전공소개

대 수 기 하 학

금종해(건국대학교 교수)

대수기하학이란 대수다양체(algebraic variety)를 분류하고 그 성질을 연구하는 분야이다. 대수다양체를 정의하기 위하여 우선 아핀다양체(affine variety)의 정의를 살펴보자.

아핀다양체란 포물선, 타원, 쌍곡선 등 원추곡선을 일반화한 개념인데, 대충 정의한다면 어떤 다항식계의 공통 영점들의 집합이다. 곧, 체 k 상의 다항식들 $f_i \in k[x_1, \cdots, x_n]$ 에 대하여

$$V = \{ P \in k^n \mid f_i(P) = 0 \} \subset k^n$$

로 정의되는 집합인데, 간단한 예로는 평면곡선

$$C : (f(x,y) = 0) \subset R^2 \text{ 또는 } C^2$$

을 들 수 있다.

또, 사영다양체(projective variety)란 n 차원 사영공간 $P^n(k)$ 에서 어떤 동차다항식계의 공통 영점들의 집합이다. 곧 동차다항식들 $F_i \in k[X_0, X_1, \cdots, X_n]$ 에 대하여

$$V = \{ P \in P^n(k) \mid F_i(P) = 0 \} \subset P^n(k)$$

로 정의되는 집합이다. 예를 들어, 사영 평면곡선

$$V = (X^2 + Y^2 - Z^2 = 0) \subset P^2(k)$$

을 생각해보자.

사영평면 $P^2(k)$ 에서 $Z \neq 0$ 인 부분은 아핀좌표 $x = \frac{X}{Z}$, $y = \frac{Y}{Z}$ 을 갖는 아핀평면 k^2 과 같고, 여기서 V 의 방정식은

$$x^2 + y^2 - 1 = 0$$

곧, 원이 되고, $Y \neq 0$ 인 부분에서는

$$x^2 + 1 - z^2 = 0 \quad (x = \frac{X}{Y}, \ z = \frac{Z}{Y})$$

곧, 쌍곡선이 되며, $Y + Z \neq 0$ 인 부분에서는 포물선

$$x^2 + y = 0 \quad (x = \frac{X}{Y+Z} , \ y = \frac{Y-Z}{Y+Z})$$

이 된다. 곧, 타원, 쌍곡선, 포물선은 사영기하적 관점에서 보면 모두 동일한 대상의 일부분일 뿐이다.

사영공간 $P^n(k)$ 가 국소적으로는 k^n 과 같으므로, 사영다양체는 국소적으로는 아핀다양체이다. 곧, 아핀다양체들을 붙여서 만들 수 있는 것이다. 결국 사영다양체는 아핀다양체들을 붙여서 전체가 콤팩트가 되도록 만든 것이라 할 수 있다. 일반적으로, 아핀다양체들을 붙여서 만든 것을 대수다양체라 한다. 여기서, 붙임(glueing)을 가장 적절하게 표현하는 용어가 바로 층(sheaf)이다. 따라서, 아핀다양체나 사영다양체는 모두 대수다양체이다.

그러면, 대수다양체를 어떤 관점에서 연구하고, 무슨 성질을 연구하는가? 두 가지 대표적 관점을 언급하자면 다음과 같다.

<**정수론적 관점**> 예를 들어, k가 유리수체 Q이면, $V \subset P^n(Q)$가 공집합인지 아닌지를 어떻게 판별하는가, 또 공집합이 아니라면 V의 점들을 모두 구할 수 있는 방법이 있는가 등이다.

역사적으로 다소 중요했던 한가지 예는,

「$X^n + Y^n = Z^n$, $(X : Y : Z) \in P^2(Q)$, $n \geqq 3$」은 몇 개의 해를 가지는가?」

이다. 이러한 부정방정식 문제 곧, 디오판토스 문제(Diophantine problems)를 다루는 분야를 산술대수기하라고 한다.

<**위상수학적 관점**> 만약, $k = R$ 또는 C이면, V는 위상공간으로서 어떤 위상적 성질을 갖는가? 예를 들어, V는 몇 개의 연결 성분(connected components)을 갖는가? V가 특이점을 갖는다면 특이점 근방의 V는 어떤 위상공간인가? 등이다.

대수다양체를 연구하는 방법으로 다음 두 가지를 생각해 볼 수 있다.

첫째는, (순진한 방법으로) 주어진 다항식들을 구체적으로 조작하여 V의 구조를 이해하는 것이다. 이 방법은 변수의 개수와 다항식들의 차수가 작을 때, 또는 다항식이 특별히 근사한 모양일 때는 유효하고 재미있을 수 있으나, 일반적인 경우로 가면 사태가 매우 심각해져서 단순히 계산의 천재성만으로 이 문제를 해결할 수 없음을 금방 실감하게 된다.

둘째는, (체계적 방법으로) V의 구조를 연구하기 위하여 정칙함수(regular function), 유리함수(rational function), 특이점(singularity), 정칙성(nonsingularity)과 접평면, 차원(dimension) 등 기본용어들을 도입하여 체계적으로 접근해 가는 방법이다.

대수기하학의 특징은 오직 다항함수, 또는 기껏해야 유리함수만을 사용한다는 점이다. 다른 기하학과 비교하기 위하여 R^n의 개부분집합 U에 대하여 다음 네 가지의 함수환(ring of functions)을 생각해보자:

$C^0(U)$ = 모든 연속 함수들 $f : U \to R$.
$C^\infty(U)$ = 모든 매끄러운 함수들,
곧 얼마든지 미분 가능한 함수들.
$C^\omega(U)$ = 모든 해석함수들,
곧 수렴하는 멱급수들.
$R[x_1, \cdots, x_n]$ = 모든 다항식들
(U에서의 함수로 제한하여).

위 네 가지 환은 각각 위상수학, 미분기하, 실해석기하, 대수기하에 대응된다. $C^\infty(U)$은 $C^0(U)$ 안에서 측도가 0 (곧, 무작위로 뽑은 연속함수는 확률 1로 어느 곳에서도 미분 불가능한 함수이다.) 이라는 점은 위상수학과 미분기하 사이에 큰 차이가 있음을 뜻한다. 또, $C^\infty(U)$와 $C^\omega(U)$의 차이는 소위 bump함수가 극명하게 설명한다. (bump함수가 해석함수가 되지 못하는 이유는 해석함수의 완고성(rigidity) 때문이다. 곧, 멱급수가 부분영역에서 항등적으로 0이면 전 영역에서 항등적으로 0이기 때문이다.)

다항식 환 $R[x_1, x_2, \cdots, x_n]$ 은 함수 공간치고는 너무 작다.

이 공간은 실벡터공간으로서 가산 차원(countable dimension)을 가지나, $C^{\omega}(U)$ 의 경우 비가산 차원(uncountable dimension)이다.

분수함수체 $R(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ 을 생각하여도 여전히 가산 차원에 불과하다. 이렇게 작은 함수 공간만으로 하나의 기하학을 구성하는 것이 가능하다는 사실은 그 자체만으로도 경이롭다하겠다. 여기서 몇 가지 난관이 있는 것은 당연하다.

<**가환대수를 통한 기초**> 미분기하나 위상수학은 ε - δ 논증방법에 의존한다. 다항함수들만 써서 대수기하를 함에 있어 우리는 ε - δ 대신에 환과 아이디얼을 공부할 필요가 있게 된다. 곧, 미적분학(calculus) 대신에 가환대수(commutative algebra)를 개발해야 하는 것이다. 예를 들어, 힐버트의 영점정리(Nullstellen-satz)를 기하적으로 해석하면, 「서로 다른 아이디얼은 서로 다른 대수다양체를 결정한다.」는 것이다.

<**유리함수와 유리사상**> 다항식하고만 함께 살겠다고 한 결정에서 발생하는 또 하나의 난관은 부분적으로만 정의된 함수를 도입해야만 한다는 것이다. 유리함수와 유리사상은 분모가 0이 되는 곳에서는 정의되지 않는 함수이다. 이러한 함수나 사상을 도입하는 이유는 사영다양체에는 정칙함수라고는 상수함수밖에 없기 때문이다. (상수함수만으로는 의미 있는 작업을 할 수 없음은 자명하다.) 예를 들어, 유리사상(rational map)

$$\phi : k \to k^2$$

$$\phi(x) = \left(\frac{2x}{x^2+1}, \frac{x^2-1}{x^2+1}\right)$$

을 생각해보자. ϕ 는 $x^2+1=0$에서는 정의되지 않는다. 그러나, ϕ 를 확장한 사상

$$\phi : P^1(k) \to P^2(k)$$

$$(x:1) = (X:Y) \to \left(\frac{2x}{x^2+1} : \frac{x^2-1}{x^2+1} : 1\right)$$

$$= (2XY : X^2 - Y^2 : X^2 + Y^2)$$

은 $P^1(k)$ 전체에서 정의된 사상, 곧, 정칙사상이 된다. (이때, ϕ 의 상은 사영평면곡선 $V = (X^2 + Y^2 - Z^2 = 0)$ 이 되고, 사영직선 $P^1(k)$ 와 이 곡선은 ϕ 에 의하여 동형이 된다. 특히, $k = C$ 일 때는, V 는 리만구(Riemann sphere) $P^1(C)$와 동형이다.) 이러한 현상, 곧, 사영다양체 위에서 정의된 유리사상이 실제로 정칙사상이 되는 현상은 사영다양체의 차원이 1인 경우에는 항상 성립하나, 차원이 2이상이면 그렇지 않다.

기하를 대수적으로만 접근한다는 것이 결국 여러 불편을 초래한 셈인데, 이 점 너무 걱정하지 않아도 좋다. 오늘날 세상에서 중요하게 여기는 대부분의 대수다양체들 (예를 들어, 타원곡선, 아벨다양체, K3곡면, Calabi-Yau 다양체, Fano 다양체, 등등) 은 이러한 복잡한 대수적 정의를 꼼꼼히 챙기지 않아도 충분히 즐길 수 있는 대상들이기 때문이다. 또, 복소대수다양체나 복소다양체의 연구에서는 가환대수에 대한 무지가 심각한 장애가 되지는 않는다.

한편, 순전히 대수적으로만 정의되어 있다는 점이 바로 대수기하의 최대 장점이다. 실수체나 복소수체 뿐만 아니라, 임의의 체 위에 적용될 수 있기 때문인데, 예를 들어, 표수 p인 체 또는 유한체 위에서도 기하를 할 수 있게 된 셈이다. 참고로, 암호론에서 쓰는 타원곡선 암호 또는 초타원곡선 암호는 유한체 위에서 정의된 타원곡선 또는 초타원곡선을 이용한 것이다. 또, 한 체 위에서의 대수다양체의 성질을 다른 체 위에서의 성질로부터 도출할 수 있다. 산술대수기하학(arithmetic geometry)에서의 심오한 결과, 예를 들어, Q 상에서 정의된 대수다양체의 산술적 성질은 C 상의 또는 표수 p인 체 상의 기하적 성질을 이용하여 얻는 경우가 많다. 체를 바꿔가며 작업을 수행하자면 대수다양체를 고정된 집합으로만 보면 불편하다. 그래서 생긴 개념이 scheme과 functor 이다.

대수기하는 19세기에 여러 다른 원천으로부터 발전하였다. 당시의 대수기하는 복소기하였는데, 아벨(N. Abel), 리만(G. B. Riemann), 바이에르슈트라스(K. Weierstrass)의 중요 업적과 클라인(F. Klein)과 뽀앵까레(H. Poincare)의 상당수 중요업적이 여기에 속한다고 할 수 있다. 무리식의 부정적분을 구하는 문제에서 출발한 아벨, 리만, 바이에르슈트라스의 업적에 관하여는 황준묵교수가 재미있게 소개한 바 있는데 [전공소개-복소기하학, 대한수학회 소식 제63호, 1999년 1월], 일독을 권한다.

대수다양체의 종류가 너무 많고, 어떤 대수다양체의 어떤 성질을 어느 관점에서 연구하는가에 따라 다양한 연구방법이 사용되고 있어서, 20세기 대수기하학의 역사나 최근의 연구동향을 설명하는 것은 필자의 능력으로는 어림도 없다. 다만, 1970년대 이후의 주요 토픽을 열거해 보는 것으로 독자에 대한 최소한의 의무를 면하고자 한다. 70년대에는, Mumford와 모듈라이(moduli) 공간의 콤팩트화, Griffiths 학파의 Hodge이론과 대수곡선론, Deligne의 코호몰로지이론과 Weil 예측 증명, Shafarevich와 K3곡면론(필자의 연구분야도 여기서 출발하였다), Iitaka 학파의 고차원 대수다양체의 분류이론 등을 들 수 있다. 당시의 대다수 대수기하학자들은 동일한 대상을 연구하고 있다고 서로 믿고 있었고, 대수기하학은 한 덩어리로 뭉쳐 있으며, 수학의 여타 인접분야를 흡수해 가고 있다고 믿었다. 그러나, 80년대 중반 경부터 상황은 변하여 현재의 대수기하는 열 손가락으로 꼽고도 남을 학파 또는 분야로 나뉘어져 서로 제한적인 교류만 하고 있는 것으로 보인다. 대수곡선과 아벨다양체론, 대수곡면론과 Donaldson 이론, 3차원 대수다양체론과 고차원 대수다양체의 분류이론, K-이론과 대수적 cycle, 교차이론(intersection theory)과 계수기하학(enumerative geometry), 대수다양체의 여러 코호몰로지 이론들, Hodge 이론, 표수 p에서의 대수기하학, 산술대수기하학(arithmetic algebraic geometry), 특이점 이론(singularity theory), 수리 물리의 미분방정식론, 끈 이론(string theory), 컴퓨터대수의 응용 및 가환대수, 등이다.

대수기하는 지난 40여 년간 수학이 세상 속에서 차지하고 있는 위치와 똑 같은 위치를 수학 속에서 누려 왔다고 필자는 믿는다. 존경받기도 하였고, 이해되기보다는 오히려 겁만 주는 존재이기도 하였다. 국내의 관련 연구자가 늘면서, 대수기하학의 연구가 빠른 속도로 자리 잡아가는 고무적인 추세에 덧붙여, 겁 없는 젊은 학도들의 신선한 도전을 기대해 본다.

"Mathematical Challenges of the 21st Century" 학술회의를 다녀와서

서동엽(한국과학기술원 교수)

미국 수학회에서는 2000년 8월 7일 12일에 University of California at Los Angeles에서 "Mathematical Challenges of the 21st Century"라는 제목 하에 학술회의를 개최하였다. 이 회의에는 8명의 Fields상 수상자를 포함한 30명의 거장들이 초청연사로 초빙되었는데 이중 Don Zagier만이 사정상 참석은 못하였고, 나머지 29명이 앞으로 21세기에 도전해 볼 만한 문제를 제기하는 강연을 하였다. 이 학술행사는 29명의 각기 1시간 짜리 초청강연과 각 분야별 10분 짜리 강연들로 이루어 졌는데, 각 분야별 강연은 거의 형식적인 것이라 할 수 있고 초청강연이 이 학술행사의 핵심이라 할 수 있다. 아래의 초청연사의 명단에서도 확인할 수 있지만, 이번 학술행사에는 명실공히 현대수학의 제반 분야를 대표한다고 할 수 있는 거장들이 대거 초청되었다.

이 행사에 참석한 사람은 약1000여명 정도인데 이중에는 한국사람이 약 30여명 이상 있었다. 수학의 한 분야에 대한 학술회의가 아니라 수학전반에 대한 학술행사였기 때문에 여러 분야의 사람들이 한자리에 모일 수 있었고, 그 중에는 대학원학생들도 많이 있었던 것 같았다. 한국사람들 중에도 BK 21 핵심과제의 지원을 받는 대학의 석박사과정 학생들이 다수 참석하였다. 또한 행사의 마지막 강연까지 초청연사의 강연장소인 Royce Hall(1층 800석 규모)이 꽉 찰 정도로 참석자들의 열기와 진지함이 계속되었다.

이번 학술행사는 현재 미국수학회 회장인 Felix Browder의 몇 년간의 구상과 노력에 의해 결실이 맺어진 매우 뜻깊은 행사라 할 수 있다. Browder는 정확히 100년전 Hilbert가 Paris에서 개최된 세계 수학자 대회에서 20세기 수학에서 추구하여야 할 23개의 문제를 제기하였던 것을 염두에 두고 이와 같은 행사를 기획하였다고 하였다.

정수론, 기하학, 위상수학, 편미분방정식, 수리물리, 알고리즘, 계산수학, 양자 컴퓨터, Data analysis, 재료공학, 생물학 등 수학의 전 분야와 응용에서 각 분야를 대표한다고 할 수 있는 학자들이 각기 자신의 연구분야에서 21세기에 도전해 볼 만한 미해결 문제를 제기함으로써 많은 수학자들에게 연구의 방향을 제시하여 준다는 측면에서 이번 학술행사는 매우 의미있는 행사였다고 생각된다.

필자는 이번 학술행사 보다 약 한달 전에 스페인의 Barcelona에서 개최된 제3회 European Congress of Mathematics에 참석하였고 그곳에서 역시 최고 수준의 학자들이 21세기 수학의 방향을 제시하는 강연을 들을 수 있었기 때문에 유럽과 미국이 생각하는 21세기 수학의 방향에 대해 비교해 볼 수 있었다. 유럽 역시 미국에 못지 않은 세계 수학의 중심지로서, 중요한 위치를 차지하고 있기 때문에 그들이 생각하는 21세기 수학의 방향도 역시 의미있다고 생각된다.

필자의 생각에 미국과 유럽 공히 21세기 수학에 있어서 물리학과의 관계가 중요하게 될 것이라 생각하는 것 같다. 이번 미국의 학술회의에서는 Edward Witten, Alain Connes, Michael Berry, Yakov G, Sinai 등이 제기한 문제들이

직접적으로 물리학의 끈 이론이나 통일장이론 등과 관련된 것으로서 이러한 물리학분야의 수학적 이론을 찾고자 하는 노력이라 할 수 있다. 또한 Helmut Hofer, Maxim Kontsevich, Karen Uhlenbeck, Shing-Tung Yau, Denis Sullivan 등이 제기한 문제들도 물리학과 깊은 연관을 갖고 있는 것으로 여겨진다.

