뉴턴의 통합적 자연관과 음악적 유비

원 준 식*

Ⅰ. 들어가는 말
Ⅱ. 피타고라스적 전통
  1. 음악과 과학
  2. 과학혁명기의 수용
Ⅲ. 뉴턴의 음악적 유비
  1. 스펙트럼-음계 유비
  2. 천구의 음악
Ⅳ. 맺는 말

Ⅰ. 들어가는 말

음악이 자연의 수학적 원리를 구현하고 있다는 믿음은 서양문화의 오랜 전통에 속한다. 피타고라스학파에서 유래된 이 전통에서 음악은 자연철학의 중요한

* 대전대학교 교수
이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음 (NRF-2014S1A5A8019551).
* DOI http://dx.doi.org/10.17527/JASA.45.0.01

www.kci.go.kr

주제였고, 과학의 한 분과로서 산술, 기하, 천문과 함께 4과(quadrivium)에 속해 있었다. 이는 과학혁명이 한창이던 17세기까지 이어지는데, 당시 과학자들에게도 음악은 중요한 탐구영역 중 하나였다. 그러나 음악에 대한 근대 과학자들의 접근은 예전과 달랐다. 그들은 새로운 과학사적 지평 위에 서 있었고, 과학적 정신과 방법으로 무장된 사람들이었다. 이들에 의해 전통적인 형이상학적 음악이론은 새로운 과학적 탐구와 결합되어 음악사와 과학사에서 의미 있는 진전을 이루어냈다.

음악에 관한 뉴턴의 탐구는 단편적인 사례들을 제외하고는 별로 알려지지 않았지만, 그렇다고 해서 그의 작업에서 음악이 차지하는 비중이 무시할 만한 것은 아니다. 음악사의 측면에서, 그는 음정들의 크기를 비교하기 위한 공통된 척도를 고안해 냄으로써 평균율의 수학적 토대를 마련했을 뿐만 아니라, 협화음 지각과 관련해서 당시의 지배적 이론이던 일치이론(coincidence theory)의 오류를 입증하기도 했다. 또한 과학사의 측면에서는, 소리 전파에 대한 수학적 분석 이외에도, 스펙트럼과 음계 사이의 유비나 만유인력 법칙과 관련해서 그의 사유에서 작용하는 음악적 차원을 확인할 수 있다.

뉴턴은 자연의 근원적인 수학적 구조가 존재한다고 믿었고, 그 추상적인 구조와 물리적 실재 사이의 관계를 탐구하는 것을 자신의 과제로 삼았다. 만유인력의 법칙은 바로 그 근원적인 수학적 구조에 속하는 것으로서, 뉴턴은 '천상계와 지상계 모두에서 동일한 방식으로 작용하는 힘'이라는 그 개념을 통해 케플러의 천문학과 갈릴레오의 역학을 통합하고 근대 과학혁명을 완성할 수 있었다. 이처럼 자연의 통일성과 그 통합적 성격에 대한 믿음은 뉴턴 사유의 중요한 특징으로, 그 이면에는 피타고라스 음악이론에 대한 그의 고유한 해석이 자리하고 있다. 따라서 이 논문에서는 피타고라스적 전통에 대한 뉴턴의 해석과 함께 음악적 유비들이 그의 과학적 탐구에서 갖는 의미를 조명해 보고자 한다.

www.kci.go.kr

Ⅱ. 피타고라스적 전통

1. 음악과 과학

협화음의 수학적 원리에 대한 피타고라스학파의 발견은 음악과 과학을 연결시킨 최초의 사례이자, 서양 음악이론의 출발점이다. 전해 내려오는 일화에 따르면, 피타고라스는 대장간 옆을 지나다가 망치질이 만들어내는 조화로운 소리를 듣고 '실험을 통해' 협화음의 비율을 발견했다고 한다. 망치들의 무게를 비교해서 그 무게의 비가 2:1일 때 옥타브, 3:2일 때 5도, 4:3일 때 4도 음정의 협화음이 생겨난다는 것을 발견했다는 것이다. 그리고 협화음을 산출하는 망치들의 무게(6, 8, 9, 12)와 똑같은 무게의 추를 현에 매달아 자신의 발견을 다시 확인하고, 이를 확장시켜 현의 길이, 파이프의 길이와 구경 등에서도 동일한 협화음의 비율을 확인했다는 것이다.[1)]

그러나 피타고라스의 이러한 '발견들'은 대부분 사실과 다르다. 유일한 진실은 현의 길이에 관한 것인데, 그 길이들이 2:1, 3:2, 4:3의 비를 이룰 때 각각 옥타브와 5도, 4도 음정의 협화음이 산출되는 것은 맞지만, 다른 경우들에서는 그렇지 않다. 예컨대 현에 매달린 추의 무게는 그의 발견처럼 단순비가 아니라 제곱비($1^2 : 2^2$, $2^2 : 3^2$, $3^2 : 4^2$)를 이룰 때 협화음을 산출하기 때문이다.[2)] 물론 이야기 자체의 신빙성에 의문을 제기할 수도 있겠지만, 그 진위여부에 관계없이 피타고라스가 현의 길이에 대해서만 진실인 그 비율들을 협화음 자체의 본질적인 수학적 관계로 생각한 것은 분명해 보인다.

여기서 협화음의 비율들이 처음 4개의 자연수 1, 2, 3, 4로 이루어진다는 것은 중요한 의미를 갖는다. 존재하는 모든 것의 원리가 수에 있다고 생각한 피타

1) G. H. Anderson, "Pythagoras Musicus", 『음악논단』 2집 (1985), 한양대학교 음악연구소 편, 75-106쪽 참조.

2) 뒤에서 다루겠지만, 이것은 16세기 말에 빈센초 갈릴레이(Vincenzo Galilei)에 의해 처음 밝혀졌고, 그 일화에 대한 뉴턴의 해석에서 매우 중요한 의미를 갖는다.

www.kci.go.kr

고라스학파에게, 그 수들은 4원소(물, 불, 공기, 흙)와 공간의 구성(점, 선, 면, 입체)을 상징할 뿐만 아니라 네 수가 합쳐져서 10이라는 높은 질서의 통일성을 이룬다는 점에서, 자연의 원리를 내포하고 있는 '신성한' 수로 간주되었다.[3] 따라서 협화음은 귀에 즐거움을 주기 때문에 조화로운 것이 아니라, 자연의 원리를 담고 있는 수적 관계에 근거하기 때문에 조화롭고 그래서 조화롭게 들리는 것으로 이해된 것이다. 결국 수가 협화음의 원인이 되는데, 이것이 피타고라스 음악이론의 수비학적인 특징이다.

음악이 우주의 조화를 반영하고 있다는 이런 생각에서, 피타고라스학파는 음악에서의 발견을 천상계의 운동에 적용했다. '천구의 음악(Music of the Spheres)' 혹은 '천구의 하모니(Harmony of the Spheres)'라는 개념은 천체들의 운동이 음악적 하모니의 원형이라는 생각을 함축하고 있는데, 그것은 단지 그 운동들이 '조화롭게 보인다'는 막연한 주장을 넘어 명백한 음악적 연관을 갖고 있었다. 그에 따르면, 지구를 중심으로 원운동을 하는 행성들의 속도와 간격(interval)이 음악에서의 음정(musical interval)들 특히 온음계의 음정들과 동일한 비례를 이룬다는 것이다.[4] 따라서 태양과 달을 포함한 7개의 행성들은 각기 자신의 고유한 운동에 따라 피타고라스 음계에 상응하는 음들을 산출함으로써, 지상의 음악처럼 조화로운 음악을 만들어 낸다는 것이다. '천구의 음악'에 대한 이러한 관념은 한편으로는 천체들의 조화로운 운동을 표현하고, 다른 한편으로는 피타고라스의 협화음 체계를 우주의 원리에 근거한 것으로 절대화하는 것이기도 한데, 그런 점에서 그것은 서양 음악이론의 출발점인 동시에 천문학의 출발점이었다.

피타고라스학파에게는 "우주 전체가 하모니이자 수"[5]였고, 음악은 그런 우

3) S. K. Heninger, "Some Renaissance Versions of the Pythagorean Tetrad", in: *Studies in the Renaissance*, Vol. 8 (1961), pp. 7-35 참조.

4) 플리니우스(Pliny the Elder)와 켄소리누스(Censorinus)의 기록에 따르면, 피타고라스는 행성들 사이의 거리를 음정으로 산정했다. Joscelyn Godwin (ed), *The Harmony of the Spheres: A Sourcebook of the Pythagorean Tradition in Music*, Rochester: Inner Traditions International, 1993, p. 8, pp. 44-45 참조.

