

ライン型ディフューザを用いた暖房時ペリメータ熱環境制御に関する研究
(第4報) X型熱線風速計に基づくディフューザ吹き出し気流のモデル化及びCFD解析

正会員 ○盛 紹宇*¹ 同 山中 俊夫*² 同 小林 知広*³
同 袁 継輝*⁴ 同 加藤 正宏*⁵ 同 弓野 沙織*⁵

ライン型ディフューザ 吹出面風速 乱流統計量
CFD モデル 自由場 三次元分布

1. はじめに

ペリメータ空間によく使われているライン型ディフューザでは、細長い吹出し面を持ち、また内蔵する制気パネルの影響により、複雑な吹出し気流特性がある。本研究では、ライン型ディフューザの暖房時の窓近傍温熱環境を CFD により予測する手法の開発を行なうため、吹出し気流のモデル化を目的とする。前報²⁾では、X型熱線風速計を用い、ライン型ディフューザの詳細吹出し面風速分布を把握、モデル化し、吹出気流を詳細 CFD 解析による再現を試したが、吹出中心下の風速など実験結果と一致しない部分は存在する。本報では、最も複雑な吹き出し特性を持つディフューザ長辺方向の風速詳細測定を行い、モデル化風速分布を修正し、解析モデルの精度向上を目的とする。

2. 実験概要

実験の対象としたシステム天井用のライン型ディフューザを図1に示す。暖房効果が強い吹出の中心部から吹出す条件での吹出し面詳細風速測定を行った。高さ3mの天井の中心にディフューザを取り付け、周囲は壁なし、自由場と見なせる空間である。また、200m³/h、吹き出し温度条件は等温吹出とした。

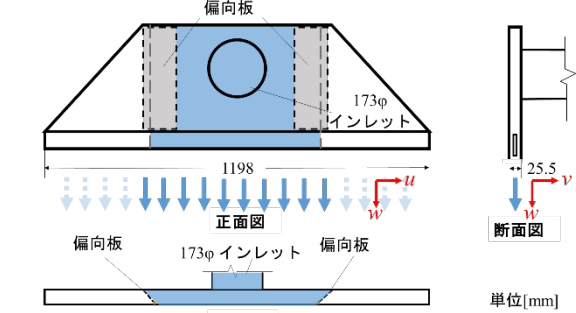


図1 偏向板付きライン型ディフューザの概要

図2に示すように、ディフューザの長辺方向の成分風速 (u 成分) は複雑な分布特性があり、中心点を代表として全長辺方向の u, w 成分風速分布を測定した。長辺方向中心断面の詳細 u 成分風速測定は、10 mm 間隔で 61 点、各点 1000Hz、30 秒間のデータを記録した。また、参考として、前報²⁾の測定断面分布を図3に示す。

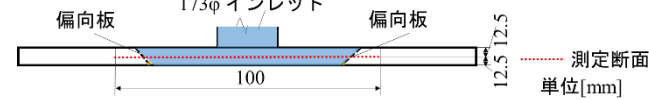


図2 長辺方向 u, w 成分風速分布測定の測定断面分布

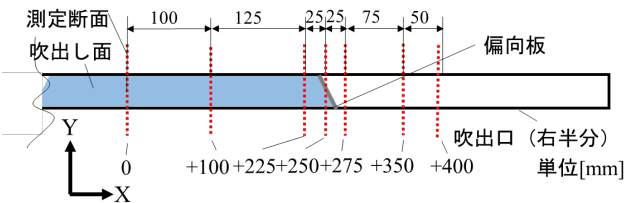


図3 u, v, w 三成分風速分布測定の測定断面分布

3. CFD 解析のための風速分布のモデル化

ディフューザ長辺方向の u, w 成分風速の詳細分布を図4に示す。長辺方向の u 成分風速分布を左右平均し、X 軸における各位置の大きさ関係を開数化した後、前報²⁾のディフューザの半分のみの三成分風速分布データと併用し、同じ方法で u, v, w 三成分風速分布を改めてモデル化した。本報で解析の境界条件として使用した風速分布モデルを図5と図6に示す。

