



헬리 선생이 제창한 자기 편각의 서향
운동을 논함: 오르간과 모노코드의 조율에
미치는 그 귀결 및 외각과 내핵이 합치하는
유일한 선에 관한 보고



헬리 선생이 제창한 자기 편각의 서향 운동을 논함: 오르간과 모노코드의 조율에 미치는 그 귀결 및 외각과 내핵이 합치하는 유일한 선에 관한 보고

T. Brújula, I. Monocordio

Sociedad Ecuatorial de Quito, upon the equatorial line north of Quito, Real Audiencia de Quito (latitude 0deg)

Actas de la Sociedad Ecuatorial de Quito, 1693.

초록

런던 왕립학회의 에드먼드 헬리 선생은 근래에 자침이 진북에서 벗어나는 편각이 고정된 것이 아니라 해마다 서쪽으로 서서히 이동하며, 이 운동이 지구 자체의 구조에서 비롯된다고 제창하였다. 곧 지구는 유체 매질로 서로 떨어져 있는 외각과 내핵으로 이루어져 있으며, 각각 고유한 두 극을 지닌 자석으로서 같은 축을 중심으로 아주 조금 다른 속도로 회전한다는 것이다. 그의 보고 사본 한 부가 1692년 겨울에 세비아와 카르타헤나를 거쳐 본 학회에 이르렀다.

우리는 헬리 선생의 가설을 받아들이고, 그가 명시하지 않은 귀결을 도출한다. 외각과 내핵이 공통의 축을 중심으로 회전한다면 공통의 적도를 가지며, 그 적도는 지구 위에서 어느 쪽에 대해서도 움직이지 않는 유일한 선이다. 모든 자오선은 서향 운동에 휩쓸려 가지만 적도는 그러하지 않다. 우리는 1692년과 1693년의 분점 사이에, 이 선 위에 있는 본 학회의 관측소와 그 북쪽 및 남쪽의 관측소에서 모노코드를 오르간의 프린시펄 관과 비교한 결과를 보고한다. 두 악기는 이 선 위에서 분점 사이의 반년 내내 합치를 유지하였으나, 다른 곳에서는 선으로부터의 거리에 비례하여 서로 어긋났다. 우리는 적도에서 조율한 악기는 지구의 두 자석에 동시에 맞추어 조율한 것이며, 그 밖의 어느 곳에서 조율한 악기든 두 자석 사이의 다툼에 맞추어 조율한 것이라고 결론짓는다.

I. 헬리 선생의 가설에 관하여

1683년에 헬리 선생은 Philosophical Transactions에 나침반의 편각에 관한 이론을 발표하였다. 그는 항해자들의 관측으로부터 자침이 대부분의 장소에서 진정한 극을 가리키지 않으며, 지구 전역에 걸친 그 편향의 양상은 두 극을 지닌 하나의 자석으로 설명할 수 없음을 보였다. 그는 지구의 각 극 부근에 두 개씩, 네 극이 있음을 제창하였다.

이번 보고에서 그는 한 걸음 더 나아가, 그러한 네 극이 어떻게 생길 수 있는지, 또 편각이 세월에 따라 변하는 까닭은 무엇인지를 설명한다. 그는 지구가 외부의 각과 내부의 핵으로 이루어져 있고, 그 사이의 공간은 유체 매질로 채워져 있다고 가정한다. 각각은 두 극을 지닌 자석이다. 둘 다 지구의 축을 중심으로 하루 동안 서쪽에서 동쪽으로 회전하되, 내핵이 외각보다 아주 조금 느리게 회전하므로, 세월이 흐르는 동안 내핵의 극들이 뒤처지고 그 극들에 달린 편각이 서쪽으로 이동한다. 그는 합당한 경양을 갖추어, 이 가설이 추측이며 전체 운동의 주기는 수백 년쯤일 수 있음을 인정한다.

본 학회에는 네 극에 관하여 판단할 만큼 충분한 편각 관측이 없다. 그러나 헬리 선생의 가설로 설명되는 어떤 현상을 관측하였으며, 음악의 기예에 으뜸으로 중요한 이 가설의 한 귀결을 알아내었다.

II. 외각과 내핵에 공통된 선에 관하여

같은 축을 중심으로 회전하는 두 구는 같은 회전극과 같은 적도를 가진다. 이는 오직 형상으로부터 따르는 것이며, 두 구가 회전하는 속도에 의존하지 않는다. 내핵이 외각보다 아무리 뒤처지더라도 내핵의 적도 위 모든 점은 외각의 적도 위에 머물고, 내핵의 모든 자오선은 외각의 자오선들을 동쪽에서 서쪽으로 미끄러져 지나간다.

