第十一章

方位角ノ測定

第一節　天文ノ觀測

324. 一線ノ方位角. 三角測量又ハ其他ノ測量ニ於テ一邊又ハ一ノ直線ガ眞北線又ハ子午線ト爲ス方位角ヲ知ルコト屢々必要ナリ. 勿論大略ノ方位角ハ磁針又ハ日晷ノ類ニ依リテ之ヲ知ルコトヲ得ベク,太陽羅盤又ハ太陽轉鏡儀ヲ用フルトキハ一二分以內ノ精密ヲ以テ眞北線ヲ定ムルコトヲ得. 工師用轉鏡儀ヲ用フルトキハ亦之ト同一ノ精度ヲ以テ眞北ノ方向ヲ測定スルコトヲ得. 大地測量ニ至テハ僅ニ數秒ノ差ヲ以テ方位角ヲ定ムルヲ必要トシ,更ニ精密ナル觀測ニ據ラザルベカラズ. 本章述ブル所ノモノハ一般ニ工師用轉鏡儀ニ依ル程度ヲ主トセリト雖モ其原理ニ至テハ精密ナル觀測ニ通用スルヲ得ルモノトス.

325. 球面座標. 天文學ニ於テハ地球ノ中心ヲ中心トシ無窮大ノ半徑ヲ有スル一個ノ**天球**ナルモノヲ考ヘ,天體卽チ星ハ凡ベテ此天球ノ表面ニ散點スルモノト假定シ,天球ノ大圓卽チ其中心ヲ過グル所

ノ平面ト天球ノ交ヨリ成ル所ノ圓ノ中特種ノモノヲ撰定シテ之ニ參照シタル二ノ球面座標ニ依リ天體ノ位置ヲ定ムルモノナリ. 此場合ニ參照ニ用ヒタル大圓ヲ**基圈**ト云ヒ,基圈ニ直角ナル大圓ヲ**次圈**ト云フ. 最モ普通ニ用ヒラルヽ基圈ハ地平圈,赤道及黃道トス.

地平圈トハ觀測者ノ眼ヲ過ギテ地表ニ切線ヲ爲ス所ノ平面ガ天球ト交リテ生ズル大圓ヲ云フ.

赤道(天球ノ)トハ觀測者ノ眼ヲ過ギテ地軸ニ直角ナル平面ガ天球ト交リテ生ズル大圓ヲ云ヒ,地球ノ赤道面ト合一ス.

黃道トハ觀測者ノ眼ヲ過ギテ地球ノ軌道面ニ平行ナル平面ガ天球ト交リテ生ズル大圓ヲ云フ.

第一. 高サ及方位角. 地平圈ヲ基圈トセル球面座標ハ卽チ高サ及方位角ヨリ成ル.

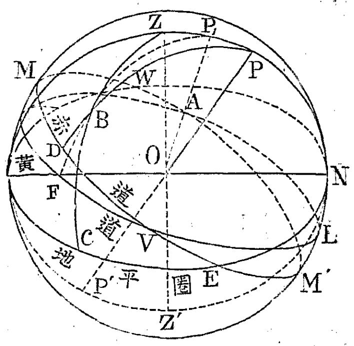
竪線トハ觀測者ノ位置ニ於テ地平圈ノ平面ニ垂直ナル直線ニシテ,垂線ノ方向卽チ是ナリ. 竪線ヲ延長シテ天球ヲ貫ク所ノ頭上ノ點ハ之ヲ**天頂**ト呼ビ,他ノ反對ノ方向ニ於ケル地平面下ノ點ハ之ヲ**天底**ト云フ.

第三百四十八圖ニ於テ O ヲ觀測者ノ眼トシ, O ハ亦天球ノ中心ヲ爲ス. $NESW$ ヲ地平圈トスレバ

OZ ハ竪線ニシテ Z ハ天頂, Z' ハ天底ヲ爲ス. 天頂及天底ハ即チ地平圏ノ極ヲ爲ス.

地平圏ニ對スル次圏ハ竪圓ニシテ凡ベテ天頂及天底ヲ過ギ,其平面ハ**竪面**ト呼バレ竪線ニ於テ交ハル. 第四百十圖ノ $SZNZ'$ ハ一ノ竪圓ニシテ其平面ハ竪面ナリ.

第四百十圖



天球子午圏トハ地軸ヲ含ム平面ガ地平圏ニ直角ヲ爲ス場合ノ竪圓ヲ云ヒ,**地球子午圏**ノ平面ト同ジ. 此平面ト地平面トノ交線ヲ**子午線**ト云ヒ,子午線ガ天球ヲ貫ク所ノ點ヲ赤道面ノ北ナルカ又ハ南ナルカニ從テ夫々地平圏ノ北又ハ南ト云フ. 第四百十圖ノ $SZPNP'$ ハ子午圏ニシテ SON ハ子午線, N ハ地平圏ノ北, S ハ其ノ南ナリトス.

卯酉圏トハ子午圏ニ直角ナル竪圏ニシテ卯酉圏ノ平面ガ地平面ト交リテ生ズル交線ヲ**東西線**ト云ヒ,東西線ガ天球ニ交ル點ノ點ハ地平圏ノ東及西ナリ.

地平圏ノ南北點ハ卯酉圏ノ極ニシテ東西點ハ子午圏ノ極ナリ.

天球上**一點又ハ一天體ノ高サ**トハ竪圏ニ沿ウテ地平圏ヨリ測リタル距離ニシテ,其**方位角**トハ基點ト定メタル地平圏上ノ一點ヨリ此竪圓マデノ間ニ挿マレタル地平圏ノ弧ノ長サヲ云フ. 基點ハ勿論任意ニ之ヲ定ムルヲ得レドモ天文ニテハ地平圏ノ南點ヲ基點トシ右廻シテ 0° ヨリ 360° ニ至ルヲ常トス. 但シ航海上ニハ北緯ト南緯トニ從テ夫々正北又ハ正南ヲ基點トシテ方位角ヲ表ハシ, 0° ヨリ 180° ニ至ツテ止ムヲ常トス. 又測地學ニ於テハ一般ニ正北ヨリ起算スルモノトス.

一點ノ高サノ代リニ屢々其**天頂距離**ヲ用フ. 天頂距離ハ天頂ト一點トノ間ノ竪圓上ノ弧ノ長サニシテ高サトハ互ニ餘角ヲ爲ス. 故ニ h ヲ高サ, z ヲ天頂距離トスレバ $z=90°-h$, $h=90°-z$ ナリ. 第三百四十八圖ニ於テ ZBC ヲ B 點ヲ過グル竪圓トスレバ CB ハ B ノ高サニシテ ZB ハ B ノ天頂距離ヲ表ハス. 又 B ノ方位角ハ $SWNC$ ナリ.

地平圏下ノ一點ニ對シテ z ハ 90° ヨリ大トナリ, h ハ負號ヲ有ス. 從テ負號ヲ有スル高サハ地平圏下ノ一點ノ俯角ヲ表ハス.

第二. 赤緯及時角. 赤道ヲ基圏トスル球面座標ハ赤緯及時角ヲ用フ. 赤道竪圓ヲ時トシテハ**晝夜**

平分圈ト呼ブ.

地球ハ刻々廻轉移動シテ暫クモ已ム時ナシト雖モ赤道面ノ位置ヲ變セズ. 地軸ヲ延長シテ天球ヲ貫得タリトスレバ其交點ハ赤道ノ**南北極**又ハ天ノ極ニシテ,其軸ヲ**天球軸**ト云フ. 第四百十圖ノPハ北極ニシテP'ハ南極ナリ.

赤道ニ對スル次圈ヲ**時圈**ト云ヒ,又**赤緯圈**トモ云フ.

天球上**一點ノ赤緯**トハ其點ヲ過グル時圈ノ上ノ赤道ヨリ測リタルモノニシテ,其北ナルヲ正トシ南ナルヲ負トス. 又其**時角**トハ子午圈ト時圈トノ間ノ極ニ於ケル角ニシテ,又是等二ノ大圓ノ間ノ赤道ニ於ケル弧ノ長サニ等シ. 時角ハ正南ヨリ西ニ向テ$SWNE$ノ方向ニ測リ,恰カモ天球ノ日々見懸ノ運動ニ等シク,$0°$ヨリ$360°$又ハ0^hヨリ24^hニ達ス. 時角ハ天球ノ見懸ノ運動ト共ニ絶エズ變化シツヽアルモノトス. 但シ赤緯ハ日々ノ運動ニ依リテ變ズルコトナシ. 第四百十圖ニ於テPBDヲBヲ過グル時圈又ハ赤緯圈トスレバDBハB點ノ赤緯ニシテ$MAM'VD$ハ其時角ヲ表ハス.

赤緯ノ餘角ヲ**極距**ト呼ビ,極ヨリ時圈ニ沿ウテ測リタル弧ノ長サヲ云フ. 故ニδヲ赤緯,pヲ北極距トスレバ$p=90°-\delta$ナリ. 第四百十圖ノPBハB點ノ北極距ヲ表ハス.

第三. 赤緯及赤經. 赤道ヲ基圈トシ,前ノ座標系ト同ジク赤緯ヲ一ノ座標トシ,他ノ座標ハ日々ノ運動ニ依リテ影響セラレザル基點ヨリ赤道ニ沿ウテ測ルモノトス.

黃道トハ地球ガ軌道上ニ動ク結果トシテ太陽ガ其上ヲ動クガ如ク見ユル天球ノ大圓ニシテ第四百十圖ニ示セルVLA卽チ是ナリ. 今黃道ハ絕對ニ固定スルモノニ非ズト雖モ其年々ノ變化ハ極メテ少ク,其一日每ノ變化ハ亦殆ド認ムベカラザル程度ノモノナリ. 黃道ハ現時ニ於テ赤道ト$23°27'$ノ傾斜ヲ爲セリ.

黃道ト赤道トガ相交ル二點ヲ**晝夜平分點**ト呼ビ,兩平面ガ交ル所ノ天球ノ直徑ハ**晝夜平分線**ナリ. 而シテ太陽ガ赤道ノ南側ヨリ北側ニ昇ル所ハ**春分**ニシテ,之ニ反シテ太陽ガ北側ヨリ南側ニ降ル所ハ**秋分**ニ當ル. 第四百十圖ノVハ春分ニシテAハ秋分ナリ.

晝夜平分點ヨリ$90°$ニ當ル黃道上ノ二點ヲ**二至點**ト云ヒ,北ト南トニ依リ之ヲ**夏至**ト**冬至**トニ區別ス.

一年ノ間ニ地球ハ其位置ヲ轉ズト雖モ其地軸ハ

殆ド常ニ平行ナルヲ以テ地軸ニ直角ヲ爲ス所ノ赤道面ハ亦殆ド天球ノ一定平面ヲ爲ス. 然レドモ精密ニ論ズルトキハ地軸ノ方向ハ僅ニ變化シツヽアルヲ以テ赤道ト黄道トノ交點又延イテハ晝夜平分點モ亦之ニ伴ツテ少シヅヽ變化スルヲ免レズ. 故ニ任意ノ時ニ於テ春分ニ參照シタル星ノ位置ナルモノハ其瞬間ニ於ケル春分ノ實際ノ位置ヲ用フルモノト知ルベシ.

天球上**一點ノ赤經**トハ時圈ト春分トノ間ニ挿マル赤道ノ弧ノ長サヲ云ヒ,春分點ヨリ東分ニ0°ヨリ360°又ハ時ニ於テハ0^hヨリ24^hニ達ス. 第四百十圖ニ於テB點ノ赤經ハ$VMMD$ナリ.

今觀測點ハ地球ノ中心ニ在ルモノト想像スレバ赤緯赤經共ニ日々ノ地動ニ影響セラルヽコトナク,從テ是等ノ座標ハ地表上觀測者ノ位置ニ無關係ナリ. 故ニ其値ハ唯時ト共ニ變化シ一定ノ子午線ニ於テ時ノ函數トシテ天文暦ニ載セラルヽモノトス.

赤經ハ一般ニαヲ以テ之ヲ表ハシ,東ニ算ヘタルヲ正トシ,西ニ向ヘルヲ負トス. 但シ之ニ360°又ハ24^hヲ加ヘテ成ルベク負符ヲ避クルヲ良シトス.

第四. 緯度及經度. 此座標系ニ於テハ黄道ヲ基圈トシ緯度圈ヲ次圈トス.

天球上**一點ノ緯度**(又ハ天文緯度)トハ黄道ヨリ緯度圈ニ沿ウテ測リタル距離ニシテ,其**經度**(又ハ天文經度)トハ緯度圈ト春分點トノ間ニ挿マレタル黄道ノ弧ノ長サヲ云フ. 經度ハ東ニ測リ0°ヨリ360°ニ至ル. 第四百十圖ニ於テP_1ヲ黄道ノ極トシ,P_1BFヲ緯度圈トスレバBFハBノ緯度,$VLAF$ハ其經度ナリ.

緯度及經度ニ依ル座標モ亦地球ノ日々ノ運動ニ無關係ナリ. 然レドモ一般ニ赤緯及赤經ハ直接第一及第二ノ座標系ニ關聯スルヲ以テ便ナリトス.

緯度及經度ハ夫々β及λヲ以テ之ヲ表ハス.

326. 觀測者ノ位置. 前ニ述ベタル各種ノ座標系ニ依リテ地表ニ於ケル觀測者ノ位置ヲ表ハサヾルベカラズ. 而シテ觀測者ノ天頂ヲ基圈ニ參照シテ其位置ヲ知レバ可ナリ.

第一ノ座標系ニ於テハ基圈ハ地平圈ニシテ天頂ハ其極ヲ爲スヲ以テ天頂ノ高サハ常ニ90°ニシテ其方位角ハ不定ナリ.

第二ノ座標系ニ於テハ天頂ノ赤緯ハ觀測者ノ地球緯度ト同一ニシテ其時角ハ零ナリ. 地表一點ノ天頂ノ赤緯ハ之ヲ**地理緯度**又ハ單ニ**緯度**ト云ヒ,φヲ以テ之ヲ表ハス. 北緯度ハ之ヲ正トシ南緯度ハ

之ヲ負トス.

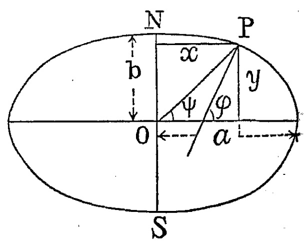
第三ノ座標系ニ於テハ天頂ノ赤緯ト前ノ如ク觀測者ノ緯度ニシテ,其赤經ハ春分ノ時角ニ等シ.

第四ノ座標系ニ於テハ天頂ノ天文緯度ハ黄道ノ地平圏上ノ最高點ノ天頂距離ニ等シク,其天文經度ハ此最高點ノ經度ニ等シ.

故ニ天文ノ觀測ニ依リテ地表一點ノ緯度ヲ定ムルハ天頂ノ赤緯ヲ定ムルト全ク同一ニシテ,其經度ヲ定ムルハ亦或時間ニ於テ基準子午圏ノ赤經ヲ知リテ觀測者ノ赤經ヲ定ムルニ同ジ. 蓋シ經度ハ二ノ子午圏ノ間ニ挿マレタル赤道ノ弧又ハ其赤經ノ差ニ等シケレバナリ.

我地球ハ楕圓體ヲ為スガ為メ天頂ノ赤緯又ハ垂線ガ赤道面ト為ス角ニ依リテ定メタル緯度ト觀測點ト地球ノ中心トヲ連ネタル直線ガ赤道面ト為ス角トノ間ニ差異アルコトヲ知ルヲ要ス. 即チ前者ノ地理緯度ニ對シテ後者ヲ**地心緯度**ト云フ. 第四百十一圖ニ示セルガ如ク,地球ヲ一ノ楕圓體トシ,a, b ヲ夫々其長半徑及短半徑トスレバへるまーと (*Helmert*) 及北米

第四百十一圖



合衆國沿岸大地測量ノ定メタル a 及 b ノ値ハ次ノ如シ.

	長半徑 a	短半徑 b	楕率 $\frac{a-b}{a}$
へるまーと	6,378,200*	6,356,818*	1/298,3
北米合衆國沿岸大地測量	6,378,388	6,356,909	1/297,0
平均	9,378,294	6,356,864	1/297,6̇

又 e ヲ以テ偏心率トセバ

(1) $$e=\sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}}$$

前ノ平均數値ヲ用フレバ $e=0{,}0819$ ヲ得.

P ヲ地表ノ一點トスレバ P ニ於ケル垂線ガ長軸ト為ス角 φ ハ即チ地理緯度ニシテ, P ト地球ノ中心 O ヲ結付クル直線 PO ト長軸ト為ス角 ψ ハ即チ地心緯度ナリ. 而シテ若シ地球ガ完全ナル楕圓體ナラバ地理緯度ト天文緯度トハ相等シ.

今地球ノ中心ヲ座標ノ原點トシ,其ノ通極斷面ヲ一ノ楕圓トスルトキハ

(2) $$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$$

然ルニ φ ト ψ トハ夫々次ノ關係ヲ有ス

(3) $$\begin{cases} \tan\varphi=-\dfrac{dx}{dy}=\dfrac{a^2}{b^2}\dfrac{y}{x} \\ \tan\psi=\dfrac{y}{x} \end{cases}$$

故ニ (1) 及 (3) ヨリ

$$(4)\qquad \tan\psi=\frac{b^2}{a^2}\tan\varphi=(1-e^2)\tan\varphi$$

(4) ヨリ

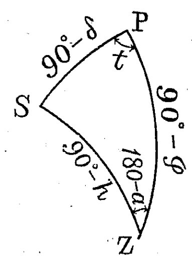
$$\varphi-\psi=\frac{e^2}{2-e^2}\sin 2\varphi-\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)^2\sin 4\varphi+\dots \qquad [311]$$

$\varphi-\psi$ ヲ名ケテ**緯度ノ更正**ト云フ.

第二節　球面座標ノ轉換

327. 星ノ高 h 及方位角 a 並ニ觀測者ノ緯度 φ ヲ知リテ其ノ赤緯 δ 及時角 t ヲ求ム.

第四百十二圖



第四百十二圖ニ於テ Z ヲ天頂, P ヲ極, S ヲ星ノ位置トスレバ是等三點ヲ繫イデ球面三角形 PSZ ヲ得. 此三角形 PSZ ニ於テ ZS ハ天頂距離ニシテ h ノ餘角ニ等シク, 角 PZS ハ a ノ補角ニ等シク, PZ ハ φ ノ餘角ニ等シ. 而シテ是等ヨリ PS ハ極距ニシテ求ムル所ノ赤緯ノ餘角ニ等シク, 角 ZPS ハ亦求メラルヽ時角ニ當ル. 故ニ球面三角形ヨリ

$$\left.\begin{aligned}\sin\delta&=\sin\varphi\sin h-\cos\varphi\cos h\cos a\\ \cos\delta\cos t&=\cos\varphi\sin h+\sin\varphi\cos h\cos a\\ \cos\delta\sin t&=\cos h\sin a\end{aligned}\right\}\qquad [312]$$

是レ h 及 a ノ頂ヲ以テ δ 及 t ヲ表ハシタルモノナリ.

若シ又前ト反對ニ星ノ赤緯及時角ヲ知リテ高サ及方位角ヲ求ムルトキハ

$$\left.\begin{aligned}\cos h\cos a&=\cos\delta\cos t\sin\varphi-\sin\delta\cos\varphi\\ \cos h\sin a&=\cos\delta\sin t\\ \sin h&=\cos\delta\cos t\cos\varphi+\sin\delta\sin\varphi\end{aligned}\right\}\qquad [313]$$

或ハ又天頂距離 z ト方位角ガ與ヘラルヽトキハ

[312] ヨリ

$$\left.\begin{aligned}\sin\delta&=\sin\varphi\cos z-\cos\varphi\sin z\cos a\\ \cos\delta\cos t&=\cos\varphi\cos z+\sin\varphi\sin z\cos a\\ \cos\delta\sin t&=\sin z\sin a\end{aligned}\right\}\qquad [314]$$

[314] ノ對數計算ヲ便ナラシメンガ爲ニ次ノ補助等式ヲ用フ.

$$\left.\begin{aligned}m\sin M&=\sin z\cos a\\ m\cos M&=\cos z\end{aligned}\right\}\qquad [315]$$

故ニ [314] ハ次ノ如ク表ハスコトヲ得.

$$\left.\begin{aligned}\sin\delta&=m\sin(\varphi-M)\\ \cos\delta\cos t&=m\cos(\varphi-M)\\ \cos\delta\sin t&=\sin z\sin a\end{aligned}\right\}\qquad [314']$$

是等ヨリ m ヲ消去スレバ

$$\left.\begin{aligned}\tan M&=\tan z\cos a\\ \tan t&=\frac{\tan a\sin M}{\cos(\varphi-M)}\\ \tan\delta&=\tan(\varphi-M)\cos t\end{aligned}\right\}\qquad[316]$$

時角ト方位角ハ子午圏ノ同側ニ在ルガ故ニaガ180°ヨリ大ナルカ小ナルカニ從テtモ亦180°ヨリ大ナルカ又ハ小ナリ.

竪圏ZSト赤緯圏PSトノ間ノ角PSZヲ屢々變位角ト呼ビqヲ以テ之ヲ表ハストキハ

$$\left.\begin{aligned}\cos\delta\cos q&=\sin z\sin\varphi+\cos z\cos\varphi\cos a\\ \cos\delta\sin q&=\cos\varphi\sin a\end{aligned}\right\}\qquad[317]$$

[317]ハ次ノ三ノ孰レカ一法ニ依リ之ヲ解クコトヲ得.

$$\left.\begin{aligned}f\sin F&=\sin z\\ f\cos F&=\cos z\cos a\\ \cos\delta\cos q&=f\cos(\varphi-F)\\ \cos\delta\sin q&=\cos\varphi\sin a\end{aligned}\right\}\qquad[318]$$

又ハ

$$\left.\begin{aligned}g\sin G&=\sin\varphi\\ g\cos G&=\cos\varphi\cos a\\ \cos\delta\cos q&=g\cos(z-G)\\ \cos\delta\sin q&=\cos\varphi\sin a\end{aligned}\right\}\qquad[319]$$

又ハ

$$\left.\begin{aligned}\tan G&=\tan\varphi\sec a\\ \tan q&=\frac{\tan a\cos G}{\cos(z-G)}\end{aligned}\right\}\qquad[320]$$

若シ又緯度ガ與ヘラレ,且ツ星ノ赤緯ト方位角トガ知ラルヽトキハ其ノ時角及天頂距離ハ次ノ如シ.

$$\left.\begin{aligned}\cos t\sin\varphi-\sin t\cos a&=\cos\varphi\tan\delta\\ \cos z\sin\varphi-\sin z\cos\varphi\cos a&=\sin\delta\end{aligned}\right\}\qquad[321]$$

[321]ノ前式ヲ解クニハ

$$\left.\begin{aligned}b\sin B&=\sin\varphi\\ b\cos B&=\cot a\\ \sin(B-t)&=\frac{\cos\varphi\tan\delta}{b}\end{aligned}\right\}\qquad[322]$$

ヲ以テシ,後式ヲ解クニハ

$$\left.\begin{aligned}c\sin C&=\sin\varphi\\ c\cos C&=\cos\varphi\cos a\\ \sin(C-z)&=\frac{\sin\delta}{c}\end{aligned}\right\}\qquad[323]$$

ニ依ル.

若シ又高サ及方位角ヲ知リテ同時ニ赤緯,時角及變位角ヲ知ラントセバ

$$\left.\begin{aligned}\cos\left(45^\circ-\frac{\varphi}{2}\right)\sin\frac{1}{2}(t+q)&=\sin\frac{a}{2}\cos\left(\frac{z+\varphi}{2}-45^\circ\right)\\ \cos\left(45^\circ-\frac{\varphi}{2}\right)\cos\frac{1}{2}(t+q)&=\cos\frac{a}{2}\sin\left(\frac{z-\varphi}{2}+45^\circ\right)\\ \sin\left(45^\circ-\frac{\varphi}{2}\right)\sin\frac{1}{2}(t-q)&=\sin\frac{a}{2}\cos\left(\frac{z+\varphi}{2}-45^\circ\right)\\ \sin\left(45^\circ-\frac{\varphi}{2}\right)\cos\frac{1}{2}(t-q)&=\cos\frac{a}{2}\sin\left(\frac{z-\varphi}{2}+45^\circ\right)\end{aligned}\right\}\qquad[324]$$

328. 星ノ赤緯 δ 及時角 t 幷ニ緯度 φ ヲ知リテ其天頂距離 z 及方位角ヲ求ム.

