

제15회 고천문워크숍 및 제14회 해시계학술대회
근대 이전 서양과 동아시아 과학지식의 교류와 수용

일시: 2023년 9월 14일(목) 13:00 ~
9월 15일(금) 12:00

장소: 증평좌구산천문대 강당

한국천문연구원 / 해시계연구회 / 증평좌구산천문대 / 충북Pro메이커센터

제15회 고천문워크숍 및 제14회 해시계학술대회
- 근대 이전 서양과 동아시아 과학지식의 교류와 수용 -
일 정 표

- 일시: 2023년 9월 14일(목) ~ 15일(금)
- 주최: 한국천문연구원 / 증평좌구산천문대
- 주관: 한국천문연구원 / 해시계연구회 / 충북Pro메이커센터
- 장소: 증평좌구산천문대 강당

구 분	시 간	내 용	발표 및 진행
등 록	12:00 ~ 13:00 (60')	학술대회 등록 (1일차)	
개 회	13:00 ~ 13:20 (20')	개회 및 축사/환영사 양홍진 (천문연 고천문연구센터장) 서호성 (해시계연구회장) 김용기 (충북Pro메이커센터장) 안응영 (증평좌구산천문대장)	진 행: 김 상 혁 (한국천문연구원)
세 션 I	[과학관 전시와 교육] 좌장: 김 상 혁 (한국천문연구원)		
13:20 ~ 14:50	13:20 ~ 13:50 (30')	[초청강연] 중종 자격루 주전(籌箭)의 작동 전시품 제작과 설치	■ 윤 용 현 (국립중앙과학관)
	13:50 ~ 14:10 (20')	조선에서 제작된 아스트롤라베 ‘혼개통헌의’ 의 현대화	■ 화 가 영 (송암스페이스센터)
	14:10 ~ 14:30 (20')	칠갑산 천문대에 관한 정량적 분석과 제언	■ 최 상 경 (청양칠갑산천문대)
	14:30 ~ 14:50 (20')	증평좌구산천문대 소개	■ 안 응 영 (증평좌구산천문대)
휴 식	14:50 ~ 15:10 (20')	천문대 견학 및 휴식	
세 션 II	[조선후기 서양 천문학의 수용과 적용] 좌장: 남 경 옥 (국립과천과학관)		
15:10 ~ 16:20	15:10 ~ 15:40 (30')	[초청강연] 서양우주론의 전래와 조선 학자들의 지구회전설	■ 전 용 훈 (한국학중앙연구원)
	15:40 ~ 16:00 (20')	시헌력에서의 일·출입시각 계산	■ 최 고 은 (충북대학교 기초과학연구소)
	16:00 ~ 16:20 (20')	19세기 남병철 혼천의의 용법에 대한 분류	■ 최 홍 순 (충북대학교/한국천문연구원)
휴 식	16:20 ~ 16:40 (20')	기념촬영(1) 및 휴식	
세 션 III	[해시계의 원리와 활용] 좌장: 전 준 혁 (충북대학교)		
16:40 ~ 18:00	16:40 ~ 17:10 (30')	[초청강연] 조선 후기 평면해시계와 투영 기하학	■ 이 용 복 (서울교육대학교/소남천문학사연구소)
	17:10 ~ 17:30 (20')	규표 관측을 통한 역수(曆數)의 추출	■ 유 경 한 (충북대학교)
	17:30 ~ 17:50 (20')	시간선이 등간격인 3차원 사이클로이드 해시계	■ 임정훈/정재희 (대전동신대학교)
	17:50 ~ 18:00 (10')	[북콘서트] 해시계 - 해시계의 수학적 원리 분석	■ 황 운 구 (대전동신대학교)
1일차 종료	18:00 ~ 18:30	[북콘서트] 저 자 사 인 회	

구분	시간	내용	발표 및 진행
등록	9:30 ~ 10:00 (30')	학술대회 등록 (2일차)	
세션 IV	[천문의기와 관측기록] 좌장: 박 은 미 (충북대학교)		
10:00 ~ 11:30	10:00 ~ 10:30 (30')	[초청강연] 세종 시대의 천문의기(天文儀器) 복원(復元) 연구의 회고(回顧)	■ 이 용 삼 (충북대학교)
	10:30 ~ 10:50 (20')	조선과 원대(元代) 자동물시계 메커니즘 비교	■ 김 상 혁 (한국천문연구원)
	10:50 ~ 11:10 (20')	성변측후단자의 과학적 가치와 역사적 의미	■ 양 홍 진 (한국천문연구원)
	11:10 ~ 11:30 (20')	How are the Terms of the Angular Distance between Celestial Bodies Defined in Korean Historical Records?	■ 이 효 준 (과학기술연합대학원대학교/한국천문연구원)
휴식	11:30 ~ 11:40 (10')	기념촬영(2) 및 휴식	
폐회	11:40 ~ 12:00 (20')	총평 이용삼 (충북대학교) 총평 이용복 (소남천문학사연구소장) 폐회사 김상혁 (학술대회 조직위원장)	진행: 김상혁 (한국천문연구원)
답사	12:00 ~	초정행궁 천문유물 답사 (점심식사)	

※ 발표시간 및 발표제목은 상황에 따라 일부 변경될 수 있음.

