

科學과 理性 ②

— 18世紀 —

朴 星 來 (外大教授)

數學과 力學

역학이란 물체의 운동과 거기 작용하는 여러 가지 힘의 관계 등을 다루는 학문이고 따라서 미적분학이 나온 직후인 18세기의 수학자들은 역학과의 관계 속에서 새로운 수학의 응용법을 발전시켜 갔다. 그 대표적인 학자는 베르누이 일가(Jacob Bernoulli, 1654~1705, 그의 동생 Johan, 1667~1748, 그리고 Johan의 아들 Danielle, 1700~1782)와 오일러(Leonard Euler 1707~1783) 등을 들 수 있다. 이 중 다니엘·베르누이는 유체에 미적분을 응용하여 流体力学의 연구를 처음 시작한 셈이며, 오일러는 요즘 位相幾何学(topology)이라 부르는 분야를 개척한 사람이다. 이 방면에서 오일러가 풀어놓은 “코니히스베르크의 문제”는 독일의 코니히스베르크에 있는 7개의 다리를 모두 한번씩만 건너 제자리로 돌아오는 것이 가능한가라는 질문이다. 이것이 불가능함을 오일러는 증명했다. 그는 또 볼록한 다면체의 경우 꼭지점의 수(S), 모서리의 수(K), 면의 총수(F) 사이에는 $S+F-K=2$ 라는 관계가 성립함을 증명해 내기도 했다.

18세기의 수학과 역학연구는 그 중심이 프랑스 학자들에게 있었다고 할만큼 많은 프랑스 수학자가 후세에 이름을 남기고 있다. 《역학개설》(Traite de dynamique, 1743)을 쓴 달랑베르(Jean Le Rond d'Alembert, 1717~1783)와 《해석역학》(Mecanique analytique, 1788)을 쓴 라그랑쥬(Joseph Louis Lagrange, 1736~1813)

는 그 대표적인 인물이었다. 또 몽쥬(Gaspard Monge, 1746~1818)는 “画法幾何学”을 수립하여 현재 공학분야에 투영법을 이용한 새로운 기하학을 제공해 주었다. 열이 전도하는 모습을 偏微分方程式으로 표현하는데 성공한 후리에(Joseph Fourier, 1768~1830) 역시 빼 놓을수 없다.

케플러의 타원궤도 법칙을 성립하게 해 주는 힘이 혹성이나 천체 사이에 존재하는 인력 때문이고, 그 인력은 천체간 거리의 제곱에 반비례하고 그 질량의 곱에 비례한다는 것은 뉴턴에 의해 밝혀졌다. 그러나 뉴턴 시절에는 아직 수학적 지식이 부족하여 뉴턴은 혹성은 태양과의 관계에서만, 그리고 위성의 경우에는 그 위성이 들고 있는 혹성과의 관계에서만 인력을 계산했다. 이것이 실제와 다르다는 것은 분명한 사실이다. 왜냐하면 지구와 태양 사이의 관계는 우선 달의 인력에 의해서도 많은 영향을 받기 때문에 달을 제외한 계산은 너무 단순화됐다는 평을 면하기 어렵다. 그러면 태양·지구·달의 셋 사이에는 어떤 인력관계가 작용하고 어떤 운동을 하는 것일까— 이것이 三体問題(3-body problem)이며 18세기 프랑스 수학자들이 머리를 싸고 연구했던 큰 문제였다. 이들의 성과는 오일러, 라그랑쥬 등의 노력과 그후 수학자들의 노력으로 아주 정확한 근사치를 얻을 수는 있게 되었으나 지금도 완전히 해결된 것은 아니다. 여하튼 라플라스(Pierre Simon Laplace, 1749~1827)는 이에 관한 18세기의 업적을 그의《천

체역학》(Traité de mécanique céleste, 1799~1825)에서 상세히 다루고 있다.

天 文 學

케플러와 뉴턴을 거쳐 우주관이 혁명적 변화를 이룩하고 있던 17세기 후반부터 천문학에 관한 관심은 한껏 높아졌다. 망원경의 개량과 보급은 그 한 이유이고, 또 항해를 위해서는 천문학이 절대 필요하다는 실용적 이유도 있었다. 그런 이유를 배경으로 루이 14세는 1667년 파리천문대를 설립하고 이탈리아로부터 카시니(Giovanni Cassini, 1625~1712)를 대장으로 초빙해왔다. 이 천문대는 1672년 완성되어 관측에 임했고, 영국도 1675년에는 그리니치에 왕립천문대를 세우고 홀램스티드(John Flamsteed, 1646~1719)를 초대 “왕실천문가”(Astronomer Royal)로 임명했다. 1712년 그가 완성한 恒星表에는 2,935개의 항성의 위치가 정확히 측정되어 있다.