5) Aristotle, *Metaphysics*, 『형이상학』, 조대호 옮김, 나남, 2012, 986a4.

www.kci.go.kr

주적 본질을 반영하고 있는 소우주(microcosm)로 이해되었다. 즉, 음악은 그 자체로 우주의 조화를 구현하고 있는 것으로, 천체 운동에 관한 탐구는 그런 음악에 대한 연구를 전제하고 있었다. 그런 점에서, 음악과 천문학은 일종의 자매학문으로 간주된 것이다.[6] 이것이, 피타고라스의 음악이론을 정리한 보에티우스(Boethius)가 음악을 천문학과 함께 4과에 포함시킨 이유이고, 또한 프톨레마이오스(Ptolemaios)와 케플러(J. Kepler)의 천문학이 음악이론과 결합된 이유이기도 하다.

2. 과학혁명기의 수용

협화음과 천구 음악에 관한 피타고라스학파의 이론은 중세를 거쳐 르네상스까지 이어지다가 과학혁명을 거치면서 각기 다른 방식으로 수용되었다. 새로운 시대의 실험 정신과 과학적 사고의 세례를 받은 갈릴레이 부자와 메르센은 협화음에 대한 실험적-과학적 탐구를 통해 그것이 지니고 있던 수-신비주의를 해체함으로써, 음악의 합리화 과정을 촉진시켰다. 이에 반해, 과학적 사고의 세례와 함께 신플라톤주의에 심취해 있던 케플러는 '천구의 음악' 교리가 지닌 신비주의를 과학적 방법을 통해 뒷받침하면서, 음악사와 과학사의 새로운 지평에서 그 교리를 재구성하고자 했다.

케플러는 천체 운동의 음악적 하모니에 대한 믿음을 공유하고 있었지만, 음악사와 과학사 모두에서 이전과는 다른 지평 위에 서 있었다. 음악사의 측면에서는, 다성음악(polyphony)의 발전과 함께 협화음 체계가 변했다는 점을 들 수 있다. 피타고라스 음계(Pythagorean scale)에서는 옥타브 이외에 5도와 4도 음정만이 협화음인데, 다성음악의 발전과 함께 3도와 6도 음정이 중요해지면서, 그 음정들을 모두 협화음으로 갖는 순정률(just intonation)로 대체된 것이다. 과학사의 측면에서는, 코페르니쿠스의 태양중심 천문학이 지구중심 천문학을 대체했다는 점이다. 태양중심 체계에서는 행성들의 배열과 운동이 지구중심 체계에서와 다르게

6) Plato, *Republic*,『국가, 정체』, 박종현 옮김, 서광사, 1997, 530d.

www.kci.go.kr

설정되기 때문에, 기존 체계에서 행성들의 거리와 속력에 근거하는 이론은 더 이상 유지될 수 없었다.

케플러는 새로운 태양중심 체계와 다성음악에 근거해서 '천구의 음악' 교리를 재구성하고자 했다. 천구 음악에 대한 확고한 믿음 속에서, 그는 "행성들이 태양을 하나의 초점으로 하는 타원궤도를 따라 공전한다"는 자신의 제1법칙이, 그러한 운동에서 표현되는 음악적 하모니를 발견함으로써 증명될 수 있다고 생각했다. 그는 행성운동의 다양한 관측결과들 속에서 순정률에 상응하는 비율을 찾으려 했고,[7] 결국 근일점(perihelion)과 원일점(aphelion)에서의 행성들의 각속도(angular velocity)에서 그 비율을 발견함으로써 천구의 음악 교리를 새롭게 구성할 수 있었다. 비록 이런 구상 자체는 지속적인 과학적 산물로 귀속되지 못했지만, 그 과정에서 발견된 행성운동 법칙들은 근대과학의 중요한 성과로 남았다.[8]

케플러가 피타고라스적 전통 속에서 사변적 음악이론을 고수하고 이를 과학적 관측결과와 결합시킨 데 반해, 갈릴레이 부자는 그로부터 벗어나 과학적 음악이론으로 나아갔다. 피타고라스가 협화음의 비율을 발견한 일화에서 처음으로 오류를 발견한 사람은 빈센초 갈릴레이(Vincenzo Galilei)였다. 그는 '실험을 통해' 현에 매달린 추의 무게가 2:1이 아니라 4:1(2^2:1^2)의 비를 이룰 때 옥타브가 산출된다는 것을 밝혀낸 것이다.[9] 이처럼 협화음이 단순비만이 아니라 제곱비를 통해서도 얻어진다는 사실은 협화음에서 수가 갖는 의미를 상대화시킨다. 즉, 이제 2:1은 옥타브의 '절대적인' 비율이 아니라 4:1과 마찬가지로 옥타브를 산출하는 '하나의' 비율일 뿐인데, 이것은 피타고라스 이론의 수-신비주의에 대한 치명적인

7) 순정률의 협화음 비율에는 2:1(옥타브), 3:2(5도), 4:3(4도)이외에, 5:4(장3도), 6:5(단3도), 5:3(장6도), 8:5(단6도)가 추가된다.

8) 원준식, 「근대 과학혁명과 천구의 음악」, 『미학・예술학연구』 41집 (2014), 한국미학예술학회, 185-212쪽 참조.

9) C. V. Palisca, "Scientific Empiricism in Musical Thought", in: *Seventeenth Century Science and the Arts*, ed. by H. H. Rhys, Princeton: Princeton Univ. Press, 1961, p. 128. 또한 V. Galilei, "A Special Discourse Concerning the Diversity of the Ratios of the Diapason", in: *The Florentine Camerata : Documentary Studies and Translations*, ed. & trans. by C. V. Palisca, New Haven: Yale Univ. Press, 1989, pp. 180-197 참조.

www.kci.go.kr

타격이었다.[10]

빈센초 갈릴레이의 발견은 그의 아들 갈릴레오(Galileo Galilei)와 메르센(Marin Mersenne) 등에 의해 보다 진전된 탐구로 이어졌다. 갈릴레오는 음파 개념을 통해 협화음을 소리의 진동이라는 물리적 현상으로 설명하고, 음정이나 음높이를 진동수의 문제로 환원시켰다. 예를 들면, 옥타브를 얻기 위해서는 현의 길이를 1/2로 만들거나, 장력을 4배로, 혹은 굵기를 1/4로 만들어야 하는데,[11] 이것은 모두 진동수를 2배로 만드는 방법이다. 결국 진동수가 2:1의 비를 이룰 때 옥타브가 산출되는 것인데, 그 비율은 물리적 현상의 수적 표현일 뿐, 예전처럼 신비로운 의미를 갖는 것은 아니다. 메르센은 체계적인 실험을 통해 갈릴레이의 발견들을 정식화했는데, '메르센의 법칙'으로 알려진 그 정식화는 다음과 같이 요약될 수 있다.

$$p \propto f \propto \frac{\sqrt{T}}{l \times \sqrt{w}}$$

즉, 메르센의 법칙에 따르면, 음높이(p)는 진동수(f)에 비례하는데, 진동수는 현의 길이(l)에 반비례하고, 장력(T)의 제곱근에 비례하며, 단위 길이 당 무게(w)의 제곱근에 반비례한다. 이로써 피타고라스의 발견에서 시작된 '진동하는 현과 음높이 사이의 관계'는 과학적으로 완성되고, 이제 소리에 대한 탐구는 형이상학적인 관념에서 벗어나 합리적인 음향과학으로 나아갔다.

10) 원준식, 「근대 과학혁명과 음악의 합리화」, 『미학・예술학연구』 37집 (2013), 한국미학예술학회, 125-157쪽 참조.

11) G. Galilei, *Two New Sciences: Including Centers of Gravity and Force of Percussion*, trans. by S. Drake, Madison: Wisconsin Univ. Press, 1974, p. 101. 여기서 굵기는 단면의 넓이를 의미하는데, 이 조건은 뒤에 무게로 정정된다.

www.kci.go.kr

III. 뉴턴의 음악적 유비

1. 스펙트럼-음계 유비

빛에 관한 초기의 연구에서, 뉴턴의 가장 중요한 발견은 백색광이 프리즘에 의해 일련의 상이한 색채들로 분리된다는 것이었다. 그는 이러한 색채들이 프리즘을 통해 광선이 굴절되는 각도와 관련되어 있다고 생각했고, 이를 탄성충돌의 법칙들로 환원시키는 수학적 이론을 발전시키고자 했다. 그는 소리와 마찬가지로 색채의 지각도 감각기관에 전달되는 물질적 운동에 의해 산출된다고 가정했지만, 파동에 의해 전달되는 소리와는 달리 빛은 발광체로부터 방출되는 미세한 입자들로 구성되어 있다고 생각했다.[12] 이제 그 입자들이 어떤 속성을 갖고 있으며 어떻게 움직이는지, 그리고 왜 그 운동에 의해 색채 지각이 산출되는지가 문제였다. 그런데 반사나 굴절 같은 현상들은 입자들의 탄성충돌로 설명할 수 있었지만, 회절이나 간섭 같은 현상들은 그렇지 못했다. 이에 뉴턴은 '에테르(ether)' 개념을 도입해서 입자론과 결합시킴으로써, 빛을 입자로 간주하면서도 파동 같은 속성들을 설명할 수 있었다.