중종 자격루 籌箭의 작동 전시품 제작과 설치

윤용현¹, 김상혁², 민병희², 오경택³

¹국립중앙과학관, ²한국천문연구원, ³(재)수도문물연구원

요약문

조선전기 자동물시계는 1434년 세종 보루각 자격루, 1536년 중종 보루각 자격루, 그리고 1438년 세종 흥경각 옥루, 1554년 명종 흥경각 옥루를 들 수 있다. 이 가운데 현재 남아 전하는 것은 1536년 중종 때 완성한 보루각 자격루의 수량제어장치인 파수호와 수수호이다. 이 파수호와 수수호는 창경궁 자격루 누기로 부르고 있으며 국보로 지정되어 관리되고 있다. 필자는 서울 인사동 공평구역에서 발굴된 경점용 동판과 구슬방출기구를 분석하여 조선전기 자동물시계의 주전(籌箭) 장치를 규명하고 그것을 토대로 주전시스템 복원설계 연구를 진행한 바 있다. 또한 이를 바탕으로 발굴 주전 유물의 제작시기를 중종 보루각 자격루로 규명하고 복원 설계를 제시한 바 있다. 남문현 등에 의해 2006년 복원된 보루각 자격루가 2022년 8월까지 국립고궁박물관에 전시된 바 있다. 이 복원물의 누기인 파수호와 수수호는 국보인 중종 보루각 자격루를 모델로, 동력전달 장치인 주전과 시보장치는 『세종실록』 속 「보루각기」와 「보루각명병서」 등의 문헌을 토대로 복원되었다. 말하자면 수량제어장치는 중종 보루각 자격루로, 동력전달장치와 시보장치는 세종 보루각 자격루가 복원에 적용된 셈이다. 2022년 9월, 2006년에 복원된 보루각 자격루가 국립고궁박물관에서 국립중앙과학관으로 이관되었다. 본 연구는 인사동 출토 12시용과 경점용 주전시스템을 적용함으로써, 기 복원된 보루각 자격루의 오류를 개선하여 ‘중종 보루각 자격루’로 재 복원하고, 나아가 중종 보루각 자격루 주전의 과학원리 체험형 전시품 개발·제작 및 국립중앙과학관 체험 전시품으로의 설치와 활용에 대해 다루고자 한다.

조선에서 제작된 아스트롤라베 '혼개통헌의'의 현대화

화가영, 김현상, 이제홍, 김상재, 이동주, 석우진, 송병권, 홍대길

송암스페이스센터

요약문

조선 시대의 천문학 발전을 확인할 수 있는 수많은 고천문 관측기기 중에 동아시아에서 유일하게 제작된 아스트롤라베(Astrolabe), '혼개통헌의(渾蓋通憲儀)'가 있다. 이는 17세기 이후 서양의 과학 지식이 동아시아로 전래되면서 1787년(정조 11년), 실학자 '유금(柳琴, 1741~1788)'이 조선 위도에 맞게 재해석 하여 제작한 것이다. 고천문 관측기기는 천체의 관측을 통하여 시간과 달력의 기본 원리를 이해하는데 도움을 줌으로써 천문학 교육에서도 중요한 의미를 지닌다. 송암 스페이스센터는 2019년 대한민국 보물로 지정된 혼개통헌의를 재해석하여, 현대에 활용이 가능하도록 개발하였다. 조선시대 전통 역서에서 사용되는 24절기와 12간지 등의 내용과 리티의 지성침 디자인은 유지하고, 현재 서울 위도에 맞춘 좌표계 위에 오늘날 공식적인 별의 이름과 적경, 적위 등을 수정한 혼개통헌의를 완성하였다. 현대화된 혼개통헌의를 천문교육에 활용하여 학습자는 관측한 별의 정보를 가지고 시간, 위치, 거리와 천체의 출몰시간을 측정할 수 있다. 현대화된 혼개통헌의는 서양에서 중국으로 전래된 천문학이 조선시대에 잘 흡수되었고, 오늘날까지 이어지는 천문기기로 판단된다. 이런 과정에서 고천문기기는 현대와의 단절이 아닌, 천문학의 기본원리를 이해하는 중요한 기기임을 확인하고자 한다.

칠갑산천문대에 관한 정량적 분석과 제언

최상경^{1,2}, 전준혁², 김용기²

¹칠갑산천문대 스타파크, ²충북대학교

요약문

이 연구에서는 칠갑산천문대 스타파크(이하, 칠갑산천문대)를 중심으로 다양한 자료들(관람객 집계, 대중매체 정보, 기상 관측 자료 등)을 수집하고, 정량적인 분석을 시도하였다. 이는 국내 천문과학관의 현황 분석과 기초 자료 확보를 위한 시험론적 연구이다.

