液滴列燃え広がり火炎が自由液滴の運動に及ぼす影響に関する微小重力実験

日大生産工(院) ○中谷 祐貴 日大生産工 菅沼 祐介 日大生産工 野村 浩司

# 1 緒言

現在,世界の経済発展や人口増加により一次エ ネルギーの消費量は年々増加傾向にあり,今後も エネルギーの需要は拡大していくと予想されて いる.その一次エネルギーの約9割は化石燃料を 用いて供給している.化石燃料の燃焼過程で排出 される有害物質が大気汚染や地球温暖化に大き く影響し,深刻な環境問題となっている.その対 策として燃焼機関の燃焼効率の向上や有害排出 ガスの削減といった性能の向上が必要である.化 石燃料の燃焼方式の中で工業的に広く用いられ る噴霧燃焼に着目した.

噴霧燃焼の研究では、噴霧液滴を単純モデル化 することで実験を行ってきた.これまでの噴霧液 滴モデルによる実験で、噴霧火炎が燃え広がる際 に燃料液滴は火炎の影響で移動することが確認 された<sup>(1)</sup>.しかしながら、液滴を移動させる力に ついては詳細に解明されていない.そこで自由液 滴を用いた液滴列モデルの実験装置を開発し、通 常重力場での予備実験を行ったので報告する.

### 2 実験装置及び方法

図1に実験装置概要を示す.実験装置は主に液 滴列支持器,液滴生成装置,液滴列移動装置,燃 料ポンプからなる内部モジュール,高速度カメラ の観察系とそれらすべての制御を行うPLCとパ ソコンの制御系に分けられる.

図2に液滴列モデルを示す.支持器下部には固 定液滴列支持ファイバが3組配置され,上部は自 由液滴生成部である.固定液滴列の軸の延長線上 を自由液滴が移動するように,固定液滴列支持器 と移動可能液滴生成部を一体化した.固定液滴 と移動可能液滴生成部を一体化した.固定液滴 な部は14 µmのSiCファイバをX型に張り,その 交点に液滴を生成する.自由液滴生成部は直径78 µmのSiCファイバが誘導線として設置されおり, このファイバ上にガラス針によって液滴を生成 する.生成している時点ではガラス針によって液 滴はファイバに沿って落下する.ガラス針が 完全に液滴から離れた後に実験装置を微小重力 状態にすることで,誘導線を離脱した液滴は空間



Fig. 2 Droplet array including a free droplet.

を自由に運動する自由液滴となる.

微小重力実験は小型落下塔を用いて行うが,本 報では通常重力場での予備実験を行った.その方 法を示す.まず,液滴生成装置により固定液滴を 生成する.固定液滴生成後,誘導線上に液滴を生 成し,ガラス針により保持させる.固定液滴列の 蒸気層を準安定化させてから実験を開始する.点 火装置により固定液滴列を燃え広がらせ,自由液 滴が第3固定液滴に到達する際に自由液滴が燃え 広がり火炎に干渉するように液滴を保持してい るガラス針を引き抜く.燃料には正デカンを用い る.液滴の挙動及び燃焼現象の観察には高速度ビ デオカメラ(NAC社製 MEMRECAM fx RX-3 V-159)を用いる.画像サイズ1280 X 512 pix,コ マ速度は2000 fps,露光時間はOPENで撮影した.

Microgravity experiments on effects of a flame spread along a fuel droplet array on the motion of a free droplet

Yuki NAKAYA, Hiroshi NOMURA and Yusuke SUGANUMA

3-5

#### 3 結果及び考察

図3,4,および5に、移動可能液滴の拡大連 続写真を示す.また、位置履歴と速度履歴を図6 に示す.時間の原点は第3固定液滴が点火した時 刻とし,位置の原点は第3固定液滴の中心位置と した. 通常重力場での実験では自由液滴の速度が 速いため,第1固定液滴の点火は移動可能液滴か らガラス針を離す前に行った.図3では、 時刻 0.0345 s において, 自由液滴は燃え広がりを起こ さずに第3固定液滴に衝突した(モード1). 第3 固定液滴の火炎が十分に発達する前に自由液滴 が第3固定液滴に接近したためだと考えられる. 図 4 は自由液滴が固定液滴の火炎に触れて燃え 広がった場合(モード2)であり、図5は自由液滴 が固定液滴の火炎に触れる前に燃え広がった場 合(モード 3)である. これらは燃え広がり火炎に よる高温の上昇気流が自由液滴を温めたからで あると考えられる.

これらのことから,自由液滴に火炎が燃え広が るためには自由液滴が加熱される時間が必要で あると考えられる.通常重力実験では自由液滴の 速度が速くなってしまうため,固定液滴の火炎が 誘起する高温の上昇流が充分に発達することで, 自由液滴への火炎燃え広がりが起こることがわ った.微小重力環境では上昇流が抑制されるため, 自由液滴に燃え広がりが起こる条件は自由液滴 の速度が小さい条件に限られると推察される.

# 4 結言

自由液滴を用いた液滴列モデルの燃え広がり 実験装置の開発および製作を行い,通常重力場で の装置作動試験と予備実験を行った.得られた知 見を以下に示す.

- (1) 固定液滴から自由液滴への燃え広がりには, 自由液滴の温度が大きく影響することがわ かった.
- (2) 微小重力環境において自由液滴に燃え広が りが起こる条件は,自由液滴の速度が小さい 条件に限られると推察される.
  - 今後, 微小重力実験を行う予定である.

### 参考文献

(1) H. Nomura, Y. Suganuma, A. Setani, M. Takahashi, М. Mikami, H. Hara, Microgravity experiments on droplet motion during flame spreading along three-fuel-droplet array, The Proc. Combust. Inst., 32(2009), 2163-2169.



Fig.4 Sequential back-lit images of a free droplet

(mode 2). Free droplet 3<sup>rd</sup> Fixed 0.46 0.463 0.466 0.469 0.472 0.475 0.478 0.481 0.484 Time(s)

Fig.5 Sequential back-lit images of a free droplet



Fig.6 Temporal variations of free droplet position and velocity.