

조선 세종대에 창제된 정남일구 복원모델 연구  
STUDY ON THE RESTORATION MODEL OF JEONGNAM-ILGU, CREATED DURING THE  
REIGN OF KING SEJONG OF THE JOSEON DYNASTY

박지원<sup>1</sup>, 민병희<sup>1,2,3</sup>, 김상혁<sup>2</sup>, 김용기<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 천문우주학과, <sup>2</sup>한국천문연구원, <sup>3</sup>과학기술연합대학원대학교

JIWON PARK<sup>1</sup>, BYEONG-HEE MIHN<sup>1,2</sup>, SANG HYUK KIM<sup>3</sup>, AND YONG-GI KIM<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

<sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 34055, Korea

<sup>3</sup>Korea University of Science and Technology, Daejeon 34113, Korea

E-mail: supporter@cbnu.ac.kr

(Received October 23, 2022; Revived March 23, 2023; Accepted April 14, 2023)

ABSTRACT

Numerous Sundials were fabricated during the reign of King Sejong of the Joseon Dynasty. One among them is Jeongnam-Ilgu (the Fixing-South Sundial), where the time can be measured after setting up the suitable meridian line without a compass. We reconstructed the new Jeongnam-Ilgu model based on the records of ‘Description of Making the Royal Observatory Ganui (簡儀臺記)’ in the Veritable Record of King Sejong. Jeongnam-Ilgu has a summer solstice half-ring under a horizontal ring which is fixed to two pillars in the north and south, and in which a declination ring rotates around the polar axis. In our model, the polar axis matches the altitude of Hanyang (that is Seoul). There are two merits if the model is designed to install the polar axis in the way that enters both the north and south poles and rotates in them: One is that it is possible to fix the polar axis to the declination ring together with the cross-strut. The other is that a twig for hanging weights can be protruded on the North Pole. The declination ring is supposed to be 178 mm in diameter and is carved on the scale of the celestial-circumference degrees on the ring’s surface, where a degree scale can be divided into four equal parts through the diagonal lines. In addition, the time’s graduation that is drawn on the summer solstice half-ring makes it possible to measure the daytime throughout the year. An observational property of Jeongnam-Ilgu is that a solar image can be obtained using a pin-hole. The position cast by the solar image between hour circles makes a time measurement. We hope our study will contribute to the restoration of Jeongnam-Ilgu.

*Key words: General: history and philosophy of astronomy, Astronomical instrumentation, methods and techniques: instrumentation: miscellaneous*

1. 서론

조선 세종은 1444년(세종 26) 『칠정산내편(七政算內篇)』으로 만든 책력(冊曆)을 반포하였다.<sup>1</sup> 조선 한양에 맞는 이 역법을 만들기 위해, 1432년(세종 14) 7월에 경연(經筵)에서 천문관측기기를 만들기로 하였다.<sup>2</sup> 일명 간의대 사업으로 불리는 이 제작 사업은 1438년(세종

20) 흥경각루(欽敬閣漏)의 완성과 더불어 마무리되었다 (Mihn et al., 2016).

간의대 사업은 천문관측을 위한 대형 천문관측기기인 간의, 대구표, 보루각루(자격루), 혼의와 혼상, 양부일구 등이 제작되었으며 한양에 맞는 역법 상수를 얻고자 하였다(Mihn et al., 2016). 이러한 대형 천문관측기기의

<sup>†</sup> corresponding author

<sup>1</sup> 『세종실록』 권101, 세종 25년(1443) 7월 6일(기미); 請以今撰內篇法推算, 依前成冊以進. 從之.

<sup>2</sup> 『세종실록』 권77, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술); 宣德七年壬子秋七月日, 上御經筵, 論曆象之理, 乃謂藝文館提學臣鄭麟趾曰, 我東方邈在海外, 凡所施爲, 一遵華制, 獨觀天之器有關. 卿既提調曆算矣, 與大提學鄭招講究古典, 創制儀表, 以備測驗.

개발은 소형화 천문관측기기의 창제로 이어졌는데, 그 중 대표적인 사례로 정남일구(定南日晷)가 있다.

『증보문헌비고(增補文獻備考)』 3나 『동문선(東文選)』 「기(記)」 4에 있는 정남일구의 묘사는 『세종실록』에 실린 「간의대기(簡儀臺記)」를<sup>5</sup> 전재(全載)한 것이다. 이 「간의대기」에 정남일구의 상세한 설명이 284자로 작성되어 있다. 그 글에는 정남일구의 구조와 용법이 기술되어 있다.

Needham et al.(1986)은 정남일구의 구조를 처음 제시하였다. Needham et al.(1986)의 정남일구의 모델(이후부터 ‘NCR86’으로 표기함)은 한국표준과학연구원에서 처음 제작함으로써, 이 기기의 복원 연구가 시작되었다. Lee & Kim(2011)은 기존 모델에서 지평환 아래에 있는 반환의 형태를 보완하는 등 모델 개선을 시도하였다. Lee & Kim(2011) 모델(이후 ‘LK11’로 표기함)은 야외 전시의 목적으로 실제보다 3배 크게 청동(靑銅)으로 제작하여 여주의 영릉(英陵)과 대전의 국립중앙과학관 등에 설치되었다. 한편 정남일구를 포함한 세종의 소형화 된 천문관측기기에는 바늘구멍을 많이 활용하는데, Lee et al.(2006)은 바늘구멍으로 태양상을 얻는 광학적 분석 방법을 소개하였다. 정남일구에도 여러 환이 결합되어 있는데, 이들 환의 크기를 분석하는 방법을 Mihn et al.(2017)이 제시하였다.

본 연구는 기존 복원모델을 소개하고 『세종실록』에 실린 정남일구에 대한 설명과의 차이점을 비교한다. 기존 복원 모델을 참고하여 새로운 모델을 제시한다. 또한 정남일구를 설치하고 관측하는 방법에 대해 토의한다.

본 연구는 기술의 편의를 위해, 각도의 단위는 도(度), 분(分), 초(秒)로 표기하고, 길이의 단위는 자[尺], 치[寸], 분[分]으로 나타낸다. 조선시대 천문관측기기의 자[尺]는 주척(周尺)으로 207 mm이다(Nam, 1995).

## 2. 구조

세종(r. 1418 ~ 1450)은 1432년(세종 14) 음력 7월 경연(經筵)에서 정인지(鄭麟趾, 1396 ~ 1478), 정초(鄭招, ? ~ 1434) 등과 함께 한양에 맞는 역법을 논하였고 관측기기를 만들기로 하였다.<sup>6</sup> 이때부터 간의대를 쌓고 간의(簡儀)를 제작하는 등 천문관측기기를 제작하였는데, 이

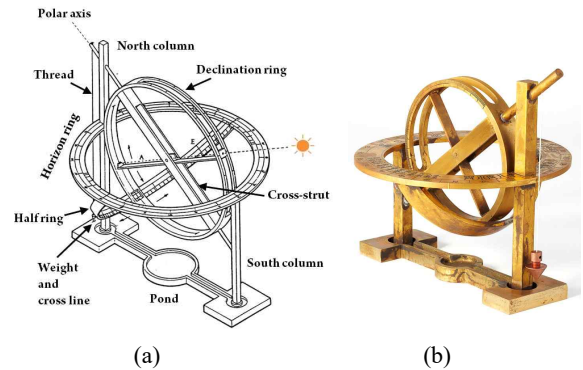


Figure 1. The bird-eye view of South-Fixing Sundial by (a) Needham et al. (1986) and (b) its replica.

러한 간의대 사업이 1438년(세종 20) 1월까지 이어졌다. 이순지(李純之, ? ~ 1465), 이천(李蕝, 1376 ~ 1451), 정인지와 장영실(蔣英實, ? ~ ?) 등이 마지막까지 힘써서 흠경각루(欽敬閣漏)를 완성하기 전까지, 간의대 사업에서는 다양한 해시계를 창제하였다(Mihn et al., 2016). 대표적으로 규표와 양부일구가 있다. 정남일구도 이 때 새롭게 창제되었다.

정남일구는 나침반을 사용하지 않고 자오선을 맞출 수 있는 관측기기이다.<sup>7</sup> 1440년대 당시 조선 한양에서 진북(astronomical north)과 자북(geomagnetic north)은 거의 일치하였다고 알려져 있다(Ahn, 2021 참고). 만약 세종 치세 기간에 자북이 진북에 거의 일치하였다면, 당시에 천문관측기기는 나침반을 사용하여 간편하게 남북을 정렬하였을 가능성이 있다. 그럼에도 불구하고, 정남일구는 나침반 없이도 남북을 스스로 정할 수 있는 천문관측기기로, 그 고유의 가치가 있다고 할 수 있다.

