論　說　報　告

土木學會誌　第十卷第六號　大正十三年十二月

眞北測定

會員　工學士　中桐春太郎

内容梗概

野外天文測量及其例題を主とし時の原因種類及換算法を擧げ周極星を述べ、北極星の離隔、子午角、太陽の高度、赤緯子午角及其更正法等を説き眞北測定諸法を記し計算例、離隔表其更正法及其他の諸表を舉示せり、本論は秋田鑛山專門學校にて講述の目的を以て測量天文暦等の諸書を參考し時の轉換例には中野水路部技師の懇助を得、大正六年之を草し今回土木學會誌に寄稿するに當り例8を追加したり。

第一章　時

陸地測量部の三角點の眞北は其成果總覽に掲記しあれども任意地點又は三角測量基線の方向を定むる爲めに眞北を測定するには次の如くす。

1. 太陽時及星時　天球及之に屬する諸線の定義及諸種の坐標は曩に大地測量と平面測量との關係なる題下に土木學會誌第十卷第三號に述べたる故之を省き、直に時に就て述べんに抑天球の軸に沿ひて南より北を眺むる觀測者には凡ての天體が東方より西方に時針と反對に左方に回轉するが如く見ゆべし、是地球自身が西方より東方に時針と同じく右方回轉すればなり、故に地球を回轉せざるものと考ふれば太陽、月、星等の天體は一日に2回地表上の觀測者の子午線を通過すべく、天體が子午圏の上部最も高き位置に達したるを其天體の極高位又は上方子午線經過或は上正中と云ひ *U. C.* を以て表はす、子午圏の下部最も低き位置に達したるを極低位又は下方子午線經過或は下正中と云ひ *L. C.* を以て之を表はす、又天體が子午線より離れて極東部にあれば之を其天體の東離隔と云ひ *E. E.* を以て之を表はし極西部にあれば之を西離隔と云ひ *W. E.* を以て之を表す。

今太陽日とは太陽の中心が同一の子午線を出發して次に之に復歸する迄の時の間隔にして任意の時刻に於ける太陽時とは此時刻に於ける太陽の中心の時角即ち一定の子午線より西方に測りたる此時刻の太陽の中心迄の赤道上の角距離なり、星日とは春分點にありと假定する星即ち白羊宮の一星たるアリースが同一の子午

線上に一度極高位に來り次に再び此極高位に達する迄の期間即ち此春分點が此子午線を出發して次に之に復歸する迄の時の間隔にして、任意の時刻に於ける星時とは此時刻に於ける春分點の時角にして例へばグリニッチ平均正午に於ける星時とは平均正午の時刻に於けるグリニッチ子午線よりの眞春分點即ちアリースの第一點の時角即ち角距離にして是れ即ち後に述ぶる平均太陽の赤經に相當す、今 S を任意の時刻に於ける一定の星若くは他の天體の星時とし t を該當時角とし α を其赤經とすれば次の定義式を得

$$S=\alpha+t \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

但此天體が子午線上にある場合即ち高極位の場合には $t=0$ なる故 $S=\alpha$ なり故に天體の赤經は之が其子午線上にある時刻の星時に等し、若し此天體を太陽の代りに月とすれば太陽日の代りに太陰日と云ひ太陰暦に之を用ゆ。

2. 平均時及眞時　凡ての天體が互ひに同一の位置を保てば凡ての日は等一の長さを有すれども太陽、月及星は各自異れる速度を以て絶へず運動するのみならず各個の速度も亦其位置により一様ならず故に太陽、月及星は各其1日の長さを異にす、而して眞太陽の眞の角動は其軌道に於て所により速度を異にして速度が決して均等ならず是れ黄道の傾斜及軌道の偏心に因るなり、此如く眞太陽の速度は均等にあらずして之を暦に用ゆるは實用上不便なるが故に眞太陽の平均速度を以て赤道上に均等運動をなす所の一の假定太陽を取るを實用上便利なりとす、此假定太陽を平均太陽と稱す、而して天文學上時刻の起算點は春分點なる故春分の正午には眞太陽の中心も平均太陽の中心も共に春分點にありて其他の所にては眞太陽と平均太陽とは多少其位置を異にす、而して平均太陽に依る時を平均太陽時又は單に平均時と云ひ眞太陽時と平均時との差を時差と云ふ、英國の航海暦にグリニッチ平均正午とあるは此平均太陽がロンドン附近なるグリニッチ（北緯 $51\frac{1}{2}°$ 經度 $0°$）の天文臺の子午儀を通過する $0°$ の子午圏上の極位に來りたる正午の時を云ひ此時此平均太陽より眞太陽迄の角距離は即ち時差にして航海暦には各日の時差を算出掲示せり而して吾人の普通用ゆる時は即ち平均時なり。

3. 天文時及常用時　天文時は即ち平均太陽時にして平均太陽が一定の地の子午圏上に高極位に來りたる時即ち平均太陽の正午を起算點とし0時より24時迄通算す、常用時も同じく平均太陽時なれども其起算點は平均正午に先だつこと12時間なる正子即ち夜半にして正子より正午迄を午前と云ひ *A. M.* を以て之を表は

し正午より後の 12 時間を午後と云ひ $P.\ M.$ を以て之を表はす。

故に常用時を天文時に換算するには $P.\ M.$ の時なれば其儘にして數字も變更するを要せざれども $A.\ M.$ なれば日に於て 1 日を減じ時に於て 12 を加ふべし、而して天文時を常用時に換算するには此反對にして天文時の 0 時より 12 時迄は常用時にて其日の $P.\ M.$ にして天文時の 12 時より 24 時迄は常用時にて次の日の $A.\ M.$ なる故天文時の日に 1 を加へ、時より 12 を減じ之を常用時の次の日の $A.\ M.$ とすれば可なり、而して毎年の一月一日はグリニッチの零子午線の反對側にある 180° 子午線を平均太陽が通過する時に始まり十二月三十一日再び之を通過する時に終り以て一箇年の始終をなす故十二月三十一日正午は天文時一月一日の始めなり。

例 1. 大正六年九月十七日常用時 $5^h\,30^m\ P.\ M.$ = 九月十七日天文時 $5^h.\,30^m$, 九月十七日常用時 $5^h\,30^m\ A.\ M. = 17-1+5^h\,30^m+12$ (天文時) = 九月十六日天文時 $17^h\,30^m$ にして天文時に午前午後の呼稱なし。

九月十七日天文時 $5^h\,30^m$ = 九月十七日常用時 $5^h\,30^m\ A.\ M.$

九月十六日天文時 $17^h\,30^m = 16+17^h\,30^m-12$

= 九月十七日常用時 $5^h.\,30^m.\ A.\ M.$

4. 經度及時　地方太陽時或は單に地方時とは此地の子午圈に於ける平均太陽の時角にして此時刻のグリニッチ子午圈に於ける太陽の時角は即ちグリニッチ時にして此地の子午線とグリニッチの子午線との差を角距離にて表はしたるものは即ち經度にして普通之を度分秒にて表はすも又時分秒にて表はすことを得べし、故に所謂時差を求むるには $360° \div 24 = 15°$ を 1 時とし $1°$ を 4 分とす、而して春分點を起點とすれば二地間の星時の差は即ち之が經度を示すなり。

5. 標準時　地方太陽時にては其地の子午線上に平均太陽が高極位をなす時を以て其地の正午として起算せるものなり、然れども各地各特有の正午を用ゆるは不便にして鐵道旅行に於ては殊に然るを以て普通一定の區域を劃して時帶を設け此時帶の各地にては皆一樣の正午を用ひ之を各自の時計に合はす、此正午は即ち此時帶内の所謂標準時の正午にして英國にてはグリニッチ子午線即ち零度子午線を平均太陽の中心が通過する時を以て其標準時の正午とし米國にては 4 個の時帶あり、我邦には 2 個の時帶あり即ち神戸の西方明石附近なる東經 135° の子午線上に平均太陽が高極にある時を以て正午とし之を中央標準時と云ひ我邦の本暦に日

南中として記載せるは東京天文臺の正午即ち平均太陽の此處に高極位にある時を中央標準時にて示せるものなり、而して東經135°の子午線の西に當り之より15°少き東經120°の地點即ち臺灣澎湖島附近の正午を以て西部標準時の正午とす、故に中央標準時は西部標準時よりも1時間進みグリニッチ時よりも135°÷15=9時間進めり、而して千島の得捉島附近は東經150°に當り東部標準時たるべきも尙其必要なき故現今之を設定せず。

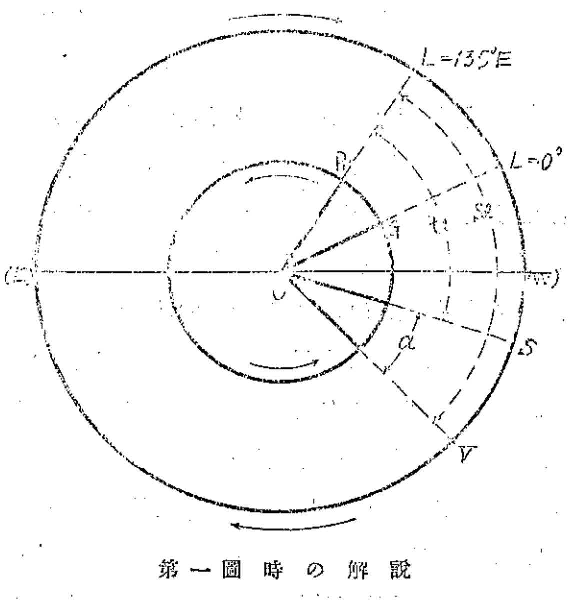
地方時と標準時との我邦に適用すべき關係を表はせる一般等式は次の如し。

$$t_m = t_s + L - 9 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$$

但 t_m は常用時にて表はしたる地方時、t_s は 135° E に於ける中央標準時、L は時分秒にて表はしたる任意の地の東經なり。

若し米國の如き西經地方なれば L は負號を有す、又 L より 9 を減じ得ざれば先づ L に 24^h を加へて後 9^h を減ずべし。

上記の説明を一層明確ならしめんが爲め第一圖を用ゆ、此圖は紙面を赤道面とし北極より見たる天體の投影にして $E. W.$ の方位は地圖と反對にして O を地心とし內矢を以て地球自轉の眞向方を示し外矢を以て天球回轉の視方向を示し G をグリニッチの位置 P_1 を任意の地の位置 S を太陽 OS を平均太陽の方向 V を春分點 OV を春分點の方向とすれば圖面の角は弧にて測定され又時も一の距離と考ふることを得る故 $\angle GOP_1 = P_1$ の東經、$\angle GOS$ =グリニッチ平均時、$\angle P_1OS = P_1$ の地方時 $= t_l$ $\angle GOV$ =グリニッチ星時、$\angle P_1OV = P_1$ の地方星時 $= s_l$ $\angle SOV$ =平均太陽の赤經 $= \alpha$ にして平均正午の星時は其時刻の平均太陽の赤經と等しくして、星時－平均時＝Vの時角－平均太陽時角＝平均太陽赤經



