

Hua Loo-Keng and Mathematical Popularization

화뤄경과 수학 대중화

REE Sangwook 이상욱 * KOH Youngmee* 고영미

Hua Loo-Keng(华罗庚, 1910–1985) is one of well-known prominent Chinese mathematicians. While Waring problem is one of his research interests, he made lots of contributions on various mathematical fields including skew fields, geometry of matrices, harmonic analysis, partial differential equations and even numerical analysis and applied mathematics, as well as number theory. He also had devoted his last 20 years to the popularization of mathematics in China. We look at his personal and mathematical life, and consider the meaning of his activity of popularizing mathematics from the cultural perspective to understand the recent rapid developments of China in sciences including mathematics and artificial intelligence.

Keywords: Hua Loo-Keng, Waring problem, circle method, mathematical culture, mathematical popularization; 화뤄경, Waring 문제, 원 방법, 수학문화, 수학 대중화.

MSC: 00A09, 01A07, 01A25, 01A60

1 서론

화뤄경(Hua Loo-Keng)은 누구인가? 그는 어떤 일을 한 사람인가? 필자는 2017년 8월에 중국 청두(Chengdu, 成都)에서 개최된 「제4회 근현대 수학사 및 수학교육 국제회의」¹⁾에서 그의 이름을 처음 접하였다. 실제로 Lin Kailiang(林开亮)이 「화뤄경의 삶과 업적: 총체적 관점」²⁾이란 제목으로 화뤄경을 소개했지만 [8], 중국의 근현대 수학사를 다룬 발표마다 그가 언급되었고 [14], 심지어 중국의 수학사를 넘어 세계의 수학 근현대사의 발표에서도 때때로 그가 언급되었다. Lin의 발표로 어느 정도 화뤄경에 대한 소개는 되었다 하여도 그가 중국의

*Corresponding Author.

REE Sangwook: Dept. of Data Sci., Univ. of Suwon E-mail: swree@suwon.ac.kr

KOH Youngmee: Dept. of Data Sci., Univ. of Suwon E-mail: ykmkoh@suwon.ac.kr

Received on Feb. 22, 2019, revised on Mar. 20, 2019, accepted on Apr. 25, 2019.

- 1) The Fourth International Conference on History and Pedagogy of Modern Mathematics; 第四届近现代数学史与数学教育国际会议, 개최일시: August 20–26, 2017, 개최장소: Sichuan Normal University, Chengdu, China; 中国 成都 四川师范大学.
- 2) 林开亮(西北农林科技大学, 理学院), The life and work of Loo-Keng Hua: a bird's-eye view, Aug. 21, 2017.

근현대 수학사 및 세계 수학사의 많은 장면에서 언급될 만큼의 그의 위대함을 이해하기에는 부족함이 느껴져 그에 대한 탐구를 하게 되었다. 화뤄경에 대한 탐구는 인터넷 검색으로부터 시작하였고, 그렇게 구한 자료 [2, 3, 4, 5, 7, 12, 13, 15]에서 화뤄경의 삶과 수학적 업적뿐만 아니라 그가 이끌었던 중국 근현대 시대의 수학 문화까지도 들여다볼 수 있었다.

구글(Google)에서의 화뤄경의 검색 결과는, 한글 검색의 경우 두 쪽에 지나지 않지만, 영문 검색의 경우에는 열 쪽 이상의 웹페이지가 할애된다. 특히 중국에는 화뤄경(华罗庚) 상, 천성선(陈省身) 상, 중자칭(钟家庆) 상과 같은 수학상이 있음을 확인할 수 있었고,³⁾ 2017년 3월에는 화뤄경 수리과학연구소⁴⁾가 설립되었음도 확인할 수 있었다 [6]. 심지어 중국 장쑤성 창저우에는 그의 이름을 딴 「화뤄경 공원」도 있다고 한다.⁵⁾ 중국 난카이대학 소식지는 2014년, 거의 같은 나이의 중국 수학자 Chern(1911-2004)⁶⁾과 화뤄경(1910-1985)의 소식을 간단히 소개하였다 [15]. 사실, Chern이 중국 출신 수학자로는 가장 유명한 수학자일 것이다 [2, 16]. 1994년 중국 텐진에서 개최된 세계 탁구 대회에서의 일화는 Chern이 중국을 세상에 알린 중국의 대표 인물로서 존경을 한 몸에 받았었음을 말해준다 [9].⁷⁾ 그러나 화뤄경 또한 Chern에 못지 않은 중국을 대표하는 근현대 수학자였다 [2, 3, 12].

본 글은 화뤄경의 삶과 그의 학문적 업적, 그리고 그에 의한 중국에서의 「수학 대중화」 [4, 5]를 통한 문화 창달의 의미를 되새겨보고자 한다. 특히 수학대중화를 이끈 그의 삶을 문화적 관점 [11]으로 논한다.

2 화뤄경

화뤄경의 중국 이름은 华罗庚(華羅庚, Huà Luógēng) [17]이지만, 그의 영문 이름은 다양하다. 가장 흔히 사용되는 이름으로는 HUA Loo-Keng 을 비롯하여 HUA Loo-keng, HUA Loo Keng, HUA Luogeng, HUA Luo Geng 등을 들 수 있지만, 이외에도 CHUA Lo-Ken, CHUA Luo-keng, HUA Lo-keng 등 다양하다.⁸⁾

3) 중국, 화뤄경(华罗庚) 상, 천성선(陈省身) 상, 중자칭(钟家庆) 상 발표. <http://chinafocus.tistory.com/m/1499?category=947392>

4) Hua Loo-Keng Center for Mathematical Sciences (HCMS). <http://hcms.amss.ac.cn>

5) 화뤄경공원(华罗庚公园). 공원 입구에 화뤄경의 동상이 있다고 한다. https://en.wikipedia.org/wiki/Hua_Luogeng_Park

6) S. S. Chern(陈省身, 천성선, 1911-2004)은 세계적으로 잘 알려진 중국 출신의 미국 수학자이다 [16]. 미국 수학자 Richard Palais [19]는 ‘현대 수학자(미분기하학자) 중에 그의 가르침을 받지 않은 사람은 없을 것이다.’라는 말로 Chern을 높이 평가하였다.

