한 국 측 지 학 회 지
제 1 권제 1 호 1983년 3월

延世大學校 天文臺와 觀天臺의 天文學的 經緯度의 豫備觀測*

Determination of Astronomical Latitudes and Longitudes of the Yonsei University Observatory and Guancheon-Dae

姜 賢 珠 Kang Hyun-Joo
金 豪 一 Kim Ho-Il
盧 奎 來 Rho Kyu-Lae
李 勇 三 Lee Yong-Sam
崔 圭 弘 Choi Kyu-Hong
羅 逸 星 Nha Il-Seong

要 旨

延世大學校天文臺의 一山觀測所와 朝鮮時代의 天文臺인 觀天臺의 經緯度를 1982年 6月에 TM1 A theodolite로 豫備 觀測하였다. 그 結果는 먼저, 一山觀測所에 대해서는

ϕ=37°41′19″(±11″)N

λ=126°46′36″(±10″)E

이고, 觀天臺에 대해서는

ϕ=37°35′03″(±09″)N

이다.

이와같이 얻은 結果는 절대로 確定的인 것이라고 할 수 없고, 앞으로 이 方面의 일에 從事하는 專門家에 의한 數次의 再測定이 精密한 機器를 使用하여 이루어질 때까지 기다려야 한다.

ABSTRACT

A preliminary determination of latitudes and longitudes of the Ilsan Station of Yonsei University Observatory and the Guancheon-Dae, an astronomical observatory in Yi Dynasty, has been made using TM1A theodolite in June, 1982. The results obtained are, respectively,

ϕ=37°41′19″(±11″)N

λ=126°46′36″(±10″)E

for the Ilson Station, and

ϕ=37°35′03″(±09″)N

for the Guancheon-Dae.

It is, however, too early to make any conclusion on this determination, but should be awaited until repeated reinvestigations are made by those of this field of work utilizing the precise equipments.

*Yonsei University Observatory Contribution No. 13.
*延世大學校 天文臺

1. 序 論

최근에 延世大學校 天文臺 硏究陣에게는 延世大學校 天文臺의 一山觀測所와 天文臺였던 觀天臺의 經緯度를 조속히 決定해야 될 일이 생겼다. 그럴 理由로서, 먼저 一山觀測所의 完工日인 1980년 12月 17日 以來 天體觀測資料를 整理하는데 있어서 經緯度의 값은 없어서는 아니되는 基本資料임에도 不拘하고, 적당한 測定機器가 없어서 지금까지 實測하지 못한 實情이었다. 한편, 觀天臺는 現代建設會社의 社屋이 있는 區域(前徽文高校)內에 位置해 있는데, 새로운 高層社屋의 建築計劃으로 잠시 헐고, 建物이 完工되면 다시 復元하기로 되어 있다. 史蹟 第296號로 指定되어 있는 朝鮮朝의 代表的인 天文臺인 이 觀天臺의 復元을 위해서 石築物의 方位를 헐기 前에 반드시 正確히 天測해야 했다.

이러한 時期에 公州 師範大學의 TM1A theodolite를 가지고 天測을 할 수 있게 되므로서 오랜 宿願을 풀 수 있는 機會로 삼고 經緯度를 決定하게 된 것이다. 그러나 여기에 分明히 밝혀두는 바는 우리가 行한 天測은 어디까지나 一次豫備試圖에 不過하며, 同時에 T 4와 같은 精密機器보다 性能이 훨씬 떨어진 測定器로 一山 觀測所에 대해서는 1回, 觀天臺에 대해서는 2回에 限하여 天測하여 얻은 값들이므로 最終的인 값은 절대 아니라는 事實이다. 더욱이 觀天臺의 경우는 正確한 時報를 청취할 수 없었기 때문에 本來의 目的인 方位測定은 完全하다고 할지라도 經度는 正確할 수가 없었다.

그럼에도 不拘하고, 充分한 數의 觀測點을 얻었고, 必要하다고 생각되는 補正을 성실히 하였으며, 最小自乘法으로 資料處理를 해 본 結果, 一旦 우리가 원하는 數値에는 達했다고 생각되기 때문에 學會에 報告할 價値가 있을 것으로 보고 이 分野에 從事하는 專門家들의 評價를 받아 보려고 한다.

2. 觀測機器, 天體의 選定 그리고 觀測方法

2.1 觀測機器

觀測에 사용된 機器는 日本 Sokkisha의 TM-1A Theodolite이다. 經緯度 觀測機器인 Theodolite는 高度나 方位角에 관계없이 모든 恒星을 觀測할 수 있다. 이 機器는 그 主體로 되어있

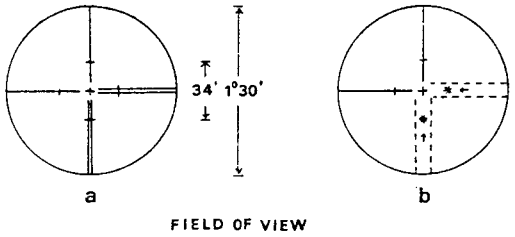

그림 1. Eyepiece에 있는 十字線(reticle)

는 망원경에 직각 水平方向으로 회전축이 있고, 망원경의 초점에 reticle이 장치되어 있다. 망원경의 유효경은 40 mm이고 시야는 1.°5, 분해는 2.″5이다. Eyepiece에 있는 reticle은 그림 1-(a)와 같고, 그 상하 左右에 單線과 複線이 그어져 있다. 그 線에는 tick mark가 있는데, 그 上下 또는 左右 사이의 視角의 크기는 34′이다 이는 太陽과 달의 視直徑이 약 32′이기 때문에 이 두 天體를 觀測하는데 편리하도록 하기 위한 것이다. 야간에 희미한 별을 觀測할 때를 위해서 單線보다 複線을 이용하여 망원경을 上下 또

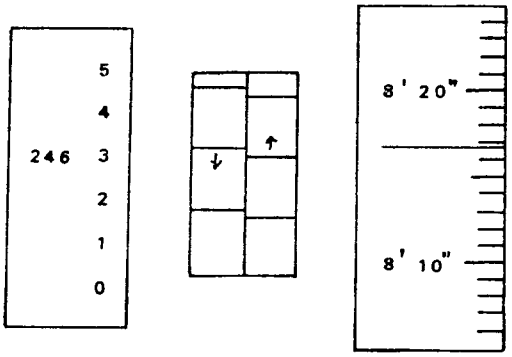

그림 2. 目測으로 角度를 읽을 수 있는 micrometer

는 左右로 회전시키기 좋도록 考察되었다. 따라서 별은 十字線 中央에 오도록 하기 위해서 複線을 그림 1-(b)에서 보는 바와 같이 水平과 수직방향으로 十字線을 회전시켜 조정할 수 있도록 되어 있다.

