학술교류

2026 필라델피아 세계수학자대회
: 수상자, 중국 수학의 약진 및 ICM 이후 AI의 놀라운 발전

金道漢 會員 (수학)



8년 만에 다시 열린 대면 ICM

2026년 세계수학자대회(International Congress of Mathematicians, ICM)는 7월 23일부터 30일까지 미국 필라델피아의 펜실베이니아 컨벤션센터에서 개최되었다. 국제수학연맹(International Mathematical Union, IMU)이 4년마다 주관하는 ICM은 세계 수학계에서 가장 규모가 크고 권위 있는 학술대회이다. 특히 개회식에서 필즈상과 여러 IMU 상의 수상자가 발표되므로, ICM은 세계 수학자들의 가장 큰 축제라고 할 만하다.

직전 대회인 2022년 ICM은 원래 러시아 상트페테르부르크에서 열릴 예정이었으나, 러시아의 우크라이나 침공으로 개최 계획이 변경되었다. 본회의는 전면 온라인으로 진행되었고, IMU 총회와 시상식은 핀란드 헬싱키에서 대면으로 열렸다. 따라서 2026년 대회는 2018년 리우데자네이루 대회 이후 8년 만에 모든 참가자가 한자리에 모인 대면 ICM이었다.

공식 개막 하루 전인 7월 22일부터 많은 수학자가 학회장을 찾았다. 이날 저녁에는 참가자들을 환영하는 환영 리셉션이 필라델피아의 유서 깊은 공영시장인 리딩 터미널 마켓(Reading Terminal Market)에서 열렸다. 이 시장 안에는 엄청난 수의 식당이 있어 참석자들이 먹고 싶은 저녁 식사와 음료를 자유롭게 고를 수 있었다. 이튿날인 개회식과 함께 필즈상과 여러 IMU 상 수상자들이 공개되어 행사장이 특히 붐볐다. 필즈상 수상자 발표 전에는 브라스가 주축인 밴드 West Philadelphia Orchestra가 거대한 식장을 행진하며 축제 분위기를 북돋았다. 1998년 베를린 ICM 개막식 때 Hindemith의 클라리넷 5중주를 연주한 것으로 기억하는데 후자가 독일 실내악의 절제되고 고전적인 분위기를 보여주었다면, 전자는 자유롭고 활기찬 미국식 축제 분위기를 연출하였다.

한편 이번 미국 개최를 둘러싸고 비자 발급과 입국 안전, 미국의 과학·학술 정책에 대한 우려도 적지 않았다. 프랑스수학회(SMF)와 프랑스응용·산업수학회(SMAI)는 공식 대표단이나 부스를 보내지 않기로 결정했으며, 다른 여러 학술단체에서도 유사한 우려가 제기되었다. 실제 전시장에서도 유럽 수학회들의 부스가 예년에 비해 눈에 띄게 적었다. 다만 이는 유럽 수학계 전체의 공식 보이콧이라기 보다는 일부 학회의 불참 결정과 개인 참가 감소가 겹친 결과로 보는 편이 정확하다.

중국 수학의 약진과 2026년 필즈상

이번 ICM을 관통한 화두로는 중국 수학의 약진, 수학과 인공지능(AI), 그리고 Kakeya 문제를 꼽을 수 있다. 네 명의 필즈상 수상자 가운데 유 덩(Yu Deng)과 홍 왕(Hong Wang)은 모두 중국에서 성장한 뒤 해외에서 공부하고 연구를 이어 온 수학자들이다. 두 사람은 필즈상을 받은 최초의 중국 국적 수학자로 기록되었다. 1982년에는 중국 본토에서 태어나 홍콩에서 성장한 싱퉁 야우(Shing-Tung Yau)가 필즈상을 받

은 바 있으나, 이번 수상은 중국 국적자 두 명이 동시에 수상했다는 점에서 또 다른 역사적 의미를 지닌다.

