

SS-520-2 ロケットによって観測された DC 電場及び光電子パルスの解析

Analysis of DC electric fields and photo emission pulses observed by SS-520-2 sounding rocket

宮川 潤[1], 三宅 壮聡[2], 岡田 敏美[2], 富嶋 大輔[2], 小嶋 浩嗣[3], 上田 義勝[3], 松本 紘[3]
Jun Miyakawa[1], Taketoshi Miyake[2], Toshimi Okada[3], Daisuke Tomishima[4], Hirotsugu Kojima[5], Yoshikatsu Ueda[6], Hiroshi Matsumoto[5]

[1] 富山大・工・電子情報, [2] 富山県大・工・電子情報, [3] 京大・宙空電波

[1] Electronics and Informatics, Eng., toyama Pref. Univ., [2] Elec. and Inf., Eng., Toyama Pref. Univ., [3] Electronics and Informatics, Toyama Pref Univ, [4] TPU, [5] RASC, Kyoto Univ., [6] Radio Science Center for Space and Atmosphere, Kyoto Univ

2000年12月4日午前9時16分(UT)、SS-520-2観測ロケットがノルウェー・ニューオルソンロケット射場より打ち上げられた。ロケットは最高高度1108kmまで達し、1150秒間の観測を行った。ワイヤアンテナ(WANT:Wire ANTenna)はtip-to-tip10m伸展を行い、EFD(Electric Filed Detecotr)は約730秒にわたってデータを取得した。EFDはロケットに搭載されたプラズマ波動観測装置(PWA:Plasma Wave Analyzer)のサブシステムの一つであり、直流電場と低周波波動(0-50Hz)を観測する受信機である。本研究ではEFDデータを用いて、プラズマ粒子、特に酸素イオン等の重イオンの加速現象に直接関与していると考えられるDC電場の解析を行う。

EFDで観測されたDC電場は、ロケットが地球磁場を横切って移動するために生じる誘導電場($V \times B$)を含んでいる。そのため、DC電場解析においてこの誘導電場を除去する必要がある。誘導電場除去の手順として、ロケットの速度 V と地球磁場 B から算出した地理座標での誘導電場をアンテナ(WANT)に投影してEFD観測データから誘導電場を除去する。さらに自然電場の方向の特定を行うため、沿磁力線電場が存在しないという仮定を用いて2成分のデータを3成分に拡張する。今回の解析時にはアンテナ位相角の情報が入手できていないため、EFDデータからこれを推測している。解析の結果、ロケット発射後約550秒、高度約1093km付近で強度15-20mV/m程度の北西方向のDC電場を確認した。また、同様の解析をロケットが最高高度付近を飛翔中の打ち上げ後400-900秒間のデータについて行ったところ、DC電場の方向は最高高度付近を境に北西から南西へと変化し、一番強度が大きいく所では約50mV/mであった。また、粒子の流れと比較するために、DC電場から $E \times B$ ドリフト速度を求め、ロケット軌道にプロットした。その結果、頂点付近通過後、ロケット打ち上げ600秒後を境に $E \times B$ ドリフトの方向が北西方向から南東方向に変わっているのが確認できた。その速度は速いところで約1500km/sであった。

一方、波形解析よりロケットのスピン周波数1.5Hzに同調したパルス状の波形が確認できる。これは光電子放出によってアンテナに生じた差電圧を観測したものであることが確認された。ロケットの発射位置と飛翔ルートから、ロケットの発射場は地球の影の領域であり、高度138km以上は太陽に照射されている。EFDの観測開始の高度は450kmであり、観測終了の高度は180kmである。したがってEFDの全観測時間にわたってロケットは太陽光に照射され、常に光電子放出が起きていると考えられる。光電子パルスはワイヤアンテナが影に入り始める頃から生じている。これはDC電場観測のために被覆を剥いたワイヤアンテナの先1mの部分だけでなく、ワイヤアンテナ全体が光電子パルスの発生に関与している可能性を示唆している。さらにEFDデータから光電子パルスの電圧を求め、その高度分布及び電子密度分布との関係を調べた。光電子パルス電圧は、高度に比例して強くなる傾向がある。アポジー(高度1100km)付近の光電子パルス電圧は、高度500kmでの値の約2倍である。しかしロケットの姿勢に大きな変化があるとは考えられず、太陽光の当たり方は一定であり、光電子放出の強度自体に変化は無い。一方、光電子放出が起こりワイヤアンテナが正に帯電した時、周辺の電子密度が高ければすぐに電子が引き寄せられて中和されるため観測される光電子パルス電圧は低くなる。すなわち、電子密度が高ければ光電子パルス電圧は低くなり、電子密度が低ければ光電子パルス電圧は高くなる、という逆相関があると考えられる。電子密度データから電子密度が高度に比例して単調減少していることがわかっている。したがって、この光電子パルス電圧の持つ高度分布はむしろ電子密度の高度分布に対応していると考えられる。しかし、ロケット降下時、高度500-300kmに電子密度が高くなる領域(F層)が存在するが、光電子パルス電圧は単調に減少し電子密度と対応していない。このことは光電子パルス電圧と電子密度とは先に示したような単純なメカニズムに基づく逆相関という関係では無いことを示唆している。また同じ高度であっても上昇時と下降時では光電子パルス電圧が異なり、上昇時の方が下降時よりも高いパルス電圧が観測されている。今後、光電子パルス電圧の更に詳しい統計を取り、そのメカニズムについて解析を行っていく。