

그레고리 역법개혁과 근대 과학교육에서 클라비우스의 공헌과 한계*

이 진 현**

〈국문초록〉

클라비우스(Christopher Clavius, 1538-1612)는 르네상스 후기 자연철학에서 근대과학으로 넘어가는 전환기에 로마대학(Collegio Romano)에서 수학과 천문학을 가르치며 『천구론 주해』와 『유클리드 원론』을 비롯한 여러 편의 과학교재를 저술한 저명한 예수회 과학교육자였다. 특별히 그는 그레고리 역법개혁(1582)에 결정적인 공헌을 했고 갈릴레오를 비롯한 당대 천문학자들과 서신 교환을 통해 평생 지적 교류를 이어갔다. 그는 16세기 중반에서 17세기 전반기 코페르니쿠스와 갈릴레오의 천문학 대발견에서 시작된 과학혁명의 문턱에 있었고, 이는 유럽문명 전반에 걸친 ‘패러다임 전환’으로 이어졌다. 클라비우스는 코페르니쿠스 체계에 기반한 라인홀트의 천문표(1551)를 그레고리력의 더 정밀한 윤년 규칙에 반영하고 갈릴레오의 새로운 망원경 천문관측(1609-1611) 결과를 일부 인정하면서도 태양중심설은 받아들이지 않았다. 하지만 갈릴레오 재판(1616, 1633)과 같은 격렬한 논쟁과 단죄는 클라비우스의 사후에 벌어진 일이라 그의 생애 기간 지동설은 신중한 검증이 필요한 가설 정도로 차분한 학적 토론의 소재였지 교회에 대한 심각한 도전으로 간주되지 않았다. 그는 평생 프톨레마이오스의 지구중심 행성계를 고수하며 아리스토텔레스 자연철학과 수학적 근대과학 사이에서 절충을 추구했다. 이 점에서 클라비우스는 과학혁명의 주도적 인물이라기보다 신중한 과학교육가로 평가받는다.

* 본고는 필자의 박사학위 논문 *The Journey of Astrolabium* (Gregorian University, 2018)의 후속 연구로 아스트롤라브 기기나 설명서보다 저자 클라비우스에 집중하여 시대적 맥락에서 비판적으로 고찰한 인물 연구임을 밝힌다.

** 서강대 신학대학원 조교수, jinhyonsj@gmail.com

주제어: 클라비우스, 프톨레마이오스, 코페르니쿠스, 갈릴레오, 로마대학, 그레고리력, 천구론

차례

1. 머리말	4 자연철학과 근대과학 사이 과도기적 인물
2 과학교재의 거장	4.1 수학교육 장려자
2.1 클라비우스의 저작들	4.2 과학혁명의 주도자보다 과학교육의 선구자
2.2 수학기호 표기법의 혁신	4.3 클라비우스와 갈릴레오
3. 그레고리 역법개혁의 핵심 인물	5. 맺음말: 코페르니쿠스와 갈릴레오 사이
3.1 대성당 해시계와 역법개혁	신중한 과학교육자 클라비우스
3.2 역법개혁과 코페르니쿠스 체계와의 관련성	

1. 머리말

클라비우스(Christopher Clavius, 1538-1612)는 독일 밤베르크 출신¹⁾ 예수회 사제로 1563년부터 세상을 떠날 때까지 50년 가까이 로마대학Collegio Romano에서 수학과 천문학을 가르친 저명한 과학자였다. 그는 코임브라 대학시절(1556-60) 철학과 수학을 공부하던 중 1560년 8월 21일에 처음으로 개기일식을 목격하면서 천문학에 대한 열정을 갖게 된다. 이 현상은 1570년에 출간된 그의 첫 번째 저서이자 이후 가장 유명한 천문서가 된 『사크로보스코 천구론²⁾ 주해 *In sphaeram Ionnis de Sacro Bosco commentarius*』에 기록되

1) 그가 저술한 모든 책 표지에는 ‘Christophori Clavii Bambergensi’가 표기돼 있다.
2) Johannes de Sacro Bosco (John of Holywood, 1195-1256), *De Sphaera mundi* (On the sphere of the Cosmos, 1230년 필사본, 1485년 첫 인쇄본): 사크로보스코의 천구론은 다양한 주해가 추가된 200개 이상의 판본으로 17세기까지 영향력이 컸는데 그중에서도 클라비우스의 『천구론 주해』가 원작을 뛰어넘는 천문서로 선포되었다.

어 있다.³⁾ 그는 과학서의 대가로 유클리드 원론, 실용 산술 및 기하학, 대수학, 구면삼각법 등의 수학서와, 해시계와 성반⁴⁾ 등 시간 측정과 천체 관측을 위한 기기 제작과 활용서, 그리고 당대 천문학의 특정 주제를 다룬 여러 편의 저서를 남겼다. 그는 교수 퇴임 후에도 책을 쓰고 서신을 주고받는 등 적극적인 지식인으로 활동했다.

클라비우스는 과학사의 과도기, 즉 르네상스 후기 중세적 자연철학에서 근대과학으로 넘어가는 전환기에 살았는데, 사실상 두 시대가 겹치는 시기였다. 그는 코페르니쿠스와 갈릴레오의 천문학 분야 대발견에서 시작된 과학혁명의 문턱에 있었고, 이는 그리스도교뿐만 아니라 유럽문명 전반에 걸친 패러다임 전환으로 이어졌다.⁵⁾ 클라비우스는 이러한 지적 도전에 직면하여 새로운 발견들을 일부 인정하면서도 아리스토텔레스 자연철학의 틀 안에서 프톨레마이오스의 지구중심 행성계를 평생 고수했다. 그는 최신 천문학을 신중하게 검토하면서 중심에 정지상태의 지구와 그 밖에 고체수정구 속 고정된 궤도를 도는 행성들의 천구론 체계를 재확인했다.

그에 대한 대표적인 해외 연구를 살펴보면, 먼저 르네상스 과학사가 라티스(James M. Lattis)의 『코페르니쿠스와 갈릴레오 사이: 크리스토프 클라비우스와 프톨레마이오스 우주론의 쇠퇴』(1994)는 중세 신학적 우주론과 근대 수학적 천문학 사이 전환기에 활동했던 예수회 천문학자 클라비우스를 본격적으로 소개하며 16세기 중반에서 17세기 초 갈릴레오 재판 직전까지 과학혁명 초기 역사를 상세히 설명한다. 다만 이 책에서 간략하게 언급된 예수회 『연학규정*Ratio Studiorum*』(1586-99)에 대해 본고는 그 지침을 정하는 과정에서 일어난 아리스토텔레스 자연철학과 수학적 근대과학 사이의 마찰을 조율하고자 했던 클라비우스의 노력을 살펴볼 것이다. 다음으

3) James M. Lattis, *Between Copernicus and Galileo: Christoph Clavius and the Collapse of Ptolemaic Cosmology* (1994) [이하 Lattis, *Clavius*] p.224. *Commentary on the Sphere of Sacro Bosco* [이하 『천구론』 또는 *Sphaera*].

4) Astrolabe: 그리스어 어원은 ‘별을 붙잡는 것’(star-taker), 별을 담은 접시(星盤), 평면 의기(平儀), 휴대용 관측기, 원반형 의기, 아스트롤라베나 아스트롤라브 등으로 표기하는데 여기서는 ‘성반’으로 통일한다.

5) Thomas Kuhn, 김명자·홍성욱 역, 『과학혁명의 구조』(까치글방, 2013), ebook.

로 르네상스 문화비평가 팬틴(Isabelle Pantin)은 라티스의 책에 대한 서평에서 “클라비우스를 재평가할 가치가 있는가?”라고 도전적인 질문을 던지며 그가 수학과 천문학 분야의 여러 책을 저술하여 근대초기 대학교육에 기여했지만, 중세 아리스토텔레스 자연철학과 프톨레마이오스 천문학의 틀을 뛰어넘지 못했고 갈릴레오나 뉴턴처럼 패러다임을 바꿀 만큼 근대과학에 큰 공헌을 한 것이 아니므로 혁신적인 과학자로 칭송받을 정도는 아니라고 주장한다.⁶⁾ 물론 과도한 클라비우스 영웅화는 지양해야겠지만, 팬틴은 그가 근대수학에 끼친 영향을 과소평가하고 있다. 클라비우스가 삼각함수와 소수점 등 새롭고 단순한 표기법으로 구면기하학과 해석기하학 발전에 기여한 점은 높이 평가받아 마땅하다.

본고는 초기 근대과학사에서 주요 인물로 거론되지만⁷⁾ 국내에는 단행본이나 논문은 물론 정식 백과사전에도 따로 소개된 적이 없는⁸⁾ 클라비우스에 대해 기존 연구를 고려하며 비판적으로 고찰하고자 한다. 주요 논지로 클라비우스가 당대에 교재로 널리 활용된 여러 편의 수학과 천문학 서적을 저술하고 직접 가르치면서 근대 과학교육 및 수학기호 혁신을 이끌었고 1582년 그레고리 역법개혁의 핵심 인물이지만 과학혁명 패러다임의 주도자라기보다 전통과 혁신 사이의 신중한 조정자였음을 밝힐 것이다.

6) Isabelle Pantin, “Is Clavius worth reappraising? The impact of a Jesuit mathematical teacher on the eve of the astronomical revolution,” *Studies in History and Philosophy of Science*, vol.27, no.4 (1996), Essay Review: pp.593-8.

7) 달에서 두 번째로 큰 분화구가 ‘Clavius crater’로 불릴 만큼 천문학계에서 클라비우스는 중요한 인물이다.

8) 인터넷에서 한글 ‘클라비우스’로 검색하면 다른 정보가 첫 화면에 나열되고 ‘예수회 클라비우스’로 검색하면 백과사전 지식을 보여주는데 기계번역이어서 단어와 문장이 어색하다. 가톨릭대사전에도 항목이 없다.

2. 과학교재의 거장

2.1 클라비우스의 저작들

예수회 대학이 고급지식을 제공하기 위해서는 전문교재가 필요했는데,⁹⁾ 예수회원들의 저작은 근대 고등교육 확산의 주요 수단이었다. 클라비우스는 이 과업의 핵심 인물로 그의 수학과 천문학 활동은 늘 교육에 우선순위를 두었다. 그리하여 그는 이 분야 교재를 저술하고 로마대학에서 직접 가르치며 교사와 선교사로 파견될 예수회원들을 양성시켰다. 1586년 예수회로부터 수학서 간행을 의뢰받았을 때 클라비우스는 유클리드 기하학과 프톨레마이오스 천문학의 권위자로서 이미 여러 편을 저술한 교과서의 대가이자 후배 예수회원들과 학생들에게 모범적인 교사로 존경받고 있었다. 그는 1570년부터 1612년까지 산술·대수·평면/구면기하학·행성운동·역법·해시계·성반·원근법·화성론 등 수학·천문학·음악 분야에서 23편의 방대한 저서를 출간했다.¹⁰⁾

천문: [사크로보스코 친구론주해] *In Sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius* (*Sphaera*, 1570-1611), [테오도시우스 친구론 주해 3권] *Theodosii Tripolitae Sphaericorum Libri III* (1586).