21세기에는 수학의 다양한 학문분야로의 직접적 응용이 보다 활발하게 진행될 것으로 보인다. 특히 과거의 해석학 위주의 응용에서 수학의 거의 전 분야의 응용이 두드러지게 될 것 같다. 이번 학술회의에서도 수학의 응용에 관한 많은 강연이 있었다. 양자 계산에 대해 Michael Freedman, Peter Shor 등이 문제를 제기하였고, 인간의 지적인식에 대한 모델화에 관한 문제를 제기한 David Mumford, algorithm에 관한 문제를 제기한 Laszlo Lovasz, 재료공학의 문제를 기하학적으로 모델화하는 문제를 제기한 Jean Tayler, 생물학 특히 생태계에 관한 수학적 모델에 대해 강연한 Simon Levin, 분자생물학과 관련된 algorithm design, optimization, pattern recognition과 관련된 강연을 한 Richard Karp, 방대한 양의 data analysis에서의 수학의 역할 등을 강연한 David Donoho등이 수학의 다양한 분야로의 응용에 관련된 강연을 한 사람들이다.

물론 전통적으로 수학에서 중요시된 분야의 강연도 많이 있었다. 정수론과 관련된 James Arthur, Alexander Beilinson, Peter Sarnak, 편미방과 관련된 Haim Brezis, Charles Fefferman, Karen Uhlenbeck, Sergiu Klainerman, 기하학 및 위상수학과 관련된 Alain Connes, Helmut Hofer, Maxim Kontsevich, Dennis Sullivan, Clifford Taubes, William Thurston, Shing-Tung Yau 등이 있었다. 그리고 확률론의 S.R.S. Varadhan, 조합수학의 Richard Stanley, 논리학의 Saharon Shelah 등이 강연하였다.

한편 전임 미국수학회장인 Ronald Granham이 이번 학술대회의 시작 전날인 8월 6일에 21세기 수학의 문제와 전망이란 제목의 특별강연이 있었다. Ronald Graham 은 지난 7월에 국제수학올림피아드의 미국측 참관인으로서 우리나라에 몇일간 방문한 바 있다.

앞에서도 언급하였듯이 이번 학술대회는 한국에서 교수 및 학생 등이 30여명 이상 참석을 하여 우리 나라가 미국 다음으로 많은 참가자가 온 나라가 아니었나 싶었다. 아마도 대학원 학생들에게 해외 여행비를 지급하도록 되어 있는 BK 21의 영향이 아니었나 싶다. 대학원 학생의 경우 이번과 같은 학술행사에 참여하여, 잘 알아듣지는 못하더라도 대가들이 연구하는 방향에 대하여 강연을 들음으로써 자신들의 공부에 많은 자극을 받을 것이라 생각되어 좋은 경험을 얻었을 것으로 여겨진다. 그러고 보면 BK 21이 약간을 긍정적 측면도 없지는 않다고 생각된다. 그렇다고 필자가 많은 연구자들의 연구비를 고갈시키면서 생겨난 BK21에 대하여 가지고 있는 부정적 견해가 바뀌는 것은 아니지만 여기는 BK 21을 논하는 자리가 아니므로 이 정도로 접어두고자 한다.

초청연사 중 한국사람은 한사람도 없었지만 그래도 한국사람들이 어느 정도 고무되었던 것은 초청연사들의 강의 중 한국사람의 업적이 중요하게 언급된 것이 여러 번 있었다는 점이다. Longest increasing subsequence에 대한 업적으로 최근 주목을 받고 있는 Princeton 대학과 Institute for Advance Study의 백진호 박사 등의 업적이 두 개의 초청강연에서 언급되었고, Langlands의 functoriality principle과 관련된 Henry Kim 박사의 업적이 또한 두 개의 초청강연에서 각기 언급이 되었다. 그리고 김정한 박사와 이름을 확인하지 못한 박모 박사

의 업적이 동시에 한번의 초청강연에서 언급되었다.

강연들이 수학의 많은 분야를 다루었기 때문에 제대로 이해하기 힘든 강연도 많았지만, 그래도 이번 강연이 비교적 일반적인 청중을 대상으로 한 것이라 도움이 되는 점도 많았다. 필자는 29개의 강연을 모두 다 들었는데, 전공분야가 동떨어진 분야에서 이루어지는 일들에 대한 어느 정도의 이해를 얻을 수가 있어서 보람되었다고 생각한다.

이번 학술행사에서 필자는 비디오 카메라를 가지고 가서 몇개의 강의를 녹화하였다. 녹화과정에서 미국수학회 사무원과의 어느 정도 마찰이 있기도 하였다. 비디오 테잎을 학생들의 교육을 위하여 사용하려는 목적이라 설명하였더니 마지못해 미국수학회 사무원이 구석자리를 지정해 주고 그곳에서 촬영하라고 하였다. 미국수학회 측에서도 이번 강연을 모두 비디오로 녹화하는 것을 보았는데 아마도 조만간 이번 강연에 대한 비디오 테잎을 제작하여 출시하지 않을까 생각한다.

이번 학술행사가 비록 수학적으로 매우 뜻깊은 행사이기는 하였지만 미국수학회의 상업성에 대해서는 다시 한번 확인할 수 있었던 행사였던 것 같았다. 이번 학술회의의 참가비가 교수들이 미리 등록을 하는 경우 150달러이고 행사장에서 등록하는 경우 240달러 정도였다. 이렇게 비싼 참가비를 내고 얻을 수 있었던 것은 오전 오후 두 차례 주는 커피가 전부였다. 또한 등록을 하면 주는 이름표를 달지 않으면 강연장에 들어갈 수 없도록 입구에 사람도 배치하여 이름표를 일일이 확인하였다. 또한 학교내의 기숙사에서 머무르는 경우 아침과 점심이 포함된 독방의 경우 하루 사용료가 120달러 정도였다. 이 정도면 일류호텔 수준의 비용인데 방은 평범한 대학교 기숙사였다. 필자도 BK 21 덕분에 학생을 데리고 참석하였다. 그런데 그 중 한 학생이 참가비와 숙식비를 모두 미리 낸 상태에서 몸이 아파 여행을 취소하지 않을 수 없었다. 이 학생은 심지어 비행기표도 물러야 할 정도였다. 그래서 미국수학회에 e-mail을 보내서 사정을 설명하였더니 미리 낸 돈을 한푼도 반환할 수 없다는 답을 받았다. 이러한 모든 것들이 필자에게는 모두 미국수학회의 상업주의로 밖에는 보이지 않았다. 나중에 학회가 끝난 다음 다시 e-mail로 사정을 설명하고 약간의 항의를 하였더니 겨우 낸 돈의 1/4 정도 반환하겠다고 하였지만, 이로부터 수학 선진국의 오만함을 느끼면서 한국 수학의 발전이 새삼 절실함을 깨달았다.

이번 학술대회가 개최된 UCLA에는 올해 8월부터 NSF로부터 지원되는 수학연구소인 Institute for Pure and Applied Mathematics (IPAM)가 정식으로 개소되었다. IPAM은 IAS, MSRI, IMA와 더불에 미국에서 열리는 네 번째 수학연구소로서 5년에 걸쳐 1250만 달러의 지원을 받게 되어있고, Tony Chan이 현재 Director를 맡고 있다. 아직 개소만 하고 정상적인 운영을 하지 않고 있지만 2001년 봄부터 topic을 정하여 workshop등을 개최할 계획으로 알고 있다. 관심있는 사람은 IPAM의 website인 www.ipam.ucla.edu로 찾아가 보기 바란다. 연구소 위치는 UCLA 구내 수학과 건물 옆에 새로이 지은 건물이다.

마지막으로 이번 학술대회 초청연사들의 명단과 강연제목을 적어보면 다음과 같다. 이들의 강의초록은 수리과학연구정보센터의 the MathNet Korea (http://mathnet.kaist.ac.kr)의 ICMS 광장 → 국내외 수학계동향에서 볼 수 있다.

초청연사 및 강연제목

- James G. Arthur (University of Toronto): The Principle of functoriality
- Alexander A. Beilinson (University of Chicago): On the Geometric Langlands Conjecture
- Michael V. Berry (University of Bristol): Wave asymptotics and borderland physics
- Haim Brezis (University of Paris VI and Rutgers Unveristy): The interplay between analysis and topology in some nonlinear PDEs
- Alain Connes (IHES and College de France): Noncommutative geometry
- David L. Donoho (Stanford University): High-dimensional data analysis: The blessings and curses of dimensionality
- Charles L. Fefferman (Princeton University): Unsolved problems of fluid mechanics
- Michael H. Freedman (Microsoft Research): Quantum Computation and Modular Functors
- Ronald L. Graham (University of California at San Diego): Mathemaitcs in the 2lst century: Problems and prospects
- Helmut H. W. Hofer (Courant Institute, New York University): Dynamical systems at the interface of symplectic geometry and three-dimensional topology
- Richard M. Karp (International Computing Science Institute): Algorithmic challenges from genomics and molecular biology
- Sergiu Klainerman (Princeton University): On the analysis of geometric evolution equations
- Maxim Kontsevich (Institut des Hautes Etudes Scientifiques): Operads of little discs in algebra and topology
- Peter D. Lax (Courant Institute, New York University): Mathematics and Computing
- Simon A. Levin (Princeton University): Ecosystems as complex adaptive systems
- Laszlo Lovasz (Microsoft Research): Classical mathematics and new challenges
- David Mumford (Brown University): Modeling perception and inference in intelligent systems
- Peter Sarnak (Princeton University): Some problems in number theory and related analysis
- Saharon Shelah (The Hebrew University and Rutgers University): Logical dreams
- Peter W. Shor (AT&T Labs): Quantum computation
- Yakov G. Sinai (Princeton University): From renormalization in dynamics to renormali-zation in probability and statistical physics.
- Richard P. Stanley (Massachusetts Institute of Technology): Recent progress in algebraic combinatorics
- Dennis P. Sullivan (The CUNY Graduate School): String topology
- Clifford Taubes (Harvard University): Bliss and ignorance in 4-dimensions
- Jean E. Taylor (Rutgers University): Mathe-matics and materials science
- William P. Thurston (University of California at Davis): Three-dimensional topology and geometry
- Karen Uhlenbeck (University of Texas at Austin): Geometric partial differential equations: From Hilbert's 23rd Problem to nonlinear waves
- S. R. S. Varadhan (Courant Institute, New York University): Stochastic analysis and applications
- Edward Witten (Instititue for Advanced Study): The mathematical impact of quantum fields and strings
- Shing-Tung Yau (Harvard Univeristy): Geometry and its relation to physics
- Don B. Zagier (Max-Planck Institue fur mathematik): Number theory: modular forms

대학 미분적분학 교육의 국제적인 경향

- ICME-9의 미분적분학 및 해석학 교육분과 논의 내용을 중심으로 -

김영국(서원대학교 교수)

1. 서언

제9차 수학교육 국제회의(ICME-9; The 9th International Congress on Mathematical Education)가 2000년 7월 31일부터 8월 6일까지 7일간에 걸쳐서 일본 동경 근처의 Chiba시에 있는 Makuhari Messe에서 개최되었다. 회의에는 Plenary lectures, Regular lectures, 13개 분과의 WAG(Working Action Group)활동, 23개 분과의 TSG(Topic Study Group)활동, Poster sessions, 전시회 등이 있었다. TSG의 제 3분과(TSG3)에서는 미분적분학 및 해석학의 교육과 관련된 주제를 다루기로 되어 있었는데 주로 대학 미분적분학의 교육과 관련된 내용을 중심으로 다루기로 하였다. 특히 이번의 총회는 아시아권에서 개최되는 최초의 ICME회의임을 고려하여, 아시아권의 상황을 먼저 듣고 이를 자료로 여러 참석자들이 의견을 교환하는 방식으로 진행하기로 되어 있었는데, 필자는 한국의 상황을 발표하기도 할 겸해서 참석했었다. TSG3 회의는 두 차례의 90분 회의와 한 차례의 60분 회의로 진행되었는데 할당된 시간의 반 정도는 논문발표를 위하여 할애하였고 나머지 시간을 토론 및 의견을 교환하는데 활용하였다. 그 결과 시간의 부족으로 충분한 논의는 하지 못했으나 아쉬운 대로 대학 미분적분학 교육에 대한 여러 나라 사람들의 견해를 들을 수 있었다. 여기서는 TSG3에서 논의된 개략적인 내용과 미국의 미분적분학 교육개혁 관련 내용을 간단히 살펴보고자 한다.

2. TSG3(미분적분학 및 해석분과)의 논의 내용

미분적분학의 교육과 관련된 쟁점을 도출하고 의견을 교환하기 위하여 1차 회의에서는 한국, 베트남, 이스라엘, 일본에서 참가한 Penalist들이 각국의 교육상황에 대하여 발표하였다. 분과 위원장인 미국의 St. Olaf 대학의 P. Zorn 교수의 사회로 진행된 회의는 각기 자기나라의 미분적분학 도입 시기 및 내용, 대학에서 미분적분학의 교육 실태, Technology의 활용실태, 기타 문제점 등에 대하여 간단하게 발표하였으며 이어진 질의 응답을 통하여 여타 나라들의 사정이 이야기되었다. 2차 회의에서는 분과에 제출된 논문발표에 이어서 Zorn 교수의 제안으로 1차 논의의 초점을 좁혀서 다음 세 항목에 대하여 의견을 교환하기로 하였다.

* 최초로 미분적분학을 가르치는 시점과 내용
* ε-δ의 교육 상황
* 미분적분학의 강의에서 Technology의 활용

그러나 2차 회의에서는 시간의 부족으로 이 문제를 제대로 다루지 못하여 별도의 3차 모임을 갖고 의견을 교환했다. 3차례의 회의에서 논의된 사항을 간추려보면 다음과 같다.

(1) 최초로 미분적분학을 가르치는 시점과 내용에 대하여

대부분의 나라가 고등학교 2, 3학년 때부터 미분적분학을 가르치고 있었다. 그러나 얼마나 많은 나라가 고등학교에서 필수과목으로 가르치고 있는지 파악하지 못했다. 미국의 경우 1950년대에는 미분적분학을 대학 2학년 과정으

로 가르쳤으나 그후 이·공 계열 등의 요구와 학생들의 학습능력 발달이 빨라지는 경향에 맞추어 요즈음에는 고등학교 때부터 미분적분학을 가르치고 있다고 했다. 미국의 고등학교 미분적분학에는 AB, BC 두 코스가 있는데 그 내용은 각각 다음과 같다.

AB 코스;
- *함수, 그래프, 극한
- *함수의 극한(좌극한, 우극한 포함)
- *함수의 점근선
- *연속성, 미분법과 도함수의 응용, 리만 합과 적분법 및 응용, 미분적분학의 기본 성질

BC 코스 ;
- BC코스는 AB코스와 주제는 같으나 대학 1학년 과정과 동등할 수 있도록 많은 추가적인 내용을 부여함.

미국의 미분적분학 교육과정 운용의 특이사항으로는 고등학생들에게 심화과정인 AP (Advanced Placement)과정을 선택할 수 있도록 하고 이 코스에서 4 5등급(5등급이 최상임)의 성적을 받으면 대학에서 미분적분학 학점으로 인정해주는 것이었다. 일본과 베트남의 실정은 우리 나라와 유사한 상황으로서 미국과 같은 심화 과정은 없었다. 여담으로 대학입시와 관련하여 아시아권 학생들의 과외 열풍에 대해서도 참석자들의 관심이 많았는데 한국, 일본, 베트남 모두가 대학입시의 경쟁 과열과 과외수업 문제가 사회적으로 큰 걱정거리라는 입장이었는데 반해 이스라엘, 벨기에 교수는 과외교습이 없다고 자랑스럽게 말했다.

발표에 참가한 모든 나라들은 대학 1학년 과정에서 이·공 계열 및 경·상 계열 학생들에게 미분적분학을 가르치고 있다고 했으며 미국의 경우는 대부분의 대학에서 3학기 동안 가르치고 있다고 했다. MAA의 소위원회인 CUPM (Committee on the Undergraduate Program in Mathematics)은 1950년대 초엽부터 미국의 대학수학 교육과정에 대한 권고 안을 발표해왔는데 가장 최근 권고안(1989)으로 발표된 미분적분학의 내용은 다음과 같다.

- *제 1학기 ; 극한과 연속, 미분법, 도함수의 뜻, 도함수의 응용, 역도함수, 정적분과 미분적분학의 기본정리, 삼각함수, 대수함수, 지수함수.
- *제 2학기 ; 2학기에는 어떤 내용을 가르쳐야 하는가에 대하여 1학기만큼 의견일치를 보이지 않는다. 그래서 주된 테마보다는 다양한 Topic별로 강의가 이루어지는 경우가 많았다. 권고안에 따르면 2학기에 가르쳐야할 내용으로는 수치해석적 방법의 조기 도입, 여러 가지 적분 기법, 적분의 수치계산법, 적분의 응용, 수열과 급수, 미분방정식 등이다.
- *제 3학기(2학년 1학기) ; 다변수 함수의 미분·적분, 벡타와 행열의 계산, 선적분 및 면적분, 물리학에 응용, Green·Gauss·Stockes의 정리. 어떤 대학에서는 다변수 미분적분과정을 이수하기 위한 선수과목으로 선형대수를 요구하기도 함.

(2) ε- δ의 교육 상황

이 주제에 대하여 모두가 깊은 관심을 나타냈다. 극한개념을 지도하기 위하여 대체로 대학 1학년 때부터는 ε- δ방법을 이용하는 것을 염두에 두고 있는데 동서양을 막론하고 모든 학생들이 이 방법을 이해하는데 곤란을 겪고 있음을 호소하였다. 이의 지도를 위하여 어떤 특별한 방안이라도 있을까하고 기대하여 보았으나 별다른 묘안은 발표되지 않았다. 역시 이 문제는 충분한 시간을 두고 학생들이 계속 노력할 수 있도록 배려해 주는 수밖에 없는 것 같다. 미국의 Dubinski 교수는 학생들이 이 개념을 어려워하는 것은 수식어에 대한 이해가 부족해서라고 주장하면서 명제와 수식어 (quantifier)를 먼저 가르친 직후에 이를 가르칠

것을 주장하였다. 한편 Belgium의 Cnop교수는 이를 근사값의 영역에서 다루어야 한다고 하면서 그것은 Technology의 활용과 관련해서도 매우 의미 있는 방안이라는 견해를 피력했다. 어떤 참석자는 1,2학년 때에는 어려우니 아예 3, 4학년 때 지도해야 한다고 하기도 했고, 함수의 연속개념에 대해서도 과연 Uniform continuity 외에 Pointwise continuity를 지도할 필요가 있는가 하는 의문을 제기하기도 하였다. 다음으로 "모든 학생들에게 ε- δ 개념을 가르쳐야 할 필요가 있는가?"라는 문제를 다루었다. 필자와 함께 몇몇 Panelist는 엄밀한 이론적인 기초를 필요로 할 학생들을 제외하고는 ε- δ를 지도할 필요가 없을 것이라는 견해를 피력했으나 별 호응이 없었다. 대신에, 설사 활용만을 필요로 하는 학생일지라도, ε- δ야말로 해석학의 가장 근본적인 개념이기 때문에 모든 학생들에게 가르쳐야 한다는 주장이 다수이었다. 그것은 활용면에 있어서도 ε- δ에 대한 진정한 이해가 없는 Technology의 사용은 의미가 없다는 견해가 강했다. 모든 학생들에게 ε- δ의 개념을 엄밀하게 지도하여야 한다고 주장하는 것은 지나치게 이상을 추구하는 것으로서 현실을 무시한 주장일 것 같았으나 지나치게 이상적이냐 현실적이냐 하는 판단은 학생들이 얼마나 이해할 수 있느냐에 따라서 달라질 문제라고 생각되었다. 그러나 분명한 것은 '수학은 수학답게' 가르치는 것이 정도라는 생각들이었다. 원래 그 자리에서는 ε- δ 교수방안과 관련하여 어떤 결론을 내고자 한 것이 아니고 단지 의견을 교환하는 데에 의미를 두었지만 ε- δ의 지도문제는 이상과 현실 사이에서 동서양을 막론하고 공통적으로 활발한 논란거리임을 확인할 수 있었다.

