

液滴列燃え広がり火炎が自由液滴の運動に及ぼす影響を調べる微小重力実験装置の開発

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

1 はじめに

現在、世界の一次エネルギーの消費量が年々増加傾向にあり、経済の発展や人口の増加により、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。それに加え、一次エネルギーの約9割を占める石油、石炭、天然ガス等の化石燃料は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⁽¹⁾。近年では、風や太陽光を利用した再生可能エネルギーが二酸化炭素を排出しないことで注目を集めている。しかしながら、自然を利用することによるエネルギー供給の不安定性や、設備設置・技術開発によるコストが多いため、再生可能エネルギーのみによるエネルギー供給は困難である。これらの対策として、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燃焼機関の性能向上が挙げられる。そこで、航空機用推進機や船舶、自動車用エンジンなど工業的に広く用いられる燃焼方式の噴霧燃焼に着目した。

噴霧燃焼の研究では、噴霧を微視的に捉えやすくするため、液滴を空間に固定し、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⁽²⁾。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て燃え広がり火炎と液滴運動の干渉を観察する実験装置の開発および作動試験と実験パラメータの検討を行ったので報告する。

2 実験方法および測定方法

図1に液滴列支持器、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、上部は移動可能液滴生成部である。固定液滴列の軸の延長線上を移動可能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。固定液滴列支持器は、ステンレスパイプ枠に直径14 μm のSiC

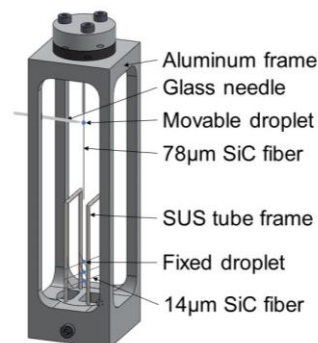


Fig. 1 Droplet array suspension system.

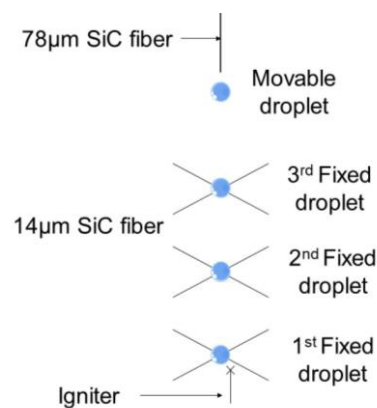


Fig. 2 Droplet array including a free droplet.

ファイバがX型に3組張られた構造であり、それらの交点に固定液滴を3つ生成する。移動可能液滴生成部は、固定液滴列の軸の延長線上に直径78 μm のSiCファイバが誘導線として設置されており、このファイバ上にガラス針によって移動可能液滴を生成する。生成している時点ではガラス針によって液滴は保持されているが、ガラス針を引き抜くことで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、誘導線を離脱した移動可能液滴は空間を自由に運動する自由液滴となる。

Development of a microgravity experimental apparatus for investigation of the effect of flame spreading along a droplet array on free-droplet motion

Yuki NAKAYA, Hiroshi NOMURA and Yusuke SUGANUMA

実験は微小重力環境で行う。小型落下塔を用いて微小重力環境を実現する。液滴は液滴列生成装置の可動ガラス針により生成され、まず固定液滴列を生成する。固定液滴列生成後、移動可能液滴を生成し、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。移動可能液滴が燃え広がり火炎に干渉するタイミングで点火装置を作動させる。燃料には正ヘプタンを用いる。液滴の挙動およ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1/20000 sで撮影した。

3 地上作動試験の結果

実験装置の作動試験を通常重力場で行った結果を報告する。図3に地上作動試験の拡大連続写真を示す。上方に見える黒い線が誘導線である。まず、移動可能液滴と第3固定液滴が常に同軸上に存在しているかを連続画像から得られる移動可能液滴の軌道から確認した。移動可能液滴が誘導線から離れたのち、第3固定液滴に衝突していることがわかる。次に液滴の速度を計測した。移動可能液滴の鉛直方向位置履歴を画像解析により測定し、位置履歴から速度履歴を算出した。結果を図4に示す。時間の原点は移動可能液滴が誘導線を離れてから3コマ目の画像であり、位置の原点は第3固定液滴である。速度履歴の近似直線の傾きより、移動可能液滴の加速度は約 9.09 m/s^2 であることがわかった。空気抵抗や固定液滴の群火炎による自然対流の影響があるため、今回の作動試験では重力加速度よりも加速度が小さくなる。予想通りの結果であり、実験装置・計測方法は健全であると考えられる。

4 今後の予定

本実験のパラメータを検討したので結果を報告する。燃え広がり火炎と液滴運動の干渉を観察するにあたって、実験変数は以下の2つである。第3固定液滴が点火した時点での移動可能液滴の速度、第3固定液滴と移動可能液滴の距離である。まずこれら2つのパラメータを実験変数としたデータを取得し、燃え広がり火炎と液滴運動の干渉について観察する。それを基に得られた知見から、さらに新たな実験変数（例えば液滴初期直径など）を設定し、観察する予定である。

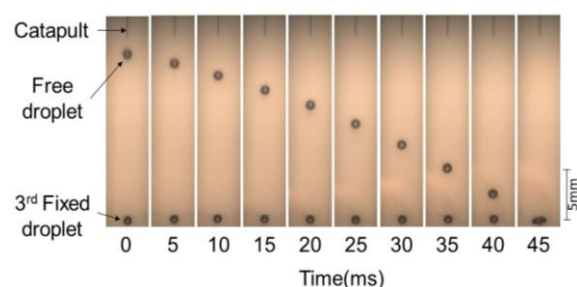


Fig. 3 Continuous photograph of operation experiment on the ground

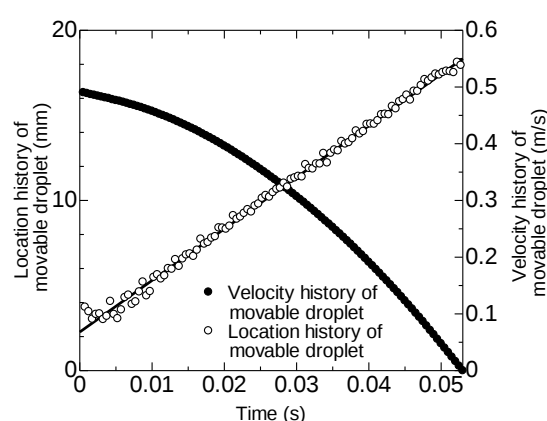


Fig. 4 Location and velocity histories of movable droplet.

5 まとめ

自由液滴を含む燃料液滴列の燃え広がり実験装置の開発および製作を行った。地上での作動試験に成功した。今後は検討した実験変数を系統的に変化させて実験を行い、データを取得する予定である。

参考文献

- (1) 経済産業省 資源エネルギー庁
<http://www.enecho.meti.go.jp>
(参照 2017-10-17)
- (2) 瀬端宏幸, 野村浩司, 三上真人, 菊池政雄, 列方向に移動可能な燃料液滴列を用いた火炎燃え広がり基礎実験, 第46回燃焼シンポジウム講演論文集, pp.556-557(2008)