수학: [유클리드 원론 15권] *Euclidis Elementorum Libri XV* (1574), [실용 산술] *Epitome Arithmeticae practica* (1583), [실용 기하학] *Geometria practica* (1604), 대수학 *Algebra* (1609).

9) 예수회 서적 출판과 유통, 특히 클라비우스의 공헌에 대해서는 Martha Baldwin, "Pious Ambition: Natural Philosophy and the Jesuit Quest for the Patronage of Printed Books in the 17th Century," in *Jesuit Science and the Republic of Letters* (MIT Press, 2003), pp.285-329 참조.

10) 산술·기하학·대수학 12권, 유클리드 원론 및 사크로보스코와 테오도시우스 친구론 주해 3권, 그레고리 개력 관련서 6권. Agustín Udías, *Jesuit Contribution to Science* (2015), pp.5-6. 한글 제목은 필자 번역

기]: [해시계학 8권] *Gnomonices Libri Octo* (1581), [시계 제작 및 사용 설명서] *Fabrica et usus instrumenti ad horologiorum descriptionem peropportuni* (1586), *Horologiorum nova descriptio* [시계에 대한 새로운 설명], 1599), [성반서] *Astrolabium* (1593), [원호측정기 논박] *Refutatio cyclometriae Iosephi Scaligeri* (1609).

역법: [새 로마력 해명] *Novi calendarii Romani apologia* (1595), [그레고리 13세 로마력 해설] *Romani calendarii a Gregorio XIII PM. restituti explicatio* (1603)

종합: [수학전집] *Opera mathematica*, 5 vols. (1611-12), [클라비우스 서한집 비평본] *Clavius Correspondenza Edizione critica*, 7 vols. (1992 ed.)

과학사가 말하니Ugo Baldini가 밝힌 바에 따르면 1630년까지 클라비우스의 수학·천문서는 예수회 학교뿐만 아니라 거의 모든 대학의 교재로 활용되었다.¹¹⁾ 그는 『유클리드 원론』 서문에서 자연을 이해하는 데 수학이 중요하다고 강조한다. 거의 한 세기가량 양성과정 예수회원들과 예수회 대학 학생들은 코페르니쿠스·갈릴레오·케플러의 저작보다 클라비우스의 책으로 수학과 천문학을 학습했다. 예수회 학교가 천문학 혁명에 익숙해지기까지는 또 다른 한 세기가 걸렸다.

클라비우스는 『천구론Sphaera』 초판(1570)에서 성경의 문자적 해석에 반하는 것을 피하면서 불변의 고체 수정crystal 천구의 중심에 움직이지 않는 지구가 있다는 전통적인 아리스토텔레스-프톨레마이오스의 모델을 고수했다. 그러나 이후 개정판에서 클라비우스는 조금씩 천문학의 최근 발견들을 소개했고, 1581년 판에서는 비록 클라비우스가 태양 중심설을 받아들이지는 않았지만 코페르니쿠스의 일부 주장을 인정하기도 했다. 클라비우스는 관측·계산·표의 원천으로서 코페르니쿠스 모델의 단순한 유용성을 인정했지만, 프톨레마이오스 모델이 더 정밀하다고 판단했다. 『천구론』 마지막 개정판(1611)에서 클라비우스는 갈릴레오의 망원경 발견(1609-1610),

11) Ugo Baldini, "The Academy of Mathematics," *Jesuit Science and the Republic of Letters* (2003), pp.47-98.

1570·1600·1604년의 신성, 1577년의 혜성을 언급한다.¹²⁾ 이 모든 것은 아리스토텔레스 우주의 불변성과 달리 천체의 가변성을 시사했다. 더욱이 금성의 위상변화와 목성의 위성들은 모든 천체가 지구 주위를 공전하는 것은 아니라는 것을 보여주었다. 그러나 이러한 관측 결과에도 불구하고 클라비우스의 견해는 천체의 궤도는 다듬어질 필요가 있지만 바뀔 수는 없다는 것이었다.

클라비우스는 당시 가장 앞선 기하학 지식을 바탕으로 성반·사분의·해시계 등의 기기 제작과 사용법에 관한 여러 저술을 남겼다. 『성반서』와 『천구론』같은 그의 역작들은 전통 천문학에 대한 가장 최신의 수학적 설명을 제시했다. 클라비우스의 고향 밤베르크는 수학서 출판과 천문기구 제작의 중심지였기 때문에 어린 시절부터 그는 지적 환경의 혜택을 누렸다. 그는 이러한 좋은 배경의 영향을 받아 수학적 천문학과 구면기하학에 관한 여러 교재를 집필하고, 시간을 계산하고 별의 위치를 측정하는 해시계와 성반astrolabe 등의 기기 제작과 활용법 설명서를 쓰는 데 몰두할 수 있었다. 이 책들은 우선 예수회 대학에서 수학·천문학 이론과 실습 교재로 활용되었고 학교 밖에서도 인기를 끌었다. 클라비우스는 먼저 여러 편의 *Horologiorum*으로 예수회원 학생들에게 해시계의 제작과 사용법을 가르친 다음, 좀 더 고급과정에서 천체를 관측하고 지상 물체를 측정하기 위한 다목적 휴대용 성반 설명서 *Astrolabium* (1593)으로 관측천문학의 실용적인 지식을 알려주었다. 이 책은 입체를 평면에 투사하는 사영기하학 중 천구의 극사투영(stereographic projection), 곧 구체를 원으로 변환하는 기하학적 방법을 알려준다.

천문기기 제작과 사용법을 배우는 것은 예수회 양성과정의 필수과목이었다. 예를 들어, 1572년부터 1577년까지 로마에서 클라비우스의 지도 아래 수학을 공부한 마테오 리치는 성반·해시계·기계식 시계 등 다양한 관측기기를 만들고 사용하는 방법을 배웠는데, 이러한 실용적인 학습은 행성계·광학·원근법·전력계 계산과 같은 이론과정을 보완하는 역할을 했다. 리치가 배운 로마대학 교과과정에 따르면, 성반 학습은 매우 중요해서 2학년

12) Ibid., pp.55-57.

때 2개월간 이 기기의 원리와 사용법을 익혔고, 중급과 고급 과정에서는 학년 구분 없이 습득했다.¹³⁾ 1581년 클라비우스는 「수학지침」에서 예수회 교사와 학생들에게 성반의 원리와 활용법을 학습할 것을 공식적으로 권고했다.¹⁴⁾ 그의 성반 강의록을 정리하여 출판한 『성반서』는 예수회 대학에서 수학·천문학 과정의 필독서였으며, 특히 클라비우스가 이끄는 로마대학 수학 아카데미의 우수한 예수회원들을 위한 고급과정의 필독서였다. 『성반서』가 출판되자마자 수많은 당대 천문학자와 고위층, 그리고 예수회원들이 이 책을 보내달라고 요청했다. 실제로 클라비우스 서한집에는 이 책을 비롯해 그의 수학서와 천문서 요청으로 가득 차 있다.¹⁵⁾

2.2 수학기호 표기법의 혁신

클라비우스는 우주 전체를 기하학의 구현으로 보고, 그 포괄적인 관점에서 이론과 실재를 결합하여 모든 자연현상을 설명할 수 있다고 확신했다. 『유클리드 원론』에서 그는 기하학적 증명에 수리적 해법을 추가했으며, 이는 『성반서』(1597), 『실용기하학』(1604), 『대수학』(1608)에서 더욱 정교하게 전개되었다. 이 책들은 분수, 소수점, 미지수 x , 대수식의 괄호, 제곱근 $\sqrt{\quad}$ 등 오늘날 표준표기법이 된 수학기호의 혁신을 이끌었다.¹⁶⁾

클라비우스는 『성반서』의 ‘사인표’ *tabula sinuum*에서 처음으로 정수와 소수를 점으로 구분했다고 알려졌는데, 그 덕분에 천문학과 구면기하학의 번거로운 계산을 크게 줄일 수 있었다. 소수와 분수 기호는 클라비우스와 동시대 수학자 Simon Stevin (1548-1620)와 Burgi (1552-1632)도 제안했고 John Napier (1550-1612)가 현재 표기법으로 대중화시켰다.¹⁷⁾ 클라비우스의 사인

13) Ugo Baldini, “Matteo Ricci nel Collegio Romano”, *AHSI* (2014), pp.150-1.

14) “Ordo servandus in addiscendis disciplinis mathematicis” (1581), *Monumenta Pædagogica Societatis Iesu*, t. VII (n. 42), p.112.

15) See Ugo Baldini ed. *Christoph Clavius Correspondenz*, vol. I-VII (1992).

16) F. Cajori, *A History of Mathematical Notations* (Dover, 1993, ebook 2012), Fig. 66.

17) Clavius, *Astrolabium* (1593), p.198; *Tabulae sinuum, tangentium et secantium* (1607)에 따로 표로만 구성, 참고 arindamboshome.files.wordpress.com/2014/04/decimal.png

표 수치는 소수점 일곱 자리까지 천만분의 일의 정밀도를 보여준다. 그는 당시 다른 표들과 달리 오류를 피하기 위해 매우 세심하게 주의를 기울였는데 호의 두 각도를 보간(interpolation 補間, 內插)하여 수초 단위까지 정확한 값을 구하는 법을 제시했다. 『성반서』는 또한 삼각법의 곱셈과 나눗셈을 단순화한 prostaphaeresis라고 부르는 행성운동의 방정식을 제공한다.¹⁸⁾ 그리하여 사인·탄젠트·시컨트 계산 문제는 번거로운 숫자의 곱셈과 나눗셈 없이 더하기와 빼기만으로 해결할 수 있다.¹⁹⁾ 16세기 말과 17세기 초, 로그의 선구자였던 prostaphaeresis은 삼각법 공식을 사용하여 근사값을 구하는 데 사용된 알고리즘이었다.

흥미롭게도 『성반서』는 천동설 체계에 기반한 마지막 중세식 천문기기 설명서이자 근대 천문학의 수학적 표기법을 사용한 최초의 시도이다. 물론 클라비우스만이 새로운 표기법을 창안한 것은 아니지만, 그는 예수회 대학을 중심으로 널리 보급된 자신의 수학서와 천문서를 통해 16세기와 17세기에 새로운 수학기호를 확산시킨 주역이었다. 그는 자신의 저술에서 소수점이 일반화되기 약 20년 전 소수점을 최초로 사용했고, 괄호를 사용하여 항을 묶었으며, 이탈리아에서 덧셈과 뺄셈 기호 +와 -를 최초로 사용한 사람 중 한 명이다.²⁰⁾ 이 정교화된 기호들은 해석기하학의 토대를 다졌고, 이후 데카르트 좌표계와 뉴턴·라이프니츠 미적분을 거치며 혁신적으로 발전했다.

이처럼 천문·수학 분야의 교육과 저술에서 다져진 클라비우스의 학적 신뢰와 명성은 그레고리 역법개혁을 주도하는 역할로 이어지는데, 특히 개력설명서에 나타난 단순하면서도 정확한 그의 수학기호 표기법은 훨씬 정밀해진 천문값 계산으로 윤년 오차를 최소화시키는데 크게 활용되었다.

