

Vlasov-Maxwell モデルを用いた月ウェイク形成に関する研究

Numerical experiment of formation of the lunar wake using Vlasov-Maxwell model

阿部 聡 [1]; 小野 高幸 [2]; 飯島 雅英 [3]

Satoshi Abe[1]; Takayuki Ono[2]; Masahide Iizima[3]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理・地物

[1] Graduate School of Science, Tohoku Univ.; [2] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [3] Geophysical Inst., Tohoku Univ.

月は太陽風と直接的な相互作用をしており、その結果として月の後方にウェイクと呼ばれる低密度領域が形成される。月ウェイクの発展的な観測を行ったのは Wind 衛星であり、この観測によってプラズマの高温成分が重要な働きをする現象が確認され、ウェイクを扱うには運動論的な手法が適切であるという事実が明らかになった。この事実を背景に、運動論的な手法によるシミュレーションがなされてきたが、PIC シミュレーション [Farrell et al., 1997 他] では質量比を 20 として計算を行ない、Hybrid シミュレーション [Travnicek et al., 2005] では電子を流体として扱っていることから、実際のプラズマの運動論的性質を再現した上でのシミュレーションは未だなされていない。本研究では Vlasov コード [Cheng, 1963] に注目して、月ウェイクの形成に付いて、Vlasov コードを用いて再現を試みる。Vlasov コードは、PIC よりも大きなスケールを解くことが可能であり、この特徴を利用して比較的マクロなプラズマの現象に適用され始めている。本研究では Vlasov コードを適用することで電子とイオンの質量比を実際の値を用いることが可能となった点が重要な特徴としてあげられる。

1 次元静電的ブラソフコード (Vlasov-Poisson モデル) によるシミュレーションの結果、電場を考慮しない場合よりも速くウェイク内部に粒子が侵入する結果が得られた。これは 2 成分プラズマを考えたことで分極電場が発生し、それによりイオンが加速され、より内部まで侵入する結果である。ここではイオンと電子の質量比を実際の値で計算を行なったが、問題なく解くことができている。更に Wind 衛星の観測結果との比較を行なったが、電場のみを考慮した場合 Wind 衛星の観測値以上にウェイクの中に粒子が侵入していることがわかった。この他にも、ウェイクの外側において周期的な電場の変動が確認され、それはウェイク境界付近のプラズマ不安定によって発生している波動現象であることが判明した。

次に、磁場を考慮した Vlasov-Maxwell モデルによる計算を行なった。Vlasov - Poisson モデルによる結果との比較により、本 Vlasov コードによるシミュレーションが磁力線の平行、垂直方向のプラズマの易動度の差を明瞭に再現しているものと考えられ、magnetic shadow の理解に重要な貢献をなすこととなった。