

2009年前期までのISAS/JAXA・スペースプラズマ共同利用の 超高速衝突実験装置の現状

長谷川直（宇宙航空研究開発機構）

1. 背景

宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部のスペースプラズマ実験施設では超高速衝突実験設備を保有しており、全国の研究者に対して共同利用を行っている。1980年代に電磁飛翔体加速器（レーलगン）が開発され、それを共同利用に供している。レーलगンは $\phi 14\text{mm}$ の飛翔体を 7km/s に加速する事が可能である。しかしながら、1) 金属のプロジェクタイトは加速できない 2) 真空が悪い（ 10kPa 程度しか引かない） 3) 照準が悪い 4) 加速後大量のすすが発生する（1段式火薬銃より汚れる） 5) $6\sim 7\text{km/s}$ のショットは一度加速すると再び同等の加速できるようになるにはノミナルで1週間かかる（メンテナンスに非常に手間がかかる） 6) 発射時に高電流を瞬時に流す為に高いノイズが入り、高い確率での誤トリガを起こす と問題点が多数あった。特に3) 5) 6) はユーザーに対して必要な成功したショット数の提供という共同利用装置の観点から問題であった。

そこで、宇宙研藤原顕先生所有の $\phi 7\text{mm}$ の2段式軽ガス銃（藤原銃）を共同利用化する事により、前述の問題点を解決した飛翔体加速器を共同利用ユーザーに供する事ができるようになった。しかしながら、秒速 7km 程度の速度で飛翔体を定常的に繰り返し加速できる事ができないという問題点が残った。そこで、水素をドライバーとする新しい2段式軽ガス銃の新規導入を行う事により、その欠点の打開を図る事にした。

2. 新しい2段式軽ガス銃の性能

スペースプラズマ実験施設の超高速衝突実験施設では新しい2段式軽ガス銃（新型銃）として、東北大流体研と防衛省に納入実績のあるPAI社製の2段式軽ガス銃を導入した。新型銃は2段式軽ガス銃としても1段式軽ガス銃としても運転する事が可能である。新型銃はナイロンもしくはポリカーボネイト製の $\phi 7\text{mm}$ の球もしくは円柱を、1段式ガス銃モードで $0.3\sim 0.7\text{km/s}$ 、2段式軽ガス銃モードで $1.5\sim 7.0\text{km/s}$ の範囲で加速可能である。この速度範囲では1日3、4回程度のショットが可能である。

サボを使用すれば、 $\phi 7\text{mm}$ の球以下の飛翔体も加速でき、プラスチック以外の素材、例えば、鉄・銅・アルミ・ガラス等の加速実績がある。シングルショットでは $\phi 3.2, 1.6, 1.0\text{mm}$ 、散弾では $\phi 0.5, 0.3, 0.2, 0.1, 0.05, 0.03\text{mm}$ の飛翔体の加速実績がある。但し、サボ自身大きく重量があるので、 $\phi 7\text{mm}$ の球と比べると速度が大凡 0.7km/s 程遅くなる傾向にある。また、サボを分離して、標的にサボ中心の飛翔体のみ衝突させる為に、 $\phi 7\text{mm}$ の球もしくは円柱のショットよりも成功率は低くなる。

新型銃の速度の再現性は $\pm 100\text{m/s}$ であり、藤原銃・レーलगンの速度再現性 $\pm 300\text{m/s}$ と比較すると格段に良い。新型銃の照準の精度（ $\phi 7\text{mm}$ の球もしくは円柱を用いた場合）は 5m 離れた所で $\pm 3\text{mm}$ であり、レーलगンの $\pm 10\text{cm}$ と比較するとかなり良い（但し、藤原銃も新型銃と同様の照準精度は持っている）。

真空度は 15 分程度の排気で 10Pa 弱にする事が可能である。但し、真空度はチャンバー内に入れる試料に左右される。また差動排気を行えば、 $10\text{mPa}\sim 5\text{kPa}$ の真空度での実験が可能である。

3. スペースプラズマ共同利用の超高速衝突装置の現状と実績

藤原銃は2005年度に共同利用の試行を行った後、2006年度以降正式に共同利用化を行った。藤原銃の共同利用化と共に、レーलगンのショット数は半減したが、レーガン&藤原銃を併せたトータルのショット数は5倍程度増加した。新型銃の導入の為に2008年度は共同利用を中止して、装置の調整・試運転に集中した。その為に2008年度前年度と比較してショット数が1/3程度減少している。但し、本年度(2009年度)から共同利用を開始する事ができ、現状新型銃・藤原銃を併せたショット数は2006/2007年度レベルには達する事ができる見込みではある。

スペースプラズマ共同利用の超高速衝突装置の共同利用申請書数は藤原銃の共同利用化と共に2倍程度増加し、新型銃の共同利用化と共に更に若干増加した。レーガンだけの運用時とそれ以降を分野別に比較すると、惑星科学分野研究・衛星&探査機開発の研究者が多数参入してきている。共同利用申請書数の増加により、供給ショット数より需要ショット数が増加した。その結果共同利用申請書の採択率は藤原銃導入以前では100%であったが、それ以降では非採択の共同利用申請書がでてくるようになった。

スペースプラズマ共同利用で行った卒業論文は藤原銃の共同利用試行以降、数割程度増加した。但し、レーガンだけの運用時はレーガン開発関係の卒業論文が大半を占めていたが、藤原銃を共同利用試行以降は1例を除いて、共同利用ユーザーの卒業論文である。修士論文は藤原銃の共同利用試行以降年平均で1桁増加した。国際学会&査読無し論文は若干増であるが、査読論文は5倍弱増加した。

以上、レーガンのみ運用時と比較して、運転人員半減・維持費減少にもかかわらず、藤原銃・新2段を新たに共同利用化する事によって、トータルのショット数を増加させる事が出来、その結果、共同利用ユーザーの成果の増加につなげる事ができた。

4. 現状の問題点について

超高速衝突施設の飛翔体加速器は新型銃の導入により、世界のスタンダードレベルの加速器(2段式軽ガス銃)を導入する事ができた。但し、当該施設は高速度カメラを2台保有してはいるが、計測系が若干貧弱である。計測系については共同利用ユーザーの要望を聞きながら、可能であれば、整備していく予定である。

現在、サボを使ったシングルショットで安定して加速できているのはφ3.2とφ1.6mmである。φ1mm以下のサボショットの安定した加速が今後の課題である。よって、その目的のサボの開発を行っている。

海外の高い稼働率の超高速衝突施設と比較して、本施設は施設の規模に対して、実際に運用している人数は1~2人と極端に少ない。しかも、運用する人はただ機械的に運転業務をするのではなく、衝突の事がわかっている科学者である必要がある。安定した共同利用の実施には、そのような人材の確保がまずは急務である。

本施設はφ7mmの飛翔体加速器であるという事から、惑星科学分野研究・衛星&探査機開発の実験に向いているが、衝撃圧縮実験等の大きな口径の銃が必要な実験には向いていない。一方で、国内で他の衝突実験施設に目を向けると7mm以上の口径の2段式軽ガス銃が多数点在している。但し、そのような2段式軽ガス銃を保有する施設・研究室とお互いにつながらない為に連携や情報交換ができていない状態である。今後は日本全国の超高速衝突施設との情報交換・連携をする場(連絡会)等の設置が急務である。2段式軽ガス銃では小口径と大口径でのランニングコストの違いや人件費の問題があり、そう単純ではないが、国立天文台のすばる望遠鏡で行っているケック・ジェミニ望遠鏡との間マシントime交換のような事ができれば理想的ではある。