18) Prostaphaeresis는 그리스어로 ‘합과 차를 뜻하며 삼각함수 덧셈정리로 사인·코사인의 곱을 합과 차로, 또 그 역으로 고치는 공식이다. Brian Borchers, “Prostaphaeresis,” *Journal of the Oughtred Society* 14 (2005), p.3

19) Clavius, *Astrubulum*, p.178 [인용문 필자 번역]: “Quaestiones omnes, quae per sinus, tangentes, atque secantes absolvi solent per solam prostaphaeresim, id est, per solam additionem, subtractionemque sine laboriosa numerorum multiplicatione, divisioneque expedire.”

20) Cajori, *A History of Mathematical Notations*, ebook.

3. 그레고리 역법개혁의 핵심 인물

그리스도교 전례력에서 가장 중요한 날은 부활절인데 성서적 근거와 니케아 공의회(325년) 결정에 따른 전통은 춘분 이후 첫 보름이 지난 첫째 주일에 기념하는 것이었다.²¹⁾ 또한 파종과 추수라는 주요 일정이 있는 농사절기와 고유한 우선순위가 있는 전례시기 사이의 조화를 이루기 위해 계절을 나누는 길이에 따라 정확한 날짜를 정해야 하는 시급하고 실용적인 이유가 있었다.²²⁾ 그러나 그 일요일이 매해 같은 날에 돌아오지 않기 때문에 부활절 날짜를 정하는 것은 쉽지 않았다. 더구나 기존 율리우스력은 춘분과 다음 보름까지 기간의 정확한 평균값을 내기에 정확도가 떨어졌다. 따라서 역법개혁에 대한 교회와 사회의 압력은 천문학자들로 하여금 율리우스력의 윤년 오차가 쌓여 날짜와 실제 절기 사이의 간격이 벌어지는 문제를 해결하도록 재촉했다.

이에 트리엔트 공의회(1545~63)는 역법개정 권한을 교황에게 부여했고 1577년 그레고리 13세(1572~85)는 교회법·민법 분야의 성직자와 수학자 및 천문학자들로 구성된 개력위원회를 설립했다.²³⁾ 클라비우스는 핵심 구성원으로서 릴리우스(Aloysius Lilius)의 작업을 바탕으로 코페르니쿠스 천문표에 따른 라인홀트(Erasmus Reinhold)의 프로이센표를 활용하고 회귀년을 더 정밀하게 계산하여 윤년원칙을 정했다. 새 역법은 천문·수학 영역을 넘어서 서로 다른 입장에 따른 이해관계가 매우 복잡하게 얽혀 있어서 위원회는 정치·외교적 분쟁에 휘말릴 위험을 감수해야 했다. 우선 각자의 자율성을 고집하는 동방교회들과의 관계는 정치적 중재가 거의 불가능한 상황이었다. 위원회는 개신교 세력의 확장과 오스만투르크의 위협에 맞서 로마 가

21) 유다교 파스카 축일(유월절)은 니산달(히브리 음력 1월) 14일로 춘분 후 보름날 다음 토요일에 기념하고(탈출 12,1-6. 레위 23,5-6), 그리스도교는 그 다음날 일요일에 일어난 예수의 부활사건을 기념한다(마태 28,1).

22) Lattis, *Clavius*, p.41.

23) 위원: 추기경(Guglielmo Sirleto 위원장, Serafino Olivier-Razali), 안티오키아 총대주교 Ignazio Nehemet, 주교(Vincenzo Laureo, Leonardo Abela, Ignazio Danti), 신학자(Pedro Chacón), 천문학자(Cristoforo Clavio, Antonio Lilio)

톨릭 수위권 강화를 내세우는 완고한 입장과, 콘스탄티노플 함락(1453)과 레판토 해전(1571년) 이후 동방교회와의 연결이 차단된 상황에서 서방교회의 일방적 역법개혁 시행이 그들과 더 멀어질 것을 염려하는 온건한 입장 사이에서 고충을 겪었다. 클라비우스도 역법개혁으로 인한 교회분열을 염려했지만²⁴⁾ 개혁의 전례적·실용적 필요성은 더 이상 미룰 수 없었다.

3.1 대성당 해시계와 역법개혁

달력을 수정하는 데 필요한 계산을 위해서는 천체현상, 특히 태양·달·행성의 더 정확한 위치·위상변화·이동주기 관측값이 필요하다. 특별히 태양 운행의 경우 건물 밖 해시계 지시침(gnomon)의 그림자로 측정하거나, 더 정밀하게는 건물의 지붕이나 전면부(facade)의 작은 구멍pinhole을 통해 들어온 정오의 햇빛이 남북으로 그어진 바닥 자오선*meridiana*을 비출 때 매일 조금씩 바뀌는 남중고도를 추적함으로써 태양의 춘하추동 절기별 실제 날짜와 특정 지점으로 돌아오는 이동궤적(analemma) 간격을 관찰할 수 있다.²⁵⁾ 직사광선이 반사나 굴절 없이 통과되기 위해서는 천장·벽 구멍의 정확한 위치와 기울기 및 바닥선의 정확한 남북방향과 수평이 필요했다. 대성당cathedral은 이런 정밀한 관측을 하기에 충분히 높고 넓고 어두운 최적의 건물이었다. 태양의 연간운행은 성당 내부의 긴 바닥면에 12간격 황도대가 새겨진 남중고도 궤적으로 확인할 수 있다. 대성당의 관측기능을 연구한 과학사가 헤일브론(John Heilbron)은 성 베드로 대성당 안팎의 흥미로운 설치물들을 소개한다.

24) R. Buonanno, *Il cielo sopra Roma* (Springer, 2008), p.5: “산토로 추기경에게 보낸 클라비우스의 서한” (1581.6).

25) 아날렘마(Analemma)란 일정한 시각과 장소에서 바라본 태양의 위치를 1년간 촬영하여 기록했을 때 중위도 지역에서 8자 모양의 궤적을 그리는 현상을 말한다. 적도에서는 직선에 가까운 모양, 남북극에서는 반타원 모양의 궤적을 그린다.

www.youtube.com/watch?v=Xm13Kq_E1ik [이하 모든 웹페이지 2023.10.30. 확인]

대성당 안 그레고리오 13세 석관 부조에는 클라비우스와 여러 인물이 교황에게 새 역서를 증정하는 장면이 묘사되어 있다. 태양광선은 성당 돔 지붕과 창문을 통과해 대리석 바닥에 빛의 웅덩이를 만든다. 해질녘에는 서쪽 제단 위의 스테인드글라스 창문을 통해 비치는 햇살이 성당에서 태양의 존재를 극적으로 나타내며 그 위용을 드러낸다. 바깥 광장에 세워진 오벨리스크가 드리우는 그림자는 거대한 해시계 [지시침gnomon] 기능을 한다.²⁶⁾

성 베드로 광장 가운데 원형 바닥에는 그 중심에 세워진 오벨리스크 그림자가 나침반 바늘처럼 방향과 시간을 가리키도록 16개의 타원형 대리석 명판이 설치되어 있고, 매일 태양의 남중고도, 곧 정오 그림자가 화강암 바닥자오선에 표시된 7개의 원형 대리석 명판을 가리키며 1년 황도대의 춘하추동 절기를 남북으로 왕복한다.²⁷⁾

1580년 교황청 건물 ‘바람의 탑’ 내부에 정확한 태양 관측을 위해 도미니코회 천문학자 단티(Egnazio Danti, 1536-86)가 설계한 남중고도 궤적선이 설치되었다.²⁸⁾ 이것이 처음 활용되었을 때 춘분이 1582년 3월 21일이 아니라 3월 11일로 확인됨으로써 율리우스력에 따른 오차가 분명해졌다. 그래서 단티의 궤적선은 역법개혁의 필요성을 확인해 준 증거로 여겨져 왔다. 그러나 이보다 앞서 1577년에 이미 그레고리 13세가 달력개정을 결정했고, 1580년에 개력위원회의 보고를 받았다. 헤일브론에 따르면 단티는 위원회에 속했지만 클라비우스보다 활약이 덜했고 그의 궤적선이 개력위원회에 새로운 정보를 제공했을 가능성은 없었다.²⁹⁾

26) John L. Heilbron, *The Sun in the Church* (Harvard, 1999), p.21; 그레고리오 13세 석관 부조 이미지: commons.wikimedia.org/wiki/File:Gregorianscher_Kalender_Petersdom.jpg

27) Ted Zuydwijk, “St. Peter’s Square Vatican City,” (Rome, 1975) stpetersbasilica.info/Docs/SPS/StPetersSquare.htm; 베드로 광장 확대 이미지 www.google-earth.es/foros/Europa/p71018-Meridiana-plaza-San-Pedro-Vaticano.html

28) 바람의 탑(La Torre dei Venti)은 바티칸 박물관 지도전시관 위에 위치한 시설로, Belvedere 정원과 바티칸 사도궁을 연결해 주는 곳이다. 그레고리 13세 교황 때부터 천문대로 사용되었으나 현재는 폐쇄되었다. 참고:

www.tiffany-parks.com/blog/2010/05/10/the-tower-of-winds-and-the-gregorian-calendar

29) Heilbron, *The Sun in the Church*, p.80.

1655년 카시니(Jean Cassini, 1625-1712)가 그레고리력의 정확성을 더 정밀하게 확인하기 위해 단티가 제작했던 산페트로니오 대성당 바닥케적선을 보강했다.³⁰⁾ 1700년경 클레멘스 11세 교황은 자문 천문학자 비안키니(Francesco Bianchini, 1662-1729)에게³¹⁾ 로마 ‘천사들과 순교자들의 성모 대성당’ 바닥에 더 정교한 남중고도 케적선을 표시하여³²⁾ 새 역법의 정확성을 지속적으로 점검하고 태양과 달의 실제 운행에 따라 부활절을 결정하도록 작업을 맡겼다. 1755년에는 예수회 지메네스(Leonardo Ximenes, 1716~86)가 피렌체 대성당 바닥에 남중고도 케적선을 새겨 황도대와 지구축 기울기를 소수점 이하로 정밀하게 측정했다.³³⁾

개혁위원회는 이처럼 지난한 시행착오를 거치며 대성당 케적선으로 측정한 더 정밀한 데이터를 바탕으로 정확한 부활절 날짜를 정할 수 있었다. 1582년 그레고리 13세는 클라비우스의 결정적인 도움으로 윤년을 개선한 새 역법을 확정하는 교서 「가장 중대한 관심사 *Inter gravissimas*」를 공표했다. 교회는 그레고리력을 공식 시행할 때 절기와 일치시키기 위해 1582년 10월 4일 다음 날을 15일로 정하여 10일을 건너뛰었다. 여러 난관과 반발에도 불구하고 클라비우스는 10월 4일을 도약leap 시작일로 선택한 이유를 이렇게 설명한다. “전례력에 중요한 축일이 없는 특정 기간을 찾아 그 해 기념하지 못하는 성인 축일을 최소한으로 줄이고, 특히 10월 4일 성 프란치스코와 성 페트로니오(그레고리 13세는 볼로냐 출신) 축일을 지키기 위해서였다.”³⁴⁾

30) 이미지: “La meridiana di San Petronio,”

stelle.bo.astro.it/archivio/2005-anno-cassiniano/meridian_ing.htm

31) 티코 브라헤 우주모델을 받아들인 첫 예수회원인 비안카니(Giuseppe Biancani, 1566-1624)와 혼동하지 말 것.