第四百十二圖ノ球面三角形 PSZ ヨリ

$$\left.\begin{aligned}\cos z&=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t\\ \sin z\cos a&=-\cos\varphi\sin\delta+\sin\varphi\cos\delta\cos t\\ \sin z\sin a&=\cos\delta\sin t\end{aligned}\right\}\quad[325]$$

對數計算ヲ便ナラシムル爲ニ亦

$$\left.\begin{aligned}m\sin M&=\sin\delta\\ m\cos M&=\cos\delta\cos t\\ \cos z&=m\cos(\varphi-M)\\ \sin z\cos a&=m\sin(\varphi-M)\\ \sin z\sin a&=\cos\delta\sin t\end{aligned}\right\}\quad[326]$$

玆ニ m ハ正量ニシテ, m ヲ消去スレバ

$$\left.\begin{aligned}\tan M&=\frac{\tan\delta}{\cos t}\\ \tan a&=\frac{\tan t\cos M}{\sin(\varphi-M)}\\ \tan z&=\frac{\tan(\varphi-M)}{\cos a}\end{aligned}\right\}\quad[327]$$

同一星ノ天頂距離ヲ一定地點ニ於テ同夜ニ屢々計算スルガ如キ場合ニハ次表ヲ用フルヲ便トス.

[325] ノ第一式ニ $\cos t=1-2\sin^2\frac{1}{2}t$ ヲ代用スレバ

$$\cos z=\cos(\varphi\backsim\delta)-2\cos\varphi\cos\delta\sin^2\frac{1}{2}t$$

ヲ得. 玆ニ $\varphi\backsim\delta$ ハ $\varphi\gtrless\delta$ ニ從テ $\varphi-\delta$ 又ハ $\delta-\varphi$ ヲ用フベク, 1 ヨリ兩節ヲ減ズレバ

$$\sin^2\frac{1}{2}z=\sin^2\frac{1}{2}(\varphi\backsim\delta)+\cos\varphi\cos\delta\sin^2\frac{1}{2}t$$

今

$$m=\sqrt{\cos\varphi\cos\delta}$$

$$n=\sin\frac{1}{2}(\varphi\backsim\delta)$$

トスレバ

$$\sin\frac{1}{2}z=n\sqrt{1+\frac{m^2\sin^2\frac{1}{2}t}{n^2}}$$

故ニ

$$\left.\begin{aligned}\tan N&=\frac{m}{n}\sin\frac{1}{2}t\\ \sin\frac{1}{2}z&=\frac{n}{\cos N}=\frac{m}{\sin N}\sin\frac{1}{2}t\end{aligned}\right\}\quad[328]$$

トスレバ

赤緯ガ變ゼザル間ハ m 及 n ハ亦一定ナリ

若シ又 φ, δ, t ヲ知リテ變位角 q 及天頂距離 z ヲ求ムルトキハ

$$\left.\begin{aligned}\cos z&=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t\\ \sin z\cos q&=\sin\varphi\cos\delta-\cos\varphi\sin\delta\cos t\\ \sin z\sin q&=\cos\varphi\sin t\end{aligned}\right\}\quad[329]$$

此場合ニモ亦

$$\left.\begin{aligned} n\sin N&=\cos\varphi\cos t\\ n\cos N&=\sin\varphi\\ \cos z&=n\sin(\delta+N)\\ \sin z\cos q&=n\cos(\delta+N)\\ \sin z\sin q&=\cos\varphi\sin t \end{aligned}\right\}\qquad[330]$$

ヨリ n ヲ消去スレバ

$$\left.\begin{aligned} \tan N&=\cot\varphi\cos t\\ \tan z\sin q&=\frac{\tan t\sin N}{\sin(\delta+N)}\\ \tan z\cos q&=\cot(\delta+N) \end{aligned}\right\}\qquad[331]$$

[330]ハ星ガ地平圈上ニ在リテ $\tan z$ ガ正ナルトキハ之ヲ用フルニ便ナリ.

若シ δ, t 及 φ ヲ知リテ z, a 及 q ヲ求ムルトキハ

$$\left.\begin{aligned} \sin\frac{1}{2}z\sin\frac{1}{2}(a+q)&=\sin\frac{1}{2}t\cos\frac{1}{2}(\varphi+\delta)\\ \sin\frac{1}{2}z\cos\frac{1}{2}(a+q)&=\cos\frac{1}{2}t\sin\frac{1}{2}(\varphi-\delta)\\ \cos\frac{1}{2}z\sin\frac{1}{2}(a-q)&=\sin\frac{1}{2}t\sin\frac{1}{2}(\varphi+\delta)\\ \cos\frac{1}{2}z\cos\frac{1}{2}(a-q)&=\cos\frac{1}{2}t\cos\frac{1}{2}(\varphi-\delta) \end{aligned}\right\}\qquad[332]$$

329. 星ノ時角 t ガ 6^h 又ハ $90°$ ヲナストキ天頂距離 z 及方位角 a ヲ求ム. 第四百十二圖ノ球面三角形 PSZ ノ角 SPZ ガ直角ヲ爲ストキハ一ノ直角三角形ヲ爲シ, [325] ニ $\cos t=0$, $\sin t=1$ ヲ代入シ多少ノ變化ヲ加フレバ

$$(1)\qquad\left\{\begin{aligned} \cos z&=\sin\varphi\sin\delta\\ \cot a&=-\cos\varphi\tan\delta \end{aligned}\right.$$

若シ星ガ子午圈ノ東ニ在リテ $t=18^h=270°$ ヲナストキハ角 $PZS=a-180°$ ナルヲ以テ

$$(2)\qquad \cot a=+\cos\varphi\tan\delta$$

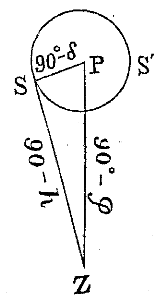
ナリ. 故ニ一般ニ

$$\left.\begin{aligned} \cos z&=\sin\varphi\sin\delta\\ \sin z\cos a&=-\cos\varphi\sin\delta\\ \sin z\sin a&=\pm\cos\delta \end{aligned}\right\}\qquad[333]$$

負符ハ星ガ子午圈ノ東ニ在ル場合トス.

330. 最大離隔ニ於ケル星ノ時角,方位角及天頂距離. 地球ハ其地軸ノ周圍ニ回轉スルガ故ニ恒星ハ恰カモ極ノ周圍ニ回轉スルガ如ク見ユ. 而シテ星ガ其極東又ハ極西ノ位置ニ在ルトキハ之ヲ其**最大離隔**ニ在リト云ヒ,其極東ニアルヲ**東離隔**,極西ニ在ルヲ**西離隔**ト云フ.

第四百十三圖



第四百十三圖ニ於テ P ヲ極, z ヲ天頂, S ヲ最大離隔ノ一ニ在ル星ノ位置トスレバ圓 SS' ハ S ガ回轉スルガ如ク見ユル所ノ日圈ニシテ竪圈 ZS ハ日圈ニ切線ヲ爲シ赤緯圈 PS ニ直角ヲ爲ス. 故ニ直角球面三角形 PSZ ヨリ

$$\left.\begin{aligned} \cos t &= \frac{\tan\varphi}{\tan\delta} \\ \sin a &= \frac{\cos\delta}{\cos\varphi} \\ \cos z &= \frac{\sin\varphi}{\sin\delta} \end{aligned}\right\} \qquad [334]$$

若シδ及φガ殆ド相等シキトキハ[334]ノ左節ハ皆殆ド1ニ等シ. 此場合ニハ各左節ノ自乘ヲ1ヨリ減ジ

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} \sin^2 t &= \frac{\sin(\delta+\varphi)\sin(\delta-\varphi)}{\cos^2\varphi\sin^2\delta} \\ \cos^2 a &= \frac{\sin(\delta+\varphi)\sin(\delta-\varphi)}{\cos^2\varphi} \\ \sin^2 z &= \frac{\sin(\delta+\varphi)\sin(\delta-\varphi)}{\sin^2\delta} \end{aligned}\right.$$

故ニ

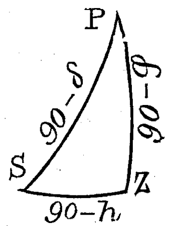
$$k=\sqrt{[\sin(\delta+\varphi)\sin(\delta-\varphi)]}$$

トスレバ

$$\left.\begin{aligned} \sin t &= \frac{k}{\cos\varphi\sin\delta} \\ \cos a &= \frac{k}{\cos\varphi} \\ \sin z &= \frac{k}{\sin\delta} \end{aligned}\right\} \qquad [335]$$

331. 與ヘラレタル地點ノ卯酉圏上ニ在ル星ノ時角,天頂距離及變位角ヲ求ム. 第四百十四圖ニ於テ星Sガ卯酉圏內ニ在ルヲ以テ角 PZS ハ 90° ヲ爲ス. 故ニ直角球面三角形 PZS ニ於テ

第四百十四圖



$$\left.\begin{aligned} \cos t &= \frac{\tan\delta}{\tan\varphi} \\ \cos z &= \frac{\sin\delta}{\sin\varphi} \\ \sin q &= \frac{\cos\varphi}{\cos\delta} \end{aligned}\right\} \qquad [336]$$

若シδトφトガ甚ダ相近キトキハ

$$k=\sqrt{[\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi-\delta)]}$$

トシ

$$\left.\begin{aligned} \sin t &= \frac{k}{\sin\varphi\cos\delta} \\ \sin z &= \frac{k}{\sin\varphi} \\ \cos q &= \frac{k}{\cos\delta} \end{aligned}\right\} \qquad [337]$$

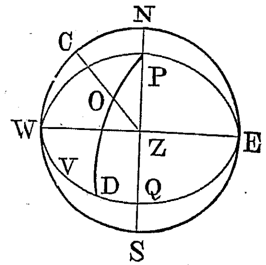
又δガ殆ドφニ等シキトキハ

$$\left.\begin{aligned} \tan\frac{1}{2}t &= \sqrt{\frac{\sin(\varphi-\delta)}{\sin(\varphi+\delta)}} \\ \tan\frac{1}{2}z &= \sqrt{\frac{\tan\frac{1}{2}(\varphi-\delta)}{\tan\frac{1}{2}(\varphi+\delta)}} \\ \tan\left(45^\circ-\frac{1}{2}q\right) &= \sqrt{\left[\tan\frac{1}{2}(\varphi+\delta)\tan\frac{1}{2}(\varphi-\delta)\right]} \end{aligned}\right\} \qquad [338]$$

332. 星ノ時角 t ヲ知リテ赤經 α ヲ求ム. 第四百十五圖ハ天球ヲ地平圏上ニ投影シタルモノトス

レバOハ地表ノ一點,Pハ極,zハ天頂ニシテ赤經ノ基點タルベキ子午圈ノ位置ヲ知ルヲ要ス. 例ヘバ圖ニ於テ子午圈NSノ赤經$VQ=\Theta$ヲ知レバ$VD=VQ-DQ$ナルヲ以テ

第四百十五圖



$$\alpha=\Theta-t \qquad [339]$$

又ハα及Θヲ知ルトキハ

$$t=\Theta-\alpha \qquad [339']$$

333. 地表ノ一點ニ於テ星ノ天頂距離ヲ知リテ其ノ時角,方位角及變位角ヲ求ム. 第三百五十三圖ノ球面三角形POZニ於テ$ZO=z$, $PO=90^\circ-\delta$, $PZ=90^\circ-\varphi$ヲ知リテ角$ZPO=t$, $PZO=180^\circ-a$及$POZ=q$ヲ求ム. 今球面三角形ABCノ三ノ角ヲ夫々A, B, C,三邊ヲ夫々a, b, c且ツ$s=\frac{1}{2}(a+b+c)$トスレバ一般ニ

$$\left.\begin{aligned}\sin\frac{1}{2}B&=\sqrt{\left\{\frac{\sin(s-a)\sin(s-c)}{\sin a\sin c}\right\}}\\ \cos\frac{1}{2}B&=\sqrt{\left\{\frac{\sin s\sin(s-b)}{\sin a\sin c}\right\}}\\ \tan\frac{1}{2}B&=\sqrt{\left\{\frac{\sin(s-a)\sin(s-c)}{\sin s\sin(s-b)}\right\}}\end{aligned}\right\} \qquad [340]$$

ヨリ時角,方位角又ハ變位角ヲ見出スコトヲ得.

334. 直角座標. 球面座標ニ依リテ一星ノ方向ヲ

知ルヲ得レドモ其位置ヲ定ムルニハ更ニ其距離ヲ知ラザルベカラズ.

第一. 高サ及方位角. 今觀測點ヲ原點トシ地平面ヲxy面,子午面ヲxz,卯酉面ヲyzトシテ互ニ直角ナル三ノ座標軸ヲ取リ,之ニ對スル星ノ座標ヲ夫々x, y, zトシ,hヲ星ノ高サ,aヲ方位角,Δヲ原點又ハ天球ノ中心ヨリノ距離トスレバ

$$\left.\begin{aligned}x&=\Delta\cos h\cos a\\ y&=\Delta\cos h\sin a\\ z&=\Delta\sin h\end{aligned}\right\} \qquad [341]$$

即チΔ, h, aヲ知レバx, y, zヲ知ルコトヲ得. 之ニ反シテx, y, zガ與ヘラルヽトキハΔ, h, aヲ知ルヲ得ベシ. 即チ[341]ノ初ノ兩式ヨリaヲ知ルベク

$$\tan a=\frac{y}{x} \qquad [342]$$

及三式ヨリΔ及hヲ知ルコトヲ得.

$$\left.\begin{aligned}\Delta\sin h&=z\\ \Delta\cos h&=\frac{x}{\cos a}=\frac{y}{\sin a}\end{aligned}\right\} \qquad [343]$$

或ハ初兩式ノ自乘ノ和及第三式ヨリ

$$\tan h=\frac{z}{\sqrt{(x^2+y^2)}} \qquad [344]$$

又三式ノ自乘ノ和ヨリ

$$\Delta=\sqrt{(x^2+y^2+z^2)} \qquad [345]$$

第二. 赤緯及時角. 赤道面ヲ xy ノ面,子午面ヲ xz 面,之ト 90° ノ時角ヲ爲セル面ヲ yz 面トシ,星ノ赤緯,時角及中心ヨリノ距離ヲ夫々 δ, t, Δ トシ,其直角座標ヲ夫々 x', y', z' トスレバ

$$\left.\begin{aligned} x'&=\Delta\cos\delta\cos t \\ y'&=\Delta\cos\delta\sin t \\ z'&=\Delta\sin\delta \end{aligned}\right\} \qquad [346]$$

第三. 赤緯及赤經. 赤道面ヲ xy 面,晝夜平分圈ノ面ヲ xz ノ面,二至圈ノ面ヲ yz ノ面トシ,星ノ赤緯,赤經及中心ヨリノ距離ヲ夫々 δ, α, Δ トシ,其直角座標ヲ夫々 x'', y'', z'' トセバ

$$\left.\begin{aligned} x''&=\Delta\cos\delta\cos\alpha \\ y''&=\Delta\cos\delta\sin\alpha \\ z''&=\Delta\sin\delta \end{aligned}\right\} \qquad [347]$$

第三節 時

335. **天體ノ子午線經過.** 前ニ述ベタルガ如ク地球ハ其軸ノ周圍ニ自轉スルガ故ニ天球內ノ天體ハ凡ベテ地球ノ周圍ニ時針ノ方向ニ回轉スルガ如ク見ユベク,從テ一日二回觀測者ノ子午圈ヲ橫ギルベシ. 斯クノ如ク天體ガ觀測者ノ子午圈ヲ橫ギルトキハ之ヲ**子午線經過**又ハ單ニ**經過**ト呼ビ,子午圈ガ極ニ依リテ二等分セラルヽ爲メ,天體ガ觀測者ノ天頂ヲ含ム子午圈ヲ橫ギル時ハ**上經過**トナリ,其天底ヲ含ム子午圈ヲ橫ギル時ハ**下經過**トナル.

天體ノ北極距ガ觀測地ノ北緯度ヨリ大ナラザルモノハ其上下兩經過ヲ觀測スルコトヲ得ベク,之ヲ此地ニ於ケル周極星ト云フ. 南極距ガ觀測地ノ北緯ニ達セザル天體ハ常ニ地平線下ニ在リテ毫モ之ヲ觀ルコト能ハズ. 是等兩限界ノ間ニ在ル天體ハ唯上經過ニ於テノミ觀測スルコトヲ得.

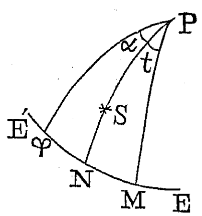
地球ガ其地軸ノ周圍ニ全ク齊一ニ動キ,且ツ地軸ノ方向ハ常ニ同一ナルヲ以テ天球ノ日々ノ見懸ノ運動ハ全然齊一ニシテ,天球上ノ任意ノ一點ガ相尋イデ子午線經過ヲナス間ノ時間ハ常ニ相等シ.

336. **恒星日及太陽日. 一恒星日トハ春分點ガ同一子午圈(ノ上部)ヲ二回續イテ經過スル間ノ時間又ハ時隔ヲ云フ. 一ノ子午圈ニ於テ或ル瞬間ノ恒星時**トハ其子午圈ヨリ西ニ數ヘテ其瞬間ニ於ケル春分點ノ時角ヲ云ヒ, 0^h ヨリ 24^h ニ至ル.

赤經ハ春分點ヨリ起算セラルヽガ故ニ α ナル赤經ヲ有スル天體ハ恒星時ノ α 時ニ於テ經過スベシ. 故ニ一ノ子午圈ノ恒星時ハ其子午圈ノ赤經ニ等シ.

第四百十六圖ニ於テ EE' ヲ赤道トシ, P ヲ極,

第四百十六圖



PM ヲ觀測地ノ子午圈, *PN* ヲ天體 *S* ノ時角, ♈ヲ春分點トセバ

MPN=天體 S ノ時角$=t$

NP♈=ハ S ノ赤經$=\alpha$

MP♈=子午圈 PM ノ恒星時$=\Theta$

ニシテ [339] 又ハ [339′] ヨリ

$$\Theta=\alpha+t \qquad [348]$$

赤經ハ天文暦ニ依リテ之ヲ知ルベク,從テ若シ天體ノ時角ヲ知ルコトヲ得バ[348]ヨリ其恒星時ヲ知ルコトヲ得ベシ.

太陽ガ同一子午圈ノ上經過ヲ二回續イテ爲ス間ノ時間ハ之ヲ一現視太陽日ト云ヒ,或ル瞬間ニ於テ或子午圈ノ太陽時角ハ其子午圈ニ於ケル現視太陽時,現視時又ハ**眞時**ナリ. 而シテ眞太陽ノ經過ノ時ハ之ヲ**現視正午**ト云フ.

地球ハ太陽ノ周圍ヲ西ヨリ東ニ公轉スル結果トシテ太陽ハ恒星ノ間ニ之ト同樣ナル運動ヲ爲スガ如ク見エ,絕エズ其赤經ヲ增シツヽアリ. 從テ一太陽日ハ一恒星日ヨリ永シ. 卽チ太陽ハ一年ノ間ニ赤經 24^h ヲ移動ス. べっせる (*Bessel*) ニ從ヘバ一年ハ 365,24222 平均太陽日ヲ有シ,一日ノ間ニ太陽ノ赤經ハ $\frac{24}{365,24222}=3^m56^s,555$ 丈ケ增加シ,一時間ノ中ニハ

$9,^s8565$ 丈ケ增加スベシ.

337. 平均太陽日,平均太陽時及時差. 平均太陽日トハ平均太陽ト名クル一個ノ假想太陽ガ子午圈ヲ二回續イテ上經過ヲ爲ス間ノ時間ヲ云フ.

一ノ子午圈ニ於ケル平均太陽時トハ其子午圈ニ於ケル平均太陽ノ時角ヲ云フ. 而シテ平均太陽ノ經過ノ時ハ平均正午ナリ.

時差トハ平均時ヲ得ル爲メ現視時ニ代數的ニ加ヘラルベキ量ヲ云フ. 時差ハ天文暦又ハ航海暦ニ與ヘラル.

今一ノ子午線上ニ於ケル一定ノ瞬間ニ眞時ヲ平均時ニ改メンニハ暦ニ與ヘラルヽ時差ヲ取リ之ヲ代數的ニ眞時ニ加フベク,若シ又平均時ヲ眞時ニ改メンニハ平均時ヨリ時差ヲ減ズベシ. 今 M ヲ平均時, A ヲ現視時, E ヲ時差トセバ

$$\left.\begin{aligned}M&=A+E\\A&=M-E\end{aligned}\right\} \qquad [349]$$

例75. 某年七月十六日,某地 (東經 130°26′18″) ノ現視時午後 $2^h7^m16^s$ ナルトキ其平均時ヲ求ム. 但シ航海暦ヨリ七月十六日ノ時差 $5^m56^s,76$ 同シク七月十七日ノ時差 $5^m56^s,08$ ヲ得タリトス.

某地ノ經度　　$-\ 8^h41^m45^s,2$

某地ノ現視時　　14　7　16

ぐりにっち現視時　$5^h25^m30^s,2$＝七月 $16^日,226$

七月$16^日$時差＝$+5^m50^s,76$

〃　17　〃　＝$+5\ 56,08$

差　　　$5^s,32$

$0,226\times5,32=1^s,20$

七月$16^日$ノ時差＝$+5\ 50,76$

七月16,226　　$5^m51^s,96$

現視時＝$14^h\ 7^m16^s$

平均時　$14^h13^m\ 7^s,96$

例 76. 某年某月某日某地ノ平均時$10^h15^m7^s$ナルトキ現視時ヲ求ム．但シ航海暦ヨリ時差ハ $-15^m47^s,56$トス

時差＝$-\ 15^m47^s,56$

平均時＝$10^h15^m\ 7^s$

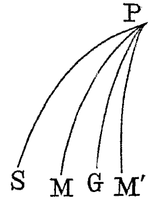
現視時＝$10^h30^m54^s,56$

338. 天文時ト常用時. **天文時**ニ於テ一日ハ正午ニ始マリ翌日正午ニ終リ，0^h ヨリ 24^h ニ至ル．**常用時**ノ一日ハ夜半ニ始マリ正午ニ終リ，更ニ正午ニ始マリテ夜半ニ終リ，各々 12^h ニ分タレ，始ノ 12 時間ヲ午前，後ノ 12 時間ヲ午後ト呼ブ．但シ近來常用ノ時間ニモ24時間制ヲ用フルモノ少ナカラズ．而カモ

常用時ノ日ノ始ハ天文日ヨリモ常ニ12時間早シ．例ヘバ天文時ノ五月二日 15^h ハ常用時ノ同ジク五月三日午前 3^h ナリ．

339. 經度ト時. 一ノ子午圈ニ於ケル太陽ノ時角ハ其子午圈ニ於ケル地方(太陽)時ニシテ，ぐりにっちニ於ケル太陽ノ時角ハ亦ぐりにっちノ太陽時ナリ．而シテ一ノ子午圈ニ於ケル地方時トぐりにっち時トノ差ハぐりにっちヨリ起算シタル其子午圈ノ經度ヲ時ニテ表ハセルモノニシテ，1^h ハ $15°$ ニ當ル．故ニ又任意ノ相異ナル二ノ子午圈ニ於ケル地方時ノ差ハ是等ノ子午圈ノ經度ノ差ヲ表ハス．

第四百十七圖



二ノ異ナル子午圈ノ地方時ヲ比較スレバ最東ノ子午圈ハ最多ノ時ヲ示シ最モ遲キ時ヲ有ス．東經 180° ト西經 180° ノ子午圈ハ同一ニシテ玆ニ一日丈ケ異ナル地方時ヲ有ス．

第四百十七圖ニ於テ PM ヲ一ノ子午圈，PG ヲぐりにっち子午圈，PS ヲ太陽ヲ過グル赤緯圈トシ，$T_0=GPS$ ヲぐりにっち時，$T=MPS$ ヲ地方時，$L=GPM$ ヲ子午圈 PM ノ西經トスレバ

$$\left.\begin{array}{l} L=T_0-T \\ T_0=T+L \end{array}\right\} \quad [350]$$

ぐりにっちノ東ニ在ル子午圏例ヘバ第三百五十五圖ノ PM' ノ如キ所ニ於テハ其經度ヲ負符トス.

[350] 式ノ T_0 及 T ハ夫々其子午圏ヨリ西ニ向テ算フベキモノニシテ 0^h ヨリ 24^h ニ至リ,且ツ天文時ナルガ故ニ天文ノ計算ニ用フルヲ得ベシ. 而シテ勿論 24^h ハ $360°$ ニ等シク, $15°$ ハ 1^h, $1°$ ハ 4^m, $1'$ ハ 4^s ニ等シ. 又 [233] ハ T_0 及 T ガ太陽時ナル場合ニモ適用スルヲ得.

