

조선 초 간행의 교식가령(交食假令) 연구*

이은희 (건국대학교) · 한영호 (건국대학교)

1. 머리말

고대 역법에서 일월식의 계산은 역법의 정확성을 점검할 수 있는 가장 실체적인 수단이었으며 개력(改曆)의 주된 요인이었다. 그러므로 역법의 최종 목적이 일월식의 정확한 예측에 있었다고 해도 과언이 아닐 만큼 역가(曆家)들은 교식의 추보를 중요시하였다. 그러나 해와 달의 움직임에 영축(盈縮)¹⁾ 현상이 있을 뿐만 아니라 황도와 백도의 교점이 이동하고 또한 동지 때 태양의 위치도 변화하기 때문에 이들의 위치를 정확히 계산한다는 것이 당시로서는 쉬운 일이 아니었다. 이런 분위기 속에서 조선 초에 간행된 『칠정산내편정묘년교식가령(七政算內篇丁卯年交食假令)』과 『교식추보법가령(交食推步法假令)』은 세종 29년(1447, 정묘년) 8월의 일식과 월식을 예로 삼아 각자의 방법으로 추보의 전 과정과 그 결과 값을 명시한 책이다.

『칠정산내편정묘년교식가령』(이하 『내편교식가령』)은 『칠정산내편』이 완성된 이후, 내편법으로 일월식을 계산할 때 유용하게 사용하도록 만든 지침서이다. 이 책은 세종의 명(命)을 받은 이순지(李純之)와 김담(金淡)이 『칠정산외편정묘년교식가령(七政算外篇丁卯年交食假令)』, 『중수대명력정묘년교식가령(重修大明曆丁卯年交食假令)』과 함께 1444년에 편찬하였다. 이 가령들은 1447년인 정묘년에 일어날 일식과 월식을 1444년에 미리 추보해 본 결과로

투고 2012년 3월 15일. 심사 및 게재확정 2012년 3월 30일.

* 이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이다(KRF-2009-32A-H0001).

1) 지구와 달이 타원궤도 운동을 함에 따라 케플러 법칙에 의해 공전속도의 빠르고 느림이 생기는 현상.

서, 같은 달의 일식과 월식을 예로 할 때 내편법에 의한 계산이 외편법이나 『중수대명력(重修大明曆)』에 의한 결과와 어떠한 차이가 있는지를 비교하여 살피게 하였다.

그러나 1444년에 간행된 위의 세 가령 중 특히 『내편교식가령』은 가감차(加減差)의 계산을 달리하는 또 다른 가령을 낳았으니, 곧 세조 4년(1458)에 이순지와 김석계(金石悌)가 명을 받아 편찬한 『교식추보법가령』이다.²⁾ 규장각에 남아있는 이 책의 표지는 『교식추보법(交食推步法)』이라고 적혀 있으나, 이순지가 쓴 서문³⁾은 “교식추보법가령서(交食推步法假令序)”라는 제목 하에 작성되었다. 세종 때 이미 만들어졌던 『교식추보법』에 가령과 주해를 보탠 후 “교식추보법가령서”라고 서문을 붙였으므로, 논문에서 이 책을 가리킬 때는 『교식추보법가령』이라고 구분하여 불렀다.

이순지는 서문에서 “입성(立成)의 수치를 추보하는 새로운 방법을 만들었다. 즉 영축차(盈縮差), 지질차(遲疾差), 가감차, 일출입분(日出入分), 신흠분(晨昏分), 반주야분(半晝夜分), 정한행도(定限行度), 동지(冬至) 적도일도(赤道日度)와 황도일도(黃道日度)를 계산하는데 모두 입성을 사용하지 않고 직접 구할 수 있게 하였으니 지극히 간단하고 정밀해졌다”⁴⁾고 말하고 있다. 『교식추보법』에는 분명히 중국의 문헌에는 전하지 않거나 다른 내용들이 있고 계산에 사용되는 상수 값들이 기존의 역법들보다 정확한 수치로 기록되고 있다. 따라서 이 연구는 『칠정산내편』이 완성된 이후 간행된 두 가령을 통하여, 조선 초에 사용된 일월식의 계산방법과 그 개정 과정에 대해 조사해보

2) 『世祖實錄』 卷10, 世祖 3年 12月 甲寅. 이날의 기록에 의하면 세조 3년(1457) 12월 24일에 세조가 李純之와 金石悌에게 『교식추보법』을 의논하여 정하게 한다. 그리고 그 다음 해인 세조 4년(1458)에 『교식추보법가령』이 완성된다.

3) 이순지의 서(序): “하루는 주상(世祖)께서 純之에게 이르시되 算法은 六禮의 하나에 들어서 학자가 마땅히 배워야 하는데 지금은 그렇지 아니하다. 비록 宿儒 老師이라도 滔滔不知이다. 그중에도 일월교식은 천변의 큰 것으로 사람이 모두 보면서도 그 추보법을 모른다. 이제 천문 지리 의약 점복의 여러 理數의 書에 대하여 모두 指南書로 만들어 사람으로 하여금 배우지 아니함이 없게 하고자 한다. 더우기 역법은 家業이 아닌가. 내나 世子라도 不可不 배워야한다. 그대 純之는 世宗朝에서 역법의 일을 전승했으니 金石悌와 더불어 세종께서 만드신 교식추보법과 算誦에 대하여 가령과 주해를 지어서 바치라 하셨다. 신은 물리나와 가령에 주해를 붙여서 올렸다. 이에 주상께서 친히 교정하셨다.” 李純之, 金石悌, 『交食推步法-한국과학기술사대계 천문학편』 (여강출판사, 1985), 4쪽.

4) 李純之, 金石悌, 『交食推步法-한국과학기술사대계 천문학편』, 391-392쪽.

고 『내편교식가령』이 편찬되었음에도 불구하고 세종이 다시 『교식추보법』을 만들게 한 경위와, 또 훗날 세조가 이것에 가령과 주해를 덧붙여 『교식추보법가령』을 편찬하게 한 배경에 대하여 알아보았다. 또한 이 두 가령 사이의 근본적인 차이점이 무엇인지, 그리고 『칠정산내편』의 배경이 된 『원사·수시력경(元史·授時曆經)』과 『대통력법통궤(大統曆法通軌)』 및 『명사·대통력지(明史·大統曆志)』와는 어떠한 관계가 있는지 등을 비교 분석해 보았다.

2. 역법 교정의 배경과 일월식 계산

『칠정산내편』의 배경이 된 『수시력(授時曆)』은 이미 고려시대에 들어와 시행된 역법이었다. 그러나 고려에서 『수시력』에 의한 추보는 역일(曆日)을 추정하는 일에 그쳤을 뿐 교식(交食)과 오성(五星)의 계산은 알지 못한 것으로 전하고 있다.⁵⁾ 즉 고려에 전해진 『수시력』의 추보 방법은 완전한 것이 아니었으며 교식과 오성의 계산은 구법(舊法)인 『선명력(宣明曆)』에 의존하고 있었다.⁶⁾ 그 후 조선의 태종 때에 그동안 전해지지 않았던 일월식과 오행성의 계산표가 실린 『원사(元史)』의 『수시본경(授時本經)』이 들어 왔다. 그러나 여전히 그 방법을 알아내지 못하였고 세종 때에도 이러한 상황은 계속되었다.⁷⁾ 세종 즉위 다음 해인 1419년에 유정현(柳廷顯)이 역법의 교정을 처음으로 건의하였고, 이어서 1420년에는 이직(李穡)이 역법을 교정할 것을 건의하였다. 그리고 몇 년이 지난 세종 5년(1423)에 임금은 교회(交會)와 중성(中星), 역요(曆要) 등에서 당(唐)의 『선명력』과 원(元)의 『수시력』의 차이점을 교정하여 서운관에 보고하도록 지시하였다.⁸⁾ 이는 그동안 풀리지 않던 일월식의 계산 문제를 해결하기 위해 우선 옛 역법인 『선명력』과 『수시력』을 연구하고 이들의 차이를 체계적으로 조사하게 한 기록이다. 이러한 일들로부터 세종 5년부터는 역법의 교정이 정식으로 시작된 것으로 보인다.

5) 『高麗史·曆志』序, 『增補文獻備考』卷1, 『國朝曆象考』序.

6) 한영호, 이은희, “麗末鮮初 本國曆 완성의 道程”, 『동방학지』 155집 (연세대학교 국학연구원, 2011), 35-40쪽에 『수시력』의 교식 추보와 관련된 개방술과 조선의 산학(算學) 수준에 대한 자세한 언급이 있다.

7) 이은희, 『칠정산내편의 연구』 (한국학술정보, 2007), 16-17쪽.

8) 『世宗實錄』卷19, 世宗 5年 2月 辛酉.

하지만 그 이후 역법을 교정하는 작업이 그리 쉽게 진행되지는 않았다. 그 이유는 역법의 교정이 시작된 후에도 일월식의 문제는 오랫동안 풀리지 않는 난제로 남아 있었기 때문이었다. 더구나 당시 조선에서는 『수시력』의 방법뿐만 아니라 중국으로부터 새로 들어온 『통궤법(通軌法)』⁹⁾에 의한 일월식 계산 방법을 소화해야하는 문제도 안고 있었다. 세종 12년(1430) 8월의 기록¹⁰⁾과 같은 해 12월의 기록¹¹⁾에서도 보듯이 이러한 어려움은 역법 교정에 온 힘을 기울였던 세종을 결국 지치게 만들었고 중도에 포기할 마음까지 갖게 하였다. 그러나 이로부터 2년이 흐른 세종 14년(1432) 10월에는 드디어 그동안 노력한 결실이 보이기 시작하였다. 이 해 10월의 경연¹²⁾에서 임금은 “이에 앞서 우리나라가 후보하는 법이 정밀하지 못하더니 역법을 교정한 이후로는 일식, 월식과 절기의 일정함이 중국에서 반포한 일력(日曆)과 비교할 때 털끝만큼도 틀리지 아니하매 내 매우 기뻐하노라”¹³⁾라고 하면서 역법의 교정에 더욱 정진할 것을 명하였다. 그리고 그동안 애를 태우던 일월식의 문제가 해결되자 바로 그 다음 해인 세종 15년(1433)에 정인지(鄭麟趾) 등에게 명하여 『칠정산내·외편』을 편찬하도록 하였고, 역법 편찬에 필요한 의기 창제가 시작되었다. 이러한 과정 등을 되돌아 볼 때, 세종이 조선의 역법을 갖기 위한 모든 노력을 다하였으나 그 제작을 명하지 못하던 까닭이 결국 일월식의 계산에 있었다는 것을 짐작할 수 있다. 당시 일월식의 후보 문제는

9) 『大統曆法通軌』를 말한다. 『明史·曆志』에 『大統曆法』 4卷은 『太陽通軌』, 『太陰通軌』, 『交食通軌』, 『五星四餘通軌』로 나뉜다고 설명하고 있다. 현재 중국 국가도서관에는 이들에 대한 필사본 중 『交食通軌』, 『日食通軌』, 『月食通軌』, 『五星通軌』, 『四餘通軌』가 그 잔본으로 남아있다. 그러나 세종대 간행의 규장각본으로는 『大統曆日通軌』, 『太陽通軌』, 『太陰通軌』, 『交食通軌』, 『五星通軌』, 『四餘纏度通軌』의 여섯 통궤본이 동활자인쇄본으로 전한다.

10) “일식이 시작하고 끝나는 시각이 모두 차이가 있었으니 이는 정밀하게 살피지 못한 까닭이다”, 『世宗實錄』 卷49, 世宗 12年 8月 辛未.

11) “전에 유순도(庾順道)가 책력을 교정함에 있어 이를 갑자기 옳게 하기가 어렵다 했으니 과연 애만 쓰고 실익이 없다면 중단하는 일이 어떻겠는가?” 『世宗實錄』 卷50, 世宗 12年 12月 丁丑.

12) 『世宗實錄』 卷58, 世宗 14年 10月 乙卯.

13) 당시 명(明)의 수도는 남경이었으며 중국은 『大統曆法通軌』에 의한 일력을 반포하고 있었다. 조선은 아직 한양의 일출입 시각을 완비하지 못한 상태였으며, 일월식이나 절기의 시각이 남경과 한양이 서로 같을 수 없기 때문에 이 기사는 조선에서 남경을 기점으로 한 『大統曆法通軌』로 후보해 보았을 때 그 결과가 명의 일력과 일치했다는 이야기로 해석된다.

다름 아닌 계산에 사용되는 산법의 문제와 직접적인 연관이 있었다. 따라서 교식의 추보와 관련된 산법과 그 내용을 정리해보면 다음과 같다.

첫 번째는 일식과 월식이 일어나는 순간 태양과 달의 진위치를 구하는 계산이다. 『칠정산내편』의 배경이 된 『수시력』은 태양과 달의 실제 위치를 계산하기 위해서 타원궤도운동에 따른 부등(不等) 운동으로 태양의 영축 운동과 달의 지질(遲疾) 운동을 고려하였고 이때 생기는 영축차¹⁴⁾와 지질차¹⁵⁾ 계산에 새로운 3차 보간법인 초차법(招差法)을 사용하였다.

