

天測計算의 電算化에 관한 研究(Ⅱ)

尹 汝 政*

A Study on Computerization of the Sight Reduction(I)

Yoon Yeo-Jeong

〈 目 次 〉

Abstract	2. 恒星位置의 變化
記號說明	3. 恒星座標의 計算
1. 序 論	4. 結 論

Abstract

In order to computerize the sight reduction process completely, the coordinates of celestial bodies have to be calculated.

The author calculates the equatorial coordinates of the sun and stars using formulae by computer programming. And they are compared with data from a nautical almanac.

Generally, data based on formulae is slightly less accurate than those derived from a nautical almanac. In the case of calculating coordinates of the sun, maximum error of GHA is 0'.2, and that of declination is 0'.1.

1. 序 論

天測位置線의 要素를 비롯하여 緯度, 方位角, 出沒時, 薄明時, 正中時 等 各種 天測計算을 위해서는 天體의 座標를 알아야 된다. 그러므로 天測計算의 基底는 天體의 座標라 할 수 있다.

航海用 天體의 座標는 天測曆에 世界時로 各 整數時에 對하여 恒星은 SHA 및 Dec로 其他의 天體는 GHA 및 Dec로 表示되어 있다. 天測計算의 電算化의 基礎는 이들을 實用上 許容할 수 있는 誤差範圍內에서 算出할 수 있는가에 달려 있다고 하겠다. 現用 天測曆에는 天體의 座標가 0'.1單位까지 表示되어 있으므로 여기에 記載된 程度의 精確性을 가지고 算出되는 것이 바람직하다. 그러나 天體의 座標計算은 天體位置略算式에 依存할 수 밖에 없으므로 精度面에서 天測曆보다 떨어질 것이 豫測되며 實用上 大略 0'.1 程度의 差異라면 別로 問題될 것이 없다고 생각된다.

* 正會員, 韓國海洋大學

그런데 恒星이나 惑星의 座標를 計算하려면 太陽의 座標計算이 先行되어야 하는데 日本海上保安 廳水路部에서 太陽의 位置略算式을 開發한 바 있어 이를 利用하는 것이 適切하다고 생각된다.

本論文에서는 太陽의 位置를 基礎로 恒星의 座標를 電算化하는 課程을 살펴보고 實際 計算機로써 計算한 結果와 天測曆의 記載値와 比較檢討하기로 한다.

2. 恒星位置의 變化

恒星의 位置는 다음 原因 때문에 時日의 經過와 더불어 變化하고 있다. 恒星의 赤道座標 計算에 必要한 것을 整理하면 다음과 같다.

첫 째 : 恒星自身の 運動으로 인한 固有運動

둘 째 : 恒星의 位置를 나타내는 座標系가 變化하므로 그 겉보기 位置가 달라지는 現象으로 歲差, 章動

셋 째 : 幾何學의 原因 때문에 겉보기 位置가 變化하는 現象인 視差

넷 째 : 物理的 原因에 해당되는 光行差

以上과 같은 原因으로 恒星의 座標는 끊임없이 變하고 있으므로 觀測時刻에 對한 座標를 求하려면 星表에 表示된 元期로부터 經過日數에 따른 上記 原因別 變化量을 元期の 赤經, 赤緯에 補正해 주어야 한다.¹⁾

(1) 固有運動

元期에 있어서 全固有運動速度 μ_0 , 固有運動의 方向 ϕ_0 , 元期の 赤緯를 δ_0 라 하고 全固有運動速度의 赤經 및 赤緯成分을 各各 μ_α , μ_δ 라고 하면,

$$\mu_0 = \sqrt{\mu_\alpha^2 \cos^2 \delta_0 + \mu_\delta^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\tan \phi_0 = \mu_\alpha \cos \delta_0 / \mu_\delta \dots\dots\dots(2.2)$$

단, $\tan \phi_0 \geq 0$, $\mu_\delta \geq 0$ 이면 ϕ_0 는 1象限

$\tan \phi_0 < 0$, $\mu_\delta < 0$ 이면 ϕ_0 는 2象限

$\tan \phi_0 > 0$, $\mu_\delta < 0$ 이면 ϕ_0 는 3象限

$\tan \phi_0 < 0$, $\mu_\delta > 0$ 이면 ϕ_0 는 4象限

으로 計算된다.

