

粒子画像流速測定法(PIV)による調理レンジ上の気流分布に関する基礎的研究

T 0 6 K 7 2 3 F 石川美緒  
指導教員 赤林伸一教授

1 研究目的

近年、全電化住宅の普及が進み、IHレンジが一般家庭で広く用いられるようになってきている。IHレンジとGASレンジでは炎による高温部の有無により、レンジ上の気流性状が異なると考えられる。従って、厨房の快適な温熱空気環境を実現するためには、これらの特性の違いによるレンジ周辺の温熱空気環境を明らかにし、レンジ周辺の気流性状に配慮した適切な厨房設計を行う必要がある。

風速の計測方法の一つである粒子画像流速測定法(PIV)は、流れ場を非接触で空間的に多数の位置で同時に気流速度情報を得られる利点がある。本研究では、このPIVを用いてGASレンジ及びIHレンジ使用時のレンジ上の流れ場を可視化、計測し、両レンジ上の流速ベクトルの解析を行う。得られたPIVの結果は数値流体解析(CFD)を行うための基礎的データとする。

2 PIVの概要

PIVは、流れの中に微細なトレーサ粒子を混入させ、その動きを画像として撮影し、個々の微粒子あるいは微粒子群の移動距離と撮影時間から速度ベクトルを推定する方法である。

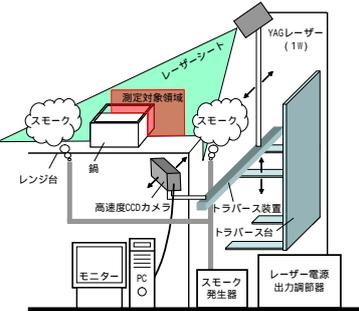


図1 実験装置の概要

表1 実験機器の詳細

カメラ	カトウ光研 ハイスピードデジタルCCDカメラK-
レーザー	カトウ光研 Green Laser Sheet (LD励起Nd:YAG/YVO <sub>4</sub> レーザー、波長532nm、出力1W、0~10kHzで変調可能な連続光)
ソフトウェア	カメラ制御 Ditect k- Software PIV解析 Ditect Dipp-Flow

表2 測定可能最大流速(鍋周辺気流測定時)

フレームレート[fps]	測定間隔[ms]	測定可能最大流速[m/s]			
		探査範囲[pixel]			
50	20	5	10	15	20
		0.14	0.28	0.42	0.56
100	10	5	10	15	20
		0.28	0.56	0.84	1.12
200	5	5	10	15	20
		0.56	1.12	1.68	2.24

表3 PIV測定のパラメータ(鍋周辺気流測定時)

	GASレンジ	IHレンジ
測定対象領域	約360mm × 約270mm	
測定時間	10秒間の測定を10回(計100秒間)	20秒間の測定を5回(計100秒間)
測定間隔	5ms (200fps)	10ms (100fps)
画像サイズ	640pixel × 480pixel	
検査領域	19pixel × 19pixel	
探査範囲	±10pixel × ±10pixel	

本研究で用いたPIVシステムでは2時刻の画像間の局所的な濃度パターンの類似性を相互相関により求め、そのピーク位置から移動量を定めることで流速ベクトルを算出する。

また、PIVにより得られたベクトルから、明らかに不適切と考えられる誤ベクトルは削除する。

3 PIV測定の概要

図1に実験装置の概要を、表1に使用した実験機器の詳細を示す。測定は、鍋の中の水が沸騰した状態から開始する。トレーサとして難燃性のスモークを測定対象領域から離れた位置より供給する。

3.1 鍋周辺気流のPIV測定：図2に鍋周辺気流測定時の測定対象領域の概要を示す。測定はレンジ1口を対象に行う。測定断面は鍋端から50mm間隔で5断面とする。

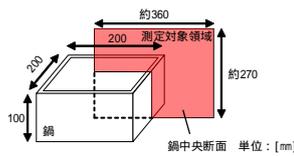


図2 測定対象領域の概要(鍋周辺気流測定時)