32) 바닥자오선:

en.wikipedia.org/wiki/Santa_Maria_degli_Angeli_e_dei_Martiri#The_meridian_line

33) Leonardo Ximenes, *Del vecchio e nuovo gramone fiorentino* (Florence 1756): “피렌체 두오모 (꽃의 성모) 대성당 남중고도 해시계(구형 및 개량 노문)” (2007):

brunelleschi.imss.fi.it/meridiane/esia.asp?c=23859&cxs=1

34) Buonanno, *Il cielo sopra Roma* (2008), pp.9-10.

그레고리력은 가톨릭계 국가들에서 1년 안에 즉시 시행되었지만, 동방 교회와 개신교 국가들은 명백한 정치적·종교적 이유로 새 역법 채택을 거부했다. 북유럽 개신교 지역은 자체 천문표를 사용하여 부활절을 정하기 위한 보름날을 직접 계산했다. 하지만 18세기 중반까지 서유럽 전체가, 20세기 초에는 러시아와 동유럽 그리고 이슬람권까지 그레고리력을 공식 채택하거나 병용함으로써, 율리우스력에 따른 전례력을 유지하는 정교회와 자체 역법을 고집하는 소수의 나라들 외에는 사실상 전세계 역법 표준화가 이루어졌다.³⁵⁾

3.2 역법개혁과 코페르니쿠스 체계와의 관련성

클라비우스는 교황의 위임을 받아 개정역법을 설명하는 일곱 편의 저서를 출간했는데 특히 『새 로마력 해명 *apologia*』(1588)과 『그레고리 13세 개정 로마력 설명 *explicatio*』(1603)은 그레고리력을 이해하는 데 필수적인 문헌이다. 클라비우스는 『로마력 설명』 제4장에서 새 역법을 채택한 이유를 자세히 설명하는데, 태양력과 태음력이 거의 일치하는 19년 메톤주기(Metonic cycle)에 따른 부정확한 값 대신 실제 관측값으로 새로운 달을 정해도 이는 갈등을 유발하고 이미 종교개혁으로 분열된 그리스도교를 더 위태롭게 했을 것이다. 이미 메톤주기는 당시 여러 천문표(ephemeris, 천체력)에 나타나는 불일치 때문에 아무런 도움이 되지 못했다. 수치가 아무리 정밀하더라도 서로 일치하지 않는 전문가들을 따르기보다 누구나 사용할 수 있는 역법을 채택하는 것이 훨씬 더 편리해 보였다.

기원전 48년에 시작된 율리우스력은 4년마다 윤년을 두었으나(365.25일로 천년에 8일 차이), 평균 회귀년(tropical year, 태양년)보다 약 11분 14초 길어서 이 여분의 시간이 1500년 넘게 쌓이자 달력의 날짜와 실제 절기 사이가 열흘 이상 차이가 벌어졌다. 그레고리력은 4로 나누어 떨어지는 해

35) 각국의 그레고리력 채택 날짜는 런던 왕립천문대에서 작성한 천문력 해설 부록 표에서 확인할 수 있다. E. G. Richards, *Mapping Time: The Calendar and its History* (Oxford, 1999), ebook.

를 윤년, 100으로 나누어 떨어지는 해를 평년, 400으로 나누어 떨어지는 해를 다시 윤년으로 정하여 오차를 줄였다(365.2425일로 3300년에 하루 차이). 이런 규칙을 정한 이가 클라비우스이고 그 근거 수치는 라인홀트(Erasmus Reinhold, 1511~53)의 「프로이센표 *Tabulae prutenicae*」(1551)의 값 365.24720를 참조했는데 이는 또한 코페르니쿠스의 『천구의 회전에 관하여 *De revolutionibus orbium coelestium*』(1543, 이하 ‘회전’) 속 천문표의 회귀년(365.242551)을 수정하고 확장한 것이었다. 하지만 다른 견해는 그레고리력에서 채택한 1년의 길이는 프톨레마이오스 체계에 기초한 13세기 「알폰소표 *Tabulae Alphonsinae*」(1252~1492)의 계산값(365.24255)을 거의 정확히 따르고 있고 프로이센표는 단지 비교 및 참고용으로만 사용된 것이라고 반박한다.³⁶⁾ 사실 알폰소표 자체가 수세기에 걸쳐 여러 번 개정되었고 코페르니쿠스의 천문표도 알폰소표를 참고한 것으로, 이는 동심원을 전제하는 회귀년은 태양중심설이든 지구중심설이든 크게 상관이 없다는 뜻으로 해석될 수 있다. 나중에 케플러(1571-1630)의 타원궤도를 반영한 「루돌프표 *Tabulae Rudolphinae*」(1627)가 훨씬 탁월한 정확도를 보였다.

클라비우스는 행성의 움직임을 설명하는 기하학적 모델이 단순히 유용한 계산체계가 아니라고 확신했다. 그에 따르면 프톨레마이오스 체계는 다양한 천체현상을 몇 년 전에 예측한다는 점에서 기본적인 물리적 실체와 정확하게 들어맞는다. 이러한 이유로 클라비우스는 수학과 천문학에 큰 중요성을 부여했고 그의 방대한 지식은 늘 신앙의 영감을 받았지만, 종교적 근본주의에 경도되지 않았다.³⁷⁾ 클라비우스는 정지된 지구와 공전하는 태양에 대한 성경구절을 고수했다. “해가 그래도 서 있고 달이 멈추어 있었다”(여호 10,13), “태양은 뜨고 지지만”(코헬 1:5), “누리는 굳게 세워져 흔들리지 않고”(시편 96,10). 성경 외에도 그는 별들이 늘 하늘에 고정되어 있다는 점에 주목하여 지구가 움직이고 있다면 왜 별들이 태양 주위를 도는 지구 운동을 반영하는 원(연주시차)을 관찰할 수 없는지 의문을 던졌다.

36) 토머스 쿤 저, 정동욱 역, 『코페르니쿠스 혁명: 행성 천문학과 서구 사상의 발전』 (지식을만드는지식, 2016), ebook, 6장.

37) Buonanno, *Il cielo sopra Roma* (2008), p.15.

클라비우스의 논박이 타당했던 이유는 별들이 너무 멀어서 미세한 각도의 연주시차를 당시 관측기술로 측정하기 어려웠기 때문이다.³⁸⁾

클라비우스는 프톨레마이오스 체계가 완벽하지 않다는 것을 인정하면서도 고대로부터 오랜 세월 축적된 관측과 계산을 반영하여 정교하게 천동설을 개선했다. 예를 들어 아리스토텔레스 이론에 따르면 지구는 행성계의 중심에 정지해 있는데, 관측에 따르면 행성들의 역행운동으로 지구와 태양의 거리가 일정하지 않은 것이 문제였다. 이에 프톨레마이오스는 『천문학대계 *Almagest*』(147)에서 지구와 행성들의 위치를 조정하는 해결책을 제시는데, 즉 지구가 동심원 중심에 있지 않고 이심(eccentric)을 중심으로 한 대원(deferent) 궤도를 행성이 다시 돌고(주전원 epicycle), 등속원운동으로 지구와 이심의 거리만큼 반대 방향으로 떨어진 대심(equant)에 가까워지거나 멀어지는 것으로 역행현상을 설명했다.³⁹⁾

클라비우스는 또한 태양중심설에 잘못된 가설이 많다고 여겨 지구중심 체계로의 수학적 통합에 집중했다. 그는 지동설의 기하학적 단순함과 그레고리 역법개혁에 기여한 프로이센표에 그 이론이 기술적으로 적용된 것을 인정했지만, 자연철학과 성경의 진리와 양립하는 것은 천동설 체계라고 주장했다. “행성들을 이동시키는 것으로 추정되는 고체수정구는 수학적 구조의 최종단계까지 객관적으로 존재한다.”⁴⁰⁾ 프톨레마이오스 천문학에 기반한 그레고리력 체계는 태양중심 모델과 어긋나지 않는다. 사실 고대로부터 모든 문명권의 역법은 땅이 평면이든 구형이든 지구를 중심에 두는 것이 당연했고 태양 중심과 지구 공전이란 천체운동의 실상과 다름에도 불구하고 육안으로 보는 직관적인 인식체계로도 정밀하고 유용한 규칙성을 도출할 수 있었다.

38) 가장 가까운 항성인 알파 센타우리의 연주시차가 0.754초각(4.37광년)이다. 최초의 연주시차 측정은 1838년 베셀(Friedrich Bessel)이 관측한 백조자리 61의 0.314였다(최근 0.286초, 11.404광년). 이로써 지구 공전의 결정적 증거가 제시되었다.

39) Buonanno, *Il cielo sopra Roma* (2008), pp.15-16. 가장 직관적인 주전원·편심·대심 설명: catalogue.museogalileo.it/multimedia/PtolemaicSystem.html

40) John L. Heilbron, *The Sun in the Church* (Harvard, 1999), pp.15-16.

클라비우스는 코페르니쿠스가 프톨레마이오스와 동일한 기하학 체계를 사용했다는 것을 알았으며, 이는 태양중심설이 물리법칙에 위배되지 않고 성경에도 어긋나지 않는다는 것을 의미했다. 그에 따르면 코페르니쿠스는 지구중심 모델이 천체들의 운동을 예측하는 유일한 방법이 아니라는 것을 간단히 보여주었다. 하지만 클라비우스는 그것이 어떻게 작동하는지 자세히 알고 싶다면 동심원 기하학 체계를 잘 습득해야 한다고 역설했다. 헤일 브론은 역법개혁의 주요 설계자로서 클라비우스의 “현실적인 천문구조 이해는 동시대 젊은 학자 케플러와 갈릴레오의 견해와 충분히 부합했다”고 주장한다.⁴¹⁾ 다만 갈릴레오와 케플러의 발견에도 불구하고 클라비우스는 여전히 태양중심 체계를 직접 확인할 수 있는 관측자료(예를 들어 가장 확실한 증거인 연주시차)가 충분하지 않다고 보았기 때문에 지동설 수용을 유보했다.

1582년 새 달력이 공포되었을 때만 해도 태양중심설은 아직 심각한 논란거리가 아니었다. 클라비우스는 『천구론』 제2판(1581년)에서부터 코페르니쿠스 체계를 다뤘기 때문에 이미 지동설의 도전을 알고 있었다. 하지만 『회전』이 출판되기 전에 이미 새로운 달력의 필요성이 제기되어 그레고리력은 16~17세기 우주모델 논쟁과 밀접하게 관련되어 있지 않았다.⁴²⁾ 실제 역법개혁은 태양중심설의 도전과는 별개로 진행되었는데, 개력위원회는 1년의 길이와 춘/추분점의 세차운동에 관해 코페르니쿠스의 계산을 참조했지만 실제 관측결과를 증명하기 위한 것은 아니었다. 사실 클라비우스는 코페르니쿠스를 용인할 수 있다고 보았는데 그에게 “코페르니쿠스의 천문학 혁신은 공간을 묘사하는 것뿐만 아니라 시간을 구분하여 부활절과 성탄절의 정확한 날짜를 예측하기 위한 것”으로 여겨졌다.⁴³⁾ 클라비우스 자신도 『회전』에서 파생된 프로이센표를 채택하고 더 간단한 태양중심 모델로 행성계 수정을 시도했지만 결코 천동설을 부정하지 않았다. 사실 태양중심설은 지구중심설의 복잡한 주전원-이심-대심 구조를 상정할 필요가 없

41) Ibid., p.16.

