

세종시대 창제된 소간의(小簡儀)의 현대적 개조와 태양의 고도 및 방위각 관측

최현동¹ · 김칠영^{2*}

¹서울대방초등학교 · ²공주대학교

Modern Reformation of So-ganui Invented during King Sejong Period and It's Altitude and Azimuth of the Sun Observations

Hyun-Dong Choi¹ · Chil-Young Kim^{2*}

¹Seoul Daebang Elementary School · ²Kongju National University

ABSTRACT

The purpose of this study was to explain how extraordinary the scientific technology of our ancestor was from the modern perspective by remodeling the most unique astronomical instrument, So-ganui (小簡儀), developed in the Sejong Period (世宗時代) after being examined with contemporary and the principles of the science and observational technology would be properly understood and measured directly. When measuring the altitude of the sun and azimuth using So-ganui, it was adjusted with the horizontal coordinate system and measured using Jipyehwan (地平環), Ipeunhwan (立運環) and Guyhyeong (窺衡). Based such measuring principles, the measurement accuracy proposed using So-ganui are as follows. The remodeled So-ganui produced approximately ± 0.29 degrees error on average at high altitude while in measuring the azimuth degrees, there was difference of ± 0.35 degrees. Since the theoretically, the measurement error for So-ganui was ± 0.5 degrees, the remodeled So-ganui could accurately measure at the high altitude compared to So-ganui from the Sejong period. In the study, So-ganui, which has disappeared, has been remodeled in modern perspective to be used as the educational material to accurately understand the principles of science and measurement technology from the Sejong period. The findings could contribute to raising the reputation in the astronomical observations from the documents from the Sejong period. Furthermore, this study has materialized the celestial and sky our ancestors have viewed with the observational principles of their times, on the computer screen via a webcam, bringing out interest in the traditional science for the students.

Key words : So-ganui, astronomical instrument, altitude and azimuth of the sun

I. 서론

조선 세종시대(世宗時代)는 우리 민족 역사상 가장 위대한 과학 기술 업적을 남긴 시대로 평가받는다. 세종대왕은 세종 14년(1432년)부터 우리나라 실정에 맞는 천체력(天體曆)을 편찬하기 위하여 역법(曆法)을 연구하였으며, 종합 천문대인 간의대를 설치하고, 혼의(渾儀), 혼상(渾象), 간의(簡儀), 소간의(小簡儀), 일성정시의(日星定時儀), 규표(圭表), 양부일구(仰釜

日晷) 등의 천문의기를 제작하여 한양을 기준으로 관측한 정확한 천문상수를 구하고 역법(曆法)을 제정하였다(이용삼, 2001).

그러나 효종 4년(1653년)부터 시헌력을 시행하게 되었는데, 시간과 각도의 척도가 바뀐에 따라 그동안 사용되었던 관측의기들을 사용할 수 없게 되어 새로운 의기들이 제작되었고, 그 후 소간의를 포함한 조선 전기에 제작된 많은 천문의기들은 대부분 소실되었다. 많은 연구자들은 사라져 버린 세종시대 천문의기

* 교신저자 : 김칠영(ajagoda@hanmail.net)

2012.2.20 (접수) 2012.3.14 (1심통과) 2012.4.12 (최종통과)

들을 복원하여 우리 조상들의 과학과 측정기술의 원리를 바르게 이해하려는 노력을 하고 있다(이용삼과 김상혁, 2002; 김상혁 등, 2006; 이용삼과 김상혁, 2007; 이용삼 등, 2008; 이용삼 등, 2009). 하지만 지금까지 수행된 연구들은 주로 과거 천문의기의 이론적 가치를 밝히고 천문의기를 복원하려는 영역에서 행해져왔기 때문에 일반인들에게 우리 조상들의 천문관측의기들의 활용 방법을 알려주고, 천문관측자료의 신뢰도를 높이려는 구체적인 연구로서는 부족한 면이 있다(권치순과 최현동, 2012).

또한 세종대의 천문과학기술은 당대 세계 최고 수준이었음에도 불구하고, 우리 후손들은 당시의 천문의기를 거의 접해보지도 못했을 뿐더러 활용방법에 대해 거의 알지 못하고 있다. 학생들뿐만 아니라 교육자들도 우리 조상들의 전통과학에 대한 연구 활동을 이해하려는 노력이 부족하였으며, 심지어 학교 교육 활동과 관련지어 생각하지 못하고 있다. 이러한 전통과학에 대한 회의적인 이해는 세종대 천문의기들에 대한 개념적 이해의 어려움과 현대 과학으로 충분히 대체되어 있어 굳이 알지 못하여도 불편한 점이 없다는 원인에 기인하기도 한다. 또 다른 이유로 우리 조상들의 전통 과학 활동을 우리 주변에서 쉽게 접해볼 수 없고, 단지 박물관에서 전시되어 있는 상태만을 관찰할 수 있는 여건에서 직접 조작해 보거나 실험해보고 사고할 수 있는 접근이 어렵다는 점을 들 수 있다. 결국 여러 가지 이유로 전통 과학은 박물관의 모형 과학이라는 비판과 학생들이 과학적으로 사고해볼 수 없는 조작적 한계를 갖게 되었다.