(3) 미분적분학의 강좌에서 Technology의 활용에 관하여

대학 미분적분학의 교수에서 Technology의 활용상황에 대해서 참석자들은 높은 관심을 가지고 다른 나라의 상황에 대하여 매우 궁금하게 생각하고 있었다. 그러나 Panelist들의 발표에 의하면 특별히 활성화되어 있는 나라는 없는 실정이었다. 일본의 실정에 대한 관심이 높았으나 일본은 대체로 매우 신중한 입장이라는 것이었다.

Technology의 활용에 대한 논의에서는 대학 미분적분학뿐만 아니라 고등학교의 미분적분학 교수에서 Graphing Calculator, Symbolic Calculator 등을 활용하는 것에 대한 의견도 함께 논의되었다. 이에 대한 견해는 개별적인 연구발표에서 많이 다루어졌고 의견 교환은 주로 최종회의 때 이루어졌는데 대체적으로 긍정적인 면과 함께 역기능을 많이 염려함으로써 신중을 기해야 한다는 견해가 많았다. 참고로 1987년부터 대학 미분적분학교육의 개혁을 추진해온 미국은 Harvard Consortium, Calculus and Mathematica 등과 같은 다수의 미분적분학 개혁 교재에서 정도와 방법의 차이는 있으나 Technology를 많이 활용하고 있다. 이번 회의에서 발표된 내용을 보면 대체로 다음과 같았다.

(ⅰ) Technology는 학생들이 스스로 개념이나 원리의 이해정도를 확인하거나 실용적 문제해결을 위해서 또는 직관적인 생각을 확인하기 위한 목적으로 활용하는 것이 효율적이다. 따라서 학생들의 상황에 맞게 Technology를 활용할 수 있도록 교사는 훨씬 더 많은 준비를 하여야 한다.

(ⅱ) 오늘날 Technology의 활용이 지나치게 강조되고 있다는 느낌이다. 학생들은 기본적인 개념이나 원리는 모르는 채 활용에만 숙달하고자 할 우려가 많다. Technology는 수학적으로 문제를 해결하기 위한 수단으로 활용되는 것이기 때문에 개념과 원리에

대한 진정한 이해가 뒷받침되지 못한 채 Technology의 활용만을 가르치는 것은 수학적으로 무의미하다. 따라서 교수들의 강의는 학생들의 이해에 초점이 맞추어져야 한다.

(iii) Technology의 역할은 고무(Enhancing), 강화(Reinforcing), 도구(Tool)의 수단이어야 한다. Technology의 활용에는 항상 양·음의 두 가지 효과가 공존하고 있고, Technology를 가지고 설명할 수 없는 중요한 수학적 개념들이 많다는 점을 간과해서는 안 된다. 그래서 Technology를 효율적으로 활용하기 위해서는 그의 특성을 충분히 알아야 한다.

(iv) Technology의 활용을 위한 시설 기자재의 구비 등 경제적인 여건은 중요하게 고려되어야 한다.

3. 미분적분학교육 개혁과제의 현황

이제까지 TSG3에서 논의된 내용을 중심으로 미분적분학 교육과 관련한 공통적인 관심사를 소개하였는데 필자의 판단으로는 우리 나라의 대학 미분적분학 교육도 교수 개별적으로는 이미 국제적인 변화의 상황을 많이 파악하고 있으며 그런 조류를 실제 교수에 반영하려고 노력하고 있는 분들이 많다고 생각되었다. 다만 좀더 합리적이고 공감할 수 있는 개선 방향을 모색하기 위한 체계적인 논의의 장이 필요한 것 같다. 그리하여 미국의 미분적분학의 교육 개혁운동에 대한 내용은 참고할 만하다고 생각된다.

미국의 경우 미분적분학의 교육 개혁에 대한 논의가 최초로 시작된 것은 1986년부터라고 볼 수 있다. 이해에 25명의 교수들이 Tulane 대학에 모여서 "현행 미분적분학 강좌는 피상적으로 진행되고 있다. 학생들은 필요하고도 중요한 개념이나 원리를 제대로 배우고 있지 못하다. 또, 취급하는 수학적 내용이나 방법이 너무나 제한적이다" 라는 내용의 결의안을 발표했는데 이 회합을 미국 미분적분학 교육개혁의 시발점으로 보고있다. 1987년에는 Sloan Foundation이 후원하여 "새로운 세기를 위한 미분적분학"이라는 학술회의가 열렸는데 700여명의 수학자들이 참석하는 열의를 보였다. 그후 지난 10여 년간에 걸쳐서 많은 개혁 활동이 이루어져 여러 새로운 교재가 개발되었다. 미국의 미분적분학 교육 개혁 운동의 가장 큰 특징은 Technology의 활용에 있다고 할 수 있다. 그러나 Technology의 활용에 대한 연구팀간의 견해가 일치되어 있는 상황은 아니다. Technology의 활용에 대한 연구는 활발하지만 Technology의 활용이 모든 것을 의미하는 것은 아니라는 입장이다. Judson에 의하면 "미분적분학 교육의 진정한 개혁 목표는 Technology에 관한 것이 아니다. 진정한 개혁의 목표는 '학생들의 학습을 개선할 수 있고 또한 좀더 많은 학생들이 보다 쉽게 접근할 수 있도록 미분적분학을 구성해야 한다는 것'이었다" 라고 말함으로써 Technology는 목적이 아니라 수단임을 분명히 하고 있다. 다음은 미국의 미분적분학 교육 개혁을 위하여 만들어진 교재들 중 비교적 성공적이라고 인정되는 것들이다.

- Calculus Consortium (Harvard University)
- Calculus from Graphical, Numerical, and Algebraic Point of View (St. Olaf College)
- Calculus in Context (The Five College, 1988)
- Calculus as a Laboratory Course: Project CALC (Duke University, 1989)
- Oregon State Calculus Connections Project (Oregon State University, 1989)
- Calculus, Concept, Computers and Cooperative Learning (Purdue University, 1990)

4. 결어

지난 10년 동안에 우리의 대학은 양적으로 크게 팽창되었고 그에 따라 내실화를 위협하는 여러 문제가 대두되었다. 그리고 변화된 국제 환경에 대처하고 대학의 경쟁력을 기르기 위하여 취해진 여러 조치들로 인하여 대학에서 교양과목으로서 수학교과의 교육 여건은 이전보다 매우 열악한 환경에 처하게 되었다. 수학관련 교양과목 중, 특히 미분적분학은 가장 많은 어려움에 처해 있는 형편이다. 그것은 이전에 비하여 대학의 교양과목 중 수학이 차지하는 비중이 매우 가벼워졌고 수학교과에 대한 학생들의 평균적인 인식이 이전에 비하여 크게 낮아졌다는 사실에서 알 수 있는 현상이다. 여러 기회를 통하여 일본도 우리와 비슷한 이런 위기의식을 느끼고 있다고 들어왔는데 이번 회의에 참가하여 이를 더욱 확인할 수 있었다 [Nishimori].

현재의 어려워진 교양수학 교육의 여건을 개선하기 위해서는 정책적인 면과 함께 교수, 교재, 교수방법 등으로 나누어 다각적인 대책을 마련하여야 할 필요성이 있다. 이들 중 교재의 개발과 관련된 문제점을 해결하기 위해서는, 먼저 학생들의 전공을 충분하게 반영할 수 있는 절대기준을 설정하고 내용과 방법적으로 이를 충실하게 반영한 다양한 교재를 개발할 필요가 있다. 왜냐하면, 미분적분학은 학문적인 특성상 내용의 취급 방법과 응용범위가 넓어서 학생들의 특성(전공, 수학에 대한 인식과 능력)에 따라서 적절하게 교육하지 않으면 효과를 거두기가 어렵기 때문이다.

다음으로 교수방법과 관련하여 Mathematica, MatLab 등과 같은 응용 소프트웨어를 효과적으로 활용하는 방법에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 요즈음 Technology의 활용을 옹호하는 사람들은 '컴퓨터를 활용하면 교사나 학생 모두가 광범한 계산을 빠르고 쉽게 해낼 수 있게 되어 오히려 학생들은 따분한 계산문제에서 벗어나 더욱 개념 학습에 초점을 맞추어 공부를 할 수 있을 것'이라고 주장하고 있다. 그러나 전통적인 입장에 서 있는 사람들은 '개념과 원리의 진정한 이해와 특히 창의성을 위하여 지필을 이용한 다양한 문제풀이의 훈련은 필수적인 것이라'고 주장하고 있다. 이 두 주장은 일견 정반대의 입장인 것 같으나, 사실은 학생들의 특성을 감안한 수학적 능력의 개발이라는 하나의 목표를 지향하고 있다는 공통점을 가지고 있는 것이다. 미분적분학의 교육에서도 이미 Technology의 영향은 결코 무시할 수 없는 상황이 되어있다. 문제는 Technology를 어떻게 활용하는 것이 이상적인가 하는 점이다. 그리하여 미분적분학을 가르치는 교수들은 한층 더 바로 보고 더욱 합리적으로 판단하여 '무엇이 진정으로 수학을 가르치는 것에 가까운 것인가?'라는 문제를 가지고 고민하지 않으면 안되는 것이다. ICME-9의 국제 원격 화상회의(International Round Table)에 나온 호주의 Leder Gilah 교수는 "수학의 교수에서 교사는 늘 '수학이란 무엇인가'에 대하여 생각하여야 한다"고 강조했다. 수학의 교육에서 숲을 보지 못한 채 나무만 가르치는 우를 범해서는 안 된다는 뜻으로 한 이 말은 학교수학의 교수에서 뿐만 아니라, 오늘날 우리의 대학 미분적분학 교육을 위해서도 많은 것을 시사해주고 있다고 여겨진다.

참고문헌

- Tomas Judson, (1998), Calculus Education in the United States, Proc. of ICME-EARCOME1, Vol. 2 : 657-664.
- Toshiyuki Nishimori, (1998), Reform Movement in Japan and a Project by the Mathematical Society of Japan, Proc. of ICME-EARCOME1, Vol. 2 : 719-729.

학교탐방

계 명 대 학 교

http://www.kmu.ac.kr

【학과연혁】

- 1976. 3. 이공학부 수학과 신설
- 1978. 이공대학 수학과로 변경
- 1978. 12. 30. 석사과정 수학과 개설
  교육대학원 수학교육전공 개설
- 1981. 11. 25. 박사과정 수학과 개설
- 1984. 10. 5. 자연과학대학 수학과로 개편
- 1996. 자연과학대학 수학·통계학과로 개편
- 1997. 기초과학부 수학전공으로 개편

【학과소개】

대구 달서구에 위치한 계명대학교 수학과는 1976년 3월 설립되었으며 현재 7명의 교수가 교육과 연구에 종사하고 있다. 1980년 제 1회 졸업생이 배출된 이후 각종 사회단체나 교직에 종사하고 있다. 1978년에는 본 학과 대학원과 교육대학원이 설립되었다. 1997년에 실시된 학부제 하에서 기초과학부 수학전공으로 운영되고 있으며, 실용학문적 교과과정의 개편과 지속적인 홍보 및 학생지도 등으로 인하여 5개 전공으로 구성되어 있는 기초과학부내에서 가장 인기 있는 전공으로 부상하였다. 또한 앞으로 유용하게 이용될 가상강좌 개발에 박차를 가하는 등 새로운 교육과정 패턴에 초점을 두고 있다. 현재 재학생들은 수학연습실, PC실, 도서실 등 학과 소속의 전용공간과 더불어 첨단교육시설을 활용하여 21세기의 첨단 과학세계에 필요한 능력을 갖추기 위하여 매진하고 있으며, 교직과정 등을 통하여 중등학교 교육을 담당할 인재들을 육성하며 대학원 과정과 연계하여 심도있는 교육과 연구의 기회를 제공하고 있다.

【대학원소개】

일반대학원 석·박사 과정과 교육대학원 석사과정으로 구성되어 있는 대학원은 1980년 이후 많은 학위자들을 배출하였다.

교육대학원은 중등학교 수학교육의 발전을 목적으로 실제 교육현장에 접목할 수 있는 교과과목을 개발하여 현직교사의 재교육의 현장으로 틀을 잡아가고 있다. 현직교수들을 위하여 학기제(야간)로 운영되며 현직교사를 위한 특별전형을 실시하고 있다.

【시설및기자재】

학과 전용 도서실 및 컴퓨터 실습실, 세미나실 등을 운영하고 있고, 다채로운 학생행사와 교육을 위한 Beam Projector, Video Camera, 액정 Projector, 최신형 복사기, Scanner 등을 보유하고 있으며, 4대의 WorkStation과 PC 그리고 수학용 소프트웨어, 편집 및 그래픽 소프트웨어 등을 보유 활용하고 있다. 또한 학과내의 모든 PC가 LAN과 연결되어 인터넷을 통한 자료수집으로 크게 활용되고 있다.

◦ 도서실 : 수학 전공에 관련되는 저서, 참고문헌, 전산관련 서적 등 많은 양의 책들을 소

장하고 있는 도서실을 운영하며, 임용고사에 대한 각종 자료를 비치해 두고 정숙한 분위기에서 시험준비에 열중할 수 있는 임용고사 준비실이 있다.

- 세미나실 : 세미나실이지만 대학원의 수업이나 임용고사 준비를 하는 학생들의 수업을 하는 곳으로 쓰이기도 한다.
- 컴퓨터실습실 : 학생들이 컴퓨터 실습, 인터넷 접속, 레포트 작성 등 수업활동에 많은 도움을 받을 수 있도록 수학전공 전용 PC 실습실을 운영하고 있다.
- 기타 : 수학의 특성을 살려 컴퓨터에 많은 관심이 있거나 전산 전문인의 꿈을 가진 학생들이 마음껏 프로그램을 개발할 수 있는 프로젝트(project) 연구실 등을 갖추고 있다. 또한 수학을 공부하다가 어려움이 있으면 누구나 도움을 받을 수 있는 Help Session 등을 운영하고 있다.

【교수소개】

- 해 석 학 : 조영수(Univ. of Alabama)
  박동완(Univ. of Alabama)
- 위상수학 : 김대경(고려대학교)
- 기 하 학 : 박광성(Univ. of Maryland)
- 대 수 학 : 강영욱(Vanderbilt Univ.)
- 수치해석학 : 김군찬(Washington State Univ.)
- 응용수학 : 임대근(Univ. of North Texas)

Supported in part by KOSEF, CAS, and BK21

The First Chinese-Korean Joint Workshop on

Recent Advances in Numerical Analysis and Its Applications

Place: Seoul National University, Seoul, Korea

Date: February 19-23, 2001

- **Homepage of the Workshop:** http://www.amf.or.kr/num2001
- **Invited Presentations:** There will be twenty invited presentations, listed at the workshop homepage.
- **Contributed Talks:** In addition to the invited presentations, there will be a limited number of contributed talks. Those who wish to give contributed talks, please apply at the workshop homepage, or contact the organizers as soon as possible.
- **Inquiries:** Please visit the workshop homepage. Alternatively contact the organizers

Dongwoo Sheen, Department of Mathematics, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea;
Tel: +82-2-880-6543; Fax: +82-2-887-4694; E-mail: sheen@math.snu.ac.kr

Zhong-Ci Shi, Institute of Computational Mathematics (CAS), Beijing, China;
Tel: +86-10-6258-7583; Fax: +86-10-6254-2285; E-mail: shi@lsec.cc.ac.cn

학 회 활 동

1. 학회업무일지(발췌)

① 제18회 수학교육 심포지엄 개최 홍보 의뢰; 신문사, 교육부, 과기부 (7. 4)

② 제18회 수학교육 심포지엄 광고 게재 및 전시회 참가에 대한 감사; 재능교육 외 (7. 12)

③ 제18회 수학교육 심포지엄 개최 협조에 대한 감사; 서울대 총장 (7. 12)

④ 「2000학년도 전국 고등학생 학력경시대회」 개최 후원 요청에 대한 회신; 고려대 총장 (7. 12)

⑤ 2000년도 우수영문학술지 상반기 발간지원금 청구서 제출; 과총 (7. 19)

⑥ 대한수학회상 수상후보자 추천 의뢰 및 가을 연구발표회 논문 초록 모집 안내; 대의원 (8. 1)

⑦ 대한수학회상 수상후보자 추천 의뢰 및 가을 연구발표회 좌장 추천 의뢰; 분과위원 (8. 2)

⑧ 2000년도 가을 연구발표회 논문 초록 모집 안내 및 「대한수학회소식」 제73호 기사 자료 모집; 대의원 (8. 18)

⑨ 「대한수학회소식」 제72호 광고 협조에 대한 감사 및 제73호 광고 협조 의뢰; 재능교육 외 (8. 21)

⑩ 「대한수학회소식」 제73호 광고 모집 안내, 2000년도 가을 연구발표회 프로그램·논문 초록집 광고 및 도서 컴퓨터 전시참가 안내; 각 기업체 (8. 21)

1 「대한수학회소식」 제72호 및 대한수학회보 제37권 3호 발송; 각 회원 (8. 21)

2 세계 수학의 해 기념 학술회의 조직위원회 개최; (8. 22)

3 2000년도 제1차 「대한수학회소식」 편집위원회 개최; (8. 23)

4 2000년도 제4차 이사회 개최 (8. 25)

5 제19회 전국대학생수학경시대회 진행협조 의뢰; 주관교수 (8. 28)

6 대한수학회 이사회 개최에 따른 감사; 부산대 총장 (8. 28)

7 2000 국내 학술지 발간비 지원 신청서 제출; 학진 (8. 31)

2. 이사회 회의록(발췌)

2000년도 제4차 이사회 (2000. 8. 25)

<보고 사항>

(1) 회장

① "동향과 전망" 집필위원회 구성
구자경, 김도한, 김홍종, 신준국, 최봉대, 최형인, 곽진호, 계승혁(위원장 겸 간사)

② 김지영 대리 사직, 이지영씨(편집담당직원) 대리임명(8월 11일자)

(2) 고성은 재무이사

① 보조금 접수 현황
- <교육부> 제19회 전국 대학생 수학경시대회 지원금 : 23,000,000원(6. 1)
- <과총> 우수영문학술지 상반기 지원금 : 19,000,000원(7. 27)

② 지방대학 우수교수 연구장려사업 2차분 연구비 배정(6월 말)

③ 7월 13일 학회 정기감사 실시

<의결 사항>

(1) 신입회원의 입회를 승인함.

