

<컴퓨터, 진리를 향한 여로의 중간적인 종착점>

요약: 컴퓨터의 역사를 흔히 기계의 공학적 발전 과정으로 생각하기 쉽지만, 사실은 논리학, 수학, 그리고 상징언어의 역사라 해도 과언이 아니다. 논리학의 역사는 아리스토텔레스의 시대로 거슬러 올라간다. 의미를 나타내고 도출하기 위해 논리학이란 틀을 도입한 아리스토텔레스는, 인간의 사유를 모두 포괄할 수 있는 상징들의 체계를 만들고 싶어했던 라이프니츠의 꿈에 영향을 주었다. 불도 뒤이어 논리적인 관계를 대수적인 방식으로 체계화하고자 했다. 프레게는 여기서 한 단계 더 발전시켜, 'Begriffsschrift'라는 새로운 논리 언어를 고안하고자 했다. 한 편 같은 시대를 살았던 칸토르는 무한의 영역을 수학의 대상으로 편입시키며, 후에 튜링의 증명에 이용될 대각선 논법을 고안했다. 라이프니츠의 꿈은 20세기로도 연장되었고, 수학자 힐베르트는 정해진 유한한 공리들의 체계로부터 모든 수학적 사실이 도출될 수 있으며 상징적인 언어만으로 논리와 수학이 함께 발전할 수 있는 '힐베르트 프로그램'을 제시했다. 그러나 힐베르트의 염원은 괴델의 불완전성 정리에 의해 좌절되었다. 캠브리지 대학교에서 불완전성 정리를 증명하는 강의를 수강하던 앨런 튜링은, 괴델과는 다른 방식으로 같은 내용을 증명할 수 있다고 생각했고, 이는 오늘날 컴퓨터의 개념적인 시초가 되었다. 컴퓨터가 탄생하게 된 길은 진리를 향한 학자들의 염원이 실현되기도 좌절되기도 한 송고한 굴곡이었으며 인류의 지성사(知性史)가 한 단계 진보하는 발걸음이었다. 컴퓨터의 탄생으로부터 해석해낼 수 있는 의의는 3가지가 있는데, 첫째는 포괄적이고 보편적인 진리 체계에 대한 인간의 갈망이다. 두 번째 의의는 바로 새로운 언어를 창조함으로써 세계를 전환시킨 것에 있다. 세 번째 의의는, 컴퓨터의 탄생은 집단 지성이 오랜 기간에 걸쳐서 발휘된 '팀워크'의 결과란 점에 있다. 혹자는 컴퓨터에 의해 인간의 능력이 폄하되고 기계가 인간을 대체하는 소외의 시기가 도래했다고 주장한다. 그러나 컴퓨터는 인간 지성이 불가지(不可知)의 영역에 대하여 승리해오는 역사 속에서 시작되었음을 상기할 필요가 있다.

컴퓨터의 역사를 흔히 기계의 공학적 발전 과정으로 생각하기 쉽지만, 사실은 논리학, 수학, 그리고 상징언어의 역사라 해도 과언이 아니다. 컴퓨터는 모든 논리적 작업을 기호들로 환원시켜 표현하고자 했던 학자들의 염원이 갖은 굴곡을 그리며 튜링의 설계도에 깃들기까지의 긴 시간을 인내해 왔다. 라이프니츠, 불, 프레게, 칸토르, 힐베르트, 괴델, 마지막으로 튜링에 이르기까지 수많은 사람들이 컴퓨터의 탄생에 기여하였다.

논리학의 역사는 아리스토텔레스의 시대로 거슬러 올라간다. 아리스토텔레스의 논리학은 'term', 'proposition', 그리고 'syllogism'으로 이루어진다. Proposition은 두 개의 term과 그 관계로 이루어져 있으며, 참과 거짓이 판명될 수 있다. Syllogism은 그 유명한 삼단 논법으로, 2개의 proposition들을 전제로 하여 도출되는 연역적 결론을 말한다. 예컨대, '새내기는 행복하다'라는 proposition에서 두 term은 '새내기'와 '행복'이다. 이에 덧붙여 '철수는 새내기이다'라는 새로운 전제가 제시되면 따라서 '철수는 행복하다'라는 삼단논법적 결론을 낼 수 있다. 아리스토텔레스의 논리학은 이에 그치지 않고 '모든(universal)/어떤(particular)' 및 '이다(affirmative)/아니다(negative)'의 관계도 설명에 도입한다.¹ 예컨대 '모든 새내기는 행복하다', '모든 새내기는 행복하지 않다', '어떤 새내기는 행복하다', '어떤 새내기는 행복하지 않다' 총 4개의 논리적 문장이 가능하다. 또한 그는 형식논

¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Term_logic

리학의 3대 원리로 동일률, 배중률, 모순율을 제시하였다.

