Journal of Historia Mathematica Vol.7. No.1, 1992.12
The Society of Korean Mathematical History

퍼지이론의 배경과 수학사적 의의

연세대학교 박창균

1. 서론

주지하는 바와 같이 퍼지이론은 1965년에 Zadeh 교수가 「Fuzzy Sets」라는 논문을 발표한 이래 기존의 수학을 퍼지화하고 있고 – Fuzzy Topology, Fuzzy Group, Fuzzy Analysis, Fuzzy Graphs, Fuzzy Logic 등 – 과학기술에 응용되어 많은 사람들에게 낯설지 않는 이름이 되었다. 퍼지이론은 일반적으로 Fuzzy Set Theory, Fuzzy Measure, Fuzzy Logic을 중심으로 하는 이론이라고 할 수 있는데 애매모호함을 수학적으로 다룬다는 것이 그 기본 발상이라고 하겠다.

그런데 한 이론이 역사와 아무런 관련 없이 돌출되기란 상상하기 어려운 일이다. 한 이론의 출현에는 거의 예외없이 역사적 사회적 문화적 배경이 있기 마련이다. 퍼지이론의 출생에 역사적 필연성은 없었는가? 있었다면 그 필연성의 조건은 무엇인가? 또 필연성까지는 아니라도 개연성 내지 연관지을 수 있는 시대적 배경은 존재하는가? 또한 퍼지이론은 수학사적으로 어떤 의의를 찾을 수 있는가? 위의 물음을 검토하기 위하여 이 논문은 먼저 퍼지이론을 약술하고, 20세기 후반에 들어서서 전개되는 학문의 흐름을 철학과 수학을 중심으로 개관하여 이러한 학문의 경향과 퍼지이론의 특성이 서로 공명하고 있음을 보이고 수학사적 의미를 역사적 맥락에서 규정해 볼 예정이다.

2. 퍼지이론

전술한 바와 같이 퍼지이론의 중심이라고 할 수 있는 퍼지집합, 퍼지측도, 퍼지논리와 퍼지이론의 응용에 대해서 알아보기로 한다.

2.1 퍼지 집합

'아름다운 사람들의 모임'이라든가 '키가 큰 사람들의 모임'은 우리가 흔히 알고 있는 보통집합(Crisp Set)은 될 수 없으나 퍼지집합은 될 수 있다. 만약 A가 보통집합이라면 전체집합 X의 부분집합 A는 특성함수 $\chi_A : X \rightarrow \{0,1\}$ 로써 표시할 수 있는데, 이는 X의 한 원소가 A에 들어가든가 들어가지 않든가 두 가지 경우 중 어느 한 가지이다. 그런데 퍼지집합 A는 소속함수(membership function) $\mu_A : X \rightarrow [0,1]$로 정의되고 $\mu_A(x)$는 $x \in A$가 퍼지집합 A에 소속되는 정도를 나타낸다. $\{0,1\}$ 을 $[0,1]$로 대치하는 것은 논리적으로 말한다면 이치논리에서 무한치논리로의 확장을 의미하고 보통집합은 퍼지집합의 특수한 경우가 된다. 퍼지집합에서는 다양한 연산이 가능하지만 보통집합과 같은 개념으로 연산을 정의하면 ― 전체 집합 X에서 퍼지 집합 A, B에 대하여

$$A \cup B \Leftrightarrow \mu_{A\cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad \forall x \in X,$$
$$A \cap B \Leftrightarrow \mu_{A\cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad \forall x \in X,$$
$$A^c(\text{ complement of } A) \Leftrightarrow \mu_{A^c}(x) = 1-\mu_A(x) \quad \forall x \in X$$

― 퍼지집합 A와 A의 여집합 A^c에 대해 $A \cap A^c \neq \emptyset$, $A \cup A^c \neq X$이 되는데 곧 모순률이나 배중률이 성립하지 않음을 알 수 있다. 또한 1967년 Goguen은 퍼지집합의 소속함수의 공역 [0,1]을 lattice(격자)로 바꾸어 L-퍼지집합을 만들었다.

