

천체의 천정거리결정의 한가지 방법

한창남, 최철민

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 우주세계에 대한 연구를 많이 하여야 하며 인간생활과 많이 잇닿아있는 천문현상에 대한 연구사업을 잘하여야 합니다.》(《김정일전집》 제3권 381페이지)

천체들의 천정거리결정에서 신속성과 정확성을 보장하는것은 천체들의 운동특성을 옳게 해명하는데서 중요한 문제로 제기된다.[2]

론문에서는 지상물체의 천정거리결정방법에 대하여 새롭게 해명하고 천문관측실의 여러 지점들에 대한 천정거리를 측정하여 기준점들을 설정하였으며 이 기준점들을 리용하여 태양의 천정거리를 결정하고 리론값과 비교하여 정확성을 확증하였다.

1. 지상물체의 천정거리결정방법

태양관측에 의한 지상물체의 천정거리결정방법을 구체적으로 보자.

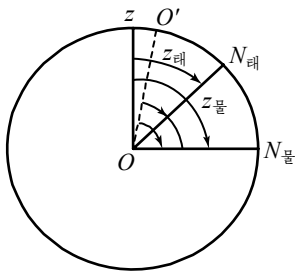


그림. 태양관측에 의한 지상물체의 천정거리결정

그림에서 O 는 관측지점이고 O' 는 가상적인 기준점, $N_{\text{태}}$ 은 경위기로 물체를 조준했을 때의 수직분도환눈금값, $N_{\text{태}}$ 는 태양중심의 수직분도환눈금값, $z_{\text{물}}$ 과 $z_{\text{태}}$ 는 물체와 태양의 천정거리라고 하자.

그림에서 알수 있는바와 같이 지상물체의 천정거리는 다음과 같다.

$$z_{\text{물}} = z_{\text{태}} + (N_{\text{물}} - N_{\text{태}}) \quad (1)$$

여기서 $N_{\text{물}}$ 과 $N_{\text{태}}$ 는 관측을 통하여 직접 얻을수 있다.[1]

그러나 $z_{\text{태}}$ 는 천정의 정확한 위치를 모르기때문에 관측을 통하여 구할수 없다.

태양의 천정거리는 다음과 같다.

$$\cos z_{\text{태}} = \sin \varphi \sin \delta_{\text{태}} + \cos \varphi \cos \delta_{\text{태}} \cos t_{\text{태}} \quad (2)$$

$$t_{\text{태}} = T_N + \lambda - N - 12 + \eta \quad (3)$$

2. 천체의 천정거리결정에 유리한 조건

식 (2)에서 오차가 포함될수 있는 량들인 z , φ , t 에 대하여 다음과 같이 미분하자.

$$-\sin z dz = (\cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t) d\varphi - \cos \varphi \cos \delta \sin t dt \quad (4)$$

이 식을 오차에 대한 식으로 넘기기 위하여 여기에 포함되어있는 미분 dz , $d\varphi$, dt 를 유한증분 Δz , $\Delta \varphi$, Δt 로 표시하자.

그러면 다음과 같이 표시된다.

$$-\sin z \Delta z = (\cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t) \Delta \varphi - \cos \varphi \cos \delta \sin t \Delta t \quad (5)$$

여기서 $\Delta z, \Delta\varphi, \Delta t$ 는 천정거리, 위도, 시간각의 오차이다.

그런데 항성시는 천체의 적경 α 와 시간각 t 에 의하여 다음과 같이 표시된다.

$$s = \alpha + t \quad (6)$$

한편 항성시는 시계눈금 T 와 그것의 보정값 u 를 통하여 다음과 같이 표시된다.

$$s = T + u \quad (7)$$

식 (6)과 (7)로부터 다음의 식을 얻는다.

$$\alpha + t = T = u, \quad t = T - \alpha + u \quad (8)$$

식 (8)을 미분하고 유한증분으로 넘기면 다음과 같다.

$$\Delta t = \Delta T + \Delta u \quad (9)$$

식 (9)에서 시간각결정의 오차 Δt 는 시계눈금읽기의 오차 ΔT 와 시계보정값결정의 오차 Δu 의 합으로 된다는것을 알수 있다.