7) ... 놀랍게도 천은 미국에서 아인슈타인이 록스타에 버금가는 명성을 누렸듯이 중국에서 큰 명성을 얻었다. 2007년 MSRI 소장이 된 수학자 Robert Bryant는 천이 1994년 중국 텐진에서 개최된 세계 탁구 대회를 관람할 때 일화를 들려주었다. “당시 모든 TV 카메라는 관람석에 앉아 있는 중국 주석의 모습에 집중되어 있었습니다. 그때 천 부부가 천천히 관람석으로 들어왔습니다. 카메라는 일시에 몽땅 천 부부로 향했고, 주석의 모습은 카메라에서 사라졌습니다! 천은 중국을 세상에 널리 알린 중국의 대표 인물이었던 것입니다.” [9]

8) WorldCat <http://www.worldcat.org/identities/lccn-n80113510/>에서 Alternative Names를 참조한다.

우리말 위키백과는 화뤄경을 두 문장으로 상당히 간략하게 소개하고 있다 [18]. 그의 이름은 華羅庚(화라경)이고 간체자로는 华罗庚으로 쓰며 1910년에 태어나 1985년에 사망한, 정수론에 공헌한 수학자라는 것이다. 그러나 화뤄경은 그보다는 훨씬 많은 것을 생각하게 하는 훌륭한 수학자이다.

영문 위키페디아는 화뤄경에 관하여 제법 긴 설명을 제공하고 있다 [17].⁹⁾ 위키페디아는 화뤄경을 정수론에 공헌한 유명한 중국 수학자로 소개하고, 중국 근현대에서의 수학 연구와 교육의 선구자로 평가하였다. 그는 골드바흐의 추측에 관한 중요 정리¹⁰⁾를 발표한 중국 수학자 Chen Jingrun(陈景润, 천징룬)¹¹⁾의 스승이었다.

구글에서는 그가 저술한 수학 관련 저서 10여권이 검색되기도 한다. 실제로, 그와 관련된 학문적 성과에 관한 연도별 통계로도 그가 적지 않은 영향력이 있는 수학자임을 알 수 있다. WorldCat¹²⁾에 따르면, 화뤄경과 관련하여 6개 언어로 672개 관련 자료가 있으며, 그가 170여 편의 논문 등을 저술하였음을 알 수 있다.¹³⁾

그런데 그는, 이상에서 설명한 상당한 학문적 업적에도 불구하고, 실질적인 정규 고등교육을 받은 적이 없고 명예박사학위를 제외하면 아무런 학위도 없다. 그가 받은 정규 교육은 초등학교 6년, 중학교 3년이 전부라고 한다. 그럼에도 그는 중국의 근현대 시기에 수학의 대중화를 이끈, 현재 13억 중국인의 존경을 받는 대단한 인물인 것이다.

2.1 화뤄경의 삶

화뤄경(华罗庚, 華羅庚)은 1910년 11월 12일생¹⁴⁾으로 중국에서 대부분의 삶을 살다 1985년 6월 12일 일본, 도쿄에서 생을 마감하였다 [2, 3, 17]. 그는 1931년 Xiaoguan Wu와 결혼하여 두 아들 Ling과 Guang, 두 딸 Mi와 Su를 두었다 [3].¹⁵⁾

화뤄경은 1910년 11월 12일 중국 장쑤성(江苏省) 진탄(金坛)현에서 작은 상점을 운영하는 상인의 아들로 태어났다. 그는 중학교 시절에 수학적 재능을 보였는데, 당시 수학교사가 그의 재능을 알아보고 고등 수학책을 보도록 권하였다.¹⁶⁾ 중학교를 마친 뒤 상하이 소재의 직업학

9) 화뤄경의 생애에 관한 기술은 대부분의 자료가 대동소이한 내용을 제공하고 있다. 본 글도 그의 삶에 관하여서는 기본적으로 영문 위키페디아 [17]의 내용을 따른다.

10) Chen's theorem. 충분히 큰 짝수는 소수 두 개의 합 또는 소수 한 개와 반소수(semi prime, 두 개 소수의 곱) 한 개의 합으로 쓸 수 있다. https://en.wikipedia.org/wiki/Chen's_theorem

11) Chen Jingrun https://en.wikipedia.org/wiki/Chen_Jingrun

12) 월드카탈로그 사이트 WorldCat는 170여개 국의 72,000여개 도서관의 소장 자료 정보를 알려준다. <https://en.wikipedia.org/wiki/WorldCat>

13) OCLC WorldCat Identities, Hua, Luogeng 1910-1985. <http://www.worldcat.org/identities/lccn-n80113510/> (2018년 9월 검색 당시의 결과)

14) 화뤄경이 미국 Illinois 대학의 교수로 부임할 때 대학에 자신의 생일을 1909년 10월 11일로 신고하였다고 한다 [2].

15) Loo-Keng Hua, MacTutor archive. <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Hua.html>

16) 화뤄경이 초등학교를 졸업하던 1922년 당시의 진탄중학교에는 그의 수학적 재능을 알아본 훌륭한 수학 선생

교에 들어갔고, 그곳에서 전국 주산 경연대회에서 우승을 하기도 했다. 직업학교의 등록금은 비싸지 않았지만, 비싼 생활비가 문제였다 [3]. 1927년 그는 결국 학교를 그만 두고 집으로 돌아와 아버지를 도와 상점 일을 했다. 그러다가 1929년에 장티푸스에 걸려 반 년 이상을 침대 신세를 졌다. 그로 인하여 그는 평생 왼쪽 다리를 절게 된다.

화뤄경은 중학교를 마친 뒤, 홀로 고등학교 및 대학 수학을 공부하였다. 진탄의 집으로 돌아 온 그는 이미 나름의 수학 문제를 연구하였다. 1929년 12월, 그는 그의 첫 논문 「Sturm 정리에 관한 연구」¹⁷⁾를 발표한다. 이듬해 그는 5차 방정식의 해법에 관한 원고를 발표하기도 했다.¹⁸⁾

1931년, 화뤄경의 수학적 재질을 알아본 북경 칭화대¹⁹⁾의 Xiong Qinglai²⁰⁾ 교수가 학위도 없는 화뤄경을 학과의 일원으로 불러들였다. 화뤄경은 칭화대에서 처음에는 도서관 사서로 일하다가 나중에 수학 조교가 되었다. 1932년 가을 처음으로 강사가 되었고, 10여 편의 논문을 발표한 2년 후(24살)에 조교수 자리를 얻었다.