42) Lattis, *Clavius*, p.3.

43) Ugo Baldini, “Christoph Clavius and the Scientific Scene in Rome,” in *Gregorian Reform of the Calendar* (1983), pp.143-45, 157.

어 행성들의 역행운동 이해가 훨씬 단순해졌지만 동심원 모델로 인한 오차 때문에 전적으로 수용하기가 어려웠다. 이런 지동설의 취약점은 케플러의 타원궤도로 보완되어 ‘연주시차’라는 결정적인 관측증거가 제시될 때까지 이론적으로는 부인할 수 없는 거의 완벽한 기하학적 우주모델을 이루게 되었다.

하지만 달력 제작의 관점에서는 우주가 ‘지구 중심이나, 태양 중심이나’는 중요한 문제가 아니었다. 프톨레마이오스 체계는 인간의 시야에 잘 맞았기 때문에 달력을 개정하는 데 충분히 편리했다. 지금도 정확한 달력을 제작하는 데는 지구를 중심에 놓고 태양과 달의 운동을 계산하는 것이 여전히 유용하다. 달력 자체가 육안 관측에 기초하기 때문에 “천체가 실제로 어떻게 움직이는가?”(지동설)보다 “천체가 어떻게 보이는가?”(천동설)가 더 중요하다. 순전히 정량적인 관점에서 볼 때 동심구 행성궤도에 기초한 코페르니쿠스 체계의 천문수치가 프톨레마이오스의 수치보다 늘 더 나은 것도 아니었고, 때로는 그 이전의 지동설보다 더 나뉘었던 경우도 있었다. 태양중심 모델을 따른 최초의 천문표인 라인홀트의 「프로이센표」는 지구중심 체계에 기반한 수세기 전통의 「알폰소 표」보다 반드시 정확하다고 볼 수 없었다. 따라서 역법의 관점에서 프톨레마이오스 체계는 그 복잡성에도 불구하고 수정이 거의 필요하지 않았고 사람의 눈으로 봐도 분명하고 신학적 관점에서도 자명했기 때문에 코페르니쿠스 체계로 급격하게 변경할 특별한 필요성이 없었다. 이후 케플러는 티코 브라헤가 수집한 일부 관측 자료를 사용하여 별 목록과 행성 목록인 「루돌프표」를 발표했는데 알폰소표는 물론 프로이센표보다 훨씬 더 정밀해서 천문학자들이 지동설로 전환하는 데 큰 영향을 미쳤다.⁴⁴⁾

라파엘로의 그림 「최초의 원동자 *Primo moto*」(1508)에는 모든 별과 별자리를 포함하는 거대한 투명천구 중심에 지구가 있고 가장 바깥에 신이 불변의 우주질서를 유지하는 주관자로서 천구 전체를 돌리고 있다.⁴⁵⁾ 이 그

44) Owen Gingerich, *The Book Nobody Read: Chasing the Revolutions of Nicolaus Copernicus* (2004), ebook.

45) Raffaello Sanzio, *Il Primo moto* (1508), Musei Vaticani

림처럼 세상이 신의 의지대로 창조되었음을 확신했던 클라비우스는 유클리드가 우주를 이해하기 위해 우리에게 알려준 기하학을 신의 창조 도구로 연구하고, 위대한 예술가들이 묘사한 기하학적 우주모형을 신뢰하는 것이 더 낫다고 주장했다.⁴⁶⁾ 그는 아리스토텔레스의 불변하는 천상 개념과 프톨레마이오스의 천동설을 바탕으로 쓴 『천구론』에서 열두 천구의 모든 천체는 흠없는 견고함을 지니고 있으며, 각각 고유한 수정구 내에서 고유한 궤도를 따라 움직인다고 설명한다. 지구와 4원소들이 중심에 있고, 7개는 해와 달, 다섯 행성들의 천구(편심 궤도를 돌며 주전원 운동 병행), 1개는 고정된 별들의 천구, 3개는 움직이는 별들의 천구, 가장 바깥은 근원적 운행자 하느님 아래 천사·성인들이 거주하는 최고천empyrean이다. 이후 『천구론』 개정판에서는 궁창firmament과 최고천 사이에 3개 천구를 추가로 배치했다.⁴⁷⁾ 이 점에서 그는 아리스토텔레스 물리학 및 성경의 문자적 해석에 따른 신학적 우주론을 견지했다.

코페르니쿠스처럼 태양이 우주의 중심에 있다고 가정하면 프톨레마이오스의 주전원·이심·대심 구조로 복잡하게 계산할 필요 없이 예측이 더 쉬워지는 것은 사실이다. 그러나 클라비우스 시대에 정말로 이 체계가 정확했다면 성경 구절을 신경쓰지 않고 수학적 가설로 받아들일 수 있었을 것이다. 클라비우스는 여러 차례 개정으로 사크로보스코의 원작보다 방대한 『천구론』에서 최신의 관측 결과를 신중하게 검토하여 소개했다.⁴⁸⁾ 1581년 판에서 그는 코페르니쿠스를 제2의 프톨레마이오스처럼 후세가 칭송하고 존경할 혁신적인 천문학자로 인정하면서도 “코페르니쿠스 이론에는 잘못된 주장이 많다”며 태양중심 모델을 선뜻 받아들이지 않았다.⁴⁹⁾ 1611년 판에서도 클라비우스는 갈릴레오의 망원경 발견을 확인하면서 “상황이 이러하므로 천문학자들은 그러한 현상을 설명하기 위해 천체가 어떻게 배열될

46) Buonanno, *Il cielo sopra Roma* (2008), pp.16-17; Raffaello Sanzio, *Il Primo moto* (1508), Musei Vaticani

47) Clavius, *Sphaera* (1596), p.72; Lattis, *Clavius*, p.39.

48) Agustín Udías, *Jesuit Contribution to Science* (2014), p.7.

49) Pierre Duhem, *To Save the Phenomena* (2015), p.95.

수 있는지 검토해야 한다”고 주장했다.⁵⁰⁾ 그러나 그는 평생 천동설을 고수하며 부동의 지구를 중심으로 한 천구들의 물리적 실재를 역설했다.

4. 자연철학과 근대과학 사이 과도기적 인물

4.1 수학교육 장려자

클라비우스는 중세 자연철학과 근대과학 사이에 서 있는 인물이다. 그에게 “수학이 없는 자연철학은 절름발이이며 불완전하다.”⁵¹⁾ 그는 수학 없이는 자연현상을 완전히 이해할 수 없으며, 수학이 우주의 진정한 구조에 대한 신뢰할 수 있는 정보를 제공할 수 있다고 믿었다. 클라비우스는 수학이 자연과학에 당연히 속한다는 견해를 옹호한 선구자였다. 그는 더 나아가 플라톤을 따라 수학은 신적인 것을 관조하도록 정신을 인도하기 때문에 형이상학에서 수학은 유용할 뿐만 아니라 필수적이라고 주장했다. 그는 또한 아우구스티누스, 예로니모, 니사의 그레고리, 바실리오와 같은 교부들의 증언을 언급하는데, 예를 들어 성서를 해석하는 데 수학이 도움이 될 수 있다는 아우구스티누스의 발언을 인용한다. 클라비우스는 특히 기하학을 수학의 핵심 분야로 줄곧 강조하며 유클리드 원론으로 모든 수학과정을 시작해야 한다고 제안했다.⁵²⁾

그러나 통상적인 생각과는 달리 초창기 예수회 교육에서 수학은 자연철학의 하위분야로 중요한 위치를 차지하지 않았다. 이런 열악한 상황에서

50) Lattis, *Clavius*, pp.181, 198, 201.

51) 『예수회 학교에서 수학교육을 장려할 방안』, 『예수회 교육학 문헌집 - 예수회 연구정 모음』 “Modus quo disciplinae mathematicae in scholis Societatis possent promoveri,” *Monumenta Pædagogica Societatis Iesu*, t. VII, *Collectanea de Ratio Studiorum Societatis Iesu* (1588-1616) (Rome, 1992), 115-16; C. Sasaki, *Descartes's Mathematical Thought* (Springer, 2013), p.26.

52) Udías, *Jesuit Contribution to Science* (2015), 13; Clavius, *Openum Mathematicorum Tomus Primus* (1611), 3-9: *In disciplinæ mathematicæ prolegomena* [클라비우스 수학기초론 제1권, 수학기초론 입문 고려사항]

클라비우스는 예수회원 양성과 예수회 대학교육에서 수학의 지위를 향상시키고자 노력했다. 그가 자신의 저술로 가르친 주요 과목은 사크로보스코의 천구론(천동설), 유클리드 원론(본인의 추가 정리 포함), 실용 기하학과 산술 등이었다. 클라비우스는 로마대학에서 수학과 천문학을 3년제 교과과정의 필수과목으로 지정하여 과학전문가를 양성하는 예수회 전통을 확립했다.

또한 클라비우스는 로마대학의 후임자들이 이끄는 ‘수학 아카데미’를 설립했다. ‘아르키메데스의 원리와 안정적 평형에 관한 연구’와 같은 사례에서 볼 수 있듯이 아카데미 과정은 수준이 매우 높았으며 이 고급과정을 위해 수강생들은 철학과 신학의 일부 과정을 면제받을 수 있었다. 앞서 언급했듯이 학습은 고전 그리스어와 라틴어 문헌을 읽고 논평하는 방식으로 진행되었는데, 이는 인문학적으로 접근한 일종의 주해작업이었다. 아카데미 구성원들은 유명한 교사와 선교사들을 열거한 예수회 인명록에서 ‘수학자’로 명시되었다. 로마대학 수학 아카데미는 짧은 기간이었지만 16세기 말부터 17세기 초까지 과학혁명이 일어나던 시기, 특히 갈릴레이 논쟁 전후로 과학과 종교의 관계를 보여주는 과학사적으로 중요한 의미를 지니고 있다.