恒星의 視線速度 R_s , 年週視差 π , 地球의 軌道半徑을 a 라 하고 t 年間に 觀測點에서 보아 恒星이 移動한 角距離를 σ 라고 하면

$$\tan \sigma = \mu_0 t / \left(1 + \frac{\pi R_s a}{t}\right) \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\sigma = \mu_0 t \left(1 - \frac{\pi R_s a}{t} + \dots\dots\right) \dots\dots\dots(2.4)$$

이며 (2.4)式的 第2項以下는 微小하므로 近似的으로 다음 式을 使用하여도 된다.

$$\sigma = \mu_0 t \dots\dots\dots(2.5)$$

元期로부터 t 年後 固有運動으로 變化한 赤經, 赤緯를 α_1, δ_1 이라 하고 球面上的의 座標(α_1, δ_1)의 方向餘弦(direction cosines)을 (X_1, Y_1, Z_1)이라면

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha_0 & -\sin \alpha_0 & 0 \\ \sin \alpha_0 & \cos \alpha_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \delta_0 & 0 & -\sin \delta_0 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \delta_0 & 0 & \cos \delta_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi_0 & \sin \phi_0 \\ 0 & -\sin \phi_0 & \cos \phi_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \sigma \\ 0 \\ \sin \sigma \end{pmatrix} \dots\dots\dots (2.6)$$

으로 表現된다.

固有運動의 計算에서 使用되는 時間間隔은 Bessel 年單位이며 1900+y 年の Bessel 年初를 曆表時로 1月 d_y 日이라고 하면

$$d_y = 1.06351646 - 7.8012183y \times 10^{-3} - 3.927y^2 \times 10^{-8} + g/4 \dots\dots\dots (2.7)$$

단, $g = (y-1) - [(y-1)/4] \times 4$ 이며 []는 Gauss 記號로서 그 안에 포함된 數值의 整數部分을 뜻함.

이다. Bessel 年初부터 觀測日까지 經過日數 D_{sum} 는 다음 式으로 計算할 수 있다.

$$D_{sum} = 31 \times (\text{月} - 1) + (\text{日} - 1) + XR - XS \dots\dots\dots (2.8)$$

단, $X = [(\text{月} + 7)/10]$
 $R = [1 - F]$, F 는 $y/4$ 의 小數部分
 $S = [0.44(\text{月} + 4.4)]$

또 觀測日의 GMT 0^h부터 觀測時 分 秒까지 經過時間을 日單位로 表示한 것을 T 라면

$$T = \text{時}/24 + \text{分}/1440 + \text{秒}/86400 \dots\dots\dots (2.9)$$

이다.

그러므로 元期를 1900+N 年으로 定하면 t 는 1 Bessel 年인 365.242194 日을 單位로 하여 近似的으로 다음과 같이 表示된다.

$$t = (\text{觀測年} - N) + (D_{sum} + 1 - d + T)/365.242194 \dots\dots\dots (2.10)$$

(2) 歲 差

元期和 觀測時期에 對한 各赤道의 交點에서 元期の 春分點과 觀測時期의 春分點까지의 角距離를 各各 $90^\circ - \xi_0, 90^\circ + z$, 위 두 期間의 天의 北極의 角距離를 θ 라하고 $t_0 = N/100, t_1 = t/100$ 라 하면

$$\left. \begin{aligned} \xi_0 &= (2304''.250 + 1''.396t_0)t_1 + 0''.302t_1^2 + 0''.018t_1^3 \\ z &= \xi_0 + 0''.791t_1^2 + 0''.001t_1^3 \\ \theta &= (2004''.682 - 0''.853t_0)t_1 - 0''.426t_1^2 - 0''.042t_1^3 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.11)$$

이므로 歲差를 考慮한 座標系에 의한 恒星의 方向餘弦(X_2, Y_2, Z_2)는 다음과 같이 表現된다.

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin z & -\cos z & 0 \\ \cos z & -\sin z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2.12)$$

(3) 章 動

固有運動과 歲差를 考慮한 恒星의 平均位置는 平均春分點과 平均赤道에 對한 位置이므로 章動을 考慮한 各 瞬間에 있어서 地球의 眞自轉軸을 생각할 때 이에 對應하는 眞春分點과 眞赤道가 定해진다.

黃道를 따라 平均春分點에서 眞春分點까지의 角距離인 黃經의 章動을 $\Delta\psi$, 平均赤道와 眞赤道 사이의 交角인 黃道傾斜角의 章動을 $\Delta\epsilon$ 으로 나타내기로 한다.