第一圖　時の解說

例 2. 秋田鑛山專門學校に於ける時針の $6^h\ 30^m$ $P. M.$ に相當する地方時を求む、

海軍水路部技師中野理學士が大正七年六月秋田市水道濾過池構内に於ける經度測量の序を以て第二圖の如く秋田鑛山專門學校運動場の南隅 B 地點の經緯度及眞北を測定することを依頼せしに同氏は其天體測量と陸地測量部の栩田二等三角點と連絡せしめ 8 吋經緯儀を以て測定し B 點の經緯度及眞北を圖の如く決定せられ二重圈點を以て示す如く運動場に眞北を示す二石標を埋設したり、是より先縮尺 1/25,000 陸地測量部の地形圖により同校 A 地點の經緯度を計算せしに下記括弧内に示す値を得たり、扨て B 點の經緯度は東經 $140°\ 08'\ 01''.933$ $(07'\ 52.''7)$ 北緯 $39°43'\ 30.''418$ $(43'\ 35.''3)$ なる故

$$L=140°\ 08'\ 01.''933\div 15$$

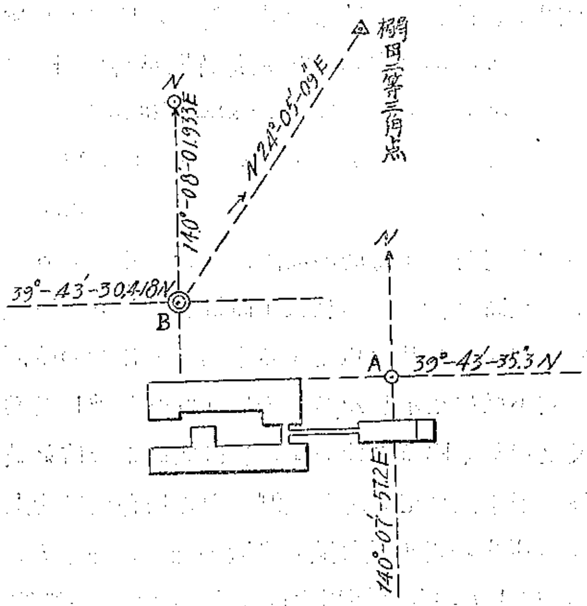
$$=9^h\ 20^m\ 32.^s13\ (31.^s81)$$

にして是丈けグリニッチ平均時より進み中央標準時より $9^h\ 20^m\ 32.^s31-9^h 0^m\ 0^s=20^m\ 32.^s13$ $(31.^s81)$ 丈け進めり、而して等式(2)により秋田鑛山專門學校の $6^h\ 30^m$ $P.M.$ の地方時は

$$t_m=6^h\ 30^m+9^h 20^m 32.^s13-9^h$$

$$=6^h\ 50^m\ 32.^s13\ P.M.$$

にして即ち秋田市に於ける吾人の中央標準時に合はせたる時計の示す午後六時三十分は實際には午後 $6^h\ 50^m\ 32.^s13$ なるべくして是れ秋田市に於ける地方時即ち平均太陽の位置を示す時の正當なる時なり、因に秋田市水道誌によれば秋田市は東經 $140°\ 07'$ 北緯 $39°42'$ にして大正七年七月中野理學士の實測によれば秋田市水道濾過池構内は東經 $140°\ 07'\ 10''$ 北緯 $39°\ 43'\ 33''$ なり。



第二圖　秋田鑛山專門學校の經緯度及眞北

6. 時の轉換　地球は其軸に於て西より東へ自轉するのみならず其軌道に沿ひ東より西へ運行即ち公轉し約 365 日にして太陽を一周するを以て太陽は 1 日に殆ど 1°即ち 60′ 東に移轉する如く見ゆべし、從て春分秋分點の極位に比して太陽が同一の子午圈に極位となる時刻は殆ど $60\div 15=4^m$ 間遲き故平均太陽日は星日よりも殆ど 4 分間長し尚精密に言へば一回歸年（春分より次の春分迄）を星日を以

て計れば366.日2422即ち $366^d\ 5^h\ 48^m\ 46^s$ にして平均太陽日を以て計れば365.日2422にして丁度一日の差あり、故に365.2422太陽日=366.2422星日なり、今 t_m をグリニッチ子午線の平均太陽時の間隔、t_s を星時の該當間隔、r を同一の回歸年を星日にて示したるものと平均太陽日にて表はしたるものとの比とすれば、

$$r=366.2422\div365.2422=1.002738\text{ 星 日}=24^h\ 03^m\ 56.^s5554\text{ 星時}$$

而して一星日は

$$r^{-1}=365.2422\div366.2422=0.9972696\text{ 太陽 時}=23^h\ 56^m\ 04.^s0934$$

太陽時、故に毎時間太陽時に對する星時の加速 $=3^m\ 56.^s5554\div24$

$=9.^s856=0.^h002738$ 及毎時間星時に對する太陽時の減速

$=3^m\ 55.^s9066\div24=9.^s829=0.^h002730$

$$\left.\begin{aligned}\therefore\quad t_s&=r\,t_m=t_m+(r-1)\,t_m=t_m+0.002738\,t_m\\ t_m&=r^{-1}\,t_s=t_s-(1-r^{-1})\,t_s=t_s-0.002730\,t_s\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

平均太陽時の1時間の間隔は星時に比し $9.^s856$ 丈け長き故(3)式により平均太陽時を星時に換算するには1時間に對し $9.^s856$ 丈けの更正を加へざるべからず、即ちグリニッチ時を以てする太陽時の任意の時間を星時に轉換するには此時間を時と其小數にて示したるものに $9.^s856$ を乘し其乘積を秒數として此時に加ふ可し、又星時を太陽時に換算するには此更正の値を減ずべし、而してグリニッチ子午圈以外の子午圈にて太陽を觀測したる場合には此上に尙我邦の如く東經地方にては毎時 $9.^s856$ の更正量を減じ米國の如き西經地方にては之を加ふべし、今等式(2)及(3)により我邦に適用す可き時の轉換の一般等式を示せば次の如し

$$\left.\begin{aligned}s_l&=\alpha+r\,t_l=S_m-9.856\,L+1.002738\,t_l\\ t_l&=(s_l-\alpha)\,r^{-1}=s_l-\alpha-0.002730\,(s_l-\alpha)\\ &=t_v+9.829\,L+0.99730\,s_l\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

但し s_l は地方星時、S_m は航海曆に示すグリニッチ平均正午の星時即ち赤經、L は時及其小數にて示したる任意地方の東經(但し等式(1)により地方平均正午の赤經は $S_m-9.856L$ なり)t_l は等式(4)の第一式により時及其小數にて示しグリニッチ時に改算したる天文時の地方平均太陽時、t_v はのグリニッチの星時正午に於ける平均太陽時即ち英國航海曆より前日のアリースの第一點の子午線經過の平均時にして、$t_v=(24-S_m)\div1.002738$, $t_v+9.829\,L$ は等式(1)により地方星時正午の赤經なり、春分點か子午線上にある時の平均太陽の時角を星時正午に於ける平均太陽

時と云ひ平均太陽が子午線上にある時の春分點の時角を平均正午に於ける星時或は平均正午に於ける平均太陽赤經と云ひ是等は皆我邦及各國の航海曆に掲記せり。

例 3. 秋田鑛山專門學校(東經 $140°\,08'\,01.''933=9^h\,20^m\,32.^s13$)に於て大正六年(1917年)九月日十八 $8^h\,30^m$ *A.M.* の星時を求む、且星時 $23^h\,38^m\,15.^s92$ に對する太陽時を中央標準時にて求む。(但し計算は小數五位に取り四位に切上ぐべし)

西曆1917年は英國航海曆99頁より $S_m=11^h\,47^m\,20.^s07$ 等式 (2) により $t_l=8^h\,30^m+20^m\,32.^s13-9^h+12^h=11^h\,50^m\,32.^s13=11^h.8423$ (17日) 而して 1.002738 の代りに 1.0027379 を 0.002730 の代りに 0.0027304 を取り $1.0027379\,t_l=1.0027379\times11.8423=11.^h87474=11^h\,52^m\,29.^s06$ 秋田にては $9.^s856\,L=9.856\times9^h\,20^m\,32.^s13=9.856\times9.342=92.^s07=1^m\,32.^s07$ 故に等式 (4) の第一式により

$$s_l=11^h\,47^m\,20.^s07-1^m\,32.^s07+11^h\,52^m\,29.^s06=23^h38^m17.^s06=23.^h6381\ (17\text{日})$$

又星時 $23^h\,38^m\,17.^s06$ に對する平均太陽の中央標準時を求むるには同航海曆100頁より九月十八日の前日たる十七日には、

$$t_v=12^h\,14^m\,35.^s81$$

而して $9.829\,L=9.829\times9.342=91.^s8225=1^m\,31.^s82$

又 $0.9972696\,s_l=0.9972696\times23^h\,38^m\,17.^s06=0.9972696\times23.6381$

$$=23.^h5735=23^h\,34^m\,24.^s60$$

故に等式 (4) の第二式より

$$t_l=t_v+9.829\,L+0.9972696\,s_l=12^h\,14^m\,35.^s81+1^m\,31.^s82+23^h\,34^m\,24.^s30$$

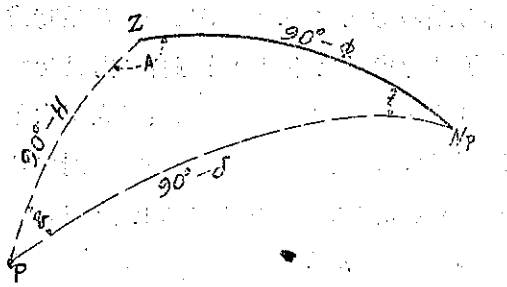
$$=35^h\,50^m\,32.^s3=35^h\,50^m\,32.^s3-24^h=11^h\,50^m\,32.^s3\ (18\text{日})$$

是はグリニッチ時なる故中央標準時に改算すれば

$$t_l=11^h\,50^m\,32.^s3+9^h-12^h-20^m\,32.^s3=8^h\,30^m\ \ A.\,M.$$

第二章　北極星の離角及子午角

1. 公式 土木學會誌第十卷第三號大地測量と平面測量との關係なる論文の第五圖天球及眞北に於て P を或天體とすれば第三圖の如く球面三角 PZN_P を天文三角形と云ひ此三角形に於て A を其天體の子午角、t を或時刻の其時角、q を其變位角、ϕ を觀測者の地學緯度とし Z を其天頂距離、H を其高度とすれば弧 $ZN_P=$ 餘緯度 $=90°-\phi$; 弧 $PN_P=$ 北極距離 $=$ 餘赤緯 $=90°-\delta$, 弧 $ZP=$ 餘高度 $=90°-H=$ 天頂距離 $=Z$ にして球面三角の原理により次の一般等式を得



第三圖　球面三角

$$\sin Z\cos q=\sin\phi\cos\delta-\cos\phi\sin\delta\cos t \quad (a)$$

$$\sin Z\sin q=\cos\phi\sin t \quad (b)$$

$$\sin Z\sin A=\cos\delta\sin t \quad (c)$$

$$\cos Z=\sin\phi\sin\delta+\cos\phi\cos\delta\cos t \quad (d)$$

天體が其離隔に達したる時刻に於ては $q=\frac{\pi}{2}$ なる故 $\cos q=0$, 從而等式 (a) より

$$\cos t=\frac{\tan\phi}{\tan\delta}=\tan\phi\tan\left(\frac{\pi}{2}-\delta\right) \quad (5)$$

又 $q=\frac{\pi}{2}$ なれば $\sin q=1$ にして等式 (b) より $\sin Z=\cos\phi\sin t$

而して此値を (c) 式に入るれば

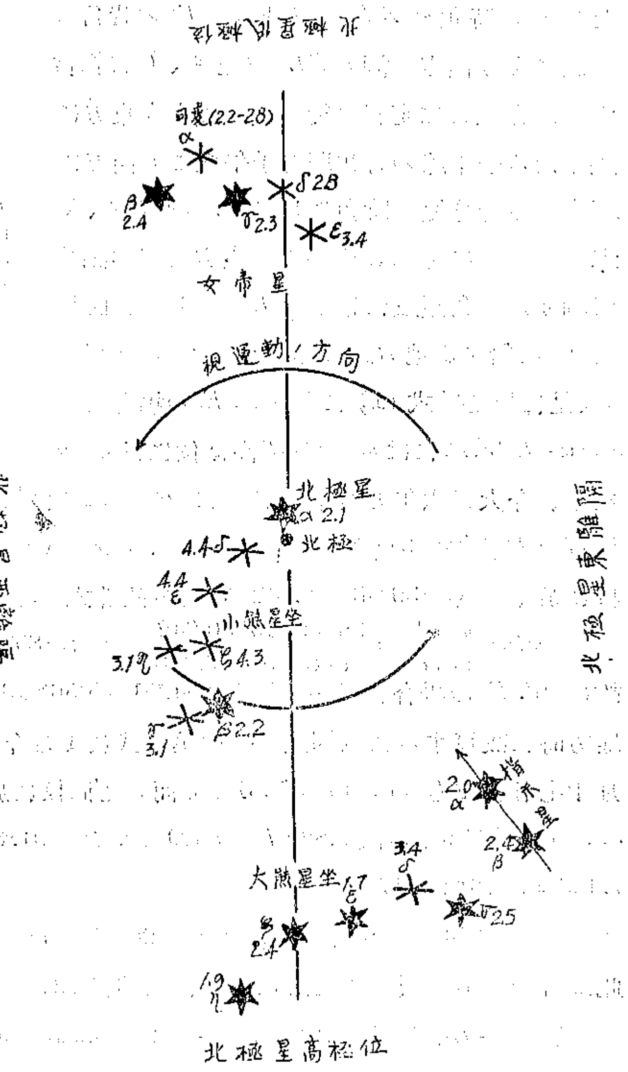
$$\sin A=\frac{\cos\delta}{\cos\phi}=\sin\left(\frac{\pi}{2}-\delta\right)sec\phi \quad (6)$$