그림 2와 같은 水平環 (horizontal Circle)의 Micrometer reading은 1″ 간격이나 그 눈금사이의 간격이 크기 때문에 基準線의 위치를 $\frac{1}{5}$″ 까지 目測으로 定할 수 있다.

2.2 天體의 選定

정확한 관측을 하기 위해서는 밤에 별을 택하는데 季節과 날씨의 淸明度와 觀測時間에 따라 별을 選擇해야 한다. 韓國에서의 6月은 大氣中에 水蒸氣의 含量이 많아서 습하고, 구름이 끼는 날이 많아서 像이 작을수록 좋은 희미한 별이 보이지 않는다. 따라서 像이 커서 不便한 밝은 별을 택할 수밖에 없는데, 특히 觀天臺의 경우는 그 位置가 夜光이 밝은 서울市內이므로 가장 밝은 별을 택하지 않을 수 없다. 大氣中에 水蒸氣가 많고 또한 서울市의 空氣는 오염物質이 많기 때문에 大氣에 의한 屈折角補正이 어려워진다. 지금까지 알려져 있는 屈折角 補正에 사용되는 實驗式은 淸明한 正常的인 大氣에 한해서 적용되는 것이기 때문에, 大氣屈折의 영향을 最小로 줄이려면 天頂근처를 지나가는 별, 即 서울地方의 경우는 $+25° \leq \delta \leq +40°$의 별이어야될 것이다.

이상과 같은 여러가지 條件들을 만족하는 별로서 우리가 觀測하려고 하는 時間에 南中하는 별로서 一山觀測所의 位置測定에는 α Lyr(Vega, 직녀성)을, 그리고 觀天臺를 위해서는 낮에 먼저 太陽을 觀測하여 方位決定에 도움이 되는 表示를 한 後 밤에 α Cr B를 관측하려고 계획하였다. 그런데 별들의 視直徑은 1″~2″정도로 推定되기 때문에 方位와 天頂距離에 필요한 角度 測定에 正確을 期할 수 있으나, 太陽의 視直徑은 약 32″나 되는데다가 太陽面은 대단히 밝고 또한 가장자리(limb)가 分明하지 않기 때문에, 太陽面의 中心을 theodolite의 十字눈금의 中心에 맞추는 데는 적어도 30″정도 以上의 誤差를 감안해야 할 것이다.

이제 관측하려고 選定한 두 별, α Lyr와 α CrB,에 대한 몇 가지 性質을 表-1에 정리하였다.

이 表의 $\alpha(1950.0)$, $\delta(1950.0)$, μ_α 그리고 μ_δ는 Smithsonian Astrophisical Observatory Star Catalog(1971)에서 취한 값이고, m_v, S_p, $\alpha(1982.0)$ 그리고 $\delta(1982.0)$은 Astronomical Almanac(1982)에서 취한 값들이다.

2.3 觀測方法

望遠鏡의 回轉軸을 水平으로 잘 맞추기 위하여 먼저 水準器의 氣泡의 位置를 읽은 다음, 망원경을 水平面上에서 180°回轉시키고 다시 氣泡의 位置를 읽는다. 水準器 常數가 Zero에 가깝게 될때까지 氣泡의 移動量을 半分될 때까지 氣泡位置의 移動量을 半分하여 水平軸을 調整하면 水平軸과 垂直軸과 垂直을 이루게 된다. 또한 水平軸과 視準軸이 垂直이 되도록 조정하기 위하여 地上의 遠景中에서 標的을 定하여 十字線(reticle)中心에 맞추고 機器를 180°反轉하고 다시 그 標的이 reticle中心에 있는가 확인한 후, 일치하지 않을 경우 reticle adjustment screw를

表-1 αLyr 와 α CrB 에 대한 몇가지 資料

Star	m_v	S_p [2]		Mean Position 1950.0 [1]	Mean Position 1982.0 [2]	Proper Motion [1] μ_α	Proper Motion [1] μ_δ
α Lyr	$0^m.03$	AO	α	$18^h35^m14^s.655$	$18^h36^m19^s.7$	$0^s.0171$	$0''.285$
			δ	$+18°44'9''.68$	$+38°45'59''$		
α CrB	$2^m.23$	AO	α	$15^h32^m34^s.145$	$15^h33^m55^s.4$	$-0^s.009$	$-0''.091$
			δ	$+26°52^m54''.75$	$+26°46'29''$		

표-2. 관 측 자 료

관 측 일 과 시 간	천 체 명	관측점의 수	자오선 통과시의 온 도	자오선 통과시의 기 압
1982. Ⅵ. $14^d15^h55^m$~17^h25^mUT	α Lyr	85	15.0°C	1000.0mb
Ⅵ $15^d03^h10^m$~56^mUT	Sun	34	25.5°C	999.0mb
Ⅵ $15^d13^h20^m$~45^mUT	α CrB	25	18.9°C	1000.4mb

이동시켜 十字線 中心이 反轉時에도 일치하도록 조정한다.

별의 子午線通過를 적어도 30分前後하여 觀測하는 子午線通過方式을 채택했는데, 十字線의 中央에 별의 像을 一致시키는 瞬間의 時間을 먼저 定한 後에, 조심스럽게 角度器의 눈금을 읽어서 方位角 A와 天頂距離 Z를 읽었다. 觀測回數가 많고 또한 子午線通過의 前後의 密度가 같도록 노력했다.

