

デジタル型波動粒子相関計測器の開発

Development of Digital Wave Particle Correlator

上田 義勝[1]; 小嶋 浩嗣[2]; 松本 紘[2]; 斎藤 義文[3]; 豊村 崇[4]

Yoshikatsu Ueda[1]; Hirotsugu Kojima[2]; Hiroshi Matsumoto[2]; Yoshifumi Saito[3]; Takashi Toyomura[4]

[1] 京大・宙空電波; [2] 京大・宙空電波; [3] 宇宙研; [4] 京大・工・電気電子

[1] RASC, Kyoto Univ; [2] RASC, Kyoto Univ.; [3] ISAS; [4] Electrical and Electronic Engineering, Kyoto Univ

次世代の観測衛星として想定されている SCOPE (Scale COupling in Plasma Environment) ミッションでは、日本で初めて波動と粒子の相互作用を直接観測するための波動粒子相関計測器(Wave-Particle Correlator, WPC)が搭載される予定である。WPC は衛星機上で観測される電界波形データと粒子データの相関を直接とることで、粒子の分布関数の摂動の大きさや波形との位相差を得ることが可能であり、従来より多くの情報を得ることが出来る。過去に海外の衛星・ロケットで搭載されてきた WPC のターゲットは、極域のオーロラ領域や、太陽風中でのラングミュア波であった。本研究で開発する WPC は、地球磁気圏尾部のプラズマシートなどで観測される強いラングミュア波や、ESW などの静電的な非線形プラズマ波などを観測対象としている。これらの波動が観測される領域は波動と粒子との相互作用が頻繁に起こっており、高時間分解能での観測が非常に重要となる。こうした領域で、WPC による観測は観測した領域でどのような波動の発展段階であるのかを知る事は非常に重要である。SCOPE ミッションにおいては、親衛星 1 機とその周辺を飛翔する子衛星 4 機の複数編隊衛星による観測を行う予定であり、観測の際に発生する大量の観測データに見合ったデータ伝送容量は見込めないため、全時間の高時間分解能データを地上に送信することは事実上不可能である。その為、データを選別する指標としてこの WPC を用いる事も非常に重要であると考えられる。

SCOPE ミッションでは、GEOTAIL 衛星と同様に粒子観測機及びプラズマ波動観測機が搭載されている。WPC では、粒子観測機から粒子データを逐次波動観測機に送信し、リアルタイムに波動との相関をとる。想定している尾部領域でのプラズマ周波数は数 kHz 程度と考えられるが、親衛星と子衛星の間で高速に伝播する ESW などの波動の位相速度はおよそ 50000km/s であり、衛星間の距離は最短で 1km 程度であるので、伝播する波動と粒子との相関を解析するには少なくとも $1\mu\text{s}$ 程度の時間分解能が必要となる。その為、波動観測機では波形をオーバーサンプリングすることで高速に伝播する ESW などの波動と粒子との相関を得ることが出来るように設計を修正している。また、粒子観測機の最大時間分解能は 8msec で設計されており、GEOTAIL 衛星の LEP(Low Energy Particle)の約 20 倍の感度が想定され、粒子カウント数は 1 ミリ秒当たり 100 ~ 1000 個のカウント数があると想定される。このように波動/粒子データ双方で、リアルタイムで非常に膨大なデータを処理する必要が出てくるため、本研究で設計する WPC ではこれらの膨大なデータを高速に処理し、データ量を縮小させるため、CPU や FPGA 等のハードウェア上で高速処理を行う。実際の WPC は波動受信機の中の機能の一部として搭載する予定なので、観測の實際上重要となる、波形観測機、高周波スペクトル受信機や、波形圧縮ソフトウェアなどの機能をなるべく損なわない様、高速処理はもちろんのこと、小型で軽量の計測器として搭載できるように設計する事を考えなくてはならない。

本年度新たに耐宇宙用の FPGA 等の IC を検討し、設計した波動粒子相関計測器についての検討と、開発状況について発表を行う。