칠갑산천문대는 2009년 7월 28일에 개관하였다. 개관 이후 현재까지(2023년 7월 31일 기준), 누적 관람객 수는 283,931명이다. 개관 연도에 가장 많은 관람객이 방문하였고, 이후 완만한 감소 추세를 보이다가 팬데믹(Covid-19) 기간(2020~2022년)에 급격하게 감소하였다. 2022년 상반기 이후에 규제가 완화되면서, 현재는 회복세에 있다. 14년간 누적된 자료로부터 월별 분포를 살펴보면, 8월(21%)에 가장 많은 관람객이 방문한 것으로 확인된다. 8월은 미성년자들의 방학과 성인들의 휴가 기간이 겹치는 시기이면서, 별뿔별 행사를 진행하기 때문에 가족 단위의 관람객이 많이 찾은 것으로 이해할 수 있다. 요일에 따른 관람객의 방문 비중을 살펴보면, 주중(월요일-금요일: 39%)보다 주말(토요일: 35%, 일요일: 26%)에 더 높은 것을 확인할 수 있다.* 또한, 칠갑산천문대의 일별 관람객 상위 10개의 날을 확인해보면†, 7개의 날은 칠갑산천문대에서 행사가 진행된 날이며, 나머지 날들은 대중매체의 영향을 받던 시기로 확인된다.‡ 이는 관람객 방문에 행사와 대중매체, 그리고 주말 효과가 미치는 영향이 크다는 것을 의미한다. 특히, 상위 9위인 2017년 8월 13일은 강우(3mm)가 있던 날임에도 별뿔별 행사가 진행되었던 날이다. 이는 강우가 있음에도 칠갑산천문대를 방문하는 관람객이 있다는 것이다. 지난 14년 동안 51,276명(19%)의 관람객이 궂은 날씨에도 칠갑산천문대를 방문한 것으로 확인된다. 즉, 기상 조건(예, 강수 유무 등)에 따라 관람객의 방문 여부가 결정되는 것이 아님을 의미한다.

우리는 이와 같은 결과들을 반영하여 다음과 같은 전략을 제안한다: 1) 주말 효과(Weekend Effect)를 반영한 프로그램을 구축한다. 2) 행사 효과(Event Effect)를 이용하여 관람객을 주중에 유치하는 방안을 마련한다. 3) 날씨에 상관없이 실내에서 진행이 가능한 프로그램을 개발한다. 우리는 이 연구의 결과를 참고함으로써 천문과학관의 방향을 위한 로드맵을 구축하고, 어떠한 상황(예, 팬데믹 등)에도 선제적으로 대응할 수 있는 전략적 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대한다.

* 일별 관람객은 2009년 8월 18일부터 확인된다.

† 상위 10위 중 가장 많은 관람객이 방문한 날은 2017년 8월 12일 토요일로 별뿔별 행사(8.11~13)가 진행된 날이다. 이날은 913명의 관람객이 방문하였다.

‡ 행사가 진행된 7개 중 5개는 별뿔별 행사(8월)이며, 2개는 가정의 달 행사(5월)이다. 또한, 나머지 3개는 KBS 예능 프로그램인 '1박 2일' 이 방영된 직후이다.

서양 우주론의 전래와 조선 학자들의 지구회전설

전용훈

한국학중앙연구원

요약문

조선 후기의 유학자들은 17세기 후반부터 예수회 선교사가 번역하거나 저술한 책들을 통해 서양의 우주론과 천체운동론을 접했다. 이것은 아리스토텔레스의 우주론과 중세신학이 결합한 기독교적 우주론과 천체운동론이었다. 우주의 중앙에 정지해 있는 지구를 아홉 개의 수정체 천구가 층층이 감싸고 있는데, 천구가 회전함으로써 하루에 한 번 천체가 뜨고 지는 운동을 설명한다. 모든 천구는 우주의 가장 바깥에 있는 천구인 종동천(宗動天, Prime Mobile)에 이끌려서 회전한다. 이러한 서양의 우주론과 천체운동론은 동아시아에 널리 알려졌고 가장 정통적인 것으로 인정되었다.

한편, 조선 후기의 몇몇 유학자들은 이런 우주론과 천체운동론, 특히 종동천이 모든 천구를 하루에 한 바퀴 회전시킨다는 이론에 대해 의문을 표시했다. 종동천의 회전 속도를 계산해 보면 그것은 불합리할 정도로 빨랐기 때문이다. 대표적으로 이익(李穡, 1691-1666)은 “하늘도 사물인 이상 이렇게 빨리 돌 수는 없다”고 의심하였다. 천구의 회전 속도가 너무 빠르다고 생각한 조선의 유학자들은 천구의 회전 대신에 지구의 회전으로 천체의 일주운동의 설명하고자 하였다. 김석문(金錫文, 1658-1735), 홍대용(洪大容, 1731-1783), 정약전(丁若銓, 1758-1816) 등의 주장에서 불합리하게 빠른 천구의 회전 속도에 대한 비판과 그 대안으로 제시한 지구의 회전이라는 아이디어를 공통적으로 볼 수 있다.