『빛의 가설 Hypothesis of Light』(1675)에서 모든 광학적 현상은 빛 입자와 에테르 사이의 상호작용으로 설명된다. 예를 들면, 빛 입자들이 에테르를 통과할 때 그 운동방향은 에테르의 밀도에 따라 결정되는데, 이것이 반사와 굴절을 설명한다. 또한 빛 입자들은 그 크기와 강도, 활력 등에 따라 에테르 안에서 다양한 크기의 진동을 일으키는데, 이것이 색채의 감각을 설명한다.[13] 즉, 소리의 지각이 진동하는 물체에 의해 발생하는 공기의 진동이 고막에 전달됨으로써 이루어지는 것처럼, 색채의 지각은 빛 입자들에 의해 발생한 에테르의 진동이 시신경 안에서

12) P. Gouk, "Newton and Music: From the Microcosm to the Macrocosm", in: *International Studies in the Philosophy of Science*, vol. 1, no. 1 (1986), pp. 44-46.

13) P. Gouk, 앞의 논문, p. 47 & "Issac Newton: Pythagorean Magus", in: *Music, Science and Natural Magic in Seventeenth-Century England*, New Haven and London: Yale Univ. Press, 1999, pp. 242-243.

www.kci.go.kr

그에 상응하는 진동을 일으킴으로써 이루어진다는 것이다. 이처럼 뉴턴에게 있어서, 소리는 파동이고 빛은 입자로 간주되기는 하지만, 그에 대한 지각들은 모두 진동에 의해 산출되는 것으로 이해된다. 그런 점에서, 소리의 지각과 색채의 지각 사이의 유비가 가능해진다.

> 소리들의 하모니와 불협화음이 공기의 진동들의 비율에 기인하듯이, 황금색과 파란색 같은 색채들의 하모니와 붉은색과 파란색 같은 색채들의 부조화는 에테르의 진동들의 비율에 기인한다. 그리고 색채는, 8도 내의 소리가 음들로 구분되는 것과 동일한 근거에서, 빨강, 주황, 노랑, 초록, 파랑, 남색, 진한 보라의 주요 색채들로 구별될 수 있을 것이다.[14]

여기서 음악적 소리와 색채 사이의 관계는 단순히 색채 지각을 비유적으로 설명하기 위해 도입된 것이 아니라, 양자 사이의 근원적인 유사성을 가정하고 있다. 뉴턴은 협화음의 하모니와 색채들의 하모니 모두 진동수의 조화로운 비율에 근거한다고 전제하고, 이에 따라 색채 스펙트럼과 음악적 음계 사이의 명확한 대응관계가 존재한다고 생각했다. 그는 『빛의 가설』에서, 동료에게 스펙트럼을 가장 뚜렷한 색채들로 구분하도록 한 뒤, 그 분할이 음악에서의 옥타브 분할에 상응한다는 것을 발견한 과정을 설명한다.[15] 여기서 스펙트럼의 7개 색채는 실험에 의해 객관적으로 확인된 것으로 제시된다.

페넬로페 고욱(Penelope Gouk)은 그 실험의 객관성에 의문을 제기하면서, 처음부터 "7개 색채로 구분하라"고 요청했을 것으로 추정한다. 그녀는, 그의 초기 연구에서 스펙트럼이 항상 5개의 주요 색채들로 기술되었고, 사후에 출판된 『광학강의 Optical Lectures』(1672)에서는 '그 이미지를 보다 우아한 비례를 갖는 부분들로 나누기 위해' 5개의 주요 색채들에 주황색과 남색을 추가했다는 점을 지

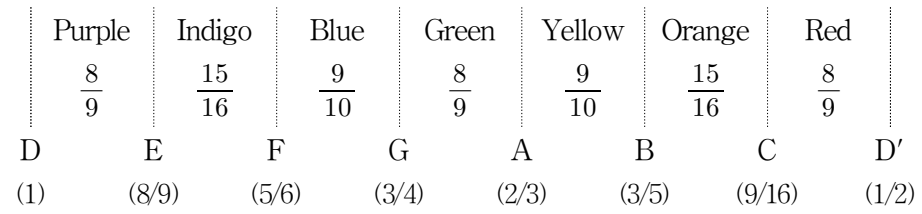
14) Newton, *Correspondence*, Ⅰ, p. 376, N. Guicciardini, "The Role of Musical Analogies in Newton's Optical and Cosmological Work", in: *Journal of the History of Ideas*, vol. 74 (2013), pp, 53-54에서 재인용.

15) P. Gouk, "Newton and Music", p. 48.

www.kci.go.kr

적한다. 그 결과, “색채들에 의해 점유된 이미지의 부분들이, 마치 옥타브의 음들을 하나하나 소리 내게끔 분할된 현에 비례하는 것처럼 나타난다”는 것을 발견했다는 것이다.[16] 결국 스펙트럼의 7개 색채는 객관적인 관찰의 결과라기보다 음악적 유비에 의해 결정된 것이라고 할 수 있다.

『광학강의』와 『빛의 가설』에서, 그리고 후에 『광학 Opticks』(1704)에서도, 뉴턴은 스펙트럼에 일치하는 음계로 순정률에 따른 도리안 선법(Dorian mode)을 제시했다.[17] 그것은 D부터 D′까지 온음과 반음이 $\frac{8}{9}$, $\frac{15}{16}$, $\frac{9}{10}$, $\frac{8}{9}$, $\frac{9}{10}$, $\frac{15}{16}$, $\frac{8}{9}$ 순으로 배열되어 회문(palindrome) 형태를 이루는 음계로서, 수학적으로 완벽하게 대칭적이다. 그리고 이 때 각 음들의 음정비는 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$ 이 된다. 순정률은 2가지의 온음(8/9, 9/10)을 갖는데다 온음과 반음을 배열하는 방법이 다양하기 때문에, 음계를 구성하는 데 있어 여러 가지 가능성이 존재한다. 뉴턴은 케임브리지대학 재학시절에도 옥타브 분할을 연구하면서, 온음과 반음이 대칭적으로 배열된 음계가 수학적으로 ‘우아한’, 이상적인 음계라고 생각했다.[18] 그리고 이제 스펙트럼의 음악적 유비에서도 수학적 대칭성에 대한 그의 열망을 확인할 수 있다.



[그림 1] 뉴턴의 색채 음계

16) P. Gouk, “Newton and Music”, pp. 47-48 & “Issac Newton: Pythagorean Magus”, pp. 243-244.

17) 『광학강의』에서는 도리안 선법과 함께 평균율에 대해서도 거의 보이지 않을 정도의 오차만을 산출한다고 인정하지만, 『빛의 가설』이나 『광학』에서는 도리안 선법만을 제시한다.

18) P. Gouk, “Newton and Music”, pp. 41-44 & “Issac Newton: Pythagorean Magus”, pp. 233-237 참조.

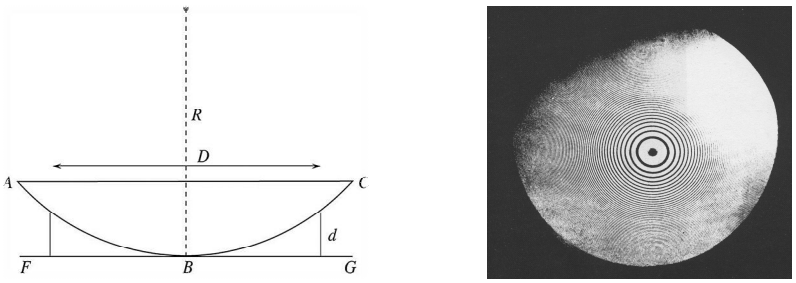
www.kci.go.kr

오늘날의 관점에서 보면, 스펙트럼과 음계의 이런 대응에는 기본적인 오류가 있다. 음계에서는 D에서 D′으로 가면서 소리의 주파수가 높아지는 데 반해, 스펙트럼에서는 보라색에서 빨간색으로 진행할수록 빛의 주파수가 낮아지기 때문이다. 그러나 이것이 치명적인 문제는 아니다. 뉴턴이 실험을 통해 이 유비를 구성할 때 근거했던 것은 빛의 진동수가 아니라 스펙트럼 상에 나타난 색채들의 길이였고, 각각의 길이에 대응되는 음정들이 회문 형태로 배열되어 있어서 D에서 D′까지의 음의 진행이 반대 방향으로 바뀔 수 있기 때문이다. 그런 점에서 그 오류는 이해될 수 있고, 또한 수정될 수 있는 것이다. 빛에 관련해서 입자론을 견지했던 뉴턴에게 오늘날의 주파수 개념은 존재하지 않았다. 색채의 지각이 에테르 진동에 의한 것으로 설명되기는 했지만, 그것은 수학적으로 표현되지 않았다. 그럼에도 그는 음악적 유비에 근거해서, 스펙트럼의 양 극단인 바깥쪽 빨간색과 보라색 사이에 옥타브에 해당하는 2:1의 관계가 성립한다고 생각했다.[19]

뉴턴이 스펙트럼의 수학적 관계를 확인할 수 있었던 것은 뉴턴링(Newton′s rings)이라고 불리는 빛의 간섭현상에 관한 실험을 통해서였다. [그림 2]에서처럼 평평한 유리 위에 구면 렌즈를 올려놓는 방식으로 두 종류의 유리 사이에 얇은 공기층을 만든 다음, 위에서 빛을 비추면 구면렌즈에서 반사된 빛과 평판유리에서 반사된 빛이 간섭을 일으켜 동심원의 무늬들이 나타난다. 이 때 백색광을 비추면 색채 무늬들이 생기고, 단색광을 비추면 그림에서처럼 선명하게 구분되는 무늬들이 나타난다. 이 실험을 통해, 뉴턴은 공기층의 두께 d가 에테르 진동의 펄스 길이(혹은 파장)의 정수배일 때 원무늬가 형성된다는 결론에 도달함으로써, 스펙트럼 색채들의 파장을 수학적으로 연역해 낼 수 있었다.