### 2.1. 기존 모델

NCR86은 정남일구의 구조를 연구하여 복원 설계를 처음 제시하였으며, 한국표준과학연구원은 NCR86 모델을 바탕으로 정남일구를 복원한 바 있다(Figure 1(a) 참조). 이후 Lee & Kim(2011)은 NCR86 모델의 반환과 기둥의 형태 등을 새롭게 설계하여 정남일구의 모델을 개선하였고 이를 여주 영릉과 대전 국립중앙과학관 등 야외에 전시할 목적으로 청동으로 제작하였다(Figure 2 참조). 당시 LK11 정남일구는 문헌에 표현된 정남일구보다 3배 큰 규모로 제작하여 야외 전시도 가능하도록 하였다.

기존 모델(NCR86 & LK11)은 『세종실록』에 기술된 정남일구의 형태를 반영하고 있다. Figure 1 & 2와

<sup>3</sup> 『증보문헌비고(增補文獻備考)』 권2 「상위고(象緯考) 2」 <의상(儀象) 1> 24b-25a.

<sup>4</sup> 『동문선(東文選)』 권82, 「기(記)」 <간의대기(簡儀臺記)> pp.5a- 9a.

<sup>5</sup> 『세종실록』 권77, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술).

<sup>6</sup> 『세종실록』 권77, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술); 宣德七年壬子秋七月日, 上御經筵, 論曆象之理, 乃謂藝文館提學臣鄭麟趾曰, ... 卿既提調曆算矣, 與大提學鄭招講究古典, 創制儀表, 以備測驗, 然其要在乎定北極出地高下耳, 可先制簡儀以進."

<sup>7</sup> 『세종실록』 권77, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술); 欲驗天知時者, 必用定南針, 然未免人爲, 作定南日晷, 蓋雖不用定南針, 而南北自定者也.

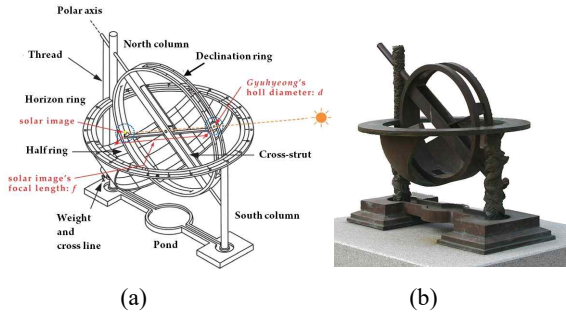


Figure 2. The bird-eye view of South-Fixing Sundial by (a) Lee and Kim (2011) and (b) its replica magnified by 3 times.

같이, 정남일구는 전체적으로 혼의(渾儀)와 같은 환을 가지고 있는 천문기기이다. 정남일구는 환으로 구성된 고리부[環部]와 이 환을 지지하는 기둥부[柱部]와 받침부[跣部]로 구성되어 있다.

정남일구의 고리부는 지평환(地平環)과 사유환(四游環)이 있는데, 지평환 안에 사유환이 회전할 수 있게 결합되어 있다. 지평환은 양부일구의 것과 유사하다. 즉 지평환 아래에는 반구를 연상하는 형태의 반환이 있다. 여기서 NCR86 모델은 반환을 춘·추분선에 기준하여 설계한 반면(Figure 1(a) 참조), LK11 모델은 반환에 양부일구의 동지에서 하지까지의 13개 절기선을 모두 포함하여 설계하였다(Figure 2(b) 참조).

이 반환에는 시각선이 그려져 있는데, 두 모델은 Lee (2003)이 제시한 세종 당시의 12시 백각법의 작도 방식을 따르고 있다. 이 백각의 시각선을 그리는 방법이 Figure 3에 나타내었다. Figure 3(a)와 같이, NCR86 모델은 춘·추분선을 그리고, 그 북쪽 곡면을 연장하여 시각선을 작도하였다. LK11 모델은 양부일구의 절기선과 시각선을 그대로 차용하고 있다. Figure 3(b)와 유사하게, 이 모델은 동지선과 하지선을 그리고, 그 사이에 시각선을 그렸다.

받침부와 기둥부는 지평환과 사유환을 고정하는 구조물이다. Figure 1(a) & 1(a)와 같이, 받침부는 알파벳 I 자 모양인데, 양 끝은 머리[頭]라고 하고, 두 머리를 연결한 부분은 허리[腰]라고 명명하였다. 머리는 정사각형을 두 개 붙인 직사각형으로 그 안에 기둥을 받는다. 허리에는 둥근 못[池]이 있다. 허리의 못에서 양쪽으로 도랑을 만들었는데, 이 도랑은 양쪽 머리의 기둥을 두르고 있다.<sup>8</sup> 두 머리에 각각 수직으로 설치된 기둥이 있는데, 각각 북쪽 기둥[北柱]과 남쪽 기둥[南柱]이라 하였다.<sup>9</sup> 이 이름을 빌려, 받침부의 두 머리는 각각 북

<sup>8</sup> 『세종실록』 권77, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술), 跣長一尺二寸五分, 兩頭廣四寸、長二寸, 腰廣一寸、長八寸五分. 中有圓池, 經二寸六分. 有水渠通于兩頭, 環于柱旁.

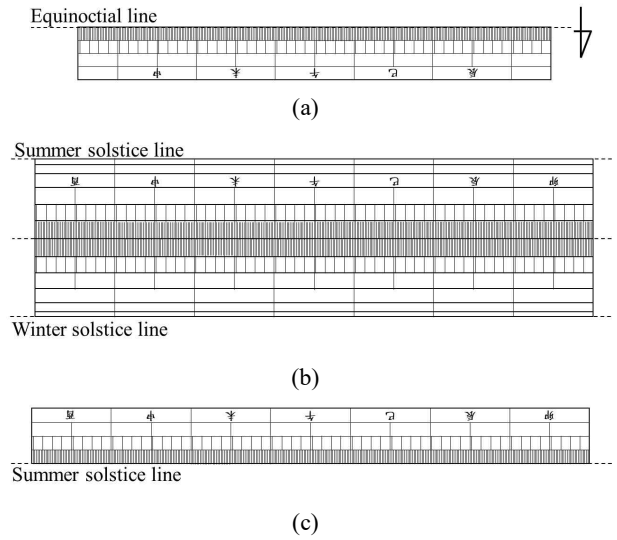


Figure 3. Half-ring's designs on South-Fixing Sundial's model in (a) Needham et al. (1986), (b) Lee and Kim (2011) and (c) our study. The North is downward in all pictures.

쪽 머리[北頭]와 남쪽 머리[南頭]로 정할 수 있다.

NCR86 모델은 남쪽 기둥과 북쪽 기둥을 사각기둥으로 하였으나, LK11 모델은 이들을 원기둥으로 개선하였다. Figure 1(b)와 같이 LK11 모델의 복제품에서, 밀받침은 양쪽 머리에 발판 같은 보강물이 추가되어 있다. 북쪽 머리, 남쪽 머리와 허리로 구성된 밀받침은 그 바닥이 NCR86 모델같이 평평한 모양인지 확인할 수 없다. 다만 평평한 바닥은 현존하는 유물과 차이가 있다. 해인사의 현주일구 유물이나 국립고궁박물관의 소일영10 유물의 밀받침 바닥에는 네 모퉁이에 직각 판 형태의 발이 붙어 있다. 즉 유물의 밀받침은 4점 지지로 땅과 맞닿아 있다(Nam, 1995; NPM, 2021). NCR86과 같이, 평평한 바닥은 천문관측기기를 설치하기에 적합한 구조는 아니다. 따라서 LK11의 바닥 구조는 기기 설치의 측면에서 필요해 보인다.

끝으로 NCR86 모델과 LK11 모델은 모두 지평환에 24방향과 24기의 눈금을 표현하였다. 또한 사유환에 주천도 눈금을 도(度) 단위로 새겨놓았다.

2.2. 문헌 분석

『세종실록』 기록에는 정남일구의 제원이 Table 1과 소개되어 있다. 특히 받침부와 기둥부의 제원이 대부분

<sup>9</sup> 『세종실록』 권77, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술), 北柱長一尺一寸, 南柱長五寸九分.

<sup>10</sup> 칼 루퍼스가 해시계(Sundial)와 달시계(moondial)라고 말한 유물(Rufus, 1936)은 각각 세종과 성종 대에 제작된 소일영(小日影)으로 추정된다(Lee et al., 2016).