특히 여성 수학자 홍 왕은 조슈아 잘(Joshua Zahl)과 함께 3차원 Kakeya 집합 추측을 해결한 공동 연구로 수상 전부터 유력 후보로 거론되었다. 그는 유명한 중국 관광지의 하나이지만 상당히 벽촌이라고 할 수 있는 중국 광시 장족자치구 구이린(계림)에서 태어나 베이징대학교에 입학했다. 처음에는 지구·우주과학을 공부했으나 이듬해 수학과로 전과했다. 이후 프랑스 École Polytechnique의 교육과정을 이수하고 Université Paris-Saclay에서 수학 석사학위를 받았으며, 2019년 MIT에서 래리 거스(Larry Guth)의 지도로 박사학위를 취득했다. 그는 석사 1년차에 자기 자신의 수학 재능에 회의를 느껴 전공을 건축학으로 바꿀 생각도 가졌다고 한다. 필즈상 수상자에게도 진로에 대한 흔들림과 시행착오가 있을 수 있으며, 그러한 과정을 거쳐 연구자로 성장한다는 점을 보여 준다.

Kakeya 문제는 1917년 일본 수학자 가케야 소이치(掛谷宗一)가 제기한 '길이가 1인 바늘을 평면에서 한 바퀴 돌리기 위해 필요한 영역의 최소 넓이' 문제에서 출발했다. 이후에는 모든 방향의 단위 선분을 포함하는 집합이 얼마나 작을 수 있는지를 묻는 가케야 집합 문제로 발전하였다. 평면에서는 넓이가 0인 가케야 집합도 존재하지만, 가케야 추측은 n차원에서 그러한 집합의 Hausdorff 차원이 반드시 n이어야 한다고 주장한다. 홍 왕과 잘이 해결한 것은 이 추측의 3차원 경우이다. 이 문제는 조화해석, 편미분방정식, 기하측도론과 깊이 연결되어 한 세기 넘게 현대 해석학의 핵심 난제로 남아 있었다.

참가 규모와 주요 수상자

이번 ICM의 등록 참가자는 약 2,800명으로 집계되었다. 필자가 접한 현장 자료에 따르면 국가별 참가자는 인도 약 200명, 중국 195명, 한국 약 80명, 일본 약 35명이었다. 반면 수학의 전통적인 중심지인 유럽 각국에서는 앞서 언급한 비자 및 학술 정책에 대한 우려로 참가 규모가 예년보다 다소 줄어든 것으로 보였다.

개회식에서 발표된 주요 수상자와 공식 선정 사유를 간추리면 다음과 같다.

구분	수상자	주요 업적
필즈상	Yu Deng	희박한 기체의 강구(hard-sphere) 동역학에서 볼츠만 방정식을 엄밀히 유도하고, 비선형 분산계에서 파동운동론 방정식을 유도했으며, 비선형 슈뢰딩거 동역학에 확률론적 방법을 도입하는 등 편미분방정식과 수리물리학에 기여했다.
필즈상	Hong Wang	다중척도 및 decoupling 기법을 평면 파동방정식의 local smoothing 추측에 적용하고, Fourier restriction, Falconer 거리집합, 평면의 Furstenberg 집합 및 3차원 Kakeya 문제에서 중대한 진전을 이루었다.
필즈상	John Pardon	가상 기본류, 특정 다양체의 Fukaya 범주 및 유사정칙 곡선 계수에 새로운 방법을 제시했으며, 3차원 다양체의 군 작용과 매듭이론 등 기하학과 위상수학의 여러 분야에 기여했다.
필즈상	Jacob Tsimerman	o-minimality를 산술기하학과 복소대수기하학의 근본적 방법으로 재정립하고, 주기 사상의 상이 대수적이라는 Griffiths 추측과 Siegel 모듈러 다양체에 대한 André–Oort 추측 등 중심적 난제들의 증명에 기여했다.
IMU Abacus Medal	Shayan O. Gharan	이론컴퓨터과학과 조합적 최적화를 비롯한 수학적 정보과학 분야에서 탁월한 성과를 거두었다.

