

조선 초기 칠정산 외편의 일식 계산

안영숙^{1†}, 이용삼²
¹한국천문연구원
²충북대학교 천문우주학과

THE SOLAR ECLIPSE PREDICTIONS OF CHILJEONGSAN-OEPYEON IN EARLY CHOSEON

Young Sook Ahn^{1†} and Yong Sam Lee²

¹Korea Astronomy Observatory, Daejeon 305-348, Korea

²Dept. of Astronomy & Space Science, College of Natural Science and Institute for
Basic Science Research, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

E-mail: ysahnn@kao.re.kr

(Received October 12, 2004; Accepted November 28, 2004)

요 약

동아시아의 역사서에는 일식에 대한 기록들이 다른 천문현상들에 비해 많이 나타난다. 이것은 전통적으로 일식은 왕조의 운명과 연관되어있다는 정치적인 사상 때문이다. 조선시대까지도 태양은 임금을 상징하였고, 일식이 일어나면 일식이 무사히 지나가도록 임금이 제사하는 구식례(求食禮)를 지내곤 했다. 따라서 당시의 임금은 일식에 대한 정확한 예보를 얻는 것이 상당히 중요한 일이었다. 그러나 그럼에도 불구하고 조선 초기의 일식 예측은 잘 맞지가 않았다. 이에 세종은 당시 수도인 한양의 위치에 맞는 역법서(曆法書)인 칠정산내편과 칠정산외편을 편찬하였고, 이로 인해 비로소 조선의 자주적인 역법(曆法)이 확립되었다. 칠정산외편은 아라비아의 역법인 회회력(回回曆)을 기초로 해서 만들어진 역법으로 조선 초기의 일식 계산에서는 당시의 여러 역법 계산 결과보다 더 정확하였고, 현대적인 계산 방법과 비교하여 보아도 오차의 범위내에 잘 들어맞음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The history books of East Asia about astronomical phenomena have the more records of the solar eclipse frequently than any other ones. It is because traditionally, the solar eclipse meant the fate of dynasty and the king's rule. The Sun, the biggest thing in the heaven symbolized the king, and the solar eclipse foresaw that the king had the problem in private including the body, and the country might suffer from difficulties in a great scale. So the king and all of the ministers used to gather to hold a ceremony named Gusikrye(求食禮) which solar eclipse may pass safely. Consequently, kings always had concernments on collecting informations of solar eclipse. In spite of importance of solar eclipse predictions, but at the beginning of the Choseon, the predictions of the solar eclipse didn't fit. King Sejong compiled the Chiljeongsan-naepion (七政算內篇) and the Chiljeongsan-oepyeon(七政算外篇) to calculate the celestial phenomena including the solar eclipse. By the publications of these two books,

†corresponding author

the calendar making system of Choseon was firmly established. The Chiljeongsan-oepyeon adopted Huihui calendar(回回曆) of Arabia. The Solar eclipse predictions of Chiljeongsan-oepyeon were relative correct compared to modern method in early Choseon dynasty.

Keywords: calendar, solar eclipse, history of astronomy

1. 서 론

고대의 역사서에는 여러 천문현상들에 관한 기록을 볼 수 있다. 이것은 고대부터 사람들은 자연 재해 못지않게 천문현상을 중요시한 것으로 해석할 수 있다. 천문현상은 하늘에서 일어나지만 인간과 유기적인 관계가 있다고 믿었고, 당시의 사람들은 이것을 국가적인 차원에서 이해하고 해석하려 하였다. 특히 천문 현상중에는 일식에 대한 기록이 많이 나타나는데, 왕권은 하늘의 뜻에 의해 결정되어진다는 중국의 사마천(司馬遷)의 사기(史記)나 동중서의 천인감응(天人感應)의 전통적인 사상에 영향을 받은 것으로 보인다. 따라서 일식 현상은 왕조의 운명과 왕의 통치와 밀접한 관련을 가지고 있다고 생각하였고, 역대의 제왕들은 이 현상에 대해 늘 비상한 관심을 가졌다. 그리고 일식이 일어나면 국가나 왕실에 변고가 생길 재이(災異)의 한 현상으로 받아들였다. 그에 따라 왕궁에 천문관측시설을 설치하여 하늘을 열심히 관찰하면서 특히 일식, 월식과 같은 현상을 주의깊게 관측을 하여 기록으로 남겼고, 그에 관한 이론과 역법을 연구하여 일식을 정확히 예보하려고 노력했다. 일식이 일어나면 임금을 비롯한 많은 신하들이 궁전 뜰에 모여 일식이 무사히 지나가기를 바라는 구식례(求食禮)를 지냈다는 기록을 조선시대 사서(史書) 여러 곳에서 찾을 수 있다. 조선왕조실록에는 태양이 임금을 상징하는 기록이 여러 곳에 나타난다. 그 기록의 한 예(민족문화추진회 1980)를 보면 다음과 같다.

<중종 34년, 기해년, 1539년 9월 1일(을미)>

관상감(觀象監)이 아뢰기를,

“오늘 일식(日食)의 변이 있을 듯한데 이른 아침에는 구름에 가리워서 볼 수가 없었습니다. —” 하니, 전교하기를,

“해는 임금의 상징인데 이제 이지러졌으니 이는 비상한 변고이다. 이제 관상감이 아뢰었기에 우려 보았더니, 구름이 가려서 볼 수 없었으나 — 그 모양을 그림으로 그려서 아뢰게 하라.”하고, 정원에 전교하였다.

