

## 大気球を利用した微小重力燃焼実験の準備

○石川毅彦， 菊池政雄， 山本信， 澤井秀次郎， 丸祐介， 橋本樹明，  
坂井真一郎， 坂東信尚， 斎藤芳隆， 吉光徹雄， 岡田純平，  
依田眞一（ISAS/JAXA），小林弘明， 藤田和央（ITA/JAXA）

### 1. 目的

本研究ではターンアラウンドタイムが短くかつ良好な G 環境が得られる手段として気球を利用した微小重力実験システムの構築を行っている。本書では、実験システム、最初に行う燃焼実験および準備状況について報告する。

### 2. 実験システム概要

平成 16 年度から 21 年度にかけて学術創成研究費によって微小重力実験システムの構築が進められた（代表研究者：JAXA 宇宙科学研究本部宇宙探査工学研究系橋本教授）[1]。この実験システムでは、落下させる供試体を二重カプセル構造とし、内側のカプセルと外側のカプセルを非接触状態に保つドラッグフリー制御を行うことによって最良の G 環境を得る構成を用いた。2 回の放球実験によって  $10^{-4}G$  レベルの微小重力環境が 30 秒程度維持され、新たな実験手段として活用できることが示されている。ただし、このシステムでは微小重力実験装置が利用できる内カプセルは直径 30cm 程度の球であり、この中に電源・実験制御系を含めたすべてを納める必要がある。今後、観測機器を初めとする微小重力実験装置要素の小型化を進めれば、このスペースで実施可能な実験も増加すると考えられるが、航空機・落下塔用装置の流用など実験者のアクセスの容易性を考えると、より多くのスペースが必要となる。

本研究では学術創成研究の成果（機体設計等）を継承し、これを発展させることにより新しい実験システムの確立を行う。新システムの特徴は

- 1) 落下させる機体は、学術創成研究同様の形状とする。
- 2) 3 軸のドラッグフリー制御は行わず、微小重力実験部のスペースを増大させる。
- 3) リニアスライダにより鉛直方向のみドラッグフリー制御を適用し、 $10^{-3}G \sim 10^{-4}G$  の微小重力環境を 30 秒程度確保する。

というものである（図 1 参照）。

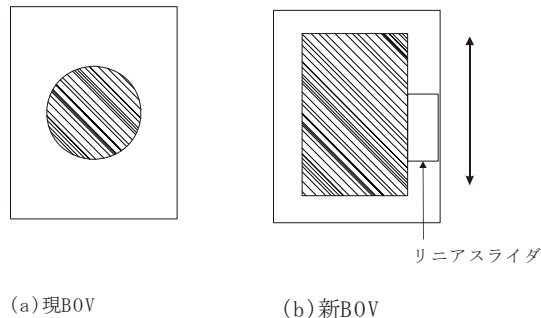
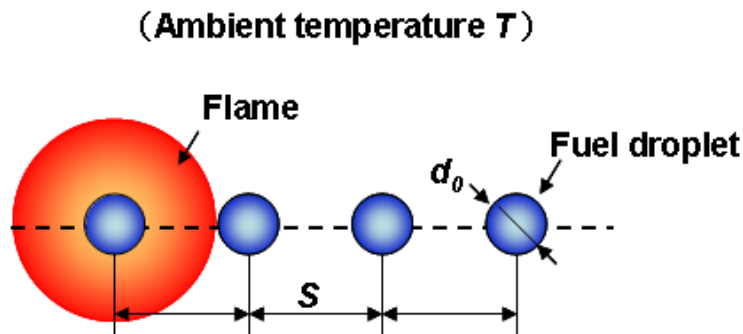


図 1 新実験システムの概要。ハッチ部が微小重力実験部、それを囲む長方形が機体断面

### 3. 液滴燃焼実験

新しい実験システムを利用する最初の実験として燃焼研究分野の「液滴列の火炎伝播挙動の観察実験」を実施する予定である。ISS 科学プロジェクト室では、液滴を直線上に等間隔配置した燃料液滴列（図 2）の火炎伝播メカニズム解明研究を理論検討・数値シミュレーション・微小重力実験を用いて実施している。



**図 2 液滴間火炎伝播メカニズム研究における液滴列モデル：液滴径  $d_0$ 、液滴間隔  $S$  及び雰囲気温度  $T$  を実験パラメータとする。**

落下塔を利用した短時間微小重力実験の結果を基にして、ESA の TEXUS ロケットを利用した微小重力実験を 2009 年 11 月に実施した（図 3 参照）。この実験では、予蒸発進行度の誤差低減および現象の観察を容易にするために初期直径の比較的大きな液滴 ( $d_0 = 1.5 \text{ mm}$ ) を用い、予蒸発時間 ( $t_w$ ) をパラメータとした実験を行った。

$t_w$  に対して TEXUS ロケットや航空機実験の結果得られた火炎燃え広がり速度  $V_f$  の変化を表 1 に示す。これによれば、液滴列に沿った  $V_f$  は、予蒸発の進行に伴う液滴列周囲の可燃混合気層の発達に伴い急激に大きくなるが、予蒸発が一定以上進行した場合はほぼ一定値をとるものと考えられる。ここで着目されるのは、 $t_w = 0.1 \text{ s}$  から  $5 \text{ s}$  の間に  $V_f$  が 1000 倍以上の値となっていることである。但し、落下塔実験と TEXUS 実験では異なる液滴径を用いているため、定量的な比較は困難である。

そこで、大気球を利用する実験においては、TEXUS ロケット実験と同じ  $d_0 = 1.5 \text{ mm}$  の比較的大きな液滴を用いつつ、落下塔実験で実施可能な  $t_w$  と TEXUS ロケット実験で取得された条件で最小の  $t_w$  である  $5 \text{ s}$  の中間域の  $t_w$  を実験条件とした実験を行い、 $V_f$  に関する高精度データの取得を行う。

**表 1 TEXUS ロケット実験における火炎燃え広がり速度**

Experiment No.	$t_w$ (s)	$V_f$ (mm/s)
1	18	1714
2	10	1714
3	5	1286
(results of drop shaft)	0.1	11

### 4. 実験準備状況

学術創成研究で製作した供試体の資産を極力活かすべく学術創成研究の代表研究者及び

開発を担当された方の協力を得て、来年度夏の放球を目指して機体の製作等を進めている。

機体は、学術創成研究で製作した実験機体を基本として、これをアップグレードした機体を製作中である。主な変更点は

- ・ 微小重力実験部と機体をリニアスライダで結合する。
- ・ 大型の微小重力実験部へのアクセスパネルの追加。
- ・ 1軸のドラッグフリー制御とするため、ガスジェットの簡素化。

である。なお、昨年度の大気球シンポジウムでのコメントを反映して、機体に翼をつける構造とした。

燃焼実験装置は、TEXUS ロケット実験用に製作したシステムの EM をベースに改修製作する。供試体及び燃焼装置とのフィットチェックの様子を図3に示す。電気系については、学術創成研究から部品を流用することを予定していたが、昨年実施した気球実験により喪失したため、今年度新規に製作中である。



**図5 燃焼装置／機体フィットチェックの様子。(左) 機体にリニアスライダー及び燃焼実験装置を収納する“籠”を付けたところ。(右) 燃焼実験装置を“籠”に入れたところ。**

#### 参考文献

- [1] 橋本樹明ほか：高々度気球を用いた微小重力実験システムの開発、日本マイクログラフィティ応用学会誌 **26**(2009), 9