粒子画像流速測定法(PIV)を用いた 室内気流測定方法に関する研究







近年、画像処理技術の発展及びパソコンの性能向上により、流れの可視化技術にデジタル画像処理技術を融合した粒子画像流速測定法(PIV^{*})が実用化されている。

🔆 Particle Image Velocimetry



本研究では、単純住宅モデルを対象に大型境界層風洞^{注1)} を用いて変動気流場における通風現象の可視化及びPIV測定 を行った結果を報告する。

注1) 新潟工科大学所有の風洞。

単純住宅モデルは2種類作成し、風向に対する設置条件を変化 させることで計5パターンの開口条件で可視化及びハイスピー ドカメラ^{注2)}による撮影を行う。

注2) 本実験で使用した画像は8bitの階調を持った濃淡画像である。

定性的な流れの可視化及びPIV測定による定量的な風速ベクトルの測定を行い、通風時の風速変動による室内外気流性状の特性を把握することを目的とする。



2.1 測定対象の概要

測定対象モデルはアクリル板^{注3)}で作成されており、寸法は 300mm×300mm×300mmである。壁面には40mm×40mmの開口部が 2箇所設けられている。

注3) 本実験で使用した測定対象モデルは、厚さ5mmの透明なアクリル板で作成した。

caseA, Bは対向する壁面中央部に1箇所ずつ開口を設け、 caseC, D, Eは同一壁面に2箇所の開口部を設ける。



図 測定対象の概要

表 各測定caseの撮影条件

測定対象モデル	測定case	測定断面	画角の中心
caseA	A-1	公古熊五	対象モデルの中心
	A-2	如但倒回	風上側開口部
	A-3	水平断面	対象モデルの中心
	A-4		風上側開口部
	A−5		風下側開口部
caseB	B-1		対象モデルの中心
	B−2		片側開口部
caseC	C-1		対象モデルの中心
	C-2		風上側壁面の中心
caseD	D-1		対象モデルの中心
	D-2		風下側壁面の中心
caseE	E-1		対象モデルの中心
	E-2		開口部を有する壁面の中心

2種類の単純住宅モデルにおいて、 それぞれ風向に対する開口設置条 件を変化させることで計5パター ンの開口条件で可視化及びハイス ピードカメラによる撮影を行う。



測定対象モデルの開口部位置と風向の関係

表 各測定caseの撮影条件

測定対象モデル	測定case	測定断面	画角の中心
caseA	A-1	鉛直断面	対象モデルの中心
	A-2		風上側開口部
	A-3		対象モデルの中心
	A-4		風上側開口部
	A-5		風下側開口部
caseB	B-1		対象モデルの中心
	B-2		片側開口部
caseC	C-1	水平断面	対象モデルの中心
	C-2		風上側壁面の中心
caseD	D-1		対象モデルの中心
	D-2		風下側壁面の中心
caseE	E-1		対象モデルの中心
	E-2		開口部を有する壁面の中心

対向する壁面中央部に開口を設け、 ・開口部を風上、風下側に向けた 場合(caseA) ・開口部を風向に対し平行に向け

た場合(caseB)



測定対象モデルの開口部位置と風向の関係

表	各測定caseの撮影条件

測定対象モデル	測定case	測定断面	画角の中心
caseA	A-1	鉛直断面	対象モデルの中心
	A-2		風上側開口部
	A-3		対象モデルの中心
	A-4		風上側開口部
	A-5		風下側開口部
caseB	B-1		対象モデルの中心
	B−2		片側開口部
caseC	C-1	水平断面	対象モデルの中心
	C-2	· · ·	風上側壁面の中心
caseD	D-1		対象モデルの中心
	D-2		風下側壁面の中心
caseE	E-1		対象モデルの中心
	E-2		開口部を有する壁面の中心

Ζ

同一壁面に2箇所の開口部を設け、 ・開口のある壁面を風上側に向け た場合(caseC) ・開口のある壁面を風下側に向け た場合(caseD) ・開口のある壁面を風向に対し平 行に向けた場合(caseE)

とする。



測定対象モデルの開口部位置と風向の関係 **К**

立方体の模型の内外を撮影対象とする場合、撮影画像奥行き 方向へパース効果が働く。このため、模型内壁面が開口部の 内外の流れ場に映り込み、開口部付近の気流の流入出を鮮明 に撮影することが困難である。



そこで本実験では、カメラの画角の中心を、測定対象モデル の中心として撮影を行う場合と開口部の中心に合わせて撮影 を行う場合に分けて撮影を行う。

カメラの画角の中心を測定対象モデルの中心とした場合では 主に室内の気流性状を測定対象とし、開口部の中心に合わせ て撮影を行う場合では主に開口部付近における気流の流入・ 流出及び縮流等を測定対象とする。



建物の室内外における風速変動を含んだ気流場のより鮮明な可 視化画像を取得し、通風現象特有の縮流や流入・流出気流の風 向・風速等の変動をPIV測定することを意図している。