학생들에게 의미 있는 전통과학 실험을 제공하기 위해서는 박물관에서 이루어지는 천문의기의 관람과 설명보다는 조상들이 생각하고 추론하며 발견하였던 방법들을 흥미있게 접근할 수 있도록 하는 방안이 요구된다. 이 연구에서는 과거의 천문의기에 발달된 현대의 과학을 접목하여 일반인들이 쉽게 전통과학을 이해하도록 하는 것을 제안하고자 한다. 이러한 방법은 일반인들에게 천문학에 대한 단순한 흥미를 넘어 그 원인을 규명하려는 노력으로 이어져서 좀 더 높은 수준의 기능을 성공적으로 수행하기 위한 요소가 될 수 있다.

따라서 이 연구는 세종시대에 창제된 천문 관측의기 중 독창적인 것으로 알려진 소간의를 선택하여 현대적인 전자·기계 장치를 부착시켜 개조한 후, 세종시대의 과학과 측정 기술의 원리를 바탕으로 태양의

고도와 방위각을 측정하여 정밀도를 살펴보고, 우리 조상들의 과학기술이 얼마나 우수하였는지 현대적 관점으로 분석하고자 한다. 나아가 과거 우리 조상들의 관측 원리를 바탕으로 우리 조상들이 보았던 천체와 하늘을 웹캠을 활용하여 컴퓨터 화면으로 구현함으로써 일반인들이 전통과학에 관심과 흥미를 갖도록 하고, 소간의를 활용한 학교 교육에서의 활용 방안을 살펴보고자 한다.

이 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 소간의의 현대적 개조를 위한 방법은 어떠한가?

둘째, 개조된 소간의를 사용한 태양의 방위각과 고도 관측의 정밀도는 어떠한가?

셋째, 개조된 소간의를 사용한 학교 교육에서의 활용 방안은 어떠한가?

II. 연구 방법 및 절차

이 연구는 세종시대에 창제된 천문 관측의기 중 독창적인 것으로 알려진 소간의를 선택하여 복원하고 현대적으로 개조하여, 세종시대의 과학과 측정 기술의 원리를 바르게 이해하며, 우리 조상들의 과학기술이 얼마나 우수하였는지 현대적인 관점으로 분석하는 것이 목적이다.

이를 위하여, 먼저 문헌 분석을 통하여 소간의의 구조와 활용 방법을 확인한다. 소간의(小簡儀)에 대해 기록한 문헌은 세종실록(世宗實錄), 성종실록(成宗實錄), 연산군일기(燕山君日記), 증보문헌비고(增補文獻備考) 등이 있는데, 대략적인 소간의의 구조와 명칭만 나와 있을 뿐이고, 구체적인 치수는 나와 있지 않다. 다만 증보문헌비고에 의하면, 소간의의 부품인 사유환과 적도환의 지름이 2척이라는 것이 지금까지 밝혀진 구체적 치수의 전부이다.

다음으로 Needham 등(1986)과 이용삼(1996), 그리고 이용삼과 김상혁(2002)이 수행한 소간의에 대한 연구들을 바탕으로 소간의를 복원한다. 이후 소간의의 사용법, 조선시대 천체관측의기 구조와 사용법 등을 기초로 소간의를 현대적인 기계·전자 장치를 보완하여 개조할 수 있는 방안을 구안하고 개조하도록 한다.

이 단계에서는 소간의를 개조하기 위하여 설계도를 만들고, 망원경에 웹캠을 부착하여 촬영을 시도한다. 웹캠을 활용한 촬영은 짧은 시간 내에 많은 화면을 얻을 수 있는 장점이 있다(김희수, 2009). 예를 들

어, 목성이나 토성은 자전주기가 짧기 때문에 짧은 시간 안에 촬영해야 한다. 그런 점에서 과거 우리 조상들이 혜성을 관측하거나 행성을 관측한 부분과 웹캠을 사용하는 방법은 매우 일치한다. 아울러 과거 우리 조상들의 관측 원리를 바탕으로 우리 조상들이 보았던 천체와 하늘을 웹캠을 활용하여 컴퓨터 화면으로 구현함으로써 조상들의 천문관측의기에 대한 흥미와 관심을 불러일으킬 수 있다.

개조한 소간의를 사용하여 관측 활동을 실시하여 세종시대에 만들어진 소간의와 비교한 관측의 정밀도를 현대적인 관점에서 평가한다. 더 나아가 일반 사람들에게 우리 조상들이 살펴본 방법을 재현하여 천문현상을 쉽게 이해할 수 있는 자료로서의 활용 방안을 모색하고자 한다.

이 단계에서는 세종시대 소간의의 현대적 개조를 위한 여러 가지 시도가 이루어진다. 예를 들어, 과거의 소간의는 수평 물함을 사용하여 소간의의 수평을 맞추고 자침을 띄워 방위를 맞추었으나, 현대적인 관점을 도입하여 디지털 수평계, 디지털 각도계와 나침반 등을 사용할 수 있다. 과거의 소간의는 지평좌표와 한양의 북극 출지(위도)만을 맞출 수 있었지만 기어를 활용하면 용주의 변환 각도를 자유롭게 변환시킬 수 있기 때문에 지평좌표뿐만 아니라 다양한 지역의 위도를 맞출 수 있을 것이다.