1935년에 Hadamard²¹⁾와 Wiener²²⁾가 칭화대학을 방문하였고, 화뤄경은 그들의 강의를 들었는데 그들에게 강한 인상을 남겼다.²³⁾ Wiener가 영국을 방문하면서 캠브리지대학의 G. H. Hardy에게 화뤄경을 소개하여 Hardy의 초청으로 화뤄경은 2년 간 캠브리지대학에서 지내게 된다. 당시 Hardy는 화뤄경에게 2년이면 별무리없이 박사학위를 받을 수 있다고 했으나, 화뤄경은 등록금을 충당할 수 없기에 (다른 이유로 돌려대며) 거절했다고 한다 [3]. 화뤄경은 캠브리지대학에 머무는 동안 정수론 문제에 Hardy-Littlewood circle method²⁴⁾를 적용하여, Waring 문제²⁵⁾에 대한 논문을 발표하게 되었고 그로 인하여 수학계 내에 이름을 알리게 된다.

1937년 중일전쟁이 발발하고 1938년 화뤄경은 중국으로 돌아간다. 그는 학위가 없음에도 불구하고 칭화대학의 정교수로 자리를 잡는다. 당시의 중국은 일본의 지배 하에 있었고, 칭화대

님이 계셨다 [3].

17) Some Researches on the Theorem of Sturm, *Science*(상하이 정기간행지), 1929년 12월.

18) 5차 방정식에 관한 원고에 관하여는, 그가 잘못된 내용의 해법을 제시하였다는 설명도 있지만 [17], Schweigman과 Zhang [13]은 오히려 Su Jia-Ju 교수의 5차 방정식의 해법의 오류를 찾아 「Reasons why Su Jia-Ju's method for solving an algebraic equation of order 5 cannot hold」라는 논문을 쓴 것으로 기록하고 있다.

19) 清华大学(Tsinghua University). 중국 북경 소재의 국가 중점 대학 중의 하나. <https://www.tsinghua.edu.cn/>

20) 熊慶來(1983-1969), 중국에 현대수학을 처음 소개한 수학자. https://en.wikipedia.org/wiki/Xiong_Qinglai

21) Jacques Salomon Hadamard(1865-1963), 프랑스 수학자. https://en.wikipedia.org/wiki/Jacques_Hadamard

22) Norbert Wiener(1894-1964), 미국 수학자, 철학자. MIT 수학과 건물 내 복도 벽에 그의 앉아 있는 전신 사진이 붙어있다. https://en.wikipedia.org/wiki/Norbert_Wiener

23) 화뤄경의 논문 「On Fourier transformation in L^p in the complex domain」에 인한 결과.

24) 하디-리틀우드 원 방법 https://en.wikipedia.org/wiki/Hardy-Littlewood_circle_method

25) 영국 수학자 E. Waring의 이름을 딴, 멱수의 합에 의한 정수의 표현 문제. https://en.wikipedia.org/wiki/Waring%27s_problem 또는 <https://www.people.maths.bris.ac.uk/~matdw/2002%20wps.pdf> 참조.

학, 북경대학, 난카이대학²⁶⁾은 1937년 8월 시난연합대학(西南聯合大學)으로 합쳐져 윈난성(雲南省) 쿤밍(昆明)시로 옮겨졌다. 화뤄징은 쿤밍에서 가난과 폭격 그리고 세계 수학적계로부터의 고립에도 불구하고 8년 동안 수준 높은 연구를 계속하였다. 그의 업적 중에 Vinogradov의 평균값 정리에 관한 연구가 있는데, 이는 Hilbert-Waring 문제의 해결을 위한 연구였으며 Riemann 제타함수 연구에 응용되기도 한다. 화뤄징은 1940년에 「Additive Theory of Prime Numbers」²⁷⁾라는 제목의 저서를 러시아에서 출판 허가를 받았지만, 전쟁때문에 1947년에야 Steklov Institute의 단행본으로 출판할 수 있었다. 1945년 제2차 세계대전이 끝나면서 그는 쿤밍에서의 체류 기간을 끝내며 대수학과 해석학으로 관심을 돌렸는데 이내 독창적 연구결과를 내놓았다.

화뤄징은 Ivan Vinogradov의 초청으로 소련에 세 달간 머물다가 1946년 프린스턴대학의 고등과학원(IAS, Institute for Advanced Study)으로 떠난다. 화뤄징은 프린스턴에서 행렬론, 다변수복소함수론, 군론 등을 연구하였다. 당시 중국에서는 시민운동이 일어나 여행이 자유롭지 못하였는데, 중국 정부는 화뤄징의 여권에 장군의 지위를 표시하여 여행을 할 수 있도록 하였다.

1948년 화뤄징은 일리노이대학²⁸⁾ 정교수 자리를 얻게 되었는데, 1949년 중국이 중화인민공화국으로 새로운 시대를 맞이하면서²⁹⁾ 화뤄징 역시 중국의 새 시대의 일원으로서의 역할을 담당하고자 미국에서의 평화로운 삶을 뒤로 하고 중국행을 택한다.

1950년 화뤄징은 중국으로 돌아와 학교와 급성장하고 있던 산업계에서 교육 개혁과 대학원 수준의 수학연구에 투신하였다. 1952년 7월 중국 수리학술원을 개소하면서 초대 원장을 역임하였다. 이듬해에는 26명의 학술원 대표단을 이끌고 러시아와의 학술교류를 위해 소련을 방문하였다.

그는 경제발전과 안보 그리고 과학과 기술 교육을 위해 중국과학원(CAS, Chinese Academy of Sciences)에 의해 1958년에 설립된 현대식 대학 중국과학기술대학(USTC, University of Science and Technology)의 부총장과 수학과장을 역임하였다. 그는 그의 교육과 행정 업무 등의 격무에도 불구하고 연구를 수행하며 새로운 분야를 접하면 그에 대한 글을 썼다. 1956년 《Introduction to Number Theory》가 Springer에서 영문판으로 출판되었고, 1958년에는 《Harmonic Analysis of Functions of Several Complex Variables in the Classical Domains》가 출판되었는데, 러시아어로 번역되고, 1963년 미국수학회에서 영어 번역본을 내놓았다.