2.2 퍼지측도(Fuzzy Measure)

Fuzzy Measure는 애매성의 양상을 취급함에 있어서 종래의 확률측도에서 가법성 $(P(A)+P(A^c)=1)$을 완화한 것이라 할 수 있으며 Sugeno에 의해 제안되었다.

퍼지집합이 경계가 모호한 집합이라면 퍼지측도 $g_x(A)$는 어떤 원소 x가 어떤 보통집합 A에 소속되는 정도를 나타낸다. 이 개념에는 원소 x가 어느 보통집합에 속하게 되는 정도의 불확실성이 전제되어 있다. 예를 들어 여기 흐려진 한장의 여자 사진이 있다고 하자. 여자 전체의 집합을 X라 하고 여고생의 집합을 A_1, 여대생의 집합을 A_2, 20代 여성의 집합을 A_3라 할 때 $g_{A_1}(x) = 0.4$, $g_{A_2}(x)=0.8$, $g_{A_3}(x)=0.7$ 등으로 표시할 수 있으며(물론, 그 값들은 주관적일 수 밖에 없다) 각 측도의 값의 합은 반드시 1일 필요가 없다.

2.3 퍼지논리(Fuzzy Logic)

Fuzzy Logic은 다치논리에 퍼지집합이론이 적용된 것이라 할 수 있는데 모호

한 문장에 표준적인 논리를 적용하는 어려움을 비형식적 논의를 고전논리에 알맞게 고치기 보다는 고전논리를 비형식적인 논의에 맞게 고친 것이라 할 수 있다. Black은 자연언어는 전적으로 모호하다고 주장했는데[1] 퍼지논리의 특징은 바로 이 자연언어를 취급할 수 있다는 것이다. 퍼지논리에서는 메타언어적 술어인 '참이다'는 말 자체도 모호하게 취급되며 퍼지진리치를 갖는다. Zadeh에 의하면 퍼지논리는 '퍼지진리치, …부정확한 진리표… 그리고 정확하기 보다는 근사한 타당성을 가진 추리 규칙들'을 가진다[13]. 따라서 수리 논리학에서 핵심적인 주제가 되는 공리화, 무모순성, 완전성, 증명절차 등은 퍼지논리에서는 '변두리' 문제일 뿐이다[14]. Susan Haak은 퍼지논리를 택하면 단순성은 상당히 손상될 것이라면서 퍼지논리가 인공적으로 정밀성을 부여하려는 것에 대해 의문을 제기한다[4]. 그러나 이러한 반론에도 불구하고 (Haak의 논의의 타당성은 이 논문의 주제와 관계없으므로 논외로 함) 퍼지논리는 인공지능 등에 매우 효과적으로 응용되고 있다. Klir와 Folger는 퍼지논리를 정의하면서 퍼지논리는 다치논리의 확장이고 그것의 궁극적 목표는 퍼지집합이론을 중요한 도구로 사용하여 부정확한 명제도 근사적 추론(approximate reasoning)하도록 하는 기초를 제공하는 것이라고 하였다[7]. Approximate reasoning은 fuzzy reasoning이라고도 하는데 이것은 기존의 추론 규칙이 융통성이 결여되어 있다는 점을 보완하여 불확실하고 부정확한 상황에서도 인간이 수행하는 추론의 근사성을 반영한 것이다. 예컨대 토마토가 붉으면 익었다는 것을 알 때 토마토가 '매우' 붉다는 정보에 대해 토마토는 '매우' 익었다는 결론에 도달하는 것이다. 이런 형태의 추론을 GMP (Generalized Modus Ponens)라 하며 일상 생활에서 만나는 모호한 개념을 포함한 가정과 사실을 가지고 추론한다. 일반 논리학에서 사용하는 다른 추론규칙에 대해서도 유사한 제안이 이루어져 있다.

