

月について

月は...

- グローバルな固有磁場を持たない
但し局所的に磁気異常は存在
- 濃い大気を持たない
- レゴリスに覆われている

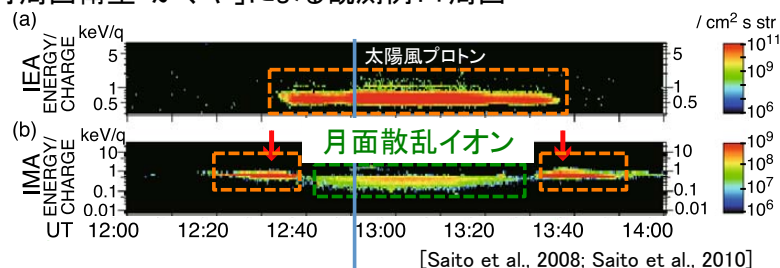
→ 太陽風中のイオンは 月面のレゴリスと相互作用

しかし「かぐや」衛星以前は...

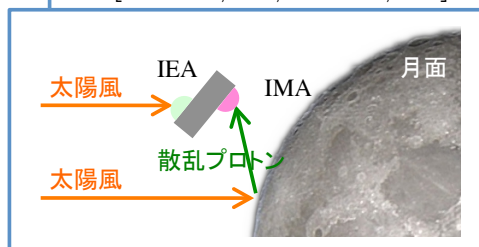
月表面との相互作用はよく分かっていない
(月低高度での観測が殆ど無かったため)

月周辺のプラズマ環境(「かぐや」衛星以後)

月周回衛星「かぐや」による観測例: 1周回



月周回衛星「かぐや」
• ~100km高度の極軌道
• 3軸姿勢制御
• 周期2時間



本研究の位置づけ

月: 濃い大気やグローバルな固有磁場をもたない天体

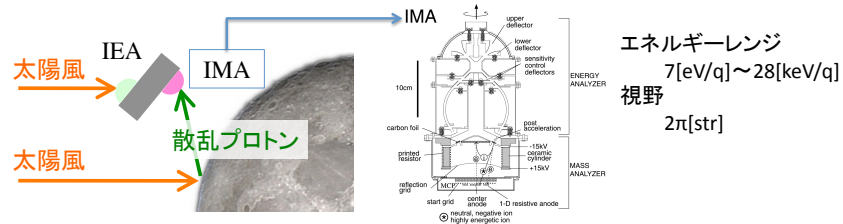
「かぐや」衛星の月周辺プラズマ観測:
天体固体表面と太陽風との相互作用の理解へ

- 本研究では
「かぐや」衛星の観測データを用いてプロトンの散乱角度分布を明らかにする
- ❖ 入射角と出射角の関係: 鏡面散乱か?
 - ❖ 地形の違いによる散乱への影響
 - ❖ モデル計算との比較による理解