26) 텐진시의 중국의 공립대학 중 하나인 南开大学(남개대학). 저우언라이, 원자바오 등의 총리를 배출한 국가중점대학 중 하나.

27) 퇴루소수론(堆累素數論: 加算的素數論)

28) University of Illinois at Urbana-Champaign

29) 1949년 10월 1일 중화인민공화국 정부 수립.

화뤄경은 수학 외에도, 1952년 컴퓨터 개발을 제안하였고, 1953년에는 중국 수리과학원(Mathematical Institute of Academia Sinica)에 연구팀을 구성하기도 하였다. 그는 1958년 순수수학에서 응용수학으로 눈을 돌린다. 그러면서 Wang Yuan과 함께 선형프로그래밍, operations research, 다차원 수치 적분 등의 다양한 분야로 관심을 넓혀갔다. 이와 관련하여 Monte Carlo method와 균일분포 등의 연구로 대수정수론의 아이디어를 활용한 alternative deterministic method를 개발한다. 이 연구로 1978년 《Applications of Number Theory to Numerical Analysis》를 완성시켜, 1981년 Springer에서 영문판으로 출판하였다.

사실 화뤄경의 수학의 응용에 대한 관심은 1960년대부터 시작되었다. 그는 그의 제자들과 함께 중국 전역을 돌며 공장에서의 작업 현장과 일상 생활의 다양한 문제 해결에 수학을 적용하는 다양한 방법을 직장인들에게 알려주었다. 공장과 공개석상에서 즉석에 문제를 해결해 보임으로써 수학의 정신을 청중들에게 감화시켰고, 그렇게 하면서 그는 국가적 영웅이 되었다. 그는 심지어 마오쩌둥(毛泽东)으로부터 편지를 받기도 했는데, 이 편지가 불안정한 당시에 그를 보호해주는 수단이 되었다 [17]. 또 문화혁명 시기에 화뤄경은 가택연금이나 다름없는 시간을 보냈지만 저우언라이(周恩来)의 개인적 보호하에 안전할 수 있었다고 한다 [2].

화뤄경은 지도력이 있었고 성품도 다정다감하였다. 특히 상황을 간파할 수 있는 훌륭한 능력을 지녔다. 그의 전국 순회는 그에게 명성을 주기도 했지만, 중국 내에 수학을 대중화시켰다.

중국의 문화혁명³⁰⁾을 거치면서 화뤄경은 서양수학의 연구를 재개하였다. 1980년 화뤄경은 중국에 서양문물을 전래할 문화대사가 되어 5년여 동안 유럽과 미국, 일본 등지를 여행하였다. 1979년에는 영국 버밍엄대학³¹⁾에 방문 연구원으로 가있었고, 1983-4년에는 미국 칼텍³²⁾에서 특임학자로 있었다. 그는 1985년 6월 12일 일본 도쿄에서 강연을 하던 중에 심장마비로 숨을 거두었다.

화뤄경은 정식 학위는 없지만, 1980년 프랑스 낭시대학에서, 1983년에는 홍콩대학으로부터, 1984년에는 일리노이대학으로부터 각각 명예박사학위를 받았다. 그는 미국 학술원의 외국인 위원(1982년)이기도 하고 독일 학술원 회원(1983년)이기도 하며, 제3세계 등의 학술원 회원이기도 하다 [2].

30) 중국 문화대혁명(文化大革命)은 1966년 5월부터 1976년 12월까지 중화인민공화국에서 벌어졌던 사회적, 문화적, 정치적 변혁을 꾀한 사회 소요 사태. https://ko.wikipedia.org/wiki/문화_대혁명 참조.

31) University of Birmingham

32) California Institute of Technology

2.2 화뤄경의 학문적 업적

사람들은 중국의 현대 수학 발전의 근원은 화뤄경에 있다고 평가한다 [3, 7].³³⁾ 최근 중국인 학자들의 과학과 수학 분야에서의 학문적 성과³⁴⁾와 중국에서 수학이 사회적 존경을 받는 문화적 현상에 대하여 화뤄경의 학자와 교육자로서의 리더십을 하나의 근거로 든다 [2].

비록 프랑스 낭시대학에서 명예박사학위를 수여하기 전까지 아무런 학위도 갖고 있지 않던 그가 저명 학술지에 150여 편의 논문을 발표하고 9권의 저술³⁵⁾을 남겼음에 그의 학문적 천재성을 엿볼 수 있다 [7]. 특히 그의 학문적 성취가 놀라운 점은 정수론에서의 업적뿐만 아니라 다변수 복소해석학, 편미분방정식, 수치해석 등을 포함한 폭넓고 다양한 수학 분야에서의 연구 업적을 남겼기 때문이라고 평가한다 [2, 7]. 화뤄경의 수학 저술에 관한 통계는 세계 최대의 도서관 카탈로그 WorldCat에서도 확인해볼 수 있다. WorldCat에 따르면, 2018년 9월 검색 당시, 화뤄경의 논문으로 170여 편 이상과 10권의 저술이 있는 것으로 소개된다. 화뤄경 관련 논문은 672개 관련 자료가 있었고, 계속 증가하는 추세를 보인다.³⁶⁾

화뤄경은 정수론 학자였다 [7]. 다방면에서 연구 결과를 내었지만³⁷⁾ 그의 연구의 중심은 Waring 문제였다. 이는 Waring³⁸⁾이 1770년에 제시한 문제로, 양의 정수 $k \geq 2$ 에 대하여 모든 양의 정수 N 을 $s = s(k)$ 개의 음이 아닌 정수 x_i ($i = 1, \dots, s$)의 k 제곱수의 합

$$N = x_1^k + x_2^k + \dots + x_s^k$$

로 나타낼 수 있다는 추측을 말하는데, 그 해에 Lagrange가 $s(2) = 4$ 라는 부분해를 발표한다. 그 후 별다른 진전이 없다가 1909년에 Hilbert가 증명을 제시하며 완전히 해결한다. 그러나 Hilbert는 복잡한 항등식과 받아들일 수는 있지만 값이 상당히 큰 값의 $s(k)$ 를 사용한다.

