos x = \frac{1}{2} \\ \sin x = \frac{1}{2}\sqrt{3} \\ \tan x = \sqrt{3} \end{cases}$$

六十四
$$\begin{cases} \sin x = \pm\sqrt{\dfrac{1 \pm \sqrt{1-4m^2}}{2}} \\ \cos x = \pm\sqrt{\dfrac{1 \pm \sqrt{1-4m^2}}{2}} \end{cases}$$

六十五 $\cos x = \frac{1}{2}\left(-a \pm \sqrt{a^2 + 4(1-b)}\right)$

六十六 $\tan x = 2 \pm \sqrt{3}$

六十七 $\sin x = \pm \frac{1}{2}\sqrt{2m+1 \pm \sqrt{1+4n-4m^2}}$

六十八
$$\begin{cases} \sin x = \frac{1}{2}\left(m \pm \sqrt{m^2 - 4n}\right) \\ \sin y = \frac{1}{2}\left(m \mp \sqrt{m^2 - 4n}\right) \end{cases}$$

六十九 $\begin{cases} \sin x = \pm m\sqrt{\dfrac{n^2-1}{n^2-m^2}}, & \sec x = \dfrac{1}{n}\sqrt{\dfrac{n^2-m^2}{1-m^2}} \\ \sin y = \pm\sqrt{\dfrac{1-m^2}{n^2-m^2}}, & \sec y = \sqrt{\dfrac{n^2-m^2}{n^2-1}} \end{cases}$

七十一 $\left\{ \sin x = \pm\sqrt{\dfrac{n^2-m^2}{n^2-1}},\ \sin y = \pm\dfrac{1}{m}\sqrt{\dfrac{n^2-m^2}{n^2-1}} \right\}$

七十二 $\left\{ \sin x = \frac{1}{2}\sqrt{3}.\ \cos x - \frac{1}{2} \right\}$

七十七 $\sin A - 1$ 七十八 $\sin x = -\cot A$

七十九 $\sin x - \cot A$ 八十 $\sin x = \operatorname{cosec} A$

八十二 $\cos x = \sin a \sec h$ 八十一 $\cos l - \sin d \operatorname{cosec} m$

八十三 $\sin l - \sin a \operatorname{cosec} a'$ 八十四 $\tan x = \sin m \operatorname{cosec} a$

八十五 $\begin{cases} \sin x = \sqrt{\sin a \operatorname{cosec} b} \\ \sin y\ \sqrt{\sin a \sin b} \end{cases}$ 八十六 $\begin{cases} \tan x = \sqrt{\cos h \sec h'} \\ \tan y = \sqrt{\cos h \cos h'} \end{cases}$

百三十四 $x = 60^\circ$ 百三十五 $x - 60^\circ$

百三十六 $x = 30^\circ$ 百三十七 $x = 30^\circ$

百三十八 $x = 45^\circ$ 百三十九 $x = 45^\circ$

百四十 $\begin{cases} x = 30^\circ \\ \text{or } 15^\circ \ \&c \\ \text{"}\ 90^\circ \\ \text{"}\ 75^\circ \end{cases}$ 百四十一 $\begin{cases} x = 45^\circ \\ y = 15^\circ \end{cases}$

百四十二 $x = 45^\circ$ 百四十三 $x = 270^\circ$

百七十六 $\dfrac{2\sqrt{\sec^2 x - 1}}{\sec^2 x}$ 百七十七 $\dfrac{2\tan x}{1+\tan^2 x}$

百七十八 $\dfrac{2\cot x}{1+\cot^2 x}$

百七十九 $\left\{ \dfrac{1-\tan^2 x}{1+\tan^2 x},\ \dfrac{2-\sec^2 x}{\sec^2 x} \right\}$

百八十 $\left\{ \dfrac{\cot^2 x - 1}{\cot^2 x + 1},\ 2\operatorname{vers}^2 x - 4\operatorname{vers} x + 1 \right\}$

百八十一 $2\sqrt{2\operatorname{vers} x - \operatorname{vers}^2 x}.(1-\operatorname{vers} x)$

百八十二 $\dfrac{2\sin x\sqrt{1-\sin^2 x}}{1-2\sin^2 x}$ 百八十三 $\dfrac{1+\tan^2 x}{1-\tan^2 x}$

