



즉시 보도 요청

문의: 담당자 연락처 (02-880-6624, 010-9991-6941)
 연구책임자 채종철 교수 (02-880-6624) / 제1저자, 교신저자
 연구진 조규현 연구원 (010-6620-7058) / 공동저자(제2저자)

한국 태양과학자들, 태양흑점에서 알펜파 검출하다

□ 내용 1

- 한국 태양과학자들이 태양흑점에서 알펜파를 검출하였다. 태양 바깥쪽 대기인 코로나가 매우 뜨거운 이유가 무엇일까? 태양에서 불어오는 바람인 태양풍은 어디에서 어떻게 시작되나? 이런 의문들에 대한 열쇠를 쥐고 있는 현상이 바로 알펜파이다. 알펜파는 플라즈마가 자기력선에 수직인 방향으로 진동할 때, 자기력선을 따라 전파되는 파동이다. 알펜파의 존재는 이론적으로 예상되어 온 바이나, 관측에서 제대로 검증된 적은 없었다.
- 서울대 물리천문학부 채종철 교수, 조규현 박사, 한국천문연구원 조경석 박사, 권윤영 박사, 영국 워릭대 나카리아코프 교수로 이루어진 태양 연구팀은 분광학적 방법을 써서 세계 최초로 태양흑점 지역에 존재하는 알펜파를 검출하였다. 연구팀은 태양 플라즈마에서 나오는 스펙트럼을 분석하여 속도를 결정하였으며, 이렇게 결정된 속도의 시간적 공간적 변화 양상이 알펜파의 성질과 일치함을 확인하였다. 알펜파는 흑점 주변의 수평방향 자기장 지역에서 가장 잘 보였으며, 자기력선을 따라 초속 50에서 150 km로 진행하였다. 연구팀은 또한 관측 결과에 근거해서 태양흑점 지역의 알펜파가 자기음파-알펜파 모드 전환으로 발진된 것이라는 이론을 최초로 제시했다. 이 이론에 따르면 태양흑점에 풍부하게 존재하는 것으로 알려진 자기음파 종파가 수직방향 자기력선을 따라 위로 진행하다가 자기력선이 수평방향으로 구부러지는 지점에서, 자기력선을 따라 진행하는 횡파인 알

펜파로 바뀌게 된다.

- 채종철 교수 연구팀의 연구 결과는 태양흑점에 알펜파가 보편적으로 존재할 수 있음을 시사하고 있다. 이 결과는 앞으로 태양 대기의 알펜파 연구를 활성화시킬 것으로 보이며 코로나 가열 기작 및 태양풍 가속 문제를 푸는데 기여할 것으로 보인다. 본 연구는 서울대와 한국천문연구원이 공동으로 국내 기술로 개발한 첨단 태양 관측 장비인 고속영상태양분광기(Fast Imaging Solar Spectrograph)를 써서 미국 캘리포니아 빅베어태양천문대에서 수행한 관측 결과를 활용했다는 점에서 의미가 크다. 본 연구의 결과는 천문학 분야의 세계적 전문학술지인 천체물리레터 (The Astrophysical Letters) 최신호에 발표되었다.

[붙임] 1. 연구결과 2. 용어설명 3. 그림설명

연구 결과

논문제목: Spectroscopic Detection of Alfvénic Waves in the Chromosphere of Sunspot Regions

저자: Jongchul Chae, Kyuhyoun Cho, Valery M. Nakariakov, Kyung-Suk Cho, and Ryun-Young Kwon

