

共通微小重力実験装置を用いる高圧環境下における点火・燃焼 WG の 2014 年度活動報告

野村浩司（日本大学），三上真人（山口大学），森上 修（九州大学），津江光洋（東京大学），山崎博司（日本大学），瀬川大資（大阪府立大学），田辺光昭（日本大学），高橋周平（岐阜大学），橋本 望（電力中央研究所），今村 宰（日本大学），岡井敬一（東京大学），廣田光智（室蘭工業大学），菅沼祐介（日本大学），菊池政雄（宇宙航空研究開発機構）

2014 Annual Report on activity of the working group on ignition and combustion at high pressures with a shared apparatus for microgravity experiments

*Hiroshi Nomura**, *Masato Mikami***, *Osamu Moriué****, *Mitsuhiro Tsue*****, *Hiroshi Yamasaki**, *Daisuke Segawa*****, *Mitshaki Tanabe******, *Shuheji Takahashi******, *Nozomu Hashimoto******, *Osamu Imamura**, *Keiichi Okai*****, *Mitsutomo Hirota******, *Yusuke Suganuma**, *Masao Kikuchi******

*Nihon Univ., Narashino, Chiba 275-8575

E-Mail: nomura.hiroshi@nihon-u.ac.jp

Yamaguchi Univ., *Kyushu Univ., ****The Univ. of Tokyo, *****Gifu Univ., *****CRIEPI, *****Muroran Inst. of Tech., *****JAXA

Three researches will be conducted with the COSMOTORRE drop tower, and Japan-Germany research project on cool flame ignition of a n-decane droplet array has been prepared to apply TEXUS rocket (sounding rocket) campaign. Cool flame ignition near the ignition limit conditions is focused on, which takes long time compared with the ignition at high temperatures. Therefore, long microgravity duration is necessary for this proposed research. The droplet combustion unit (DCU) which was used in the TEXUS #46 campaign will be reused with some modifications. An image intensified high-speed video camera to detect UV-emission from a cool flame was tested at microgravity in Germany.

Key words; Cool flame, Ignition, Combustion, Droplet array, Microgravity, Sounding rocket project

1. 研究背景と目的

高圧下燃焼の現象を複雑にしている自然対流が発生しない微小重力環境は、現象の相似性を保ちながら高圧下燃焼の基礎研究を行うのに最適な環境である。しかしながら、大気圧燃焼の実験装置と比較して高圧下燃焼の実験装置は大きい、重い、配線・配管の取り回しが複雑など、微小重力実験には不向きな点があり、高圧下燃焼の微小重力実験の例は少ない。高圧下燃焼の微小重力実験を行うためには実験技術の集約が必要であり、コスト削減・実験機会拡大のためには実験装置の共通化・共用化が必要である。本ワーキンググループの目的は、高圧燃焼実験技術の集約、宇宙実験に向けての共通微小重力実験装置の提案、および高圧下燃焼に関する知見の共有と統合を試みることである。

今年度は、ドイツ・ブレーメン大学と共同で行う小型ロケット実験を使用した微小重力実験の申請に注力した。また、九州大学、日本大学および山口大学においてコスモトールを使用した微小重力実験を行う予定である。落下塔実験の結果は、小型ロケット実験の条件設定および実験データの補完に使用する。

2. WG の活動内容

これまでに会議は3度行われ、そのうち2回はドイツの研究チームとの実験申請書の打ち合わせを行った。本年度中(2015年3月)に全体会議を行う予定である。外部資金獲得状況としては、野村・橋本の共同研究「高温・高圧雰囲気における燃料液滴蒸発の非定常性および蒸発速度に及ぼす自然対流の影響の解明」により、(財)電力中央研究所から予算を獲得することができた。

ドイツ・ブレーメン大学との共同微小重力実験プロジェクトに関しては、実験要求の詳細化、地上予備試験、実験装置の改修点の検討などを実施した。また、DLRからの協力協定(LOA)(案)の提示を受け、内容について検討・調整中である。

微小重力実験に関しては、1月26~30日に九州大学が「高圧下における燃料噴霧の自発点火のモデル構築を目指した素過程のデータベース確立」のテーマで実験を行い、2月2~7日の予定で日本大学が「高温・高圧雰囲気における燃料液滴蒸発の非定常性および蒸発速度に及ぼす自然対流の影響の解明」のテーマで実験を行う予定である。また、3月2~7日の予定で、山口大学が「高圧雰囲気における液滴間

