

- 요약 -

아리스토텔레스부터 라이프니츠, 불, 페아노, 러셀까지 인간은 논리학을 발전시켜 발견되지 않은 진리를 수확하기 위해 노력했다. 힐베르트는 모든 명제의 참 거짓을 판별할 수 있는 수학의 공리체계가 존재하기를 바랐다. 괴델은 힐베르트의 ‘결정문제’가 성립할 수 없다고 증명했다. 튜링이 괴델의 정리를 자기 방식으로 증명한 “계산가능한 수에 대해서, 수리명제 자동생성 문제에 응용하면서” 논문에 등장하는 보편만능의 기계(Universal Machine)는 공학을 통해 현대적인 컴퓨터로 재탄생했다.

컴퓨터에 대한 이 수업을 듣고 자료를 조사하기 전에는 컴퓨터 분야가 사유(思惟)보다는 자동화와 관련이 깊다고 생각했다. 그런데 컴퓨터의 역사를 보면 적어도 보편만능의 기계 수준에서 인간은 자기 고유의 영역을 찾을 수 있다. 우리 인간은 다시 한 번 마음을 탐구함으로써 논리학자들의 역사적 문제를 해결하기 위해 노력하고 있다고 생각한다.

관련 자료들을 정리하면서 느꼈던 또 다른 점은 인류의 역사적 의지가 개인의 신념과 아이디어와 만나 새로운 물결을 만들어내는 과정에서의 감동이었다. 이 대목에서 대학을 다니며 내가 얼마나 자율적으로 무엇인가를 생각한 적이 있었는지 반성하게 되었다.

1. 서론

문서 작성하기, 인터넷 쇼핑물에서 물건을 사고팔기, 발전소의 에너지를 안전하게 가정에 공급하기, 지구에서 달까지 가기... 이 모든 것을 가능하게 하는 것은 바로 컴퓨터이다. 컴퓨터는 20세기 인간의 가장 위대한 발명품 중 하나이다. 컴퓨터 덕분에 인간은 자동화에 성공했고 시공간의 제약을 극복할 수 있게 되었다. 하지만 컴퓨터의 의의는 단순한 자동화가 아니다. 컴퓨터는 자동화를 위한 기기보다는 사유를 확장하기 위한 노력의 부산물로 보는 것이 옳다. 그리고 그것은 성공의 부산물이기 보다는 실패의 부산물이라고 보는 것이 더 옳을 것이다. 하지만 우리는 실패에 안주하지 않을 것이다. 우리는 그 답이 바로 우리에게 있을 것이라고 생각하고 그 노력을 계속하고 있다.

2. 컴퓨터의 기원

아리스토텔레스부터 라이프니츠, 불, 페아노, 러셀까지 인간은 논리학을 발전시켜 발견되지 않은 진리를 수확하기 위해 노력했다. 기원전 4세기 경 아리스토텔레스는 두 개의 명제로부터 하나의 결론이 도출되는 삼단논법을 고안했다. 그에 따르면 2개의 전제만으로 새로운 지식인 결론을 얻을 수 있었다. 그 뒤 후대의 사상가들은 아리스토텔레스를 넘어선 추론의 방법들을 발견하기 위해 노력했다. 먼저 19세기 조지 불(George Boole, 1815~1864)은 명제의 진리값을 1과 0으로 간주하고 진리값의 산수를 위한 몇 가지 가정을 세움으로써 논리학이 대수학처럼 엄밀하고 필연적인 학문으로 발전하기 위한 기틀을 세웠다. 주세페 페아노(Giuseppe Peano, 1858~1932)는 불에 의해 대수학과 너무 유사하게 된 논리학에 일곱 가지 기호($\sim, \vee, \&, \rightarrow, \leftrightarrow, \forall, \exists$)를 창안하여 모든 명제들을 좀 더 간결하게 분석할 수 있도록 하였다. 버트란드 러셀(Bertrand Russell, 1872~1970)은 페아노와 프레게의 영향을 받아 기호논리학을 통해 수학의 모든 것을 표준적인 양식으로 표현할 수 있게 했다. 러셀은 화이트헤드와의 저서 『수학의 원리』에서 무(無)로부터 수학의 모든 것을 유도하기 위해 노력했다. 러셀 이러한 노력은 사실 라이프니츠(Leibniz, Gottfried Wilhelm, 1646~1716)의 꿈으로부터 비롯되었다. 라이프니츠의 꿈은 ‘몇 가지 공리로부터 모든 진실을 밝혀낼 수 있을 것’이라는 생각이었다. 그리고 이 꿈은 다시 다비트 힐베르트(David Hilbert, 1862~1943)에 의해 더 구체적으로 제시되었다.¹⁾

