

かぐや衛星によって月磁気異常上空で観測される100秒周期磁場変動発生時の太陽風条件

Solar wind condition of 100-second magnetic field variations observed by Kaguya/LMAG above the lunar magnetic anomaly

中山 研仁^{1*}, 中川 朋子¹, 高橋 太², 綱川 秀夫³, 渋谷 秀敏⁴, 清水 久芳⁵, 松島 政貴³

Akihito Nakayama^{1*}, Tomoko Nakagawa¹, Futoshi Takahashi², Hideo Tsunakawa³, Hidetoshi Shibuya⁴, Hisayoshi Shimizu⁵, Masaki Matsushima³

¹東北工業大学, ²東京工業大学, ³東京工業大学理工学研究科地球惑星科学, ⁴熊本大学大学院自然科学研究科, ⁵東京大学地震研究所

¹Tohoku Inst. Tech., ²Tokyo Tech., ³Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo Tech., ⁴Dept. Earth Sci., Kumamoto Univ., ⁵ERI, Univ. of Tokyo

月が太陽風中にあるとき、月の昼間側や昼夜境界付近で約100秒周期の大振幅磁場変動が観測されることが「かぐや」衛星搭載磁力計(LMAG)によって分かった(Takahashi et al., 2009)。この磁場変動は、上流の太陽風にあるACE衛星では観測されないため、元々の太陽風磁場にはないことがわかる。

この波は、地球のBow Shockで反射されたイオンが励起するupstream waveと同じように、月で反射されたプロトンが太陽風中のMHD波とサイクロトロン共鳴したものと考えられる。プロトンの反射には、(1)月面そのものによる散乱(Saito et al., 2008)、(2)月の固有磁場による反射(Halekas et al., 2006)の2つの可能性が考えられるが、100秒周期の波のパワーを月面上にマップしたところ、月の固有磁場の強いFar Sideの緯度-10度から-50度、経度150度から200度に集中していたので、100秒周期の波は月の固有磁場によって反射されたイオンが励起していると考えられる。

月の固有磁場との関係がわかったので、次に太陽風側の条件を調べるため、約150万km上流で太陽風を測っているACE衛星の太陽風の密度、速度と100秒周期の磁場変動のパワーを比べた。使用データはLMAGによって2007年12月から2008年11月にかけて観測された100km高度磁場データ(1秒平均値)である。これを300秒ずつフーリエ変換し、100秒周期の磁場変動のパワーを得た。ACEのデータはACEとかぐやの間の距離(X方向)を太陽風速のX成分V_xで割った時間だけずらした。

期間中、かぐや衛星が月の磁気異常(ME座標で経度150度から180度)の上空を通過した全28日のうち、特に100秒周期の磁場変動のパワーが強かった日5例について太陽風条件を調べると、4例についてプロトン密度が20[cm⁻³]を超えていた。これは、通常の太陽風密度5[cm⁻³]と比べ非常に高い。また、密度の増減に伴って、磁場変動の強度も似た変化をしていた。残りの1例は、プロトン密度が5個[cm⁻³]程度であったが、1日を通して太陽風速度が600[km/s]前後あった。これより、太陽風速度だけでなく密度と速度の積、または密度と速度の2乗の積が100秒周期の波の発生をコントロールしていることが示唆される。月面の固有磁場に当たるプロトンが多いと反射するプロトンも増加するため、100秒周期の波のパワーも似た変化をしたと考えられる。これは月磁気異常によるプロトンの反射によって100秒周期の波が発生するという考えと一致している。

キーワード:月,磁場変動,かぐや, LMAG,太陽風,反射プロトン

Keywords: Moon, magnetic field, Kaguya, LMAG, solar wind, reflected proton