火星探査衛星に搭載された 紫外撮像分光計(UVS)と星間水素観測

槌谷 翼

2001年5月30日

目次

1 はじめに... **2**

2 星間水素 **2**
- 2.1 局所星間雲 (Local Intersteller Cloud: LIC) 2
- 2.2 太陽圏と星間風 3
- 2.3 太陽圏と星間水素 4

3 火星探査衛星のぞみと紫外撮像分光計 **(UVS)** **5**
- 3.1 回折格子型分光計 (Grating Spectrometer: UVS-G) 5
- 3.2 水素・重水素吸収セルフォトメーター (Hydrogen and Deuterium Absorption Cell Photometer: UVS-P) 5

A 宇宙空間に存在する水素 **6**

B **Voyager 1** による末端衝撃波面の通過 **6**

C 共鳴散乱 **6**

1 はじめに...

火星の水の消失は, 大気物理学的 (極冠などを考えず, 大気を介した反応過程だけを考えた場合) には宇宙空間への大気散逸の結果であると考えられている. 私の主な興味対象はこの火星大気の散逸であり, 現在火星探査衛星のぞみに搭載されている紫外撮像分光計 (Ultraviolet Imaging Spectrometer: UVS) の重要な観測目的の一つにこの火星大気からの水素散逸過程があげられる. のぞみは火星周回軌道投入の時期が当初予定されていた 1999 年 10 月から 2003 年 12 月へと約 4 年間延長され, 現在は地球公転軌道を回っている. この火星到着までの巡行期間, UVS の主な観測対象は星間水素であり, これから研究を進めて行く際の導入として, 現在考えられている星間水素と太陽圏の概要について簡単にまとめることにした.
なお, この研究は東北大学惑星大気研究室との共同研究である.

2 星間水素

2.1 局所星間雲 (Local Intersteller Cloud: LIC)

- 主に電離していない中性の水素, ヘリウムより構成[1]
- 太陽系に対して約 20 km/s の速さで移動
  ... およそ銀河中心から遠ざかる方向

現在, 我々の太陽系は局所星間雲の中に浸っている状態にあり, 太陽系を包む局所星間雲は暖かい星間雲である.

ここで重要なのは, 局所星間雲は暖かい星間雲であって, この中の原子 (主に水素, ヘリウム) が中性であるということ. また, その局所星間雲が太陽系を包み込むかたちで, 太陽系に対して銀河中心から遠ざかる向きに流れているということである.

[1] LIC の中にも, これらに比べると少量ではあるがプラズマが存在する.

2.2 太陽圏と星間風

局所星間雲は太陽風に対して相対速度を持っているため, 星間ガス内のプラズマ[2] と太陽風プラズマとの相互作用の結果, 衝撃波面が形成される.

- 衝撃波面... 太陽からみて局所星間雲の向かって来る方向 (上流方向)75〜200 AU の位置に形成
- 太陽圏境界域... 衝撃波面のすぐ内側. プラズマの流れが乱れた殻状領域
- 末端衝撃波面... 太陽風の速度が超音速から亜音速まで落ちる. 上流方向80 AU の位置に形成

太陽圏境界域の内側の領域, 太陽風の影響力が及ぶ範囲 (約 100 AU) を太陽圏 (Heliosphere)[3]と呼ぶ.
太陽圏外縁部についてはまだ直接探査はされていないため想像の域を出ない.

[2]太陽風が星間雲を電離してプラズマが生じる. ここで言っているプラズマとはこれを示す.

[3]星間雲にも磁場は存在するが, 太陽の形成する磁場にどのくらい関与するのか, また, 太陽の形成する磁場がどのくらいなのかは不明である.

局所星間雲中の中性水素, ヘリウム原子は太陽圏内部へ侵入
→この中性の水素, ヘリウムの流れを星間風[4]と呼ぶ.

2.3 太陽圏と星間水素

太陽圏に侵入した星間水素は以下の影響を強く受ける.