현대적으로 개조한 소간의를 가지고 태양의 고도와 방위각 측정 방법과 측정의 정밀도를 확인한다. 마지막으로 연구한 결과를 바탕으로 결론을 내리고 개조한 소간의의 가치와 전망 및 교육적 활용 방안에 대하여 논한다.

III. 연구 결과

1. 소간의의 현대적 개조

세종시대(世宗時代) 소간의의 구조는 사유환(四遊環), 백각환(百刻環), 적도환(赤道環)으로 구성된 환(環) 부분과 이를 지지하는 기둥과 밑받침인 부(趺)로 나눌 수 있고, 사유환(四遊環) 중심에 축을 둔 규형(窺衡)이 있다. 그림 1은 소간의의 각 부속 장치의 명칭을 나타내었다.

1) 본체와 부품의 설계

이용삼(1996, 2001)의 연구에서 밝힌 간의(簡儀) 사

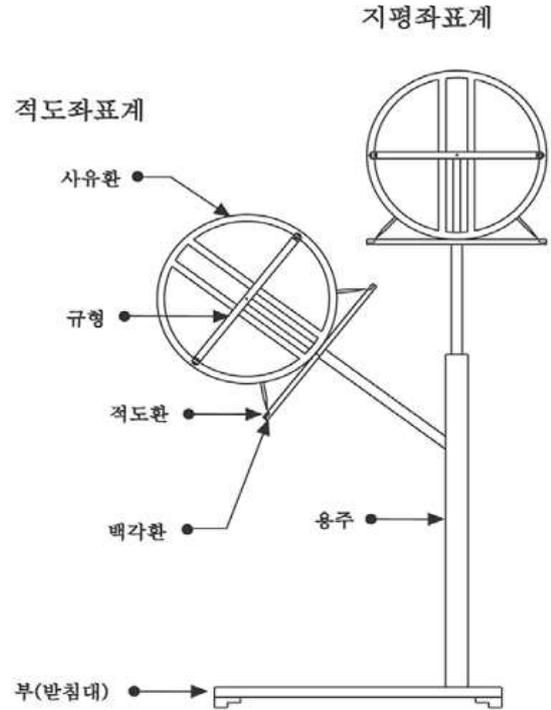


그림 1. 소간의(小簡儀)의 각 부속장치의 명칭(이용삼, 2002).

용법과 조선시대 천체관측의기 구조와 사용법의 내용을 살펴보면, 소간의를 구성하고 있는 부품은 간의와 유사하고 일성정시의(日星定時儀) 일부 부품 크기와 같음을 알 수 있다. 또한 소간의대(小簡儀臺)의 받침 석대 크기와 일성정시의의 밑받침 크기가 비슷한 것으로 판단하면 소간의의 전체적 크기는 일성정시의와 비슷하다(이용삼과 김상혁, 2002).

이용삼(1996)에 따르면, 소간의의 부품인 사유환과 적도환의 지름이 2척이라는 것이 「증보문헌비고」에 기록되어 있으며, 세종시대 사용된 1척의 길이는 207 mm이다. 따라서 이 연구에서는 사유환과 적도환의 직경을 414 mm로 하였다. 그리고 사유환과 적도환에는 그림 2와 같이 360도를 새겨 넣었다.

세종시대 소간의의 용주는 지평환과 적도환을 쫓을 수 있는 두 개의 홈이 있는 기둥이었을 것으로 짐작되나 이 연구에서는 그림 3처럼 어느 곳에서도 북극 고도를 맞출 수 있도록 기어를 장착하였다. 이 기어는 웬과 웬 기어로 용주에 적도환을 쫓고 웬을 회전시키면 웬 기어의 회전으로 각도를 조절할 수 있다. 또한 용주에는 디지털 각도계를 부착하여 정확한 북극 고도를 소수 둘째자리까지 숫자로 읽을 수 있도록 하였다(그림 4). 따라서 개조된 소간의의 용주에 부착된 기어와 디지털 각도계를 이용하여 적도환을 어느 곳에서도 원하는 지역의 북극고도에 정확히 맞추어 천