三百八 $\cot x = 2\cot a$ 三百九 $\tan x = -1$

三百十 $\tan x = 1$ 三百十一 $\cot x - \operatorname{cosec} a \operatorname{vers} a$ or $\tan\frac{1}{2}a$

[三百十二] $\tan x=\frac{m\sin b+n\sin a}{m\cos b-n\cos a}$

[三百十三] $\cos x=\frac{1\pm\sqrt{5}}{4}$

[三百十四] $\tan x=\frac{\sin a\sin b}{1-\sin a\cos b}$

[三百十五] $x=-\frac{a}{2}\pm\sqrt{\left\{\frac{a^2}{4}+\frac{ab-b^2\tan\theta}{\tan\theta}\right\}}$

[三百十六] $\sin x=\frac{1}{2}$

[三百十七] $\frac{x}{a}=1\mp\sqrt{\left(\frac{2b}{r\mp b}\right)}$

測角便蒙巻之三答

實測雜題

[一] 一百九十尺四

[二] 二百零五尺

[三] 零時八分一十三秒二

[四] 五十一尺七七

[五] 七十五尺

[六] 四十九尺五
一十三度二十四分三十秒

[七] 二十三間六

(八) 一千一百間一

(九) 九里四八
九里五二

(十) 一百五十尺五

(十一) 一十四尺四

(十二) 一百四十五間九

(十三) 九百三十九間一

(十四) 一百六十二尺
二十四度四十九分五十四秒

(十五) 五千一百四十七尺九

(十六) 二百一十九尺八

(十七) 六十六尺四

(十八) 五十七尺六二

(十九) 一千一百七十四間四

(二十) 一千二百八十九間五

(二十一) 四十一尺四八

(二十二) 四十六間六七

(二十三) 三百四十五間五

(二十四) 五百三十六間二
五百間四七

八　一千一百間一

九　九里四八
　　九里五二

十　一百五十尺五

十一　一十四尺四

十二　一百四十五間九

十三　九百三十九間一

十四　一百六十二尺
　　二十四度四十九分五十四秒

十五　五千一百四十七尺九

十六　二百一十九尺八

十七　六十六尺四

十八　五十七尺六二

十九　一千一百七十四間四

二十　一千二百八十九間五

二十一　四十一尺四八

二十二　四十六間六七

二十三　三百四十五間五

二十四　五百三十六間二
　　五百間四七

二十五
三百四十三間四
二十九間一四

二十六
一十七間八

二十七
二百一十尺四
二百五十尺八

二十八
三百一十四尺二
三千六百九十尺三

二十九
五百二十九間五

三十
一千二百二十六尺
Ca 二百七十九間一

三十一
Aa 一百七十五間八
ba 二百六十三間二
AD 一百四十三間二

三十二
前ニ同シ

三十三
AB 三百四十九間五二
BD 四百九十八間七
AD 四百八十七間二七

三十四
五千四百二十二間三

三十五
AD 一十一里二六
BD 一十一里零三

(三十六)
CD 一十二里四六
AD 二百四十九間
CD 一百三十一間
BD 九十一間

(三十七) 一十四間五二

(三十八) 二百七十八尺七

(三十九) 一百一十二尺五

羅盤知識雜題

(一) 五百一十一間三

(二)
一十里
一十四里一四

(三)
十里五
一十四里五

(四) 一十里

(五)
八里五
一十里八一

(六)
九間七五
四十九間零四

(七)
西四分の一南
四十二里三三

〔八〕南より五十八度四十分西
九里七一

〔九〕一百四十五尺八二
二百一十七尺二

〔十〕北より二十度二十二分東

〔十一〕西北西

〔十二〕一百九十二間

採原雑題

〔一〕九度二十七分四十五秒
二倍九

〔二〕五十尺

〔三〕一十八度三十五分九秒

