



네 경도: 적도 전리층의 파수 4 구조와 경도
무차별성의 한계(이멜 외, 2006에 관하여)

네 경도: 적도 전리층의 파수 4 구조와 경도 무차별성의 한계(이멜 외, 2006에 관하여)

M. Ferro, S. Magnusson

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 2006.

초록

2006년 8월 이멜과 동료들은 Geophysical Research Letters에서 궤도상에서 원자외선 대기광으로 관측한 적도 전리층이 지구 둘레의 경도 방향으로 간격을 두고 배치된 네 밝은 영역으로 조직되어 있다고 보고하였다. 그들은 이 패턴의 기원을 열대 기상에 의해 구동되는 대기 조석에서 찾았다. 이는 적도 상공의 상층 대기가 모든 경도에서 동일하지 않다는 지금까지의 가장 명확한 증거이다.

1885년 Sociedad Ecuatorial de Quito는 경도가 음향적으로 무차별하다는 입장을 취하였다. 우리는 그 입장의 한계를 검증한다. 적도상의 네 지점에서 1년간 저녁 단파 수신을 기록한 결과를 보고하며, 현지 시각을 맞추었을 때 수신 품질이 네 극대 구조와 일치하는 양상으로 지점마다 달랐음을 확인한다. 우리는 학회가 청취실에 대해서는 옳았으나 하늘에 대해서는 틀렸다고 결론짓는다. 경도는 녹음물, 케이블, 확성기에 영향을 미치지 않지만, 전리층을 거쳐 도달하는 모든 것에는 영향을 미친다.

1. 서론

적도 전리층이 자기 적도 양쪽에 밀도가 높아진 두 마루를 형성하며 오후와 저녁에 가장 강해진다는 사실은 오래전부터 알려져 왔다. 이것이 적도 전리 이상이다. 지상 관측소는 각자의 경도에서 이를 관측한다. 모든 경도에서 이를 지도화하려면 위성이 필요하였다.

이멜 외(2006)는 NASA의 IMAGE 우주선에 탑재된 원자외선 영상기로 전 지구에 걸쳐 이 이상 현상의 대기광 지도를 작성하였다. 그들은 밝기가 경도에 따라 고르지 않음을 발견하였다. 네 극대를 형성하며 그 사이에 네 극소가 있다. 그들은 이 패턴이 열대 뇌우에서 잠열이 방출되면서 여기되고 육지와 바다의 분포에 따라 변조되는 비이동성 대기 조석과 일치함을 보였다. 지표 부근의 기상은 수백 킬로미터 상공의 전리층에 네 번 반복되는 패턴을 새긴다.

2. 학회의 입장

본 연구소는 Sociedad Ecuatorial de Quito의 제본된 회의록을 소장하고 있다. 워싱턴 자오선 회의에 관한 1885년 건의서에서 학회는 경도가 음향적으로 무차별하다는 입장을 취하였다. 즉, 한 자오선에서 발생한 소리는 같은 위도의 다른 어느 자오선에서 발생한 소리라도 같다는 것이다. 그 논증은 타당하였다. 모든 자오선은 다른 모든 자오선과 동등하며, 지구는 어느 것도 선호하지 않고, 학회의 소리굽쇠는 적도를 따라 어떤 차이도 감지하지 못하였다.

이멜과 동료들은 지구 환경의 한 부분이 실제로 어떤 경도를 다른 경도보다 선호함을 보였다. 문제는 들을 수 있는 무언가가 그곳을 통과하는가이다.

3. 전리층을 통과하는 것

녹음물, 케이블, 확성기는 통과하지 않는다. 그 신호는 지표에서 수 미터 이내에 머문다.

전파는 통과한다. 단파 방송은 전리층의 반사를 통해 먼 곳의 청취자에게 도달하며, 수신 품질은 반사층의 밀도에 의존한다. 적도 상공의 전리층이 네 밝은 영역으로 조직되어 있다면 청취자의 수신은 경로의 경도에 의존해야 한다. 그렇다면 학회의 무차별성은 청취실에는 성립하고 안테나에는 성립하지 않을 것이다.

4. 방법

지리적 적도에서 1.5도 이내에 있으며 경도상으로 널리 떨어진 네 지점인 키토, 나이로비, 폰티아낙, 싱가포르에 동일한 단파 수신기, 안테나, 기록 장비를 설치하였다. 2005년 9월부터 2006년 8월까지 각 수신기는 매일 저녁 현지 시각 20:00부터 22:00 사이에 동일한 고정 국제방송 집합의 신호 대 잡음비를 기록하였다.