19) 1672년에 쓴 가설 초안에서 뉴턴은 “가장 진한 빨간색을 산출하는 진동들이 가장 진한 보라색을 산출하는 진동들과 2:1의 관계를 갖는다고 가정한다”고 기술했다. N. Guicciardini, 앞의 논문, p. 54 참조.

www.kci.go.kr



[그림 2] 뉴턴링(Newton's Rings)

그러나 실험 결과는 뉴턴의 예상에 들어맞지 않았다. 진한 빨간색과 보라색에 상응하는 공기층의 두께를 각각 d_1, d_2라고 할 때, $d_1 : d_2$는 2:1이 아니라 14:9로 나타난 것이다. 이런 결과는 스펙트럼과 음계 사이의 유비를 손상시킨다. 그가 초기의 실험에서 발견한 것은, 스펙트럼에서 색채들의 길이들 사이의 관계가 도리안 선법의 음정들 사이의 관계와 일치한다는 것이지, 그 자체로 색채들의 길이가 각각 온음이나 반음에 일치한다는 것은 아니었다. 스펙트럼의 전체 길이가 옥타브에 해당하는 $\frac{1}{2}(=\frac{8}{9}\times\frac{15}{16}\times\frac{9}{10}\times\frac{8}{9}\times\frac{9}{10}\times\frac{15}{16}\times\frac{8}{9})$에 대응하는 것으로 전제함으로써, 그 길이들에 음계의 음정들이 대응될 수 있었던 것이다. 따라서 스펙트럼의 양 극단의 관계가 2:1이 아닌 14:9라면, 그 음악적 유비는 성립할 수 없다. 여기서 뉴턴은 원무늬 간섭현상에 관한 실험결과를 재해석한다.

> 그러나 7개의 색채들(빨강, 주황, 노랑, 초록, 파랑, 남색, 보라의 순서로)의 경계에 의해 원무늬들이 성공적으로 만들어지는 지점에서, 유리들 사이의 공기층의 두께들이 서로, 옥타브 내의 음들이 소리 나게 만드는 현의 8개 길이들의 제곱의 세제곱근의 관계를 갖는다고 말하는 것이 관찰에 잘 맞는다. […] 즉, 1, 8/9, 5/6, 3/4, 2/3, 3/5, 9/16, 1/2 의 제곱의 세제곱근의 관계를 이룬다.[20]

20) I. Newton, *Opticks: or, A treatise of the reflections, refractions, inflections & colours of light*, New York: Dover Publication, 1952, p. 465.

www.kci.go.kr

이제 뉴턴은 색채 스펙트럼에 도리안 선법을 직접 대응시키는 대신, '제곱의 세제곱근'을 통해 그 유비를 새로운 방식으로 재구성한다. 이에 따르면, 옥타브에 해당하는 1/2의 제곱의 세제곱근은 $\sqrt[3]{(\frac{1}{2})^2} \fallingdotseq 0.63$인데, 이 값은 진한 빨간색과 보라색에 상응하는 공기층의 두께 d_1, d_2의 비율 $\frac{d_2}{d_1} = \frac{9}{14} \fallingdotseq 0.64$에 근접할 뿐만 아니라, 오늘날의 표현으로, 진한 빨간색과 보라색의 파장인 650nm와 400nm의 비율 $\frac{400}{650} \fallingdotseq 0.62$에도 부합된다고 할 수 있다. 이처럼 뉴턴은 '제곱의 세제곱근'이라는 수학적 조작을 통해 스펙트럼과 음계 사이의 유비를 유지했지만, 그 조작이 의미하는 바에 대해서는 명확히 설명하지 않았다.[21]

색채 스펙트럼과 음계 사이의 유비는 결국 완성되지 못했다. 초기에 제시된 양자 사이의 직접적인 관계는 과학적 관찰에 부합되지 않았고, '제곱의 세제곱근'을 통한 수학적 조작은 관찰에는 부합되지만 그 근거에 대해서는 납득할 만한 과학적 설명을 제공하지 못했다. 그럼에도 불구하고 뉴턴은 그 유비에 대한 신념을 끝까지 유지했는데, '제곱의 세제곱근'을 통해 수정되기는 했지만, 음악적 유비와 관련해서 초기에 제시했던 논의들은 『광학』(1704)에서도 그대로 반복된다.[22] 스펙트럼-음계 유비에 대한 이런 지속적인 관심은 자연의 통일성에 대한 그의 믿음을 특징짓는데, 역학과 관련해서는 보다 완성된 형태의 음악적 유비가 제시된다.

2. 천구의 음악

1687년에 뉴턴은 근대과학의 기념비적 저서인 『자연철학의 수학적 원리

21) 피터 페식(Peter Pesic)은 뉴턴의 재해석이 행성들의 공전주기(T)에 관한 케플러의 제3법칙($\sqrt[3]{T^2} = cd$)을 염두에 두고 있다고 주장하면서 그것을 행성운동에 대한 유비로 확장한다. P. Pesic, "Isaac Newton and the mystery of the major sixth: a transcription of his manuscript 'Of Musick' with commentary", in: *Interdisciplinary Science Reviews*, vol. 31, issue 4 (2006), p. 297. 그러나 뉴턴이 음악적 유비에서의 '제곱의 세제곱근'과 케플러의 제3법칙 사이의 어떤 관계도 언급하지 않았다는 점에서, 페식의 해석은 근거가 부족하다.

22) I. Newton, 같은 책, p. 440, p. 519 등.

www.kci.go.kr

(Philosophiae Naturalis Principia Mathematica)』를 출판했다. 일명 『프린키피아』라고 불리는 이 책에서, 그는 '거리의 제곱에 반비례하는 힘'의 개념을 도입해서 이 힘이 행성들의 궤도운동뿐만 아니라 물체의 자유낙하운동을 야기하는 원인이라는 것을 수학적으로 증명했다. 이것은 하나의 단일한 역학체계 속에 천상계와 지상계의 운동을 모두 포섭하는 것으로, 아리스토텔레스적 자연철학이 전제하고 있던 두 가지 구분, 즉 완전한 천상계와 불완전한 지상계, 사물의 본성에 의한 자연운동과 외부 원인에 의한 강제운동 사이의 구분을 해체하는 것이었다. 이로써 그는 코페르니쿠스에서 시작되어 케플러와 갈릴레오를 통해 전개된 천문학 혁명을 완성하고 수학화된 과학의 모델로서 고전역학의 성공을 입증했다.

『프린키피아』 초판을 발행한 후, 뉴턴은 재판을 준비하면서 그에 덧붙일 주해를 작성했다. '고전주해(classical scholia)'라고 불리는 이 주해는 Ⅲ권의 명제 Ⅳ-Ⅸ에 대한 일련의 주해들로 구성되어 있는데, 그 안에는 피타고라스 음악이론에 대한 뉴턴의 고유한 해석이 들어 있다. 그에 따르면, 피타고라스를 비롯한 고대의 현자들은 만유인력을 포함한 자연법칙들을 알고 있었지만, 이를 음악적 유비 속에 감추고 다양한 알레고리를 통해 드러냈다는 것이다. '천구의 음악'도 그 중 하나인데, "중력이 거리의 제곱에 반비례한다"고 진술하는 명제 Ⅷ[23]에 대한 주해에서, 그는 '천구의 음악'을 이 역제곱 법칙에 대한 알레고리로 해석한다.

> 행성들로부터 멀어짐에 따라 중력이 어떤 비율로 감소하는지에 대해 고대인들은 충분히 설명하지 않았다. 그들은 천구들의 하모니를 통해, 즉 태양과 나머지 6개의 행성들(수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성)을 7현금을 지닌 아폴론으로 묘사하고 천구들의 간격을 음정으로 측정함으로써, 그 비율을 암시한 것으로 보인다.[24]

---

23) I. Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, tran. by Andrew Motte, New York: Daniel Adee, 1846, pp. 398-399.