〔四〕AD二百七十二尺七
BD六百三十三尺四

〔五〕四千六百九十四間

〔六〕四百零一尺四

〔七〕六尺
八尺
一十尺

〔八〕二十間三九

九 4 or $\sqrt{52}$

十 二尺九三

十一 三角積 一百八十一間五

直形積 三百零二間五

十二 一 十八間

二 十四間

三 三十間

十三 七十二尺七四

十四 $area=\frac{na^2}{4}\cot\frac{180°}{n}$

十五 $a=\sqrt{\frac{4A}{n}\tan\frac{180°}{n}}$

十六 一里九四

十七 四百七十九里八

十八 四千一百五十六間九

十九 七千九百五十二里

二十 一里四零二

二十一 五百六十間一

六百九十四間三

二十二 一百八十七尺五

二十三 三十二度三十二分七秒

一十七度五十三分五十三秒

二十四
一個二七
二個五四
二個二

二十五
五間零七
八間七八
一十間一四

二十六
三百六十九間二五
二百三十間七五

二十七
二百五十間
三百五十間

二十八
六尺
一十尺

二十九
一百五十尺

三十
$x+y=b.\ xy=\frac{1}{4}(b+a).(b-a)\,Sec.^2\tfrac{1}{2}A$

三十一
$x-y=d.\ xy=\frac{1}{4}(a+d).(a-d)\,Cosec.^2\tfrac{1}{2}A$

三十二
$sin.\tfrac{1}{2}(x+y)=\frac{a}{d}\,sin.\tfrac{1}{2}D$

三十三
$cos.\tfrac{1}{2}(B+C)=\frac{a}{m}\,cos.\tfrac{1}{2}d$

三十四
$tan.\tfrac{1}{2}C=\frac{m-b}{m+b}\,Cot.\tfrac{1}{2}A$

三十五
四十四間五一
一十九間八

三十六

三十九

三十五間六九

三十八間七三

一百零七度三十六分

四十

一十四間六一

一十九間八八

八間一八

測角便蒙巻之四答

三辺あり角を求む

一

A角五十九度二分一十三秒

B角七十度三十三分五十五秒

C角七十一度一十八分二十六秒

二

A角一百一十五度三十八分三十八秒

B角九十九度二十一分二十七秒

C角七十五度三十一分三十九秒

三

A角八十一度二十四分二十四秒

B角六十一度三十一分二十九秒

C角一百零二度五十九分一十一秒

四
A角五十三度一十五分一十四秒
B角八十一度三分四十三秒
C角四十七度二十分五十二秒

五
A角一百六十五度三十三分零秒
B角一百六十二度五分零秒
C角一百六十六度四十五分三十四秒

六
A角六十六度四十九分五十一秒
B角八十七度一十六分一十二秒
C角一百零九度四十六分五十四秒

七
A角一百一十三度四十分九秒
B角八十一度一十九分三十秒
C角六十九度三十七分三十六秒

八
A角四十八度二十四分五十六秒
B角七十一度二十九分四十八秒
C角九十五度一十三分三十秒

三角あり辺を求む

一
a辺一百一十三度一十分八秒
b辺九十二度四十三分四十八秒
c辺七十度一十三分六秒

二

a辺一十四度二十七分零秒
b辺一十七度五十五分零秒
c辺一十三度一十四分二十六秒

三

a辺一百二十六度四十四分四十七秒
b辺九十八度五十六分一十九秒
c辺一百三十二度三十九分九秒

四

a辺五十八度四十一分零秒
b辺六十二度一十分二十四秒
c辺七十九度四十九分四十八秒

五

a辺一百三十九度一十九分五十六秒
b辺九十四度二十二分四十四秒
c辺一百零一度一十分二十四秒

六

a辺一百度一十五分三十秒
b辺一百四十三度一十分二十七秒
c辺七十九度四十四分五秒

七

a辺一百二十六度四十四分四十二秒
b辺九十八度五十六分二十八秒
c辺一百三十二度三十九分八秒

八

a辺七十九度三十七分三十秒
b辺八十四度一十五分二十秒