又等式 (d) に等式 (5) の $\cos t$ の値を入るれば次式を得

$$\cos Z=\frac{\sin\phi}{\sin\delta}=\sin\phi\sec\left(\frac{\pi}{2}-\delta\right) \quad (7)$$

2.　**周極星**　北半球に於て北極の近傍にありて北極を中心として回轉する星を周極星と云ひ星群を星座と稱す、天球の北方地軸の方向に當り北極に甚だ近く光輝二等に屬し（星の光度を數量にて表はし例へば2又は2.1とせるあり、此量の數が大なる程光輝弱し而して光度を等級にて現はすには數量を四捨五入して其整數を取る例へば大熊星座の ε 星の光度の數量は1.7にして其等級を二等星とす）丁度觀測者の緯度の高さに現はるゝ星あり、之を北極星又は小熊星座 α と云ふ、此星座は第四圖の如く7個の星群より成り其内北極星及 β 星は數字及大型にて示す如く二等星に屬し稍晴れたる夜なれば肉眼を以て之を認むるを得べきも數字及小型にて示す如く三等星以下は餘程晴れたる夜にあらざれば之を認め難し、小熊星坐の外方に當り大熊星坐あり矢張7個の星群より成り我邦にては之を北斗七星又は七曜星と云ひ米國にては俗に杓と稱し其内の1は三等星なれども他の6星は皆二等星なるを以て稍晴れたる夜ならば肉眼にて明に認め得べし、北斗七星中杓盃の形をなせる4星の内其外側の α 及び β 星を結合する直線は第四圖の如く殆ど北極星を指す故共に之を指示星又は劍光と云ひ大熊星坐の α 星より小熊星坐の北極

星迄の距離は指示星α, βの距離の約5倍半なり、故に指示星を求むれば北極星を發見し易し、又北極星の高極位の場合に北極星より大熊星と反對の側に大凡同距離に殆ど逆W字をなせる女帝星坐ありて其5星中β, αは二等星にして他は三等星なり、而して極位の時は大熊星坐のζ小熊星坐の北極星及女帝星坐のδは共に同一垂直線内にあり、是等の星は皆周極星にして北極を中心として西より東に第四圖の矢の方向に北極の周圍に圓を畫きて運行せり、而して北極星は北極に甚だ接近し第四圖を横より見れば北極星もζもδも共に離隔の位置にありてδが右にあれば北極星は東離隔即ち$E.E.$にありδが左にあれば北極星は西離隔即ち$W.E.$にあり。

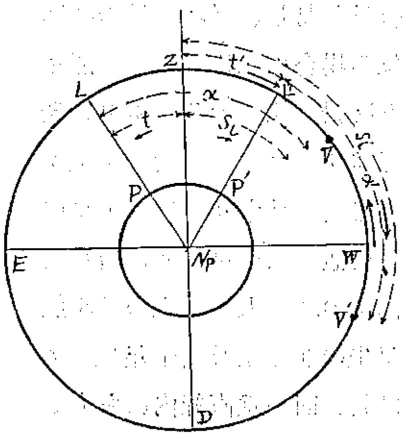


第四圖 周極星

例 4. 秋田鑛山專門學校に於て大正六年(1917)年九月十八日の北極星東離隔の常用時を中央標準時にて求む、且つ其時刻の其子午角を求む。

第五圖に於てN_Pを北極とし小圓に北極星の軌道大圓を赤道とし紙面を赤道面としZD線を子午線とし圖の如きN_Pより見たる天球の水平投影を作りPを北極星の$E.E.$としP'を其$W.E.$としV及V'を夫々春分點の位置とすればW及Eは地圖のW及Eと反對にしてLN_P及$L'N_P$線は共に時圏の投影なりPの時角tは定義により子午線より西方に測り孤$ZL'VWV'DEL$とすべきも此孤は360°

即ち24^hと孤ZLとの差に等しきを以て寧ろZLを子午線より逆に東方に測るものとしPの時角を$ZL=-t$とす、P'の時角は定義により西方に測り$ZL'=t$とす、Pに相當する地方星時は定義に從ひ春分點より東方に測りたる子午線の時角即ち子午線より西方に測りたる春分點の時角にして$ZV=s_l$とす、又赤經も定義に從ひ春分點より東方にPの點まで測りたる角距離にして$VL=\alpha$とす、而してP'に對する地方時及赤經を夫々s_l'及α'とす、是に於て等式(1)により$E.E.$の場合には$s_l=\alpha-t$, $W.E.$には$s_l'=\alpha'+t'$高極位には$s_l=\alpha$



第五圖 秋田に於ける北極星の離隔

なり、今大正六年九月十八日にはグリニッチに於ける高極位の北極星の視位置は1917年航海暦233頁より$\alpha=1^h\,31^m\,34.^s51$, $\delta=N\,88^\circ\,51'\,55.''10$にて示さる而して同校に於ては$\phi=39^\circ\,43'\,30.''42\ N$なる故等式(5)より

$$\cos t=\frac{\tan\phi}{\tan\delta}=\frac{\tan 39^\circ\,43'\,30.''42}{\tan 88^\circ\,51'\,55.''10}\quad\therefore\quad t=89^\circ\,03'\,25.''58=5^h\,56^m\,13.^s70$$

故に$W.E.$の場合には$s_l=1^h\,31^m\,34.^s51+5^h56^m\,13.^s70=7^h\,27^m\,48.^s21=7^h.463$之を地方時に改算するには等式(4)の第二式による今同航海暦100頁より前日たる九月十七日には$t_v=12^h\,14^m\,35^s.81$なり而して同校に於ては$L=140^\circ08'\,01.''93=9^h\,20^m\,32.^s13=9.^h342$なる故$9.829\,L=9.829\times9.342=91.^s8225=1^m\,31.^s82$又$0.9972696\times7.463=7^h\,26^m\,26.^s17$

$$\therefore\quad t_m=12^h\,14^m\,38.^s81+1^m\,31.^s82+7^h\,26^m\,26.^s17=19^h\,42^m33.^s80$$

此地方時を中央標準時に改算するには等式(2)により

$$t_s=t_m-L+9=19^h\,42^m\,33.^s80-9^h\,20^m\,32.^s13+9^h=19^h\,22^m\,01^s.67\ (17\text{日})$$

是は天文時なる故之を吾人の時針の示す常用時に改算するには是に1日を加へ12^hを減じ即九月十八日$7^h\,22^m\,01.^s67$ $A.\,M.$とす、即ち$W.E.$は日中に起り普通の望遠鏡にては北極星を觀測し難き故是より$E.\,E.$の時刻を求めざる可からず、今高極位より西離隔迄の時間は$t=5^h\,56^m\,13.^s70$なる故$23^h\,56^m\,04.^s09-2t=23^h\,56^m\,04.^s09-2\,(5^h\,16^m\,13.^s70)=12^h\,03^m\,36.^s69$丈けの時間を北極星は$W.\,E.$より$E.\,E.$迄に費すなり故に求むる$E.\,E.$の時刻は

$$T=7^h\,22^m\,01.^s67+12^h\,03^m\,36.^s69=19^h\,25^m\,38.^s36=7^h\,25^m\,38.^s36\ P.\,M.\ (18\text{日})$$

にして夜中なる故月無くして天氣良好なれば觀測に差支なし。又等式 (6) により此時の北極星の子午角を求むれば次の如し

$$\sin A = \frac{\cos 88^\circ 51' 55.''10}{\cos 39^\circ 43' 30.''42} \quad \therefore \quad A = 1^\circ 28' 34.''20$$

因に曰フ上記計算に於ては時刻を精密に算出したるも吾人の説明する離隔による眞北測定に於ては天體測定に經線儀を用ゆる如き時の觀測にあらずして時刻を知るは目的に非ず直接の目的は離隔の觀測其者にして後に述ぶる如く離隔に達したる時の望遠鏡の視準線の方向を決定し別に北極星子午角を算出し是より北極の方向即ち子午線の方向を決定するなり、故に子午角の算出は精密を要すれども離隔の時刻は概略にて差支なし。

3. 日及月の出入 我本暦の日の出入時は太陽の上縁が天文臺にて地平線上に見ゆる時刻にして月の出入は其中心が見ゆる時刻なり、是等の時刻を見出す式は天文三角形の公式より

$$\cot t = \sec\phi \sec\delta \cos Z - \tan\phi \tan\delta$$

にして太陽の上縁は光線屈折の爲め $34'$ 高まり而して太陽の半徑は $16'$ なる故日沒の時刻は上縁が地平線の下方 $34+16=50'$ にあり故に $Z=90^\circ$ ならずして $90^\circ 50'$ なり從て $\cos Z = -0.0145$ 故に日沒の星時は

$$\cot t = -(10.0145 \sec\phi \sec\delta + \tan\phi \tan\delta) \quad \cdots\cdots (e)$$

なり、日出の時刻を求むるには 12^h より t を減ずべし、但星時より平均時を得るには時差を用ゆべし、又月入を求むるには次章に述る太陽の視差の爲め $57'$ 降り光線屈折の爲め $34'$ 高まり差引 $57'-34'=23'$ 降る、而して月の半徑は $15.'5$ なる故又差引 $23'-15.'5=7.'5$ にして $Z=90^\circ-7.'5=89^\circ\ 52.'5$ なるべきも月の全面は之を照らさずして全可視部分は其上縁の沒する前に消失する故地心天頂距離を取り $Z=89^\circ 30'$ として月入には

$$\cot t = 0.0067 \sec\phi \sec\delta - \tan\phi \tan\delta \quad \cdots\cdots (f)$$

となる。

4. 北極星の離隔及子午角の表 上記の等式 (1) 乃至 (7) を用ひて北極星の離隔の時刻及子午角を算出したるものは第一表(本論文末添附)の如し、而して實際吾人の實用に供するは日附、西離隔、東離隔及子午角の四欄のみにして即ち第二表の如し、第二表は我領土の約中央なる東經 135° 北緯 35° の地の大正七年 (1918 年) の觀測に適用すべきもの故殆ど帝國の中央にして生野鑛山附近にては凡そ正

確なるべく其他の地及年に於ては同表の下に記せる方法により更正をなさゞるべからず、又第三表は大正七年より大正九年迄帝國內各地の緯度に適用すべき子午角及其更正値を示せり、而して第二表の更正値の理由を說明すれば次の如し。

1. $3.^m94$ 前に述べたる所にて明なり。

2. 每年の加數 0.25^m 星日の1日は太陽時にて測り $23^h\,56^m\,0.^s409=23.^h9266$ なる故星日を太陽時に改算するには之に $3.^m94$ と星日の加速 0.0027 とを乘ぜざるべからず、即ち $3.94\times23.9266\times0.0027=0.^m254524\doteqdot0.^m25$

3. 潤後第1年 $0.^m0$ 神武天皇即位紀元年數の4を以て整除し得べき年は即ち潤年なれども紀元年數より660年即ち西曆紀元年數との差を減じ100を以て整除し得べきものの中更に4を以て其商を整除し得ざる年は平年なり、而して1年は365.日2422 なれどもジュリアン曆即ち西曆に於ては之を 365.日25 とし實用上平年を、365.日0 潤年を366.日 とし潤年にて實際の年の餘數0.日2422に對するものを殆ど決濟せり、即ち $(0.25-0.2422)\times3.94=0.030732$ を省略して $0.^m0$ とせしなり。

4. 潤後第2年 $0.^m9$ 潤後第1年の餘數0.日2422を太陽曆に從ひ 0.日25とし是より $(0.25-0.2422)\times4\doteqdot0.$日0312 を見出し $0.25-0.0312=0.$日2188を求め $0.2188\times3.94=0.862092\doteqdot0.^m9$ とし日の方が0.2188丈け遲れたる故 $0.^m9$ を加ふるなり。

5. 潤後第3年 $1.^m7$ 潤後第2年に屬する $0.^m362$ を2倍すれば $1.^m724$ なり之を $1.^m7$ とす。

6. 潤年 潤年の三月一日より前には $0.862\times3=2.^m586\doteqdot2.^m6$ とし三月一日及其後には曆に全1日を加へたる故時は進みて $-3.^m94$ となる然るに實際太陽の位置は $0.0312\times3.94\doteqdot0.^m1229$ 丈け遲れたり故に $-3.94+0.12=-3.82$ となる、之を $-3.^m8$ とし此數に三月一日より前の $2.^m6$ を加ふれば $-3.8+2.6=-1.^m2$ となる。