구분	수상자	주요 업적
Carl Friedrich Gauss Prize	Yurii Nesterov	현대 수치최적화의 이론적 기초와 알고리즘적 토대를 마련하여, 기존에는 계산 시간이 지나치게 길었던 여러 수치·데이터 기반 문제를 실용적으로 풀 수 있게 했다.
Chern Medal Award	Graeme Segal	위상수학, 기하학 및 수리물리학을 아우르는 깊고 폭넓은 업적으로 현대 수학에 지속적인 영향을 미쳤다.
Leelavati Prize	Hannah Fry	저술, 방송과 강연을 통해 수학을 폭넓은 대중에게 명료하고 흥미롭게 전달했다.
ICM Emmy Noether Lecture	Karen Vogtmann	기하군론, 특히 자유군의 자기동형군과 Outer space 연구에 근본적이고 지속적으로 기여했다.

수학과 AI: 기술보다 더 중요했던 연구 문화

필자가 특히 관심을 가지고 참석한 프로그램은 21세기의 대표적 수학자 테런스 타오(Terence Tao)를 비롯한 연사들이 참여한 '수학과 AI(Mathematics and AI)' 관련 특별 강연과 토론이었다. 많은 참가자는 AI가 앞으로 수학 연구를 어떻게 바꾸고 새로운 정리를 어떻게 증명할 것인지에 대한 전망을 기대했을 것이다. 그러나 실제 논의의 중심은 AI 기술 자체보다 AI 시대에 수학 연구가 지켜야 할 원칙과 연구 문화에 놓여 있었다.

강연과 토론에서는 IMU가 지지한 'Leiden Declaration on Artificial Intelligence and Mathematics'가 소개되었다. 이 선언은 AI가 수학 연구의 강력한 도구가 될 수 있음을 인정하면서도, 수학의 핵심 가치인 정확성, 투명성, 검증 가능성, 책임성을 더욱 굳건히 지켜야 한다고 강조한다. AI가 생성한 결과 역시 기존 수학과 마찬가지로 엄밀한 검증과 동료 심사를 거쳐야 하며, 연구 성과의 출처와 기여 관계도 분명히 밝혀야 한다는 것이다.

필자가 받은 인상은 이 프로그램이 AI의 미래를 단정적으로 예측하는 자리라기보다, AI 시대에도 수학 공동체가 어떠한 연구 윤리와 소통 문화를 유지해야 하는지를 함께 고민하는 자리였다는 점이다. AI를 단순한 경쟁자가 아니라 협력 도구로 활용하되, 수학적 이해와 판단에 대한 인간 연구자의 책임을 포기해서는 안 된다는 메시지가 강하게 전달되었다.

또한 미국수학회 회장 라비 바킬(Ravi Vakil)을 비롯한 여러 수학자가 참여한 AI 패널 토론도 열렸다.



[사진 1] 미국수학회 리셉션에서 Vakil 회장과 대한수학회장단과 함께

필즈상 수상자 야코프 치머만은 수상 직후 언론 인터뷰에서 AI의 급속한 발전에 심각한 문제의식을 느껴 OpenAI에서 AI 안전 연구에 참여할 계획이라고 밝혔다. 그는 자신의 필즈상 강연 말미에도 AI가 수년 안에 문제를 풀고, 추측을 제안하고, 새로운 정의를 만드는 등 지금까지 수학자가 해 온 일의 상당 부분을 수행할 수 있을 것이라고 전망하면서 이에 대한 공개적인 논의가 필요하다고 강조했다. 동시에 이러한 변화가 젊은 세대에게 수학을 포기하라는 뜻은 아니며,

AI가 사회 전체에 영향을 미치는 과정에서 수학과 수학자가 중요한 역할을 맡아야 한다는 희망도 함께 이야기했다. 이는 오늘날 세계 수학자 공동체가 AI 문제를 얼마나 진지하게 받아들이고 있는지를 보여 주는 상징적인 장면이었다.

요컨대 이번 ICM에서는 AI의 기술적 발전 자체 못지않게, AI와 수학자가 어떠한 관계를 맺고 함께 연구해 나갈 것인가가 중요한 화두로 제시되었다.