觀測日時를(1900+y)年 m月 d日 0時라고 하면 1900年 1月 0日 正午로부터 經過한 日數 K는

$$K = 365y + 30m + d - 33.5 + \left[\frac{3}{5}(m+1) \right] + [y/4] \dots\dots\dots(2.13)$$

이며 特히 觀測月이 1月과 2月인 때에 限하여 다음 式으로 計算한다.

$$K = 365(y-1) + 30(m+12) + d - 33.5 + [3/5(m+13)] + [(y-1)/4] \dots\dots\dots(2.14)$$

단, []는 Gauss 記號로 그 안에 포함된 數值의 整數部分

그러므로 1900年 1月 0日부터 觀測時까지 經過日數는 $K+T$ 이나 T 는 GMT이기 때문에 이를 曆表時로 表示하기 위해서는 GMT와 曆表時의 差 ΔT 를 補正하여야겠으나 K, T 에 比하여 ΔT 가 微小하므로 이 경우에는 近似的으로 $K+T$ 를 써도 된다.

$$k = K + T \dots\dots\dots(2.15)$$

$$T_k = k/36525 \dots\dots\dots(2.16)$$

이러 놓고 달의 平均近點角 l , 太陽의 平均近點角 l' , 昇交點으로부터 算 달의 平均黃經 F , 太陽과 달의 平均離角 D , 달의 平均昇交點黃經 Ω 등을 다음 式으로 計算한다.

$$\left. \begin{aligned} l &= 296^\circ.104608 + 13^\circ.0649924465k + 6^\circ.890 \times 10^{-12}k^2 \\ &\quad + 29^\circ.5 \times 10^{-20}k^3 \\ l' &= 358^\circ.475833 + 0.9856002669k - 0^\circ.112 \times 10^{-12}k^2 \\ &\quad - 6^\circ.8 \times 10^{-20}k^3 \\ F &= 11^\circ.250889 + 13^\circ.2293504490k - 2^\circ.407 \times 10^{-12}k^2 \\ &\quad - 0^\circ.7 \times 10^{-20}k^3 \\ D &= 350^\circ.737486 + 12^\circ.1907491914k - 1^\circ.076 \times 10^{-12}k^2 \\ &\quad + 3^\circ.9 \times 10^{-20}k^3 \\ \Omega &= 259^\circ.183275 - 0^\circ.0529539222k + 1^\circ.557 \times 10^{-12}k^2 \\ &\quad + 4^\circ.6 \times 10^{-20}k^3 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2.17)$$

다음에 $\Delta\phi$ 와 $\Delta\epsilon$ 의 長短期項⁽³⁾을 表示한 (3·1)表에 따라 $\Delta\phi$ 및 $\Delta\epsilon$ 을 計算하면 된다.

따라서 章動을 考慮한 恒星의 方向餘弦(X_3, Y_3, Z_3)는

$$\begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\epsilon + \Delta\epsilon) & -\sin(\epsilon + \Delta\epsilon) \\ 0 & \sin(\epsilon + \Delta\epsilon) & \cos(\epsilon + \Delta\epsilon) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \cos \Delta\phi & -\sin \Delta\phi & 0 \\ \sin \Delta\phi & \cos \Delta\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \epsilon & \sin \epsilon \\ 0 & -\sin \epsilon & \cos \epsilon \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2\cdot18)$$

으로 表現되며 이 式中 平均黃道傾斜角 ϵ 은 다음 式⁽⁴⁾으로 計算한다.

$$\begin{aligned} \epsilon = & 23.452294 - 0.0130125T_k - 0.00000164T_k^2 \\ & + 0.000000503T_k^3 \dots\dots\dots(2\cdot19) \end{aligned}$$