학술지: The Astrophysical Journal Letters, Volume 914, Number 1

인용 정보 : Jongchul Chae et al 2021 ApJL 914 L16

흔히 알펜파로 부르는 자기유체 횡파는 태양 코로나의 아직 풀리지 않은 문제들 (가령 코로나 가열 문제, 태양풍 가속 문제, 코로나 원소함량 문제)을 풀기 위한 이론에서 자주 등장하였다. 우리는 최초로 분광학적인 방법을 써서 태양흑점 주변 채층 높이에 존재하는 알펜파를 검출하였다. 수소 알파 분광선과 칼슘이온 854.2 nm 분광선의 스펙트럼을 분석하여, 시선속도와 온도를 위치와 시간의 함수로 결정하였다. 그 결과, 우리는 흑점 주변 거대반암부 피브릴들에 편재한 자기유체 횡파를 찾아내었다. 이 파동은 주기가 2.5 분에서 4.5 분까지이며, 피브릴 방향을 따라 초음속 속도인 초속 45 km에서 145 km로 진행하였다. 이 파동은 잘 알려진 반암부 진동 및 반암부파동과 물리적으로 연관되어 있었다. 우리의 연구 결과는 태양 흑점 주변에 알펜파가 풍부하게 존재한다는 생각을 뒷받침하고 있다. 이 알펜파는 위로 진행되는 느린 자기음파가 알펜파로 바뀌는 과정으로 발진된 것으로 보인다.

용 어 설 명

1. 태양흑점 (sunspot)

백색광으로 태양을 관측할 때, 주변에 비해 매우 어둡게 보이는 지역이다. 자기장이 매우 강하므로 대류가 활발하지 못해, 주변보다 온도가 낮게 되어 어둡게 보인다. 폭발적 태양 활동은 주로 흑점과 주변 지역을 일컫는 활동영역에서 이루어진다.

2. 알펜파 (Alfven waves)

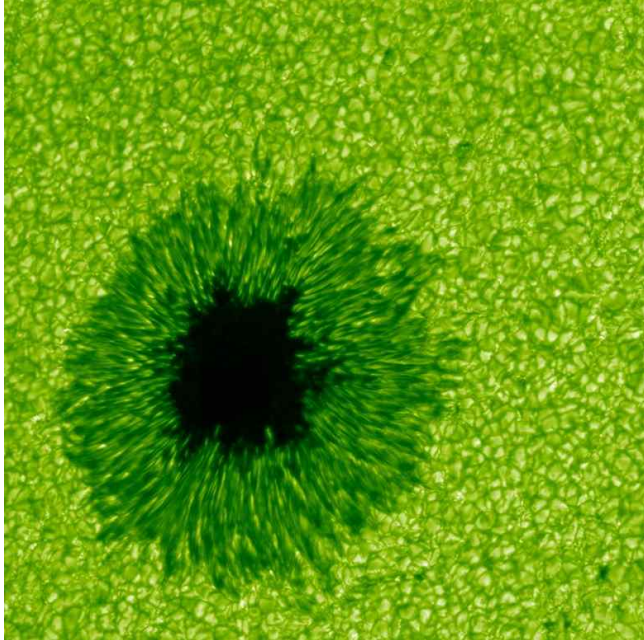
자기장이 있는 공간에 플라스마가 자기력선에 수직인 방향으로 진동하면서, 자기력선을 따라 전파되는 파동이다. 알펜파는 진동 방향과 진행 방향이 수직인 횡파이며 비압축성 파동이다. 알펜파에서는 플라스마의 운동으로 자기장에 수직인 방향으로 흐르는 교류 전류가 생긴다. 알펜파는 이 전류와 연관된 전자기 에너지를 자기력선을 따라 빠른 속도로 실어 나르기 때문에 태양 코로나 가열에 중요할 것으로 보인다.

3. 자기음파 (magnetoacoustic waves)

자기장이 있는 공간에서 플라스마가 압력을 받아 전파되는 압축성 파동이다. 플라스마 압력과 자기 압력이 보조를 맞춰 변화하기 때문에 빠른 속도로 전파되는 빠른 자기음파와, 두 가지 압력이 보조가 엇갈려 변화하기 때문에 느린 속도로 전파되는 느린 자기음파가 있다. 태양흑점에 존재한다고 오래 전부터 알려진 것은 느린 자기음파이다. 태양흑점에서 느린 자기음파는 자기력선을 따라 음속으로 진행한다.