c辺一百三十一度四十四分一十七秒

相對辺角及一辺あり對角を求む

一 C角四十七度二十分五十三秒

二 C角八十一度四十一分二十秒
C_1角九十八度一十八分四十秒

三 B角四十一度五十六分一十九秒
B_1角一百三十八度三分四十一秒

四 C角三十六度六分五十秒

五 B角四十八度三十六分零秒

六 B角一百四十五度三十三分一十三秒

相對辺角及一角あり對辺を求む

一 b辺七十二度一十分二十秒

二 c辺七十九度四十九分四十八秒

三 b辺五十六度二十三分二十二秒
b_1辺一百二十三度三十六分三十八秒

四 c辺四十一度五十六分一十九秒
c_1辺一百三十八度三分四十一秒

二辺挾角あり他の辺を求む

一 a辺九十六度九分五十七秒

二 a辺四十六度一十九分三十二秒

三 c辺八十七度零分四十四秒

四 a辺二十三度五十七分一十二秒

五 c辺一百度九分三十秒

六 c辺一百零四度五十九分五十七秒

七 c辺六十七度一十二分三十四秒

二辺狭角あり他二角を求む

一 B角一百零一度五十七分二十秒
C角一百一十二度一分五十秒

二 A角四十度四十分四秒
B角八十五度三十七分一十六秒

三 B角一百五十二度五分四十七秒
C角一百三十六度五十五分三十一秒

四 B角六十三度三十分四十九秒
C角九十五度零分五十七秒

五 A角一百六十五度三十二分四十秒
B角一百六十二度四分三十五秒

二角狭辺あり他両辺を求む

一 b辺二十七度五十四分一十二秒
c辺四十三度四分三十秒

二 a辺一十四度二十七分零秒

b辺一十七度五十五分零秒

三

b辺二十七度五十四分一十二秒

c辺四十三度四分三十秒

四

b辺一百一十六度二十九分一十一秒

c辺八十四度五十九分三秒

五

a辺一百三十九度一十九分五十六秒

b辺九十四度二十二分四十四秒

直角弧三角術

一

a辺五十四度二十七分五十秒

c辺二十三度二分二十五秒

C角二十八度四十四分五十一秒

二

a辺九十四度五十七分二十秒

B角六十度三十二分三十八秒

C角九十八度四十一分四十八秒

三

a辺九十度三十分零秒

b辺一百度零分四十五秒

c辺八十七度七分二十三秒

四

b辺二十六度二十三分二十一秒

a辺五十一度四十六分九秒

C角六十六度五十九分三十五秒

五

a 辺二十一度五分四十二秒

b 辺一百一十六度一十八分九秒

C 角一百度五十九分二十五秒

六

b 辺七十四度五分五十秒

c 辺一百三十二度三十九分三十秒

C 角一百三十一度三十二分四十五秒

七

a 辺九十一度四十七分一十八秒

b 辺九十一度四分一十二秒

C 角五十三度一十五分八秒

b 辺六十度九分三十八秒

八

c 辺九十九度五十九分五十二秒

C 角九十八度四十一分三十八秒

B 角七十九度五十九分四十五秒

九

C 角四十度零分三十秒

c 辺三十八度五十六分三十三秒

B 角六十九度五十九分三十五秒

十

b 辺六十度五分一十三秒

c 辺三十九度一十五分四十三秒

象辺弧三角術

B 角七十四度三十六分三十三秒

一
- C角四十九度八分五秒
- *b*辺七十八度一十四分二十秒

二
- A角一百零七度一十分一十九秒
- C角六十五度一十九分一十五秒
- *b*辺四十七度四十四分二十四秒

三
- A角一百度五分四十三秒
- B角八十八度三十六分四十二秒
- C角八十二度三分一十二秒

四
- A角九十六度一十七分五十三秒
- *b*辺八十二度二十六分零秒
- *c*辺五十度二十七分零秒

五
- B角四十五度零分七秒
- C角一百一十四度四十分四十一秒
- *c*辺一百零八度零分零秒

六
- A角一百零一度四十二分二十五秒
- B角七十二度二十二分二十一秒
- C角四十八度一分二十八秒

七
- A角五十九度四十一分五十一秒
- B角七十八度五十分五十七秒
- C角九十五度三十五分五十八秒

