보도자료	2014 서울세계수학자대회 조직위원회
2014. 8. 13(수) 10시 30분	

<자료문의> ☎ 2014 서울세계수학자대회 조직위원회 최희연 사무국장 02-563-2014
미디어 센터 02-6288-6342, 02-6288-6309

2014 서울세계수학자대회 '수학의 노벨상' 필즈상 수상자 발표

❑ 2014 서울세계수학자대회 13일 개막식에서 4명의 필즈상 및 네반리나, 가우스, 천 상, 릴라바티 상 총 8명의 수상자가 발표됐다. 이 날 세계수학자대회의 전통에 따라 국가 원수인 박근혜 대통령이 릴라바티 상을 제외한 7개의 상에 대해 직접 시상하였다. 릴라바티상은 폐막식에서 수여된다.

❑ '수학 분야의 노벨상'이라 할 수 있는 필즈상 수상자 네 명의 영예는 아르투르 아빌라(프랑스, 35), 만줄 바르가바(미국, 40), 마틴 헤어러(영국, 38), 마리암 미르자카니(미국, 37)가 안았다.

○ 필즈상은 40세 이하의 수학자에게 수여되는 수학 분야의 최고의 상으로, 지난 4년간 수학계에서 가장 중요한 업적을 이룬 수학자 중에서 선정된다. 필드상은 1936년에 제정되었으며 지난 세계수학자대회인 2010년까지 총 52명에게 수여되었다.

❑ 이번 대회는 세계수학자대회 역사상 '최초'라는 수식어가 많이 붙는 시상식이 연출되어 전 세계의 관심을 받고 있다.

○ 아르투르 아빌라는 브라질에서 박사학위를 받은 수학자로 북미와 유럽, 일본 이외의 나라에서 박사학위를 받은 최초의 필즈상 수상자가 되었다.

○ 마리암 미르자카니가 역사상 처음으로 여성 필즈상 수상자가 되면서 주최자, 시상자, 수상자 3인이 모두 여성인 진풍경이 연출되었다.

❑ 이와 더불어, 네반리나 상은 수브하시 코트(인도)가 수상하였으며 가우스 상과 천 상의 영광은 스탠리 오셔(미국)와 필립 그리피스(미국)가 각각 받았다.

○ 네반리나 상은 정보과학 등의 수학 관련 학문분야에 업적이 있는 사람에게 수여되는 상으로, 1983년 폴란드 바르샤바에서 개최된 제19차 세계수학자대회부터 수여하기 시작했다.

○ 공학・비즈니스・실생활 등 수학 이외의 분야에서 큰 공헌을 한 수학 연구성과를 표창하는 가우스 상은 2006년 스페인 마드리드에서 개최된 제25차 세계수학자대회부터 수여하기 시작했다.

○ 천 상은 나이와 직업에 상관없이 수학분야에 뛰어난 업적이 있는 사람에게 수여하며, 2010년 인도 하이데라바드에서 개최된 제26차 세계수학자대회부터 수여하기 시작했다.

❑ 수학의 대중화에 크게 공헌한 수학자에게 수여하는 릴라바티 상은 아드리안 파엔자(아르헨티나)가 수상의 주인공이 되었으며, 유일하게 폐막식에서 시상한다.

붙임 1. 수상자 업적 요약
2. 필즈상 수상자 - 아르투르 아빌라
3. 필즈상 수상자 - 만줄 바르가바
4. 필즈상 수상자 - 마틴 헤어러
5. 필즈상 수상자 - 마리암 미르자카니
6. 네반리나 상 수상자 - 수브하시 코트
7. 가우스 상 수상자 - 스탠리 오셔
8. 천 상 수상자 - 필립 그리피스
9. 릴라바티 상 수상자 - 아드리안 파엔자

붙임1	2014 서울세계수학자대회(ICM 2014) 수상자 업적 요약

❑ 수상자 업적 요약

○ 필즈상: 아르투르 아빌라 (Artur Avila)

1979년 브라질 태생인 아빌라는 2001년 브라질 국립 순수응용수학원 (IMPA)에서 박사학위를 받았다. 필즈상 역사상 처음으로 북미나 유럽, 일본이 아닌 국가에서 박사학위(브라질 IMPA)를 받은 수상자가 나온 것이다. 현재는 프랑스 국립과학연구소 (CNRS) 석학연구원이다.

아빌라의 주된 연구 분야는 동력학계 (dynamical system)로서 이 분야에 획기적인 발전을 이끌었다. 그는 동력학계의 다양한 클래스 안에서 무작위로 하나를 선택하면 정칙적이거나 랜덤하게 움직인다는 것을 증명하였는데 이 업적은 오랫동안 풀리지 않았던 동력학계의 움직임에 관한 통합적이고 포괄적인 이론을 제공하였다. 또한 동력학계에서 혼합이 실패하는 것을 설명해주는 “약한 혼합”이라는 개념을 연구하여 거의 모든 동력계가 약한 혼합이라는 것을 발견하였다. 나아가 동력학계의 접근 방법을 해석학에 적용하였는데, 양자역학 분야의 수학방정식인 슈뢰딩거 방정식의 스펙트럼에 대한 사이몬(Barry Simon)의 문제를 해결하였다.

○ 필즈상: 만줄 바르가바 (Manjul Bhargava)

1974년 캐나다에서 태어난 바르가바는 미국에서 자랐고 2001년 프린스턴 대학에서 박사학위를 받았다. 학위 2년만인 2003년에 프린스턴 대학 정교수로 임용되었는데 이것은 프린스턴 대학 역사상 두 번째로 젊은 나이에 정교수가 된 것이다. 현재 프린스턴 대학 석좌교수로 있다.

만줄 바르가바는 대수적 정수론 (Algebraic Number Theory)분야에 획기적인 공헌을 하였다. 그는 2차 다항식 집합에 대한 가우스의 연산법칙을 확장하여 높은 차수 다항식의 연산 법칙을 발견했다. 가우스 이후 지난 200년간 이와 같은 더 높은 차수 다항식에 연산 법칙이 존재할 수 있으리라고는 아무도 상상도 하지 못했다. 이를 통하여 수의 기하학(geometry of numbers) 이론의 강력하고 혁신적인 방법론을 개발해서 저차원 환의 갯수를 계산하고 타원곡선 유리해군 의 평균차원의 상한을 성립하는데 적용하였다. 이것은 40년 가까이 진전이 없었던 분야에 획기적인 발전을 이룬 것이다.

○ 필즈상: 마틴 헤어러 (Martin Hairer)

1975년생으로 국적은 오스트리아인데 2001년 스위스 제네바 대학에서 물리학으로 박사학위를 받았고 현재 Warwick 대학에서 흠정강좌 수학 교수(Regius Professor of Mathematics)로 재직 중이다.

헤어러는 확률편미분방정식 연구에 있어서 지금까지 해결 불가능해 보였던 문제들을 도전할 새로운 이론을 창안하여 큰 돌파구를 만들었다. 그는 확률 나비어-스톡스 방정식을 이해하는데 큰 역할을 하였고, 비선형 확률편미분방정식의 정칙성 구조 이론을 창안하였다. 그의 연구로 수학과 과학의 중요한 여러 확률편미분방정식에 엄밀하고 본질적인 의미를 부여할 수 있게 되었다.

○ 필즈상: 마리암 미르자카니 (Maryam Mirzakhani)

1977년에 이란의 테헤란에서 태어난 마리암 미르자카니는 2004년에 미국 하버드 대학교에서 박사학위를 받았다. 현재 스탠포드 대학교의 교수이다. 필즈상 역사상 최초의 여성 수상자이다.

마리암 미르자카니는 기하학과 동력학계 분야에서 리만곡면과 그 모듈라이 공간에 관한 연구를 통해 수학의 여러 분야들 - 쌍곡기하학, 복소해석학, 위상수학, 그리고 동역학계 - 사이에 다리를 놓아주었으며, 그 모든 분야들에 영향을 주었다. 특히 이론물리학의 끈이론의 대가인 에드워드 위튼(Edward Witten, 1990년 필즈상 수상자)의 리만곡면의 모듈라이 공간에 대한 이론과 쌍곡곡면의 측지선의 개수를 연결시켜 위튼 추측을 새롭게 놀라운 방법으로 증명하였다.

○ 네반리나 상: 수브하시 코트 (Subhash Khot)

1978 년 생으로 1999 년에 인도공과대학에서 학사학위, 2003 년에 프린스턴 대학에서 박사학위를 받았다. 현재 뉴욕대학 쿠랑연구소의 컴퓨터학과 교수로 근무하고 있다.

수상업적은 계산복잡도이론(computational complexity theory) 분야에서 유일게임추측(Unique Games Conjecture)를 제시한 공로이다. 코트는 효율적으로 풀기에 정말 어려운 문제 중에서 가장 간단한 문제로 보이는 유일 게임이라는 매우 단순한 어떤 문제를 정의하였다. 유일게임추측이란 "적당한 시간 내에 유일 게임의 답을 근사적으로 찾는 것이 불가능하다"는 것이다. 코트는 이 추측과 그에 대한 연구를

통해 계산복잡도이론 분야에 획기적인 발전을 가져왔다.