의미를 나타내고 도출하기 위해 논리학이란 틀을 도입한 아리스토텔레스는, 인간의 사유를 모두 포괄할 수 있는 상징들의 체계를 만들고 싶어했던 라이프니츠의 꿈에 영향을 주었다.² 다시 말하면, 라이프니츠는 인간의 사고를 수학적이고 간단명료한 논리 시스템으로 설명하는 상징 및 규칙을 체계화하고자 했다. 그는 아리스토텔레스가 문장으로 풀어 썼던 논리적인 관계들을 다양한 기호로 나타내고자 했으며, 이 상징들의 조작을 통해 효율적인 계산도 가능하길 바랐다. 비록 작업을 마무리하지 못하고 생을 마감했지만 라이프니츠의 꿈은 후대의 수학자들에게 원대한 숙명으로 남았다.

불도 뒤이어 논리적인 관계를 대수적인 방식으로 체계화하고자 했다.³ 그는 하나의 계급("class")을 알파벳으로 나타냈고, 계급들 사이의 관계는 곱하기 등의 연산으로 기호화했으며, 공집합에 상응하는 0("empty")과 전체집합에 상응하는 1("universe of discourse")을 통해서 논리 체계들을 수학적으로 표현했다. 예컨대 아리스토텔레스가 제시한 모순율은 $x(1-x)=0$ 으로 표현되었다. 불 역시도 모든 논리를 포괄할 수 있는 보편적인 시스템을 꿈 꿔왔으며, 인간의 사유를 간단한 방정식으로 나타내려 시도한 것이다.

프레게는 여기서 한 단계 더 발전시켜, 'Begriffsschrift'라는 새로운 논리 언어를 고안하고자 했다. 논리적인 관계는 더욱 간단한 상징 몇 가지로 환원되고(\forall (universal), \exists (existential)), 기존에는 어휘로 구성되었던 문장이 일련의 규칙들에 따라 순수하게 기호화되었다. 프레게의 논리학은 언어 철학이란 학문의 새 뿌리를 탄생시켰지만, 연역의 과정이 복잡했으며 라이프니츠가 꿈꿨던 자동 계산 및 판단 능력이 결여되어 있었다.⁴

한 편 같은 시대를 살았던 칸토르는 무한의 영역을 수학의 대상으로 편입시키며, 후에 튜링의 증명에 이용될 대각선 논법을 고안했다. 무한을 수학적으로 연구하는 일은 불가능해 보였을 뿐만 아니라, 다양한 이유로 저지되었다. 저명한 수학자 가우스 역시 무한을 다루는 일을 경고할 정도였다.⁵ 하지만 칸토르는 금기시된 작업에 용감하게 뛰어들었고 마침내 같은 무한이어도 자연수와 실수의 개수가 다르다는 사실을 밝혀냈다. 그는 대각선 논법을 통해서 자연수의 집합에 1대1로 대응되지 않는 실수가 반드시 존재함을 증명해냈고, 연속체 가설이란 수학적 난제를 제시했으며 정신이상이란 대가를 치르면서도 평생을 집합론 연구에 바쳤다.

라이프니츠의 꿈은 20세기에도 연장되었고, 수학자 힐베르트는 정해진 유한한 공리들의 체계로부터 모든 수학적 사실이 도출될 수 있으며 상징적인 언어만으로 논리와 수학이 함께 발전할 수 있는 '힐베르트 프로그램'을 제시했다.⁶ 모든 수학의 원리들을 일관적인 규칙을 지닌 유한한 시스템 내에서 완전하게 규정해보자는 대담한 시도였던 것이다. 같은 맥락에서 힐베르트는 결정 문제, 즉 모든 산술적 진술의 참과 거짓을 결정할 수 있게 해주는 유한한 기계적 절차가 존재하느냐는

² <The universal computer road from Leibniz to Turing>, Martin Davis, 2000, W. W. Norton & company, p.15 "...system of symbols encompassing the full scope of human thought"

³ 같은 책, p.27 "...logical relationships...expressible as a kind of algebra"

⁴ 자세한 내용은 같은 책, pp. 57-58 참조.