Table 1. The specification of South-Fixing Sundial.

Components	Size	(1 ja(尺)= 207 mm)	
		[ja]	[mm]
Stand	2 Head (1×w) (N and S)	0.2×0.4	41.4×82.8
	Waist (1×w)	0.85×0.1	176.0×20.7
	Pond (∅)	0.26	51.8
	(total length)	1.25	258.6
Column	North column	1.10	227.7
	South column	0.59	122.1
Pivot* position	From the north column's top	0.11	22.8
	From the south column's top	0.38	78.7
Declination ring* Cross-strut's slot*	0.67	138.7	

\* Pivot (軸), Declination ring (四游環), Cross-strut (直距)

을 이루고 있다. 이에 따르면 양 머리[頭]의 전체 가로 길이는 1.25자(258.6 mm)이다. 각 머리[頭]의 길이(세로)와 너비(세로)는 4치와 2치이고, 그 둘 사이의 허리의 길이(가로)와 너비(세로)는 8.5치와 1치이다(1치는 20.7 mm).<sup>11</sup> 한편 북쪽 기둥은 11치이고, 남쪽 기둥은 5.9치이다.<sup>12</sup> 극축의 중심이 두 기둥을 관통하는데, 북쪽 머리에서 9.9치, 남쪽 머리에서 2.1치 높이를 관통한다.<sup>13</sup>

모든 복원 모델은 이 제원으로부터 사유환의 크기를 정하고, 동시에 지평환, 백각환이 그려진 반환, 직거와 규형의 크기를 정해야 한다. 아울러 정남일구의 극축이 기울어진 고도를 한양의 북극고도와 일치하도록 해야 한다.

### 2.2.1. 한양의 북극고도 정렬

『세종실록』 「간의대기」에는 한양의 북극고도를 38도 소(少)로 기술하고 있고,<sup>14</sup> 이순지(李純之, ? ~ 1465)의 『교식추보법(交食推步法)』(奎 20989)에서는 38도 소약(少弱)으로 설명하고 있다.<sup>15</sup>

먼저 두 기둥을 북쪽 머리와 남쪽 머리의 중심에 설

<sup>11</sup> 주석 8 참조.

<sup>12</sup> 주석 9참고.

<sup>13</sup> 『세종실록』 권77, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술), 北柱一寸一分下, 南柱三寸八分下, 各有軸以受四游環. 環東西運轉, 刻半周天, 度作四分.

<sup>14</sup> 『세종실록(世宗實錄)』 77권, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술), 先製木樣, 以定北極出地三十八度少, 與《元史》所測合符.

<sup>15</sup> 『교식추보법(交食推步法)』 1a, 先測定我國漢陽北極出地三十八度少弱.

치한다면, 양 기둥 중심 사이의 거리는 10.5치이다. 극축이 두 기둥을 관통하는 높이의 차이는 7.8자로 정해져 있다. 이 때 사유환의 극축이 설정되는 각은  $36.°61 [= \tan(87.8/10.5)]$ 로, 주천도(周天度)로 37.14도에 해당된다. 이는 37도(度) 소약(少弱)에 근접하고, 『세종실록』의 한양의 북극고도와 1도의 차이를 가진다.

만약 정남일구의 북극고도가 38도 소 또는 38도 소약( $\approx 37.°62$ )이 되도록 설정하려면, 두 기둥이 각각 북쪽 머리[北頭]와 남쪽 머리[南頭]의 중심에서 안쪽으로 이동하여 서로 가깝게 위치해야 한다. 즉, 두 기둥 사이의 거리가, 1.05자가 아닌, 1.01자가 되어야 한다. NCR86 모델과 LK11 모델의 남북 양 기둥은 각각 머리 중심에서 조금 안쪽으로 들어와 설치된 것으로 보인다(Figure 1(b) & 1(b) 참조).

### 2.2.2. 하지반환

두 기둥 사이의 길이가 결정되면, 지평환의 크기를 정할 수 있다. 『세종실록』에는 지평환 아래에 ‘하지(夏至) 일출입시각을 기준으로한 반환이 있다’고 기술하고 있다.<sup>16</sup> 일명 ‘하지반환(夏至半環)’이다. NCR86 모델과 LK11 모델은 각각 춘추분선과 24기 절기선의 반환을 제작하였다.

이 하지반환에는 12시 백각의 시각선이 있다(Lee, 2003). 하지가 연중 낮의 길이가 가장 긴 하루이므로, 하지선에 시각을 표시함으로써 연중 낮의 시각을 대표해서 나타낼 수 있다. 하지반환의 백각 눈금은 Figure 3(c)에 나타내었다.

### 2.2.3. 사유환의 눈금

NCR86 모델과 LK11 모델과 같이, 사유환(四游環)은 지평환(地平環)과 하지 반환 안에 있다. 사유환은 축에 켜여 있고, 이 극축을 중심으로 회전할 수 있다.

사유환은 동서로 운전하는데, 반 주천도를 새기고, 매 도는 4분(分)으로 만든다. 북 16도부터 167도에 이르기까지 중간이 비게 하여 쌍환의 모양과 같다. 나머지 전환(全環) 안에는 중심에 한 획(중심선)을 새기고, 밑에는 네모난 창이 있다.<sup>17</sup>

사유환은 극축을 중심으로 위 반환과 아래 반환이

<sup>16</sup> 『세종실록(世宗實錄)』 77권, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술), 平設地平環, 與南柱頭齊. 以準夏至日出時刻, 橫設半環於地平之下, 內分晝刻, 以當方孔.

<sup>17</sup> 『세종실록(世宗實錄)』 77권, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술), (四游)環東西運轉, 刻半周天, 度作四分. 自北十六度至一百六十七度, 中虛如雙環樣. 餘爲全環, 內刻一畫於中心, 底有方孔.

다른 형태를 가지고 있다. 즉 위 반환은 가운데에 창을 내어 쌍환(雙環)의 모습이고, 아래 반환은 안쪽에 중심선을 새기며, 중간에 네모 구멍[方孔]을 파놓았다. 이 네모 구멍은 지평환 아래의 하지 반환의 백각 눈금을 읽을 수 있도록 한 것이다. NCR86 모델과 LK11 모델에도 이러한 특성을 반영하고 있다.

사유환은 위 반환에 주천도수의 눈금을 가지고 있다. ‘반 주천도를 새기고, 매 도는 4분(分)으로 만든다’라고 하였다. 365¼ 주천도의 반을 그리고 그 최소단위가 ¼도, 즉 분(分) 단위이다. NCR86 모델과 LK11 모델은 주천도수의 도(度) 단위 눈금만 나타내었다(Figure 1(b) & 1(b) 참조).

사유환 쌍환 영역은 눈금을 새긴 반환에서 북 16도에서 167도 사이에 가운데를 파내었다[中虛]. 태양의 거극도는 동지에서 67과 ½도이고, 하지는 115도이며, 춘추분은 91 ¼도이다(Table 3의 5열 참고). 16~167도 만큼 파져 있는 공간은 태양의 연중 거극도를 충분히 포함하고 있다.

만약 사유환에 분(分) 단위의 눈금을 새긴다면 쌍환이 있는 띠(bandage) 모양의 등면[背面]이 적합하다(Mihn et al., 2016 참고). 사유환이 띠(bandage) 모양의 환을 가지는 이유는 그 안에 직거와 규형이 있기 때문이다(Figure 1(a) & 2(a) 참고). 이러한 사유환의 형상은 조선시대 유학자의 혼천의에서 쉽게 볼 수 있다(Lee et al., 2010 참고). 사유환 내에 극축을 따라 직거(直距)가 있고, 직거의 중심에 규형이 있다.

직거(直距)를 가로로 설치하는데, 직거 가운데 6치 7분의 공간이 있고 규형(窺衡)을 지지한다. 규형은 위로는 쌍환을 관통하고, 아래로는 전환에 맞닿아 남북으로 오르내린다.<sup>18</sup>

사유환이 극축을 회전하는 것을 ‘동서로 운전한다’고 하고, 규형은 직거 중심의 축으로 회전하는 것을 ‘남북으로 오르내린다’라고 표현한다.

### 2.2.4. 사유환과 하지 반환의 크기

『세종실록』의 기록에는 지평환, 사유환, 하지 반환의 크기를 명시하지 않았다. 이들의 크기는 Table 1에 나타난 다른 부품의 제원에서 유추해야 한다. 먼저 사유환에 대해서 살펴본다. Table 1에서 사유환 내의 직거의 중허(빈 공간)는 0.67자이다. 한편 2.2.3절에서, 정남일구 두 기둥 사이의 거리가 1.01자라고 하였다. 결국 사유환의 지름은 0.67자보다 크고 1.01자보다 작아야 한

다.<sup>19</sup> 또한 극축의 길이는 1.275자[= 1.01자/cos(37°.62)]이다.