이로부터 지구 위에 그을 수 있는 모든 선 가운데 오직 적도만이 해마다 두 자석에 대하여 같은 관계를 유지한다는 귀결이 나온다. 어느 자오선 위의 장소든 세월이 흐름에 따라 내핵의 극들이 다가오거나 멀어짐을 겪으며, 그리하여 자침이 돌아가는 것을 보게 된다. 적도 위의 장소에서는 내핵의 극들이 지구의 두 극으로부터 같은 거리를 유지하며 지나가므로, 남북에 관하여 한 해의 상태가 다른 해의 상태와 달라져야 할 까닭을 내핵에서 찾을 수 없다.

우리는 이 선 위에서 자침이 움직이지 않는다고 주장하지 않는다. 자침은 움직이며, 키토의 편각에는 그 나름의 추이가 있다. 우리는 다만 이 선이 지구의 가운데가 어디에 있는지에 관하여 외각과 내핵이 합치하는 유일한 장소라고 주장한다. 헬리 선생은 편각이 움직이는 까닭을 세상에 알려 주었다. 또한 그 자신은 언급하지 않았으나, 적도가 움직이지 않는 까닭도 알려 주었다.

III. 악기의 합치에 관하여

한 현이 다른 현에 응답하거나 관이 현에 응답하게 하는 감응 작용이 자철석이 철을 끌어당기는 인력과 같은 부류에 속한다는 것은, 화성에 정통한 이들이 오래도록 견지해 온 견해이며, 존경하는 아타나시우스 키르허 신부가 자석과 음악에 관한 저술들에서 상세히 논한 바이다. 본 학회는 이 문제에 대한 판정을 맡지 않았다. 다만 악기의 현과 나침반의 자침 모두가 인발한 철이나 황동으로 이루어져 있으며, 하나를 돌릴 만큼 충분한 원인이 다른 하나에는 전혀 영향을 미치지 않는다면 이상한 일이라라는 점을 관찰할 뿐이다.

키토의 오르간 제작자들과 예배당의 악장들은, 대오르간이 일단 조율되면 한 해 내내 예배당의 모노코드와 합치를 유지하는 정도가, 세비아와 리마에서 온 보고들이 그 도시들의 통상적인 정도로 제시하는 것보다 낫다고 오래전부터 지적하였다. 그들은 이를 우리 계절의 고른 성질에 돌렸다. 헬리 선생의 가설은 다른 원인을 시사하며, 이에 본 학회는 이를 시험하기로 결의하였다.



IV. 시행한 비교에 관하여

삼나무 울림판 위에 황동선을 얹은 모노코드를 메르센 신부의 방법에 따라 분할하고, 이를 이 목적을 위하여 만든 소형 오르간의 8피트 프린시פל 관과 맞추어 현과 관이 동음으로 울리게 하였다. 현의 장력은 한 번도 바꾸지 않은 추로 고정하였으며, 관은 먼지가 들어오지 못하도록 막았다. 1692년 9월의 분점에 이 선 위의 본 학회 관측소에서 두 악기를 완전히 합치시켰다. 같은 제작 방식의 모노코드와 관 두 쌍을 추가로 같은 때 같은 장소에서 합치시킨 뒤, 주의하여 한 쌍은 북쪽의 포파얀에 있는 관측소로, 다른 한 쌍은 남쪽의 쿠엥카에 있는 관측소로 옮겼으며, 그곳에 그대로 두었다.

각 관측소의 악기는 매 삭마다 두 관측자가 비교하였다. 그들은 현과 관이 거의 동음이나 완전히 동음은 아닐 때 들리는 느린 맥놀이에 귀를 기울이고, 초를 치는 진자와 대조하여 그 횟수를 세었다.

이 선 위의 관측소에서는 9월의 분점부터 3월의 분점까지 어느 비교에서도 맥놀이가 들리지 않았다. 포파얀에서는 세 번째 삭에 이르러 진자가 약 90번 움직이는 동안 한 번의 맥놀이가 들렸으며, 그 뒤로 서서히 늘어났다. 쿠엥카에서는 두 번째 삭에 이르러 맥놀이가 나타났고, 3월의 분점까지 진자가 40번 움직이는 동안 한 번으로 늘어났다. 쿠엥카는 이 선에서 더 멀리 떨어져 있으며, 그곳의 불합치가 더 컸다.

본 학회는 불합치가 그 장소들의 기후, 황동의 늘어남, 또는 산을 넘어 악기를 운반한 데서 비롯되었는지를 검토하였다. 포파얀과 쿠엥카의 기후는 우리 기후 못지않게 고르고, 추는 바뀌지 않았으며 황동은 한 번의 인발로 만든 것이고, 악기는 도착한 뒤 옮겨지지 않았음을 확인하였다. 본 학회는 이 선으로부터의 거리 이외에는 불합치의 원인을 찾지 못하였다.