7. 經度の更正 $0.^m16$ $3.94\div24=0.^m16$

8. 緯度の更正 $0.^m13$ φ を任意の緯度とし φ_{35} を $35°$ の緯度とし C を緯度の更正量とすれば $\varphi=\varphi_{35}+(\varphi-\varphi_{35})\pm C$ にて種々の公式あれども之を用ゐずして概算を行はんに陸地測量部測地便覽第三表23頁により計算すれば緯度 $1°$ 每に $C=26^m$ 又ベッセル地球要素の小半徑を用ひ $1'$ の長さは約200米なる故 $26\div200=0.^m13$ を更正量とし $35°$ 北南には $E.E.$ に $(+)$ を以北には $(-)$ を取り $W.E.$ には之を反對にす。

9. 地方時 $4.^m0$ 前に述べたる通りなり。

第二表

1918年（大正七年）東經135°北緯35°の地點に於ける北極星の離隔の常用時及子午角

月	日	西離隔		東離隔		子午角
*I*月	1日	$0^h\ 52.47^m$	*A.M.*	$0^h\ 53.97^m$	*P.M.*	$1°-22'-26''.22$
	16	11−53.23	P.M.	11−51.73	A.M.	24.98
II	1	10−50.01	〃	10−48.51	〃	24.93
	16	9−50.77	〃	9−49.27	〃	28.32
III	1	8−59.46	〃	8−57.96	〃	30.85
	16	8−00.31	〃	7−58.81	〃	35.24
IV	1	6−53.39	〃	6−51.89	〃	40.07
	16	5−54.42	〃	5−52.92	〃	46.99
V	1	4−54.53	〃	4−53.03	〃	52.85
	16	3−55.66	〃	3−54.16	〃	57.25
VI	1	2−54.02	〃	2−52.52	〃	$1°-23'-00''.93$
	16	1−55.30	〃	1−53.80	〃	$1°-23'-03''.85$

月	日	西離隔		東離隔		子午角
*VII*月	1日	$0^h\ 56.62^m$	*P.M.*	$0^h\ 55.12^m$	*A.M.*	$1°-23'-04''.48$
	16	11−57.97	*A.M.*	11−59.47	*P.M.*	03.85
VIII	1	10−55.29	〃	10−56.79	〃	01.66
	16	9−56.58	〃	9−58.08	〃	$1°-22'-57''.98$
IX	1	8−53.88	〃	8−55.38	〃	52.12
	16	7−55.18	〃	7−56.68	〃	46.99
X	1	6−56.25	〃	6−57.75	〃	40.38
	16	5−57.35	〃	5−58.85	〃	33.82
XI	1	4−54.46	〃	4−55.96	〃	26.22
	16	3−55.42	〃	3−56.92	〃	19.85
XII	1	2−56.34	〃	2−57.84	〃	11.69
	16	1−57.17	〃	1−58.67	〃	$1°-22'08''.85$

（註）第二表に揭記せる日以外の日に於ける離隔の時刻は1日に$3.^m94$宛遲るるものとし子午角は1年に凡そ1/3宛減ずるものとし挿入法より算出すべし、即ち某日の離隔の時刻は所要の日に最も近き表の日の時刻を取り表の日が所要の日より前ならば1日に付3^m94宛の割合にて減じ表の日が後なら此割合にて增加すべし表より後の年及異りたる土地ならば次の更正をなすべし、即ち大正七年より後の年ならば一年毎に0^m25を加ふべし潤年後の第1年に對しては更正なし、每年更正に加ふるに潤年後第2年に對しては尙0.9^mを加へ第3年に對しては1^m7を加へ次の潤年に對しては三月一日より前ならば2^m6を加へ三月一日及其後には1^m2を減ずべし135°*E*以外の地にては以東一時即ち15°每に0^m16を加へ（以西は1時每に之れを減ず）35°*N*以外の地にらば：35°以北は1°每に*W.E.*の時刻に0^m13を加へ*E.E.*より減じ35°以南なれば*W.E.*の時刻より一度每に0^m13を減じ*E.E.*に加ふべし表には中央標準時を用ひたる故地方時に直すには

東經一度每に 4^m0 宛を加減すべし、*W. E.* より *E. E.* までの時間の中央は高極位の時刻にして *E. E.* より翌日の *W. E.* 迄の時間の中央は低極位の時刻なり]。

第三表

各年の平均赤緯に對し算出したる 1918 年(大正七年)乃至 1920 年の離隔時の北極星の子午角

北緯	1918	1919	1920	北緯	1918	1919	1920	中日 1月		更正 −0′.5
20°	1°−12′.3	1°−12′.0	1°−11′.7	36°	1°−24′.0	1°−23′.0	1°−23′.3	II	X	−0.4
22	13.3	13.0	12.6	38	26.2	25.9	25.5	III		−0.3
24	14.4	14.1	13.7	40	28.7	28.3	27.9	IV		0.0
26	15.6	15.3	14.9	42	31.5	31.0	30.6	V	VIII	+0.1
28	17.0	16.6	16.3	44	34.5	34.1	33.6	VI	VII	+0.2
30	18.5	18.1	17.8	46	37.8	37.4	37.0	IX		−0.2
32	20.1	19.8	19.4	48	41.6	41.1	40.7	XI		−0.6
34	1°−22′.0	1°−21′.6	1°−21′.2	50	1°−45′.7	1°−45′.3	1°−44′.8	XII		−0.8

[(註)第三表、北極星の子北角を始めて測りたるときは 12° なりしが上表に示す如く子午角は年々に減じ遠き將來には 1/2° となりて殆ど北極星と一致し是より亦漸次遠ざかるべし此の減ずる割合は大凡1年に 0° /3′ とす]

例 5. 大正九年(1920年)三月五日秋田鑛山專門學校に於ける北極星の離隔の時刻を中央標準時にて求め且離隔の子午角を求む、但同校の位置を東經 140°.13 北緯 39°.73 とす。

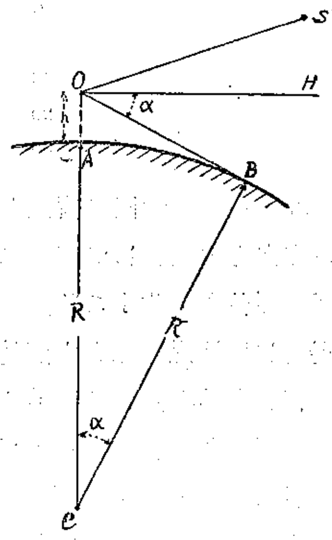
第二表を用ひ三月五日に最も近きは三月一日にして此日の離隔の時刻は第二表より午後 $8^h\,59.^m46$ に於ける西離隔なり、而して所要の年は 1920 年なる故 $(1920-1918)\times0.25=0.^m5$ を此時刻に加へて午後 $8^h\,59^m96$ となる、然るに 1920 年は潤年にして三月五日は三月一日より後なる故 $1.^m2$ を減ずれば $8^h\,58.^m76$ となる、而して三月一日と五日との間は 4 日の差あり、時刻の差が 1 日に付 $3.^m94$ なる故 4 日に就ては $3.94\times4=15.^m76$ にして之を $8^h\,58.^m76$ より減ずれば即ち $8^h\,43.^m0$ が三月五日の西離隔の時刻なり、是は北緯 35° の地に於けるものなる故更に之を同校の北緯 39°.73 のものに改正せんに兩者緯度の差は $39.73-35.00=4°.73$ なり、而して 35° 以北にては 1° に付 $0.^m13$ を加ふべき故 4.°73 に對しては $0.13\times4.73=0.^m61$ なり、之を $8^h\,43.^m00$ に加ふれば $8^h\,43.^m61$ *P.M.* となる、是即ち所要日、所要緯度に於ける地方時なる故更に之を中央標準時に改算せん爲めには 140.°1350 $=5.°130$ に對し 1° に付き 4.0^m の割を以て $5.13\times4=20.^m52$ の改正をなすべし、此

場合に於て中央標準時は地方時より遲るゝ故 $8^h\,43.^m52-20.^m52=8^h\,23.^m00$ P. M が大正九年三月五日秋田鑛山專門學校に於ける北極星の西離隔を吾人の時計の示す所の中央標準時にて表はしたるものなり、次に子午角を見出すには第三表を用ひ所要の位置が北緯 $39°.73$ にして $40°$ との差は $40-39.73=0°.27$ なり、而して $40°$ と $38°$ との間にては子午角の差 $27'.9-25'.5=2'.4$ なる故 $0°.27$ に就ては $0.27\div2\times2.4=0'.32$ なり、故に之を $1°\,27'.3$ より減じ $1°\,27'.0$ を以て大正九年三月五日同校に於る北極星の西離隔の子午角とす。

第三章　太陽の高度及子午角

1.　觀測高度の更正　太陽の眞高度を得んには其觀測値に次に述ぶる如く地平俯角太陽の視半徑及視差並に光線の屈折等に基因する更正を施さゞるべからず。

1.　地平俯角　第六圖に於て C を地球の中心 R を其半徑とし O を觀測者の眼との地表 AB を水平線即ち視地平とし OH を OC に直角に引きたる眞地平とし h を地表或は海面 A より O 迄の高とし S' を太陽とすれば太陽の高度の觀測値としては $\angle BOS'$ を得べし、然るに要する所は $\angle HOS'$ なり而して $\angle HOS'=\angle BOS'-\angle HOB$ にして $\angle HOB$ を α とすれば是即ち地平俯角と名づけ眞高度 $\angle HOS'$ を得んが爲めに觀測高度 $\angle BOS'$ より減ずべき更正量なり、今 ΔOCB は直角三角形なる故 $BC=CO\cos\angle OCB$ 即ち $R=(R+h)\cos\angle OCB=(R+h)\cos\angle HOB=(R+h)\cos\alpha$, $1-\cos\alpha=1-\dfrac{R}{R+h}=\dfrac{h}{R+h}=2\sin\dfrac{1}{2}\alpha$,



第六圖　地平俯角

$$\therefore\quad \sin\frac{1}{2}\alpha=\sqrt{\frac{h}{2\,(R+h)}}=\sqrt{\frac{h/R}{2\,(1+h/R)}}\doteqdot\sqrt{\frac{h}{2R}}=\frac{1}{2}\,\alpha$$

$\because$　h/R は 1 に比すれば微小にして省略し得且つ α は小なればなり、

$$\therefore\quad \alpha=2\sqrt{\frac{h}{2R}}=\sqrt{\frac{h}{\frac{1}{2}R}}$$

然るに α を角度の分にて表はせば $\alpha=\rho'-\doteqdot 3{,}438$ にして $R=6{,}370{,}000$ 米

$$\therefore\ \sqrt{\frac{1}{2}R}=\sqrt{3{,}185{,}000}=1{,}784$$

$$\therefore\ \alpha=\frac{3{,}438}{1{,}784}\sqrt{h}\doteqdot 2\sqrt{h}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

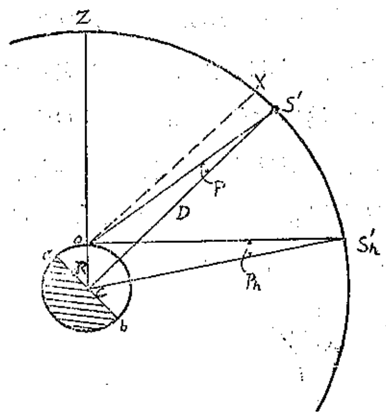
$$\text{又}\ OB=R+\alpha\doteqdot R\alpha\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

此兩式より第四表を得俯角の更正は船の甲板上にて六分儀を用ゆる時の外之を要せず。

第　四　表

$h_{(m)}$	α	$OB_{(km)}$
1	2′ 00″	12,740
2	2′ 50″	18,014
3	3′ 28″	22,066
6	4′ 54″	31,200
8	5′ 39″	36,029
10	6′ 19″	40,284
20	8′ 57″	56,973
30	10′ 57″	69,777

2.　視差　太陽の視差とは地表にて太陽を見たる方向と地心にありて之を見たる方向との差にして一般に言へば視差とは觀測者の變位より生ずる物體の方向の變化にして此場合には測點と地心とが爲す角距離と定義するを得、今第七圖に於て O を觀測者の眼、S' を太陽、C を地心とし OX を CS' に並行に引けば觀測者に對して S の視差は $\angle S'OX$ 即ち $\angle OS'C$ なり、此視差の爲めに太陽が實際より低く見ゆる故太陽の眞位置に更正する爲めには視差を觀測高度に加へざる可からず、今 $\Delta COS'$ に於て $S'C:OC=\sin\angle COS:\sin CS'O$ 而して Z 點を天頂とし $S'C=D$, $OC=R$, $\angle CS'O=P$, $\angle ZOS'=Z$ とすれば $\angle COS'$ は $\angle Z$ の補角なる故前式は $D:R=\sin Z:\sin P$ となる故に $\sin P=R/D\sin Z$, 然るに P は微小なる故之を秒にて表はし其符號を P'' とす