두 번째는 일식과 월식이 일어나는 시각이 그 날의 일출입 시각으로부터 얼마나 떨어져 있는지와 일출입 시각대(時刻帶)에 일어나는 일월식의 진행 상황¹⁶⁾을 알기 위해 필요한 일출입의 계산이다. 일출입 시각은 태양의 적위(δ)와 관측 지방의 위도(ϕ)에 따라 그 값이 달라지므로 계절에 따라 변화하는 태양의 적위 값과 관측 지방의 북극고도¹⁷⁾ 값이 일출입 계산에 요구되었다. 『수시력』에서는 동지와 하지 이후 매 1도 마다 황도적도(黃道積度)에 대응되는 태양의 적위를 구하여 각각에 대응되는 반주야분¹⁸⁾을 구한 후, 이에 보간법을 사용하여 매일의 일출입 시각을 구하였다.¹⁹⁾ 이 때 관측된 태양의 적도 도수를 황도 도수로 바꾸는 황·적도(黃·赤道)의 좌표 변환과 태양의 적위 값인 황도적도내외도(黃道赤道內外度)의 계산에 현대의 구면삼각법에 해당하는 호시할원술(弧矢割圓術)²⁰⁾의 방법을 사용하였다.

14) 태양의 평균 위치와 실제 위치와의 차. 즉 1일 1도의 등속도 운동을 하는 평균 태양의 위치와 부등운동을 하는 진태양의 위치 차를 말한다.

15) 달의 평균 위치와 실제 위치와의 차.

16) 『수시력』과 『칠정산내편』에서는 일식과 월식이 진행되고 있는 상황에서 일출과 일입이 일어나는 현상을 특별히 대식(帶食) 또는 대생광(帶生光)이라 하였다. 대식은 해가 지기 전에 이미 일식과 월식이 시작되어 해가 진후에 식심(食甚)이 되는 경우이고, 대생광은 해가 뜨기 전에 식심이 되었다가 해가 뜬 후에 복원(復元)이 되거나 해가 지기 전에 식심이 되었다가 해가 진후에 복원이 되는 경우로 이를 각각 구분하여 칭하였다. 유경로 등 역주, 『칠정산내편』(세종대왕기념사업회, 1973), 294-298쪽, 328-333쪽.

17) 북극 고도는 그 지방의 위도를 나타내므로 관측 지방의 위도는 북극 고도를 직접 측정하여 정하였다.

18) 반주야분(半晝夜分)은 낮과 밤의 길이의 반이 되는 시간으로 반주분은 일입분(日入分)을 그리고 반야분은 일출분(日出分)을 의미한다. 유경로 등 역주, 『칠정산내편』, 240-242쪽.

19) 이은희, 『칠정산내편의 연구』, 251쪽.

20) 황도·적도의 변환과 적도내외도의 계산을 하기 위해 사용된 수학적 방법이다. 즉 태양이 위치하고 있는 곳의 황경도수에 대한 적경과 적위의 도수를 구하는 산법이다. 이

세 번째는 일식과 월식의 계산에서, 식이 시작되는 초후(初虧)의 시각과 식의 중심인 식심(食甚) 그리고 식이 끝나는 복원(復元)의 시각을 구할 때 사용되는 계산이다. 이 계산에는 식이 시작되는 초후의 순간부터 식의 중심까지 가는데 걸리는 시간인 정용분(定用分)과, 월식에서 달이 지구 그림자 안으로 완전히 들어가 개기식이 시작되는 식기(食既)의 순간부터 식심까지의 시간인 기내분(既內分), 그리고 초후에서 식기까지 또는 생광(生光)에서 복원까지의 시간인 기외분(既外分)을 구할 때 개방법(開方法)이라는 제곱근의 식을 사용하였다.

이렇게 본다면 『수시력』에서 일월식과 관련한 주요 산법은 초차법과 호시할원술 그리고 개방법으로 요약이 된다. 그런데 세종 13년(1431) 3월 2일의 기록²¹⁾을 보면 일월식의 산법과 관련하여 방원법(方圓法)이 등장하는 것을 볼 수 있다. 세종은 이날 “역법은 정확하게 교정해야 하는데 일식과 월식의 경위만은 상세히 알 길이 없다”고 하면서 사역원의 주부(注簿)였던 김한(金汗) 등을 중국에 보내 산법을 익히도록 하고 있다. 이때 언급된 것이 방원법이다. 그렇다면 방원법은 무엇인가? 방원에 대한 기록은 『명사·역지(明史·曆志)』²²⁾에 관측경이 새로 창안한 5가지 중요 산법 중의 하나인 황도와 적도의 차(差)²³⁾를 구하는 설명에서 찾아 볼 수 있다.

“按郭守敬創法五端，內一曰黃道赤道差，此其根率也。舊法²⁴⁾以一百一度相減相乘。<授時>立術，以句股，弧矢，方圓，斜直所容，合于渾象之理，視古法爲密”

은희, 『칠정산내편의 연구』, 203쪽.

21) 『世宗實錄』 卷51, 世宗 13年 3月 丙寅. “우리나라 사람으로서 산수(算數)에 밝아서 방원법(方圓法)을 상세하게 아는 자가 드물 것이니, 내가 문자를 해독하고 한음(漢音)에 통한 자를 택하여 중국으로 보내어 산법을 습득케 하려고 하는데 어떤가” 하니 정초가 대답하기를 “성상의 하교가 옳습니다.”

22) 『明史·曆志』 卷32; 曲安京, 『中國數理天文學』 (北京: 科學出版社, 2008), 209쪽.

23) 황적도차는 태양이 위치한 곳의 황도경도(黃道經度)를 적도경도(赤道經度)로 변환하거나 적도경도를 황도경도로 변환할 때 생기는 황도와 적도 간의 경도차를 말한다. 중국의 고대 역법에 사용된 기본 좌표는 28수(宿)의 적도수도(赤道宿度)로 나타내는 적도 좌표였으므로 황도상의 태양의 위치를 적도 좌표로 나타낼 때 또는 적도 좌표로 관측된 태양의 위치를 황도 좌표로 나타낼 때, 황도와 적도 간의 좌표 변환이 필요하였다. 이은희, 『칠정산내편의 연구』, 202-203쪽.

24) 여기서 ‘舊法’이란 송(宋)의 기원력(紀元曆)에서 황적도차를 구하는 함수를 말한다. 曲安京, 『中國數理天文學』, 209쪽.

즉 황적도차(黃赤道差)를 구하는데 구고(句股), 호시(弧矢), 방원(方圓), 사직(斜直)을 사용한다고 설명하고 있다. 이들은 바로 호시할원술에 필요한 계산들이며 방원은 그들 중에 하나임을 알 수 있다. 방원법이란 곧 황도와 적도의 차를 구하는데 쓰이며 이는 한양의 일출입 시각을 구할 때 사용되는 태양의 황경과 황도적도내외도²⁵⁾의 계산과 관련이 있다. 즉 역법 계산에 필요한 산법 중 이해되지 않는 부분을 중국에 가서 배우게 한 것이며 그 중의 하나가 호시할원술과 관련된 방원법이었던 것이다. 이러한 기록들로 보건대 그동안 문제가 되었던 개방의 술(術)은 해결이 되었으나²⁶⁾ 조선에 맞는 역법을 만들기 위해서는 한양의 일출입 시각이 필요했고 이 계산을 위하여 다시 호시할원술이라는 방법을 터득해야 했던 과정이 있었음을 알 수 있다.

그러나 『내편교식가령』과 『교식추보법가령』의 내용을 조사해 보면 위와 같은 모든 과정을 거쳐 완성된 『칠정산내편』의 편찬 후에도 중국으로부터 새로운 교식추보법이 들어왔음을 알 수 있다. 그 이유는 이 두 가령이 정삭망을 구하기 위한 가감차의 계산과 가감차 계산에 사용되는 영축차와 지질차 계산에 개정 과정이 있음을 보여주고 있기 때문이다. 따라서 이 논문은 이 두 가령에 실린 정묘년 8월의 정삭망 계산을 통하여 이들 간의 차이와 개정 과정에 대하여 분석해 보았다.

3. 가감차와 정삭망 계산

고대 역법의 일월식 계산 중 가장 중요한 요소 중의 하나는 태양과 달이 지구와 일직선상에 놓여 식이 일어나게 되는 정삭과 정망의 시각을 정확히 구하는 것이다. 『내편교식가령』과 『교식추보법가령』은 똑같이 정묘년 8월의 정삭과 정망을 추보의 예로 들었지만, 경삭망(經朔望) 시각에서 정삭망(定朔望) 시각으로 넘어가는데 요구되는 가감차 계산식이 서로 달라 후속 값들과 일월식의 계산 결과가 다르게 되었다. 그러므로 『내편교식가령』과 『교식추보법가령』에서 사용된 가감차와 정삭망 계산 과정에 대해 알아보면 다음과 같다.

25) 황도적도내외도는 태양의 적위(δ)값을 말한다.

26) 일식과 월식의 시작하고 끝나는 시각을 논하고 있는 당시의 기록들로 보건대, 역법의 교정이 시작되던 시기에 개방술의 문제는 이미 해결되어졌던 것으로 해석된다.

1) 가감차

지구와 달은 원 궤도가 아닌 타원 궤도상을 운행하기 때문에 근일점이나 근지점과의 거리에 따라 빠르게 움직이기도 하고 느리게 움직이기도 한다. 이와 같이 부등속 운동을 하는 지구가 궤도상의 어느 지점에 있을 때, 해와 달의 실제 위치가 평균 위치에 비해 얼마나 빠르고 느린지를 나타내는 값이 곧 가감차이다. 즉 천구상에서 해와 달의 진위치를 계산할 때 사용하는 값이 가감차가 된다.

일월의 평균 위치를 의미하는 경삭망의 시각에 가감해야 될 수치, 곧 가감차는 태양의 부등속 정도를 나타내는 영축차와, 달의 부등속 정도를 나타내는 지질차로 구성된다. 태양의 영축차와 태음의 지질차를 서로 가감함으로써 태양과 달이 서로 떨어져 있는 각거리와, 그 각거리를 움직일 때 걸리는 시간을 구하는 것이다. 그런데 두 가령 사이에는 영축차와 지질차를 구하는 방법과 가감차를 구하는 방법에 다소 차이가 있다. 따라서 이들의 원류가 되는 『원사·수시력경』과 『대통력법통궤』 그리고 『명사·대통력지』에 기록된 방법들과 함께 그 차이점을 비교해 볼 필요가 있다.

『수시력』은 태양의 영축차와 달의 지질차 계산에 1원 3차 방정식인 평립정삼차(平立定三差)의 보간식²⁷⁾을 이용하여 정차(定差), 평차(平差), 입차(立差)의 계수, 즉 평립정 3차의 계수를 구하는 초차법을 사용하였고 이 방법에 의한 계산 과정을 기록하면서 그 결과는 별도로 『수시력입성(授時曆立成)』²⁸⁾에 기재해 놓았다. 그러나 후대에 편찬된 『대통력법통궤』와 『명사·대통력지』는 이들의 계산에 필요한 용어와 계산 방법 등을 조금씩 다르게 기록하고 있고 그 편성 방법과 내용도 차이가 있음을 알 수 있다. 그리고 이들을 참조한 『칠정산내편』과 『교식추보법』 역시 편성 방법과 기록 내용에 서로 차이

27) 평립정 3차의 보간식은 x 가 적일(積日)일때 $f(x) = ax + bx^2 + cx^3$ 으로 표현되며 계수 a, b, c 가 정차, 평차, 입차가 된다. 李殷晟, “招差法과 古代曆法에서 그 應用”, 『한국과학사학회지』 7권 1호 (1974), 20쪽.

28) 『元史·授時曆經』에는 『授時曆立成』이 실려 있지 않으나 『高麗史·曆志』의 『授時曆經』 말미에 『授時曆立成』이 실려 있고 왕순(王恂) 등이 편찬한 『授時曆立成』이 별도의 규장각본으로 전하고 있다. 따라서 『元史·曆志』의 편찬자들이 이를 빠뜨리고 기재한 것임을 알 수 있다. 李銀姬, 景水, “朝鮮奎章閣本の 『授時曆立成』”, 『中國科技史料』 第2期 (北京: 1998), 73-77쪽 인용.

가 있는 것이 확인된다. 이에 따라 영축차와 지질차 계산에 대한 각 역법들의 설명과 그에 따른 수식을 <표 1>과 <표 2>로 정리하고, 영축차와 지질차로 구성된 가감차 계산이 두 가령 간에 어떠한 차이점이 있는지 각각에 대하여 분석해 보았다.

