

## 液滴燃焼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、山本信、依田眞一 山口大学 三上真人 日本大学 野村浩司  
大阪大学 赤松史光 名古屋大学 梅村章 同志社大学 千田二郎 武蔵工業大学 高木靖雄

### Activity Report on Research WG for Combustion Dynamics of Fuel Droplets

Masao Kikuchi<sup>1</sup>, Shin Yamamoto<sup>1</sup>, Shinichi Yoda<sup>1</sup>, Masato Mikami<sup>2</sup>, Hiroshi Nomura<sup>3</sup>,  
Fumiteru Akamatsu<sup>4</sup>, Akira Umemura<sup>5</sup>, Jiro Senda<sup>6</sup>, Yasuo Takagi<sup>7</sup>

1:Japan Aerospace Exploration Agency, 2:Yamaguchi University, 3:Nihon University,  
4:Osaka University, 5:Nagoya University, 6:Doshisha University, 7:Musashi Institute of Technology  
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. Space experiment plan utilizing sounding rocket as well as ground-based microgravity experiments have been also discussed.

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。

本 WG は宇宙開発事業団宇宙環境利用研究システムにおいて実施された燃焼研究(燃料分散系の燃焼ダイナミクス解明研究)の実施メンバー・内容を中心として平成15年度に発足した。それまで進められてきた燃料液滴列の燃焼研究みならず、液滴マトリクスなどにも研究対象を拡大しつつ、噴霧燃焼メカニズム、特に火炎伝播メカニズムの解明を目指した体系的な研究計画の議論等を行っているものである。

#### 2. 昨年度までのWG活動成果

活動初年度となった平成15年度には1回のWG会合を開催し、そこでの議論を基に第7回地上研究公募に応募した。その結果、以下の研究テーマが採択され、研究を実施中である。

研究テーマ: 2次元燃料液滴群の群燃焼発現メカニズムの解明

代表研究者: 三上 真人 助教授 (山口大学)

本テーマは、燃料液滴列における火炎伝播メカニズム研究成果を、ランダム分散した2次元液滴群へと展開することにより、液滴のランダム分散効果を考慮した噴霧における群燃焼発現メカニズムの解明に向けた知見を得ることを目的としている。

また、平成16年度には2回のWG活動を開催した。15年度と同様にWGでの議論を基に第8回地上研究公募に応募し、以下の研究テーマが採択されている。

研究テーマ: 微小重力実験用連続生成均一噴霧バーナの開発と部分予蒸発噴霧火炎の構造に関する研究

代表研究者: 野村 浩司 助教授 (日本大学)

本テーマは、均一分散・均一粒径の噴霧を連続的に生成するバーナを開発し、定在火炎を用いた液滴混在予混合火炎の構造に関する詳細な研究を行うものである。液滴と混合気の相対速度、液滴周囲に形成された燃料蒸気拡散場が燃焼速度に及ぼす影響などを系統的に調べることが可能になるものと期待される。

このように、昨年度までのWG活動により、噴霧燃焼メカニズムの解明に向けた具体的な研究提案の創出・実施が図られている。

本WGの活動目的は、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である。この実現を図るためには、複雑な噴霧燃焼における多くの素過程の詳細なメカニズム解明に向けた微小重力実験

の立案・実施のみでは不十分である。多くの微小重力実験は、複雑な現象をできる限り単純化した状態で観察する意図で行われる。言わば「現象の細分化」であり、それだけを視野に入れていたのでは「木を見て森を見ず」に陥る可能性がある。そこで得られる知見を噴霧燃焼のメカニズム解明に活用する観点からは、複数の素過程に関して得られた知見を統合し、総合的に解析・評価する方法、言い換えれば「知見の再構築」が必要である。燃焼現象は熱移動、物質移動、相変化、化学反応が関係する複雑な非線形現象であり、素過程に関する知見の再構築を行うためには、解析的（理論的）手法では不十分で限界がある。そのため、数値シミュレーションを活用した知見の再構築が極めて重要である。