第七圖　太陽の視差

れば

$$P''=206,265\frac{R}{D}\sin Z \cdots\cdots\cdots(10')$$

P'' は $Z=0$ 即太陽が天頂にある時最小にして $Z=90°$ 即ち太陽が地平線にあるとき即ち S'_h の場合最大なり、S'_h は所謂地平視差 P_h を生じ此場合には

$$P''_h=206,265\frac{R}{D}$$

$$\therefore\ P''=P_h\sin Z \cdots\cdots\cdots(10'')$$

第七圖にて示す如く太陽の地平視差 $\angle OS'_hC$ とは太陽より見たる地球の角半徑なり、即ち太陽の地平視差が $8''.8$ なりと云へば太陽より見たる地球の視直徑が $8''.8$ の二倍 $19''.6$ なることを知るべし而して $P''=8''.8$ とすれば等式 (10) より

$$D=\frac{206,265}{P_h''}R=\frac{206,265}{8.8}R=23,439R\cdots\cdots(11)$$

此式より地球の中心より太陽の中心迄の距離を求め得べし、今觀測者が赤道にあるものとし米國航海暦には地平視差を表示せり、而して等式 (9) より算出したる視差は第五表の如く小なる故野外天文測量に於ては普通之を省く。

第　五　表

觀測高度 H_1	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
視　差 P''	8.8	8.6	8.3	7.7	6.8	5.7	4.5	3.0	1.6

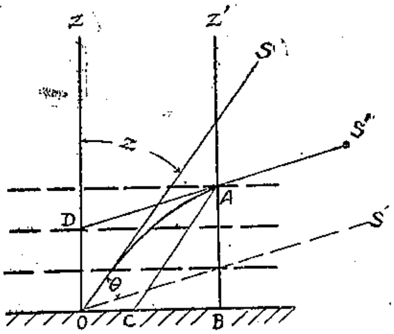
3.　太陽の半直徑　普通は太陽の縁を觀測する故太陽の眞高度を求むるには其視半徑を(地表上觀測による)觀測高度に加へ或は減ぜざるべからず、英國航海暦及我本暦には其中心より觀測したる半直徑を表示せり、第七圖より $\angle S'CO=Z-P$ にして視半直徑及航海暦半直徑は OS' 及 CS' に反比す故に

$$S=\text{視半直徑}=\text{航海暦半直徑}\times\frac{\sin Z}{\sin(Z-P)}\cdots(12)$$

而して S の値は十二月に $16'\,18''$ 六月に $15'\,46''$ なり而して普通の如く太陽の下縁を觀測するときは S は觀測高度に加ふべきものとす、但野外天體測量に於ては上下兩緣を見て計算により中心より見たると同一ならしめ半直徑の更正を省くを常とす。

4.　光線の屈折　第八圖に於て O を觀測者の位置、S' を太陽の眞位置とすれば S' よりの光線は眞空中を通過し直線をなして A 點に達し此處にて始めて大氣中に入り屈折を受け光線の通路は下向の曲線となり、遂に O なる觀測者の眼に達

す、然るに觀測者は此曲線に觸切する OS の方向を見る故太陽の視位置は S' にあらずして S なり、而して OS が垂直となす角 $\angle ZOS$ 即ち S の天頂距離（即ち S' の視天頂距離）を $\angle Z$ とす今大氣の厚 AB は約 80 km にして地球の半徑に比すれば甚だ小なる故 A 點の天頂を Z' とすれば AZ' は OZ と並行なりと考へて差支なし、故に O と B との間の地表の曲率を省略して同密度の氣層は互に並行なりと考ふるを得べし、若し屈折なしとすれば眞天頂距離は $\angle ZDS'$ なり、而して $\angle ZDS'=\angle ZOS'$, 故に θ を屈折角とすれば $\theta=\angle SOS'$ なるを以て屈折角 θ は眞及視天頂距離の差として定義するを得べし故に眞天頂距離 $=Z+\theta$ なり、扨光學の原理により光線が並行層より成る媒介物を通過する時は光線の最後の方向は媒介物全體として最後層の密度を有する場合と同じき故光線の最後の方向 SO は A 以下の氣層が總べて O に於けると同一の密度を有し n なる同一の屈折率（入射角と屈折角との比）を有するものゝ場合と同一なり、故に OS に並行に AC を引けば直ちに A に於て屈折の法則を適用して次式を得



第八圖　太氣中光線屈折

$$\sin\angle Z'AS'=n\sin\angle BAC=n\sin\angle ZOS$$

即ち
$$\sin(Z+\theta)=n\sin Z$$

$$\therefore\ \sin Z\cos\theta+\cos Z\sin\theta=n\sin Z$$

然るに θ は常に 40′ 以下にして微角なる故 $\cos\theta=1$ とすれば

$$\sin\theta=(n-1)\tan Z \quad \cdots\cdots\cdots (13)$$

是れ大氣屈折の一般式にして氣壓 762 mm 溫度 10° C の時の屈折を平均屈折と云ひ θ は微少なる故秒にて表はしたる平均屈折を θ_m とすれば、

$$\sin\theta_m=\frac{3.1416}{180\times60\times60}\theta_m=\frac{\theta_m}{206,265}$$

にして此場合には $n=1.000276$ なる故上式より $\theta_m=(1.000276-1)\times206,265\tan Z=57''\tan Z$ 今觀測高度を H_1 とすれば $Z=90°-H_1$ なる故

$$\theta_m=57''\tan Z=57''\cot H_1 \quad \cdots\cdots\cdots (14)$$

此式より算出したる平均屈折は第五表の如し。

氣壓及温度の變化に對する更正は最大の場合 $2''.0$ に過ぎざる故工事上の目的の爲めの普通觀測には之を省き直ちに第六表の値を取りて差支なし、而して此表の平均屈折は即ち屈折更正にして普通の野外測量に於て眞高度 H を得るには觀測高度 H_1 より此値を減ぜざるべからず。

即ち $$H=H_1-57''\cot H_1=H_1-\theta_m \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (15)$$

但し上來述べたる所によれば $H=H_1-\alpha+P+S-\theta_m$ なれども $\alpha, P,$ 及 S は測量に於ては省略して常に (15) 式のみによりて更正をなす。

第 六 表

平均屈折（觀測高度より減ずべき）氣壓 762_{mm} 温度 $10^\circ C$

高度	平均屈折		高度	平均屈折	
10°	5′	19″	20°	2′	39″
11	4	51	25	2	04
12	4	27	30	1	41
13	4	07	35	1	23
14	3	49	40	1	09
15	3	34	45		58
16	3	20	50		49
17	3	08	60		34
18	2	57	70		21
19	2	48	80		10

温度及氣壓の更正は最大 $=2''.0$ に過ぎざる故略す

2. 太陽の子午角

1. 赤緯の經度更正地球の軌道面は地軸と約 $23^\circ 27'$ の傾斜をなすを以て太陽は夏季に於て天球の赤道の北に見へ冬期には南に見ゆ、此の如き赤道よりの偏倚を太陽の赤緯と云ひ角度にて表はし北赤緯を正とし南赤緯を負とす太陽は六月二十一日頃の夏至には北赤緯の極點に達し漸次南に歸り十二月二十二日頃の冬至には南赤緯の極點に達す、而して夏至及冬至に於ける赤緯の變化は緩なるも春分及秋分には變化最も急にして1時間に1分迄の變化をなす、此の如く太陽の赤緯は絶へず變化する故英國航海暦にはグリニッチの赤緯を我本暦には東經 135° の地の毎日正午の視赤緯を載せ航海暦には赤緯の毎時變化を視正午に於ける1時間の變化として掲記せり、我本暦には此變化を載せざるも之を算出するには算出せんとする日の前の日と後の日との赤緯の差を 48 時間にて除し之を毎時の變化とすれば可なり、今 δ_1 を東經 135° に於ける前日の正午の赤緯とし δ_2 を翌日の正午の赤

緯とすれば毎時變化 δ_v は次の如し

$$\delta_v=\frac{\delta_1\sim\delta_2}{48} \quad \cdots\cdots (16)$$

赤緯が増しつゝあれば $\delta_1\sim\delta_2$ は $\delta_1-\delta_2$ を取り減じつゝあれば $\delta_2-\delta_1$ を取るなり、又東徑地方に於ける一定の土地の正午に於ける赤緯 δ_l は $\delta_l=\frac{\delta_1-\delta_2}{48}(L\sim9)$ にして L は時間を以て表はし東經 135° 以東の地ならば $L-9$ を以西の地には $9-L$ を取るなり、而して此土地の一定の時刻に於ける太陽の赤緯は t_n を時間の數とすれば赤緯の更正量 δ_c は

$$\delta_c=\frac{\delta_1-\delta_2}{48}(L-9)\pm\frac{\delta_1-\delta_2}{48}t_n=\frac{\delta_1-\delta_2}{48}\{(L-9)\pm t_n\} \quad \cdots (17)$$

此 (17) 式に於て時刻が地方時の午前ならば正を取り午後ならば負を取る。

2. 太陽の子午角計算 第三圖を天文三角形の太陽の子午角を算出するに用ひ $Z=90°-H$ なる故前の等式 (d) と同一の形を採り

$$\cos(90°-\delta)=\sin(90°-Z)\sin\phi+\cos(90°-Z)\cos\phi\cos A$$

$$\therefore\ \sin\delta=\cos Z\sin\phi+\sin Z\cos\phi\cos A$$

$$\therefore\ \frac{\sin\delta-\cos Z\sin\phi}{\sin Z\ \cos\phi}=\cos A=1-2\sin^2\frac{1}{2}A$$

$$\therefore\ 2\sin^2\frac{1}{2}A=1-\frac{\sin\delta-\cos Z\sin\phi}{\sin Z\ \cos\phi}=\frac{\sin Z\cos\phi-\sin\delta-\cos Z\sin\phi}{\sin Z\ \cos\phi}$$

$$2\cos^2\frac{1}{2}A=\frac{\sin\delta-\cos Z\sin\phi+\sin Z\cos\phi}{\sin Z\ \cos\phi}$$

$$\therefore\ \tan^2\frac{1}{2}A=\frac{\sin Z\cos\phi-\sin\delta-\cos Z\sin\phi}{\sin\delta-\cos Z\sin\phi+\sin Z\cos\phi}$$

$$=\frac{\frac{1}{2}\sin(Z+\phi)+\frac{1}{2}\sin(Z-\phi)-\sin\delta-\frac{1}{2}\sin(Z+\phi)-\frac{1}{2}\sin(Z-\phi)}{\sin\delta-\frac{1}{2}\sin(Z+\phi)+\frac{1}{2}\sin(Z-\phi)+\frac{1}{2}\sin(Z+\phi)+\frac{1}{2}\sin(Z-\phi)}$$

$$=\frac{\sin(Z+\phi)-\sin\delta}{\sin(Z-\phi)+\sin\delta}=\frac{2\cos\frac{1}{2}(Z+\phi+\delta)\sin\frac{1}{2}(Z+\phi-\delta)}{2\sin\frac{1}{2}(Z-\phi+\delta)\cos\frac{1}{2}(Z-\phi-\delta)}$$

$$\therefore \quad \tan\frac{1}{2}A=\pm\sqrt{\frac{\cos\frac{1}{2}\ (Z+\phi+\delta)\sin\frac{1}{2}(Z+\phi-\delta)}{\cos\frac{1}{2}\ (Z-\phi-\delta)\sin\frac{1}{2}(Z-\phi+\delta)}}\cdots\cdots(18)$$

此式により太陽の子午角Aを求むることを得、而して午前の觀測なれば正號を取り午後なれば負號とす、但しAは眞北より時針と同じく東に測るべきも合衆國沿岸及大地測量の如く南より時針と同じく西に取れば午前の觀測ならば子午角は$180°+A$にして午後の觀測ならば$180°-A$となる、又北緯$23°27'$以北の地にては太陽は常に其南方に於て子午線を經過する故子午角は南方より起算したるものを得べく之を北方より起算したるものにするには午前ならば$180°$を加へ午後ならば$360°$を加ふべきものとす、又δは春分より秋分迄は正として其後は負とす。

