

## 月周辺の電場構造の2次元シミュレーション

## A 2-Dimensional full particle simulation of the electric field around the moon

# 木村 進矢 [1]; 中川 朋子 [1]

# Sinya Kimura[1]; Tomoko Nakagawa[1]

[1] 東北工大・情報通信

[1] Tohoku Inst. Tech.

太陽風が月に当たると月が粒子を吸収し、月の下流側にはウェイクと呼ばれる粒子の密度が低い領域が形成される。月のウェイクは、超音速流中の障害物の下流にできる電気的中性が保障されないプラズマの実験場として貴重な場を与えている。人工衛星 GEOTAIL が月とそのウェイクと磁力線につながったとき、1Hz 付近に強い磁場変動を観測した (Nakagawa et al., 2003)。この波が太陽風中の電子ビームと共鳴して発生したホイッスラー波が磁力線を伝わって GEOTAIL まで達したのなら、月ウェイク境界に 1kV くらいの電位差が必要であると考えられる (Nakagawa and Iizima, 2005)。しかし、そのような電場構造は今まで報告されていない。WIND 衛星 (Ogilvie et al., 1996) は月の半径の 6.5 倍後方を一度通過しているが、ウェイク境界において強い電場構造は報告されていない。Lunar Prospector 衛星 (Halekas et al., 2005) は、月から 20-150km の高度で 6000 回周回し電子の速度分布の観測により電位を推定し、月の裏側のウェイク中心部では太陽風中よりおよそ 300V 電位が低いことを報告したが、これでは観測されたようなホイッスラー波を励起することはできない。1次元による粒子シミュレーションの解析結果 (Farrell and Kaiser, 1998; Birch and Chapman, 2001) を見てもホイッスラー波が励起できるような電位差は得られていない。

そこで本研究では、従来の衛星が観測していなかった月の表面に近い場所に、ホイッスラー波が起こるような電場構造ができるかどうかを調べるため、ElectroStatic コード (Birdsall and Langdon, 1985) に基づいて、月の形を考慮に入れて2次元のシミュレーションを行った。2次元に取ったシミュレーションボックスの空間内に月を配置し、太陽風をイオンと電子の粒子として扱い、月周辺にどのような電場構造が現れるかを見る。GEOTAIL 観測時は太陽風中の速度が 500km/s であり、イオンの温度を 20eV とするとイオンの熱速度は 62km/s なので、シミュレーションではイオンの熱速度を太陽風速度の 0.12 倍とした。粒子の速度分布は Maxwell 分布とした。電子とイオンの質量比は 1:100 としたので、電子の熱速度はイオンの熱速度の 10 倍とした。デバイ長は月半径の 1.1 倍となりこれは GEOTAIL 観測時の 33m よりかなり大きい。粒子の位置を決めるとき、月は導体ではないので月に当たった粒子は月の表面で固定した。背景磁場がない場合は月の夕方と朝方の両側に、太陽風に対しておよそ 250V の強い負の電位差が現れた。この電場層の厚さはおよそデバイ長くらいであった。この電場の生成は、月の裏表面に吸着した電子によるものであると考えられる。月の裏側表面は太陽風に対しておよそ 180V の負の電位構造ができていた。これは Lunar Prospector 衛星が月の裏側表面付近で求めた構造と似ているが、Lunar Prospector 衛星の観測のほうが 300V と大きい。

背景磁場として太陽風の流れる方向より 45 度傾けた方向の磁場を入れると、月の両側の電場の強さに非対称が生じ、月の片側には背景磁場を入れなかったときより強い電場構造が現れた。電場層の厚さはおよそデバイ長くらいである。磁場の強さは電子のラーマー半径をデバイ長の 2 倍とした。ラーマー半径とデバイ長が同じときと、ラーマー半径がデバイ長の 1/2 倍のときの実験も行ったが、電場構造には変化が見られなかった。背景磁場を入れたときと入れないときの、月のサイドに生じた強い電場の最大値を比較したところ、磁場を入れた方がおよそ 1.7 倍強いという結果が出た。この月のサイドに生じた強い電場構造でホイッスラー波が励起された可能性も考えられる。