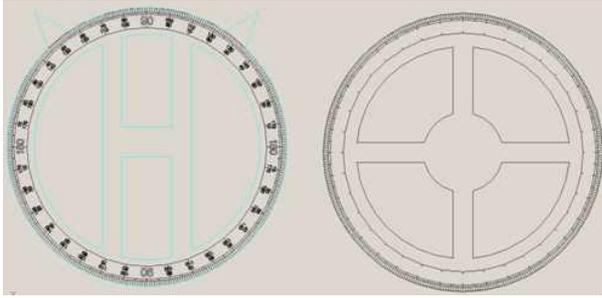


그림 2. AutoCAD로 작성한 사유환(左)과 적도환(右)의 설계도

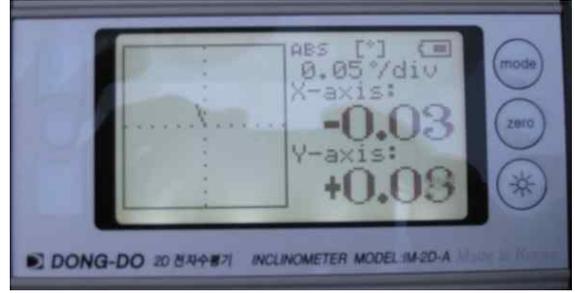


그림 5. 디지털 수평계



그림 3. 개조된 소간의에 장착된 기어



그림 6. 단안망원경(7×18 mm)에 ToUcam을 연결한 모습



그림 4. 디지털 각도계

체를 관측할 수 있도록 구성되었다.

세종시대 받침대에는 수평을 잡는 물흙이 있었고 자침을 물 위에 띄워 방향을 설정하였지만, 개조된 소간의에는 디지털 수평계(그림 5)와 나침반을 부착하여 정확한 수평과 방향을 맞출 수 있도록 하였다. 이 연구에서는 정밀한 수평 조절을 위하여 받침대의 상부 모서리의 뒤쪽에 2개의 수평 조절기를 설치하였다. 그리고 받침대 밑의 앞쪽에 약 0.5cm 두께의 작은 받을 설치하였다.

규형에는 7×18 mm의 단안망원경을 달고(그림 6), ToUcam과 연결하여 컴퓨터 화면을 통하여 관측 지점을 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다. 규형에도 용주에 부착된 디지털 각도기(그림 4)를 부착하여 규형의 움직임에 따라 소수 둘째자리까지의 정밀한 각도의 측정이 이루어질 수 있도록 하였다.

그림 7은 현대적인 기계·전자 장치를 부착하여 개조된 소간의에 컴퓨터를 연결한 전체 모습이다. 소간의의 본체와 각종 환의 재료는 가볍고 강하며, 내후성이 높고 가공성이 편리한 아크릴을 사용하였다. 받침대의 크기는 65cm×36.2cm 이며, 두께 3cm이다. 받침대에서 기어까지의 길이는 48cm이다. 컴퓨터의 무게를 뺀 소간의의 총 무게는 30.0kg이었다.

2) ToUcam과 컴퓨터 관측 환경

ToUcam으로 얻은 영상 화면의 크기는 일반적으로

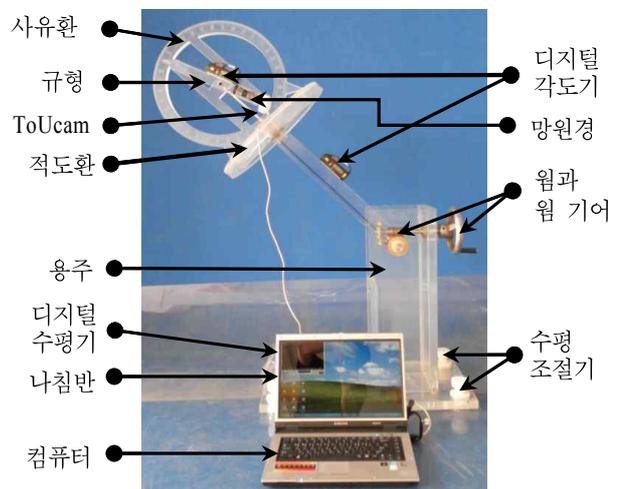


그림 7. 현대적으로 개조된 소간의의 전체 모습



그림 8. Vlounge 프로그램



그림 9. 태양의 고도 측정 모습

640×480 픽셀 사이즈이다. 연속된 영상을 찍을 때에는 Vlounge 프로그램을 가동시킨다(김희수, 2009).

ToUcam으로 촬영하면 시상이 불안정한 날에는 화면이 다소 일렁이게 된다. 불안정한 시상은 합성 작업 후에도 사진의 세부적인 모습을 보기 어려우므로 초점을 맞춘 후 시상이 안정될 때 본격적인 관측을 실시하였다(그림 9). 웹 카메라는 보통 천문용으로 사용하는 필터 시스템과 달리 RGB 컬러 필터가 CCD 표면에 붙어 있기 때문에 천문용으로 분석할 수 있는 자료는 만들 수 없으나, 행성과 별의 모니터링 등에 사용할 수 있다(박영식 등, 2006).

2. 태양의 고도와 방위각 측정

소간의에는 지평좌표계의 장치로 지평환(地平環)

과 입운환(立運環)이 있다. 지평환은 지면(地面)과 수평하고 입운환은 지면과 수직 방향인데, 입운환으로 24방위(方位)를 관측한다. 그리고 입운환 측면에 규형이 달려 있어 천체의 고도를 측정할 수 있다.

세종시대에는 지평에서 천정까지의 도수는 91.3도였고 지평에서 지심까지 91.3도였으므로 천정에서 지심까지 반환(半環)은 182.6도를 나타내어 입운환의 원주인 주천도분 365와 1/4도와 동일한 각도를 이루었다(이용삼, 2001).

