



図5-11 1994年2月22日の磁場とイオンの観測。上段に定在衝撃波を横切った時刻を↑で示した。

やってきたかを表現しています。静電型測定器を用いているので縦軸のエネルギーは電荷当たりエネルギー keV/e で表現されています。太陽風側に太い筋と細い筋が2筋見えるのはそれぞれ、陽子と α 粒子(2価のヘリウムイオン)です。定在衝撃波の下流ではこれらのイオンは加熱され幅が広がって

いるのが分かります。(下流では静電型測定器だけではイオンの種類を分解することはできません。磁石・飛行時間計測を組み合わせた質量分析器の出番となります。)GEOTAILは何回も定在衝撃波を横切っていますが、これは上に述べた位置の変動によると考えられます。詳しい解析によるとこの変動に伴う衝撃波面のはためきの速度は200km/sに達することもあります。

衝撃波による粒子の加熱・加速現象は天体現象に普遍的に見られるもので、たとえばエネルギー10の15乗eV程度までの銀河宇宙線は超新星の衝撃波によって加速されたと考えるのが定説ですが、直接観測を行って理論モデルの検証が行えるのは地球近傍の衝撃波しかありません。この意味で地球定在衝撃波は天体物理学の実験室として大きな意味を持っています。

(寺沢敏夫)

6. 他の惑星では

GEOTAIL 衛星が調べている地球の磁気圏は太陽風によって作られています。太陽風は海王星や冥王星を通り越して100天文単位(AU)以上まで広がっていると考えられています。他の惑星の周囲にも地球のような磁気圏が出来ているのだろうかという疑問が出てきます。太陽風の速度は太陽近くでの条件で大きく変わります。しかし、一旦加速されてからは太陽からの距離によらず略一定の速度で吹き出しています。太陽風の密度は太陽からの距離の2乗で減少しますので、太陽風が運んでいる運動量やエネルギーは太陽光と同じように太陽からの距離の2乗に反比例して減少していきます。太陽に一番近い水星では地球の6.7倍、木星では約4%の太陽風エネルギーの流れを太陽に面した単位面積で受けています。この太陽風エネルギーを惑星がどのように受け止めるかは惑星が磁場を持っているかどうかで大きく異なります。磁

場は惑星の大きさを越えてその外側に広がっています。そのため、太陽風から見ると、磁場を持った惑星は実際の惑星より大きく見えることになります。太陽風から見た地球の半径は実際の地球半径より20倍ほど大きく見えています。地球の隣の金星は、大きさや重さが地球と殆ど同じ惑星ですが磁場は持っておりません。そのため太陽風から見た金星は地球に比べてずっと小さな惑星に見えています。1999年に私共の探査機PLANET-Bが到着する火星も充分大きな固有磁場は持っていません。磁場の無い惑星では、太陽風は大気上層上層部の電離層によって押し止められます。太陽風の動圧と電離層の圧力のバランスで太陽風との境界が地表から数100kmの高度に形成され太陽風はそれ以上惑星に近づくこと無く流れ去るものと考えられていました。実際に、探査機で調べた結果によると、太陽風と惑星大気との関係はもう少し複

雑で、太陽風の勢力が強くなると太陽風が惑星大気層深く侵入したり、大気上層部をはぎとり運び去っていくことがはっきりしてきました。また、惑星によって乱された太陽風の流れが作る一種の磁気圏が惑星の周囲に作られることもわかっています。太陽風から見た障害物の大きさを表す物差しとして太陽風の中に出来る衝撃波の位置が使えます。これによると、火星は実際より大きく見えていることがわかります。火星に固有の磁場があるのではないかという考え一つの根拠になっています。これらの問題の多くは、PLANET-Bの観測で間もなくはっきりしてくるものと考えられます。地球の磁場は太陽風や宇宙線に対する巨大なバリアー「磁気圏」を作って、我々を有害な宇宙線から守っていると言われます。しかし、これは、良く考えると正しくないことがわかります。地球の磁気圏が受け止めている太陽風のエネルギーは磁場の無い地球が受け止めるエネルギーの約400倍、磁気圏が受け止めたエネルギーの約1割が磁気圏に取り込まれオーロラや放射線帯に形を変えていくわけですが、400の1割が40であることを考えると「磁気圏」はとんでもない「くわせもの」のバリアーだということになります。バリアーどころか太陽風から40倍もの大きなエネルギーを取り込んで、これをいろいろな形、たいていは有害な高エネルギーの粒子に変換する工場として働いていたことが解ります。水星、木星、土星といった磁場を持った惑星では惑星固有の磁場が強ければ強い

ほど広い面積で太陽風のエネルギーを受け止め、惑星の系内のエネルギーとして取り込み、これを様々な形に変換している磁気圏が形成されます。水星では、地球の20分の一程度のミニ磁気圏が形成され、大きな太陽風エネルギーを受けて、高いエネルギー密度のもと、短い特性時間でエネルギー変換過程が進行していると考えられます。木星には地球の100倍程度の巨大な磁気圏が形成されています。太陽からの大きな距離にもかかわらず、木星磁気圏が取り込んでいる太陽風エネルギーは地球の100倍以上あります。しかし、木星の速い自転速度と多量のガスを放出している衛星イオの存在は木星磁気圏を独特なものとしています。衛星イオから放出された重イオンの雲には自転速度に近づけるような電磁力が働きます。速い自転速度を得たイオンの雲は遠心力によって外に向かって流れ出そうとします。実際の木星磁気圏の大きさは太陽風の圧力で決まる大きさの倍程度もあり、自転に伴う遠心力が重要な要素として働いていることが解ります。木星では、自転エネルギーが磁気圏プラズマ過程の主なエネルギー源となっていて、太陽風エネルギーが主なエネルギー源である地球磁気圏とは異なった磁気圏であるともいえます。GEOTAILによる地球磁気圏の研究は地球とは異なった条件にあるこれらの惑星磁気圏の研究に足場を与えることになるだろうと考えられます。

(鶴田 浩一郎)

	平均的な太陽風のエネルギー(地球を1として)	惑星の断面積(地球を1として)	太陽風が感じる惑星の断面積(*を基準)	惑星がさえぎる太陽風のエネルギー(ワット)
水星	6.7	0.14	1.01	2.2×10^{11}
金星	1.9	0.9	0.98	6.1×10^{10}
地球	1.0	1.0*	400	1.3×10^{13}
火星	0.43	0.28	0.33	4.6×10^9
木星	0.04	125	3.1×10^6	4.1×10^{15}

表6-1