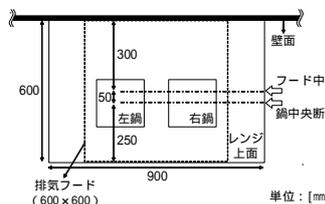


図3 測定断面の概要

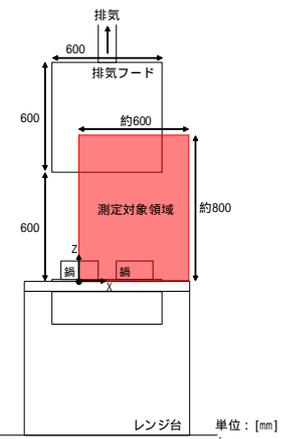


図4 測定対象領域の概要(レンジ上気流測定時：立面)

図3 測定断面の概要(レンジ上気流測定時：平面)

表4 測定可能最大流速(レンジ上気流測定時)

フレームレート[fps]	測定間隔[ms]	測定可能最大流速[m/s]			
		探査範囲[pixel]			
50	20	5	10	15	20
		0.44	0.88	1.33	1.77
100	10	5	10	15	20
		0.88	1.77	2.65	3.54
200	5	5	10	15	20
		1.77	3.54	5.30	7.07

表5 PIV測定のパラメータ(レンジ上気流測定時)

	GASレンジ	IHレンジ
測定対象領域	約800mm × 約600mm	
測定時間	20秒間の測定を5回(計100秒間)	
測定間隔	10ms (100fps)	
画像サイズ	640pixel × 480pixel	
検査領域	19pixel × 19pixel	
探査範囲	±10pixel × ±10pixel	

表2にハイスピードカメラのフレームレート、探査範囲、測定可能最大流速の関係を示す。この時、実際の長さとの換算値(キャリブレーション値)は0.56mm/pixelとなる。両レンジ使用時の最大流速を想定し、PIV測定のパラメータを表3のように設定する。

3.2 レンジとフードを組み合わせた場合のPIV測定：図3にレンジ上気流測定時の測定断面の概要を、図4に測定対象領域の概要を示す。測定はレンジ2口を対象に行う。測定断面は鍋中央及びフード中央の2断面とする。排気風量は、フード無し、100m<sup>3</sup>/h、200m<sup>3</sup>/h、300m<sup>3</sup>/hと変化させる。

表4に、キャリブレーション値が1.25mm/pixelにおけるハイスピードカメラのフレームレート、探査範囲、測定可能最大流速の関係を示す。両レンジ使用時の最大流速を想定し、PIV測定のパラメータを表5のように設定する。

#### 4 測定結果

4.1 鍋周辺気流のPIV測定結果：図5に鍋周辺の流速ベクトル分布を示す。鍋直上(0mm<X<100mm)の最大流速は、IHレンジに比べGASレンジの方が速い。GASレンジは鍋上端付近で鍋中央(X=0mm)に向かう渦状の気流分布となる。また、鍋側面(X=100mm)付近で、高温部である炎の影響により、鍋側面に沿う熱上昇気流が形成され、鍋上端で気流が剥離し、斜め上方の気流分布となる。一方、IHレンジではX=100mm以上で0.1m/s以下の流速ベクトルが、鍋直上(0mm<X<100mm)では鍋上に生じる上昇気流により、鉛直方向の流速ベクトルが分布する。また鍋側面では、GASレンジより流速が遅い。

4.2 レンジとフードを組み合わせた場合のPIV測定結果：図6に排気風量200m<sup>3</sup>/h時のレンジ上の流速ベクトル分布を示す。GASレンジ、IHレンジともにレンジ台中央から鍋中央の範囲(0mm<X<300mm)で流速が最も速く、最大流速はGASレンジで約0.7m/s、IHレンジで約0.5m/sとなる。