八

A 角一百度零分一秒

C 角四十九度八分二秒

b 辺七十八度一十四分二十三秒

九

B 角八十度一十分三秒

C 角五十度一分五十八秒

c 辺五十度二十六分五十九秒

十

A 角一百三十二度二分四十五秒

B 角四十二度五十六分一十三秒

C 角二十三度四十九分二十七秒

雑題

一

A 角一百三十度四十五分一十三秒

B 角一百二十一度三十一分五十一秒

C 角一百二十三度一十五分七秒

二

a 辺六十四度二十分五十三秒

b 辺八十度三十八分三十秒

c 辺一百零四度二十八分二十秒

三

B 角六十二度四十分五十秒

C 角九十一度三十八分三十四秒

c 辺八十七度二十三分三十四秒

A 角八十一度二十四分二十一秒

四

C 角一百零二度五十九分一十三秒
b 辺六十二度三十六分三十三秒

五

A 角五十九度二分一十三秒
B 角七十四度五十三分五十三秒
c 辺五十六度四十二分三秒

六

a 辺四十九度九分四十九秒
b 辺五十八度二十五分零秒
C 角七十一度一十八分四十五秒

七

a 辺一百一十九度四十二分二十四秒
c 辺六十八度五十三分三十四秒
B 角八十度三十八分三十六秒

八

A 角一百二十一度五十四分五十六秒
B 角四十九度五十九分五十八秒
C 角六十二度三十四分四秒

九

A 角六十六度四十九分五十一秒
a 辺六十六度一十九分五十四秒
b 辺九十五度四十分二十五秒

十

a 辺一百二十六度四十四分四十七秒
b 辺九十八度五十六分一十九秒
C 角一百六十六度四十五分一十六秒

十一
B 角六十五度四十六分五秒
C 角四十五度四十一分二十一秒
b 辺五十四度五十九分五十九秒

十二
a 辺六十三度二分四十五秒
B 角六十二度二十七分一十九秒
C 角四十九度零分二十五秒

十三
b 辺三十五度五十八分一十三秒
c 辺八度二十四分二十二秒
C 角一十四度七分一十九秒
b 辺一百六十二度三十六分二十一秒

十四
c 辺一百六十九度二十一分四十八秒
C 角一百四十七度五十一分四十秒

十五
A 角四十四度一十八分四十秒
C 角一百二十七度一十三分三十一秒
a 辺二十六度一分一十一秒

十六
A 角六十五度一十五分一十一秒
C 角六十四度三十四分四十五秒
c 辺六十一度四十七分三十二秒

十七
B 角八十八度三十六分四十二秒
a 辺一百度零分零秒

C 角八十二度三分一十二秒

十八

a 辺九十三度四分七秒
B 角七十六度五十四分五秒
C 角一百零二度五十七分二十一秒

十九

a 辺三十八度五十四分六秒
B 角一百三十五度四十一分二十秒
C 角一百二十七度一十三分三十秒

廿

B 角一十八度四十九分一十四秒
C 角八十三度五十一分五十秒
c 辺七十度三十九分一秒

測角便蒙巻之五答

實測雜題

一 北より西へ一百二十一度五十一分三秒

二 二時五十七分一十六秒

三 二時五十七分一十六秒

四 四十三度四十九分二秒

五 北より東へ一百二十一度四十六分三十七秒

六 北緯四十度

七 北緯一十五度

八 北緯五度

九 南緯五十度

十 七十度

十一 赤緯北一十度

十二 赤緯南三十三度

十三 北緯四十五度

十四 北緯五十五度

十五 北緯四十五度

十六 七十度 一十度

十七 赤緯北五十度四十八分

十八 高度一十一度三十六分 北緯六十六度三十二分

十九 北緯四十三度九分三十七秒

二十 三十度五十四分五十六秒 四時三十七分四秒五

廿一 零時五十九分五十六秒

廿二 北六十九度三十一分三十五秒

廿三 高度一十七度五十八分一十七秒 方位角北より東へ七十四度三十九分三十六秒

廿四 六時三十一分七秒七

廿五　北緯六十四度二十九分一十七秒

廿六
出没方位角東より北へ三十度四分三十八秒
日出時角午前四時二十三分一十九秒
日の長さ一十五時一十三分二十二秒