(2) 정관세칙 제4장(회장선거) 제20조 1항(피선거권)을 다음과 같이 개정함.
- 당해년도 선거를 포함하는 3번의 회장 선거에서 연속적으로 선거권을 가진 정회원은 회장에 입후보할 수 있다.

(3) 2001년도 사업계획(안)을 승인하되, 필요시

항목을 첨가하여 총회에 상정할 수 있는 권한을 회장에게 위임함.

(4) 2001년도 예산(안)을 승인하되, 약간의 수정을 가하여 총회에 상정할 수 있는 권한을 회장에게 위임함.

3. 한국수학올림피아드 운영보고

1) 제14회 한국수학올림피아드 개최

· 일시: 2000. 11. 5(일)

· 장소: 경북대, 과기원, 부산대, 서울대, 전남대, 한양대

· 원서접수기간: 2000. 8. 28(월) 2000. 9. 22(금)

· 예년에 비하여 응시원서 접수기간이 앞당겨졌으며, 수험번호 및 고사장 안내는 10월 25일 이후 ARS 02-700-2117, 홈페이지 http://www.kms.or.kr 에서 확인할 수 있다.

2) 한국수학올림피아드 가을 통신강좌 시작

제10기 여름학교 수료자를 대상으로 9월 7일부터 8주간 통신강좌가 실시되며, 매주 교재와 3개의 문제가 발송된다. 주관교수는 송용진(인하대), 주관조교는 이호주(광운대)가 맡아 통신강좌를 실시한다.

공 지 사 항

1. 2000년도 개인회비 및 대의원회비 납입 안내

2000년 9월 14일 현재 2000년도 회비납부 상황은 개인회비 948명, 대의원회비(단체회비) 53개교입니다. 회비를 납부하지 않은 회원이나 대의원께서는 빠른 시일 내에 은행지로 또는 온라인으로 보내 주시기 바랍니다.

☞ 한미은행 : 102-53370-259 [예금주: 대한수학회]

2. 2000년 세계 수학의 해 기념 국제 학술회의, 정기총회 및 가을 연구발표회 개최 안내

2000년 세계 수학의 해 기념 국제학술회의와 함께 본 학회의 2000년도 정기총회 및 가을 연구발표회가 아래와 같이 개최됩니다. 회원 여러분의 적극적인 참가를 바라오며, 초청장 및 세부일정은 37쪽 50쪽을 참고하십시오.

① 장소 : 연세대학교 이과대학

② 일시 : 2000. 10. 20(금) 10. 22(일)

③ 주관교수 : 박대현 회원

회 원 동 정

1. 신임교수

곽시종 : 과기원 교수, 대수기하학
Columbia univ. (Ph. D.)

구형운 : 고려대 조교수, Wisconsin univ. (Ph. D.)

김인강 : 서울대 조교수, 위상수학
Berkeley univ. (Ph. D.)

조완영 : 충북대 전임강사, 수학교육
한국교원대 (Ph. D.)

함남우 : 인천대 전임강사, 수치해석
Texas Austin (Ph. D.)

2. 승진 및 보직

계승혁(서울대) : 수리과학부 부학부장 취임, 2000. 8. 21
김강태(포항공대) : Journal of mathematical analysis and applications (Academic press), Associate editor 선임, 2000. 9.
김인수(전북대) : 전북대 부설 순수 및 응용수학 연구소장 취임, 2000. 9. 1
신중상(경원대) : 총무처장 취임, 2000. 8. 21
이준엽(이화여대) : 부교수 승진, 2000. 9. 1
이홍재(전북대) : 교무처장 취임, 2000. 9. 1
정세화(경원대) : 일반대학원 행정실장 취임, 2000. 9. 1
조영현(서울대) : 수리과학부장 취임, 2000. 8. 17
최윤성(포항공대) : 수학과 주임교수 취임, 2000. 9. 1
최정환(고려대) : 학과장 취임, 2000. 8. 1
황인호(인천대) : 교수 승진, 2000. 9. 1

3. 정년퇴임

소광호(전북대) : 2000. 8. 31
임종술(충북대) : 2000. 8. 31
조인호(고려대) : 2000. 8. 31
하기식(부산대) : 2000. 2. 28

4. 박사학위취득

박봉주 : 서강대, 대수학, 지도교수: 이재권
배희경 : 경북대, 위상수학, 지도교수: 박찬녕
이애자 : 과기원, 조합수학, 지도교수: 김동수
이원형 : 전북대, 위상수학, 지도교수: 이홍재
차재춘 : 과기원, 매듭이론, 지도교수: 고기형
허영식 : 과기원, 매듭이론, 지도교수: 진교택

5. 저술 및 번역

김강태(포항공대) : 「미분기하학」 교우사 발행, 2000년
김인수(전남대) : 로버트 카니겔 「수학이 나를 불렀다(The man who knew infinity) - 라마누잔의 전기」 사이언스 북스, 2000년

6. 기타

이승온(충북대) : 서강대 교환교수, 2000. 9. 1 2001. 8. 31

학 술 활 동

1. 연구방문 및 학술회의 참석

강병균(포항공대) : 미국 UCLA, AMS 주관 Mathematical challenges of the 21st century 학회참석, 2000. 8. 7 8. 12
김강태(포항공대) : 미국 “American Institute of Mathematics” 방문연구 및 초청강연, 2000. 8. 1 8. 18
김대산, 이재권(서강대) : 미국 Univ. California CRYTO 2000 학술회의 참석, 2000. 8. 20 8. 24
김명환(서울대) : 미국 공동연구, 2000. 8. 6 8. 29
김성래(충남대) : 미국 South Dakoda Univ., 해외파견, 2000. 8. 16 2000. 12. 16
김중휘(포항공대) : 스페인 “Functional Analysis Valencia 2000” 학회참석, 2000. 7. 1 7. 10
박세희(서울대) : 베트남 ‘응용해석과 최적화’ 국제회의 참가, 2000. 8. 24 9. 1
박종국(포항공대) : 미국 위스콘신대 Seeger 교수와 공동연구, 2000. 7. 24 8. 9

송성열(포항공대) : 미국 California대 "Algebraic Combinatorics, Monster and Vertex Operator Algebras" 학회참석 및 논문발표, 2000. 7. 23 8. 1

이건희(충남대) : 호주 Univ. of Queensland Brisbane, 해외파견, 2000. 7. 31 2001. 7. 31

이석영, 김경화(이화여대) : 일본, JWU와의 학술교류협의차 방문, 2000. 8. 17 8. 20

이용남(서강대) : 독일 Max-Planck-Institut 방문연구, 2000. 7. 3 8. 7

이종범(서강대) : 미국 UCLA "AMS mathematical challenges of the 21st century" 학술회의 참석, 2000. 8. 7 8. 12

이준엽(이화여대) : 푸에르토리코, 미국응용수학회 참가, 2000. 6. 30 7. 15

이향숙(이화여대) : 네덜란드 암스테르담 "Algorithm number theory symposium" 참가, 2000. 7. 2 7. 7

정순영(서강대) : 유고슬라비아 Univ. of Novi Sad 초청강연 및 공동연구 2000. 8. 6 8. 9, 헝가리 Budapest Technical Univ. 초청강연 2000. 8. 9 8. 11

조용승(이화여대) : 미국 UCLA, 미국수학회 참가, 2000. 8. 6 8. 13

천기상(대진대) : 미국 Univ. of Wyoming, RMMC "Probabilistic Combinatorics" 학술회의 참석 및 Bryan Shader 교수와 공동연구, 2000. 6. 25 7. 25

최정환(고려대) : 미국 시카고, ICTAM 학회 참석, 2000. 8. 28 9. 2

최형인(서울대) : 미국 George washington univ. 방문연구, 2000. 7. 23 8. 5

하기식(부산대) : 이태리 Catania Univ. "The 3rd world congress of nonlinear analysis" 학술회의 참석 및 논문발표, 2000. 7. 19 7. 26

홍성사(서강대) : 캐나다 McMaster Univ. B. Banaschewski 교수와 공동연구, 독일 Univ. Bremen "Categorical Methods in Algebra and Topology" 학술회의 참가 및 논문발표, 8. 21 8. 25

2. 초청강연 및 특별세미나

전북대학교 자연과학대학 수학과

오해수(Univ. of NC at charlotte) :

「Accurate mode-separated energe release rates for dalamination craks」 2000. 7. 14

2002년 북경 ICM Satellite Conference

북경 ICM 조직위원회는 Coordinate Committee of Satellite Conferences(위원장: Wenlin Li 교수)를 구성하고, 중국 뿐 아니라 인근 국가에서 열리는 Satellite Conferences 도 적극 환영한다고 합니다. 지난 8월에는 이 위원회로부터 한국에서 Conference 를 조직할 수 있는 가능성을 묻는 편지가 IMU 산하 National Committee of Korea 의 Chairman 인 장건수(연세대)회원에게 온 바 있습니다. 많은 회원들께서 관심을 가져 주시기 바랍니다.

참고: http://www.icm2002.org.cn/ → Satellite Conference

제41회 국제수학올림피아드

제41회 국제수학올림피아드 유치 및 개최 경과보고

· 1988년 7월: 국제 수학 올림피아드 처녀 출전 (제29회 호주 캔버라)
· 1988년 10월 22일(정기총회): 국제수학 올림피아드를 유치하기로 결의함.

· 1989년 7월 10일: 2000년 IMO 개최를 희망한다는 서한을 발송함.
· 1989년 7월 21일: 서독 Braunsweig에서 개최된 IMO Site Committee에서 한국의 개최의사가 보고됨.

· 1993년 3월: 한국개최의 단장회의 승인을 위하여 한국정부의 재정지원에 대한 확인이 필요하다는 IMOSC의 서한(3월 13일자)을 접수함.
· 1993년 11월 16일: 과학기술처로부터 "2000년 (제41회) 국제 수학 올림피아드(IMO) 국내 유치 승인" 공문을 접수함(과학재단과 공동 접수), 국무총리행정조정실의 승인공문 첨부.

· 1994년 4월 28일(KMO 위원회):
  - 2000년 IMO 준비위원회를 구성하기로 함.
    위원: 장건수(KMO위원장), 박대현(KMO간사), 김명환, 김성기, 김홍오, 황석근
  - 개최장소를 교육문화회관과 연계하여 서울대학교로 잠정 결정함.
· 1994년 7월: 홍콩 IMO 단장회의에서 2000년 IMO 한국 개최 확정.
· 1994년 10월 24일(2000년 IMO 예비추진위원회):
  - 위원확정: 장건수(KMO 위원장), 박대현(KMO 간사), 김성기, 김홍오, 황석근
  - 개최 가능지로 서울 및 대전의 여건을 고려하고 빠른 시일 내에 결정하기로 함.

· 1995년 3월 10일(KMO 위원회): 2000년 IMO 개최 장소 및 주관기관을 1안(서울, 서울대) 2안(대전, 과기원)으로 과학재단에 상신하되 국가적 차원에서 장소를 정해야 하는 경우에는 관계 당국의 결정에 따르기로 함.
· 1995년 7월 18일: 과기부로부터 "2000년 제41회 국제수학올림피아드" 개최 지역으로 대전이 최종 선정되었음을 통보받음.

· 1996년 4월 13일(KMO 위원회): IMO 조직위원장에 조승제 회원을 추천함.
· 1996년 4월 26일(이사회): IMO 조직위원장에 조승제 회원을 승인함.
· 1996년 10월 15일: 2000년 IMO 국내개최에 다른 종합계획수립 연구보고서 제출.
· 1996년 11월 16일(이사회): IMO-2000 조직위원회 규정을 인준함.

· 1997년 2월 24일: IMO-2000 조직위원 위촉
조승제(위원장), 김명환(사무국장), 진교택(운영위원장), 이동수(재정위원장)
· 1997년 4월 2일: IMO-2000 조직위원회 사무실 개소식 (한국과학기술회관 본관 907호)
· 1997년 4월 2일: 황석근 조직위원(출제위원장) 위촉

· 1998년 10월 7일: 권길헌 조직위원(운영위원장) 위촉
· 1998년 12월 22일(이사회): IMO-2000 조직위원회 규정 개정안이 원안대로 통과됨.

· 1999년 4월 23일(이사회):
- IMO-2000 조직위원회 규정 개정안이 원안대로 통과됨.
- IMO 후원을 위한 모금을 시행하기로 함.
· 1999년 10월 21일(이사회):
- 수학올림피아드 후원회 규정을 원안대로 승인함.
- 해산 후 기금처리방안에 대하여 회장, 후원회장, IMO-조직위원장이 논의하여 보고하기로 함.
- 수학올림피아드 후원회장에 홍성대 후원회장을 위촉하는 데에 동의함.

· 2000년 2월 18일: 구자경 조직위원 위촉
· 2000년 7월: 제41회 국제수학올림피아드 개최

『대한수학회소식』 제72호 정정기사

1. 17쪽: 채점위원명단에서 곽민규(전남대) 회원이 누락됨.
2. 33쪽: 개회식과 폐회식 사진이 바뀜.
3. 36쪽: 개인 후원금에서 우정호(서울대) 교수[2구좌]가 누락됨.
4. 37쪽: 정부 지원금에서 1999년 615,000,000원에서 515,000,000원으로 수정.
5. 37쪽: 기타에서 과학재단에 적립된 민간(대교)출연금 25,000,000원 누락됨.
6. 36쪽:

1. 개인 후원금	13,600,000원	→	13,650,000원
2. 단체 후원금	950,000원		
3. 법인 후원금	750,000,000원		
4. 정부 지원금	2,285,331,000원	→	2,185,331,000원
5. 기타	3,342,040원	→	28,342,040원
총합계	3,053,223,040원	→	2,978,273,040원

독일수학의 전통

장수영(포항공과대학교 전자전기공학과 교수, 전임총장)

지금으로부터 116년전 1884년 봄 어느 날 세 명의 청년이 동 프러시아의 수도 쾨닉스베르그(Königsberg) 거리를 걷고 있었다. 쾨닉스베르그는 오일러(Euler)가 쾨닉스베르그의 7개 다리 문제를 제기한 바로 그 도시이다. 가장 나이가 많은 아돌프 후르빗츠(Adolf Hurwitz)는 당시 25세로서 이미 쾨닉스베르그대학의 부교수였고 4년 전에 박사학위를 받았다. 두 번째 청년은 다비드 힐버트(David Hilbert)로서 22세인데 수학의 박사논문을 준비하는 학생이었고 가장 젊은 헤르만 민코브스키(Hermann Minkowski)는 20세였으나 역시 수학의 박사논문을 준비하고 있었다. 후르빗츠는 23세에 정교수가 된 클라인(Felix klein)의 제자였고 민코브스키는 이미 1년 전에 파리아카데미로부터 수학논문상을 받은 수재였다. 세 사람은 매일 5시에 만나서 사과나무가 있는 데까지 걸어가면서 수학을 토론하였는데 이와 같은 일은 8년 이상 계속되었다. 쾨닉스베르그대학은 바로 칸트가 교수로 있던 곳이며 칸트도 역시 정확하게 같은 시간에 산책을 하는 것으로 유명했다. 당시 쾨닉스베르그대학의 수학정교수는 린데만(Lindemann)이었는데 그도 역시 클라인의 제자로서 나이는 클라인보다 불과 3년 아래였다.

1885년 2월에 힐버트는 린데만을 지도교수로 해서 박사학위를 받았고 민코브스키는 같은 해 가을에 박사학위를 받고 바로 1년간 군대에 복무하였다.

당시에는 학사나 석사학위 같은 것이 없었고 대학에 입학해서 첫 번째 학위가 박사였는데 그렇다고 입학만 하면 모두 박사가 된 것은 아니였다.

일반적으로 수학은 칠판에 수식을 써가면서 토론하는 것이 보통인데 이들은 순전히 머리속에서 수학적개념을 정리하면서 토론을 한 것이다.

1892년 가을에 후르빗츠는 스위스의 쭈리히 공과대학(ETH)에 정교수로 가고 그 자리에는 힐버트가 임명되었다. 1년 후에는 린데만교수가 뮨헨대학으로 자리를 옮기면서 힐버트는 정교수가 되었다. 그리고 1895년 3월에는 힐버트가 유명한 괫팅겐(Göttingen)대학으로 자리를 옮겨서 1943년에 작고할 때까지 그 자리에 있으면서 20세기 최고의 수학자가 되었다.

민코브스키는 군복무를 마치고 본(Bonn)대학에 가 있다가 1894년 봄에 쾨닉스베르그로 돌아왔고 1896년 가을에는 후르빗츠가 있는 쭈리히공과대학의 교수로 갔다. 거기에서 아인슈타인을 가르친 사람이다.

1902년에는 힐버트가 있는 괫팅겐대학에 교수로 와서 空間과 時(Space time)에 대한 이론을 발표하고 많은 업적을 남겼으나 1909년에 급성맹장염으로 작고하였다.

