

天測計算表의 精度에 關하여

尹 汝 政

A Study on the Accuracy of Sight Reduction Tables

Yoon Yeo-Jeong

目 次	
1. 序 言	4. 229 table의 誤差
2. 計算方法	5. 結 言
3. 214 table의 誤差	

Abstract

The purpose of this paper is to check the accuracy of U. S. N. H. O. Pub. No. 214 table which has been used as one of the most popular sight reduction tables and to compare its accuracy with that of U. S. N. H. O. Pub. No. 229 table.

As the result, it is found that in the celestial observation of the sun, the planets, the moon, the maximum error of the computed altitude amounts to $2'15$ in case that the altitude is higher than 60° and the meridian angle is small.

The use of H. O. 214, therefore, is unsuitable if the altitude is high, and the maximum error of H. O. 229 amounts to $\pm 0'31$ in the same condition as the above-mentioned, but if the D. S. D. correction is made, its utility is very high. H. O. 229 is superior to H. O. 214 in this respect and practical use of H. O. 229 is desirable.

1. 序 言

現在 使用되고 있는 天測計算表로는 214 table과 229 table이 代表的인 것이라 할 수 있다. 이들 計算表에 의하여 Δd 改正法으로 計算高度를 算出하는 경우에 이들 計算表에 記載되어

있는 赤緯의 中間值에 對한 計算高度는 比例配分法에 의하여 計算하게 되므로 그 結果에는 誤差가 包含되게 마련이다.

214 table에 있어서는 赤緯 0°에서 29°까지는 30' 間隔으로, 30° 以上 74°30'까지는 10° 乃至 6° 間隔으로 表值가 記載되어 있으며 比例配分法에 의한 補間만으로 中間值를 求하도록 되어 있는데 比하여 229 table은 赤緯 0°에서 90°까지 한결같이 1° 間隔으로 되어 있는 代身에 赤緯 變化에 따른 高度變化가 甚히 不規則한 경우에는 D. S. D. 改正을 實施하므로써 比例配分法으로 補間한 경우의 誤差를 減小시킬 수 있도록 되어 있다.

그러므로 229 table은 D. S. D. 改正을 행한 경우에는 214 table에 의하여 計算한 것 보다 正確한 結果를 期待할 수 있으나 한편으로 赤緯 29° 以下인 天體를 觀測한 경우이고 또 D. S. D. 改正을 행하지 않는 경우에는 229 table의 赤緯 間隔이 214 table의 赤緯 間隔에 比하여 넓으므로 214 table에 의한 計算高度보다 229 table에 의하여 計算한 計算高度에 큰 誤差가 包含될 것 같이 생각된다.

本 論文은 構成이 다른 이들 두 計算表의 誤差를 比較 檢討하므로써 天測位置線의 誤差를 綜合적으로 考察하는 데 도움이 되도록 하려는 것이다.

2. 計算 方法

高度 h , 赤緯 d , 緯度 L , 子午線角을 t 라면

$$\sinh = \pm \sinh \sin d + \cos L \cos d \cos t \dots\dots\dots ①$$

[L, d 同名이면 +, 異名이면 -]

이므로

$$\frac{dh}{dd} = \frac{\pm \sin L \cos d - \cos L \sin d \cos t}{\cosh} \dots\dots\dots ②$$

또

$$\frac{d^2h}{dd^2} = \mp (\tan^3 h + \tanh) \cos^2 L \sin^2 t \dots\dots\dots ③$$

[L, d 同名이면 -, 異名이면 +]

이다.

229 table을 使用하는 경우에 D. S. D. 改正은 D. S. D. 가 3'9보다 큰 경우에만 행하므로

$$\frac{1}{2} \left(\frac{120'}{3437.8} \right)^2 \frac{d^2h}{dd^2} \geq 3'.95 \times \frac{1}{3437.8}$$

$$\mp (\tan^3 h + \tanh) \geq \frac{1.886}{\cos^2 L \sin^2 t} \dots\dots\dots ④$$

라 놓고 L, t 를 變數로 하여 h 를 구하고 이 h 에 대한 d 를 ①式으로 구한다.