이 식을 고려하면 식 (5)는 다음과 같다.

$$-\sin z \Delta z = (\cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t) \Delta \varphi - \cos \varphi \cos \delta \sin t (\Delta T + \Delta u) \quad (10)$$

시차3각형의 시누스공식에 의하면

$$\sin t \cos \delta = \sin A \sin z \quad (11)$$

이며

$$\cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t = -\sin z \cos A \quad (12)$$

이다. 결국 식 (10)은 다음과 같이 표시된다.

$$-\sin z \Delta z = -\sin z \cos A \Delta \varphi - \cos \varphi \sin A \sin z (\Delta T + \Delta u) \quad (13)$$

양변에서 $-\sin z$ 를 없애면

$$\Delta z = \cos A \Delta \varphi + \cos \varphi \sin A (\Delta T + \Delta u) \quad (14)$$

로 된다. 식 (14)에서 알수 있는바와 같이 천체의 천정거리결정에서 A 가 -50° 근방에 있을 때 오차가 제일 작아진다.

태양을 관측한다면 태양이 정오에 남쪽을 지나게 되므로 태양이 한시간에 약 15° 씩 움직인다는것을 고려한다면 8시부터 10시사이에 관측하여야 오차를 가장 작게 할수 있다.

3. 천문관측실에서 여러 지점들의 천정거리결정

표 1-3에 2018년 9월 2일에 진행한 천정거리결정을 위한 관측값들과 그 계산결과를 보여주었다.

표 1. 여러 지점들의 수직분도환눈금값

눈금번호	지점		
	1	2	3
N_1	93°25'15"	93°25'13"	89°54'10"
N_2	93°26'09"	93°26'05"	89°54'48"
\bar{N}	93°25'42"	93°25'39"	89°54'29"

표 2. 천정거리결정을 위한 태양의 관측값

번호	T_{M1}	T_{N2}	\bar{T}_N	$N_{태1}$	$N_{태2}$	$N_{태}$
1	9 ^h 17 ^m 33 ^s	9 ^h 21 ^m 56 ^s	9 ^h 19 ^m 44 ^s .5	50°16'23"	50°16'13"	50°16'18"
2	9 ^h 24 ^m 02 ^s	9 ^h 27 ^m 29 ^s	9 ^h 19 ^m 44 ^s .5	49°25'11"	49°25'10"	49°25'10.5"
3	9 ^h 29 ^m 07 ^s	9 ^h 32 ^m 34 ^s	9 ^h 19 ^m 44 ^s .5	48°37'40"	48°37'36"	48°37'38"
4	9 ^h 34 ^m 34 ^s	9 ^h 37 ^m 02 ^s	9 ^h 35 ^m 48 ^s	47°48'18"	47°48'21"	47°48'19.5"
5	9 ^h 39 ^m 13 ^s	9 ^h 42 ^m 48 ^s	9 ^h 41 ^m 0 ^s .5	47°05'47"	47°05'45"	47°05'46"
6	9 ^h 44 ^m 27 ^s	9 ^h 47 ^m 58 ^s	9 ^h 46 ^m 12 ^s .5	46°20'06"	46°20'04"	46°20'05"
7	9 ^h 49 ^m 39 ^s	9 ^h 53 ^m 18 ^s	9 ^h 51 ^m 28 ^s .5	45°34'26"	45°34'29"	45°34'27.5"
8	9 ^h 54 ^m 30 ^s	9 ^h 57 ^m 34 ^s	9 ^h 55 ^m 54 ^s	44°52'24"	44°52'20"	44°52'22"

관측날자 2018년 9월 2일

상수값 $\delta_1 = 7^\circ 56' 16''.94$, $\delta_2 = 7^\circ 33' 20''.83$, $\eta = 0''.23$