역법	태양의 영축차 계산법
『元史·授時曆經』 (求盈縮差)	視入曆盈者.....盈初縮末限者 置立差三十一以初末限乘之 加平差二萬四千六百又以初末限乘之 用減定差五百一十三萬三千二百餘再初末限乘之 滿億爲度 不滿退除爲分秒 縮初盈末限者 置立差二十七以初末限乘之 加平差二萬二千一百又以初末限乘之 用減定差四百八十七萬六百 餘再以初末限乘之, 滿億爲度 不滿退除爲分秒 卽所求盈縮差, 又術 置入限分 以其日盈縮分乘之 萬約爲分 以加其下盈縮積 萬約爲度 不滿爲分秒 亦得所盈縮差 영축적(영초축말)=초말한×(513.3200-2.4600×초말한-0.0031×초말한²) 영축적(축초영말)=초말한×(487.0600-2.2100×초말한-0.0027×초말한²) 영축차=영축적으로부터 도와 분을 계산 또 다른 계산법(又術) 영축차 = 영축적 + (영축가분 × 입한분)/10000
『大統曆法通軌』 (求盈縮差分)	置各盈縮曆分是盈初縮末者 用太陽冬至前後二象是縮初盈末者 用太陽夏至前後二象去大餘千巳下小虧全分 以其各第三滿盈縮加分乘之 得數以萬約爲分 以加其下第四滿盈縮積共得數 以萬約爲度 以爲盈縮差度也 영축차 = 영축적 + (영축가분 × 초말한 일하분)/10000
『明史·大統曆志』 (推盈縮差)	置初末曆小餘 以立成內所有盈縮加分乘之 爲實日周一萬爲法除之 得數以加其下盈縮積 卽盈縮差 영축차 = 영축적 + (영축가분 × 초말한 일하분)/10000
『七政算內篇』 (求盈縮差)	置盈縮曆入限日下分 以其日盈縮加分乘之 萬約爲分 以加其下盈縮積 萬約爲度 不滿爲分秒 卽盈縮差 영축차 = 영축적 + (영축가분 × 입한일 일하분)/10000

『交食推步法』 (盈縮差)	盈縮加分 置九十三微 縮初盈末八十一微 以積日乘之 加四分九十二秒九十三微 縮初盈末四分四十二秒八十一微 又以積日乘之 用減五百一十分八十五秒六十九微 縮初盈末四百八十四分八十四秒七十三微 各得其日盈縮加分
	盈縮積 置三十一微 縮初盈末二十七微 以積日乘之 加二分四十六秒 縮初盈末二分二十一秒 又以積日乘之 用減五百一十三分三十二秒 縮初盈末四百八十七分〇六秒 再以積日乘之 各得其日盈縮積
	盈縮差 置入限分 以盈縮加分乘之 萬約爲分 以加盈縮積 萬約爲度 不滿爲分秒 卽盈縮差
	영축가분(영초축말)=510.8569-4.9293×적일-0.0093×적일 ² 영축가분(축초영말)=484.8473-4.4281×적일-0.0081×적일 ² 영축적(영초축말)=적일×(513.3200-2.4600×적일-0.0031×적일 ²) 영축적(축초영말)=적일×(487.0600-2.2100×적일-0.0027×적일 ²) 영축차 = 영축적 + (영축가분 × 입한분)/10000

표 1. 각 역법에 기재된 태양의 영축차 계산법

① 태양의 영축차 계산

<표 1>을 보면 각 역법 간에 실린 영축차의 계산 방법과 표현 용어들이 조금씩 다르다는 것을 알 수 있다. 『수시력경』은 영초축말한(盈初縮末限)과 축초영말한(縮初盈末限)²⁹⁾에 대한 각각의 입차, 평차, 정차의 계수 값과 이들에 의한 영축적(盈縮積)³⁰⁾과 영축차 계산을 설명하고 있다. 그러면서 또 하나의 계산방법으로 입성에 있는 영축적과 영축가분(盈縮加分)³¹⁾으로부터

29) 진태양이 평균태양을 앞서는 영력(盈曆) 구간과 평균태양이 진태양을 앞서는 축력(縮曆) 구간의 초한(初限)과 말한(末限)을 말한다.

영초축말한(盈初縮末限)

영초(동지 ~ 춘분) = 축말(추분 ~ 동지) = 88일 9092분 92초

축초영말한(縮初盈末限)

축초(하지 ~ 추분) = 영말(춘분 ~ 하지) = 93일 7120분 25초

30) 영축가분(盈縮加分)의 누가분.

31) 영축가분은 태양이 하루 동안 실제 움직이는 도수와 평균적으로 움직이는 도수(평균 일행도) 곧 1도와의 차를 나타낸 것이다. 태양이 평균 일행도보다 앞서는 영력의 구간은 태양의 실제 일행도에서 평균 일행도를 감하지만 이와 반대의 축력의 구간에서는 평균 일행도에서 태양의 실제행도를 감해 준 값이 영축가분이 된다.

영축차를 구하는 방법을 소개하고 있다. 즉 계산식으로 구하는 방법과 입성을 이용하여 구하는 방법을 함께 제시하고 있다. 이에 반해 『대통력법통궤』는 평립정 3차의 계수에 대한 설명 없이 『대통력일통궤』에 기록된 태양의 동지와 하지 전후 영초축말한과 축초영말한 입성의 영축적과 영축가분을 이용하여, 각 상한(象限)에서 각각 떨어진 날짜의 일수(大餘)와 일 이하분(小餘)으로부터 영축차를 구하는 방법을 설명하고 있다. 그리고 『명사·대통력지』는 보다 자세하게 평립정 3차의 계수를 역지(曆志) 법원(法原)³²⁾ 편의 “태양영축평립정삼차지원(太陽盈縮平立定三差之原)”에 설명하면서 영축가분과 영축적에 대한 값은 “태양영초축말한입성(太陽盈初縮末限立成)”에 실었고 영축차의 계산은 단지 입성 안에 있는 값들을 이용하도록 설명하고 있다.

한편 『칠정산내편』은 『대통력법통궤』와 같이 평립정 3차의 계산에 대한 언급 없이 “태양”편에 실린 동지와 하지 전후 영초축말한과 축초영말한의 입성을 이용하는 방법을 설명하고 있는데 이는 『대통력일통궤』에 실린 입성의 내용과 완전히 일치한다. 그러나 『교식추보법』은 위의 역법들과 달리 영축차 계산에 필요한 영축가분과 영축적 값 모두 평립정 3차의 계수를 이용하여 구하는 방법을 설명하면서 입성 없이 간단히 계산할 수 있는 방법을 제시하고 있다. 이 방법은 초말한(初末限)의 일 이하 분까지 사용하여 영축적과 영축차를 구하는 『수시력경』의 방법과 달리 초말한의 정수 부분인 일수(즉, 積日)를 사용하여 영축적과 영축가분을 구한 후 이를 다시 영축차 계산에 사용하는 방법으로 『수시력』과는 다소 다른 근사식임이 주목된다.

이들을 다시 요약하면, 태양의 영축차를 구하는 방법에는 『원사·수시력경』에 설명되어진 것처럼 평립정 3차에 의한 계산식과 입성을 이용하는 방법이 있었다. 이에 대해 『칠정산내편』은 『대통력법통궤』를 따라 입성을 이용하는 방법을 선택했고, 『교식추보법』은 평립정 3차에 의한 계산식을 이용하되 『원사·수시력경』과는 조금 다른 방법의 근사식을 사용하면서 입성 없이도 간단하게 계산할 수 있는 방법을 제시하였던 것이다.³³⁾

32) 『明史·曆志』 曆三, 卷33.

33) 『世宗實錄』 卷101, 世宗 25年 7月 紀末. “예조에서 서운관의 첩정에 의거하여 아뢰기를, 금후에는 일월식에 내·외편법과 수시(授時) 원사법(元史法)과 입성법(立成法)과 대명력(大明曆)으로 추산하는데 내편법에 식분이 있으면 경외관(京外官)에게 알려주고, 기타의 역법은 곧 아뢰게 하며.....”. 이 기록에 나타난 수시·원사법이란 바로 평립정 3차에 의한 계산식으로 당시 계산식과 입성을 이용하는 방법을 각각 ‘원사법’과 ‘입성

② 달의 지질차 계산

각 역법 간에 달의 지질차 계산법을 보여주는 <표 2> 역시 영측차 계산에서 보였던 차이점을 그대로 나타내고 있다. 즉 『원사·수시력정』은 지질력전분(遲疾曆全分)으로부터 초말한을 구한 다음, 평립정 3차의 계수를 이용한 지질도 계산으로 지질차를 구하는 방법을 설명하고 있다. 그리고 『대통력법통궤』는 평립정 3차의 계수에 대한 설명 없이 입성을 이용해야 계산할 수 있는 지질차의 식을 설명하고 있고, 『명사·대통력지』는 아예 입성 내에 있는 손익분과 지질적(遲疾積, 즉 지질도)의 값으로 지질차를 구하는 방법을 소개하고 있다. 이에 대해 『칠정산내편』 역시 입성에 있는 값들로

역법	달의 지질차 계산법
『元史·授時曆經』 (求遲疾差)	置遲疾曆日及分秒 以十二限二十分乘之 在初限已下爲初限 已覆減中限餘爲末限置立差三百二十五以初末限乘之 加平差二萬八千一百又以初末限乘之 用減定差一千一百一十一萬餘再以初末限乘之 滿億爲度 不滿退除爲分秒 卽遲疾差 又術 置遲疾曆日及分 以遲疾曆日率減之 餘以其下損益分乘之 如八百二十而一 益加損減其下遲疾度 亦爲所求遲疾差 초말한=지질력일분초×12.20 지질도=초말한×(11.11-0.0281×초말한-0.00325×초말한 ²) 지질차=지질도로부터 도와 분을 계산
『大統曆法通軌』 (求遲疾差分)	置遲疾曆日及分 用遲疾曆日率減之餘 以其下損益分乘之 得數以八百二十 而一得數益加損減其下遲疾度 以爲遲疾差也 지질차 = 지질도±(지질력일분 - 지질력일율) × 손익분/820
『明史·大統曆志』 (求遲疾差)	置遲疾曆 以立成日率減之 如不及減則退一位 餘以其下損益分乘之 爲實八百二十分爲法除之 得數以加 其下遲疾積 遲疾差 지질차 = 지질도±(지질력 - 지질력일율) × 손익분/820

법'으로 구별하여 부르고 있었음을 알 수 있다. <표 1>에 따르면 원래 『授時曆經』에는 계산식과 입성을 이용하는 방법(又術)을 함께 설명하고 있으나 명초에 완성된 『元史·授時曆經』에는 又術에 필요한 『授時曆立成』이 누락됨에 따라 '원사법'이 후대에 계산식에 의한 방법을 뜻하게 된 듯하다.

『七政算內篇』 (求遲疾差)	置遲疾曆日及分秒 以遲疾曆以立成日率減之 若限下日率不及減退一限 以其下損益分乘之 如八百二十而一 益加損減其下遲疾度 卽遲疾差 지질차 = 지질도±(지질력일분초-지질력일율) × 손익분/820
『交食推步法』	遲疾曆限 置遲疾曆全分 以一十二限一十九分三十九秒乘之 在初限 八十四 已下爲初限已上復減中限 一百六十八 爲末限 日率 置限數以八百二十〇分〇八秒乘之 得其限日率 損益分: 初爲益末爲損 置九微七五 以限數乘之 加五秒七十一微七五 以限數乘之 用減一十一分〇八秒一十五微七五 八十二限三秒五十六微一六折半得八十三限分 各得其限損益分 遲疾度 置三微二十五以限數乘之 加二秒八一又以限數乘之 用減一十一分一十一秒 再以限數乘之 八十三限五度四十二分九十一秒六十六微一六 各得其限遲疾度 末限又以其損分加之 遲疾差 置遲疾曆全分 以遲疾曆日率減之 以損益分乘之 如八百二十〇分〇八秒 而一益加損減遲疾度 卽遲疾差 지질력한 = 지질력전분 × 12.1939 지질력일율 = 한수 × 820.08 손익분 = 11.081575-0.057175×한수 - 0.000975×한수² 지질도 = 한수×(11.11 - 0.0281×한수 - 0.00325×한수²) 지질차 = 지질도±(지질력 - 지질력일율) × 손익분/(820.08)

표 2. 각 역법에 기재된 달의 지질차 계산법

지질차를 구하는 방법을 설명하고 있는 반면 『교식추보법』은 지질차 계산에 필요한 손익분과 지질도 모두 입성에 의하지 않고 구할 수 있는 방법을 제시하고 있다. 그러면서 영축차 계산 때와 마찬가지로 초말한의 정수 부분(즉 限數)을 취하여 손익분과 지질도를 구하고 이로부터 지질차를 구하고 있는데 이 역시 초말한의 정수 이하 부분까지 사용하는 『수시력』과는 다른 방법의 근사식이다. 이 외에 『교식추보법』은 태양의 한행분 값을 기존의 역법에서 쓰던 820분보다 정확한 820.08분을 쓰고 있고, 달이 하루 동안 움직이는 한(限)도 12.2한보다 정밀한 수치인 12.1939한으로 기재하고 있다. 이러한 비교로 볼 때 『교식추보법』은 분명히 다른 역법들과 차별화되는 점

이 있었으며 그 간행 목적이 계산의 간편성과 정확성에 있다는 것이 재차 확인된다.