例 77. 東經 $130°26'18''$ ニ於テ地方時ガ某年五月一日午前九時十五分廿秒ナルトキぐりにっち時ヲ求ム.

地方天文時四月三十一日	$21^h15^m20^s$
經度	$-\ 8\ 41\ 45,2$
ぐりにっち時四月三十一日	$12\ 33\ 34,8$

例 78. 西經 $175°30'$ ニ於テ九月三十日 $8^h10^m A.M.$ ノぐりにっち時ヲ求ム

地方天文時九月二十九日	$20^h10^m00^s$
經度	$+11\ 42\ 00$
ぐりにっち時九月三十日	$7\ 52\ 00$

340. 恒星時隔ト平均太陽時隔. 地球ハ其軌道ノ上ニ公轉ヲ爲スガ故ニ太陽ハ外觀上東ニ向テ諸星ノ間ニ移動ス. 之ガ爲メ太陽ハ其外觀上日々ノ西向運動ハ遲レヲ生ジ恒星日ヨリモ太陽日ハ凡ソ 4 分ヅヽ永キ現象ヲ呈ス (335 參照). 換言スレバ地球ハ一太陽日ノ間ニ一回轉ヨリ僅カニ多キ自轉ヲ爲ス. 而シテ一年ノ間ニ太陽日ノ數ハ恒星日ノ數ヨリ恰カモ一日多キ結果トナル. 卽チ一赤道年又ハ太陽ガ外觀上春分點ヨリ再ビ春分點ニ地球ノ周圍ヲ一全轉スル時間ハ 365,24222 平均太陽日ニシテ,是レ亦 366,24222 恒星日ニ等シ. 故ニ

$$1\text{ 平均太陽日}=\frac{366,24222}{365,24222}\text{ 恒星日}$$
$$=1,00273791\text{ 恒星日}$$
$$1\text{ 恒星日}=\frac{365,24222}{366,24222}\text{ 平均太陽日}$$
$$=0,99726957\text{ 平均太陽日}$$

一ノ時辰儀ヲ恒星時ニ合ハセ,他ノ懐中時計ヲ平均太陽時ニ合ハセ置キタリトセバ前者ハ後者ヨリモ早ク進ミ,毎日殆ド 3^m56^s ヅヽ進ムベシ. 而シテ一年ノ後恰カモ精密ニ一日丈ケ多クナル勘定ナリ.

I_m ヲ平均太陽時ニテ表ハシタル時間又ハ時隔, I_s ヲ之ニ呼應シタル恒星時隔, $\mu=1,00273791$ トセバ

$$\left.\begin{array}{l} I_s=I_m+I_m(\mu-1)=I_m+0,00273791I_m \\ I_m=I_s-I_s\left(1-\dfrac{1}{\mu}\right)=I_s-0,00273043I_s \end{array}\right\} \quad [351]$$

航海暦附錄第二表及第三表ニハ夫々 I_s ヲ引數トセル $\left(1-\frac{1}{\mu}\right)I_s$ 及 I_m ヲ引數トセル $(\mu-1\ I_m$ ヲ載ス．次表ハ亦恒星時及平均太陽時ノ改算ニ用ヒラルヽ更正時ヲ示ス．

第五十八表　恒星時ヲ平均太陽時ニ改算スル表

$$I_m=I_s-I_s\left(1-\frac{1}{\mu}\right).$$

I_s 時間	更正時	I_s 分	更正時	I_s 分	更正時	I_s 秒	更正時	I_s 秒	更正時
1	0^m $9{,}830^s$	1	$0{,}164^s$	31	$5{,}079^s$	1	$0{,}003^s$	31	$0{,}035^s$
2	0 19,659	2	0,328	32	5,242	2	0,005	32	0 037
3	0 29,489	3	0,491	33	5,406	3	0,008	33	0,090
4	0 39,318	4	0,655	34	5,570	4	0,011	34	0,093
5	0 49,148	5	0,819	35	5,734	5	0,014	35	0,096
6	0 58,977	6	0,983	36	5,898	6	0,016	36	0,098
7	1 8,807	7	1,147	37	6,062	7	0,019	37	0,101
8	1 18,636	8	1,331	38	6,225	8	0,022	38	0,104
9	1 28,466	9	1,474	39	6,389	9	0,025	39	0,106
10	1 38,296	10	1,638	40	6,553	10	0,027	40	0.109
11	1 48,125	11	1,802	41	6,717	11	0.030	41	0,112
12	1 57,955	12	1,966	42	6,881	12	0.033	42	0,115
13	2 7,784	13	2,130	43	7,045	13	0,035	43	0 117
14	2 17,614	14	2,294	44	7,208	14	0,038	44	0,120
15	2 27,443	15	2,457	45	7,372	15	0,041	45	0,123
16	2 37,273	16	2,621	46	7,536	16	0,044	46	0,126
17	2 47,102	17	2,785	47	7,700	17	0,046	47	0,128
18	2 56,932	18	2,949	48	7,864	18	0,049	48	0,131
19	3 6,762	19	3,113	49	8,027	19	0,052	49	0,134
20	3 16,591	20	3,277	50	8,191	20	0,055	50	0,137
21	3 26,421	21	3,440	51	8,355	21	0,057	51	0,139
22	3 36,250	22	3,604	52	8,519	22	0,060	52	0,142
23	3 46,080	23	3,768	53	8,683	23	0,063	53	0,145
24	3 55,909	24	3,932	54	8,847	24	0,066	54	0,147
		25	4,096	55	9,010	25	0,068	55	0,150
		26	4,259	56	9,174	26	0,071	56	0,153
		27	4,423	57	9,338	27	0,074	57	0,156
		28	4,587	58	9,502	28	0,076	58	0,158
		29	4,751	59	9,666	29	0,079	59	0,161
		30	4,915	60	9,830	30	0,082	60	0,164

第五十九表　平均太陽時ヲ恒星時ニ改算スル表

$$I_s=I_m+I_m(\mu-1).$$

I_m 時	更正時	I_m 分	更正時	I_m 分	更正時	I_m 秒	更正時	I_m 秒	更正時
1	0^m $9{,}856^s$	1	$0{,}164^s$	31	$5{,}093^s$	1	$0{,}003^s$	31	$0{,}085^s$
2	0 19,713	2	0 329	32	5,257	2	0,005	32	0,088
3	0 29,569	3	0,493	33	5,421	3	0,008	33	0,090
4	0 39,426	4	0,657	34	5,585	4	0,011	34	0,093
5	0 49,282	5	0,821	35	5,750	5	0,014	35	0,096
6	0 59,139	6	0,986	36	5,914	6	0,016	36	0.099
7	1 8,995	7	1,150	37	6.078	7	0 019	37	0,101
8	1 18,852	8	1,314	38	6,242	8	0.022	38	0,104
9	1 28,708	9	1,478	39	6.407	6	0,025	39	0,107
10	1 38,565	10	1,643	40	6,571	11	0,027	40	0,110
11	1 48,421	11	1,807	41	6,735	11	0,030	41	0,112
12	1 58,278	12	1,971	42	6,900	12	0,033	42	0,115
13	2 8,134	13	2,136	43	7,064	13	0,036	43	0,118
14	2 17,991	14	2,300	44	7,228	14	0,038	44	0,120
15	2 27,847	15	2,464	45	7,392	15	0.041	45	0,123
16	2 37,704	16	2,628	46	7,557	16	0,044	46	0,126
17	2 47,560	17	2,793	47	7,721	17	0,047	47	0,129
18	2 57,417	18	2,957	48	7,885	18	0,019	48	0,131
19	3 7,273	19	3,121	49	8,049	19	0,052	49	0,134
20	3 17,129	20	3,285	50	8,214	20	0,055	50	0,137
21	3 26,986	21	3,450	51	8,378	21	0,057	51	0,140
22	3 36,842	22	3,614	52	8,542	22	0,060	52	0,142
23	3 46,699	23	3,778	53	8,707	23	0,063	53	0,145
24	3 56,555	24	3,943	54	8,871	24	0,066	54	0,148
		25	4,107	55	9,035	25	0,068	55	0,151
		26	4,271	56	9,199	26	0,071	56	0,153
		27	4,435	57	9,364	27	0,074	57	0,156
		28	4,600	58	9,528	28	0,077	58	0,160
		29	4,764	59	9,692	29	0,079	59	0,162
		30	4,928	60	9,856	30	0,082	60	0,164

例 79.　平均太陽時隔 $I_m=4^h40^m30^s$ ナルトキ之ニ對スル恒星時隔ヲ見出セ．

$$I_m=4^h40^m30^s$$

4^h ニ對スル更正時		$+39,426$	第五十九表
40^m	„	$+\ 6,571$	
30^s	„	$+\ 0,082$	
		$I_s=4^h41^m16^s,079$	

例 80. 恒星時隔 $I_s=4^h41^m16^s,079$ ナルトキ之ニ對スル平均太陽時隔ヲ見出セ.

$$I_s=4^h41^m16,^s079$$

4^h ニ對スル更正		$-39,318$	第五十八表
41^m	„	$-\ 6,717$	
$16^s,079$	„	$-\ 0,044$	
		$I_m=4^h40^m30,^s000$	

341. 恒星時及平均太陽時ノ關係. 或瞬間ニ於ケル恒星時ハ春分點ノ時角ニシテ, Θ ヲ恒星時, α_m ヲ平均太陽ノ赤經, T ヲ平均時トスレバ

$$\Theta=\alpha_m+T \qquad [352]$$

平均太陽ノ赤經 α_m ハ航海暦ニ每日**平均正午ノ恒星時**トシテ表示セラルヽモノニシテ,正午ニ於ケル平均太陽ノ赤經ハ即チ其恒星時ナリ.

ぐりにっちヨリノ經度 L ノ子午線ニ對シテ平均時 T ヲ見出シタルトキハ $(T+L)$ ハ即チぐりにっちノ平均正午ヨリ起算シタル平均時ナリ.

V_0 ヲぐりにっち平均 午ノ恒星時トスレバ

$\alpha_m=V_0+(T+L)(\mu-1)$ ナルガ故ニ

$$\Theta=T+V_0+(T+L)(\mu-1)\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad [353]$$

$(T+L)(\mu-1)$ ハ第五十九表ヨリ之ヲ見出スコトヲ得. 又 **315** ニ述ベタル如ク平均眞太陽ノ赤經ハ一時間ニ $9,^s8565$ ヅヽ變化スルガ故ニ $(T+L)$ ヲ時數ニテ表ハセバ

(1) $\qquad \alpha_m=V_0+(T+L)9^s,8565$

又 V ヲ經度 L ナル地點ノ子午線ニ於テ平均正午ノ恒星時, L ヲ西ニ向テ測リタルモノトスレバ此ノ子午線ニ於ケル平均正午ヲぐりにっちニテ表ハシタルモノハ L ナルベク

(2) $\qquad V=V_0+L(\mu-1)$

又ハ L ヲ時間單位ニテ表ハストキハ

(3) $\qquad V=V_0+9,8565L$

從テ [353] ハ

$$\Theta=V+T+T(\mu-1) \qquad [354]$$

例 81. 某地ニ於テ經度ガ $-8^h41^m45^s,2=-8^h,6959$ ニシテ某年七月十六日 $9^h00^m00^s$ ノ平均太陽時ニ相當スル恒星時ヲ見出セ. 但シ航海暦ヨリ $V_0=7^h36^m10^s,97$ トス.

航海暦ヨリ $\qquad V_0=7^h36^m10^s,97$

第五十九表ヨリ 8^h ニ對スル更正 $-1^m18^s,852$

41^m	„	$-\ 6,717$
$45^s,2$	„	$-\ 0,124$
		$-1^m25^s,693$
		$V=7^h34^m55^s,277$

平均太陽時 $T=9^h00^m00^s,000$

第五十九表ヨリ $(\mu-1)T \quad + \quad 1^m28^s,708$

恒星時 $\Theta=16^h36^m23^s,985$

恒星時ヲ知リテ平均太陽時ヲ見出スハ全ク前ニ述ベタル方法ニ反ス.

與ヘラレタル恒星時ヨリ平均正午ノ恒星時ヲ減ズレバ正午ヨリ後ノ恒星時隔 $\Theta-V$ ヲ得. 此 $\Theta-V$ ヨリ $(\Theta-V)\left(1-\frac{1}{\mu}\right)$ ヲ減ズレバ之ニ應ジタル平均時隔ヲ得. 卽チ

$$T=(\Theta-V)-(\Theta-V)\left(1-\frac{1}{\mu}\right) \qquad [355]$$

例 82. 某地ニ於テ某年七月十六日恒星時 $16^h36^m23^s,985$ ニ對スル平均太陽時ヲ求ム. 但シ $V=7^h34^m55^s,277$ トス.

$$\Theta=16^h36^m23^s,985$$
$$V=\ 7^h34^m55,277$$
$$\Theta-V=\ 9^h\ 1^m28^s,708$$

第五十八表ヨリ 9^h ニ對スル更正 $-1^m28^s,466$

1^m	$-\ 0,164$
$28^s,708$	$-\ 0,078$
	$-1^m28^s,708$
	$T=9^h00^m00^s$

342. 標準時. 境域ガ廣クシテ東西ニ連亘セル處ニ於テハ其局所ノ地方時ガ皆異ル爲メ,旅行者ニハ甚ダ不便ナリ. 從テ一又ハ若干ノ子午線ヲ擇ンデ之ヲ標準時トスルヲ便トス. 我國ニテハ東經 135° ノ地方平均時ヲ用ヒテ中央標準時トシ,同ジク東經 120° ノ地方平均時ヲ用ヒテ西部標準時トス. 又北米合衆國ノ如キハ全國ヲ四個ノ時帶ニ分チ,東方時帶ハ西經75°ノ地方平均時ヲ標準時トシ,中部時帶ハ西經 90° ニ,山地時帶ハ西經 105° ニ,太平洋時帶ハ120° ヲ標準トスルノ類是ナリ.

第四節 觀測高度ノ更正

343. 視差. 地表ノ相離レタル諸點ヨリ天體ヲ觀測スル場合ニ,若シ其天體ノ距離ガ地球ノ直徑ニ比シテ非常ニ大ナランニハ,地表孰レノ點ヨリ之ヲ望ムモ天球ノ同一點ニ在ルガ如ク見ユベシ. 然レドモ若シ天體ノ距離ガ地球ノ直徑ニ比シテ甚ダ大ナ

ラザルトキハ天體ノ見懸ケノ位置又ハ現視位置ニ變化ヲ生ズベシ. 此位置ノ差ヲ名ケテ視差ト云フ. 相當視差ノ生ズルモノハ之ヲ地球ノ中心ニ對スル位置ニ更正スルヲ常トス.

一物體ノ地心位置トハ地球ノ中心ヨリ見タル位置ヲ云フ.

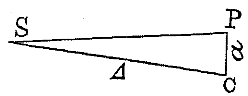
現視位置又ハ觀測位置トハ地表ノ一點ヨリ見タル位置ヲ云フ.

視差トハ地心位置ト觀測位置ノ間ノ差ヲ云フ 即チ視差ハ地心及地表ノ一點ヨリ觀測セラルヽ物體ニ引キタル二ノ直線ノ間ノ角ヲ以テ之ヲ表ハス.

地平視差トハ天體ガ地平線上ニ見ラルヽトキノ視差ニシテ,**赤道地平視差**ハ地球ノ赤道上ノ一點ヨリ地平線上ニ見タル視差ヲ云フ.

第四百十八圖ニ於テ S ヲ天體ノ位置, P ヲ地表ノ一點, C ヲ地球ノ中心, PC ヲ地球ノ赤道半徑 $PC=a$, SC ヲ天體ノ地心ヨリノ距離 $SC=\Delta$, 赤道地平視差 $PSC=\pi$ トスレバ

第四百十八圖



$$\sin\pi=\frac{a}{\Delta} \qquad [356]$$

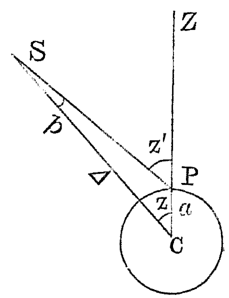
天文學ニテハ太陽ト地球トノ平均距離ヲ長サノ

單位ト考フルヲ常トス. 從テ太陽ニ對シテハ $\Delta=1$ ニシテ

$$\sin\pi=a \qquad [357]$$

344. **任意ノ天頂距離ニ於ケル天體ノ視差.** 第四百十九圖ニ於テ S ヲ天體ノ位置, Z ヲ天頂, C ヲ球ト考ヘラレタル地球ノ中心, P ヲ地表ノ一點トスレバ C ヨリ見タル S ノ天頂距離ハ z ニシテ, P ヨリノ天頂距離ハ z' トナリ,茲ニ視差 $PSC=p$ ヲ生ズ. 今地球ノ半徑ヲ $PC=a$, 天體ノ距離 $SC=\Delta$ トスレバ三角形 SCP ヨリ

第四百十九圖



$$\Delta : a=\sin z' : \sin p$$

故ニ

$$\sin p=\frac{a}{\Delta}\sin z' \qquad [358]$$

又ハ [356] ヲ代入スレバ

$$\sin p=\sin\pi\sin z' \qquad [359]$$

但シ p 及 π 共ニ甚ダ小ナルヲ以テ

$$p=\pi\sin z' \qquad [360]$$

以上視差ヲ見出サントスルニ地球ヲ一ノ球ト假定シタレドモ極メテ嚴正ナル意味ニ於テハ精密ナ

ラズ. 視差ノ精密ナル値ハ緯度ノ更正 $\varphi-\psi$ (第一節 326 參照)及緯度 φ ニ於ケル地球ノ半徑 ρ ヲ知ラザルベカラズ. 然レドモ多クノ場合ニハ [360] ヲ以テ充分ナリトス.

345. 光線ノ屈折. でかると (*Descartes*) ニ從ヘバ光線ノ屈折スル場合ニ入射角ノ正弦ト屈折角ノ正弦トハ同一ノ二ノ透射體ニハ同一ノ比ヲ爲セドモ異ナル透射體ハ亦異ナル. 又入射屈折ノ光線ハ共ニ二ノ透射體ヲ分テル面ニ直角ナル同一平面上ニ在リ.

任意ノ天頂距離 z ニ於ケル光線ノ屈折 r ハ次ノ如シ(べっせるニ從フ).

$$r=\alpha\,.\,\beta^{A}\gamma^{\lambda}\tan z \qquad [361]$$

此ニ α ハ天頂距離ニ比例スル係數ニシテ, A 及 λ 共ニ亦天頂距離ニ比例シ殆ド1ニ近シ. 但シ天頂距離ガ大ナラザル限リハ此差ハ極メテ少ク,一般ニ之ヲ1トシテ可ナリ. β ハ氣壓計示度ニ關シ又水銀ノ溫度ニ依リテ異ナル係數ニシテ $\beta=t\times B$ トシ, B ハ氣壓計ノ示度ニ關シ, t ハ附屬寒暖計ノ示度ニ依ル. γ ハ氣溫ニ關スル係數ニシテ寒暖計ノ示度ニ依ル.

故ニ

$$r=R\times B\times t\times T \qquad [362]$$

此ニ $R=\alpha\tan z$, B ハ氣壓計ノ示度ニ關スル係數, t ハ附屬寒暖計ノ示度ニ關シ, T ハ氣溫ヲ示ス寒暖計ノ示度ニ關スル係數ナリ.

近似的ニハ

$$r=57'',7\tan z \qquad [363]$$

ヲ以テ充分ナリトス. 例ヘバ見掛ケノ高サ $h'=3^{\circ}49'48''$ ニ對シ $r=1'32'',95$ ヲ得.
但シ [362] ニ依ルトキハ $r=1'26'',43$ トナル.

今 z ヲ現視天頂距離, ζ ヲ眞ノ天頂距離トセバ

$$\zeta=z+r \qquad [364]$$

以下ノ諸表ハぎるでん (*Gyldén*) ニ從ヒ光線屈折ニ關スルモノニシテ,第六十表ハ天頂距離 z ニ對スル平均屈折ヲ示セリ. 第六十一表ハ一般ノ屈折ヲ示セルモノニシテ第六十二表ハ $\log\alpha\tan z$ ヲ擧ゲ,第六十三表ハ氣壓計ノ示度ニ關スル更正 $\log B$ ヲ示ス. 氣壓計ノ示度ハ勿論溫度緯度,及高サノ更正ヲ經ザルベカラズ. 是等ノ更正ニ關シテハ本書上卷第四章氣壓測量第二十七表乃至第三十表ヲ用フベシ. 第六十四表ハ附屬寒暖計ノ示セル水銀溫度ニ依ル更正,第六十五表ハ氣溫ニ關スル更正ヲ表示セリ.

第六十表 平均屈折

z	平均屈折	z	平均屈折	z	平均屈折	z	平均屈折	z	平均屈折
0° 0'	0' 0'',0	30° 0,	0'33'',2	60° 0'	1'39'',2	70° 0'	2'36'',6	75° 0'	3'31'',2
1 0	1 ,0	31 0	34 ,5	61 0	43 ,3	10	38 ,0	10	33 ,6
2 0	2 ,0	32 0	35 ,9	62 0	47 ,6	20	39 ,4	20	36 ,0
3 0	3 ,0	33 0	37 ,3	63 0	52 ,3	30	40 ,8	30	38 ,5
4 0	4 ,0	34 0	38 ,7	64 0	57 ,3	40	42 ,3	40	41 ,1
5 0	5 ,0	35 .0	40 ,2	65 0	2 2 ,6	50	43 ,8	50	43 ,7
6 0	6 ,0	36 0	41 ,7	66 0	2 8 ,3	71 0	2 45 ,3	76 0	3 46 ,4
7 0	7 ,1	37 0	43 ,3	10	9 ,3	10	46 ,9	10	49 ,2
8 0	8 ,1	38 0	44 ,9	20	10 ,4	20	48 ,4	20	52 ,0
9 0	9 ,1	39 9	46 ,5	30	11 ,4	30	50 ,0	30	54 ,8
10 0	10 ,1	40 0	0 48 ,2	40	12 ,4	40	51 ,7	40	57 ,8
11 0	11 ,2	41 0	49 ,9	50	13 ,5	50	53 ,3	50	4 0 ,8
12 0	12 ,2	42 0	51 ,7	67 0	2 14 ,5	72 0	2 55 ,0	77 0	4 3 ,8
13 0	13 ,3	43 0	53 ,5	10	15 ,6	10	56 ,7	10	7 ,0
14 0	14 ,3	44 0	55 ,4	20	16 ,7	20	58 ,4	20	10 ,2
15 0	15 ,4	45 0	57 ,4	30	17 ,8	30	3 0 ,2	30	13 ,5
16 0	16 ,5	46 0	59 ,4	40	19 ,0	40	2 ,0	40	16 ,9
17 0	17 ,6	47 0	1 1 ,5	50	20 ,1	50	3 ,8	50	20 ,4
18 0	18 ,7	48 0	3 ,7	63 0	2 21 ,3	73 0	3 5 ,7	78 0	4 23 ,9
19 0	19 ,8	49 0	6 ,0	10	22 ,4	10	7 ,6	10	27 ,5
20 0	0 20 ,9	50 0	1 8 ,4	20	23 ,6	20	9 ,6	20	31 ,3
21 0	22 ,1	51 0	10 ,9	30	24 ,8	30	11 ,6	30	35 ,1
22 0	23 ,2	52 0	13 ,4	40	26 ,1	40	13 ,6	40	39 ,1
23 0	24 ,4	53 0	16 ,1	50	27 ,3	50	15 ,6	50	43 ,1
24 0	25 ,6	54 0	18 ,9	69 0	2 28 ,6	74 0	3 17 ,7	79 0	4 47 ,3
25 0	26 ,8	55 0	21 ,9	10	29 ,8	10	19 ,8	10	51 ,6
26 0	28 ,0	56 0	25 ,0	20	31 ,1	20	22 ,0	20	56 ,0
27 0	29 ,3	57 0	28 ,3	30	32 ,5	30	24 ,2	30	5 0 ,5
28 0	30 ,6	58 0	31 ,7	40	33 ,8	40	26 ,5	40	5 ,2
29 0	31 ,9	59 0	35 ,3	50	35 ,2	50	28 ,8	50	10 ,0
30 0	0 33 ,2	60 0	1 39 ,2	70 0	36 ,6	75 0	31 ,2	80 0	5 14 ,9