2.4 퍼지이론의 응용

퍼지이론은 여러 분야에서 응용되고 있지만 그 중 가장 활발한 분야는 역시 퍼지 제어분야이다. 1974년 영국의 런던대학의 Mamdani 박사가 스팀엔진의 자동운전에 퍼지추론을 응용하여 좋은 결과를 얻었고 이것은 퍼지추론을 제어에 응용한 효시가 되었다. 그 후 1980년에 Smidth社가 개발한 cement kiln용의 제어기에 실용화되었고 일본에서는 퍼지 운전장치가 개발되어 센다이市의 지하철 운전제어에 이용되었다. 퍼지이론은 공장자동화, 전문가 시스템, 음성인식, 문자인식, 인공지능 로보트, 퍼지 컴퓨터 등에 응용되고 있으며 인간과 기계의 interface를 보다 원활하게 해 주고 있다. 비단 이러한 공학뿐만 아니라 의사결정, 정보처리, 경영, 관리등 애매모호하고 불확실성이 내재되어 있는 곳에는 퍼지이론은 마

치 물이 틈이 난 곳으로 스며들 듯이 자연스러운 방법론으로 인식되고 있는 것이다.

3. 현대 학문의 경향
-20세기 후반의 철학과 '고립된' 수학

J. K. Galbraith라는 경제학자는 2차대전 이후의 시대를 '불확실성의 시대'라고 불렀다. 19세기와 20세기 전반에 걸쳐 출현한 비유클리드 기하학, 상대성 원리, 불확정성 원리, Gödel의 불완전성 정리, 다치논리, 양자역학 등은 패러다임의 변화를 초래했고 '불확실성의 시대'의 도래를 알리는 전주곡들이었다고 할 수 있다. '불확실성'은 역설적으로 이성의 승리이면서도 패배였고 결과적으로 한계를 노정한 것이었다. 인간은 그동안 쌓아 올린 이성의 '건축물'에 큰 하자가 있음을 발견하고 보수작업에 진력했지만 또 다른 결함이 발견되는 상황에 직면한 것이다. 그리하여 고칠 수 없을지도 모른다는 위기감내지 체념상태에 도달해 있는 것이다. 이러한 위기감이나 체념이 다소 과장이라도 이성은 그 절대권력에 적어도 큰 손상을 받았음을 부인할 수 없다.

3.1 현대 철학의 경향

서구 유럽에서는 2차대전의 상처가 거의 아물어 가던 60년대에 들어서서 철학사적으로 주목할 만한 강력한 운동이 전개되기 시작했는데 이 운동의 소용돌이는 기존의 대부분의 철학이 전제하고 있던 이성의 절대성과 자아의 명증성, 언어의 도구성 등을 비판하고 과학의 객관성과 합리성을 거부하는 근대 철학의 기초를 흔드는 것이었다. 이 소용돌이의 중심에는 철학적 해석학, 후기 구조주의, 새로운 과학철학이 자리잡고 서양 근대문화에 대한 기존의 패러다임을 반성, 해체하고 전통적인 과학관을 뿌리채 뽑아 뒤엎는 '반 데카르트적'[15]인 경향을 띠고 있었다.

근대 철학의 아버지라 불리우는 데카르트는 지식의 확실성을 얻기 위해 의심할 수 없는 확실한 근거점(아르키메데스의 거점)을 Cogito, 즉 '사유하는 자아'에서 찾았다. 『나는 생각한다. 고로 나는 존재한다.』에서처럼 사유하는 자아는 마치 삼각형이 세 각을 가지고 있는 것처럼 명증적이라 했다.[15] 그러나 후기 구조주의자로 분류되는 라캉(Lacan)은 자아의 허구성과 불완전성을 지적하며 Cogito를 풍자하여 『나는 내가 존재하지 않는 곳에서 생각한다. 그러므로 나는 내가 생각하지 않는 곳에서 존재한다.』라고 한다. 데카르트가 말한 '자아'는 오늘날 그 지위를 잃어 세계의 근원이 아닌 말이나 사회적 관계를 통한 구성물, 즉 '파생적 존재'로 전락하고 만 것이다. 뿐만 아니라 후기 구조주의자들은 말은 자율적 체계와 질서를 갖고 현실은 이성의

질서라기 보다 오히려 말의 질서에 속한다고 주장한다.