한편, 時間의 測定은 天頂距離와 方位角을 測定하는 것과 같은 ±0.″2의 精密度에 比하여 훨씬 큰 ±0.5sec(7~8″)의 精密度 밖에는 保障할 수가 없다. 그 理由는 日本에서 放送하는 JJY時報(短波 5 Mc와 10 Mc)를 청취하여 이에 맞춘 時計를 사용했기 때문이다. 이 時計는 0.1 sec까지 읽을 수 있는 digital 時計이다. 따라서 經度決定은 緯度決定보다 적어도 약 15 倍나 不正確할 수 밖에 없다.

3. 觀測資料와 處理

두 天文臺의 經緯度 觀測은 한국 時間으로 1982년 6月 14~15日 밤에 一山觀測所에서, 6月 15日 낮과 15~16日 밤에는 觀天臺에서 실시했다. 이와같은 3回의 觀測으로 얻은 것을 世界時(UT), 方位角(A) 그리고 天頂距離(Z)로서 附錄 Ⅰ~Ⅲ에 收錄하였는데 그 內容은 다음 表-2와 같다.

먼저, 그래프에 의한 방법으로 ϕ와 λ를 구하기 위하여, 부록 Ⅰ~Ⅲ의 값들 중에서 UT와 Z를 가지고 그림 3~5를 그렸다. 이 그림 3~5는 가로축을 UT, 세로축을 Z로 하여 그린 것인데 실제 분석과정에서는 Graph 용지 전지에 시간축은 1sec/mm, 천정거리 축은 0.72″/mm(Vega는 5″/mm)되게 관측값을 찍은 후 freehand curve를 그리고, 시간축에 평행으로 1 cm 간격마다 curve의 중간점을 정했다. 이 중간점을 연결하니 시간축에 수직을 이루면서 곡선은 대칭을 이루었다. 바로 이때의 시각이 자오선통과 시각이며, 이 때의 천정거리는 관측자의 자오선을 통과하는 순간의 최단 천정거리이다. 이와같이 Graph 상에서 구한 값은 다음 표-3과 같다. 단, 이 값들은 補正을 일체 하지 않은 것들이다.

다음에 數値計算 方法으로 ϕ와 λ를 求하기 위하여 最小自乘法을 사용하였다. 이 計算을 하기 위해서 간단히 UT와 Z의 값만으로 一次 試圖해 본 結果, ϕ의 값이 Graph 方法으로 얻은 값보다 너무 다르기 때문에 좋은 結果를 얻지 못했다. 여러차례 試圖한 結果 다음과 같은 球面三角法으로 計算하는 것이 타당하다는 結論을 얻었다. 그 計算方法은 다음과 같다.

표-3. Graph로 얻은 값

관 측 일	관 측 성	자오선통과 시간(UT)	천 정 거 리	관 측 장 소
1982. Ⅵ 14^dUT	α Lyr	$16^h38^m40'$	+1°04′46″	일산관측소
Ⅵ 15^dUT	Sun	$03^h32^m16'$	+14°15′05″	관 천 대
Ⅵ 15^dUT	α CrB	$13^h32^m08'$	+10°48′06″	관 천 대

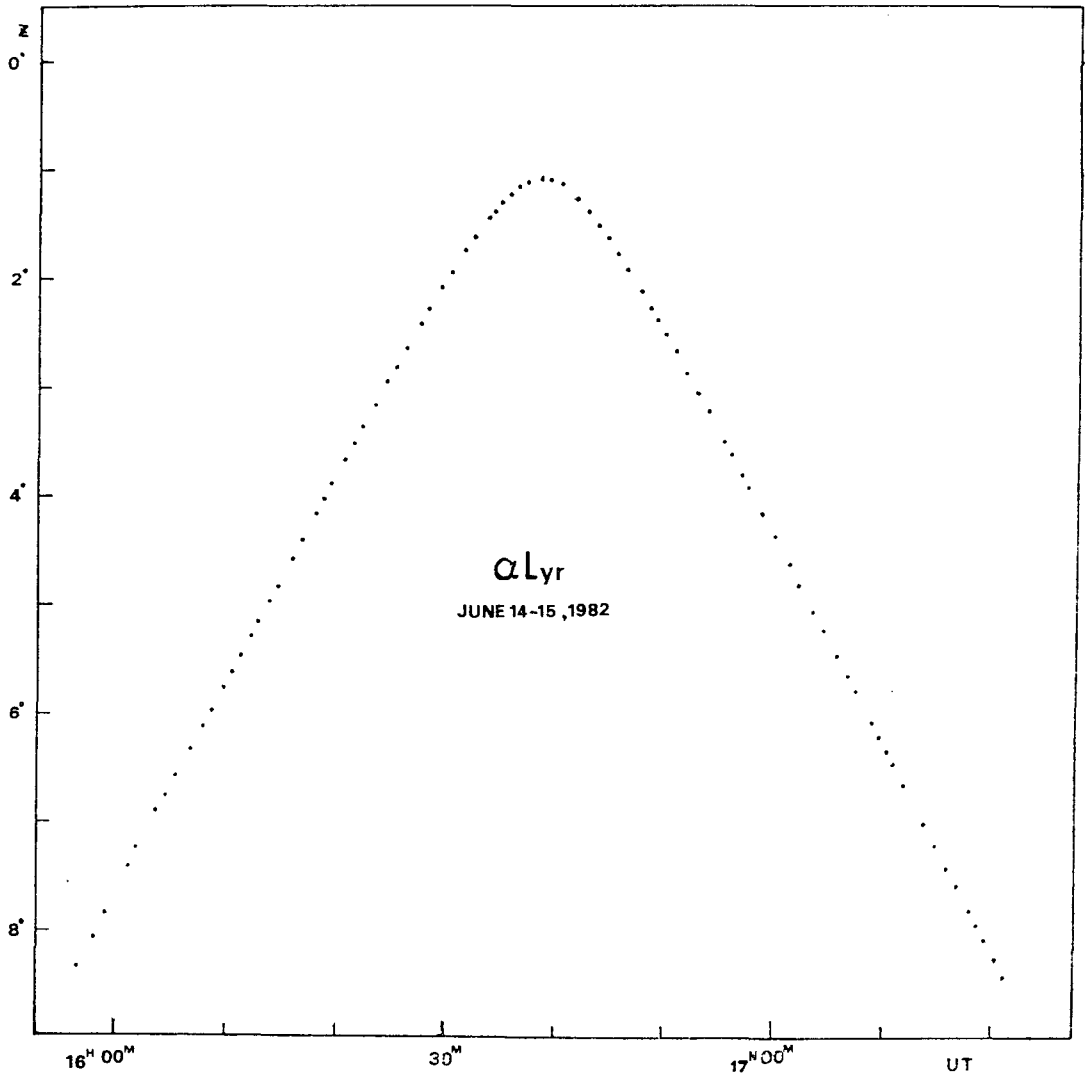

그림 3. 一山觀測所에서 觀測한 α Lyr의 時間(UT)에 따른 天頂距離(Z)의 變化.