조선의 천문관측기기에서 환의 크기는 특정한 크기의 원주를 선택하였다는데, 그 크기는 새기려는 눈금의 개수와 관련이 있다(Mihn et al., 2015). 정남일구의 사유환은 365와 ¼의 주천도(周天度) 눈금을 새겨야 한다. 만약 원주율을 3.14로 어림하였을 때, 사유환의 지름이 0.775자(160.4 mm), 0.872자(180.5 mm), 0.930자(192.5 mm)라고 하면, 원주와의 오차를 최소화하여, 주천도의 눈금을 각각 3도/2푼, 4도/3푼, 5도/4푼의 관계로 그릴 수 있다. 특히 4도/3푼, 5도/4푼의 눈금은 3:4:5 직각삼각형을 활용하여 수 푼의 길이에 대해서도 원하는 도수를 작도할 수 있다(Mihn et al., 2017).

하지 반환의 경우에는 해당하는 반경은 아래와 같다.

$$r_{ss} = r_h \cos \varepsilon = 0.916 r_h \quad (1)$$

여기서  $r_{ss}$ 은 하지 반환의 반경이고,  $r_h$ 은 지평환의 반경이다. 여기서 황도경사각  $\varepsilon = 23°.655$ 이므로,  $\cos \varepsilon = 0.916$ 이다. 12시 100각에서는 매 각은 6등분하게 되는데, 이 경우 12시는 60등분이고 매 시진은 50등분, 매 반시진은 25등분이다. 한편 2.5푼/각을 가지는 원주의 반지름은 0.3981자이다. 식 (1)에서  $r_{ss}$ 가 0.398자이면,  $r_h$ 는 0.435자를<sup>20</sup> 얻는다.

따라서 사유환 지름이 0.872자이면 3푼에 주천도 4도를 그릴 수 있고, 지평환의 지름이 0.870자이면 하지 반환의 1각을 2.5푼으로 그릴 수 있다. 대략 0.87자가 하지 반환의 백각환 눈금과 사유환의 주천도의 눈금을 함께 그릴 수 있는 기준 지름이 된다.

Table 1에서 사유환 직거의 중허의 길이가 0.67자이다. 중허의 길이의 반이 0.335자이고, 사유환 중허가 16도(15°.77)에서 시작하므로, 직거 두께의 최대값은 0.189자(39 mm)이다. 다시 말해서, 사유환 전환의 너비는 약 0.189자를 기준으로 그 내외에서 정할 수 있다.

## 2.3. 유물 분석

### 2.3.1. 지평환의 눈금

정남일구의 지평환에 대해서는 눈금의 설명이 나타나지 않는다. 먼저 세종 당시에 제작된 천문관측기기 중 지평환이 있는 것으로 혼의, 양부일구 등이 대표적이다. ]의나 양부일구의 지평환에는 24방향과 24기의 눈금이 새겨져 있다. 지평환에서 24방향은 항상 일정하다. 반면

<sup>18</sup> 『세종실록(世宗實錄)』 77권, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술), 橫設直距, 距中六寸七分虛, 以持窺衡. 衡上貫雙環, 下臨全環, 低昂南北.

<sup>19</sup> 반지름은 0.335자보다 커야 하고 0.505자보다 작아야 한다.

<sup>20</sup> 그 지름은 0.869자(179.9 mm)이다.

지평환에서 24기를 나타내는 13개 절기선은 눈금이 비등 간격으로 표시된다. 여기서 24기의 반을 나누어 동쪽면과 서쪽면에 절기명을 표시한다. 예를 들어 양부일구 유물을 살펴보면, 동지에서 춘분을 거쳐 하지까지는 동쪽면에, 하지에서 추분을 거쳐 동지까지는 서쪽면에 관례적으로 표시하였다(Kim et al., 2022).

양부일구의 경우, 지평면에서 동지일 때 최북에 표시되고, 하지에는 반대로 최남에 위치한다. 한편 혼천시계의 혼의를 살펴보면, 지평환의 윗면이 아닌 옆면에 절기명이 새겨져 있는데, 지평환에서 최남에 동지가 있고, 최북에 하지가 있다(Kim, 2007). 혼천시계 혼의와 양부일구의 지평환에서, 24기의 절기명의 위치가 서로 다른 것은 그 기기의 구조와 용법에 기인한다. 혼의에는 태양의 일주운동을 모사하기 위해 황도환에 태양 모형이 있다. 이 혼의에서 태양이 여름에는 북가을보다 북쪽에서 뜨고 지고, 겨울에는 반대로 남쪽에서 뜨고 지기 때문에, 지평면의 절기명도 이에 따라 표시되어야 한다. 반면 양부일구의 경우에는 반구가 지평면 아래에 있고, 태양에 의한 표(영침)의 그림자를 반구에 표시하여 절기선을 배치한다. 이 때문에 절기명의 위치가 혼의의 것과 반대로 위치하게 된다.

정남일구의 지평환은 양부일구의 눈금을 적용했을 것으로 보인다. 지평환 아래에 하지반환(夏至半圓)이 있기 때문이다.

### 3. 하지 반환의 복원 모델

#### 3.1. 구조와 제원

2장에 제시된 구조 분석과 문헌 내용을 바탕으로 정남일구 복원모델을 개발하는데 필요한 요구사항을 다음과 같이 설정하였다. NCR86 모델과 LK11 모델의 구조를 따르는 것은 다음과 같다.

- 가. 정남일구는 사유환(직거와 규형 포함), 지평환, 반환(백각눈금), 남북 기둥, 밀받침, 무게추로 구성한다.
- 나. 사유환 등면에 주천도수 눈금을 표시한다.
- 다. 사유환의 양극은 직거로 고정하고, 직거의 중심에는 규형이 회전한다. 규형의 상하에는 각각 상표와 하표가 있다.
- 라. 지평환은 남쪽 기둥의 높이와 수평하도록 설치한다. 이때 지평환의 상면이 지평면으로 규형의 회전축 중심과 일치하여야 한다. 지평환에는 ‘정남일구(定南日晷)’와 ‘한양북극고삼십팔도소(漢陽北極高三十八度小)’의 글자와 24방향, 24기를 새긴다. 현존하는 양부일구의 글자 구성과 배치를

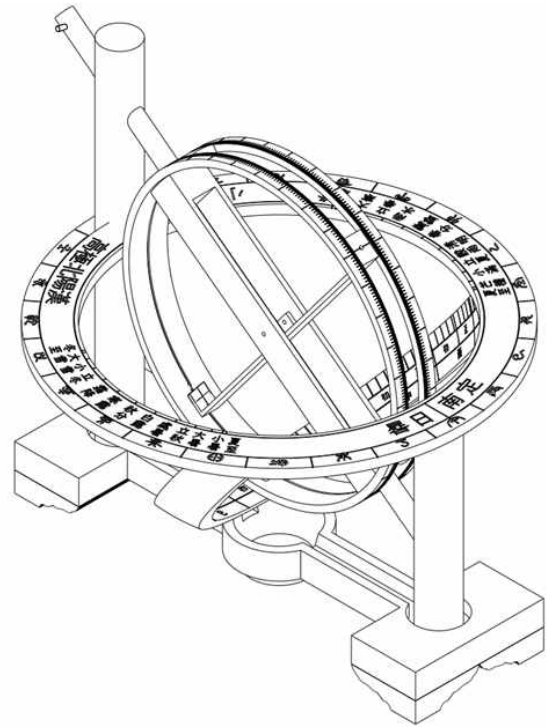


Figure 4. Bird's-eye view of the South-Fixing Sundial model.

본떠서 활용한다.

- 마. 남북의 기둥은 원기둥의 형태로 남북의 머리에 수직이 되게 세운다(LK11모델 참고). 남북방향에 맞게 지평환을 조립한다.
- 바. 양극의 극축이 각각 남쪽 기둥과 북쪽 기둥에 삽입되어 고정된다. 북쪽 기둥을 관통하여 나온 북극 축에 추를 내릴 수 있도록 하며, 북쪽 머리에 십자선을 그려 추와 맞출 수 있게 한다.
- 사. 백각의 눈금이 있는 반환은 지평환 아래에 설치한다. 사유환 아래 반환의 네모난 창은 백각 눈금 반환의 시각선이 있는 위치에 있다.
- 아. 밀받침은 양 머리와 허리가 결합한 형태이다. 상면에 물 홈을 만드는데, 남북의 두 기둥을 두르고 허리가 있는 못에 연결된다.