물론 클라비우스는 천문학의 최신지식에 관심이 많았던 선도적인 학자였지만, 새로운 이론을 제시할 만큼 결정적인 증거를 발견한 혁명적인 천문학자는 아니었다. 오히려 그는 이론적 우주론과 경험적 천문학 사이에 당대의 저명한 천문학자인 티코 브라헤, 갈릴레오, 케플러가 수집한 관측 자료를 면밀히 분석하고 검토했던 지나치게 신중한 수학자였다. 신성(1572년)과 혜성(1577년)의 발견은 변하지 않고 변질되지 않는 우주라는 아리스토텔레스적 오랜 통념을 뒤흔들었다. 티코가 관찰하고 보고한 태양 주위를 도는 혜성의 타원운동은 그때까지 널리 받아들여진 고체 수정crystalline 천구론을 거스르는 것이었다. 기존 우주론에서 보면 견고한 동심원 천구궤도와 1577년 관측된 혜성의 경로가 맞지 않거나 서로 충돌하여 산산이 부서졌을 것이지만 티코에 따르면 별들은 고체 천구 궤도에 갇힌 것이 아니라 허공에 떠 있다.⁵³⁾

그러나 클라비우스는 당대 대부분의 학자들처럼 신성은 여덟 번째 천구에 고정된 별들 중 하나이고, 혜성은 그 천구에서 수증기처럼 생성되는 기상현상이거나 전능한 신이 위대한 사건을 알리기 위해 일으킨 희귀한 천문현상으로 해석했다.⁵⁴⁾ 그는 새로운 지동설과 갈릴레오의 망원경 관측을 통한 새로운 행성운동 발견 등 여러 도전에도 불구하고 중세의 자연철학을 포기하지 않고 라는 아리스토텔레스-프톨레마이오스의 불변하는 하늘과 지구를 중심으로 고정된 천구설을 견지했다. 이 때문에 클라비우스는 과학사에서 패러다임을 바꾼 혁명가라기보다 전환기의 신중한 조정자로 평가될 수 있다.

4.2 과학혁명의 주도자보다 과학교육의 선구자

클라비우스는 수학과 천문학의 위대한 스승으로 알려져 있다. 그는 수학이 우주의 진정한 구조에 대한 명확한 지식을 알려줄 수 있다고 믿었다. 플라톤의 기본 사상인 신의 기하학적 계획에 따라 세상의 모든 것이 창조되었기 때문에 그에게 수학은 우주를 이해하고 자연현상을 설명하는 필수 요소였다. 클라비우스는 로마대학 교수로서 그리스 자연철학자 및 중세와 동시대 천문학자와 수학자들을 아우르며 과학교육에 열중했다. 16세기의 유클리드로 알려진 그는 유클리드 원론, 구면 기하학, 산술, 대수학, 삼각법, 행성운동, 지리학, 역법, 해시계와 성반, 심지어 음악까지 다룬 수많은 교과서를 저술했다.⁵⁵⁾

클라비우스는 로마대학뿐만 아니라 예수회 전체에서 가장 영향력 있는 수학자였다. 1580년대 후반 교황 식스투스 5세는 “예수회가 이 클라비우스 말고 다른 사람을 배출하지 못했더라도 이 점만으로도 찬사받아 마땅하다”라고 치하했고 훗날 프랑스 사제 과학자 가상디(Pierre Gassendi, 1592-1655)는 그를 “예수회원들 중 가장 위대한 수학자”라고 평가했다.⁵⁶⁾

53) Edward Grant, “The Partial Transformation of Medieval Cosmology by Jesuits in the Sixteenth and 17th Centuries,” in *Jesuit Science and the Republic of Letters* (2003), p.135.

54) Clavius, *Opera mathematica*, vol. 3 (1611-12), p.105; Lattis, *Clavius*, pp.147-160.

55) Agustín Udías, *Jesuit Contribution to Science* (2015), pp.9-10.

클라비우스는 세 번 개정된 『연학규정 *Ratio studiorum*』(1586, 1591, 1599)에서 모든 연학회원들이 수학을 기본으로 습득하도록 상세한 학습지침을 마련하고자 노력했는데, 아리스토텔레스 자연철학을 고수하던 예수회 학자들로 인해 1599년 최종판에는 그의 제안이 모두 반영되지 못했다.⁵⁷⁾ 당시 교회 지식인들에게 수학은 신학으로 이어지는 플라톤주의의 본질적인 부분이라 기보다는 지리학과 천문학 등 아리스토텔레스의 형이하학(물리학) 저작을 더 쉽게 이해하기 위한 실용적인 보조도로 여겨졌다. 따라서 『연학규정』 제3절 “철학·물리학·수학 교수들을 위한 지침”은 아리스토텔레스의 자연철학이 기준으로 정해졌다. 공식적으로는 예수회 교육에서 수학과정이 약화됐음에도 불구하고 클라비우스는 계속해서 전문교재를 저술하고 로마대학에서 별도의 고급과정을 운영하는 등 평생에 걸쳐 헌신한 덕분에 수학은 이전보다 더 높은 지위를 얻게 되었다.

클라비우스는 아리스토텔레스-프톨레마이오스 패러다임을 뛰어넘기에는 지나치게 신중했지만, 적어도 방법론에 있어서는 코페르니쿠스·티코·갈릴레오·케플러와 공통점이 있었는데, 이들은 수학적 논리로 훈련된 인간의 이성이 우주의 실체구조를 파악함으로써 신에 대한 지식에 접근할 수 있다고 확신했다. 클라비우스는 기하학의 방법을 통해 확실한 자연의 진리를 발견할 수 있으므로 모든 예수회원은 수학을 필수과정으로 익혀야 한다고 줄곧 주장했다. 또한 현실세계를 긍정하는 예수회 교육관에 따라 그가 가르친 로마대학 수학과목에는 구면천문학, 지도제작, 측량기기 사용법 등 실용적인 내용도 상당히 강조되었다.

클라비우스는 해외 예수회원들과의 서신 교류를 통해 선교사들의 사도직에도 영향을 미쳤다. 특히 그의 저서들은 마테오 리치와 아담 샬과 같은 선교사들을 통해 동아시아에 전파되었고, 한문으로 번역되어 중국 문인들에게 서학(西學)이란 강한 인상을 주었다. 리치는 클라비우스에게 직접 배

56) *hominum Societatis Iesu* (γεωμετρικωτάτος): Pierre Gassendi, “Viri illustris Nicolai Claudii Fabricii de Peresc Senatoris Aquisextiensis vita,” in *Opera omnia*, t. V (Lyon, 1658; Stuttgart / Bad Cannstatt, 1964), p.265.

57) III. Rules for the professors of philosophy, physics, and mathematics: Aristotle was prescribed as the standard author.

운 수학과 천문학 지식을 바탕으로 중국 문인들과 황실의 호감을 얻을 수 있었다. 리치는 클라비우스의 『유클리드 원론』 첫 여섯 권을 한문으로 번역했고, 이어서 『천구론』·『성반서』·『해시계학』 등의 천문서와 관측기 설명서를 발췌 번역했다.⁵⁸⁾ 리치는 로마대학(1575~77) 시절 클라비우스에게 배운 천구의·성반·사분의 같은 정밀기구를 제작하는 능력으로 중국인들의 흥미를 이끌어냈다.⁵⁹⁾ 아담 샬(1591-1666)은 1611년 갈릴레오가 클라비우스의 초청을 받았을 때 로마 예수회 수련원에 입회했는데, 로마대학 시절 클라비우스의 책으로 수학과 천문학을 학습했고 갈릴레오의 망원경 제작과 관측법을 익혀 중국 선교에 활용했다. 1세대 예수회 수학 교수들은 직접 또는 그의 저서를 통해 스스로 제자라고 자처하며 그를 언급할 때마다 ‘우리의 클라비우스’라고 존경심을 표시했고 어떤 이들은 그를 신탁oracle의 지혜를 받은 존재라고 말하기도 했다.⁶⁰⁾

요컨대 클라비우스 자신은 르네상스 후기 자연철학에서 수학적 근대과학으로 전환되는 시기, 즉 ‘그 사이’를 살았던 과도기적 지식인이었다. 클라비우스는 신학에 굳건히 토대를 두고 수학적 천문학과 철학적 우주론을 연관시켰는데 그에게 천문학은 가장 고상한 주제인 하늘을 다루면서 가장 확실한 기하학적 증명을 사용하여 아리스토텔레스의 탁월한 기준을 다른 어떤 과학보다 잘 충족했기 때문에 가장 고귀한 학문으로 여겨졌다. 그는 자연철학의 연장선에서 공리적 논증으로 명료한 지식을 선사하는 수학을 천문학을 비롯한 다른 분야와 결합시킬 교수법pedagogy을 평생에 걸쳐 신중하게 모색했다.⁶¹⁾

4.3 클라비우스와 갈릴레오

클라비우스는 갈릴레오와 1587년부터 1612년까지 15년 동안 꾸준히 편지를 주고받으며 지적 교류를 이어갔다. 갈릴레오의 초기 노트(1589~91년)

58) D’Elia, *Galileo in Cina* (1947), p.83, n. 1.

59) Lattis, *Clavius*, pp.33-34.

60) Udías, *Jesuit Contribution to Science* (2015), p.15.

61) Peter Dear, *Discipline & Experience* (The University of Chicago Press, 1995), p.38.

의 출처는 대부분 로마대학 클라비우스의 수학 강의록 내용이었다.⁶²⁾ 당시 피사의 젊은 교수였던 갈릴레오는 클라비우스를 지적 스승으로 깊이 존경했고, 그에게 수학과 천문학 서적이나 강의 자료를 여러 차례 요청했다. 갈릴레오의 서재에 클라비우스의 『실용기하학』을 비롯해 성반과 해시계 설명서가 소장되어 있었다는 사실에서도 그가 클라비우스의 수학서와 천문기기 활용서에 관심이 많았음을 알 수 있다.⁶³⁾ 클라비우스는 갈릴레오에게 『성반서 *Astrolabium*』 한 부를 보냈지만 그가 받지 못했음을 한참 후에 알고 사과 편지를 보냈다.

당신이 알고 있을 것이라고 여긴 저의 부주의가 상당히 부끄럽습니다. 몇 년 전, 적어도 11년 전에 제가 *Astrolabium* 인쇄를 마치고 1593년에 즉시 당신에게 한 권을 보냈는데 [...] 당신이 그 책을 받지 못했음을 이제야 알게 되었습니다.⁶⁴⁾

1611년 갈릴레오가 자신의 망원경으로 관측하여 발견한 천문현상(1609-11)을 소개하기 위해 로마를 방문했을 때, 클라비우스는 그를 환영했지만 그의 태양중심설 주장에는 동의하지 않았다. 그는 새로운 천문학적 발견의 시연보다는 전통 천문학의 상세하고 체계적인 기하학적 설명에 더 관심을 기울였다.

현재 관점에서 클라비우스의 결정적인 한계는 본인이 새로운 현상을 발견하거나 새로운 자연법칙을 제시하거나 새로운 과학도구를 발명하지 않았다는 것이다. 그는 중세 천문학 이론을 극복하기보다 전통적인 관측과 분석 방법을 유지하면서 개선하는 입장이었다. 그의 『천구론』은 여러차례 개정되었지만 천체운행의 기하학적 패턴을 약간 수정하는 정도였고 기존 우주모델의 위상과 효용성을 줄곧 유지하며 전통적인 우주론 주제를 종합한 천문학의 표준교재로 기능했다.⁶⁵⁾ 그는 ‘수정구 천체궤도’란 정태적 천구론을 지구중심설과 태양중심설 모두에 적용했다. 그에게 프톨레마이오스

62) See William Wallace, *Galileo and His Sources* (Princeton University Press, 1984).

63) Sven Dupré, *Galileo, The Telescope, and the Science of Optics* (2002), p.207.

64) “Clavius to Galileo in Padova” (Roma, 18 Dec 1604), CCC 240; Galileo, *Opere*, vol. X, 120-1.