우리나라의 일식 기록은 오래전부터 있어왔다. 고조선시대의 기록은 단기고사(檀紀古史)나 한단고기(桓檀古記)에 남아있긴 하나 대부분 날짜가 부정확하게 기록되었다. 삼국시대이후의 기록은 비교적 정확하는데, 삼국사기(김종권 번역 1978)에는 B.C. 54년의 기록을 시작으로 모두 67회의 일식 기록이 수록되어있다. 고려시대에는 삼국시대보다 짧은 기간임에도 불구하고 고려사(高麗史)에 137회라는 많은 일식 기록이 남아있다(안영숙 등 1999). 조선시대에 들어오면 더 많은 일식 기록이 남아 있는데, 조선왕조실록이나 증보문헌비고 등의 문헌에 나타난 일식의 횟수는 총 261회이다. 조선이 518년간 지속하였으므로 거의 2년에 한번 정도로 일식이 일어난 셈이다. 조선왕조실록에는 일식이 일어났다는 단순한 서술외에도 일식에 관련된 기록들이 많이 있다. 그 중 가장 많이 나타나는 기록의 종류는 중국 고전(古典)에 나타난 글을 인용하면서 일식 현상은 임금이 실정(失政)하였으므로, 임금

표 1. 조선 시대의 왕의 묘호에 따른 시대별 일식 기록.

왕의 묘호	사서의 기록 실록 기타	계산 자료 [†]	일식 총수	잘못된 기록 오기 불가 [‡]	관측 가능 한 수	왕의 묘호	사서의 기록 실록 기타	계산 자료 [†]	일식 총수	잘못된 기록 오기 불가 [‡]	관측 가능 한 수				
태조	2	1	3	1	2	광해군	4	3	1	8	1	3	4		
정종	1	0	1	0	1	인조	18	1	0	19	1	4	14		
태종	6	2	8	2	6	효종	3	4	0	7	2	5	5		
세종	21	1	22	1	9(2)	현종	3	2	0	5	1	4	4		
문종	1	0	1	0	1	숙종	17	3	10	30	2	3(1)	25		
단종	3	0	3	0	3	경종	1	1	2	0	0	2	2		
세조	5	1	0	6	1	1	4	1	26	5(2)	21	21			
예종	1	0	1	0	1	정조	10	1	0	11	1	0	10		
성종	8	2	10	1	0	9	순조	15	2	17	1	16	16		
연산군	5	0	5	0	5	현종	11	0	11	5(4)	6	6			
중종	15	7	22	2	1	19	철종	12	1	13	5	8	8		
인종	1	0	1	0	1	1	고종	28	1	3	32	13(4)	19		
명종	10	0	10	2(1)	8	0	2	2	0	2	2	2			
선조	8	11	4	23	1	2(2)	20	총계	231	30	38	299	11	60(16)	228

[†] 계산자료는 현대 계산법으로 당시에 일어날 수 있는 일식의 횟수를 구한 후, 이 값에서 사서의 기록이 있는 것을 뺀 것임.

[‡] 괄호 안의 숫자는 지하식으로 기록된 일식 수임.

이 올바르게 정치를 해야 한다는 경고성 기록들이다. 그 다음으로 일식을 재변(災變)으로 생각해 행동을 조심하고 향연이나 의식(儀式), 형벌의 집행 등을 정지하며, 왕실의 사람들은 물론 모든 사람들이 조심하고 근신해야 한다는 기록과 그에 따른 사회적 인식 등을 언급한 기록이 많다. 이에 따라 일식의 정확한 계산과 예보는 조선시대에서도 아주 중요한 국가기관의 임무였음을 알 수 있다. 그 당시의 일식 예보는 역관(曆官)들이 당시의 여러 역법들을 이용해 계산해서 비교해 보고, 실제 관측을 해서 검증하였다.

조선시대의 일식 기록을 수집하여 조선왕조실록 등의 사서(史書)의 기록 여부를 확인하고, 기록에는 없지만 현대적 방법으로 계산하였을 때, 조선에서 관측할 수 있었던 일식 수, 잘못된 기록 등에 대해 시대별로 각 왕조의 묘호(廟號)에 따라 구분해보면 다음 표 1과 같다. 표 1의 2번째와 3번째 행, 10과 11번째 행의 “사서의 기록”은 실록과 기타 문헌에 기록된 일식관련 기사 중 일식이 관측되었다든가 일식이 예보되었다는 기록만을 뽑아서 수록한 것으로, 조선왕조실록(세종대왕 기념사업회 1968-1992, 서울 시스템 1997, 1998)에 231회, 조선왕조실록에는 없으나 증보문헌비고(세종대왕 기념사업회 1980)나 승정원일기(민족문화추진회 1994) 등의 문헌에 나타나있는 것이 30회로 모두 261회이다. 4번째와 12번째 행의 “계산자료”는 현대적인 계산법으로 그 당시에 일식이 일어났 횟수를 구한 후, 그 값에서 사서에 기록된 수를 뺀 값으로, 사서에 기록 안된 것이 38개이다(안영숙 등 2001). 표 1의 5번째와 13번째 행의 “일식 총수”는 사서에 기록된 것과 기록에 없지만 계산으로 구한 것들을 합친 총 개수로 “사서의 기록”과 “계산 자료”의 값을 더한 것이다. 표 1의 6, 7번째 행과 14, 15번째 행은 잘못된 기록들을 나타낸 것으로 “오기(誤記)”와 “관측 불가”로 구분하였다. “관측 불가”는 사서에 기록은 되어있으나 조선에서는 볼 수 없는 일식들이고, 괄호 안에 나타낸 것은 그들 중 지하식(地下食)으로 사서에 수록된 것이다. 8번째 행과 마지막 행의 관측 가능한 수는 실제 그 당시에 관측할 수 있었던 일식 수이다.

조선시대의 천문 활동이 활발하였던 세종때는 기록된 일식 수의 30%인 7개의 일식이 잘못 계산되어져, 해가 진후 밤에 일어나는 지하식까지 포함하면 무려 9개의 보이지 않는 일식이 기록되었다.