세계 수학의 최전선을 보여준 강연들

기조강연(plenary lecture)은 ICM의 오랜 전통으로, 대회 개최 시점을 기준으로 가장 영향력 있는 성과를 낸 수학자들이 초청된다. 이번 대회에서는 기하 Langlands 프로그램의 증명에 중심적 역할을 한 게이츠고리(Dennis Gaitsgory), prismatic cohomology와 고차 범주론의 발전을 이끈 루리(Jacob Lurie), 뿌앙카레 예측을 해결하는데 큰 역할을 한 Hamilton's Ricci Flow와 그 후속 연구에 관한 발표를 한 S. Brendle 교수들의 발표가 인상적이었다.

기조강연이 폭넓은 청중을 위한 개론적 성격을 띠는 경우가 많다면, 여러 강의실에서 45분씩 진행되는 분야별 초청강연과 20분 길이의 short communication은 각 분야의 최신 연구 결과를 보다 집중적으로 소개하는 자리이다.

또한 Peter Sarnak은 1954년도 필즈상 수상자이며 Grothendieck과 함께 현대 수학의 주요 분야를 정립하고 현재 생존 중인 Jean-Pierre Serre의 탄생 100주년을 기념하여 "Maestro Jean-Pierre Serre"라는 제목의 특별 전체강연을 하였다. 그는 대수적 위상수학, 대수기하학, 군론과 수론을 넘나들며 현대수학의 여러 분야를 근본적으로 변화시킨 Serre의 업적 가운데 몇 가지 대표적인 사례를 소개하였다. 여기서 'Maestro'라는 제목은 Serre를 단순히 뛰어난 한 분야의 전문가가 아니라, 여러 수학 분야를 자유롭게 이끌고 연결한 거장으로 묘사한 것으로 보인다.

한국 수학자들의 발표

국내외 한국 수학자들의 활약도 두드러졌다. 예일대학교 오희 교수는 균질공간(homogeneous space) 위의 흐름과 궤도 분포를 연구하는 세계적 수학자로, 한국인 여성 수학자로서는 처음으로 ICM 기조강연을 맡았다. 미국수학회 부회장을 역임한 그는 동역학, Lie 군과 정수론이 만나는 영역에서 중요한 업적을 쌓아 왔다.



[사진 2] 오희 교수 강연 후 대한수학회장단과 함께

분야별 초청강연에서는 편미분방정식 분야의 오성진 캘리포니아 대학 버클리 교수가 발표했다. 조합론 분야에서는 교사로 재직한 뒤 박사과정에 진학하여 Kahn-Kalai 추측을 해결하여 한국 언론 지상에도 여러 번 소개된 뉴욕대학교 박진영 교수가 강연했다. 이 밖에 여러 국내외 한국인 수학자가 short communication과 poster 세션에서 연구 결과를 발표했다. 필자도 'Stabilization of Unstable Periodic Orbits

via Delayed Feedback Control'에 관하여 발표를 하였다.

대중강연: 카주라호 마방진에서 고차원 초입방체까지

대중강연에서는 2014 서울 ICM 필즈상 수상자인 만줄 바르가바(Manjul Bhargava)가 인도 카주라호의 파르슈바나타 자이나교 사원에 새겨진 것으로 알려진 유명한 4×4 마방진을 소개했다.

7	12	1	14
2	13	8	11
16	3	10	5
9	6	15	4

카주라호의 4×4 마방진. 각 행·열·주대각선의 합은 34이며, 노란색 2×2 블록의 합도 34이다.

이 배열에서는 각 행과 각 열, 두 주대각선의 합이 모두 34이다. 그뿐 아니라 서로 이웃한 2×2 정사각형의 네 수를 더해도 34가 된다. 예를 들어 왼쪽 위의 2×2 블록에서는 7+12+2+13=34이고, 가운데 블록에서는 13+8+3+10=34이다. 또한 배열의 위아래와 좌우가 이어진다고 보았을 때 나타나는 꺾인 대각선(broken diagonal)의 합도 34가 된다. 이러한 성질 때문에 이 마방진은 보통의 마방진보다 훨씬 강한 조건을 만족하는 most-perfect pandiagonal magic square라 불린다.