고도각 측정 방법은 소간의의 기둥을 곧게 세워 지평환, 입운환, 규형을 이용하여 천체를 찾은 후, 수직으로 놓여있는 입운환을 좌우로 회전시키면서 규형으로 태양을 조준하여 태양의 지평고도를 측정할 수 있다. 규형의 끝부분이 가리키는 입운환 측면의 값이 고도가 된다. 이 연구에서 개조된 소간의에서는 수평기를 이용하여 지평환의 수평을 잡고 나침반을 이용하여 정북의 방위를 맞추어 설치하면 된다.

방위각의 측정방법은 입운환을 붙잡아 고정하여 규형을 아래로 내려 지평환을 가리키며 지평환의 눈금을 읽는다. 입운환을 수직으로 받치고 평평하게 놓여있는 지평환은 천체의 방위를 측정하는데 사용된다. 이 연구에서의 고도는 지평선과 태양 사이의 각도(값)이며, 방위각은 북쪽에서 동쪽 방향으로 측정한 값(도)이다.

이 연구에서는 태양을 관측하기 위하여 개조된 소간의의 규형에 달린 망원경에 장착할 수 있는 태양 필터를 제작하였다. 플로피 디스크에 있는 검정 필름 2장을 겹쳐 제작된 태양 필터를 통하여 태양의 모습을 컴퓨터 화면으로 직접 투영할 수 있었기 때문에 정밀한 관측과 측정이 가능하였다.

소간의를 이용한 태양의 고도와 방위각 측정은 오전 9시부터 오후 4시까지 1시간 간격으로 수행되었다. 다음으로 역서에서 태양의 고도와 방위각을 얻었고, 이후 복원된 소간의로 측정된 값과 개조된 소간의로 측정된 값을 비교해 보았다.

표 1에는 소간의(小簡儀)를 가지고, 2011년 5월 28일 서울특별시 영등포구 D초등학교에서 9시부터 16시까지 태양의 고도와 방위각을 측정된 값과 역서에 있는 값이 비교되어 나타나 있다. 역서에 나타난 태양의 고도와 방위각은 도, 분, 초로 표시되어 있었으나 복원된 소간의의 측정값과 비교하기 위하여 측정값을 도로 통일하여 나타내었다.

표 1을 살펴보면, 소간의로 측정된 고도는 역서에

표 1. 소간의로 측정된 태양의 고도와 방위각(2011년 5월 30일)

시간(시)	소간의		역서		오차	
	고도(도)	방위각(도)	고도(도)	방위각(도)	고도(도)	방위각(도)
09	42.70	99.75	42.43	94.08	0.27	5.67
10	54.25	111.25	54.13	105.53	0.12	5.72
11	64.75	129.00	65.01	123.07	0.26	5.93
12	73.30	166.00	72.90	155.97	0.40	10.03
13	72.35	215.00	72.85	204.63	0.50	10.37
14	64.55	244.75	64.88	237.28	0.33	7.47
15	54.05	261.75	55.00	254.68	0.95	7.07
16	41.45	273.00	42.28	266.08	0.83	6.92
평균	58.43	187.56	58.69	180.17	0.48	7.40

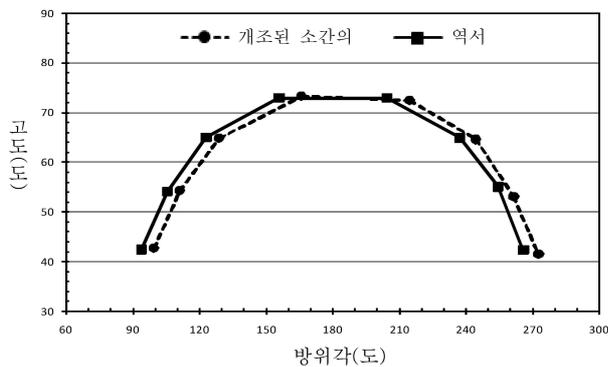


그림 10. 태양의 고도와 방위각(2011년 5월 30일)

나타난 고도와 비교하여 10시에는 오차(0.12도)가 매우 작으나 15시에는 오차(0.95도)가 가장 크게 나타난다. 평균적으로 약 0.48도의 오차가 발생하였다. 소간의로 측정된 방위각은 역서에 나타난 방위각과 비교하여 9시에 오차가 5.67도로 가장 작았으나 점점 오차가 늘어나서 13시에는 오차가 10.37도로 가장 컸다. 그리고 시간이 지날수록 다시 오차가 줄어드는 양상이다. 평균적으로 약 7.40도의 오차가 발생하였다.

방위각 측정에서 오차가 생긴 이유는 진북(眞北)과

자북(磁北)의 차이에 의한 편각 때문인 것으로 판단된다. 이는 원천적인 오차 값으로 진북과 자북은 5도 이상 차이가 난다(김희수, 2005). 진북과 자북의 편각은 진북 방향과 나침반의 자침이 가리키는 자북 방향과의 사이각으로 정밀한 측정을 통해 결정할 수 있다.