例6. 大正七年九月十八日午後二時秋田鑛山專門學校に於て太陽の高度を觀測し $H_1=44°46'$ を得たり、同時刻に於ける太陽の子午角を求む。

觀測高度より眞高度を求むるに氣壓及溫度の更正は小なる故之を略し、又第六表より $H_1=45°$ の θ_m は $58''$ にして $45°$ と觀測高度 $44°46'$ との差は僅かに $14'$ にして $44°46'$ に對する θ_m は $57''.95$ にして殆ど $58''$ に異らざる故計算の便利の爲め $H_1=44°46'$ に對して $\theta_m=58''$ とす、故に等式 (15) より $H=44°46'-58''=44°45'02''$, $\therefore\ Z=90°-H=45°15'58''$, 大正七年本曆より東徑 $135°$ に於ける太陽の赤緯は $\delta_0=N\,2°13'48''$ (九月十八日) $\delta_1=N\,2°36'59''$ (十七日)、$\delta_2=N\,1°50'34''$ (十九日) にして赤緯は減じつゝあり、故に等式(16)よ

$$\delta_v=\frac{\delta_1-\delta_2}{48}=\frac{2°36'59''-1°50'34''}{48}=58''.02\fallingdotseq 58''$$

り是れ即ち東徑$135°$に於ける九月十八日の赤緯の毎時の變化なり。今秋田の東徑は$L=9^h20^m32^s.13=9^h.342$ にして $L-9=0^h.342$ なり、而して午後二時は $t=-2^h$ なる故等式 (17) より

$$\delta_c=\frac{\delta_1-\delta_2}{48}\{(L-9)-t\}=58''(0.342-2.0)=-96''.164\fallingdotseq-1'36''$$

故に九月十八日午後二時に於ける秋田鑛山專門學校の赤緯は

$$\delta=\delta_0-\delta_c\fallingdotseq+2°13'48''-1'36''=N\,2°12'12''$$

秋田鑛山專門學校に於ては $\phi=39°43'35''$ 今上述 Z,ϕ 及 δ を用ひ等式 (18) に

より太陽の子午角 A を求めんとす。

$$\frac{1}{2}(Z+\phi+\delta)=\frac{1}{2}(45^\circ 14' 58''+39^\circ 43' 35''+2^\circ 12' 12'')=43^\circ 35' 23''$$

$$\frac{1}{2}(Z+\phi-\delta)=\frac{1}{2}(45^\circ 14' 58''+39^\circ 43' 35''-2^\circ 12' 12'')=41^\circ 23' 11''$$

$$\frac{1}{2}(Z-\phi-\delta)=\frac{1}{2}(45^\circ 14' 58''-39^\circ 43' 35''-2^\circ 12' 12'')=1^\circ 39' 36''$$

$$\frac{1}{2}(Z-\phi+\delta)=\frac{1}{2}(45^\circ 14' 58''-39^\circ 43' 35''+2^\circ 12' 12'')=3^\circ 51' 48''$$

故に等式 (18) の午後の式を用ひ其對數を取れば

$$\begin{aligned}\log\tan\frac{1}{2}A&=-\frac{1}{2}(\log\cos 43^\circ 35' 23''+\log\sin 41^\circ 23' 11''-\\&\qquad\log\cos 1^\circ 39' 36''-\log\sin 3^\circ 51' 48'')\\&=-\frac{1}{2}(9.8599137+9.8202917-9.9998177-8.8285098)\\&=-0.4259390\end{aligned}$$

$$\therefore\ \frac{1}{2}A=-69^\circ 26' 34''$$

$$\therefore\ A=-138^\circ 53' 08''=360^\circ-138^\circ 53' 08''=221^\circ 06' 52''\doteqdot S\,41^\circ 07'\,W$$

即ち同校に於ける大正七年九月十八日午後二時の太陽の子午角は約 $S\ 41^\circ\ 07'\ W$ なり。

第四章　赤緯測設

太陽の赤緯を觀測すれば高度の場合に於ける如く光線の屈折の爲めの更正を要す、今等式 (a) 及 (d) に於て補助値 N を取り

$$K\sin N=\cos\phi\cos t,\qquad K\cos N=\sin\phi\ \text{とすれば}$$

$$\tan N=\cot\phi\cot t\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\ (19)$$

なる故 ϕ と t とを知れば N を求むるを得べく又等式 (a) 及 (d) は次の如くなる

$$\sin Z\cos q=K\cos N\cos\delta-K\sin N\cos\delta=K\cos(\delta+N)\ \cdots\ (a')$$

$$\cos Z=K\cos N\sin\delta+K\sin N\cos\delta=K\sin(\delta+N)\ \cdots\cdots\ (d')$$

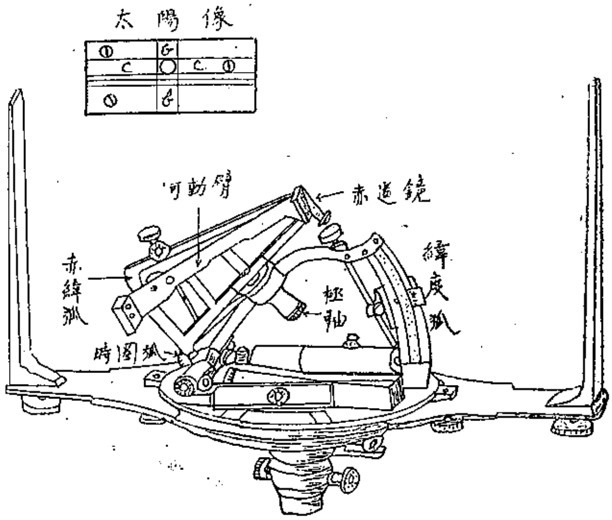
等式 (d') を以て (a') を除すれば　$\tan Z\cos q=\cot(\delta+N)$

今 θ' を赤緯に於ける平均屈折とすれば是は高度の平均屈折即ち θ_m を赤緯圈即ち時圏に投影したるものに等し。

故に $\theta'_m=\theta_m \cos q=57'' \tan Z \cos q$

$$\therefore \quad \theta'_m=57'' \cot (\delta+N) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (20)$$

此式より赤緯の平均屈折を算出して製表す、此表を用ひて一定の土地の一定の時に於て一定の赤緯に對する赤緯屈折を求め之を英國航海曆又は我本曆の太陽の赤緯に加へて更正したる赤緯を得、而して此更正赤緯を第九圖の如き(其構造は別に之を述ぶ)太陽羅盤又は太陽儀を有する轉鏡儀の赤緯弧に設定して眞北を決定す、而して赤緯の平均屈折は第七表の如く赤緯測設は第八表の如し。



第九圖 太陽羅盤

第七表 赤緯平均屈折

緯度＼時角 時		+20°	+15°	+10°	+5°	0°	−5°	−10°	−15°	−20°
+20°	0	00″	05″	10″	15″	21″	27″	33″	40″	48″
〃	2	03	07	13	18	24	30	36	44	52
〃	3	06	13	18	24	30	36	44	52	1′−02
〃	4	17	22	28	35	42	50	1′−00	1′−11	1′−26
〃	5	39	47	57	1′−07	1′−20	1′−37	2′−00	2′−32	3′−25
22°1/2	0	02	08	13	18	24	30	36	44	52
〃	2	06	11	15	21	27	33	40	48	57
〃	3	11	15	21	27	33	40	48	57	1′−08
〃	4	20	26	32	39	46	56	1′−07	1′−19	1′−37
〃	5	45	53	1′−03	1′−16	1′−31	1′−52	2′−21	3′−07	4′−28
25°	0	05	10	15	12	27	33	40	48	57
〃	2	08	14	19	25	31	38	46	54	1′−05
〃	3	12	18	24	30	37	44	53	1′−04	1′−18
〃	4	23	29	35	45	53	1′−03	1′−16	1′−31	1′−52
〃	5	49	57	1′−10	1′−24	1′−52	1′−07	2′−44	3′−46	5′−43
27°1/2	0	08	13	18	24	30	36	44	52	1′−02
〃	2	11	16	22	28	34	41	49	1′−00	1′−11
〃	3	17	22	28	35	42	50	1′−00	1′−11	1′−26

緯度＼時角 時		+20°	+15°	+10°	+5°	0°	−5°	−10°	−15°	−20°
〃	4	28	35	42	50	1′−00	1′−11	1′−26	1′−43	2′−09
〃	5	54	1′−05	1′−18	1′−34	1′−54	2′−24	3′−11	4′−38	8′−15
30°	0	10	15	21	27	33	40	48	57	1′−08
〃	2	14	19	25	31	38	49	54	1′−05	1′−18
〃	3	20	26	32	39	47	55	1′−06	1′−19	1′−36
〃	4	32	39	46	52	1′−06	1′−19	1′−35	1′−57	2′−29
〃	5	1′−00	1′−10	1′−24	1′−52	2′−07	2′−44	3′−46	5′−43	13′−06
32°1/2	0	13	18	24	30	36	44	52	1′−02	1′−14
〃	2	17	22	28	35	42	50	1′−00	1′−11	1′−26
〃	3	23	29	35	43	51	1′−01	1′−13	1′−28	1′−47
〃	4	35	43	51	1′−01	1′−13	1′−27	1′−46	2′−13	2′−54
〃	5	1′−03	1′−15	1′−31	1′−53	2′−20	3′−05	4′−25	7′−36	——
35°	0	15	21	27	33	40	48	57	1′−08	1′−21
〃	2	20	25	32	38	46	55	1′−05	1′−18	1′−35
〃	3	26	33	39	47	56	1′−07	1′−21	1′−38	2′−00
〃	4	39	47	56	1′−07	1′−20	1′−36	1′−59	2′−32	3′−25
〃	5	1′−07	1′−20	1′−38	2′−00	2′−34	3′−29	5′−14	10′−16	——
37°1/2	0	18	24	30	36	44	52	1′−20	1′−14	1′−29
〃	2	22	28	35	42	50	1′−00	1′−12	1′−26	1′−46
〃	3	29	36	43	52	1′−02	1′−14	1′−29	1′−49	2′−16
〃	4	43	51	1′−01	1′−13	1′−27	1′−49	2′−14	2′−54	4′−05
〃	5	1′−11	1′−26	1′−44	2′−10	2′−49	3′−55	6′−15	14′−58	——
40°	0	21	27	33	40	48	57	1′−08	1′−21	1′−39
〃	2	25	32	39	46	52	1′−06	1′−19	1′−35	1′−57
〃	3	33	40	48	57	1′−08	1′−21	1′−38	2′−02	2′−36
〃	4	47	55	1′−06	1′−59	1′−26	1′−58	2′−30	3′−21	4′−59
〃	5	1′−15	1′−31	1′−51	2′−20	3′−05	4′−25	7′−34	25′−18	——
42°1/2	0	24	30	36	44	52	1′−02	1′−14	1′−29	1′−49
〃	2	28	35	39	50	1′−00	1′−12	1′−26	1′−45	2′−11
〃	3	36	43	52	1′−02	1′−13	1′−29	1′−49	2′−17	2′−59
〃	4	50	1′−00	1′−11	1′−26	1′−44	2′−10	2′−49	3′−55	6′−16
〃	5	1′−19	1′−36	1′−58	2′−30	3′−22	5′−00	9′−24	——	——
45°	0	27	33	40	48	57	1′−08	1′−21	1′−39	2′−02
〃	2	32	39	46	52	1′−06	1′−19	1′−35	1′−57	2′−29
〃	3	40	47	56	1′−07	1′−21	1′−38	2′−00	2′−34	2′−29
〃	4	54	1′−04	1′−16	1′−33	1′−54	2′−24	3′−11	4′−38	8′−15
〃	5	1′−23	1′−41	2′−05	2′−41	3′−40	5′−40	12′−02	——	——

第八表 赤緯測設

大正七年九月十八日 時角	秋田に於ける時計の時 中央標準時	秋田に於ける地方時	當該赤緯	赤緯屈折	赤緯測設
4	$7^h-39^m-28^s$ A.M.	8^h A.M.	+2°−17′−02″+58″=2°−18′−00″	+1′−25″	+2°−19′−25″N
3	8 −39 −28 ″	9 ″	+2°−16 −04 +58 =2 −17 −02	+1 −00	+2 −18 −02
2	9 −39 −28 ″	10 ″	+2°−15 −06 +58 =2 −16 −04	+ 48	+2 −16 −52
1	10 −39 −28 ″	11 ″	+2 −14 −08 +58 =2 −15 − 6	+ 44	+2 −15 −50
正午 0	11 −39 −28 ″	0	+2 −13 −48 +20 =2 −14 −08	+ 44	+2 −14 −52
1	0 −39 −28 P.M.	1 P.M.	+2 −14 − 8 −58 =2 −13 −10	+ 44	+2 −13 −54
2	1 −39 −28 ″	2 ″	+2 −13 −10 −58 =2 −12 −12	+ 48	+2 −13 −00
3	2 −39 −28 ″	3 ″	+2 −12 −12 −58 =2 −11 −14	+1 −00	+2 −12 −14
4	3 −39 −23 ″	4 ″	+2 −11 −14 −58 =2 −10 −16	+1 −25	+2 −11 −41