33) Lin도 그의 발표 [8]에서 화뤄경이 중국의 현대수학의 근간이 되었다고 하였다: “华罗庚造就了中国的数学, Hua Loo-Keng shapes the Chinese Math.” [8]

34) 질주하는 중국과학, 논문 생산 미국 앞섰다, 조선일보. http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2018/09/14/2018091400228.html

35) 인터넷에서 검색된 화뤄경의 9권의 저술을 연도순으로 나열하면 다음과 같다. (1) L. K. Hua, Harmonic Analysis of Functions of Several Complex Variables in the Classical Domains, Translations of Mathematical Monographs, AMS, 1963. (2) L. K. Hua, Additive Theory of Prime Numbers, Translations of Mathematical Monographs, AMS, 1965. (3) L.-K. Hua, Starting with the Unit Circle: Background to Higher Analysis, Springer, 1981. (4) Hua Loo Keng, Wang Yuan, Applications of Number Theory to Numerical Analysis, Springer-Verlag, 1981. (5) Hua Loo Keng, Introduction to Number Theory, Springer-Verlag, 1982. (6) Loo-Keng Hua, Selected Papers, Springer Collected Works in Mathematics, Springer, 1983. (7) Lo-keng Hua, Second-Order Systems of Partial Differential Equations in the Plane, Pitman, 1985. (8) Hua Loo-Keng, Wang Yuan, Popularizing mathematical methods in the People's Republic of China, Birkhauser, 1989. (9) Hua Loo-Keng, An Introduction to Higher Mathematics, Cambridge University Press, 2012.

36) 화뤄경의 학문적 업적 관련 수치는 다소 불확실하다. 본 글에서도 상이한 수치를 적시하였는데, 논문마다 다른 수치를 들고 있기 때문이다. 예를 들어, [13]은 화뤄경이 10권 이상의 저술과 200편 이상의 논문을 쓴 것으로 기술하고 있다.

37) Armand Borel에 따르면, Weyl은 새로운 분야를 접하고 몇 달이 지나면 새로운 결과를 낸다고 평가하였다. 그런데 화뤄경도 그러했다고 한다 [12]. 특히 Weyl이 시라큐스대학의 Cairns에게 보낸 편지에서 “Hua works at enormous speed and is prolific writer.”라고 평가하였다 [12].

38) Edward Waring (1736–1798), 영국 수학자. https://en.wikipedia.org/wiki/Edward_Waring

Hilbert의 방법을 개선한 것이 「원 방법」인데, 1918년 Hardy와 Ramanujan이 연구한 Fourier 해석학을 이용한 $s(2)$ 값을 구하는 방법을 일반화하여 1920년 Hardy와 Littlewood가 Goldbach 문제를 포함하여 Hilbert-Waring 문제의 일반적인 $k \geq 2$ 의 경우에 적용한 방법이다. 이를 Vinogradov가 개선한 방식³⁹⁾으로 간단히 설명하자면, $R_s^k(N)$ 을 자연수 N 을 s 개의 음이 아닌 정수의 k 제곱수의 합으로 나타낼 수 있는 방법의 수라고 할 때, 유한급수

$$T(\alpha) = \sum_{x=0}^{\lfloor N^{1/k} \rfloor} e^{2\pi i \alpha x^k}$$

를 생각하면

$$R_s^k(N) = \int_0^1 T(\alpha)^s e^{-2\pi i N \alpha} d\alpha$$

가 되어, $R_s^k(N) > 0$ 임을 보임으로써 Hilbert-Waring 문제를 해결하는 방법이다.

이러한 Hilbert-Waring 문제에서의 s 값으로 수용 가능한 가장 작은 값을 $G(k)$ 라고 했을 때, Hardy와 Littlewood는 Hermann Weyl이 1916년에 개발한 수열의 균등분포와 관련한 방법을 사용하여

$$G(k) \leq k2^{k-1} + 1$$

임을 보일 수 있었다. 그런데 화뤄경은 Hua's Lemma로 알려진, $|T(\alpha)| \leq \lfloor N^{1/k} \rfloor$ 이므로, 임의의 $\epsilon > 0$ 과 $1 < j < k$ 에 대하여

$$\int_0^1 |T(\alpha)|^{2j} d\alpha = O_\epsilon(P^{2j-j+\epsilon}) \quad (\text{단, } P = \lfloor N^{\frac{1}{k}} \rfloor)$$

가 된다는 사실을 이용하여 어려운 계산을 거쳐 $G(k) \leq 2^k + 1$ 임을 보일 수 있었다 [3]. 이러한 계산 과정에 대한 보다 상세한 설명은 [2]를 참조한다.

화뤄경은 1935-6년에 걸친 영국 캠브리지대학에서 머무는 동안 연구원 Harold Davenport⁴⁰⁾와 Hans Heilbronn⁴¹⁾와 교류하며 Waring 문제 등을 연구하여 10여 편의 논문을 London수학회에 제출할 수 있었다 [3].

화뤄경은 평균값 정리의 하나로 삼각함수의 합을 찾는 Vinogradov 방법의 개발로 Vinogradov의 초청을 받아 러시아를 방문하였고, 그 기간에 additive prime number theory 관련 저서를 러시아어로 출판할 수 있었다 [2]. 화뤄경은 소련에서 체류하는 동안 과학 활동의 중요성을 배웠고, 그것은 그가 수학 연구 및 대중화 등의 활동으로 새로운 중국의 건설에 기여하고자 하는 동기가 되었다.

1945년 쿤밍에서의 체류 기간⁴²⁾을 끝내며 화뤄경은 대수학과 해석학을 연구하였고, 당시

39) Vinogradov's mean value theorem: Hilbert-Waring 문제와 Riemann 제타함수의 중요 연구 수단 중 하나.
https://en.wikipedia.org/wiki/Vinogradov's_mean_value_theorem

40) 당시 트리니티칼리지의 Littlewood의 제자

41) 당시 괴팅겐의 Landau의 연구조교

42) 화뤄경의 쿤밍(1938-1945)에서의 geometry of matrices를 포함한 연구 활동 내용은 [12]에서 확인할 수 있다.

