

12 面体分割三角格子による太陽 - 太陽風結合系の 3 次元 MHD シミュレーション

Three-dimensional magnetohydrodynamic simulation of the sun-solar wind system on the dodecahedral gridpoint model

鈴木 智美[1]; 田中 高史[2]; 中溝 葵[1]

Tomomi Suzuki[1]; Takashi Tanaka[2]; Aoi Nakamizo[1]

[1] 九大・理・地球惑星; [2] 九大

[1] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ; [2] Kyushu University

我々が研究対象とする太陽 - 惑星間空間 - 地球近傍にかけての宇宙環境を Solar Terrestrial Environment (STE) 領域と呼ぶ。STE 領域で生じる物理現象はこの空間で電磁流体が形成するトポロジーを強く反映している。このトポロジーを再現するためには、どうしても数値計算が必要となるが、ここでは計算領域を球状にとるほうが都合が良い。球状の計算領域を離散化する際の定石として、通常は緯度方向と経度方向に分割した球座標系での格子生成法が用いられる。しかしながら、この生成法では空間分解能を上げれば上げるほど極域で格子幅が小さくなってしまい、結果、人為的な特異点が生じてしまう。この問題を解決するために導入された非構造格子が本研究で使用した 12 面体分割三角格子である。この計算格子は格子幅を場所によらず一様に作ることができるので、上記の様な特異点生成の問題を回避できる。また、12 面体分割格子を同心球として重ねた 3 次格子は、内側を密に外側を疎に格子点を配置することができる。従って、特に地球磁気圏や、太陽磁場のように、その中心領域にポテンシャル磁場の source を持ち、磁束管が集中するような系では計算の効率がよく、精度の高い計算結果を得ることができる。12 面体分割三角格子を採用した場合、計算式で直交座標を採用したとしても、1 つの格子点の両隣接格子点を定義することは難しい。そこで、12 面体分割三角格子上では、通常の偏微分方程式の数値計算に良く用いられる差分法ではなく、有限体積法による計算アルゴリズムが用いられる。このような計算アルゴリズムは、球状の計算領域で方程式を解く様々な問題に応用可能である。本研究ではこの応用として、太陽表面から吹き出す太陽風の様相を再現することを目指した。太陽磁場はベクトル観測できないため、まず米国 Wilcox Solar Observatory で観測された太陽光球面の磁場の視線方向成分を境界条件として、ラプラス方程式を共役勾配法で解き、ポテンシャル磁場を求める。次に得られたポテンシャル磁場を初期条件に用いて MHD 計算を行う。MHD 計算は太陽に乗った回転系で行い、後に静止系に直す。本研究では、Carrington Rotation 1915 と 2010 期間の太陽風の計算を行った。両計算結果で、太陽表面磁場が太陽風によって引き摺られる様子や coronal hole, separation と呼ばれる太陽風プラズマの太陽面の source 領域を全球シミュレーションで再現することができた。活動領域から伸びた磁力線は概ね閉じているが、活動領域に隣接したある非常に狭い部分で開いた磁場領域が形成され、太陽風プラズマが流出していることを確認し、これを separation と判断した。これに対し coronal hole は広範囲に渡って磁場が開いた結果、プラズマの source 領域となったと考えられる。本発表ではこれらの現象を捉えた計算結果を報告し、EIT image と比較も行う予定である。