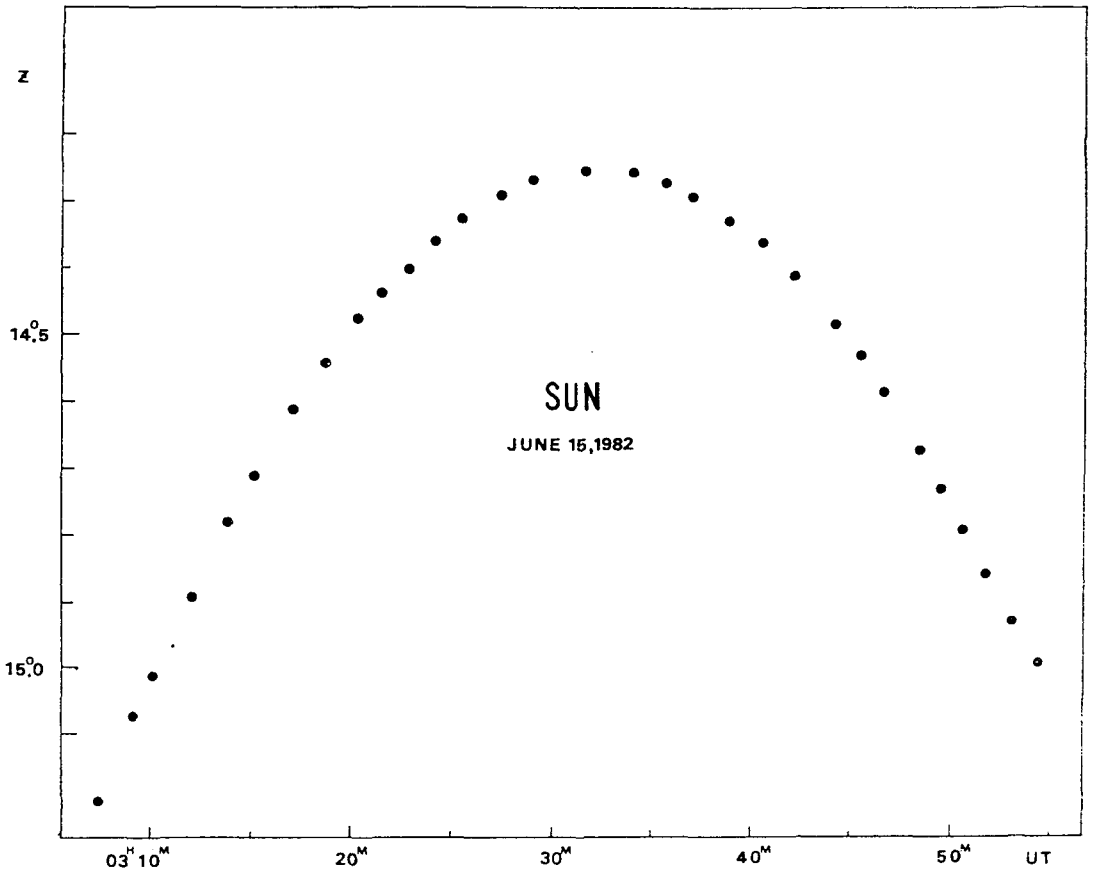

그림 4. 觀天室에서 觀測한 太陽의 時間(UT)에 따른 天頂距離(Z)의 變化

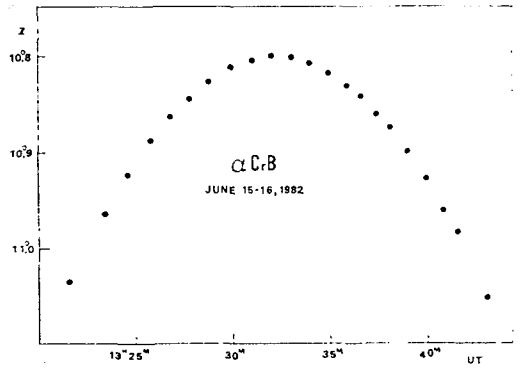

그림 5. 觀天室에서 觀測한 α CrB의 時間(UT)에 따른 天頂距離(Z)의 變化

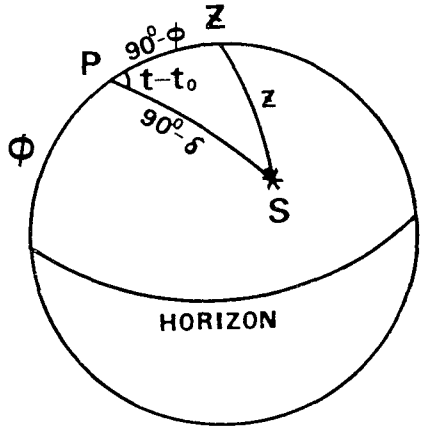

그림 6. 球面三角形 PZS

그림 6에 보이는 ϕ는 觀測地點의 緯度이고, δ는 天體의 赤緯, Z와 t는 각각 어떤 時刻의 天頂距離와 恒星時이다. 따라서 cosine 法則으로 球面 三角形 PZS

時刻을 t_0라고 하면 다음과 같이 표시된다. (Smart 1965). 즉

$$\cos Z = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos(t - t_0)$$

$$\cos Z = A + B\cos t + C\sin t \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

단, 여기서

$$\left.\begin{aligned} A &= \sin\phi \sin\delta \\ B &= \cos\phi \cos\delta \cos t_0 \\ C &= \cos\phi \cos\delta \sin t_0 \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

이다.