이와같은 일식 계산의 오류는 조선의 정세가 복잡하였던 고종때(1864-1907)를 제외하면 가장 많은 기록이다. 고려시대 말부터 역법에 대한 연구가 있었지만 실제 달력을 만들어 낼 정도로 발전하지는 못했기 때문에, 세종때까지 우리나라의 역법은 별로 발달하지 않았었다. 당시는 역서를 중국에서 가져다 사용하여야만 했다. 일식은 지역마다 그 보이는 것이 다르고 진행 정도가 다른데, 중국의 자료를 그대로 가져다 사용하니 오차가 많이 날수밖에 없었을 것이다. 기록에 따르면 조선 초기에는 일월식의 예보가 잘 안맞아 일식이 안 일어나거나 늦게 일어나는 일이 수차례 있었다. 다음의 조선왕조실록의 기록들이 그런 예이다.

<태종 1년, 1401년 3월 1일(경신)>

서운관(書雲觀)에서 일찌기 일식(日食)이 있으리라고 알리었었는데, 이때에 이르러 보이지 않았다.

<세종 4년, 1422년 1월 1일(기미)>

일식이 있으므로, 임금이 소복(素服)을 입고 인정전의 월대(月臺) 위에 나아가 일식을 구(救)하였다. 시신(侍臣)이 시위하기를 의식대로 하였다. 백관들도 또한 소복을 입고 조방(朝房)에 모여서 일식을 구하니 해가 다시 빛이 났다. 임금이 섬들로 내려와서 해를 향하여 네 번 절하였다. 추보(推步)하면서 1각(刻)을 앞당긴 이유로 술자(術者) 이천봉(李天奉)에게 곤장을 쳤다.

<세종 28년, 1446년 4월 1일(무술)>

서운관(書雲觀)에서 아뢰기를, “의당 일식(日食)을 할 터인데 하지 않았습니다.” 하였다.

세종은 조선이 중국과 지리적으로 경도와 위도가 다르므로 역법이 달라야하고, 일식도 다른 시각에 관측되어질 수밖에 없다고 판단하고 조선도 자주적인 역법을 만들어야겠다는 생각을 하게 되었다. 그리고 세종은 여러 학자들에게 조선의 지형학적 위치에 맞는 역법을 연구하게하여 칠정산내·외편을 편찬하였고, 이 방법을 이용해 일식을 계산하고 예보하기 시작했다. 따라서 칠정산내·외편의 편찬 이후에는 일식 계산의 오류가 많이 줄어들었다. 표 1를 보면 성종이나 중종때에는 8회, 15회의 적지않은 수의 일식 예보에도 불구하고 1회의 오류밖에 없었다. 이것은 세종때 만든 역법이 정밀했다는 것을 간접적으로 알려준다.

이 연구를 통하여 조선시대의 일식 계산법중 조선 초기와 중기에 많이 쓰여진 칠정산외편에 의한 일식 계산방법을 살펴보고, 그 계산된 값들을 당시에 사용한 다른 방법의 역법과 현대의 역법에 의한 계산법과 비교해 보면서 당시의 일식 계산방법에 대해 논의해 보려고 한다.

2. 칠정산외편의 편찬

조선시대의 일·월식 예보는 초기에는 대통력으로 계산하였지만, 이 방법이 조선 초기에 여러번 오류가 생기게 됨에 따라 세종은 학자들에게 명하여 중국에서 사용하였던 역법들인 수시력과 대통력, 대통력법통계 등을 연구하고 참고하여 조선의 위치에 맞는 역법으로 개선토록 하여 세종 24년(1442년)에 칠정산내편을 편찬케 하였다. 이때 편찬에 참여한 학자들은 정초, 정인지, 정흠지, 이순지, 김담 등이다. 그러나 칠정산내편에 의한 일·월식 예보는 오차가 크게 나타났는데, 칠정산내편의 근본이 되는 대통력이 그 이전인 1281년에 만들어진 수시력을 거의 그대로 답습한 역법으로, 세월이 흐름에 따라 관련된 천문상수를 보정해 주어야하는데, 그렇지 않았기 때문으로 추론된다. 다음의 자료들은 조선시대의 일·월식 계산방법에 대해 언급한 여러 기록중 대표적인 자료만 예제로 제시하였다.

표 2. 태양 황경변화량에 대한 Almagest와 칠정산외편의 값 비교.

일	Almagest							칠정산외편		
	°	'	''	'''	''''	'''''	''''''	°	'	''
1	0	59	8	17	13	12	31	0	59	8
2	1	58	16	34	26	25	2	1	58	17
3	2	57	24	51	39	37	33	2	57	25
4	3	56	33	8	52	50	4	3	56	33
5	4	55	41	26	6	2	35	4	55	42
6	5	54	49	43	19	15	6	5	54	50
7	6	53	58	0	32	27	37	6	53	58
8	7	53	6	17	45	40	8	7	53	7
9	8	52	14	34	58	52	39	8	52	15
10	9	51	22	52	12	5	10	9	51	23
11	10	50	31	9	25	17	41	10	50	32
12	11	49	39	26	38	30	12	11	49	40
13	12	48	47	43	51	42	43	12	48	48
14	13	47	56	1	4	55	14	13	47	57
15	14	47	4	18	18	7	45	14	47	5

표 3. 달의 황경변화량에 대한 Almagest와 칠정산외편의 값 비교.