시헌력에서의 일·출입시각 계산*

최고은¹, 민병희^{2,3}, 이기원⁴

¹충북대학교 기초과학연구소, ²한국천문연구원, ³과학기술연합대학원대학교, ⁴대구가톨릭대학교

요약문

시헌력(時憲曆)은 예수회선교사를 통해 전해진 유럽 천문학과 수학을 토대로 한 중국역법의 통칭으로 『송정역서(崇禎曆書)』라는 명칭으로 처음 편찬되었다. 이후 시헌력은 천체 위치 계산 방법들과 기본상수 값 등이 지속적으로 개정되면서 『서양신법역서(西洋新法曆書)』, 『역상고성(曆象考成)』, 『역상고성후편(曆象考成後編)』 등으로 개편되었다. 조선에서는 1654년에 시헌력으로 개력(改曆)하였으며, 중국에서 역법이 개정됨에 따라 변화된 방법을 도입하여 사용하였다. 이 연구에서는 먼저 『역상고성』을 토대로 일·출입시각 계산 방법에 대해 분석하였다. 이를 통해 천문학적 측면에서는 북극성의 일주운동 관측으로부터 위도를, 천체의 남중고도를 활용하여 황도경사각을 구하였으며, 수학적 측면에서는 삼각함수, 구면삼각법, 님은꼴 삼각형의 성질 등이 계산에 사용되었음을 발견하였다. 그리고 『역상고성』 방법에 의한 일·출입시각을 계산하여 당시 조선과 중국의 역서에 수록된 시각과 비교하였다. 그 결과 일·출입시각 계산에서의 위도와 황도경사각은 시기에 따라 다른 값들이 사용되었음을 발견하였다. 조선의 경우 1728년 역서를 기점으로 일·출입시각에 변화가 있었으며, 중국의 경우 1726년경에 변화가 있었을 것으로 추정되었다. 아울러 조선의 경우 1896년부터 편찬된 태양력 역서와 1911년과 1912년의 조선민력에 수록된 일·출입시각도 시헌력 역법으로 계산된 결과와 동일함을 발견하였다.

* 이 발표는 “G.-E. Choi, B.-H. Mihn, and K.-W. Lee, 2023, Investigating calendrical methods of calculating sunrise and sunset times in the Shixian calendar, *Journal for the History of Astronomy*, 54(3), 251-272.” 논문을 바탕으로 한 것입니다.

19세기 남병철 혼천의의 용법에 대한 분류

최홍순^{1,2}, 김상혁², 민병희^{1,2,3}, 남경욱⁴, 박대영⁴, 유경한¹, 김용기^{1,5}

¹충북대학교, ²한국천문연구원, ³과학기술연합대학원대학교, ⁴국립과천과학관, ⁵충북Pro메이커센터

요약문

혼천의는 오래전부터 동서양에서 사용한 관측기기였다. 조선 역시 세종 시대 때부터 조선 후기까지 다양한 혼천의가 제작되었다. 그중 남병철 혼천의는 19세기에 제작되었을 것으로 추정되는 혼천의로, 1859년에 저술된 의기집설을 통해 그 존재를 확인할 수 있다. 본 연구에서는 남병철 혼천의 의기집설 용법에 초점을 맞춰 살펴봤다. 혼천의는 바깥쪽에서부터 안쪽으로 외환(外環), 육합의(六合儀), 삼신의(三辰儀), 재극권(載極環), 그리고 사유환(四遊環)으로 이루어져 있다. 혼천의의 용법은 『의기집설(儀器輯說)』에서 19가지 방법에 관해 기술하고 있다. 처음 두 가지 방법은 측정을 위한 필수 사항인 자오 방향과 위도에 관련되어 있으며, 이후 17가지는 혼천의의 실제 사용법에 해당한다. 17가지 방법은 태양, 달, 행성 및 주요한 별들과 관련된 위치 및 시간 측정 등으로 분류할 수 있다. 본 연구는 남병철의 혼천의의 목적과 특징을 규명함으로써 조선시대 19세기 천문 과학사를 이해하는데 기여할 것으로 기대된다. 더불어 19세기 조선의 혼천의에 대한 이해를 향상하며 남병철의 혼천의를 복원하는 데 있어 도움이 될 것으로 기대된다.

조선 후기 평면해시계와 투영기하학

이용복^{1,2}

¹서울교육대학교, ²소남천문학사연구소

요약문

해시계의 제작과 활용의 역사는 유물이 남아 있는 것을 보면 고대 이집트 기원전 13세기 까지 거슬러 올라간다. 이러한 전통이 그대로 고대 그리스와 로마를 거쳐 유럽으로 이어져 내려왔다. 이러한 해시계는 해석학적인 계산 방법에 의존해 제작한 것이 아니라 기하학의 투영법을 바탕으로 제작되어 왔다. 이러한 고대 해시계 제작에 관한 전통적 방법이 그대로 서양의 중세에 들어서 다양한 형태와 모양의 해시계를 만들어 사용했다. 가장 보편적인 것이 평면해시계와 구면해시계가 주도를 이루었다.