힐베르트는 모든 명제의 참 거짓을 판별할 수 있는 수학의 공리체계가 존재하기를 바랐다. 이는 힐베르트의 ‘결정문제’로 불리기도 했다. 사실 이 문제는 수학에만 해당하는 문제가 아니었다. 데카르트로 대표되는 유럽의 합리주의는 세상의 모든 것을 설명할 수 있는 이론을 찾고자 하였다. 이 때 ‘이론’이란 세상의 모든 것에 대한 기술이 아닌, 간단한 정리로써 더 복잡한 세상을 설명하는 체계이다. 만일 이상적이고 추상적인 수학에서 수학의 모든 것을 압축하는 공리체계를 찾을 수 있다면 현실에 대해서도 그러한 이론을 얻기 위한 발걸음을 내딛을 수 있다는 것이 그들의 생각이었다. 힐베르트는 이러한 시대적 사상의 흐름 속에 수학의 모든 것을 설명할 수 있는 체계 M이 존재할 수 있는지에 대해 문제 제기를 했다. 그가 생각하는 M은 몇 가지 추론규칙만 가지고 수학자들이 증명할 모든 명제들이 자동으로 생성되는 체계였다.²⁾ 힐베르트에 의하면 M은 세 가지 조건을 가지고 있었는데 이는 ‘1. 유한하게 기술될 수 있어

1) 루디 러커(2001), 『사고혁명』, 열린책들, pp253~284.

2) 이광근(2015), 『컴퓨터과학이 여는 세계』, p20.

야 한다.', '2. 모순이 없어야 한다.', '3. 완전해야 한다.'였다. 그러나 이러한 그의 바람은 1931년 쿠르트 괴델(Kurt Gödel, 1906~1978)에 의해 좌절되었다. 이는 힐베르트만의 좌절이 아닌 수학기, 논리학자들의 좌절이었다.

괴델은 힐베르트의 '결정문제'가 성립할 수 없다고 증명했다. 괴델의 증명은 '불완전성 정리'라고도 불렸다. 그의 정리의 내용은 바로 '기계적인 방식만으로는 수학의 모든 사실들을 길어 올릴 수 없다.'는 것이었다.³⁾ 즉, 힐베르트가 제시한 어떤 형식체계도 참인 명제를 모두 증명할 수 없다는 것이었다. 이 증명은 인간의 사유가 기계적인 규칙의 집합으로 환원될 수 없다는 의미를 내포하고 있었다.⁴⁾ 그는 참이지만 M에 의해 증명될 수 없는 명제가 존재할 수 있음을 보임으로써 이를 증명했다. 아리스토텔레스부터 힐베르트까지 이어져온 인간 사유의 확장은 막을 내리는 듯했다. 이로써 수학적 진리를 자동적으로 생성하는 체계는 태생적으로 존재할 수 없음이 밝혀졌다. 이는 수학뿐만 아니라 세계를 완전하게 설명할 수 있는 간결한 이론이 존재할 수 없음을 의미하기도 했다. 그런데 이 과정에서 좌절만 있지는 않았다. 영국의 수학자 앨런 튜링(Alan Turing, 1912~1954)은 괴델의 정리를 그만의 방식으로 증명하면서 '기계적인 방법'을 정의 하였고 이를 통해 현대 문명을 바꾼 컴퓨터가 탄생할 수 있었다.

튜링이 괴델의 정리를 증명한 "계산가능한 수에 대해서, 수리명제 자동생성 문제에 응용하면서" 논문에서 등장하는 보편능의 기계(Universal Machine)는 공학을 통해 현대적인 컴퓨터로 재탄생했다. 그가 증명하고자 했던 것을 다시 정리하면 모든 참인 명제를 차례로 만들 수 있는 튜링기계가 존재하지 않는다는 것이다. 여기서 튜링기계는 바로 힐베르트가 제시한 공리체계(M)에 대응하는 개념이다. 이 기계는 몇 가지 부품들로 구성되는데 무한히 많은 칸을 가진 테잎, 테잎에 기록되는 심볼, 테잎에 기록된 심볼을 읽거나 쓰는 장치, 그 장치의 상태를 나타내는 심볼들, 기계의 작동규칙표 등이다.⁵⁾ 이는 현대 컴퓨터의 CPU에 대응된다. 바로 이 튜링이 고안해 낸 증명을 위한 추상적인 기계가 컴퓨터로 발전한 것이다. 따라서 튜링의 논문은 결론보다는 그 과정에 사용된 기계적인 방식이 더 의의가 있다고 할 수 있다. 역사적인 흐름 속에 탄생한 이 기계는 비록 승리의 전리품은 아니었지만 우리 삶을 끝없이 변화시키고 있다. 그렇다면 사유의 확장을 위한 인간의 실험과 도전은 이로써 끝난 것일까? 모든 명제를 발생시키는 기계적인 방식이 존재하지 않음으로써 이 문제는 종결된 것일까? 나는 그렇게 생각하지 않는다. 우리 인간은 다시 한 번 마음을 탐구함으로써 이 문제를 해결하기 위해 노력하고 있다고 생각한다.

