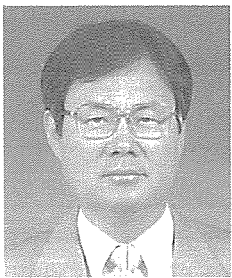


천문학의 발생과 발전과정

천문학의 발전과정을 크게 3개 시기로 나누어 보면

- ① 선사시대에서 고대 희랍시대에 이르는 지구중심설의 시대
- ② 코페르니쿠스에서 갈릴레오에 이르는 태양중심설의 등장 시기
- ③ 뉴턴역학 등장 이후 현재에 이르는 현대 천문학시대 등으로 구분할 수 있다. 지구중심적인 우주관이 지배했던 시기에 전개된 천문학의 발달과정을 알아본다.



李 瑢 馥
(서울교대 과학교육과 교수)

인류의 문명이 시작되면서 가장 먼저 등장한 '과학'을 꼽으라 하면 문명이 발생한 지역과 관계없이 수학과 천문학 그리고 의학이 나온다. 고대의 바빌로니아, 이집트, 중국과 인도 등과 같이 오랜 문명이 발생한 곳은 다른 학문에 비하여 천문학이 먼저 등장한다. 의학은 질병과 관련된 의료행위 전체를 포함하고, 수학은 수의 사용과 관련이 깊기 때문에 진정한 의미에서의 과학과는 다르다. 반면에 천체의 움직임이란 대단히 규칙적이기 때문에 정밀한 수학적 방법으로 파악될 수 있다. 따라서 천문학은 현대적 의미의 과학이라 할 수 있다.

우리 인간 사회의 모든 일은 너무도 복잡한 요인에 의해 변하기 때문에 이를 수식화하기란 대단히 어려운 일이다. 이에 비하여 천체의 운행은 수학적인 방법의 도입이 매우 간편하다. 따라서 천문학은 학문으로서의 대상이나 방법과 관련된 것을 수학적으로 정교하게 표현할 수 있기 때문에 과학으로서 가장 먼저 성립되었다고 할 수 있다.

천문학의 발달 과정을 크게 세 시기로 나누어 보면, 선사시대에서 고대 희랍시대에 이르는 지구중심설의 시대, 코페르니쿠스에서 갈릴레오에 이르는 태양중심설의 등장 시기, 그리고 뉴턴역학의 등장 이후 현재에 이르는 현대 천문학시대 등의 세 기간으로 구분한다. 우선 지구중심적인 우주관이 지배했던 시기에 전개된 과정을 알아보기로 한다.

천문학의 기원과 고고천문학

인류의 문명이 시작되면서부터 인류가 남긴 유물이나 유적에는 적지 않은 천문학 지식이 응용된 흔적을

확인할 수 있다. 이러한 것을 연구하는 학문을 고고천문학(archaeoastronomy)이라 하는데, 한 예로써 영국 런던의 남서부 세일즈베리 근처 평원에 있는 스톤헨지(stonehenge)라는 거석 구조물이 있다. 이 구조물은 선사시대인 후기 석기시대부터 청동기시대에 이르는 기간에 건립된 것으로 추정되고 있으며, 그 시기는 기원전 2800년에서 기원전 1075년 사이의 기간이다.

거석군 배치를 정밀하게 측정하고 돌과 돌을 연결시키는 선의 방향 등을 컴퓨터를 이용하여 계산한 결과, 이는 대단히 복잡한 천문학적인 지식을 포함하고 있는 천문대라는 사실이 알렉산더 톰(Alexandr Thom)과 호킨스(Hawkins) 등과 같은 학자들에 의해 밝혀졌다. 이들의 연구에 의하면 구조물의 배치는 하지와 동지 때 해가 떠오르는 방향과 달이 떠오르는 영역에 맞추어져 있으며, 심지어 이 구조물을 이용하여 당시에 일식과 월식도 예보할 수 있던 것으로 추정된다.