○ 천 상: 필립 그리피스 (Phillip Griffiths)

미국 수학자로 1962년 프린스턴 대학에서 박사학위를 받았고 캘리포니아 버클리 대학, 프린스턴 대학, 하바드 대학 교수를 역임하였다. 현재 프린스턴 고등연구원 명예교수이다.

그리피스는 수학연구에서 복소기하에서 초월적 방법론을 선구적이고 획기적으로 발전시켰고, 특히 하지(Hodge) 이론과 대수다양체의 주기에 관한 연구로 후세에 큰 영향을 미쳤다. 교육자로서 많은 우수한 제자를 길러내었고, 저술가로서 그의 제자 조세프 해리스와 같이 쓴 ‘대수기하의 원리’는 수학의 고전으로 자리 잡고 있다. 활발한 연구 활동과 병행하여 듀크대학 학장직을 8년간 그리고 세계 최고 이론과학 연구소인 프린스턴 고등연구원 원장직을 12년간, 국제수학연맹 (IMU) 총무를 8년간 역임하면서 과학 교육과 과학 정책 분야에도 큰 공헌을 하였다.

○ 가우스 상: 스탠리 오셔 (Stanley Osher)

미국인으로 1966년 뉴욕대학에서 박사학위를 받았으며 현재 UCLA 교수이다.

스탠리 오셔는 실생활에서 일어날 수 있는 문제에 고등 수학을 적용하여 해결하는 가교 역할을 하였다. 그는 공학자 및 응용 과학자들과 함께 끊임없이 소통하고 연구를 수행하였다. 그 결과, 등위집합방법과 영상복원이론, 압축센싱이론 등, 과학 및 공학계의 여러 문제들을 풀 수 있는, 전례에 없이 빠르고 강력하고, 우아한 수학적 방법을 제시하였다. 오셔는 이런 방법들을 적용하여 범죄자 수색, 애니메이션 영화의 제작, MRI 영상의 분석력 향상, 컴퓨터 칩 구상 등 많은 분야의 발전에 큰 기여를 하였다.

○ 릴라바티 상: 아드리안 파엔자 (Adrian Paenza)

아드리안 파엔자(Adrian Paenza) 박사는 아르헨티나 출신의 수학자이며 과학 저널리스트이다. 1949년 5월 9일에 태어나 1979년에 부에노스아이레스 대학교 수학과에서 박사학위를 받고 2002년까지 그곳에서 수학을 가르치며 TV 스포츠 저널리스트로서, 정치평론가로서 성공적인 삶을 살아왔다. 수학의 즐거움과 아름다움을 대중과 함께 하겠다는 열정을 바탕으로 여러 권의 수학책을 저술하였으며, 수학과 과학에 관한 두 개의 TV 프로그램을 진행하고 있다. 2003년부터 공영 방송 TV Publica에서 “아르헨티나의 과학자들” 이라는 과학 프로그램을 진행하고, 2009년부터는 매주 30분씩 “파이 때문에 바뀌는 삶”이라는 수학 대중화 프로그램을 진행하

고 있다. 재미있는 일화, 인터뷰, 유머 등을 섞어 문제 풀이에 응용함으로써 아드리안 파엔자는 대중에게 수학에 대한 새로운 그림을 보여 주고 있다. 파엔자 박사는 일반 대중이 수학이라는 학문을 받아들이는 방식을 결정적으로 바꿔놓았다는 평가를 받고 있다.

붙임2	2014 서울세계수학자대회(ICM 2014) 필즈상 수상자 - 아르투르 아빌라

❑ 아르투르 아빌라(Artur Avila)의 업적

Artur Avila는 필즈상 역사상 처음으로 북미나 유럽, 일본이 아닌 국가에서 박사학위를 받는 사람이다. 지난번 세계수학자대회에서도 강력한 후보였다. 그때 만일 받았다면 가장 어린 나이에 받은 사람이 되었을 것이다. 이번 해에도 누구나 기대하고 있었던 수학자이다.

Artur Avila는 오래된 미해결 문제들에 결정적 결과들을 이끌어 냄으로 동력학계, 해석학 뿐 아니라 다른 분야에도 뛰어난 공헌을 하였다. 브라질 출신인 그는 브라질과 프랑스에서 활동하며, 두 나라의 수학적 문화와 전통을 묶어내었다. 거의 대부분 업적은 전 세계에 있는 30여명의 수학자들과의 공동 연구로 이루어 졌다. Avila는 깊이 있고 중요한 문제를 분별해내는 감각과 더불어, 뛰어난 수학적 기술력, 문제 해결사로서의 창의력과 끈기, 정확성을 함께 가지고 있는 수학자이다.
아빌라의 연구 성과는 다양하고 폭넓은 주제를 다루고 있다. 다음은 그 중 중요한 몇 가지인데, 그의 초기 업적 중 하나는 1970년대부터 시작된 긴 이야기를 종결시킨 것이다. 그 시절, 많은 물리학자들은 매우 간단한 시스템으로부터 혼돈이 어떤 방식으로 발생할 수 있는 지 연구하였다. 그들이 연구하는 시스템 중 일부는 3x(1-x) 와 같은 함수를 반복하는 것을 기반으로 하였다. 주어진 점을 시작으로, 어떤 함수를 반복적으로 적용할 때 점의 궤도를 볼 수 있으며, 또한 시간의 흐름에 따라 시작점의 이동을 함수로 생각할 수 있다. 어떤 함수에서는 궤도가 점점 안정적으로 정착하는 반면 어떤 함수는 궤도가 무질서하게 된다. 이러한 현상을 이해하기 위해 이산적 동력계(discrete dynamical systems) 연구가 활발해 졌다. 이러한 연구의 주목적 중 하나는 장기간의 움직임을 예측하는 방법을 개발하는 것이었다. 점점 안정적으로 정착하는 궤도는 한 점이 어떻게 이동하는지에 대한 예측이 수월하나 혼란스러운 궤도는 그렇지 않다. 하지만 확률적인 도구를 이용하면 이러한 궤도를 모델링 할 수 있다. 수학자들은 궤도가 점점 안정이 되는 “정칙 궤도”와, 무질서하게 이동하는 “확률 궤도”로 나누어진다는 것을 발견하였다. 이렇게 정칙궤도와 확률궤도로 나누어지는 것은 여러 특별한 경우에서 증명되었고, 한 가지 희망은 결국엔 보다 완전한 해석이 나올 것이라는 것이었다. 이 희망은 2003년 아빌라, 드말로(Welington de Melo), 루비히(Mikhail Lubich)에 의해 실현되었고, 오랜 시간 동안 진행되어 왔던 연구는 마무리가 되었다. Avila 와 그의 공동저자는 동력학계의 다양한 클래스를 고려하였고, 그 안에서 무작위로 맵(map)을 선택하였을 때 그 맵은 정칙적 이거나 랜덤하게 움직인다는 것을 증명하였다. 그들의 업적은 오랫동안 풀리지 않은 이러한 역학계의 움직임에 관한 통합적이고 포괄적인 그림을 제공하였다.
아빌라의 또 다른 뛰어난 업적은 포르니(Giovanni Forni)와 함께 연구한 약한 혼합(weak mixing)에 대한 것이다. 만약 트럼프 카드에서 윗부분의 카드 무더기를 카드

제일 아래 부분으로 넣는다면 카드는 사실상 섞인 것이 아니다. 카드는 단순히 순환 형태로 옮겨졌다고 할 수 있다. 하지만 예를 들어 첫 번째 카드는 세 번째 카드 뒤에, 두 번째 카드는 다섯 번째 카드 뒤에와 같이 카드가 섞인다면 제대로 섞였다고 할 수 있을 것이다. 이것은 아빌라와 포르니가 고려했던 혼합의 추상적인 개념에 대한 기본적인 아이디어이다. 그들이 연구했던 시스템은 트럼프 카드가 아닌 여러 개의 소구간으로 나누어진 닫힌구간이다. 예를 들어, ABCD 네 소구간으로 나눌 수 있는 어떤 구간에서 소구간의 위치를 교환하는 방식(ABCD에서 DCBA로 변경)으로 구간 사이의 변환을 만들 수 있다. 이 교환방식을 반복함으로써, “단위구간교환 변환(interval exchange map)” 이라는 동력계를 얻을 수 있다. 트럼프 카드의 경우를 생각해 보면, 구간교환 변환이 정말로 소구간을 혼합할 수 있는지에 대해서 의문을 가질 수 있다. 이것은 오랫동안 불가능 하다고 알려져 왔다. 아빌라와 포르니는 혼합이 실패한 것을 설명해주는 “약한 혼합” 이라는 개념을 이용하여 대부분의 구간교환 변환은 약한 혼합이라는 것을 보였다. 이를 이용하여 아빌라와 Delecroix는 거의 모든 동력계가 약한 혼합이라는 것을 발견했다.

