

世界科學技術史 (西洋篇)

새 宇宙論

宋 相 庸

<韓國科學史學會 幹事>

코페르니쿠스의 保守的要素를 거부하고 근본적으로 태양중심체계를 바꾸어 놓은 것은 케플러(Gohannes Kepler, 1571—1630)였다. 그는 튀빙겐에서 神學을 공부했으나 천문학으로 관심을 돌렸다. 그에게 천문학을 가르친 매스틀린(Mästlin)은 지구중심우주체계를 강의했지만 私席에서는 코페르니쿠스가 맞는다고 했다. 그래서 케플러는 이미 학생시절에 열렬한 코페르니쿠스주의자가 되어 있었다.

케플러는 루터派 新敎徒로서 우주에서 三位一體를 보았다. 즉 태양은 聖父, 별들은 聖子, 중간의 공간은 聖神이었다. 그는 우주가 살아 있으며 행성들과 지구는 영혼을 가지고 있다고 믿었다. 이것은 아마도 당시에 크게 유행한 루터파 신비주의의 영향인 듯하다. 케플러는 철저한 피타고라스·플라톤주의자였다. 그는 우주가 수학적 조화를 이루고 있고, 신은 위대한 기하학자이며, 인간은 신의 이미지를 따서 만들어졌다고 보았다. 따라서 인간은 수학을 통해 우주를 이해할 수 있다는 생각이었다.

루터派 플라톤主義者

케플러는 피타고라스처럼 太陽崇拜者였다. 그에게 태양은 빛과 운동과 힘의 근원으로서 가장 중요한 존재였다. 코페르니쿠스는 태양중심우주체계를 만들었지만 엄밀한 뜻에서 태양중심이 아니었다. 즉 지구궤도의 중심은 태양에서 약간 떨어져 있었으며 이것을 중심으로 행성들이 원운동을 한다는 것이었다. 그것은 지구의 지위를 갑자기 일개 행성으로 떨어뜨리기가 안 되어 다소 特典을 부여했던것 같다. 케플러는 이것을

참을수 없어 궤도의 중심을 태양과 일치시켜 버렸다.

케플러에 따르면 행성들은 서로 지나질때 그 角速度에 따라 다른 소리가 난다. 이것이 天球의 음악이다.

토성은 바스, 수성은 소프라노이며, 화성은 도, 솔, 지구는 미, 파 소리를 낸다. 이 여러가지 소리가 모여 심포니를 이루는데, 이 교향악단의 지휘자가 神인 것이다. 그러므로 신은 위대한 기하학자인 동시에 음악가이기도 하다.

케플러가 25살때인 1596년에 나온 첫번째 책「宇宙의 神秘」는 그야말로 신비에 가득찬 책이다. 그는 여기서 왜 행성이 6개인가 하는 어처구니없는 질문을 던졌다. 신이 5개도 7개도 아닌 6개의 행성을 만든다는 반드시 까닭이 있으리라는 생각이었다. 이 의문이 그의 생애를 결정지은 것이다. 그는 5개의 정다면체를 가지고 6개의 천구를 定義할 수 있다고 생각했다. 즉 피타고라스의 다면체를 4면체, 6면체, 8면체, 12면체, 20면체의 사이사이에 공을 끼워 넣었다. 예를 들면 지구는 20면체에 외접하며 12면체에 내접하는 공이라는 것이다.

티코와의 만남

케플러는 1600년 프라하에 도착, 미리 와 있던 티코의 조수가 되었다. 티코는 천문학사상 前無 後無한 우수한 관측자로 알려져 있다. 그는 망원경이 나오기전 육안으로 관측했는데 그 값은 현대의 값과 큰 차가 없다. 그런데 그는 계산은 딱 질색이었다. 반대로 케플러는 수학의 천재였지만 관측에는 한계였다. 둘은 서로를 이용할 속셈으로 손을 잡았다. 티코는 케플러의

계산솜씨를 탐냈고 케플러는 티코의 관측자료에 눈독을 들였다. 둘은 출신배경이나 성격이 너무나 대조적이었다. 그래서 만나자마자 싸움이 시작되었다. 두사람의 관계가 파국직전에 갔을때 티코가 갑자기 병으로 죽었다.