한편, 북아메리카의 여러 곳에서도 이와같은 구조물이 발견되고 있는데, 와이오밍주에는 그 곳에 초기에 거주하던 인디언들이 돌을 원형으로 배치하고 중심에 바퀴살 모양의 방사선 배치를 해 놓은 것이 있다. 이것도 돌의 배치를 하지날 일출 방향과 일몰 방향에 맞추고, 당시에 신성시하던 특정한 별이 떠오르는 방향과 지는 방향에 맞춘 것으로 나타나 있다. 특히 중앙아메리카와 남아메리카에서 마야인들이 세운 건물들 중에는 천체 운행과 밀접한 관련이 있는 건축물들

이 있다. 예를 들어 유카탄반도에 있는 카라콜사원(Caracol Temple)은 가장 윗부분 원형 구조물에 하지날 태양이 뜨는 방향과 일치하도록 창문을 내고, 또 금성이 뜨고 지는 방향의 한계를 알아볼 수 있도록 창문을 배치했다.

이렇게 선사시대 이전부터 우리 인류는 천체 운행과 관련된 여러 현상을 알고 있었으며 이를 우리 생활과 직접 관련시켜 응용해 왔음을 알 수 있다. 특히 계절에 따라서 태양이 떠오르는 곳과 지는 방향이 변한다는 사실을 이용하여 하지와 동지날을 알아냈다. 그리고 달이 떠오르는 북쪽 한계와 남쪽 한계를 알아내고, 특별히 신성시하는 별들이 떠오르는 방향과 시기를 이용하여 계절과 관련된 역법을 알아낸 것으로 보인다. 문자가 없었던 당시에는 이러한 기록을 남겨 후세에 전할 수가 없었기 때문에 이러한 구조물을 만들어 천문 현상과 관련된 내용을 세대와 세대로 전하여 후세에 전하는 방법으로 사용했을 가능성도 높다.

바빌로니아와 이집트의 천문학

가장 처음 나타난 인류 문명 중 하나로 우리는 티그리스와 유프라테스 지역을 꼽는다. 이 지역 남쪽에는 기원전 3000년경에 수메르인(Sumerian)들이 거주했다. 그들은 문자를 발명하여 당시의 생활상을 점토판에 기록하여 보관했다. 그리고 기원전 1700년경에는 하무라비왕이 이 지역을 통일하고 수도를 바빌론으로 삼았다. 이 시기에 썩기문자로 기록한 많은 점토판이 나왔는데 그중에는 행성

들의 운동을 자세히 기록한 내용도 들어있다.

천체 운행 내용은 주로 점성술을 위해서 기록했으나 의외로 천체의 운동을 대단히 정확하게 기록하고 있다. 그들은 하늘을 12개의 지역으로 나누어 12궁을 정하고, 이 영역을 태양이 1년 동안 순회하고 있다는 사실을 알았다. 특히 1년의 길이를 거의 정확하게 파악했고, 30일을 한달로 하여 1년이 12달인 달력을 만들어 사용했다.

바빌로니아인들이 우주의 모형이나 천체의 운동에 관한 원리를 발견했다는 증거는 없다. 같은 시기의 이집트에서도 천문학이 발달한 것으로 보이나 이는 주로 시간을 측정하기 위한 것에 국한되어 있다. 이집트에서는 천문학을 연구하는 목적이 철학 또는 점성술에 있었던 것이 아니라, 실제 생활 또는 종교적인 목적이 있었다. 즉, 계절을 예측하거나 농업과 상업 활동에 관련된 중요한 행사에 이용하기 위함이었다.

고대 중국의 천문학

가장 중요한 고대 천문기록은 중국에서 많이 보이며, 전설에 의하면 기원전 2000년 전에 이미 천문관측 활동을 한 것으로 보인다. 가장 오래된 천문기록은 상(商)나라 시대의 갑골문자에 나타나는데 특히 그 중에는



<그림 1> 스톤헨지

기원전 1361년의 일식 기록과 기원전 1300년에 나타난 신성(nova)에 관한 기록 등이 있다.