그리고 高度가 最大일 때에는 位置角 $X=90^\circ$ 이므로

$$\left. \begin{aligned} \cos h_{max} &= \cos L \cdot \sin t \\ \sin d_{max} &= \pm \sin L \cdot \cos t \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots ⑤$$

[L, d 同名이면 +, 異名이면 -]

로 表現되므로 ⑤式으로 最大高度 h_{max} 및 그 때의 赤緯 d_{max} 를 구할 수 있다.

이들을 表로 나타내면 第1表와 같다.

第1表에 의하면 大略 高度 60° 以下이면 229 table을 使用하는 경우에 D. S. D. 가 3.95 未滿으로 되어 D. S. D. 改正을 하지 않아도 된다는 것을 알 수 있다.

그러므로 高度가 60° 를 넘는 경우와 그 以下인 경우로 區別하여 214 table과 229 table의 精度를 比較하기로 한다.

<第 1 表>

L=5°	t	5°	15°	25°	28°		
	h	80°9	71°3	64°0	62°1		
	d	-2°6~12°6	-6°2~16°6	-2°4~13°4	5°6~5°8		
	h_{max}	85°0	75°1	65°1	62°1		
	d_{max}	5°0	5°2	5°5	5°7		
L=15°	t	5°	15°	25°	29°		
	h	81°1	71°6	64°5	62°07		
	d	7°6~22°5	4°0~27°0	7°7~25°0	16°5~17°5		
	h_{max}	85°2	75°5	65°9	62°1		
	d_{max}	15°1	15°5	16°5	17°0		
L=25°	t	5°	15°	25°	31°		
	h	81°5	72°4	65°6	62°1		
	d	17°9~32°3	14°5~37°1	17°6~36°8	26°9~30°1		
	h_{max}	85°5	76°4	67°5	62°2		
	d_{max}	25°1	25°8	27°2	28°5		
L=35°	t	5°	15°	25°	35°		
	h	82°0	73°5	67°2	62°0		
	d	28°2~42°0	24°8~47°1	27°0~48°4	40°5		
	h_{max}	85°9	77°8	69°7	62°0		
	d_{max}	35°1	35°9	37°7	40°5		

(4)

1976年 4月 韓國海洋大學 論文集 第11輯

L=45°	t	5°	15°	25°	35°	41°	
	h	82°8	75°1	69°3	64°6	62°25	
	d	38°8~51°4	35°4~56°6	36°4~59°2	42°0~59°4	50°5~55°4	
	h _{max}	86°5	79°5	72°6	66°1	62°36	
	d _{max}	45°1	46°0	47°8	50°7	53°0	
	L=55°	t	5°	15°	25°	35°	45°
h		83°7	77°0	72°0	67°9	64°6	61°98
d		49°5~60°7	46°1~65°7	46°2~69°0	49°0~71°4	54°9~72°5	68°1
h _{max}		87°1	81°5	76°0	70°8	66°1	61°98
d _{max}		55°1	55°9	57°6	60°2	63°65	68°1

3. 214 table의 誤差

이 表의 誤差는 다음 3가지 原因으로 생긴다.

(1) 表의 計算高度는 小數點 以下 1자리까지 반올림하여 記載된 것이므로 그 最大誤差는 ± 0.05 (中央誤差는 ± 0.025)이다.

(2) 곱셈표로 $4d \times d$ diff. 를 計算하게 되어 있는데 表値는 小數點 以下 1자리까지 반올림하여 記載되어 있으며 d diff. 를 整數部分과 小數部分으로 나누어 各各 計算하게 되므로 最大誤差는 ± 0.1 (中央誤差는 ± 0.05)이다.

(3) 比例配分法에 의하여 $4d$ 改正을 행하게 되면 計算高度에는 “-” 誤差가 包含되게 된다. 그런데 實際로는 赤緯와 함께 高度도 增加하는 경우에는 $4d$ 를 實際보다 약간 크게 定하고 反對로 赤緯가 增加할 때 高度가 減小하는 경우에는 $4d$ 를 實際보다 작게 定하고 있어서 計算高度의 誤差는 特別한 경우를 除外하고는 “+” 誤差로 된다. 이 計算表의 誤差가 不規則하게 나타나는 것은 이 때문이라고 할 수 있다.

214 table을 使用하여 計算高度를 구하는 경우에는 以上の 3가지 誤差들이 結合되어 計算高度의 誤差로 된다.