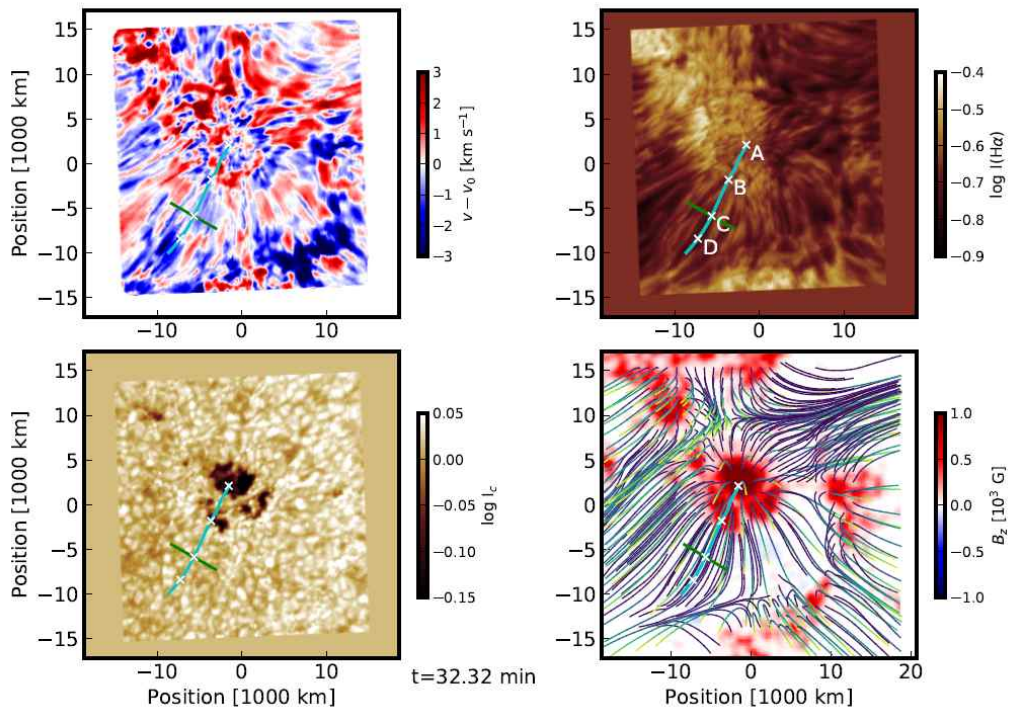
그림 설명

* 태양흑점



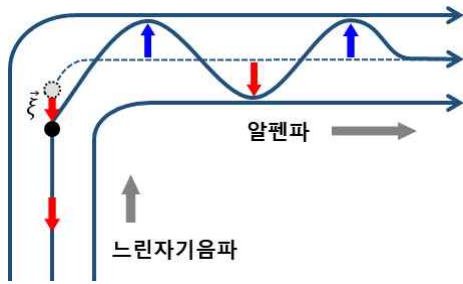
태양흑점은 백색광으로 본 태양에 나타나는 어두운 지역이다. 자기장이 매우 강하므로 대류가 활발하지 못해, 주변보다 온도가 낮게 되어 어둡게 보인다. 폭발적 태양 활동은 주로 흑점과 주변 지역을 일컫는 활동영역에서 이루어진다. 여기에 있는 것은 빅베어 태양천문대에서 촬영한 고해상도 흑점 영상이다.

* 태양흑점 지역에서 검출된 알펜파



상단 좌측은 속도 진동 지도, 우측은 흑점과 주변 지역의 채층 사진, 하단 좌측은 흑점과 주변 지역의 백색광 사진, 우측은 자기장과 자기력선 지도. 연구팀은 태양흑점 주변 피브릴지역(C, D)의 속도 진동 양상이 알펜파와 일치함을 보였다. 이 알펜파는 태양흑점 지역 (A, B)에서 존재하는 느린자기음파 (A,B)와 긴밀한 연관이 있었다.

* 알펜파의 발진 기작 모식도



자기력선을 따라 위로 올라가는 느린자기음파는 자기력선이 구부러지는 지점에서 알펜파로 바뀐다. 느린자기음파와 알펜파는 모두 위아래로 진동하지만, 느린자기음파는 진동 방향과 진행 방향이 같은 종파이고, 알펜파는 진동 방향과 진행 방향이 수직인 횡파이다.