아빌라는 또한 해석학 문제에 동력계 접근 방식을 적용하였다. 유사주기를 가지는 슈뢰딩거 연산자가 하나의 예로서, 이것은 양자역학 분야의 수학방정식이다. 이 분야에서 대표적인 것 중 하나는 프랙탈 패턴을 보이는 호프슈타터 나비로서 극한 자기장에서 전자이동의 에너지 스펙트럼을 나타낸다. 물리학자들은 슈뢰딩거 식에서 특정 매개 변수 값의 에너지 스펙트럼이 칸토르 집합이라는 것이 발견되었을 때 놀라움을 금치 못했다. 1980년에 사이몬(Barry Simon)은 특정한 슈뢰딩거 연산자의 스펙트럼이 칸토르 집합인지 아닌지를 묻는 “열잔의 마티니 문제” 를 제시하였다. (그는 이 문제를 푸는 사람에게 10잔의 마티니를 사겠다고 제안하였다.) 아빌라는 지토미르스카야(Svetlana Jitomirskaya)와 공동으로 이 문제를 해결하였다. 이 업적은 슈뢰딩거 연산자에 관한 아빌라의 연구의 일부분이다. 2004년부터 꾸준히 이 연구를 시작한 그는 마침내 2009년 일반적인 이론을 발표하였다. 그는 역학계 접근방식을 이용하여 일반적인 슈뢰딩거 연산자는 열잔의 마티니 문제의 경우와는 달리 일반적인 Schrodiner operators 는 서로 다른 체제로 전환시 결정적인 차이를 보이지 않는다는 것을 정립하였다.

Avila 업적의 마지막 사례는 아주 최근에 그가 증명한 측도보존 맵(volume preserving map)에 관련된 정칙화 정리에 대한 것이다. 그는 30년 동안 증명되지 못한 채 수학자들에 의하여 참 일거라고 믿어져 왔던 정리를 증명하였다. 이를 통하여 그는 매끄러운 동역학계(smooth dynamical systems)에 관련된 연구의 활성화에 크게 이바지하였다. 특히 이 정리는 Avila, Sylvain Crovisier, 그리고 Amie Wilkinson 이 근래에 성취한 의미있는 업적의 가장 중요한 요소이다. 아직 현재 준비중인 그들의 연구는 엔트로피가 양인 변환은 에르고딕이라는 성질을 가지는 역학계임을 보여준다. 빼어난 해석학적 능력과 동역학계에 대한 깊은 직관을 함께 지닌 그의 장점을 토대로 Arthur Avila 는 앞으로 수학적 리더로써 계속 자리매김할 것이다.

약력

1979년 브라질 태생인 아르투르 아빌라는 프랑스 귀화 시민이기도 하다. 그는 2001년 브라질 국립 순수응용수학원(The Instituto Nacional de Matematica Pura e Aplicada (IMPA))에서 박사학위를 받았다. 2003년부터 프랑스 국립과학연구소(The Center National de la Recherche Scientifique (CNRS))에서 연구원으로 있었으며 2008년에는 석학연구원이 되었다. 또한 그는 2009년부터 IMPA에서도 연구원으로 활동 중이다. 이전 수상 경력으로는 2006년 살렘상(the Salem Prize), 2008년 유럽수학회상, 2009년 프랑스 과학한림원의 Jacques Herbrand 대상, 2011년 마이클 브린상(the Michael Brin Prize), 2013년 브라질 수학회상, 2013년 세계과학학술원의 수학분야 TWAS 상을 받았다.

참조: IMPA(The Instituto Nacional de Matematica Pura e Aplicad)
브라질에서 1961년 만든 연구소이다. 1980년대에 들어 국제학회등을 유치하며 활발해 졌으며 남미의 중심에 서있는 유명한 연구소이다. Artur Avila가 19살에 논문의 주제를 잡고 21살에 박사학위를 받는 것이 가능한 이유는 이 연구소가 있었기 때문이며 이 연구소에서는 연령이나 학위과정과 무관하게 박사학위를 줄 수 있기 때문이다. 이 연구소는 동역학계가 강한 곳으로 유명하며 10년 넘게 소장을 하고 있는 Jacob Palis도 이 분야이다. 동역학은 여러 분야를 아우를 수 있기 때문에 물론 위상, 기하, 해석 및 대수등 수학의 많은 분야의 우수한 수학자들이 일하고 있다.

붙임3	2014 서울세계수학자대회(ICM 2014) 필즈상 수상자 - 만줄 바르가바

❏ 만줄 바르가바 (Manjul Bhargava)의 업적

만줄 바르가바는 대수적 정수론 분야에서 오랫동안 진전이 없었던 여러 문제에 혁신적인 방법론을 개발해서 획기적인 공헌을 하였다.
바르가바는 프린스턴 대학원 학생시절 가우스(Gauss)가 1798년에 쓴 난해하고 방대한 저서 '산술논고(Disquisitiones Arithmeticae)'를 정독하였다. 이 과정에서 그는 2차 다항식 집합에 주어진 가우스의 교묘한 연산법칙을 루빅스 큐브를 이용하여 직관적 방법으로 묘사할 수 있음을 알아냈다. 그는 이 발견을 발전시켜 가우스의 연산 법칙을 더 높은 차수 다항식으로 확장하여 13개의 새로운 연산 법칙을 발견했다. 가우스 이후 지난 200년간 이와 같은 더 높은 차수 다항식에 연산 법칙이 존재할 수 있으리라고는 아무도 상상도 하지 못했다.

연산법칙이 중요한 이유는 정수론에서 기초적인 구조인 수체에 대한 정보를 제공하기 때문이다. 1896년 민코프스키(Minkowski)가 개발한 '수의 기하학 (geometry of numbers)'이라는 도구가 발전되어 1960년대에 2차원과 3차원 수체의 불변량에 대한 점근적 정보가 얻어졌으나 그 이상 차원으로의 확장은 근 40년간 진전이 없는 상태였다. 바르가바는 새로 발견한 연산 법칙을 이용하여 '수의 기하학'의 방법론을 강력하게 발전시켜 4차원과 5차원 수체의 불변량에 대한 정보를 얻어낼 수 있었다.

나아가 바르가바는 수의 기하학의 방법론을 (y^2=유리 계수 다항식) 꼴의 방정식으로 주어지는 초타원 곡선에 적용하기 시작했다. 이렇게 주어진 곡선의 유리점이 얼마나 많은가를 이해하는 것은 정수론에서 중요하지만 난해한 문제이다. 바르가바는 발상을 바꾸어서 하나의 주어진 곡선에 대해 연구하는 대신 유리점을 가지는 곡선들의 확률적인 구조에 대해 연구하였다. 바르가바는 공저자들과 함께 3차 다항식을 임의로 고르면 유리점이 딱 하나일 확률도 양수이고 무한히 많을 확률도 양수라는 것을 보였다. 마찬가지로 차수가 4일때는 유리점이 전혀 없을 확률이나 무한히 많을 확률이 모두 양수라는 것을 보였다. 그리고 5이상의 차수의 경우 대개의 초타원 곡선은 유리수 점이 전혀 없다고 밝혔다. 그의 결과로부터 가령 차수10인 경우 유리점을 전혀 갖지 않을 확률이 99% 이상임을 알 수 있다.

바르가바의 업적을 하나 더 들자면, 행케(Jonathan Hanke)와의 공동 연구로 이루어진 '290정리'가 있다. 이 문제는 페르마 (Pierre de Fermat, 1601-1665) 시대로 돌아가는 오래된 질문으로서 모든 자연수를 나타낼 수 있는 2차형식들을 분류하는 문제

이다. 라그랑쥬(Lagrange, 1736-1813)의 발견을 시작으로 20세기 초 인도의 전설적 수학자 라마뉴잔(Srinivasa Ramanujan, 1887-1920) 등의 연구를 통해 모든 자연수를 나타내는 여러 가지 2차형식이 발견되었다. 여기서 제기되는 질문이 어떤 2차형식이 모든 자연수를 나타낼 수 있는가 하는 것인데, 1990년대 초에 콘웨이(John Conway)와 공저자들은 컴퓨터 계산을 통해서 주어진 2차형식이 290이하의 모든 자연수를 나타낼 수 있다면, 그 이상의 모든 자연수도 나타낼 수 있을 것이라는 추측을 하였다. 바르가바와 행케는 이 추측을 증명한 것이다. 이 증명은 이론적으로 기발할 뿐 아니라 상당히 많은 컴퓨터 계산을 요구한다.

약력

1974년 캐나다에서 태어난 만줄 바르가바는 미국에서 자랐고 1996년 하바드 대학에서 학사학위를 거쳐 2001년 프린스턴 대학에서 페르마의 마지막 문제의 해결로 유명한 앤드류 와일즈 (Andrew Weils) 교수의 지도하에 박사학위를 받았다. 학위 2년 만인 2003년에 프린스턴 대학 정교수로 임용되었는데 이것은 프린스턴 대학 역사상 두 번째로 젊은 나이에 정교수가 된 것이다 (최연소는 24세에 정교수가 되었던 1978년 필즈 메달 수상자 찰즈 페퍼만 Charles Fefferman이다). 바르가바는 현재 프린스턴 대학 석좌교수로 있다. 이전 수상 경력으로는 클레이 수학연구소에서 수여하는 Clay Research Award (2005년), 미국수학회의 Cole Prize (2008년), 프랑스의 Fermat Prize (2011년), 인도의 Infosys Prize (2012년) 등이 있다.