본 연구에서 새롭게 개선하는 사항은 아래와 같다.

1. 지평환 아래에는 하지반환이 있다. 하지반환은 지평환 아래 하지선에 일치하게 설치



Table 2. The specification of South-Fixing Sundial.  
(1 ja = 207 mm)

Component		Size	
		[ja]	[mm]
Declination ring (四游環)	Diameter	0.86	178
	Width	0.12	25
Cross-strut (直距)	Length	0.82	170
Alidade (窺衡)	Length	0.83	171
	Width	0.05	10
	Pinhole diameter	0.01	2
Horizon ring (地平環)	Outside diameter	1.14	236
	Inner diameter	0.89	184
Halved ring of Summer solstice (夏至半環)	Diameter	0.89	184
	Width	0.10	20

되는데, 남점방향으로 12시 100각법에 따른 시각 눈금을 새긴다.

- 사유환 등면의 주천도수는 분(分) 눈금을 표시한다.
- 규형의 상표에 바늘구멍이 있고 그 외면에는 바늘구멍을 통과하는 가로선이 있어 사유환 등면의 주천도의 눈금을 가리킬 수 있다. 하표의 내면에는 십자선이 그려져 있으며, 십자선의 중심은 상표의 바늘구멍과 대응하는 위치에 있다.
- 밑받침의 두 머리 하단 네 모서리에는 발이 있다.

정남일구의 모델에서, 북극고도는 『세종실록』의 남북 기둥의 결합 위치를 만족하고, 「간의대기」와 『교식추보법』의 북극고도 기록을 고려하여, 37.6°로 설정하여 제작하였다. 결국 두 기둥 중심 간의 거리는 1.05자가 되게 설계하였다. Figure 4에 본 연구의 정남일구 모델을 나타내었고, Table 2에 설계에 활용된 제원을 정리하였다.

3.2. 사유환

정남일구 복원의 관건은 사유환에 분(分) 눈금을 구현하는 것이다. 분 눈금은 1/4도의 눈금을 말한다. 2.2.4절과 같이, 사유환 지름을 0.87자로 가정한다면, 3푼(6 mm)에 주천도 4도를 그릴 수 있다. 매도는 약 0.75푼(1.5 mm)이다. 실제로 1.5 mm에 4등분의 눈금을 그리기 쉽지 않다.

Figure 5(a)는 사유환 상면(Figure 4 참조)에 그려지는 분(分) 단위의 주천도 눈금을 나타내었다. 여기서 주천

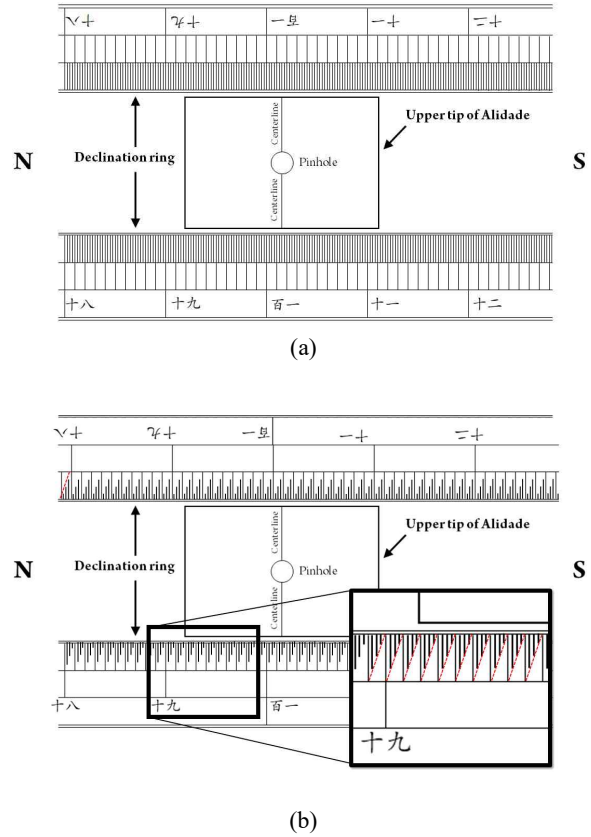


Figure 5. Declination ring and Alidade. There is a declination ring (四游環) with 1/4 degree scale. (a) 1/4 degree scale represented in Joseon artifact usually, (b) 1/4 degrees scale described in the Simplified Sun-and-Star Time-Determining Instrument (小日星定時儀), which looks like a transversal scale having been drawn in the Tycho Brahe’s mural quadrant (Chapman, 1989).

도 눈금은 3층으로 구성하였는데, 분 눈금과 도 눈금이 각각 한 층을 사용한다. 주천도 눈금은 사유환 쌍환을 서로 마주 보듯이 양쪽에 모두 그렸고, 그 쌍환 사이에는 규형의 상표가 있다. 이 상표의 중심에는 바늘구멍이 있고, 바늘구멍을 가로지르는 중앙선이 있다. 이 중앙선은 사유환 등면에 있는 세밀한 눈금을 지지할 수 있다.

부가적으로 사유환의 옆면에는 24기를 나타내는 13개 절기 선을 표시할 수 있다. 이 경우 이들 절기 선은 지평환의 13개의 절기 눈금과 서로 일치해야 한다.

소일성정시의(이후 ‘소정시의’로 표현함)에도 분 눈금(1/4도의 눈금)을 그린 사례가 있다. 소정시의 최외곽에 주천도분환이 있는데, 환을 지지하는 바퀴의 등면[輪邊] 북쪽에 분 눈금을 그렸다(Lee et al., 2016). 북쪽에 가장 긴 획을 긋고, 북쪽으로 향하여 다시 세 획을 긋되 점점 짧게 하고, 획 사이는 모두 1/4도로 하였다.21 여기

서 분 눈금의 길이가 점점 작아지게 그린 형태는 마치 대각사선의 눈금을 연상시킨다. Figure 5(b)에 사유환의 주천도 분 눈금은 대각선 방향으로 길이의 차이를 두어 그렸다. 눈금 길이의 차이로 인해 각각의 분 눈금을 쉽게 구별하여 파악할 수 있는 장점이 있다.

대각사선의 눈금은 티코 브라헤(Tycho Brahe, 1546 ~ 1601)의 벽사분의(mural quadrant)에서 처음 보인다(Chapman, 1989). 청나라 고관상대의 천문의기(1673) 유물에는 남회인(南懷仁, Ferdinand Verbiest, 1623 ~ 1688)에 의해 대각사선의 눈금이 적용되었는데, 기존의 눈금을 더욱 세분화하여 관측정밀도를 높일 수 있었다(Chapman, 1989).

### 3.3. 지평환과 하지 반환

지평환은 남쪽 기둥 높이에 평평하게 설치하고 북쪽 기둥이 환을 관통하도록 설계하였다. 지평환의 북쪽에 ‘한양북극고삼십팔도소(漢陽北極高三十八度小)’를 새겼다. 또한 24방향, 24기 글자를 LK11 모델과 동일하게 표시하였다. 앙부일구의 지평환의 양식을 따라 정남일구의 지평환에 표기된 각각의 24기 눈금은 관측 당시의 절기를 확인할 수 있도록 한다. 지평환의 동쪽 편에는 동지에서 하지로 진행되는 13개 절기가 나열되어 있고, 서쪽 편에는 하지에서 동지로 13개 절기가 나열되어 있다. 따라서 지평환이 춘추분선과 만나는 위치는 동쪽에 춘분이, 서쪽에 추분이 배치된다.

지평환의 크기는 사유환과 반환의 크기를 고려하여 결정하였으며, 밀반침의 최대길이를 벗어나지 않도록 설계하였다. 지평환의 중심은 정남일구 못의 중심과 일치하도록 설계하였다.

지평환 아래 하지반환은 하지선에 맞닿아 연결되어 있다. 하지선을 기준으로 하여 12시 100각 눈금을 새겨 놓는다. Figure 6(a)과 같이, 하지반환의 시각선 눈금은 3층 구조로 설계하였는데, 하지선에 맞닿은 1층은 각(刻) 눈금을, 가운데 2층은 초(初)와 정(正)의 반시진 눈금을, 가장 아래 3층은 낮의 시진 이름인 묘(卯), 진(辰), 사(巳), 오(午), 미(未), 신(辛), 유(酉)의 글자를 넣었다. 여기서 1각은 현대시간으로 14.4분(minute)에 해당하고, 1각을 6 등분한 매분(分)은 현대시간으로 2.4분에 해당한다(Lee, 2003). 2.2.4절에서 하지 반환은 1각을 2.5푼( $\approx 5$  mm)이라고 하였으므로 각(刻) 눈금을 그릴 수 있다.