C. L. Siegel이 연구하던 행렬론에 관한 연구를 독자적으로 수행하였다.⁴³⁾ 결국 그는 1946년에 미국에 가게 되어 대수학을 연구하며 skew field에 관한 연구 결과를 내었는데, skew field 위에 정의된 semi-automorphism의 구분 정리였다. 더 나아가 H. Cartan이 증명하였던 정리를 간결한 증명으로 다시 증명하여 Cartan-Brauer-Hua 정리를 완성하였다. 그는 H. S. Vandiver와 I. Reiner 등과의 연구 결과로 1963년에 그의 제자 Wan Zie Xian과 함께 상하이에서 《Classical Groups》를 저술한다. 화뤄징은 1948년 일리노이대학 교수가 되어 R. Ayoub을 지도하고 펜실베니아주립대학에서 I. Reiner와 공동연구를 하는 한편 L. Schoenfeld, J. Mitchell 등을 지도한다. 그러다가 1950년 중국으로 돌아가 연구뿐만 아니라 교육에 헌신하게 된다.

화뤄징은 수학의 여러 분야의 다양한 문제를 다루다가도 결국 Waring 문제에 대한 연구로 돌아왔는데, 그의 직관과 테크닉은 20세기 전반에 정수론의 중요 계산 수단이 되기도 했다 [3]. 그는, 그의 이름이 붙은 많은 항등식, 부등식, 정리 등으로부터도 알 수 있듯이 [17], 다양한 수학 분야에 걸쳐 나타나는 그의 학문적 업적에 더불어 중국의 현대수학의 정립뿐만 아니라 중국의 과학 문화를 형성케한 20세기 수학계를 풍미했던 위대한 천재 수학자였다.⁴⁴⁾

2.3 화뤄징에 의한 중국에서의 수학대중화

화뤄징은 그의 삶의 마지막 20여년을 수학의 대중화에 헌신하였다. 서론에서 언급한 학술 대회에서 Lin [8]은 화뤄징에 관한 그의 발표 내용을 3개의 질문으로 요약하고 그에 대해 답하였다. 첫째, 화뤄징이 어떻게 위대한 수학자로 성장하였을까, 둘째, 화뤄징의 중요한 업적은 무엇일까, 그리고 셋째로 화뤄징이 왜 수학의 대중화에 헌신하였는가라는 질문을 하였고, 이들 질문에 대한 답으로 그는, 첫 질문에 대해서는 화뤄징의 근면성과 칭화대학에서의 학문적 함양, 그리고 Weyl의 격려를, 둘째 질문에 대해서는 S. T. Yau(丘成桐)의 평을 따라 조화해석학에서의 업적을 꼽았고, 마지막으로 화뤄징이 수학대중화에 헌신한 이유로는 마오쩌둥의 권유를 제시했다.

마오쩌둥은 1966년부터 10년간 지속되었던 문화대혁명을 주도한 인물이지만 과학의 발전이 국가의 사회적, 정치적 발전의 주요 문제라고 인식하고 있었다 [13].⁴⁵⁾ 중국은 1950년대부터 소외된 수학 분야와 약점 등을 보완, 발전시키기 위하여 국가적 노력을 기울였다 [14]. 화뤄징이 미국 고등연구소에 가게 되었을 때 화뤄징의 ‘왜 자신이 거기에 가야 하는가’라는 물음에 그의 선생은 ‘국가를 위하여’라는 답을 했다고 한다 [8].⁴⁶⁾ 근현대 시기의 중국은 많은

43) 당시, 화뤄징은 고등과학원의 초청을 받았지만 거부하였는데, Siegel과 독립적으로 연구를 수행하기 위함이었다고 한다 [3].

44) 수학계의 수학자로서의 그에 대한 평가는 [12]에서도 엿볼 수 있다.

45) 중국의 원자폭탄의 개발도 한 예가 될 수 있다. 중국 원자폭탄 개발 비화 <https://inpyohong.khan.kr/100> 참조.

46) 화뤄징이 Weyl에게 보낸 편지에서도 그의 애국심을 볼 수 있다. 그가 1943년 Weyl에게 보낸 편지에 자신이

학자들에게 국가를 위한 학문 연구를 진작시킴에 노력하였다.⁴⁷⁾ 한 예로 중국의 우주개발의 대부분을 여겨지는 첸쉐썬(錢學森, 1911–2009)과 관련된 일화⁴⁸⁾를 들 수 있다. 사실 자료를 약간만 찾아봐도 당시에 조국(중국)을 위하여 헌신한 많은 중국 과학자와 학자들이 있었음도 알 수 있다.⁴⁹⁾

화뤄경 역시 조국을 위하여 헌신한 학자 중 한 사람이었다. 그는 특히 중국에서의 「수학대중화」를 이끌어낸 사람이었다 [4, 5, 13]. 화뤄경은 1950년 일리노이대학 재직 중에 중국으로 돌아오던 때가 학자로서 자신의 황금기였으나 조국의 부름을 받아 주저하지 않고 귀국하였음을 회상하였다 [2]. 중국에 돌아와서는 Chen Jing-run, Pan Chen-dong, Wang Yuan (정수론), Wan Zhi Xian (대수학), Kung Sheng, Lu Qi Keng (해석학) 등의 제자를 키웠고, 자신의 제자들과 전국 각지를 돌며 일터에서 공개석상에서 직장과 일상생활에서 제기되는 문제들을 이전에 없던 방식으로 수학을 사용하여 해결할 수 있음을 보여주며 중국 내 수학대중화의 문화를 이끌어냈다 [2].

대중화에는 최근 대두되는 「군중(crowd)」의 개념이 요구된다. A. McAfee와 E. Brynjolfson은 Linux와 Wikipedia의 개발 과정의 사례를 들어 어떤 문제에 대한 군중의 반응이라는 「현상」 자체에 주목하며 그것을 「문화」의 의미로 이해하였다 [10]. 이때 문화란 한 사회의 역사적 의미를 가진 삶의 궤적으로 이해한다 [11]. 다시 말해, 한 사회의 문화란 사회 구성원인 군중 또는 대중의 호응을 받는 사회적 흐름, 즉, 군중 또는 대중의 삶을 의미한다.