붙임4	2014 서울세계수학자대회(ICM 2014) 필즈상 수상자 - 마틴 헤어러

❑ 마틴 헤어러 (Martin Hairer)의 업적

마틴 헤어러는 확률편미분방정식 연구에 있어서 지금까지 해결 불가능해 보였던 문제들을 공격할 새로운 이론을 창안하여 큰 돌파구를 만들었다.

미분방정식은 17세기 뉴튼과 라이프니츠에 의해 개발된 미적분학에 뿌리를 두고 있다. 행성운동을 기술하는 미분방정식은 미래의 각 시점의 위치를 정확히 결정한다는 의미에서 “결정적”이라 부른다. 이와 대조적으로 그 안에 임의성을 품고 있는 미분방정식을 우리는 “확률적”이라 한다. 시간을 따라 변하는 주식가격을 기술하는 방정식이 일례라 하겠다. 그러한 방정식은 주가 변동을 표현하는 항을 품게 되는데, 만약 우리가 변동에 대한 정보를 정확히 알고 있다면 미래의 주가를 정확히 예측할 것이다. 하지만 그러한 변동은 초기 주가에 의존하고 있긴 하나 근본적으로 임의적이고 정확한 예측이 불가능하다. 하나의 변수만을 가지는 방정식을 상미분방정식이라 부르며 두개 이상의 변수를 가지는 미분방정식을 편미분방정식이라 한다. 많은 편미분방정식들은 비선형인데, 이는 방정식 안의 항들이 간단한 비율만으로 표현되지 않는다는 뜻이다. 많은 중요한 자연현상은 비선형 편미분방정식으로 기술되며, 이를 이해하는 것이 수학과 과학의 큰 목표이다.

헤어러는 많은 종류의 비선형 확률편미분방정식에 적용할 수 있는 일반 이론을 개발함으로써 큰 기대를 받았다. 헤어러의 작업에서 중요한 역할을 한 KPZ 방정식은 비선형편미분방정식의 일종으로, 이 방정식을 만든 3명의 물리학자 카다르(Mehran Kardar), 파리시(Giorgio Parisi), 장(Yi-Cheng Zhang)의 이름을 땄다. 이 KPZ 방정식은 두 물질 사이의 경계면의 시간에 따른 진화를 기술한다. 이해를 위해 액정 디스플레이(LCD) 제조 과정을 단순화하여 생각해보자. 두 개의 매우 근접한 유리판을 세우고 그 사이에 액정 방울들을 채워 나간다. 이때 액정방울들은 상호작용을 통해 들러붙거나, 합쳐지면서 바닥에 닿으며 넓게 퍼진다. 눈에 보이지 않는 미세 스케일에서, 액정 방울 내의 작은 분자들은 “임의적”으로 움직인다. 이 움직임들은 확률적으로 모델링 가능하며, 쌓여가는 액정과 공기 사이의 거칠고 고르지 못한 경계면을 만들어 낸다. KPZ 방정식은 이 경계면의 시간에 따른 변화를 기술하는 확률편미분방정식이 된다. 그 해는 주어진 각 시간과 유리판 밑의 각 점에서 경계면의 높이가 된다. 그런데 이 KPZ 방정식이 기술하는 것은 물리적으로는 납득이 되나 수학적으로는 타당하지 않다. 왜냐하면 그 해는 꽤나 거칠고 고르지 못한 수학적 대상

이기에 미분가능하지 않다. 그럼에도 불구하고 방정식의 다른 항들은 해의 미분가능성에 기반을 두고 있다. 물론, 이러한 어려움을 피하는 방법으로 초함수라는 개념을 생각할 수 있으나, KPZ 방정식은 비선형이기 때문에 사용할 수가 없다. 이러한 이유로 KPZ 방정식은 수학적으로 잘 정의되지 않는다. 일부 연구자들이 특수한 경우의 KPZ 방정식을 수학적으로 이해할 수 있는 방법을 내어 놓았으나, 근본적인 문제는 오랫동안 풀리지 않은 채 남아 있었다.

헤어러는 이 방정식과 그 해에 정확한 수학적 의미를 부여하는 새로운 접근법을 통해, 이러한 어려움을 극복하였다. 더욱이 그는 KPZ 방정식을 위해 개발한 아이디어를 활용하여, 넓은 범위의 확률편미분방정식에 적용할 수 있는 “정칙성 구조 이론”을 만들었다. KPZ 방정식에 대한 그의 아이디어는 다음과 같다. 임의성의 효과는 극소 스케일에서 일어난다는 기존의 절대적 가정 대신, 그는 임의성의 효과가 가시적인 스케일과 비교하여 상대적으로 적은 스케일에서 일어난다는 가정에서 출발하였다. 그는 이를 “노이즈 다스리기”라 부르는데, 이를 통해 일단 풀리는 방정식을 마련한다. 물론, 이 방정식이 원래의 KPZ 방정식이 아니지만, 그 해를 출발점으로 하여 점진적으로 KPZ 방정식의 해에 접근하는 함수들을 만든다. 더욱이 그는 이렇게 만들어진 KPZ 방정식의 해는 서로 다른 종류의 노이즈 다스리기 방식을 사용하더라도 같아진다는 중요한 사실을 보였다. 헤어러의 일반적인 이론은 수학적으로 잘 정의되지 않는 고차 확률편미분방정식을 다룬다. KPZ 방정식처럼 이러한 방정식들이 가진 문제는, 아주 작은 스케일에서 해가 가진 거칠고 고르지 못한 모습에 있다. 그는 작은 스케일에서 해의 좋지 않은 모습에 접근하는 수학적 대상들을 정의하였다. 각 점에서 해는 이들 대상들의 무한 중첩으로 표현된다. 게다가 그는 방정식의 해가 그 접근에 사용되는 대상들의 선택에 의존하지 않는다는 중요한 사실을 보였다.

헤어러의 업적 이전, 많은 학자들이 선형 확률편미분방정식은 잘 이해하고 있었지만 비선형 경우를 다루기엔 근본적인 장벽이 있었다. 헤어러의 새로운 이론은 이 장벽을 없애기 위한 큰 걸음이다. 더구나 이 이론이 적용될 수 있는 방정식들 중에는 수학과 과학의 주요 관심 대상이 되는 여러 개의 방정식이 포함되어 있다. 또한, 그의 업적은 여러 현상들의 보편적인 모습을 이해하기 위한 실마리가 될 수 있다. KPZ 방정식과는 다른 방정식이 스케일 과정을 거쳐 KPZ 방정식으로 접근해 가는 모습을 통해, 우리는 그 뒤에 숨어 있는 보편성을 인지한다. 그의 업적은 이러한 보편성을 연구하는 엄밀한 해석적 도구를 제공할 가능성이 있다.

정칙성 구조 이론을 개발하기 전에도 헤어러는 다른 뛰어난 공헌을 하였다. 예를

들어 매팅글리(Jonathan Mattingly)와의 공동 연구는 유체운동을 다루는 비선형 편미분 방정식인 나비어-스톡스 방정식의 확률 버전을 이해하는데 중요한 진전이다. 헤어러는 또한 매우 훌륭한 컴퓨터 프로그래머이다. 학생시절 그는 오디오 편집 소프트웨어를 만들었는데 이후 이를 더 개발하여 “소리 편집의 스위스 군용 칼”로써 성공적으로 상용화하였다. 물론 그의 수학적인 업적이 컴퓨터에 의존한다고 볼 수 없지만 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션이 그의 직관을 개발하는데 큰 도움을 주었다고 한다. 훌륭한 기술적 숙달과 물리 시스템에 대한 깊은 이해를 겸비한 헤어러는 관련 분야에서 선도자일 뿐 아니라 앞으로도 많은 중요한 공헌을 하리라 기대된다.

약력

1975년생. 헤어러는 오스트리아 시민이다. 2001년 그는 제네바 대학에서 물리학으로 박사학위를 받았다. 현재 Warwick 대학에서 흠정강좌 수학 교수(Regius Professor of Mathematics)로 재직 중이다. 그가 받은 상들은 다음과 같다:

Whitehead Prize of the London Mathematical Society (2008)

Philip Leverhulme Prize (2008)

Wolfson Research Merit Award of the Royal Society (2009)

Fermat Prize (2013)

Frohlich Prize of the London Mathematical Society (2014)

2014년 그는 Fellow of the Royal Society 로 선정되었다.