제2·1표 長短期項 章動表

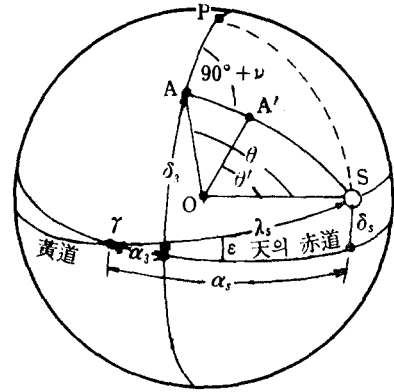
週期 (日)	공심引數					$\Delta\phi, \sin$ 의 係數	$\Delta\epsilon, \cos$ 의 係數
l	l'	F	D	Ω	단위 = 0".0001		
6798				+1	-172327-173.7T	+92100+9.1T	
3399				+2	+ 2088+ 0.2T	- 904+0.4T	
1305	-2		+2	+1	+45	-24	
1095	+2		-2		+10		
6786		-2	+2	-2	+1	+ 2	
1616	-2		+2	+2	- 3	+ 2	
3233	+1	-1		-1	- 2		
183			+2	-2	+2	+ 5522-2.9T	
365		+1			+ 1261-3.1T		
122		+1	+2	-2	+2	+ 216-0.6T	
365		-1	+2	-2	+2	- 93+0.3T	
178			+2	-2	+1	- 66	
206	+2			-2	+45		
173			+2	-2	-21		
183		+2			+16-0.1T		
386		+1		+1	-15	+ 8	
91		+2	+2	-2	+2	+ 7	
347		-1		+1	-10	+ 5	
200	-2			+2	+1	+ 3	
347		-1	+2	-2	+1	+ 3	
212	+2			-2	+1	- 2	
120		+1	+2	-2	+1	- 2	
412	+1			-1	- 3		
13.7			+2	+2	-2037-0.2T	+884-0.5T	
27.6	+1				+ 675+0.1T		
13.6			+2	+1	- 342-0.4T	+183	
9.1	+1		+2	+2	- 261	+113-0.1T	
31.8	+1			-2	- 149		

27.1	-1		+2		+2	+ 114	- 50
14.8				+2		+ 60	
27.7	+1				+1	+ 58	- 31
27.4	-1				+1	- 57	+ 30
9.6	-1		+2	+2	+2	- 52	+ 22
9.1	+1		+2		+1	- 44	+ 23
7.1			+2	+2	+2	- 32	+ 14
13.8	+2					+ 28	
23.9	+1		+2	-2	+2	+ 26	- 11
6.9	+2		+2		+2	- 26	+ 11
13.6			+2			+ 25	
27.0	-1		+2		+1	+ 19	- 10
32.0	-1			+2	+1	+ 14	- 7
31.7	+1			-2	+1	- 13	+ 7
9.5	-1		+2	+2	+1	- 9	+ 5
34.8	+1	+1		-2		- 7	
13.2		+1	+2		+2	+ 7	- 3
9.6	+1			+2		+ 6	
14.8				+2	+1	- 6	+ 3
14.2		-1	+2		+2	- 6	+ 3
5.6	+1		+2	+2	+2	- 6	+ 3
12.8	+2		+2	-2	+2	+ 6	- 2
14.7				-2	+1	- 5	+ 3
7.1			+2	+2	+1	- 5	+ 3
23.9	+1		+2	-2	+1	+ 5	- 3
29.5				+1		- 4	
15.4		+1		-2		- 4	
29.8	+1	-1				+ 4	
26.9	+1		-2			+ 4	
6.9	+2		+2		+1	- 4	+ 2
9.1	+1		+2			+ 3	
25.6	+1	+1				- 3	
9.4	+1	-1	+2		+2	- 3	
13.7	-2				+1	- 2	
32.0	-1		+2	-2	+1	- 2	
13.8	+2				+1	+ 2	
9.8	-1	-1	+2	+2	+2	- 2	
7.2		-1	+2	+2	+2	- 2	
27.8	+1				+2	- 2	
8.9	+1	+1	+2		+2	+ 2	
5.5	+3		+2		+2	- 2	

(4) 年週視差

제2·1도에서 PA를 恒星 A의 時圈이라 하고 太陽 S와 A를 지나는 大圈 AS와 PS가 이루는 角을 $90^\circ + \nu$, $\angle AOS$ 를 θ , $\angle A'OS$ 를 θ' 라고 하면 恒星은 眞位置 A에 있을 때 視差 때문에 太陽이 있는 쪽으로 $\theta - \theta'$ 偏位된 A'에 보이게 된다.

恒星 A의 眞位置의 赤經과 赤緯를 α_s, δ_s 라고 하면 視差를 考慮한 位置 A'의 方向餘弦 (X_4, Y_4, Z_4)는 다음과 같다.



