

研究 成 果 報 告 書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB	太陽風中の月および月ウェイクの電磁環境				
研究テーマ (欧文) AZ	Electromagnetic environment of the moon and the lunar wake				
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓)ナカガワ	名)トモコ	研究期間 B	2011 ~ 2013 年
	漢字 CB	中川	朋子	報告年度 YR	2013 年
	ローマ字 CZ	Nakagawa	Tomoko	研究機関名	東北工業大学
研究代表者 CD 所属機関・職名	東北工業大学・教授				
<p>概要 EA (600 字～800 字程度にまとめてください。)</p> <p>地球と違って大規模な固有磁場を持たないため太陽風プラズマ粒子が直接衝突する月の周辺は、地球とは大きく異なる電磁環境となっている。表面を導体で覆われた人工衛星とも違って、基本的に不導体の月面では、帯電の不均一も解消されず、局所的な電場が発生し得る環境でもある。本研究では、「かぐや」衛星による磁場観測データの解析と、2次元粒子シミュレーションを用いて、月面で反射した太陽風プロトンによるプラズマ波動励起のメカニズムと、太陽風に曝されていない側(夜側)にできた月ウェイクの電場構造・プラズマの挙動への影響を中心に月周辺の電磁環境の研究を行った。</p> <p>月面での反射プロトンの発見は、かぐや衛星による観測の大きな成果であるが、月の昼側で観測された周期約 100 秒の大振幅の磁場変動は、この月面で反射した太陽風プロトンが太陽風磁場を横切ってサイクロトロン運動することにより、太陽風中の磁気流体波と共鳴して発生することが明らかとなった。この波が月面上の固有磁場の上空でよく観測されたことも、反射プロトンが励起した波であることを示している。反射プロトンが太陽風中の磁気流体波と共鳴する機構は地球前面衝撃波と似ているが、衝撃波の場合と異なり、観測者(人工衛星)から見て右回り・左回りの両方の波が観測されるのは、月のサイズが小さく、プロトン反射及び共鳴する波の伝搬方向に自由度があるためであることも示された。</p> <p>月の夜側は、熱速度の高い電子だけが衝突するため負に帯電し、これによる電場のため、月の昼夜境界線付近では電子軌道が月から遠ざかるように曲げられ、一方イオンはウェイク中心に向かって加速されて、従来の真空へのプラズマの流入の標準的な理論とされていた「自己相似解」よりも速く真空域に流入することが2次元粒子シミュレーションによって示された。</p> <p>太陽風中の月は、昼夜に電位差を生みだし昼側にプラズマ波を励起する存在であると言える。</p>					
キーワード FA	月ウェイク	太陽風プロトン	かぐや衛星	PICシミュレーション	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）										
雑誌	論文標題 ^{GB}	Large-amplitude monochromatic ULF waves detected by Kaguya at the moon								
	著者名 ^{GA}	Nakagawa, T., A. Nakayama, F.	雑誌名 ^{GC}	J. Geophys. Res						
	ページ ^{GF}	A04101～	発行年 ^{GE}	2	0	1	2	巻号 ^{GD}	117, A4	
雑誌	論文標題 ^{GB}	Ion entry into the wake behind a nonmagnetized obstacle in the solar wind: Two-dimensional particle-in-cell simulations								
	著者名 ^{GA}	Nakagawa, T.	雑誌名 ^{GC}	J. Geophys. Res						
	ページ ^{GF}	1849～1860	発行年 ^{GE}	2	0	1	3	巻号 ^{GD}	118	
雑誌	論文標題 ^{GB}									
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}							
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}		
図書	著者名 ^{HA}									
	書名 ^{HC}									
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}		
図書	著者名 ^{HA}									
	書名 ^{HC}									
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}		

欧文概要^{EZ}

The solar wind interaction with an insulating, non-magnetized body such as the moon is characterized with the particle absorption and the surface charging. The most of the solar wind particles that hit the moon are absorbed by the surface, creating a plasma cavity called the lunar wake behind the moon. A small fraction 0.1-1% of the solar wind protons were found to reflect at the lunar surface by Kaguya spacecraft on its orbit encircling the moon at an altitude of 100 km.

On the dayside surface of the moon exposed to the solar wind, large amplitude, monochromatic ultra low frequency waves of 0.01 Hz were dominant. The present study have found that the waves were generated though the cyclotron resonance of the magnetohydrodynamic waves with the solar wind protons reflected by the moon. This is consistent with the high occurrence above the crustal magnetic field where the solar wind protons are significantly reflected. The energy of the reflected protons can account for the energy of the waves. The propagation direction which are not parallel to the incident solar wind flow can explain the observed frequency and the nearly equal percentages of the left-handed and right-handed polarizations.

The nightside surface of the moon, bombarded only by electrons, is thought to charge negative. Our 2-D, electromagnetic full-particle simulations have revealed that the negative charging expels the electrons and accelerates ions into the void, creating a significant difference between the number of ions and electrons near the wake. The ions are accelerated earlier and faster than they were expected in the self-similar solution. The velocity profile of the ions in the wake approaches the self-similar solution with finite ion temperature asymptotically until they reach the distance where the ions from both sides of the wake meet. The ions that entered from both sides are accelerated in the opposite directions. They raise the ion temperature and the pressure in the center of the wake.