붙임5	2014 서울세계수학자대회(ICM 2014) 필즈상 수상자 - 마리암 미르자카니

❑ 마리암 미르자카니 (Maryam Mirzakhani)의 업적

마리암 미르자카니는 기하학과 동역학에서 큰 공헌을 하였다. 리만곡면과 그 모듈라이 공간에서의 그녀의 연구는 수학의 여러 분야들 - 쌍곡기하학, 복소해석학, 위상수학, 그리고 동력계 - 사이에 다리를 놓아주었으며, 그 모든 분야들에 영향을 주었다. 그녀는 초기에 쌍곡기하학 연구로 세계적으로 널리 알려졌으며, 가장 최근의 업적은 동역학 분야에서 이루어 졌다.

수학자들은 이미 100여년 전에, 추상적인 곡면들이 위상적으로, 즉 연속적인 변형으로, 얻을 수 있는 곡면들을 분류하면 손잡이의 갯수라고 하는 단 하나의 숫자로 표현될 수 있음을 알았다. 우리는 이 숫자를 지너스(genus)라고 부른다. 구의 표면은 지너스가 0이고, 커피잔의 표면은 지너스가 1이며, 프레첼의 표면은 지너스가 3이다. 추상적인 곡면 위에 각과 길이와 넓이를 잴 수 있는 기하를 정의하면 리만 곡면이 정의된다. 그 중에 가장 중요한 기하가 바로 쌍곡기하인데, 쌍곡기하 공간은 볼리아이(Bolyai), 가우스, 그리고 로바체브스키에 의해 발견된 유클리드 기하공간이 아닌 첫번째 예이다.

미르자카니의 초기 업적은 쌍곡 곡면에서의 닫힌 측지선(closed geodesic)에 대한 결과이다. 닫힌 측지선은 부드럽게 변형할 때 그 길이가 더 이상 짧아질 수 없는 닫힌 곡선이다. 길이가 L 이하인 닫힌 측지선의 갯수는 L에 대해 지수적으로 증가한다는 정리가 50여년 전에 알려졌다. 이 정리는 주어진 숫자보다 작은 소수의 갯수에 대한 “소수 정리 (prime number theorem)”에 정확히 대응되어 “측지선에 대한 소수 정리”라고 불린다. 미르자카니는 오직 단순한 측지선, 즉 스스로와 다시 만나지 않는 측지선만 고려하면 “측지선에 대한 소수 정리”가 어떻게 되는지를 연구하였다. 이 경우에는 매우 다른 양상을 보이는데, 단순한 측지선들의 갯수는 L에 대해 더 이상 지수적으로 증가하지 않고 곡면의 지너스가 g일 때 6g-6라는 차수를 가지는 다항식으로 증가함을 미르자카니는 보였다. 지너스가 g인 곡면이 가질 수 있는 쌍곡구조들은 연속적으로 변형할 수 있으므로 이들을 모아 놓으면 연속적인 공간이 된다. 리만은 이들이 모듈라이라고 불리우는 6g-6 개의 매개변수들에 의존함을 보였다. 즉 지너스가 g인 곡면의 모듈라이 공간은 6g-6 차원이다. 하지만 이 사실은 모듈라이 공간의 전체적인 모양이나 구조에 대해서는 아무 것도 말해주지 않는다. 모듈라이 공간의 전체적인 구조는 아주 복잡하며 여전히 베일에 싸여져 있

다.

단순 측지선의 갯수에 대한 정리의 증명에서 미르자카니는 모듈라이 공간의 사교적 구조라고 하는 또다른 구조를 고려하였는데, 이는 (비록 길이는 측정할 수 없지만) 부피를 측정할 수 있도록 해준다. 맥셰인의 결과를 일반화하여, 미르자카니는 모듈라이 공간에서 특정한 부피를 계산하고, 그로부터 단순 측지선의 갯수에 관한 결과를 도출해냈다. 이러한 관점은 모듈라이 공간에 대한 다른 문제들에 대해서도 미르자카니에게 새로운 통찰력을 주었다. 그 중 한 결과는 끈이론을 이끄는 대가인 에드워드 위튼(1990년 필즈상 수상자)의 예측에 대한 새롭고 예상할 수 없었던 증명이다. 모듈라이 공간은 그 안에 각각 특별한 성질을 가지는 리만 곡면들에 해당되는 여러 흥미로운 특별한 궤적들을 가진다. 적절히 선택된 궤적들에 대해, 그들의 교집합은 특별한 물리학적 의미를 가진다. 이러한 교집합에 대해, 물리학적 직관에 의해 만들어진 위튼의 추측은 많은 수학자들의 주목을 받았다. 미르자카니의 결과는 위튼의 추측과 개개의 곡면의 측지선의 갯수를 세는 기본적인 문제와의 연결고리가 되었다.

최근 몇 년간 미르자카니는 모듈라이 공간의 다른 면들에 대해 탐험하였다. 모듈라이 공간은 거리개념을 갖고 있어서 측지선 연구를 할 수 있다. 마굴리스의 정리에 영감을 받아, 미르자카니와 공동연구자들은 곡면 하나가 아닌 모듈라이 공간에서 닫힌 측지선들의 갯수를 구하여, 또다른 소수 정리에 대응되는 결과를 얻었다. 그녀는 또 모듈라이 공간 위에서 윌리엄 써스톤(1982년 필즈상 수상자)이 정의한 “지진 흐름”이라고 하는 특정한 동역계가 혼돈적임을 증명하였다.

가장 최근에는, 알렉스 에스킨과, 부분적으로 아미르 모하마디와 함께 미르자카니는 모듈라이 공간의 측지선들의 행동과 관련된 또다른 동역학 시스템의 이해에 있어서 큰 돌파구를 만들었다. 모듈라이 공간의 닫히지 않은 측지선들은 매우 이상하고 병리적으로 행동하여, 그들의 성질이 어떤지, 혹은 작은 섭동을 가했을 때 어떤 변화가 일어나는지 알기가 매우 어렵다. 그러나, 미르자카니와 공동연구자들은 모듈라이 공간 안에서 복소 측지선들의 닫힘(closure)이 프랙탈이 아니라 놀랍도록 정규적(regular)이라는 것으로 보였다. 복소 측지선은, 해석학과 미분기하학으로 정의된 초월적인 대상이지만, 그들의 닫힘은 다항식을 이용하여 대수적으로 정의되어서 강성(rigidity)을 가진다는 것이 판명되었다. 이 결과는 수많은 후속연구를 촉발시켰는데 그 이유 중 하나는, 에스킨과 미르자카니가 증명한 정리가 1990년대에 래트너가 증명한 유명한 정리에 대응되기 때문이다. 래트너는 균질적인 공간에서 정의된 동역계의 강성을 증명하였는데, 균질적인 공간이란 어떤 점 근방도 다른 점 근방과 똑

같이 생긴 공간을 말한다. 이런 균질적인 공간과는 대조적으로 모듈라이 공간은 매우 비균질적이다. 이런 면에서 균질적인 공간에서 볼 수 있는 강성이 비균질적인 모듈라이 공간에서도 대응되는 메아리가 있다는 것은 매우 놀라운 일이다.

모듈라이 공간은, 그 복잡성과 비균질성으로 이해, 직접 연구를 하는 것이 불가능하다고 여겨져 왔었다. 하지만 미르자카니의 생각은 달랐다. 그녀의 뛰어난 기하학적 직관은 모듈라이 공간의 기하공간도 직접적으로 손에 쥘 수 있도록 해주었다. 매우 다양한 분야의 수학적 기술들과 서로 다른 수학적 문화에도 능한 그녀는, 뛰어난 수학적 능력과, 대담한 야심과, 멀리 내다보는 비젼, 그리고 깊은 호기심이라는 매우 희귀한 조합을 지녔다. 모듈라이 공간은 여전히 우리의 발견을 기다리는 많은 새로운 영토들로 이루어진 세계이다. 미르자카니는 앞으로의 탐험에 있어서 여전히 선구자로 남아 있을 것이다.

약력

1977년에 이란의 테헤란에서 태어난 마리암 미르자카니는 2004년에 미국 하버드 대학교에서 박사학위를 받았다. 2004년부터 2008년까지는 클레이 수학연구소의 박사후 연구원과 프린스턴 대학교의 조교수로 지냈다. 현재 스탠포드 대학교의 교수이다. 2009년 순수수학에서의 연구 발전에 대한 공로로 블루멘탈상을 수상하였고 2013년 미국수학회의 새터상을 수상하였다.

붙임6	2014 서울세계수학자대회(ICM 2014) 네반리나 상 수상자 - 수브하시 코트

❑ 수브하시 코트 (Subhash Khot)의 업적

보통 중요한 수학 상들은 중요한 결과를 증명한 학자에게 수여된다. 그러나 이번에 네반리나(Nevanlinna Prize) 상은 계산복잡도이론(computational complexity theory) 분야에서 현재까지 참인지 거짓인지 밝혀지지 않은 유일게임추측(Unique Game Conjecture)를 제시한 수브하시 코트에게 수여된다. 수브하시 코트는 유일게임을 정의하였고, 그의 계산복잡도를 이해하기 위한 노력을 주도하고, 최적화 문제들의 근사해를 효율적으로 찾는 방법에 관한 연구의 중심 역할을 하였으며 알고리듬 설계와 효율적으로 근사해를 구하는 문제의 복잡도에 관한 큰 진전을 이루었다. 또한 계산복잡도이론과 해석학, 기하학 사이의 새롭고 흥미로운 연관 관계를 발견하였다.