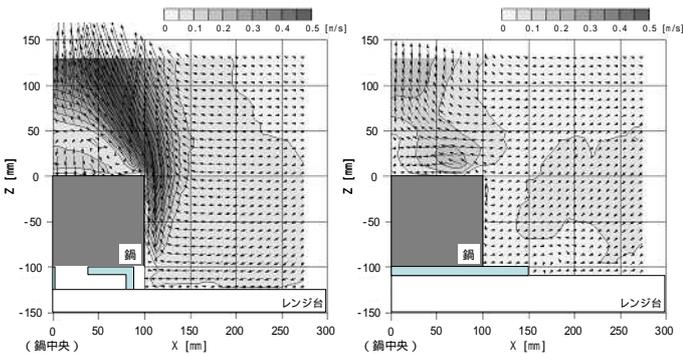


図5 鍋周辺の流速ベクトル分布 (鍋中央断面)

図7にフード近傍の流速ベクトル分布を示す。図7は図6における300mm<X<600mm、400mm<Z<800mmの範囲を拡大表示したものである。両レンジともフードから漏れる気流が見られる。フード外に漏れる気流の速度は、GASレンジで約0.04~0.08m/s、IHレンジで約0.01~0.03m/sとなり、IHレンジに比べGASレンジの方が速い。

#### 5 まとめ

GASレンジでは高温部の炎の影響により、鍋側面を沿うように熱上昇気流が形成され、鍋直上の流速はIHレンジに比べ速い。

GASレンジ、IHレンジともにレンジ台中央から鍋中央の範囲で流速が最大となる。IHレンジに比べGASレンジの方が最大流速は速い。

フード近傍では、排気風量200m<sup>3</sup>/h時では両レンジともフード外へ気流が漏れ、漏れる気流の速度はIHレンジに比べGASレンジの方が速い。GASレンジでIHレンジと同程度の排気捕集率を得るためには、排気風量をIHレンジより多くする必要がある。

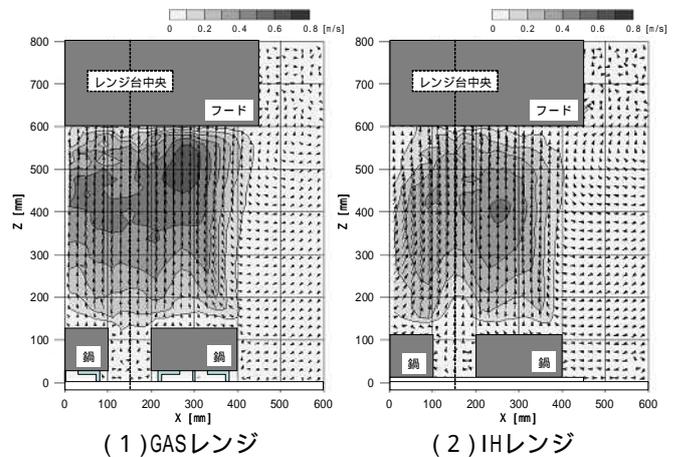


図6 レンジ上の流速ベクトル分布 (フード中央断面、排気風量200m<sup>3</sup>/h)

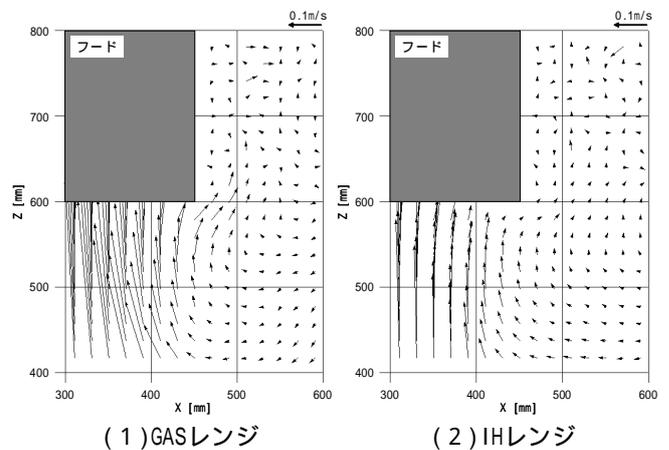


図7 フード近傍の流速ベクトル分布 (フード中央断面、排気風量200m<sup>3</sup>/h)