廿七　東より北へ一十九度四分二十五秒

廿八　北緯五十六度三十三分三十七秒

廿九　北緯五十九度四分一十八秒

三十　北緯七十一度三十一分九秒

卅一
黄経六十四度三十三分一十二秒
赤緯北二十一度四分一十五秒

卅二
黄経二百五十八度三十分一十七秒
赤緯南二十二度五十七分五十二秒

卅三
黄経四十八度三十七分三十秒
黄経北四度一十四分五十四秒

卅四
黄経二百三十四度三十六分三十二秒
黄緯北四十六度六分二十四秒

卅五　海里四百四十九里四

卅六
海里五千九百四十九里六
陸里六千八百四十七里

卅七　一百四十七度一十五分三十秒

卅八 北緯八十三度

卅九 一百一十二度五十三分二十五秒

四十 南より西へ四十三度三十八分零秒

四十一 北緯五十九度三十六分四十五秒
東経二十一度一十三分一十五秒
同八度四十六分四十五秒

四十二 黄経一百零二度一十八分五十四秒
黄緯南二十八度零分一十二秒

四十三 午前二時四十五分四十四秒
午後九時一十四分一十六秒

四十四 北緯五十九度一十八分三秒

四十五 北緯二十六度二十三分二十七秒

四十六 距離の差七百三十七里六
緯度の高さ南六十度五十四分一十二秒

四十七 七十二度四十一分二十秒

四十八 方位角北より西へ八十四度五十三分三秒
高度一十七度二十三分二十二秒

四十九 南より西へ七十五度五分四秒

五十 北緯一十九度五十五分三十六秒

採原雜題

一
北緯五十八度三十分五十八秒

二
北緯四十八度零分一十二秒
赤緯北一十九度五十九分五十八秒

三
緯度四十一度五十九分四十一秒
同四十八度零分一十九秒
赤緯二十二度一十九分三十九秒
同一十九度五十九分五十六秒

四
緯度四十七度五十九分三十八秒
赤緯二十度零分五秒

五
北緯四十七度五十九分五十秒
赤緯北二十度零分三秒

六
北緯四十八度零分二十九秒
同四十一度五十九分三十二秒

七
北緯四十七度五十九分五十一秒
赤緯北一十九度五十九分五十六秒

八
北緯四十八度零分二秒
赤緯北二十零分二秒

九
緯度四十七度二十三分二十八秒
赤緯北二十度零分三十秒

十
真時午前九時四十七分五十三秒

十一
高度五十九度一十一分三十秒
方位角北より東へ七十七度二十七分五十三秒

十二
真時午前九時四十七分五十三秒
時角の差二十四分一十六秒
方位角の差一十二度三十二分一十六秒

十三
真時午前五時九分四十秒
北緯五十度一十八分二十三秒

十四
赤緯一十八度六分四秒の時即ち一年二四日なり

十五
一十五度四十七分三十五秒

十六
三十八度二十七分四十八秒

十七
三と一との如し

十八
高度三十度五十七分五十秒
時角三時五十八分四秒

十九
三十六度五十二分一十二秒

二十
一千四百六十八間五

廿一
二十六度五十七分五十一秒

廿二
三分二十一秒

廿三
一分一十一秒

廿四
緯度五十九度一十一分一十五秒
東経六度二十五分一十三秒

廿七 六時五十一分四十秒

廿八 北緯四十一度二十三分四十八秒

廿九 同五十二度二十六分五十四秒

三十 同五十八度二十五分五十五秒

卅一 同四十一度二十二分二十七秒

卅二 八十五度零分三十秒

卅三 北より西へ一十九度零分三十秒

卅四 同一十七度零分二十五秒

明治十一年九月廿六日版權免許

同　　十月廿五日出版

同　二十年十月廿五日買受御届

抄譯并編輯人　東京第三大區二小區麹町山元丁一丁目三番地　藤堂景泰

版主　東京日本橋區通二丁目十三番地　小林新兵衛

大坂心斎橋通北久太郎町　柳原喜兵衛

同　南一丁目　松村九兵衛

同　備後町四丁目　梅原亀七

大抜備後町四丁目　吉岡平助
尾張名古屋本町八丁目　片野東四郎
甲府常磐町　内藤傳右衛門
東京日本橋通り一丁目　北畠茂兵衛
同　通二丁目　稲田佐兵衛
同　通三丁目　丸屋善七
同　淺草茅町二丁目　北澤伊八
同　芝太神宮前　牧野吉兵衛
同　芝三島町　山中市兵衛
同　日本橋通二丁目　小林新兵衛