

微小重力で謎を解明 宇宙ステーション用の実験装置を作る

国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟では、日々さまざまな科学実験が行われている。宇宙という特殊環境を利用する実験には、地上とは異なる環境で厳密に想定どおり働く実験装置が必要だ。研究者や JAXA と擦り合わせつつ、目的を達成するための実験装置を作っているのが、今回紹介する IIC の山本信だ。

机上の装置作りから北極圏のロケット実験まで

ある時は目を凝らさないと見えないほど細い直径 14 μm の SiC（シリコンカーバイド）ファイバーを、およそ 24 cm 四方の金属の枠に縦横 4 mm 間隔で編み込みながら張っていく。糸の両端に重りを付け、均一の張力、均一の幅でグリッドを作る。根を詰め、慎重に、しかし一定のリズムで作業を進める。実験ではグリッドの交点一つひとつに液滴が付けられることになる。

ある時は、放物線飛行する飛行機の中で、微小重力状態になるおよそ 20 秒間に燃焼実験を行い、再び上昇するまでの数分間で調整して次の実験を行う。1 時間に何度も上昇と降下を繰り返す飛行機で、胃の中がかき回されるような不快感に耐えながらひたすらデータを取る。

さらにある時は、北極圏にあるロケット発射場で、無人ロケットに積み込まれた実験装置に向けて、地上

の管制センターからコマンドを打ち込んで実験をスタートさせ、緊張しながらその成否を見守る。

このどれもが株式会社 IHI 検査計測（IIC）の宇宙システム部に属する山本信の仕事だ。

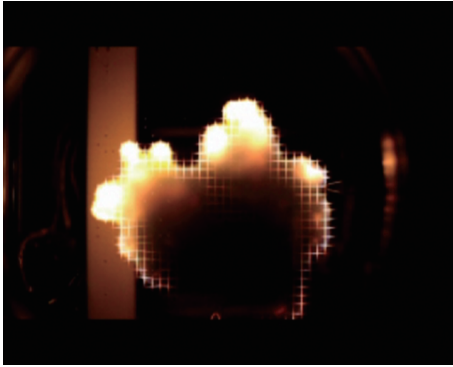
宇宙実験の企画からシステム全体を進行

国際宇宙ステーション（ISS）では、宇宙環境を利用したさまざまな実験が行われている。山本と野倉正樹の仕事は端的に言えば、「きぼう」日本実験棟で行われる科学実験の装置を作ることだ。その流れは以下のようなになる。JAXA の実験公募に大学などの研究機関が応募する。採択されたテーマの研究者と JAXA が、実験の厳密な方向性や宇宙空間で実現するための制約条件を加味して装置の仕様を決める。山本はチームの一員として、宇宙空間の環境特性や宇宙船内の安全も勘案しながら、実験装置の開発を担当する。その仕事は、冒頭で紹介した液滴を付けるグリッドを手作りする職人技から関係者間の調整まで多岐にわたる。つまりは、「実験がスムーズに進み、有効なデータが得られるか」を考えながら、機械系を中心にシステム全体を進行しているともいえる。

山本がこれまで主に取り組んできたのは液滴燃焼実験で、2017 年の 2 月には、世界で初めてランダム分散液滴群の燃焼実験を、最大数 97 個の液滴で行うことに成功した（参照：18 ページ）。噴霧燃焼の仕組みはまだ完全には解明されていない。地上で燃焼現象を観察する場合、燃料液滴が小さく、現象（反応）も高速であるため、詳細な観察が困難である。宇宙実験では、重力の影響が微小となるため、その分燃料液滴を



株式会社 IHI 検査計測
制御システム事業部 宇宙システム部
山本 信



微小重力下における 97 個液滴群の燃焼 ©JAXA

大きくすることができ、詳細な観察が可能となる。そこで液滴がどのように燃え広がっていくのかを観察して、燃焼のメカニズムを解明できれば、噴霧燃焼を用いたエンジンの高効率化にも寄与する。

宇宙環境の特性を理解することが重要

ISS での実験までには、綿密な準備と試行錯誤がある。例えば、着火用電熱線の耐用寿命である。微小重力環境では自然対流の影響が（ほとんど）なく、燃え方（燃焼寿命、発熱量）が異なるため、地上試験より早い劣化が想定される。このため、最大使用回数に対して 2 倍の耐用回数を考慮した検証試験の実施や冗長系を追加するなどの対策を実施した。結果として、宇宙実験では想定より早く劣化したが、冗長系により実験を継続できた。また、グリッドの SiC ファイバーは加熱されると部分的に膨張してたわむ。燃焼後のたわみの戻りまでも見越して最適な張力を決定し、山本自身が張り込んだ。

さらに、燃焼実験がうまくいっても撮影データとして残せなければ意味がない。燃え広がり方は地上と宇宙環境では異なるので明るさも違う。観察カメラの設定（レンズ選定・絞り・シャッタースピードなど）の最適化が重要である。最初に着火した青い炎を捉えつつ、大規模に燃えて明るくなったときも画像が白く“飛んで”しまわないように、航空機実験でデータ取りをしながら、最適な設定を探った。加えて、記事（参照：18 ページ）でも触れているように、150 個の液滴の直径を $1\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$ の範囲内にそろえることは難関だった。150 個の液滴を付けている間に最初に生成した液滴は蒸発により小さくなる。蒸発速度を

考慮し、生成する液滴量を微調整した。

山本は言う。「技術的にとても難しいわけではないのですが、要求精度が高いのでそこにしっかりミートするのは難しいですね。地上でできたというだけでは宇宙でできるとは言えません。」

未知を解明する“ものづくり”

地道な作業であり、発想力、実効性、調整能力も必要とされるこの仕事。山本のどんな経験、技術が支えているのだろうか。

「私自身が『これだ!』というコアな技術をもってしているわけではありません。」

山本は、入社後 4 年目に宇宙開発事業団（当時）に出向し、また IIC への復帰を繰り返しながら、燃焼実験のプロジェクト化を担当してきた。「当初は落下塔での無重力実験に使うような小さい装置からやらせてもらいました。装置の図面を描いて組み立てて、それを動かす制御機器を作って、ソフトを組むまで一貫して取り組んだ経験から『こういうものを作ってほしい』と言われると、割と早くシステム案を提案できると思います。悩むよりもまずは手を動かして作ってみようかなという性格です。」

山本自身は、これまで燃焼の実験装置に携わってきたので、自分自身の拡張性に挑戦するために違うものを手掛けたいと希望もある。ISS の寿命も残り 10 年未満とも言われ、時代はそろそろ本格的な惑星探査へとシフトしそうだ。「今後どのようなニーズがあるかは分かりませんが、やはり 10 年後も、何か未知のものを見いだすための装置作りに携わっていたいと思っています。」



同じチームで実験装置の開発・製作を行う野倉 正樹（JAXA 出向中）