김윤철

서평

컴퓨터과학이 여는 세계

2014 년 4 월 9 일

만능의 기계, 만능의 인간:
마틴 데이비스 『만능 컴퓨터』 서평

마틴 데이비스(Martin Davis)의 『만능의 컴퓨터』(*The Universal Computer*)는 컴퓨터가 탄생한 역사를 소개하는 책이다.[1] 보다 정확히 말하면, 데이비스가 서문에서 밝히듯 컴퓨터의 공학적 발전의 역사가 아니라 컴퓨터의 토대를 이루는 수학적, 논리적, 철학적 아이디어들의 발전 과정을 다루는 책이다. 이 책은 그 과정을 쉽게, 그러나 얕지 않게 풀어내 독자들이 인류의 위대한 지적 여정을 생생히 지켜볼 수 있도록 해준다.

컴퓨터에 대한 최초의 아이디어는 라이프니츠(Leibniz)가 가졌던 꿈에서 찾아볼 수 있다. 첫째, 그는 뜻 또는 소리가 아닌 개념을 표기할 수 있는 문자를 꿈꿨다. 그는 인간의 지식 전체를 왜곡 없이 명료하게 나타낼 수 있는 언어를 발명하면 논리적 진술들을 효과적으로 다룰 수 있을 것이라고 점쳤다. 둘째, 그는 계산을 자동적으로 해내 인간이 불필요한 데 힘을 쏟지 않아도 되게 해주는 기계를 꿈꿨다. 그는 이러한 기계가 개념을 표기하는 문자를 통해 가능해질 것이라고 믿었다. 라이프니츠의 이러한 선지적인 꿈은 뒤이은 학자들에 의해 점차 실제화되고, 마침내 컴퓨터를 통해 거짓말처럼 실현되기에 이른다.

불(Boole)은 논리학을 대수(代數)로 바꿔 쓸 수 있음을 보여 라이프니츠의 꿈을 미약하게나마 현실로 옮겨놓는다. 그는 x, y 가 0 또는 1 을 값으로 가질 때, 'x 합집합 y'(x 또는 y)는 '$x+y$'로, 'x 교집합 y'(x 그리고 y)는 'xy'로, 'x 여집합'(x 가 아니다)은 '$1-x$'로 쓸 수 있다는 사실을 발견한다. 이때 불은 항이 집합을 가리킬 때는 값이 0 이면 공집합, 1 이면 전체집합을, 항이 명제를 가리킬 때는 값이 0 이면

[1] 출판사 지식의 풍경에서는 『수학자, 컴퓨터를 만들다』라는 제목으로 번역되었다.

거짓, 1 이면 참을 나타내는 것이라고 해석한다. 불의 표기방식은 복잡한 논증을 분석하는 데 기존 논리학보다 효과적이었다. 그러나 그의 업적은 아직 라이프니츠의 원대한 꿈에 한참 못 미치는 것이었다.

프레게는 그의 논문『개념 표기』(*Begriffsschrift*)에서 독창적인 방식으로 개념을 표기하는 방법을 제시해 논리학 혁명을 일으킨다.[2] 이제 그의 개념 표기법 덕분에 논리학의 모든 명제들을 기호로 나타내고, 그 명제들을 아무런 생각을 하지 않고도 기계적으로 다루는 것이 가능해졌다. 인간의 지식 전체를 담을 수 있어야 하고 계산을 척척 해내야 한다는 라이프니츠의 주문에는 역시 못 미치지만 프레게의 업적은 특기할 만한 것이었다.

한편, 칸토르는 '무한성'(infinity)에도 크기가 있다는 획기적인 발견을 한다. 지금껏 철학자와 신학자는 현실 세계에는 '잠재적 무한성'(potential infinity)만이 존재 가능하다고 생각했다. 칸토르는 '대각선 논법'(diagonal method)을 통해 모든 실수(實數)로 이루어진 집합의 원소의 개수(무한)가 모든 자연수로 이루어진 집합의 원소 개수(무한)보다 더 크다는 사실을 증명해 이 믿음을 깨버린다. 그러나 칸토르의 발견은 많은 수학적 어려움을 낳아 이후 수학의 기반의 정당화하는 것이 중요한 문제로 대두한다.