65) Baldini, *Legem impone subactis* (1992), 141; Lattis, *Clavius*, pp.175-76.

천문학은 성경에 제시된 진리와 자연철학의 해석과 충돌하지 않았다. 그는 고체 수정구가 행성을 실어 나른다고 믿었고 주전원 체계의 복잡함에도 불구하고 그 기하학적 정교함을 의심하지 않았다. 클라비우스가 보기에는 코페르니쿠스의 태양중심설도 지구중심 모델처럼 동심원 수정구 체계를 사용했기 때문에 물리법칙을 위반하지 않았고 사실 해석의 문제일 뿐 성경에 위배된 것도 아니었다.⁶⁶⁾ 헤일브론은 클라비우스와 갈릴레오의 입장을 ‘작은 차이’로 해석한다.

코페르니쿠스의 계산은 정확한 예측을 할 수 있었다. [...] 클라비우스의 현실적인 천문학적 구조 이해는 동시대 젊은 학자들인 케플러와 갈릴레오의 견해와 완벽하게 일치했다. 다만 한 가지 작은 차이가 있었는데, 그들은 지구가 움직인다고 확신했고, 클라비우스는 지구가 정지상태라고 믿었다. 갈릴레오는 클라비우스가 생각을 바꾸도록 설득하고 싶었다.⁶⁷⁾

사실 당시 주요 천문학자들은 프톨레마이오스 체계가 너무 복잡하여 행성의 궤도운행을 이해하기 어려운 반면, 코페르니쿠스 체계는 매우 단순하여 공전운동을 훨씬 쉽게 계산할 수 있다는 것을 알고 있었다. 그러나 그들 대부분은 태양중심 모델의 도구적 편의성을 인정했지만 기하학적 가설로만 받아들이고 과학적 진리로 인정하지 않았다. 클라비우스도 금성의 위상변화를 발견한 갈릴레이의 망원경 관측을 확인한 후 지구중심 우주모델이 설명하는 물리적 실체에 의문을 제기하며 천문학자들이 새로운 발견에 비추어 이론을 수정해야 한다는 것을 인정했다.⁶⁸⁾ 그는 코페르니쿠스 체계의 일부 방법을 사용했는데 그 이유는 태양중심 모델이 지구중심 행성계의 주전원과 편심 구조 없이 훨씬 더 간단한 기하학으로 천체의 움직임을 설명했기 때문이다. 하지만 클라비우스는 그 번잡한 행성운동 궤적에도 불구하고 결코 천동설을 포기하지 않았고 천문학이 관측을 넘어 진정한 자연원리를 찾아야 한다고 주장했다. 수학과 천문학을 중시했던 그는 결국

66) cf. Lattis, *Clavius*, 지동설과 천동설 비교
catalogue.museogalileo.it/multimedia/CopernicanSystem.html

67) Heilbron, *The Sun in the Church* (1999), p.16.

68) Lattis, *Clavius*, pp.199-202.

신학적 우주론에 양보했는데 그것은 그가 평생 지향했던 프톨레마이오스 천문학과 자연철학을 통합하려는 목표 때문이었다.

결국 클라비우스는 편심과 주전원의 상세한 구조가 관측된 천문현상을 충분히 설명하며 아리스토텔레스 물리학의 모든 중요한 원칙을 충족하므로 천체운동에 대한 올바른 기술이라고 확신했다.⁶⁹⁾ 클라비우스는 프톨레마이오스식 행성배열이 유일한 가능성이 아니라는 것을 인정하면서도 천동설 체계를 반박하지 않았고 티코 브라헤의 절충모델도 받아들이지 않았다. 클라비우스 사후 갈릴레오가 단죄되고 코페르니쿠스의 책이 금서목록에 포함되면서 예수회는 교육에서 티코 체계를 대안으로 선호했고, 1620년대 이후 중국 선교에도 영향을 미쳤다.

클라비우스는 16세기 제2의 유클리드로 존경받는 수학 혁신가였지만, 중세 자연철학과 근대과학의 중간지점에서 활동한 과도기적 과학자였다. 클라비우스는 한 편으로 회의적이고 보수적인 아리스토텔레스 자연철학자인 니포(Agostino Nifo)같은 아베로에스주의자들을 논박했다. 다른 한편으로는 프톨레마이오스의 천동설을 옹호하고 코페르니쿠스의 태양중심설을 비판하면서 여러 대안적 우주론에 대해서도 반대했다. 아베로에스주의처럼 엄격한 아리스토텔레스 자연철학의 관점에서 볼 때, 수학은 물리학과는 달리 순수한 추상화 논리, 예를 들어 유클리드 원론에 정의된 플라톤적 이데아는 감각의 경험적 지식에 기반한 과학적 진리 밖에 있기 때문에 진정한 의미의 학문으로 간주되지 않았다. 그러나 클라비우스에 따르면 수학적 확실성은 다양한 해석이 가능한 자연철학의 불확실성보다 우월하다. 그의 고찰은 기하학에서 가장 명확하게 드러나는데, 우주 전체가 신의 기하학적 계획에 따라 창조되었기 때문에 자연현상을 설명하는 수학의 모든 응용 분야에도 적용될 수 있다.⁷⁰⁾ 따라서 클라비우스에게 기하학은 자연 세계의 구조와 작용에 대한 확실한 지식을 제공한다. 나중에 갈릴레오는 자연의

69) James Lattis, "Pre-Copernican Astronomy", in *The History of Science and Religion in the Western Tradition* (New York: Garland Publishing, 2000), p.379.

70) Lattis, *Clavius*, p.219.

책은 수학의 언어로 쓰여졌으며 그 문자는 삼각형, 원 및 기타 기하학적 도형이라고 말하면서 같은 논리를 전개했다.

클라비우스는 갈릴레오의 주장을 완전히 받아들일 준비가 되어 있지 않았지만 갈릴레오의 관측 중 일부의 정확성을 인정했다. 그 또한 목성의 위성들과 달 표면의 “거칠고 울퉁불퉁한” 모습을 “크게 놀라워하며” 관측했다. 당연히 그는 갈릴레오가 과학적 객관성을 바탕으로 연구를 계속할 수 있도록 격려했다. “여기 로마에서 우리는 [하늘]을 여러 번 바라보았고 매우 뚜렷하게 보았습니다. [...] 당신은 이것을 관찰한 최초의 사람으로서 큰 찬사를 받을 자격이 있습니다.”⁷¹⁾

클라비우스의 생애가 끝날 무렵에는 유서 깊은 프톨레마이오스 이론과 중세와 르네상스 시대의 고전문헌 전통이 모두 쓸모없게 되었다. 코페르니쿠스의 지동설, 갈릴레이의 천체운동 관측, 뉴턴의 만유인력에서 볼 수 있듯이 근대유럽의 물리학과 천문학은 이미 지구중심 자연철학을 뛰어넘고 있었다. 어떤 사람들에게 클라비우스는 새로운 시대 한가운데서 고대와 중세의 외딴 전초기지를 홀로 지키는 파수꾼처럼 보였을지도 모른다. 그는 천동설 시대의 마지막 중요한 천문학자였고, 그가 죽은 후 1,500년 동안 이어져 온 프톨레마이오스 전통은 점차 사라졌다. 그러나 천동설이 약해지기는 했지만 티코 및 준-티코semi-Tychonic 절충모델의 형태로 한동안 존속했다.

5. 맺음말: 코페르니쿠스와 갈릴레오 사이 신중한 과학교육자 클라비우스

클라비우스는 16세기 후반과 17세기 초 르네상스 후기에서 근대 초기로 넘어가는 과도기에 아리스토텔레스 자연철학의 쇠퇴와 수학적 근대과학의 발흥 사이의 역동적 변화 속에서 다작의 저술과 오랜 강의 경험을 통해

71) “Clavius to Galileo” (17 Dec 1610), CCC; R. Buonanno, *Il cielo sopra Roma* (2008), p.28.

예수회 과학교육의 초석을 다진 인물로 평가받는다. 그는 17세기 유럽 과학혁명이 절정에 이르기 직전 중세 천문학과 근대 수학의 절충적 결합을 시도했는데, 천체의 정지와 운동, 곧 사물의 상태와 변화를 기술하는 추상화의 도구로 수학을 내세워 아리스토텔레스 자연철학 체계 내에서 그 입지를 강화시켰다. 동시에 그는 기존 지식의 계층적 구조에 이의를 제기하여 자연의 진정한 구조를 선명하게 밝힐 수 있는 것은 수학이라고 확신했다. 클라비우스는 물질현상에 관한 물리학과 비물질적인 것에 관한 형이상학 사이에 수학의 자리를 정해줌으로써 이를 통해 전체 세계에 대한 참된 지식을 얻을 수 있음을 평생에 걸쳐 입증하고자 했다. 특히 그가 『천구론 *Sphaera*』과 『성반서 *Astrolabium*』에서 프톨레마이오스 우주론을 상세히 기술하며 수학기론으로 뒷받침하고자 한 시도는 오늘날의 관점에서 결국 실패했지만, 수십 년에 걸친 그의 강의와 저술은 수리천문학의 체계적인 기반을 마련하는 데 기여했다고 평가할 수 있다.

과학사에서는 클라비우스에 대한 상반된 입장이 있는데, 하나는 갈릴레오 논쟁에서 그가 공정했다고 보는 지나친 옹호론이고, 다른 하나는 그를 코페르니쿠스의 주요 반대자로 부각시켜 과도하게 비난하는 시각이다. 그러나 둘 다 한 가지 핵심 사실을 외면하고 있다. 갈릴레오가 태양중심설로 교회 당국으로부터 두 차례(1616년, 1633년) 단죄를 받았을 때 클라비우스는 이미 사망한(1612년) 후였다. 그렇다고 클라비우스를 코페르니쿠스 입장에 세우려는 시도 역시 설득력이 없다. 델리아는 『중국의 갈릴레오』에서 클라비우스가 결국 지동설을 지지했다고 결론지었는데,⁷²⁾ 이는 심각한 오류이다. 클라비우스는 평생 천동설을 철회한 적이 없다.

클라비우스는 신뢰성 높은 관측치·계산값·천체력의 출처로써 코페르니쿠스의 가치를 인정하면서도 지구 중심에서 태양 중심으로 바꾸는 그의 새롭고 단순한 발상보다 복잡하지만 여전히 기하학적으로 잘 들어맞는 프톨레마이오스 모델을 더 선호했다. 따라서 이 주제에 대해 그는 1581년 판 『천구론』 서문에서 수많은 관측 결과와 학자들의 공통된 의견이 태양중심설을 반박한다고 적었다.⁷³⁾ 클라비우스는 지구중심설을 증명하는 다양한

72) D'Elia, *Galileo in China* (1960), Chap 7; Lattis, *Clavius*, pp.222-23.