17세기에 들어서 서양의 선교사에 의해 중국에 기하학과 다양한 천문의기가 유입되었다. 천문의기 중에는 천문도와 천체 관측용 천문 의기가 해시계와 함께 들어왔다. 이러한 천문 의기와 기하학은 그대로 조선에도 중국을 오가는 사신에 의해 조선에 들어왔다. 특히 당시 조선의 학자에게 유클리드 기하학과 해시계는 대단히 큰 지적 충격을 주었다. 조선 초기부터 전통적으로 사용하던 양부일구와는 너무도 획기적인 형태를 가지고 있었고 제작하는 원리가 다른 것이 평면해시계였다.

평면해시계의 경우는 철저한 투영기하학을 이용한 것이었다. 처음으로 투사법에 의해 제작된 평면해시계는 중국 이천경(李天經)이 제작한 서양식 평면 해시계이다. 이 해시계는 1645년 청나라에서 소현세자가 귀국할 때 서양 문물과 함께 들어온 해시계의 하나이다. 이 해시계는 사용 위치가 중국 연경으로 되어있다. 투영법에 의거한 지평해시계의 제작원리를 이용하여 우리나라 한양을 기준으로 한 평면해시계는 1770년(영조 46)에 제작하여 관상감에 보관되어 있었다.

조선의 학자들은 이러한 기하학적 투영법을 연구하여 천문도 제작에도 활용하였고 다양한 형태의 수직해시계와 수평해시계의 시각선과 계절선 작도법에 적용하였다. 특히 이 방법을 이용하여 1787년(정조 11)에 유금이라는 학자는 개인적으로 아스트로라베(혼개통헌의)를 제작하기도 하였다. 이 모두가 기하학적 투영법의 기본 원리를 체득하여 얻은 결과였다.

조선 후기에 중국을 통하여 기하학을 도입하여 이를 해시계를 제작했을 뿐만 아니라 고도의 투영법을 체득해야만 할 수 혼개통헌의 제작도 가능하게 되었다. 본 연구에서는 이러한 서양의 기하학과 투영법 원리를 도입하여 천문의기 제작 과정에 적용한 것을 알아보고자 한다.

규표 관측을 통한 역수(曆數)의 추출

유경한¹, 민병희^{2,5}, 이기원³, 김상혁², 김용기^{1,4}

¹충북대학교, ²한국천문연구원, ³대구가톨릭대학교, ⁴충북Pro메이커센터, ⁵과학기술연합대학원대학교

요약문

규표는 동아시아에서 전통적인 천문관측기기로 회귀년의 길이를 측정하는데 사용했던 것으로 알려져 있다. 원(元)의 곽수경(郭守敬, 1231~1316) 등이 수시력을 제작할 때 40자 규표를 이용한 것으로 유명하다. 특히 이 규표는 처음으로 표(表)에 횡량(橫梁)을 설치하여 경부(景符)로 해 그림자길이를 측정하는 천문의기이다. 한국천문연구원은 조선시기 세종 경신년(1440)에 제작된 소규표와 같은 규모로 복원하여 설치한바 있는데, 본 연구는 한국천문연구원에 설치된 8자 규표로 2015년 12월부터, 2019년 12월까지 약 4년간 관측한 연중 그림자길이의 관측자료를 분석하였다. 측정된 그림자길이는 태양 고도로 계산된 그림자 길이와 비교했을 때, 약 0.9 ± 15.3 mm의 차이를 보였다. 또한 이들 자료를 통해, 동지부터 다음 동지까지의 길이를 365.2390 ± 0.2044 일로 계산하였다. 이 회귀년 값은 수시력에서 제시한 주세(周歲) 265.2425일보다 작은 값이다. 우리는 횡량 규표의 측정자료와 이를 통해 계산된 역수를 소개한다.

시간선이 등간격인 3차원 사이클로이드 해시계 연구

임정훈, 정재희, 황운구*

대전동신과학고등학교

요약문

극 해시계는 시반면이 적도에 수직이고, 지구 자전축과 평행하다. 또한, 시반면은 남쪽 방향으로 향하고 있고, 위도 ϕ 만큼 북쪽 방향으로 기울어져 있다. 또한, 극 해시계는 시간 각이 일정하다는 가정 하에서는 정오(낮 12시)를 기준으로 시반면의 시간선 간격이 늘어나 일정하지 않는 단점을 가지고 있다. 그로 인하여 시간을 약 8시부터 16시까지만 표현할 수 있다.

이러한 문제점을 해결하고자, 모든 시간대를 나타낼 수 있는 극 해시계를 연구하였다. 연중 정확한 시간의 측정이 가능하도록 입체적 구조를 이용하였다. 등간격인 시간선을 갖는 극 해시계의 노몬이 최단하강곡선 및 등시곡선의 성질을 갖는 사이클로이드 곡선임을 수학적으로 증명하였다. 춘분과 추분 때에만 시간이 정확히 표현되는 단점을 보완하기 위해서 계절선을 표현하고 날수에 따른 적위만큼 기울인 3차원 노몬을 OpenSCAD, Maplesoft를 활용한 3D 모델링을 통해 입체적인 사이클로이드 극 해시계를 구현하였다.

