

1. 概略

多段噴射式 PCCI を行うにあたり、どのピストン位置で燃料を噴射すると筒内でどのくらい予混合が進んでいるかを見てみるようになった。まずは浅皿型燃焼室の内部を燃料がどのように流れていくかを検証していく。高圧容器内に燃焼室を模擬し DME を噴射、PIV で燃料の流れ具合を解析する。今回は NS を模擬した雰囲気条件であるが PIV 習得のためまずは噴霧の安定した 5MPa で実験を行った。

2. 実験条件

NS 浅皿燃焼室、圧縮比 13.2 を模擬し、条件は排気データから予混合燃焼していると見られる噴射時期-60° ATDC、および TDC。DISI ノズルを使用し、噴射圧は 5MPa とする。噴射期間は 0.3ms、1.0ms、2.0ms、3.0ms(TDC では 3.0ms のみ)で設定した。高圧容器は加熱できないため空気密度をそろえる必要がある。表 1 に設定条件および模擬対象の雰囲気状態を示す。

表.1 設定雰囲気条件及び模擬対象の雰囲気状態

| 噴射時期 | -60° | TDC |
|--------------|---------------------|-------------------|
| 実際の雰囲気圧(MPa) | 0.2 | 2.52 |
| 実際の容器内温度(K) | 360 | 671 |
| 設定雰囲気圧(MPa) | 0.168(実際には 0.15MPa) | 1.31(実際には 1.3MPa) |
| 設定容器内温度(K) | 常温 300 | 常温 300 |

3. 経過報告

3. 1 実験まで～

通事さんが製作した浅皿型模擬ピストンを元に-60°、TDC のピストン位置を設定できるよう、CAD でピストン位置の決定および設計、スペーサーの製作、高圧容器のステージの加工、模擬ピストンの加工を行った。

PIV に関しては情報収集からのスタートであった。まず石川先生から PIV のソフトをいただき、PIV の概略を教えていただいた。また、画像処理のための ImageJ の使用法を習得した。

3. 2 実験

3. 2. 1 -60° での噴霧

まずはピストン位置-60° での撮影を行った。噴射期間 0.3、1.0、2.0、3.0ms で撮影したが、もっとも燃料の流れがわかりやすかった 3.0ms の撮影データを PIV 解析することにした。

PIV 解析した画像と元の画像の重ね合わせは GIMP2 を使用した。

図 1 に-60°、噴射後 1.4ms の PIV 画像を示す。キャビティに収まるときの噴霧の流れであるが、画面左側では、DME がキャビティの形に沿って流れており、速度ベクトルが大きく発生している。また、右側の黒く映っている部分では DME を噴射している途中であるため液体のまま存在している。輝度値が低い部分では PIV 解析ができないので液体の噴霧の流れはわからない。左側に比べ、キャビティの右側では噴霧は停滞しており、予混合化は進んでいないと思われる。

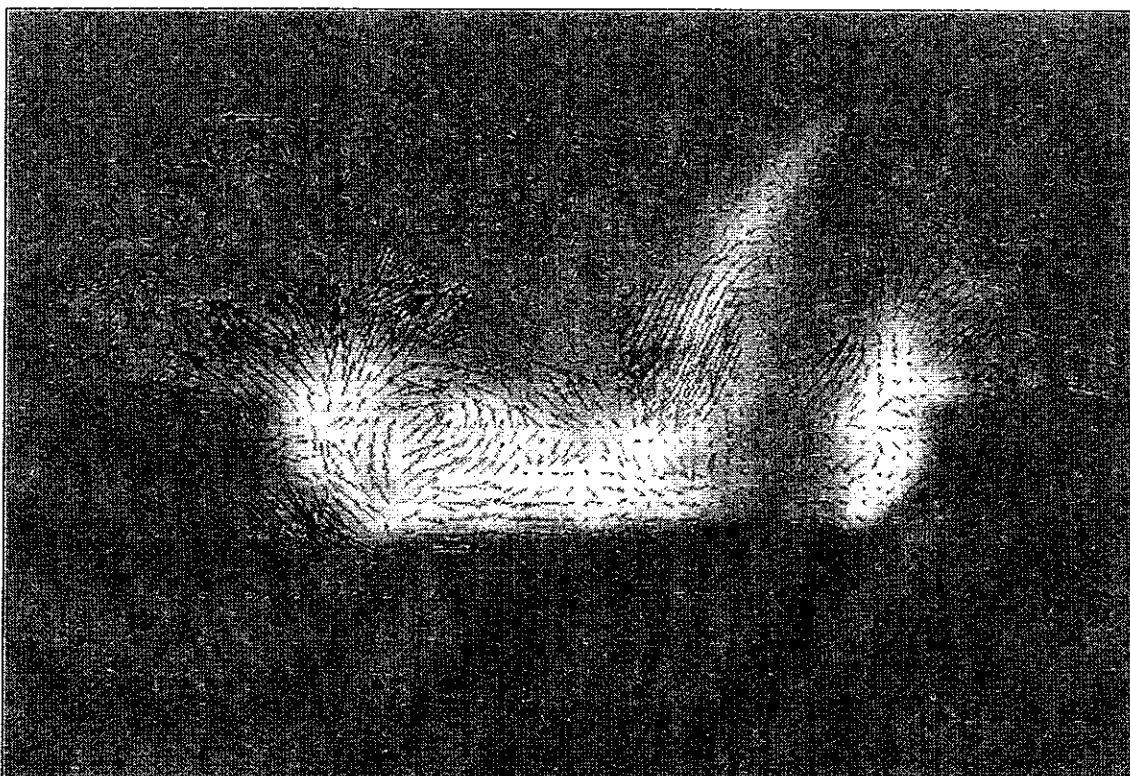


図1 噴射後 1.4ms(キャビティに収まる瞬間)