(3)의 原因으로 생기는 誤差를 赤緯 29° 以下인 경우와 29° 以上인 경우로 區別하여 檢討하기로 한다.

[1] 赤緯 29° 以下인 경우

$4d$ 의 誤差로 인한 計算高度의 誤差는 高度가 높을수록 크므로 赤緯 29° 以下에 대하여 最高高度附近에서의 이 誤差를 구하면 第2表와 같다.

〈第 2 表〉

$t \backslash L$	5°	10°	15°	20°	25°	29°
1°	1'33	1'39	1'42	1'35	1'60	1'37
	1'81	1'84	1'95	1'90	2'05	1'97
2°	0'73	0'91	0'87	0'88	0'95	0'86
	0'93	0'96	1'04	0'95	1'00	0'91
5°	0'26	0'37	0'27	0'40	0'41	0'32
	0'46	0'32	0'41	0'48	0'39	0'37
10°	0'20	0'22	0'08	0'23	0'22	0'25
	0'15	0'07	0'23	(-)0'45	(-)0'36	0'25
15°	0'04	0'09	0'02	0'25	0'17	0'11
	0'09	(-)0'18	0'07	0'13	0'13	0'21
20°	0'14	0'06	0'10	0'06	0'09	0'10
	(-)0'19	0'03	0'00	0'09	(-)0'14	0'00
25°	0'08	0'06	0'13	0'15	0'10	0'08
	0'08	0'06	0'03	0'00	0'10	0'08
30°	(-)0'01	0'08	0'02	0'09	0'13	0'14
	0'04	0'08	0'00	0'05	0'03	(-)0'36

〔注〕 第2表의 위 값은 赤緯가 增加하는 쪽으로, 아래 값은 减小하는 쪽으로 改正하는 경우의 誤差量이다.

第2表에 의하면 Δd 때문에 생기는 誤差는 不定誤差로서 大端히 不規則하나 大體로 子午線角이 작을수록 커지는 것을 알 수 있다. 그리고 子午線角이 1° 以上이면 最大誤差는 大略 (+)2'00 쯤 되는데 特히 赤緯가 减小하는 쪽으로 改正하는 경우에 誤差가 크다.

그러나 高度가 60° 以下이면 이 誤差는 大略 (+)0'15 以下로 보아도 될 것 같다.

그러므로 214 table을 使用하여 計算高度를 구하는 경우 60°를 넘는 天體를 觀測한 경우에는 最大誤差를 2'15으로 보면 되고 60° 以下인 天體를 觀測한 경우에는 最大誤差를 0'30으로 보아야 할 것이다.

〔2〕 赤緯 29° 以上인 경우

赤緯 29° 以上에서는 赤緯 間隔이 一定하지 않고 30' 乃至 6° 間隔으로 되어 있어 中間值에

(6)

天測計算表의 精度에 關하여

對한 最大誤差는 10數分에 達하는 경우가 있으나 赤緯 29° 以上인 天體는 恆星뿐이고 恆星의 赤緯는 거의 一定하므로 1975年度 天測曆에서 赤緯가 214 table에 記載된 赤緯의 中間値에 加하고 또 高度가 높아 比較的 큰 誤差가 豫想되는 恆星을 緯度別로 選定하여 誤差를 計算하여 보면 第3表와 같다.

<第3表>

L	d	t	t									
			1°	5°	15°	25°	35°	45°	55°	65°	75°	85°
25°	29°44'9	(-)0'05	0'15	0'14	0'17	(-)0'31	0'01	0'10	0'01	0'05	0'05	
	36°15'2	(-)0'04	0'06	0'10	(-)0'09	0'12	0'03	0'05	(-)0'03	0'10	0'06	
35°	29°44'9	(-)0'04	0'11	0'12	0'17	0'13	(-)0'01	0'16	0'01	0'11	0'05	
	36°15'2	0'53	0'48	0'27	0'09	0'11	0'04	0'15	0'12	0'05	0'05	
	38°45'9	0'03	0'15	0'15	0'10	0'20	0'04	0'17	0'04	0'06	0'00	
	45°11'6	0'00	(-)0'01	(-)0'05	(-)0'01	(-)0'12	0'04	0'04	(-)0'02	0'06	(-)0'02	
45°	36°15'2	0'07	0'07	0'05	0'14	0'08	0'15	0'04	0'16	0'00	0'11	
	38°45'9	(-)0'08	0'07	0'08	0'09	0'10	0'10	0'05	0'17	0'06	0'04	
	45°11'6	1'23	(-)0'38	0'10	0'17	0'00	0'05	0'13	(-)0'04	0'08	(-)0'05	
55°	52°41'0	0'01	0'16	0'11	0'04	0'15	0'07	0'05	0'04	0'12	0'05	
	56°05'8	(-)0'17	0'03	0'02	0'03	0'03	0'01	0'05	0'02	0'01	0'10	
	56°48'6	0'06	0'20	0'04	0'11	(-)0'08	0'07	0'15	0'03	0'06	0'01	
	60°15'6	0'03	0'09	0'09	0'20	0'17	0'12	0'05	0'08	0'02	0'11	