Figure 6는 정남일구의 하지 반환을 보여주는 상면도이다. (a)는 사유환을 제거한 모습으로 하지 반환의 주요선이 지평환의 하지 눈금과 만나는 것을 살펴볼 수

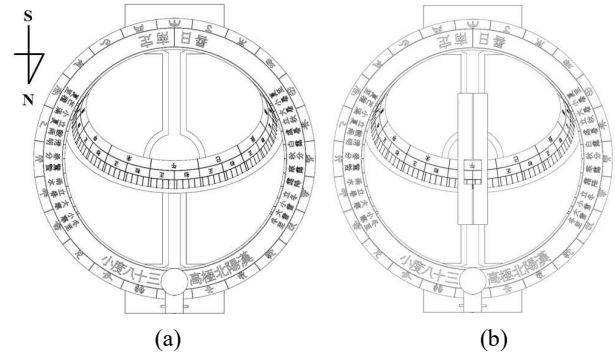


Figure 6. The top view of the South-Fixing Sundial model focused on the halved ring of summer solstice under the horizon ring, (a) with the declination ring not being visible and (b) only the lower part of the declination ring being visible.

있다. (b)는 사유환의 아랫 반환의 일부를 하지반환 위에 나타낸 그림이다. 사유환은 그 너비에 대해서 중심선이 있고, 하지 반환의 눈금을 쉽게 읽을 수 있도록 네모난 창이 뚫어져 있는 것을 볼 수 있다.

### 3.4. 바늘구멍

규형의 상표에는 태양 빛을 투과시키는 바늘구멍이 설계되어 있고(Figure 8 참조), 사유환에 맞닿아 있는 하표에는 그 내면에 태양 그림자(태양상)가 정확히 맺히는지 알기 위해 십자선을 그려 놓았다. 규형의 길이는 0.827자(171.3 mm)로 NCR86 모델 복원품의 것보다 약 16.5% 크다.

Lee et al. (2006)은 바늘구멍 카메라 광학적 원리를 사용하여 규형의 상단과 하단의 길이를 통해서 바늘구멍의 크기를 추정하였다. 만약 스크린에 맺히는 태양상이 회절상이라고 가정하면, 레일리 판별조건(Rayleigh criterion)에 따라 두 회절상이 분별되는 에어리 원반(Airy disk)이 있는데, 이를 태양상으로 고려할 수 있다(Malpas, 2014).

$$D_{pinhole}^2 = 2.44\lambda \cdot f$$

여기서  $D_{pinhole}$ 는 바늘구멍의 지름,  $\lambda$ 는 파장,  $f$ 는 초점거리이다. Table 2에서, 규형의 길이가 171.3 mm이고,  $\lambda = 0.00055$  mm라고 설정하면,  $D_{pinhole}$ 는 0.48 mm이다(Lee et al., 2006). 이 크기는 하표에 태양의 회절상을 만드는 상표의 바늘구멍의 최대 크기로 바늘구멍의 최소 기준이 될 수 있다. 그러나 『세종실록』에서 바늘구멍의 크기를 겨자씨라고 하였는데, 이는 실제 2 mm 내외의 지름을 가지고 있다. 2 mm의 지름은 회절상을 만드는 바늘구멍( $D$ )인 0.48 mm보다 약 4배 이상 크다.

21 『세종실록(世宗實錄)』 77권, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술), 候北極第二星所在, 以誌輪邊, 其晝最長. 向北更畫三畫, 以漸而短, 其間皆距四分度之一.



한편 태양의 시반경(32')에 대한 바늘구멍의 기하광학적 설정은 다음과 같다(Lee et al., 2006).

$$D_{image} = 0.0093f$$

여기서  $D_{image}$ 는 초점면의 지름이고,  $f$ 는 규형의 길이이다. 규형의 길이를 171.3 mm로 적용할 때, 태양상의 지름은 약 1.65 mm이다.

이제 이 결과를 겨자씨 크기인 2 mm의 바늘구멍을 가진 정남일구의 상표에 적용한다. 회절상을 만드는 바늘구멍의 최대 지름이 약 0.48 mm이므로, 이 지름을 바늘구멍의 기하광학적 최소 한계라고 가정한다. 즉, 겨자씨의 바늘구멍에서 기하광학적 최소 한계값을 뺀 나머지 영역에서, 모두 태양의 시반경인 32'에 대한 태양상이 중첩된다고 가정할 수 있다. 따라서 겨자씨 바늘구멍을 통해 나타나는 태양상의 크기는 아래의 식과 같이 추정할 수 있다.

$$2.0 - 0.48 + 1.65 = 3.17 \text{ [mm]}$$

NCR86 모델 복원품의 경우, 바늘구멍의 크기가 1.6 mm이고 이때 관측된 태양상의 지름이 약 2.5 mm이었다(Figure 7(a) 참조). 태양의 시반경에 대한 태양상은 기하광적 태양상에 여러 개의 회절상이 만드는 바늘구멍이 중첩되었다고 가정하면, 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$1.6 - 0.44 + 1.37 = 2.53 \text{ [mm]}$$

위의 3.17mm 태양상의 크기를 고려하여 규형의 하표에 표기한 십자가 크기를 결정하였다.

추후 연구에서는 실제 모델을 활용하여 제작하여 관측 결과와 비교분석을 시도할 필요가 있다.

#### 4. 관측 방법

『세종실록』에는 정남일구의 사용법을 함축적으로 묘사하고 있다.

규형(窺衡)을 사용할 때는 매일 태양을 거극도분(去極度分)에 일치시키는데, 태양 그림자를 투과시켜 들어와서 원형을 정확히 이룰 때, 네모난 창에 근거하여 (하지) 반환의 눈금을 (허리를) 구부려서 보면, 자연히 남쪽을 정하고 시각을 알게 된다.<sup>22</sup>

<sup>22</sup> 『세종실록』 권77, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술); 用窺衡, 當每日太陽去極度分, 透入日影, 正圓, 卽據方孔, 俯視半環之刻, 則自然定南知時矣.

Table 3. Yearly day number of and polar distance on each day of the 24 solar terms.

Date (after winter solstice)	24 solar terms	Yearly day number (after w.s.)	Polar distance, $p$	
			[°]	[도]
22. Dec	Winter solstice	1	67.53	67 2/4
5. Jan	Inferior cold	15	68.39	68 2/4
20. Jan	Superior cold	30	70.87	70 3/4
4. Feb	Spring Entrance	45	74.74	74 3/4
19. Feb	Rainwater	60	79.67	79 3/4
5. Mar	Breaking hibernation	74	85.32	85 1/4
21. Mar	Spring equinox	90	91.31	91 1/4
5. Apr	Clean and Clear	105	97.31	97 1/4
20. Apr	Spring rain	120	102.95	103 0/4
5. May	Summer entrance	135	107.88	108 0/4
21. May	Little filling	151	111.75	111 3/4
6. Jun	Barley Husk	167	114.23	114 1/4
21. Jun	Summer solstice	182	115.09	115 0/4
07. Jul	Inferior heat	198	114.23	114 1/4
23. Jul	Superior heat	214	111.75	111 3/4
7. Aug	Autumn entrance	229	107.88	108 0/4
23. Aug	Heat edge	245	102.95	103 0/4
8. Sep	White Dew	261	97.31	97 1/4
23. Sep	Autumn equinox	276	91.31	91 1/4
8. Oct	Cold Dew	291	85.32	85 1/4
23. Oct	Frost downfall	306	79.67	79 3/4
7. Nov	Winter entrance	321	74.74	74 3/4
22. Nov	Inferior snow	336	70.87	70 3/4
7. Dec	Superior snow	351	68.39	68 2/4

위의 마지막 문장과 같이, 정남일구는 그 자체의 남북을 정하고, 이후 이를 해시계로 사용하는 두 가지 용도가 있다.

#### 4.1. 태양그림자

정남일구의 수평을 맞추기 위해 다립추를 내려 받침대의 십자선에 맞춘다. 못에 나침반을 띄워 정남일구의 남북을 대략의 자오선에 맞춘다. 측정하는 날의 태양 적위에 맞게 규형을 사유환 눈금에 맞춘다. 즉 규형 상표에 있는 바늘구멍의 중심이 사유환 거극도의 눈금에 맞도록 하여 고정한다. 24 절기일의 태양의 거극도(태양 적위)에 대한 조건표는 Table 3에 나타내었다. 사유환에서 태양의 거극도는  $90^\circ + \phi$ 이다.