힐베르트는 이 문제를 해결하는 데 몰두한다. 기하학의 기반을 산수의 기반으로 환원시켜 부분적인 성공을 거둔 그는 수학의 기반을 수학 외부에서 검토하는 '메타수학'(metamathematics)를 제창한다. 그리고 그는 자신과 동료 수학자들에게, 어떻게 하면 '페아노 산수'(Peano Arithmetics) 체계로 표현할 수 있는 명제가 그 체계 내에서 참 또는 거짓으로 증명 가능하다는 것을 보일 수 있는지 밝히는 것을 과제로 제시한다.

괴델은 이 과제를 누구도 예상치 못한 방식으로 해소한다. 그는 수학을 수학 외부에서 볼 수 있게 해주는 프레게-러셀-힐베르트 논리 기호를 자연수 줄로 이루어진 코드로 변환하면 그 기호를 수학 내부에서 볼 수 있을 것이라고 생각한다. 이어서 그는 PM(*Principia Mathematica* 의 수 체계) 내부에서 '어떤 코드 B 는 증명 불가능하다'라는 명제 A 를 변환하여 코드 A 로 다시 쓸 수 있는데, 칸토르의

[2] 우리가 현재 쓰는 표기법은 페아노(Peano)와 러셀(Russell)에 의해 개발되고 상용화된 것이다. 프레게가 고안한 표기법은 혁신적이기는 했으나 복잡한 이차원 체계로 되어있어 불편했다. 그리고 사실 프레게는 '개념'이라는 단어를 특수한 용어로 사용했다.

대각선 논법을 사용하면 그 코드 B 가 코드 A 와 같아지게 만들 수 있다는 것을 발견한다. 다시 말해, 괴델은 어떤 완결된 체계에 대해 그 체계 내부에서 참거짓을 판별할 수 없는 명제가 언제나 존재한다는 사실을 밝혀낸 것이다. 이 '불완전성 원리'(incompleteness theorem)는 힐베르트의 과제를 단칼에 해소했을 뿐만 아니라 이후 지성사에 지대한 영향을 끼쳤다.

무대에 마지막으로 등장하는 튜링은 최초로 '만능의 기계' 컴퓨터를 고안해내 피날레를 장식하고 인류 역사의 새로운 막을 연다. 튜링은 인간이 계산을 하는 과정으로부터 추상화하여 계산은 읽기, 쓰기, 쓰기 규칙, 현 상태라는 네 가지 요소의 조합만으로 표현 가능하다고 파악한다. 그리고 그는 이 네 가지 기능을 수행할 수 있는 '튜링 기계'(Turing Machine)을 제안한다. 여기서 그는 한 튜링 기계에 임의의 튜링 기계의 규칙을 괴델의 방식을 써 자연수 줄로 변환해 입력하면, 그 튜링 기계는 모든 일을 수행할 수 있게 된다고 설명한다. 드디어 라이프니츠가 꿈꾼 궁극의 기계가 탄생한 것이다. 이 엄청난 기계는 기계의 본체와 원동력이 완전히 독립된 개체라는 사고에서 벗어나는 발상의 전환을 통해 너무도 간단하고 간결하게 탄생했다. 더 놀라운 것은 튜링이 이 기계를 괴델의 불완전성 원리를 증명하기 위한 도구로서 개발했다는 점이다.

이 만능의 기계는 튜링과 폰 노이만(von Neuman) 등의 노력을 통해 실제로 구현된다. 그 후 컴퓨터는 허무맹랑해 보였던 라이프니츠의 꿈을 훌쩍 뛰어넘어 급속도로 발전하고 있다.

『만능의 컴퓨터』는 많은 것을 느끼게 하는 책이다. 우선 모든 것을 다 떠나서 책에 소개된 지적 여정을 따라가는 것이 정말 재미있다. 얼핏 보면 전혀 연관이 없어 보이는 사상들이 하나 둘 기가 막히게 합쳐져 마침내 컴퓨터로 재탄생 되는 과정은 마치 추리소설의 플롯 같다. 이 과정이 300 년이나 걸린 데 반해 최근에는 컴퓨터가 몇 십 년 만에 급성장했는데, 그 동안 무슨 일이 일어났고 또 앞으로 컴퓨터는 어떤 흥미로운 여정을 이어나갈지 진심으로 궁금해진다.