⁵ 같은 책, p. 60

⁶ 같은 책, p. 99

질문도 제기하였다.⁷

그러나 힐베르트의 염원은 괴델의 불완전성 정리에 의해 좌절되었다. 괴델은 내부적 모순이 없는 포괄적인 공리 체계라고 하더라도⁸ 참인 일부 명제를 증명할 수 없음을 증명했다. 즉, 몇 개의 유한한 추론 규칙들만으로는 참과 거짓을 판명할 수 없는 명제가 반드시 존재한다는 것이다. 증명 불가능성에 대한 괴델의 증명은 힐베르트의 신념이었던 “Wir müssen wissen, Wir werden wissen”⁹, 즉 질문이 있다면 절대적인 답에 도달할 수 있으리란 수학자들의 확신을 수학적 방법으로 부정하는 아이러니를 그려내었다. 하지만 이 좌절은 앨런 튜링에 의해 밝혀질 새로운 학문을 잉태하여 전화위복의 기회를 엿보고 있었다.

캠브릿지 대학교에서 불완전성 정리를 증명하는 강의를 수강하던 앨런 튜링은, 괴델과는 다른 방식으로 같은 내용을 증명할 수 있다고 생각했고, 이는 오늘날 컴퓨터의 개념적인 시초가 되었다. 튜링은 그의 논문에서 “기계적인 방식”을 정의하고, ‘튜링 머신’이란 기계의 작동 방식을 설명하였다. 이 체계 하에서 모든 튜링 머신의 기능을 흉내 낼 수 있는 “보편 만능의 기계(Universal Machine)”가 가능하다는 사실도 보였다. 그러나 이 만능기계로도 참/거짓을 알 수 없는 명제가 반드시 있음이 이어서 증명된다. 구체화하면, 튜링은 칸토르의 대각선 논법을 적용하여 튜링 머신의 개수는 자연수만큼 존재하는데 이러한 개수의 기계로는 멈춤 문제를 풀 수 없음을 보인다. 괴델의 불완전성 정리는 튜링에 의해서 더욱 공고해졌지만, 이는 한계의 절망적인 재확인이 아니라 ‘컴퓨터’란 새로운 분야의 탄생을 알리는 신호탄이었다.

컴퓨터가 탄생하게 된 길은 진리를 향한 학자들의 염원이 실현되기도 좌절되기도 한 숭고한 굴곡이었으며 인류의 지성사(知性史)가 한 단계 진보하는 발걸음이었다. 그 기원에 관한 역사적 서술은 단순히 여러 수학자들의 업적을 나열하는 것에 그치지 않는다. 역사는 실제로 발생한 사건들의 객관적인 기술에 더불어, 의의 및 한계의 평가를 포함하기 때문이다.

컴퓨터의 탄생으로부터 해석해낼 수 있는 의의는 3가지가 있는데, 첫째는 포괄적이고 보편적인 진리 체계에 대한 인간의 갈망이다. 모든 것을 할 수 있는 능력을 향한 욕망은 이상주의적이다. 현실에서는 만능의 주체를 찾아보기 힘들며, 인간은 허점투성이의 유한한 존재이다. 그럼에도 불구하고 인류는 늘 전지전능한 존재를 추구했으며, 특히 서양사에서는 문자 그대로 만능인 유일신이 인간의 정신과 제도를 지배했던 중세 시대도 있었다. 근대 과학의 발전과 세계의 점진적인 세속화로 신이 그 지위를 상실한 이후에도 ‘만능’은 늘 인류의 이상이었다. 예컨대 컴퓨터의 씨앗이었던 라이프니츠의 꿈은 모든 계산과 사유를 포괄하는 이상적인 상징 시스템을 만들어내는 것이었다. 프레게가 이룩하고자 했던 것도 보편적인 이상언어였다. 그의 작업들을 보면, 그 어떤 언어로 쓰인 문장도 의미만 같다면 동일한 기호들로 환원되는 보편성을 발견할 수 있다. 수학의 20세기를 열어젖힌 힐베르트 역시 모든 참인 명제가 증명 가능한 공리의 체계를 꿈꿨다. 물론 괴델의 ‘증명 불가능성에 대한 증명’은 이 이상을 좌절시킨 듯도 보였지만, 튜링의 멋진 발상으로 만능의 도구에 대해 사유하는 계기가 되었다. 결국 보편적이고 포괄적인 이상을

⁷http://ko.wikipedia.org/wiki/%EA%B4%B4%EB%8D%B8%EC%9D%98_%EB%B6%88%EC%99%84%EC%A0%84%EC%84%B1_%EC%A0%95%EB%A6%AC

⁸ 힐베르트에게 수학적인 ‘존재’의 의미는, 그 존재를 가정했을 때 모순되지 않음을 증명하면 확립되는 속성이었다. 같은 책, p. 90

⁹ 같은 책, p.103

향한 인류의 일관되고 열정적인 갈망은 눈부신 성과를 이루어내었다. 불가능하다고 여겨진 것에 대한 끊임없는 도전이 결실을 맺은 것이라고도 할 수 있다. 이에 대해서는 무한을 계산 가능한 영역으로 끌어들이는 특히 칸토르가 그러하다.

