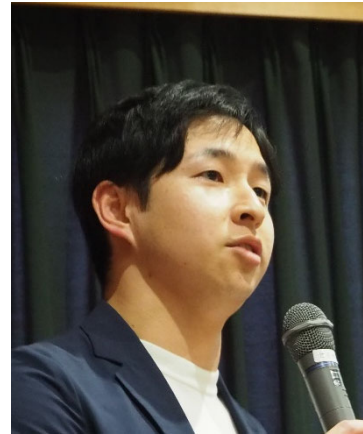


2025 年京大知球会修士論文賞記念講演 要旨
かぐや低高度観測データを用いた太陽風月ミニ磁気圏相互作用の研究
太陽惑星系電磁気学講座 荻野晃平 (OGINO, Kohei)

1. はじめに

月には全球的な固有磁場が無いが、月地殻磁気異常 (Lunar crustal Magnetic Anomaly、LMA と表記) が月面に不規則に分布している。LMA は太陽風プラズマと相互作用することで「月ミニ磁気圏」と呼ばれる領域を形成しており、入射太陽風の反射、プラズマ波動の励起等、複数の電磁氣的現象を引き起こしている。それらは月面付近の電磁氣的なダイナミクスに大きく影響するため、月プラズマ環境を理解するためには、太陽風 LMA 相互作用の詳細な物理過程を解明することが重要である。しかし、LMA の高度方向の空間スケールは高々数 10 km と、典型的な月周回衛星の高度 (~100 km) と比べると小さい。よって太陽風と LMA が直接相互作用する領域の直接観測が難しいため、その領域での物理過程について詳細な理解が得られていない。



2. 手法・目的

本研究では、かぐや衛星が 2009 年 2 月から 2009 年 6 月にかけて複数の LMA 上空で取得した低高度 (<~50 km) 観測データを網羅的に解析した。それにより、先行研究では 1 軌道の、主に荷電粒子に関する事例解析にとどまっていたかぐや低高度観測データについて解析を拡張し、月ミニ磁気圏が太陽風と直接相互作用する領域での荷電粒子・プラズマ波動の特性を明らかにすることを目的とした。

3. 結果

図 1 に、本研究結果をまとめた概念図を示す。太陽風イオンの反射率は水平方向に広がった LMA で高くなっている傾向が得られた。1-10 Hz の広帯域ホイッスラーモード波動に関しても、水平方向に広がった LMA で強い波動が観測されやすい傾向が得られた。また、広帯域ホイッスラーモード波動強度は、反射イオンフラックスと正の相関を示しており、ホイッスラーモード波動の励起源として、反射イオンが重要な役割を果たしていることが示唆された。

一方で、1-10 kHz の広帯域静電ノイズ (Broadband Electrostatic Noise、BEN と表記) は、かぐや衛星を通る磁力線が月面に接続している際に増強されており、水平方向に広がった LMA だけでなく、孤立した LMA でも、低高度で強い BEN が観測された。これらの結果は、BEN の励起源として、反射電子が重要な役割を果たしていることを示唆している。

4. 議論

これらの結果は、磁気圏としての空間スケールに着目すると、興味深い特性を示していることが分かる。地球磁気圏のような、イオンの特性長よりも十分に大きな磁気圏では、イオンスケール以上の、磁気流体的な相互作用が頻繁に起こる。一方、イオン特性長と同程度以下の月ミニ磁気圏では、一般に電子スケールの現象が起こると予想されてきた。しかしながら本研究の結果は、イオン特性長と同程度以下の月ミニ磁気圏においても、電子スケールの相互作用が起きたり、イオンが関わる波動粒子相互作用が起きたり、というように、月ミニ磁気圏の水平方向のスケールが相互作用の様相に影響を及ぼしていることを示唆している。

5. 結論

本研究では、先行研究では事例解析にとどまっていたかぐや低高度観測データについて、解析を拡張し、低高度での荷電粒子・プラズマ波動について、複数の LMA で包括的な調査を行った。その結果、イオン反射、プラズマ波動の特性は LMA ごとに異なっており、LMA の水平スケールが相互作用に影響している可能性が示唆された。

太陽系には、水星磁気圏や火星地殻磁場領域、ガニメデ磁気圏など、「ミニ磁気圏」と呼ばれる領域が複数存在している。本研究の結果は、太陽風とミニ磁気圏の相互作用を理解していく上で、磁気圏の空間スケールが相互作用にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするための重要な足掛かりになる可能性が期待される。

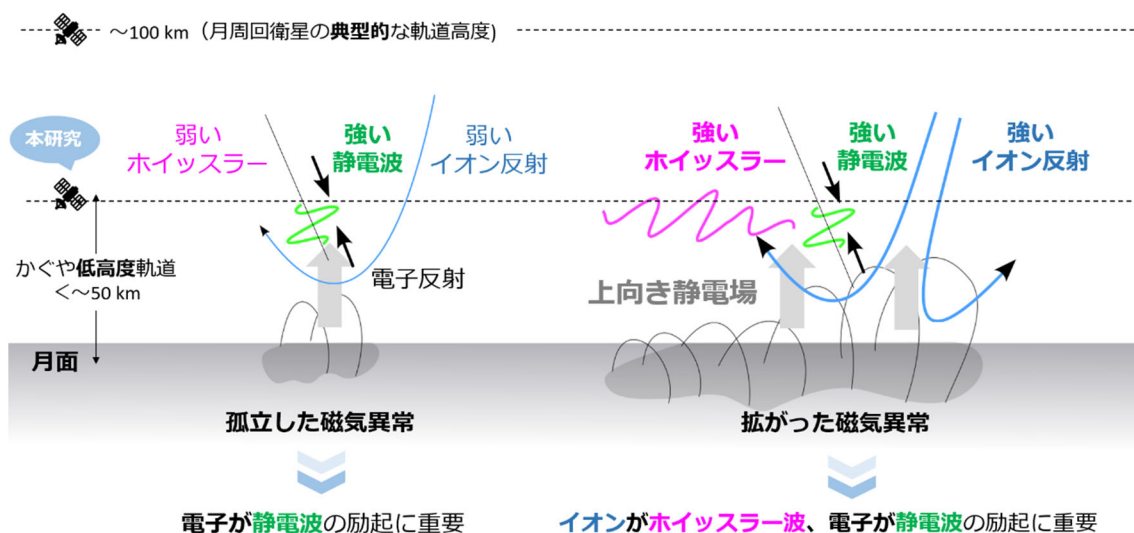


図 1. 本研究の結果をまとめた概念図。