일	Almagest							칠정산외편	
	°	'	''	'''	''''	'''''	''''''	°	'
1	13	10	34	58	33	30	30	13	11
2	26	21	9	57	7	1	0	26	21
3	39	31	44	55	40	31	30	39	32
4	52	42	19	54	14	2	0	52	42
5	65	52	54	52	47	32	30	65	53
6	79	3	29	51	21	3	0	79	3
7	92	14	4	49	54	33	30	92	14
8	105	24	39	48	28	4	0	105	25
9	118	35	14	47	1	34	30	118	35
10	131	45	49	45	35	5	0	131	45
11	144	56	24	44	8	35	30	144	56
12	158	6	59	42	42	6	0	158	7
13	171	17	34	41	15	36	30	171	18
14	184	28	9	39	49	7	0	184	28
15	197	38	44	38	22	37	30	197	39

<현종 5년, 1664년 윤6월 8일(무진)>

관상감이 아뢰기를, “오는 윤6월 16일에 월식이 있는데 4편의 산법(算法)으로 추산해 보건대 시헌 역법(時憲曆法) 및 외편법(外篇法)은 월식이 땅 아래에서 일어나게 되어 있고, 대명 역법(大明曆法) 및 내편법(內篇法)에는 처음 이지러지는 시각이 해가 뜨는 시각과 가깝습니다. 달의 운행은 —”

<현종 11년, 1670년 윤2월 9일(병신)>

관상감이 아뢰기를, “올 윤2월 16일에 월식(月食)이 있습니다. 네 편(四篇)의 산법(算法)으로 추론해 보니, 대명 역법(大明曆法)에는 월식이 없고 내편법(內篇法)에는 월식의 시작이 유초(酉初) 3각(三刻)에 있으며 외편법(外篇法)에는 월식의 시작이 유정(酉正) 초각(初刻)에 있으며 시헌법(時憲法)에는 월식의 시작이 유정(酉正) 1각(一刻)에 있는데, 세 역법에 월식의 시작이 모두 해가 질 무렵에

표 4. 달의 주전원에서의 위치변화량에 대한 Almagest와 칠정산외편의 값 비교.

일	Almagest							칠정산외편	
	°	'	''	'''	''''	'''''	''''''	°	'
1	13	3	53	56	17	51	59	13	4
2	26	7	47	52	35	43	58	26	8
3	39	11	41	48	53	35	57	39	12
4	52	15	35	45	11	27	56	52	16
5	65	19	29	41	29	19	55	65	19
6	78	23	23	37	47	11	54	78	23
7	91	27	17	34	5	3	53	91	27
8	104	31	11	30	22	55	52	104	31
9	117	35	5	26	40	47	51	117	35
10	130	38	59	22	58	39	50	130	39
11	143	42	53	19	16	31	49	143	43
12	156	46	47	15	34	23	48	156	47
13	169	50	41	11	52	15	47	169	51
14	182	54	35	8	10	7	46	182	55
15	195	58	29	4	27	59	45	195	58

있습니다. —” 하니, 상이 운허하였다.

<영조 14년, 1738년 12월 16일(갑오)>

관상감에서 아뢰기를, “4편의 역법(曆法)을 고찰해 보건대, 대명력(大明曆)에는 월식하지 않는 다 하였고, 시헌역서법(時憲曆書法)에는 당초 묘시(卯時) 초 3각(三刻)에 이지러진다 하였고, 내편 법(內篇法)에는 당초 묘정(卯正) 2각에 이지러진다 하였고, 외편법(外篇法)에는 당초 묘정 초각(初刻)에 이지러진다고 하였습니다.”

칠정산외편은 이순지(李純之)와 김담(金淡)에 의해 세종 24년(1442)에 편찬되었다. 이것은 아라비아 지역에서 사용하던 회회력(回回曆)의 역법을 이해하고 연구하여 편찬한 것으로, 역시 중국을 통해서 넘어온 역법의 하나이다. 회회력은 아라비아에서 만든 것으로 명사(明史)에 소개되어 있으나, 그 기원은 그리스의 알마게스트(Almagest)에서 유래한 것이다(현정준 1975). 알마게스트는 2세기경 톨레미(Ptolemy)가 편찬한 책으로 9세기 무렵 아라비아어로 번역되어 아라비아 지역에서 천문학의 중요한 도서로서 활용되었고, 12세기이후에야 라틴어로 번역된 책으로 천동설적 우주론의 근거를 제시한 책이다. 이것이 몽고의 중국을 침략하면서 중국에 전해진 것으로 추론된다. 표 2 ~ 4는 칠정산외편의 표(유경로 등 1990b)와 알마게스트의 영문번역본의 표(Toomer 1998)를 각각 15일간의 자료만 비교한 것으로, 여러 부분에서 서로 거의 같은 값을 가지고 있음을 알 수 있다. 표 2에 있는 태양의 1일 평균운동량인 일중행도(日中行度, 평균 태양의 황경)는 알마게스트에는 도, 분, 초이하로 4단위까지 값이 나와있고, 칠정산외편은 초이하에서 반올림한 값까지만 수록하였지만 초단위까지 비교하였을 때 잘 맞는다. 표 3의 달의 평균 황경 변화량인 중심행도(中心行度), 표 4의 달의 주전원(周轉圓)에서의 위치변화량인 본륜행도(本輪行度)의 표에서도 같은 양상을 보이고 있다. 이 비교에서는 1일의 변화량을 비교하였다. 알마게스트의 표에서의 월분(月分) 값인 1년은 365일이고, 칠정산외편에서의 1년은 354일이므로 1월달 이후부터는 각 달(月)의 크기가 달라져서 조금씩 차이가 생기므로 월분의 비교는 하지 않았다.