중국의 천문학은 두가지 면에서 서양의 천문학과 다르다. 첫째로 서양은 태양과 행성이 운행하는 황도(黃道)를 중요하게 여긴 반면에 중국은 천구북극과 천구적도를 중요시 여겼다. 천구북극의 하늘은 제왕의 위치이고, 그 중심에서 떨어진 위치에 따라 신하와 백성들의 영역으로 간주했다. 이미 기원전 4세기에는 천구북극을 중심으로 하는 8백9개의 별을 포함한 목록표를 천문학자인 쉬셴(Shih-shen)이 만들었다.

둘째로 천문학의 활동은 서양의 경우 성직자나 학자들이 독자적으로 했으나 중국은 국가의 주도 아래 국가의 관료가 이를 전담했다. 각종의 천문현상이 국가의 과거, 현재 그리고 미래와 밀접한 관련이 있다고 믿었기 때문이다. 따라서 중국은 행성의 관찰 이외에 다양한 천문현상들을 자세히 기록에 남기고 있다.

고대 히랍의 천문학

고대 히랍의 천문학은 고대 바빌로

니아와 이집트의 천문학을 바탕으로 하고 있다. 그러나 바빌로니아와 이집트의 천문학은 당시의 종교와 점성술에 의해 깊은 영향을 받았기 때문에 천체의 운동을 승배의 대상이나 점술의 방편에 한해서만 연구했다. 그러나 희랍 천문학자들은 우주의 실체를 이해하려는 방향으로 천문학을 연구했다. 그들은 우주를 이해하기 위해 놀라운 정도의 과학적인 방법으로 접근했다.

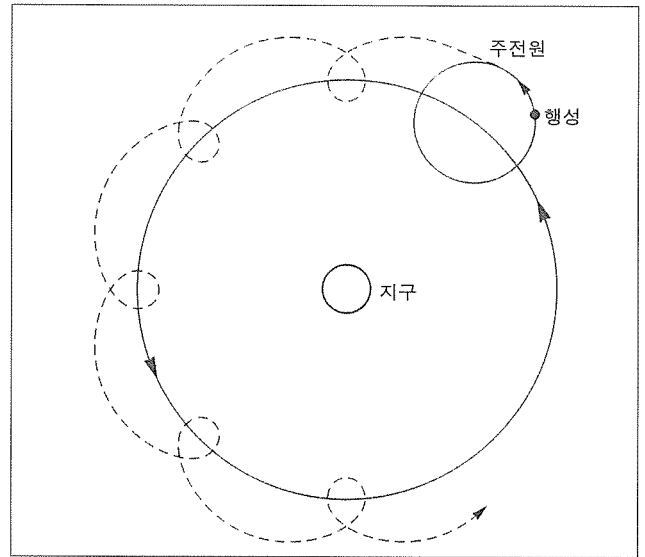
이러한 연구는 두사람의 철학자에 의해 시작되었다. 그 중 첫째 사람이 밀레투스의 탈레스(Thales of Miletus, 624~547 BC)이다. 그는 우주가 합리적인 구조를 가지고 있기 때문에 인간은 우주의 원리를 이해할 수 있다고 믿었다. 당시의 사람들이 우주 만물에 일어나는 모든 현상은 인간이 접근할 수 없는 신비한 영역에 속한다는 생각을 가지고 있을 때, 탈레스와 그의 제자들은 우주의 신비함을 우리 인간이 도저히 알아낼 수 없는 것이 아니라 다만 아직 알려지지 않고 있을 뿐이라 생각했다.

둘째 사람은 피타고라스(Pythagoras, 대략 570~500 BC)이다. 피타고라스와 그의 제자들은 만물의 본성이 기하학적 또는 수학적인 관계에 의해서 지배된다는 생각을 했다. 예를 들어 음악의 선율은 악기의 현 길이와 일정한 관계를 가지고 있으며, 모든 자연 현상은 음악적인 원리의 기초 위에 있다고 보았다. 천체들도 조화를 이루고 운동을 하면서 음악을 만들어낸다고 믿었다. 그리고 피타고라스는 지구는 구형이고 별, 태양, 달, 그리고 5개의 행성은 회전하는