24) I. Newton, "Newton's *Scholia* form David Gregory's Estate on the Propositons Ⅳ through Ⅸ Book Ⅲ of his *Principia*", trans. by Volkmar Schüller, in: W. Lefevre (ed.), *Between Leibniz, Newton, and Kant: philosophy and science in the eighteenth century*, Boston: Kluwer Academic Publishers (2001), Appendix Ⅰ, p. 235.

www.kci.go.kr

이를 논증하기 위해, 뉴턴은 피타고라스의 일화를 인용해서 그가 양의 내장이나 황소의 힘줄에 다양한 무게의 추를 매달아 실험을 했다는 점을 상기시키고, 그로부터 협화음을 산출하는 올바른 수적 관계를 알아내고 더 나아가 천체 하모니의 참된 비율을 깨달은 것이 확실하다고 주장한다. 그에 따르면, 피타고라스는 일화에서의 실험을 통해 현에 매달린 추의 무게 즉 현의 장력은 같은 음을 내는 현 길이의 제곱에 반비례한다는 것을 발견했으며, "이 실험에 의해 발견된 비율을 천체에 적용하고, 결국 추의 무게들을 행성들의 무게와, 현들의 길이를 행성들의 거리와 비교함으로써, 태양을 향한 행성들의 무게 즉 중력이 태양으로부터의 거리의 제곱에 반비례한다는 것을 천체의 하모니를 통해 깨닫게 되었다."[25] 그리고 중력이론에 관한 이런 발견을 세속적인 사람들에게 감추기 위해, 정작 행성들에 대해서는 그 간격들을 음악적 음정들로 산정하면서 마치 그것들이 회전하면서 소리를 내는 것처럼 가르치는 한편,[26] 그 일화에서 보듯 협화음에 관한 부정확한 진술을 통해 그 신적 지혜를 암시하고 있다는 것이다.

앞서 보았듯이, 일화를 통해 전해진 피타고라스의 발견은 협화음을 이루는 추의 무게의 비가 단순비(1:2, 2:3, 3:4)라는 것이었다. 그리고 빈센초 갈릴레이는 실험을 통해 그 비율이 단순비가 아닌 제곱비($1^2 : 2^2$, $2^2 : 3^2$, $3^2 : 4^2$)라는 것을 보임으로써, 그것이 오류임을 밝혀냈다. 이에 반해, 뉴턴은 그것을 피타고라스가 오류를 범한 것이 아니라, 자신의 발견을 의도적으로 숨긴 것으로 해석한다. 그에 따르면, 이러한 은폐는 훗날 진정한 자연철학자를 위해 예비된 것으로, 피타고라스는 그 자연철학자가 실험을 통해 그 이야기를 검증해서 무게의 비가 제곱비라는 것을 발견할 것이라고 가정하고, 그렇게 되면 그 이야기가 단순히 음악적 비율에 관한 이야기가 아니라 '천구의 음악' 속에 감춰진 진리를 내포하고 있다는 것, 즉 중력의 역제곱 법칙을 설명하고 있다는 것을 깨닫게 되리라고 생각했다는 것이다.[27] 여기서 진정한 자연철학자는 결국 뉴턴 자신일 텐데, 이러한 해석을 통

25) 같은 책, p. 237, p. 239.

26) 같은 책, p. 237.

27) P. Gouk, "Newton and Music", p. 53.

www.kci.go.kr

해 그는 자신의 만유인력 법칙을 오랫동안 숨겨져 있던 참된 '천구의 하모니'를 다시 발견한 것으로 간주한 것이다.

'천구의 음악'은 천체 운동에 대한 음악적 모델로서, 행성들의 운동과 현의 진동 사이의 유비에 근거한다. 피타고라스학파의 모델은 행성들 사이의 거리(혹은 거리의 비)를 현의 진동에 의해 산출되는 음정에 대응시켰고, 케플러의 모델은 행성들의 각속도의 비와 음정 사이의 유비에 그 토대를 두고 있었다. 이에 반해, 뉴턴은 태양과 행성 사이의 거리를 현의 길이에, 그리고 태양을 향한 행성의 무게 즉 중력을 현에 매달린 추의 무게에 대응시키는데, 이를 긴 현에 의해 태양에 묶여 있는 행성들의 모습으로 그려볼 수도 있을 것이다.[28] 그런데 여기서 거리-길이, 중력-장력의 대응관계보다 더 중요한 것은, 중력과 거리 사이의 관계와 장력과 길이 사이의 관계라는 두 관계 사이의 유비다. 그런 점에서 그의 모델은 '중력 법칙의 음악적 모델'이라고 할 수 있으며, 따라서 만유인력 법칙과 메르센의 법칙 사이의 유비로 환원될 수 있다.

주지하다시피, 만유인력은 물체들 사이에 작용하는 보편적인 인력으로, 그 크기(F)는 물체들의 질량(m, M)에 비례하고 거리(R)의 제곱에 반비례한다. 그리고 고전주해가 대상으로 하는 Ⅲ권의 명제 Ⅳ-Ⅸ가 행성들의 운동과 관련해서 논구하고 있는 것도 바로 이런 원리들이다.

$$F = G\frac{mM}{R^2} \ (G\text{는 만유인력 상수})$$

메르센의 법칙은 음높이를 결정하는 세 가지 요인을 기술하고 있지만, 동일한 현을 가정해서 단위 길이 당 무게를 일정하게 만들면, 현의 길이와 장력의 관계로 요약될 수 있다. 이 때 음높이(p)는 현의 길이(l)에 반비례하고 현의 장력

28) 이와 관련해서 뉴턴은 고대인들이 천체 운동을 아폴론의 7현금에 비유하고, 태양을 목성의 감옥이라고 불렀다는 점을 상기시킨다. I. Newton, "Newton's *Scholia*", p. 235, p. 239, p. 241.

www.kci.go.kr

(T)의 제곱근에 비례하는데, 현의 길이가 2배가 되면 음높이는 한 옥타브 내려가고, 현의 장력이 4배가 되면 음높이는 한 옥타브 올라가는 것이다.

$$p = k\frac{\sqrt{T}}{l}\ (k\text{는 상수})$$

뉴턴의 모델은 현의 장력(T)과 현 길이(l)의 관계를 태양과 행성 사이의 중력(F)과 거리(R)의 관계로 환원시키는 것으로, 중력(F)이 거리(R)의 제곱에 반비례하듯이, 현의 장력(T)이 현 길이(l)의 제곱에 반비례한다는 점에 근거하고 있다. 뉴턴은 이 유비를 논구하면서, "일반적으로 굵기가 동일한 두 현이 그에 매달린 추들에 의해 당겨질 때, 그 **무게들이 현의 길이의 제곱에 반비례하면 같은 음이 산출된다**"[29]고 말한다. 그런데 티토 토니에티(Tito M. Tonietti)의 지적처럼, 이 구절은 그 자체로 보면 잘못된 것이다. 동일한 두 현이 같은 음을 산출하려면, 그에 매달린 추의 무게가 현의 길이의 제곱에 반비례하는 것이 아니라 비례해야 하기 때문이다. 현의 길이가 2배가 되면 음은 한 옥타브 낮아지기 때문에, 처음과 같은 음이 되려면 4배의 추를 매달아 음을 한 옥타브 높여야 하는 것이다. 이것은 두 현에 대해서도 마찬가진데, 현 A의 길이가 현 B의 길이의 2배라면 현 A의 음이 현 B의 음보다 한 옥타브 낮기 때문에, 이를 만회하기 위해서는 현 A의 장력이 현 B의 장력의 4배가 되어야 한다.

$$T = (\frac{p}{k})^2 \times l^2\ (p, k\text{는 상수})$$

이 식은 메르센의 법칙을 장력 T에 대해 정리한 것으로, 같은 음이 산출되는 경우에는 음높이 p가 일정하기 때문에, 현의 장력 T는 현의 길이 l의 제곱에

29) I. Newton, "Newton's *Scholia*", p. 235.

www.kci.go.kr

비례한다는 것을 보여준다. 이것이 토니에티가 수학적 논증을 통해 보이고자 했던 내용이다. 그는 뉴턴의 모델이 근본적인 오류에 근거하고 있으며, 따라서 '중력의 음악적 모델'로 적합하지 않다고 단언한다. 그리고 그 오류가 단순한 실수에서 비롯된 것이 아니라, 그런 오류를 감수할 만큼 '천구의 음악'에 대한 뉴턴의 신념이 강했기 때문이라고 추정한다.[30] 니꼴로 귀치아르디니(Niccolò Guicciardini)는 뉴턴의 진술이 잘못된 것이라고 단정하면서, 그 진술보다는 그 직전에 뉴턴이 제시한 사례들에서 의미를 찾으려고 한다. 그리고 뉴턴의 유비가 형이상학적인 역할만을 부여받았기 때문에, 문자 그대로 받아들여 엄격한 수학적 해석에 귀속시키지 말 것을 제안한다.[31]

토니에티의 지적처럼, 뉴턴이 이런 어이없는 실수를 했다고 생각하기는 힘들다. 그렇다고 해서, 중력법칙의 음악적 모델을 만들기 위해 그런 오류를 감수했다는 추정을 그대로 수용하기도 어렵다. 또한 명백히 수학적인 진술에 대해 적절한 수학적 분석 없이 막연한 의미로 받아들이는 것도 좋은 방법은 아닐 것이다. 따라서 이 문제와 관련해서 뉴턴의 진술을 좀 더 길게 인용할 필요가 있다.