例 7. 大正七年九月十八日

秋田鑛山專門學校に於ける赤緯測設を求む。

秋田鑛山專門學校に於ては $\phi=39°\,43'\,35''$ にして正午に於ては $t=0$ なる故等式 (19) より

$$\tan \hat{N}=\cot\phi\cot t=\cot 39°\,43'\,35''=\tan(90°-39°\,43'\,35'')=\tan 50°\,16'\,25''$$

$\therefore\ N=50°\,16'\,25''$　前の例に於て九月十八日毎時間の變化は $\delta_v=58''$ にして東經 135° の同日の赤緯は我本曆により $2°\,13'\,48''$ なり、而して東經 135° と秋田との時差は $0^h.342$ なる故秋田鑛山專門學校に於ける地方時の正午の赤緯は

$$\delta=+2°\,13'\,48''+58''\times 0.342=+2°\,13'\,48''+20''=+2°\,14'\,08''$$

故に等式 (20) により地方時正午には

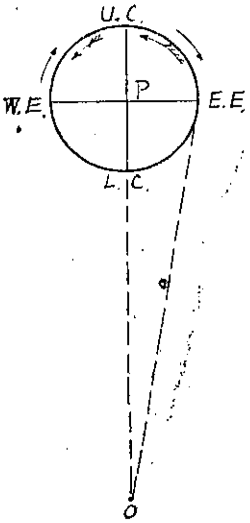
$$\theta'_m=57''\cot(\delta+N)=57''\cot(2°\,14'\,08''+50°\,16'\,25'')=57''\cot 52°\,30'\,33''$$
$$=57''\tan 37°\,29'\,27''=57''\times 0.7671=43''.72\doteqdot 44''$$

同樣の方法により $t=1$ の時即ち午前十一時及午後一時には $\theta'_m=44''$, $t=2$ の時即ち午前十時及午後二時には $\theta'_m=48''$（但し第七表を用ふれば經度及緯度の更正を相加へて更正總量とす）なり、是等の結果より第八表の如き赤緯測設をなす、此例に於て午後二時の更正赤緯は 2° 13′ にして前の例に於て同日午後二時の更正赤緯が 2° 12′ 12″ なるは此例にて赤緯屈折を考に入れたるによる。

第五章 眞北測定の方法

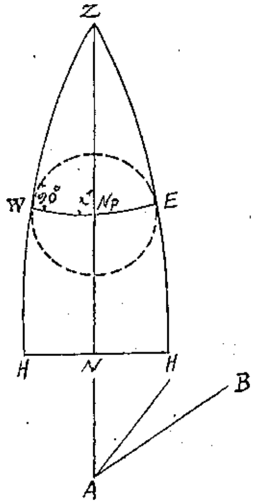
1. 北極星の離隔觀測 北極星は極に近き故速度小に赤緯の變化小なるを以て觀測に便利にして最も簡單に而かも精確なる故野外測量に於ては普通用ゆる方法なり、北極星は丁度此極にあるにあらずして北極を中心とし秋田にては現今約 1° 30′ の半徑を有する軌道を以て北方を眺むる觀測者に對し東より西即ち時針と反對に廻轉し平均太陽時の $23^h\,56^m\,0.4^s.09$ 間に一自轉を完了す、而して東離角にて

は望遠鏡の視準線は北極星運行の方向に切線なる故其運動の水平分力は零にして唯垂直に上方に運行し西離隔にては垂直に下方に運行すれども普通の轉鏡儀は倒像を與ふる故望遠鏡に見ゆる所は之に反して第十圖の如し、圖に於て O は觀測者の眼 P は北極、叉線を有する圓は望遠鏡、大矢は北極星運行の方向、小矢は之を望遠鏡にて見たる方向を示す、子午線經過即ち極位にては運行の垂直分力無く迅速に水平運動のみをなすも離隔にては水平分力皆無となり約十數分間は全く水平的には靜止する如く見ゆべし、故に離隔の位置は普通の轉鏡儀による觀測に最も適し時刻の計算に十數分間の誤差あるも觀測の結果には殆ど此誤差の影響なし、而して太陽反映の影響なき夜中なれば觀測をなし得るも月落ちたる後又は月の出づる前に於てすれば好都合なり、第二表に於て見る如く *E.E.* は六月初より九月中頃迄 *W.E.* は十一月初より翌年三月中頃迄夜間にして三月中頃より五月末迄及九月中頃より十月末迄は夕方か曉方にして觀測に不便なり。 眞北測定をなすには天候を見定めて愈觀測せんとする日の晝間に於て地圖又は其他の方法例へば陸地測量部又は海軍水路部等へ問合せて其地の經緯度を知り第二表により大略離隔の時刻を知り等式 (6) により若くは第三表により北極星の子午角を算出し置く可し、或は航海暦により又は其他の方法例へば天文臺等の心當りに問ひ合はせ其日の北極星の赤經及赤緯等を知り等式 (5) により時角 t を算出し等式 (1), (3) の第二式及 (2) 式により之を常用時に改算して同星の離隔及子午角を知り置くべし、尙晝間に轉鏡儀を充分調整し三角測量なれば基線或は經緯測量なれば測邊中の一測線即ち第十一圖の AB 線の如きを據線とし基線中の一點にして北方或は他の方向に數百尺の平坦地を有する所に測點 A を設け之に轉鏡儀を据へ付け置き別に提灯眼玉手燭、電光手燭、炭化石灰灯、抗、掛矢、釘、白紙等を準備すべし、第十一圖に於て Z は觀測者の天頂 N_P は北極、HH は地平線、N は北、E 東離隔、W は西離隔にして $PZ=90°-\phi$, $PE=90°-\delta$, $ZE=\angle Z=90°-H$, $PZE=A$ とす、是に於て夜に入り算出したる離隔の時刻に先だつこと約二三十分前に器械觀測の配置に就き遊標を零に合はせ上緊を施し下緊を弛めて望遠鏡を正位にし B を視準し次に上緊を弛め望遠鏡を磁針



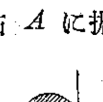
第十圖 離隔觀測

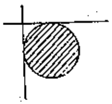
により凡そ北方に向け更に縱緊を弛めて凡そ其地の緯度丈け又は大體等式(7)より算出したる天頂距離により望遠鏡を上げて北極星に向くべし、而して後上緊及縱緊を施し灯火を對物鏡の横前に出し叉線を照らして單に兩微動螺旋を用ひて北極星を追跡しつゝ視準線を變じ北極星が水平運動を失ふて暫らく靜止して見ゆれば即ち所要の離隔に達したるものなるが故此處に $\angle HAB$ なる水平角の讀定をなし記帳し更に望遠鏡を反位にして讀定記帳をなし其平均を取るべし、此場合望遠鏡は反對に見せる故離隔の E と W とを誤らざる樣注意す可し、是に於て視準線は離隔の方向に定向されたる故其視準線中前方數百尺の地に杭を打ち灯火の前に白紙を白紙の前に釘を立て釘が視準線中に入りたるとき之を中心釘即ち測點として打込み以て夜中の作業を完了す、而して翌日又は適當の日に前の測點に再び轉鏡儀を据付け前の觀測角度の方向より觀測が $E.E.$ ならば西方に $W.E.$ なれば東方に豫め算出したる子午角即ち $\angle HAN$ 丈け偏倚して視準線を向け杭及之に釘を打入れて一線を此方向に定置すれば是れ即ち地球の北極の方向にして眞北を決定して之を測設し得たるなり、此の如くして眞北の方向を定むれば石標を以て充分完全に之を定置すれば好都合なり已に眞北を測定すれば基線又は測線 AB の子午角を得べく又之によりて磁針偏差即ち眞北と磁北とがなす所の角度を得べし、現時秋田にては偏差は約 $6°15'$ W なりと云ふ、而して大正元年秋田中學校運動場に於ける海軍水路部の觀測によれば偏差 $\delta=6°7'.61$ W なり又眞北を經緯距の據線として用ひ眞子午角を得べし。



第十一圖 北極星離隔觀測

2. 太陽の單高度觀測 轉鏡儀を充分調整して基線又は測線中の測點 A に据付け遊標を零に合はせ下部運動により其線中の他の測點 B を視準し太陽の單一の高度を測定せんとする時に至り接眼鏡に色硝子鏡を冠し上緊と縱緊とにより望遠鏡を太陽に向け合焦し先づ午後の觀測なれば第十二圖の如く太陽の緣の下と右とが叉線の水平及垂直線に切觸する樣にし水平角及竪角を讀み次に第十三圖の如く緣の上と左とを兩叉線に切線にし又水平角及竪角を讀み平均して太陽の中心の觀測に改算す、但前後の場合に於て各望遠鏡の正反位にて2度宛合


第十二圖

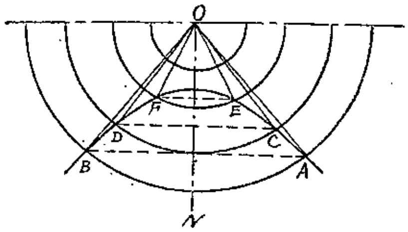

第十三圖

計4度の反復讀定をなして平均すれば更に精密なる結果を得べし、而して4反復讀定中最初の切線の場合正位より反位迄2分間夫れより次の切線の場合反位2分間夫れより最後の正位迄2分間合計6分間を要するを普通とす、而して竪角を平均したるものは太陽の中心の高度にして觀測高度なる故第六表及等式(15)により更正高度を求め之を90°より減じZを算出し得べし、又本暦にて當日の赤緯を求め等式(16)及(17)により之を其地其時の赤緯に改算し豫め地圖上にて求めたる其地の緯度を取り等式(18)により其時の太陽の子午角を算出すれば太陽の子午角は眞北と其時の太陽との間の水平角なる故前に讀定したる水平角の平均と差引すれば即ち AB 線に準據して眞北の方向を定向設置するを得べきなり、從て AB 線の子午角を求むるを得べし此方法は宮内省御料局及鑛山地方に多く用ふ。

3. 太陽の赤緯測定による方位觀測 太陽羅盤又は太陽儀を備ふる轉鏡儀を用ひ測器を調整して一測點に据付け地圖にて求めたる其地の緯度を緯度弧即ち縦弧に設定し又等式(20)により或は第七表の如き赤緯屈折更正表より其地其時に對する第八表の如き赤緯測設表を作り此の如くして求めたる太陽の更正赤緯を測器の赤緯弧に設定し遊標を零に合はせ磁針により視線を南北に向け時圏弧に時を合はせ而して太陽の羅盤なれば太陽鏡を轉鏡儀なれば太陽望遠鏡を太陽に向け一方の手を以て測器械を動かし他の手を以て回轉臂を順次側方に動かし太陽像をして太陽羅盤の鍍銀板上の赤道線間に第九圖の附圖の如く見ゆる樣にすれば視線又は視準線は直ちに眞子午線を指すを以て旗手を其線中に入らしめて杭を打ち眞北を設定するを得べし從て磁針にて其偏差を測り得べし、此方法は專ら米國の地籍測量に用ゆ米國にては耕地の圖に必らず眞南北線を記すべき規定あればなり、又正午の觀測ならば縦弧の讀定は直ちに其地の緯度を示すなり。

4. 日影觀測 日晷を用ひ又は第十四圖に示せる如く水平なる圖板或は平坦地の南方Oに眞直なる測桿を立て且つ圖上又は地上に二三の同心圓弧を畫き正午即ち太陽の高極位の時刻より二三時間前例へば午前十時或は十一時に測桿の影が同圓を切る點をAとし午後再び同時刻を隔てゝ例へば午後二時或は一時に測桿影が同圓を切る點をBとすれば角AOBを2等分したる方向NOは殆ど眞北を現はすべし、若し他の同心圓を用ひて若干回前と同樣に日影を記しC,D,E,F等を得て各2等分線の平均方向を求むれば更に好結果を得べし、此方法は精確なりと云ふを得ず何となれば太陽の赤緯は常に變化する故子午線面の兩側同高度にあ