解析方法及び解析日の条件

解析方法

IMAのデータを用いる → エネルギー、飛来方向
イオンの飛来方向の情報 → 入射角、出射角

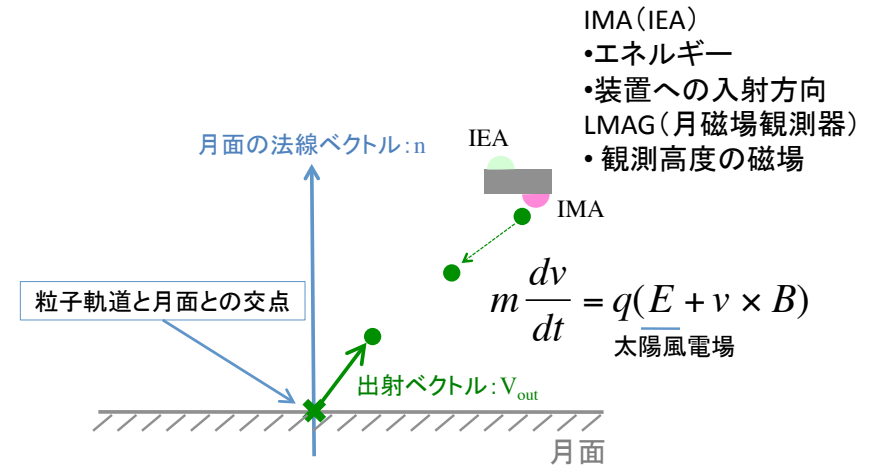


解析に用いる観測日の条件

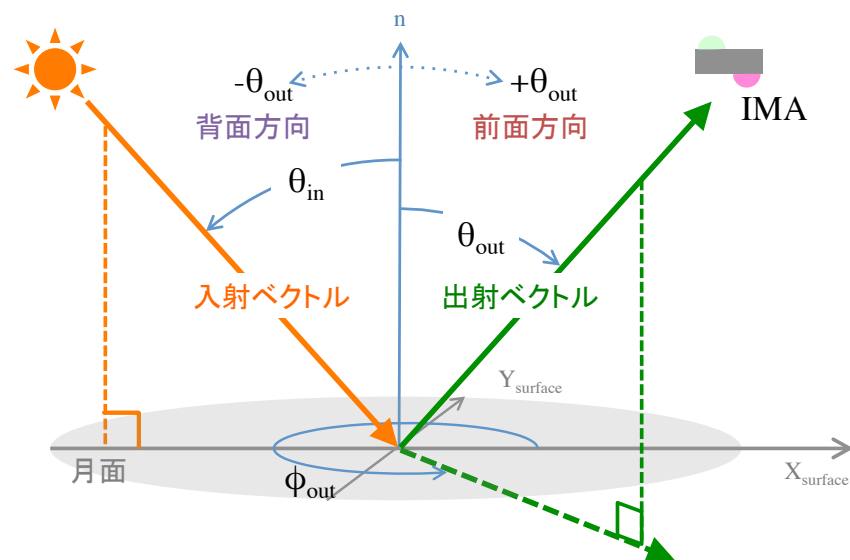
- 磁気異常が無いか非常に弱い領域
- 太陽直下点を通る、もしくは可能な限り近い軌道
 - 解析1: 地形的に平らである領域
 - 解析2: 起伏に富んだ領域

解析方法の詳細

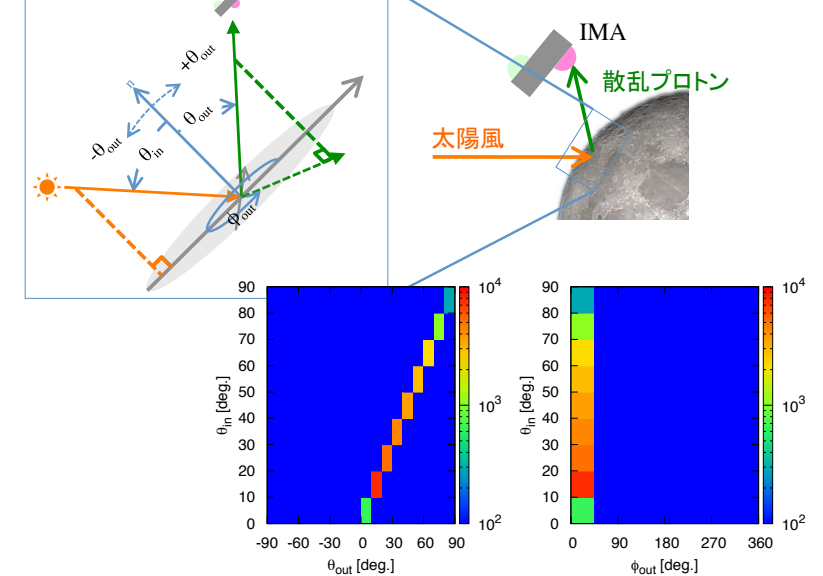
運動方程式に基づき、月面までバックトレース
月面上での月面の法線ベクトルと出射ベクトルを定義