第六十一表 一般ノ屈折表（1）

z	logα	λ	z	logα	λ	z	logα	λ
0° 0'	1,75947		30° 0'	1,75930		60° 0'	1,75796	1,0044
1 0	75947		31 0	75929		10	75794	0045
2 0	75947		32 0	75927		20	75792	0045
3 0	75947		33 0	75925		30	75790	0046
4 0	75947		34 0	75923		40	75788	0046
5 0	75947		35 0	75921		50	75785	0047
6 0	75947		36 0	75919		61 0	1,75783	1,0047
7 0	75946		37 0	75917		10	75781	0048
8 0	75946		38 0	75915		20	75778	0048
9 0	75946		39 0	75913		30	75776	0049
10 0	1,75945		40 0	1,75910		40	75773	0050
11 0	75945		41 0	75908		50	75771	0051
12 0	75944		42 0	75905		62 0	1,75768	1,0051
13 0	75944		43 0	75902		10	75765	0052
14 0	75943		44 0	75898		20	75763	0052
15 0	75943		45 0	75895	1,0018	30	75760	0053
16 0	75942		46 0	75891	0019	40	75757	0054
17 0	75942		47 0	75887	0019	50	75755	0055
18 0	75941		48 0	75883	0020	63 0	1,75752	1,0055
19 0	75941		49 0	75879	0021	10	75749	0056
20 0	1,75940		50 0	1,75875	1,0022	20	75747	0056
21 0	75939		51 0	75870	0024	30	75744	0057
22 0	75938		52 0	75864	0025	40	75741	0058
23 0	75938		53 0	75858	0026	50	75738	0059
24 0	75937		54 0	75851	0027	64 0	1,75735	1,0059
25 0	75936		55 0	75843	0029	10	75732	0060
26 0	75935		56 0	75835	0032	20	75729	0061
27 0	75934		57 0	75827	0035	30	75726	0061
28 0	75932		58 0	75817	0038	40	75723	0062
29 0	75931		59 0	75807	0041	50	75719	0063
30 0	1,75930		60 0	1,75796	1,0044	65 0	1,75716	1,0064

第六十一表　一般ノ屈折表（2）

z	log α	λ	z	log α	λ	A	z	log α	λ	A
65° 0′	1,75716	1,0064	70° 0′	1,75572	1,0103		75° 0′	1,75269	1,0188	
10	75713	0065	10	75565	0105		10	75253	0191	
20	75709	0066	20	75558	0107		20	75237	0195	
30	75706	0067	30	75551	0109		30	75221	0200	
40	75702	0068	40	75544	0111		40	75204	0205	
50	75699	0069	50	75537	0113		50	75186	0211	
66 0	1,75695	1,0070	71 0	1,75529	1,0115		76 0	1,75168	1,0216	
10	75691	0071	10	75521	0118		10	75150	0223	
20	75687	0072	20	75513	0120		20	75131	0229	
30	75683	0074	30	75505	0123		30	75111	0235	
40	75679	0075	40	75497	0125		40	75090	0241	
50	75674	0076	50	75488	0128		50	75068	0246	
67 0	1,75670	1,0077	72 0	1,75479	1,0130		77 0	1,75046	1,0253	1,0029
10	75666	0078	10	75470	0133		10	75022	0259	0029
20	75661	0080	20	75461	0136		20	74998	0264	0030
30	75656	0081	30	75451	0138		30	74973	0271	0030
40	75652	0082	40	75441	0141		40	74947	0278	0031
50	75647	0084	50	75431	0144		50	74920	0285	0032
68 0	1,75642	1,0085	73 0	1,75421	1,0147		78 0	1,74891	1,0293	1,0033
10	75637	0086	10	75411	0150		10	74862	0300	1,0033
20	75631	0088	20	75400	0153		20	74832	0309	0034
30	75626	0089	30	75389	0157		30	74801	0318	0035
40	75620	0090	40	75377	0160		40	74768	0327	0036
50	75615	0092	50	75365	0163		50	74734	0335	0037
69 0	1,75609	1,0093	74 0	1,75353	1,0166		79 0	1,74698	1,0344	1,0038
10	75603	0095	10	75340	0170		10	74661	0354	0039
20	75597	0096	20	75327	0173		20	74622	0364	0040
30	75591	0098	30	75313	0177		30	74580	0374	0041
40	75585	0100	40	75299	0181		40	74538	0385	0042
50	75578	0102	50	75284	0185		50	74494	0397	0043
70 0	1,75572	1,0103	75 0	1,75269	1,0188		80 0	1,74448	1,0409	1,0044

第六十二表　log α tan z ノ表（1）

z	log α tan z	z	log α tan z	z	log α tan z	z	log α tan z	z	log α tan z
0° 0′	−∞	7° 0′	0,8486	14° 0′	1,1562	21° 0′	1,3436	28° 0′	1,4850
10	9,2232	10	8589	10	1615	10	3473	10	4880
20	5242	20	8690	20	1668	20	3511	20	4911
30	7003	30	8789	30	1721	30	3548	30	4941
40	8253	40	8885	40	1773	40	3585	40	4971
50	9222	50	8980	50	1824	50	3621	50	5001
1 0	0,0014	8 0	0,9073	15 0	1,1875	22 0	1,3658	29 0	1,5031
10	0683	10	9163	10	1925	10	3694	10	5060
20	1264	20	9252	20	1975	20	3730	20	5090
30	1775	30	9340	30	2024	30	3766	30	5119
40	2233	40	9425	40	2073	40	3802	40	5149
50	2647	50	9509	50	2121	50	3837	50	5178
2 0	0,3025	9 0	0,9592	16 0	1,2169	23 0	1,3872	30 0	1,5207
10	3373	10	9673	10	2217	10	3907	10	5236
20	3696	20	9752	20	2264	20	3942	20	5265
30	3996	30	9831	30	2310	30	3977	30	5294
40	4276	40	9907	40	2356	40	4011	40	5323
50	4540	50	9983	50	2402	50	4045	50	5352
3 0	0,4789	10 0	1,0058	17 0	1,2448	24 0	1,4080	31 0	1,5381
10	5024	10	0131	10	2493	10	4113	10	5409
20	5247	20	0203	20	2537	20	4147	20	5438
30	5460	30	0274	30	2581	30	4181	30	5466
40	5662	40	0344	40	2625	40	4214	40	5494
50	5856	50	0413	50	2669	50	4247	50	5522
4 0	0,6041	11 0	1,0481	18 0	1,2712	25 0	1,4280	32 0	1,5551
10	6219	10	0548	10	2755	10	4313	10	5579
20	6390	20	0614	20	2797	20	4346	20	5607
30	6554	30	0679	30	2839	30	4379	30	5635
40	6713	40	0743	40	2881	40	4411	40	5662
50	6866	50	0807	50	2923	50	4443	50	5690
5 0	0,7014	12 0	1,0869	19 0	1,2964	26 0	1,4475	33 0	1,5718
10	7157	10	0931	10	3005	10	4507	10	5745
20	7296	20	0992	20	3045	20	4539	20	5773
30	7430	30	1052	30	3086	30	4571	30	5800
40	7561	40	1111	40	3126	40	4602	40	5828
50	7688	50	1170	50	3165	50	4634	50	5855
6 0	0,7811	13 0	1,1228	20 0	1,3205	27 0	1,4665	34 0	1,5882
10	7931	10	1285	10	3244	10	4696	10	5909
20	8047	20	1342	20	3283	20	4727	20	5936
30	8161	30	1398	30	3321	30	4758	30	5963
40	8272	40	1453	40	3360	40	4789	40	5991
50	8380	50	1508	50	3398	50	4819	50	6018

第六十二表　$\log \alpha \tan z$ ノ表（2）

z	log α tan z	z	log α tan z	z	log α tan z	z	log α tan z	z	log α tan z
35° 0′	1,6044	42° 0′	1,7135	49° 0′	1,8196	56° 0′	1,9294	60° 0′	1,99653
10	6071	10	7160	10	8222	10	9321	5	99798
20	6098	20	7186	20	8247	20	9348	10	99943
30	6125	30	7211	30	8273	30	9375	15	2,00088
40	6151	40	7236	40	8298	40	9403	20	00234
50	6178	50	7261	50	8324	50	9430	25	00380
36 0	1,6205	43 0	1,7287	50 0	1,8349	57 0	1,9458	30	2,00526
10	6231	10	7312	10	8375	10	9485	35	00672
20	6257	20	7337	20	8401	20	9513	40	00819
30	6284	30	7362	30	8426	30	9540	45	00916
40	6310	40	7388	40	8452	40	9568	50	01113
50	6337	50	7413	50	8478	50	9596	55	01260
37 0	1,6363	44 0	1,7438	51 0	1,8503	58 0	1,9624	61 0	2,01408
10	6389	10	7463	10	8529	10	9652	5	01556
20	6415	20	7489	20	8555	20	9680	10	01705
30	6441	30	7514	30	8581	30	9708	15	01853
40	6467	40	7539	40	8607	40	9736	20	02001
50	6494	50	7564	50	8632	50	9765	25	02151
38 0	1,6520	45 0	1,7589	52 0	1,8658	59 0	1,9793	30	2,02300
10	6546	10	7615	10	8684	10	9821	35	02449
20	6572	20	7640	20	8710	20	9850	40	02598
30	6598	30	7665	30	8736	30	9879	45	02750
40	6623	40	7690	40	8762	40	9907	50	02900
50	6649	50	7715	50	8789	50	9936	55	03050
39 0	1,6675	46 0	1,7741	53 0	1,8815	60 0	1,9965	62 0	2,03201
10	6701	10	7766	10	8841			5	03352
20	6726	20	7791	20	8867			10	03504
30	6752	30	7816	30	8893			15	03655
40	6778	40	7842	40	8920			20	03808
50	6804	50	7867	50	8946			25	03960
40 0	1,6829	47 0	1,7892	54 0	1,8973			30	2,04112
10	6855	10	7917	10	8999			35	04266
20	6880	20	7943	20	9025			40	04418
30	6906	30	7968	30	9052			45	04572
40	6931	40	7993	40	9079			50	04727
50	6957	50	8019	50	9105			55	04881
41 0	1,6982	48 0	1,8044	55 0	1,9132			63 0	2,05036
10	7008	10	8069	10	9159			5	05191
20	7033	20	8095	20	9186			10	05346
30	7059	30	8120	30	9213			15	05502
40	7084	40	8145	40	9240			20	05658
50	7110	50	8171	50	9267			25	05814
								30	2,05970
								35	06127
								40	06284
								45	06442
								50	06600
								55	06759

第六十二表　$\log \alpha \tan z$ ノ表（3）

z	log α tan z	z	log α tan z	z	og α tan z	z	log α tan z
64° 0′	2,06917	68° 0′	2,15001	72° 0′	2,24301	76° 0′	2,35491
5	07076	5	15181	5	24512	5	35752
10	07235	10	15361	10	24724	10	36014
15	07395	15	15541	15	24937	15	36277
20	07555	20	15722	20	25150	20	36542
25	07716	25	15904	25	25364	25	36808
30	2,07876	30	2,16086	30	2,25579	30	2,37076
35	08038	35	16270	35	25794	35	37344
40	08199	40	16452	40	26011	40	37614
45	08361	45	16637	45	26229	45	37886
50	08523	50	16821	50	26447	50	38159
55	08686	55	17006	55	26667	55	38433
65 0	2,08849	69 0	2,17192	73 0	2,26887	77 0	2,38710
5	09013	5	17377	5	27109	5	38987
10	09177	10	17564	10	27331	10	39265
15	09341	15	17751	15	27553	15	39546
20	09506	20	17939	20	27778	20	39828
25	09671	25	18128	25	28003	25	40112
30	2,09836	30	2,18317	30	2,28229	30	2,40397
35	10001	35	18507	35	28456	35	40684
40	10167	40	18698	40	28683	40	40973
45	10334	45	18889	45	28911	45	41263
50	10502	50	19080	50	29141	50	41555
55	10669	55	19272	55	29372	55	41849
66 0	2,10837	70 0	2,19465	74 0	2,29603	78 0	2,42144
5	11006	5	19659	5	29836	5	42440
10	11174	10	19853	10	30069	10	42740
15	11343	15	20048	15	30304	15	43041
20	11513	20	20243	20	30540	20	43343
25	11683	25	20440	25	30776	25	43648
30	2,11853	30	2,20636	30	2,31014	30	2,43955
35	12024	35	20834	35	31253	35	44263
40	12195	40	21033	40	31493	40	44573
45	12367	45	21232	45	31734	45	44886
50	12539	50	21432	50	31976	50	45199
55	12712	55	21632	55	32220	55	45515
67 0	2,12885	71 0	2,21832	75 0	2,32464	79 0	2,45833
5	13059	5	22033	5	32708	5	46153
10	13233	10	22236	10	32956	10	46475
15	13407	15	22439	15	33204	15	46799
20	13582	20	22643	20	33453	20	47126
25	13758	25	22848	25	33703	25	47453
30	2,13934	30	2,23053	30	2,33955	30	2,47783
35	14110	35	23260	35	34208	35	48116
40	14288	40	23466	40	34462	40	48452
45	14466	45	23674	45	34718	45	48789
50	14643	50	23882	50	34974	50	49129
55	14822	55	24092	55	35232	55	49472

第六十三表　氣壓計示度ニ關スル屈折更正（1）

氣壓（粍）	log B	氣壓（粍）	log B	氣壓（粍）	log B	氣壓（粍）	log B
700,0	−0,03084	708,0	−0,02590	716,0	−0,02102	724,0	−0,01620
2	3072	2	2578	2	2090	2	1608
4	3059	4	2566	4	2078	4	1596
6	3047	6	2553	6	2065	6	1584
8	3034	8	2541	8	2053	8	1572
701,0	−0,03022	709,0	−0,02529	717,0	−0,02041	725,0	−0,01560
2	3010	2	2517	2	2029	2	1548
4	2997	4	2505	4	2017	4	1536
6	2985	6	2492	6	2005	6	1524
8	2972	8	2480	8	1993	8	1512
702,0	−0,02960	710,0	−0,02468	718,0	−0,01981	726,0	−0,01500
2	2948	2	2456	2	1969	2	1488
4	2935	4	2443	4	1957	4	1476
6	2923	6	2431	6	1945	6	1464
8	2910	8	2418	8	1933	8	1452
703,0	−0,02898	711,0	−0,02406	719,0	−0,01921	727,0	−0,01440
2	2886	2	2394	2	1909	2	1428
4	2873	4	2382	4	1897	4	1416
6	2861	6	2369	6	1884	6	1404
8	2848	8	2357	8	1872	8	1392
704,0	−0,02836	712,0	−0,02345	720,0	−0,01860	728,0	−0,01380
2	2824	2	2333	2	1848	2	1368
4	2811	4	2321	4	1836	4	1356
6	2799	6	2308	6	1824	6	1345
8	2786	8	2296	8	1812	8	1333
705,0	−0,02774	713,0	−0,02284	721,0	−0,01800	729,0	−0,01321
2	2762	2	2272	2	1788	2	1309
4	2750	4	2260	4	1776	4	1297
6	2737	6	2248	6	1764	6	1285
8	2725	8	2236	8	1752	8	1273
706,0	−0,02713	714,0	−0,02224	722,0	−0,01740	730,0	−0,01261
2	2701	2	2212	2	1728	2	1249
4	2688	4	2200	4	1716	4	1237
6	2676	6	2187	6	1704	6	1226
8	2663	8	2175	8	1692	8	1214
707,0	−0,02651	715,0	−0,02163	723,0	−0,01680	731,0	−0,01202
2	2639	2	2151	2	1668	2	1190
4	2627	4	2139	4	1656	4	1178
6	2614	6	2126	6	1644	6	1166
8	2602	8	2114	8	1632	8	1154

第六十三表　氣壓計示度ニ關スル屈折更正（2）

氣壓（粍）	log B	氣壓（粍）	log B	氣壓（粍）	log B	氣壓 粍	log B
732,0	−0,01142	740,0	−0,00670	748,0	−0,00203	756,0	+0,00259
2	1130	2	658	2	191	2	270
4	1118	4	647	4	180	4	282
6	1107	6	635	6	168	6	293
8	1095	8	624	8	157	8	305
733,0	−0,01083	741,0	−0,00612	749,0	−0,00145	757,0	+0,00316
2	1071	2	600	2	133	2	328
4	1059	4	588	4	122	4	339
6	1048	6	577	6	110	6	351
8	1036	8	565	8	99	8	362
734,0	−0,01024	742,0	−0,00553	750,0	−0,00087	758,0	+0,00374
2	1012	2	541	2	75	2	385
4	1000	4	529	4	64	4	397
6	989	6	518	6	52	6	408
8	977	8	506	8	41	8	420
735,0	−0,00965	743,0	−0,00494	751,0	−0,00029	759,0	0,00431
2	953	2	482	2	18	2	442
4	941	4	471	4	− 6	4	454
6	930	6	459	6	+ 5	6	465
8	918	8	448	8	17	8	477
736,0	−0,00906	744,0	−0,00436	752,0	+0,00028	760,0	+0,00488
2	894	2	424	2	40	2	499
4	882	4	413	4	51	4	511
6	871	6	401	6	63	6	522
8	859	8	390	8	74	8	534
737,0	−0,00847	745,0	−0,00378	753,0	+0,00086	761,0	+0,00545
2	835	2	366	2	98	2	556
4	823	4	354	4	109	4	568
6	812	6	343	6	121	6	579
8	800	8	331	8	132	8	591
738,0	−0,00788	746,0	−0,00319	754,0	+0,00144	762,0	+0,00602
2	776	2	307	2	155	2	613
4	764	4	296	4	167	4	625
6	753	6	284	6	178	6	636
8	741	8	273	8	190	8	648
739,0	−0,00729	747,0	−0,00261	755,0	+0,00201	763,0	+0,00659
2	717	2	249	2	213	2	670
4	705	4	238	4	224	4	682
6	694	6	226	6	236	6	693
8	682	8	215	8	247	8	705

第六十三表　氣壓計示度ニ關スル屈折更正（3）

氣壓 粍	log B	氣壓 (粍)	log B	氣壓 粍	l g B	氣壓 (粍)	log B
764,0	+0,00716	768,0	+0,00943	772,0	+0,01168	776,0	+0,01393
2	727	2	954	2	1179	2	1404
4	739	4	965	4	1191	4	1415
6	750	6	977	6	1202	6	1427
8	762	8	988	8	1214	8	1438
765,0	+0,00773	769,0	+0,00999	773,0	+0,01225	777,0	+0,01449
2	784	2	1010	2	1236	2	1460
4	796	4	1022	4	1247	4	1471
6	807	6	1033	6	1259	6	1483
8	819	8	1045	8	1270	8	1494
766,0	+0,00830	770,0	+0,01056	774,0	+0,01281	778,0	+0,01505
2	841	2	1067	2	1292	2	1516
4	852	4	1078	4	1303	4	1527
6	864	6	1090	6	1315	6	1538
8	875	8	1101	8	1326	8	1549
767,0	+0,00886	771,0	+0,01112	775,0	+0,01337	779,0	+0,01560
2	897	2	1123	2	1348	2	1571
4	909	4	1134	4	1359	4	1582
6	920	6	1146	6	1371	6	1594
8	932	8	1157	8	1382	8	1605

第六十四表　氣壓計附屬寒暖計ノ示セル水銀溫度ニ依ル屈折更正

溫度 (攝氏)	log t	溫度 (攝氏)	log t	攝氏 溫度	log t
−20°	+0,00139	0°	0,00000	+20°	−0,00138
19	132	1	−0,00007	21	145
18	125	2	14	22	152
17	118	3	21	23	159
16	111	4	28	24	166
−15	+0,00104	+5	−0,00035	+25	−0,00173
14	97	6	41	26	180
13	90	7	48	27	186
12	83	8	55	28	193
11	76	9	62	29	200
−10	+0,00069	+10	−0,00069	+30	−0,00207
9	62	11	76	31	213
8	55	12	83	32	220
7	48	13	90	33	227
6	41	14	97	34	233
5	+0,00035	+15	−0,00104	+35	−0,00240
4	28	16	111		
3	21	17	118		
2	14	18	125		
−1	+0,00007	19	131		

第六十五表　氣溫ニ關スル屈折更正（1）

氣溫 (攝氏)	log γ	氣溫 (攝氏)	log γ	氣溫 (攝氏)	log γ	氣溫 (攝氏)	log γ
−30°,0	+0,06560	− 4°,0	+0,02112	4°,0	+0,00830	12°,0	−0,00415
28 ,0	6202	8	2080	2	798	2	446
26 ,0	5846	6	2047	4	767	4	477
24 ,0	5493	4	2015	6	735	6	507
22 ,0	5143	2	1982	8	704	8	538
−20 ,0	+0,04795	− 3 ,0	0,01950	5 ,0	+0,00672	13 ,0	−0,00569
18 ,0	4451	8	1917	2	641	2	599
16 ,0	4108	6	1884	4	610	4	630
14 ,0	3769	4	1852	6	578	6	660
12 ,0	3433	2	1820	8	547	8	691
−10 ,0	+0,03099	− 2,0	+0,01788	6 ,0	+0,00515	14 ,0	−0,00721
8 ,0	3066	8	1756	2	484	2	751
6 ,0	3033	6	1723	4	453	4	782
4 ,0	2999	4	1691	6	421	6	812
2 ,0	2966	2	1659	8	390	8	843
− 9 ,0	+0,02933	− 1 ,0	+0,01627	7 ,0	+0,00359	15 ,0	−0,00873
8	2900	8	1595	2	328	2	903
6	2867	6	1562	4	297	4	934
4	2833	4	1530	6	265	6	964
2	2800	2	1498	8	234	8	995
− 8 ,0	+0,02767	0 ,0	0,01466	8 ,0	+0,00203	16 ,0	−0,01025
8	2734	2	1434	2	172	2	1055
6	2701	4	1402	4	141	4	1086
4	2669	6	1370	6	109	6	1116
2	2636	8	1338	8	78	8	1146
− 7 ,0	+0,02603	1 ,0	+0,01306	9 ,0	+0,00047	17 ,0	−0,01176
8	2570	2	1274	2	16	2	1206
6	2537	4	1242	4	−0,00015	4	1236
4	2504	6	1210	6	45	6	1266
2	2471	8	1179	8	76	8	1296
− 6 ,0	+0,02438	2 ,0	+0,01147	10 ,0	−0,00107	18 ,0	−0,01326
8	2406	2	1115	2	138	2	1356
6	2373	4	1083	4	169	4	1386
4	2341	6	1051	6	200	6	1416
2	2308	8	1020	8	231	8	1446
− 5 ,0	+0,02275	3 ,0	+0,00998	11 ,0	−0,00262	19 ,0	−0,01476
8	2242	2	956	2	292	2	1506
6	2209	4	925	4	323	4	1536
4	2177	6	893	6	353	6	1566
2	2144	8	862	8	384	8	1596

第六十五表　氣溫ニ關スル屈折更正（2）

氣溫（攝氏）	$\log\gamma$	氣溫（攝氏）	$\log\gamma$	氣溫（攝氏）	$\log\gamma$	氣溫（攝氏）	$\log\gamma$
20°,0	−0,01626	24°,0	−0,02219	28°,0	−0,02803	32°,0	−0,03380
2	1656	2	2248	2	2832	2	3409
4	1685	4	2277	3	2861	4	3437
6	1715	6	2307	4	2890	6	3466
8	1745	8	2336	6	2919	8	3494
21 ,0	−0,01775	25 ,0	−0,02366	29 ,0	−0,02948	33 ,0	−0,03523
2	1805	2	2395	2	2977	2	3552
4	1834	4	2424	4	3006	4	3580
6	1864	6	2454	6	3035	6	3609
8	1893	8	2483	8	3064	8	3637
22 ,0	−0,01923	26 ,0	−0,02512	30 ,0	−0,03093	34 ,0	−0,03666
2	1953	2	2541	2	3122	2	3694
4	1982	4	2570	4	3151	4	3723
6	2012	6	2600	6	3179	6	3751
8	2041	8	2629	8	3208	8	3780
23 ,0	−0,02071	27 ,0	−0,02658	31 ,0	−0,03237	35 ,0	−0,03808
2	2101	2	2687	2	3266	2	3836
4	2130	4	2716	4	3294	4	3865
6	2160	6	2745	6	3323	6	3893
8	2189	8	2774	8	3351	8	3922

例 83. 北緯 33°30′0′, 高サ 500 米ノ所ニ於テ觀測シタル現視天頂距離 $z=78°30'0''$, 氣壓計示度 756,1 粍, 附屬寒暖計 18°C, 氣溫 14,°5C ナルトキ眞天頂距離ヲ求ム. 但シ氣壓計ノ示度ハ溫度ノ更正ヲ經タルモノトス.