새로운 과학 철학의 대두는 곧 전통적 과학관 — 과학이 객관성과 합리성을 가지고 있다는 것 — 에 대한 도전이었다. 전통적인 과학관은 과학이 이론과 독립된 경험적 사실로부터 과학 이론의 타당성이 검증될 수 있으므로 객관적이라 주장하고, 또한 과학이 합리적이라는 것은 과학이 논리적이라는 데서 그 근거를 찾았다. 그리하여 카르납(Carnap)을 비롯한 논리 실증주의자들은 과학이 귀납적 방법을 바탕으로 한다고 생각하여 귀납논리의 엄밀화에 노력을 기울였으며, 귀납논리가 가지는 약점을 극복하기 위해 포퍼(Popper)와 같은 반증주의자들은 연역논리 위에서 과학의 합리성을 구축하려고 했다[18]. 이들의 입장의 차이에도 불구하고 논리 실증주의자나 반증주의자들은 인식론적으로 관찰이 이론보다 우위에 있으며 과학적 지식은 누적적이라는 데에 견해를 같이 했다. 그러나 이러한 과학관은 50년대 후반을 들어서며 도전을 받게된다. 1958년 핸슨(Hanson)은 「발견의 패턴」에서 소위 '이론의 관찰의존성'을 주장했다. 그에 따르면 순수한 관찰은 존재하지 않으며 관찰은 관찰자의 지식 신념, 이론에 영향을 받는다는 것이다. 그러나 이것은 예고편과도 같았다. 정작 전통적 과학관이 결정적 타격을 받은 것은 1962년 쿤(Kuhn)에 의해서이다[18]. Kuhn은 그의 「과학혁명의 구조」에서, 역사적 관점에서 과학의 발전 과정을 3단계로 나누어 — 전 패러다임 단계, 통상과학 단계, 새로운 통상과학 — 패러다임이라는 개념을 가지고 설명했다. 과학자들은 과학자 공동체의 구성원들이 공유하고 있는 신념이나 가치, 기술 등을 총체적으로 지칭하는 개념인 패러다임을 통하여 세계를 보고 연구한다는 것이다. 과학자들이 하나의 패러다임을 가지고 통상과학 안에서 활동할 때 이 활동은 매우 보수적인 성격을 띤다. 그러나 변칙사례가 나타나 기존의 패러다임을 더 이상 유지할 수 없을 때 과학혁명이 일어나고 새로운 패러다임으로 옮겨가게 된다. Kuhn은 이 과정을 종교적 개종에 비유했다. 그리고 기존 패러다임과 새로운 패러다임 간에는 평가기준, 언어의 의미, 세계관 등에 있어서 어떤 공통점도 없기 때문에 통약 불가능(incommensurable)하다고 했다. 이러한 견해는 과학은 객관적이고 합리적이라는 전통적 과학관을 부정하는 것이고 과학이 누적적으로 진보한다는 주장에 대한 정면 도전인 것이 된다. 파이어아벤트는 좀 더 극단적인 입장으로 과학은 미신과 조금도 다를바 없다고 하며 『어떻게 해도 좋다.』[3]라고 치닫는다. 이러한 상대주의적 경향을 형이상학적으로 표현한다면 단 하나의 세계와 단 하나의 진리만 있는 것이 아니고 생각하는 관점에 따라 다양한 세계와 다양한 진리가 가능하다는 입장이라고 할 수 있다. Kuhn이 상대주의자라는 것은 논쟁의 대상이 되지만 이러한 상대주의적 경향은 전통적 견해에 대한 대안없는

해체라는 비난이 따랐다. 그 후에 Lakatos와 Laudan은 이론 선택의 합리적 기준이 존재한다는 입장은 살리면서 쿤의 견해를 수용하려는 시도를 했다[17]. 상대주의라는 안티테제에 대한 이러한 종합은, Putnam이 「이성, 진리, 그리고 역사」의 서문에서 이분법적 사고방식의 습성이 관점들을 유형화시키고 사고의 틀을 미리 고정시킨다고 지적한 입장과 상통하다고 생각되며[11], 현대 철학이 이분법적 논리를 극복하고 총체적 세계를 지향한다는 것을 보여주고 있는 것이라 하겠다.