바르가바는 이 마방진이 특정한 대칭 변환을 제외하면 그 종류에서 유일하다는 사실을 설명했으며, 이는 H. S. M. 콕서터가 1938년에 제기한 질문에 답한다. 나아가 이 마방진의 대칭을 4차원 초입방체와 연결하고, 모든 차원에서 이에 대응하는 마방진·마방체 또는 고차원 마방진 구조가 유일하게 존재한다는 흥미로운 일반화를 소개했다. 따라서 강연의 핵심은 단순히 '모든 자연수 n에 대해 n×n 마방진이 유일하다'는 주장이 아니라, 특정한 강한 성질과 대칭을 갖는 마방진 구조가 각 차원에서 유일하다는 데 있었다. 수학은 이 마방진에서와 같이 간단한 현상에서도 끝까지 가는 연구가 가능하다는 것을 새삼스럽게 느꼈다.

리셉션

ICM 기간 중에는 주최국과 많은 나라에서 리셉션을 주최한다. 올해에는 유럽 국가의 소극적인 참여로 행사가 적었으나 미국수학회, 일본수학회, 그리고 Simons 재단이 주최한 리셉션에 참석하여 각국 수학자와 해외에서 활동하고 있는 젊은 한국 수학자들을 많이 만났다. 사이먼스 재단 설립자 Jim Simons(1938~2024)는 미분기하학 분야에서 수학적 연구로 명성을 얻은 뒤, Renaissance Technology (Medallion Fund)을 설립하고 그 연구 역량을 금융시장에 적용해 엄청난 부를 축적했다. 특히, 그가 이룬 부의 상당 부분을 수학과 기초과학 연구 지원에 사용하였고 이번 ICM에도 상당히 많은 금액을 기부하였다.



[사진 3] 왼쪽 5번째가 나카지마 현 국제수학연맹 회장, 1, 2, 4번째가 일본 현 및 전직 수학회장

일본수학회는 2030년 세계수학자대회(ICM)를 도



쿄에 유치하기 위해 총력을 기울였으나, 끝내 유치에 실패하였다. 당시 국제수학연맹(IMU) 회장이 도쿄대학교 교수인 나카지마 교수였던 데다, 일본 측은 유치에 성공할 것으로 기대하여 리셉션에 일본 대사까지 초청하였다. 그러나 IMU 총회에서 진행된 개최지 선정 경쟁에서 도쿄는 최종적으로 선택되지 못했다. 차기 ICM 개최지는 영국의 글래스고로 결정되었다.

일본수학회 리셉션에서는 많은 동남아 수학자를 초청하여 예전에 2014 서울 ICM을 유치할 때 많은 도움을 주고 아시아 수학연맹 설립 추진에 같이 협력을 한 인도네시아, 필리핀, 베트남 수학회 임원들과도 만나 반가웠다.

참가기에 보탤 얘기도 더 있지만 대회 끝난 후 한 두 달 만에 수학 분야에 AI의 난제 해결로 인한 엄청난 지각 변동이 일어나고 있어 이에 관하여 짧게 쓰려고 한다.

참가 후기: 2026 ICM 이후 수학 분야에서의 AI의 놀라운 발전

2026년 필라델피아 ICM에서 필자가 특히 관심을 가지고 지켜본 주제 중 하나는 수학과 인공지능(AI)의 관계였다. 당시 대회 직전에 기하학의 오랜 미해결 문제였던 야코비(Jacobi) 예측의 반례가 수학자 알퍼게에 의하여 AI의 도움으로 발견되면서, AI가 수학 연구를 크게 변화시킬 것이라는 전망이 주목을 받았다. 그러나 앞에서 언급한 것처럼, 실제 논의의 중심은 AI 기술 자체보다 AI 시대에 수학 연구가 지켜야 할 원칙과 연구 문화에 놓여 있었다.

