

컴퓨터시대 이끈 사이버네틱스

오토메이션과 심벌이 엮어내는 시대에 가장 잘 어울리는 수학은 위너(N. Wiener)의 '사이버네틱스' (Cybernetics)였다. 사이버네틱스는 '인간적인 과학' 임과 동시에 인간과 기계를 동일한 관점에서 다루는 극히 '비인간적인 과학' 이라는 점에서 20세기 후반의 시대환경에 어울리는 이론이다.



근대 수학 이러한 과학분야의 대약진이 수학에 반영되지 않을 수 없었고, 새로운 시대에 걸맞는 근대 수학의 방향이 결정되었다. 이 수학은 크게 나누어 세가지 방향, 즉 해석학, 대수학, 그리고 기하학 분야로 갈라져 발전하였다.

(1) 해석학(解析學) 근대 이전의 수학자들은 미적분학을 역학 및 천문학의 연구 수단으로 하는 실용적인 목적이 주가 되어 있었다.

라크르와 (Sylvestre F. Lacroix, 1765~1843)는 그의 「미적분학」에서 양(量) 사이의 대응 관계로서 함수개념을 다루었다. 같은 입장에서 푸리에 (Jean B. J. Fourier, 1768~1830)도 열(熱)의 이론-열의 해석적 이론-을 다루었다. 수학의 기초 작업과 관련된 이론적 연구로 가우스(C. F. Gauss, 1777~1855)와 함께 그 영역을 나눈 코시(A. L. Cauchy, 1789~1857)는 무한소해석(無限小解析)에 관한 엄밀한 이론을 전개하여 유명한 '코시의 조건(條件)'을 발표하였다.



金容雲

〈수학문화연구소장/한양대 명예교수〉

변증법적 발전관으로 구분

「자본론(資本論)」(Das Kapital, 1867)의 집필과 관련해서 수학을 배우기 시작하여 죽는 날까지 수학 연구를 계속하였던 마르크스(Karl Marx, 1818~1883)는 이 무한소해석(無限小解析)(미분학)의 발전 과정을 변증법적 발전관에 입각하여

구분하고 있다. 또 코시의 미분방정식 연구는 가우스로 하여금 타원함수(橢圓函數)에 주목하게 하는 계기가 되었으며, 아벨·야코비 등은 이를 열심히 연구하여 타원함수론(橢圓函數論)으로 발전시켰다. 이 이론은 19세기 후반 와이에르슈트라스에 의하여 완성된다. 이 시대의 해석학을 대표하는 수학자로서는 수의 영역을 실수로부터 복소수까지 확대함으로써 일반 함수론, 즉 복소수함수론(複素數函數論)의 기초를 닦은 가우스와 코시, 그리고 그것을 발전시킨 와이에르슈트라스를 우선 꼽을 수 있다.

(2) 대수학 발전의 터전은 이미 18세기 초에 갖춰졌으나, 때마침 뉴턴의 「보편산술(普遍算

術」(Arithmetica Universalis, 1707)이 출판되어 산술보다 한층 높은 계산법으로서의 대수가 구체적으로 모습을 나타냈다. 대수적인 연구의 밑바닥에는 양(量)이라든지 극히, 수에 관한 개념이 깔려 있다. 특히 기호(記號)를 중심으로 하는 대수학(=기호 대수학)은 수의 개념을 확장시킬수록 방법이 일반화되고, 또 응용의 범위도 넓어진다. 바꿔 말하면 18세기를 통해 특히 수의 개념이 발전해 갔던 것이다. 대수학의 내용 면에서는 방정식의 해법(解法)과 관련된 영역이 중심이 되어 있었다.

〈근대에서 현대로〉 19세기 후반 : 19세기 후반의 유럽은 여러 나라들이 다투어 근대화 작업에 힘썼던 때였으며, 기술의 혁신 및 교육제도의 개선 등 사회구조의 엄청난 변화가 일어났다.

19세기 수학은 이제 고전(古典)이 되었다.