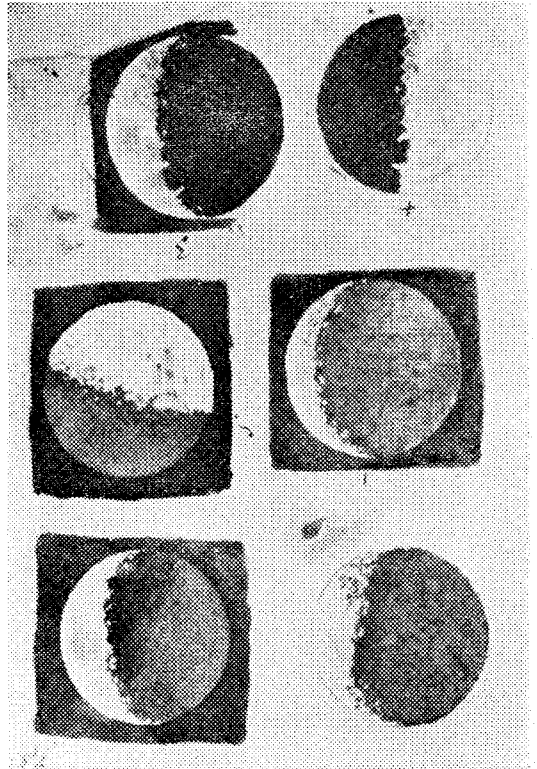
이렇게 해서 금싸라기 같은 티코의 관측자료가 케플러의 손으로 흘러 들어 왔다. 이것이 없었다면 케플러의 업적은 사실상 불가능했을 것이다. 티코는 그의 자료를 써서 자기의 체계를 증명해 달라고 유언했다. 그러나 케플러는 이것을 오히려 코페르니쿠스의 체계를 발전시키는데 썼다.

케플러의 주요관심은 행성의 軌道 자체에 있었다. 물론 지구의 궤도를 아는 것이 그의 1차적인 목표였다. 그는 가설을 세웠다. 첫째, 지구 궤도는 완전한 원이다. 둘째, 지구의 자속도는 一樣하다. 셋째, 지구는 180일에 태양주위로 반원을 그린다. 티코의 자료를 가지고 궤도를 그려보니 완전한 원이 아니라 좀 일그러진 듯한 인상을 받았다. 그는 지구를 일단 포기하고 次星으로 넘어갔다. 화성의 궤도를 알아내기 위해 케플러는 5년을 꼬박 바쳤다. 「火星의 戰鬪」라는 별명이 붙은 이 至難한 작업에서 거의 미칠것 같았다고 그는 고백하고 있다. 로가티듬이 있기전이라 일일이 계산을 해야 했으니까 엄청난 수학적인 일이었을 것이다.

화성의 속도가 일정하지 않았기 때문에 케플러는 코페르니쿠스가 버린 對心을 다시 썼다. 이것은 圓과 단절하게 된 시초라 할수 있다. 행성은 태양으로부터 가장 멀리 있을때 가장 늦게 운동하고 가장 가까이 있을때 가장 빨리 운동한다고 그는 생각했다. 그래서 행성의 속도는 태양으로부터의 거리에 반비례한다는 速度의 法則을 전제도에 적용했다. 이것은 틀린 것이지만 멋진 演繹임에 틀림없었다.