式 (1)을 最小自乘法에 적용하면

$$\sum_{i=1}^{N}(0-c)^2 = \sum_{i=1}^{N}(A + B\cos t_i + C\sin t_i - \cos Z_i)^2$$

이 最小가 되도록 하는 것이다. N은 觀測回數이다.

그러나 子午線 通過時 $Z \lesssim 10^\circ$의 별들에 이것을 적용시켜 본 結果, $\cos Z$의 값이 Z의 變化率에 比해서 너무 작게 變하므로

$$\sum_{i=1}^{N}(0-c)^2 = \text{최소값}$$

을 얻었다 할지라도, Z의 相對的인 誤差가 너무 크게 나타난다는 事實을 알게 되었다. Graph 上에서 보는 觀測誤差의 範圍를 훨씬 넘는다는 뜻이다.

이 點을 해결하기 위해서

$$\cos Z \fallingdotseq 1 - \frac{Z^2}{2}$$

을 式(1)에 代入시켜서 變形시켜 보았다. 즉

$$Z^2 = A' + B'\cos t + C'\sin t \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

여기서

$$\left.\begin{aligned} A' &= 2(1-A) \\ B' &= -2B \\ C' &= -2C \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

이다.

式(3)은 Z의 값이 제곱으로 나타나게 되므로 Z의 작은 變化에도 敏感하게 變한다. 따라서 經緯度를 얻는 그림 3~5에 보인 曲線에 fitting이 잘 되리라고 기대하고 計算을 하였다.

이제 最小自乘法에 적용하는 形式은

$$\sum_{i=1}^{N}(0-c)^2 = \sum_{i=1}^{N}(A' + B'\cos t_i + C'\sin t_i - Z_i^2)^2$$

$$= \text{최소값} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

이 되어야 한다. 여기서 式(5)를 常數 A', B', C'로 偏微分한 값이 zero로 된다면 觀測된 曲線과 一致하게 되는 것이다. 즉, 이것을 數式化하면

$$\left.\begin{aligned} \sum_{i=1}^{N} Z_i^2 &= A'N + B'\sum_{i=1}^{N}\cos t_i + C'\sum_{i=1}^{N}\sin t_i \\ \sum_{i=1}^{N} Z_i^2\cos t_i &= A'\sum_{i=1}^{N}\cos t_i + B'\sum_{i=1}^{N}\cos^2 t_i \\ &\quad + C'\sum_{i=1}^{N}\cos t_i \sin t_i \\ \sum_{i=1}^{N} Z_i^2\sin t_i &= A'\sum_{i=1}^{N}\sin t_i + B'\sum_{i=1}^{N}\cos t_i \sin t_i \\ &\quad + C'\sum_{i=1}^{N}\sin^2 t_i \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots(6)$$

이다.

式 (6)은 A', B', C'에 대한 연립 1차방정식인데, Cramer의 規則으로 쉽게 풀수가 있다. 이렇게 하여 얻은 常數 A', B', C'의 값들을 式(3)에 넣으면 우리가 구하고자 하는 曲線이 되는 것이다. 또한 誤差는 式 (5)와 다음 關係式으로 計算된다. 즉,

$$\Delta(Z^2) = \pm 0.6745\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(0-c)^2}{N-3}}$$

$$\Delta Z = \frac{\Delta(Z^2)}{2Z}$$

이다.

이상과 같은 方法으로 Computer program을 만들어서 延世大學校 Computer Center의 HP 3000으로 계산한 結果 다음 表-4와 같은 값을 얻었다.

표 4. 最小 自乘法으로얻은 값

관 측 일	관 측 성	자오선통과시간(UT)	천 정 거 리	관 측 장 소
1982 Ⅵ 14^{d}UT	α Lyr	16^{h}38^{m}39^s.3 ±0^s.7	+1°04′04″.7±11″.0	일산관측소
Ⅵ 15^{d}UT	Sun	03^{h}32^{m}16^s.5 ±0^s.6	+14°15′13″.0 ±9″.0	관 천 대
Ⅵ 15^{d}UT	α CrB	13^{h}32^{m}07^s.5 ±0^s.3	±10°48′14″.1 ±4″.1	관 천 대

4. 觀測値의 補正

4.1 적경과 적위 補正

태양의 경우는 겉보기 位置(Apparent position)가 Astronomical Almanac(1982)에 기재되어 있지만, 항성들의 위치는 平均位置(Mean Position)로 이 책에 기재되어 있으므로 겉보기 위치로 바꿔야 한다. 그 이유는 觀測値는 겉보기이기 때문이다.

이제 Astronomical Almanac에 있는 별의 平均位置로부터 겉보기位置를 얻으려면 다음과 같은 常數를 계산해야 한다. 즉

$$a=\frac{1}{15}\{(m/n)+\cos\alpha\tan\delta\}$$
$$b=\frac{1}{15}\cos\alpha\ \tan\delta$$
$$c=\frac{1}{15}\cos\alpha\ \sec\delta \qquad \cdots\cdots(7)$$
$$d=\frac{1}{15}\sin\alpha\ \sec\delta$$

$$\left.\begin{aligned} a'&=\cos\alpha\\ b'&=-\sin\alpha\\ c'&=\tan\varepsilon\cos\delta-\sin\alpha\sin\delta\\ d'&=\cos\alpha\sin\delta \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots(8)$$

여기서 α Lyr를 例로 들면 관측일인 1982년 6월 14일(1982.452)의 m/n과 tanε는

m/n(1982.452)=2.30082

tanε(1982.452)=0.43360

이다.

한편 그리니치에서 α Lyr의 상자오선 통과시각은

$$t_0=0.^d997(\alpha_1-t)=0.0474$$

이다. 여기서 t는 6월 14일의 0^{h}UT의 恒星時이다.

6월 14.0474일의 Besselian Day Number는 Astronomical Almanac(1982)에서 14일과 15일의 값으로부터 다음과 같이 구했다.