18세기까지만 해도 복소수(複素數)란 방정식을 푸는 과정에서 나타나는, 이를테면 가령적인 수에 지나지 않았다. 즉 i 를 '허수(虛數, 거짓의 수)'라고 부르는 데는 그럴만한 이유가 있었다. 복소수가 수학적인 '실체(實體)'로서 그 위치를 굳히게 된 것은 19세기부터의 일이다. '허구적(虛構的) 존재'라는 불명예를 지우기 위해서 허수를 기하학적으로 표시하는 방법을 처음으로 시작한 사람은 윌리스(John Wallis, 1616~1703)였다. 이어서 노르웨이의 웨셀(C. Wessel, 1745~1818)이 덴마크의 학술원에서 보다 체계적으로 복소수평면을 설명했다. 복소수는 전기, 전자, 역학 등의 필수적인 무기가 된 것이다. 복소수의 영역으로까지 수가 확장됨으로써 종전에 비해 수식(數式)이 종합적으로 다루어지게 되었음은 물론이지만, 이 수체계의 기본은 대수 방정식의 해와 밀접한 관련이 있는 '복소수체(複素數體)'이다. 아벨, 야코비(C. Jacobi, 1804~1851) 등의 힘으로 근대수학사(近代數學史)에 화려하게 데뷔할 수 있게 된 타원

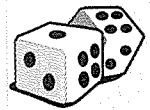
함수론(橢圓函數論)도 복소수라는 기름진 토양에서 가꾸어진 열매였다.

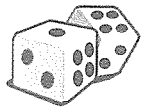
자연적인 실재성 획득

20세기에 이르러 양자역학(量子力學)이나 소립자론(素粒子論) 등 새로운 물리학 영역에서 그 사용이 불가피해짐으로써 복소수는 문자 그대로 '자연적인 실재성(實在性)'을 획득하기에 이르렀다.

〈사이버네틱스〉 위너의 발상 : 오토메이선과 심벌이 엮어내는 시대에 가장 잘 어울리는 수학은 위너(N. Wiener, 1894~1964)의 '사이버네틱스(Cybernetics)'였다. 1948년에 위너는 그의 유명한 저서 「사이버네틱스」를 내놓았다. 사이버네틱스라는 말은 고대 그리스어인 큐벨네데스('배를 조정하는 사람'이라는 뜻)를 어원으로 하고 있다. 이 책은 '동물과 기계의 제어(制御)와 통신'이라는 부제가 붙은 사실로도 짐작할 수 있듯이 동물과 기계를 관련시키고 있다는 점이 주목된다. 사이버네틱스에서 가장 중요한 개념은 '피드백'(feed back) 기구이다. 피드백이란, 어떤 행동의 결과가 처음의 행동으로 되돌아오는 것을 뜻한다. 위너는 사이버네틱스를 전자계산기에 적용할 수 있다고 말했다. 1944년에 Mark I, 1964년에 ENIAC이라는 전자계산기가 탄생하고 있을 때여서 그의 아이디어는 큰 관심을 끌었다. 이 방법의 특징은 첫째로, 덧셈, 곱셈장치는 종전의 아날로그식이 아니고, 디지털식이다. 둘째로, 이들 장치는 진공관(眞空管)을 사용하고, 셋째로, 2진법을 이용하는 편이 경제적이다. 넷째로, 프로그램 내장방식(內藏方式)이고, 다섯째로, 데이터를 저장하는 장치를 내장한다는 것이다.

사이버네틱스는 여러 영역의 문제를 다루고, 과학의 각 영역의 경계나 미개척분야로 나아갔다. 위너는 정보의 전달과 복귀(復歸)의 연쇄를 피드백 연쇄(連鎖)라고 불렀다. 일반적으로 출력을 입력에 다시 반영시키는 피





드백은 위치나 각도를 자동조절하는 장치에 의해 구체화되어 있다. 위너는 기계란 입력(input)을 출력(output)으로 바꾸는 장치라고 정의하였다. 즉, 그가 말하는 기계는 실제로 존재하는 기계일 수도 있고, 그밖에 머리속에서 생각하는 가상적인 기계일 수도 있다. 따라서 인간을 포함한 모든 생물은 기계이고, 사회도 그리고 신도 하나의 '기계' 입에 틀림없다(신이 우주를 창조한 것은 일종의 출력이기 때문에). 그러나 위너의 기계주의(機械主義)는 이전의 인간 기계론과는 판이한 성격을 지니고 있어서 그의 인간관 및 사회관은 맹목적인 기계주의 사상과는 거리가 먼 이론이었다.