홀램스티드를 이어 왕실천문가가 된 사람이 핼리(Edmund Halley, 1656~1742)다. 뉴턴에게 《프린키피아》의 출판을 권유하여 만유인력의 이론이 세상에 발표케 된 산파역을 맡았던 그는 쉐트·헬레나섬에 가서 남반구의 성좌를 관측하여 명성을 얻고 있었고 홀램스티드를 도와 항성표를 만든 천문학자였다. 물론 핼리를 역사상의 인물로 만든 제일 큰 업적은 핼리혜성의 발견이다. 케플러의 타원궤도설 이후 천체가 원운동보다는 타원운동을 한다는 것은 알고 있었으나 모든 혹성들은 거의 원에 가까운 모양의 궤도를 돌고 있었다. 그렇다면 離心率이 아주 높은 납작한 타원궤도를 도는 천체란 없는 것일까? 다른 학자들처럼 이런 의문을 갖고 있던 핼리는 1682년에 뉴턴의 방식에 따라 역사상에 나타난 혜성의 궤도를 계산해 본 결과 1531, 1607, 1682년의 혜성이 같은 궤도를 그리고 있음을 알아냈다. 이들이 사실은 같은 혜성이 75~76년을 주기로 돌아온 것이라고 설명한 그는 혜성이 쌍곡선을 그리며 한번 접근했다가는 영원히 사라져버리는

것이라던 과거의 이론을 뒤엎게 된 것이다. 그의 예견대로 이 혜성은 1758년에 다시 나타나 그후 “핼리 혜성”이라 불리고 있다. 그는 노아의 대홍수는 바로 이 혜성이 접근했을 때 일어났다는 학설을 가지고 있기도 했다.

1730년대부터 뉴턴이론이 프랑스에 소개되면서 프랑스에서는 하나의 문제가 일어났다. 뉴턴이 이론적으로 보여준 바에 의하면 지구는 완전한 구형이 아니라 적도쪽이 좀 볼록하다는 것이다. 이에 대해 파리천문대를 관장하던 카시니 일가는 반대의견을 갖고 있었고, 뉴턴의 이론 전체를 받아드리려 하지 않았다.

프랑스 과학아카데미는 왕명을 받아 1735~36년 각각 케루와 라플란드에 각각 관측대를 파견하여 위도 1도의 길이를 측정하게 했다. 그 결과 뉴턴이 예측한대로 지구는 남북극이 약간 쭈그러져 적도 부근이 튀어나온 모양임이 밝혀졌다.

코페르니쿠스에서 뉴턴까지의 천문학이 태양계를 중심으로 새로운 우주관을 펼쳐왔다면 18세기에는 천문학이 태양계 저쪽까지 멀리 확대되는 시기였다고 볼 수 있다. 인간의 눈을 태양계 밖으로 옮겨주는 데 결정적 공헌을 한 사람이 1781년 천왕성을 발견한 허셀(William, Herschel 1738~1822)이다. 원래 독일의 음악가였던 그는 올간연주자로 영국에 귀화한 이래 틈틈이 천문학 연구에 전념한 아마추어 과학자였다. 자신도 혜성 발견 등으로 천문학사에 이름을 남긴 누이동생 캐롤라인(Caroline, 1750~1848)의 헌신적인 도움을 받으며 허셀은 새로 대형 망원경을 만들어냈다. 이 망원경을 써서 그는 수천년동안 동·서양의 모든 사람이 알고 있던 혹성들 이외에 또다른 혹성이 있음을 알아낸 것이다. 천왕성의 발견은 영국 국왕의 주목을 받아 왕은 그에게 2만 파운드의 큰 돈을 하사하여 대형 망원경을 만들게 해 주었다.

허셀은 화성의 극에 흰부분이 있음을 발견하고 화성도 지구나 마찬가지로 4계절이 있다고 생각했다. 또 서로의 둘레를 도는 二重星을 800

개나 관찰 기록했다. 허셀은 태양계 밖에까지 그의 눈을 돌려 여러 방향으로 별의 종류와 밀도를 조사한 끝에 처음으로 은하수란 양쪽이 모두 불룩한 렌즈 모양을 하고 있다고 주장하기도 했다. 그의 관찰력은 더 멀리 뻗어나가 2,500개나 되는 星雲을 발견하고 성운은 우리가 속하는 은하수처럼 원판모양만을 한 것이 아니라 여러 가지 다른 모양으로 별들이 모여있는 것이라고 주장했다.

