

論文審査の結果の要旨

氏名 野田 寛大

太陽圏は局所星間雲 (LIC; Local Interstellar Cloud) と呼ばれる温度約 10^4 [K]、水素密度 0.1 [cc] の領域の中にいると考えられている。LIC の物理量 (温度、密度、速度、磁場、電離状態など) は太陽圏との境界条件を決定する為、この物理量推定は重要である。すなわち、電離成分は太陽圏との相互作用により Bow Shock、Heliopause、Termination Shock を形成し、中性粒子の多くはそれらの境界面を通過して太陽圏内部まで流入する。太陽圏と LIC は相対速度約 25km/s を持つため、流入する中性ガスは“星間風”として観測される。星間風水素の大半は電荷交換により失われるが、 He^0 は太陽風の主成分であるプロトンとの衝突断面積が小さく、太陽近傍での極端紫外光などによる電離以外には大きく損失することなく太陽圏内部にまで流入してくる。さらに、 He^0 に対して太陽光放射圧の影響が無視できるほど小さいため、太陽重力により星間風下流域にガス集積領域 (ヘリウムコーン) が形成される。その集積度合いは星間空間の物理量および太陽圏内での損失率の大きさから決まるので、ヘリウムコーンの空間的広がりから星間ガスの物理量を推定することが可能である。その同定法の1つは、星間起源 He^0 が太陽極端紫外光などによって電離されて生成される He^+ を人工衛星に搭載されたイオン検出器で計測する方法である。このイオンは電離の後に太陽風磁場に捕捉されてそのまま太陽風と同じ速度で移流していくため、ピックアップイオンと呼ばれる。本論文の主題は、人工衛星および惑星探査機に搭載されている E/q 型イオン検出器のデータを用いて星間起源のピックアップ He^+ イオンを検出し、ヘリウムコーンの空間的広がりから星間ガスの物理量を求めることである。

星間起源ピックアップ He^+ イオンは 15 年ほど前、地球周回衛星に搭載された質量分析器によって太陽風中で初めて検出されたが、最近の ACE (Advanced Composition Explorer) 衛星による観測結果は年変化の兆候を示す等、以前の結果と違った様相を示している。地球近傍の人工衛星や探査機がヘリウムコーンを通過する時期は 12 月付近に限られているため、違った時期、あるいは異なる太陽距離におけるヘリウムコーンの観測が強く望まれていた。従来、(太陽風中にはプロトン以外に種々の重イオンも存在するため) その同定は質量分析器でのみ可能と考えられており、そのためにデータソースが限られてきたが、本論文のユニークな点は単純な E/q 型イオン検出器によってもピックアップ He^+ イオンの同定が可能であることに着目した事である。

本論文は全 6 章及び付録 2 章から構成されている。まず第 1 章で、局所星間雲に関する研究の歴史と現状をレビューし、本研究の主題である星間起源ピックアップ He^+ イオンに関する本研究の動機と目的をまとめている。

第 2 章で、まず、ピックアップ He^+ イオンが E/q 型イオン検出器でも観測可能であることを太陽風速度分布関数のシミュレーションにより示し、次いで、地球磁気圏観測衛星 GEOTAIL に搭載されている E/q イオン検出器 LEP (Low Energy Particle experiment, $5\text{ keV} - 42\text{ keV}$) のデータを解析

して、新しい検出原理の正しさを証明した。

第3章では、2000年現在惑星間空間を飛行中の「のぞみ」探査機に搭載されているPSA/ISA (Plasma Spectrum Analyzer/Ion Spectrum Analyzer) で得られたデータの解析に応用し、地球周辺の観測では不可能な時期である2000年3~4月におけるヘリウムコーン (~1AU) の観測に成功した。そして、LIC起源粒子の温度を考慮したモデル (hot model) を作成し、「のぞみ」PSA/ISA で得られたヘリウムコーンデータをモデルにフィッティングすることによりLICでの温度と密度の推定を行った。なお、ヘリウムコーンの形状は太陽圏での損失率にも依存するので、ここでは、損失率にはSOHO探査機の太陽極端紫外光モニターから求めた光電離効率、および「のぞみ」探査機に搭載されている電子検出器から求めた電子衝撃による電離効率、および過去の見積もりを用い、 1.4×10^7 [1/s] という値を採用した。この条件の下にフィッティング時に χ^2 が最小になるように温度、密度を決定した。その結果、LICのHe⁰温度10400[K]、密度 3.1×10^2 [cc]という値を導出した。

さらに、第4章では、1985年に打ち上げられたハレー彗星探査機「すいせい」に搭載されていたE/q型イオン検出器ESP (Energy Spectrum of Particles, 260 eV - 17 keV) のデータを解析した。「すいせい」はハレー彗星に接近するため、地球軌道の1AUよりも内側を飛行し、ヘリウムコーン通過時の太陽からの距離は0.7 - 0.8 AUであった。これにより初めて1AU以内でのピックアップイオンデータの取得に成功した。

第5章は、筆者の提唱した新しい方法による星間起源ピックアップイオン検出上の問題点を総括するとともに、本研究で新たに得られた観測結果と過去の結果を比較検討している。筆者の得た「のぞみ」の結果は最近のACE衛星で求められた値とconsistentではあるが、いずれも、温度が従来いわれてきた7000[K]に比べて高い。これはモデルを記述する方法にまだ不十分な点がある可能性も否定できないが、時間あるいは空間的な変化を示唆するものかもしれないという新たな問題を提起している。

第6章は全体的まとめと今後の展望を述べている。

以上、本論文は、星間起源ピックアップHe⁺イオンがE/q型イオンエネルギー分析器によって検出可能であることを提唱、実際に人工衛星・惑星探査機の観測データの解析によって実証したものである。その結果、最近の他の衛星観測結果とは矛盾しないLICの物理量を得ることに成功した。この方法は今後、星間起源ピックアップHe⁺イオンを用いた局所星間雲の研究に大きく貢献することが期待され、本論文の成果は博士(理学)を与えるに十分な内容であると認められる。なお、本論文の内容は、寺澤敏夫氏、向井利典氏、早川基氏、斎藤義文氏、松岡彩子氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断される。

したがって、博士(理学)を授与できると認める。