③ 가감차 계산

앞서 가감차를 구할 때 사용되는 영축차와 지질차 계산이 각 역법 간에 어떠한 방법으로 이루어졌는지를 살펴보았다. 이제는 영축차와 지질차를 사용하여 가감차를 구하는 식이 두 가령 간에 어떻게 다른지를 비교해 보고자 한다. 우선 입성을 이용하는 『내편교식가령』의 가감차식을 단계적으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{영축차} &= \text{영축적(盈縮積)} + \text{입한분(入限分)} \times \text{영축가분(盈縮加分)} / 10000 \\ &= x(t) + \Delta(t) \cdot \delta x / 10000 \\ [t: \text{입한일}^{34}, x(t): t\text{일의 영축적}, \Delta(t): \text{입한일 일하분}, \delta x: \text{영축가분일 때}] \\ \\ \text{지질차} &= \text{지질도(遲疾度)} \pm [\text{지질력(遲疾曆)} - \text{지질력일율(遲疾曆日率)}] \times \text{손익분} / 820\text{분} \\ &= f(n) \pm \Delta(n) \cdot \delta n / 820\text{분} \\ [n: \text{해당 한수}, f(n): n\text{한 지질도}, \Delta(n): \Delta n\text{일의 태양 행도}, \delta n: \text{손익분일 때}] \end{aligned}$$

$$\text{가감차}_{(\text{내편})} = (\text{영축차} \pm \text{지질차}) \times 820\text{분} / \text{지질한행도(遲疾限行度)}$$

위 식에서 영축차와 지질차를 가감한 값은 도(度) 단위이므로, 이 도수만큼 달이 움직이는데 걸리는 시간은 가감한 도수를 달이 실제 움직이는 속도, 곧 해당 지질한행도(遲疾限行度)로 나눠서 구한다. 또 정삭망 시각을 얻기 위해 경삭망 시각에 가감해 주어야 하는 값은 일분(日分: 1일=10000분)의 단위를 바꾼 시간이므로, 가감 도수를 일분으로 바꾸기 위해 태양의 한행도(限行度)인 820분으로 곱하고 다시 지질한행도로 나누어서 구한다. 이때 사용되는 태양의 평균 한행도와 달의 지질한행도는 다음 식에 의한 결과이다.

$$1\text{근점월} = 27.5546\text{일} = 336\text{한}, \therefore 1\text{일} = 12.1939\text{한}$$

$$\begin{aligned} \text{태양의 평균 한행도} &= 27.5546\text{일} \div 336\text{한} \\ &= 0.082008\text{일/한}(= 820.08\text{분/한}) \end{aligned}$$

34) 입한일(入限日)이란 영역과 축력에 들어선 날수를 의미한다. 『원사·수시력경』과 『대통력법통계』 및 『명사·대통력지』에 언급된 초말한의 정수 부분, 즉 일수를 뜻하는 것으로 『교식추보법』에 설명된 적일과 같은 의미이다.

$$\begin{aligned}\text{달의 평균 한행도} &= (365.2575\text{도} \times \text{근점월/항성월}) \div 336\text{한} \\ &= 1.0963\text{도/한}\end{aligned}$$

한편 영축차와 지질차를 입성에 의하지 않고 계산식으로 구하는 『교식추보법』의 가감차 계산을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\text{영축차} &= \text{영축적} + \text{입한분} \times \text{영축가분}/10000 \\ &= x(t) + \Delta(t) \cdot \delta x/10000 \\ [t: \text{적일}^{35}, x(t): t\text{일의 영축적}, \Delta(t): \text{적일 이하분}, \delta x: \text{영축가분일 때}]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{영축가분(영초축말)} &= 510.8569 - 4.9293 \times t - 0.0093 \times t^2 \\ \text{영축가분(축초영말)} &= 484.8473 - 4.4281 \times t - 0.0081 \times t^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{영축적(영초축말)} &= t \times (513.3200 - 2.4600 \times t - 0.0031 \times t^2) \\ \text{영축적(축초영말)} &= t \times (487.0600 - 2.2100 \times t - 0.0027 \times t^2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{지질차} &= \text{지질도} \pm (\text{지질력-지질력 일율}) \times \text{손익분}/820.08\text{분} \\ &= f(n) \pm \Delta(n) \cdot \delta n/820.08\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{지질력한} &= \text{지질력전분} \times 12.1939 \\ \text{한수}(n) &= \text{지질력한의 정수부분} \\ \text{지질력일율} &= n \times 820.08 \\ \text{손익분} &= 11.081575 - 0.057175 \times n - 0.000975 \times n^2 \\ \text{지질도} &= n \times (11.11 - 0.0281 \times n - 0.00325 \times n^2)\end{aligned}$$

$$\text{가감차}_{\text{(추보)}} = (\text{영축차} \pm \text{지질차}) \times 820.08\text{분}/(\text{지질한행도} - 820.08\text{분})$$

위 식들을 비교해 볼 때 두 가령 간에 근본적인 차이는 첫째 영축차와 지질차를 구하는데 『내편교식가령』은 입성을 사용하는 반면 『교식추보법가령』은 계산식을 사용한다는 점이고, 두 번째 이렇게 구한 영축차와 지질차로부터 가감차를 구할 때 계산식에 사용되는 태양의 한행분 값과 가감차를 구하기 위해 나눠 주는 분모 값이 서로 다르다는 점이다. 『내편교식가령』에서는 지질한행도의 값, 즉 지력과 질력에서 달이 위치한 곳의 한수(限數)에 해당하는 달의 실제 행도 값으로 나누어 주지만, 이와 달리 『교식추보법가령』에서는 이 지질한행도 값에 다시 태양이 1한을 움직이는 행도를 감하여 나누어 주고 있다. 그러면서 지질차와 가감차 계산에 태양의 한행도를 820분 보다 정확한 수치인 820.08분을 사용하고 있다.

35) 여기서 적일(積日)은 『칠정산내편』에서 언급한 입한일(入限日)과 같은 의미이다.

그러므로 이 둘의 차이는 다음과 같이 설명된다. 『교식추보법가령』에서 달의 실제 행도에 다시 태양의 한행도를 감한 것은 관측 시각에 달의 태양에 대한 상대 속도를 나타내는 값이다. 즉 달이 지질한행도 만큼 움직이는 동안 태양도 태양한행도 만큼 같은 방향으로 움직이므로 영측과 지질로 인한 가감도수를 해와 달의 상대 한행도로 나눈 것이다.

이론적으로 평가한다면 가감해야 될 시간을 구하는 위의 두 식 중 『교식추보법가령』이 『내편교식가령』의 식보다 합리적이다. 달이 1.0963도에 해당하는 1한을 움직이는 동안 태양은 0.082008도를 이동하므로 태양이 달에 비해 상당히 느리기는 하다. 그렇지만 완전히 무시할 만한 정도가 아니므로 가감해야 하는 각거리를 움직이는 시간을 구할 때는 달이 태양에 대해 갖는 상대 속도로 나누는 것이 타당하다. 이러한 계산은 일식과 월식의 진행 시간을 구할 때, 달의 태양에 대한 상대 속도 값인 정한행도³⁶⁾로 나누어 주는 것에서도 확인된다. 그렇다면 이동거리를 움직이는데 걸리는 시간이 해와 달의 상대 속도와 관계 된다는 지식을 이미 갖추고 있던 『수시력』의 제작자들이 왜 가감차의 계산에서는 이러한 고려를 하지 않았는지 의문이 간다. 단지 역법가의 실수였는지 아니면 이 또한 일월식 계산의 오차를 줄이기 위한 하나의 방법이었는지 등이 궁금해진다. 이러한 의문과 함께 『내편교식가령』이 이미 있음에도 불구하고 세종이 『교식추보법』을 다시 만들게 한 이유를 찾아보기 위해 다시 각 역법 간에 설명된 가감차 계산식을 서로 비교해 보았다.

<표 3>에 조사된 내용을 보면 『칠정산내편』의 방법은 『수시력』과 『대통력법통제』의 방법과 같고 『교식추보법』은 태양의 한행도를 820.08분으로 하는 것을 제외하고는 『명사·대통력지』의 방법과 일치하고 있다. 이것은 달의 태양에 대한 상대 도수를 분모로 사용하는 『교식추보법』의 방법이 『명사·대통력지』에 기재된 방법의 유래와 밀접한 관계가 있다는 것을 나타낸다.³⁷⁾

36) 정한행도=정삭과 정망에서 달의 한행도(限行度)—태양의 한행분(限行分). 정삭과 정망에서 1한 동안 달이 태양을 앞서가는 상대도수를 구하는 것으로 일식과 월식의 식분과 식의 진행 시간을 구할 때 사용한다.

37) 최근 석운리(石云里)로부터 그가 일본 내각문고에서 발견한 『大明大統曆法』의 복사본을 직접 얻게 되었다. 이는 1569년 주상(周相)에 의해 인쇄된 것으로 밝혀졌는데 이 『大明大統曆法』에 실린 가감차 산식을 조사해 보니 『大統曆法通軌』가 아닌 『明史·曆志』에 실린 방법과 동일하였다. 아마도 주상이 『大統曆法通軌』 이후 어느 때인가 명에서 개정되었을 가감차 식을 기재한 것으로 보이는데 『交食推步法』은 그 개정 기간을 세종년 간으로 좁히는 단서가 되고 있다.

역법	가감차 계산법
『元史·授時曆經』 (求朔弦望定日)	以經朔弦望盈縮差與遲疾差 同名相從異名相消 盈遲縮疾同名, 盈疾縮遲異名 以八百二十乘之 以所入遲疾限下行度除之 卽爲加減差 盈遲爲加 縮疾爲減 以加減經朔弦望日及分卽定朔弦望日及分 가감차 = (영축차 ± 지질차) × 820/지질한행도
『大統曆法通軌』 (求加減差分)	視其經朔弦望 如盈遲縮疾爲同名二度相併 盈疾縮遲爲異名二度相消 餘以八百二十分乘之 得數又以其下遲疾度分而一爲加減差也 盈遲爲加 縮疾爲減 가감차 = (영축차 ± 지질차) × 820/지질한행도
『明史·大統曆志』 (推加減差)	視經朔弦望下所得盈縮差遲疾差 以盈遇遲縮遇疾爲同相遇併 盈遇疾縮遇疾爲異相較 各以八百二十分乘之爲實 再以遲疾限行度內減去八百二十分爲定限度爲法 法除實爲加減差 盈遲爲加 縮疾爲減 異名相較者盈 多於疾爲加 疾多於盈爲減 縮多於遲減 疾多於縮加 가감차 = (영축차 ± 지질차) × 820/(지질한행도 - 820)
『七政算內篇』 (求加減差)	視經朔弦望盈縮差與遲疾差 同名相從異名相消 盈遲縮疾同名 盈疾縮遲異名 以八百二十乘之以所入遲疾限下行度除之 卽爲加減差 盈遲爲加盈多疾少遲多縮少亦爲加 縮疾爲減縮多遲少疾多盈少亦爲減 가감차 = (영축차 ± 지질차) × 820/지질한행도
『交食推步法』 (加減差)	以盈縮差與遲疾差 同名相從異名相消 盈遲縮疾同名, 盈疾縮遲異名 以八百二十〇分〇八秒乘之 以限行度減去八分二十〇秒分〇八微除之 卽加減差 盈遲爲加盈多疾少遲多縮少亦爲加, 縮疾爲減縮多遲少疾多盈少亦爲減 가감차 = (영축차±지질차)×820.08분/(지질한행도-820.08분)

표 3. 역법에 기재된 가감차 계산법

『명사·대통력지』는 청대(清代)에 들어와 편찬된 것³⁸⁾으로 『대통력법통궤』 이후의 교정된 방법들도 함께 기재하고 있다. 따라서 『교식추보법』이 『칠정산내편』이 편찬된 이후에 만들어졌지만 이 역시 세종년 간에 만들어진 것이므로 명에서 『대통력법통궤』의 가감차 식에 수정을 가한 시기가 바로 조선의 세종 시기에 해당하며 이 방법이 후에 『명사·대통력지』에 기재된 것이라는 사실을 발견하게 된다.

이러한 역사적 배경을 고려하면서 입성을 이용하는 『내편교식가령』과 계산식을 이용하는 『교식추보법가령』에 의한 8월삭과 망의 영축차와 지질차, 그리고 가감차의 계산 과정을 단계적으로 살펴보고자 한다. 이를 위해서는 먼저 8월의 경삭과 경망에서 영축력에 들어선 일수와 지질력에 들어선 일수³⁹⁾가 계산되어야 하는데 8월은 천정동지로부터 10개월 후이므로 다음과 같이 계산된다.