Table 3의 거극도( $p$ )를 이용하여 정남일구 사유환의 거극도 눈금( $m$ )을 알 수 있다.

$$m = r_n p \quad [\text{rad}] \quad (2)$$

여기서  $p$ 는 Table 3에서 각도를 라디안으로 변환한 값이다. 만약 정남일구의 남북을 바로 세워 설치하는 날

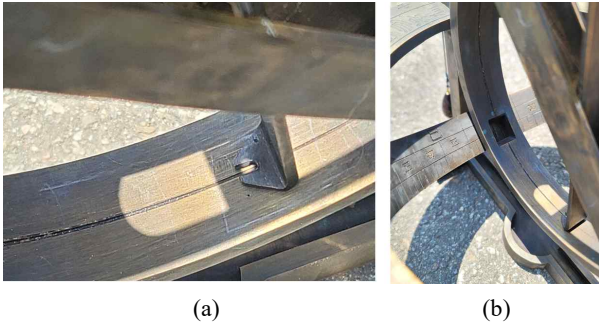


Figure 7. Inside declination ring with NCR86 model, (a) the sun image on the alidade through the pin-hole, (b) rectangle hole of its ring.

에 당일의 태양의 거극도를 알지 못한다면, Table 3에서 주어진 24 절기일에 맞추어 식 (2)에 의한 눈금을 찾아서 규형의 위치를 고정할 수 있다.

이제 규형을 고정한 채, 사유환 상부에 있는 규형의 바늘구멍을 통해 태양 빛이 투과되도록 사유환을 회전시킨다. 바늘구멍을 통해 들어온 태양 빛은 사유환 하부의 규형에 밝고 둥근 태양 이미지를 만든다. 이를 ‘태양 그림자[日影]’라고 한다(Figure 7(a) 참조). 태양그림자가 사유환 내부에 있는 중심선에 정확히 맺히지면, 관측자의 시선은 이 중심선을 따라 사유환 내부에 있는 네모난 창으로 향한다. 네모난 창은 하지 반환의 백각환 눈금을 읽기 위해 파놓은 것이다(Figure 7(b) 참조). 사유환의 중심선이 가리키는 눈금을 보고 그 순간의 시태양시를 읽을 수 있다.

#### 4.2. 남북 정렬

백각환 눈금은 큰 눈금과 작은 눈금이 있는데, 현대 시각으로 각각 14.4분(1각), 2.4분(1/6각)에 해당한다(Lee, 2003). 처음 시각을 확인한 뒤 대략 14.4분이 지나면, 태양이 적도와 평행하게 서행(西行)하고 규형 하단의 태양 그림자가 사라진다. 다시 사유환을 1각만큼 회전하여 태양그림자를 찾아야 한다. 이때 사유환 내의 규형을 고정해야 한다. 만약 태양 그림자를 얻기 위해 규형을 위아래로 움직여야 한다면, 정남일구 자체가 정확히 자오선에 일치하지 않은 상태임을 말해준다.

시간이 지남에 따라 태양 그림자가 이동하는 방향이 두 가지가 있다. 하나는 Figure 8과 같이 태양 그림자가 동지선 방향으로 이동하는 경우가 있고, 다른 하나는 Figure 9과 같이 태양 그림자가 하지선 방향으로 이동하는 예가 있다. Figure 8은 정남일구 (b)에서 태양 그림자의 동지선방향 이동을 양부일구 (a)의 시반면과 비교할 수 있다. 이때 양부일구는 이미 자오선에 정렬되어 있다고 가정한다. 반대로 Figure 9는 정남일구 (b)에서 태양 그림자의 하지선방향 이동방향을 양부일구 (a)

의 시반면과 비교할 수 있다. 실제의 상황에서, 전자는 이미 태양의 그림자에 맞게 규형을 정렬하고 일정한 시간이 경과한 후에 사유환을 시계방향으로 회전시켜 태양의 그림자를 얻을 때, 규형 하단을 북쪽 방향(Figure 8에서는 아래 방향)으로 이동시켜야 하표에 태양 그림자를 맺히게 할 수 있다. 후자는 같은 상황에서 규형 하단을 남쪽 방향(Figure 9에서는 위 방향)으로 옮겼을 때, 규형의 하표에 태양 그림자가 맺히는 경우이다.

정남일구의 태양그림자가 동지선 방향이나 하지선 방향으로 이동하면, 정남일구 자체가 자오선과 일치하지 않은 상태이므로 회전하여 교정해야 한다. 정남일구의 회전방향을 양부일구의 절기선과 일치하는 방향이다. 즉 태양그림자가 동지선 방향으로 이동하면, 정남일구를 시계방향으로 회전해야 한다. 반대로 하지선 방향으로 이동하면, 정남일구를 반시계방향으로 이동해야 한다. 이러한 과정을 수차례 반복하여서 정남일구의 남북을 자오선에 일치시킬 수 있다. 즉 정남일구 자체의 회전 없이도 시간의 경과에 따라 사유환 내에서 규형의 남북 이동 없이 태양 그림자를 연속적으로 얻을 수 있으면, 비로소 정남일구가 자오선에 정렬된 것이다.

이후 정남일구를 바닥과 고정하면, 그 위치에서 해시계로 사용할 수 있다.

#### 5. 결론

세종은 재위 기간인 1432 ~ 1438년 사이에 천문관측기기를 개발하였다. 이때 창제된 해시계 중에는 나침반 없이 남쪽을 정하는 천문관측기기인 정남일구가 있다. 정남일구는 세종 당시에 제작되었지만 현존하지 않는다. 『세종실록(世宗實錄)』 「간의대기(簡儀臺記)」에는 284자로 정남일구를 설명하고 있다. Needham et al.(1986)과 Lee & Kim(2011)은 정남일구의 복원 모델을 제시하였다. 본 연구는 기존 정남일구 모델을 참작하되 『세종실록』에서 설명하는 내용을 반영하여 다음과 같이 복원 모델을 제시하고자 한다.

첫째, 본 연구의 모델은 지평환 아래에 하지 반환(半環)을 구현하였다. 이것은 『세종실록』에 기록된 ‘하지 반환’을 도입한 것이다. 하지 반환에 있는 시각선은 하지선에서 (지평선의) 남점 방향으로 향하게 그렸다.

둘째, 본 정남일구 모델은 사유환에 주천도수의 분(分) 눈금을 모델링하였다. 『세종실록』에서 언급한 주천도수의 분 눈금을 구현하기 위해, 기존 유물처럼 매도 간격에 4 등분의 눈금을 적용하였다.

아울러 『세종실록』 기록에 명시되지 않았지만 다른 유물의 사례를 통해 유용한 기능적 요소를 도입하였다.

하나는 정남일구의 밑받침에 해당하는 남쪽머리와 북쪽머리는 외곽 모퉁이에 직각관 형태의 발을 붙인

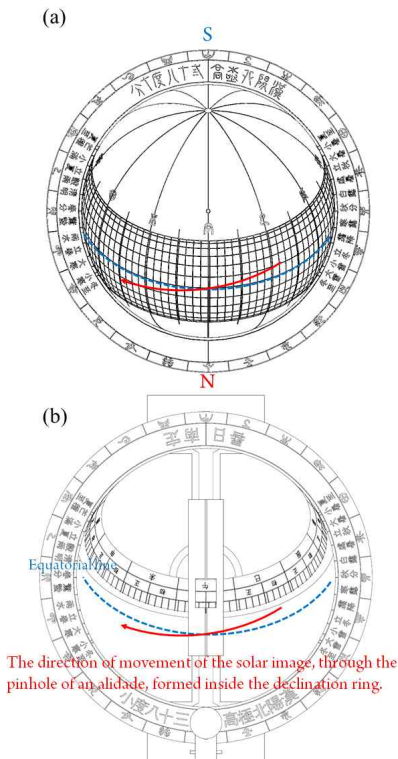


Figure 8. As time passes, the moving direction of the solar image of a South-Fixing Sundial (b) in comparison with grid-like lines of an Angbuilgu (Scaphe Sundial) (a) in the concave spherical surface. The red arrow line is the moving direction of the solar image when the north biased to the west.

것이다. 이는 현주일구 및 일영의 유물의 밑받침[跣]의 양식을 도입한 것이다.

