

MHD シミュレーション解析による太陽圏外圏構造の研究

鷲見治一¹、田中高史²、G.P. Zank³、Q. Hu⁴、及び 宗像一起⁵

1, 3, &4 アラバマ大学ハンツビル校、宇宙プラズマ及び大気研究センター

2 九州大学理学部

4 信州大学理学部

MHD Modeling of the Outer Heliospheric Structures

H. Washimi¹, T. Tanaka², G.P. Zank³, Q. Hu⁴, and K. Munakata⁵

1, 3, &4 CSPAR, University of Alabama in Huntsville

2 Faculty of Science, Kyushu University

4 Faculty of Science, Shinshu University

We present a 3D stationary MHD simulation with a heliopause located at ~ 122 AU from the Sun and the magnetic field polarity change across the heliopause. We also present a detailed analysis of the magnetic field line topology in the vicinity of the heliopause, and argue for a favorable condition of the Galactic Cosmic Rays increase around the heliopause.

太陽風プラズマは太陽を源として 3 次元的に惑星間空間中を拡がり、120–130 AU (1 AU は太陽地球間距離) で星間風 (銀河風) と相互作用し、その結果、太陽圏構造が形成される。太陽圏の最外層はヘリオポーズと呼ばれている。地球の生物の環境に影響を与える銀河宇宙線は、主として超新星爆発に伴って生成され、広大な銀河空間中の多くの超新星残骸のガス間の相互作用に伴うフェルミ加速を受ける。これら銀河宇宙線は地球に到達する前にまずヘリオポーズに到達し、そこからは太陽風プラズマの流れに逆らって、移流拡散効果を受けて徐々に太陽圏内部へと侵入して来ていると考えられている。

ボイジャー1号及び2号探査機は1977年打ち上げられ、惑星探査で大きな功績を挙げ、その後引き続き太陽圏境界へと飛翔を続けていた。ボイジャー1号は2012年7-8月についてヘリオポーズを越え星間空間に入った。現在も引き続き星間空間中で銀河宇宙線及び磁場の観測を継続中である。

ボイジャー1号がヘリオポーズを越えた際に、シャープな銀河宇宙線強度と磁場の極性反転を観測した。しかし、その両者の変動のタイミングが一致していないこと、宇宙線強度の増大が2段階に分かれていたことなど、未だ理解出来ていないことも多い。

我々は太陽圏外圏構造のシミュレーション解析を行っており、ボイジャー観測の意味することについて考察を進めている。太陽圏外圏構造は流体力学的に考えれば星間風が太陽に向かって流れる方向を軸として軸対称的になると考えてもよさそうであるが、電磁流体力学的には銀河磁場が星間風の流れと斜めの角をなしていることに伴って、非軸対称になっていると考えられている。この非軸対称構造が太陽

風プラズマ中の星間空間磁場の配位を複雑な構造にしている、それがボイジャー観測の整合性のある説明を難しくしている原因になっているようである。これに伴い、銀河宇宙線の輸送の問題も今までに考えて来た以上に複雑な過程を伴う可能性も出てきていると考えられる。

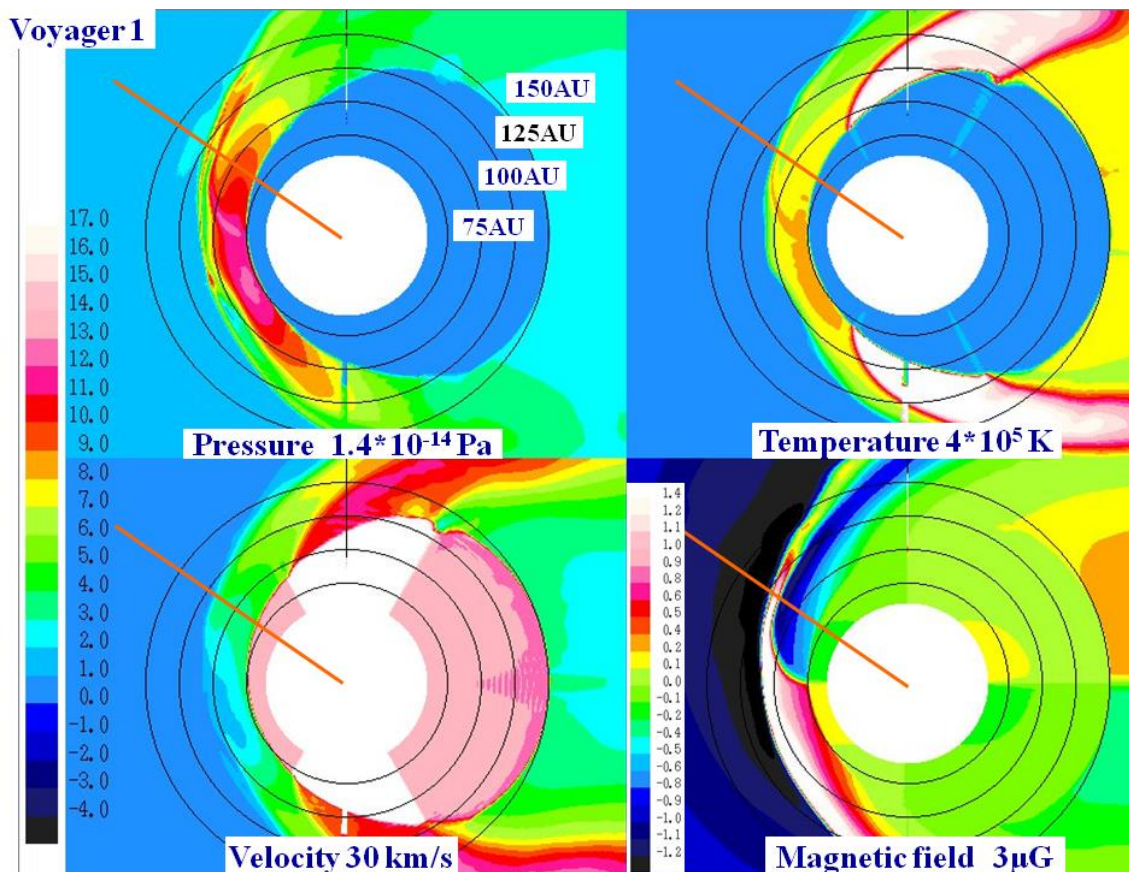


図 MHD シミュレーションによる太陽圏外圏構造。圧力(左上)、温度[右上]、プラズマ速度[左下]、及び磁場[紙面に垂直成分、右下]の子午面図。円の中心は太陽。左側から星間風が太陽側へと相対的に流れている。太陽から出ている橙色の線はボイジャー1号の飛行方向を示す。(論文1より)

References

1. H. Washimi, G.P. Zank, Q. Hu, T. Tanaka, and K. Munakata, Modeling of the outerheliospheric structures around the heliopause, ApJ, 809: 16(12pp), 2015.
2. 鷲見治一、ボイジャー1号探査機、太陽圏境界を越え星間空間に入る、日本物理学会誌、2015年4月号、pp244-252.