* 지도교사

세종 시대의 천문의기(天文儀器) 복원(復元) 연구의 회고(回顧)

이용삼

충북대학교

요약문

중국과 수교 이전인 1987년 중국 북경의 국제 천문학 학술대회 참가하게 되었다. 학회 일정 중에 맞이한 중추절에 북경 고관상대를 방문하여 각종 고천문 기기를 관람했다. 그중에 간의(簡儀)와 만남은 잊을 수 없는 감동이었다. 당시 국내 원로 학자들의 고증으로 그린 그림과는 그 규모와 구조가 전혀 다른 형태임을 보고 많은 사진과 함께 각 부품의 구조를 머리에 가득 담고 왔다. 간의는 원대(元代)에 이슬람의 영향을 받아 동아시아의 전통적인 혼천의(渾天儀)의 구조를 간략하게 응용하여 만든 천문기기로 조선시대 대표적인 천체위치와 시간을 측정하는 천문관측기기이다.

세종은 1434년(세종 16)에 청동으로 간의를 제작하여 간의대 위에 설치하고 간의대 주변에 간의를 응용하여 조선의 실정에 맞게 형태와 구조를 변형하여 다양한 기능을 갖는 천문의기들을 제작하여 설치하였다. 당시 서양은 근대과학의 여명이 막 트이려는 때이고, 아랍의 과학은 점점 빛을 잃고 희미해져 가고, 중국은 송(宋)과 원(元)의 과학기술의 창조적인 발전을 끝으로 점점 기울어져서 명(明)의 과학은 힘을 잃고 있을 때이다. 그 시기 조선은 가장 수준 높은 과학기술의 화려한 전성기를 이루었다. 일본에서 간행된 ‘과학사 기술사 사전’에 따르면, 세종 재위 기간이 포함된 1400년부터 반세기 동안 세계 과학의 주요 업적 가운데 조선은 29건을 차지하고, 중국은 5건, 일본은 1건, 그 외의 지역이 30건이었는데, 이때 조선은 다수의 천문기기가 제작되었다.

그러나 세종 시대 천문시설은 당대 최대의 시설이지만 현존하는 유물이 하나도 없음은 실로 아쉬움이 큰 것이었다. 누군가는 그 구조, 형태, 원리, 기능, 사용 방법 등을 밝히고 복원을 시도해야 할 시급함이 있었다. 문헌만으로는 고천문 의기의 구조와 기능을 이해할 수가 없고 반드시 천문관측을 체험하고, 구면천문학적으로 천상의 운동을 이해하고 수리적으로 표현할 수 있는 경험자만이 할 수 있는 일이었다. 사전 연구를 수행한 결과를 두고 중국에 유사한 유물들을 찾아 학술 답사를 수차 수행하였다

1992년 학부 졸업 논문으로 “간의의 구조 분석과 설계”를 지도했는데, 그 뒤를 이어 매년 소간의, 일성정시의, 혼천의, 앙부일구 등 각종 새로운 천문의기들에 관한 연구와 간편한 모형을 제작하여 함께 발표하였다. 이 연구 자료들은 학생들을 통해 중국과 일본 등 해외에서도 발표되었고, 그 후 석사과정과 박사과정을 지도하며 더 심층적인 연구들이 발표되었다. 1994년 문화재관리국으로부터 “간의 복원 설계용역”을 수행하게 되었고 이어서 세종 영릉에 간의 복원 설치를 완료하였다. 또한 대학 내에 설립한 창업재단에 천문기기 복원을 위한 벤처 법인을 창업하였으나 잠시 운영하다 중단하고 학과의 천문의기 복원연구실로 옮기게 되었

다. 복원 과정은 설계 연구의 자문 팀과 제작팀((주)옛기술과문화)의 팀워크로 이루었고, 한번 시작품이 발표된 모델들은 국내 과학관과 박물관, 천문관에서 후속 모델들이 설치되었다. 한국천문연구원 앞뜰과 부산 동래읍성의 장영실 과학동산에는 간의와 혼상을 비롯한 각종 해시계를 설치한 큰 규모의 야외 전시장 있다. 최근인 2023년 9월까지 제주융합과학연구원에 간의와 혼상 등 각종 의기가 설치되었다.