현상 관찰 결과와 함께 아리스토텔레스 물리학을 핵심 근거로 제시하며 성경 본문도 언급했다. 그러나 그는 성경구절을 인용하여 코페르니쿠스를 반박하지 않았고 지동설이 그리스도교 신앙에 위협이 된다고 주장한 적도 없다. 1611년 『천구론』 최종판에서 클라비우스는 티코 브라헤가 관측한 1570년·1600년·1604년의 신성과 1577년의 혜성 발견을 언급한다. 또한 1609년과 1610년에 갈릴레오가 망원경으로 관측한 금성의 위상변화와 목성의 위성 발견 사실을 확인하며 모든 천체가 지구 주위를 공전하는 것은 아니라는 것을 인정했다. 이런 현상들은 아리스토텔레스의 고정불변 천구론과 달리 다채롭고 역동적인 우주를 보여주고 있었으며 이에 클라비우스는 천체들의 궤도를 수정할 필요가 있다고 지적했다. 다만 그의 주장은 지구중심 체계의 개선이었지 태양중심 모델로의 전환이 아니었다.⁷³⁾

클라비우스의 핵심 공헌은 새로운 것을 발견하거나 발명했다기보다는 과학교육의 혁신, 특히 수학과 천문학 교육을 체계화한 것이다. 클라비우스는 갈릴레오가 자신에게 던진 질문들에 대해 보다 완전한 답을 줄 수 없었다고 솔직하게 고백하며, 자신의 지식이 그러한 추론과는 거리가 멀다는 것을 인정했다.⁷⁴⁾ 대신 그의 새로운 교수법과 수학기호 표기법은 여러 대학에 보급되어 근대 과학교육의 문을 열었다. 또한 클라비우스는 수학·천문학 분야에서 방대한 저술을 남겼는데 대부분 한 세기 가까이 유럽과 해외 교육현장에서 교재로 널리 보급되었다. 요컨대 클라비우스는 패러다임을 바꾼 독창적인 과학자라기보다는 패러다임 전환기의 신중한 과학교육자였다.

73) Agustín Udías, *Jesuit Contribution to Science* (2014), 7-8.

74) Ibid., 7-8.

75) Annibale Fantoli, *Galileo: for Copernicanism and for the Church*, 2nd ed. (Vatican Observatory, 1996), 53.

참고문헌

1차 문헌

클라비우스 원전 (약어)

CCC Baldini, Ugo ed., *Christoph Clavius Correspondenza*, 7 vols. (Pisa, 1992)

Sphaera Clavius, Christopher, *In Sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius*
(Commentary on the Sphere of Sacrobosco, 1570-1611)

Astrolabium *Christophori Clavii Bambergensis e Societate Iesu Astrolabium* (Roma, 1593)

기타 원문 자료

Copernicus, Nicolaus, *De revolutionibus orbium coelestium* (1543).

Gassendi, Pierre, “Viri illustris Nicolai Claudii Fabricii de Peresc Senatoris
Aquisextiensis vita,” in *Opera omnia*, t. V (Lyon, 1658; Stuttgart / Bad
Cannstatt, 1964).

Johannes de Sacro Bosco, *De Sphaera mundi*, 1195-1256 (manuscripts), 1485 (print).

Le opere di Galileo Galilei. Volume X (Carteggio, 1574-1610)

Lukács, Ladislaus, ed., *Monumenta Paedagogica Societatis Iesu*, vol. VII (IHSI, 1986):

“Modus quo disciplinae mathematicae in scholis Societatis possent promo-
veri” (1582)

“Ordo servandus in addiscendis disciplinis mathematicis” (1581),

2차 문헌

Baldini, Ugo, “Matteo Ricci nel Collegio Romano,” *Archivum Historicum Societatis Iesu*,
82 (2014): 115-164.

———, “The Academy of Mathematics,” in *Jesuit Science and the Republic of Letters*
(MIT Press, 2003), pp.47-98.

———, *Legem impone subactis. Studi su filosofia e scienza dei Gesuiti in Italia* (Bulzoni edi-
tore, 1992).

———, “Christoph Clavius and the Scientific Scene in Rome,” George V. Coyne,
ed., *Gregorian Reform of the Calendar* (Specola Vaticana, 1983), 137-169.

- Baldwin, Martha, "Pious Ambition: Natural Philosophy and the Jesuit Quest for the Patronage of Printed Books in the 17th Century," in *Jesuit Science and the Republic of Letters* (2003), pp.285-329.
- Borchers, Brian, "Prosthaphaeresis," *Journal of the Oughtred Society* 14 (2005)
- Buonanno, Roberto. *Il cielo sopra a Roma: i luoghi dell'astronomia* (Springer, 2007).
- Dear, Peter, *Discipline and Experience: The Mathematical Way in the Scientific Revolution* (The University of Chicago Press, 1995).
- D'Elia, Pasquale M. *Galileo in China: Relations Through the Roman College Between Galileo and the Jesuit Scientist-Missionaries (1610-1640)* (Harvard University, 1960).
- Duhem, Pierre, *To Save the Phenomena: An Essay on the Idea of Physical Theory from Plato to Galileo* (Midway Reprint Series, 2015).
- Dupré, Sven, *Galileo, The Telescope, and the Science of Optics in the Sixteenth Century* (Universiteit Gent, 2002)
- Dutarte, Philippe, *Les instruments de l'astronomie ancienne: De l'antiquité a la Renaissance* (Vuibert, 2006).
- Cajori, F. *A History of Mathematical Notations* (Dover, 1928, 1993, 2012)
- Fantoli, Annibale, *Galileo: for Copernicanism and for the Church*, 2nd ed. (Vatican Observatory, 1996).
- Gingerich, Owen, *The Book Nobody Read: Chasing the Revolutions of Nicolaus Copernicus* (William Heinemann, 2004); 장석봉 역, 『아무도 읽지 않은 책』(지식의숲, 2008)
- Grant, Edward, "The Partial Transformation of Medieval Cosmology by Jesuits in the Sixteenth and 17th Centuries," Mordechai Feingold, ed., *Jesuit Science and the Republic of Letters* (MIT Press, 2003), pp. 127-155
- Heilbron, John L. *The Sun in the Church: Cathedrals as Solar Observatories* (Harvard University Press, 1999).
- Kuhn, Thomas S. *The Structure of Scientific Revolutions*, 4th ed. (University of Chicago Press, 2012); 김명자·홍성욱 역, 『과학혁명의 구조』(까치글방, 2013), ebook.

- _____, 정동욱 역, 『코페르니쿠스 혁명: 행성 천문학과 서구 사상의 발전』
(지식을만드는지식, 2016)
- Lattis, James M. “Pre-Copernican Astronomy”, in *The History of Science and Religion in the Western Tradition* (New York: Garland Publishing, 2000),
- _____, *Between Copernicus and Galileo: Christoph Clavius and the Collapse of Ptolemaic Cosmology* (University of Chicago Press, 1994).
- Pantin, Isabelle, “Is Clavius worth reappraising? The impact of a Jesuit mathematical teacher on the eve of the astronomical revolution,” *Studies in History and Philosophy of Science*, vol.27, no.4 (1996), Essay Review: 593-8.
- Richards, E. G. *Mapping Time: The Calendar and its History* (Oxford, 1999).
- Sasaki, C. *Descartes's Mathematical Thought* (Springer, 2013)
- Spence, Jonathan, *The Memory Palace of Matteo Ricci* (Viking Penguin, 1983)
- Udías, Agustín, *Jesuit Contribution to Science: A History* (Springer, 2015).
- Wallace, William, *Galileo and His Sources* (Princeton University Press, 1984).
- Westman, Robert S. “The Copernicans and the Churches,” M. Hellyer, ed., *The Scientific Revolution: The Essential Readings* (Oxford: Blackwell, 2003), pp.44-71.

웹페이지 이미지와 동영상 참조 (이하 2023.10.30. 확인)

주전원·이심·대심 설명: catalogue.museogalileo.it/multimedia/PtolemaicSystem.html
지동설과 천동설 비교:

catalogue.museogalileo.it/multimedia/CopernicanSystem.html

구글지도 베드로 광장 확대 이미지

www.google-earth.es/foros/Europa/p71018-Meridiana-plaza-San-Pedro-Vaticano.html

La meridiana di San Petronio:

stelle.bo.astro.it/archivio/2005-anno-cassiniano/meridian_ing.htm

Sanzio, Raffaello, *Il Primo moto* (fresco, 1508), Stanza della Segnatura, Musei Vaticani
it.wikipedia.org/wiki/File:Stanza_della_Segnatura_-_Globo_celeste.png

Rusconi, Camillo (1658-1728), “Gregorian calendar,” *Inscription on the grave of Gregory*

XIII, St. Peter's Basilica, 1715–1723.

commons.wikimedia.org/wiki/File:Gregorianscher_Kalender_Petersdom.jpg

The Pen Man, “The History of Decimal Point” (14 Apr 2014):

arindambosehome.files.wordpress.com/2014/04/decimal.png

Tiffany Parks, “The Tower of Winds and the Gregorian Calendar,” May 10, 2010

www.tiffany-parks.com/blog/2010/05/10/the-tower-of-winds-and-the-gregorian-calendar

The Meridian Line in the Basilica of St. Mary of the Angels and of the Martyrs:

en.wikipedia.org/wiki/Santa_Maria_degli_Angeli_e_dei_Martiri#The_meridian_line

The Solstitial Gnomon in the Baptistry” in the exhibition *La Linea del Sole: le*

Grandi meridiane Fiorentine (Istituto e museo di storia della scienza, 2007)
brunelleschi.imss.fi.it/meridiane/esia.asp?c=23857&cxsl=1

Ximenes, Leonardo, *Del vecchio e nuovo gnomone fiorentino* (Florence 1756);

“The gnomon in the Cathedral of Santa Maria del Fiore” (2007)
brunelleschi.imss.fi.it/meridiane/esia.asp?c=23859&cxsl=1

Williamson, Gordon, “The Sun’s surprising movement across the sky,”

www.youtube.com/watch?v=Xm13Kq_Elik

Zuydwijk, Ted, “St. Peter's Square Vatican City,” (Rome, 1975)

stpetersbasilica.info/Docs/SPS/StPetersSquare.htm

〈Abstract〉

Clavius' contributions and limitations to the Gregorian calendar reform and modern science education

Lee, Jinhyon*

Christopher Clavius lived during a transitional period in the history of science, the transition from medieval natural philosophy to modern science in the late Renaissance, when the two periods overlapped each other. He was on the threshold of the Scientific Revolution, which began with the great astronomical discoveries by Copernicus and Galileo and led to a “paradigm shift” across European civilization. Most importantly, the discoveries in astronomy posed a serious challenge to the Church. In the face of these intellectual challenges, Clavius carefully weighed the discoveries. He remained committed to the Ptolemaic geocentric planetary system within the framework of Aristotelian natural philosophy, which reaffirmed the celestial system of an unmoving Earth at the center and the other planets in fixed orbits within a solid crystal sphere. In short, Clavius was not a leading figure of paradigm shift in the Scientific Revolution but a prudent mediator between tradition and innovation, and he was a key figure in the Gregorian calendar reform and a pioneer of modern science education.

Key words: Clavius, Ptolemy, Copernicus, Galileo, Collegio Romano, Gregorian calendar, *Sphaera*

* Assistant Professor, Graduate School of Theology, Sogang University
(jinhyonsj@gmail.com)

원고접수일: 2023. 10. 15.

심사마감일: 2023. 11. 10.

게재 확정일: 2023. 11. 11.