図2に噴射後 3.9msのPIV解析画像を示す。噴射が終了し全体にDMEが拡散しているが、左右のスキッシュエリアに注目すると、左側の方が速度ベクトルは多く発生しており、予混合化しやすい環境になっていると思われる。また、輝度値が低い部分(暗い部分)は蒸発しきらないDMEが存在していると考えられる。これが燃焼しきらず残ってしまい、HCとなっている一因と考えられる。

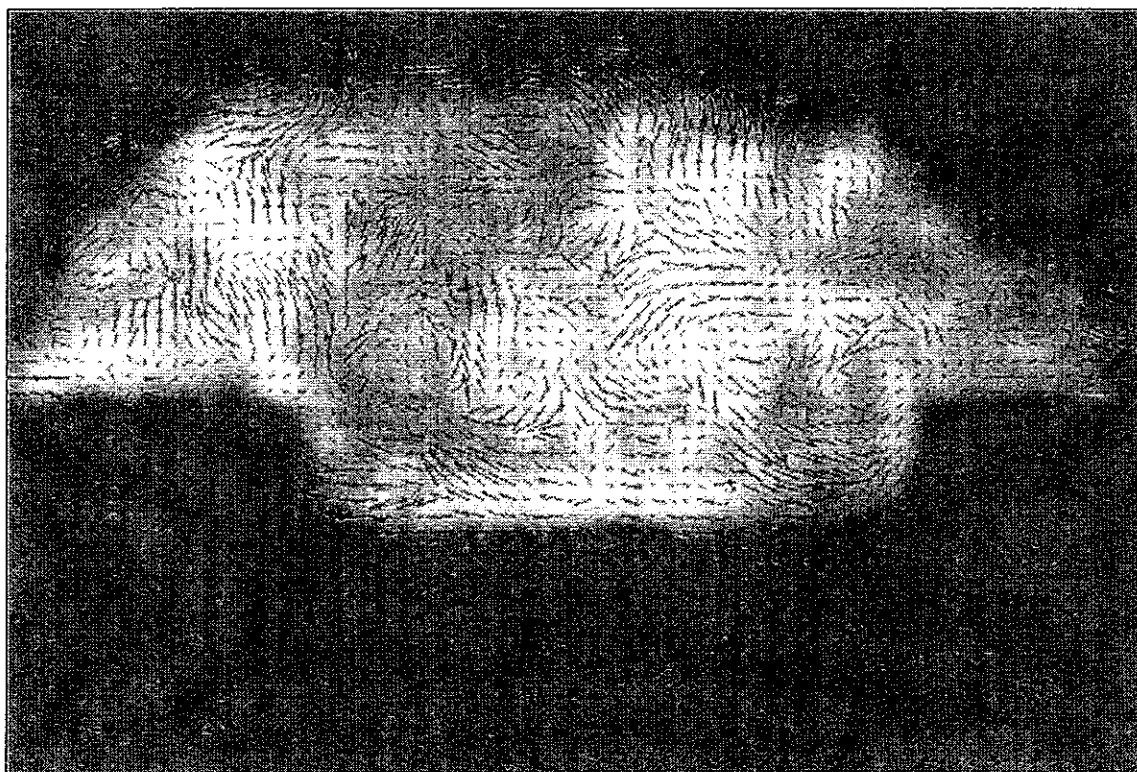


図2 噴射後 3.9ms(全体に拡散した瞬間)

3. 2. 2 TDCでの噴霧

図3は燃料噴射後1.6msの状態を示すPIV解析画像である。ldegを0.16msとすると -10° で2段階噴射を行った場合を想定した。噴射量は実際よりも多いので燃料の流れ方のみをみると、噴霧は全体に広がっておらず、キャビティに収まる途中である。



図3 1.6ms

4. 今後の展開・課題

*PIVの評価の仕方

ベクトル画像では色で示される、「渦度」の評価は？速度ベクトルの分布からどこまで評価していいものか？

*模擬精度の課題

- ・実際のピストンは動いているので実際の燃焼室内の状況と違う。
- ・条件 TDC 撮影時、模擬燃焼室の横からはみ出す燃料で正確な流れが見えない
- ・条件 TDC での模擬は、常温中。実際は燃焼している中への噴霧。
- ・2段階噴射の模擬は出来ていない。

*燃焼室形状の検討

PIV画像から、現在のNSの仕様では筒内で予混合化が進む箇所が偏ることが分かった。このことから、DISIノズルに適した燃焼室形状を検討する。

・燃焼室形状の方向

予混合化を進ませる形状⇒早期着火によるノッキング⇒より希薄化、対策としてEGR？燃料の再考？

不均一化を目指した形状⇒筒内に燃料分布を持たせる⇒どのような分布になる？

- ・多噴孔ノズルでの噴霧をPIV解析し、燃焼室形状を検討する。

空気密度合わせ方

$$pv = RT$$

$$v = \frac{1}{\rho} \text{なので}$$

$$\rho = \frac{p}{RT}$$

これが等しくなればいいので、実際の系を添え字1、模擬する系を添え字2で表すと

$$\frac{p_1}{RT_1} = \frac{p_2}{RT_2}$$

$$p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1}$$