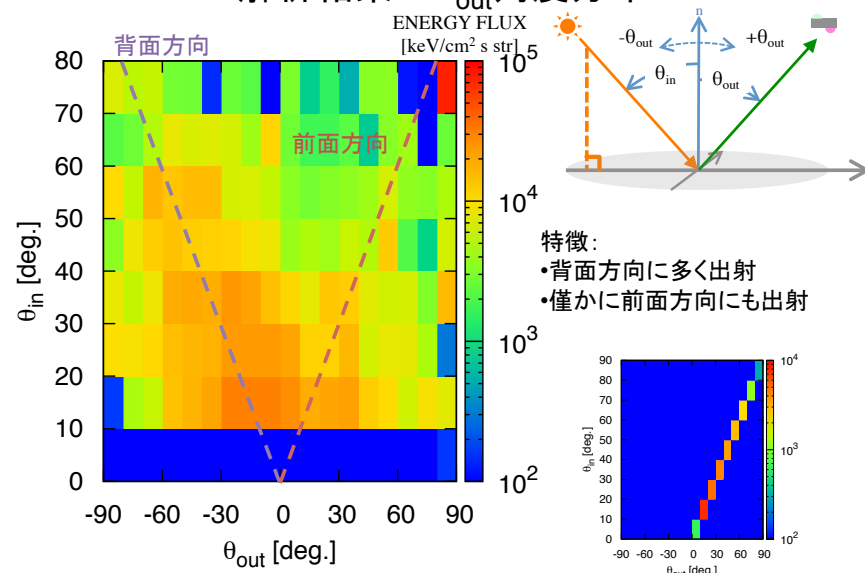
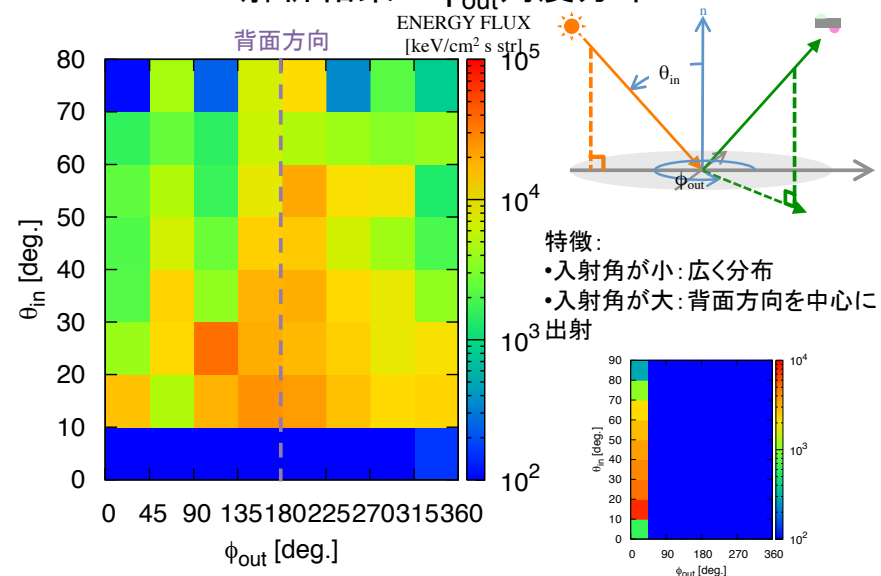