한편 후르빗츠 역시 젊은 시절부터 건강이 좋지 않았고 1919년에 작고하였는데 그의 업적중에서 오늘날까지도 자동제어공학을 공부하는 사람들은 후르빗츠의 법칙을 배우고 있다. 임의의 다항식의 근(root)중에서 실수부가 정(正)

인 근이 몇 개가 있는가 하는 것을 알아내는 법칙이다. 선형시불변계통(Linear time-invariant system) 의 특성 방정식은

$$F(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0 = 0$$

여기서 s는 복소변수이며 모든 계수는 실수이다. 후르빗츠법칙은 "특성방정식의 모든근이 복소평면상의 왼쪽에 있기 위한 필요충분조건은 후르빗츠행렬식 D_k, $k = 1, 2 \cdots n$ 가 모두 정(Positive)이다."

$$D_1 = a_{n-1}$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} \\ a_n & a_{n-2} \end{vmatrix}$$

$$D_3 = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} \\ a_n & a_{n-2} & a_{n-4} \\ 0 & a_{n-1} & a_{n-3} \end{vmatrix}$$

$$\vdots$$

$$D_n = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} & \cdots & 0 \\ a_n & a_{n-2} & a_{n-4} & \cdots & 0 \\ 0 & a_{n-1} & a_{n-3} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & & a_0 \end{vmatrix}$$

세 사람 중 가장 뒤떨어지는 것으로 생각했던 힐버트가 가장 오래 살고 35년간 괫팅겐대학 교수로 있으면서 가우스(Gauss)가 이룩해 놓은 전통을 잘 지켜나갔다. 그는 재직시에 69명의 박사를 배출하였으며 그 중에는 베를린대학 총장을 역임한 슈밋트(E. Schmidt)와 헤르만바일(H. Weyl) 그리고 뉴욕대학에서 24년간 수학교수로 있던 쿠란트(R. Courant) 등이 있다.

또한 훗날 노벨물리학상을 받은 막스 보른(Max Born)역시 힐버트의 제자였으며 보른의 제자로는 역시 노벨물리학상을 받은 하이젠베르그(W. Heisenberg)와 파울리(W. Pauli)가 있다. 하이젠베르그는 1932년, 파울리는 1945년, 그리고 보른이 가장 늦게 1954년에 노벨상을 받았다.

힐버트는 1900년 파리에서 열렸던 세계수학자대회에서 기조연설을 한 후 20세기에 해결해야 할 수학의 과제 23개를 발표하였는데 그중 몇 개는 100년이 지난 지금까지도 완전히 해결되지 못한 것으로 알고 있다.

그러나 1933년에 히틀러가 집권한 후 유태인 교수들을 모두 추방함에 따라 힐버트와 같이 일하던 쿠란트, 바일 보른 같은 학자들이 모두 미국이나 영국으로 망명하는 통에 괫팅겐수학은 그 영광스러은 시절을 완전히 잃어버리게 되었다.

그뿐 아니고 독일이 2차대전에서 패망함으로써 독일수학의 또 하나의 중심지였던 쾨닉스베르그는 소련에 편입되어 지금은 칼리닌그라드가 되었다.

힐버트는 괫팅겐에 온 후에도 조수(Assistent), 학생들과 함께 산책을 하면서 수학을 토론했고 정원에 큰 칠판을 걸어놓고 밖에서 수학을 연구하는 버릇이 있었다.

힐버트가 살던 집은 괫팅겐 빌헬름 베버거리 29번지에 있으며 그의 묘는 괫팅겐 시립묘지에 있는데 비석에는 그가 쾨닉스베르그 명예시민증을 받을 때 한 유명한 말이 새겨져 있다.

"Wir müssen wissen, wir werden wissen."

빌헤름 베버 거리 3번지에는 클라인(Felix Klein)의 집이 있으며 21번지에는 룽게(Carl Runge)와 쿠란트(R.Courant)가 살던 집이 지금도 그대로 있다.

서 평

정상권, 이승래, 권욱현 지음
『수치해석』 한산, 2000년

이 책은 수치해석의 입문서로서 수학, 자연과학, 공학을 전공하는 학부 과정의 대학생을 대상으로 한 일년 과정의 강좌를 위한 교재이며 내용을 취사 선택하면 한 학기 교재로도 사용할 수 있다.

전반적으로 다음 세 가지 사항이 특별히 눈에 띈다. 첫째로, 수치해석의 각 방법에 대해 엄밀한 수학적 유도와 증명보다는 예를 통하여 수치방법이 왜 작동하는지를 이해하는 데 주안점을 두었다. 둘째로, 손으로 풀어야 하는 이론적인 문제와 프로그래밍을 요구하는 문제를 분리함으로써 학생들로 하여금 방향을 설정할 수 있도록 하였다. 셋째로, CEMTool을 사용한 예제를 첨부하였다. 이 CEMTool 프로그램은 부록으로 첨부한 CD에 담겨져 있다. 요즘 발간되는 대부분의 수치해석 교재들은 Maple, Matlab 또는 Mathematica를 사용한 예제를 싣고 있으나 한국적인 상황에서 볼 때 freeware 이면서 한글이 지원되는 프로그램을 사용한 것이 신선해 보인다. 그러나 다른 프로그래밍 언어를 사용하는 경우를 대비하여 pseudo code를 싣지 않은 것이 아쉽다.

1장은 수치해석을 위한 기본학습이다. 수의 표기와 이진법, 오차분석, 벡터와 행렬의 성질 등을 다루고 있다. 기계 숫자에 대한 설명은 간략하면서도 이해하기 쉽게 되어 있다. 벡터와 행렬에 대하여는 상당히 많은 지면을 할애하고 있으나 대부분이 고등학교에서 가르치는 내용이므로 그럴 필요가 없어 보인다. 2장은 선형계획법과 최적화문제를 다루고 있다. 이 내용은 다른 내용에 비하여 특별히 중요하거나 다른 내용을 배우는 데 있어서 기본이 되는 것이 아니기 때문에 책의 마지막으로 돌렸으면 좋겠다. 3장은 비선형 방정식의 해법을 이점법과 일점법으로 분류하여 소개하고 있다. 이런 분류는 매우 인위적이며 여러 방법간의 연결관계를 비교하여 장단점을 설명하는 데 불리하다. 예를 들자면 고정점 반복법을 Newton 방법보다 먼저 설명하고 할선법을 Newton 방법보다 나중에 설명하는 것이 훨씬 자연스러우며 또한 학생들의 이해를 도울 수 있다. 4장은 선형 연립 방정식의 해법으로서 Gauss 소거법과 피벗팅, 삼각분해를 다루고 있다. 5장은 선형과 비선형 연립방정식의 반복법을 다루고 있다. Jacobi 반복법을 고정점 반복법으로 이해하는 것이 흥미롭다. 11장에서 사용할 SOR을 여기서 소개하면 좋겠다. 6장은 Lagrange 보간법과 Newton 다항식을 다루고 있으며 7장은 최소제곱법을 이용한 곡선 적합(data fitting), 스플라인 함수를 이용한 보간법, Fourier 급수와 삼각다항식을 다루고 있다. 다항식과 스플라인 함수를 이용한 보간법과 곡선 적합, Fourier 급수를 이용한 근사법을 분리하여 다루는 것이 학생들로 하여금 보간과 근사의 차이를 이해하도록 하는 데 도움이 될 것이다. 데이터 선형화를 위한 변수의 치환기법 소개는 상당히 흥미롭다. 8장은 수치미분을 다루고 있다. 9장에서는 수치적분을 다루고 있다. 합성 사다리꼴 공식, 합성 Simpson 공식, Romberg 적분법, 적응 구적법(adaptive quadrature) 등을 다루고 있다. 그러나 Gauss 구적법을 다루지 않은 것이 아쉽다. 10장은 상미분 방정식의 해법을 다루고 있다. Euler 방법, Heun 방법, Runge-Kutta 방법, 선형 사격법, 유한차분 방법 등을 소개하고 있다. 11장에서는 편미분 방정식의 해법으로서 유한차분 방법을 다루고 있다. 쌍곡선과 포물선 방정식의 경우 안정한(stable) 해에 관한 좀 더 자세한 설명이 있었으면 좋겠다.

이 책이 초판이어서 그런지 오타가 많다. 또한 A3_1.cem 과 A3_2.cem 예제의 실행 결과 그래프는 책에 있는 것과 다르다. 특히 정리 3.3의 증명에서는 정리 1.6의 평균치 정리를 사용하고 있으나 정리 1.6은 행렬의 곱셈에 관한 정리이며 평균치 정리는 책에서 한번도 소개된 적이 없다.

전반적으로 볼 때 이 책의 양은 일년 강의용으로 적합하다. 좀 더 많은 내용을 실었으면 하는 바람이지만 이 책의 목적이 참고서가 아닌 수치해석 입문을 위한 학부용 교재라면 무난하다고 본다. 한 가지 중요한 사실은 책을 평하기보다 책을 쓰기가 훨씬 어렵다는 것이다. 저자들의 노고에 감사 드린다.

이창옥(한국과학기술원)

방현수 지음
『현대해석학』 경문사, 1999년

이 책은 대학의 미적분학을 이수한 수학과 고학년용 해석학교재로 역은 것 같다. 저자의 표현을 간추려 빌리면 본서의 저자는 "10여 년간 대학 강단에서 얻은 경험을 토대로 하여 1950년대 이후 지금까지 애용되고있는 Rudin 의 Principle of Mathematical Analysis, Apostol 의 Mathematical Analysis, Bartle 의 Real Analysis, Johnsonbaugh 의 Mathematical Analysis 와 그 밖의 문헌들의 장점을 추려 엮었다"고 서문에서 밝혔다.

제 1장 실수계에서는 먼저 집합의 연산, 함수의 정의, 실수계의 성질 그리고 선택공리를 설명한 후 실수의 대수적 성질, 순서적 성질 완비적 성질을 설명하였고, 제 2장에서는 실수열의 수렴 및 발산, 수렴수열 사이의 대수적 연산, 단조수렴정리, Bolzano-Weierstrass 정리, Cauchy 수열, 상극한과 하극한 그리고 이중수열을 논하였다.

제 3장에서는 벡터공간, 내적공간, norm의 개념을 도입하여 n차원 Euclid 공간을 정의하고 벡터열의 수렴과 발산을 다루었다. 그리고 Euclid norm을 이용하여 R^n위에 위상을 도입하고 Compact 집합과 Heine-Borel 정리, Lebesgue 수, 연결집합, 연속함수와 그 성질, 균등연속함수, 불연속함수, 반연속함수, 단조함수를 논하고 또 선형변환도 연속함수와 연결하여 여러 성질을 다루었고 $L(R^n, R^m)$도 소개하였다.

제 4장에서는 거리공간을 정의하고 몇 가지 중요한 거리의 예를 소개하였다. R^n 위의 여러 가지 norm $\|\cdot\|_p (1\le p\le\infty)$ 들을 소개하고 이들 norm에 대하여 Holder $(1<p<\infty)$ 부등식과 Minkowski $(1\le p<\infty)$ 부등식을 논하고 열공간 $(R^n, \|\cdot\|_p)(1\le p\le\infty)$ 들을 소개하였다. 특히 함수공간 $C[a,b]$와 norm $\|\cdot\|_p (1\le p\le\infty)$을 소개하고 이들 norm에 대한 Holder부등식과 Minkowski부등식도 소개하였다. 그리고 거리공간에서의 수열의 수렴, 위상, 함수의 연속성, 선형사상의 연속성 등 R^n공간에서와 유사한 성질 등을 논하고 동치인 norm, 위상동형사상, 등거리변환, 완비거리공간, 앞에서 소개한 여러 공간의 완비성 그리고 완비화, compact 거리공간, compact성과 동치인 여러 성질, compact성과 함수의 연속성 등을 다루었다.

제 5장 미분에서는 먼저 실함수의 도함수부터 시작하여 도함수의 평균치정리, 중간치정리 L'Hospital 정리, 단조함수의 미분 등을 다루고 다음에 R^n에서의 도함수, 편도함수, 방향도함수, gradient, 연쇄법칙, 볼록집합 위에서 정의된 함수의 평균치정리, 백터함수의 평균치정리, C^1- 사상 등을 다루었다. 그리고 역사상 정리

와 음함수 정리, 극값문제, Lagrange 승수 등을 논하였다.

제 6장의 Riemann-Stieltjes(줄여서 R-S)적분에서는 상합-하합으로 R-S 적분을 정의하고 여러 가지 예를 들었다. 그리고 R-S 합을 정의하고 R-S 합과 적분가능성과의 필요충분조건을 구하였고, Riemann 적분의 성질과 R-S적분의 성질의 차이점을 R-S 합에 관한 성질을 이용한 예를 들어 설명하였다. 그리고 임의의 적분인수에 대한 R-S 적분, 적분인수가 유계변동함수인 경우의 R-S 적분의 여러 성질을 다루었다. 그리고 R-S 적분의 평균치, 기본, 변수변환에 관한 정리들도 다루었고 연습문제에서 절대연속함수와 이에 관계되는 여러 가지 성질도 논하였다. 그리고 Riemann적분가능이 위한 필요충분조건을 Lebesgue 측도의 개념으로 설명하였다. 불연속점이 무한이 있는 경우의 Riemann 적분가능한 함수의 예도 들었다. 그리고 R-S 적분의 이상적분도 논하였다.

제 7장의 무한급수에서는 무한급수의 수렴과 발산, 절대수렴과 여러 가지 판정법, 항이 복소수로 된 급수의 판정법, 급수의 재배열, 이중급수, 무한급수의 곱에 대하여 논하였다.

제 8장에서는 함수열과 함수급수를 논하였다. 함수열의 점마다 수렴과 함수급수의 수렴을 정의하고, 함수열의 균등수렴과 연속성 그리고 균등수렴 판정법, 함수급수의 균등수렴과 Weiretrass 의 M-판정법, 모든 점에서 미분 불가능한 연속함수의 예, 함수급수의 균등수렴 판정법, 항별 R-S적분과 항별미분, 멱급수의 수렴과 수렴반경, 멱급수의 곱 그리고 멱급수에 관한 Abel의 극한정리와 Tauber의 수렴정리 등을 논하였다.

전체적으로 보아 많은 분량의 내용과 적절한 예를 포함한 좋은 교재로 생각된다. 교재인 점을 감안하여 몇 가지 욕심을 내어보면, 우선 아직 판이 여러 번 거듭되지 못한 까닭에 아직도 문장이 매끄럽지 못한 곳과 오자가 간혹 눈에 보이고 영어로 병기하지 않은 어떤 용어는 눈에 익숙하지 못한 것들도 있으며 내용에 있어서도 어떤 부분은 학부 수준 이상인 것도 눈에 보인다. 그리고 교재로서는 분량이 좀 많은 것 같다. 제 2장에서 상극한과 하극한을 유계인 경우와 비유계인 경우로 나누어 설명함은 학생들의 이해에 도움이 되리라 생각되나 좀더 많은 예가 있었으면 한다. 다른 해석학 책과는 달리 이중수열을 자세히 다루었다. 제 3장의 베터공간은 실벡터공간이라 칭해야 할 것 같으며 제 4장에서는 제 3장에서 정의(정의3.4)한 norm의 정의를 다시(정의4.9) 하였다. 그리고 정의3.80에서 R^n에서 R^m에로의 백터함수에 대하여는 선형변환이라는 용어를 사용하였고 4.7절에서 백터공간 X에서 백터공간 Y에로의 사상에 대해서는 선형적이라는 표현을 하였다. 같은 개념에 대한 통일된 용어가 필요할 것 같다. 제 5장에서 R^n에서 R에로의 미분가능한 함수의 gradient의 기하학적 의미에 관한 설명이 첨가되었으면 더욱 좋을 것 같다. 제 6장에서 불연속점이 무한히 많은 경우 적분가능성의 설명에서 Dirichlet 함수의 예도 같이 들어 설명되었으면 좋을 것 같은 생각이 든다. 좀더 욕심을 부려서 실해석학 입문서의 특성을 살리려면, 제 3장, 제 4장과 제 5장의 내용은 많은 부분이 고등미적분학의 내용이므로 실해석학 입문에 꼭 필요한 성질과 또 R위의 내용만 다루어도, 뒤에 나오는 성질을 논하는데 별 무리가 없지 않나 하는 생각이다. 실제로 제 1장, 제 2장 은 R에 관계된 내용이며 제 3장, 제 4장, 제 5장은 R^n에 관계된 내용 그리고 제 6장, 제 7장, 제 8장은 다시 R에 관계된 내용이다. 책의 내용을 강의자가 취사 선택하면 좋은 교재가 될 것이다.

김완세(한양대학교)

계승혁 지음
『군과 조화해석』 민음사, 1998년

평자는 최근 수년 동안 양부호 초함수와 그의 특성에 대하여 연구하여 왔었다. 특히 양부호인 초함수를 초기값으로 갖는 열방정식의 해를 찾고 그의 적분 표현을 구하는 작업을 해왔다. 이를 바탕으로 최근 새로이 옹골군 위에 정의된 여러 가지 초함수에 관심을 갖게 되었고 특히 옹골군 위에 정의된 양부호 초함수의 특성과 그의 적분 표현이 중요함을 알게 되었다. 이에 관한 자료를 찾던 중 이 책이 출간되었음을 알고 저자를 방문하였더니 저자는 흔쾌히 이 책을 평자에게 증정하였다. 그 후 그 동안 평자가 양부호 초함수 또는 양부호인 열방정식에 관하여 연구해오고 앞으로 연구해 나가야 할 방향이 이 책에 모두 제시되어 있음을 알게 되었다. 물론 구체적 대상이 아닌 추상적 군대수와 추상적 옹골군으로 내용이 전개되어 항상 어떤 정리를 읽고 나면 다시 평자의 언어로 해석하여 이해하여야 하는 어려움은 있었지만 근본적으로 우리가 관심 있어 하는 것과 저자가 중요하게 진술하고 있는 것이 근본적으로 같은 것임을 알고 매우 흥분된 마음으로 다음 페이지를 넘기지 않을 수 없었다. 실제로 이 책의 전반부까지 읽어 나가는 데 채 하루가 걸리지 않았다. 이는 평자의 부족한 식견과 수학적 능력에도 불구하고 이 책의 전개는 군더더기 없이 매우 명료한 표현과 치밀한 논리적 구성으로 독자의 흥미를 유지시켜 주는 데 충분하도록 배려한 한 저자의 노력 때문이라 생각한다.

이 책을 읽기 위해서는 기본적으로 함수해석학을 한 두 학기 정도 이수한 배경을 가지면 충분하다. 그러나 후반부의 C^*-대수에 관한 이론은 저자의 의도와는 달리 비 전공자가 읽기에는 다소 어려운 부분이 많으리라 생각된다.