㉠ 8월 경삭과 경망의 입영축력

정묘년 천정경삭의 입축력에서 8월 경삭까지의 총일수

= 천정경삭의 입축력 + (10×삭망월)

= 158일 4686분 79초 + 10×29일 5305분 93초 = 453일 9946일 09초

8월 경삭의 입축력 일수 = 453일 9946일 09초 - (반세주⁴⁰⁾×2)

= 453일 9946일 09초 - (182일 6212분 5×2) = 88일 5321일 09초

8월 경망의 입축력 일수 = 8월 경삭의 입축력 일수 + 망책⁴¹⁾

= 88일 5321일 09초 + 14일 7652분 96초 19 = 103일 2974분 05초 19

38) 『明史·曆志』의 실질적인 편찬 수정은 1679년부터 시작되었으며 『曆志』 초기본의 주요 작가는 吳任臣, 徐善, 劉獻延, 楊文言, 黃宗義 등으로 알려져 있다. 후에 梅文鼎이 『明史·曆志』의 중요 개정자로 참여하지만 그는 1660년부터 비로소 역법을 공부하기 시작하였다고 전한다.

39) 정묘년 8월의 경삭과 경망의 입영축력과 입지질력은 먼저 원동지로부터 천정동지를 계산하고 이로부터 천정경삭 때의 입영축력과 입전일의 일수를 계산하여 구한다.

40) 세주(歲周)가 1년의 길이인 365.2425일을 나타내므로 반세주(半歲周)=1/2세주는 반년, 즉 182.62125일이 된다.

41) 망책(望策)은 1/2삭망월을 말한다.

㉞ 8월 경삭과 경망의 입지질력

정묘년 천정경삭의 입전일에서 8월 경삭까지의 총일수

$$= \text{천정경삭의 입전일} + (10 \times \text{삭망월})$$

$$= 26\text{일 } 5575\text{분 } 29\text{초} + 10 \times 29\text{일 } 5305\text{분 } 93\text{초} = 321\text{일 } 8634\text{분 } 59\text{초}$$

$$\text{8월 경삭의 입전일 일수} = 321\text{일 } 9634\text{분 } 59\text{초} - (\text{근점월} \times 11)$$

$$= 321\text{일 } 9634\text{분 } 59\text{초} - (27\text{일 } 5546\text{분} \times 11) = 18\text{일 } 7628\text{일 } 59\text{초}$$

$$\text{8월 경망의 입전일 일수} = (\text{8월 경삭의 입전일 일수} + \text{망책}) - \text{근점월}$$

$$= 18\text{일 } 7628\text{일 } 59\text{초} + 14\text{일 } 7652\text{분 } 96\text{초}19 - 27\text{일 } 5546\text{분} = 5\text{일 } 9735\text{분 } 55\text{초}19$$

위의 계산에 따르면 8월 경삭의 입축력일은 축력이 시작되는 하지 이후 88일째 되는 날이다. 이는 축력초한과 말한의 경계일인 93.71일 이하가 되므로 축력초한이 된다. 반면 8월 경망의 입축력일은 하지 이후 103일째 되는 날로 93.71일이 넘어 축력 말한이 된다. 『수시력』에서 동지 전후 88.91일간은 영초축말의 구간으로 동지로부터 입영축력 일수를 계산하고, 하지 전후 93.71일간은 축초영말의 구간으로 하지로부터 입영축력 일수를 계산한다. 그러므로 8월 경망은 하지로부터는 103일째이나 동지로부터는 동지 전 79일째 되는 날이므로 79일이 적일이 된다. 이러한 결과에 따라 두 가령 간에 다루어진 8월 삭과 망, 각각의 영축력일과 지질력일에 대한 영축차와 지질차 계산 과정을 다음과 같이 비교해 보았다. 이 과정에서 영축차와 지질차 계산에 사용되는 영축가분과 영축적 그리고 손익분과 지질도는, 『내편교식가령』의 경우 입성에 있는 값을 찾아 사용하였고 『교식추보법가령』의 경우는 직접 계산식으로 구한 값을 사용하면서 그 계산을 함께 실었다.

㉠ 내편교식가령

8월 경삭의 영축차

$$= x(t) + \Delta(t) \cdot \delta x / 10000$$

$$= 23907\text{분 } 06\text{초 } 56 + 32\text{분 } 44\text{초 } 80 \times 5321\text{분 } 09 / 10000$$

$$= 2\text{도 } 39\text{분 } 2433$$

8월 경삭의 지질차

$$= f(n) \pm \Delta(n) \cdot \delta n / 820$$

$$= 4\text{도 } 95\text{분 } 24 + (4\text{일 } 9855\text{분 } 59 - 4\text{일 } 9204\text{분}) \times 4\text{분 } 4\text{초} 1075 / 820\text{분}$$

$$= 4\text{도 } 98\text{분 } 53\text{초 } 06$$

54 한국과학사학회지 제34권 제1호 (2012)

8월 경망의 영축차

$$\begin{aligned}
 &= x(t) + \Delta(t) \cdot \delta x/10000 \\
 &= 23670\text{분 } 99\text{초 } 91 + 63\text{분 } 40\text{초 } 09 \times 3238\text{분 } 44\text{초 } 50/10000 \\
 &= 2\text{도 } 36\text{분 } 91\text{초 } 53
 \end{aligned}$$

8월 경망의 지질차

$$\begin{aligned}
 &= f(n) \pm \Delta(n) \cdot \delta n/820.08 \\
 &= 5\text{도 } 32\text{분 } 944 + (5\text{일 } 9735\text{분 } 5519 - 5\text{일 } 9045\text{분}) \times 1\text{분 } 91\text{초 } 0575/820\text{분} \\
 &= 5\text{도 } 34\text{분 } 55\text{초 } 30
 \end{aligned}$$

㉞ 교식추보법가령

8월 경삭 영축차

$$\begin{aligned}
 &= x(t) + \Delta(t) \cdot \delta x/10000 \\
 &= 23907\text{분 } 06\text{초 } 56 + 32\text{분 } 44\text{초 } 81 \times 5321\text{분 } 09/10000 \\
 &= 2\text{도 } 39\text{분 } 24\text{초 } 33
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{영축가분}(\delta x) &= 484.8473 - 4.4281 \times t - 0.0081 \times t^2 \\
 &= 484.8473 - 4.4281 \times 88 - 0.0081 \times 88^2 \\
 &= 32.4481
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{영축적}[x(t)] &= t \times (487.0600 - 2.2100 \times t - 0.0027 \times t^2) \\
 &= 88 \times (487.0600 - 2.2100 \times 88 - 0.0027 \times 88^2) \\
 &= 23907.0656
 \end{aligned}$$

8월 경삭 지질차

$$\begin{aligned}
 &= f(n) \pm \Delta(n) \cdot \delta n/820.08 \\
 &= 4\text{도 } 95\text{분 } 24 + (4\text{일 } 9855\text{분 } 59 - 4\text{일 } 9204\text{분 } 80) \times 4\text{분 } 14\text{초 } 1075/820.08\text{분} \\
 &= 4\text{도 } 98\text{분 } 52\text{초 } 62
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{한수}(n) &= \text{지질력전분} \times 12.1939 \\
 &= 4\text{일 } 9855\text{분 } 59\text{초} \times 12.1939 = 60.7934078901 \text{ 한}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{지질력일률} &= n \times 820.08\text{분} \\
 &= 60 \times 820.08\text{분} = 4\text{일 } 9204\text{분 } 80\text{초}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{손익분}(\delta n) &= 11.081575 - 0.057175 \times n - 0.000975 \times n^2 \\
 &= 11.081575 - 0.057175 \times 60 - 0.000975 \times 60^2 \\
 &= 4\text{분 } 14\text{초 } 1705
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{지질도}[f(n)] &= n \times (11.11 - 0.0281 \times n - 0.000325 \times n^2) \\ &= 60 \times (11.11 - 0.0281 \times 60 - 0.000325 \times 60^2) \\ &= 4\text{도 } 95\text{분 } 24\text{초}\end{aligned}$$

8월 경망 영측차

$$\begin{aligned}&= x(t) + \Delta(t) \cdot \delta x / 10000 \\ &= 23670\text{분 } 99\text{초 } 91 + 63\text{분 } 40\text{초 } 09 \times 3238\text{분 } 44\text{초 } 5 / 10000 \\ &= 2\text{도 } 36\text{분 } 91\text{초 } 53\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{영측가분}(\delta x) &= 484.8473 - 4.4281 \times t - 0.0081 \times t^2 \\ &= 484.8473 - 4.4281 \times 79 - 0.0081 \times 79^2 \\ &= 63.4009\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{영측적}[x(t)] &= t \times (513.3200 - 2.4600 \times t - 0.0031 \times t^2) \\ &= 79 \times (487.0600 - 2.2100 \times 79 - 0.0027 \times 79^2) \\ &= 23670.0991\end{aligned}$$

8월 경망 지질차

$$\begin{aligned}&= f(n) \pm \Delta(n) \cdot \delta n / 820.08 \\ &= 5\text{도 } 32\text{분 } 944 + (5\text{일 } 9735\text{분 } 5519 - 5\text{일 } 9045\text{분 } 76) \times 1\text{분 } 91\text{초 } 0575 / 820.08\text{분} \\ &= 5\text{도 } 34\text{분 } 55\text{초 } 10\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{지질력한} &= \text{지질력전분} \times 12.1939 \\ &= 5\text{일 } 9735\text{분 } 5519 \times 12.1939 = 72.84093463\text{한}\end{aligned}$$

$$\text{한수}(n) = \text{지질력한의 정수부분} = 72\text{한}$$

$$\begin{aligned}\text{지질력일률} &= n \times 820.08\text{분} \\ &= 72 \times 820.08\text{분} = 5\text{일 } 9405\text{분 } 76\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{손익분}(\delta n) &= 0.000975 \times n^2 + 0.057175 \times n - 11.081575 \\ &= 0.000975 \times 72^2 + 0.057175 \times 72 - 11.081575 \\ &= 1\text{분 } 91\text{초 } 1575\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{지질도}[f(n)] &= n \times (0.000325 \times n^2 + 0.0281 \times n - 11.11) \\ &= 72 \times (0.000325 \times 72^2 + 0.0281 \times 72 - 11.11) \\ &= 5\text{도 } 32\text{분 } 94\text{초 } 4\end{aligned}$$

위의 영축차 계산에서 8월의 삭과 망은 1/2 세상한(歲象限)⁴²⁾인 하지 이후의 축력에 속하므로 모두 축차(縮差)가 된다. 그러나 지질차에서 8월삭은 근지 점으로부터의 일수 즉 입전일이 전중일(轉中日, 곧 1/2 근점월)보다 크므로 지력(遲曆)의 구간이 되고, 망은 전중일보다 작으므로 질력(疾曆)이 되어, 8월삭은 지차(遲差), 그리고 8월망은 질차(疾差)가 된다. 또한 8월삭과 망의 입전일로부터 해당일의 한수를 계산하면 각각 60한과 72한이 된다. 가감차 계산은 『내편교식가령』과 『교식추보법가령』이 서로 다르므로, 각각의 경우에 대해 위에서 구한 8월 삭과 망의 영축차와 지질차로부터 가감차를 구하면 다음과 같다.

㉑ 내편교식가령

8월삭의 가차

가감차_(내편)

$$\begin{aligned}
 &= (8월삭의 지차 - 8월삭의 축차) \times 820분 / (60한의 지질한행도) \\
 &= (4도 98분 5306 - 2도 39분 2433) \times 820분 / (1도 05분 49초) \\
 &= 2015분 5
 \end{aligned}$$

8월망의 감차

가감차_(내편)

$$\begin{aligned}
 &= (8월망의 질차 + 8월망의 축차) \times 820분 / (72한의 지질한행도) \\
 &= (5도 34분 5530 + 2도 36분 9153) \times 820분 / (1도 11분 54초) \\
 &= 5671분 5439
 \end{aligned}$$

㉒ 교식추보법가령

8월삭의 가차

가감차_(추보)

$$\begin{aligned}
 &= (8월삭의 지차 - 8월삭의 축차) \times 820.08분 / (60한의 지질한행도 - 820.08분) \\
 &= (4도 98분 5262 - 2도 39분 2433) \times 820.08분 / (1도 05분 49 - 820.08분) \\
 &= 2185분 5
 \end{aligned}$$

42) 세상한(歲象限)은 태양이 하늘을 일주하는 각도 365도 2425분의 1/4 상한(象限), 즉 91도 31분 06초를 말한다. 칠정산내편에서는 태양이 하루에 1도(=10,000분)를 간다고 생각하여 태양이 하늘을 한 바퀴 돌아 1년이 지났을 때 365도 2425분을 움직인다고 보았다.

8월 망의 감차

가감차_(추보)

$$\begin{aligned}
 &= (8월망의 질차+8월망의 축차) \times 820.08분 / (72한의 지질한행도 - 820.08분) \\
 &= (5도 34분 5510 + 2도 36분 9153) \times 820.08분 / (1도 11분 5446 - 820.08분) \\
 &= 6121분 93
 \end{aligned}$$

따라서 위에서 계산된 『내편교식가령』과 『교식추보법가령』의 영축차와 지질차 그리고 가감차의 결과들을 정리해 보면 다음과 같다.