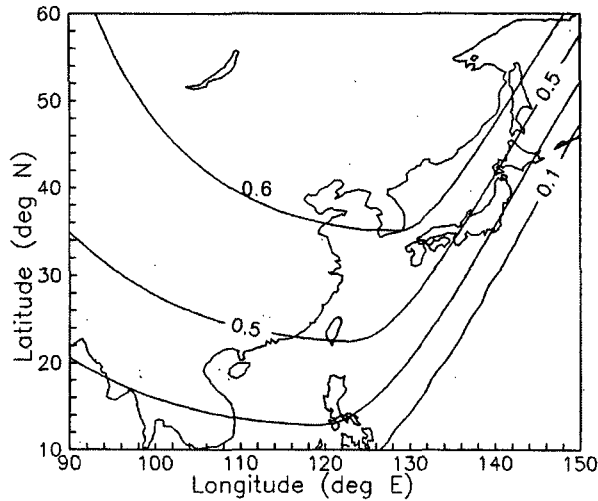


그림 1. 정묘년(1447년) 음력 8월 1일의 일식도(안영숙 등 2001). 그림에서 숫자는 식분이다.

3. 칠정산외편에 의한 일식 계산 방법

조선시대의 일식 기록에는 칠정산내편의 계산이 실제 관측시각과 오차가 크기 때문에 칠정산외편으로 계산하였다는 기록이 종종 나와있다. 그 한 예로 종종 12년의 기록을 예로 보면 다음과 같다.
 <중종 12년, 1517년 6월 1일(을사)>

日過內篇法時刻而不食至外篇法時刻未初三刻乃食

해가 내편법(內篇法)의 시각을 지나도록 일식하지 않더니, 외편법(外篇法)의 시각인 미초삼각(未初三刻)에 이르러서야 일식하였다.

이은성(1985)에 의하면, 중국에서도 회회력에 의한 일·월식 계산이 대통력보다 잘 맞아서 명(明)의 후반기의 일·월식 계산에는 회회력을 따랐다고 한다. 칠정산외편의 여러 표와 톨레미의 알마게스트의 여러 표의 값들을(Toomer 1998) 비교해볼 때, 일부는 회회력을 거쳐 그대로 전해져 사용하였음을 알 수 있다. 일식 계산에는 7종류의 표를 이용해 관련된 값을 구해서 계산하여야 하는데, 각각의 표 이름은 태양최고행도와 일중행도의 표, 태양가감차의 표, 주야가감차의 표, 태양태음영경분과 비부분의 표, 태음중심행도와 가배상리·본륜행도의 표, 경위시가감차의 표, 태음황도남북위도와 가감분의 표이다. 톨레미는 지구중심설(geocentric theory)을 주장하고, 그에 따라 이심원과 주전원(epicycle)의 개념을 사용하였다. 따라서 그의 학설을 그대로 받아들여 아라비아에서 발달한 회회력 역시 달의 운동을 주전원 개념으로 설명하였고, 이 개념들은 회회력을 거쳐 그대로 칠정산외편에도 전해졌다. 이것은 태양중심설(heliocentric theory)이 확립된 16세기 이후의 달의 운동 궤도와는 다른 것이다. 즉 지동설에서는 달이 지구의 주위를 돌고 있지만, 칠정산외편에서는 달은 지구 주위를 돌되, 지구의 이심원의 원주를 따라 회전하는 작은 원운동을 하고 있다. 칠정산외편에 따른 일식 계산과정을 이해할 수 있도록 세종 29년 정묘년(1447)의 일식 계산과정을 단계별로 요약한 것이 표 5이다. 표 5의 “계산 방법과 용어설명”에는 일식 계산시 사용하는 각 표들을 “표 A”, “표 B” 등으로 제시하고, 마지막 란에는 제시된 표들의 이름을 수록하였다.

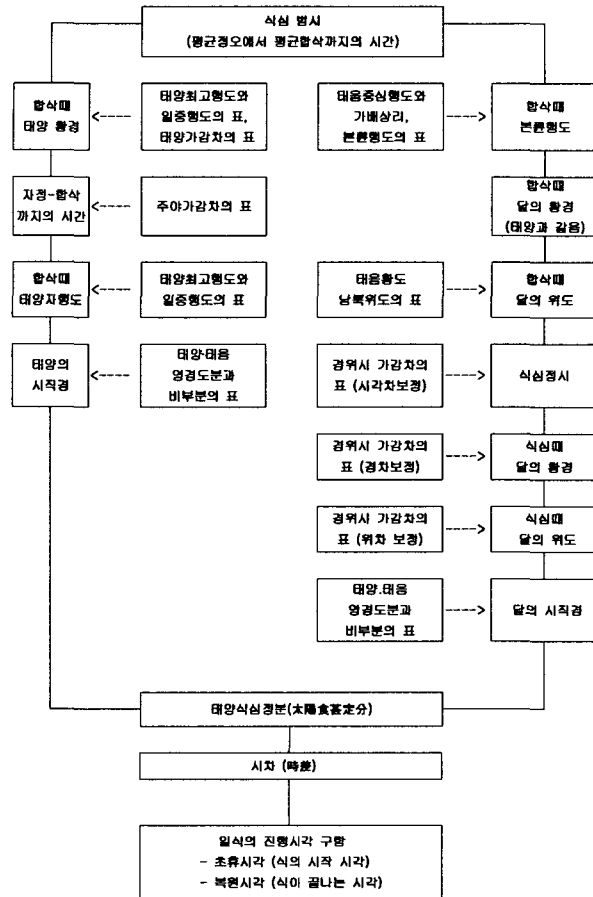


그림 2. 칠정산외편에 의한 일식 계산과정.