그런데 대회가 끝난 뒤 불과 두 달여 만에 발표된 AI의 수학 연구 성과들을 살펴보면, 이러한 변화가 예상보다 훨씬 빠르게 진행되고 있음을 실감하게 된다.

먼저 수학계를 크게 놀라게 한 사례는 나비에-스토크스 방정식이다. 이 방정식은 유체의 운동을 기술하는 편미분방정식으로, 3차원에서 해의 존재성과 매끄러움을 밝히는 문제는 밀레니엄 난제 가운데 하나다. OpenAI는 2026년 9월 자사의 내부 AI 시스템이 수학자 저자 없이 이 문제에 대한 해법을 제시했다며 관련 논문과 Lean 형식의 증명을 공개했다. 다만 이러한 발표만으로 난제가 수학계에서 완전히 해결되었다고 단정할 수는 없다. 제시된 논증이 문제의 요구 조건을 충족하는지, 숨은 가정이나 논리적 비약은 없는지 독립적인 전문가들의 엄밀한 검증과 평가가 필요하다. 이 사례는 AI의 놀라운 가능성뿐 아니라 수학적 결과를 검증하는 일이 얼마나 중요한지도 보여 준다.

이어 2026년 10월 6일, OpenAI는 자사의 최첨단 AI 모델이 만들어 낸 370여 개의 새로운 수학적 연구 결과를 공개했다. 그 중에는 왕홍의 필즈상 업적인 카케야 문제와 관련된 4차원 Hausdorff 문제를 비롯하여 기하학과 해석학의 어려운 문제들에 관한 성과가 포함되어 있었다. 또한 세계 수학자들의 오랜 관심사인 리만 가설 자체는 아니지만, 이와 관련된 중요한 준 리만 가설에 대해서도 중요한 결과를 제시했다. 이는 AI가 오랫동안 해결하기 어려웠던 수학적 문제에 새로운 진전을 가져올 가능성을 보여 주는 사례다.

이러한 발전은 AI가 기존의 수학 문제를 푸는 보조 도구를 넘어, 새로운 추측과 증명을 제안하고 수학 연구의 탐색 범위를 넓히는 데 기여할 가능성을 보여 준다. 특히 수학은 논리적 증명을 통해 결과의 정확성을 검증할 수 있다는 점에서 AI의 추론 능력을 시험하고 활용하기에 중요한 분야다.

이와 같은 변화는 2026년 ICM에서 논의된 문제와도 직접 연결된다. 당시 수학과 AI에 관한 토론에서는 AI를 강력한 연구 도구로 활용하되, 수학의 정확성·투

명성·검증 가능성과 연구 윤리를 지켜야 한다는 점이 강조되었다. 대회 이후 이어진 급속한 발전은 이러한 원칙이 추상적인 선언에 머물러서는 안 되며, 실제 수학 연구에서 더욱 중요해지고 있음을 보여 준다.

2026년 ICM에 참가하면서 필자는 AI 시대에 수학 연구가 어떻게 달라질 것인가라는 질문을 품게 되었다. 대회가 끝난 뒤 이어진 놀라운 발전은 그 질문이 먼 미래의 문제가 아니라 이미 진행 중인 변화임을 일깨워 준다. 앞으로 수학자는 AI의 성능을 단순히 인간과의 경쟁이라는 관점에서 바라보기보다, 이를 어떻게 활용하여 새로운 수학적 발견을 이끌어 낼 것인지 고민해야 할 것이다.

돌이켜보면, AI가 수학 연구에 가져올 변화의 규모와 속도를 수학계도 충분히 예측하지 못했던 것은 아닐까 하는 생각이 든다. 마치 2016년 3월 9일 알파고의 등장으로 바둑계가 큰 충격을 받았던 것처럼, 수학계 역시 AI가 가져올 변화의 방향을 한 치 앞도 내다보기 어려운 새로운 국면에 들어선 듯하다. 앞으로 수학 연구와 수학자의 역할이 어떻게 달라질지 단정하기는 어렵다. 그러나 AI의 발전이 수학의 연구 방식에 근본적인 변화를 가져오고 있다는 점만은 분명해 보인다.