소간의로 측정된 측정값과 실제 값의 양상이 어떻게 나타나는지를 분명하게 비교하기 위해 그래프로 나타내었다(그림 10).

그림 10에서 살펴보면, 소간의의 측정값은 역서의 값과 비교하여 체계적으로 오른쪽으로 옮겨져 나타내므로 일률적으로 보정하는 것이 가능하다. 결국 태양의 방위각을 정밀하게 측정하기 위해서는 진북이 자북보다 7.40도 만큼 동쪽에 있으므로 극축을 동쪽으로 7.40도 옮겨야 한다는 것을 알 수 있다.

표 2에는 2011년 7월 5일 측정된 태양의 고도와 방위각이 나타나 있다. 이 관측은 앞서의 관측 결과를 바탕으로 극축을 동쪽으로 7.40도 만큼 옮겨서 이루어졌다. 개조된 소간의로 측정된 고도를 역서와 비교하면, 태양의 고도는 최소 0.03도에서 최대 0.47도의 오차가 발생하며, 평균적으로 약 0.29도의 오차가 있

표 2. 개조된 소간의로 측정된 태양의 고도와 방위각(2011년 7월 5일)

시간(시)	개조된 소간의		역서		오차	
	고도(도)	방위각(도)	고도(도)	방위각(도)	고도(도)	방위각(도)
09	41.20	92.00	41.63	91.62	0.43	0.38
10	52.95	102.60	53.42	102.40	0.47	0.20
11	64.30	118.90	64.57	118.52	0.27	0.38
12	73.60	150.20	73.3	149.30	0.30	0.90
13	74.90	200.70	74.43	200.47	0.47	0.23
14	67.10	237.00	66.82	236.43	0.28	0.57
15	55.90	254.70	55.97	254.65	0.07	0.05
16	44.20	266.30	44.23	266.20	0.03	0.10
평균	59.27	177.80	59.30	177.45	0.29	0.35

다는 것을 알 수 있다. 또한 개조된 소간의로 측정된 방위각을 역서와 비교하면, 최소 0.05도에서 최대 0.90도의 오차가 발생하며, 평균적으로 약 0.35도의 오차가 있다는 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 서울 지역에서 7.40도만큼 극축을 동쪽으로 정교하게 조정하여 개조된 소간의로 측정할 경우, 태양의 고도는 약 0.29도의 오차가 생길 수 있고, 태양의 방위각은 0.35도의 오차가 생길 수 있다는 것을 의미한다. 이는 조선시대의 소간의는 ±0.5도의 오차 범위에서 측정(이용삼과 김상혁, 2002)되었다고 평가되고 있으므로, 개조된 소간의는 정밀도 면에서 매우 향상되었다고 판단된다.

표 3의 내용을 그래프로 나타내면 그림 11과 같다. 그림 11에 나타난 개조된 소간의로 측정된 태양의 고도와 방위각은 역서의 것과 매우 일치함을 알 수 있다. 따라서 방위각은 극축의 이동에 관련된 것으로 개조된 소간의가 갖는 측정의 오차는 고도 측정값에서 찾을 수 있다고 판단된다. 따라서 개조된 소간의는 고도 측정에서 약 0.29도, 방위각 측정에서 0.35도의 오차로 측정이 가능한 천체관측의기라고 평가할 수 있다.

의기를 설치할 때 천구상의 천체들의 일주운동과 의기의 회전축(적극축, 赤極軸)이 일치하여야 한다. 간의나 일성정시의에는 부품 중에서 극축을 맞추는 정극환이 장치되어 있다(이용삼, 1996). 그러나 소간의에는 정극환이 설치되어 있지 않으므로 이 연구에서 실행한 태양 관측이나 별의 일주운동을 관측하여 극축을 정했을 것으로 판단된다.

또한, 이론적으로 간의와 같이 지평환의 규모가 큰 환에서는 눈금 사이에 많은 등분을 가능하여 보다 정밀한 측정이 가능하겠지만 이동식으로 만들어진 소간의에는 많은 눈금의 등분은 불가능하였을 것으로 판단된다(이용삼, 1996). 왜냐하면 환의 규모가 커지

면 다른 부속 장치들의 부피와 무게가 늘어나기 때문에 소간의가 갖는 이동식 관측 의기로서의 장점이 사라지기 때문이다. 따라서 지름이 2척의 환으로는 1도 간격이 적합했을 것이며, 태양의 고도가 60도 이상이 되면 관측에 많은 어려움이 있는 것으로 보아 관측 업무를 수행하는 관측자의 기능숙달 정도가 관측의 정밀도에 많은 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

한편 위도가 ϕ 인 임의의 지방에서 태양의 적위가 δ 인 날의 태양의 고도(h)는 다음과 같이 표현된다(하병권 등, 1997; Seeds, 2006). 즉, $h = 90^\circ - \phi + \delta$ 이다. 같은 날이라고 하더라도 각 지방의 태양 고도는 그 위도에 따라 변한다. 예를 들어, 하지 날의 경우 서울 지방($\phi = 37^\circ 30'$)은 부산 지방($\phi = 35^\circ 06'$)보다 태양의 고도가 위도 차이인 만큼인 $2^\circ 24'$ 낮게 된다.

