

平成19年度「乱流場における不均質燃焼とその要素過程の解明」活動報告書

東北大学流体科学研究所 小林秀昭

1. 構成メンバー

氏名	所属
小林 秀昭	東北大学流体科学研究所
大上 泰寛	東北大学流体科学研究所
丸田 薫	東北大学流体科学研究所
津江 光洋	東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻
赤松 光史	大阪大学工学研究科機械物理工学専攻
花井 宏尚	千葉科学大学危機管理学部防災システム学科

2. 本年度 WG 会合開催実績

- (1) 電子メールおよび燃焼シンポジウム等, 学会参加時に随時意見を交換
- (2) 平成19年9月3日(月)にJSF会議室で開催された気相燃焼合成 WG に小林が本WGを代表して参加し意見を述べた。

3. 活動目的

噴霧燃焼や固体微粒子群燃焼に代表される乱流場の不均質燃焼は極めて複雑な過程から成り立っており, 研究は発展途上にある。本ワーキンググループは, 平成17年度に開始した調査研究を発展させ, 乱流過程と不均質燃焼過程の両面から, この複雑な現象の解明を目指した方法論を提案し, さらに, 低グラスホフ数環境が実現可能な短時間微小重力および宇宙環境利用による実験研究を企画することを目的とする。

4. 活動内容

乱流のDNS(直接数値計算)の発展により, 乱流がコルモゴロフスケールの10倍程度の直径を持つ渦管から構成されていることが明らかになっているが, 渦管径と噴霧液滴や微粉炭などの固体微粒子径は互いに近い長さスケールにあることから, 噴霧燃焼や微粒子群燃焼において乱流微細渦管と個々の噴霧液滴火炎および固体微粒子火炎に干渉現象が予想される。しかし, 系統的な研究は代表者(小林)の研究(M. Mitsuya, H. Hanai, S. Sakurai, Y. Ogami and H. Kobayashi, Droplet Combustion Experiments in Varying Forced Convection Using Microgravity Environment, Int. J. Heat Fluid Flow.26: 914-921 (2005))以外ほとんど行われていない。

噴霧燃焼や微粒子群燃焼は, 燃料群の大きさによっていわゆる群燃焼に遷移するが, 群燃焼と乱流との関係も十分に解明されていない。これらの過程を解明するには, 実際の噴霧液滴火炎や微粒子火炎のグラスホフ数が1に近いことから, 燃料液滴または固体微粒子の直径を火炎観測に適した1mm程度まで拡大しながら自然対流効果を排除した低グラスホフ数の微小重力環境における実験的研究が不可欠である。

本ワーキンググループの構成メンバーは, ほぼ全員が微小重力燃焼の研究プロジェクトを過去に実施しており, 微小重力燃焼の研究経験が豊富である。一方, 赤松委員は, 噴霧や微粉炭乱流噴流の燃焼計測, 数値解析に関する研究を精力的に行っている。本ワーキンググループは, 微小重力燃焼実験と不均質乱流燃焼に関する討論

を通して、実験および数値計算両面から共同でこの問題の研究に取り組む。

本年度活動の重点は、日本のISSモジュールの次期多目的ラック仕様に関する意見交換と、次期宇宙実験公募へのWGとしての応募にあった。

前者については、電子メール等によってWG委員の意見を聴取し、その結果を代表者（小林）が平成19年9月3日（月）にJSF会議室で開催された気相燃焼合成WGに本WGを代表して参加し意見を述べた。燃焼実験に必要な機器構成、諸元等の希望は概ねJAXA担当者に伝えられたと考える。

後者については、平成19年8月に大阪で開催された日本機械学会全国大会においてWG委員と協議を行ったが、共通実験テーマに関する合意を得ることができなかった。そのため、次期宇宙実験公募へのWGとしての応募は、今回は断念することとした。今後、同様の公募が行われるかは不明であるが、委員各自が研究検討を進め、将来の応募に備えることとした。

また、本年度をもって本WGの活動は一応の節目に至ったと判断されるので、次年度の継続申請は行わないこととした。

5. 成果

本WG活動に関連する学会発表等の主なものを以下に示す。

学術雑誌および学会発表等：

Imamura, O., Osaka, J., Nakaya, S., Tsue, M. and Kono, M., Influences of Uniform Electrical Fields on Burning Rate Constant of Ethanol Droplet Combustion, Yamashita, K., Combustion Science and Technology 180, 2008, pp. 652-673.