인간적이면서 비인간적인 과학 인적(人的), 물리적(物理的) 자원을 충분히 합리적으로 활용하는 일은 전쟁시에는 더욱 절실했다. 위너는 젊었을 때의 탄도(彈道)계산의 경험을 이용하여 계산기술을 전자공학의 문제에 응용하는 일을 생각하였는데, 때마침 제2차 세계대전이 일어나자 고사포(高射砲)의 자동화 연구에 착수하였다. 그의 관심은 자동제어(自動制御) 장치의 이론을 통신공학의 문제로서 다루는 데 있었다. 그는 자신이 세운 수학기론을 이 문제에 응용하여 큰 성과를 올렸다. 또 하버드대학 재학시절 생물학 연구에 정열을 태운 적이 있었던 그는 생물체와 기계의 기능에 관한 유사성에 착안하여, 통신과 제어를 통일하는 이론을 발전시키는 데 성공하였다. 그는 이 새로운 과학에 사이버네틱스라는 이름을 붙였다. 위너가 개척한 이 새로운 과학은 크게 다음의 세 영역으로 나누어 질 수 있다. (1) 정보 이론: 통신의 착상과 그 전달에 관한 통계적 이론 (2) 자동제어 이론: 주로 피드백의 이론이다. 신경, 특히 뇌의 기능과 컴퓨터 및 기계 제어장치와의 유사점 및 차이에 관한 검토와 분석 (3) 자동계산기(컴퓨터) 이론

사이버네틱스가 개발된 지 불과 20년만에

창시자 위너가 예언한대로 이 이론의 발전이 인류의 미래에 엄청난 영향을 미치게 되리라는 것이 명백해졌다. 뿐만 아니라 이 학문과 관련해서 전기공학, 통계학, 오토메이션(자동제어) 등이 새로운 양상을 띠게 되었다. 특히 오토메이션의 기초가 확립된 사실을 가리켜 '새로운 기계론'이라고 부르는 사람도 있다. 사이버네틱스를 연구하는 목적을 위너는 다음과 같이 밝혔다.

기계적 작업서 인간 해방

“인간을 기계적인 작업에서 해방시키고, 인간의 타고난 재능을 살리며, 인간으로 하여금 진실한 의미에서의 인간적인 활동을 할 수 있도록 한다.” 그는 사이버네틱스 이외에는 인류의 생존을 가능케 하는 것이 없다고 확신한 듯하다. 아무튼 사이버네틱스는 '인간적인 과학' 입과 동시에 인간과 기계를 동일한 관점에서 다루는 극히 '비인간적인 과학'이라는 점에서 20세기 후반의 시대환경에 어울리는 이론임에 틀림없다.

〈카오스이론〉 사이버네틱스이론은 컴퓨터를 발전시키고, 컴퓨터는 복잡성과 과학을 유발했다. 카오스이론은 복잡성 과학의 중요 분야이다. 몇 개의 요소가 얽힘으로써 나타내는 복잡성을 분석하고, 또 반대로 복잡한 현상을 몇 개의 요인으로 분석하는 등, 이로써 새로운 과학 발전의 계기가 촉진된다. 생리학, 유전학, 진화론, 인공생명, 경제학, 거의 모든 분야에서 카오스이론이 이용되고 있다. 카오스이론을 포함한 복잡성의 과학을 제3의 과학혁명으로 보는 견해가 있다. 최초의 과학혁명이 뉴턴과 라이프니츠의 미적분 발명에 기인하는 이론물리학이라 한다면, 제2의 과학혁명은 컴퓨터를 이용하는 정보통신혁명으로 보고, 제3의 과학혁명을 복잡성의 과학으로 지목하는 것이다. 원시시대 처음으로 '2'를 추상해낸 인간은 이제 컴퓨터를 동원하여 복잡성의 밀림에 뛰어들어간 것이다. ⑤7