지금까지 고천문 의기의 작동모델 복원(復元) 과정에서 주목할 사항들을 살펴보고자 한다. 관련 문헌 기록에는 참고할 그림이나 도면이 없고, 빠르게 번역하고 이해하는 것도 매우 어려움이 있다. 해외의 학술 조사와 각종 발표 문헌 자료를 토대로 구조와 기능을 분석하였다. 특별히 천문의기 복원은 이 분석 자료를 가지고 모형을 제작하는 것이 아니라 작동모델을 완성하는 것이며 자재와 공법들은 가급적 전통적인 방식에 따라 제작하였다. 간의와 같이 규모가 크고(3.7m×2.5m) 청동 용주(龍柱)와 운주(雲柱) 등의 많은 거대한 기둥과 고리들이 함께 조립되었다. 혼상은 구면체를 청동으로 부어 만드는 거대한 규모의 주조 기술과 정밀하게 가공하는 기술력과 수많은 별자리의 명칭과 눈금들을 청동 원구(圓球)에 각인(刻印)하는 것은 장인들의 손끝에서 완성되는 것이었다. 각인된 별자리 명칭이나 눈금을 각인 할 때는 집중하여 오타가 없어야 설치 후에도 영원히 오점이 남지 않는다. 천문의기들은 정밀한 계시기의 일종으로 정교한 눈금을 새겨서 밤에도 손끝으로 감지할 수 있도록 가는 눈금을 각인할 수 있는 재질(기포가 있으면 불가능)과 기계적으로 정밀한 가공이 요구된다. 그뿐만 아니라 천문의기들은 주로 왕궁에서 사용한 것이므로 현존하는 일부 유물과 같이 외형적 구조와 모양이나 문양도 당시 왕권을 상징하는 용(龍) 형상과 정교한 조각물이나 문양들이 장식되어 있다. 따라서 복원 과정에서 항상 고품격의 예술적인 디자인과 전문 조각가의 손길이 필요하다. 각종 천문의기의 설치 과정도 관측 시야에 방해되지 않고 하늘이 트이고 안정되게 설치할 적합한 장소와 위치를 정하고 그곳에서 방위를 측정하여 수평과 기준 되는 회전축은 지구의 자전축 방향과 일치하도록 정확한 하늘의 북극을 향한 방위와 고도각이 일치하도록 정밀하게 설치해야 한다.

이처럼 사라진 유물의 작동모델을 복원하기까지는 모든 공정을 담당하는 전문팀을 구성하여야 한다. 문헌 연구부터 해외 유물답사와 실측과 분석, 설계, 시작품 제작 등 제작 공정마다 전문적인 점검이 필요하다. 복원하여 설치하기까지 참여한 많은 연구원과 제작팀들이 합심하여 각자의 임무를 수행함으로써 최종 작동모델들이 하나둘 완성된 것이다. 이것은 참으로 보람된 일이었고, 은퇴 후에도 강연이나 방송 등 대중 과학의 재능 기부자로서 보람과 즐거운 삶이 이어지게 되었다.

우리 선조들의 천문의기와 관측은 자연의 질서 속에서 운행하는 천체들의 존재를 인격적으로 여기며 인간과 연관하여 안정적 농업생산을 위한 역법의 개선과 시간 측정 등 과학적이며 실용적 의미가 있다. 그뿐만 아니라 유교적 정치이념을 실천하는 제왕의 실천적 의미가 담겨 있는 최고의 도구로서 정치와 사상과 윤리와 민속 생활 및 문화와 융합적이며, 어느 과학보다 품격이 높고 과학을 통해 인간 삶의 의미와 가치를 제공하는 영역이 있을 뿐만 아니라 역사적·예술적 가치가 매우 큰 소중한 것이다.

유실된 천문의기들의 작동모델의 복원은 천문과학문화 유산으로 문화재의 가치를 부여하여 과학관과 박물관에 보급과 확산에 기여하고 있다. 복원된 각종 천문의기를 통해 하늘을 보고 천체를 보며 시간을 측정하였던 선조들의 삶과 전통 과학기술의 지혜를 오늘날에 되새겨 보면서, 명망 높은 대학자들의 자연과학사상과 당시 우주관을 파악하고 통찰해 볼 수 있는 계기가 될 것이다. 제작 과정의 연구와 원리 등 교육의 콘텐츠 생산에도 기여하고 천문유물과 관련된 각 지역의 역사적 인물과 연관하여 역사 체험 등의 복합적인 문화 환경과 관광인프라, 그리고 교육인프라가 제공되고 있다.

조선과 원대(元代) 자동 물시계 메커니즘 비교

윤용현¹, 김상혁², 민병희^{2,3}, 임병근⁴

¹국립중앙과학관, ²한국천문연구원, ³과학기술연합대학원대학교, ⁴(주)전홍

요약문

조선의 장영실(蔣英實)이 제작한 두 가지 자동 물시계에 영향을 준 것으로 알려진 원대(元代) 등루(燈漏)에 대하여 연구하였다. 원대 대표적 물시계로는 궁루(宮漏)와 등루가 있는데, 궁루에 대해서는 자세한 자료가 남아 있지 않다. 『제가역상집(諸家曆象集)』에는 원대 궁루보다 먼저 제작(1270년경)되었던 등루의 기록을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 등루의 문헌 연구, 중국의 재현품 및 기술자료 리뷰, 3D 모델링 작업, 조선 자동 물시계와 연관성 등에 대하여 발표하고자 한다. 등루는 북송(北宋) 수운의상대(水運儀象臺)의 영향을 받아 제작된 것으로, 조선의 보루각루(報漏閣漏)나 흠경각루(欽敬閣漏)도 중국 자동 물시계의 시각 연출 부분을 수용하여 개량하였다. 특히, 등루와 흠경각루는 일종의 공연이 가능한 시계 장치로 볼 수 있다. 4신의 배치와 운행, 12시 100각에 따른 시각 정보의 연출, 내부 공간과 외부 공간을 연결하는 메커니즘 구성 등으로 다양한 볼거리를 제공해 준다.