드디어 깨진 圓

케플러는 화성의 궤도를 결정하기 위해 유명한 臨時假說을 세웠다. 첫째, 궤도는 완전한 원이며, 둘째, 속도는 일양하지 않다는 것이었다. 지구의 경우에 비해 속도가 변한다는 것이 달랐다. 계산을 해보니 작도로 8분의 誤差가 나왔다. 당시는 이런 정도의 오차를 그대로 넘길수도 있었으나 케플러는 도저히 그렇게 할수 없었다. 그는 티코가 얼마나 정확한 관측자인가를 너무나 잘 알고 있었기 때문이다. 다른 사람이라면 몰라도 티코가 그렇게 큰 오차를 낼 리가 없었다. 그렇다면 가설이 틀렸다는 결론밖에 나오지 않는다.



케플러는 결국 가설을 버리기로 했다. 밤낮을 가리지 않고 계속한 2년동안의 노동이 虛事가 되는 순간이었다. 이것은 굉장한 용기를 필요로 하는 일이었다. 다음에 그는 궤도가 달걀꼴이라는 가설을 세우고 계산해 보았다. 원의 경우에는 반지름이 너무 컸었는데 이번에는 너무 짧았다. 그는 한 가설에서 다른 가설로 試行錯誤를 계속한 끝에 마침내 타원궤도를 발견하고 말았다. 1605년의 일이었다.

이 때는 西洋科學史에서 길이 기념해야할 해다. 플라톤이래 천체의 궤도가 완전한 원이라는 것은 어떤 천문학자도 의심해 본적이 없는 鐵則이었다. 케플러의 경우에도 원이 그의 사상에서 그토록 큰 역할을 했으나 깨뜨리지 않을수 없었던 것이다. 원을 깨뜨린 케플러는 기쁘기는커녕 몹시 기분이 언짢았다. 플라톤주의 자로서 그는 화성궤도가 제발 원이기를 바랐다. 그런데 그게 아니었던 것이다.

實現된 플라톤의 꿈

이렇게 해서 원형우주론 둘러싸인 타원형태양계가 시작된 것이다. 이것이 바로 케플러의 제1법칙이다. 즉

望遠鏡과 새 力學

행성의 궤도는 태양을 한 초점으로한 타원이다. 타원 궤도를 발견하기까지의 과정은 관측자료에 의해 假說을 엄격하게 檢證한 모범적인 예이다. 그리고 여기서 케플러가 보여준 知的 성실성은 높이 평가되어 마땅하다.

제2법칙은 실은 제1법칙보다 먼저 발견된 것이지만 속도의 변화의 수학적 표현이라 할수 있다. 이것은 태양과 행성을 연결하는 선은 행성이 궤도를 움직일 때 따라 같은 시간에 같은 넓이를 쓴다는 것이다. 그러므로 행성이 태양에 가까울수록 더 빨리 움직인다는 얘기가 된다. 이 법칙은 행성의 운행속도의 불규칙성을 해결한 것이며 面積速度의 법칙이라고 한다.

제3법칙은 1618년에 발표되었다. 1, 2법칙이 개개의 행성에 관한 것인데 대해 이 법칙은 행성계 전체를 지배하는 것으로, 궤도사이의 比를 문제삼고 있다. 그 내용은 행성의 空轉周期의 제곱은 태양으로부터의 거리의 3제곱에 비례한다는 것이다. 이 법칙이 어떻게 유도되었는지는 밝히고 있지 않으나 우주에 통일성을 주었다는 점에서 일명 調和의 法則이라고도 하며, 케플러 자신이 가장 좋아한 법칙이라고 한다.

이렇게 케플러는 프톨레마이오스가 도입한 小圓, 大圓, 離心圓, 대심동 거추장스런 개념을 쓰지 않고도 간단한 수식으로 행성의 궤도문제를 해결하는데 성공했다. 플라톤 이래 천문학의 목표가 「現象을 救하는」에 있었다면 케플러야말로 그것을 실현한 사람이라 할수 있을 것이다.