계산복잡도이론 분야의 핵심 질문은 주어진 문제를 푸는 것이 얼마나 어려운가에 관한 것이다. 즉, 컴퓨터로 어떤 문제를 모든 가능한 방법 중 가장 “똑똑한” 방법을 사용하여 푼다고 할 때 컴퓨터가 얼마나 빨리 답을 낼 수 있는지에 대한 것이다. 전산이론학자들은 어떤 문제들은 너무 어려워서 적어도 어떤 합리적인 시간 내에는, 예를 들어 우주가 끝나기 전까지 믿을 만한 답을 컴퓨터가 절대 찾을 수 없다고 확신한다. (이것이 P ≠ NP로 알려진 유명한 예측인데 40여 년 동안 증명되지 않았다. 하지만 전산이론학자들을 시간이 지날수록 이것이 참이어야 한다고 믿고 있다.) 그래서 많은 연구자들이 그 다음 질문으로 관심을 돌리고 있다. 즉, 만약 어떤 문제의 답을 빠르고 정확하게 구하기가 어렵다면, 최소한 좋은 근사해를 찾을 수 있지 않을까? 실생활에서는 어쨌든 좋은 근사해이면 충분하기 때문이다.

코트의 업적 이전에 연구자들은 근사해 조차 빠르게 찾을 수 없는 몇 가지 문제들을 찾았지만, 대부분의 문제에서는 그 질문의 답을 줄 수 있는 아이디어가 별로 없었다. 코트는 효율적으로 풀기에 정말 어려운 문제 중에서 가장 간단한 문제로 보이는 유일 게임이라는 매우 단순한 어떤 문제를 정의하였다. 유일게임추측이란 “적당한 시간 내에 유일 게임의 답을 근사적으로 찾는 것이 불가능하다” 는 것이다. 코트가 만든 이 예측은 계산복잡도이론 분야에 매우 생산적인 길을 열어 주었다.

유일게임 문제 연구와 유일게임추측의 진위를 밝히려는 지속적인 노력를 통해 예상치 못했던 소득이 있었다. 첫째로, 해석학과 기하학에서 새로운 문제들을 찾게 되었으며 이론전산학과 수학의 경계에 위치한 연구 주제인 부울 함수에 대한 연구에 활

기를 불러 일으켰다. 이를 통해 새로운 중심 극한 정리, 불변성 원리, 등주부등식, 역 정리가 발견되었으며, 심지어 거품구조나 투표의 수학, 계산 복잡도 이론, 의사난수이론, 학습 이론, 조합수학이론 연구에 큰 영향을 주었다. 둘째로, 코트와 그의 공동연구자들은 유일 게임 문제 연구를 통해 얻어진 직관을 사용하여, 하나의 거리공간을 다른 거리공간으로 매장시킬 때 일어나는 왜곡의 새로운 하한뿐 아니라, 선형계획법과 반정치계획법(semi-definite programming)을 푸는 널리 사용되는 알고리즘들로는 잘 해결되지 않는 문제들을 만들었다. 이 방법들을 확장하여 알고리즘 설계 분야에서 새로운 연구 결과들을 만드는데 영감을 제공하였으며 알고리즘 이론과 그 응용 연구 분야를 크게 발전시켰다. 이러한 결과들은 예측의 진위 여부에 상관없다. 또한 다른 연구자들은 유일게임추측이 거짓임을 밝히기 위해 노력하는 과정에서 역시 부수적인 결과를 얻었다.

유일게임추측을 증명하거나, 반증하거나, 그 결과들을 밝히려는 노력은 모두 결과가 좋았음이 입증되었다. 유일게임추측은 앞으로 전산 이론 분야 연구를 이끌어 나갈 것이다.

약력

1978년 생으로 1999년에 Indian Institute of Technology에서 학사학위, 2003년에 프린스턴대학에서 박사학위를 받았다. 2003년부터 2004년까지 미국고등연구소의 연구원으로 근무하고, 2004부터 2007년까지 조지아공대, 2007년부터는 뉴욕대학 쿠랑연구소의 컴퓨터학과 교수로 근무하고 있다. 2005년에 Microsoft Research New Faculty Fellowship Award, 2010년에는 Alan T. Waterman Award를 수상하였다. 1994년과 1995년 국제수학올림피아드에서 은메달을 수상한 경력이 있으며, 2010년 세계수학자대회에서Mathematical Aspects of Computer Science 주제로 초청강연을 하였다.

붙임7	2014 서울세계수학자대회(ICM 2014) 가우스 상 수상자 - 스탠리 오셔

❑ 스탠리 오셔 (Stanley Osher)의 업적

스탠리 오셔는 실생활에서 일어날 수 있는 문제에 고등 수학을 적용하여 해결하는 가교 역할을 하였다. 그는 공학자 및 응용 과학자들과 함께 끊임없이 소통하고 연구를 수행하였다. 그 결과, 과학 및 공학계의 여러 문제들을 풀 수 있는, 전례에 없이 빠르고 강력하고, 우아한 수학적 방법을 제시하였다. 오셔는 그들의 요구에 맞게끔 그의 방법을 적용하여 범죄자 수색, 애니메이션 영화의 제작, MRI 영상의 분석력 향상, 컴퓨터 칩 구상 등 많은 분야의 발전에 큰 기여를 하였다.

오셔의 가장 큰 업적 중 하나는 세씨안(James Sethian)과 함께 연구한 등위집합(Level Set) 방법의 개발이다. 이를 이용하면 형태의 변화를 수학적으로 기술할 수 있다. 예를 들어, 흐르는 물위에 떠있는 기름 방울의 움직임을 예측해 보자. 이를 위한 기존의 방법은 기름 방울 근처에 줄로 연결된 부표를 설치해서 이의 움직임을 보는 것이다. 하지만 기름 방울이 반으로 나눠지는 경우에는 이 방법은 효과가 없다. 그럴 때마다 연결된 줄을 자르고 다시 묶는 과정이 필요하기 때문에, 부표로 기름 방울을 표현하는 것은 그다지 좋은 방법이 아니다. 또한, 두 기름 방울이 합쳐진다고 가정해보자. 그러면 몇몇의 부표는 완전히 사라져야 하기 때문에 움직임을 기술하는 것이 힘들게 될 것이다. 이런 문제에 대하여 오셔와 세씨안은 완전히 새로운 방법을 제안했다. 이들은 기름 방울의 형태가 어떤 3차원 물체의 수평 단면과 일치한다고 가정했다. 그들은 시간 변화에 따른 기름 방울의 이동을 기술하기 위해, 3차원 물체의 수평단면이 초기 기름방울 모양을 나타내도록 하고 물리적 법칙을 3차원 물체 전체에 적용했다. 기름 방울이 분리되면, 3차원 물체는 두 개의 혹과 같은 모양이 되고, 만약 두 방울이 합쳐지면, 물체의 두 개의 “다리”는 하나로 합쳐지게 된다.

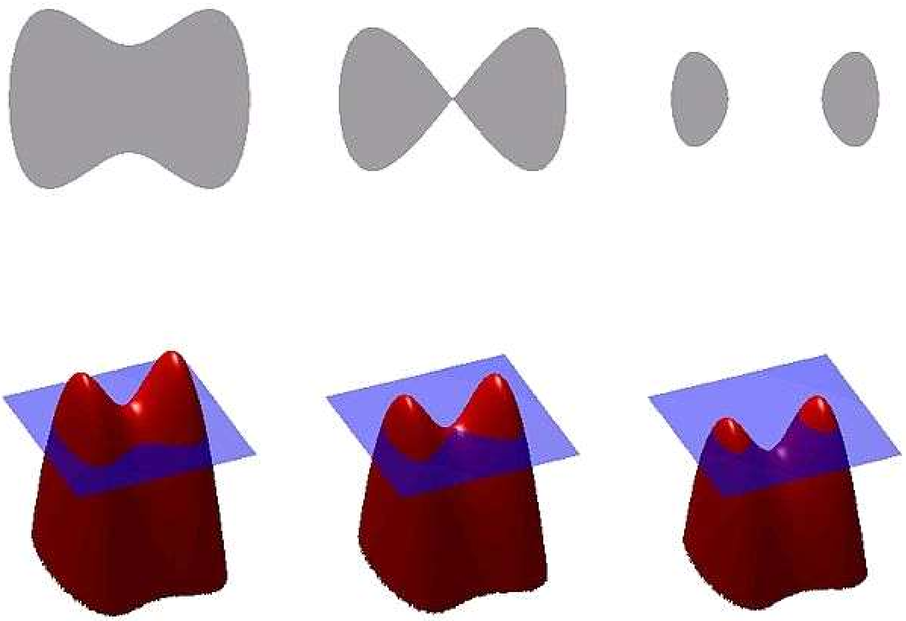

그림 1. 3차원 붉은 물체의 수평면이 기름 방울의 모양의 변화를 나타낸다. 이 표현은 기름 방울이 두 개로 나눠지는 것과 같은 현상들을 잘 다룬다.