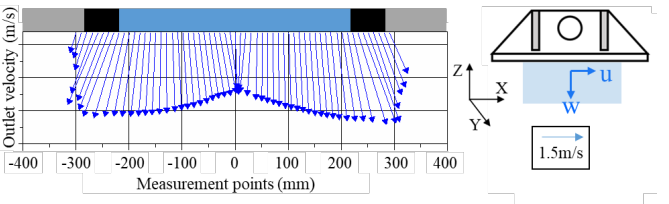


図4 長辺方向の uw 成分風速分布

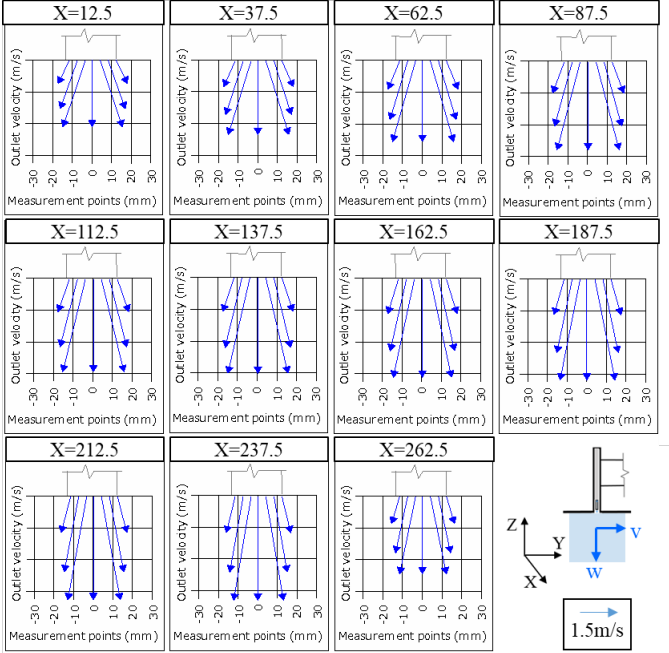


図5 YZ 平面のベクトル風速モデル

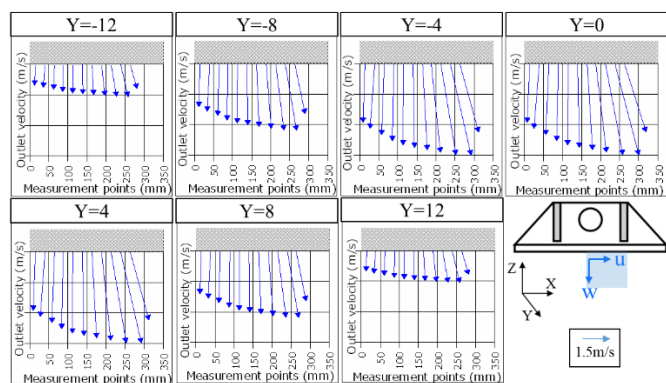


図6 XZ 平面のベクトル風速モデル

4. 吹出し気流の詳細 CFD 解析

解析空間とディフューザ吹出し面の詳細モデルを図7と図8に示す。基準の解析条件を表1に示す。乱流エネルギー k と乱れの長さスケール l に関して、前報²⁾の計算結果と同じ値 ($k=0.738[\text{m}^2/\text{s}^2]$, $l=0.00224[\text{m}]$) を使用した。

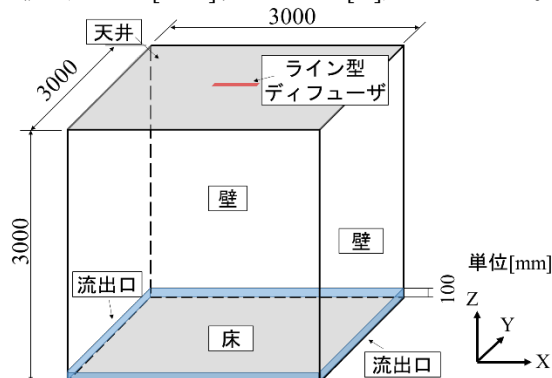


図7 吹出空間の CFD モデル

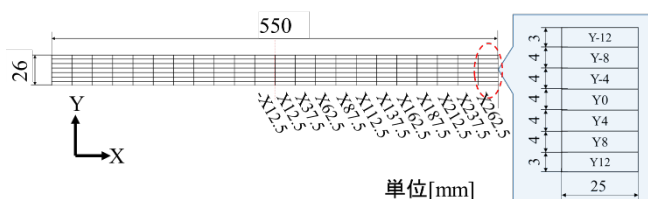


図8 吹出面における境界条件分布

表1 CFD の解析条件

解析方法	解析ソフト	STREAM V14.1
	乱流モデル	標準 $k-\epsilon$ モデル
	アルゴリズム	SIMPLER
	離散化スキーム	QUICK
境界条件	メッシュ数	517104
	天井	ノースリップ
	壁	フリースリップ
	床	ノースリップ
吹出し気流の 乱流統計量	流入口	風速規定
	流出口	流量規定 ($50.095 \times 4 = 200.38[\text{m}^3/\text{h}]$)
	乱流エネルギー k	$0.738[\text{m}^2/\text{s}^2]$
	乱流散逸率 ϵ	$34.38[\text{m}^2/\text{s}^3]$

