

日本におけるダスト静電加速器の開発

Development of two dust electrostatic accelerators for planetary science in Japan

長谷川 直[1], 藤原 顕[1], 矢野 創[2], 杉田 精司[3], 濱邊 好美[3], 佐々木 晶[3], 大野 宗祐[3], 冬木 正紀[4], 大橋 英雄[5], 野上 謙一[6], 河村 亨[6], 岩井 岳夫[7], 柴田 裕実[8]

Sunao Hasegawa[1], Akira Fujiwara[1], Hajime Yano[2], Seiji Sugita[3], Yoshimi Hamabe[4], Sho Sasaki[5], Sohsuke Ohno[5], Masanori Fuyuki[6], Hideo Ohashi[7], Ken-ichi Nogami[8], tohru kawamura[9], Takeo Iwai[10], Hiromi Shibata[11]

[1] 宇宙研, [2] NASA/JSC-ESSSE, [3] 東大・理・地球惑星, [4] 東大・新領域・複雑理工学, [5] 東京水産大環境, [6] 獨協医大・物理, [7] 東大・原総セ, [8] 東大原総セ

[1] ISAS, [2] NASA/JSC-ESSSE, [3] Earth and Planet. Phys., Univ. of Tokyo, [4] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo, [5] Earth and Planetary Sci., Univ. Tokyo, [6] Complexity Science and Engineering, Frontier Sciences, University of Tokyo, [7] Dep. Ocean Sci., Tokyo Univ. Fish., [8] Dep. of Phys., Dokkyo Univ. School of Med., [9] Physics, Dokkyo Univ. School of Medicine, [10] HIT, RCNST, The Univ. of Tokyo, [11] RCNST, UT

ダスト検出器の開発において、ダスト粒子が衝突してくる状態を模擬して検出器を較正しなければならないことから、我々はダストのサイズの粒子を宇宙機に対する衝突速度まで効率良く加速できる粒子加速器であるダスト静電加速器の開発を計画し、二種類ダスト加速器の開発を行った。3.75MV ヴァン・デ・グラフ・ダスト加速器をダスト加速の為に改良した。現在、同質量ダスト加速ではこの加速器は世界一を誇っており、既にダスト検出器の開発がこれを用いて行われている。100 kV 静電加速器は3.75MV 加速器がダスト加速専用できないために開発が行われ、予定された加速性能が確認された。

宇宙空間にある塵の測定は1960年代には既に惑星探査機にて計測され始められていたが、1990年代以降に打ち上げられた Vega1/2, Giotto, Galileo, Hiten (MUSES-A), Ulysees, Cassini, Nozomi (PLANET-B), Stardust と言った惑星探査機にも搭載され、地球以外の起源の塵が測定されてきた。現在までに小惑星・彗星起源のメテオロイドのフラックス、質量、速度、飛来方向に関する情報を得るためのダスト計測器を搭載した探査機は存在したが、メテオロイドの起源、進化の大きな手がかりとなる物質組成をその場分析できる質量分析器を搭載した探査機は数が少ない。しかも質量分析器としては彗星近傍の塵もその場分析する為に特化した物が殆どである。そこで、日本に於いて、メテオロイドの起源・進化の解明に着眼したその場分析質量分析器（宇宙空間でメテオロイドが高速衝突することにより発生するプラズマを利用して構成元素を計測するその場飛行時間型質量分析器の開発が現在行われている。

衝突電離型その場飛行時間型質量分析器の開発において、実際のメテオロイド粒子が衝突してくる状態を模擬して分析器を較正しなければならない。このことから我々はメテオロイドのサイズの粒子を宇宙機に対するメテオロイドの衝突速度まで効率良く加速できる粒子加速器であるダスト静電加速器の開発を行った。このダスト静電加速器の加速原理は名前の示す通り静電力で微粒子を加速する。ダスト静電加速器は静電力で加速する為に導電体以外の微粒子は加速することができないという欠点あり、また、大きな質量（ミクロンサイズ以上の大きさの粒子）の粒子の加速には向いていない。ただし、加速粒子が帯電している結果、ダスト静電加速器は粒子1つ1つを個別に加速でき、その1つ1つの粒子の質量・速度が判別できるという利点を持つ。また、火薬銃やガス銃やプラズマガンで発生するような粒子加速に伴う汚染がないも特徴の1つである。一方、火薬やガスを用いる加速器のように加速速度の上限が理論的にない為に、ミクロン以下の粒子（特に小さなサブミクロン粒子）を2段式軽ガス銃・プラズマガンが到達できないような速度まで加速する事が可能である。このようにダスト静電加速器はその欠点を十分補うような利点を多く持つ粒子加速器である。

ダスト静電加速器の開発は1) 東京大学原子力研究総合センター重照射管理部門所有の最大3.75MV印加できるヴァン・デ・グラフ加速器でダスト粒子加速を行えるようにダスト帯電装置、ダスト加速用ビームラインを製作する。2) 1) のヴァン・デ・グラフ加速器はイオン照射に使われている共用施設の為にダスト静電加速器として加速器を専有できない為にダスト専用加速器として常時使用可能である加速器を新たに製作する、と言う2つの目標を以て開発を行った。

東京大学原子力研究総合センター重照射管理部門所有の3.75MVヴァン・デ・グラフ加速器はイオン照射を目的とした共同利用型の静電加速器である為、ダスト加速用に新たにダスト源（ダスト帯電装置）とダスト加速用計測用ビームラインを製作を行った。

粒子加速の結果、粒子の速度・電荷検出に成功した。粒子の比電荷は25kVで粒子を加速した場合と3MVで加速した場合では違いがみられなかった。このことは帯電粒子はダスト源と粒子そのものの特性で決まる事を意味している。一方、25kVで粒子を加速した場合と3MVで加速した場合では高電圧加速の方の速度が約10倍

速いということを確認することができる。尚、本加速器はダストの同質量加速においては現在世界一である。また、ダスト検出器の開発にも実際に使われている。

ダスト静電加速器に使用している 3.75MV ヴァン・デ・グラーフ加速器は東京大学の学内共用施設である為、主にイオンビームによる照射に使われている。よって、この加速器をダスト静電加速器として専有することはできなく、ダスト計測器の開発を行う場合に加速器を専有しなければならない。この事から、常時使用可能なダスト加速専用の小型静電加速器の開発を行った。ダスト静電加速器は粒子を高速により加速する為に印加電圧を大きくしなければならない。しかしながら、制作コストと運転コスト、そしてハンドリング性を考慮し、印加電圧を 100kV にして、設計を行った。ダスト専用小型静電加速器の基本構成はヴァン・デ・グラーフ加速器のダスト加速器と同様にダスト源、加速管、ビームラインの 3 つ部分で構成されている。100kV ダスト専用小型静電加速器は組み上げが行われ、粒子加速テストを行なわれた。開発した 2 つの加速器性能を比較すると電圧の平方根になっていることがわかる。このことより、本加速器は予定通りの性能が出ていることが示された。