氣壓計緯度ニ依ル更正	−0,77 粍	756,1
〃　高サニ依ル更正	−0,07 〃	−0,8
	−0,84	755,3 粍

第六十一表及第六十二表ヨリ

$\log\alpha\tan z=2,43955$　　$\lambda=1,0318$　　$A=1,0035$

第六十三表,第六十四表及第六十五表ヨリ

$\log B=+0,00218$　　$\log\gamma=-0,00797$

$\log t=-0,00125$

$\log\beta=+0,00093$

故ニ　　$\log\alpha\tan z=2,43955$

$$A\log\beta=\log\beta^A=+0,00093$$

$$\lambda\log\gamma=\log\gamma^\lambda=-0,00822$$

$r=270'',56=4'30'',56$　　$\log r=2,43226$

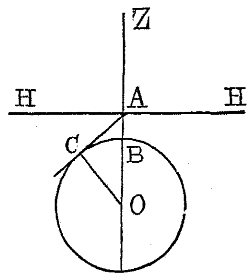
故ニ眞天頂距離ハ

$$78°30'0''+4'30'',56=78°34'30'',56$$

第六十表ヨリ平均屈折ノ値ハ 4′35″,1 ヲ得.

346. 地平線ノ俯角. 海上ニ於テ天體ノ高サハ現視地平ヨリ測定セラルベク,現視地平ハ觀測者ノ眼ガ水面上若干ノ高サニ在ルガ爲メ地球ノ曲率ニ依リテ眞地平ノ下ニ在リ.

第四百二十圖



第四百二十圖ハ觀測者ノ眼 A ト地球ノ中心ヲ過グル竪面ニ依リテ作ラレタル地球ノ斷面トス. AH ハ眞地平ノ斷面ニシテ AC ヲ現視地平ノ斷面トスレバ地平線ノ俯角ハ角 H

今俯角ヲ D, 地球ノ半徑ヲ a(米), $x=AB$ ヲ水面上眼ノ高サ(米)トスレバ

(1) $$AC=a\tan D=\sqrt{(a+x)^2-a^2}$$
$$=\sqrt{2ax+x^2}$$

或ハ

(2) $$\tan D=\sqrt{\frac{2ax+x^2}{a}}$$

x^2 ハ $2ax$ ニ比スレバ甚ダ小ナルガ故ニ之ヲ省略スルコトヲ得ベク,且ツ D 角ハ甚ダ小ナルガ故ニ

(3) $$\tan D=D\tan 1'$$

故ニ

(4) $$D=\frac{1}{\tan 1''}\sqrt{\frac{2}{a}}\sqrt{x}$$

地球ノ平均半徑ヲ $a=6,367,579$ 米トセバ

$$D(\text{秒})=115,42\sqrt{x} \qquad [365]$$

近似的ニ

$$D(\text{分})=2\sqrt{x} \qquad [365']$$

眞ノ高サヲ得ル爲ニハ俯角ヲ觀測ノ高サヨリ減少セザルベカラズ.

347. 天體ノ視半徑. 太陽又ハ月ト他ノ一點トノ間ノ角ヲ觀測スルニハ此等天體ノ一方ノ緣ニ對シテ測定シ,後其視半徑ヲ加減シテ天體ノ中心ニ對

算セラルベキモノトス. 現視半徑ハ載セテ航海曆ニ在リ.

348. 觀測ノ注意. 時,緯度,經度又ハ方位角或ハ子午線ノ測定ニ於テハ器械据付ノ安定ハ最モ必要ナリ. 器械ヲ支フルモノハ極メテ堅實ニシテ一般ニ長時間ニ亘ル觀測ノ間障害ヲ受ケザルヲ要ス. 地盤ガ軟弱ナル處ニ三脚ヲ据エザルベカラザルトキハ杭ヲ打込ミテ僅カニ杭天ヲ地上ニ出シ,其缺刻ニ脚沓ヲ立ツベシ.

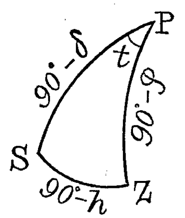
器械ハ凡ベテ其調整ニ周到ノ注意ヲ拂フベク,觀測ノ方法ニ依リテ器械ノ誤差ヲ消去スルコトヲ得ザルモノハ殊ニ然リトス. 然レドモ凡テ觀測ニ通有ナル如ク,整正ハ出來得ル丈ケ之ヲ完成シテ而カモ觀測ノ方法ハ有ラユル誤差ヲ消去シ得ル如ク之ヲ擇ブベシ.

夜間ノ觀測ニハ望遠鏡ノ叉線ヲ照スヲ要スベク,對物鏡ノ前面ニ反射器ヲ用フルヲ便トス(君島測量學第四章第四節 109 參照). 卽チ燈火ヲ對物鏡ノ一側ニ置クトキハ火光望遠鏡筒內ニ反射シテ叉線ヲ照ラス. 火光ハ勿論直接觀測者ノ眼ニ入ラザルヲ要ス. 大文用ノ轉鏡儀ハ叉線照明ノ設備ヲ有スルモノ多シ.

第六節　時ノ測定

349. **眞北ト時,緯度及經度.** 測量ニ最モ重シトスルモノヽ一ハ子午圈又ハ眞北ノ測定ナリ. 卽チ之ニ依リテ諸線ノ眞方位又ハ羅盤ノ磁針偏差ヲ知ルコトヲ得. 眞北ハ又緯度,經度及時ノ測定ニ極メテ必要ナレドモ是等ヲ知リテ後眞北又ハ方位角ヲ定メ得ル場合多シ.

第四百二十一圖



第四百二十一圖ニ於テ球面三角形 PZS ノ P ヲ以テ極, Z ヲ觀測者ノ天頂, S ヲ天體トスレバ S ノ高サヲ測定シテ邊 SZ ヲ得ベク,赤緯 δ ハ航海暦ニ載セラレ,從テ PS ハ $90°-\delta$ ニ等シ. 若シ時角 t ヲ知レバ緯度 φ ヲ定ムルヲ得ベク, φ ガ知ラルレバ時角 t ヲ算出スルヲ得ベク,從テ又[348]ヨリ眞ノ地方時ヲ知ルコトヲ得.

時ノ觀測ハ六分儀又ハ轉鏡儀ノ類ヲ以テ之ヲ行フコトヲ得.

350. **太陽ノ單一高度觀測ニ依ル時ノ測定.** h' ヲ太陽ノ緣ノ觀測高トシ,勿論六分儀ヲ用ヒタル場合ニ其指差ノ更正ヲ施シタルモノトス; h ヲ太陽中心

ノ眞高, z ヲ太陽中心ノ天頂距離トスレバ勿論 $z=90°-h$, r ヲ光線屈折ニ對スル更正, p ヲ視差ニ基ク更正, s ヲ視半徑ニ對スル更正トスレバ

$$h=h'-r+p\pm s \qquad [366]$$

下緣又ハ上緣ヲ觀測シタルカニ從テ s ハ $(+)$ 又ハ $(-)$ トナル.

第四百二十一圖球面三角形 PSZ ニ於テ[325]ヨリ

$$(1) \qquad \cos z=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t$$

又ハ

$$\cos t=\frac{\cos z-\sin\varphi\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta} \qquad [367]$$

或場合ニ此等式ハ t ヲ見出スニ便ナリ. 蓋シ同一ノ星ガ同一場所ニ於テ數日間引續イテ觀測セラルヽヲ得ルノミナラズ $\sin\varphi\sin\delta$ 及 $\cos\varphi\cos\delta$ ハ六分儀ヲ用ヒテ觀測ヲ行フ場合ニ一週間以上モ一定ナルモノト考フルヲ得レバナリ.

角ガ 45° ヨリ小ナルトキハ[367]ハ少シク變形シテ之ヲ用フルヲ良シトス.

[367]ヨリ

$$(2) \qquad 1-\cos t=\frac{\cos\varphi\cos\delta+\sin\varphi\sin\delta-\cos z}{\cos\varphi\cos\delta}$$

$$(3) \qquad 1+\cos t=\frac{\cos\varphi\cos\delta-\sin\varphi\sin\delta+\cos z}{\cos\varphi\cos\delta}$$

(2) 及 (3) ヨリ

$$\sin\frac{1}{2}t=\sqrt{\frac{\sin\frac{1}{2}\left[z+(\varphi-\delta)\right]\sin\frac{1}{2}\left[z-(\varphi-\delta)\right]}{\cos\varphi\cos\delta}}\qquad[368]$$

$$\cos\frac{1}{2}t=\sqrt{\frac{\cos\frac{1}{2}\left[z+(\varphi+\delta)\right]\cos\frac{1}{2}\left[z-(\varphi+\delta)\right]}{\cos\varphi\cos\delta}}\qquad[369]$$

$$\tan\frac{1}{2}t=\sqrt{\frac{\sin\frac{1}{2}\left[z+(\varphi-\delta)\right]\sin\frac{1}{2}\left[z-(\varphi-\delta)\right]}{\cos\frac{1}{2}\left[z+(\varphi+\delta)\right]\cos\frac{1}{2}\left[z-(\varphi+\delta)\right]}}\qquad[370]$$

多クノ場合ニ[368]ハ必要ナル精度ヲ有スベク,更ニ大ナル精密ヲ欲スルトキハ[370]ヲ用フベシ. 是等ノ t ハ度分及秒トシテ表ハサルベキモ,時ヲ以テ表ハストキハ之ヲ15ニテ除スルヲ要ス.

T ヲ時辰儀ノ觀測時, ΔT ヲ其更正, E ヲ時差トスレバ觀測ノ現視時ハ t ニシテ

(4) 　　觀測ノ平均時 $=t+E=T+\Delta T$

又ハ求メラルヽ更正トシテ

$$\Delta T=t+E-T\qquad[371]$$

太陽ヲ觀測スル場合ニハ時辰儀ハ平均時ニ合ハセ置クモノト假定セリ. 若シ恒星時辰儀ヲ用フルトキハ $t+E$ ヲ恒星時ニ改メザルベカラズ.

例 84. 東京天文臺ヲ北緯 35°39′16″ トシ太陽ヲ觀測シテ中心ノ眞高 $h=44°33'49''$ ヲ得,其平均時辰儀ハ

$3^h37^m26{,}^s3$ ヲ示セリトス. 今若シ太陽ノ赤緯ヲ δ トシ, $\delta=21°22'36'',0$ ナルトキ ΔT ヲ求ム.

			表差
$h=44°33'49''$			
$z=45\ 26\ 11$ =太陽中心ノ天頂距離			
$\varphi=35\ 39\ 16$	$\sec$	$=0{,}09015$	9,1
$\delta=21\ 22\ 36$	$\sec$	$=0{,}03090$	4,9
$\varphi-\delta=14\ 16\ 40$			
$z=45\ 26\ 11$			
$z+(\varphi-\delta)=59\ 42\ 51$			
$z-(\varphi-\delta)=31\ \ 9\ 31$			
$\frac{1}{2}\left[z+(\varphi-\delta)\right]=29\ 51\ 26$	$\sin$	$=9{,}69709$	22,0
$\frac{1}{2}\left[z-(\varphi-\delta)\right]=15\ 34\ 46$	$\sin$	$=9{,}42906$	45,3
$\frac{1}{2}t=24\ 51\ 22$	$\sin^2\frac{1}{2}t$	$=9{,}24720$	
$t=49\ 42\ 44$	$\sin\frac{1}{2}t$	$=9{,}62360$	27,3
$t=-\ 3^h18^m50{,}^s9$			
$t=\ 20\ 41\ \ 9{,}1$			
$E=+\ \ 5\ 50{,}8$			
$t+E=\ 20\ 46\ 59{,}9$ =平均太陽時			
$T=\ 3\ 37\ 26{,}3$ =觀測時			
$\Delta T=-\ 6\ 50\ 26{,}4$ =時辰儀ノ更正			

[371] ニ於テ $t+E=T'$ ヲ眞ノ時トスレバ勿論 $\Delta T=$

$T'-T$ ニシテ,一般ニ時ノ觀測ハ此更正 ΔT ヲ見出スヲ目的トス. 時辰儀又ハ時計ガ遲キカ又ハ速キカニ從テ ΔT ハ正トナリ又ハ負トナル.

時計ノ遲速率トハ一日又ハ一時間ニ對スル時計更正ノ增加ヲ云フ. 今 ΔT_0 ヲ T_0 ナル時ニ於ケル時計更正, ΔT ヲ T ナル時ニ於ケル更正, δT ヲ單位ノ時ニ於ケル時計ノ遲速率トセバ

$$\Delta T=\Delta T_0+\delta T(T-T_0) \qquad [372]$$

ニシテ, $T-T_0$ ハ δT ノ單位ト同ジク或ハ日又ハ時間等ヲ以テ之ヲ表ハス. 今或瞬間 T_0 ニ於ケル時計更正ヲ知ラバ任意ノ他ノ瞬間 T ナル時計面ヨリ眞ノ時ヲ見出スコトヲ得.

$$T'=T+\Delta T_0+\delta T(T-T_0) \qquad [373]$$

或ハ又二ノ異ナル時 T_0 及 T ニ於テ時計更正ヲ知ルトキハ其遲速率ヲ見出スコトヲ得.

$$\delta T=\frac{\Delta T-\Delta T_0}{T-T_0} \qquad [374]$$

甚ダ永キ時間ナラザル限リハ遲速率ハ一樣ナルモノト考フルコトヲ得.

例 85. 三月五日平均太陽時ヲ示セル時計ノ更正ガ $-12^m38^s,30$ ニシテ同ジク三月十二日正午ニ其更正ハ $-12^m4^s,50$ ナリ. 今遲速率ヲ一樣ナルモノトシテ三月二十五日ノ時計面ガ $9^h13^m12^s,6$ ナルトキ平均時ヲ求ム.

$$\begin{aligned}
&\text{三月五日,更正} &&= -12^m38^s,30\\
&\text{十二日}\quad ,, &&= \underline{-12\quad 4,50}\\
&\text{七日間ノ遲速率} &&= \quad +33,80\\
&\delta T &&= \quad +\ 4,829
\end{aligned}$$

今三月十二日 0^h ヨリ始メテ T_0 ヲ 0 トセバ $T=$ 三月二十五日 $9^h13^m12^s,6$ マデニハ $T-T_0=13^d9^h13^m12^s,6=13^d,384$ ナリ. 故ニ

$$\begin{aligned}
\Delta T_0 &= -12^m\ 4^s,50\\
\delta T(T-T_0) &= \underline{+\ 1\quad 4,63}\\
\Delta T &= -10\quad 9,97\\
T &= \underline{9^h13\ 12,60}\\
T' &= 9\quad 3\quad 2,63
\end{aligned}$$

前ノ遲速率ハ $9^h13^m12^s,6=13^d,384$ トシテ求メタリト雖モ此時率ハ時計ノ示シタルモノナリ. 從テ眞ノ時隔又ハ時間ハ $13^d9^h3^m2^s,63=13^d,377$ ナリ.

351. 恒星ノ單一高度ノ觀測. 恒星時辰儀ヲ利用スルヲ便トス. Θ ヲ觀測時ノ眞恒星時, Θ_n ヲ時辰儀ノ示ス觀測時, $\Delta\Theta$ ヲ時辰儀ノ更正トスレバ恒星ニハ視半徑及視差ハ其影響極メテ少キヲ以テ之ヲ省略シ

$$\left.\begin{aligned} z&=90°-(h'-r)\\ \Theta&=(t+\alpha)=\Theta_0+\Delta\Theta\\ \Delta\Theta&=(t+\alpha)-\Theta_0 \end{aligned}\right\}\qquad [375]$$

例 86. 某年三月一日九州箱崎 ($\varphi=33°37'37''N$, $L=-8^h41^m45^s,2$) ニ於テ恒星時辰儀ヲ用ヒテあるふあ ころーね ぼれありす星(α *Coronæ Borealis*)ヲ觀測シテ恒星時ノ平均ノ値 $\Theta_0=18^h35^m45^s,2$ ヲ得タリ. 今同星ノ赤經 $\alpha=15^h31^m28^s,5$, 赤緯 $26°58'01'',2$ ニシテ且ツ觀測シテ得タル天頂距離(光線ノ屈折更正ヲ施シタル) $z=46°21'16''$ ナラバ時辰儀ノ更正ヲ求ム.

$$\begin{aligned}
\varphi&=33°37'37'' & \sec\varphi&=0,07945\\
\delta&=26\ 58\ \ 1 & \sec\delta&=0,04999\\
\varphi-\delta&=\ \ 6\ 39\ 36\\
z+(\varphi-\delta)&=53\ \ \ 0\ 52\\
z-(\varphi-\delta)&=39\ 41\ 24\\
\frac{1}{2}\Big[z+(\varphi-\delta)\Big]&=26\ 30\ 26 & \sin&=9,64964\\
\frac{1}{2}\Big[z-(\varphi-\delta)\Big]&=19\ 50\ 40 & \sin&=9.53081\\
\frac{1}{2}t&=26\ 51\ 31 & \sin^2\frac{1}{2}t&=9,30989\\
t&=53\ 43\ \ 2 & \sin\frac{1}{2}t&=9,65494\\
&=3^h34^m52^s,1\\
\alpha&=15\ 31\ 28,5\\
\Theta&=19\ \ 6\ 20,6=\text{恒星時}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{觀測シタル}\ \Theta_0&=18^h35^m45^s,2\\
\Delta\Theta&=+30^m35^s,4=\text{時辰儀更正}.
\end{aligned}$$

352. 子午線ノ東西同高度ニ觀測セラレタル天體ニ依リテ時ノ測定. 一ノ星ガ子午圈ノ東若干ノ距離ニ在ルトキ六分儀ノ類ヲ以テ水銀ヲ用ヒテ作リタル人工地平上ニ數回續イテ其高度ヲ測リ,更ニ子午圈ノ西ニ於テ同星ガ同一高度ニ達スルトキ之ヲ測定ス. 赤緯ハ一定ニシテ高度ハ同一ナルガ故ニ子午圈ノ東西ニ測リタル時角ノ數値ハ相等シ. 今恒星時辰儀ヲ用ヒテ Θ' ヲ第一觀測ノ時辰儀ノ時, Θ'' ヲ第二觀測ノ時辰儀ノ時, $\Delta\Theta$ ヲ時辰儀ノ更正トセバ,此星ノ子午圈經過ノ恒星時ハ其赤經ニ等シ.

第一ノ觀測ニ對シ $\alpha=\Theta'+\Delta\Theta+t$

第二ノ觀測ニ對シ $\alpha=\Theta''+\Delta\Theta-t$

故ニ $$\Delta\Theta=\alpha-\frac{1}{2}(\Theta'+\Theta'')\qquad [376]$$

例 87. 某年七月十六日東經 135° ノ地ニ於テ北極星ヲ觀測シテ其子午線經過ノ東及西ニ於ケル恒星時 Θ' 及 Θ'' ヲ得タリ. 若シ同日同星ノ子午線經過ガ航海暦ヨリ $\alpha=4^h34^m47^s,32$ ナラバ時辰儀ノ更正 $\Delta\Theta$ ヲ求ム

$$\begin{aligned}
\Theta'&=3^h\ \ 4^m25^s,3\\
\Theta''&=6\ \ \ 9\ 42,5\\
\frac{1}{2}(\Theta'+\Theta'')&=4\ 37\ \ 3,9
\end{aligned}$$

然ルニ航海暦ヨリ

$$\alpha = 4^h34^m47^s{,}32$$

故ニ

$$\Delta\Theta = -2^m16^s{,}58$$

353. 太陽ノ等高度觀測. 等高度法ヲ太陽ニ用フルトキハ其赤緯ガ一定ナラザルガ故ニ午前ト午後ノ觀測ニ於テ假令等高度ヲ觀測スルモ其觀測時ノ平均ハ子午圈經過ノ時間トナラズ. 斯クノ如クシテ必要ナル更正ヲ**等高度ノ時差**ト云フ.

$\Delta\delta$ ヲ赤緯ノ毎時變化トスレバ $\Delta\delta$ ハ載セテ航海暦ニ在リ. 從テ $t\Delta\delta$ ハ t 時內ニ起ル δ ノ全變化ナリ. 又 δ ガ $t\Delta\delta$ 丈ケ增加シタル爲メ t ニ起シヽ變化ヲ δt トス. 今 t ハ δ ノ函數ト見做スヲ得ルガ故ニ $t=f(\delta)$ ナリ. 從テ

(1)　$$t+\delta t = f(\delta + t\Delta\delta)$$

之ヲ展開シテ高次ノ項ヲ省略スレバ

(2)　$$\delta t = \frac{dt}{d\delta} t\Delta\delta$$

$\frac{dt}{d\delta}$ ヲ得ル爲メ [313] ノ第三式ヲ t 及 δ ニ就テ微分スレバ

(3)　$$\frac{dt}{d\delta} = \frac{\sin\varphi\cos\delta - \cos\varphi\sin\delta\cos t}{\cos\varphi\cos\delta\sin t} = \frac{\tan\varphi}{\sin t} - \frac{\tan\delta}{\tan t}$$

之ヲ (2) ニ代入シ,且ツ時間ヲ以テ表ハセバ

$$\delta t = \left[\frac{\tan\varphi}{\sin t} \sim \frac{\tan\delta}{\tan t}\right] t\frac{\Delta\delta}{15} \qquad [337]$$

今平均太陽時ノ時辰儀ヲ用ヒテ T' 及 T'' ヲ其東西觀測ノ時間トスレバ $t-\delta t$ ハ午前觀測ノ時角, $t+\delta t$ ハ午後觀測ノ時角ニシテ E ヲ時差トスレバ午前及午後ノ觀測ヨリ夫々

$$\begin{cases} E = T' + \Delta T + (t - \delta t) \\ E = T'' + \Delta T - (t + \delta t) \end{cases}$$

故ニ

$$\Delta T = E - \left[\frac{1}{2}(T' + T'') - \delta t\right] \qquad [378]$$

例 88. 某年三月一日箱崎ニ於テ子午線ノ東西ニ於ケル太陽ヲ觀測シテ次ノ如キ平均時ヲ得タリ. 若シ航海暦ヨリ $\delta = -7°34'24'',0$ ナラバ δt ヲ求ム.

東 $T' = 3^h\ 8^m26^s{,}6$　　　緯度 $\varphi = 33°37'37''$

西 $T'' = 10\ 45\ 41{,}7$　　　經度 $L = -8^h41^m45^s{,}2$

$t = \frac{1}{2}(T'' - T') = 3^h48^m37{,}5$　　航海暦ヨリ $\delta = -7°34'24'',0$

$= 57°9'$　　　„　　$E = +12^m30^s{,}47$

$= 3^h{,}810$　　　$\Delta\delta = +\ 56'',99$

$\frac{1}{2}(T' + T'') = 6^h57^m\ 4^s{,}15$

$\delta t = +\ 10\ {,}20$　　$\tan\varphi = 9{,}8229$　　$\tan\delta = 9{,}1237$

$E = +12\ 30\ {,}47$　　$\sin t = 9{,}9243$　　$\tan t = 0{,}1900$

$\Delta T = -6^h44^m23^s{,}48$　　$9{,}8986$　　$8{,}9337n$

$$\begin{array}{rr} 0{,}7918 & 0{,}0858 \\ 0{,}0858 & \\ \hline 0{,}7060 & log=9{,}8488 \\ & log\,t=0{,}5809 \\ & log\,\Delta\delta=1{,}7552 \\ & log\dfrac{1}{15}=8{,}8239 \\ \hline & log\,\delta t=1{,}0088 \\ & \delta t=10'',2 \end{array}$$

第七節 緯度

354. 緯度ノ精度. 時又ハ方位角ヲ知ル爲ニ一般ニ觀測地ノ緯度ノ概略ノ値ヲ知ラザルベカラズ. 經過ニ於ケル北極星又ハ正午ニ於ケル太陽ヲ觀測スルトキハ之ニ若干ノ更正ヲ施シテ得タル緯度ノ値ハ此目的ニ對シテ充分精密ナリトス. 若シ又三角測量ノ測點ニ於テ觀測ヲ行フ場合ニハ精密ナル緯度ノ値ヲ知ラザルベカラズ.

一地點ノ天文緯度ハ(326參照)其地ノ天頂ノ赤緯又ハ地平圈上極ノ高サニ等シ. 緯度ヲ測定スルニハ次ノ觀測ニ依ルコトヲ得.