성변측후단자의 과학적 가치와 역사적 의미

양홍진^{1,3}, 이형목^{2,3}, 최영실^{1,3}

¹한국천문연구원, ²서울대학교, ³성변측후단자 유네스코세계기록문화유산 등재추진위원회

요약문

성변측후단자(星變測候單子)는 조선 왕실에서 특별한 천문 현상을 기록한 현장일지이다. 현재 국내에는 18세기 세 건의 혜성 관측 기록이 남아 전해지고 있으며 연세대학교에 소장되어 있다. 이들은 조선 왕실의 공공기록물이며, 천체 관측 현장 기록물이라는 점에서 높은 가치가 있다. 서운관지(書雲觀志)의 규정에 따라 매일 5명의 관측자가 혜성이 보이지 않을 때까지 그 위치와 모습의 변화를 그림과 설명으로 기록하였다. 이를 통해 우리는 당시 천문 관측과 기록을 이해할 수 있으며 이들 자료는 혜성 궤도와 척도 연구 등의 자료로 활용된다. 특히 1859년의 혜성 관측 기록은 핼리(Halley)가 주기를 예측한 이후 첫 번째 지구를 방문한 핼리혜성의 관측 기록으로서 그 역사적 가치가 높다. 성변측후단자 유네스코세계기록유산 등재추진위원회는 지난해부터 한국천문연구원, 한국천문학회, 한국우주과학회 그리고 연세대학교와 함께 성변측후단자의 과학적 역사적 가치를 규명하고 유네스코 세계기록유산으로 등재하기 위해 준비하고 있다. 본 발표에서는 지금까지 등재추진위원회의 활동과 최근 연구 내용 등을 소개하고자 한다.

How are the Terms of the Angular Distance between Celestial Bodies Defined in Korean Historical Records?

Hyojun Lee^{1,2,3}, Hong-Jin Yang^{1,3}, Suk-Jin Yoon², and Myeong-Gu Park⁴

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute,*

²*Department of Astronomy, Yonsei University,*

³*University of Science and Technology,*

⁴*Department of Astronomy and Atmospheric Sciences, Kyungpook National University*

Abstract

Korean historical literatures offer numerous records on astronomical phenomena such as eclipses, sunspots, novae, comets, and close approaches of celestial bodies. Typically, the positions of celestial bodies are described in terms of their angular distance from the north pole and their right ascension (RA) distance to the reference stars. Records of close approaches, however, often use specific terms to describe the angular distance, which lack translation into modern numerical values. We collect and study the usage of the five terms commonly used to describe the close approaches of celestial bodies, namely, Entry (入, En), Invasion (犯, In), Occultation (掩, Oc), Eclipse (食, Ec), as well as the angular distance unit Chi (尺). Our analysis is based on more than 2,300 records retrieved from Goryeosa (高麗史, the History of Goryeo Dynasty) and Joseonwangjosillok (朝鮮王朝實錄, the Annals of the Joseon Dynasty). For the term Chi (尺), we additionally examine the recorded drawings of the comet observation from Joseon Dynasty. Through statistical analysis of these records, we determine their quantitative definitions. We convert the lunisolar dates to the Julian and Gregorian dates and utilize the modern ephemeris DE431 to calculate the angular distance between celestial bodies in the records. We compare the records belonging to the two periods, the Goryeo (918 CE - 1392 CE) and Joseon (1392 CE - 1910 CE) Dynasties. Additionally, we determine the angular size of the unit Chi by using the length of comets' tails in the drawings. We find that the angular distances of the terms En, In, Oc, and Ec correspond to respectively $1.78 \circ +2.36 - 1.11$, $0.89 \circ +3.54 - 0.51$, $0.44 \circ +1.15 - 0.31$, and $0.29 \circ +2.61 - 0.16$ for the Goryeo Dynasty and $1.36 \circ +1.15 - 0.64$, $0.51 \circ +1.11 - 0.32$, $0.25 \circ +0.27 - 0.17$, and $0.21 \circ +0.25 - 0.11$ for the Joseon Dynasty. We also estimate the unit Chi to be $1.11 \circ +0.46 - 0.40$ and find that the numerical

definition was consistent for the last millennium in Korea. Furthermore, we find that the terms were used to describe the angular distances at the moment of the closest approach between bodies and that there is no observational bias in the angular distances against the apparent magnitudes of the objects. Through our statistical analysis, we determine the numerical definitions of the terms used to describe close approaches of celestial bodies in Korean historical astronomical records. We show that the terms En, In, Oc, and Ec represent decreasing angular distance in that order. This ordering was consistent in both the Goryeo and Joseon Dynasties, although the angular distance of each term was generally smaller during the Joseon Dynasty.