

液滴群燃焼ダイナミクス研究班ワーキンググループ活動報告

宇宙航空研究開発機構 菊池政雄、菅野亙 九州大学 森上修 山口大学 三上真人
日本大学 野村浩司 北海道大学 藤田修 名古屋大学 梅村章

Activity Report on Research WG for Combustion Dynamics of Fuel Droplets

Masao Kikuchi¹, Nobuhiro Sugano¹, Osamu Moriue², Masato Mikami³, Hiroshi Nomura⁴,
Osamu Fujita⁵, Akira Umemura⁶

1:Japan Aerospace Exploration Agency, 2:Kyushu University, 3:Yamaguchi University,
4:Nihon University, 5:Hokkaido University, 6:Nagoya University

E-Mail: kikuchi.masao@jaxa.jp

Abstract: This paper describes activity report on research WG for combustion dynamics of fuel droplets. Systematic research plan aiming at clarification of flame propagation mechanism of fuel spray has been discussed at the WG. Preparation for Japan-Europe cooperative microgravity combustion experiment by using TEXUS sounding rocket has been performed in cooperation with European CPS research team. Also, Preparation for the droplet cloud combustion experiment on board the ISS/JEM has been performed. In addition, ground-based microgravity experiments have been performed.

Key words; Combustion, Fuel Droplets, Flame Propagation, Microgravity Experiments

1. WGの概要

噴霧燃焼はディーゼルエンジンやガスタービンなどの燃焼機器において広く使用されている燃焼方式であるが、燃料の微粒化、蒸発、燃料蒸気の拡散、着火、火炎伝播などの素過程が同時に進行する極めて複雑な現象であるため、本質的な燃焼メカニズムの解明あるいは信頼性のある数値シミュレーションの構築等が十分進んでいないのが現状である。微小重力環境は自然対流の排除、観察する燃焼現象の時空間スケールの拡大、液滴粒子の沈降の抑制等により、これらの素過程を詳細に解明するための理想的な実験場を提供する。また、微小重力実験により得られる高精度実験データとの比較により、数値シミュレーションにおいて使用される様々なモデルの妥当性検証を行うことも可能になる。

このような背景を踏まえ、本 WG においては、微小重力実験による素過程の詳細解明に基づく噴霧燃焼メカニズムの体系的解明ならびに素過程に立脚した次世代の噴霧燃焼数値シミュレーションの構築を最終的な目的とした研究計画の議論、地上研究の実施、さらに小型ロケット、国際宇宙ステーション (ISS) を利用するフライト実験プロジェクトと連携した作業等を行っている。

2. WGの活動内容と成果

本 WG の今年度の主な活動内容は、以下のとおりである。

- ① 日欧共同 TEXUS ロケット実験関連作業・研究の実施
- ② 「きぼう」2期利用公募採択「三上テーマ」関

連作業・研究の実施

- ③ 落下塔実験、数値シミュレーションなどによる地上研究の実施
- ④ 国際協力による宇宙実験計画の検討

①は、本 WG と欧州の CPS(Combustion Properties of Partially Premixed Spray Systems)トピカルチームとの研究協力に基づき、JAXA-ESA 国際共同ミッションとして2009年春に実施予定のTEXUSロケットを用いる日欧共同宇宙実験計画に関するものである¹⁾。本実験計画では、JAXA-ESA間で締結するアグリーメントに基づき、JAXAが搭載実験装置を開発するのと引き換えにESAがTEXUSロケットによる実験機会を提供することとなっている。TEXUSロケット実験では、予蒸発により液滴周囲に形成された燃料蒸気層の発達度が火炎の燃え広がり・伝播にどのような影響を与えるかを調べるため、部分予蒸発液滴列の火炎伝播挙動の観察を行う。また、全液滴燃焼後の燃焼ガス採取・回収を行い、地上においてガス成分分析を行う計画である。

今年度は、昨年度から引き続き欧州研究者との調整を行いつつ実験計画の詳細化を図るとともに、JAXA ISS 科学プロジェクト室を中心として実施された搭載実験装置の開発に対して必要な協力・支援を行った。TEXUSロケットに搭載する液滴列燃焼実験装置(DCU)フライトモデル(FM)は、国内での機能試験および振動試験等を経て2008年10月にドイツ・EADS Astrium社への輸送可否を判断する輸送前審査会(PSR)が行われた。PSRの後、11月上旬にはAstrium社への輸送が完了し、

引き続き Astrium 側製作機器類と組み合わせ、燃焼実験モジュール (JCM) としてのインテグレーションおよび試験作業を開始した。インテグレーション作業中の JCM の外観写真を図 1 に示す。