제2·1도 年週視差

$$\begin{pmatrix} X_4 \\ Y_4 \\ Z_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha_s & -\sin \alpha_s & 0 \\ \sin \alpha_s & \cos \alpha_s & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \delta_s & 0 & -\sin \delta_s \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \delta_s & 0 & \cos \delta_s \end{pmatrix} \\ \times \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \nu & \sin \nu \\ 0 & -\sin \nu & \cos \nu \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\theta - \theta') \\ \sin(\theta - \theta') \\ 0 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2\cdot20)$$

또 太陽의 位置의 赤道直交座標系에 의한 方向餘弦을 (X_3, Y_3, Z_3)라고 하면 視差에 關한 補正式은 다음과 같이 된다.

$$\begin{pmatrix} X_4 \\ Y_4 \\ Z_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{pmatrix} + P \begin{pmatrix} 1 - X_3^2 & -X_3 Y_3 & -X_3 Z_3 \\ -Y_3 X_3 & 1 - Y_3^2 & -Y_3 Z_3 \\ -Z_3 X_3 & -Z_3 Y_3 & 1 - Z_3^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2\cdot21)$$

단, P는 恒星의 年週視差로서 太陽과 地球間의 距離를 太陽과 恒星間의 距離로 나눈 것이며 Radian 單位임.

그러나 本項의 補正値는 近距離인 恒星을 除外하면 極히 微小하므로 天測曆의 精度와 比較하는 경우에는 無視하여도 되리라 判斷된다.

(5) 光行差

光行差에는 永年光行差, 年週光行差, 日週光行差 및 惑星光行差가 있으나 여기에서 問題되는 것은 年週光行差 뿐이다.

光行差를 考慮한 恒星의 方向餘弦 (X_5, Y_5, Z_5)는 太陽의 黃經 λ_s , 黃道傾斜角 ϵ 및 光行差定數로 불리는 κ 에 의하여 一般의으로 다음과 같이 表現된다.

$$\begin{pmatrix} X_5 \\ Y_5 \\ Z_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_4 \\ Y_4 \\ Z_4 \end{pmatrix} + \kappa \begin{pmatrix} 1 - X_4^2 & -X_4 Y_4 & -X_4 Z_4 \\ -Y_4 X_4 & 1 - Y_4^2 & -Y_4 Z_4 \\ -Z_4 X_4 & -Z_4 Y_4 & 1 - Z_4^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sin \lambda_s \\ -\cos \lambda_s \cos \epsilon \\ -\cos \lambda_s \sin \epsilon \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2\cdot22)$$

3. 恒星座標의 計算

恒星의 現在位置는 元期의 位置에 固有運動, 歲差, 章動, 視差, 光行差에 對한 補正을 하여야 하며 特히 視差와 光行差의 補正에는 太陽의 座標決定이 先行되어야 한다.

(1) 太陽 赤道座標의 計算

1978年度 日本天測曆 付錄에 보면 海上保安廳에서 開發한 太陽位置略算式이 掲載되어 있다. 이 略算式은 1975年 1月 0日 0時 ET以後의 經過日數를 時刻引數로 하여 直接 視黃經을 구할 수 있게 되어 있고 아울러 地球와 太陽間의 距離, 그리니치 恒星時, 黃道傾斜角 등을 구하는 式³⁾⁴⁾이 주어져 있다. 따라서 이들을 利用하여 太陽의 座標를 구하기로 한다.

1983年 每月 1日 및 15日의 GMT 0時와 12時에 對한 太陽의 GHA 및 Dec를 單精度로 프로그램을 施行하여 얻은 計算値와 天測曆⁵⁾에서 구한 것과를 比較하면 제3·1표와 같다.

이 結果를 살펴보면 GHA는 最大 0'2, Dec는 最大 0'1 差밖에 없음을 볼 수 있다. GHA는

$$GHA = GST - RA$$

의 關係에서 구한 것으로 GHA의 精度는 GST 및 RA의 精度의 影響을 받는다.

RA는 太陽位置略算式에서 구한 視黃經을 幾何學의 黃經으로 고쳐 이를 赤道座標로 換算한 것이므로 RA의 精度는 太陽位置略算式의 精度와 直接關係가 있다. 그러나 GST는 平均春分點을 基準한 平均恒星時이므로 當然히 分點差만큼의 誤差가 導入되는 것을 豫測할 수 있다. 그러므로 GHA의 精度를 높이려면

$$E_q = \Delta\psi \cos(\epsilon + \Delta\epsilon) \dots \dots \dots (3 \cdot 1)$$

으로 表示되는 分點差 E_q 를 GST에 補正하면 GHA의 誤差는 0'1 以內로 줄일 수 있다. 그러나 實用計算에서는 이를 無視하여도 無妨하리라 생각한다.