방법		내편교식가령	교식추보법가령
정묘년 8월삭	영축차	2.392433도	2.392433도
	지질차	4.985306도	4.985262도
	가감차	2015분 50	2185분 50
정묘년 8월망	영축차	2.369153도	2.369153도
	지질차	5.345530도	5.345510도
	가감차	5671분 5439	6121분 93

표 4. 영축차, 지질차, 가감차 계산의 결과 비교

<표 4>에 따르면 계산식이 같은 영축차의 경우, 입성을 사용한 『내편교식가령』이나 평립정 3차의 계산식을 이용한 『교식추보법가령』 모두 8월삭과 망에서 모두 그 결과가 같게 나타난다.⁴³⁾ 다만 지질차의 경우, 『교식추보법가령』에서 태양의 한행분을 820분이 아닌 820.08분을 사용함으로써 8월삭에서 44초 그리고 8월망에서 20초의 차가 난다. 그러나 가감차 계산에서 달의 태양에 대한 상대속도를 고려한 『교식추보법가령』은 『내편교식가령』과 8월삭에서 170분 그리고 8월망에서 약 450분의 차이가 나는 것을 주목하게 된다. 이는 두 가령 간의 차이가 결국 영축차나 지질차보다 가감차 계산 때문에 생긴다는 것을 분명히 보여주고 있다.

43) 평립정 3차의 보간법으로 계산한 결과가 입성에 기록되어진 것이므로 입성을 이용할 때와 계산식을 사용할 때 그 결과는 같아야 한다.

2) 정묘년 8월의 정삭과 정망의 계산

정묘년 8월은 일식과 월식이 같은 해 같은 달에 일어나는 특별한 경우에 해당된다. 이와 같이 같은 해 같은 달에 일월식이 함께 일어나는 경우에는, 계산에 필요한 상수나 응수 값들이 대부분 같으므로 일월식의 복잡한 계산 과정을 쉽게 비교해 볼 수 있다. 이런 이점 때문에 정묘년 8월의 일월식을 대상으로 『칠정산내편』뿐만 아니라 『칠정산외편』과 『중수대명력』에 의한 가령도 함께 편찬된 것이라 생각한다. 정삭과 정망은 경삭과 경망에 가감차를 반영한 것이므로, 위에서 구한 8월 경삭의 가차와 경망의 감차를 넣어 계산하면 다음과 같다.

$$8월\ 정삭(定朔) = 8월\ 경삭(經朔) + 가차$$

$$8월\ 정망(定望) = 8월\ 경망(經望) - 감차$$

㉠ 내편교식가령

$$\begin{aligned} 8월\ 정삭의\ 전분 &= 8월\ 경삭의\ 전분 + 가차 \\ &= 56일\ 4683분\ 59초 + 2015분\ 50초 \\ &= 56일\ 6699분\ 09초 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8월\ 정망의\ 전분 &= 8월\ 경망의\ 전분 - 감차 \\ &= 11일\ 2336분\ 55초\ 5 - 5671분\ 53초 \\ &= 10일\ 6665분\ 01초\ 5 \end{aligned}$$

㉡ 교식추보법가령

$$\begin{aligned} 8월\ 정삭의\ 전분 &= 8월\ 경삭의\ 전분 + 가차 \\ &= 56일\ 4683분\ 59초 + 2185분\ 50초 \\ &= 56일\ 6869분\ 09초 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8월\ 정망의\ 전분 &= 8월\ 경망의\ 전분 - 감차 \\ &= 11일\ 2336분\ 55초\ 5 - 6121분\ 93초 \\ &= 10일\ 6214분\ 625 \end{aligned}$$

정삭과 정망의 계산은 일식과 월식이 일어나는 시각의 계산과 직접적으로 연관되는 값이다. 그런데 위에 계산된 정삭망 값은 『수시력』 제작시 북경의

동지시각을 기준으로 정한 기응(氣應)⁴⁴⁾과 윤응(閏應)⁴⁵⁾으로부터 계산하였다. 그러므로 두 가령의 정삭망 시각을 검증하기 위해, 위에 계산된 정삭과 정망의 전분(全分)을 현재 시(時)로 고치고 이를 각각 현대 계산법에 의한 북경과 한양의 정삭망 시각⁴⁶⁾과 함께 비교해 보았다.

시각/계산법	내편교식가령 (오차)	교식추보법가령 (오차)	현대계산법 (관측지)
정삭	16h 04m 40s (- 52m 11s) (- 09m 35s)	16h 29m 09 (- 29m 30s) (+ 14m 54s)	16h 56m 51s(한양) 16h 14m 15s(북경)
정망	15h 59m 46s (- 54m 20s) (- 10m 16s)	14h 55m 30s (- 1h 58m 56s) (- 1h 14m 32s)	16h 52m 37s(한양) 16h 10m 02s(북경)

표 5. 정묘년 8월의 정삭과 정망의 시각 비교

위의 <표 5>에 나타난 결과들은 『내편교식가령』과 『교식추보법가령』에 계산된 정삭망 시각이 모두 한양보다는 북경의 값에 가까운 것을 나타내고 있다. 이들을 보다 자세히 비교해 보면 『내편교식가령』의 경우 정삭과 정망의 시각 오차가 한양에서는 약 52분과 약 54분이 되고 북경에서는 1각 이내의 오차 범위인 9분 35초와 10분 12초가 된다. 그리고 『교식추보법가령』의 경우는 정삭과 정망의 시각 오차가 한양에서는 29분 30초와 1시간 58분 59초, 그리고 북경에서는 14분 52초와 1시간 14분 32초가 되어 역시 관측자의 위치가 북경일 때 오차가 적게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과로 보면 두 가령 모두 한양이 아닌 북경의 정삭망 시각을 계산한 결과가 된다. 또한 정삭의 계산에서 『칠정산내편』보다 조금 더 개선된 결과를 가져온 『교식추보법』의 관측지가 한양이라고 가정해도, 정망의 경우는 그와 반대의 결과가 나왔을 뿐만 아니라 그 오차가 거의 두 시간 가량이나 되고, 북경의 위치에 따른 정망의 시각으로 비교한다 해도 1시간 이상의 오차가 나므로 결국 『교식추보법』에 실린 정망의 계산은 문제가 있다는 결론을 얻게 된다.

44) 수시력의 역원이 되는 해(1281년)의 바로 전 동지, 즉 원동지(元冬至) 시각과 그 직전 갑자일 자정간의 길이를 말한다.

45) 수시력의 원동지(元冬至) 시각과 그 직전 삭(朔) 사이의 길이를 말한다.

46) 현대 계산법에 따르는 정·삭망의 계산은 개인 교신을 통해 안영숙(2005)이 개발한 프로그램을 사용하였다.

그러나 위의 비교는 1447년 8월의 정삭과 정망에 국한된 비교이므로 같은 계산법으로 구한 다른 예들도 함께 검토해 볼 필요가 있다. 『교식추보법』에 의한 결과는 정묘년 8월의 가령 외에 그 계산 예를 찾아볼 수 없으나, 이순지와 김담이 교정 편찬한 『교식통궐』에는 “수시력각년교식(授時曆各年交式)”⁴⁷⁾이라는 일월식 계산 예들이 책의 말미에 실려 있어 『교식통궐』을 따르고 있는 『내편교식가령』의 정삭망 계산 결과와 비교할 수 있다. “수시력각년교식”은 선덕(宣德) 5년(1430년) 12월의 월식부터 정통(正統) 9년(1444) 5월의 월식까지 총 8번의 월식과 선덕 10년(1435) 11월의 일식 계산 결과를 수록하고 있다. 이 계산 예에는 일월식 추보에 필요한 중간 과정 값들을 모두 나타낸 경우도 있지만 간단히 식분(食分)과 식이 시작되는 초휴와 식심 및 식이 끝나는 복원의 시각만 기재한 경우도 있다. 따라서 <표 6>에서는 “수시력각년교식”에 정삭망 값들이 함께 기재된 경우를 찾아서 현대 계산 결과⁴⁸⁾와 비교해 보았다. 당시 명의 수도는 남경이었으나 “수시력각년교식” 역시 북경에서 관측된 기응과 윤응 값을 그대로 사용하고 있으므로 이를 검증하기 위해 그 결과 값들을 각각 북경과 남경에서 관측되는 정삭망 시각과 함께 비교하였다.

<표 6>을 살펴보면 “수시력각년교식”에 기재된 정삭망의 시각은 남경일 경우 약 2분에서 35분 사이의 오차를 보이는 반면 북경일 경우는 약 1분에서 약 27분 사이의 오차를 보이면서 선덕 6년을 제외하고는 모두 남경보다 오차의 폭이 작은 것을 볼 수 있다. 이것은 “수시력각년교식”의 정삭망 시각 역시 남경보다는 북경의 시각에 더 가깝다는 결과로서 결국 남경에 있던 명나라 역관이나 한양에 있던 조선의 역관들이 경도 보정을 하지 않은 채 그대로 정삭망 시각을 계산했다는 증거가 된다. 남경은 북경과 약 2도 정도의 경도차가 나므로 정삭망 시각의 차가 크게 나지 않지만 한양은 북경과 10도 이상의 경도차가 나므로 이를 보정해 주지 않을 경우 북경과 40분 이상의

47) 중국 국가도서관에 소장되어 있는 『교식통궐』 필사본에는 조선에서 간행된 『교식통궐』과 달리 “수시력각년교식(授時曆各年交食)”의 항목이 없다. 따라서 “수시력각년교식”은 이순지와 김담이 중국에서 들어온 『교식통궐』을 교정·편찬하는 과정에서 새로 계산하여 첨가한 것으로 보인다.

48) 수시력각년교식에 기재된 일출입분(日出入分)은 남경(南京)의 값이나 정삭망 계산에 사용된 기응과 윤응은 북경에서 관측된 값이므로 현대의 계산에 남경과 북경의 위치를 고려한 정삭망 계산을 하였다.

차가 난다. 그럼에도 위의 두 가령은 이를 간과한 채 북경에서 관측된 기응을 그대로 사용하여 계산한 것이 드러난다.

기록일	기록의 양력일	정삭망 시각	현대 결과 (북경) (오차)	현대 결과 (남경) (오차)
宣德 5年 閏 12月 定望	1431. 01. 28	22 ^h 04 ^m 41 ^s	22 ^h 05 ^m 29 ^s (-00 ^m 48 ^s)	22 ^h 13 ^m 53 ^s (-09 ^m 12 ^s)
宣德 6年 12月 定望	1432. 01. 18	00 ^h 23 ^m 46 ^s	00 ^h 13 ^m 26 ^s (+10 ^m 20 ^s)	00 ^h 21 ^m 50 ^s (-01 ^m 56 ^s)
宣德 10年 04月 15日 定望	1435. 05. 12	17 ^h 54 ^m 03 ^s	17 ^h 51 ^m 48 ^s (+02 ^m 15 ^s)	18 ^h 00 ^m 12 ^s (-06 ^m 09 ^s)
宣德 10年 11月 01日 定朔	1435. 11. 20	12 ^h 53 ^m 53 ^s	13 ^h 07 ^m 14 ^s (-14 ^m 39 ^s)	13 ^h 15 ^m 38 ^s (-21 ^m 45 ^s)
正統 6年 06月 16日 定望	1441. 07. 04	16 ^h 54 ^m 05 ^s	17 ^h 20 ^m 42 ^s (-26 ^m 37 ^s)	17 ^h 29 ^m 06 ^s (-35 ^m 01 ^s)

표 6. 수시력각년교식(授時曆各年交式)의 정·삭망 기록과 현대 계산 값의 비교

위와 같이 『내편교식가령』과 “수시력각년교식”의 기록을 이용하여 1431년과 1447년 사이 『교식통궤』의 방법으로 계산한 시각을 비교해 본 결과, 계산에 사용된 관측 값은 북경으로 드러났고 관측지가 북경일 경우, 정통 6년(1441)을 제외하고는 오차의 범위가 대체로 1각 이내인 것으로 나타났다. 이는 1384년 원통(元統)이 편찬한 『교식통궤』의 정삭망 후보가 이 기간까지는 비교적 정확했던 것을 말해준다. 그럼에도 『교식통궤』 이후에 명에서 가감차의 식을 달리하여 정삭망 시각이 달라지는 새로운 계산 방법이 다시 나왔고 이것이 조선에 전해져 『교식추보법』이 만들어졌다. 그러나 『교식추보법』에 의한 정묘년 8월의 정망 계산 결과는 『교식통궤』보다 오히려 오차가 훨씬 더 큰 것으로 나타나 후에 이 방법이 계속 사용되었는지 의문이 생긴

다. 정삭망 시각의 오차는 일월식 계산의 오차와 직접 연관이 되므로 정삭망 계산에 이어 두 가령에 계산된 일월식 계산 결과에 어떠한 차이점이 있는지 알아보고자 한다.