3. 학교 교육에서의 활용 방안

이 연구에서 소간의를 사용하여 측정된 내용은 6학년의 ‘계절의 변화’ 단원과 연계하여 활용될 수 있다. ‘계절의 변화’ 단원에서는 계절 변화에서 나타나는 현상과 그 원인을 이해하고 해시계를 만들어 보도록 하는 것이 주요 내용이다. 이를 위해 낮의 길이, 태양의 고도와 기온과의 관계, 태양 복사 에너지, 남중 고도에 따른 계절의 변화 등의 내용을 지도하도록 하고 있다. 따라서 학생들이 개조된 소간의를 직접 사용하여 웹캠으로 하루 동안 태양의 고도를 측정하고 그 내용을 저장한다면, 하루 동안 하늘에 떠 있는 태양의 위치가 변함에 따라 그림자의 위치와 크기도 같이 변한다는 사실을 실험을 통해 확인함은 물론 태양의 고도에 따라 동일한 면적에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 달라지는 것을 컴퓨터 화면을 통해 확인할 수 있다. 그리고 하루 동안 하늘에 떠 있는 태양의 위치가 변함을 이해하고 해시계의 원리를 파악하여 소간의로 시각을 측정해볼 수 있는 활동도 할 수 있다.

이 연구가 추구하는 근본적인 취지는 우리 조상들의 전통과학을 개선하여 학생들이 흥미를 가지고 조상들의 슬기를 실제로 배우게 하도록 하는 것이다. 학생에게 소간의를 사용하는 실험 과정을 제시해주면, 학생들은 자연스럽게 우리나라의 전통 천문의기에 접근하여 의문이 발생하는 상황에서 전통 과학기술을 익히고, 우리 조상들과 같이 사고하게 하여 우리 조상들과 같은 발견의 기쁨을 누리게 할 수 있을 것이다. 즉 학생들에게 의미 있는 전통과학 실험을 제공하기 위해서는 박물관에서 이루어지는 관람과 설명보

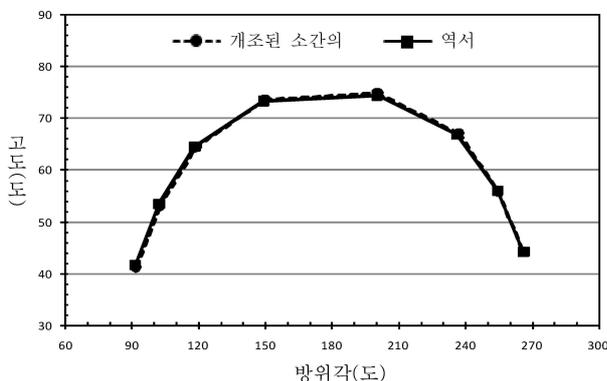


그림 11. 태양의 고도와 방위각(2011년 7월 5일)

다는 우리 조상들이 생각하고 추론하며 발견하는 방법들을 이해하도록 하고, 이를 바탕으로 전통 과학을 이해할 수 있도록 하는 연구가 필요하다.

이러한 역사적 모형 학습은 Lawson(1995)에 의해 이미 제기되어 매우 효과적인 접근의 사고 기술 교육으로 사용되고 있다. 발달된 현대의 과학을 과거의 천문의기에 접목한다면, 일반인들에게 과학에 대한 관심과 흥미를 유발하고 올바른 우주관을 키울 수 있는 계기가 될 수 있을 것이다(Lightman et al., 1987). 이는 학생들에게 천문학에 대한 단순한 흥미를 넘어 그 원인을 규명하려는 노력으로 이어져서 좀 더 높은 수준의 기능을 성공적으로 수행하기 위한 요소가 될 수 있다(Bisard et al., 1994; NRC, 1996). 이를 위하여 현대적인 관점에서 전통과학을 개선하여 활용하여야 한다.

VI. 결론 및 제언

1. 결론

이 연구의 목적은 세종시대(世宗時代)에 창제된 천문관측의기 중 독창적이었던 소간의(小簡儀)를 선택하여 현대적 개선 방안을 살펴보고 개조한 다음, 태양의 고도와 방위각을 측정하여 정밀도를 알아보고, 소간의의 교육적 활용 방안을 살펴보는 것이었다. 이를 위하여, 연구자는 세종시대 소간의의 기본 구조에 현대적 전자·기계 장치를 부착시켜 측정의 정밀도를 높이고, 우리 조상들의 관측 원리를 바탕으로 우리 조상들이 보았던 천체와 하늘을 웹캠을 활용하여 컴퓨터 화면으로 구현하고 관측하도록 하였다.

