

太陽圏境界構造の1次元PIC計算

#野海 智貴 [1]; 松清 修一 [2]; 羽田 亨 [3]
[1] 九大・総理工・大海; [2] 九大・総理工; [3] 九大総理工

One-dimensional PIC simulation of boundary region of heliosphere

Tomoki Noumi[1]; Shuichi Matsukiyo[2]; Tohru Hada[3]
[1] ESST, Kyushu Univ.; [2] ESST Kyushu Univ.; [3] ESST, Kyushu Univ

The structure of the heliospheric boundary region is highly complex. There are two important discontinuities called the solar wind termination shock and the heliopause. The solar wind is decelerated at the termination shock from supersonic to subsonic. The decelerated solar wind is finally held back at the heliopause. The boundary region is now being explored in-situ by Voyager spacecraft. Numerically, it has been extensively studied by using MHD simulations. However, kinetic simulation is necessary to clarify microstructures in this region.

In this study, the termination shock and the heliopause are simultaneously reproduced by using one-dimensional full particle-in-cell simulation to understand their microstructures and interactions. Initially, simulation space is divided into two regions filled with solar wind plasma at rest and interstellar plasma having a bulk velocity. The latter is continuously injected from the left boundary. As time passes a shock wave (termination shock) is formed in the solar wind and the boundary between the solar wind and the interstellar plasma becomes a contact discontinuity (heliopause). We assume that solar wind plasma beta is 0.23, the ratio of electron cyclotron to plasma frequencies is 0.21, relative density of the interstellar plasma to the solar wind plasma is 9, relative temperature 4, relative magnetic field magnitude 6, and flow velocity is 4.7 times the Alfvén velocity in the solar wind. Electron and ion temperatures are identical in each region. When the ambient magnetic field is perpendicular to the system, Alfvén Mach number of the shock is 6.2. We confirmed that Rankine-Hugoniot relations are roughly satisfied at the two discontinuities. In the poster, microstructures of the two discontinuities will be analyzed in detail. We will also report how the structures are modified when the direction of the ambient magnetic field becomes oblique.

太陽から常時噴き出す太陽風プラズマは、太陽圏と呼ばれる勢力圏を星間空間に形成している。太陽圏は、内側を低温、低密度の超音速プラズマが占め、外側を高温、高密度の亜音速プラズマが占めている。両者の境界には終端衝撃波が形成されている。太陽圏と外側の星間プラズマの境界はヘリオポーズと呼ばれる接触不連続面である。こうした太陽圏外縁の基本構造は、ボイジャー探査機による観測やMHD計算を用いて現在精力的に研究されている。しかしながら、終端衝撃波やヘリオポーズのマイクロ構造には不明な点が多く、その解明には運動論的な数値計算が必要とされている。また、2つの不連続面の間は亜音速の太陽風プラズマで満たされているため、両者は互いの構造に影響を与え得るが、過去の運動論的な数値実験でこれらを1つの系で同時に再現した例はない。

本研究では、1次元PIC計算を用いて、終端衝撃波とヘリオポーズの2つの不連続面を含む系を再現し、各不連続面のマイクロ構造とそれらの相互作用を解明することを目的とする。初期条件として、空間を星間プラズマと太陽風が占める2つの領域に分ける。計算は太陽風の静止系で行い、一定速度を持つ星間プラズマを片側から継続的に注入する。時間の経過とともに太陽風中に衝撃波（終端衝撃波）が形成され、太陽風と星間プラズマの境界が接触不連続面（ヘリオポーズ）となる。ここでは、太陽風のベータ値を0.23、電子サイクロトロン振動数とプラズマ振動数の比を0.21とし、太陽風に対する星間プラズマの相対的な密度を9、温度を4、磁場強度を6、流れの速度を太陽風中アルフヴェン速度の4.7倍とした。また、各領域の電子温度とイオン温度は等しいとした。外部磁場を系に対して垂直方向（z方向）に取ったとき、形成された衝撃波のアルフベンマッハ数は6.2であった。各不連続面における物理量の変化は、ランキン-ユゴニオ関係と矛盾しないことを確認した。発表では、これら2つの不連続面のマイクロ構造について議論し、さらに外部磁場を斜め（xz面内）にしたときの変化について報告する。