る太陽の位置は子午線面に對して對稱ならず從て水平角の2等分線を以て子午線の方向となすこと能はざればなり、但し夏至若くは冬至には赤緯の變化甚だ小なる故此前後にては比較的精密なる結果を得べし若し他の時期に測定せんとすれば正午より成るべく近き時を選むべし、何となれば正午を去るに從ひ赤緯の變化大なればなり。（大正五年版君島測量學より引用）



第十四圖　太陽の影にて眞北測定

5. 北極星極位の觀測　地上に高き三脚を立て其角頂より長き下振を垂下し其錘を滿水せる桶の内に浸して下振の振動を防ぎ下振より南方一間位の處にて北極星を大熊星座のζ星若くは女帝星座のδ星と共に三脚の間より見得べき位置に高さ3尺位の水平なる板を据へ其上に羅盤の覘板又は小孔を有する小板を立て別に灯火によりて下振を照すべし、而して極位の時刻の少し前より北極星の運行に從ひ覘版又は小版を動かして北極星をして常に下振線中にあらしめζ星若くはδ星の一が北極星と同時に下振線中に入り來れば此處に覘版又は小版を停止すべし、然れば視孔と下振線とを結ぶ線は殆ど求むる子午線の方向なる故前方若干の距離に灯火を置き視線中に測桿を立て以て地上に子午線を設定す、此方法に於ては高緯度の地にありては高極位の時北極星高きに過ぎて觀測に便ならず低極位の時地平線に近きに過ぎ廣濶なる地にあらざれば觀測に便ならず故に鑛山地方に用ひ難し、又經線儀又は他の精確なる時針を用ひ算出したる極位の時刻に至り望遠鏡を以て即時北極星を觀測すれば其方向より眞北を精確に求むることを得れども普通の野外測量に於ては用ひ難し。（同上及野坂普通測地學より引用）

6. 其他の觀測　恒星の赤緯の變化は少き故北極星の外周極星或は其他の恒星を觀測して北極星の場合と同様に眞北を決定し得べく又太陽の極位は地方正午を算出すれば之を觀測して眞北を定め得べく或は太陽又は其他の恒星の同高度を算出しても日影に於ける原理により眞北測定をなすを得べし、又北極星或は其他の恒星の任意の時角を算出して其位置を定めて眞北測定をなすを得べし。

7. 眞北測定法の比較　要するに順次精密なる方法より之を列擧し第一法は最も精密なれども常時北極星を觀測するを得ず、第二法及第三法は日中の觀測に適し精密なり、而して第三法は通常我國に之を行はず第四法及第五法は適當の測器

なき時に行ふべく其結果は精密ならず、第六に列擧したる諸法は之を行ふこと稀なり。

8. 例 8，大正十三年八月二十三日東京府下水道事務所に備ふる測器を用ひ所員の非常なる盡力により前記例 5，例 6，及第十四圖の方法を用ひ即ち自午後八時至午後九時半事務所附近の一地點に於ける北極星東離隔觀測を行ひ同八月二十四日即ち自午前十時至午後二時同地點に於ける日影に因る眞北測定の結果及同日午後三時同所に於ける太陽の高度觀測より子午角を求め眞北を決定し九月一日東離隔より眞北を求め九月一日午後三時四十九分磁北により以上三觀測の結果を比較し各其精度に就て述べん。

但し東京府下水道事務所附近の一地點の位置を陸地測量部 1/10,000 地形圖により東經 139° 44′ 49″.5 北緯 35° 37′ 03″ と推算せり。

（1） 北極星東離隔觀測例 5 と同樣にし第二表により大正七年八月十六日の東離隔及子午角を引用し之を大正十三年八月二十三日のそれに更正し東離隔の時刻を地方時にて求めしに $9^h 7^m$ を得たり、而して實觀測の結果によれば同日午後八時五十七分にて北極星は稍上方に微動するも水平的には殆ど靜止の狀態に在り、同九時十四分より又垂直と共に水平運動即ち圓運動を開始せり、此間實に 17 分間にて井內水路測量術に北極星は十數分間停止すとあるが的確なるを證明し北極星の位置を地上に標示せり、次に第三表を引用し大正九年（1920）に於ける北緯34°～36° の子午角より更正せしに同時の同時刻に於ける子午角 1° 22′ 52″.3 の結果を得て九月一日此の點の前方凡そ 40 間の位置に被觀測點を選みて眞北方向を標示し土木學會誌第十卷第三號所載水路部公式に因り磁偏差 W 5° 26′.4 なるに吾人の測器の磁針は偏差 W 8° 13′ 00″ を示せり。

（2） 八月二十四日同地點に於て日影に因る方法を用ひ第十四圖の如く平板上に數多の同心半圓を畫き午前十時乃至午後二時の間30分毎に各圓周上に 8 點を取り其平均を求め眞北方位を測定し前記磁針にて照査せるに偏差 W 10° 30′ 00″ を得たり、八月二十四日は夏至冬至を去ること久しければ眞北方向は最も不精密なるを免れず。

（3） 八月二十四日午後三時同地點に於ける太陽の高度觀測を行ひ $H=38°8'7''.5$ を得例 6 と同樣にし本邦本曆に依る同日の赤緯を第（16）及（17）式によりて求め更正を行ひ第（18）式により太陽の子午角を求めしに 104° 58′ 19″.6 を得たり

即ち太陽の位置は $S\,75°\,01'40''.4\,W$ となる之により眞北を求め前記の磁針による偏差 $W\,8°\,13'\,00''$ を示し北極星東離隔の觀測と同じき結果を得たり。

故に以上眞北測定の三法中北極星觀測最も精しく太陽觀測之に次ぎ殆ど同じく而して平板測定の精度最も惡しきを決定せり、九月三日陸地測量部 1/10,000 地形圖により觀測點被觀測點及環境より眞北測定の正否を檢査し測量の結果平板測量を除き滿足すべきことを確めたり。（完）

第　一　表

1918 年（大正七年）東經 135° 北緯 35° 地點の北極星離隔及子午角の計算

$log\ tan\ 35° = 9.8452268$　$log\ sec\ 35° = 10.0866355$　$9.830 \times 9^h = 88^s.47 = 1^m.47$

月	日	δ 赤緯	$\frac{\pi}{2}-\delta$ 極距	$L\tan(\frac{\pi}{2}-\delta)$	$L\cot t$	t 時角	α 赤經	S_l 地方星時	$0.9973Sl$	前日の平均時	t_m 天文時	$W.E.$ 常用時	$E.E.$ 常用時	A 子午角	$L\sin A$	$L\sin(\frac{\pi}{2}-\delta)$
I	1	88°52'28''.41 (0'.47)	1°07'.53	8.2932669	8.1384937	89°48'.71 $5^h59^m.25$	$1^h31^m08^s.98$ ($0^m.15$)	$7^h30^m.40$	$7^h29^m.25$	$5^h21^m45^s.29$ ($0^m.75$)	$12^h52^m.47$	A. M. $0^h52^m.47$	P. M. 0-53.97	1°22'26''.22	8.3791985	8.2931683
	16	29.62 (0.49)	.51	31382	383650	.72 .25	$30^m.53^s19$ (0.89)	.14	28.93	4-22-16.61 (0.93)	11-53.23	P M. $11^h53^m.23$	A. M. 11-51.73	24.93	796899	30544
II	1	29.18 (0.49)	.51	31382	383650	.72 .25	36.14 (0.60)	29.85	.67	3-19-52.04 (0.87)	10-50.01	P. 10-50.01	A. 10-48.51	24.93	796399	30544
	16	27.38 (0.46)	.54	33312	385580	.70 .25	21.56 (0.36)	.61	.41	2-20-53.39 (0.89)	9-50.77	P. 9-50.77	A, 9-49.27	28.32	799829	33474
III	1	24.81 (0.41)	.59	36530	388798	.66 .24	10.64 (0.18)	.42	.21	1-29-46-59 (0.76)	8-59.46	P. 8-59.46	A. 8-57.96	30.85	802045	35690
	16	20.91 (0.35)	.65	40392	392660	.62 .24	01.73 (0.03)	.27	.04	0-30-47.98 (0.80)	8-00.31	P. 8-00.31	A. 7-58.81	35.24	805905	39550
IV	1	16.08 (0.27)	.73	45510	397808	.57 .24	$29^m56^s.84$ (0.95)	.19	27.96	23-23-57.57 (0.96)	6-53.39	P. 6-53.39	A. 6-51.89	40.87	810852	44497
	16	11.20 (0.19)	.81	50689	402957	.51 .23	57.34 (0.97)	.20	.97	22-24-58.96 (0.98)	5-54.42	P. 5-54.42	A. 5-52.92	46.99	816199	49844
V	1	06.72 (0.11)	.89	55838	408106	.45 .23	02.16 (0.04)	28.27	.05	21-26- 0.34 (0.01)	4-54.53	P. 4-54.53	A. 4-53.03	52.85	821345	54990
	16	02.95 (0.05)	.59	59699	411967	.41 .23	11.04 (0.18)	.41	.16	20-27- 1-69 (0.03)	3-55.66	P. 3-55.66	A. 3-54.16	57.25	825205	58850
VI	1	51'95''.74 (1.00)	1°08'.00	62917	415185	.38 .23	$30^m34^s.14$ (0.40)	29.63	28.43	19-24- 7.12 (0.12)	2-54.02	P. 2-54.02	A. 2-52.52	1°23' 0''.93	828422	62167
	16	57.65 (0.96)	.04	65454	417722	.35 .22	39.22 (0.65)	.87	.69	18-25-08.45 (0.14)	1-55.30	P. 1-55.30	A. 1-53.80	03.85	830958	64603
VII	1	57.18 (0.95)	.05	66088	418356	.34 .22	55.84 (0.93)	30.15	.99	17-26-09.77 (0.16)	0-56.62	P. 0-56.62	A. 0-55.12	04.48	831592	65237
	16	57.72 (0.96)	.04	65454	417722	.35 .22	$31^m13^s.15$ (0.22)	.44	29.31	16-27-11.10 (0.19)	23-57.97	A. 11-57.97	P. M. 11-59.47	03.85	830958	64603
VIII	1	59.69 (0.99)	.01	63551	415819	.37 .22	31.51 (0.53)	.75	.54	15-24-16.54 (0.28)	22-55.29	A. 10-55.29	P, 10-56.79	01.66	829055	62701
	16	52'02''.63 (0.04)	1°07'.96	60343	412611	.40 .23	47.10 (0.79)	31.01	.81	14-25-17.90 (0.30)	21-56.58	A. 9-56 58	P. 9-58.08	1°22'57''.98	825849	59494
IX	1	06.94 (0.12)	88	55194	407462	.46 .23	$32^m01^s.71$ (0.03)	.26	30.02	13-22-23.37 (0.39)	20-53.88	A. 8-53.88	P. 8-55.38	52.12	820702	54347
	16	11.65 (0.19)	81	50689	402957	.51 .23	12.58 (0.30)	.53	.30	12-23-24.76 (0.11)	19-55.18	A. 7-55.18	P. 7-56.68	46.99	816199	49844
X	1	16.93 (0.28)	72	51333	403601	.50 .23	20.35 (0.34)	.57	.34	11-21-26.16 (0.44)	18-56.25	A. 6-56.25	P. 6-57.75	40.38	810409	44054
	16	22.51 (0.38)	62	38461	390729	.64 .24	24.63 (0.41)	.65	.42	10-25-27.56 (0.46)	17-57.35	A. 5-57.35	P. 5-58.85	33.82	803975	37620
XI	1	28.46 (0.47)	53	32669	384937	.71 .25	25.14 (0.42)	.67	.44	9-22-33.04 (0.55)	16-54.46	A. 4-54.46	P. 4-55.96	26.22	797985	31630
	16	33.75 (0.56)	44	26877	379145	.77 .25	21.57 (0.36)	.61	.38	8-23-34.40 (0.57)	15-55.42	A. 3-55.42	P. 3-56.92	19.85	792396	26041
XII	1	38.52 (0.64)	36	21723	373996	.83 .26	14.17 (0.24)	.50	.27	7-24-35.74 (0.60)	14-56.34	A. 2-56.34	P. 2-57.84	11.69	785249	18894
	16	88°52'42''.42 (0'.71)	1°07'.29	82917223	8.1369491	.88 $5^h59^m.26$	$1^h32^m05^s.35$ (0.60)	$7^h31^m.32$	$7^h30^m.03$	6-25-39.06 (0.62)	$13^h57^m.17$	A. 1-57.17	P. 1-58.67	1°22' 8''.85	8.3782746	8.2916391