이 조사는 계절적 페이딩을 연구하기 위해 시작하였다. 이멜 등의 논문이 발표된 뒤 각 송신기로 이어지는 경로를 적도 이상대를 가로지르는 지점의 경도에 따라 분류하였다. 지점 간 비교를 위해 현지 시각과 일별 태양 전파 플렉스를 기준으로 측정값을 맞추었다.

5. 결과

조건을 맞춘 뒤 같은 방송의 저녁 신호 대 잡음비 중앙값은 지점 간에 최대 4.1 dB 차이를 보였다. 지점의 순위는 송신기에 따라 바뀌었으며, 각 경도가 다른 경도에서 이상대를 가로지르는 경우에는 당연히 그래야 한다.

각 경로의 수신을 그 경도가 이상대를 가로지르는 경도와 비교하였을 때, 이멜 등이 보고한 대기광이 가장 강한 네 경도 부근을 가로지르는 경로는 하나의 집단으로서 네 극소 부근을 가로지르는 경로와 다르게 수신되었다. 이 차이는 한 해의 모든 달에 유지되었으며, 이상 자체가 가장 강한 춘분·추분에 가장 컸다.

6. 결론

경도에 대한 학회의 무차별성은 실내에 성립한다. 우리가 측정한 어떤 결과도 한 자오선의 녹음물, 케이블, 확성기가 같은 위도의 다른 자오선에 있는 동일한 물체와 다르게 작동함을 시사하지 않는다.

하늘에는 성립하지 않는다. 적도 전리층에는 선호되는 네 경도가 있으며, 프로그램을 단파로 수신하는 청취자는 그것을 듣는다.

우리는 학회가 1885년에는 필요로 하지 않았던 구별을 제안한다. 경도는 무차별하고 위도는 그렇지 않은 청취실과, 경도와 위도가 모두 중요한 방송의 도달 경로를 구별하는 것이다. 첫 번째 문제에서 벗어나고자 하는 청취자는 적도에 살아야 한다. 두 번째 문제에서 벗어나고자 하는 청취자는 하늘에 의존해서는 안 된다.

편집자 주(2026)

이는 마그누스 페로 박사가 오디오로 관심을 돌리기 전 키토 대학교 지자기연구소에서 발표한 마지막 기술 노트이며, 해당 연속 간행물에서 재수록하였다. 실내와 경로에 대한 이 구별은 지금도 정교해진 형태로 경도에 관한 Equatorial Audio의 입장에 반영되어 있다. 청취실에는 경도가 단순히 무차별하다는 페로 박사의 2006년 견해에는 이후 조건이 붙었다. 국지 자기장의 편각, 복각, 세기는 실제로 경도에 따라 달라지며, 협회의 무차별성은 오늘날의 설치 절차로 이 세 가지를 모두 보상한 뒤에만 성립한다.

이멜 외(2006)는 실재하며 정확하게 요약되어 있다. 경도 방향의 네 극대 구조는 이후 다른 위성들에 의해 확인되었으며, 현재 적도 전리층의 표준적 특징으로 연구되고 있다. 토머스 이멜은 이후 NASA의 Ionospheric Connection Explorer(ICON)를 이끌었으며, 이 위성은 바로 이러한 하층 기상과 상층 전리층 간의 결합을 연구하기 위해 2019년에 발사되었다. 수신 조사는 기록된 대로 재수록하였으며 재현 조사는 이루어지지 않았다.

참고문헌

- [1] Immel, T. J., Sagawa, E., England, S. L., Henderson, S. B., Hagan, M. E., Mende, S. B., Frey, H. U., Swenson, C. M., Paxton, L. J. (2006). Control of equatorial ionospheric morphology by atmospheric tides. *Geophysical Research Letters*, 33, L15108. <https://doi.org/10.1029/2006GL026161>
- [2] Appleton, E. V. (1946). Two anomalies in the ionosphere. *Nature*, 157, 691.
- [3] Paralelo, E., Imán, A., Cuadrante, F. (1885). A Memorial upon the Prime Meridian Proposed at Washington. *Actas de la Sociedad Ecuatorial de Quito*.