화뤄경도 군중의 집단지성의 개발을 위한 철학을 가지고 있었다. 그는 수학의 대중화를 위하여 「누구에게(to whom?) 또는 어떤 목적에(for what purpose?)」, 「어떤 방법으로(which technique?)」, 「어떻게 대중화할(how to popularize?)」 것인지를 항상 스스로 질문하였다고 하는데 [4, 5], 그는 이를 수학대중화를 위한 「3개 원리」라고 칭하였다고 한다 [13]. 그렇게 함으로써 사람들이 겪는 문제들을 그들이 해결할 수 있는 방법으로 그들에게 수학이 활용될 수 있음을 인식시킴으로써 수학대중화라는 문화를 이끌어내었던 것이다.

화뤄경은 수학의 대중화를 위하여 상당한 노력을 경주하였다. 특히 화뤄경은 작업 현장과 실생활 문제 해결에 수준 높은 창의성을 발휘함으로써 수학자들 간에 보편적으로 받아들여 지던 ‘순수수학이 상당 수준의 지적 창의성을 요구하는 반면, 응용수학은 수준이 다소 낮다’라는 편견을 불식시켰다고 한다 [13]. 실제로 그는 중국 문화혁명 시기였던 1966년부터 1970년 사이에 중국 전역을 순회하며 수학대중화를 이끌어내었다 [7]. 그는 제자들과 함께 20여

IAS에 가고자 함은 개인적 사유보다는 애국심의 발로였음을 밝히고 있다 [12].

47) 사진과 함께 하는 김명호의 중국 근현대 <523>. <https://news.joins.com/article/21430021>

48) 13억 중국인의 가슴에 별이 된 첸쉐썬 1, 2, 3, 홍인표의 권부비화, 동아일보 중국의 창. <http://china.donga.com/List/3/all/43/771134/1>

49) “1950년을 전후하여 리쓰광(李四光), 화뤄경(華羅庚), 예두정(葉篤正), 청카이자(程開甲), 세시더(謝希德), 자오중야오(趙忠堯), 왕간창(王淦昌) 등 많은 과학자와 학자들은 해외에서의 좋은 조건을 포기하고 결연히 조국으로 돌아와 건설에 참여했다.” [1]

개의 성(省)의 수백개의 도시를 포함하여 거의 전국을 순회하며 강연을 하였고, 수 백만명의 직장인들과 전문인들이 강연에 참석하였다고 하며 하나의 성(省)의 방문에서 대략 만 개의 문제를 풀었다고 한다 [13].

사람들은 화뤄경의 천재성의 이유로 그의 근면성을 든다 [2, 12, 13].⁵⁰⁾ Lin [8]도 화뤄경이 위대한 수학자로 자리매김한 이유를 「총명함은 근면함으로부터 나오고, 근면함이 쌓여 천재가 나온다.」⁵¹⁾는 화뤄경의 말을 인용하여 답하였다. 이는 또한 학습에 있어서의 학습자 자신의 사고활동을 강조하였던 [13] 화뤄경의 교육철학의 단면을 보여주기도 한다. 그는 교육은 단계적 과정이며 창의적 사고를 저해하는 반복학습이 되어서는 안된다고도 했다.

이러한 교육철학은 화뤄경이 주도하였던 수학대중화 활동에도 그대로 적용되었다. 화뤄경이 전국 순회를 하며 다루었던 문제의 해결에 있어 두 개의 내용적 전략을 두고 있었는데, 「최적선택법(Optimum Seeking Methods)」과 「종합계획법(Overall Planning Methods)」이 그것이었다 [4, 5, 13]. 화뤄경 팀은 사람들이 실생활과 작업장에서 접하게 되는 문제를 다루며 수학 계산과 증명을 통하여 해법을 제시한다. 하지만 사람들에게 수학 내용을 학습시키기보다는 수학의 활용으로 문제를 해결할 수 있음을 보이고, 그 내용을 일상 언어로 해설하여 생활과 작업에 활용할 수 있도록 유도하였다. 이러한 수학대중화 활동을 통하여 화뤄경은 국가적 영웅이 되었지만 중국에는 수학에 대한 인식과 가치를 인식하는 사회적 문화가 또한 형성되었던 것이다.

이러한 수학대중화 활동의 의미를 경제적 방법에 의한 효과적 성과를 중시하는 사회주의적 판단에 의한 평가도 있지만 [13], 화뤄경의 수학대중화 활동이 수학문화를 이끌어내었다는 문화적 관점에서의 평가도 가능하다고 판단된다.

3 결론

중국이 최근 과학기술 강국으로 부상하고 있다는 기사가 자주 보도되고 있다. 데이터과학, 특히 인공지능과 관련된 분야에서의 중국의 도약은 눈부시다. 심지어는 <MIT 테크놀로지 리뷰>에 실린 기사처럼 「중국 인공지능의 굴기」⁵²⁾가 세상에 회자되기도 한다. 또한 중국 학자에 의한 과학 논문 발표의 성장세가 미국을 뛰어넘고 있다고 한다.⁵³⁾ 어떻게 중국은 짧은 기간 동안에 최정상 과학기술 강국으로 부상할 수 있었을까? 이 질문에 대한 답으로, 중국 공산당의 역사를 면밀히 살펴봐야도 알 수 있지만 [1], 화뤄경이 일구어낸 중국에서의 「수학대중화」에

50) Chern은 화뤄경이 굉장히 근면한 사람이었는데, 한쪽 다리를 절었기 때문에 더욱 그러했다고 했다. [8]

51) 聰明在於勤奮, 天才在於積累. [8]

52) China's AI Awakening: 中國 人工智能 的崛起 <https://www.technologyreview.com/s/609038/chinas-ai-awakening/>

53) 질주하는 중국과학, 논문 생산 미국 앞섰다, 조선일보. http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2018/09/14/2018091400228.html

의한 중국의 수학 문화를 그 요인 중 하나로 지적하고 싶다.