2.3 実験機器の概要

出力の比較的大きなレーザをアクリル模型に照射する場合、模型壁面の接合部や開口部端部においてレーザ光が屈折し、可視 化対象領域に明瞭な影が生じる。



図 可視化対象領域に生じる影の例

2.3 実験機器の概要

影の部分では周辺と比較して不自然な輝度値の差が生じる為、 影の部分の算出点においてベクトルが算出されないことや明 らかな誤ベクトルが算出されることが多い。



図 可視化対象領域に生じる影の例

そのため本実験では、模型周辺から複数のレーザを照射し、 PIV解析結果に影響のある影を除去することを意図している。

レーザは出力1Wと2Wと3Wの3台を同時に使用し、レーザ 3台の可視化対象断面を一致させて実験を行う。

表実験機器の概要

Comoro	ハイスピー	ドカメラPhotoron FASTCAM SA3
Gamera	(1024pixel	×1024pixel,500fps,シャッタースピード:S=1/500)
	DPGL - 3W	LD励起Nd:YAG/YVO4レーザ(連続光)
Laser		波長532nm,出力3W
	DPGL - 2W	LD励起Nd:YAG/YVO4レーザ(連続光)
		波長532nm,出力2W
	G1000	LD励起Nd:YAG/YVO4レーザ(連続光)
		波長532nm,出力1₩
Software	カメラ制御	Photoron FASTCAM Viewer ver.3.3.8
	PIV解析	Flow - Expert ver1.25



出力3Wのレーザを可視化測定領域全体に照射し、対向する位置から出力1Wと2Wのレーザを照射することで、可視化測定領域全体を均一に可視化する。

カメラはハイスピードカメラPhotron FASTCAM-SA3を、得られた可視化画像のPIV解析にはFlow-Expert ver1.25を使用する。

表実験機器の概要

0	ハイスピー	ドカメラPhotoron FASTCAM SA3
Camera	(1024pixel	×1024pixel,500fps, シャッタースピード:S=1/500)
Laser	DPGL - 3W	LD励起Nd:YAG/YVO4レーザ(連続光)
		波長532nm,出力3W
	DPGL - 2W	LD励起Nd:YAG/YVO4レーザ(連続光)
		波長532nm,出力2W
	G1000	LD励起Nd:YAG/YVO4レーザ(連続光)
		波長532nm,出力1₩
Software	カメラ制御	Photoron FASTCAM Viewer ver. 3. 3. 8
	PIV解析	Flow-Expert ver1.25



実験はy-z断面が1800mm×1800mmの大型境界層風洞内で行う。

撮影画像の画素と実際の距離との換算係数であるキャリブ レーション値^{注4)}は鉛直断面で0.59mm/pixel、水平断面で 0.66mm/pixelである。

撮影画像の画素と実際の距離との換算係数であるキャリブレーション値は、撮影面 注4) に校正用プレートを設置し、実際の距離が画像上で認識できる画像を撮影し、キャ リブレーション値を求める。



大型境界層風洞

表 PIV解析のパラメータ

caseA(鉛直断面)

0.58985

604 mm $\times 604$ mm

測定case

画像サイズ

_____ キャリブレーション値

測定対象領域

測定時間

測定間隔

検査領域

探杳範囲

2.4 実験及び解析条件の詳細

ハイスピードカメラのフレームレートは500fpsに設定し、シャッタースピードは1/500秒、1回の実験の撮影時間は16秒である。

本実験ではトレーサに難燃性のスモーク(DAINICHI PORTA SMOKE PS-2002、粒径:数10 μ m)を使用し、風上側の可能な限り気流場に 影響が生じない位置にスモークジェネレータを設置し、シーディ ングを行う。

実験時の風洞内の基準風速は基準高さ1.0mで5.0m/sに設定する。

























3.1 caseA(鉛直断面)におけるPIV解析結果

図(b)では図(a)と比較して、風上側の開口部付近では撮影画像 奥行方向ヘパース効果が働かないため、気流分布が鮮明に捉えら れている。

































































まとめ

- 4.1 caseA(鉛直断面)
- ①対象モデル室外の風上側壁面において、開口部の上部付近で風速が殆ど0となる淀み点が 観察され、上下に分かれる気流を形成する。
- ②気流は対象モデルに衝突し、風上側の開口部より風速1.0m/s程度で下降しながら気流が流入する。又、風下側の開口部より風速1.3m/sで流出した気流は斜め方向に上昇する気流となる。
- 4.2 caseA(水平断面)
- ①風上側からの気流が対象モデルに衝突し、開口部付近で比較的遅い風速で、左右に分かれ る気流を形成する。
- ②風上側の開口部から流入した気流は左右に振動しながら室内に拡散する。又、風下側の開口部から流出した気流は流入気流と同様に左右に振動する。
- 4.3 caseC(水平断面)
- ①風上側からの気流が対象モデルに衝突し、風上側壁面中心部において、風速が殆ど0となる る淀み点が観察される。
- ②風上側壁面の両開口部から気流が風速1.0m/s程度で交互に流入出する様子が観察される。4.4 caseD(水平断面)
- ①風下側壁面の両開口部から気流が交互に流入出する。
- ②対象モデル室外に流出した気流は、開口部付近で渦を形成する様子が観察される。
- 4.5 caseE(水平断面)
- ①風向に対して平行な壁面では、気流の剥離により比較的速い渦が形成される。
- ②風下側の開口部からは気流が風速0.8~1.5m/s程度で対象モデル室内に流入し、対向の壁 面に向かう気流を形成する。又、風上側の開口部からは風速1.0m/s程度で気流が流出する。