이 책은 제 1장과 제 2장으로 구성되는 전반부는 군대수, 양부호함수, 유니터리표현, 기약표현, 뽕트리야갱 쌍대정리, 다나까 쌍대정리 등을 소개하고 있으며, 나머지 후반부에서는 군 작용소대수, 군 폰노이만대수, 평균가능군, 자유군 등 작용소대수 또는 C^*-대수에 관한 이론을 소개하고 있다.

이 책을 읽으며 아쉬웠던 점은 좀 더 많고 다양한 예제가 부족한 것이었다. 가령, 단순히 군위에 주어진 L^1 또는 L^2 함수 등이 아닌 초함수(distribution)의 예가 들어 있다면 이 책이 더욱 매력적이었을 것이다. 연구에 쫓기며 이러한 책을 저술하는 일이 매우 힘들고 고통스러운 일임을 감안하면 이는 분명 무리한 요구임을 부인할 수는 없으나 저자의 능력과 추진력을 잘 아는 평자로서의 바램이다. 수학은 결국 추상적인 언어로 표현하는 것이라지만 평자는 항상 구체적이고 경험적인 접근과 전개를 좋아한다. 이는 아마 60년대 이 후 사람들이 부르바키 수학으로부터 벗어나 실용적이고 발견적인 수학을 즐기게 된 연유와 다름이 아니다.

저자는 원래 C^*-대수를 연구하는 사람으로 알고 있다. 그래서 인지 이 책의 후반부의 내용은 C^*-대수 이론으로 수렴하여 가고 있다. 평자의 식견의 부족으로 이 후반부는 평을 삼갈 수밖에 없다. 아마 이 분야의 어느 전문가가 좋은 평을 내기를 바란다. 또한 이 분야의 전문가라 하기엔 턱없이 모자란 평자가 서평을 부탁받고 거절하지 않은 이유는 비전문가로서의 서평 또한 의미가 있는 일이라 생각했으며, 또한 내 분야를 발전시켜 새로이 수학 발전에 기여해보자는 입장으로 읽어본 이 책은 감히 서평을 쓰도록 많은 용기를 갖게 했기 때문이다.

정순영(서강대학교)

P. B. Gilkey, J. V. Leahy, 박정형 지음
『Spectral Geometry, Riemannian Submersions, and the Gromov-Lawson Conjecture』
CHAPMAN & HALL/CRC, 1999년

이 책은 라플라스 유형 연산자의 spectral geometry와 연관된 두 가지 주제를 중심으로 하여 지은 깊이 있는 미분기하 전공서이다. 첫째 주제는 양의 스칼라곡률의 리만계량의 존재성에 관련된 Gromov-Lawson 추측이며 둘째 주제는 리만 submersion에서 라플라스 유형 연산자의 고유공간과 고유치들의 관계 연구이다. 저자들은 두 주제에 관한 뛰어난 연구자들로서 이 책에서는 그 활발한 연구분야를 기초부터 쉽게 접근하는 지름길을 열어 주며, 그 분야 내에서 이미 잘 알려진 결과로부터 최근의 새로운 결과들까지 충실하게 다루고 있다. 이 책은 미분기하의 여러 분야를 다루는 기초적이고 범용적인 책은 아니지만, 석사 과정에서 기초 미분기하와 리만 기하를 배운 학생들이면 읽을 수 있으며 spectral geometry 관련 분야에서 활동하고 있는 전문가에게 이르기까지 매우 유용한 서적이다.

또한 이 책은 아래에서 설명하는 여러 강점을 갖고 있으므로 spectral geometry의 많은 단행본들 중에서도 비중있는 연구 표준서 혹은 중요 참고본이 될 수 있을 것이라 기대된다. 첫째, 충실하고 효과적인 background review 부분을 준비했다는 점이다. 즉, 리만 submersion에 관한 미분기하와 타원형 편미분 연산자에 관한 필요한 내용들이 잘 정리되어 있어서 뒤에 나오는 본 주제들에 대한 접근을 쉽고 흥미롭게 해 준다. 둘째, 책 전반에 걸쳐 많은 구체적인 예들을 제시하고 계산하여 내용들을 한층 더 흥미롭게 하고 있다. 셋째, 이 책은 위 두 연구 주제에서 활발한 연구를 하고 있는 저자들에 의해 쓰여져 최근의 많은 결과들이 기술되었으며 여러 미해결 문제들도 제시되고 있어서 역동적인 인상을 준다. 넷째, 이 책에서는 리만 submersion의 spectral geometry와 Gromov-Lawson 추측 사이의 관련성이 특징적으로 잘 드러난다. 다섯째, 이 책은 30쪽에 달하는 인상적인 관계서적목록을 갖고 있는데, 여기에는 본 부분 외에 조화 사상과 포물형 편미분방정식 부분도 각각 있어서 관련 분야를 탐색하려는 독자들에게는 아주 유용하리라 기대된다.

이 책은 네 개의 장으로 나누어져 있는데 그 내용을 순서대로 요약해 보면, 1장과 2장이 background review로서 1장에서는 뒤에서 필요하게 될 타원형 편미분연산자 이론을, 그리고 2장에서는 주로 리만 submersion에 관련된 리만기하를 설명한다. 3장의 주된 내용은 Gromov-Lawson 추측에 관련된 정리들이며 리만 submersion의 spectral geometry와의 연관성이 증명들 속에서 중요한 역할을 한다. 4장은 리만 submersion의 전체공간 상의 라플라스유형 연산자들의 고유공간 및 고유치와 기저공간 상의 그것들과의 상관 관계를 다룬다. 기저공간상의 eigenform의 pull-back이 전체공간상의 eigen-form이 될 수 있는 조건을 설명하고 또 그 때 고유치가 언제 어떻게 변화하는가(혹은 변화하지 않는가)를 다루는 'rigidity' 정리들을 증명하고 있다.

김종수(서강대학교)

Imre Lakatos 지음, 이영애 번역
『수학, 과학 그리고 인식론』 (주)민음사, 1996년

이 책은 라카토시(Lakatos)가 1974년 타계한 후 아직 발표되지 않은 논문들을 묶어 출판되었다. 정식으로 수학전공을 하여 엄밀성을 추구하는 수학자로서 수리철학자인 라카토시의 수학적 이해에 회의적인 생각을 갖고 이 책을

접했다. 이 선입견은 라카토시의 해박하면서도 엄밀한 수학의 이해에 의해 무너졌다. 수학의 특성상 엄밀한 수학적 개념·정리 등의 이해 없이는 그 정확한 기술을 하거나 자기 자신만의 수학적 견해를 논증한다는 것은 불가능한 경우가 대부분이다. 라카토시는 수리철학자들의 이 약점으로부터 자유로움을 이 책을 통해 보여 주었다. 수학전공자들에게 이 책은 심오한 수리철학자의 예리한 수학의 철학적 분석을 통하여 수학의 위치를 한번 확인해 볼 수 있다. 대표적으로 언급하고 싶은 곳은 균등수렴(일양수렴)에 관한 부분(p87-p101)이다. 이 개념은 지금 현대수학에서는 초보적인 개념으로 수학과 대학생이라면 누구나 익히 알고 있다. 그러나, 놀랍게도 코오시 시절에는 그 개념의 정립이 오랜 역사를 통해 이루어졌다. 라카토시는 여기서 현재 수학자들이 놓치지 말아야 할 것을 강조한다. 즉, 어떠한 수학적 문제가 새로운 차원의 개념이 요구된다면 기존 틀에 사로잡혀 있는 수학으로는 그 해결이 수학적 능력을 떠나 단순히 불가능하다는 것이다. 이는 수학자들이 심각하게 그 의미를 새겨야 한다고 믿는다. 물론, 이 부분에서 라카토스는 로빈슨의 비표준해석학의 중요성을 강조하였는데 이 주장은 지금은 설득력이 없는 것처럼 보인다. 이 책을 이해하는데 전반적인 수리논리의 지식이 요구된다.

역자는 정치학으로 박사를 받았다. 사회과학도로서 이 심오한 책을 번역 한 것이 매우 고무적이다. 전체적으로 훌륭히 번역되었다. 곳곳에서 수학자들의 도움을 받은 흔적이 보인다. 비전문가인 역자가 열정이 없었다면 불가능했을 것이다. 또한, 역자는 94개의 역자 주를 p455--p485에 할애했다. 그 노력은 무시 할 수 없는 수준이다. 독자들에게 더 나은 이해를 주기 위해 몇 개의 주에 설명을 다음과 같이 덧붙인다.

주 23; 게오르그 칸토르(p462) "삼각급수에 .... 형성시켰다."를 "칸토르는 하이네(Heine)와 리이만(Riemman)에 의해 제안된 삼각급수의 유일성의 연구를 통해 집합론을 창안했다. 보다 상세하게는 다음과 같다. 모든 실수 x에 대해 $\sum c_n e^{inx} = 0$ 이라 하자. 그러면, 모든 정수 n에 대해 $c_n = 0$ 인가? 1870년에 칸토르는 이 문제를 긍정적으로 해결하였다. 그는 '모든 실수' 대신 '어떤 가부번 폐집합을 제외한 실수'에 대해서도 같은 결론에 도달할 수 있나 생각해 보았다. 칸토르는 자연수를 포함하는 개념인 기수(ordinal number)개념을 도입하였고 그 개념을 가부번 폐집합에 응용함으로써 이 문제를 해결하였다. 기수개념을 수학적으로 엄밀히 정립하는 과정에서 집합론이 태동되었다."로.

주 26; 에른스트 체르멜로 (p463) "그에 의하면 서로 소이며 .... 있다."를 "그에 의하면 선택공리는 다음과 같다. 서로 소이며 .... 있다."로.

주 58; 튜링기계 (p474) "이는 조작규칙들 ..... 기계이다."를 "튜링기계를 좀더 자세히 설명하면 다음과 같다. 튜링기계는 좌우 양쪽방향으로 무한개의 방이 있는 tape와 각 방을 자유롭게 움직일 수 있는 maker 그리고 튜링프로그램으로 이루어져있다. 튜링기계는 다음순서로 동작한다. 입력 전 tape의 각 방은 0으로 쓰여 있다. 입력 값(자연수)이 튜링기계에 들어오면 튜링기계는 tape에 입력 값(자연수) + 1 개의 방에 0대신 1을 쓴다. 이때, maker는 왼쪽 첫 번째 1의 위치에 있다. 이제, 주어진 튜링프로그램에 따라서 튜링기계는 maker를 움직이면서 0과 1을 쓰고 지우기를 반복한다. 유한 번을 움직이고 멈추면 1의 개수를 세고 이 개수가 출력 값이 된다. 무한히 움직이면 발산한다고 한다. 이것이 대략적인 튜링기계의

구조 및 작동에 관한 것이다. 오늘날 모든 디지털 컴퓨터의 이론적 구조를 파악할 수 있는 대표적 기계이다."로.

주 82; 부울대수 (p481) "$A \cup A = S$"를 "$A \cup A^c = S$"로

기하서(연세대학교)

이진경 지음
『수학의 몽상』 푸른 숲, 2000년

"수학의 몽상"은 인문학자가 지은 수학 책이다. 제목만 보아서는 수학에 대한 지은이의 몽상이란 뜻인지, 아니면 엄밀함을 추구하는 수학자들의 몽상을 야유한다는 뜻인지 알 수 없지만, 어쨌든 이런 책이 나왔다는 것은 매우 반가운 일이다. 그렇지 않아도 문제 풀이 암기식 "수학 시험 교육" 때문에 "수학에 원수진" 사람들이 너무 많아 안타까웠는데, 수학에 대한 이해와 대중 선동 능력을 겸비한 "운동권"의 이론가가 수학의 아름다움과 필요성을 선전해 준다면 "제도권" 수학자에게 그보다 더 고마운 일이 어디 있겠는가.

과연 지은이는 수학사와 미적분학 및 집합론에 대한 비교적 정확한 이해를 바탕으로 수학이 시적 상상력과 혁명적인 사유까지 포함하는 자유로운 사고로 가득 차 있다는 것을 여러 가지 기발한 장치를 동원하여 실감나게 보여 주고 있다. 캘큘러스 박사와 메피스토가 영혼을 걸고 흥정하는 미적분학의 탄생 설화, 이상한 나라의 앨리스가 비유클리드 기하학의 세계를 여행하는 부분, "모든 점에서 미분불가능한 함수"로부터 "괴델의 불완전성의 정리"까지를 꿰뚫는 칼리가리의 예언과 그 魔脈을 잇는 칼리하리의 이야기 등은 정말 너무너무 재미있었다. 특히 趙州 스님을 들먹이며 老莊思想의 견지에서 수학에 훈수를 두는 장면에 이르면 자못 "大家의 풍모"까지 느껴져 가슴이 울렁거릴 지경이었다.

학교에서 이렇게만 수학을 가르쳐 준다면 "수학에 원수진" 많은 사람들이 수학을 사랑하게 되진 않을까? 지은이의 말대로 수학에도 "왕도"가 있어서 지저분한 계산은 전문 수학자들에게 맡기고 지체 높으신 분들은 왕도를 따라 수학을 "부릴" 수도 있지 않을까?

그런데 알 수 없는 것은 이 책을 읽은 몇몇 일반 사람들이 이렇게 재미있는 설명을 읽고도 여전히 이 책의 내용이 이해하기 어렵다는 반응을 보이는 것이었다. 메피스토가 설명하는 "무한소"의 개념까진 잘 이해하다가 (그건 고등학교 때 다 배운 거니까), 그 개념이 어째서 악마적이라는 건지, 입실론-델타 논법은 그 문제를 어떻게 해결했다는 건지, 괴델의 정리가 어쨌다는 건지, 프렌지오 감옥을 탈출하려던 세 사람은 감옥을 탈출했다는 건지 아닌지 도대체 모르겠다는 것이다. 게다가 어떤 사람은 기분이 나빠진다는 반응마저 보였다. 마치 "나는 너희들이 어렵다는 수학을 이렇게 재미있게 설명해 줄 수 있는 大家이다. 그런데 道를 깨우치지 못한 너희들은 아직도 '끄달림'에서 벗어나지 못해 쩔쩔매고 있구나." 하고 놀리는 것 같다는 불만이다. 일반 대중을 상대로 수학에 대한 글을 쓴다는 것이 얼마나 어려운 일인가를 새삼 느끼게 된다.

직업수학자로서 아쉬운 부분은 이 책이 "수학자들은 모든 것을 계산하려고 한다"는 오해로부터 시작한다는 것이다. 수학자들은 수학이 자연과학이나 공학을 포함하여 "과학이고 싶어하는" 모든 학문들 여기저기에 매우 중요하게 쓰일 수 있다고 생각하며 모든 사람들이 제발 그 이치를 알아주길 바란다. 그러나 그렇다고 해서 사랑이나 그리움 같은 것도 수치화 할 수 있다고 생각하진 않으며, 인간이 추구하는 모

든 학문의 영역을 수학이 평정해 주기를 바라지도 않는다. 만일 그렇게 믿는 사람이 있다면 그는 합리성과 근대성으로 대표되는 서구 문화에 대한 지나친 동경과 열등감에 사로잡힌 사람일 것이다.

또한 지은이는 "수학의 본질은 자유로움"이며 많은 사람들이 "수학에 원수지게" 되는 것은 쓸데없이 엄밀함에 "끄달리기" 때문이라고 일관되게 주장하고 있다. 그러나 고기를 잡는 그물에 구멍이 있는 것처럼 수학에도 엉성함이 있어야 한다는 비유는 牽强附會일 뿐이다. 수학이 고기 잡는 일도 아닐 뿐 더러 구멍이 많은 그물 위에서는 자유롭게 뛰어 놀기가 더욱 힘들지 않겠는가? 수학에서 엄밀함을 추구하는 것은 흘러 넘치는 자유로운 사고를 아름다운 형태로 담아내는 그릇을 만드는 일이다. 모든 새로운 수학적 시도의 배후엔 언제나 새로운 의미의, 새로운 정도의 엄밀함이 자리잡고 있다. 예를 들어 입실론-델타 논법은 무한소의 개념을 수학에서 지워버린 것이 아니라 오히려 그것을 자유롭게 쓸 수 있는 기초를 제공해 주었다. 그 덕분에 우리는 수학적 엄밀함에 대한 걱정을 덜어버리고 자유롭게 무한소를 가지고 놀 수 있게 된 것이다.

무엇보다 이 책에서 아쉬운 점은 고액 과외 선생님을 모셔 와 시험에 나올 요점을 집중적으로 배운 뒤 해당 과목을 떼어버리는 식의 "제도권 입시 공부" 버릇이 은연중 느껴진다는 것이다. 이것에 비하면 인용된 그림과 참고 문헌에 대한 불완전한 언급과 가끔씩 보이는 번역투의 문장으로 미루어 볼 때 "첨단 혼성모방 기법"의 의혹으로부터 자유롭지 못하다는 일부의 지적은 오히려 "386세대 글 쓰기의 불완전성의 정리" 쯤으로 이해하고 넘어갈 수도 있는 문제일 것이다.

강석진(서울대학교)

고다이라 구니히코 지음, 김성수, 김형보 편역
『수학이 살아야 나라가 산다』 경문사, 1999년

20세기 대 수학자의 한 분이었던 일본의 고다이라 교수(1954년 Fields 상 수상, 1997년 사망)가 쓴 「수학이 살아야 나라가 산다」는 같은 동양인으로서 우리에게 수학 전반에 대하여, 그리고 앞으로 한국 수학발전에 대하여 많은 생각을 하게 한다. 이 책은 고다이라 교수가 1965년부터 1976년까지 심포지엄과 위원회 등에서 강연한 내용과 과학지에 실린 인터뷰 내용, 그리고 1949년 8월부터 처음 미국생활 1년간 부인에게 보낸 편지 내용을 편집한 것이다.

제 1부 프린스턴의 추억은 프린스턴 고등연구소의 헤르만 바일(Herman Weyl) 교수의 초청으로 시작된 18년간의 미국 생활 중 처음 1949년 8월부터 1년간 부인에게 보낸 편지내용과 고다이라 교수의 추억을 정리한 것이다. 전후 어려웠던 일본의 사정과 풍요로운 미국생활, 언어소통의 어려움 등이 진솔하게 설명되고, 고등연구소의 바일(Weyl), 지겔(Siegel) 교수와 프린스턴 대학의 스펜서(Spenser) 교수 등과의 학문교류 등이 소상히 기술되어 있다.