山下清孝, 植田毅, 今村宰, 津江光洋, 河野通方, 一様電界中におけるエタノール液滴火炎の挙動に関する数値計算, 日本機械

学会論文集(B 編), 73, 2007, pp. 1243-1249.

今村宰, 山下清孝, 久米勲, 大坂淳, 津江光洋, 河野通方, 微小重力下における二液滴燃焼の独立火炎に及ぼす直流電界の影響, 日本機械学会論文集(B 編), 73, 2007, pp. 7-13.

Hideaki Kobayashi, Mehdi Jangi, Shoichi Hasegawa, Yasuhiro Ogami, Kentaro Yoshinaga and Hisashi Nakamura, Response of Single Droplet Combustion to Oscillatory Flow at Elevated Pressure in Microgravity, Third International Symposium on Physical Science in Space 2007, Nara, 2007, pp.195-196, (Keynote lecture).

Kentaro Yoshinaga and Hideaki Kobayashi, Effects of Air Dilution with N₂, H₂O and CO₂ on Regression and Extinction of Polypropylene Combustion in Stagnation Point Flow, Fourth International Conference on Flow Dynamics, Sendai, 2007, p.7_19.

Mehdi Jangi, Satoru Sakurai, Shoichi Hasegawa, Yasuhiro Ogami, Kentaro Yoshinaga, Hisashi Nakamura and Hideaki Kobayashi, Unsteady Behavior of Droplet Combustion in Varying Force Convection at High Pressure in Microgravity - Hysteresis of Burning Rate Constant -, The 2nd SNU-TU Joint Workshop on Next Generation Aero Vehicle, Seoul, 2007, pp.77-80.

Mehdi Jangi, Shoichi Hasegawa, Satoru Sakurai, Yasuhiro Ogami, Kentaro Yoshinaga, Hisashi Nakamura and Hideaki Kobayashi, The Mechanism of Response Time Delay to the Flow Oscillation in Unsteady Droplet Combustion under Microgravity at High Pressure, The Seventh International Symposium on Advanced Fluid Information, Sendai, 2007, pp.206-207.

吉永健太郎, 小林秀昭, よどみ点流れにおけるポリプロピレン燃焼に対する酸化剤の温度及び組成の影響, 第45回燃焼シン

ポジウム 2007, pp.456-457 .

Mehdi Jangi , 長谷川翔一 , 櫻井悟 , 大上泰寛 , 中村寿 , 吉永健太郎 , 小林秀昭 , 微小重力高圧下の非定常強制対流場における液滴燃焼 - 準定常理論の有効性限界について - , 第 45 回燃焼シンポジウム, 2007 , pp.476-477.

大上泰寛 , 櫻井 悟 , 長谷川翔一 , Mehdi Jangi , 中村 寿 , 吉永健太郎 , 小林秀昭 , 微小重力環境を利用した高圧下における液滴火炎の流速変動への応答に関する研究 , 第 24 回宇宙利用シンポジウム , 2008, pp.166-169 .

Yamashita, K., Imamura, O., Osaka, J. , Nakaya, S., Tsue, M., Kono, M., Sooting Flame Behavior for a Droplet Combustion with Electrical Field Under Microgravity, 46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 2008.

Yamashita,K., Imamura, O., Osaka, J., Nakaya, S., Tsue, M. and Kono, M., Flame Characteristics of a n-Octane Droplet under Electrical Field, Third International Symposium on Physical Sciences in Space, 2007.

Yamashita, K., Imamura, O., Tsue, M. and Kono, M., Numerical and Experimental Studies of Droplet Combustion in Uniform Electrical Fields, 6th Asia-Pacific Conference on Combustion, 2007.

Imamura, O., Yamashita, K., Osaka, J. , Tsue, M. and Kono, M., Combustion of n-Octane Two Droplets Arrayed in Electric Field Direction Under, Microgravity, 6th Asia-Pacific Conference on Combustion, 2007.