図1は、これまでの議論に基づく本WGにおける研究の方向性を模式的に示したものである。相互干渉を有する最も単純な液滴群としての液滴列を基点とし、2次元液滴マトリクスへの展開を図り、最終的にはランダム分散した3次元液滴群の火炎伝播メカニズムを解明する。その過程の中で、燃料蒸気拡散場や液滴と混合気の相対速度などが与える影響についても適宜研究を実施する。また、先に述べた「知見の再構築」の手段、さらに各段階における研究成果を具現化するものとしての数値シミュレーションコードの構築・高度化を進めていく。

既に、3次元空間中に分散した液滴群における火炎伝播解析を実施可能な「液滴火炎伝播総合解析コード」を構築しており、試行計算を実施している段階にある。従来の液滴列火炎伝播解析コードでは、

等間隔配置の液滴列に関する計算のみが可能であったのに対し、新たに構築したコードではランダム配置の液滴群に関する計算が実施可能である。また計算量の増加に対応するため、スーパーコンピュータでの計算を前提とし、ベクトル化ならびに並列化を図っている。今後、計算結果と2次元液滴群に関する微小重力実験結果との比較により、液滴群の火炎伝播メカニズムの解明が進むものと期待している。

このような研究に加え、本WGでは小型ロケットを利用する宇宙実験計画の検討も進めてきている。小型ロケット実験では、落下塔実験では実施困難な予蒸発を伴う液滴列の火炎伝播挙動観察を行う計画である。16年度のWG会合では、実験条件の最適化に関する議論等を行い、実験要求案の詳細化を行った。

### 3. 今年度の開催実績と今後の予定

平成17年度においては、これまでに1回の会合を開催しており、年度内にさらに2回の会合を実施予定である。図1に示した研究計画のさらなる詳細化の議論と、それに基づく新規研究テーマの検討、さらに小型ロケット実験要求案の議論等を行う。なお、小型ロケット実験計画については欧州の研究者グループと17年度中に議論を進めた結果、双方の科学的・技術的興味が一致し、共同で実施検討を進めることで合意している。18年度のWG活動においては、欧州研究者チームとの連携をより一層進めたいと考えている。

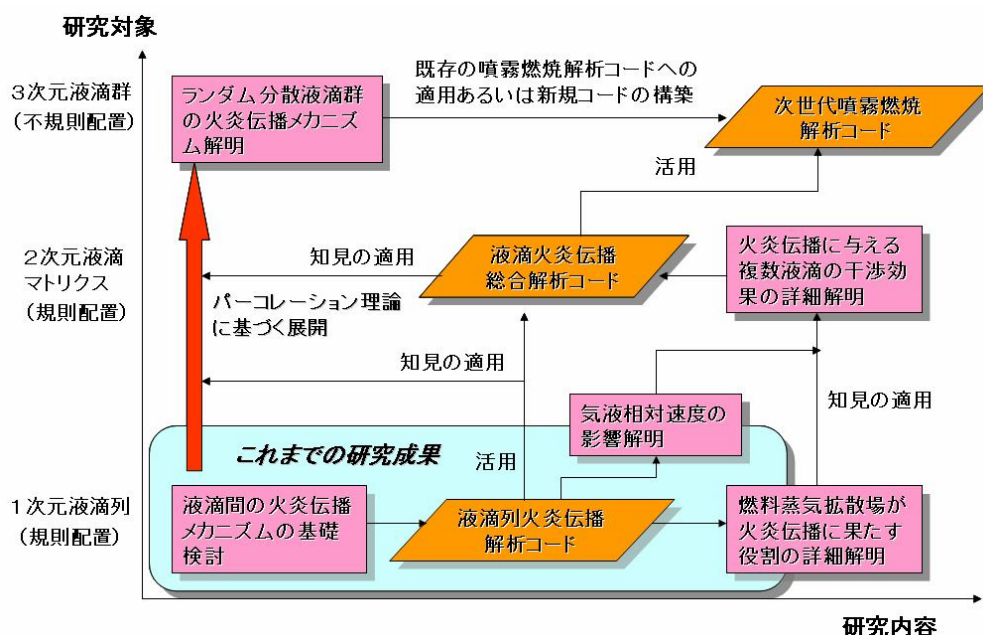


Fig.1 Research road map of fuel droplets combustion