實際로 分點差 E_q 는 黃經의 章動 $\Delta\psi$, 黃道傾斜角의 章動 $\Delta\epsilon$ 을 計算한 다음에야 決定되므로 그 計算의 번거러움을 감안하고 또 位置略算이란 點을 염두에 둔다면 多少 精度가 희생되는 것을 감수하여야 할 것이다.

(2) 恒星赤道座標의 計算

恒星의 座標를 計算하기 위해서는 元期에 對한 赤經(α_0), 赤緯(δ_0), 固有運動速度(μ), 視線速度(R_a), 年週視差(π) 등을 星表에서 求하여 이를 基礎로 任意 時刻에 있어서의 座標를 算出하여야 한다.

제3·2표는 天測曆에 掲載된 57個 恒星中에서 選定한 10個 恒星의 1950年을 元期로 하는 資料를 表示한 것이다.

3·2표의 資料에 依據하여 1983年 每月 1, 15日 GMT 12時의 恒星의 SHA 및 Dec를 計算하였는데 一般의 年週視差는 微小하므로 이는 除外하였다.

제3·1표 1983年 太陽의 位置計算

月	日	時 GMT	GHA (天測曆)	GHA (計算值)	ΔGHA	Dec (天測曆)	Dec (計算值)	ΔDec
1	1	0	179°12'5	179°12'7	(+)0'2	23°03'9 S	23°03'9 S	0'0
		12	359°08'9	359°09'1	(+)0'2	23°01'6 S	23°01'6 S	0'0
		15	0	177°42'9	177°43'1	(+)0'2	21°15'9 S	21°15'9 S
2	1	0	176°37'5	176°37'6	(+)0'1	17°19'2 S	17°19'3 S	(+)0'1
		12	356°36'5	356°36'5	0'0	17°10'8 S	17°10'8 S	0'0
		15	0	176°26'7	176°26'7	0'0	12°56'7 S	12°56'7 S
3	1	0	176°51'5	176°51'4	(-)0'1	7°53'0 S	7°53'1 S	(+)0'1
		12	356°52'9	356°52'9	0'0	7°41'7 S	7°41'7 S	0'0
		15	0	177°41'4	177°41'4	(-)0'1	2°26'9 S	2°26'9 S
4	1	0	178°57'3	178°57'2	(-)0'1	4°14'1 N	4°14'1 N	0'0
		12	358°59'6	358°59'5	(-)0'1	4°25'7 N	4°25'7 N	0'0
		15	0	179°55'8	179°55'7	(-)0'1	9°29'0 N	9°28'9 N
5	1	0	180°42'2	180°42'2	0'0	14°50'2 N	14°50'1 N	(-)0'1
		12	0°43'2	0°43'1	(-)0'1	14°59'3 N	14°59'3 N	0'0
		15	0	180°55'6	180°55'6	0'0	18°40'7 N	18°40'7 N
6	1	0	180°35'9	180°35'9	0'0	21°56'7 N	21°56'7 N	0'0
		12	0°34'8	0°34'8	0'0	22°00'9 N	22°00'8 N	(-)0'1
		15	0	179°57'0	179°57'1	(+)0'1	23°16'5 N	23°16'5 N
7	1	0	179°06'2	179°06'3	(+)0'1	23°09'7 N	23°09'7 N	0'0
		12	359°04'7	359°04'8	(+)0'1	23°07'8 N	23°07'8 N	0'0
		15	0	178°32'8	178°32'9	(+)0'1	21°39'0 N	21°39'0 N
8	1	0	178°25'1	178°25'2	(+)0'1	18°13'1 N	18°13'1 N	0'0
		12	358°25'5	358°25'6	(+)0'1	18°05'6 N	18°05'7 N	(+)0'1
		15	0	178°50'5	178°50'5	0'0	14°18'0 N	14°18'1 N
9	1	0	179°55'9	179°55'8	(-)0'1	8°34'2 N	8°34'3 N	(+)0'1
		12	359°58'3	359°58'2	(-)0'1	8°23'4 N	8°23'5 N	(+)0'1
		15	0	181°06'9	181°06'7	(-)0'2	3°20'1 N	3°20'1 N
10	1	0	182°30'6	182°30'4	(-)0'2	2°52'5 S	2°52'5 S	0'0
		12	2°33'0	2°32'9	(-)0'1	3°04'2 S	3°04'2 S	0'0
		15	0	183°29'9	183°29'8	(-)0'1	8°13'3 S	8°13'2 S
11	1	0	184°05'6	184°05'6	0'0	14°10'4 S	14°10'4 S	0'0
		12	4°05'9	4°05'9	0'0	14°20'1 S	14°20'0 S	(-)0'1
		15	0	183°53'1	183°53'2	(+)0'1	18°16'8 S	18°16'8 S
12	1	0	182°49'6	182°49'8	(+)0'2	21°40'7 S	21°40'7 S	0'0
		12	2°46'9	2°47'1	(+)0'2	21°45'5 S	21°45'5 S	0'0
		15	0	181°19'4	181°19'6	(+)0'2	23°13'5 S	23°13'5 S
		12	1°15'8	1°16'0	(+)0'2	23°15'2 S	23°15'2 S	0'0