> 이런 상징을 통해, 그들은 태양이 — 동일한 장력이 서로 다른 길이의 현들에 작용하는 비율인 — 거리의 제곱에 반비례하는 비율로 행성들에 힘을 가한다는 것을 지적했다. 왜냐하면, 동일한 장력이 서로 다른 길이의 동일한 현에 작용하는 힘은 현 길이의 제곱에 반비례하기 때문이다. 동일한 장력이 길이가 1/2인 현에 대해서는 4배 더 강력하게 작용하는데, 왜냐하면 그것은 옥타브를 산출하고, 옥타브는 4배의 힘에 의해 산출되기 때문이다. 마찬가지로 어떤 현이 특정한 무게의 추에 의해 당겨질 때 특정한 음이 산출된다면, 같은 장력이 길이가 1/3인 현에 작용할 때는 9배의 힘을 행사하는 것이다. 이것은 12도를 산출하는데, 특정한 무게에 의해 당겨져서 특정한 음을 산출하는 현이 12도를 산출하기 위해서는 9배의 무게로 당겨져야

30) T. M. Tonietti, "Does Newton's Musical Model of Gravitation Work? – A Mistake and Its Meaning", in: *Centaurus*, vol. 42 (2000), pp. 135-149.

31) N. Guicciardini, 앞의 논문, pp. 64-65.

www.kci.go.kr

> 하는 것이다. 일반적으로 굵기가 동일한 두 현이 그에 매달린 추들에 의해 당겨질 때, 그 무게들이 현의 길이의 제곱에 반비례하면 같은 음이 산출된다. 비록 이 논증이 미묘하기는 하지만, 고대인들에게는 알려져 있었다.[32]

인용문의 첫 부분에서, 뉴턴은 중력의 관계를 장력의 관계에 비유하면서, '동일한 장력이 서로 다른 길이의 현들에 작용하는 힘'이 현 길이의 제곱에 반비례한다고 말한다. 그리고 사례들을 통해 그 '힘'이 음높이의 변화를 초래하는 효력을 의미한다는 것을 보여준다. 즉, 현의 길이를 1/2로 줄이는 것은 장력을 그 제곱의 역수인 4배로 만드는 것과 같은 결과인 옥타브를 산출한다는 것이다. 사실상 이것은 옥타브를 산출하기 위해서는 현의 길이를 1/2로 줄이거나 장력을 4배로 만들어야 한다는 평범한 진술과 다르지 않다. 그런데 여기서 중요한 것은 현의 길이와 장력이 동시에 변하면 안 된다는 점이다. 즉, 옥타브를 산출하기 위해서는 장력을 고정시킨 채 현의 길이를 1/2로 줄이거나, 현의 길이를 고정시킨 채 장력을 4배로 만들어야 하는 것이다. 따라서 뉴턴의 사례들은 두 개의 현에 대해, 혹은 두 번의 실험에 의해 설명되는 것이다. 그리고 이를 메르센의 법칙으로 표현하려면 두 개의 식이 필요하다.

$$p_1 = k\frac{\sqrt{T_1}}{l_1} \ (k, l_1\text{은 상수})$$

$$p_2 = k\frac{\sqrt{T_2}}{l_2} \ (k, T_2\text{는 상수})$$

첫 번째 식은 현 A에 대한 것으로, 현의 길이(l_1)가 일정할 때 장력(T_1)과 음높이(p_1) 사이의 관계를 표현하는데, 장력(T_1)을 4배로 만들면 음높이(p_1)는 2

32) I. Newton, "Newton's *Scholia*", p. 235.

www.kci.go.kr

배 즉 한 옥타브 높은 음이 된다. 두 번째 식은 현 B에 대한 것으로, 장력(T_2)이 일정할 때 현의 길이(l_2)와 음높이(p_2) 사이의 관계를 표현하는데, 현의 길이(l_2)를 1/2로 만들면 음높이(p_2)가 2배 즉 한 옥타브 높은 음이 되는 것이다. 사례들을 통해 이런 관계를 설명한 후에, 뉴턴은 문제의 진술을 이어간다. 여기서 두 현이 동일한 음을 산출할 때 장력과 현의 길이 사이의 관계를 확인하기 위해서는, $p_1 = p_2$ 라는 조건을 통해 두 식을 결합하면 된다.

$$k\frac{\sqrt{T_1}}{l_1} = k\frac{\sqrt{T_2}}{l_2}\,(k, l_1, T_2\text{는 상수})$$

$$\text{따라서, } T_1 = \frac{(T_2 \times {l_1}^2)}{{l_2}^2}\,(l_1, T_2\text{는 상수})$$

이로써 “장력(T_1)은 현의 길이(l_2)의 제곱에 반비례한다”는 식이 성립한다. 토니에티의 논증은 하나의 현에서 작용하는 추의 무게와 현의 길이 사이의 관계에 대한 것으로, “추의 무게들이 현의 길이의 제곱에 반비례하면 같은 음이 산출된다”는 뉴턴의 진술만 보면, 자연스러운 반론이라고 할 수 있다. 그러나 전체 문맥에서 보면, 그 진술은 앞의 사례들과의 관계에서 달리 해석될 수 있다. 즉, 현 A의 장력(T_1)이 현 B의 길이(l_2)의 제곱에 반비례할 때 두 현이 같은 음을 산출한다는 것으로, 다른 말로 하면, 음높이에 미치는 효력에서 “장력은 현의 길이의 제곱에 반비례하는 비율로 작용한다”는 것을 의미한다. 이것이 뉴턴이 그 구절에서 의미하고자 한 것으로, 중력의 법칙을 암시하는 이 ‘미묘한’ 논증을 고대인들이 알고 있었고, 이를 천상에 적용해서 그 법칙을 발견했다는 것이다.

뉴턴은 ‘천구의 음악’에 대한 새로운 해석을 통해 중력의 법칙을 고대인의 지혜에 귀속시키고 나서, 명제 Ⅸ의 주해에서는 고대의 권위를 빌어 신을 중력의 원인으로 지목한다.

www.kci.go.kr

> 지금까지 나는 중력의 속성들에 대해 설명했지만, 그 원인에 대해서는 충분히 고려하지 않았다. 대신 고대인들이 이 주제에 대해 생각한 바를 말하고자 한다. 탈레스는 모든 물체가 활동적이라고 믿었고, 이를 자기적 인력과 전기적 인력으로부터 연역해냈다. 그리고 같은 논증에 근거해서, 중력의 인력을 해당 물질의 영혼에 귀속시켰다. 따라서 그는 모든 사물이 신들로 충만하며, 그가 "신들"이라는 말로 의미하는 것이 물체를 활동시킨다고 가르쳤다. 같은 의미에서, 피타고라스는 태양과 행성들이 신들이라고 믿었고, 태양을 그 강력한 인력 때문에 목성의 감옥이라고 불렀는데, 태양이 그 껍질들 안에 행성들을 잡아두는 가장 강력한 신적 힘을 갖고 있다는 것이다. 신비주의 철학자들에게, 판(Pan)은 이 세계를 조율하고 그것을 악기처럼 조화로운 비율로 연주하는 최고의 신성이었다. […] 그래서 그들은 신과 하모니를 모두 조화로운 수들로 구성된 세계의 영혼이라고 불렀다. 그러나 그들은 행성들이 그들 자신의 영혼의 힘에 의해, 즉 그 영혼들의 영향에 기원하는 중력에 의해 그들의 껍질 안에서 운동한다고 말하기도 했다. […] 그러나 그 이전의 신비주의 철학자들은 태양과 행성들의 영혼이 모든 물체에 그 힘을 행사하는 동일한 신성이라고 믿었다.[33]

뉴턴은 음악적 하모니에 대한 유비들에서 중력과 함께 그 원인이 신이라는 진술을 읽어낸다. 고대의 철학자들은 아폴론의 7현금으로 태양과 행성들을 표현하고, 태양을 목성의 감옥으로, 신을 하모니라고 부르면서, 판(Pan)의 파이프가 세계를 조화롭게 연주한다고 말함으로써, 물질의 존재만이 아니라 그 운동도 신에 의존한다는 견해를 피력하고 있다는 것이다. 여기서 뉴턴은 그리스 신화의 신들을 열거하면서 "비록 많은 이름이 있을 지라도, 이들 모두는 하나"라는 오르페우스의 노래를 인용하는 것으로 마무리한다. 신은 언제 어디서나 동일한 신으로서, 그러한 신의 직접적인 행위가 보편적으로 작용하는 중력의 원인으로 지목되고 있는 것이다.