한편, 이 책은 컴퓨터에 관한 책이지만 그 컴퓨터를 만든 인간에 대해서도 생각해보게 만든다. 이전에 한 철학책을 읽으며 이런 생각을 해본 적이 있다. '인간은 칸트와 같은 철학자를 낳았다는 점에서 위대하다. 그러나 인간은 그런 칸트까지도 비판할 수 있다는 점에서 더 위대하다'. 이 책을 읽으며 이때 했던 생각을 다시 떠올렸다. 우리는 시간이 흐른 뒤 쉽게 풀어놓은 해설을 읽고 있기 때문에 그 발견의 대단함을 간과하곤 하지만, 생각해보면 논리학을 대수로 표현할 수 있다는 불의

생각은 참으로 놀라운 발상이다. 과연 논리학을 이보다 더 간결하게 표현하는 것이 가능할까 하는 의문마저 들게 한다. 그런데 프레게는 논리학을 표현하는 언어를 아예 새롭게 창조했고, 러셀은 거기서 또 한 발짝 더 나아갔다. 이처럼 인간은 주어진 것에 만족하지 않고 그것에 끊임없이 자기 것을 덧붙여 경계를 확장해 나가는 독특한 존재라는 생각을 다시 한 번 했다.

무엇보다, 시대의 생각에 얽매이지 않는 학자들의 생각의 힘이 가장 인상적이었다. 의식하지 못하고 있지만 우리 생각의 상당 부분은 우리 것이 아니라 시대의 것이다. 고대에는 누구나 인간은 스스로를 완벽한 상태로 연마할 수 있다고 믿었고, 중세에는 누구나 인간은 원죄로 인해 타락한 존재라고 믿었고, 근대에는 누구나 인간은 이성적인 존재라고 믿었고, 몇 십 년 전까지만 해도 누구나 여성이 남성보다 못한 존재라고 믿었듯이 지금의 우리도 지금은 인식하지 못하는 시대의 생각에 묶여있을 것이다. 그런데 책에 소개된 학자들은 시대의 틀에서 자유로웠다. 프레게가 살던 때에는 논리학은 아리스토텔레스가 완성시켜놓아 더 이상 발전의 여지가 없는 학문이라는 생각이 지배적이었다. 하지만 프레게는 아리스토텔레스 논리학에 부족함이 있다고 생각했고, 논리학 혁명을 일으켰다. 칸토르가 살던 때에는 철학자들과 신학자들에 의해 완결된 무한은 신성불가침의 영역이라고 기정사실화 되어있었다. 그러나 칸토르는 시대의 생각에 매몰되지 않고 여기에 의문을 품었고, 자신의 발견을 끝까지 밀고 나아갔다. 괴델도 마찬가지로 당대를 지배하고 있던 힐베르트의 생각에 얽매이지 않고 불완전성 이론을 발견했다. 이들처럼 위대한 발견을 하지는 못할지라도, 최소한 시대의 생각에 꼭두각시처럼 끌려 다니지 않을 수 있는 힘을 기르고 싶다.

데이비스의 『만능 컴퓨터』는 방대하고 복잡한 컴퓨터의 탄생 역사를 일반 독자들에게 쉽게, 그리고 왜곡 없이 전달해야 한다는 두 가지 어려움을 모두 훌륭하게 극복한 책이다. 가끔 학자들에 대한 불필요한 정보를 너무 많이 제공하다 논지를 잃을 때가 있지만, 전체적으로 저자는 어려운 전문 사상을 잘 소화하고 선별해서 독자들도 그 사상의 묘미를 맛보고 즐길 수 있도록 설명해낸다. 이처럼 재미를 살리며 본질을 훼손하지 않는 그의 솜씨 덕분에 독자들은 작품을 읽는 내내 학자들과 그들 사상의 위대함으로부터 강렬한 지적 감동을 얻을 수 있다. 독자들은 무엇이든 할 수 있는 만능의 기계인 컴퓨터의 원리의 아름다움에 푹 빠진 채로, 그리고 그런 기계를 만들어내는 '만능의' 인간에 대한 경이로움에 가득 찬 채로 책장을 덮게 될 것이다.

인용문헌

Martin Davis. *The Universal Computer: The Road from Leibniz to Turing*. W. W. Norton & Company, 2000.