3.2 수학의 '불확실성'

수학은 고대 그리이스시대부터 시작된 독립된 학문으로서 2000년 이상 정확하고 엄밀한 진리의 상징으로 여겨져 왔다. 수학은 창조 질서의 신비를 해결해 줄 것이라는 신념을 준 때도 있었고 다른 학문에서 – 물리학, 천문학, 광학, 역학 등 – 수학이론의 설명과 예측이 실험과 관찰의 결과와 일치하여 수학자들은 진리를 확보했다고 자만할 수 있었다. 데카르트 이후 방법론적 일원론의 기치아래 수학을 비단 자연과학 뿐만 아니라 철학과 신학에도 적용시키기에 이르러 심지어 「기하학적인 방법에 의한 신존재 증명」과 같은 책이 나오기도 했다. 이러한 세계관은 Laplace가 우주가 단 하나 있고 Newton은 그 법칙을 발견했으므로 가장 행운아였다고 한 데서 찾아 볼 수 있다. 그러나 19세기에 들어서서 비유클리드 기하학의 등장과 사원수의 발견은 수학자체와 과학에서의 수학법칙들에 대한 진리성 여부에 의문을 제기했고 수학 자신을 되돌아 보는 계기를 만들었다. 이것은 적어도 자연이 수학적으로 설계되었다는 생각이 현실에서 근거를 잃게 되었다는 것을 함축했다. 19세기 후반에 수학을 엄밀하게 하려는 운동은 수학 구조의 결함을 보완하고 재건하려는 일이었다. 이러한 노력은 집합론에서 역리가 발견되면서 다시 그 기초가 위기에 직면하는데 이 흔들리는 기초를 다시 세우려고 네가지 상반된 학파가 나타난다. 이들 학파들은 수학의 본질을 어떻게 보느냐에 따라 흔히 논리주의, 직관주의, 형식주의와 집합론자로 분류되는데 한 학파는 또 다시 약간의 입장 차이로 세분되는 형편이었다. 특히 논리주의의 경우 수학은 논리학으로 환원시킬 수 있다는 전제아래 흔들리는 수학을 논리학 위에 고정시키려고 했다. 이러한 맥락은 20세기 전반의 과학철학을 주도했던 논리실증주의에서도 엿볼 수 있다. 그러나 여러 학파들이 알려진 역리들을 해결했다고 해도 무모순성을 확립하지 않는다면 새로운 역리가 나타날 가능성은 항상 열려있다고 할 수 있는데 당혹스럽게도 Gödel은 이러한 학파들의 논리적 원리로는 수학의 무모순성을 증명하는 것이 불가능하다는 것을 입증했다. Gödel의 불완전성 정리는 어떤 공리체계도 어느 한 구조의 모

든 정리들을 증명하기에 부적합하다는 것을 말한다[6]. 이러한 비관적 상황을 20세기의 지도적 수학자의 한 사람이라고 할 수 있는 Hermann Weyl은 1948년에 다음과 같이 말한다[15].

『수학에 있어서 궁극적 기초와 궁극적 의미에 관한 질문은 미해결인 문제로 남아있다. 이러한 문제에 대한 해답이 어느 방향에서 찾아질 것인지, 또는 최종적인 객관적 답변을 기대할 수 있을 것인지 조차도 우리는 알지 못한다.』

수학에서마저 야기된 불확실성은 결국 수학자들을 위축시킨 결과를 낳았고 타 학문과 단절하여, 자연과 현실의 문제보다 수학 자체내의 문제에 몰두하게 한 것 같다. 이러한 다른 학문과의 장벽이 높아지는 현상은 결국 수학자의 창의성과 동기유발을 자극하는 데에도 부정적으로 작용한 것으로 여겨진다. 1957년 Courant가 Rellich를 위한 추도문에서[6] 만약에 현재의 경향이 계속된다면 『미래의 '응용' 수학은 물리학자나 공학자에 의해 발전될 것이며 직업 수학자의 지위는 새로운 발전과 아무런 연관이 없게될 위험이 있다.』고 경고했는데(Courant는 순수수학과 응용수학을 구분하지 않았음) 이러한 경고는 공학자 Zadeh에 의해서 퍼지이론이 탄생한 것을 생각한다면 적중한 감이 있다.