燃え広がり」のテーマで実験を行う。共通微小重力実験装置で液滴列の燃焼実験を行う試みである。

3. 小型ロケットを用いた微小重力実験のプロジェクト申請に向けた準備

噴霧燃焼は工業的に広く用いられており、化石燃料枯渇問題や環境問題の観点から、その機構解明と数値シミュレーションの高度化は急務である。日本における噴霧燃焼に関する宇宙実験は、TESUS#46 ロケットを用いて2009年に行われた「1次元液滴列の部分予蒸発後の燃え広がり」に関する実験がある。「きぼう」第2期前半テーマで2次元液滴マトリックスの燃え広がり実験、第2期後半テーマで微粒化過程の実験が行われる予定である。しかしながら、噴霧燃焼において重要な過程である点火過程に関する宇宙実験は、計画すらされていないのが現状である。燃料液滴の点火現象に関する研究は、これまで短時間微小重力環境を利用して行われてきた。そのため、実験に時間を要する点火限界に関する知見が得られていない。

本年度プロジェクト申請を行う予定であるTEXUS ロケット実験は、炭化水素燃料液滴列の点火限界における点火挙動を研究テーマにした実験である。点火限界付近における冷炎点火の液滴相互干渉の把握が実験目的である。TEXUS#46 の実験装置(DCU)を回収して使うことを前提としているため、高圧環境での実験は行えないが、それが故に冷炎点火という特異な点火現象を詳細に観察することができる。実際の燃焼機関の燃焼室にはこの冷炎点火が起こる環境になる例が多くあり、その多くの場合、冷炎点火の後に熱炎点火に至る。冷炎点火の解明は、工業的にも重要である。得られた結果は、数値シミュレーションの高度化に利用する。現象の単純化を行った計算コードは完成しており、現在短時間微小重力実験の結果と合わせ込みをドイツ側で進めている。

申請時に提案する研究体制案を図1に示す。それぞれの役割案は以下の通りである。

<日本側>

- ・日独研究者チームの実験要求に基づく実験計画の構築
- ・TEXUS ロケット搭載用液滴列燃焼実験装置(DCU)の改修設計・改修実施
- ・改修後のDCUのフライト実験への提供
- ・改修後のDCUのドイツへの輸送

<ドイツ側>

- ・TEXUS ロケットによる実験機会の提供
- ・DCUに搭載する冷炎観察用光学システムの提供
- ・Airbus DS社との契約を通じたTEXUS ロケットとDCUのインタフェース調整
- ・DCUを搭載する実験モジュールのインテグレーション

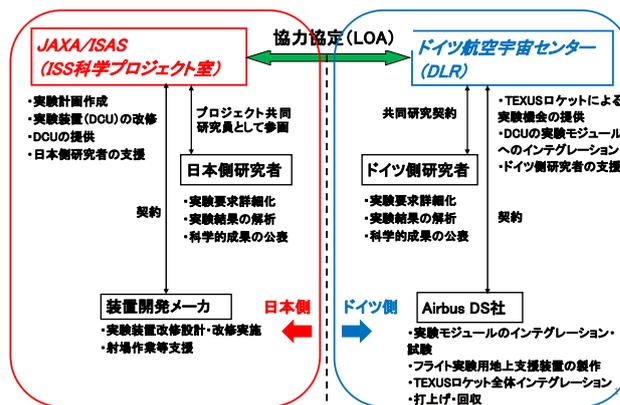


Fig. 1 Japan-Germany research system (draft).

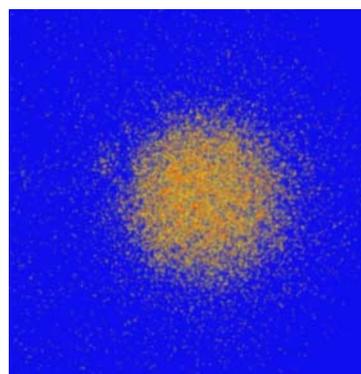


Fig. 2 Color map of intensity of UV-emission from a cool flame of n-decane single droplet at microgravity.

シヨン・試験

実験装置には2つの高温室を設け、雰囲気温度が異なる2条件を同時に実験する。液滴配列は5通りを提案する。冷炎の観察は、ドイツ側が開発したイメージインテンシファイア付き高速度ビデオカメラを使用し、紫外光である冷炎の中間生成物からの発光を2次的に捉え、点火時刻と点火位置の情報を取得する。微小重力環境で単一液滴の冷炎点火を捉えた画像を図2に示す。紫外発光強度をカラーマップで示している。発光強度が低いところは青で示され、強度の増大に伴って緑、黄、赤の順で示されている。冷炎の発生から成長の過程を観察できることが確認された。

本提案では、2016年11月の実験実施を希望している。

謝辞

本WGは、「宇宙環境利用科学委員会」から研究費の補助を受けて微小重力実験装置の製作および落下塔実験を行っている。ここに感謝の意を表す。