여러 개의 천구에 의해서 움직인다고 가르쳤다. 이러한 피타고라스의 가르침은 희랍의 천문학자들에게 우주를 새로운 시각으로 바라보게 하는 시발점이 되었다. 플라톤(428~347 BC)은 천문학자는 아

니었다. 그러나 그의 가르침은 2천년간 천문학에 큰 영향을 주었다. 플라톤은 가장 완전한 형태가 원이라고 했다. 따라서 천체는 처음부터 완전하게 만들어져 있기 때문에 모든 천체들의 모습은 원이고 운동은 원운동을 하고 있다고 주장했다. 플라톤의 제자였던 에우독스(Eudoxus, 409~356 BC)는 우주가 여러개의 겹쳐진 천구로 되어 있으며 일정한 축을 중심으로 원운동하고 있다고 했다.

이어서 아리스토텔레스(Aristotle, 384~322 BC)는 우주가 두 부분으로 나누어져 있다고 믿었다. 하나는 지구로서 불완전하고 끊임없이 변하는 성질을 가지고 있으며, 다른 하나는 천체로서 완전하고 불변의 세계라고 했다. 그리고 우주의 중심에는 지구가 있다고 믿었다. 이것은 모든 천체가 지구를 둘러싸고 있다는 지구중심설 우주관의 철학적 바탕이 되었다. 그 후 아리스토텔레스가 죽은지 1세기 뒤에 알렉산드리아의 천문학자



<그림 2> 주전원운동

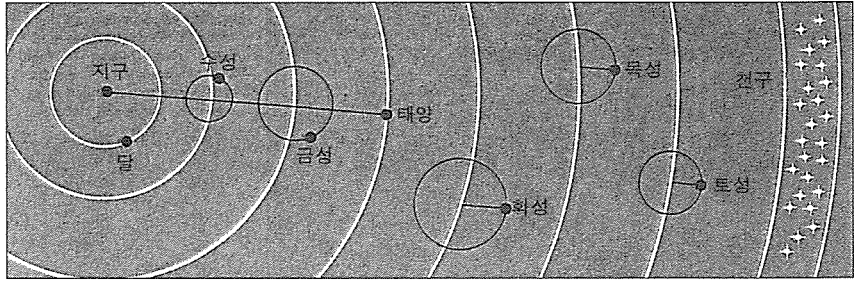
인 아리스타쿠스(Aristarchus)는 지구가 자전축을 중심으로 자전하고 있으며 태양 주위를 공전하고 있다는 이론을 제안했다. 물론 이 이론은 맞는 내용이지만 아리스타쿠스가 저술한 내용 대부분이 분실되어 그 이론은 자세히 알 길이 없고, 그 후의 천문학자들은 지구가 움직인다는 이론은 적절하지 않다고 생각했다. 왜냐하면 이것은 아리스토텔레스의 이론과 일치되지 않는다는 점과 지구가 움직일 때 예상되는 시차 현상이 나타나지 않기 때문이다. 시차란 지구가 태양 주위를 공전하게 되면 비교적 가까운 거리에 있는 별은 먼 배경의 별에 비하여 그 위치가 변하는 것처럼 나타나는 현상이다.

위대한 관측 천문학자 히파르쿠스

기원전 3세기에 이르러 천문관측 기술이 더욱 발전되면서 수학적으로 정밀하게 설명할 수 있는 우주관의 제시가 필요했다. 행성의 겉보기 운

행을 오랜 기간 정밀하게 관측하면 순행, 유, 역행 등의 특이한 운동을 하는 것처럼 보인다. 이와 같이 행성의 실제 운행과 아리스토텔레스의 원운동을 동시에 만족하기 위한 모형으로 등장한 것이 행성의 주전원(周轉圓)운동이다. 이의 기하학적인 모형을 아폴로니우스(Appolonius, 265~190 BC)가 제시했다. <그림 2>와 같이 주전원운동이란 지구를 중심으로 하는 큰 원궤도가 있고 그 원주위에 작은 원의 중심을 둔다. 행성은 작은 원주를 따라 원운동하고 다시 작은 원주의 중심은 큰 원주 위를 돌고 있다는 것이다. 이 운동은 행성의 겉보기 운행인 순행, 유 및 역행현상을 정확하게 설명할 수 있다.