그림 1은 극동지역의 정묘년 일식의 상황을 식분(食分)과 함께 나타낸 것이고(안영숙 등 2001), 그림 2는 일식 계산 과정을 간단하게 나타낸 것이다. 일식 계산 과정은 일식이 일어난 날의 정오에서 평균 합삭까지의 시각인 식심범시를 구한 후, 합삭때의 태양 황경과 태양 자행도, 태양의 시직경을 구하고, 합삭때의 달의 본륜행도와 황경을 구한다. 그리고 자정으로부터 식심까지의 시간인 식심정시를 구하고, 식심때의 달의 황경과 위도를 구한다, 그리고 달의 시직경을 구한 후, 태양이 식을 당하는 정도인 태양식심정분과 시차를 계산한다. 시차는 초후(初虧, 제 1접촉)에서 식심까지 걸리는 시간이다. 식심정시에서 이 시차를 빼주면 초후시각이 되고, 시차를 더해주면 복원(復圓, 제 4접촉)시각이 된다.

4. 조선시대의 일식 기록과 현대적인 계산 방법에 의한 값과의 비교

조선시대의 사서에는 많은 일식 기록이 있으나 일식의 진행 시각이 나타난 것은 30여개 정도이다. 그중에서도 시각표시가 각(刻)단위까지 기록되지 않고, 진시, 사시, 진시초, 사시초 등과 같이 시

표 5. 칠정산의편에 의한 1447년 음력 8월 1일의 일식 계산과정과 용어 설명.

순서	항목 계산된 값	계산 방법과 용어 설명
가. 태양 관련 부분		
1	식심범시(食甚汎時) 4시 27분	평균정오에서 평균합삭까지의 시간. 태양의 일행도: 59'58"/일 달의 일행도: 13°10'35"/일
2	합삭때의 태양경도 5궁 25도 32분 46초 =175도 32분 46초	합삭때 태양의 황경. 합삭의 태양황경 = 정오의 태양황경± 태양일행도 × 식심범시 ÷ 24 (합삭이 오후일때는 "+", 오전일때는 "-") (표 A, 표 B)* 이용.
3	자정지합삭시분초 (子正至合朔時分初) 16시 49분 26초 (균시차보정:22분26초)	자정에서 진합삭까지의 시간. (표 C)*로부터 보정값을 구해 진합삭시를 구한다. 자정에서 진합삭까지의 시간= 12시 ± (식심범시 ± 가감분) (합삭이 오전이면 -, 오후이면 +) (표 C)* 이용.
4	합삭때 태양자행도 2궁 24도 42분 28초	정오의 태양자행도 + 1일 태양행도 × 식심 범시의 값. (표 A)* 이용.
5	태양경분 33분 25초	태양의 각직경 태양자행도를 인수로 하여(표 D)*에서 태양 경분(태양의 각직경)을 구한다. (표 D)* 이용.
나. 달 관련 부분		
6	합삭때 본륜행도 2궁 09도 12분	합삭때 본륜에서의 달의 위치 달의 본륜행도: 360도/근점월 = 13°04'/일 합삭때 본륜행도 = 그 날 정오의 본륜행도 ±1일 태음본륜행도 × 식심범시 × 1/24 (표 E)* 이용.
7	합삭때 달의 경도	합삭때 태양황경과 같음
8	합삭때 달의 위도 0도 55분 45초	합삭때 달의 황위 합삭때 계도행도 = 정오의 계도행도 ±1일 계도행도 × 식심범시 계도와 달의 상리도를 구한 후, 이것을 인수로 하여(표 G)*에서 달의 위도를 구한다. 계도와 달의 상리도 = 식심때의 달의 황경 - 합삭 때의 계도행도 (표 G)* 이용.
9	식심정시 유초 3각 69초 17시 53분 10초	자정에서 식심까지의 시간 (표 F)* 이용.
10	식심때 달의 경도 5궁 26도 04분 28초 =176도 04분 28초	합삭때 태양황경 + 동서정차 (달의 시차에 따른 보정필요) (표 F)* 이용.
11	식심때 달의 위도 0도 12분 03초 (남북정차: 43분 42초)	식심때 달의 황위 = 합삭때의 달의 황위 ± 남북정차(보정치). (표 F)* 이용.
12	태음경분 32분 15초	달의 각직경 태양자행도대신 달의 본륜행도를 인수로 하여(표 D)*에서 구한다. (표 D)* 이용
다. 일식 진행 과정부분		
13	태양식심정분 (太陽食甚定分) 6분 21초(0.621)	식심에서 태양이 가리진 최대의폭(magnitude) 태양식한분: 식심에서 태양이 가리워진 최대폭(각도). = 이경절반분(태양과 달직경의 반) - 식심때 달의 황위. 태양식한분을 고친 값으로, 태양의 지름을 10분으로 했을때, 식심에서 태양이 가리워진 최대폭. 현재의 식분과 같은 의미.
14	시차(時差) 1시간 02분 43초	초후에서 식심까지 걸리는 시간 $\sqrt{\{(2\text{경절반분})^2 - (\text{식심때 달의 황위})^2\}} / (\text{달의 일행도} - \text{태양의 일행도})$

표 5. 계 속

순서	항목	계산 방법과 용어설명
	계산된 값	
15	초휴(初虧) 시각	식의 시작
	신정 3각 50초	식심정시 - 시차
	16시 50분 27초	시차: 초휴에서 식실에 이르는 시각
16	복원시각	식의 종료
	유정 3각 88초	식심정시 + 시차
	18시 55분 53초	

* 표의 종류

표 A: 태양최고행도와 일중행도의 표. 표 B: 태양가감차의 표. 표 C: 주야가감차의 표.

표 D: 태양태음영경분과 비부분의 표. 표 E: 태음중심행도와 가배상리, 본분행도의 표

표 F: 경위시가감차의 표. 표 G: 태음황도남북위도와 가감분의 표.

표 6. 1447년의 일식에 대한 칠정산내·외편과 현대 계산 값의 비교.