第3表에 의하면 高度가 88° 以上이거나 그 天體가 最高高度 附近에 있는 경우에 誤差가 크게 된다는 것을 알 수 있다. 그리고 이 結果에 의하면 214 table을 使用하여 恆星의 計算高度를 구하는 경우 그 高度가 60°를 넘는 때에는 最大誤差를 0'53, 60° 以下인 때에는 0'20으로 보면 될 것이다.

4. 229 table의 誤差

229 table의 誤差는 다음 3가지 原因으로 생긴다.

(1) 表의 計算高度는 小數點以下 1자리까지 반올림하여 記載되어 있으므로 그 最大誤差는 ±0'05 (中央誤差는 ±0'025)이다.

(2) 第1差 改正表를 使用하여 赤緯에 對한 高度改正을 행할 때에는 高度의 變化를 比例配

分法으로 計算하게 되므로 誤差가 생기며 이 最大誤差는 $\pm 0'14$ (中央誤差는 $\pm 0'03$)이다.

(3) 第2差 改正表는 臨界表로 되어 있어 臨界值 附近에서 誤差가 생기며 이 最大誤差는 $\pm 0'12$ (中央誤差는 $\pm 0'03$)이다.

229 table에서 D. S. D. 改正을 행하지 않아도 되는 경우의 計算高度의 最大誤差는 앞에 記述한 (1), (2)의 誤差가 合成되므로 最大誤差는 $\pm 0'19$ (中央誤差는 $\pm 0'04$)이다.

또 D. S. D. 改正을 행한 경우 計算高度에는 앞의 (1), (2), (3)의 誤差들이 合成되므로 最大誤差는 $\pm 0'31$ (中央誤差는 $\pm 0'05$)이 된다.

5. 結 言

以上の 結果를 要約하면 다음과 같다.

214 table에 의하여 赤緯 29° 以下인 天體 即 太陽, 달, 惑星의 計算高度를 算出하였을 때의 誤差는 子午線角이 작고 高度가 높을수록 커지며 子午線角 1° 以上에 對하여 살펴보면 最大 $2'15$ 에 達한다. 그러므로 子午線角이 아주 작고 高度가 極히 높은 天體를 觀測한 때에는 位置線航法으로 船位를 決定하지 말고 位置圈을 直接 作圖하거나 近午高度緯度法을 利用하여 緯度를 決定하는 것이 精度面에서 보아 顯명한 方法이다. 또 이와같은 誤差를 작게하기 위해서는 可及적이면 高度가 60° 以下인 天體를 選定하도록 注意할 必要가 있다.

229 table을 使用하는 경우에는 高度 60° 以上인 天體를 觀測하였을 때 $\pm 0'31$ 以下, 60° 以下인 天體를 觀測하였을 때에는 $\pm 0'19$ 以下の 誤差가 包含되며 60° 以下인 天體를 觀測한 경우에도 D. S. D. 改正을 行하기만 하면 더욱 誤差는 작아지므로 精度面으로 볼 때에는 229 table이 優秀하다.

參 考 文 獻

1. 計算高度方位角表, Vol. I, II, III, IV, V, 大韓民國水路局, (1973)
2. Sight Reduction Tables For Marine Navigation Vol. I, II, III, IV, U. S. Naval Oceanographic Office, (1970)
3. 尹汝政: 地文航海學, 韓國海洋大學, 海事圖書出版部, pp. 217~218. (1969)