第一. 星ノ子午線上ニ於ケル天頂距離ノ觀測

第二. 上經過及下經過ニ於ケル周極星ノ觀測

第三. 任意ノ位置ニ於ケル星ノ時間ヲ知リテ其高サノ觀測

第四. 子午圈周高度觀測

第五. 任意ノ時角ニ於ケル北極星ノ觀測

355. 星ノ子午線上ニ於ケル天頂距離. [325]ノ第一式ヨリ

(1) $\cos z=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t$

星ガ子午線上ニ在ルトキハ $t=0$, $\cos t=1$ ナルガ故ニ

(2) $\cos z=\cos(\varphi-\delta)$

從テ $\pm z=\varphi-\delta$ ナルヲ以テ

$$\varphi=\delta\pm z \qquad [379]$$

此ニ星ハ天頂ノ南ニアルカ又ハ北ニアルカニ從テ(+)又ハ(−)トナル. 若シ又星ガ極ノ下ニ於テ子午圈上ニ在ルトキハ

$$\varphi=(180°-\delta)-z \qquad [380]$$

356. 上經過及下經過ニ在ル周極星. 周極星ガ上下經過ニ在ルトキハ夫々

$$\varphi=\delta-z$$

$$\varphi=180°-\delta-z'$$

ニシテ此等二ノ平均ハ即チ

$$\varphi=90°-\frac{1}{2}(z+z') \qquad [381]$$

此方法ニ依リテ緯度ヲ觀測スルトキハ豫メ其星

ノ位置ヲ知ルヲ要セザルノ利アリ. 唯ダ非常ナル精密ヲ要スルトキハ前後二回ノ觀測ノ間ニδノ變化ヲ生ズル爲メ少シク更正ヲ要スベシ. 又光線ノ屈折ニ基ヅク誤差ヲ伴フベシ.

例 89. 某年十二月十日午後八時二十七分三十七秒ニ北極星ノ上經過ヲ觀測シ其天頂距離 $z=55°16'25'',3$ ヲ得,更ニ其下經過ヲ觀測シテ $z'=57°28'18'',6$ ヲ得タリ. 若シ上經過及下經過ニ於テ夫々北極星ノ赤緯ガ夫々 $88°53'62'',2$ 及 $88°53'62'',3$ ナラバ觀測地ノ緯度ヲ求ム.

$$z=55°16'25'',3$$

$$z'=57\ 28\ 18\ ,6$$

十二月10,35 $\quad \delta=88\ 53\ 62\ ,2$

$$z=55\ 16\ 25\ ,3$$

$$\varphi=\delta-z=33°37'36'',9$$

下經過ニ於テハ

十二月10,85 $\quad \delta=88\ 53\ 62\ ,3$

$$z'=57\ 28\ 18\ ,6$$

$$\varphi=18°-\delta-z'=33°37'39'',1$$

平均 $\quad \varphi=33\ 37\ 38\ ,0$

若シ單ニ第二ノ方法ヲ用フレバ

$$\varphi=90°-\frac{1}{2}(z+z')=33°37'38'',1$$

357. 時間ガ知ラレタル任意ノ位置ニ於ケル星ノ高サ. 恒易時Θガ知ラレ,赤經α及赤緯δハ航海曆ヨリ取リテ

$$(1)\qquad t=\Theta-\alpha$$

tハ時間ヲ以テ表ハサルヽガ故ニ之ヲ弧ニ改メル爲メ15ヲ乘ズルヲ要ス. 斯クシテ

$$(2)\qquad \sin h=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t$$

(2) 式ノ未知量ハ唯φノミ. (2) 式ヲ解ク爲メ二ノ補助量d及Dヲ用ヒ

$$(3)\qquad \begin{cases} d\sin D=\sin\delta \\ d\cos D=\cos\delta\cos t \end{cases}$$

ヲ (2) ニ代用シ,且ツ (3) ノ第一式ノdヲ代入スレバ

$$\cos(\varphi-D)=\sin h\sin D\,\mathrm{cosec}\,\delta \qquad [382]$$

(3) ノ第二式ニテ第一式ヲ除スレバ

$$\tan D=\tan\delta\sec t \qquad [383]$$

Dハ$90°$ヨリ小サク,正切ノ代數的符號ヨリ (+) 又ハ (−) トナル. $(\varphi-D)$ハ餘弦ヲ以テ定メラルヽガ故ニ亦 (+) 又ハ (−) トナル. 故ニ前ノ條件ヲ充ス所ノ緯度ハ二個アルベシ.

例 90. 某年四月一日某地ニ於テ北極星ヲ觀測シ各種ノ更正ヲ施シタル後,高度$h=34°12'25''$ヲ得タリ. 若シ眞ノ恒星時ガ$10^h42^m6^s,5$ナルトキハ此地ノ緯度

ヲ求ム. 但シ航海曆ヨリ四月一日ニ於ケル赤經及赤緯ハ

$\alpha=1^h33^m4,^s4$ 及 $\delta=88°53'54'',5$ トス.

今 $\Theta=10^h42^m6^s,5$

$\alpha=\ \ 1\ 33\ \ 4,4$

$t=\ \ 9\ \ 8\ \ 2,1$

$t=137°0'31'',5$

$\delta=\ 88°53'54'',5 \quad tan\,\delta=1,7160778 \quad cosec\,\delta=0,0000806$

$t=137\ \ 0\ 31\ ,5 \quad cos\,t=9,8337112n$

$D=-89°13'7'',2 \quad tan\,D=1,8723666n \quad sin\,D=9,99\ 9596n$

$h=\ \ 34\ 12\ 25 \quad sin\,h=9,7498782$

$\varphi-D=124°12'38'',0 \quad cos(\varphi-D)=9,7499184n$

$\varphi=\ \ 34\ 59\ 30,\ 8$

例 91. 星ガ子午圈上ニ在ルトキ高サノ誤差ガ緯度ノ上ニ及ス影響ガ最モ小ナルコトヲ證セヨ.

[313] 第三式ノ h 及 φ ヲ變數トシテ之ヲ微分スレバ

$$\cos h\,dh=-\cos\delta\cos t\sin\varphi\,d\varphi+\sin\delta\cos\varphi\,d\varphi$$

然ルニ同ジク [313] 第一式ヨリ

$$\cos\delta\cos t\sin\varphi-\sin\delta\cos\varphi=\cos h\cos a$$

故ニ

$$d\varphi=-\frac{1}{\cos a}dh \qquad [384]$$

從テ $\dfrac{d\varphi}{dh}$ ハ時角 a ガ 0 カ又ハ 180° ノ時最小ナリ.

例 92. 星ノ時角ヲ觀測シテ緯度ヲ測定スルニ當リ前者ノ誤差ガ後者ニ及ス影響ハ

$$d\varphi=-\tan a\cos\varphi\,dt \qquad [385]$$

ナルコトヲ證セヨ.

[313] 第三式ノ t 及 φ ヲ變數トシテ之ヲ微分スルトキハ

$$0=-\cos\delta\sin t\cos\varphi\,dt-\cos\delta\cos t\sin\varphi\,d\varphi$$
$$+\sin\delta\cos\varphi\,d\varphi$$

然ルニ同ジク [313] 第二式ヨリ

$$\cos\delta\sin t=\cos h\sin a$$

及第一式ヨリ

$$\cos\delta\cos t\sin\varphi-\sin\delta\cos\varphi=\cos h\cos a$$

故ニ是等ヲ微分等式ニ代用スレバ求ムル處ノ $\dfrac{d\varphi}{dt}$ ノ値ヲ得ベシ.

358. 子午圈周高度. 子午線上ノ天體ノ高ヲ觀測シテ緯度ヲ定ムルトキハ他ノ位置ニ在ルモノヲ觀測スルニ比シテ精度ハ大ニ且ツ計算モ非常ニ簡單ナリ. 然レドモ天體ガ子午線上ニ在ルトキハ其高サハ唯一個ニ止リ,觀測時ニ於テ屢々時辰儀ノ更正ヲ精密ニ知ルコト能ハズ,從テ此子午線觀測ヲ爲スベキ精密ナル時間ヲ知ルコト能ハズ. 然レドモ若

シ子午圏ニ近ク若干ノ高度ヲ觀測スルトキハ簡單ナル計算ニ依ツテ夫々之ヲ子午圏ニ於ケル高度ニ改算スルコトヲ得．即チ經過ノ前數分ヨリ高度ノ觀測ヲ始メ子午圏ノ兩側ニ若干回同數ノ觀測ヲ了スルモノトス．斯クノ如ク測定シタル高サヲ**子午圏周高度**ト云フ．子午圏周高度ハ必ズシモ子午圏ニ對稱ヲ爲シテ連續觀測スルヲ要セズ．

今一ノ恒星ノ時角 t ニ應ジタル高サヲ h，其子午圏上ニ在ルトキノ高サヲ h_0 天頂距離ヲ z_0 トスレバ勿論

(1) $$z_0=90°-h_0=\varphi-\delta$$

ナリ．又前ニ述ベタルガ如ク

(2) $$\sin h=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t$$

又ハ $\cos t=1-2\sin^2\frac{1}{2}t$ ナルガ故ニ

(3) $$\sin h=\cos z=\cos(\varphi-\delta)-\cos\varphi\cos\delta\,2\sin^2\frac{1}{2}t$$

若シ

(4) $$\cos\varphi\cos\delta\,2\sin^2\frac{1}{2}t=y$$

トスレバ (3) ハ

(5) $$\cos z=\cos z_0-y$$

トナル．或ハ $z=f(y)$ ヲ以テ表ハスコトヲ得．

(5) 式ハ y ノ昇冪ヲ以テ展開スルコトヲ得ベク，t ガ小ニシテ z_0 ガ亦餘リ小ナラザレバ (5) 式ハ急ニ

收斂スベシ．まくろーりんノ法則ヲ用ヒ

(6) $$z=z_0+\left(\frac{dz}{dy}\right)y+\left(\frac{d^2z}{dy^2}\right)\frac{y^2}{2}+\left(\frac{d^3z}{dy^3}\right)\frac{y^3}{1.2.3}+\ldots\ldots$$

(5) 式ヲ微分シ，且ツ $y=0$ ナレバ $z=z_0$ ナルガ故ニ

(7) $$\begin{cases}\left(\frac{dz}{dy}\right)=\frac{1}{\sin z_0}\,;\ \left(\frac{d^2z}{dy^2}\right)=-\frac{\cot z_0}{\sin^2 z_0}\,; \\ \frac{d^3z}{dy^3}=\frac{1+3\cot^2 z_0}{\sin^3 z_0}\end{cases}$$

(7) ヲ (6) ニ代用シ且ツ y ノ舊値ヲ用フレバ

(8) $$\begin{cases}z=z_0+\frac{\cos\varphi\cos\delta}{\sin z_0}2\sin^2\frac{1}{2}t \\ \quad-\left(\frac{\cos\varphi\cos\delta}{\sin z_0}\right)^2\cot z_0 2\sin^4\frac{1}{2}t \\ \quad+\left(\frac{\cos\varphi\cos\delta}{\sin z_0}\right)^3\frac{2}{8}(1+3\cot^2 z_0\ 2\sin^6\frac{1}{2}t\ldots\ldots\end{cases}$$

今

$$\left.\begin{array}{ll}\frac{\cos\varphi\cos\delta}{\sin z_0}=A\,; & \frac{2\sin^3\frac{1}{2}t}{\sin 1''}=m\,; \\ A^2\cot z_0=B\,; & \frac{2\sin^4\frac{1}{2}t}{\sin 1''}=n\,; \\ A^3\frac{2}{8}(1+3\cot^2 z_0)=C\,; & \frac{2\sin^6\frac{1}{2}t}{\sin 1''}=0\,;\end{array}\right\}\quad[386]$$

トスレバ (1) 及 (8) ヨリ

$$\varphi=\delta\pm z\mp Am\pm Bn\mp Co\qquad[387]$$

m 及 n ハ屢々表トシテ擧ゲラルヽヲ以テ[270]ノ計算ハ簡單ナリ．但シ Co ノ項ハ多ク之ヲ用ヒズ．

觀測シタル天頂距離ヲ $z_1, z_2, z_3 \ldots z_\mu$, 之ニ呼應シタル m ノ値ヲ夫々 $m_1, m_2, m_3 \ldots\ldots m_\mu$, 及 n ノ値ヲ $n_1, n_2, n_3, \ldots\ldots n_\mu$ トセバ

$$(8)\qquad \begin{cases} \varphi=\delta\pm z_1\mp Am_1\pm Bn_1 \\ \varphi=\delta\pm z_2\mp Am_2\pm Bn_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \varphi=\delta\pm z_\mu\mp Am_\mu\pm Bn_\mu \end{cases}$$

(8) ノ諸式ノ平均ヲ取レバ

$$\varphi=\delta\pm\frac{z_1+z_2+\ldots\ldots+z_\mu}{\mu}\mp A\frac{m_1+m_2+\ldots\ldots+m_\mu}{\mu}$$
$$\pm B\frac{n_1+n_2+\ldots\ldots+n_\mu}{\mu} \qquad [388]$$

A ヲ計算スルニハ φ ノ近似値ヲ要ス.

恒星ガ下經過ニ在ルキトハ前ノ t ノ代リニ $180°+t$ ヲ代用スベシ.

359. 任意ノ時角ニ於テ觀測セラレタル北極星. 北極星ノ極距ハ現在ニ於テハ凡ソ 1°6′ 內外ヲ過ギズ. 從テ緯度ヲ極距ノ昇羃トシテ表ハストキハ速ニ收斂スベシ. 今 p ヲ極距, φ ヲ緯度トスレバ

$$(1)\qquad \begin{cases} p=90°-\delta \\ \varphi=h-x \end{cases}$$

此ニ x ハ光線ノ屈折ニ對スル更正ヲ施シタル後,觀測高度 h ニ施スベキ更正ヲ表ハス. x ハ勿論 p ヨリ大ナルヲ得ズ. 又 [196] 第三式ヨリ

$$(2)\qquad \sin h=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t$$

(1) ヲ (2) ニ代用スレバ

$$(3)\qquad \sin h=\sin(h-x)\cos p+\cos(h-x)\sin p\cos t$$

$\sin(h-x)$ 及 $\cos(h-x)$ ヲてーらーノ公式ニ依リテ展開シ, $\sin p$ 及 $\cos p$ ヲまくろーりんノ公式ニ依リテ展開スレバ

$$(4)\qquad \begin{cases} \sin(h-x)=\sin h-x\cos h-\frac{1}{2}x^2\sin h \\ \qquad\qquad +\frac{1}{6}x^3\cos h+\frac{1}{24}x^4\sin h \\ \cos(h-x)=\cos h+x\sin h-\frac{1}{2}x^2\cos h \\ \qquad\qquad -\frac{1}{6}x^3\sin h+\frac{1}{24}x^4\cos h \\ \sin p=p-\frac{1}{6}p^3 \\ \cos p=1-\frac{1}{2}p^2+\frac{1}{24}p^4 \end{cases}$$

(4) ヲ (3) ニ代用スレバ

$$(5)\qquad x=p\cos t-\frac{1}{2}(x^2-2xp\cos t+p^2)\tan h$$
$$+\frac{1}{6}(x^3-3x^2p\cos t+3xp^2-p^3\cos t)$$
$$+\frac{1}{24}(x^4-4x^3p\cos t+6x^2p^2-42p^3\cos t+p^4)\tan h$$

(5) 式ハ p 及 x ノ一次ヨリ四次マデヲ含ム. 而シテ順次近似數ヲ反覆シテ x ヲ見出スモノトス. 第一

次近似トシテ

$$(6)\qquad x=p\cos t$$

ヲ用ヒテ(5)式ニ代用シp^2級ノ項ヲ存スレバ第二次近似トシテ

$$(7)\qquad x=p\cos t-\frac{1}{2}p^2\sin^2 t\tan h$$

ヲ得. 之ヲ(5)ノ第二第三項ニ代用シp^3級ノ項ヲ殘セバ第三次近似値ヲ得,卽チ

$$(8)\qquad x=p\cos t-\frac{1}{2}p^2\sin^2 t\tan h+\frac{1}{3}p^3\cos t\sin^2 t$$

同時ニ最後ノ近似トシテ

$$(9)\qquad x=p\cos t-\frac{1}{2}p^2\sin^2 t\tan h+\frac{1}{3}p^3\cos t\sin^2 t$$
$$-\frac{1}{8}p^4\sin^4 t\tan^3 h+\frac{1}{24}p^4(4-9\sin^2 t)\sin^2 t\tan h$$

x及pハ凡ベテ秒ヲ以テ表ハサレタルガ故ニ(9)ノ級數ハp^2ニハ$\sin 1''$ヲ,p^3ニハ$\sin^2 1''$ヲ,及ビp^4ニハ$\sin^3 1''$ヲ乘ジテ同質ノモノタラシムルヲ得ベシ.

緯度ニ對スル公式ハ從テ(1)及(9)ヨリ

$$\varphi=h-p\cos t+\frac{1}{2}p^2\sin 1''\sin^2 t\tan h$$
$$-\frac{1}{3}p^3\sin^2 1''\cos t\sin^2 t+\frac{1}{8}p^4\sin^3 1''\sin^4 t\tan^3 h$$
$$-\frac{1}{24}p^4\sin^3 1''(4-9\sin^2 t)\sin^2 t\tan h \quad [389]$$

[389]右節第四項ヲ取リ

$$(10)\qquad u=\frac{1}{3}p^3\sin^2 1''\cos t\sin^2 t$$

トスレバ$\frac{du}{dt}=0$ハ其最大値ニシテ實ニ$\sin^2 t=\frac{2}{3}$トス. 故ニ此項ノ最大値ハ$p=1°6'$トシテ0″,187ニ過ギズ.

又第五項$\frac{1}{8}p^4\sin^3 1''\sin^4 t\tan^3 h$ハ亦$\sin t=1$ノ時最大ナル値ヲ有ス. 而シテ其最大値ハ$0'',0035\tan h$ニシテ緯度54°48′ニ於テ僅ニ0″,01, 緯度70°,55′ニ於テ0″,1ニ達スルニ過ギズ.

第六項ハ之ヲ

$$(11)\qquad v=\frac{1}{24}p^4\sin^3 1''(4-9\sin^2 t)\sin^2 t\tan h$$

トスレバ$\frac{dv}{dt}=0$ハ亦vノ最大値ヲ與フベク

$$(12)\qquad \sin t\cos t(2-9\sin^2 t)=0$$

ヲ得,之ヨリ

$$(13)\qquad \begin{cases}\sin t=0\\ \cos t=0\\ \sin^2 t=\frac{2}{9}\end{cases}$$

ヲ得. (13)ノ第三式ハ最大値ヲ與ヘ,之ヲ第二微分係數ニ代用スレバ(pヲ1°6′トシテ)

$$v'=0'',0005\tan h$$

トナリ,勿論省略スルヲ得.

故ニ此等三項ヲ省略スルモ其誤差ハ0″,5ニ逹セズ. 勿論一般ニ最大値ヨリハ遙ニ小ナルモノナリ.

今Θ'ヲ時辰儀ニテ測リタル觀測時(恒星時, αヲ

北極星ノ赤經卽チ經過ノ恒星時, $\Delta\Theta$ ヲ時辰儀ノ更正トセバ時角 t 及 φ ハ次ノ如シ

$$\left.\begin{aligned} t&=\Theta'-(\alpha-\Delta\Theta) \\ \varphi&=h-p\cos t+[4,38454]p^2\sin^2 t\tan h \end{aligned}\right\} \quad [390]$$

此ニ [4,38454] ハ $\log\frac{1}{2}\sin 1''=4,38454-10$ ヲ表ハス.

例 93. 例 90 ニ [390] ヲ應用セヨ.

	航海曆ヨリ	觀測ヨリ
	$\alpha=1^h33^m4^s,4$	$h=34°12'25''$
	$\delta=88°53'54'',5$	$\Theta=10^h42^m6^s,5$
從テ	$p=3965'',5$	$\alpha=\ \ 1\ 33\ 4,4$
		$t=\ \ 9\ \ 8\ 2,1$
		$t=137°0'31'',5$

$\log p=3,59824$　$\log\frac{1}{2}\sin 1''=4,38454-10$

$\cos t=9,83371n$　$\log p^2=7,19648$

$\log\ \ =3,43195n$　$\sin^2 t=9,72838$

$-2703'',6=-45'3'',6$　$\tan h=9,83237$

$\log=1,14177$

$+13'',86$

故ニ

$$\varphi=34°12'25''+45'3'',6+13'',9$$
$$=34°57'42'',5$$

第七節 經度

360. 經度ノ測定. 地表二點ノ經度ノ差ハ此等二點ヲ過グル子午圈ガ極ニ於テ形クル角ニ等シ. 地球ノ自轉ノ爲ニ經度ノ差ハ亦同一ノ恒星ガ此等二ノ子午圈ヲ經過スル時間ノ差ニ等シク度分秒又ハ時分秒ノ何レカ一ヲ以テ表サレ,天文上ニハ後者ヲ用フルコト多シ.

1884 年わしんとんニ開カレタル子午線會議ノ結果英國ぐりにっちヲ萬國子午線ノ起點ト定メタリ. 爾來主ナル國民ハ各其國都ヲ以テ子午線ヲ起算スルニ至レリ.

二點間ノ經度ノ差ヲ見出スハ各點ニ於テ精密ニ其**地方時**ヲ測定シ,斯クシテ定メタル時間ヲ比較スルニ在リ. 卽チ時ノ差ハ經度ノ差トナル.

地方時ハ一般ニ轉鏡儀ヲ以テ測定スルコトヲ得ベク,大ナル精度ヲ要スル場合ニハ周到ナル注意ト熟練トヲ要ス. 經度ノ概略ヲ知ルニハ殊ニ海上ニ於ケルガ如キ場合ニハ六分儀ノ類ヲ以テ之ヲ知ルコトヲ得.

二ノ子午圈ニ於テ地方時ヲ比較スルニハ次ノ諸法ニ依ルコトヲ得.

第一. 時辰儀ノ携帶移動

第二. 電信

第三. 月ノ運動

就中電信ニ依ルモノハ最モ精密ナリトス. 又月ノ運動ニ依ルモノハ天文ノ純觀測ニ依ラザルベカラザルヲ以テ之ヲ省ク.

361. **時辰儀ノ携帶移動ニ依ル經度ノ測定.** 經度ノ差ヲ定ムベキ二ノ地點ヲ A 及 B トシ, A ニ於テ一ノ時辰儀ヲ精密ニ調整シ,此ニ其更正及每日ノ遲速率ヲ定ムベシ. 次ニ此時辰儀ヲ携帶シテ B ニ到リ玆ニ又或瞬間ニ於テ其時ノ更正ヲ見出スモノトス. 故ニ携帶移動ノ間遲速率ガ變ゼザル限リハ A ヨリ起算シタル此最後ノ瞬間ニ於ケル時ハ其更正及遲速率ヨリ知ルコトヲ得. 從テ同一瞬間ニ於ケル時ノ差ハ經度ノ差ヲ表ハス.

今 A ニ於テ時辰儀ガ示シタル時 T ノ更正及遲速率ヲ夫々 ΔT 及 δT トシ, B ニ於テ同時辰儀ノ示シタル時 $T'=T+t$ ニ於ケル更正ヲ $\Delta T'$ トスレバ t ハ前後二ノ觀測ノ間ニ經過シタル時間ナリ.

今 $T+t$ ナル瞬間ニ於ケル眞ノ時ハ A ニ於テハ $T+t+\Delta T+t.\delta T$ ニシテ, B ニ於テハ $T+t+\Delta T'$ ナリ故ニ經度ノ差ハ

$$\lambda=\Delta T+t.\delta T-\Delta T' \qquad [391]$$

ニシテ,此ニ δT ハ太陽時又ハ恒星時ニ於ケル一時間又ハ一日ノ時辰儀ガ示セル單位時間ノ遲速率ヲ表ハス.

例 94. 某年五月二日東京 (東經 $9^h18^m58^s,7$) ノ平均正午ニ一ノ平均時々辰儀ガ $23^h48^m36^s,5$ ヲ示シ其時辰儀ノ一日ニ $2^s,61$ ヅヽ進ミツヽアルコトヲ知レリ. 次ニ此時辰儀ヲ携帶シテ長崎ニ至リ五月五日正午ニ $0^h28^m11^s,9$ ヲ示セルヲ發見セリ. 長崎ノ經度ヲ求ム.

$$\begin{array}{lll} T=\text{五月二日}\ 23^h48^m36^s,5 & & \Delta T=+0^h11^m23^s,5 \\ T+t=\ \text{,,}\ \ \underline{\text{五日}\ \ 0\ 28\ 11\ ,9} & & \delta T=-2^s,61 \\ t=\qquad 2^d\ \ 0\ 39\ 35\ ,4=2^d,03 & & \end{array}$$

故ニ

$$\begin{array}{r} \Delta T+t.\delta T=+11^m18^s,2 \\ \Delta T'=\underline{-28\ 11\ ,9} \\ \lambda=\ \ 39^m30^s,1 \end{array}$$

卽チ長崎ノ經度ハ

$$9^h18^m58^s,7-39^m30^s,1=8^h39^m28^s,6E$$

ナリ.