제 2부 한 수학자의 망상에서는 과학 기술이 인류진보에 어떤 역할을 하는 문제와 수학이라는 학문에 대한 교수의 여러 가지 생각을 기술하였다. 인류의 진화과정과 두뇌의 구조, 이성이 본능을 지배하지 못 할 때의 핵 겨울의 예측은 한 지성인으로서 사회에 대한 경종이라고 할 수 있다. 그리고 수학전반에 대한 고다이라 교수의 견해와 연구 경험담은 독자들에게 많은 도움이 되리라고 생각된다. 특히 수학은 선험적으로 존재하며 수학자는 정리를 발견할 뿐이라는 생각, 수학의 이해능력과 수학적 감각 개념의 도입, 생물의 진화과정과 수학의 발달과정 비교 등은 매우 흥미롭게 읽을 수 있다.

제 3부 일본의 수학교육에서는 초 중 고등학교 과정에 대한 일본 문부성의 교육정책을 신랄하게 비평하였다. 너무 빠른 시기에 너무 많은 과목과 내용을 학생들에게 가르쳐서 창의성을 상실한다는 이야기는 현재 한국 교육부에게도 적용되는 충고라고 생각된다. 교수의 생각은 기초과목인 국어와 수학에 많은 시간을 할애하고 다른 과목은 적년기에 도입하는 것이 좋으며 특히 초등학교 수학에서 집합개념의 도입보다는 계산능력을 키우라는 것이다.

제 4부 수학이란 무엇인가는 두 번의 대담을 정리한 것으로 수학연구에서 국제교류와 공동연구의 중요성과 수학전반에 대한 고다이라 교수의 생각과 연구업적에 대한 언급이 있다.

역자가 필드상, 울프상 및 고다이라 교수의 연구 등을 자세하게 설명한 것은 독자들에게 이 본문을 이해하는데 많은 도움을 준다. 또한 번역하는데 용어선택, 주석 등 많은 정성을 들인 것 같아 보인다. 책을 읽으면서 대 수학자의 세계관과 수학관을 가까이 접하는 것 같았다. 다만 비슷한 내용이 자주 반복되어 약간 식상이 되는 느낌을 받았으나 이는 여러 강연 내용을 모은 책이라서 피할 수 없는 일이라고 생각된다.

박용문(연세대학교)

Lynn M. Osen 지음, 이혜숙 외 옮김
『수학을 빛낸 여성들』 일공일공일, 1998년

"수학의 재능은 장인으로부터 사위로 유전된다."는 특이한 유전 법칙(?)이 있다. 스승의 딸과 결혼하는 수학자가 대단히 많았기 때문에 생긴 말이다. 그렇지만 아버지의 재능이 딸이 아니라 사위로 유전되는 상황은 어쩐지 부자연스러워 보인다. 그리고 이 말에서 그 동안 여성이기 때문에 남성과 동등한 교육 기회를 박탈당했고 사회 진출의 길이 막혔던 우울한 역사를 떠올리게 된다.

『수학을 빛낸 여성들』은 고대부터 20세기 초반까지 활동했던 여덟 명의 여성 수학자의 전기와 업적을 소개하고 있다. [이 책을 번역한 여성 수학자 11명보다도 적은] 여덟 명으로 이 시기의 '유명한 여성 수학자들을 대부분 다루고 있다'는 말에 우선 놀라게 된다. 이름이 알려진 수많은 수학자 중에서 기억할 만한 여성 수학자가 고작 여덟 명에 불과하다니! 그렇지만 이런 여성 수학자의 연구가 당시와 그 뒤의 수학 발전에 끼친 영향이 적지 않았음을 알게 되었을 때, 더욱 놀라웠다. 더 많은 여성 수학자가 있었다면 수학은 현재보다 더욱 발전했을 것이고 풍부했을 것이라는 아쉬움을 금할 수 없었다.

이 책에서는 수학자의 전기를 다룬 다른 책들에서 쉽게 찾아볼 수 없는 점을 많이 발견할 수 있다. 부모와 형제 사이에서 딸의 위치를 통해 당시의 가정을, 대인 관계에서 여성의 위치를 통해 당시의 사회 상황을 자세하게 알 수 있다. 이 책은 여성 수학자의 업적만이 아니라 이런 내용도 충실하게 설명하고 사생활도 생생하게 소개하고 있어서, 읽는 재미를 만끽할 수 있으며 수학사에 대한 지식을 넓힐 수 있다.

번역할 때 고유명사의 표기가 매우 어려운데, 이 책에서도 몇 가지 경우가 눈에 거슬렸다[톨레미→프톨레마이오스, 튜린→토리노, 모빨뛰→모페르튀이, 허셀→허셜, 프러시아→프로이센, 바스띠유→바스티유, 브룬스빅→브라운슈바이크, 에딘버러→에든버러, 도그슨→도지슨, 아베이(Abbey)→수도원 또는 수녀원]. 일관되지 않은 인명 표기도 있었다[개타나(Maria Gaetana), 마리아, 아그네시, 마리아 아그네시]. 책명에서 러셀의 '수학원론'은 '수학 원리' 또는 '수학적 원리'가 좋을듯하며, 뉴턴의 '원론'도 '원리'가 통상적인 번역으로 보인다. 번역상의

문제로 '수학의 원리에 대한 뉴턴의 책을 프랑스어로 번역했고(75쪽)'는 '뉴턴의 책 『수학적 원리』를 프랑스어로 번역했고'로, '뉴턴에 관한 번역서(87쪽)'는 '뉴턴의 책에 대한 번역서'가 바람직할 것으로 보인다. 또, '물리학 연구소(Institutions de physics)'는 책명으로는 어울리지 않고, 번역되지 않은 책명과 논문 제목이 몇 개 있다. '괴팅겐에 있는 영국 학술원에서(97쪽)'과 '무례한 카르타고 군인이 … 아르키메데스를 살해했다(102쪽)'는 원본이 잘못된 것으로 생각된다.

이런 점에도 불구하고, 이 책은 여성 수학자들의 섬세함으로 깔끔하게 번역되어 읽기가 아주 쉽다. 누구에게나 권장할 만한 아주 작고 예쁜 책이며, 특히 미래의 여성 수학자들에게 큰 힘을 보태줄 수 있는 내용으로 가득 찬 책이다.

허민(광운대학교)

Michael Guillen 지음, 박영훈 옮김
『인간적인, 너무나 인간적인 수학』
경문사, 1998년

이 책은 경문 수학 산책 시리즈 제 9편으로 마이클 길렌(Michael Guillen)의 저서 『Bridge to Infinity』를 번역한 것으로, 저자는 물리학과 수학을 가르치고 ABC-TV의 과학 편집자로 일하고 있다. 이 책은 수학 불안증을 극복하고 수학에 대한 짜릿한 맛을 불러 일으키고, 수학을 이해하게 된다면 여러 학문들을 통해서 인간의 특성과 존재성을 이해하려고 할 때에 많은 도움을 받기 위하여 쓰여졌다. 특히 물리학, 천문학 그리고 생물학적인 문제들이 수학을 통하여 어떻게 이해되는지를 다루고 있다. 따라서 그 내용을 충분히 이해하기 위해서는 물리나 천문, 생물학 등의 지식이 있으면 도움이 되리라고 본다.

이러한 관점에서 볼 때, 번역 내용을 이해하지 못하는 부분이 여기 저기서 눈에 뜨인다. 예를 들면, 5장의 불랙홀에 관한 내용 중에 '지난 몇 년 동안 몇몇 천문학자는 만일 블랙홀이 빠른 속도로 회전한다면 그것의 불투명성은 사라질 수 있다는 사실을 이론화하였다. 이에 따라서 내부의 집중화된 무한이 표출되고, 마치 독립기념일에 볼 수 있는 종이 팔랑개비가 우주에 존재하여 굉장한 양의 빛을 발할 수도 있다고 그 과학자들은 말한다'라는 부분에서 종이 팔랑개비와 블랙홀 사이의 어떤 관계가 있는지 이해하기가 어려웠다. 이런 부분을 제외하고 많은 수학의 추상적인 내용을 현실과 접목을 시킨 점은 매우 독특하고 유익하였으며, 수학이 여러 학문에 깊숙이 관여되고 있다는 사실을 알려주는 유익한 교양 서적이라고 본다.

이 책의 내용을 살펴보기로 하자. 1장은 확실성이라는 보물을 찾기 위한 노력으로 나타난 논리와 증명에 관한 내용을 수학사적인 측면에서 설명하였고, 2장은 소실점을 통한 극한의 이해를 돕고, 3장은 실수의 연속성을 정수와 유리수로부터 무리수의 등장에 이르기까지를 설명한다. 4장은 집합론의 도입과정과 집합의 개수에 대한 내용을 담고 있다. 5장은 불랙홀을 이용하여 무한대 개념을 설명하였고, 6장은 자연수로부터 허수에 이르기까지 창조를 통한 등장 배경을, 7장은 대수의 군론과 대칭성을 연결하여 설명하였다. 8장은 차원에 대하여 다루었는데, 정수 차원이 아닌 비정수차원의 설명도 덧부쳤다. 9장은 공집합과 0을 무와 무의 상태로 구분하여 설명하였으며, 10장은 유클리드 기하학과 비유클리드 기하학 특히 리만 기하학을 예를 통하여 설명하였다. 11장은 1장에서 설명된 내용을 괴델의 정리를 중심으로 다시 쓰여졌다. 12장은 확률론과 통계에 대한 내용을, 13장과 14장은 체커 게임과 체스 게임을

이용한 2인 게임 이론과 경제학의 내용으로 삼자 게임이론을 설명하였다. 15장과 16장의 내용은 위상 수학과 카타스프로피 이론에 대한 설명으로 가장 흥미를 주는 부분이었다. 끝으로 17장은 조합론을 모르는 사람도 손쉽게 조합론이 무엇을 위한 것인지를 잘 설명해 주고 있다.

책의 제목처럼 수학이 너무나도 인간적임을 인식하기 위하여 약간의 해박한 지식이 필요로 하는 어려움이 있기는 하지만 수학이 자연과 인간에게 밀접하게 관계가 되어있음을 보여주는 책이라고 하겠다.

강성주(덕성여자대학교)

카르다노 지음, 이무현 옮김
『아르스 마그나』 교우사, 2000년

'놀랍고 기괴한 이야기'. 이것은 이브스(Howard Eves)가 『수학의 위대한 순간들』에서 삼·사차 방정식의 대수적 해법에 관한 강의에 붙인 제목이다. 역사상, 삼차 방정식의 풀이는 수학자들의 큰 과제였으며, 대수학의 발전 과정에서 중요한 역할을 했다. 그런데 삼차 방정식의 대수적 해법은 어렵게 태어났고, 탄생한 뒤에도 누가 먼저 발견했는지에 대한 격렬한 논쟁과 불명예스러운 표절 시비로 슬프고 불행한 시절을 보냈다. 그래서 '놀랍고 기괴한 이야기'였다. 특히, 발견과 발표 과정에서 주역을 맡은 인물들의 유별난 성격 때문에 이 이야기는 흥미진진한 소설 이상의 재미를 준다.

『아르스 마그나』는 바로 이런 삼차(와 사차) 방정식의 대수적 해법을 최초로 발표한 책이다. 1545년에 출판되었으니, 이미 450년 이상이 된 수학의 고전이다. 그래서 이 책은 당시의 수학을 접해보고 현재의 수학과 비교해볼 수 있는 훌륭한 기회를 제공한다. 음수 근을 '가짜 근'이라 하고 허수 근은 [거의] 고려하지 않았듯이, 수 체계도 제대로 발달되지 않았고 특히 대수적 표기법도 완비되지 않은 상태에서도 이런 수학이 탄생할 수 있었다는 사실에 머리를 숙이지 않을 수 없다. 특히, 삼차 방정식을 한 가지가 아니라 열세 가지의 유형으로 나누고 각각에 대한 해법을 별도로 고안해야 했는데, 각 유형에 이용된 교묘하고 현란한 해법에 감탄하지 않을 수 없다.

옮긴이는 머리말에서 삼차(와 사차) 방정식의 대수적 해법이 발견된 과정과 주인공들의 전기와 일화를 아주 자세하고 친절하게 소개하고 있다. 이와 함께, 11세기의 삼차 방정식에 대한 기하학적 해법과 그 이전의 삼차 방정식에 대한 연구를 추가해서 완결된 역사를 제시했으면 더 좋았을 것으로 생각된다.

아쉬운 점을 몇 가지 더 든다면, 카르다노가 사용한 용어와 오늘날의 용어를 병기하거나 각주를 통해 설명하고(예: '제곱, 일차항, 상수로 된 방정식' → 이차 방정식), 필요한 경우에는 현대적인 해법을 소개하면(예: 제1장에서 다룬 삼차 방정식은 인수 분해 또는 아이젠슈타인의 판정법으로 대부분 풀린다), 읽기가 더 쉬울 것으로 보인다. 또, 표준적인 용어가 아닌 '거듭곱'(→거듭제곱)과 '거듭곱근'(→거듭제곱근)이 눈에 거슬이고, 이 책을 번역할 때 이용한 원전이 제시되지 않은 점도 아쉽다.

이무현 교수는 그 동안 유클리드의 『기하학원론』, 갈릴레오의 『그래도 지구는 돈다』 『새로운 두 과학』, 뉴턴의 『프린키피아』 등 수학의 고전을 번역해오고 있다. 이런 책의 수학사적인 중요성과 내용으로 볼 때, 반드시 번역되어야 할 귀중한 자료들이다. 그런데 이런 책의 번역은 대단히 어렵고 또 금전적인 소득(?)은 전혀 없을 것으로 보인다. 이를 마다하지 않는 이무현 교수의 노고에 감사할 뿐이다.

허민(광운대학교)

2000년 세계 수학의 해 기념 국제학술회의, 정기총회 및 가을 연구발표회 안내

1. 일 시 : 2000년 10월 20일(금) 22(일)

2. 장 소 : 연세대학교 이과대학

3. 임원회

이사회 …… 10월 19일(목) 16:00 18:00
대의원회 …… 10월 21일(토) 11:00 11:50

4. 세부시간계획

☞ 10월 20일(금요일) 【수학으로 여는 새 천년】

접수 및 등록 (이과대학) …… 09:30 16:00
분과별 초청강연 및 연구발표 …… 10:30 12:20
Conference Photo …… 12:30
중식 …… 12:40 13:50
분과별 초청강연 및 연구발표 …… 13:50 18:00

☞ 10월 21일(토요일) 【수학으로 여는 새 천년】

분과별 초청강연 및 연구발표 …… 09:00 11:50
중식 …… 12:00 13:20
Women Panel Discussion …… 13:20 14:20

☞ 10월 21일(토요일) 【대한수학회 정기총회 및 학회상 수상기념 강연】

정기총회 …… 14:30 14:50
대한수학회 학술상 · 논문상 수상기념 특별강연 …… 14:50 15:50
정기총회 속개 …… 16:00 17:30
연회 …… 18:00 20:00

☞ 10월 22일(일요일) 【2000년도 가을 연구 발표회】

접수 및 등록 (이과대학) …… 09:00 16:00
분과별 연구발표 …… 09:30 12:20
중식 …… 12:20 14:00
분과별 연구발표 …… 14:00 16:50

Mathematics in the New Millennium

Friday, October 20 * Invited Speaker

09:30	10:30	Meeting Registration				
Session		Algebra	Analysis	Topology and Geometry	Probability Theory and Statistics	Applied Mathematics and Computational Mathematics
10:30	11:20	Jean-Luc Chabert*	Gilles Pisier*	Carolyn S. Gordon*	Christopher C. Heyde*	Jim Douglas Jr.*
11:30	11:55	Hoil Kim	Chong-Man Cho	Yongju Bae	Hyek Yoo	Do Young Kwak*
11:55	12:20	Dae San Kim	Soon-Yeong Chung	Sang-Eon Han	Hyun Jae Yoo	
12:30		Conference Photo				
12:40	13:50	Lunch				
13:50	14:40	Mark L. Teply*	Demetrios Christodoulou*	Akira Kono*	Tetsuya Takine*	Shao-Fei Du
						Yan-Quan Feng
14:50	15:15	Masaaki Homma	Dongho Chae	Yanghyun Byun	In Suk Wee*	Suk-Geun Hwang
15:15	15:40	Jiryo Komeda	Wan Se Kim	Seungsang Oh		Hyun-Min Kim
15:40	16:10	Coffee Break				
16:10	17:00	Hyo Chul Myung*	Sehie Park*	Kyung Bai Lee*	Sungchul Lee*	Roman Nedela*
17:10	17:35	Sei-Qwon Oh	Jong-Guk Bak	Dong Youp Suh		Sung-Yell Song
17:35	18:00	Seok-Jin Kang	Sanghyun Cho			Gyeong-Mi Cho

Saturday, October 21 * Invited Speaker

Session		Algebra	Analysis	Topology and Geometry	Probability Theory and Statistics	Applied Mathematics and Computational Mathematics
09:00	09:50	Cheryl E. Praeger*	Gunther Uhlmann*	Paul G. Igodt*		Alexander V. Melnikov*
10:00	10:25	Jung Rae Cho	Hyeonbae Kang	Bumsig Kim*		Donwoo Sheen
10:25	10:50	Sang Geun Hahn	Keehwan Kim			Ran Baik
11:00	11:25	Soon-Sook Bae	Hong-Tae Shim			Hyejin Ku
12:00	13:20	Lunch				
13:20	14:20	Women Panel Discussion				

KMS Special Session on Algebra

Friday, October 20

Chairman: Ja Kyung Koo (KAIST, Korea)

10:30 11:20 *Integer-valued polynomial Prufer domains*
Jean-Luc Chabert (Univ of Picardie, France)

11:30 11:55 *Noncommutative differential geometry vs noncommutative algebraic geometry*
Hoil Kim (Kyungpook National Univ, Korea)

11:55 12:20 *Applications of exponential sums to number theory and codings*
Dae San Kim (Sogang Univ, Korea)

12:30 Conference Photo

Chairman: Dae San Kim (Sogang Univ, Korea)

13:50 14:40 *Γ-deviation and localization of lattices*
Mark L. Teply (Univ of Wisconsin-Milwaukee, USA)

14:50 15:15 *Toward the classification of birationally very ample, special linear systems on a smooth curve*
Masaaki Homma (Kanagawa Univ, Japan)

15:15 15:40 *The Weierstrass semigroup of a pair and moduli in* M_3
Jiryo Komeda (Kanagawa Institute of Technology, Japan)

Chairman: Sunsook Noh (Ewha Womans Univ, Korea)

16:10 17:00 *Quadratic dynamical systems and nonassociative algebras. An introduction*
Hyo Chul Myung (KIAS, Korea)

17:10 17:35 *Poincare-Birkhoff-Witt theorem for Poisson enveloping algebras*
Sei-Qwon Oh (Chungnam National Univ, Korea)