제3·2표 元期 1950 年の 10 個 恒星의 Data

	α_{1950}	δ_{1950}	$\mu_{\alpha}, 1950$	$\mu_{\delta}, 1950$	Ra	π
Altair	297°. 085792	8°. 734922	0°. 000151/年	0. 0001074/年	-26. 3 km/sec	$9. 5993 \times 10^{-7}$ Rad
Arcturus	213°. 344792	19°. 441933	-0°. 000323333	-0. 0005553	-5. 2	$4. 4603 \times 10^{-7}$
Capella	78°. 247775	45°. 9494556	0. 000032292	-0. 0001174	+30. 2	$3. 6361 \times 10^{-7}$
Dubhe	165°. 164879	62°. 021333	-0°. 000070083	-0°. 0000196	-8. 9	$1. 6484 \times 10^{-7}$
Fomalhaut	343°. 72305	-29°. 887719	0°. 000107667	-0°. 0000447	+6. 5	$7. 2237 \times 10^{-7}$
Pollux	115°. 5646541	28°. 148642	-0°. 000197292	-0°. 00001425	+3. 3	$4. 5088 \times 10^{-7}$
Procyon	114°. 1713208	5°. 354669	-0°. 000197167	-0°. 00028575	-3. 2	$1. 3817 \times 10^{-6}$
Sirius	100°. 7363083	-16°. 646212	-0°. 000157958	-0°. 0003365	-7. 6	$1. 8277 \times 10^{-6}$
Spica	200°. 6387542	-10°. 900933	-0. 000012125	-0°. 00000928	+1. 0	$7. 2722 \times 10^{-7}$
Vega	278°. 8110625	38°. 736022	0°. 000071167	0. 00007908	-13. 9	$6. 0117 \times 10^{-7}$

3·3 표는 이들 가운데 Vega, Altair, Fomalhaut 에 對한 計算値와 天測曆에서 구한 것과의 比較表이다.

SHA, DEC 의 差를 各各 Δ SHA, Δ Dec 로 나타내고 天測曆보다 큰 값인 경우에는 +, 작은 값인

제3·3표 計算値의 誤差

YEAR 1983		Vega				
MONTH	DAY	HOUR	SHA	Δ SHA	Dec	Δ Dec
1	1	12	80°55'18		38°46'01	
1	15	12	80°55'14		38°45'94	
2	1	12	80°55'05		38°45'85	+0'1
2	15	12	80°54'97		38°45'79	
3	1	12	80°54'86		38°45'75	+0'1
3	15	12	80°54'75		38°45'72	
4	1	12	80°54'61		38°45'72	
4	15	12	80°54'49		38°45'73	
5	1	12	80°54'36		38°45'77	
5	15	12	80°54'26		38°45'83	
6	1	12	80°54'16		38°45'90	
6	15	12	80°54'10		38°45'97	
7	1	12	80°54'06		38°46'05	+0'1
7	15	12	80°54'05	+0'1	38°46'11	
8	1	12	80°54'07		38°46'19	
8	15	12	80°54'11		38°46'24	
9	1	12	80°54'19		38°46'29	
9	15	12	80°54'27		38°46'31	
10	1	12	80°54'37		38°46'32	
10	15	12	80°54'46		38°46'31	
11	1	12	80°54'56		38°46'28	
11	15	12	80°54'63		38°46'24	
12	1	12	80°54'68		38°46'17	
12	15	12	80°54'69		38°46'11	