- 太陽による重力
- 太陽フラックス[5]の輻射圧

→ 軌道に影響

- 太陽風プロトンとの電荷交換反応
- 太陽 EUV 光による光電離

→ 中性水素原子の寿命に影響

これらの効果は太陽に近づくにつれ顕著になる.
...星間水素の密度は上流方向が大きく, 下流方向が小さい分布になる.

ここで, 中性水素原子は波長 121.6 nm の水素 Lyman α 光を共鳴散乱する.

星間水素による水素 Lyman α 光の共鳴散乱光強度は, 星間水素密度の高い上流方向で最も高く, 反対に密度の低い下流方向で最も低くなる.

[4]太陽系内に侵入したものだけを指しているわけではない. 太陽圏外でもこれらを星間風と呼ぶ.
[5]太陽放射 (電磁波) のこと.

3 火星探査衛星のぞみと紫外撮像分光計 (UVS)

1998 年 7 月 4 日に打ち上げられた日本初の火星探査衛星のぞみは, 火星上層大気と太陽風との相互作用の解明をテーマに 14 の科学計測器が搭載されている. 我々と共同研究を行っている東北大学惑星大気研究室はそのうちの一つ, 紫外撮像分光計 (Ultraviolet Imaging Spectrometer: UVS) を担当.

3.1 回折格子型分光計 (Grating Spectrometer: UVS-G)

- 波長 115〜310 nm の紫外光を波長分解能 2〜3nm で分光観測.

3.2 水素・重水素吸収セルフォトメーター (Hydrogen and Deuterium Absorption Cell Photometer: UVS-P)

- 水素 Lyman α 線 (121.567 nm) と重水素 Lyman α 線 (121.534 nm) を分光観測.

A　宇宙空間に存在する水素

宇宙空間に存在する水素は主に次の 3 つの領域から分けられる.

1. 熱いプラズマ領域
   宇宙空間の多くを占めるプラズマ状態の領域
   温度...10^6 K 以上
   密度...$1cm^3$ あたりに陽子 1000 分の 1 個

2. 冷たい星間雲
   主に水素分子・原子より構成
   温度...10〜100 K
   密度...$1cm^3$ あたりに分子・原子が数千個

3. 暖かい星間雲
   原子が中性で存在.
   温度...7000〜10000 K
   密度...$1cm^3$ あたりに原子が 0.1O 個

B　Voyager 1による末端衝撃波面の通過

1977 年に打ち上げられた Voyager 1 は現在, 太陽から星間風の上流方向 80 AU の距離を 17.3 km/s の速度で太陽から遠ざかっている. 現在見積もられている末端衝撃波面の位置はおよそ 90 AU より内側であるといわれていおり, このまま順調に飛行しておよそ 2004 年から 2005 年頃には末端衝撃波面を通過することになるが, 実際は 2000 年の太陽極大期の影響で数年延びると考えられている.
いずれにしても太陽圏の研究にとって貴重な情報を与えてくれると思われる.

C　共鳴散乱

水素原子中の電子が太陽からの水素 Lyman α 光 (波長 121.6 nm) によって基底状態から第一励起状態へと励起される. この励起状態の寿命は 10^{-8} 秒で, その後基底状態に遷移する際, 波長 121.6 nm の水素 Lyman α 光を任意の方向へ放出する.

参考文献

[1] Redfield S., and J. L. Linsky, The three-dimensional structure of the warm local intersteller medium. 2. The Colorado model of the local interstellar cloud, Astrophys.J., 534, 825, 2000.

[2] 船橋 豪, 火星探査衛星のぞみ搭載紫外撮像分光計による星間水素の観測, 東北大学修士論文, 2000.

[3] 伊藤 祐一, PLANET-B 衛星搭載水素/重水素吸収セルの開発と火星水素コロナ・太陽圏構造の研究, 東北大学修士論文, 1996.