

## 月の極域で観測された 1-12Hz の磁場変動の周波数降下について

# 中川 朋子 [1]; KAGUYA/MAP/LMAG Team 綱川 秀夫 [2]  
[1] 東北工大・工・情報通信; [2] -

## Falling-tone ELF magnetic fluctuations detected by Kaguya above the lunar polar region

# Tomoko Nakagawa[1]; Tsunakawa Hideo KAGUYA/MAP/LMAG Team[2]  
[1] Tohoku Inst. Tech.; [2] -

<http://www.ice.tohtech.ac.jp/~nakagawa/>

Falling tone magnetic fluctuations in a frequency range 1 to 12 Hz were detected by MAP/LMAG onboard Kaguya at an altitude of 100 km above the moon. They were right-hand polarized, and the  $k$  vector was parallel to the background magnetic field. They were detected when the moon was in the Earth's magnetosheath and the spacecraft was moving along a path from the evening side toward the north pole of the moon. An attempt was made to explain the falling tone spectral feature with a cyclotron resonance of a whistler wave and ions sputtered from the moon.

月周辺には月と太陽風との相互作用によって様々な磁場変動が生じている。その多くは、月の固有磁場の上空や、磁力線によって固有磁場と衛星がつながれるときに観測される。固有磁場あるいはそこに生じる局在電場によって太陽風のプロトンや電子が効果的に反射されるためである。しかし、強い固有磁場の見られない月の北極域で、極に近づくとつれて周波数が下がってゆく特徴的な磁場変動が発見された。本発表ではこの周波数分散の成因について考察する。

この磁場変動は月が地球磁気圏のシース中に入った 2008 年 6 月 14 日、かぐや衛星が夕方側（地方時はおよそ 19 時）から月の北極に向かって飛行中に検出された。周波数降下のある磁場変動は 3 回連続して観測された。20:40 に 8Hz に現れた磁場変動の周波数が 7 分かけて 1Hz まで連続的に下り、次いで 20:47 に 10Hz に現れた磁場変動が 20:52 までに 1Hz に下がり、さらに 20:51 頃 12Hz に現れた磁場変動が 21:00 までに 1Hz まで降下し、21:00 に北極に衛星が達すると 1-12Hz 全域に磁場変動がみられ、そこで磁場変動は止まった。この期間中、背景磁場はほぼ南向きで、衛星と月面を最短距離でつないでいたが、磁力線の先の月面上には顕著な磁気異常はなかった。磁場変動の偏波方向は背景磁場に対してすべて右回りであった。Minimum variance analysis によって周波数ごとに求めた  $k$  ベクトルの方向は磁力線にほぼ平行であった。ACE 衛星観測によると太陽風速度は 500km/s、密度は 20 個/cm<sup>3</sup> であった。

$k$  ベクトルの方向が太陽風の方向に垂直なので太陽風によるドップラーシフトは考えなくてよく、偏波が右回りであることからこの波はホイッスル波と考えられる。この周波数帯では高周波は速く、低周波は遅く伝搬する。周波数変化が太陽風による移流であれば、昼へ向かう軌道では遅い低周波が先、速い高周波が後に観測されるはずで、現象を説明できない。衛星軌道上 7 分から 10 分にわたって朝夕方向に広い範囲で観測されたことを考えると、異なる磁力線上を異なる周波数の波が伝搬している構造中を衛星が通過したと考えざるを得ない。

固有磁場によって保護されていない月面上空で観測されたこと、およびこの時の太陽風フラックスが普段より高かったことから、太陽風粒子の衝突によるスパッタリングや二次電子の放出が期待される。これらの粒子が狭い粒子源から様々な角度に放出されたと考えると、粒子速度は粒子源の直上では磁力線に平行に近く、少し離れたところでは斜めの速度になると考えられる。 $k$  に対する各周波数を描いた分散関係図上で、共鳴条件を示す直線とホイッスル波の分散曲線とは、 $V_{para}$  の小さいときは高周波、大きいときは低周波で交わるので、粒子源から遠いところで高周波、粒子源の直上で低周波が期待される（ここで  $V_{para}$  は共鳴粒子速度の磁力線に平行な成分）。共鳴粒子を電子と考えると、1-12Hz の波が粒子から見て電子サイクロトロン波の周波数に見えるためには太陽風速を超えるビーム速度が必要となりエネルギー的に無理がある。反射粒子がイオンでホイッスル波を追い抜く形で共鳴すると考えると、共鳴粒子速度は太陽風速以内で説明することができる。