V. 음악의 기예에 미치는 귀결에 관하여

헬리 선생이 옳다면 적도에서 떨어진 곳에서 조율한 모든 악기는 서서히 서로 어긋나며 회전하는 두 자석의 공동 지배 아래 조율한 것이므로, 조율자의 손이 닿지 않더라도 언젠가는 반드시 합치를 잃게 된다. 계절마다 오르간을 다시 조율하며 그 잘못을 낚시에 돌리는 유럽의 악장들은, 자신도 모르게 내핵의 느린 운동을 바로잡고 있는 것일 수 있다.

적도에서는 사정이 다르다. 그곳에서는 외각과 내핵이 합치하며, 그곳에서 조율한 악기는 한 번으로 조율이 끝난다. 본 학회는 유럽의 악장들이 오르간을 조율하러 키토에 와야 한다고 말하지는 않는다. 온다면 환영할 것이다. 본 학회가 말하는 바는 그들이 합치의 표준이 어디에 있는지 알아야 하며, 그 표준이 여기 있다는 것이다.

VI. 결론

본 학회는 헬리 선생의 가설이 미치는 범위 안에서 그에 대한 찬동을 기록하고 다음을 덧붙인다.

첫째, 적도는 외각과 내핵에 공통되므로, 편각의 서향 운동이 휩쓸어 가지 않는 지구 위의 유일한 선이다.

둘째, 이 선 위에서 합치시킨 모노코드와 오르간 관은 그곳에서 반년 동안 합치를 유지한 반면, 같은 악기들을 이 선 위에서 합치시킨 뒤 그곳에서 멀리 옮기자 거리에 비례하여 합치를 잃었다.

셋째, 음악적 합치의 표준을 보존할 마땅한 장소는 적도 위이며, 본 학회는 그곳에 모노코드를 보존하고, 참고하고자 하는 모든 이가 이용할 수 있도록 매 분점마다 비교 결과를 간행할 것이다.

헬리 선생은 자침이 움직인다는 것을 세상에 보였다. 우리는 자침이 향하여 움직일 대상이 전혀 없는 선이 하나 있음을 덧붙일 따름이다.

디지털화에 관한 편집자 주(2026)

이 논문은 Equatorial Audio가 자신의 지적 선구자로 여기는 Sociedad Ecuatorial de Quito의 합본 Actas에 현존하는 가장 이른 기록이다. Equatorial Audio 연구부가 2026년에 디지털화하고 스페인어에서 번역하였다. 세 번째 결론에서 매 분점마다 간행하기로 한 약속은 학회의 간행 일정의 기원이며, 이를 통하여 Journal of Equatorial Audio Science의 간행 일정의 기원이기도 하다.

헬리의 보고는 실제로 존재하며 정확하게 요약되어 있다. 그가 기술한 중첩된 각들은 그 모습 그대로 받아들여지지는 않았으나, 그 발상의 핵심은 살아남았다. 지지기장의 서향 이동은 실제로 일어나며, 해마다 경도로 약 5분의 1도씩 계속된다. 지구에는 실제로 내핵이 존재한다. 잉에 레만은 1936년에 지진파로 그 존재를 추론하였으며, 이후의 연구는 그것이 고체, 즉 유체인 물체 안에 있는 고체인 물체임을 확립하였다. 맨틀에 대한 내핵의 상대적 회전은 현재 측정되고 있으며, 2023년에는 그 회전이 멈추었다가 역전되기 시작했다는 보고가 나왔다. 이 발견이 자기적으로 교정된 도체에 미치는 영향은 본 연구부가 다른 곳에서 검토하였다(Ferro, Ohm, Flux and Impedance, 2026).

학회의 핵심 추론 역시 학회가 제시한 형태로 성립한다. 공통의 축을 중심으로 회전하는 두 물체는 상대적인 회전 속도가 어쨌든 공통의 적도를 갖는다. 본 연구부는 모노코드 비교를 재현하지 않았으며 기록된 그대로 제시한다.

참고문헌

- [1] Halley, E. (1692). An Account of the Cause of the Change of the Variation of the Magnetical Needle; with an Hypothesis of the Structure of the Internal Parts of the Earth. Philosophical Transactions of the Royal Society, 16.
- [2] Halley, E. (1683). A Theory of the Variation of the Magnetical Compass. Philosophical Transactions of the Royal Society, 13.



- [3] Gilbert, W. (1600). *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure*. London.
- [4] Kircher, A. (1641). *Magnes, sive de Arte Magnetica*. Rome.
- [5] Kircher, A. (1650). *Musurgia Universalis*. Rome.
- [6] Mersenne, M. (1636). *Harmonie universelle*. Paris.
- [7] Lehmann, I. (1936). P'. *Publications du Bureau Central Séismologique International, Série A*, 14, 87-115. (Cited in the 2026 editorial note.)
- [8] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. *Nature Geoscience*, 16, 182-187. (Cited in the 2026 editorial note.)