그리스천문학자들은 별들이 우주공간에 떠다니는 것은 불합리하다고 해서 투명한 水晶球에 붙여 도는 것이라고 했었다. 티코에 의해 수정구가 깨지고나니 무엇이 행성을 궤도에 잡아 두느냐가 심각한 문제였다. 케플러는 이 문제에 대해서도 답을 가지고 있었다. 우선 태양에서 나오는 신비스런 힘 아니마 모트릭스(anima motrix)가 행성들을 接線方向으로 밀어낸다. 한편 케플러는 길버트(William Gilbert)의 磁氣的 힘을 받아들였다. 길버트는 지구를 거대한 자석으로 보았거니와 케플러는 이것을 전 태양계에 확장했다. 질량과 크기에 따라 다른 자기적 힘을 가진 행성들과 태양사이에 인력이 작용한다. 이것은 뉴튼이 생각한 重力은 물론 아니다.

어쨌든 행성을 밀어내는 힘 아니마 모트릭스와 그에 반대되는 힘 인력이 균형을 이루어 행성을 궤도위에 붙들어 두는 것이라는 생각이다. 이런 뜻에서 케플러는 코페르니쿠스체계를 物理學的으로 증명하려 했으며 天體力學의 창시자라 할수 있겠다.

한편 갈릴레오(Galileo Galilei, 1564—1642)는 빠도바 대학에 있을 때 천문학에 관심을 가졌고 코페르니쿠스의 이론을 믿게 되었다. 1609년 그는 네덜란드에서 망원경이 발명되었다는 말을 들었다. 그는 직접 렌즈를 갈아 대통에 두개 끼워 최고 倍率 30인 망원경을 만들었다. 당시 망원경은 장난감 또는 군사적목적에 쓰이고 있었지만 갈릴레오가 위대한 점은 이것을 가지고 하늘을 관찰했다는 것이다.

망원경을 통해 본 하늘은 놀랄만한 것이었다. 생각한 것보다 하늘은 훨씬 넓었고 별도 많았다. 銀河는 무수한 별들로 되어 있음이 확인되었다. 그러나 무엇보다도 놀라운것은 달의 모습이었다. 알고 보니 달은 매끈한 천체가 아니라 지구와 같이 산과 골짜기가 있는 추한 얼굴을 갖고 있었다. 갈릴레오는 골짜기가 천에 바다였던 곳이라는 결론을 내리고 그림자를 채서 산의 높이를 계산해 냈다. 또한 그는 태양의 흑점을 관측했으며 그것이 움직이는 것은 태양이 自轉하는 것이라고 풀이했다. 달의 산과 태양흑점은 아리스토텔레스의 우주론이 틀림을 명백히 보여주는 사실이었다.

더욱 극적인 발견은 木星의 위성들이었다. 위성들을 거느린 목성은 태양계의 縮圖로 생각되었다. 그것은 모든 천체가 지구의 궤도를 도는 것이 아니라는 간접적증거였다. 뿐만아니라 금성이 位相을 보여 준다는것 즉 달처럼 차고 기우는 것을 밝혀 냈다. 그것은 행성이 반사된 햇빛에 의해 빛나는 사실을 증명했으며 코페르니쿠스체계가 당연히 요구하는 결과였다.

또한 갈릴레오는 지구를 우주공간에 던져진 投射體로 봄으로써 지구 위에 있는 모든 것, 예컨대 大氣, 나는 새, 떨어지는 돌이 어떻게 지구의 자전에 참여하면서 겹친 운동을 할수 있는가를 설명해 주었다. 이것은 코페르니쿠스의 이론에 대한 가장 강력한 반대를 해결하는 것이었다.

이와같이 갈릴레오는 質的인 관측과 새로운 力學을 가지고 케플러와는 다른 측면에서 코페르니쿠스체계를 강력히 지지했다. 그러나 그는 케플러와의 접촉에도 불구하고 끝까지 천체의 원운동에 집착했다. 만일 갈릴레오가 원을 버렸다면 뉴튼과 같은 綜合을 할수 있었을지도 모른다.