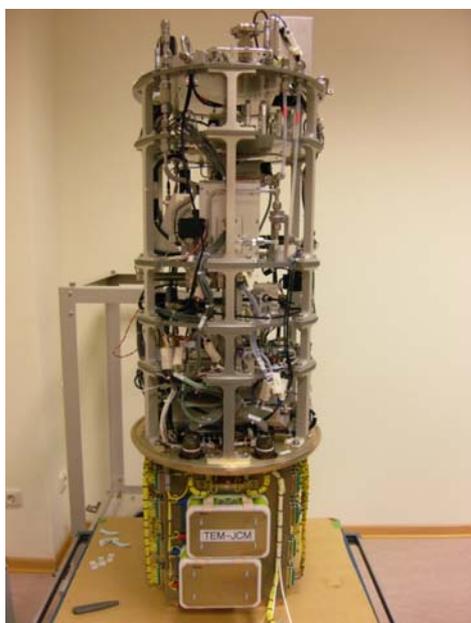


Fig.1 A picture of the Japanese Combustion Module (JCM) FM for TEXUS experiment

JCM は、最終的な試験作業を Astrium 社にて実施中であり、2009年4月の打ち上げに向けた準備が進められる予定である。また、2007年10月に奈良で開催された日欧トピカルチーム会合 (ITTM) における合意に基づき、DCU の EM を用いたドイツ・ブレーメン大学 ZARM 落下塔での微小重力実験も今年度実施した。

②は、本 WG における検討結果を基に「きぼう」2期利用公募に応募し採択された「ランダム分散液滴群の燃え広がり」と群燃焼発現メカニズムの解明 (三上テーマ) に関するものである²⁾。

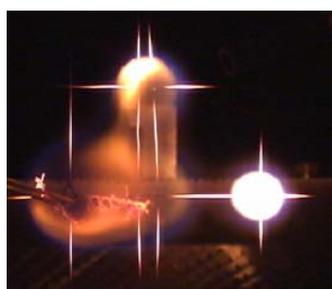


Fig.2 Example of flame spread of droplet clouds in microgravity

本テーマはパーコレーション理論およびこれまでの短時間微小重力実験の結果得られたランダム分散液滴群の燃え広がり (図 2 参照) に関する仮説を大スケール液滴群により検証し、燃え広がりによる群燃焼の発現を記述するモデル構築を目的としたものである。本テーマで利用予定の「きぼう」搭載「多目的実験ラック」は現在開発中のものであり、テーマ採択時点では各種インタフェースに未定の点が多かった。このため、多目的実験ラックの開発進捗に合わせ、実験計画の最適化作業を行うとともに、供試体の概念設計検討作業を JAXA と協力して進めている。

③の地上研究については、以下の5つの研究課題について MGLAB 落下塔を利用する微小重力実験を今年度実施予定である。

- ・部分予蒸発液滴列の火炎燃え広がり (JAXA)
- ・噴霧の微粒化理論検証 (名古屋大学)
- ・液滴混在予混合気および移動可能液滴列の火炎伝播 (日本大学)
- ・2次元液滴マトリクス of 火炎燃え広がり (山口大学)
- ・液滴列の燃え広がりにおける温度計測 (九州大学)

これらの研究課題はすべて、本 WG の最終目標の一つである、素過程の詳細解明に基づく噴霧燃焼メカニズムの体系的解明のために必要不可欠なものであり、WG 会合等における相互連携・協力を密にしつつ進めている。

④の国際協力による宇宙実験計画の検討については、2008年11月にスペースシャトルにより打ち上げ、ISS 米国実験棟に設置された NASA 開発の燃焼実験ラック (CIR) を利用する日米協力の予備検討を今年度進めた。CIR と同時に打ち上げられた液滴燃焼実験用インサート (MDCA) を利用する実験での協力が有望と考えており、引き続き検討を進め、来年度には具体化することを目標としている。

なお、今年度の WG 会合はこれまで1回を開催済みであり、年度内にあと1回程度開催予定である。次回の WG 会合では、本 WG の最終目標の一つでもある、次世代の噴霧燃焼数値シミュレーションの構築に向けた議論等を行う予定である。

参考文献

- 1) 菊池、菅野、依田 ; TEXUS ロケット利用日欧共同燃焼実験, 日本マイクロ重力応用学会誌, Vol.25, No.1, pp.40-49, 2008.
- 2) <http://kibo.jaxa.jp/experiment/theme/>