

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



鷲見 治一

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

ボイジャー1号及び2号探査機は1977年に打ち上げられ、星間空間（銀河系空間）の探査をめざして飛翔を続けていた。打ち上げから35年の年月を経て、ボイジャー1号は遂に、我々の住む太陽圏の境界を越えて、星間空間領域に入った。2012年7月-8月のことであり、太陽から約122 AU（1 AUは太陽地球間の距離）、光速で0.7日の距離でのことであった。星間ガス領域に入ってから現在（2014年秋）までの2年間に飛行した距離は光速で約1時間。この一步は銀河の直径約10万光年に較べればまことに小さな一步ではあるが貴重な一步である。人類が作製した探査機が、通信及び観測が可能な状態で、史上はじめて星間空間に入り、今も観測したデータを地球に送り続けている。このことは1957年のスプートニク打ち上げに始まる数々の宇宙探査の歴史の中でも特筆すべき快挙であろう。

太陽圏は太陽風プラズマが占める3次元空間領域である。太陽風プラズマは水素を主成分とする完全電離ガスであり、太陽コロナ（温度は100-200万度）を源として400-800 km/秒の超音速で惑星間空間中を放射状に拡がる。太陽風プラズマは、太陽からの距離1 AUの地球は勿論のこと、天王星や海王星などの外惑星領域をもはるかに越えて拡がり、遂には太陽系周辺の星間ガスと空間領域を分けあっている。太陽系周辺の星間ガスは水素を主成分とし温度は約6,000 K、ガスは電離度約30%の不完全電離ガスである。太陽が静止した座標系で見ると星間ガスは23 km/秒の速度で太陽側へ吹いている。そのため、太陽圏は星間風の上流側が頭で下流側が尾部の吹き流し状の形状になっている、と考えられている。

太陽圏の最外層はヘリオポーズと呼ばれている。

ボイジャー1号（以下、V1）は星間風上流側へと飛翔を続け、上述のように2012年7月-8月にヘリオポーズを越えて星間空間に入った。このことは間違いのない事実と考えられている。しかし、ヘリオポーズ近傍の状態は未だよく理解されてはいない。今までは、太陽圏と星間空間では様相が画然と異なっているはずと考えられてきた。そうであれば、V1がヘリオポーズを越えて星間空間へ入った時点で、磁場データも銀河宇宙線データも同時に大きく変化するはずであった。しかし現実のデータはその予想とは異なっていた。銀河宇宙線観測ではまず2012年4月に第1ステップ増加があり、約4カ月後の2012年8月末に決定的とも思われる第2ステップの大きな増加があった。これら銀河宇宙線観測からは第2ステップ時に、V1はヘリオポーズを通過し星間空間に入ったと考えてよさそうである。しかし磁場観測ではV1がヘリオポーズを越えて星間空間に入ったのは2012年7月半ば、銀河宇宙線第2ステップ増加の時よりも約1年半も前であった。これら観測での時間のずれが何を意味するのかは、未解決の問題として残されている。

これら観測結果の解釈での問題は、単に学問上の問題にとどまらず、銀河宇宙線がどのように太陽圏に入り込んで来るのか等、地球を取り巻く環境にも関わっている可能性もある。ボイジャー2号探査機は、おそらくは数年以内にヘリオポーズを越えると考えられているので、V1の残したヘリオポーズ通過時の問題の解決に向けて、研究の進展が期待されている。

—Keywords—

ボイジャー1号, 2号:
NASAが打ち上げた無人宇宙探査機。惑星探査ミッションを終え、現在は星間空間探査ミッションを行っている。

太陽風:
一般に恒星表面からは高速のプラズマが流出しており、太陽の場合にはそれを太陽風と呼ぶ。

太陽圏:
銀河系内の空間のうち、電磁的に太陽からのプラズマが優勢な空間。その外側は「星間プラズマ」が優勢であって星間空間と呼ばれる。

ヘリオポーズ:
太陽圏の最外層のことで、電磁気学的な意味での太陽系境界と言える。

磁場:
銀河系内の磁場の強さは数マイクロガウスである。

銀河宇宙線:
太陽圏の外、銀河系の内側に起源を持つ宇宙線。超新星残骸などで加速されると考えられている。太陽圏内の磁場とプラズマは銀河宇宙線の侵入を妨げる。