3. 느낀점

컴퓨터에 대한 이 수업을 듣고 자료를 조사하기 전에는 컴퓨터 분야가 사유(思惟)보다는 자동화와 관련이 깊다고 생각했다. 내 전공인 경영학에서 배우는 내용은 컴퓨터의 자동화 기능에 초점이 맞추어져 있다. 예를 들어 CRM(Customer Relationship Marketing)은 문서로 처리하던 고객관리를 데이터베이스화했다. 또 ERP(Enterprise Resource Planning)는 기업의 모든 자원을 프로그램으로 계획하고 관리할 수 있게 했다. 이러한 자동화 프로그램을 이용해 어떤 노동력을 대체할 수 있을 것인지도 경영의 이슈이다. 왜냐하면 자동화를 하면 고용-해고의 법적 문제에서 벗어날 수 있고 설계를 잘 한다면 비용효율성을 높일 수 있기 때문이다. 그

3) 이광근(2015), 위의 책, p21.

4) 로저 펜로즈(2014), 『마음의 그림자』, 승산, p124.

5) 이광근(2015), 위의 책, p23.

래서 관리자와 산업공학자들이 제조업 중 어느 기능까지, 사무직 중 어느 기능까지 자동화할지 설계한다.

그런데 컴퓨터의 역사를 보면 적어도 보편만능의 기계 수준에서 인간은 자기 고유의 영역을 찾을 수 있다. 왜냐하면 적어도 컴퓨터의 기능만으로는 참·거짓을 판별할 수 없는 영역이 존재하기 때문이다. 단순히 프로그래밍 된 작업이 아닌 더 고차원의 판단의 영역은 아직은 인간의 고유 영역인 것 같다. 일자리 문제 측면에서 노동자들은 한숨 돌릴 수 있겠지만, 인류의 발전과 그의 의지 측면에서 우리는 한계에 봉착했다. 세상의 모든 진실을 좀 더 쉽게 알아낼 수 없을까? 인간은 계속 된 가설제시-검정의 과정을 통해 진리를 천천히 발견할 수밖에 없는 것인가?

우리 인간은 다시 한 번 마음을 탐구함으로써 논리학자들의 역사적 문제를 해결하기 위해 노력하고 있다고 생각한다. 역사적인 흐름을 보면 힐베르트의 결정문제는 약간 변형되었을 뿐 인류의 진리를 향한 희망은 꺾이지 않았다. 힐베르트의 목적은 한정된 논리체계로 세상의 모든 진실을 알아내는 것이었다. 이 논리체계의 문제점은 한정된 논리체계는 한정된 진실만을 제공할 뿐이라는 것이었다. 이 과정에서 탄생한 튜링의 보편만능의 기계(Universal Machine)는 오히려 컴퓨터가 할 수 없는 인간만의 영역을 남겨둠으로써 인간의 우월성을 드러냈다. 왜냐하면 인간은 적어도 주어진 프로그램만 수행하지 않고 새로운 것을 창조해내는 사고과정을 수행하는 것으로 보였기 때문이다. 예를 들어 『마음의 그림자』의 저자 로저 펜로즈는 전자식 컴퓨터로는 실제로 지능을 갖춘 기계를 만들 수 없다고 주장했다. 대신 그는 컴퓨팅적으로 제어하는 것을 넘어 인간의 사고과정을 통해 그러한 것을 만들 수 있을 수 있다는 희망을 얘기했다.⁶⁾ 이제 문제는 인간만이 가진 것으로 보이는 이 특징이 과연 무엇인지 밝혀내고 그것을 모방가능한지 알아내는 것이다. 따라서 힐베르트의 ‘결정문제’가 ‘일정한 조건을 가진 논리체계는 세상의 모든 진실을 발생시킬 수 있을 것이다.’였다면, 현대의 가설은 ‘일정한 조건을 가진 인공적인 지능은 세상의 모든 진실을 발생시킬 수 있을 것이다.’로 대응 될 수 있을 것 같다. 인간을 모델로 한 신경망 컴퓨터와 뇌과학의 연구는 기계적인 논리체계를 넘어서는 사고를 창조하고자하는 노력의 일환으로 보인다. 이 과정이 실패하든 성공하든 우리는 인간 삶을 풍요롭게 할 수 새로운 부산물들을 얻을 것이다.