2차원상의 운동을 3차원상의 운동으로 변화시키는 것은 문제를 더 복잡하게 만드는 것처럼 보이지만, 이 방법으로 부표와 밧줄을 이용해 기술하려는 모든 문제들을 풀 수 있다. 그리고 이는 기름 방울과 같이 다루기 힘든 현상들을 강력하면서 간단하고 깔끔하게 기술할 수 있는 방법이다.

상대적으로 간단해 보이는 이 아이디어는 실제 현상을 설명할 수 있는 강력한 도구이다. 예를 들면, 드림웍스, 픽사, 디즈니, ILM과 같은 대형 영화회사에서 애니메이션상의 유체를 표현할 때, 등위집합 방법을 사용한다. 영화 제작자들은 등위집합 방법을 적용해 물리적 현상을 따르는 유체를 기술하여, 훨씬 더 사실과 가까운 이미지를 제작한다. 등위집합 방법을 이용해서 만든 대표적인 예로는 영화 “캐리비안의 해적”에서의 거대한 소용돌이, 영화 “해리포터와 불의 잔”에서의 용의 입에서 나오는 불 등이 있다. 오셔의 제자인 현재 스탠포드 대학 교수인 페드큐(Ron Fedkiw)는 이 방법을 이용한 애니메이션 제작으로 아카데미 상을 받기도 하였다. 좀 더 실용적인 예로, 등위집합 방법은 날씨 예측, 컴퓨터 칩 설계, 지진의 진원의 확인, 종양의 크기 변화에 대한 모델링, 의학적 영상자료의 분석 등에 적용할 수 있다.

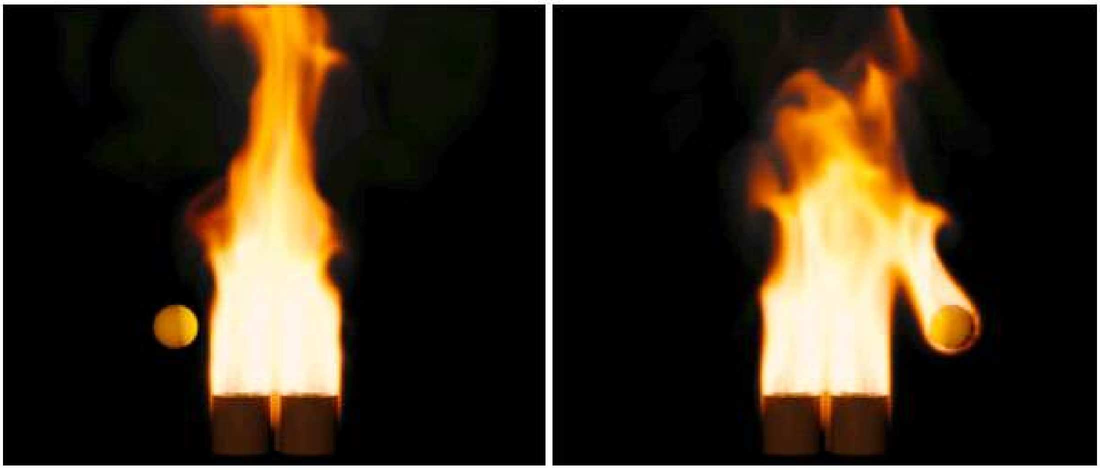

그림 2. 이 그림은 사진이 아니고, 화염 속으로 날아간 공이 불타는 모습을 오셔의 등위집합 방법을 이용해서 컴퓨터로 시뮬레이션 한 결과이다.
Credit: Ron Fedkiw, Duc Nguyen and Doug Enright.

오셔가 기여한 또 다른 분야는 공기 중의 초음속 제트기류의 모델링이다. 보통의 속도로 비행하는 비행기는 자연스러운 공기 흐름을 가진다. 하지만 제트기가 소리의 속도에 가까워지면, 주변의 공기는 빠르게 빠져나오지 못한다. 그 결과, 공기의 밀도, 압력, 온도, 속도는 즉시 변화한다. 수학적 용어로 이 즉각적인 반응을 "불연속"이라 부른다. 점진적인 변화를 다루던 전통적인 방법들에 비추어볼 때, 이는 굉장히 어려운 문제이다. 하텐(Amiram Harten), 엥퀴스트(Bjorn Engquist), 슈(Chi-Wang Shu)와 함께 오셔는 이러한 불연속들을 해결할 수 있는 새로운 수학적 방법을 제시하였다. 이로 인해 새로운 초음속 제트기의 디자인을 컴퓨터로 모델링할 수 있게 되었다.

한편, 오셔는 위에 사용했던 아이디어를 완전히 다른 분야인 흐린 영상을 보정하는 영상처리 문제에 적용하였다. 영상에서 나타나는 흐려짐은 임의로 생기는 것이 아니라 카메라의 흔들림과 같은 물리적인 현상에 기인한 것이다. 이러한 사실을 바탕으로 오셔는 물리적 과정을 정의하고, 그 과정을 거꾸로 되돌림으로써 흔들림을 없앴다. 그러나, 영상이 흔들리는 과정에서 정보가 손실되기 때문에 완벽하게 흔들림을 없애는 것은 매우 어려운 일이다. 이를 보완하기 위해서 오셔는 여러 장의 영상으로부터의 정보를 모았고, 효과적으로 영상을 복원할 수 있었다. 이러한 영상처리를 위한 매우 효과적인 알고리즘을 개발하였다.

오셔는 단순히 수학적 이론을 개발하는데 그치지 않고, 루딘과 함께 Cognitech이란 회사를 설립하였다. 이 회사의 가장 유명한 성공 사례는 1992년 LA 폭동 뒤 재판 과정에서 나왔다. 폭동 가담자들이 트럭을 공격하여, 트럭 운전자를 무차별하게 폭

행하는 장면이 방송사 헬리콥터에 의해서 촬영되었다. 흐린 영상으로부터 범죄자들을 식별해내기 위해서 검찰은 Cognitech에 영상복원을 의뢰하였다. Cognitech은 범죄자의 팔에 있던 작은 얼룩을(사진 전체 크기의 1/6000) 조사하여, 그것이 장미모양의 문신임을 밝혀냈다. 결국 범인은 윌리엄즈(Damian Monroe Williams)라고 밝혀졌고, 그는 폭력혐의로 처벌되었다. 그 이후에도 경찰은 계속해서 Cognitech의 기술을 활용하고 있다.

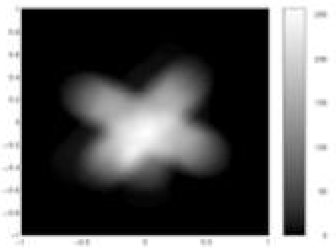

그림 3. TK(간선통신, 인공위성)의 흔들린 영상

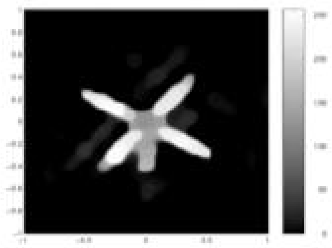

그림 4. 오셔의 방법에 의해 복원된 영상

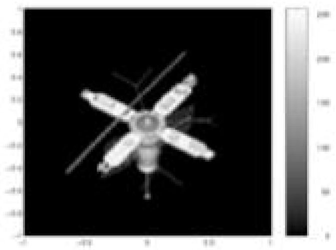

그림 5. 초점을 맞춰 촬영된 TK영상

또한, 오셔는 MRI를 더 빠르고 선명하게 스캔하는 알고리즘을 개발하였다. 도노호(David Donoho), 칸데스(Emmaunuel Candes)와 타오(Terence Tao)의 압축 센싱 방법의 형성에 있어서, 오셔는 그의 영상처리방법을 일반화하여, 최소한 적은 양의 데이터를 가지고도 거의 모든 정보를 표현할 수 있다는 이론에 기여하였다. 압축센싱 기술을 적용한 예가 바로 Netflix 문제이다. Netflix 문제는 어떤 사람의 영화에 대한 선호도 정보만을 가지고 그가 좋아하는 영화를 예측하는 것이다. 이때 기존의 봤거나 좋아했던 영화들은 압축된 형태의 데이터가 되고, 이러한 소량의 데이터만을 가지고도 그가 좋아할 만한 모든 영화를 예측할 수 있다.

이처럼 오셔가 다양한 분야에 막대한 영향력을 미칠 수 있었던 것은 그가 수학에 대한 깊은 이해를 기반으로 효과적인 알고리즘을 개발하였기 때문이다. 로스엔젤레스 타임즈 인터뷰에서 오셔는 이렇게 말했다. “나는 컴퓨터가 노래할 수 있도록 알고리즘을 작곡하였고, 그런 점에서 나는 수학계의 배리 매닐로우(Barry Manilow)이다.” (참고: 배리 매닐로우는 가수 겸 작곡가로서 오셔와 같은 고향, 같은 또래이다.)