이와 관련하여 이량(李亮) 등⁴⁹⁾이 계산한 『수시력』과 『대통력법통궐』에 의한 일월식 계산과 그 오차의 분포를 보면 역원에서 멀어질수록 오차가 더욱 커졌으며 식심의 최대 오차가 『수시력』의 경우는 약 90분 정도 그리고 『대통력법통궐』의 경우는 약 60분 정도에 이르는 경우도 종종 있었음을 알 수 있다. 그리고 김동빈⁵⁰⁾의 연구에서도 『수시력』이나 『대통력법통궐』보다 정확한 예보를 했던 것으로 알려진 『칠정산외편』 역시 정삭 계산의 오차가 3각(43.2분)을 초과하는 경우가 많았으며 최대 오차가 55분에 이르렀다는 사실을 밝히고 있다. 이러한 결과들로부터 볼 때 조선에서 도입한 중국의 역법들은 모두 정삭망 계산에 오차를 포함하고 있었으며 이를 근본적으로 해결하지 못한 상황이었음을 짐작할 수 있다. 정삭과 정망의 시각은 일월식 예보의 정확성과 직결되는 값이므로 교식추보에서 가장 중요한 부분이다. 따라서 일월식 계산 오차의 가장 중요한 변수가 정삭망 계산이었음을 알 수 있다.

4. 일월식 계산의 결과 비교

『칠정산내편』과 『교식추보법』 가령의 일월식 계산을 비교하기 위하여 『칠정산외편』과 현대 계산의 결과⁵¹⁾를 함께 비교해 보았다. 일식의 경우는 초휴와 식심 및 복원에 대해서 그리고 월식의 경우는 이들 시각 외에 달이 지구 그림자 안으로 들어가 개기식이 시작되는 식기와 그림자 밖으로 나오기 시작하는 생광의 시각을 함께 비교하였고 비교를 쉽게 하기 위하여 『교식가령』과 『교식추보법』에 기재된 일본⁵²⁾의 시각을 현대시로 고쳐 사용하

49) 李亮, 呂凌峰, 石雲里, “從交食算法的差異看大統曆的編成與使用” 『中國科技史雜誌』 31卷 4號 (科學出版社, 北京, 2010), 421-422쪽.

50) 김동빈, “칠정산외편의 일식과 일출입 계산의 전산화” (충북대학교 석사학위 논문, 2009), 103-104쪽, 121-122쪽.

51) 일월식의 현대 계산 값은 정·삭망 계산에 사용되었던 안영숙(2005)의 프로그램 결과를 사용하였다. 이 프로그램을 사용한 결과는 2011년 12월 10일에 일어난 개기월식의 관측을 통하여 초휴에서 생광까지의 각 단계에서 그 정확도가 검증되었다.

였다. 그리고 앞서 두 가령에 계산된 정묘년 8월의 정삭망 시각이 북경의 값에 가깝게 나타남에 따라 일식과 월식의 경우도 각각 북경과 한양에서의 현대 계산 결과와 함께 비교해 보았다.

	내편교식가령 (오차)	교식추보법가령 (오차)	칠정산외편 (오차)	현대계산법 (관측지)
初虧	16h 06m 40s (- 43m 41s) (+ 07m 38s)	16h 33m 56s (- 16m 25s) (+ 34m 34s)	16h 50m 27s (- 06s) (- 51m 00s)	16h 50m 21s(한양) 15h 59m 22s(북경)
食甚	17h 28m 48s (- 24m 22s) (+ 20m 57s)	17h 56m 56s (+ 02m 18s) (+ 49m 05s)	17h 53m 10s (- 01m 28s) (- 46m 19s)	17h 54m 38s(한양) 17h 07m 51s(북경)
復元	18h 50m 55s (- 01m 31s) (+ 41m 06s)	19h 19m 55s (+ 27m 29s) (+ 1h 10m 06s)	18h 55m 53s (+ 03m 27s) (- 46m 04s)	18h 52m 26s(한양) 18h 09m 49s(북경)

표 7. 정묘년 8월의 일식 계산 비교

	내편교식가령 (오차)	교식추보법가령 (오차)	칠정산외편 (오차)	현대계산법 (관측지)
初虧	14h 33m 53s (- 25m 18s) (+ 17m 18s)	13h 29m 42s (- 1h 29m 29s) (- 0h 46m 53s)	15h 34m 45s (+ 35m 34s) (+ 1h 18m 10s)	14h 59m 11s(한양) 14h 16m 35s(북경)
食既	15h 46m 19s (- 17m 55s) (+ 24m 41s)	14h 42m 06s (- 1h 22m 08s) (- 0h 39m 32s)	16h 47m 38s (+ 43m 24s) (+ 1h 26m 00s)	16h 04m 14s(한양) 15h 21m 38s(북경)
食甚	16h 11m 46s (- 32m 41s) (+ 09m 55s)	15h 07m 33s (- 1h 36m 54s) (- 0h 54m 18s)	17h 29m 54s (+ 45m 27s) (+ 1h 28m 03s)	16h 44m 27s(한양) 16h 01m 51s(북경)
生光	16h 37m 13s (- 47m 26s) (- 04m 50s)	15h 33m 00s (- 1h 51m 09s) (- 1h 09m 03s)	18h 12m 10s (+ 48m 31s) (+ 1h 30m 07s)	17h 24m 39s(한양) 16h 42m 03s(북경)
復元	17h 49m 38s (- 40m 04s) (+ 02m 32s)	16h 45m 25s (- 1h 44m 17s) (- 1h 01m 41s)	19h 25m 03s (+ 55m 21s) (+ 1h 37m 57s)	18h 29m 42s(한양) 17h 47m 06s(북경)

표 8. 정묘년 8월의 월식 계산 비교

<표 7>과 <표 8>을 살펴보면 『교식추보법가령』에서 후보한 일식의 경우를 제외하고 『내편교식가령』이나 『교식추보법가령』 모두 관측지가 북경일 때 오차가 적게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이에 반해 『칠정산외편』의 경우는 관측자의 위치가 한양일 때 훨씬 더 정확하게 나타나는데 이는 『칠정산외편』이 한양의 위치에 맞추어 경도 보정을 했다는 증거로 보인다. 김동빈⁵³⁾의 연구에 따르면 『칠정산외편』이 『회회력』의 입성을 그대로 사용하였으나 실제 계산에서는 『회회력』의 태음입성에 기재된 태음중심행도의 값을 14분 작게 조정함으로써 한양과 남경의 경도차에 따르는 달의 황경 증가분을 보정하였고 이에 따라 지방시 문제를 해결하였다고 말하고 있다. 그렇다면 『칠정산외편』의 편찬을 맡았던 이순지와 김담이 『칠정산내편』의 편찬자이기도 하므로 『칠정산외편』에서 고려한 경도 보정을 『칠정산내편』에서는 간과했다는 것이 이해되지 않는다. 그러나 정삭망의 시각을 북경의 기용 값으로 계산하였으되 역서에는 따로 경도차 보정을 거쳐 한양의 값으로 기록했다면 이러한 문제는 해결이 된다. 지금은 당시의 역서를 찾아 볼 수 없어 이와 같은 사실을 확인하기 어려우나 실록에 전하는 세종 30년(1448)년의 다음 기사⁵⁴⁾는 조선에서 간행된 역서에 경도 보정을 했을 가능성을 시사하고 있다.

서운관에서 아뢰기를 지금 무진년 정월과 10월의 상현(上弦)이 명나라 역서는 초 8일이고 본국 역서는 초 7일로 되었는데 명나라 역서는 통궤(通軌)의 해 돋는 시각을 기준으로 한 것이고 본국 역서는 내편의 해 돋는 시각을 기준으로 한 것이오니

위의 내용들을 분석해 볼 때 두 가령에 기재된 정삭망과 그에 따른 일월식 계산의 결과는 모두 북경의 기용 값을 기준으로 한 것이며, 가감차 계산에 수정을 가한 『교식추보법가령』은 일식과 월식에서 모두 『내편교식가령』보다 오차가 더 크게 나타나고 있고⁵⁵⁾, 월식의 경우는 실제와 1시간 가량의 차이까지 보이므로 결국 오차를 근본적으로 개선한 것이 아니라는 사실이

53) 김동빈, “칠정산외편의 일식과 일출입 계산의 전산화”, 123-124쪽.

54) 『世宗實錄』 卷119, 世宗 30年 1月 己亥.

55) 북경의 기용 값을 사용하였으므로 한양이 아닌 북경이 관측지가 되었을 때의 오차를 말한다.

드러난다. 따라서 『교식추보법가령』이 『내편교식가령』에 이어 실제 일월식 예보에 사용된 것인지에 대해서는 앞으로 여러 가지 기록과 자료에 의한 후속 검증이 필요하다.⁵⁶⁾

5. 맺는말

『칠정산내편』은 『수시력경』과 명에서 새로이 입수한 『대통력법통궤』의 여섯 통궤본을 차례로 연구 교정하여 편찬한 역법서이다. 『칠정산내편』이 나온 후 이 역법서에 실린 추보의 방법에 따라 정묘년(1447) 8월의 일월식 계산 예를 만들고, 이를 정리하여 『칠정산내편정묘년교식가령』으로 편찬하였다. 이렇게 『칠정산내편』에 의한 교식가령이 편찬되었음에도 불구하고 동일한 정묘년 8월의 일월식을 계산 예로 하는 『교식추보법가령』이 세조 때 다시 간행되었다. 『교식추보법가령』은 그 서문에 세종 때 세운 『교식추보법』에 가령과 주해를 붙인 책이라고 밝혔으므로, 『칠정산내편』이 나온 이후에도 일월식 계산에 대한 연구가 세종 당대에 계속되었다는 사실을 알 수 있다.

그리고 각 역법간의 비교 연구를 통하여 해와 달의 부등운동을 처리하기 위한 가감차 계산에서 『칠정산내편』은 입성을 사용하는 『대통력법통궤』를 따르는 반면, 『교식추보법』은 계산식을 사용하되 『대통력법통궤』 이후 명에서 새로 개정한 방법을 따르는 사실이 발견되었다. 이는 세조 때 간행한 『교식추보법가령』이 세조 때 만들어진 『교식추보법』의 계산식을 그대로 따랐다고 볼 수 있으므로, 명에서 『대통력법통궤』에 의한 가감차 식에 수정을 가한 시기가 조선의 세종시기에 해당하며, 이것이 다시 조선에 전해진 것임을

56) 李亮 등은 『원사·수시력경』과 『대통력법통궤』 그리고 『명사·대통력지』에 실린 교식 계산 방법으로 각각에 대한 프로그램을 만들고 이에 대한 계산을 하였다. 그 결과 각기 다른 교식추산의 정확도를 얻어냈으며 이들 삼자간의 교식추산이 모두 후천(後天) 추세가 존재한다는 사실을 발견하였다. 또한 이들의 결과와 여러 문헌을 비교 검증한 결과 명나라에서 실제 사용된 역법이 『대통력법통궤』이며 정사(正史)에 기록된 『대통력』이 아니라고 보았다. 李亮 등, 앞의 논문, 414쪽-431쪽. 따라서 명에서 정삭(正朔)을 받는 입장인 조선에서도 실제로는 중국과 마찬가지로 『대통력법통궤』에 의한 교식 방법을 따랐을 것으로 보인다. 그러나 이에 대해서는 좀 더 구체적인 자료 조사와 연구가 이를 뒷받침해야 할 것으로 생각된다.

집작할 수 있다.

이 외에도 『교식추보법』은 평립정 3차의 식을 이용하여 영축차와 지질차를 구하는 초차법에서 『수시력』과는 다른 근사식을 사용하고 있고, 일월식 추보에 필요한 각종 계산들을 입성 없이 할 수 있는 방법을 제시하는 등 다른 역법들과는 차별화 된 내용을 담고 있다. 그리고 무엇보다도 『칠정산내편』이 간행된 정통 9년의 갑자년(1444)을 역원(曆元)⁵⁷⁾으로 명시하고 용수목록(用數目錄)에 갑자 응수(應數)를 싣고 있는 점은 특히 주목되는 내용으로 『교식추보법』이 새롭게 조명되어야 할 부분으로 평가된다. 이는 『칠정산내편』에서 직접 드러내지 못한 세종 갑자 역원을 분명히 명시하고 있는 내용으로 당시 중국의 정삭(定朔)을 받고 있는 조선의 입장으로서 가능한 일이 아니었다. 그러나 실제 『칠정산내편』이 편찬된 이후 내부적으로는 매년 중국과 별개의 역서를 발행하고 있었다.⁵⁸⁾ 이는 조선이 겉으로는 명에 대한 사대(事大)를 하고 있었으나 그것은 실리주의 외교에 따른 형식상의 예의였을 뿐 실제적 입장은 그렇지 않았음을 보여주는 분명한 예로 보인다.

이러한 전후 사정으로 보아 『칠정산내편』이 완성된 이후, 새로 개정된 교식 추산법이 중국으로부터 들어왔고, 또 입성 없이도 정확하게 간단하게 계산하는 방법을 알아낸 세종은 이들을 정리하여 『교식추보법』에 소개하면서 조선의 역법임을 분명히 알리는 새로운 역원의 갑자 응수를 제시하였고, 계산에 필요한 산송(算誦)⁵⁹⁾도 함께 완성했던 것이다. 하지만 이에 대한 가령이 미처 완성되지 못한 상태에서 세종이 일찍 세상을 떠나자 훗날 이를 귀히 여긴 세조가 가령과 주해를 덧붙여 모든 사람들이 알 수 있는 지남서(指南書)로 만들도록 하였으니 이것이 바로 『교식추보법가령』이 된 것이다.