관련 자료들을 정리하면서 느꼈던 또 다른 점은 인류의 역사적 의지가 개인의 신념과 아이디어와 만나 새로운 물결을 만들어내는 과정에서의 감동이었다. 많은 경우 우리는 천재들을 보며 그들의 능력을 동경한다. 그리고 컴퓨터의 역사에서도 앨런 튜링을 하나의 천재의 아이콘으로서 생각한다. 그는 실제로 뛰어난 사람이었다. 하지만 컴퓨터의 역사를 보니 그의 능력은 그만의 것이 아니었다. 그는 오랜 기간 축적되어온 인류의 지식이 있었기에 컴퓨터의 설계도를 제시할 수 있었다. 수업에서 배운 400년의 축적이 아니었다면 그는 괴델의 증명에 대한 수업을 듣지 못했을 것이다. 반면에 튜링이 괴델의 증명을 자기방식으로 해석하려는 의지가 없었어도 컴퓨터의 역사는 미뤄졌을 것이다. 같은 수업을 수강한 많은 학생들은 튜링과 같은 수업을 들었지만 새로운 역사를 만들어내지 못했다. 그들 중 많은 이들이 그냥 수업을 듣고 시험을 보고 더 이상 아무것도 하지 않았을 것이다. 그리고 내가 만약 그 수업을 들었더라도 새로운 생각을 하지 못했을 가능성이 높다. 즉, 튜링은 개인의 아이디어를 역사적 의지에 첨가하여 또 다른 역사를 만들었다.

이 대목에서 대학을 다니며 내가 얼마나 자율적으로 무엇인가를 생각한 적이 있었는지 반성하게 되었다. 저학년 때는 의욕은 앞섰지만 지식이 부족해서 생각할 힘이 부족했다. 그리고

6) 로저 펜로즈(2014), 위의 책, p593.

학년이 올라가면서 학교에 적응한 후에 학점은 그럭저럭 받았다. 그러나 점점 학부생이라는 틀에 나를 가두고 한계를 나 자신이 만들었던 것 같다. 그래서 수업을 넘어선 더 깊은 생각을 하지 않게 되었다. 하지만 컴퓨터의 역사 속에 앨런 튜링은 20대 초반에 컴퓨터의 설계도를 제시했고, 괴델은 25살에 불완전성 정리라는 증명을 제시했다. 나도 아직은 20대 중반 정도 밖에 되지 않은 젊은 나이라는 생각을 가지고, 더 이상 고학번이라는 틀에 나를 가두지 않고 자유롭게 생각을 해야겠다. 내가 무기력하게 생각하는 이 나이가 누군가에게는 모든 것을 할 수 있는 기회의 나이일 수도 있기 때문이다.

4. 결론

컴퓨터의 기원은 이와 같이 긴 역사 속에 생성될 수 있었다. 이 과정은 천재적인 개인에 의해서 이루어졌다고 할 수 있지만, 반대로 위에서 언급한 개인들이 역사를 만들고 수많은 다른 학자들이 지속적으로 연구한 결과라고 말할 수도 있다. 사실 컴퓨터의 아이디어는 그것을 의도하고 만든 것은 아니고 다른 문제를 해결하는 과정에서 필요에 의해 설계된 개념이었다. 힐베르트의 꿈은 결국 실패했지만 컴퓨터의 발명이라는 승리로 우리의 문명은 급속도로 발전할 수 있었다. 컴퓨터의 발명으로 진리를 탐구하기 위한 노력이 잠시 멈춘 것처럼 보이지만 논리학자들의 역사적 문제는 계속 남아있다. 이 문제를 풀기 위한 노력은 끝나지 않은 것 같다. 우리는 이 문제를 다시 우리 자신으로 돌아와 뇌과학과 같은 자신에 대한 관찰로 해결하고자 한다. 이러한 과정을 보며 느꼈던 감정은 결국 나 자신에 대한 반성으로 이어졌다. 그리고 이 반성은 나를 한 걸음 더 나아가게 만드는 자양분이 될 것이다.

5. 참고도서

루디 러커(2001), 『사고혁명』, 열린책들.
로저 펜로즈(2014), 『마음의 그림자』, 승산.
이광근(2015), 『컴퓨터과학이 여는 세계』.