時辰儀ノ遲速率ハ數日ヲ隔テヽ觀測シタル第一觀測點ノ觀測結果ヨリ之ヲ比較シテ定ムルコトヲ

得. 然レドモ精密ニ論ズルトキハ携帶移動ノ間ニモ其遲速率ヲ變化スルコト少ナカラズシテ之ヲ**旅行遲速率**ト云フ. 一般ニ時辰儀ハ溫度及濕度ノ影響ノ外ニ偶然ノ不規則ナル原因ヨリ加速又ハ減速スルコトアリ.

362. **電信ニ依ル經度ノ測定.** A子午線上ニ於ケル地方時ハ之ヲB子午線上ニ於ケル地方時ニ比較スルニ電信ヲ以テスルヲ最モ便ナリトス. 此比較ノ最簡法ハ一方ノ測點ニ於テ時辰儀ノ戞々ノ點ト共ニ信號鍵ヲ推セバ他ノ測點ニ於テハ其信號ヲ受ケテ其地ノ時辰儀ニ依リテ之ヲ比較ス. 此方法ヲA, B互ニ反覆スベシ. 今發信瞬間ニ於テ東測點Aニ於ケル時辰儀ノ時ト更正トヲ夫々T及ΔTトシ, 受信西測點Bニ於ケル時辰儀ノ時ト更正トヲ夫々T'及$\Delta T'$トス. 又測點Bニ於テ返信號ヲ送ル瞬間ニ於ケル時辰儀ノ時及更正ヲ夫々T'_1及$\Delta T'_1$トシ,同ジク測點Aニ於ケル着信時ノ時辰儀ノ時及更正ヲ夫々T_1及ΔT_1トス. λヲ經度ノ差, xヲA點ニ於テ鍵ヲ推シテB點ニ於テ磁石ノ戞音ヲ生ズル迄ニ經過スル間隙トスレバ

$$\lambda - x = (T + \Delta T) - (T' + \Delta T') = \lambda_1$$

$$\lambda + x = (T_1 + \Delta T_1) - (T'_1 + \Delta T'_1) = \lambda_2$$

茲ニλ_1及λ_2ハ夫々信號東西及西東ニ依リテ見出サレタル經度ノ差ノ近似ノ値ニシテ

$$\left.\begin{aligned}\lambda &= \frac{1}{2}(\lambda_1 + \lambda_2)\\ \mu &= \frac{1}{2}(\lambda_2 - \lambda_1)\end{aligned}\right\} \qquad [392]$$

前法ニ依リテ得タル經度ハ充分精密ナリ. 然レドモ兩測點ニ於ケル時辰儀ノ更正ヲ測定スル觀測者間ノ個人誤差ノ相違,信號ノ發信及受信ニ關スル個人誤差,指ガ鍵ニ觸レテ電路ヲ連絡スル爲送信點ニ於テ必要ナル時間,受信點ニ於テ電鑰ガ働キ戞音ヲ與フル迄ニ必要ナル時間卽チ電鑰時間等ノ爲メ多少ノ誤差ヲ生ズルモノトス.

第八節　方位角ノ測定

363. **天文方位角及測地方位角.**

地表一點ノ方位角トハ子午圈ノ平面ト此點及觀測者ノ眼ヲ過グル竪面ノ間ノ角ヲ云フ.

竪面ハ振子ノ方向ニ依リテ定マルガ故ニ地表ノ眞ノ垂直線ハ此ノ方向ヨリ外ルヽコトアリ,從テ方位角ニモ亦狂ヒヲ生ズベシ. 卽チ此ニ**天文方位角**ト**測地方位角**トノ別ヲ生ズ. **一點ノ天文方位角**トハ觀測地ニ於ケル振子ヲ含ムニノ平面ノ中一ハ地

軸ニ平行ニ第二ノ平面ハ其點ヲ過グルモノヽ間ノ角ヲ云フ. **測地方位角**トハ觀測地ニ於テ地表ニ立テタル垂直線ヲ含ム二ノ平面間ノ角ヲ云ヒ;一ノ平面ハ地軸ヲ過ギ第二ノ平面ハ其點ヲ含ム. 玆ニ論ズルモノハ卽チ天文方位角ナリ.

方位角ハ地平ノ北又ハ南ノ孰レヨリスルモ可ナレドモ天文學上ノ目的ニハ南ヨリ西ヲ經テ0°ヨリ360°ニ終ルヲ常トス. 然レドモ地表ノ一點ノ方位角ヲ定ムルニハ天球ノ北極ニ近キ恒星ヲ用フルヲ便トスルガ故ニ測地上ノ目的ニハ一般ニ北ヨリ方位角起算スルヲ便トス. 卽チ本節ニハ *NESW* ノ順序ヲ以テ方位角ヲ計算スルモノトス. 從テ北ヨリ西ニ向フモノハ之ヲ負號ノ方位角ト定ム.

一等三角測量ニ關聯スル方位角ノ測定ハ極度ノ精密ヲ要ス. 然レドモ稍々精度ノ小ニシテ足ルモノハ其方位角測定ノ方法ハ頗ル簡略ナリ. 地平角ヲ測ルニ用ヒラルヽ轉鏡儀及天文用ノ轉鏡儀ハ共ニ此目的ニ使用スルヲ得. 孰レノ場合ニ於テモ一點ノ方位角ハ其點及一個ノ恒星ノ方位角ノ間ノ差ヲ測定セザルベカラズ. 恒星ノ方位角ハ其既知ノ赤經及赤緯ニ依リテ計算スルヲ得ベク,地方時及緯度ヲ用フルモ亦之ヲ計算スルコトヲ得.

364. 器械及觀測. 直徑30糎乃至50糎ノ地平分度圈ヲ有スル轉鏡儀ハ極メテ精密ナル方位角測定ニ用フルヲ得ベク,測微鏡ニ依リテ1秒迄,推定ニ依リテ1秒ノ10分一迄ヲ讀ムコトヲ得ベシ. 然レドモ尙低級ノ精度ニテ充分ナルモノハ普通ノ12,5糎又ハ15糎地平圈ノ測量用轉鏡儀ニテ事足ルベシ. 但シ如何ナル器械ニテモ微細ニ渉リテ整正ヲ要スルハ勿論ノ事トス.

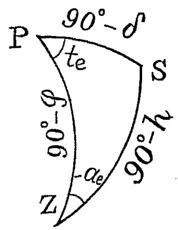
夜間ノ覘標トシテハ方形ノ木箱ヲ柱上ニ支ヘテ中ニ燈火ヲ入レ小孔ヲ穿チタルモノヲ便トス. 恒星ニハ周極星ヲ用フルヲ良シトス.

今 m ヲ覘標ニ對スル地平圈ノ示度, s ヲ恒星ニ對スル同ジク地平圈ノ示度, A ヲ北ヨリ東ニ測リタル覘標ノ方位角, a ヲ亦同ジク北ヨリ東ニ測リタル恒星ノ方位角トスレバ

$$A=a+(m-s) \tag{393}$$

365. 離隔ニ近キ周極星ニ依リテ方位角ノ測定. 恒星ガ東西離隔ノ近クニ在ルトキハ方位角ノ變化極メテ少キヲ以テ極メテ觀測ニ便ナリ.

第四百二十二圖



第四百二十二圖ニ於テ P ヲ極, S ヲ周極星, Z ヲ天頂, $-a_e$ 及 t_e ヲ夫々離隔ニ

於ケル方位角及時角, α, δ 及 Θ ヲ夫々赤經,赤緯及恒星時トスレバ

(1) $$\begin{cases} -\sin a_e = \cos\delta\sec\varphi \\ \cos t_e = \cot\delta\tan\varphi \end{cases}$$

(2) $\Theta=\alpha\pm t_e$ ＋西離隔, −東離隔.

時辰儀ノ示ス離隔ノ時$=\Theta-\Delta\Theta$

今方位角ハ南ヨリ測ル代リニ北ヨリセルガ故ニ[213]ヨリ

(3) $$\cos h\cos a=\sin\delta\cos\varphi-\cos\delta\sin\varphi\cos t$$

(4) $$\cos h\sin a=-\cos\delta\sin t$$

離隔ニ於テハ球面三角形 PSZ ガ S ニ於テ直角ヲ爲スガ故ニ

(5) $$-\sin a_e=\frac{\cos\delta}{\cos\varphi}=\frac{\sin\delta\cos t_e}{\sin\varphi}$$

(6) $$\cos a_e=\sin\delta\sin t_e$$

(3)ニ(5)ヲ乘ジ,(4)ニ(6)ヲ乘ズレバ

(7) $$-\cos h\cos a\sin a_e=\sin\delta\cos\delta-\sin\delta\cos\delta\cos t\cos t_e$$

(8) $$\cos h\sin a\cos a_e=\qquad-\sin\delta\cos\delta\sin t\sin t_e$$

(7)ニ(8)ヲ加フレバ

(9) $$-\cos h\sin(a_e-a)=\sin\delta\cos\delta-\sin\delta\cos\delta\cos(t_e-t)$$

或ハ

(10) $$\sin(a_e-a)=-\frac{\sin\delta\cos\delta}{\cos h}2\sin^2\frac{1}{2}(t_e-t)$$

又

(11) $$\cos h=-\cot a_e\cot\delta$$

故ニ

$$\sin(a_e-a)=\tan a_e\sin^2\delta.2\sin^2\frac{1}{2}(t_e-t)\ldots\quad[394]$$

是レ離隔ニ於ケル方位角ト任意ノ時角 t ニ於ケル方位角ノ間ノ差ヲ表ハス所ノ等式ナリ.

離隔ニ近キ恒星ニハ t_e-t ハ甚ダ小ナルヲ以テ[394]ノ右節ハ之ヲ級數ニ展開スルコトヲ得.

$$a_e-a=\tan a_e\sin^2\delta\frac{2\sin^2\frac{1}{2}(t_e-t)}{\sin 1''}+\frac{1}{6}(\tan a_e\sin^2\delta)^3\frac{\left[2\sin^2\frac{1}{2}(t_e-t)\right]^3}{\sin 1''}\qquad[395]$$

極メテ極ニ近キ周極星ニ於テハ $\sin^2\delta$ ハ殆ド 1 ニ近ク,[395]式右節ノ第二項ハ之ヲ省略スルヲ得ベク,

$$a_e-a=\tan a_e\frac{2\sin^2\frac{1}{2}(t_e-t)}{\sin 1''}\qquad[396]$$

366. 水準更正及日中收差. 跨準器ヲ用ヒテ軸ノ傾斜ヲ認ムルトキハ之ニ依リテ測リタル方位角ニ誤差ヲ生ズ. 卽チ軸ノ西端ガ高ケレバ地平圏ノ示度ハ小トナリ,更正ハ(+)トナル. 今 e 及 w ヲ夫々水準氣泡端ノ東端及西端ノ目盛トシ,同ジク e' 及 w' ヲ跨準器ヲ反轉シタル場合ノ目盛トシ, d ヲ其一目盛ニ對スル弧ノ秒數トスレバ軸ノ傾斜 b ハ

(1) $$b=\frac{d}{4}\left[(w+w')-(e+e')\right]$$

或ハ數回跨準器ヲ反轉シタルトキハ

(2) $$b=\frac{d}{2}[W-E]$$

此ニ $$W=(w+w'+w''+\ldots\ldots)$$

$$E=(e+e'+w''+\ldots\ldots)$$

bノ爲ニ起ル地平圏ノ示度ノ誤差xハ

(3) $$x=\frac{b}{\tan z}=b\tan h$$

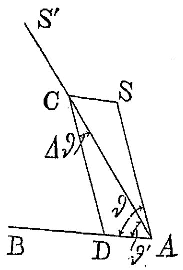
此ニhハ星ノ高度,zハ其天頂距離トス.

離隔ニ於ケル周極點ニ於テハ$\tan h$ノ代リニ$\tan\varphi$ヲ用フルヲ得ベク,從テ水準更正δa_1ハ

$$\delta a_1=\frac{d}{2}[W-E]\tan\varphi \qquad [397]$$

次ニ觀測者ハ地軸ノ周圍ニ回轉スルガ爲メ恒星ハ僅カニ東方ニ變位シタルガ如ク見ユベシ. 之ヲ**日中收差**ノ現象ト云フ. 例ヘバ第四百二十三圖ニ於テSAヲ恒星Sヨリ來ル所ノ光線ノ眞正ノ方向トスレバ收差ノ爲メニ星ハ恰カモAS'ノ方向ニ見ユベシ. ACヲ一秒間光線ノ通過シタル距離ニ等シク描キ之ヲVトシ,ADヲ地表ノ一點ガ一秒間ニ通過シタル距離ニ等シク之ヲvトシ,且

第四百二十三圖



ツ $\angle SAB=\theta$, $\angle S'AB=\theta'$ トスレバ $\angle ACD=\theta-\theta'=\Delta\theta$ ニシテ

(4) $$\frac{\sin\Delta\theta}{\sin\theta}=\frac{v}{V}$$

又ハ$\Delta\theta$ハ甚ダ小ナルガ故ニ

(5) $$\Delta\theta=\frac{v}{V}\sin\theta$$

然ルニ光線ノ速度ハ每秒298,208粁ニシテ地球ノ赤道上ノ一點ノ速度ハ每秒0,461粁ナリ. 故ニ又緯度φナル地點ノ速度ハ$0{,}461\cos\varphi$ニシテ從テ

(6) $$\frac{v}{V}=\frac{0{,}461\cos\varphi}{298208\sin 1''}=0{,}319\cos\varphi$$

故ニ

$$\Delta\theta=0'',319\cos\varphi\sin\theta \qquad [398]$$

極ニ近キ周極星ニ對シテ此收差ヨリ起ル更正δa_2ハ

$$\delta a_2=0{,}319\cos a \qquad [399]$$

而シテ[296]ニ於テ $a_e-a=\delta a_1$ トスレバ求ムル所ノ眞ノ方位角Aハ[293]ヨリ

$$A=a_e+(m-s)-\delta a_1+\delta a_2 \qquad [400]$$

367. 任意ノ時角ニ於テ觀測セラレタル周極星ニ依ル方位角. 周極星ノ方位角ヲ計算スル方法ガ稍々前法ニ異ナリ,次ノ三法ノ孰レカ一ニ依ルヲ得.

第一法. **365** (3) 及 (4) ヨリ

$$\tan a=-\frac{\sin t}{\cos\varphi\tan\delta-\sin\varphi\cos t} \qquad [401]$$

第二法. 天頂,極及恒星ヲ三角點トスル球面三角形ニ於テ [332] ヨリ

$$\left.\begin{aligned} \tan\frac{1}{2}(q+a)&=\frac{\sin\frac{1}{2}(\delta-\varphi)}{\cos\frac{1}{2}(\delta+\varphi)}\cot\frac{1}{2}t \\ \tan\frac{1}{2}(q-a)&=\frac{\cos\frac{1}{2}(\delta-\varphi)}{\sin\frac{1}{2}(\delta+\phi)}\cot\frac{1}{2}t \\ a&=\frac{1}{2}(q+a)-\frac{1}{2}(q-a) \end{aligned}\right\} \quad [402]$$

第三法. [401] ニ $p=90°-\delta$ トスレバ

(1) $$\tan a=-\frac{\sin t\sin p}{\cos\varphi\cos p-\sin\varphi\cos t\sin p}$$

a 及 p ハ小ナルヲ以テ $\tan a$, $\sin p$, $\cos p$ ヲ級數ニ展開シ第三次ノ諸項迄ヲ殘セバ

(2) $$a+\frac{1}{3}a^3=-\frac{\sin t\left(p-\frac{1}{6}p^3\right)}{\cos\varphi\left(1-\frac{1}{2}p^2\right)-\sin\varphi\cos t\left(p-\frac{1}{6}p^3\right)}$$

又ハ

(3) $$a\cos\varphi=-p\sin t+ap\sin\varphi\cos t+\frac{1}{2}ap^2\cos\varphi-\frac{1}{3}a^3\cos\varphi+\frac{1}{6}p^3\sin t$$

第一次ノ近似値トシテ a ヲ解ケバ

(4) $$a=-\frac{\sin t}{\cos\varphi}p$$

之ヲ(3)式ノ第二項ニ代用スレバ第二次ノ近似値ヲ得.

(5) $$a=-\frac{\sin t}{\cos\varphi}\left[p+p^2\tan\varphi\cos t\right]$$

順次近似値ヲ用ヒテ最後ニ

$$a=-\frac{\sin t}{\cos\varphi}\left[p+p^2\sin 1''\tan\varphi\cos t+\frac{1}{3}p^3\sin^2 1''\left\{(1+4\tan^2\varphi)\cos^2 t-\tan^2\varphi\right\}\right] \quad [403]$$

此ニ p^3 ノ項ハ其値甚ダ小ナリ. 極ニ近キ周極星ヲ經過ニ近ク觀測シタル場合ニハ

$$a=-\frac{\sin t}{\cos\varphi}\left[p+p^2\sin 1''\tan\varphi\cos t+\frac{1}{3}p^3\sin^2 1''(1+3\tan^2\varphi)\right] \quad [404]$$

水準及收差ノ更正ハ前ニ述ベタルガ如シ.

368. 任意ノ時角ニ於ケル太陽又ハ恒星ヲ觀測シテ其時ノ不明ナル場合. 陸地測量又ハ磁石測定ノ如キ場合ニ方位角ヲ定ムルニハ一般ニ甚シキ精度ヲ要セズ. 斯カル場合ニハ地方時ヲ知ラザルモ轉鏡儀ヲ用ヒテ其地平圏及竪圏ノ目盛ヲ讀ンデ方位角ヲ知ルコトヲ得ベク恒星又ハ太陽ノ孰レカ一ヲ用フルヲ得.

313 式ノ第三式ニ於テ h ト δ トヲ入換ヘ, a ト t トヲ交換シ且ツ $h=90°-z$ トセバ方位角ヲ北ヨリ算ヘテ

(1) $$\sin\delta=\cos z\sin\varphi+\sin z\cos\varphi\cos a$$

此ニδトφハ知ラレ,zハ天頂距離ニシテ光線屈折ノ更正ヲ經,太陽ノ場合ニハ視差ノ更正ヲ施スヲ要ス. (1)ヨリ

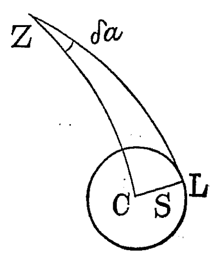
(2) $$1-\cos a=\frac{\sin z\cos\varphi+\cos z\sin\varphi-\sin\delta}{\sin z\cos\varphi}$$

(3) $$1+\cos a=\frac{\sin z\cos\varphi-\cos z\sin\varphi-\sin\delta}{\sin z\cos\varphi}$$

(2)及(3)ヨリ

$$\left.\begin{aligned}\sin\frac{1}{2}a&=\sqrt{\frac{\cos\frac{1}{2}(z+\varphi+\delta)\sin\frac{1}{2}(z+\varphi-\delta)}{\sin z\cos\varphi}}\\ \cos\frac{1}{2}a&=\sqrt{\frac{\sin\frac{1}{2}(z-\varphi+\delta)\cos\frac{1}{2}(z-\varphi-\delta)}{\sin z\cos\varphi}}\\ \tan\frac{1}{2}a&=\sqrt{\frac{\cos\frac{1}{2}(z+\varphi+\delta)\sin\frac{1}{2}(z+\varphi-\delta)}{\cos\frac{1}{2}(z-\varphi-\delta)\sin\frac{1}{2}(z-\varphi+\delta)}}\end{aligned}\right\}\quad[405]$$

恒星ノ方位角ハ此等ノ孰レカ一ノ公式ニ依リテ見出スコトヲ得レドモ第三式ハ最モ精密ナル結果ヲ得.



第四百二十四圖

太陽ヲ視準シタル場合ニハ其半徑ニ對スル更正ヲ要ス. 第四百二十四圖ニ於テZヲ天頂,Cヲ太陽ノ中心 Lヲ其緣,太陽ノ半徑 $CL=S$ガ天頂ニ挾ム角ヲδaト

スレバ直角球面三角形 ZCL ヨリ

(4) $$\sin S=\sin z\sin\delta a$$

又ハ

$$\delta a=\pm\frac{S}{\sin z}\qquad[406]$$

例 95. 卯酉線上ニ且ツ高サノ低キ星ハ緯度及天頂距離ノ誤差ガ方位角ニ及ス影響ハ最モ少キコトヲ示セ.

368 (1)式ヲ a 及 z ニ就テ,並ニ a 及 φ ニ就テ微分スルトキハ

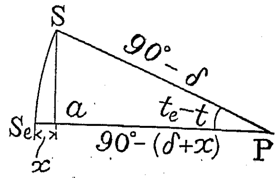
$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial a}{\partial z}&=-\tan\varphi\operatorname{cosec}a+\cot z\cot a\\ \frac{\partial a}{\partial\varphi}&=-\tan\varphi\cot a+\cot z\operatorname{cosec}a\end{aligned}\right\}\quad[407]$$

[407]ノ右節ヲ見レバ孰レモ a 及 z ガ $90°$ ニ近キ程其値小ナリ. 而シテ a ガ $90°$ 及 $270°$ ノトキ反對ノ符號ヲ有ス. 故ニ卯酉線上ニ且ツ高サノ低キ星ヲ擇ビ,子午圈ノ東ト西トニ殆ド同距離ニ於テ觀測スルトキハ z 及 φ ノ誤差ノ影響最モ少シ.