$A=+2''.253$, $B=+2''.698$, $C=-2''.398$,
$D=-20''.321$ $D=-0.^s0025'$, $J=0.^s0007$

平均位置($\alpha_1\delta_1$)로부터 겉보기 位置(α',δ')를 얻는 式은

$$\left.\begin{aligned} \alpha'&=\alpha_1+Aa+Bb+Cc+Dd+E+J\tan^2\delta_1\\ \delta'&=\delta_1+Aa'+Bb'+Cc+Dd'+J'\tan\delta_1 \end{aligned}\right/ \qquad \cdots\cdots(9)$$

이다. 한편 α Lyr의 固有運動은

$\tau\mu_\alpha=0.452\mu_\alpha=0.^s0077$
$\tau\mu_\delta=0.452\mu_\delta=0''.128$

이므로, 式(9)로 계산된 겉보기 位置에 固有運動을 補正하면 完全한 겉보기 位置인 α와 δ를 求할 수 있다.

이상과 같은 방법으로 계산한 結果, α Lyr와 α CrB의 겉보기 位置는 다음 表-5와 같다.

表-5. 觀測日의 겉보기 位置

	α(1982.452)	δ(1982.452)
α Lyr	18^h 36^{m}21^s.4	+38°45′57″.9
α CrB	15^h 33^{m}56^s.9	+36°46′38″.8

한편 子午線通過時의 太陽의 겉보기 位置는 Astronomical Almanac(1982)의 값에서 非線型補間法으로 計算한 結果, 다음의 값을 얻었다. 즉

α(sun)=05^{h}32m36.^{s}8
δ(sun)=+23°17′47″.5

이다.

4.2 大氣에 의한 屈折角의 補正

天體가 子午線通過時의 氣壓(mb)와 氣溫(°C)과 天頂距離($Z'm$)를 알면, 大氣屈折角 r은

$$r=60''.343\left(\frac{P}{760}\right)\left(\frac{273}{T+273}\right)\tan Z' \quad \cdots\cdots(10)$$

로 계산된다. 우리가 觀測한 3個의 天體에 대하여 계산해 본 結果 屈折角 r은 각각 다음과 같다. 단, 이 계산에 必要한 氣壓과 氣溫은 中央氣象臺에서 얻었다.

$r(\alpha\ \mathrm{Lyr}) = 1''.4$
$r(\mathrm{sun}) = 18''.4$
$r(\alpha\ \mathrm{CrB}) = 14''.2$

4.3 地心 視差의 補正

별과 먼 距離에 있는 天體의 경우에는 地心視差는 0이 되나, 가까운 距離에 있는 太陽에 대해서는 補正해야 할 만큼 큰 양이다. 그런데 地球를 球로 가정해서 간단히 구하기 위해서는 Nassau(1948)가 제시한 平均水平視인 8″.8를 사용하면좋다. 따라서 우리가 원하는 太陽의 地心視差 P''는

$$P''=8''.8\sin Z'_m$$

이므로, 太陽의 地心視差는 2″.2이다.

4.4 日週光行差의 補正

Graph나 最小自乘法으로 얻은 天體의 子午線通過時刻 t'_m은 日週光行差로 인해서 영향을 받게 된다. 그 補正値를 Δt라고 할 때, 실제 通過時刻 t_m은

$$t_m=t'_m-\Delta t$$
$$=t'_m-0.^s021\cos\phi\cos\delta \quad \cdots\cdots(11)$$

로 표시된다.

4.5 結 果

이제 모든 計算과 補正節次가 끝났으므로 天測으로 얻는 天文學的 經度 λ와 緯度 ϕ를 簡單히 求할 수 있다. λ와 ϕ에 대한 一般化된 式은 다음과 같다. 즉

$$\left.\begin{aligned}\lambda&=\left\{\alpha-\mathrm{GMST}-t_m\times\frac{366.2422}{365.2422}\right\}\times15^\circ\\ \text{와}\\ \phi&=\delta-Z_m\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(12)$$

이다. 여기서 t_m과 Z_m은 물론 모든 補正을 끝낸 子午線通過時刻과 그 때의 天頂距離이나, 이 값들은 Graph의 方法과 最小自乘法에서 얻은 값들 사이에 약간의 差異가 있기 때문에 λ와 ϕ는 두 方法에서 얻은 값으로 따로 計算했다. 그 結果를 表-6에 提示해 본다.

表-6. 두가지 方法으로 定한 ϕ와 λ

	方 法	ϕ	λ
一山觀測所 (α Lyr)	Graph	37°41′12″N	126°46′31″E
	最小自乘法	37°41′53″ (±11″)N	126°46′42″ (±10″)E
觀天臺 (Sun)	Graph	37°34′09″N	126°59′19″E
	最小自乘法	37°34′16″ (±09″)N	126°59′12″ (±09″)E
觀天臺 (α CrB)	Graph	37°34′59″N	126°57′10″E
	最小自乘法	37°35′08″ (±04″)N	126°57′04″ (±05″)E

5. 檢討와 最終結果

表-6의 結果를 一見하건대 一山觀測所에서의 ϕ의 값은 最小自乘法의 誤差의 範圍인 ±11″를 감안해 보아도 그 값은 Graph方法으로 얻은 값과는 30″나 差異가 생긴다. 따라서 두 方法中 어느 하나가 다른 方法으로 얻은 값보다 더 正確하다고 하지 않을 수 없는데, ϕ는 Z_m의 正確與否에 左右되는 것이므로 Graph方法이 最小自乘法으로 얻은 값보다도 적어도 5倍 더 正確하다고 할 수 있다. 그러므로 weighted mean으로 一山觀測所의 ϕ를 계산하면 37°41′19″N이라고 할 수 있으며, 이 때의 誤差는 最小自乘法에서 얻은 ±11″을 그대로 適用시킬 수 있을 것이다.

한편 λ의 경우는 두 값이 誤差의 限界內에서 一致되는 同時에 最小自乘法으로 얻은 값이 損色이 없으므로, Graph로 얻은 값과 1 : 1의 比重을 가진다고 생각할 수 있어서 λ=126°46′36″(±10″)E이라고 定할 수 있다.