그러나 앞서 살펴본 바와 같이 『수시력』과 이를 개정한 『대통력법통궤』에 의한 일월식 계산은 어떤 때에는 정확하게 맞는 반면 또 어떤 때에는 맞

57) “交食推步法 假令 上, ‘正統九年歲次甲子爲元’” 李純之, 金石梯, 『交食推步法-한국과 학기술사대계 천문학편』. 『칠정산내편』은 『수시력』을 따라 지원(至元) 18년(1281)을 역원으로 취하고 있으나 실제 계산에는 지원 18년의 응수를 모두 정통(正統) 갑자년(1444)의 응수로 고쳐 사용하고 있다. 이에 『교식추보법』은 아예 역원이 정통 갑자년 임을 명시하고 용수목록에 갑자응수 값들을 기록하고 있다.

58) 『世宗實錄』 卷101, 世宗 25年 7月 紀末.

59) 『교식추보법가령』에서 서문 뒤에 소개되는 산학발몽(算學發蒙)을 말한다. 계산에 필요한 중요한 산법을 노래 형식의 7언시로 엮어 놓았으므로 서문의 설명에서 이를 산송(算誦)이라 언급하였다.

지 않는 일이 자주 일어났다. 그리고 같은 계산법이라도 일식의 경우는 맞고 월식의 경우는 오차가 크게 발생하거나 이와 반대의 경우도 종종 발생하였다. 이처럼 일월식의 추보 결과가 자주 큰 오차를 드러냄에 따라 이를 처리하기 위한 노력이 부단히 이어졌다. 즉 『수시력』에 의한 일월식 계산이 역원(曆元)과 멀어짐에 따라 오차가 커지는 일이 빈번해지자 명에서는 이를 해결하기 위해 『수시력』의 방법에 약간의 수정을 가한 『대통력법통계』의 방법을 사용하였다. 그러나 이 방법 또한 오차의 문제를 근본적으로 해결한 것이 아니기 때문에 다시 가감차 계산에 수정을 가한 새로운 방법이 나왔으며, 그 흔적이 조선의 『교식추보법가령』에 남겨진 것이다. 그럼에도 그 이후 일월식의 오차 문제는 끝내 해결되지 못한 채 시간이 지날수록 그 폭은 더욱 커져만 갔다. 이러한 이유로 명나라 말기에는 『대통력』의 월식 계산에 시차(時差)를 빼 버리는 선택을 하기도 하는데⁶⁰⁾ 이러한 과정들은 모두 일월식 오차 문제를 해결하기 위한 역관들의 노력에서 나온 결과였다. 즉 원나라의 『수시력』과 명나라의 『대통력』에서 사용한 일월식의 계산 방법은 한 가지의 일관된 방법이 아니었으며 계속 후천(後天) 추세⁶¹⁾를 보이는 오차를 해결하기 위해 응수⁶²⁾를 조정⁶³⁾하고 계산법을 고치는 등, 여러 번에 걸쳐 수정되고 보완되는 개정의 과정을 거쳤던 것이다.

『수시력』과 『대통력』 그리고 『대통력법통계』를 따르고 있는 『칠정산내편』에서 다른 일월식 계산과 그 차이를 비교해 보면, 정삭과 정망을 구할 때 사용되는 가감차와 시차의 계산 그리고 월식의 진행 시각을 구하기 위한 월식의 정용분과 기내분의 계산 및 계산에 사용된 상수 값들이 조금씩 다른 것

60) 『明史·曆志』에는 월식 시차법을 포기하고 정망의 시각을 식심으로 했다. 월식 시차를 포기하면 월식의 식심시각이 1각 정도 앞당겨지기 때문에 명나라 말기에 이르러 누적된 평균 1각 정도의 후천(後天) 오차를 상쇄하는 효과가 있었다. 李亮 등, “從交食算法的差異看大統曆的編成與使用”, 422쪽.

61) 계산된 예측치가 식이 일어나는 실제 시각 보다 늦은 추세.

62) 응수(應數)란 역원(曆元)에 준하는 천문 상수로, 역원이 알려져 있지 않을 때 응수를 참고로 하면 역원을 계산할 수 있다. 칠정산내편(七政算內篇)과 수시력(授時曆) 그리고 대통력(大統曆)에 기록된 응수에는 해와 달의 위치와 관련된 기응(氣應), 운응(閏應), 전응(轉應), 교응(交應), 주응(周應)의 다섯 응(應)과 오행성(五行星)의 위치와 관련된 합응(合應)과 역응(曆應)을 합쳐 모두 7응이 있다.

63) 응수의 조정과 관련된 기록은 『明史·曆志』와 『明史稿·曆志』 그리고 魏文魁의 『曆測』과 邢云路의 『古今律曆考』 등에 전한다. 李亮 등, “從交食算法的差異看大統曆的編成與使用”, 424-426쪽.

을 확인할 수 있다.⁶⁴⁾ 이는 일월식의 오차 문제를 계산법과 상수 값 등의 변경을 통해 개선해 보고자 한 것을 나타낸다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 일월식의 예보가 정확할 수 없었던 근본적인 원인은 정삭과 정망의 시각이 정확하지 않았기 때문이며 이는 결국 정삭과 정망을 구할 때 사용되는 가감차 계산에 문제가 있음이 드러났다.

가감차 계산은 태양과 달의 부등운동에 의한 영축차와 지질차를 서로 가감하여 구하는 것이므로 이는 영축차와 지질차를 구할 때 사용하는 계산의 기점과 입성의 문제로 이어진다. 영축차의 계산 기점은 태양의 근일점과 원일점이고 지질차의 계산 기점은 달의 근지점과 원지점이다. 『수시력』 제정 당시 근일점은 동지점과 그리고 원일점은 하지점과 거의 일치하여 동지와 하지를 기준으로 한 전후 대칭의 영축력 입성을 제작하였다. 그리고 달의 부등운동에 대해서는 『수시력』 제정 당시 달의 근지점을 관측하여 이를 기점으로 서로 대칭이 되는 지질차의 입성을 일수(日數)와 한수(限數)에 대해 각각 제작하였다. 이들의 위치는 고정되어 있는 것이 아니기 때문에 역원과 멀어지게 되면 관측에 의해 보정해 주거나 새로운 입성을 만들어 사용해야 했다. 즉 기점이 달라지면 이전 기점에 대한 전후 대칭의 관계가 성립하지 않기 때문에 관측에 의해 새로운 기점을 사용해야 했다. 그러나 『수시력』과 『수시력』 이후의 역법들은 역원과 떨어진 후대에도 『수시력』 제정 당시의 기공과 입성을 그대로 사용하면서 관측에 의한 보정을 제대로 하지 않았고, 황백교점과 근지점 계산에 쓰이는 전공과 교공의 계산 기점을 세차에 따라 변화하는 동지점으로 고정하고 있었다. 명의 『대통력』과 조선의 『칠정산내편』을 사용하던 시기는 이미 근일점이 동지점으로부터 벗어난 시기였다.⁶⁵⁾ 그리고 황도와 백도의 교점은 천구상에서 약 18.6년의 주기로 이동하고 근지점의 위치는 약 8.85년의 주기로 이동하기 때문에 이들의 위치 변화를 실측으로 보정해 주지 않을 경우 관측과 예보 시각 사이에는 당연히 차이가 나게 되어 있다.⁶⁶⁾

64) 이은희, 『칠정산내편의 연구』, 327-331쪽.

65) 세차운동에 의한 춘분점의 서행(西行)과 장동(nutation)에 의한 근일점의 동행(東行)을 고려하면 1회귀년 동안 근일점이 이동한 변화량은 0.01715°/회귀년이 된다. 유경로 등 역주, 『칠정산내편』, 24-25쪽.

66) 『수시력』에서 달의 근지점과 황백교점의 위치 계산은 역원이 되는 해의 동지, 즉 원동지(元冬至) 바로 직전 달의 근지점과 황백교점을 기점으로 잡는다. 이 기점으로부터

『수시력』이 중국 역사상 가장 좋은 역법이라고 평가 받을 수 있었던 가장 큰 요인은 옛 역법들과 달리 적년일법(積年日法)을 버리고 응수를 취하는 등 역 계산에 필요한 모든 값들을 직접 관측하여 새로이 정한 점이었다. 그러나 이렇게 정한 관측 값들도 세월에 따라 변화하므로 계산에 필요한 값들을 수시로 관측하여 교정해 주어야 했다. 그럼에도 후대의 역관들은 이러한 점을 간과한 채 오차의 문제를 다른 곳에서 풀어보려고 애를 썼다. 따라서 실측한 데이터에 기초한다는 수시력의 최대 장점이 후에는 결국 오차의 직접적 원인이 되어 일월식 계산의 최대 결림돌이 되고 말았다.

이렇듯 관측의 중요성을 잘 이해하지 못하고 일월식 계산의 오차가 어떤 원인에서 비롯된 것인지 정확히 파악하지 못한 채, 단지 일월식의 계산식과 계산에 사용되는 상수 값들의 변경을 통하여 오차를 줄여 보려 했던 것이다. 그렇지만 이는 오차를 근본적으로 해결하는 방법이 아니었으므로 명나라 말기에 이르러 『대통력』에 의한 오차는 더욱 심해졌고 일월식의 예보를 전적으로 『회회력(回回曆)』에 의지하게 되었다. 여러 차례 개력에 대한 논의가 있었으나 순치(順治) 원년(1644) 8월에 있던 일식의 예보 때에 『대통력』과 『회회력』 모두가 틀리고 서양의 역법만이 적중하자 이것이 직접적인 동기가 되어 옛날부터 사용해 오던 중국 고유의 역법을 폐하고 1645년 서양의 역법인 『시헌력(時憲曆)』으로 개력하게 되었다.⁶⁷⁾ 이에 따라 조선에서는 내편으로 추보한 일월식의 예보뿐만 아니라 절기의 시각과 윤월의 위치 등이 『시헌력』과 맞지 않는 일이 종종 일어났으므로 효종 4년(1653)부터 드디어 『시헌력』을 사용하게 되었다.

원동지까지의 거리가 전응(轉應)과 교응(交應)이며 구하고자 하는 해의 천정동지(天正冬至) 때 전응과 교응은 구하고자 하는 해까지의 중적분(거산×세실)과 근점월과 교점월의 누적분으로부터 각각 계산한다. 즉 중적분에서 이들의 누적분을 뺀 값이 천정동지 직전의 근지점과 교점까지의 거리가 되며 이것이 구하고자하는 해의 전응과 교응이 된다. 그러나 동지일에 태양의 위치, 즉 동지점은 춘분점과 마찬가지로 세차에 의해 해마다 1분 50초씩(『수시력』의 세차 값) 서쪽으로 이동한다. 따라서 『수시력』 제정 당시는 근일점이 동지점과 거의 일치하였지만 근일점뿐만 아니라 기점이 되는 동지점 자체가 이동하므로 기점을 단지 동지일로 고정하여 그 거리를 계산하는 전응과 교응은 역원과 멀어질수록 오차가 커질 수밖에 없는 한계가 있었다.

67) 이은희, 『칠정산내편의 연구』, 38-39쪽.

The Study of *KYOSIK-GARYONG* (交食假令) Published in the Early Joseon Dynasty

LEE Eun-Hee (Research Center for the Korean History of Technology,
Konkuk University)

HAHN Young-Ho (Department of Mechanical Engineering,
Konkuk University)

Abstract. In the early Joseon Dynasty, there were several kinds of example supplements (假令) including the calculation methods and results of the solar and lunar eclipses that happened in August of Jeongmyonien (丁卯年, 1447). Among them, this paper discusses the *Chijongsan-Napion Jeongmyonien Kyosik-Garyong* (七政算內篇丁卯年交食假令) and the *Kyosikchubobub-Garyong* (交食推步法假令) published in 1444 and 1458, respectively. According to the comparative study of these two versions, the newly revised calculation method of the solar and lunar eclipse was introduced from China after the compilation of the *Chijongsan-Napion* (七政算內篇), and it was studied and revised by King Sejong and the court astronomers of Joseon (朝鮮). Later, it was published by the order of King Sejo with the title of the *Kyosikchubobub-Garyong*. This edition shows that there was a reform of the calendar system after the *Datonglifa-Tonggui* (大統曆法通軌) in Ming(明) Dynasty. Therefore, we have examined the solar and lunar eclipsing methods used in the early Joseon Dynasty and the process of their revision. In addition, we analysed the calculation method of the addition and subtraction difference (加減差) used in the calculation of true positions of the sun and the moon, which is the main difference between the two. As a result, it is revealed that the main factor of prediction errors came from the time of real new moon and full moon obtained from the calculation of the addition and subtraction difference.

Key words. *Chijongsan-Napion Jeongmyonien Kyosik-Garyong*,
Kyosikchubobub-Garyong, The Addition and Subtraction Difference,
Datonglifa-Tonggui.