태양의 고도와 방위각 측정 방법은 소간의의 기둥을 끈게 세워 지평환, 입운환, 규형을 이용하여 천체를 찾은 후, 수직으로 놓여있는 입운환을 좌우로 회전시키면서 규형으로 태양을 조준하면 된다. 소간의를 활용하여 태양의 고도와 방위각을 측정한 결과, 고도의 측정에서 평균적으로 ± 0.29 정도의 오차가 있었으며 방위각의 측정에서는 평균적으로 ± 0.35 도의 오차가 있었다. 이론적으로 제시되었던 소간의의 측정 오차가 ± 0.5 도이므로 개조한 소간의는 세종시대의 소간의보다 정밀한 고도 측정이 가능하다. 개조된 소간의는 과학과 교육과정의 6학년의 천문 내용을 학생들에게 학습시키기에 적합하며, 우리 조상들의 과학과 측정기술의 원리를 바르게 이해하도록 하는 학습 자

료로 이용할 수 있는 자료이다.

발달된 현대의 과학을 과거의 천문의기에 접목한다면, 학생들에게 과학에 대한 관심과 흥미를 유발하고 올바른 우주관을 키울 수 있는 계기가 될 수 있다. 이러한 노력은 학생들에게 천문학에 대한 단순한 흥미를 넘어 그 원인을 규명하려는 탐구로 이어져서 좀 더 높은 수준의 기능을 성공적으로 수행하기 위한 요소가 될 수 있다. 따라서 현대적인 관점에서 전통과학을 개선하여 활용하려는 노력은 지속적으로 이루어져야 한다.

2. 제언

이 연구는 과거 우리 조상들의 천체관측 원리를 바탕으로 우리 조상들이 보았던 천체와 하늘을 웹캠을 활용하여 컴퓨터 화면으로 구현함으로써 학생들에게 전통 과학에 대한 흥미와 관심을 불러일으키고, 조상들의 천문 관측 자료의 신뢰도를 높이는 데 기여할 것이다. 이 연구는 전통 과학기술을 배우고 익히는 하나의 기본적인 방안으로 제시되었으며, 다른 천문관측 의기들의 현대적 개조와 재조명에 대한 연구가 이루어질 수 있는 기초 연구로서 가치가 있다.

또한 후속 연구로서 소간의를 사용하여 별의 적경과 적위를 측정하고, 낮과 밤의 시간을 측정하여 지형계측기로서 이용하여 그 정밀도를 측정해보는 활동을 학생들이 직접 수행할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 권치순, 최현동(2012). 세종시대 창제된 소간의의 복원과 과학교육에서의 적용방안. 대한지구과학교육학회지, 5(1), 1-7.
- 김상혁(2007). 송이영 혼천시계의 작동 메커니즘에 대한 연구. 중앙대학교 박사학위 논문.
- 김상혁, 이용삼, 남문현(2006). 남병철의 혼천의 연구II: 『의기집설』에 나오는 <혼천의용법>의 역해설. 한국우주과학회지, 23(1), 71-90.
- 김희수(2009). 천체관측. 시그마프레스: 서울.
- 김희수(2005). 관측천문학 실습. (주)북스힐:서울.
- 박영식, 이동주, 진호, 한원용, 박장현(2006). 웹 카메라의 특성 분석 및 고해상도 행성촬영. 한국우주과학회지, 23(4), 453-464.
- 이용삼(1996). 세종대 간의의 구조와 사용법. 동방학지, 159-202.
- 이용삼(2001). 조선시대의 천체관측의기의 구조와 사용법. 자연과학박물관학보, 15, 17-34.
- 이용삼, 김상혁(2002). 세종시대 창제된 천문관측의기 소간의. 한국우주과학회지, 19, 231.

- 이용삼, 김상혁(2007). 송이영 혼천시계의 천체운행 장치 구조와 작동원리 연구. 한국우주과학회지, 24(2), 167-178.
- 이용삼, 김상혁, 정장해(2009). 동아시아 천문관서의 자동 시보와 타종장치 시스템의 고찰: 수은의상대, 자격루, 옥루, 송이영 혼천시계 등을 중심으로. 한국우주과학회지, 26(3), 355-374.
- 이용삼, 정장해, 김상혁, 이용복(2008). 신라시대 천문역법과 물시계 복원연구. 한국우주과학회지, 25(3), 299-320.
- 하병권, 최영재, 이용복, 고영신, 구덕길, 권치순, 배영부, 최홍관, 김재영(1997). 과학과교육. 형설출판사: 서울.
- Bisard, W. J., Aron, R. H., Francek, M. A., and Nelson, B. D., 1994, Assessing selected physical science and earth science misconceptions of middle school through university preservice teachers. *Journal of College Science Teaching*, 24, 38-42.
- Lawson, A. E., 1995,. *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
- Lightman, A. P., Miller, J. D., and Leadbeater, B. J., 1987, Contemporary cosmological beliefs. *Proceedings of the second international seminar: misconceptions and educational strategies in science and mathematics*, Cornell University, NY, 309-321.
- Needham, J., Lu G. D., Combridge J. H., and Major J. S. (1986). *The Hall of Heavenly Records*. Cambridge Univ. Press: Cambridge.
- NRC (National Research Council), 1996, *National science education standards*. National Academic Press, Wasington DC.
- Seeds, M. A. (2006). *Horizons: Exploring the unuverse* (9th ed.). Thomson Brooks/Cole, Belmont.