

세차의 발견과 회귀년 길이의 변화

연세대학교 이 은 희

1. 동지점의 위치와 세차의 발견

고대 중국의 천문 역법가들은 동지점의 위치와 시각 측정을 매우 중요시하였다. 규표에 의한 동지 시각의 정확한 측정으로부터 1년의 길이를 정하였을 뿐만 아니라 동지 때의 태양의 위치를 별들의 수도(宿度)로 나타내었고 이 동지점을 역계산의 기점으로 삼았다.

매해 측정된 동지간의 시간 간격으로부터 정한 1년의 길이는 1회귀년을 의미하며 옛날에는 세실(歲實)이라 하였다. 이는 태양이 춘분점을 떠나서 황도상을 1회전한 후 다시 춘분점으로 돌아오는데 걸리는 시간을 의미하기도 하는데 여기서 1회귀년은 태양과 달 등에 의한 지구의 세차 운동으로 인하여 춘분점이 황도상에서 매년 50." 26씩 서쪽으로 이동하므로 태양이 황도상을 완전히 한 바퀴 도는데 걸리는 시간인 1항성년 보다는 평균 0.014일(360° - 50." 26)이 짧다.

세차는 서양에서는 B.C. 2C 중반에 그리스의 천문학자 Hipparchus에 의해 발견되었고, 동양에서는 A.D. 2C 경 동진(東晉)의 우희(虞喜)에 의해서 발견되었다. Hipparchus는 장기간에 걸친 관측 값을 비교해 봄으로써 별의 황경이 매년 36" 씩 증가한다는 결론을 이끌어 내었다. 이는 춘분점을 기준으로 할 때는 관측된 별의 적경이 증가함으로, 따라서 별이 조금씩 동쪽으로 이동한다고 이해한 것이다. 반면 우희는 자신이 동짓날 황혼(黃昏)시에 관측한 중성(中星: 남중하는 별)의 관측값을 역대 기록과 병행하여 비교한 결과, 변화가 있다는 것을 발견하였다. 동지일의 혼중성(昏中星) 위치가 변한다고 하는 것은 곧 동지점이 있는 곳의 위치가 이동하는 것을 의미하는 것으로써 과거에는 동지점이 서쪽으로 이동한다는 의식 없이 새로운 관측에 의해 동지점이 결정되면 전의 관측 값을 버렸으나, 자신이 직접 관측한 값이 역대의 기록된 값들과 차이가 있을 뿐만 아니라 역대에 측정된 값들도 시대에 따라 같지 않은 것을 발견하고 이것이 측량상의 착오가 아님을 알았다. 그는 《尙書, 堯典》중에 있는 "日短星昴"의 기록이 요(堯)시대의 기록임을 파악하고, 제요(帝堯) 시대로부터 동진 시대에 이르기까지 약 2700여년 동안 동지점이 움직인 각수도(角宿度)로부터 태양이 별에 대해 약 50년에 1도씩(=70." 96/년) 서쪽으로 움직인다는 사실을 발견하였다. 동지점에서의 태양의 위치를 별들의 수도로 나타내는 중국의 전통적인 방법은 동지점을 적도(赤道) 도수의 변화로 나타내는 적도 좌표계에 의한 표현 방법이며 따라서 동지점이 이동하는 것으로부터 발견한 이 세차 값은 바로 적도 세차 값이었다. 약 77년에 1도(=46." 08/년)의 차가 되는

현대의 적도 세차 값과 비교하여 보면 Hipparchus와 우희 값 모두 오차가 큰 것을 볼 수 있는데 우희의 세차 값의 오차가 큰 주요 원인은 중성 관측의 오차와 “日短星躔”의 기록 년대에서 오는 오차에 의한 것으로 보고 있다.

이러한 세차의 지식을 천문표(天文表)에 처음으로 취급하였던 것은 510년 남조(南朝) 양(梁)에서 시행되었던 조충지(祖冲之)의 대명력(大明曆)이었다. 이 역법에서는 1년을 365와 9589/39491(365.24281)일로 하고 주천도수(周天度數)를 365와 10499/39491(365.265858)도로 하여 그 두 수의 도수(度數) 차를 1년간에 동지점이 서쪽으로 이동하는 세차 값으로 정하였는데 이는 45년 11개월에 1도씩 서쪽으로 이동하는 값이 된다. 이 값은 비록 현대의 값과 비교하여 볼 때는 정확한 것이 못 되지만 그 당시 세차의 개념을 역법에 도입한 것은 대단히 혁신적인 일 이었다. 따라서 이 이전까지는 주천의 도수를 회귀년의 길이와 일치시켜 계산하였으나 대명력 이후로는 주천의 도수와 회귀년의 길이를 달리하였고 그 차를 세차로 정하였다. 이후 수(隋)의 유작(劉焯)은 동지점의 위치가 75년에 1도의 차가 생긴다고 측정하였고, 남송(南宋)의 통천력(統天曆)과 원(元)의 수시력(授時曆)은 1년을 365.2425일과 주천도수를 365.2575도로 정하여 1년에 1분 50초 즉, 66년 8개월에 1도의 차를 세차로 정하였는데 이들 중 유작이 정한 세차의 값은 현대의 값과 거의 일치하는 정밀한 수치이다.