화뤄경은 자신의 생애를 수학 연구에 몰입하였던 인물이다. 그는 또한 애국심과 이타심이 충만한 사람이었다. 영국 캠브리지대학에서 연구생활을 하다가도 국가가 위급하면 귀국하였고, 미국 일리노이대학에서 학자로서 황금기를 맞고 있을 때도 국가의 부름에 주저하지 않고 조국의 품으로 돌아왔다. 그는 국가의 발전에 과학의 발전이 필요함⁵⁴⁾을 인식하여 수학 연구 그리고 교육과 대중화에 자신의 삶을 던졌다.

애국심, 천재성과 근면성, 그리고 부드러운 성품은 화뤄경이 국가의 문화를 선도할 수 있었던 근본이다. 과학이 국가의 발전에 기여할 수 있다는 학자로서의 자긍심 또한 중국의 급성장한 과학 및 IT 기술 산업의 근간이 되었다 [13].

우리나라에서도 1970년대에는 과학자가 된다는 것이 애국하는 길이기도 했고 개인의 삶의 관점으로도 자부심과 자긍심을 가질 수 있는 일이었다. 그러나 현대화, 민주화의 물결 속에 개인과 부(富)가 강조되며 이러한 철학은 다소 퇴조한 듯하다.

우리나라가 발전을 유지하고 선진국으로 더욱 발돋움하기 위해서는 21세기 4차 산업혁명 시대를 선도할 문화 창출이 필요한 듯하다. 정치적 이슈가 사람들 간에 회자되거나 젊은이들이 연예계 소식에 매몰되는 문화보다는 새로운 가치를 창출할 수 있는 과학기술 문화가 대중화될 수 있는 사회적 분위기가 요구된다.

근현대 격변기의 중국을 살았던 수학자 화뤄경의 삶으로부터 학자로서의 삶, 애국자로서의 삶, 그리고 한 국가의 문화 창출을 볼 수 있었다. 한 사회에 좋은 문화의 창출이 그 사회의 발전에 핵심 요인이 될 수 있음을 볼 수 있었던 수학사의 한 예였다.

References

1. China Communist Research Center, *History of China's Communists*, 民族出版社, 中共党史出版社. 중국공산당중앙당사연구실 지음, 홍순도, 홍광훈 옮김, 중국공산당역사(상), 서교출판사, 2014. <https://books.google.co.kr/books?isbn=9791185889665>
2. Heini HALBERSTAM, Loo-keng Hua: Obituary, *Acta Arithmetica* LI(1988), 99–111. <http://matwbn.icm.edu.pl/ksiazki/aa/aa51/aa5121.pdf>
3. Heini HALBERSTAM, Loo-Keng Hua 1910–1985: A Biographical Memoir, *National Academy of Sciences*, National Academy Press, Washington D.C. 2002, 137–154. <http://www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/hua-loo-keng.pdf>
4. L. K. HUA, H. TONG, Some personal experiences in popularizing mathematical methods in the People's Republic of China, *Int. J. Math. Educ. Sci. Technol.* 13(4)(1982), 371–386.
5. HUA Loo-Keng, WANG Yuan, *Popularizing Mathematical Methods in the People's Republic of China: Some Personal Experiences*, Revised and Edited by J.G.C. Heijmans, Birkhauser,

54) “고대의 나라(중국)가 현대화하기 위해서는 과학이 필요합니다.” 화뤄경이 Weyl에게 보낸 편지 중에 [12].

1989. https://books.google.co.kr/books?id=OuXvBwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ko&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
6. Hua Loo-Keng Center for Mathematical Sciences. <http://hcms.amss.ac.cn>
 7. Gina Bari KOLATA, Hua Lo-Keng Shapes Chinese Math, *Science* 210(4468)(24 Oct 1980), 413–414. DOI:10.1126/science.210.4468.413
 8. LIN Kailiang(林开亮), The life and work of Loo Keng Hua: a bird eye's view, *The Fourth International Conference on History and Pedagogy of Modern Mathematics* (2017), 15–16,
 9. Dana MACKENZIE, *The Universe in Zero Words*, Translated by OH Chaewhan, REE Sangwook, LEE Jangju, *The Stories about Equations That Change the World*, SaRamEuiMuNui, 2014. 오채환, 이상욱, 이장주, 세상을 바꾼 방정식 이야기, 사람의무늬, 2004.
 10. Andrew McAfee, Eric Brynjolfsson, *Machine, Platform, Crowd: Harnessing the Digital Revolution*, translated by Lee Han Eum, CheongRim Publishing co., 2017. 이한음 옮김, 머신, 플랫폼, 크라우드, 청림출판, 2017.
 11. REE Sangwook, The Role and Meaning of Joseon Mathematics in the History of Asian Mathematics, *Journal for History of Mathematics* 31(4)(2018), 169–181. 이상욱, 동양수학사에 서의 조선수학의 역할과 의미, *Journal for History of Mathematics* 31(4)(2018), 169–181. <http://dx.doi.org/10.14477/jhm.2018.31.4.169>
 12. Jean W. RICHARD, Abdramane SERME, The Intellectual Journey of Hua Loo-keng from China to the Institute for Advanced Study: His Correspondence with Hermann Weyl, *Studies in Mathematical Sciences* 6(2)(2013), 71–82. DOI:10.3968/j.sms.1923845220130602.907
 13. C. SCHWEIGMAN, S. ZHANG, Mathematics to the Masses: the Teachings of the Chinese Mathematician Hua Loo-Keng. http://www.menet.umn.edu/~zhangs/Reports/1994_SZ.pdf
 14. WANG Tao(王涛), The Founding of Computational Mathematics in China, *The Fourth International Conference on History and Pedagogy of Modern Mathematics* (2017), 28,
 15. WEN Weipo, Shiing-Shen Chern and Loo-keng Hua, Nankai Story, 2014.11.28. <http://nankai.en.school.cucas.cn/en/article/detail?cid=96&pid=58&spid=57&detail=44>
 16. WIKIPEDIA, Shiing-Shen Chern. https://en.wikipedia.org/wiki/Shiing-Shen_Chern
 17. WIKIPEDIA, Hua Luogeng https://en.wikipedia.org/wiki/Hua_Luogeng
 18. WIKIPEDIA, Hua Luogeng. 위키백과, 화뤄경. <https://ko.wikipedia.org/wiki/화뤄경>
 19. WIKIPEDIA, Richard Palais. https://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Palais