4. 현대학문의 경향과 퍼지이론, 그리고 수학사적 의의

지금까지 살펴본 바와 같이 1960년대는 그 이전에 축적되어 온 '반데카르트적 경향'성 지류가 한 곳에 모여 큰 강을 형성한 시기였다고 볼 수 있다. 이 '불확실성의 시대', '탈이성의 시대'에 퍼지이론은 그 모습을 드러낸다. 이러한 시대적 배경에서 애매모호함을 대상으로 하는 학문의 등장은 결코 우연만은 아니라고 생각한다. 이러한 관점에서 퍼지이론과 현대학문의 흐름과의 만나는 점을 적어도 그 성향에서 찾아보고 퍼지이론의 수학사적 의의를 간략하게 조명해 보기로 한다.

4.1 퍼지이론과 현대학문의 특징

물론 여기서 현대학문의 경향이라 함은 전술한 대부분의 현대철학의 경향과 수학의 상황을 말한다. 그리고 퍼지이론과 이들 학문의 경향을 도식적으로 비교한다는 것은 무리와 한계가 어느 정도 따를 것을 전제하며 역사적 상황과 퍼지이론이 가지는 특성을 종합해 보기로 한다.

첫째로, 퍼지이론은 표현하기 어려운 주관 등의 애매성을 소속함수를 통해 기술한다. 이것은 현대철학이 초역사적인 절대자아의 허구성에 대한 비판과 함께 먹고 즐기고 생활하는 역사적 자아에 대한 관심을 집중시키는 것과 상통한다고 할 수 있다.

둘째로, 현대철학은 데카르트가 구별한 것처럼 주관과 객관, 물질과 정신등으로

양분하는 것을 극복하여 보다 근원적이고 총체적인 파악을 시도하고 있다. 이러한 태도는 퍼지이론이 현상을 파악하는데 있어서 기존의 이치논리가 가지는 경직된 구조를 탈피하여 애매함을 그대로 인정하여 전체를 반영하려는 태도와 통한다고 볼 수 있다.

셋째, 현대철학은 기존 철학의 해체와 계승이라는 양면성을 가지고 있는 것처럼 보인다. 퍼지이론의 경우도 애매성을 인정하고 주관을 반영한다는 면에서는 수학의 엄밀성으로부터 과격하게 벗어나 있지만 그러한 전제하에서 그 대상을 수학적으로 다룬다는 점에서는 계승이라는 성격을 띠고 있다. 참고로 퍼지이론은 일부에서 오해하는 것처럼 그렇게 '퍼지'(fuzzy)하지 않다. 왜냐하면 그 방법론 자체는 수학적이기 때문이다.

마지막으로 그 내용과 성격의 차이를 논외로 한다면 퍼지이론과 현대철학 모두가 언어에 대한 관심이 유별나다는 점이다. 사실 퍼지이론의 가장 큰 강점은 자연언어를 취급할 수 있다는 것이다.

4.2 퍼지이론의 수학사적 의의

20세기 전반의 과학을 물리학이 주도했다면 20세기 후반은 생명과학과 정보과학의 시대라고 한다. 21세기를 목전에 두고 정보과학의 영역은 점점 넓어져가고 일상적인 삶과 분리할 수 없는 것으로 자리잡고 있다. 퍼지이론은 공학, 경영학, 의료진단, 컴퓨터 관련분야 등에서 널리 응용이 되고 있다. 과거의 수학이 주로 물리학과 천문학, 광학 등과 더불어 발전해 온 것을 고려한다면 퍼지이론(퍼지수학)이 공학과 함께 발전된다는 것은 시대의 요청이고 당연한 것인지 모른다. 김 용운 교수는 수학발전의 단계를 희랍시대 이전을 무시하면 다음과 같이 볼 수 있다고 했다[16].