다른 하나는 규형의 상표에는 바늘구멍을 가로지르는 중앙선을, 하표에는 바늘구멍에 대척되는 십자선을 나타내었다. 문헌에 따르면, 바늘 구멍의 크기는 겨자씨 크기로, 본 연구 모델은 이 크기를 약 2 mm로 추정하였다. 이 추정치를 적용하였을 때, 태양 빛이 상표의 바늘구멍을 투과해 하표의 십자선에 만드는 태양상은 지름 약 3 mm로 예측되었다. 아울러 상표의 중앙선은 사유환 쌍환의 배면에 그린 주천도 눈금을 명료하게 측정할 수 있도록 도움을 준다.

한편 지평환, 사유환, 하지반환 크기는 이들 부품에 새겨야 할 눈금의 단위와 양식을 고려하여 설계하였다. 『세종실록』에 명시되지 않아 다른 부품의 제원으로부터 그 크기를 유추해야 하는 어려움이 있다. 그럼에도 불구하고 이들 환의 크기가 크면 클수록 눈금을 새기기 용이하고 관측 시 정확도를 높일 수 있다고 추정된다.

태양 관측을 통해 정남일구를 자오선에 일치시키는 과정은 다음과 같다.

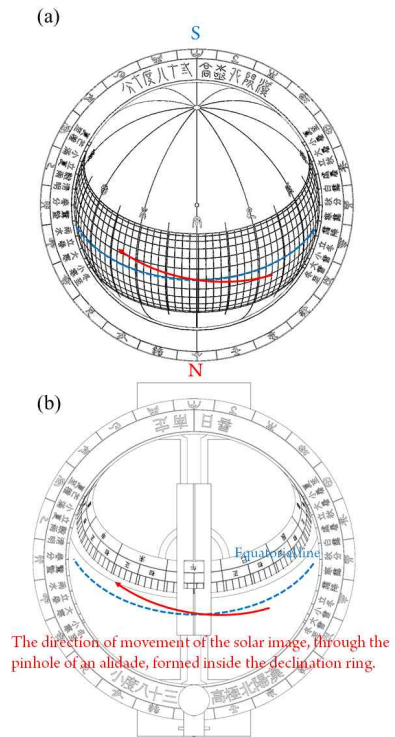


Figure 9. As time passes, the moving direction of the solar image of a South-Fixing Sundial (b) in comparison with grid-like lines of an Angbuilgu (Scaphe Sundial) (a) in the concave spherical surface. The red arrow line is the moving direction of the solar image when the north biased to the east.

1. 정남일구는 대략의 남북에 맞게 놓은 후, 그날의 태양 거각도를 참고하여 규형의 상표를 고정시켜 사유환을 회전하여 하표에 태양상을 얻는다.
2. 수십 분이 경과한 후에 사유환을 돌려 태양상을 얻을 때, 규형의 상표를 남쪽으로 이동해야 하면, 정남일구의 북쪽이 동편향되어 있으므로 반시계방향으로 돌려야 한다. 반대로, 규형의 상표를 북쪽으로 이동해야 하면, 정남일구의 북쪽이 서편향되어 있으므로 시계방향으로 돌려야 한다. 여러번 반복하여 시간의 경과에도 규형의 남북 이동 없이 지속적으로 태양상을 얻게 되면 정남일구가 자오선에 맞게 설치된 것이다.
3. 정남일구가 자오선에 맞게 설치되어 있으면, 하표의 십자선에 태양상이 멩히게 조절한 후, 사유환 아래쪽 반환 내에 있는 중심선이 지시하는 하지반환의 눈금을 읽어서 시각을 알 수 있다.

본 연구가 세종의 정남일구의 형태를 복원하는데 기여할 수 있기를 바란다.

## ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 충북대학교 충북Pro메이커센터의 지원으로 수행되었습니다. 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다(No. 2019R1F1A1057508). 본 연구는 한국천문연구원 ‘고천문 자산의 과학적 활용과 동북아 협력 연구’ 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Ahn, S. -H., 2021, Geomagnetic declination derived from the positional records of Martian retrograde motion in 1491, *Publicaion of Astronomical Society of Japan* 73(4), 1166–1185
- Chapman A., 1989, Tycho Brahe – Instrument designer, observer and mechanician, *Journal of British Astronomical Association* 99(2), 70-77
- Kim, S. H., Mihn, B. -H., & Kim, J. -Y., 2022, Analysis of Angbu-ilgu, a stone material in the late Joseon Dynasty, *PKAS*, *in print*.
- Kim, S. H., 2007, *A study on the Operation Mechanism of Song I-yong's Armillary Clock*, Chung-Ang University, PhD thesis.
- Kim, S. H., Mihn, B. -H., Ahn, Y. -S., Yang, H. J., & Lee, Y. S., 2014, Apparatus for Construing the Heavens, Korea Study Information Co. (Paju), pp.74-77
- Lee, Y. S., 2003, The Diurnal and Nocturnal Time Measure Using An Astronomical Instrument in Joseon Dynasty, *Bulletin of Korea Astronomy Society* 28(1), 123-133
- Lee, Y. S., Jeong J. H., Kim, C. -H., & Kim, S. H., 2006, The Principle and Structure of the Gyupyo (Gnomon) of King Sejong's Reigh in Chosun Dynasty, *JASS*, 23(3), 289-302
- Lee, Y. S., Kim, S. H., Lee, M. S., & Jeong, J. H., 2010, A Study on the Armillary Spheres of the Confucianists in Joseon Dynasty, *JASS* 27(4), 383-392  
<https://doi.org/10.5140/JASS.2010.27.4.383>
- Lee, Y. S. & Kim, S. H., 2011, A Study for the Restoration of the Sundials in King Sejong Era, *JASS* 28(2), 143-153  
<https://doi.org/10.5140/JASS.2011.28.2.143>
- Lee, Y. S., Kim, S. H., & Mihn, B. -H., 2016, Family of the Sun-and-Stars Time-Determining Instruments (*Ilseong- jeongsi-ui*) Invented During the Joseon Dynasty, *JASS* 33(3), 69-73  
<http://dx.doi.org/10.5140/JASS.2016.33.3.69>
- Lee, Y. S., 2021, The excavation of an relics on Ilseong-Jeongsi-ui, the Available Clock both for Daytime and Nighttime made in the reign of the King Sejong and Comparison to its epigonic artifacts, in *Discovering Insa-dong in 2021, its achievements and future direction*, National Palace Museum of Korea and Sudo Institute of Cultural Heritage (seoul), pp.100-115
- Malpas, B. D., 2014, Observing Sunspots Using A Pinhole Camera, *Articles of Coconino Astronomical Society* (<http://www.coconinoastro.org>)
- Mihn, B. -H., Lee, K. -W., Kim, S. H., & Lee, Y. S., 2013, The Role of a Cross-Bar and the Enlargement of a Gnomon in Joseon Dynasty, *PKAS* 28(3), 1-9  
<http://dx.doi.org/10.5303/PKAS.2013.28.3.001>
- Mihn, B. -H., Lee, K. -W., Ahn, Y. S., & Lee, Y. S., 2015, Scale Marking Method on the Circumference of Circle Elements for Astronomical Instruments in the Early Joseon Dynasty, *JASS* 32(1), 63-71  
<http://dx.doi.org/10.5140/JASS.2015.32.1.63>
- Mihn, B. -H., Lee, M. S., Choi, G., & Lee, K. -W., 2016, Manufacturers of Astronomical Instruments Invented During the Ganui-Dae Project in Joseon Dynasty, *PKAS* 31(3), 77-85  
<https://doi.org/10.5303/PKAS.2016.31.3.077>
- Mihn, B. -H., Choi, G., & Lee, Y. S., 2017, Astronomical Instruments with Two Scales Drawn on Their Common Circumference of Rings in the Joseon Dynasty, *JASS* 34(1), 45-54  
<https://doi.org/10.5140/JASS.2017.34.1.45>
- Nam, M. -H., 1995, *Korean Water-Clocks: Jagyongnu, The Striking Clepsydra and The History of Control and Instrumentation Engineering*, Konkuk Univ. Press (Seoul), pp.106-304
- National Palace Museum of Korea (NPM), 2021, *Encounter With The Brilliant Scientific Technology Of The Joseon Dynasty*, NPM (Seoul), pp.42-45
- Needham, J., Lu, G. -D, Combridge, J. H., & Major, J. S., 1986, *The Hall of Heavenly Records – Korean astronomical instruments and clocks 1380-1780*, Cambridge University Press (Cambridge), 89-91
- Rufus, W. C., 1936, Korean Astronomy, the Transaction of the Korea Branch of the Royal Asiatic Society 26, plate 16