

## 境界適合格子を用いたMHDコード及びハイブリッドコードの開発

\*寺田 直樹 [1], 町田 忍 [1]

京都大学大学院理学研究科[1]

### Development of MHD and hybrid simulation codes with the boundary-fitted coordinate

\*Naoki Terada[1], Shinobu Machida [1]

Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University[1]

A hybrid simulation code as well as an MHD code has been developed based upon the boundary-fitted coordinate system. As a novel technique, we have applied this coordinate system to a hybrid code, in which electrons are treated as a massless fluid while the individual orbit of ion is followed kinetically, with the combined use of the PIC method and the techniques for “interpolation” and “localization”. It is well suited for the analysis of the interaction between the solar wind and the upper atmosphere of unmagnetized planet where flow properties of the solar wind change abruptly in a narrow region and the kinetic effects of ions have great importance.

太陽風と非磁化惑星との相互作用の解析を行なうために、境界適合格子を用いたMHDコード及びハイブリッドコードの開発を行った。火星や金星などの非磁化惑星のバウショックは、地球などの磁化惑星と比べて惑星表面から非常に近接した位置に形成されており、惑星表面との間の狭い領域に様々な構造（mass-loading boundary、magnetic barrier、planetopause or ionopause等）が混在していることが知られている。

従って、太陽風と非磁化惑星との相互作用の計算機シミュレーションを行うためには、太陽風を含めたグローバルな構造を保持しつつ、上記の物体近傍での微細な空間スケールの構造の取り扱いが可能であることが必要となってくる。

本研究では、限られた計算機資源のもとで上記の要請を満たす為に、境界適合格子法を用いたMHDコード及びハイブリッドコードの開発を行った。境界適合格子法は、写像の概念を用いて物理空間から直交格子により形成される計算空間への変換を行うことにより、データ構造に序列を保ったまま非構造格子に近い柔軟性をもつことができる手法であり、これを用いることにより、バウショックやその下流域などの高い計算精度が必要となる領域やその他の任意の領域

に計算格子を集中させることが可能となる。

境界適合格子法は、今日では数値流体力学の分野において頻繁に用いられている手法であるが、我々は今回、この手法をMHDコードだけではなくハイブリッドコードにも適用することを試みた。ハイブリッドコードではイオンの超粒子の運動をラグランジュ的に取り扱うので単純な適用は行えないのであるが、PIC法および場の量を各粒子に「補間」する手法と、粒子を格子内で「局在化」させる手法を用いることで境界適合座標上への適用が可能となる。太陽風と非磁化惑星の相互作用では、イオンの運動論的效果が重要な役割を果たすことが指摘されており、また現在利用可能な計算機の記憶容量を考慮すると、このイオンの運動論的效果を取り扱え、必要な領域に格子を集中させることにより計算機資源を有効に利用することが出来る「境界適合格子を用いたハイブリッドコード」は、太陽風と非磁化惑星の相互作用の解析において非常に強力で有効な解析手法であると言える。