

エマルジョン燃料の二次微粒化過程に関する研究

- 画像処理を用いた液滴崩壊過程の解析 -

日大生産工(院) ○張 昊陽

日大生産工 山崎 博司 今村 宰 秋濱 一弘

1. まえがき

近年,日本では一次エネルギーの約 9 割を化石燃料に依存している. 化石燃料を大量に消費することによって化石燃料の枯渇や燃焼過程で生じる CO_2 や NO_x , 未燃炭化水素などの排出が問題視されている. また, これらが一因である地球温暖化や大気汚染などの環境問題が深刻化している. このような背景より環境負荷を低減すること, さらに再生可能なエネルギー源を開発することが求められている. それらの対策として再生可能エネルギーの一つであるバイオディーゼル燃料が注目されている. 植物油をエステル化させたバイオディーゼル燃料の主成分は脂肪酸メチルエステルであり発熱量が比較的高く, カーボンニュートラルにより二酸化炭素の排出の抑制が期待できる¹⁾. また, 水を混入させたエマルジョン燃料の噴霧燃焼においては二次微粒化現象が観察される. 二次微粒化により, 燃料油と空気との接触面積が増加し低空気比での燃焼が可能となる. そして, 燃料油と空気の混合が促進される. 一方でバイオ燃料の製造工程では水が発生し, 脱水処理を緩和することは有用であり, エマルジョン燃焼が有効な場合も考えられる. 本研究は画像解析を用いてエマルジョン燃料液滴の輪郭を抽出して, 液滴表面の崩壊過程, 特に液滴の表面積の変化についての検討を目的としたものである.

2. 解析手法および測定方法

本研究ではプログラミング言語Pythonとライブラリ OpenCV を組み合わせてエマルジョン燃料液滴の輪郭を自動的に検出できるプログラムを作成した. OpenCV を用いることにより, 画像形式の変換からフィルター処理, 物体認識, 文字認識など, 画像に関連するさまざまな処理を行うことができる²⁾.

Fig.1 はここでの処理の概略である. 液滴の

画像を読み込み, 画像の閾値および他の定数を定める. そして, 画像を最適なサイズに調整した後, 画像の平滑化および二値化処理を行った. ここで画像から目的の情報を効率良く抽出するためには, 平滑化処理が必要である. 画像を二値化することで画像からの検出対象の抽出が容易になり, 判定処理なども高速に実行できる. 最後に画像を保存して終了する.

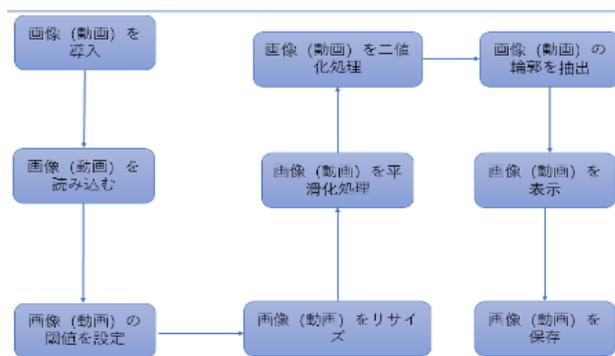


Fig.1 画像解析過程の概略

続いて, 液滴の面積を測定を行なった. ここでは Photoshop を用いて液滴の面積を計測した. Photoshop の計測機能のうえ, 自動選択ツールで選択した不規則な形状などのものさしツールまたは選択ツールを使用して定義した任意の面積を計測する. また, 高さ, 幅, 面積, 外周などの計算, 画像の計測値追跡機能を利用した. Fig2 に液滴面積の計測例を示す. 全ピクセルは面積と相互に換算した.



Fig.2 Photoshop を用いた液滴面積の計測

Secondary Atomization Processes of an Emulsion Fuel Droplet
-Analysis of droplet disintegration process using OpenCV image processing -

HAOYANG ZHANG, Hiroshi YAMSAKI, Osamu IMAMURA and Kazuhiro AKIHAMA

3. 実験結果および検討

Fig.3にエマルジョン燃料液滴の液滴燃焼時の二次微粒化過程の高速カメラでの撮影結果の例を示す。

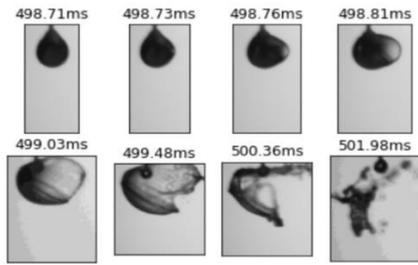


Fig.3 高速撮影画像

Fig.4に二値化処理結果を示す。しきい値を129に設定した単純なしきい値処理である。

Global Thresholding ($\nu = 129$)