두 번째 의의는 바로 새로운 언어를 창조함으로써 세계를 전환시킨 것에 있다. 하나의 언어는 하나의 세계를 전제하며, 다른 언어를 구사하는 사람들은 다른 세계관을 갖고 살아간다. 언어를 통해 사유하고 의사를 전달하는 인간은, 언어에 내재된 문법적인 구조와 어휘의 성별 및 가짓수 등이 변하면 세계를 새로운 방식으로 보게 된다. 이는 언어 철학자 흄볼트의 말로 정리된다: “모든 언어는 현실세계를 사고로 전환시키는 각각의 고유한 방법이 있다. 그것은 세계를 고유한 범주의 망으로 포섭하며, 판단을 만들어 주는 고유한 문장 형식을 제공한다. ... 외국어를 습득하는 것은 상이한 세계관을 흡수하는 것이[다.]”¹⁰ 컴퓨터는 언어를 만들어냄으로써 새로운 세계의 지평을 열었다. 라이프니츠의 꿈이었던 보편적인 상징 체계 역시 일종의 언어였으며, 프레게에 와서는 글자로 구성된 문장과 다를 바 없도록 시스템이 발전하였고¹¹, 오늘날엔 아예 컴퓨터 고유의 공학적인 언어가 존재하게 되었다. 새로운 언어를 접하게 된 인간은 이제 이전엔 할 수 없었던 사유와 능력을 손에 넣게 되었으므로 새로운 세계를 경험하게 된 것과 다를 바 없다.

세 번째 의의는, 컴퓨터의 탄생은 집단 지성이 오랜 기간에 걸쳐서 발휘된 ‘팀워크’의 결과란 점에 있다. 직접적으로 컴퓨터의 개념을 고안해낸 것은 앨런 튜링이었지만, 이 발명을 위해서 수백 년의 역사와 숭한 수학자들의 고뇌가 필요했으며, 거대한 흐름 속에서 하나의 요소라도 빠졌더라면 지금과 같은 컴퓨터의 발전을 확신할 수 없다. 물론 이 안에는 갈등도 잦았다. 크로네커는 칸토르의 시도에 적극적으로 반감을 표명했으며, 푸앙카레는 논리적인 관계를 기호화하는 일에 어떤 의의가 있는지 의문을 드러내기도 했다.¹² 그럼에도 불구하고 수학자들은 서로의 계단이 되어주며 시공을 초월한 협력을 선보였다. 고대 그리스의 한 사람이 근대 독일의 수학자에게 꿈을 심어주었고, 그의 이상은 몇 백 년 후 영국의 청년에 의해 결실을 맺은 것처럼.

혹자는 컴퓨터에 의해 인간의 능력이 폄하되고 기계가 인간을 대체하는 소외의 시기가 도래했다고 주장한다. 극단적으로는 첨단 기술을 의도적으로 파괴하려는 네오 러다이트 운동도 발발했다. 이처럼 많은 사람들이 컴퓨터가 인간에게 초래한 몇몇 부정적인 결과들을 인식하고 있다. 컴퓨터가 오롯이 혜택만을 가져왔다고 단언할 수는 없는 것이다.

그러나 컴퓨터는 인간 지성이 불가지(不可知)의 영역에 대하여 승리해온 역사 속에서 탄생했음을 상기할 필요가 있다. 컴퓨터가 보편화된 지금 우리는, 이 만능 기계의 기원이 인간 지성의 진보로 점철되어 있다는 감각을 잃지 않아야 한다. 나아가 기계적으로는 고안해낼 수 없는 인간만의 고유한 결과물을 창출해내야 한다. 컴퓨터는 유용한 도구로써 사용될 뿐 인간의 창의적인 사고와 자유로운 마음을 잠식해선 안 된다. 또한 인류는 컴퓨터에 만족하지 않고 더욱 획기적인 발전과 논리를 위해 골몰해야 한다. 이러한 도전 정신은, 튜링 시대의 사람들이 오늘날의 컴퓨터를 상상하지 못했던 것처럼 우리가 생각지도 못한 멋진 발명으로 이어질 것이다.

¹⁰ <철학과 굴뚝청소부>, 이진경, 2001, 그린비 pp. 242-243

¹¹ 이는 마틴 데이비스의 의견과도 합치한다. 같은 책, p. 52 “By now it should be clear that Frege was not just developing a mathematical treatment of logic but also was actually creating a new language.”

¹² 같은 책, p. 93