YEAR 1983		Altair				
MONTH	DAY	HOUR	SHA	ΔSHA	Dec	ΔDec
1	1	12	62°31'27		8°49'32	
1	15	12	62°31'25		8°49'28	
2	1	12	62°31'20		8°49'23	
2	15	12	62°31'14		8°49'20	
3	1	12	62°31'07		8°49'17	
3	15	12	62°30'98		8°49'16	
4	1	12	62°30'87		8°49'16	
4	15	12	62°30'77		8°49'17	
5	1	12	62°30'65	+0.1	8°49'20	
5	15	12	62°30'54	-0.1	8°49'24	
6	1	12	62°30'42		8°49'29	
6	15	12	62°30'34		8°49'33	
7	1	12	62°30'26		8°49'39	
7	15	12	62°30'21		8°49'43	
8	1	12	62°30'19		8°49'48	
8	15	12	62°30'18		8°49'51	
9	1	12	62°30'21		8°49'55	
9	15	12	62°30'25	+0.1	8°49'56	
10	1	12	62°30'31		8°49'57	
10	15	12	62°30'37		8°49'57	
11	1	12	62°30'44		8°49'56	
11	15	12	62°30'49		8°49'54	
12	1	12	62°30'53		8°49'51	
12	15	12	62°30'55		8°49'48	

YEAR 1983		Fomalhaut				
MONTH	DAY	HOUR	SHA	ΔSHA	Dec	ΔDec
1	1	12	15°49'75	+0.1	-29°43'03	
1	15	12	15°49'78		-29°43'02	
2	1	12	15°49'80		-29°43'00	
2	15	12	15°49'81		-29°42'67	
3	1	12	15°49'79		-29°42'94	
3	15	12	15°49'76		-29°42'90	
4	1	12	15°49'70		-29°42'84	
4	15	12	15°49'63		-29°42'79	
5	1	12	15°49'52		-29°42'72	
5	15	12	15°49'41		-29°42'67	
6	1	12	15°49'26		-29°42'61	
6	15	12	15°49'14		-29°42'57	
7	1	12	15°49'00		-29°42'54	
7	15	12	15°48'88		-29°42'52	
8	1	12	15°48'77		-29°42'51	
8	15	12	15°48'70		-29°42'51	
9	1	12	15°48'64		-29°42'53	
9	15	12	15°48'61		-29°42'55	
10	1	12	15°48'61		-29°42'59	
10	15	12	15°48'63		-29°42'62	
11	1	12	15°48'68		-29°42'66	
11	15	12	15°48'73		-29°42'69	
12	1	12	15°48'79		-29°42'71	
12	15	12	15°48'84		-29°42'73	

<註> 空欄은 誤差가 0 일.

경우에는 -로 表示하였다.

計算 結果는 天測曆 掲載値와 거의 동일하며 最大 0.1 以上 差異가 없을 뿐 아니라 그 差異도 극히 드물게 나타난다. 이는 視差에 對한 補正을 行하지 않은 原因으로 判斷되므로 보다 精密한 計算을 위해서는 이의 補正이 必要하다.

그러나 著者の 判斷으로는 그 計算의 번거로움에 비추어 이 程度의 結果라면 天測曆 使用時의 精度를 考慮할 때 充分한 精度의 計算値로 본다.

4. 結 論

本 論文에서는 天測計算의 基底가 되는 天體座標中 一部分인 太陽과 恒星의 座標 計算法에 對하여 다루었다.

太陽의 座標計算은 恒星과 惑星의 位置 計算에 必須的인 要素이며 이의 略算式을 利用한 計算値는 GHA의 경우 最大 0.2, Dec의 경우 最大 0.1 以內로 天測曆値와 一致하므로 精度面에서는 從來의 方法에 미치지 못하는 缺點이 있다. 그러나 天測計算의 完全 電算化라는 便利性을 감안한다면 決코 이 程度의 誤差가 크게 問題되지 않을 것으로 생각된다.

恒星에 있어서는 年週視差에 對한 補正을 無視하고도 極히 드문 경우에만 0.1 以內의 誤差밖에 생기지 않아 이는 實用上 조금도 支障이 없을 뿐 아니라 天測曆에서는 3日分을 共用하고 있고 앞에서 誤差 0.1도 實際보다는 훨씬 크게 본 結果이므로 恒星의 座標는 오히려 天測曆 記載値보다 精度面에서 떨어지지 않는다고 볼 수 있다.

參 考 文 獻

- 1) 長澤工 : 天體의 位置計算, 地人書館, 1981, pp. 40~112.
- 2) 前掲書 : pp. 205~206.
- 3) IVAN I. MUELLER : Spherical and Practical Astronomy as Applied to Geodesy, Frederick Ungar Pub. Co. N. Y., 1969, pp. 72~73.
- 4) 天測曆 : 日本海上保安廳水路部編, 1978.
- 5) 天測曆 : 大韓民國水路局, 1983.