觀天臺에서 ϕ의 決定에 있어서 낮에는 太陽, 밤에는 α CrB로 各各 1回式 觀測하였는데, α CrB로 求한 ϕ의 값이 太陽의 경우보다 약간 많다. 이 경우에 있어서는 太陽의 光球面의 視直徑이 약 32′(~1,920″)이나 되므로, 視直徑이 1″~2″밖에 되지 않는 α CrB로 觀測한 結果가 월등히 더 正確할 것임에는 틀림없다. 그림 4와 5를 比較해 보면, 겉보기에는 正確度가 비슷하다

고 보일런지는 모르나 事實은 Z의 尺度에 있어서 太陽에는 0°.1=1cm인데 反하여, α CrB에 대해서는 0°.1=3 cm로 하여 太陽의 尺度의 3倍라는 것을 감안하면 Graph 상에서도 손쉽게 α CrB로 얻은 結果가 더 正確하다는 것은 明白하다 뿐만아니라, α CrB의 天頂距離는 ~10°.8로서 太陽의 Z~14°.4보다 약 4°정도 작다. 이것은 屈折角 補正에서 더 正確할 수 있다는 것을 意味해 준다. 따라서 觀天臺의 ϕ를 決定하는데 있어서는 α CrB의 結果만을 採擇하는 것이 可하다고 본다. 그런데 α CrB로 얻은 ϕ라하더라도 Graph方法과 最小自乘法 사이에 若干의 差異(~9″)가 있다. 이것은 誤差의 限界內에 있는 差異라하더라도 두 값을 平均하는 것이 좋을 것 같다. 따라서 觀天臺의 ϕ는 37°35′03″(±09″)N가 適當한 값이라 할 수 있겠다.

그런데 λ의 값에 있어서는 太陽으로 얻은 값과 α CrB로 얻은 값 사이에는 도저히 납득할 수 없는 큰 約 2′이라는 差異가 있다. 이는 分明히 時間測定에 있어서 어느 쪽에선가 잘못이 있다는 셈이다. 角度로 2′이라면 時間으로 8秒에 해당된다. 地圖에서 읽은 λ와 比較해 보면 낮에 太陽으로 얻은 126°59′이 옳은 것이라고 생각할 수도 있겠으나, 지금에 와서는 이를 證明할 資料가 없다. 그러므로 觀天臺의 λ의 決定은 失敗한 것으로 보는 수 밖에는 別道理가 없다.

이제 最終的인 ϕ와 λ를 表-7에 整理해 보자. 이 表-7에 參考로 國立地理院이 發行한 50,000分之 1 地圖(1975年)에서 읽어낸 ϕ와 λ를 적어 놓고, 우리 最終값과 比較해 보았다. 그런데 여기에 分明히 밝혀두어야 할 것이 두 가지가 있는데, 그 첫째는 地圖의 位置는 地理學的 位置이고, 우리가 求한 位置는 天文學的 位置이기때문에, 두 位置 사이에는 差異가 있게 마련이라는 것이다. 또한 둘째로 밝혀야 할 點은 地圖上에서 觀天臺의 ϕ와 λ를 읽는 것은 別로 어렵지 않게 ±1″의 範圍안에서 可能했다고 하겠으나, 野山에 있는 一山觀測所의 ϕ와 λ를 읽는데는 좀 더 큰 誤差를 허용해야 할 것이라는 것이다.

表-7. ϕ λ

地點	方法	ϕ	λ
一山觀測所	觀測平均値	37°41′19″ (±11″)N	126°46′36″ (±10″)E
	地圖	37°40′58″ N	126°47′05″ E
	差異	+21″	−29″
觀天臺	觀測平均値	37°35′03″ (±09″)N	
	地圖	37°34′31″ N	
	差異	+32″	

그럼에도 不拘하고 위와 같은 比較가 全然 無意味한 것은 아니다. 그 理由는 두 地點에서의 差異가 程度의 差는 있다할지라도 같은 (+)方向이라는 結果를 얻었기 때문이다. 우리는 이와 같은 比較를 처음 試圖할 때, 행여나 한 地點에서는 (+)方向이고, 다른 地點에서는 (−)方向인 差異가 생기지나 않을까 하는 念慮를 했었었다.

今年에 우리가 行한 이 觀測은 어디까지나 最上의 機器로 最上의 季節에 行한 것이 아니기때문에 앞으로도 機會가 허락되는 대로 다시 試圖해보려고 한다. 이와같은 觀測은 앞으로 다른專門家에 依해서도 反復되어 行해져야 할 것임을 强調한다.

謝 辭

이 硏究가 可能하도록 TM1A theodolites 사용을 허락 해준 公州師範大學의 朴弘緖敎授와, 이 硏究가 論文으로 出版되도록 激勵해 주신 韓國測地學會의 安哲浩 會長과 柳福模 編輯委員長에게 感謝하는 바이다.

參考文獻

1. Nassau, J. J., *Practical Astronomy*, New York, McGraw-Hill Book Co., Chapter 10, 1948.
2. Smart, W.M., *Spherical Astronomy*, Cambridge University Press, Fifth Ed., Chapter 9, 1965.
3. The American Almanac, U.S. Government Printing Office, 1982.
4. Whipple, F.L., *Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog*, Smithsonian Institution, Washington, D.C., 1971.
5. 國立地理院, 50,000分之1 地圖, 1975.

附錄 Ⅰ. A and z of Alpha Lyr(1982.6.14～15)

UT	A	z
h m s	° ′ ″	° ′ ″
15 58 03	106 21 10.2	08 03 58.2
15 59 17	106 14 34.5	07 49 33.5
16 01 26	105 56 55	07 24 30
16 02 15	105 49 10	07 14 58
16 03 53	105 33 27	06 55 57
16 04 46	105 22 54	06 45 32
16 05 42	105 12 45	06 34 52.8
16 07 01	104 54 33.5	06 19 26
16 08 02	104 40 21	06 07 25
16 08 50	104 24 20.7	05 58 11
16 09 54	104 10 40.5	05 45 55
16 10 40	103 55 44.5	05 37 10
16 11 25	103 41 17.5	05 28 28
16 12 20	103 23 41	05 17 48
16 13 01	103 07 49	05 09 38.2
16 14 00	102 43 13.2	04 58 23.5
16 14 42	102 26 10	04 50 33
16 16 05	101 47 00.3	04 34 37.5
16 17 00	101 16 52.5	04 24 02.5
16 18 15	100 31 06	04 09 28
16 18 56	100 04 51	04 02 07.5
16 19 40	99 35 12	03 53 45
16 20 52	98 38 34.5	03 39 57.5
16 21 42	97 56 18	03 30 37
16 22 29	97 11 22	03 21 51
16 23 37	95 57 26	03 09 16
16 24 45	94 33 17	02 56 46
16 25 34	93 24 44.7	02 47 53.5
16 26 27	92 03 59	02 38 17
16 27 39	89 47 15	02 25 30
16 28 25	88 07 23.5	02 17 29
16 29 33	85 19 30	02 05 47
16 30 26	82 52 02.5	01 56 58.6
16 31 39	78 31 44	01 45 16
16 32 30	74 59 30	01 37 39
16 33 49	68 12 47	01 26 41
16 34 14	65 35 51	01 23 20.8
16 34 58	60 48 26.5	01 18 09
16 35 46	55 16 11	01 13 21.5
16 36 28	49 28 05.5	01 10 00
16 37 25	40 20 09	01 06 37.5
16 38 35	28 37 59	01 04 47
16 39 26	19 38 17	01 05 41
16 40 27	9 24 24.0	02 08 20.0