표 3. 여러 지점들의 천정거리계산값

번호	지점		
	1	2	3
1	91°.513 8	91°.513 0	87°.993 6
2	91°.334 5	91°.333 7	87°.814 3
3	91°.271 0	91°.270 2	87°.750 8
4	91°.268 0	91°.267 2	87°.747 8
5	91°.125 0	91°.124 2	87°.604 8
6	91°.047 6	91°.046 8	87°.527 4
7	91°.970 9	91°.970 1	87°.450 7
8	91°.986 8	91°.986 0	87°.467 4

3개의 지점들의 천정거리계산결과는 다음과 같다.

$$z_1 = 91^\circ 11' 22''.9 \pm 9' 24''.8 \quad \text{상대오차 } 0.17\%$$

$$z_1 = 91^\circ 10' 59''.9 \pm 9' 26''.8 \quad \text{상대오차 } 0.18\%$$

$$z_1 = 87^\circ 40' 10''.6 \pm 9' 25''.5 \quad \text{상대오차 } 0.18\%$$

4. 정확성검증

이 결과의 정확성에 대한 검증은 기준점들을 리용하여 태양의 천정거리를 결정하고 그 값을 천문력에 제시된 같은 시각 태양의 천정거리값과 비교하는 방법으로 진행하였다.(표 4)

표 4. 기준점에 의한 태양의 천정거리

번호	T_n	$z_{태1}$	$z_{태2}$	$z_{태3}$
1	9 ^h 19 ^m 44 ^s .5	48°01'58".9	48°01'38".9	48°01'59".6
2	9 ^h 25 ^m 45 ^s .5	47°10'51".4	47°10'31".4	47°10'52".1
3	9 ^h 30 ^m 50 ^s .5	46°23'18".9	46°22'58".9	46°23'19".6
4	9 ^h 35 ^m 48 ^s	45°34'00".4	45°33'40".4	45°34'01".1

번호	T_n	$z_{태 1}$	$z_{태 2}$	$z_{태 3}$
5	$9^h41^m0^s.5$	$44^\circ51'26''.9$	$44^\circ51'06''.9$	$44^\circ51'27''.6$
6	$9^h46^m12^s.5$	$44^\circ05'45''.9$	$44^\circ05'25''.9$	$44^\circ05'46''.6$
7	$9^h51^m28^s.5$	$43^\circ20'08''.4$	$43^\circ19'48''.4$	$43^\circ20'09''.1$
8	$9^h55^m54^s$	$42^\circ38'02''.9$	$42^\circ37'42''.9$	$42^\circ38'03''.6$

천문력에 주어진 태양의 천정거리값들을 표 5에 보여주었다.

표 5. 태양의 천정거리값

번호	T_N	$z_{태, 리}$	번호	T_N	$z_{태, 리}$
1	$9^h19^m44^s.5$	$48^\circ19'08''$	5	$9^h41^m0^s.5$	$44^\circ43'29''$
2	$9^h19^m44^s.5$	$47^\circ18'50''$	6	$9^h46^m12^s.5$	$43^\circ50'20''$
3	$9^h19^m44^s.5$	$46^\circ27'03''$	7	$9^h51^m28^s.5$	$42^\circ56'51''$
4	$9^h35^m48^s$	$45^\circ36'32''$	8	$9^h55^m54^s$	$42^\circ11'46''$

맺 는 말

천문관측실의 3개 지점들에 천체의 천정거리결정을 위한 기준점들을 마련하였으며 이 기준점들을 리용하여 태양의 천정거리를 결정하고 이론값과 비교하여 지상물체의 천정거리결정방법이 정확하다는것을 확증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 홍현익; 위치천문학, 김일성종합대학출판사, 183~188, 1980.
- [2] P. W. Foukal; Solar Astrophysics, Wiley-VCH, 323~325, 2014.

주체108(2019)년 3월 5일 원고접수

A Method for Definition of Zenith Distance of Celestial Body

Han Chang Nam, Choe Chol Min

Making fiducial points for definition of zenith distance of celestial body at three places in astronomical observatory, and using those points, we determined the zenith distance of the sun and compared with the theoretical value, we concluded that the method of definition of zenith distance of body was right.

Key words: zenith distance, astronomical observatory