이와같은 星雲에 관한 이론은 허셀만이 가진 것은 아니어서 유명한 철학자 칸트(Immanuel Kant, 1724~1804)도 이 방면의 연구로 천문학사에 그 이름을 남겼다. 1755년 칸트는 《하늘의 일반자연사 및 이론》이란 논문을 익명으로 발표했다. 이 글에서 칸트는 성운이란 은하수와 마찬가지로 무수한 별들이 모여있는 것이며 이성운들은 또 어떤 중심의 둘레를 돌고 있을지 모른다고 그의 의견을 발표했다. 태초에 물질의 알맹이는 혼돈상태로 있다가 그것이 서로 引力과 斥力を 작용하여 빙글 빙글 돌며 모여 별들이 되고 성운이 되곤 했다고 그의 우주생성이론은 설명한다.

프랑스의 수학자 라플라스도 비슷한 생각으로 특히 태양계의 생성을 설명하려 했다. 그 때문에 이들의 생각은 보통 “칸트=라플라스星雲說”이라 불려지고 있다.

왜 태양계의 모든 혹성은 같은 평면 위에서 같은 방향으로만 도는 것일까? -이 의문에 대해 뉴턴 자신 이상히 생각은 했으나 뉴턴은 이 오묘한 규칙성이야말로 우주를 창조한 신의 존재를 인정하는 증거쯤으로 받아들이고 말았었다. 칸트나 라플라스의 성운설은 우주가 물질의 혼돈상태로부터 進化된 것임을 주장함으로써 “오묘한 조화”란 별것이 아닌 물질의 기계적 진화에서 생겨난 결과임을 보여준 셈이었다. 라플라스가 말한 것처럼 신의 존재같은 “그러한 가설은 불필요”하게 된 것이다. 18세기의 합리적 정신은 우주 저쪽까지 뻗어나간 셈이었다.

熱學과 電氣

예로부터 熱과 冷이란 두가지 서로 반대되는 성질로 알려져 있어서 아리스토텔레스는 이 두가지 성질이 四元性의 두 요소라고 생각할 정도였다. 18세기에 들어와서 열과 냉은 두가지가 아니라 熱한가지라고는 인정되게끔 되었으나 과연 熱이란 어떤 것이냐 하는 의문은 여전히 해결될 실마리를 찾지 못하고 있었다. 여기에는 두가지 장애물이 가로 놓여있기 때문이었다. 첫째 13세기에는 열이란 일종의 물질로 생각되어, 그 물질이 많으면 뜨겁고 적으면 차다는 식으로 생각했다는 점이다. 이런 생각은 熱素(Caloric, Calorique)란 개념을 낳아, 화학의 혁명을 일으켰다는 라와지에 마저도 18세기 말에 열소를 원소의 한가지로 취급하고 있을 지경이었다. 둘째 18세기에 들어올 때까지도 학자들의 관심은 이 문제에까지는 미치지 못하여 온도와 熱量을 구별할 줄 모르는 형편이었다.

온도의 측정은 갈릴레오가 시작했다고 보통 알려져 있다. 그러나 17세기의 온도계는 아직 고정점과 눈금을 긋는 방식이 기준없이 정해져 실용적인 것이 못되었다. 1701년 뉴턴은 물의 어는 온도를 0도로 사용하자는 말을 한 일이 있었고, 그후 사람의 체온을 또 하나의 고정점으로 하여 그 사이를 12도로 나누는 방법이 쓰여지기도 했다.

그러나 온도를 측정할 수 있게 되기는 “화씨(華氏)” 온도계가 1724년 화렌하이트(Daniel Gabriel Fahrenheit, 1686-1736)에 의해 발명된 후 부터였다. 그는 체온을 위의 고정점으로 삼고, 얼음과 소금의 혼합물이 만드는 최저 온도를 아래 고정점으로 삼아 그 사이를 96등분하여 화씨 온도계를 만들었다. 우리나라에서 널리 쓰이는 “섭씨(攝氏)” 온도계는 1742년 스웨덴 웁살라 대학의 셀시우스(Anders Celsius 1701-1744)가 얼음이 녹는 온도와 물이 끓는 온도를 기준으로 그 사이를 100등분하여 시작된 것이다.