角度定義



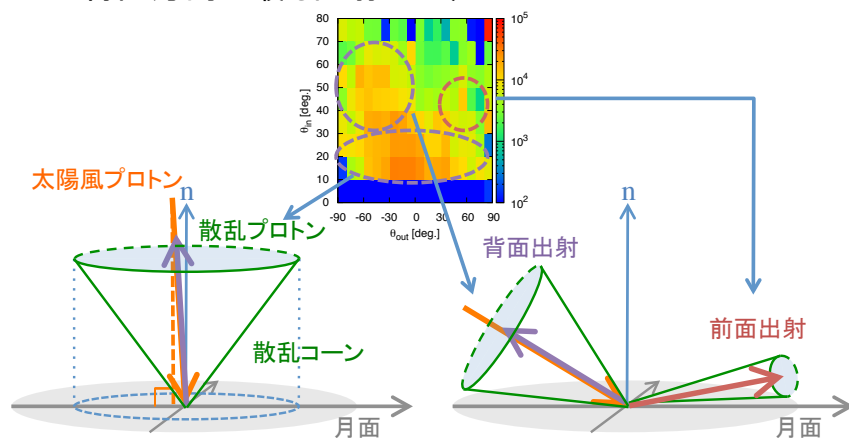
予想される解析結果



解析結果1: θ_{out} 角度分布解析結果1: ϕ_{out} 角度分布

解析の纏め

- * 角度分布は2つのピークがある
→ 背面出射、前面出射
- * 背面方向に最も出射しやすい

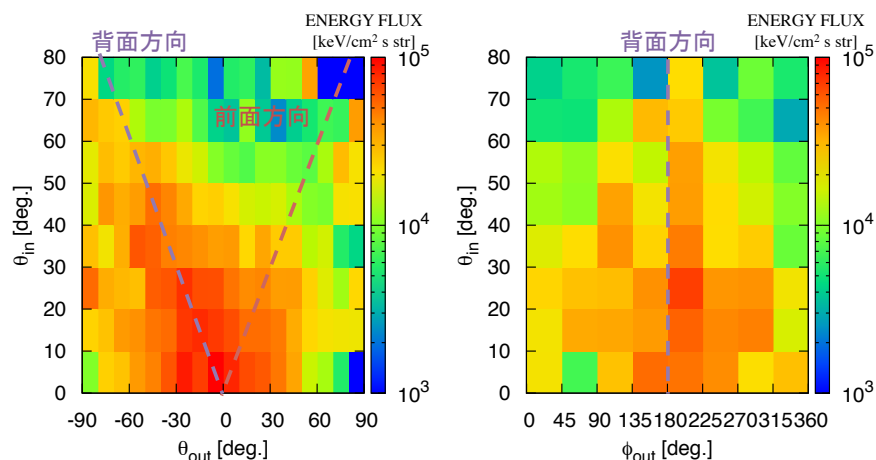


解析2

この傾向は地形の影響を受けるか?

解析に用いる観測日の条件

- 磁気異常が無いか非常に弱い領域
- 太陽直下点を通る、もしくは可能な限り近い軌道
 - 解析1: 地形的に平らである領域
 - 解析2: 起伏に富んだ領域

解析結果2: θ_{out} 、 ϕ_{out} 角度分布

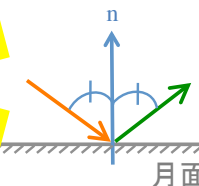
特徴:

- 地形的に起伏があっても解析結果1と殆ど同様の分布を示す。

月面散乱モデルの考察

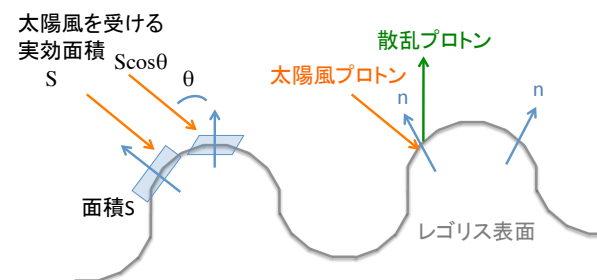
仮定

- 月面は平らである
- 表面では全て鏡面散乱

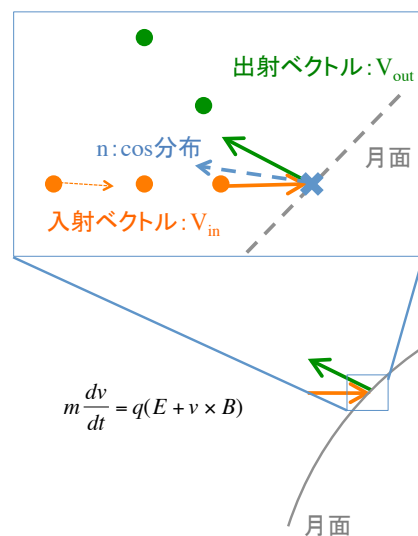


仮定

- 微視的なレゴリス表面は様々な方向を向いている
- レゴリス表面では全て鏡面散乱する



テスト粒子計算の詳細



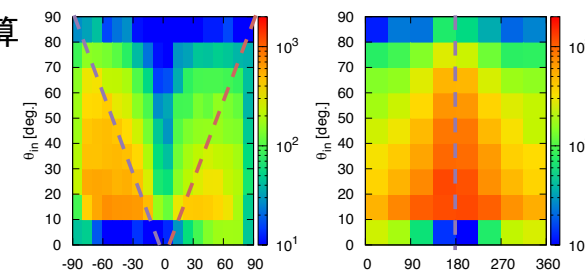
計算手順

- ステップ1: プロトンが月面に入射するまで計算
- ステップ2: nをcos分布で決定
- ステップ3: nに対して鏡面反射の方向を中心にcos分布で出射ベクトルを決定
- ステップ4: 衛星高度まで計算

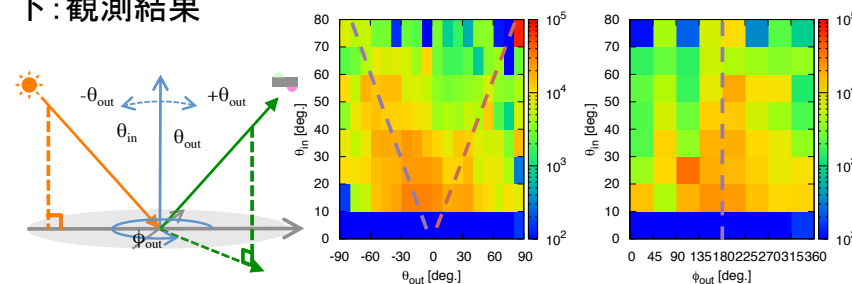
$$m \frac{dv}{dt} = q(E + v \times B)$$

テスト粒子計算の結果

上: テスト粒子計算



下: 観測結果



「かぐや」衛星の観測データを用いて**プロトンの散乱角度分布**を明らかにする

❖ 入射角と出射角の関係

月面散乱には2成分ある(背面出射、前面出射)
背面出射が主である

→単純な鏡面散乱では理解できない

❖ 地形の違いによる散乱への影響

地形に起伏が存在しても大きく変化しない

→月面散乱は微視的な部分で決まっている

❖ モデル計算との比較による理解

レゴリスを考慮したモデルで観測を説明できる

■ Future work

❖ 出射角とエネルギーの関係

❖ 誤差評価

[1]Saito, Y., et al. (2008), Low-energy charged particle measurement by MAP-PACE onboard SELENE, Earth Planets Space, 60, 375.

[2]Saito, Y., et al. (2008), Solar wind proton reflection at the lunar surface: Low energy ion measurement by MAP-PACE onboard SELENE (KAGUYA), Geophys. Res. Lett., 35, L24205, doi:10.1029/2008GL036077.

[3] Saito Y., S. Yokota, K. Asamura, T. Tanaka, M. N. Nishino, T. Yamamoto, Y. Terakawa, M. Fujimoto, H. Hasegawa, H. Hayakawa, M. Hirahara, M. Hoshino, S. Machida, T. Mukai, T. Nagai, T. Nagatsuma, T. Nakagawa, M. Nakamura, K. Oyama, E. Sagawa, S. Sasaki, K. Seki, I. Shinohara, T. Terasawa, H. Tsunakawa, H. Shibuya, M. Matsushima, H. Shimizu, F. Takahashi, In-flight Performance and Initial Results of Plasma Energy Angle and Composition Experiment (PACE) on SELENE (Kaguya), Space Sci. Rev., 154, 1-4, 265-303, 2010, doi:10.1007/s11214-010-9647-x