'고전주해'의 주된 목적은 명제 Ⅳ-Ⅸ에서 발전된 보편적 중력의 교리를 고

33) I. Newton, "Newton's *Scholia*", p. 239, p. 241.

www.kci.go.kr

대의 권위를 통해 뒷받침하는 것이었다.[34] 그러나 그것을『프린키피아』개정판에 통합하려던 뉴턴의 계획은 실행되지 않고, 재판(1713)과 3판(1726)에서 '일반주해(general scholium)'로 대체되었다. 결국 '고전주해'의 대부분은 출판되지 않았지만, 일부는 스코틀랜드의 수학자 데이빗 그레고리(David Gregory)에 의해 다른 방식으로 출판되었다. 그레고리는 뉴턴으로부터 주해의 수고를 넘겨받아 자신의『천체 물리와 기하학 요소들 Astronomia physicae et geometricae elementa』(1702) 서문에서 그 자료의 일부를 거의 원문 그대로 사용했지만, 뉴턴의 이름은 밝히지 않았다. 뉴턴이 '고전주해'의 출판을 포기하고 '일반주해'로 대체했다는 것, 그러면서도 그레고리가 그것을 사용하도록 허락했다는 것은, 주해의 신비주의적인 성격과 맞물려, 그것이 그의 연구 프로그램에서 어떤 의미를 갖는가를 혼란스럽게 만든다.

제임스 맥과이어(James E. McGuire)와 피요 라탄시(Piyo M. Rattansi)는 '고전주해'를 '태고의 지혜(prisca sapientia)'와 '태고신학(prisca theologia)'의 전통에 대한 뉴턴의 신념에서 비롯된 것으로 이해한다. 태고주의 전통은, 창조의 모든 진리들이 언젠가 신에 의해 계시되어 고대의 현자들에게 알려졌지만, 그들이 진리를 암시하도록 만든 상징과 알레고리들이 잘못 이해되는 바람에 그 신적 지혜가 상실되었다고 가정한다. 그들에 따르면, 뉴턴은 자연철학의 과제를 우주의 완전한 체계에 대한 지식을 회복하는 것으로 보았고, 그것이 곧 신에 의해 직접 계시된 참된 태고종교를 근본적으로 회복하는 길이라고 생각했다는 것이다.[35] 이런 전제에서, 그들은 뉴턴의 음악적 유비를 통해 연금술과 성서에 대한 그의 탐구를 그의 자연철학과 동일선상에서 이해할 수 있었다.

---

34) I. Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, pp. 391-400 참조.

35) J. E. McGuire & P. M. Rattansi, "Newton and the Pipes of Pan", in: *Notes and Records of the Royal Society*, vol. 21 (1966), pp. 108-143, 또한 P. M. Rattansi, "Newton and the Wisdom of the Ancients", in: *Let Newton Be! : A new Perspective on his Life and Works*, ed. by J. Fauvel, New York: Oxford Univ. Press, 1988, pp. 185-201 참조. 페넬로페 고욱도 이런 입장을 견지하면서 뉴턴을 계몽주의 과학자라기보다는 '피타고라스적 자연철학자'나 '피타고라스적 마술사'로 규정한다.

www.kci.go.kr

> 성서 해석학과 연금술 모두, 지식의 참된 본체는 가장 먼 고대에 현자들에게 활용될 수 있었다는 가정, 그리고 지식을 세속적인 사람들에게 감추기 위해 그것을 수수께끼 같은, 상징적 형식으로 포장했다는 가정에 근거했다. 동일한 가정이 고대인들의 자연철학에 대한 뉴턴의 해석의 근저에 놓여있다. 아폴론의 리라, 판의 파이프, 그리고 '천구의 하모니'에 대한 그의 비틀린 해석은 세계의 참된 체계가 고대인들에게 알려져 있었지만, 그 전수자들만이 간파할 수 있는 '위대한 신비'로 전환되었다는 믿음에 근거한다.[36]

맥과이어와 라탄시에 따르면, 뉴턴에게 있어서 이런 위대한 신비는 경험을 분석하는 훈련된 방법에 의해 해독될 수 있는 것이었다. 구약성서의 예언들은 역사 속에서 실현된 것들을 분석함으로써만 그 의미가 밝혀지고, 고대의 참된 자연철학의 의미는 이미 도달된 지식의 토대 위에서 실험적 탐구에 의해 계시된다는 것이다. 이것이 바로 뉴턴이 '천구의 음악'이라는 고대의 신비를 푼 방법으로, 그는 일련의 귀납추리를 통해 케플러의 법칙들로부터 만유인력의 원리를 거쳐 천구음악의 참된 의미를 밝히는 데까지 나아갔다는 것이다.[37]

이에 반해, 파올로 카시니(Paolo Casini)는 고전주해를 태고주의 전통으로부터 분리시킨다. 그는 맥과이어와 라탄시가 연금술과 성서 해석 같은 뉴턴의 과학외적인 관심을 과장해서 그를 암호해독자나 신비주의 사상가로 묘사한다고 비판하고, 그런 상은 『프린키피아』의 저자에게 적합하지 않다고 주장한다. 그에 따르면, 뉴턴은 태고주의 전통에 따라 고대의 철학자들로부터 광범위한 계시를 구하기보다 중력의 법칙을 그들의 증언 속으로 읽어내는데, 이 때 고대로부터의 인용은 태양중심 체계와 중력 법칙을 뒷받침할 수 있는 것들로 제한된다. 그런 점에서, 고전주해는 태고주의 전통에 속하기보다 지구중심 체계가 형성되기 이전의 고대 우주론의 모델들을 염두에 두고 천문학의 진보가 고대인들에 의해 직관적으로 파악된 명제들로의 복귀라고 이해했던 코페르니쿠스나 케플러의 전통에 속한

36) J. E. McGuire & P. M. Rattansi, 앞의 논문, p. 136.
37) 같은 논문, pp. 137-138.

www.kci.go.kr

다는 것이다.[38]

맥과이어와 라탄시, 그리고 카시니 사이의 논쟁은 고전주해에 국한된 문제가 아니라 다방면에 걸친 뉴턴의 탐구를 어떻게 이해할 것인가를 포함한 폭넓은 논의를 필요로 하는 것으로, 이 논문의 범위를 벗어나 있다. 그러나 어떤 경우에도, 뉴턴이 음악적 하모니에 대한 유비 속에 자연계의 법칙과 질서의 원리들이 내포되어 있다고 생각한 것은 분명하다. 케플러가 '천구의 음악'에 대한 신념 속에서 태양중심 체계에 근거한 교리의 재구성이 자신의 타원 궤도를 정당화할 수 있다고 생각한 것처럼, 뉴턴도 '천구의 음악'을 비롯한 고대의 음악적 유비들이 보편적인 중력 법칙을 뒷받침한다고 생각한 것이다.

Ⅳ. 맺는 말

18세기 계몽주의 사상가들에게, 뉴턴은 인간을 계몽으로 이끈 가장 위대한 인물이었고, 그의 『프린키피아』는 계몽의 시대를 열어젖힌 출발점이었다. 볼테르(Voltaire)의 표현에 따르면, 케플러 이전에는 모든 사람들이 장님이었고, 케플러는 한 쪽 눈을, 그리고 뉴턴은 두 눈을 모두 떴다는 것이다. 그런 점에서, 그를 '최초의 과학자'로 볼 수도 있겠지만, 그가 여전히 자연철학의 전통에 속해 있었다는 점에서 보면, '마지막 자연철학자'로 이해할 수도 있을 것이다. 그 자신은 스스로를 자연철학자라고 생각했는데, 『자연철학의 수학적 원리』라는 책 제목에서 드러나듯이, 그는 자연의 근원적인 수학적 구조가 존재한다고 믿었고 그 구조를 귀납적인 방식으로 발견하는 것을 자연철학의 과제로 삼고 있었다.

뉴턴은 자연철학의 전통 속에서, 자연의 근원적인 수학적 구조가 음악적 하모니 속에 구현되어 있다고 생각했다. 따라서 음악적 협화음과 불협화음의 원리들은 물리적 세계의 구조와 속성을 이해하는 데 활용될 수 있었고, '천구의 음악'

38) P. Casini, "Newton: The Classical Scholia", in: *History of Science*, Vol. 22 (1984), pp. 1-58.

www.kci.go.kr

교리는 자연의 통합적 성격을 함축하고 있는 것으로 간주되었다. 그런 점에서, 뉴턴의 음악적 유비들은 단순한 비유가 아니다. 스펙트럼-음계의 유비는 색채의 하모니와 음악적 하모니 사이의 실재적인 상응을 전제하고, 그것을 과학적으로 입증하고자 했다. 또한 '천구의 음악'에 대한 재해석은 '제곱에 반비례하는' 수학적 법칙성이 음악적 하모니와 만유인력에 공통적으로 존재한다는 것을 보이고자 했다. 피타고라스 음악이론에 대한 이러한 재해석과 새로운 유비는, 음악이 자연의 수학적 원리를 구현하고 있다는 전통적인 믿음에 근거한다는 점에서, 근본적으로 새로운 것은 아니다. 여기서 새로운 것은 빛의 본성이나 중력의 법칙 같은 과학적 발견들이다. 그는 이 새로운 과학적 발견들이 그 근원적인 수학적 구조에서 음악적 하모니와 상응한다고 생각했고, 그런 점에서 피타고라스 음악이론의 전통을 따르고 있다고 할 수 있다.