행성의 주전원운동은 히파르쿠스(Hipparchus, 190~120 BC)에 의해 더 정교하게 가다듬어졌다. 히파르쿠스는 의심할 여지없이 그 시대에 가장 뛰어난 천문학자였으며, 특히 천문학에 있어서는 선대의 어떤 천문학자보다도 뛰어났다. 그의 위대한 공헌은 정확한 측정과 수학, 그리고 천문학 자료를 분석하는데 정밀한 논리를 도입한 것이다. 그는 이전의 관찰기록을 분석하면서 항성들이 춘분점에 대하여 매년 조금씩 동쪽으로 이동하는 사실을 확인하여 세차운동을 발견했다. 오늘날 천문학자들이 항성의 밝기를 나타내는 등급의 개념을 처음으로 만들었는데 그는 별들의 겉보기 밝기에 따라 분류했다. 또 월식의 진행시간을 분석하여 달의 크기와 달과 지구 사이의 거리를 상당히 정확하게 구해냈다. 그는 또한 오늘날의 삼각법을 고안하여 천체의 관측



<그림 3> 프톨레마이오스의 우주

에 활용했다. 그는 우주에서 가장 중심적인 천체가 태양이라고 생각했음에도 불구하고 여전히 지구중심적인 우주관을 고집했다. 이는 그의 관측 결과가 지구중심적인 우주관을 잘 설명하는데 모순이 없었고, 그의 정밀한 관측으로도 지구가 움직이고 있다는 아무런 증거를 찾을 수 없었기 때문이다. 이와 같이 히파르쿠스는 천체 관측과 관련하여 위대한 업적을 남겼으나 그의 일생에 대해서는 알려진 바가 별로 없다.

프톨레마이오스와 지구중심설

히파르쿠스가 위대한 업적을 남기고 난 후 거의 3백년동안은 천문학 발전에 아무런 진전이 없었다. 기원후 2세기 중엽에 들어서서 프톨레마이오스(Ptolemaeus, AD 100~170?)는 당시 알려진 천문학 지식을 총정리하여 「알마게스트」(Almagest)라는 책을 썼다. 이 책에서는 고대 천문학을 주도한 히파르쿠스의 업적을 해석했을 뿐만 아니라 많은 점에서 이를 확장하고 완성시켰다.

여기에 수록된 내용은 관측된 행성들의 운동을 정리한 것, 태양과 달의 운동에 대하여 정밀하게 연구해 놓은 것, 그리고 당시에 사용하던 모든 천문 관측기기의 모형과 사용방법 등

이다. 또한 그는 수학적 방법을 통해 고대인들이 알고 있었던 해, 달 및 행성들이 지구와 동심(同心)인 천구에 붙어서 운동하는 현상과 여러 천체들이 상호 관계에서 나타나는 일식현상을 설명했다.

그의 이론은 지구중심설로서 태양, 달, 그리고 행성들의 겉보기 운동을 설명하기 위해 주전원 이론을 정립한 것이다. <그림 3>과 같이 지구는 우주의 중심에서 약간 떨어져 있다는 히파르쿠스의 이심(離心) 모형을 더욱 관측적인 사실에 바탕을 두고 발전시켰다. 이는 아리스토텔레스가 주장했던 우주의 중심에 지구가 있고 모든 천체는 원운동하고 있다는 가설과 약간 차이가 있음을 알 수 있다.

프톨레마이오스의 지구중심설은 현재 우리가 알고 있는 우주와는 일치하고 있지 않지만, 행성들의 운동을 예측하는데 수리적인 도구를 사용하여 관측적 사실과 부합하도록 한 것이다. 따라서 그의 우주 모형은 행성의 위치를 예측하는데 너무도 정교하여 그의 이론이 그 후 1천4백년간 천문학의 정설로 받아들여지게 되었다. 이러한 점에서 프톨레마이오스는 현대 천문학자들의 학문접근방법과 같은 방법을 사용한 그야말로 현대적인 의미의 과학자라 할 수 있다. ㉗