17:35 18:00 *Crystal bases for quantum affine algebras and combinatorics of young walls*
Seok-Jin Kang (Seoul National Univ, Korea)

Saturday, October 21

Chairman: Seok-Jin Kang (Seoul National Univ, Korea)

09:00 09:50 *Computational algebra: new solutions, new questions*
Cheryl E. Praeger (Univ of Western Australia, Australia)

10:00 10:25 *Numbers implying algebraic structures*
Jung Rae Cho (Pusan National Univ, Korea)

10:25 10:50 *On selection of AES (Advanced Encryption Standard)*
Sang Geun Hahn (KAIST, Korea)

11:00 11:25 *Modules with prime endomorphism rings*
Soon-Sook Bae (Kyungnam Univ, Korea)

KMS Special Session on Analysis

Friday, October 20

Chairman: Dohan Kim (Seoul National Univ, Korea)

10:30 11:20 *Non-commutative martingale inequalities and H^1- BMO duality*
Gilles Pisier (Texas A&M Univ, USA and Univ of Paris VI, France)

11:30 11:55 *M-ideals in certain algebras of operators*
Chong-Man Cho and Woo Suk Roh (Hanyang Univ, Korea)

11:55 12:20 *An integral transform and harmonic analysis on the solutions of heat equation*
Soon-Yeong Chung (Sogang Univ, Korea)

12:30 Conference Photo

Chairman: Kil Hyun Kwon (KAIST, Korea)

13:50 14:40 *Recent developments in nonlinear hyperbolic PDE*
Demetrios Christodoulou (Princeton Univ, USA)

14:50 15:15 *Deformations of integrable PDEs in mathematical physics*
Dongho Chae (Seoul National Univ, Korea)

15:15 15:40 *Multiplicity results of doubly-periodic solutions for semilinear hyperbolic equations*
Wan Se Kim (Hanyang Univ, Korea)

Chairman: Yong Moon Park (Yonsei Univ, Korea)

16:10 17:00 *Some equilibrium problems in generalized convex spaces*
Sehie Park (Seoul National Univ, Korea)

17:10 17:35 *Smoothing estimates for some averaging operators*
Jong-Guk Bak (POSTECH, Korea)

17:35 18:00 *Estimates of invariant metrics on pseudoconvex domains in $\mathbf{C}^n$*
Sanghyun Cho (Sogang Univ, Korea)

Saturday, October 21

Chairman: Sa Ge Lee (Seoul National Univ, Korea)

09:00 09:50 *Inverse boundary problems: past and future*
Gunther Uhlmann (Univ of Washington, USA)

10:00 10:25 *Recovery of an inhomogeneity in an elliptic equation*
Hyeonbae Kang (Seoul National Univ, Korea)

10:25 10:50 *Random fixed points for s-condensing mappings*
Keehwan Kim (Yeungnam Univ, Korea)

11:00 10:25 *Gibb's phenomenon for wavelet series in higher dimensions*
Hong-Tae Shim (Sunmoon Univ, Korea)

KMS Special Session on Topology and Geometry

Friday, October 20

Chairman: Joonkook Shin (Chungnam National Univ, Korea)

10:30 11:20 *Can you hear the shape of a manifold ?*
Carolyn S. Gordon (Dartmouth College, USA)

11:30 11:55 *Kauffman polynomials via the tangle decomposition*
Yongju Bae (Kyungpook National Univ, Korea)

11:55 12:20 *S^1-Euler characteristic with respect to the homotopic invariant*
Sang-Eon Han (Honam Univ, Korea)

12:30 Conference Photo

Chairman: Hong-Jong Kim (Seoul National Univ, Korea)

13:50 14:40 *Homotopy type of the classifying space of gauge groups*
Akira Kono (Kyoto Univ, Japan)

14:50 15:15 *Existence of a homotopy equivalence not preserving the tangent bundle*
Yanghyun Byun (Hanyang Univ, Korea)

15:15 15:40 *Dehn fillings producing exceptional manifolds*
Seungsang Oh (Chonbuk Univ, Korea)

Chairman: Gyo-Taek Jin (KAIST, Korea)

16:10 17:00 *Geometries of orthonormal frame bundles of pseudo-spheres*
Kyung Bai Lee (Univ of Oklahoma, USA)

17:10 17:35 *Linear embeddings of semialgebraic sets with semialgebraic transformation groups*
Dong Youp Suh (KAIST, Korea)

Saturday, October 21

Chairman: Chan-Young Park (Kyungpook National Univ, Korea)

09:00 09:50 *Infra-nilmanifolds and their fundamental groups. Problems and answers*
Paul G. Igodt (Katholieke Univ Leuven, Belgium)

10:00 10:50 *One-pointed Gromov-Witten invariants for Grassmannians*
Bumsig Kim (POSTECH, Korea)

KMS Special Session on Probability Theory and Statistics

Friday, October 20

Chairman: Bong Dae Choi (Korea Univ, Korea)

10:30 11:20 *Empirical realities for a minimal description risky asset model: the need for fractal features*
Christopher C. Heyde (Columbia Univ, USA)

11:30 11:55 *Some theoretical and numerical aspects of stochastic partial differential equations*
Hyek Yoo (ADD, Korea)

11:55 12:20 *Glauber dynamics for Fermion point processes*
Tomoyuki Shirai (Tokyo Institute of Technology, Japna) and
Hyun Jae Yoo (Kyungpook National Univ, Korea)

12:30 Conference Photo

Chairman: Youngmee Kwon (Hansung Univ, Korea)

13:50 14:40 *A recent progress in algorithmic analysis of FIFO queues with Markovian arrivals*
Tetsuya Takine (Kyoto Univ, Japan)

14:50 15:40 *Convergence of jump-diffusion models to the Black-Scholes model*
In-Suk Wee (Korea Univ, Korea)

Chairman: Oesook Lee (Ewha Womans Univ, Korea)

16:10 17:00 *Large deviation for minimal spanning trees on complete graph*
Sungchul Lee (Yonsei Univ, Korea)

KMS Women Panel Discussion

Saturday, October 21

13:20 14:20 *Mathematical leadership of women*

This session is aimed mainly at women mathematicians, but all interested people are also welcome to attend.

Moderator : Kyung-Hwa Kim (Ewha Womans Univ, Korea)

Panelists : Carolyn S. Gordon (Dartmouth College, USA)
Sung Sook Kim (Pai Chai Univ, Korea)
Wansoon Kim (Hoseo Univ, Korea)
Bokhee Im (Chonnam National Univ, Korea)

KMS Special Session on Applied Mathematics and Computational Mathematics

Friday, October 20

Chairman: Hyeonbae Kang (Seoul National Univ, Korea)

10:30 11:20 *Fractally fractured porous media and nuclear contamination*
Jim Douglas Jr. (Purdue Univ, USA)

11:30 12:20 *V-cycle multigrid convergence theory for nonconforming finite element methods*
Do Young Kwak (KAIST, Korea)

12:30 Conference Photo

Chairman: Dong-Soo Kim (KAIST, Korea)

13:50 14:15 *2-arc-transitive regular covers of complete graphs*
Shao-Fei Du (Capital Normal Univ, P.R. China),
Jin Ho Kwak (POSTECH, Korea) and Ming-Yao Xu (Peking Univ, P.R. China)

14:15 14:40 *Normality of Cayley graphs*
Yan-Quan Feng (Northern Jiaotong Univ, P.R. China)
and Jin Ho Kwak (POSTECH, Korea)

14:50 15:15 *Permutations with partially forbidden positions*
Suk-Geun Hwang (Kyungpook National Univ, Korea)

15:15 15:40 *Some numerical methods for solving a quadratic matrix equation*
Hyun-Min Kim and Nicholas J. Higham (Univ of Manchester, England)

Chairman: Jin Ho Kwak (POSTECH, Korea)

16:10 17:00 *Regular maps - combinatorial objects relating different fields of mathematics*
Roman Nedela (Matej Bel Univ, Slovakia)

17:10 17:35 *Association schemes and codes*
Sung-Yell Song (Iowa State Univ, USA and POSTECH, Korea)

17:35 18:00 *Stochastic multiple objective programming problems*
Gyeong-Mi Cho (Dongseo Univ, Korea)

Saturday, October 21

Chairman: Dai-Gyoung Kim (Hanyang Univ, Korea)

09:00 09:50 *Financial system: Innovations and Pricing of Risks*
Alexander V. Melnikov (Steklov Institute of Mathematics, Russia)

10:00 10:25 *Robust nonconforming finite element methods for elasticity*
Dongwoo Sheen (Seoul National Univ, Korea)

10:25 10:50 *A parallel iterative method for the eigenproblem of a symmetric matrix*
Ran Baik (Honam Univ, Korea)

11:00 11:25 *The consistency of two markets*
Hyejin Ku (KIAS, Korea)

2000년도 가을

10월 22일(일)

09:00 16:00	접			수		
	대수학 I		해석학 I		해석학 II	
	좌장	발표자	좌장	발표자	좌장	발표자
09:30 10:50	금종해	임선주* 홍영희 김환구* 박영수 정상태 박영호	유 일	김용찬 이준설 박형수* 고계원* Artur Siemaszko Alexsandre Danylenko	조상현	배주연* G. Exner 정일봉 박상수 한영민 황인성* 이우영
11:00 12:20	홍영희	한준철* W.K. Nicholson 정경훈* 강석진 Masaki Kashiwara 강석진 권재훈* 강석진 이인섭 이규환* 오혜경	채동호	손광호 박정호* 박희철 김도한 정순영 정재영* 지운식* Nobuaki Obata	정일봉	최준상 전인호 조영금 김상동 권정순*
12:20 14:00	중					
14:00 15:20	김관수	유익승* 신현용 조용욱 김대식 강오진* 고형준	김영원	이종환* 권길헌 김덕호* 김성호 권길헌 정희선* 권길헌 S.B.Damelin 최성규 구남집* 윤선호* 이정고 이동명	고계원	장건수 유일 조동현* 장건수 유일 송특섭* 최영우 김희정
15:30 16:50	이재권	김은태* 정경훈 이상구 양정모* 김덕선 이상구 이상구				

연구발표회 일정

(*는 발표자)

및		등		록	
위상수학 · 기하학		확률통계학 · 응용수학		전산수학	
좌장	발표자	좌장	발표자	좌장	발표자
김인배	[민경찬, 이혜경*] [김래서, 백보시, 이춘재, 유창현*, 허 걸] [김래서*, 백보시, 이춘재, 유창현, 허 걸] [김래서, 백보시*, 이춘재, 유창현, 허 걸]	성수학	김윤경 최두일 최경숙	황석근	소순태 노유미 [안민호*, 김광일, 이정림] [방세절*, 송성열]
임영호	[정명주*, 박찬녕] [이종범, 조창현*] [홍윤희*, 조용승] [김은진*, 박찬녕]	박은재	[오영선, 안정향*, 장성각] 남희석 김선홍 성맹희	소순태	천기상 [방은숙*, 송석준] [황석근, 표성주*] [김서령, 이정연*]
		식			
변양현	[임영호, 이상율*] 홍성복 최영숙 강태호	장성각	[이규봉, 이옥란*] [김영희*, 주상복, 정상권] [Ronald Cools, 김경중*]		
최영기	김의철 [김태완*, 박홍경] 박홍경 양해영				

발 표 논 문 목 록

대수학 (SESSION on Algebra)

임선주*, **홍영희(숙명여대)** : On some categories of bisemilattices and n-semilattices

김환구*, **박영수(경북대)** : The t-class group of a PVMD monoid domain

정상태(고려대) : Rational points on non-conservative algebraic curves

박영호(아주대) : On the generalized quaternion number fields

한준철*(고신대), W. K. Nicholson(University of Calgary) : Extensions of clean rings

정경훈*(포항공대), **강석진(서울대)**, Masaki Kashiwara(**수리과학연구소**) : Crystal bases for quantized Borcherds superalgebras

강석진, **권재훈*(서울대)** : Tensor product of crystal graphs over $U_q(gl(m, n))$

강석진, **이인석**, **이규환***, **오혜경(서울대)** : Gram matrices of Specht moules

유익승*, **신현용(한국교원대)** : On the representation of unit group of integral group ring using doubly stochastic matrix

조용욱(신라대) : A characterization of strongly reduced near-rings

김대식(동신대) : Operator domains on fuzzy subgroups

강오진*, **고형준(연세대)** : The generators of complete intersection

김은태*, **정경훈**, **이상구(성균관대)** : Use of technology in linear algebra

양정모*, **김덕선**, **이상구(성균관대)** : Matrix decomposition and image processing via Mathematica

이상구(성균관대) : Equivalence of linear preservers on multivariate and directional majorization

해석학 I (SESSION on Analysis I)

김용찬(영남대) : Sharp coefficient bounds for a class of univalent functions

이중섭, **박경수*(아주대)** : Road-coloring problem and cohomology

고계원*(아주대), Artur Siemaszko : Relative topological Pinsker factors and entropy pairs

Alexsandre Danylenko(Kharkov National University) : Entropy for cocycles of measurable equivalence relations and applications

손광호, **박정호*(부산대)** : The extension of solutions of complex partial differential equations

박희철(이화여대) : Multi-scale convergence of Maxwell equations

김도한(서울대), **정순영(서강대)**, **정재영*(군산대)** : Stability of functional equations in the space of distributions

지운식*(한양대), Nobuaki Obata(Nagoya University) : Initial value problem for white noise operators and quantum stochastic processes

이종환*, **권길헌(과기원)** : Division problem of moment functionals

김덕호*, **김성호**, **권길헌(과기원)** : Best polynomial approximation in Sobolev-Laguerre space

정희선*, **권길헌(과기원)**, S. B. Damelin(Georgia Southern University) : Necessary conditions for weighted mean convergence of Lagrange interpolation for exponential weights

최성규, **구남집***(**충남대**) : Variationally stable difference systems by n_{∞}-similarity

윤선호*, **이정곤**, **이동명(원광대)** : A wavelet characterization of the reproducing kernel space

해석학 II (SESSION on Analysis II)

배주연*(**경북대**), G. Exner(Buckell University), **정일봉(경북대)** : Criteria for positively quadratically hyponormal weighted shifts

박상수(경북대) : A note on complex moment problem

한영민(서울대) : The G_1-operators and Weyl's theorem

황인성*, **이우영(성균관대)** : Weakly subnormal operators

최준상(동국대) : A certain family of series associated with Zeta and related functions

전인호(성균관대) : Quasisimilar p-hyponormal operators

조영금(중앙대) : Regularity of integral operators

김상동(경북대), **현정순***(**과기원**) : Hardy's inequality related to a Bernoulli equation

장건수, **유일**, **조동현***(**연세대**) : A conditional analytic Feynman integral over Wiener paths in abstract Wiener space

장건수, **유일**, **송특섭***(**연세대**) : Analytic Fourier-Feynman transform over paths in abstract Wiener space

최영우(아주대) : Logarithmic convexity and convolution operators related to curves

김희정(서울대) : Characterization of Gevrey wave front set via wavelet transform

위상수학 (SESSION on Topology)

민경찬, **이혜경***(**연세대**) : Structures of fuzzy convergence spaces

김래선(전주대), **백봉신(우석대)**, **이춘재(웨인주립대)**, **유장현***, **허걸(원광대)** : Separability in hyperspaces

김래선*(**전주대**), **백봉신(우석대)**, **이춘재(웨인주립대)**, **유장현**, **허걸(원광대)** : Connectedness in hyperspaces

김래선(전주대), **백봉신***(**우석대**), **이춘재(웨인주립대)**, **유장현**, **허걸(원광대)** : Connectedness im kleinen in hyperspaces

정명주*, **박찬녕(경북대)** : Vassiliev invariants and knot polynomials

이종범, **조장현***(**서강대**) : Homotopy space forms

홍윤희*, **조용승(이화여대)** : Seiberg-Witten invariants and anti-symplectic involutions

김은진*, **박찬녕(경북대)** : Twist moves on knots

임영호, **이상율***(**부산대**) : Numerical invariants of 4-regular graphs in R^3

홍성복(고려대) : The generalized Smale conjecture

최영숙(경북대) : On semi-symmetric complex hypersurfaces of a semi-definite complex space form

강태호(울산대) : On F-harmonic maps and convex functions

기하학 (SESSION on Geometry)

김의철(서울대) : Deformation of metrics and generalization of positive mass theorem

김태완*(울산대), **박홍경**(경산대) : On the canonical foliations and the cohomology of almost generalized Hopf manifolds

박홍경(경산대) : On harmonic theory of geodesic flows

양해영(경북대) : A characterization of pseudo-Einstein ruled real hypersurfaces in complex space forms

확률·통계학 (SESSION on Probability and Statistics)

김윤경(동신대) : Fuzzy random variables

최두일(한라대) : Analysis of a dynamic priority queue with Markovian arrival process

최경숙(강원대) : Characterization of strictly operator semi-stable distributions

응용수학 (SESSION on Applied Mathematics)

오영선(대구대), **안정향***(경산대), **장성각**(영남대) : Certain stabilities by vector Lyapunov methods in generalized norms

남희석(연세대) : Asymptotics for the condensate multivortex solutions in the Chern-Simons $CP(1)$ model

김선홍(서울대) : A minmax problem about unit vectors in the plane

성맹희(이화여대) : Lattice reduction problem and its application to cryptography

이규봉, **이옥란***(배재대) : A demonstration of 'Numerica', an educational S/W for numerical analysis

김영희*(연세대), **추상목**, **정상권**(서울대) : Galerkin methods for nonlinear parabolic systems with time delays

Ronald Cools(Katholieke Universiteit Leuven), **김경중***(Katholieke Universiteit Leuven) : Rotation invariant cubature formulas over the n-dimensional unit cube

전산수학 (SESSION on Mathematics for Information Sciences)

소순태(명지대) : On graded combinatorial identities

노유미(연세대) : A Tura' n type extremal problem in graph theory

안민호*(포항공대), **김광일**(경상대), **이정림**(포항공대) : Distribution of roots of PH curves

방세정*(포항공대), **송성열**(Iowa State Univ. U.S.A. and **포항공대**) : Characterization of elementary cyclic association schemes

천기상 (대진대) : Stirling matrix via Pascal matrix

방은숙*, **송석준**(제주대) : On rank preservers of matrices over max algebra

황석근(경북대), **표성수***(포항공대) : Doubly stochastic matrices whose powers eventually stop

김서령, **이정연***(경희대) : On the graph inequality $\theta(G) \geq \theta(G^n)$