解析結果と実験結果の比較を図9~図11に示す。X断面はディフューザの垂直方向、Y断面はディフューザの水平方向、0 はディフューザ中心を通過する位置を表す。ディフューザの長辺方向 (図9、図10) では、1m/s 以上の高風速

域の範囲は幾らか過小評価されたが、0.5m/s の範囲は概ね再現された。ディフューザの短辺方向から見ると (図11) ディフューザ直下 ($X=0$, $X=0.2$) の気流の拡散範囲は実験結果より狭いが、概ね一致している。

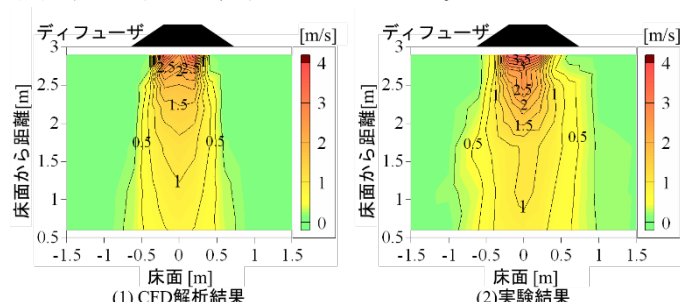


図9 Y=0断面におけるスカラー風速分布

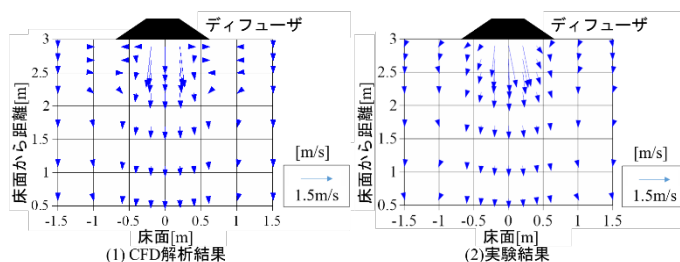


図10 Y=0断面におけるベクトル風速分布

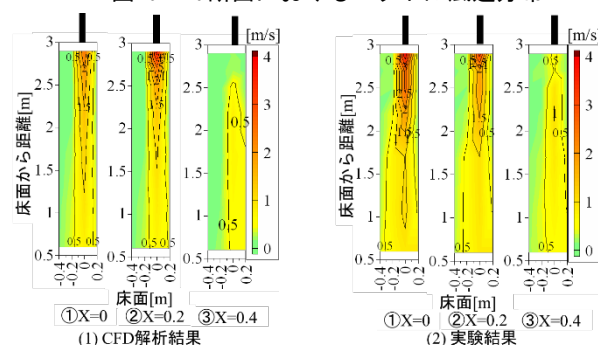


図11 X断面におけるスカラー風速分布

5. まとめ

本報では、X型熱線風速計を用い、ライン型ディフューザの詳細吹出し面風速分布を把握し、分布特性をモデル化した。詳細測定のデータを考慮することにより、前報²⁾より予測精度が高い解析 CFD モデルを提案した。今後では、非等温場での解析精度について検討する所存である。

【参考文献】

- 盛紹宇、山中俊夫、小林知広、袁継輝、加藤正宏、弓野沙織：ライン型ディフューザを用いた暖房時ペリメータ熱環境制御に関する研究 (第2報) 偏向板調整による吹出し面積減少状態での吹出し気流の温度・風速の三次元分布, 日本建築学会 2019 年度大会学術講演梗概集, 2019.9
- 盛紹宇、山中俊夫、小林知広、袁継輝、加藤正宏、弓野沙織：ライン型ディフューザを用いた暖房時ペリメータ熱環境制御に関する研究 (第3報) X 型熱線風速計を用いた風速測定に基づく吹出し気流特性の把握及び CFD 解析, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第60号 2020.6 (掲載予定)

*1 大阪大学大学院 修士課程

*2 大阪大学 教授・博士 (工学)

*3 大阪大学 准教授・博士 (工学)

*4 豊橋技術科学大学 助教・博士 (学術)

*5 鹿島技術研究所

Graduate Student, Division of Global Architecture, School of Engineer, Osaka University

Prof., Division of Global Architecture, School of Engineer, Osaka University, Dr. Eng.

Associate. Prof., Division of Global Architecture, School of Engineer, Osaka University, Dr. Eng.

Assis. Prof., Dept. of Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology, Ph.D.

Kajima Technical Research Institute