상태	칠정산내편의 예보값(A)	A - C	칠정산외편의 예보값(B)	현대적 방법에 의한 계산값(C)	B - C
초휴시각	16시 33분 56초	-17분 19초	16시 50분 27초	16시 51분 15초	-48초
식심시각	17시 56분 56초	1분 17초	17시 53분 10초	17시 55분 39초	-2분 29초
복원시각	19시 19분 55초	25분 44초	18시 55분 53초	18시 54분 11초	1분 42초

간의 범위가 큰 단위를 사용한 경우가 여럿 있었다. 앞에서 살펴본 정묘년(1447) 일식에 대한 칠정산 내편(유경로 등 1990a)과 칠정산외편(유경로 등 1990b)의 계산값을 현대적인 계산법 결과와 비교하여 표 6에 제시하였다. 또한 일식의 시각표시가 각(刻)단위까지 비교적 자세하게 나와있는 기록들중 칠정산외편을 이용하여 일식을 계산한 자료를 발췌해서 표 7에 수록하고, 이들을 현대적인 방법으로 계산한 값들과 비교하여 보았다.

이 연구에서 사용한 현대적 계산법에 의한 계산 시각은 현재의 자오선인 135도를 표준시로 정해서 계산한 후, 계산값에서 각 날짜에 따른 균시차 보정을 한 후, 당시의 측정기준이었던 한양의 경도인 127도와의 시각 차이인 32분을 보정하였다. 시각표시는 시헌력 사용 이전의 자료만 다루었으므로, 칠정산내편에 따른 100각제를 사용하였다. 칠정산내편과 외편의 계산 방법과 현대적인 계산 방법은 각각 다른 방법으로 일식을 계산하기 때문에 계산되어지는 과정의 값들을 서로 비교할 수는 없어 최종적인 값만을 비교하였다. 현대적인 일식 계산방법은 미국 JPL(Jet Propulsion Laboratory)에서 배포한 DE406/LE406 package를 이용하였고, 계산프로그램은 이 package와 여러 자료를 참고하여 개발하였다(Fiala & Bangert 1992, Meeus 1991). DE406/LE406 package는 높은 정확도로 장기간(1599-2169년)에 걸쳐 행성의 위치를 계산할 수 있도록 해주는 천체의 위치 추산력의 기초 자료로서, 그 좌표 시스템은 J2000년의 적도와 분점에 의해 규정된 시스템이다(Standish 1996).

표 6에서 보는 바와 같이 칠정산내편(유경로 등 1990a)을 이용했을 경우, 초휴(初虧, 식의 시작)와 복원(復元, 식의 종료)에서 현대의 계산값과 각각 약 17분과 26분의 시간차 생기는 반면, 칠정산외편(유경로 등 1990b)을 이용했을 경우에는 각각 약 1분과 2.5분의 시간차 차이가 있다. 표 7에는 칠정산외편과 현대적인 계산 방법간의 얻어진 시각 차이를 수록하였는데, 현대와 같이 정확하게 몇 분 몇 초의 차이까지 구하기 어려웠다. 칠정산외편의 시제는 1일(日)은 100각(刻)이고, 1각은 864초이다. 당시의 예보 시각 기록이 각(刻)단위까지 되어있고, 1각은 조선 초기의 시각법으로는 14.4분이므로 오차 범위는 ±7.2분이며(이용삼 2001), 현대와 같이 그 정확한 시각 지점을 잡을 수 없었다. 예보

표 7. 칠정산의편과 현대 계산법에 의한 일식 예보시각 비교.

년 도	상태	칠·외편에 의한 일식 예보값(A)	(A)를 현대시각 으로 보정한 값(B)	현대 계산법의 일식 계산값(C)	두 방법간의 시간차이(B-C)
세종 29년	초휴	신정 3각 50초	16시 50분 27초	16시 51분 15초	-48초
1447/8/1	식심	유초 3각 69초	17시 53분 10초	17시 55분 39초	-2분 29초
	복원	유정 3각 88초	18시 55분 53초	18시 54분 11초	1분 42초
성종 04년	초휴	미정 4각	14시 58분 48초	15시 16분 07초	-17분19초
1473/4/1					
중종 12년	초휴	미초 삼각	13시 50분 24초	13시 57분 33초	-07분 09초
1517/6/1	복원	신초 삼각	15시 50분 24초	16시 08분 49초	-18분 25초
선조 36년	초휴	진시초 3각	07시 50분 24초	08시 09분 53초	-19분 29초
1603/4/1	식심	진시정 3각	08시 50분 24초	09시 26분 11초	-35분 47초

시각이 각까지만 표시된 경우에, 두 비교값의 차이로 구한 값은 표시된 시각 값중 각의 중간의 값, 즉 초각은 7.2분, 1각은 21.6분, 2각은 36.0분, 3각은 50.4분, 4각은 58.8분 등으로 환산하였을 때 구한 값이다. 따라서 계산값과는 0.5각의 범위내에서 오차가 있을 수 있다. 표 7을 살펴보면 세종과 성종시대의 일식은 3분 이내의 범위내에서 잘 들어맞는다. 그러나 조선 중기로 갈수록 그 오차는 더 커진다. 1각의 범위를 고려하여도 선조때에는 30여분 이상의 시간차는 작지않은 차이이다. 따라서 새로운 역법의 필요성이 대두되었을 것이다.

조선 후기 일식자료에는 식분 값도 잘 기록되어있고, 계산된 값과도 잘 맞는다. 그러나 칠정산의편이 사용되었던 조선 전기의 기록에는 1447년의 자료외에는 식분이 기록된 자료가 발견되지 않아 식분 비교를 할 수 없었다.

