

## かぐや (SELENE) MAP-PACE によって観測された、月の磁気異常帯上空での電子加熱現象

# 小川 恵美子 [1]; 町田 忍 [2]; 斎藤 義文 [3]; 横田 勝一郎 [4]; 田中 孝明 [5]; 浅村 和史 [6]; 寺沢 敏夫 [7]; 西野 真木 [8]; 綱川 秀夫 [9]; 「かぐや」MAP-PACE 班 齋藤 義文 [10]; 「かぐや」MAP-LMAG 班 綱川 秀夫 [10]  
 [1] 京大・理・地球物理; [2] 京大・理・地球惑星; [3] 宇宙研; [4] 宇宙機構; [5] 東大・理・地球惑星; [6] 宇宙研; [7] 東工大・理・流動機構/物理学専攻; [8] 宇宙機構・科学本部; [9] 東工大・理・地惑; [10] -

### Study of electron heating above the lunar magnetic anomalies observed by KAGUYA (SELENE) MAP-PACE

# Emiko Ogawa[1]; Shinobu Machida[2]; Yoshifumi Saito[3]; Shoichiro Yokota[4]; Takaaki Tanaka[5]; Kazushi Asamura[6]; Toshio Terasawa[7]; Masaki Nishino[8]; Hideo Tsunakawa[9]; Yoshifumi Saito KAGUYA MAP-PACE Team[10]; TSUNAKAWA, Hideo KAGUYA MAP-LMAG Team[10]  
 [1] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [2] Dept. of Geophys., Kyoto Univ.; [3] ISAS; [4] ISAS/JAXA; [5] Dept. of Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ.; [6] ISAS/JAXA; [7] Dept. Phys., Tokyo Tech.; [8] ISAS/JAXA; [9] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH; [10] -

Although the moon has no global magnetic fields, there are a number of small crustal fields and several large magnetic anomalies. Especially, recent studies by the Lunar Prospector data showed an extremely large anomaly on the far side of the moon (on South Pole-Aitken Basin). Interaction between the solar wind and the lunar magnetic anomaly has remained unclear due to the limitation of observations.

In this paper, we study the effects of solar wind on the electron heating above the magnetic anomaly observed by KAGUYA (SELENE) which is a Japanese lunar orbiter launched on September 14, 2007. MAP (Magnetic field And Plasma experiment) is one of the scientific instruments onboard the KAGUYA satellite. MAP consists of LMAG (Lunar MAGnetometer) and PACE (Plasma energy Angle and Composition Experiment). LMAG is a tri-axial fluxgate magnetometer. PACE consists of 4 sensors: ESA (Electron Spectrum Analyzer)-S1, ESA-S2, IMA (Ion Mass Analyzer), and IEA (Ion Energy Analyzer).

When the moon was in solar wind and KAGUYA was orbiting above South Pole-Aitken basin (on January 1-4, 2008), magnetic field enhancement (about 10nT) was observed every 2 hours which is an orbital period. Associated with this enhancement, a strong electron heating was observed, which may be an anomaly-related phenomenon. In order to study details of the electron heating, we analyzed the electron data obtaining its velocity distribution.

We analyzed data during the interval between 21:00 and 23:00 UT on January 3, when the solar wind variation was small.

At 21:50 UT, KAGUYA was orbiting above the region away from the magnetic anomaly. If we extend magnetic field line assuming that it has a purely straight-line structure, it didn't connect with the lunar surface. At this time, the low energy electrons had an anisotropic velocity distribution.

From 22:20 to 22:30 UT, again, KAGUYA was orbiting above the region distant from the magnetic anomaly, and magnetic field line connected to the lunar surface. During this interval, also, the low energy electrons had anisotropic velocity distributions. Furthermore, the electron flux with the pitch angle of about 140 deg enhanced.

Around 22:00 UT at which KAGUYA was orbiting above South Pole-Aitken anomaly, the magnetic field line didn't connect with the lunar surface. For this period, the electron heating occurred in both parallel and perpendicular directions with respect to the magnetic field. The electron heating was not isotropic; the parallel heating dominated the perpendicular heating.

We will show various electron velocity distributions around the Moon under different conditions with discussion on the possible mechanisms of electron heating.

過去に行われた月探査 (アポロ、Lunar Prospector) の磁力計と電子反射計のデータから、月には地球のような全球的な磁場はないが、局所的に磁場を持つ領域 (磁気異常帯) が存在することが知られている。特に月の裏側の南極-エイトケン盆地周辺には広域にわたって強い磁場を持つ領域が存在している。月の磁気異常帯と太陽風の相互作用はまだ詳しく解明されていない点が多い。

かぐや (SELENE: SELEnological and ENgineering Explorer) は、2007年9月14日に打ち上げられた月周回衛星であり、10月18日に月周回軌道に投入され、月の極軌道を約2時間で周回している。かぐやに搭載された MAP (Magnetic field And Plasma experiment) は、LMAG と PACE で構成されている。LMAG (Lunar MAGnetometer) は3軸フラックスゲート磁力計である。PACE (Plasma energy angle and composition experiment) はプラズマ計測器で、ESA (Electron Spectrum Analyzer)-S1、ESA-S2、IMA (Ion Mass Analyzer)、IEA (Ion Energy Analyzer) の4つのセンサーから構成されている。

月が太陽風中にあり、「かぐや」が南極-エイトケン盆地上空を通過しているとき (2008年1月1日~4日)、「かぐや」の周回ごとに磁場強度の増大 (約10nT) が観測された。またそれと同時に、電子の ESA-S1、S2 の両方で加熱現象が観測された。この電子加熱は磁気異常帯により引き起こされていると考えられる。電子加熱現象を詳しく解析するため速度分布を調べ、磁気異常帯上空とそれ以外の地点の上空での比較を行った。

まず、太陽風の変動が比較的少ない1月3日 21 - 23 UT の期間について解析を行った。

磁気異常帯上空に対応しない南極付近を通過している 21:50 頃、磁力線は月面に繋がらない方向に伸びていた。この時の速度分布を見ると、完全に等方な分布ではなく、ピッチ角が 0-90 度の低エネルギー電子のフラックスの方が 90-180 度のものより少し多くなっていた。

磁気異常帯上空ではないが、磁力線が月面に繋がる方向に伸びている 22:20-22:30 頃の速度分布も、ピッチ角が 0-90 度の低エネルギー電子のフラックスの方が 90-180 度のものより多くなっていた。また、ピッチ角約 140 度の電子のフラックスが高くなっていた。

磁気異常帯上空を通過している 22:00 頃は、磁力線は月面に繋がらない方向に伸びていた。この期間には、磁力線に垂直な方向にも平行な方向にも電子が加熱されていることが速度分布からわかった。また、磁力線平行方向により強く加熱されており、磁場が強いほどその傾向が強くなっていた。

本発表では、月周辺での電子の速度分布と磁気異常帯周辺で観測された電子加熱の特徴について報告する。また、磁気異常帯周辺での電子加熱のメカニズムについても議論を行う。