369. 離隔ニ近キ周極星ノ觀測ニ依ル方位角. 離隔ニ近ク周極星ヲ觀測スルヲ得レバ方位角ノ測定ハ最モ便ニシテ,轉鏡儀ヲ用ヒテ視準スルヲ得. 第四百二十五圖ニ於テ P ヲ極, S_e ヲ時間 T_e ニ於ケル

周極星ノ離隔ノ位置，S ヲ時間 T ニ於ケル離隔ニ近キ位置，Sa ヲ PS_e ニ S ヨリ下シタル垂線トスレバ，S ヲ觀測シテ之ヲ S_e ニ於テ觀測シタルモノニ改メサルベカラズ．$S_ea=x$ ハ卽チ之ニ要スル更正ナリ．

第四百二十五圖



角 SPa ハ t_e-t ヲ表ハシ，直角三角形 SPa ヨリ

(1)　$$\cos(t_e-t)=\tan\delta\cot(\delta+x)$$

或ハ

(2)　$$\tan\delta=\left\{1-2\sin^2\frac{1}{2}(t_e-t)\right\}\frac{\tan\delta+\tan x}{1-\tan\delta\tan x}$$

分母ヲ拂ヒ且ツ $\tan x.2\sin^2\frac{1}{2}(t_e-t)$ ナル小サキ値ヲ省略スルトキハ

(3)　$$\tan x=\sin\delta\cos\delta 2\sin^2\frac{1}{2}(t_e-t)$$

又ハ x ハ小ナルヲ以テ

$$x=\frac{1}{2}\sin 2\delta\frac{2\sin^2\frac{1}{2}(t_e-t)}{\sin 1''}\qquad[408]$$

測微螺旋ハ迅速且ツ精密ニ觀測シ得ベキヲ以テ必要ニ應ジテ數回離隔ニ近ク觀測スルコトヲ得．

第九節　簡單ナル眞北ノ測定

370. 測量ト眞北ノ測定． 前ニ述ベタル時ノ觀測，

緯度，經度及方位角ノ測定ニハ孰レモ眞北ノ測定ヲ伴フモノ多シ．然レドモ其目的ハ唯眞北ヲ知ルニ非ラズシテ天文上ノ觀測ヲ主トスルモノナリ．測量セラレタル直線ノ眞方向又ハ羅盤ノ磁針偏差ヲ知ルガ如キハ極メテ簡單ナル方法ニ依リテ眞北又ハ子午線ノ方向ヲ定ムレバ充分ニシテ前ニ述ベタル精密ナル測定ヲ必要トセザルモノ多シ．

子午線又ハ眞北ノ測定ニハ左ノ諸法アリ．

第一．一個ノ周極星ノ二ノ最大離隔．
第二．一個ノ周極星ノ等高度觀測．
第三．太陽ノ等高觀測．
第四．恒星ノ單一高度觀測．
第五．離隔ニ於ケル二個ノ恒星．
第六．離隔ニ於ケル周極星．
第七．北極星トありをす星ノ一垂直線．
第八．同一垂直線中ニ於ケル周極星．
第九．二ノ周極星ノ經過ノ間ノ時隔ニ依ル子午線．
第十．太陽又ハ恒星ノ子午圈外觀測．

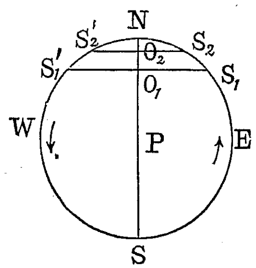
371. 一個ノ周極星ノ二ノ最大離隔． 方向ヲ定ムベキ直線ト東西離隔ニ於ケル周極星ノ間ノ角ヲ測定ス．前後二ノ角ノ平均ハ卽チ與ヘラレタル直線

ト子午線トノ間ノ角ナリトス．離隔ニ於テ前後暫ラクノ間周極星ノ運動殆ド垂直ナルガ故ニ誤差ヲ生ズルコト少ク,眞北又ハ方位角ノ測定法トシテ本法ハ最モ精密ナリ．然レド通例一方ノ離隔ハ日中ニ起ルガ故ニ普通ノ轉鏡儀ヲ以テシテハ觀測不可能ナリトス(365參照)．

372. 一個ノ周極星ノ等高觀測． 353ニ示セルガ如ク一個ノ周極星ノ等高度ノ時ヲ測定シテ子午圏經過ノ時ヲ知ルトキハ更ニ之ヨリ子午線ノ方向ヲ定ムルコトヲ得．

又第四百二十六圖ニ於テ P ヲ北極, S_1 ヲ一ノ周極星例ヘバ大熊座又ハかしおぺや座ノ星ノ一トス．恒星ハ凡ベテ極ノ周圍ニ時計ノ針ト反對ノ方向ニ圓周上ヲ回轉スルガ如ク見ユルヲ以テ,極ノ反對側ニ S' トナリテ等高ニ見ユベシ． S_1 及 S'_1 ハ子午線 NPS ヨリ等距離ナルガ故ニ $S_1S'_1$ ノ二等分ヲ O_1 トセバ PO_1 ハ眞北ノ方向ヲ表ハス．同様ニ S_2 及 S'_2 ヲ等高トセバ $S_2S'_2$ ノ中心 O_2 ハ子午線上ニ在ルベシ．故ニ方向ヲ定メントスル直線上ノ一ノ測點ニ轉鏡儀ヲ

第四百二十六圖



据エ,與ヘラレタル線ト周極星ノ位置例ヘバ S_1 トノ間ノ角ヲ測リ,且ツ竪角ヲ讀ムベシ．更ニ其星ガ S_2 ニ在ルトキ同ジク與ヘラレタル直線ト爲ス地平角及竪角ヲ讀ムベシ．是ニ於テ上版ヲ弛メテ星ガ S'_2 ニ近ヅクヲ待ツベシ．但シ此時竪角ハ之ヲ S_2 ト同ジク一定ニ保ツモノトス．既ニ星ガ視界ノ中心ニ近ヅカバ上版ヲ緊メ,地平版ノ微動螺旋ヲ用ヒテ叉線ノ交點ヲ星ガ通過スルマデ之ヲ追ヒ, S'_2 ニ於テ同高ニ達ス．是ニ於テ與ヘラレタル直線ト S'_2 トガ爲ス地平角ヲ讀ムベシ．次ニ S_1 ト同一ノ竪角ニ望遠鏡ヲ保チ,件ノ星ガ再ビ叉點ヲ過クル迄之ヲ追フベシ．此位置ハ卽チ S'_1 ニシテ亦直線トノ地平角ヲ讀ムベシ． S_1 及 S'_1 並ニ S_2 及 S'_2 ノ二ツノ地平角ノ平均ヲ取レバ其平均角ハ僅カニ差異アルコトアルベシ．卽チ器械ノ整正ノ誤差及觀測ノ誤差ニ依ル．故ニ前後二ノ平均ノ結果ニ就テ更ニ其平均ヲ取レバ恰カモ S_1, S_2, S'_2, S'_1 ノ四ツノ方向ト直線トガ爲ス角ノ平均ヲ取リタルモノト同ジク,子午線ニ對スル與ヘラレタル直線ノ方位角ヲ得．

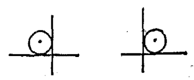
上經過又ハ下經過ニ於テハ星ハ殆ド地平ニ動キ,東離隔又ハ西離隔ニ於テハ星ハ殆ド垂直ニ動クベシ．故ニ S_1, S_2 等ノ星ノ位置ヲ擇ブニハ經過ニ近

カラザルヲ良シトス. 蓋シ高サハ殆ド相等シクシテ方位角ハ著シク異ナルベケレバナリ. 之ニ反シテ離隔ハ近キ所ニテハ方位角ノ誤差極メテ少ナケレドモ等高度ニ達スルニハ殆ド12時間ノ長キ時間ヲ經過セザルベカラズ.

本法ハ觀測ノ間ニ著シキ時間ヲ經過セザルベカラザルハ甚ダ不便トスル所ナリ. 殊ニ觀測ノ間ニ天空曇リ氣溫變ジ,光線ノ屈折ハ亦同ジカラズシテ從テ竪角ノ差異ヲ生ズル恐アリ. 然レドモ此觀測ハ緯度,經度又ハ時ニ無關係ニシテ其計算モ唯簡單ナル加減ニ過ギズ.

373. 太陽ノ等高度觀測. 353ニ於テハ太陽ノ等高度ヲ觀測シテ子午圈通過ノ時間ヲ定ムルノ法ヲ述ベタリ. 372ト同ジク本法ニ於テハ太陽ニ對シテモ午前ト午後ニ等高度ノ位置ヲ觀測スルモノトス. 勿論太陽ノ觀測ニハ色硝子ヲ對物鏡ノ前ニ用ヒザルベカラズ. 又太陽ヲ叉線ニテ視準スルニハ午前ニ其西緣ヲ縱叉線ニ接觸セシメ午後ニハ其東緣ヲ之ニ接觸セシムルコト第四百二十七圖ノ如クナルベシ.

第四百二十七圖



太陽ハ前後ノ觀測ノ間ニ其赤緯ヲ變ズルコト353ニ述ベタルガ如シ. 從テ其子午

線ノ方向モ等高度ノ二ノ位置ヲ平均シテ得ベカラズ.

今午前及午後ノ高度相等シキ太陽ノ觀測ニ於テ夫々東方位角及西方位角ヲ α' 及 α, 正午ノ赤緯ヲ δ, 始ノ觀測ノ時ヨリ終ノ觀測ノ時ニ至ル間ニ赤緯ノ增加ヲ $\Delta\delta$, 相等シキ高度ヲ h トシ, 368. ノ (1) 式ニ $z=90^\circ-h$ トスレバ

$$(1)\quad \sin\left(\delta-\frac{1}{2}\Delta\delta\right)=\sin\varphi\sin h-\cos\varphi\cos h\cos\alpha'$$

$$(2)\quad \sin\left(\delta+\frac{1}{2}\Delta\delta\right)=\sin\varphi\sin h-\cos\varphi\cos h\cos\alpha$$

(1) 及 (2) ノ差ヲ作レバ

$$(3)\quad 2\cos\delta\sin\frac{1}{2}\Delta\delta=2\cos\varphi\cos h\sin\frac{1}{2}(\alpha+\alpha')\sin\frac{1}{2}(\alpha-\alpha')$$

$\Delta\delta$ ハ小ナルガ故ニ

$$\alpha-\alpha'=\frac{\Delta\delta\cos\delta}{\cos\varphi\cos h\sin\alpha} \qquad [409]$$

$\Delta\delta$ ヲ知ル爲ニハ前後二ノ觀測ノ時ヲ知ルヲ要ス. 今若シ二ノ觀測ノ間ニ經過シタル時間ノ半分ヲ西觀測ノ時角 t トセバ

$$\alpha-\alpha'=\frac{\Delta\delta}{\cos\varphi\sin t} \qquad [410]$$

同一ノ器械ヲ用フルトキハ h ノ精密ナル値ヲ知ルヲ要セズ.

前後二ノ觀測ニ於テ轉鏡儀地平分度圈ノ示度ヲ

A'_1 及 A_1 トセバ子午圈ニ應スル示度ハ

$$\frac{1}{2}(A'_1+A_1)-\frac{1}{2}(a-a')$$

ナリトス.

374. **恒星ノ單一高度ノ觀測.** 高サ及方位角ヲ測定シ得ル轉鏡儀ヲ用ヒテ任意ノ時ニ於ケル或ル恒星ノ縱線通過ノ高サヲ觀測シ,光線屈折ニ對スル更正ヲ加ヘテ h ヲ其ノ眞高トシ,φ ヲ觀測地ノ緯度,p ヲ其恒星ノ極距,a ヲ其方位角トセバ天頂,極及恒星ノ爲ス球面三角形ヨリ

$$\left.\begin{aligned} tan^2\frac{1}{2}a&=\frac{sin(s-\varphi)sin(s-h)}{cos s\, cos(s-p)} \\ s&=\frac{1}{2}(\varphi+h+p) \end{aligned}\right\} \qquad [411]$$

是レ [405] ニ $z=90°-h$, $\delta=90°-p$ トスルトキハ之ヲ得ベシ. 此場合ニ子午線ノ方向ニ望遠鏡ヲ向クルニハ單ニ a 丈ケ器械ヲ回轉スレバ足レリ. 從テ A ヲ地平分度圈ノ示シタル角度トスレバ分度圈ノ目盛ノ方向ニ從テ $A+a$ 又ハ $A-a$ ナル方向ハ恰カモ望遠鏡ガ子午線ノ方向ヲ指スモノナリ.

此方法ハ方位角ヲ測ルニ羅盤ヲ以テシ,高サヲ測ルニ六分儀ヲ以テシタル場合ニモ用フルコトヲ得ベシ. 此時 $A-a$ ハ羅盤ノ偏差ヲ表ハス.

375. **離隔ニ在ル二個ノ恒星ノ觀測.** 離隔ニ在ル

二個ノ恒星ヲ觀測スルハ 369 ニ述ベタル長所ヲ有シテ而カモ緯度ヲ知ルヲ要セザルノ利アリ. 然レドモ之ト同時ニ觀測ノ間ニ永キ時間ヲ要セズ. 極ニ對シテ殆ド一直線ニ近ク而カモ同側ノ關係ニ在ル所謂**合位**,又ハ異側ニ在ル所謂**衝位**ノ二ノ恒星ヲ擇ベバ兩星ハ殆ド同時ニ離隔ニ達スベシ. 今方位角ヲ定メントスル直線ト離隔ノ位置ニ在ル星トノ間ノ角ヲ測定スベシ. 而シテ兩星ガ其直線ノ兩側ニ在ルカ又ハ一側ニ在ルガ從テ,或ハ兩星ガ相反スル離隔ニ在ルカ又ハ同側ノ離隔ニ在ルカニ從テ測定シタル二ノ角ノ和又ハ差ヲ取レバ離隔ニ於ケル二ノ星ノ間ノ角ヲ得. 此角ハ兩星ノ方位角ノ和又ハ差ニ等シ.

二星ノ方位角ヲ夫々 a_1 及 a_2 トスレバ二星間ノ角ハ $\alpha=a_1\pm a_2$ ナリ. 又二星ノ赤緯ヲ夫々 δ_1 及 δ_2 トスレバ

$$\left.\begin{aligned} cot\,a_1&=cot\,\alpha\pm\frac{cos\,\delta_2}{cos\,\delta_1}cosec\,\alpha \\ cot\,a_2&=co'\,\alpha\pm\frac{cos\,\delta_1}{cos\,\delta_2}cosec\,\alpha \end{aligned}\right\} \qquad [412]$$

δ_1 及 δ_2 ハ航海暦ニ依リテ知ラルヽガ故ニ [412] ノ右節ハ共ニ既知數ヨリ成ル. a_1 又ハ a_2 ガ知ラルヽトキハ子午線ノ方向ヲ知ルベク,從テ與ヘラレタル

直線ノ眞方位ヲ知ルコトヲ得.

376. 離隔ニ在ル周極星ノ觀測ニ依ル眞北. 此方法ハ 375 ニ述ベタルモノト同ジケレドモ唯一個ノ周極星ヲ觀測スルニ止リ,緯度ノ智識ヲ要ス. 又 365 ヲ參照スルヲ要ス. 而シテ方位ヲ知ラントスル直線ト離隔ニ於ケル周極星ノ間ノ角ヲ測ルベシ. 第四百十三圖ニ於テ P ヲ極, Z ヲ天頂, S ヲ周極星ノ位置トスレバ角 PZS ハ S ノ方位角ニシテ直角球面三角形 PZS ヨリ ([334] 參照)

$$sin\,a=\frac{cos\,\delta}{cos\,\varphi}=\frac{sin(90-\delta)}{sin(90-\varphi)}$$

星ノ赤緯ハ航海暦ヨリ知ラルベク,一年ヲ通シテ數秒以內ニ一定ナリ. 緯度ハ地圖又ハ經過ニ於ケル周極星ノ高サヲ觀測スルトキハ之ヲ知ルコトヲ得.

西離隔ニ於テ周極星ヲ觀測スルトキハ其眞方位ハ $360°-a$ ナリ. 東離隔ニ於テノ觀測ナレバ其眞方位ハ a ナリ.

例 96. 某年三月一日北緯 $33°37'37''$ ノ地ニ於テ北極星ヲ觀測シテ其東離隔ニ於テ一ノ與ヘラレタル直線ト北極星トノ角ハ豎圈ヲ右ニシテ $12°24'30''$ 豎圈ヲ左ニシテ $12°24'20''$ ナルヲ知レリ. 當日北極星ノ赤緯ガ $88°53'63'',1$ ナラバ其線ノ眞方角ヲ求ム.

	$12°24'30''$	$\delta=88°53'63'',1$	$90°-\delta=1°\ 5'6'',9$
	$12\ 24\ 20$	$\varphi=33°37'37''$	$90°-\varphi=56°22'23''$
2	$24\ 48\ 50$		
平均	$12°24'25''$		

$$sin\,a=\frac{sin\,1°5'6'',9}{sin\,56°22'23''}$$

$$sin\,1°\ 5'\ 6'',9=8,2773760+10$$

$$sin\,56°22'23''\ =9,9204682$$

$$sin\,a=8,3569078$$

$$a=1°18'12'',2$$

故ニ與ヘラレタル直線ノ眞方位ハ

$$12°24'25''+1°18'12'',2=13°42'37'',2$$

377. 周極星ノ經過又ハ離隔ノ時間. 子午線ノ觀測ニ當リ離隔ノ近似ノ時間ヲ知ルヲ便トス. 航海暦ヨリ星ノ赤經ヲ見出シ,若シ此赤經ガ平均正午ノ恒星時ヨリ小ナラバ之ニ24時間ヲ加フベシ. 此恒星時ハ亦載セテ航海暦ニ在リ. 次ニ赤經ヨリ平均正午ノ恒星時ヲ減ズレバ,此差ハ平均正午ト星ノ經過トノ間ノ時隔ヲ恒星時ニテ與フルモノナリ. 故ニ第五十八表ニ依リテ恒星時ヲ平均時ニ改ムレバ其結果ハ平均正午ト星ノ經過トノ間ノ時隔ヲ平均時ニテ與フベク,換言スレバ星ノ經過ノ近似的平均時ヲ得ベシ. 之ニ經度ニ對スル更正ヲ施スベク,東經ノ地ニハ此更正ヲ加ヘ,西經ノ地ニハ此更正ヲ減ズベシ.

例 97. 東京天文臺ヲ $35°39'16''N, 139°44'41''E$ ($9^h18^m58^s,7$) トスレバ此ニ某年七月十六日北極星ノ子午線經過ノ平均時ヲ求ム. 但シ同日北極星ノ赤經ヲ $1^h34^m17^s,75$ 及平均正午ノ恒星時ヲ $7^h36^m10^s,97$ トス. 某年七月十六日

北極星ノ赤經＋24時	$25^h34^m17^s,75$
平均正午ノ恒星時	7 36 10 ,97
平均正午ト北極星ノ經過トノ間ノ恒星時隔	17 58 6 ,78
平均時ニ改算	− 2 56 ,62
	$17^h55^m10^s,16$
	＋ 1 31 ,30
	17 56 41 ,46

17^h	$-2^m47^s,10$
58^m	− 9 ,50
$6^s,78$	− 0 ,02
	$-2^m56^s,62$

$$9^h,316\times9,8565=1^m31^s,30$$

卽チ離隔ノ平均時ハ七月十七日午前 $5^h56^m41^s,5$ ナリトス.

西又ハ東離隔ノ時間ハ緯度ニ依リテ 5^h49^m 乃至 5^h54^m 平均 5^h51^m ヲ經過ニ加ヘ若クハ減ズベシ. 卽チ [334] ヨリ

$$\cos t=\cos SPZ=\cot\delta\tan\varphi$$

是レ卽チ經過ト離隔ノ間ノ恒星時隔ヲ表ハスモノニシテ角ヲ恒星時ニ改メ更ニ平均時ニ改メザルベカラズ.

例 98. 前例ニ於テ經過ト離隔トノ間ノ時間ヲ求ム.

$\delta=88°53'36'',09$	$\cot\delta=8,285\ 9266$
$\varphi=35\ 39\ 16$	$\tan\varphi=9\ 765\ 5906$
$t=89°39'17'',4$	$\cos t=8\ 051\ 5172$
$t=5^h58^m37^s,2$	

t (恒星時)	$5^h58^m37^s,2$
5^h	−49,148
58^m	9,502
$37^s,2$	0,102
	−58,752
t (平均時)	$5^h57^m38^s,4$

378. 北極星及ありおす星ヲ同一竪面中ニ觀測シテ子午線ノ測定. 北極星 (α *Ursae Minoris*) 及ありおす星 (ε *Ursae Majoris*) ノ某年一月一日ニ於ケル赤經(ぐりにっちニ於テ)ハ夫々次ノ如シ.

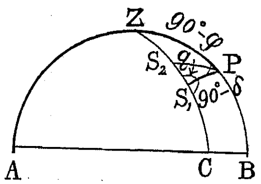
	赤經
北極星	$1^h34^m23^s,99$
ありおす	12 50 40 ,16

卽チ北極星ガ下經過ニ在ル恒星時 $13^h34^m24^s$ トありおすノ上經過 $12^h50^m40^s$ トハ其差僅カニ 43^m44^s ニ過ギズ. 故ニ單ニ振子ノ類ヲ垂レテ垂線又ハ竪面ノ

方面ヲ定メ兩星ガ此垂線中ヘ重ナラシムルトキハ近似的ニ子午圈ノ方向ヲ知ルコトヲ得. 又所ニ依リテハ北極星ノ上經過トありおす星ノ下經過ニ近キ所ニ於テ此等ヲ堅面中ニ觀測スレバ亦前ト同様ナル近似的子午線ノ方向ヲ得ベシ. 若シ又此等兩方ヲ觀測スルコトヲ得レバ其平均ノ位置ハ最モ子午線ニ近カルベシ.

379. **同一垂線中ノ二ノ周極星ノ觀測ニ依ル子午線ノ測定.** 第四百二十八圖ニ於テ Z 及 P ヲ夫々天頂及極トシ, $AZPB$ ヲ觀測者ノ子午圈, S_1 及 S_2 ヲ同一垂線 ZS_2S_1C 中ニ在リトス. 角 PZS_1 ハ兩星ガ同一垂線中ニ在ル場合ノ方位角ニシテ ZP ハ補緯度卽チ $90°-\varphi$ ナリ. 今角 $PS_1Z=q$ トスレバ S_1 及 S_2 ノ赤緯ガ一年内ハ唯數秒ノ差ヲ見ルニ過ギザルヲ以テ球面三角形 PS_1S_2 ハ極メテ徐々ニ其形ヲ變ズルノミニシテ殆ド之ヲ一定ト考フルコトヲ得.

第四百二十八圖



三角形 PZS_1 ヨリ

$$\frac{\sin PZS_1}{\sin PS_1}=\frac{\sin PS_1Z}{\sin PZ}$$

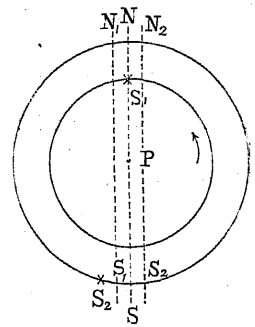
又ハ δ_1 ヲ S_1 ノ赤緯トスレバ $PS_1=90°-\delta_1$ ニシテ,角 $PZS_1=a$ ハ方位角ヲ表ハス. 故ニ

$$\sin a=\frac{\cos\delta_1\sin q}{\cos\varphi}. \qquad [413]$$

びーた うるせ まじょりす (β *Ursae Majoris*) 及えぷしろん うるせ まじょりす (ε *Urs e Majoris*), 又ハびーた どらこにす (β *Draconis*) 及でるた どらこにす (δ *Draconis*) ノ如キハ此觀測ニ最モ便利ナルモノトス.

380. **二ノ周極星ノ經過ノ間ノ時隔ニ依ル子午線ノ檢定.** 357 ノ如ク赤經ガ殆ド12時間異ル二ノ周極星ノ經過ニ就テ其精密ナル時間ヲ計算シ一方ノ星ガ上經過ニ達スレバ他ノ星ハ間モナク下經過ニ來ルモノトス. 第四百二十九圖ニ於テ P ヲ極, S_1 及 S_2 ヲ二ノ周極星トシ S_1 ガ眞子午線 NS_1PS ニ來レリトス. 356 ニ述ベタル如ク S_1 及 S_2 ノ經過ノ平均時ヲ知ルトキハ S_1 ガ子午線ニ來リテ後 S_2 ガ下經過ニ來ルマデノ間ノ時間ヲ知ルコトヲ得ベシ. 而シテ實際ニ兩星ガ經過シタル時ノ時隔ガ前ノ計算ヨリ小ナレバ始メ想定シタル子午線ハ卽チ NS ヨリ西ニ偏シテ例ヘバ N_1S_1 トナリ, 若シ計算ヨリ大ナレバ東ニ偏シテ N_2S_2 ナリシ類是ナリ.

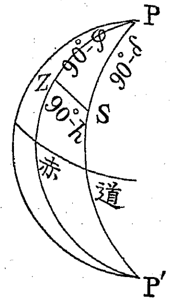
第四百二十九圖



子午線檢定ノ法トシテ極メテ精密ナレドモ器械ノ整正ガ完全ナラザルトキハ眞ノ竪面ヲ得ルコト困難ナリトス.

381. 太陽又ハ恒星ノ子午圏外觀測. 任意ノ時間ニ太陽(又ハ恒星)ヲ觀測シテ子午線ノ方向ヲ定ムルハ測量ニ最モ便ナリトス. 第四百三十圖ニ於テ P ヲ極, Z ヲ天頂, S ヲ太陽(又ハ恒星)ノ位置トスレバ角 PZS ハ方位角 a ヲ示ス. 今太陽ノ高サハ直接轉鏡儀ノ測定ニ依リテ知ラレ,太陽ノ赤緯ハ航海暦ノ類ヨリ知ラレ,緯度ハ地圖又ハ恒星ノ經過觀測等ニ依リテ知ラルヽガ故ニ球面三角形 PZS ノ三邊ハ皆知ラレ,方位角 a ハ計算ニ依リテ容易ニ見出サルベシ.

第四百三十圖



S ヲ三角形ノ三邊ノ和ノ半分トスレバ

$$S=\frac{1}{2}(PZ+ZS+PS)$$
$$=135^\circ-(\varphi+h+\delta)$$

ナリ. 而シテ **350** ノ [369] ト同ジク

$$\cos\frac{1}{2}a=\sqrt{\frac{\sin S\sin(S-PS)}{\sin PZ\sin ZS}}$$
$$=\sqrt{\frac{\sin S\sin(S-PS)}{\cos\varphi\cos h}} \qquad [414]$$

太陽(又ハ恒星)ノ方位角 a 既ニ定マレバ與ヘラレタル直線ノ方位角ハ太陽ト其直線トノ間ノ角ヲ測リテ後ハ簡單ナル加算又ハ減算ニ依リテ定ムルコトヲ得ベシ.

太陽ノ眞ノ高サ h ハ第四節ニ述ベタルガ如ク觀測ノ高サ H ニ視差,光線ノ屈折及視半徑ニ對スル更正ヲ加ヘテ始メテ之ヲ得ベシ. 卽チ是等ノ更正ヲ夫々 p, r 及 s トセバ

$$h=H+p-r\pm s. \qquad [415]$$

太陽ノ赤緯ハ恒星ニ反シテ其變化多クぐりにっちニ於ケル正午(現視並ニ平均)ニ於ケル太陽赤緯ノ値ハ航海暦ニ載スルヲ以テ,觀測地ノ平均地方時及經度ヲ知ルトキハ其ノ眞ノ赤緯ヲ知ルコトヲ得ベシ. 但シ毎日一時間ノ赤緯變化ノ割合ハ嘗テ述ベタルガ如ク亦載セテ航海暦ニ在リ.