5. 토 의

조선시대의 일식 현상은 태양이 제왕을 상징한다는 중국의 전통적인 우주관을 그대로 수용하여 역대 제왕들에게는 상당히 중요하게 여겨지는 천문현상중의 하나이다. 따라서 사전에 일식을 정확히 예보하는 것은 국가의 중요한 임무였다. 그러나 조선 초기에는 일식 예보가 잘 맞지를 않아 임금이 구식례를 치르려고 준비하고 있었는데, 일식이 일어나지 않는 경우도 있었고, 예정 시각보다 늦게 일식이 일어나거나 끝나는 경우도 있었다. 조선 초기의 일식 계산방법으로 사용하던 대통력은 중국의 수도인 북경을 중심으로 계산한 것이므로 멀리 떨어져있는 조선에는 잘 맞지 않았다. 이에 세종은 조선의 위치에 맞는 독립적인 역법의 필요성을 절감하고, 학자들에게 각종 천문의기들을 제작하여 관측하게하고 새로운 역법서를 편찬하게 하였다. 이에 따라 대통력을 근거로 하여 한양을 기준 위치로 한 칠정산내편을 편찬하였고, 회회력에 기초한 칠정산외편이 편찬되었다. 대통력은 1281년에 만들어진 수시력을 그대로 따른 것으로, 그 당시에 결정되어진 상수 등을 그대로 사용하였다. 역법이 제정되고 수백 년이 흐르면 세차와 고유운동으로 인해 하늘이 바뀌게 되고, 역법의 상수의 오차가 커짐에 따라 그 상수들을 보정 해주어야하나 제대로 못해줄 경우에는 계산 오차가 커지게 된다. 반면 칠정산외편은 칠정산내편에 비해 일·월식의 계산이 더 정확했다. 칠정산내·외편의 편찬이 완료된 후에는 일식의 계산을 대명력과 칠정산내·외편을 모두 다 사용하여 계산하였지만, 실제 일식 현상을 통해 검증된 결과는 칠정산외편에 의한 계산이 더 잘 맞다는 기록이 조선왕조실록 곳곳에 있는 것으로 보아 그 방법을 더 신뢰했을 것으로 생각한다. 물론 시헌력이 사용된 후에도 시헌력에 의한

교식방법이 완전히 정착된 18세기 중엽까지는 칠정산외편을 활용했을 것으로 본다. 그러나 이 시기에 대해서는 확실한 기록이 없으므로 여기서는 다루지 않았다.

칠정산외편의 여러 표를 살펴보면 회회력에 영향을 준 알마게스트에 수록된 여러 표들과 같거나 유사함을 볼 수 있었다. 칠정산외편은 칠정산내편과 달리 원주를 360도로 하고 현재와 같이 60진법을 사용하고 있다. 이 칠정산외편에 의한 일식 예보값은 표 6에서 보듯이, 당시의 시각 표시 단위인 각단위로 볼때, 1각이 14.4분이므로, 조선 초기에는 오차 범위(± 0.5 각, ± 7.2 분)내에서는 잘 맞는다고 할 수 있다. 물론 더 많은 자료가 기록되어 있었다면 더 정확히 조사해볼 수 있으나 일식 시각의 단위가 1각까지 수록된 자료가 많지 않아 다소 아쉬움이 있다. 조선 초기로부터 세월이 지나갈수록 오차는 조금씩 더 커지기 시작하여 표 7의 선조 36년의 일식 때에는 30여분이상의 오차값이 보인다. 조선 중기와 후기의 기록에는 일식을 계산할 때 칠정산외편을 사용하였다는 기록이 여러 번 있지만 실제 현대의 계산법으로 계산한 결과와 오차가 크게 나타났음을 알았다. 따라서 칠정산외편에 의한 일식 예보는 조선 초기에 많이 사용되어졌고, 그 예보값도 비교적 정확하였다. 조선 중기에는 정확도가 다소 떨어지지만 대체할만한 다른 계산법이 없었으므로 시헌력의 일식 계산법을 확실히 터득한 18세기 초까지 사용한 것으로 보인다.

참고문헌

- 김종권 번역 1978, 한국명저대전집, 삼국사기 (서울: 대양서적)
 민족문화추진회 1980, 중종실록 18, 331
 민족문화추진회 1994, 승정원일기
 서울시스템 1997, 증보판 국역 조선왕조실록 CD (서울: 서울 시스템)
 서울시스템 1998, 고종순종실록 CD (서울: 서울 시스템)
 세종대왕기념사업회 1968-1992, 국역 조선왕조실록
 세종대왕기념사업회 1980, 증보문헌비고 상위고 (서울: 천풍인쇄주식회사)
 유경로, 이은성, 현정준 1990a, 세종장현대왕실록 제 26권 칠정산내편 (서울: 세종대왕기념사업회)
 유경로, 이은성, 현정준 1990b, 세종장현대왕실록 제 27권 칠정산외편 (서울: 세종대왕기념사업회)
 안영숙, 이용복, 김동빈, 심경진, 이우백 1999, 고려시대 일식도 (대전: 한국천문연구원)
 안영숙, 이용복, 김동빈, 심경진, 이우백 2001, 조선시대 일식도 (대전: 한국천문연구원)
 이용삼 2001, 충북대 자연과학연구, 15권 (청주: 충북대학교), pp.17-34.
 이은성 1985, 역법의 원리분석 (서울: 정음사), pp.330-339
 현정준 1975, 세계의 역, 이종수 편역 (서울: 삼성문화문고), p.266
 Fiala, A. D., & Bangert, J. A. 1992, Explanatory Supplement to Astronomical Almanac, ed. P. K. Sidelmann (California: University Science Books), Chap.8
 Meeus, J. 1991, Astronomical Algorithms (Virginia: Willmann-Bell, Inc), p.349
 Standish, E. M. 1996, JPL Planetary and Lunar Ephemerides on CD-ROM (Virginia: Willmann-Bell Inc.)
 Toomer, G. J. 1998, Ptolemy's Almagest (New Jersey: Princeton Univ. press)