* 논문투고일: 2015년 8월 15일 / 심사기간: 2015년 8월 16일-9월 19일 / 최종게재확정일: 2015년 9월 20일.

www.kci.go.kr

참고문헌

Anderson, Gene H., “Pythagoras Musicus”, 『음악논단』 2집 (1985), 한양대학교 음악연구소 편, 75-106쪽.

Aristotle, *Metaphysics*, 『형이상학』, 조대호 옮김, 나남, 2012.

Barker, Andrew, *The Science of Harmonics in Classical Greece*, New York: Cambridge Univ. Press, 2007.

Casini, Paolo, “Newton: The Classical Scholia”, in: *History of Science*, Vol. 22 (1984), pp. 1-58.

Galilei, Galileo, *Two New Sciences: Including Centers of Gravity and Force of Percussion*, trans. by S. Drake, Madison: Wisconsin Univ. Press, 1974.

Godwin, Joscelyn (ed.), *The Harmony of the Spheres: A Sourcebook of the Pythagorean Tradition in Music*, Rochester: Inner Traditions Internatioal, 1993.

Gouk, Penelope, “Newton and Music: From the Microcosm to the Macrocosm”, in: *International Studies in the Philosophy of Science*, vol. 1, no. 1 (1986), pp. 36-59.

_____, *Music, Science and Natural Magic in Seventeenth-Century England*, New Haven and London: Yale Univ. Press, 1999.

Guicciardini, Niccolò, “The Role of Musical Analogies in Newton's Optical and Cosmological Work”, in: *Journal of the History of Ideas*, vol. 74 (2013), pp. 45-67.

Heninger, S. K., “Some Renaissance Versions of the Pythagorean Tetrad”, in: *Studies in the Renaissance*, Vol. 8 (1961), pp. 7-35.

McGuire, James E. & Piyo M. Rattansi, “Newton and the Pipes of Pan”, in: *Notes and Records of the Royal Society*, vol. 21 (1966), pp. 108-143.

Macrobius, *Commentary on the Dream of Scipio*, trans. with intro. and notes

www.kci.go.kr

by William H. Stahl, New York: Columbia Univ. Press, 1990.

Newton, Isaac, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, tran. by Andrew Motte, New York: Daniel Adee, 1846.

_____, *Opticks: or, A treatise of the reflections, refractions, inflections & colours of light*, New York: Dover Publication, 1952.

_____, "Newton's *Scholia* form David Gregory's Estate on the Propositions Ⅳ through Ⅸ Book Ⅲ of his *Principia*", trans. by Volkmar Schüller, in: Wolfgang Lefevre (ed.), *Between Leibniz, Newton, and Kant: philosophy and science in the eighteenth century*, Boston: Kluwer Academic Publishers (2001), Appendix Ⅰ, pp. 213-265.

Palisca, Claude V., "Scientific Empiricism in Musical Thought", in: *Seventeenth Century Science and the Arts*, ed. by H. H. Rhys, Princeton: Princeton Univ. Press, 1961, pp. 91-137.

_____, (ed.), *The Florentine Camerata: Documentary Studies and Translations*, New Haven: Yale Univ. Press, 1989.

Pesic, Peter, "Isaac Newton and the mystery of the major sixth: a transcription of his manuscript 'Of Musick' with commentary", in: *Interdisciplinary Science Reviews*, vol. 31, issue 4 (2006), pp. 291-306.

Plato, *Republic*,『국가, 정체』, 박종현 옮김, 서광사, 1997.

Tonietti, Tito M., "Does Newton's Musical Model of Gravitation Work? - A Mistake and Its Meaning", in: *Centaurus*, vol. 42 (2000), pp. 135-149.

Westfall, Richard S., *The Construction of Modern Science*,『근대과학의 구조』, 정명식 外 옮김, 민음사, 1992.

원준식,「근대 과학혁명과 음악의 합리화」,『미학・예술학연구』37집 (2013), 한국미학예술학회 편, 125-157쪽.

_____, 근대 과학혁명과 천구의 음악」,『미학・예술학연구』41집 (2014), 한국미학예술학회 편, 185-212쪽.

www.kci.go.kr

국문 초록

음악이 자연의 수학적 원리를 구현하고 있다는 믿음은 서양문화의 오랜 전통에 속한다. 피타고라스학파에서 유래된 이 전통에서, 음악은 과학의 한 분과로서 산술, 기하, 천문과 함께 4과(quadrivium)에 속해 있었다. 이는 과학혁명이 한창이던 17세기까지 이어지는데, 당시 과학자들에게도 음악은 중요한 탐구영역 중 하나였다. 갈릴레이 부자와 메르센(Marin Mersenne)의 실험적-과학적 탐구는 음악에서의 신비주의 전통을 타파하고 음악의 합리화 과정을 촉진시켰다. 이에 반해, 케플러는 음악사와 과학사의 새로운 지평에서, 다성음악과 태양중심 천문학에 근거하는 '천구의 음악' 교리를 재구성하고자 했다.

뉴턴은 '천구의 음악'을 만유인력 법칙의 알레고리로 해석하는데, 그에 따르면, 피타고라스는 만유인력 법칙을 포함한 자연법칙들을 알고 있었으며, 이를 음악적 유비 속에 감춰 놓았다는 것이다. 즉, 피타고라스는 실험을 통해 현의 음높이가 일정할 때 현에 매달린 추의 무게가 현 길이의 제곱에 반비례한다는 것을 깨달았고, 이를 천상에 적용해서 태양을 향한 행성들의 무게가 그 거리의 제곱에 반비례한다는 것을 이해했다는 것이다. 이런 해석을 통해, 뉴턴은 만유인력 법칙에 고대의 권위를 부여하는 한편, 음악이 우주의 하모니를 구현하고 있다는 피타고라스적 관점에서 자신의 통합적 자연관을 정당화하고 있다고 할 수 있다. 이는 스펙트럼과 음계 사이의 유비에서도 나타나는데, 그는 색채 스펙트럼이 음악적 음계의 비율에 상응하는 비율로 분할될 수 있음을 보임으로써, 색채들 사이의 하모니와 협화음의 하모니가 동일한 기원을 갖는다고 생각했다. 뉴턴은 자연의 단 하나의 조화로운 구조가 존재하며, 그것이 음악적 하모니 속에 구현되어 있다고 믿었다. 이것이 그의 과학적 탐구에서 음악적 유비가 갖는 의미라고 할 수 있다.

핵심어

뉴턴, 피타고라스, 천구의 음악, 고전주해, 색채 스펙트럼과 음계, 음악적 유비, 음악과 과학, 예술과 과학, 뉴턴과 음악

www.kci.go.kr

ABSTRACT

Newton's Unifying View of Nature and the Musical Analogies

Jun-Sik Won*

The belief that music embodies the mathematical principles of nature belongs to the old tradition of Western culture. In this tradition originated in the Pythagorean school, music was a branch of science and held a place among the quadrivium beside arithmetic, geometry and astronomy until the 17th century of the Scientific Revolution. Music belonged to the research interests of many major scientists of the 17th century. The experimental and scientific inquire into music by Vincenzo and Galileo Galilei, Marin Mersenne expelled mysticism from traditional music theory and expedited the rationalization of music. On the contrary, Kepler was confronted by a new circumstance in aspect of science and music and tried to reconstruct the doctrine of 'the music of the spheres' on the basis of musical polyphony and heliocentric astronomy.

Newton interpreted the doctrine of 'the music of the spheres' as allegory of the law of universal gravitation. He thought that Pythagoras knew the laws of nature including law of gravitation and wished to hide his knowledge in the musical analogies. According to him, Pythagoras realized through the experiments

* Professor of Daejeon University
This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2014S1A5A8019551).

www.kci.go.kr

that for the same pitch the weight fastened to the string was inversely proportional to the square of the length of the string. And he applied the proportion, discovered by means of his experiments, to the heavens and then undetstood that the weights of planets towards the sun were reciprocally as the square of their distance. Newton wished to grant authority of the ancients to the law of gravitation, and tried to justify his unifying view of nature in the Pythagorean viewpoint that music embodied the harmony of the world. This is to be found in the spectrum-scale analogy. He discovered that the spectrum can be divided up into ratios corresponding to those of a musical scale, and thus suggested that harmony between colours may have the same origin as that of musical consonance. Newton believed in a simple, harmonious structure of nature, and that it is embodied in music. This is the significance of the musical analogies in his scientific inquires.

Key Words

Newton, Pythagoras, Music of the Spheres, Classical Scholium, colour spectrum and musical scale, musical analogy, music and science, art and science, Newton and music

www.kci.go.kr