춘분점에 대해 동쪽으로 움직이는 별의 운동과 별에 대해 서쪽으로 움직이는 태양의 운동으로부터 동양과 서양에서 각각 발견하게 된 이 세차 운동은 관측 대상과 발견 방법에 있어서는 차이가 있었지만 결국 같은 천체 현상에 대한 이해였다는 것이 흥미롭다.

2. 동지 시각의 측정과 회귀년의 길이

중국에서는 역계산의 기본이 되는 동지점의 위치와 시각을 정밀하게 측정하여야 1년의 길이를 정확하게 결정하고 절기와 일월식 등의 예보를 제대로 할 수 있었던 까닭에 고대로부터 동지점의 관측을 특히 중요시 하였는데 규표에 의해 동지의 시각을 측정하는 계산 방법은 시대에 따라 변화하고 발전하였으며 따라서 동지 시각의 측정은 더욱 정밀하여졌고 이 관측 통계에 근거하여 평균해서 얻은 1회귀년의 길이도 정확하여졌다. 따라서 동지 때 태양의 위치가 시대에 따라 변화한다는 사실로부터 세차를 발견하게 되었을 뿐만 아니라 동지 시각의 정확한 측정으로부터 1회귀년의 길이에도 변화가 있음을 발견하게 되었다. 1회귀년의 길이가 서서히 짧아지고 있는 물리학적 이유는 지구가 달의 기조력을 받을 때 생기는 조석 마찰(潮汐摩擦, tidal friction)에 의해 지구 자전의 에너지가 감소됨에 따라 지구가 과거보다 느린 속도로 자전하게 되기 때문으로 하루의 길이는 1세기에 약 0.002초의 비율로 증가하며 상대적으로 지구의 공전주기, 즉 1년의 길이는 짧아지게 되는 것이다.

통천력의 제작자인 남송(南宋)의 양충보(陽忠輔)는 중국의 역대 역법에서 정한 1회귀년

의 길이가 각각 역법마다 조금씩 변화가 있다는 것으로부터 1회귀년의 길이가 변화한다고 하는 사실을 처음으로 발견하였으며 회귀년의 길이 변화를 고려하여 역계산을 하는 방법인 세실소장법(歲實消長法)을 그의 역법에 채용하였다. 또한 통천력에서는 선대에 측정한 동지점의 관측 값들로부터 1회귀년의 길이를 365.2425일로 정하고 1년의 길이의 길어지고 짧아짐을 $0^d.000002116$ 으로 정하였는데 그가 정한 1회귀년의 길이는 서양의 그레고리역의 회귀년의 길이와 완전히 일치하는 정확한 값이었다. 그후 1281년에 제작된 수시력은 통천력을 따라 1회귀년의 길이를 365.2425일로 정하고 소장의 방법을 도입하여 1년의 길이의 길어지고 짧아짐을 각각 100년에 1분씩 즉 $0^d.000001$ 로 계산하였는데 이는 수시력의 역원인 1281년 이전의 과거에는 매 100년에 1분씩 세실이 길어지며 역원 이후의 미래에는 1분이 짧아지도록 계산한 것이다.

수시력이 통천력을 따라 세실의 길이를 정하고 세실소장의 방법을 역계산에 채용하였으나 세실소장의 계산에 있어서는 위와 같이 약간의 차이점이 있다. 즉 통천력에서는 세실이 100년에 약 2분씩 짧아지는 것으로 계산하는 반면 수시력에서는 1분씩 짧아지는 것으로 계산하는 점으로, 이에 대해 야부우찌(藪内清)는 수시력이 통천력의 영향을 받아 1회귀년의 길이를 365.2425일로 정하였으므로 세실소장의 방법도 그대로 따랐을 것임이 당연하며 수시력이 실린 원사(元史)의 기록이 잘못된 것이라고 주장하고 있다. 또한 수시력과 통천력에서 소장의 길이를 정하게 된 경위에 대해 나까야마(中山茂)는 다음과 같이 설명하고 있다. “수시력이 통천력을 따라 정한 1회귀년의 길이는 요 황제가 즉위한 기원전 2356년에 정한 365.25일인 옛 값과 비교하여 $0^d.0075$ 의 차이가 나므로 수시력이 제작된 1281년으로부터의 경과연수 3638년으로 나누면 $0^d.00000206$ 이 된다. 그러나 통천력에서는 소장의 길이를 이보다 정밀한 $0^d.0000021166$ 으로 정하였고 통천력이 제작된 1194년으로부터의 경과연수 3550년으로 이 값을 곱하면 $3550 \times 0^d.0000021166 = 0^d.0075146$ 이 되므로 이는 수시력의 제작자들이 통천력으로부터 회귀년의 길이 뿐만 아니라 세실이 계속적으로 줄어든다는 생각도 함께 받아들인 것으로 나타내는 것이다. 따라서 이러한 가정이 잘 성립됨은 의심할 나위가 없지만 단 한가지 제기되는 문제는 서경(書經)의 요전(堯典)에 의하면 요 황제는 1년의 길이를 365.25일이 아니라 366일로 정하였다는 사실이다.”라고 하였다. 그러나 실제 수시력에서는 회귀년의 길이를 100년에 1분씩 줄어드는 것으로 하여