(1) 희랍의 관념적 수학, 희랍 기하학의 특성에 나타나 있는 것

(2) 르네상스까지의 '양'을 중심으로 하는 수학, 산술적인 것과 대수학, 미적분학의 기초

(3) 우연의 문제에 대한 관심, 확률 및 통계학

또 이러한 세 단계의 분류는 관념적인 것, 결정론적인 것, 그리고 우연적인 것으로 대상이 이동되어 간다고 했는데 '우연적인 것' 다음에 '애매모호한 것'이 오는 것은 자연스러운 일이라 생각되며 어떠한 역사적 필연성마저도 엿보이는 일이다. 따라서 퍼지이론의 출현은 수학사적으로 요청되는 단계라고 할 수 있으며 기존의 그물로는 잡아 올리기에 한계를 느낀 '애매모호함'이라는 물고기를 낚기 위한 새로운 그물에 비유될 수 있을 것이다. 그러나 퍼지이론은 애매모호한 것을 대상으로 하는 거대 이론의 일부일 것이므로 계속 구조와 체계를 다듬고 영역을 넓혀야하는 과제를 안고 있다고 하겠다.

끝으로 한가지 흥미로운 사실은 집합론의 창시자 Cantor와 퍼지집합론의 제창자 Zadeh의 다문화적 배경이다. Cantor는 1845년 덴마크의 부유한 유태계 상인의 아들로 레닌그라드에서 태어나 양친을 따라 독일로 이주했고 Halle대학 교수를 지냈는데, 이란인을 부모로 소련에서 태어난 Zadeh는 이란의 테헤란 대학을 졸업하고 미국에 와서 Columbia 대학에서 전기공학 박사학위를 받고 후에 버클리 대학 교수가 되었다. Cantor가 유럽 여러나라의 다양한 문화적 배경을 가지고 있다면 Zadeh는 보다 반경이 넓은 동양과 서양의 문화를 경험했다고 할 수 있다. 이러한 문화적 반경과 퍼지집합이 보통집합의 일반화라는 사실은 흥미롭다. 그래서 퍼지이론을 동양적 정서와 연결시키기도 하지만 사안을 보다 총체적으로 파악하기 위하여 낡은 그물을 깁지않고 새로운 그물을 짜보려고 했던 사람들에게는 항상 열려져 있었던 가능성의 하나였을 것이다.

참고 문헌

1. Black, Max. 「Vagueness」, Philosophy of Science 4, 1937.
2. Brown, Harold. 「Perception, Theory and Commitment: The New Philosophy of Science」, The University of Chicago Press, 1977.
3. Feyerabend, P. 「Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge」, New Left Books, 1975.
4. Haak, Susan.「Philosophy of Logics」, Cambridge University Press, 1979.
5. Hacking, Ian, ed. 「Scientific Revolutions」, Oxford University Press, 1981.
6. Kline, Morris. 「Mathematics: The Loss of Certainty」, Oxford University Press, 1980.
7. Klir, George, and Folger, Tina. 「Fuzzy Sets, Uncertainty and Imformation」, Prentice Hall, 1988.
8. Kuhn, Thomas. 「The Structure of Scientific Revolutions」, The University of Chicago, 1970.
9. Nickel, James. 「Mathematics : Is God Silent?」, Ross House Books, 1990.
10. Popper, Karl. 「Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge」, Routledge and Kegan Paul, 1978.
11. Putnam, Hilary. 「Reason, Truth and History」,Cambridge University Press, 1981.
12. Zadeh, L. 「Fuzzy Sets」, Information and Control 8, 1965.
13. Zadeh, L. 「Fuzzy Logic and approximate reasoning」, Synthese 30, 1975.
14. Zadeh, L. 「Semantic Inference from Fuzzy Premises」, Proceedings of the

Sixth International Symposium on Multi-valued Logic, Utah State University, 1976.

12. 강영안, 「현대 철학의 반데카르트적 경향」, 철학문화 연구소, 1991 봄.
13. 김용운, 「수학사학과 수학교육」, 한국수학사 학회지 제 3권 제1호, 1986.9.
14. 신중섭. 「포퍼와 현대의 과학철학」, 서광사, 1992.
15. 오창희. 「과학관의 혁명가 토머스 쿤」, 과학사상, 1992 봄.