UT	A	z
h m s	° ′ ″	° ′ ″
16 42 01	356 00 30.0	02 15 58.0
16 42 58	349 05 32.7	02 22 20.6
16 44 01	343 00 29	02 30 30
16 44 48	339 11 15.5	02 37 30.5
16 45 43	335 35 26.2	02 45 47
16 46 35	332 30 49.5	02 54 18
16 47 54	328 20 36	03 07 04
16 48 42	326 28 03	03 15 35
16 49 20	325 05 58	03 22 07.8
16 50 06	323 36 41	03 30 09.2
16 51 01	322 01 13	03 40 00
16 52 03	320 28 28.2	03 51 25
16 53 01	319 06 32	04 01 45.5
16 53 57	318 06 15.5	04 12 11.5
16 55 28	316 30 31.5	04 29 16.8
16 56 08	315 58 45	04 36 37.7
16 57 07	315 05 42	04 47 50
16 57 46	314 40 48	04 55 10
16 58 59	313 50 35.7	05 08 58.5
17 00 07	313 09 20	05 21 47.5
17 01 29	312 31 16	05 37 21
17 02 25	312 02 34.5	05 48 13.3
17 03 47	311 30 26.8	06 03 57
17 04 42	311 10 54.7	06 14 33.7
17 05 50	310 45 27.5	06 28 03
17 06 49	310 27 07.2	06 39 13
17 07 32	310 14 16	06 47 38.7
17 09 06	309 48 14.5	07 06 46
17 09 47	309 42 00	07 13 30.5
17 10 26	309 32 13	07 21 09
17 11 02	309 24 17	07 28 02.5
17 12 01	309 10 49	07 39 35
17 13 56	308 50 21	08 01 56.7
17 14 56	308 42 05.5	08 13 29
17 16 01	308 33 17.5	08 26 13.5
17 16 53	308 26 18.8	08 36 08
17 18 02	308 16 56	08 49 39
17 18 44	308 11 37	08 57 38
17 19 26	308 06 55.2	09 05 57.5
17 20 21	308 01 19.5	09 16 51.8
17 21 11	307 57 17	09 26 42

附錄 Ⅱ. A and z of Sun(1982.6.15)

UT	A	z
h m s	° ′ ″	° ′ ″
03 03 17	162 32 00	15 33 15
03 04 31	163 31 05	15 26 39
03 05 56		15 20 03
03 07 34	165 57 52	15 12 08
03 09 19	167 27 01	15 04 16
03 10 19	168 17 57	15 00 32
03 12 14	169 55 00	14 53 20
03 14 00	171 26 38	14 46 59
03 15 21	172 36 27	14 42 39
03 17 16	174 19 58	14 36 29
03 18 55	175 48 38	14 32 24
03 20 28	177 11 34	14 28 28
03 21 41	178 17 11	14 26 14
03 23 02	179 30 49	14 24 01
03 24 21	180 44 46	14 21 27
03 25 38	181 55 03	14 19 23
03 27 38	183 49 08	14 17 17
03 29 15	185 16 14	14 15 55
03 31 47	187 38 17	14 15 07
03 34 09	189 48 52	14 15 20
03 35 45	191 18 36	14 16 19
03 37 11	192 38 40	14 17 22
03 38 59	194 17 32	14 19 35
03 40 37	195 47 25	14 22 40
03 42 16	197 18 07	14 24 44
03 44 12	199 03 32	14 29 02
03 45 33	200 17 07	14 31 53
03 46 44	201 19 58	14 35 13
03 48 29	202 53 08	14 40 25
03 49 35	203 50 45	14 43 53
03 50 42	204 49 54	14 47 33
03 51 49	205 48 07	14 51 30
03 53 08	206 57 02	14 56 04
03 54 26	208 01 19	15 01 16

附錄 Ⅲ. A and z of Alph CrB(1982.6.15~16)

UT	A	z
h m s	° ′ ″	° ′ ″
13 21 33	113 01 55.0	11 02 02.5
13 23 25	115 10 35	10 57 46.5
13 24 35	116 32 08	10 55 22
13 25 42	117 51 26	10 53 14.7
13 26 44	119 04 53.5	10 51 50
13 27 45	120 16 15.5	10 50 46
13 28 42	121 24 46	10 49 36
13 29 53	122 48 57.5	10 48 44.5
13 31 00	124 10 42	10 48 23
13 31 59	125 21 48	10 48 07.2
13 32 59	126 33 34	10 48 10.5
13 33 57	127 42 06	10 48 32.5
13 34 54	128 50 31.5	10 49 11
13 35 49	129 55 46.0	10 49 53.6
13 36 33	130 47 29	10 50 36
13 37 17	131 38 45	10 51 44
13 38 03	132 34 16.5	10 52 34
13 38 56	133 35 38	10 54 01
13 39 54	134 43 27	10 55 39
13 40 49	135 47 26	10 57 42
13 41 29	136 33 32	10 59 02
13 42 15	137 26 11	11 01 03
13 43 06	138 25 34	11 03 07.5
13 44 06	139 33 05	11 06 00
13 45 15	140 51 40	11 09 29