붙임8	2014 서울세계수학자대회(ICM 2014) 천 상 수상자 – 필립 그리피스

❑ 필립 그리피스 (Phillip Griffiths)의 업적

천 상 수상자인 필립 그리피스는 세계 최고의 이론 과학연구소인 프린스턴 고등연구원 (Institute for Advanced Study) 명예교수이다. 수학 연구자로서 그는 수학의 여러 분야, 특히 복소기하, 대수기하와 미분기하에서 선도적 역할을 하면서 최고 수준의 연구 업적을 이루었다. 교육자로서 그는 많은 우수한 제자들을 길러내었다. 저술가로서 그는 연구 해설문들을 통해서도 많은 사람에게 칭송을 받았으며, 그가 쓴 책들은 계속하여 후세에 영향을 주고 있다. 과학 행정가로서 그리피스는 과학정책 분야에도 막대한 업적이 있으며, 12년간 고등연구원 원장직을 수행하면서 뛰어난 지도력을 발휘하였고, 더 나아가 개발도상국의 과학 발전을 위한 노력을 통해 세계 과학계 전체에 상당한 영향을 주었다. 이렇게 다양한 측면에서 수학과 과학에 그리피스만큼 높은 수준의 공헌을 한 사람은 찾아보기 힘들다.

그리피스는 1962년 도날드 스펜서(Donald Spencer)의 지도하에 프린스턴 대학에서 박사학위를 받은 후 캘리포니아 버클리대학에 밀러 연구원(Miller Fellow)직을 거쳐 바로 교수가 되었다. 버클리에서 그리피스는 천싱선(Shiing-Shen Chren, 陳省身 1911-2004)과 만나 많은 영향을 받았고 후에 공동연구도 하였다. 천은 20세기를 대표하는 수학자 중 하나로 꼽히는 기하학의 대가로서, 천 상이라는 명칭은 바로 이 천의 이름을 딴 것이다.

그리피스는 버클리 대학에 이어 1967년-1972년 프린스턴 대학 교수, 이어서 1972년-1983에 하바드 대학 교수직을 역임하였고, 1983년-1991년 듀크대학 학장으로 재임하면서 연구와 보직생활을 병행하였다. 이후 1991년부터 12년 간 프린스턴 고등연구원(IAS)의 원장을 역임하였다. 지금까지 그리피스는 29명의 박사 학위를 지도했고 이 중 상당수는 뛰어난 학자로 성장하였다. 그 제자들의 제자들 등을 모두 합치면 그의 학문적 후손들은 약 460 명에 이른다.

수학연구에 있어서 그리피스의 가장 중요한 업적은 복소기하에서 하지(Hodge) 이론과 대수다양체의 주기에 대한 연구로서, 고차원에서의 주기 함수, 주기 영역의 기본 이론을 확립하였고, 이와 연관되어 대수적 사이클, 네반리나 이론, 브릴-뇌더 이론, 캘러 다양체의 위상수학 등에 중요한 공헌을 하였다.

이러한 그리피스의 주된 연구 업적은 클레이 수학 연구소(Clay mathematics institute)에서 백만 달러의 현상금을 제시한 새 천년 수학문제(millennium problems)의 하나이자 현재 수학 최고 난제의 하나로 꼽히는 하지 예상(Hodge Conjecture)과 관련이 있다. 하지 (W.D.V. Hodge, 1903-1975)는 대수다양체의 대수적 성질과 위상수학적 성질 사이의 근본적인 관계에 대한 예상을 하였는데 하지 예상은 아직 증명이 요원한 상태이다. 현재 하지 예상과 관련되어 진행되고 있는 많은 연구는 그리피스의 연구에 힘입은 바 크다.

1980년대에는 이러한 복소기하에서의 연구를 넘어서서 미분방정식 분야에서 큰 공헌을 하였는데, 특히 과결정 미분방정식 (over-determined partial differential equations) 시스템과 외미분계(exterior differential system)에 대한 연구를 부흥시켰고, 이것을 현대 미분기하학의 난문제에 응용하였다.

올 해 76세인 그리피스는 여전히 왕성한 연구 활동을 하고 있어서, 마크 그린(Mark Green)과 공동 연구 논문을 지난 2014년 5월 preprint server인 arXiv에 올렸다.

저술가로서 그리피스는 명쾌하고 세련된 연구 해설문으로 정평이 나있는데, 특히 1970년 미국수학회 회보에 실린 그의 해설 논문 ‘대수다양체의 적분 주기’는 우수한 해설문에 수여하는 미국수학회 스틸 상(Steele Prize)을 수상하였다. 그의 훌륭한 저서들 중 특히 제자인 조세프 해리스 (Joseph Harris)와 함께 쓴 ‘대수기하의 원리’는 수학의 고전으로 자리 잡았다.

과학과 교육 정책 전문가로서 그리피스는 특히 1992년에서 1999년까지 미국 학술원의 과학, 공학, 공공 정책위원회 (COSEPUP) 위원장이었고, 1991년에서 1996년까지 미국 과학재단의 정책을 결정하는 국가 과학 위원회에 있었으며, 1999년에서 2006년까지 국제수학연맹 (IMU) 총무를 역임하였다. 또한 개발도상국가에서의 과학 발전을 도와주는 국제 과학계 지도자들의 모임인 SIG (Science Initiative Group)를 출범시켰다.

붙임9	2014 서울세계수학자대회(ICM 2014) 릴라바티 상 및 아드리안 파엔자

❑ 릴라바티상

○ 릴라바티상

수상자인 아드리안 파엔자 교수의 수상 '2014 서울 세계수학자대회' 조직위원회는 8월 20일 8시 COEX Hall D에서 '릴라바티 상' 기념 특별 강연을 개최한다. 릴라바티상은 인간 생활의 여러 면에서 결정적인 역할을 하는 수학의 중요성을 대중에게 널리 알린 사람에게 수여한다. 첫 수상자는 '페르마의 마지막 정리'라는 책으로 유명한 사이먼 싱(Simon Singh)이다.

○ 릴라바티

'릴라바티'는 12세기 인도 수학자 바스카라가 쓴 수학책으로 여러 가지 산술이 주요 내용인데 기하학 문제도 포함하고 있다. 릴라바티는 바스카라의 딸의 이름이라고 알려져 있다. 이 책에는 많은 문제들이 시적인 표현으로 제시되어 있으며 풀이를 묻는 형식으로 이루어져 있다. 그러므로 이 책은 딸을 위한 '수학 시집'이라고 할 수 있다.

❑ 아드리안 파엔자 (Adrian Paenza)의 업적

아드리안 파엔자(Adrian Paenza) 박사는 아르헨티나 출신의 수학자이며 과학 저널리스트이다. 1949년 5월 9일에 태어나 1979년에 부에노스아이레스 대학교 수학과에서 박사학위를 받고 2002년까지 그곳에서 수학을 가르쳤다. 파엔자 교수는 그 기간 동안에도 TV 스포츠 저널리스트로서, 정치평론가로서 성공적인 삶을 살아왔다.

2003년부터 공영 방송 TV Publica에서 "Cientificos Industria Argentina (아르헨티나의 과학자들)" 이라는 과학 프로그램을 진행하며 과학 저널리스트로서의 빛나는 삶을 시작했다. 매주 한 시간씩 진행하는 이 프로그램에서는 다양한 분야에서 일하는 수학자, 과학자들을 인터뷰하여 그들이 하는 일에 대한 설명을 듣고, 끝에는 과학 퀴즈를 내 주고, 정답은 그 다음 시간에 알려준다. 이 프로그램은 지난 11년 동안 커다란 성공을 거두었다. 마틴-피에로상(최고 문화프로그램 2004, 2011, 최고 저널리즘 프로그램 2007, 2009)을 비롯하여 여러 가지 상을 수상한 것이 그 증거다.

2009년부터는 매주 30분씩 "Alterados por Pi (파이 때문에 바뀌는 삶)" 이라는

수학 대중화 프로그램을 진행하고 있다. 재미있는 일화, 인터뷰, 유머 등을 섞어 문제 풀이에 응용함으로써 아드리안 파엔자는 보다 인간적이고, 보다 즐겁고, 보디 일상에 가까운 수학에 대한 새로운 그림을 보여주고 있다. 이 프로그램은 전국에 있는 공립학교를 찾아다니며 촬영하고 있다.

아드리안 파엔자는 지금까지 여덟 권의 수학책을 썼다. 그 중에는 세계적인 베스트 셀러 시리즈인 “Matematica... Estas ahi?” (수학아... 너, 거기 있니?)” 도 포함되어 있는데 그 메시지는 단순하고 명확하다.

“수학은 교실에서 배우는 것처럼 지루한 것이 아니다. 수학은 재미있고, 즐겁고, 아름답다.”