$$1\text{회귀년} = 365^d.2425 - 0^d.000001 \times t \quad (t = 1281\text{년으로부터의 경과연수})$$

에 의하여 계산하였고 또 이를 칠정산 내편에서도 그대로 받아들였다. 한편 칠정산 내편의 역주자들은 이에 대해 Newcomb의 Table of Sun(1845)에 의한 회귀년의 길이는

$$1\text{회귀년} = 365^d.24219879 - 0^d.000000614 \times t \quad (t = 1900\text{년으로부터 경과연수})$$

이므로 수시력에서 정한 값이 통천력에서 정한 값 보다 오히려 Newcomb의 값에 더 가까운 것이라고 지적하고 있다.

수시력이 나카야마의 방법에 따라 세실소장의 값을 정하였다면 회귀년의 길이가 100년에 2분씩 줄어드는 것이 옳으며 원사의 수시력이 오기된 것이라고 할 수 있으나, 나카야마의 방법에 의문이 가는 것은 그의 지적대로 요전에 기록된 366일의 처리 문제와 1년의 길이를 365.25일로 정한 것이 과연 요 황제가 즉위한 기원전 2356년인가 하는 문제, 그리고 수시력 뿐만 아니라 수시력이 기초하게 된 역법까지도 자세히 연구, 교정하여 제작한 칠정산 내편의 편저자들이 수시력의 세실소장 값이 통천력과 크게 다르다는 사실을 모르고 그대로 수시력의 값으로 계산을 하였을까 하는 문제 등이 있다.

3. 맺음말

중국에서는 과거 오랜 동안 측정해 왔던 많은 동지점들의 관측으로부터 1회귀년의 길이와 주천도수, 즉 1항성년의 길이에 차가 있다는 세차의 발견과 더불어 역법에서 정한 1회귀년의 길이가 시대에 따라 같지 않다는 사실로부터 회귀년의 길이에도 변화가 있다는 것을 발견하였다. 물론 이 두 발견이 있기까지는 오랜 동안의 관측이 그 기초가 되었고 관측 방법과 계산법의 발달로 정확한 측정 값을 얻을 수 있었던 배경이 있었다. 통천력에서 정한 1회귀년의 길이는 Newcomb의 계산 방법의 결과와 비교하면 $0^d.00013$ 의 오차가 있고 이 방법으로 제작 년대가 다른 수시력에 대해 계산하여 보면 $0^d.000079$ 의 오차가 있게 된다. 그리고 이들 두 역법에서 취한 회귀년 길이의 변화 값도 Newcomb의 값과 비교하여 보면 모두 오차가 있으나 이는 당시의 관측 기술과 방법을 고려한다면 대단히 정밀한 수치였다고 할 수 있다.

참고 문헌

北京天文館編, 『中國古代天文學成就』(北京科學技術出版社: 北京, 1987),
pp. 167-168.

藪內清, 『中國の天文曆法』(平凡社: 京都, 1969) pp. 287-321.

藪內清編, 『宋元時代の科學技術史』(京都大學人文科學研究所刊: 京都, 1967),
p. 102.

中國天文學史整理研究小組編, 『中國天文學史』(科學出版社: 北京, 1987),
pp. 88-93.

유경로, 이은성, 현정준, 『세종장헌대왕실록, 칠정산 내편』(세종대왕기념사업회,

1973) pp. 15-16.

Nakayama, Shigeru, 1969, A History of Japanese Astronomy: Chinese Background and Western Impact (Harvard Univ. Press: Cambridge, Mass.)

Smart, W. M., 1962, Text Book On Spherical Astronomy (Cambridge Univ. Press)

Zeilik, M & Smith, E. P., 1987, Introductory Astronomy and Astrophysics (W. B. Saunders College Publishing)

발 전

창립 10주년 기념

전남대학교 지구과학과

500-757 광주시 서구 용봉동
전화 : 062-520-6965