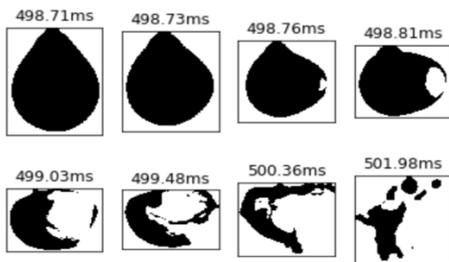


Fig.4 単純な閾値処理の例

Fig.5に液滴爆発の瞬間、輪郭の変化を示す。OpenCVで処理すると、液滴の輪郭を自動的に描画することができる。

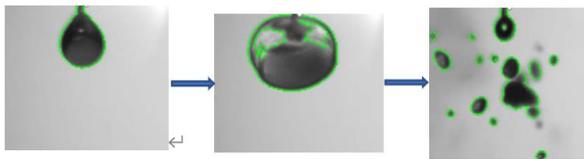


Fig.5 経過時間により液滴輪郭の変化

Fig.6は閾値の変化により、抽出する輪郭の変化である。この画像例では、輪郭を抽出できない部分があるが、閾値を徐々に調整すると、抽出できない部分も抽出できることを確認した。

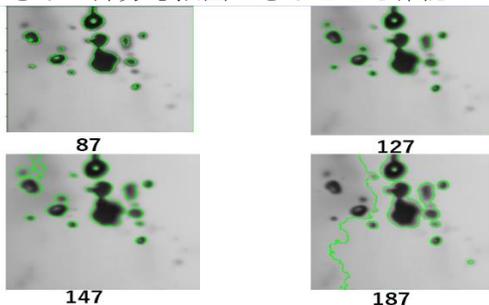


Fig.6 閾値により液滴輪郭の変化

本研究ではこれらの処理直交二方向からの同時撮影をすることによって液滴が通常1方向では得られなかった飛散の向きや形を得ることに適用した。Fig.7にエマルジョン燃料液滴のマイクロ爆発発生時における液滴の面積と経過時間の関係を示す。Fig.8にエマルジョン燃料液滴のパフィンク発生時における液滴の面積と経過時間の関係を示す。横軸に液滴の膨張開始からの経過時間を示す。縦軸に液滴の面積を示す。Fig.7とFig.8を比較すると、マイクロ爆発は面積が大きく、爆発過程の持続時間が短い。パフィンク面積は小さいが、持続時間は長いことがわかる。

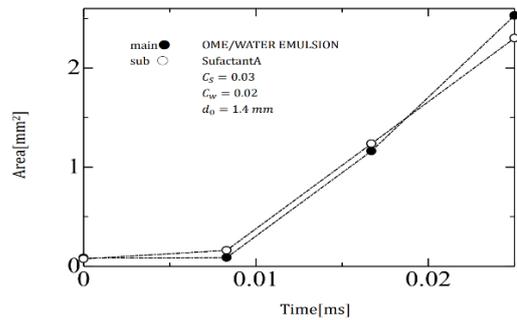


Fig.7 ミクロ爆発液滴の面積と経過時間の関係

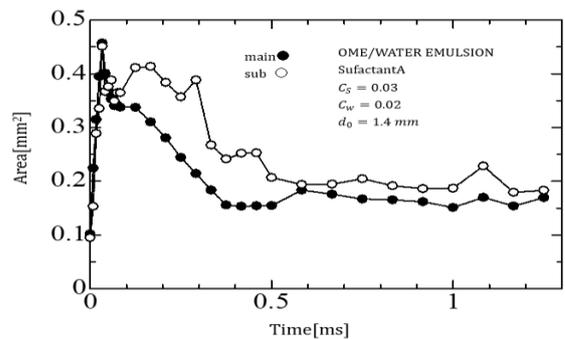


Fig.8 パフィンク液滴の面積と経過時間の関係

4. まとめ

多成分燃料の燃焼過程における二次微粒化発生における液滴面積の変化について以下の知見を得た。

- (1) ミクロ爆発発生を二方向から撮影した液滴では面積がほぼ同じである。
- (2) パフィンク発生時二方向から撮影した液滴では面積が急に減少する場合がある。

「参考文献」

- 1) 池田 他, 第 57 回燃焼シンポジウム講演論文集, D324, 2019.
- 2) <http://opencv.jp/cookbook>