

パッケージエアコン設置室における室内気流場の CFD 解析手法に関する研究 (その 6) P.V. 法を用いた室内気流場の解析例

吹き出し気流 k- ϵ モデル P.V. 法正会員○山中 俊夫^{*1} 同 小林 知広^{*2} 同 袁 継輝^{*3}
同 崔 ナレ^{*4} 同 田中 佑亮^{*4}

1. はじめに

前報¹⁾に引き続き、本報では、前報で得られた風速データを用いて、P.V. 法を用いた CFD 解析を行い、その有効性の検証を行う。

前報¹⁾では、4 方向吹き出し PAC を対象に、その吹き出し気流の風向や風速などの性状に関するデータを基に、CFD 解析で適用する P.V. 法 (Prescribed Velocity Method) で風速及び風向を規定する P.V. 面の高さに関する検討を行った。その結果、最適な P.V. 面高さに関する確定的な結論を得ることはできなかったが、実験を行った天井下 10、20、30cm のなかでは、理論的に考えて最も適していると考えられる 10cm 高さでの風速・風速データを用いて、CFD 解析を行った。本報では、室内の風速と温度分布を示すとともに、鉛直温度分布について解析結果と実験の結果を比較した結果について報告する。なお、本報は既報²⁾の内容を取りまとめたものである。

2. CFD 解析による吹き出し気流の再現

2.1 解析概要

前報²⁾で測定を行った室を対象として CFD による気流解析を行った。CFD 解析の対象室の概要を図 1 に、設置された PAC エアコンの給気口と排気口の形状を図 2 に示す。解析空間は、幅 8610mm、奥行 6710mm、高さ 2650mm の空間で、実験での居室を再現しているが、天井の高さを均一で 2650mm に設定しているなど一部簡略化している。設定した PAC の設定条件を表 1 に、CFD 解析条件を表 2 に示す。天井吹き出し口の流入境界には、各運転条件での吹き出し流量と吹き出し風向を矩形状のパネルに規定することによって、各運転条件・風向モードの風量と風向を再現した。ただし、実験では、4 つの吹き出し口から吹出される風量はそれぞれやや異なっていたが、CFD 解析では実験時に吹き出し気流を測定した西側吹き出し口の風量を他の 3 つの吹き出し口に設定した。加えて、冷房条件および暖房条件で機能させる熱負荷用 PAC の吹き出し風量は、その PAC の東側吹き出し口 (実験対象 PAC に向かう気流) を実験では塞いだため、モデルでもその位置には流出境界を設け

表 1 PAC 運転モード

運転条件	送風・冷房・暖房
風量条件	強
風向条件	モード 1～モード 5

表 2 CFD 解析条件

CFD コード	Cradle Stream V14
計算アルゴリズム	SIMPLEC 法
離散化スキーム	QUICK
乱流モデル	標準 k- ϵ モデル
壁面境界	壁面対数則
メッシュ数	約 200 万
乱流プラントル数 Prt	0.9

表 3 吹き出し面設定条件

	運転条件	実験対象 PAC	熱負荷 PAC
風量 [m ³ /h]	送風	417.6	-
	冷房	327/417.6	307.1
	暖房	487.8/417.6	307.1
温度 [°C]	冷房	約 14	約 47
	暖房	約 40	約 8
風向 [°] (天井との角度)	送風	46.7, 50.7, 57.2, 62, 67.2	-
	冷房	46.7, 50.7, 57.2, 62, 67.2	67.2
	暖房	46.7, 50.7, 57.2, 62, 67.2	46.7
乱流統計量	乱流エネルギー k [m ² /s ²]	0	0
	エネルギー散逸率 ϵ [m ² /s]	0	0

ず、他の 3 つの吹き出し口流出境界での風速を 4/3 倍とした。また、冷房条件および暖房条件の解析では流入境界での吹き出し気流の温度として、実験で取得した温度を設定した。図 2 に示す流出境界のパネル (排気パネル) には、各吹き出し口の吹き出し風量の合計値を吸込み風量として入力した。壁面には対数則を適用し、非等温解析では、実験で得た壁面温度を境界条件とした。冷房条件の際に熱負荷としたオイルヒーターは 500 W 発熱の直方体で模擬し、4 体を床上に配置した。

P.V. 法としては、実験対象 PAC 及び熱負荷用 PAC の吹き出し口の下方 60 mm の位置 (天井下 100mm) に、P.V. 面を設置し、それぞれに実験で得た風向・風速を与えた。P.V. 面の 1 つの風向風速を与えるパネルサイズは幅 450mm × 奥行 25mm で、このパネルを各吹き出し気流方向にオフセットさせ、水平な P.V. 面を作成した。ただし、風速が 0.5m/s 未満の領域には、

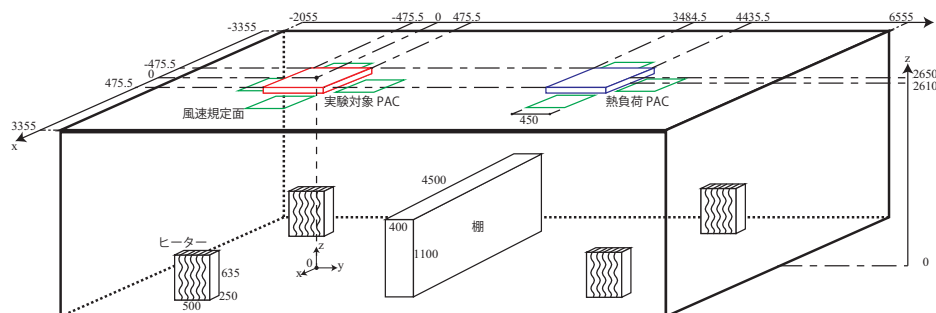


図 1 CFD 解析対象室

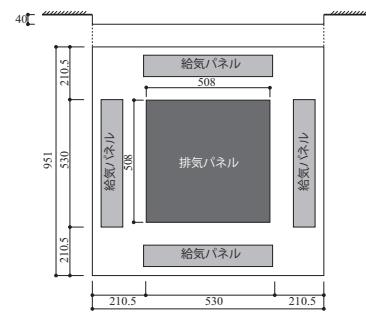


図 2 PAC 給気・排気口

CFD Analysis on Airflow in Room with Packaged Air-conditioner (Part 6) CFD Analysis of Air Distribution in a Room by means of P.V. Method

YAMANAKA Toshio, KOBAYASHI Tomohiro, YUAN Jifui, CHOI Narae and TANAKA Yusuke

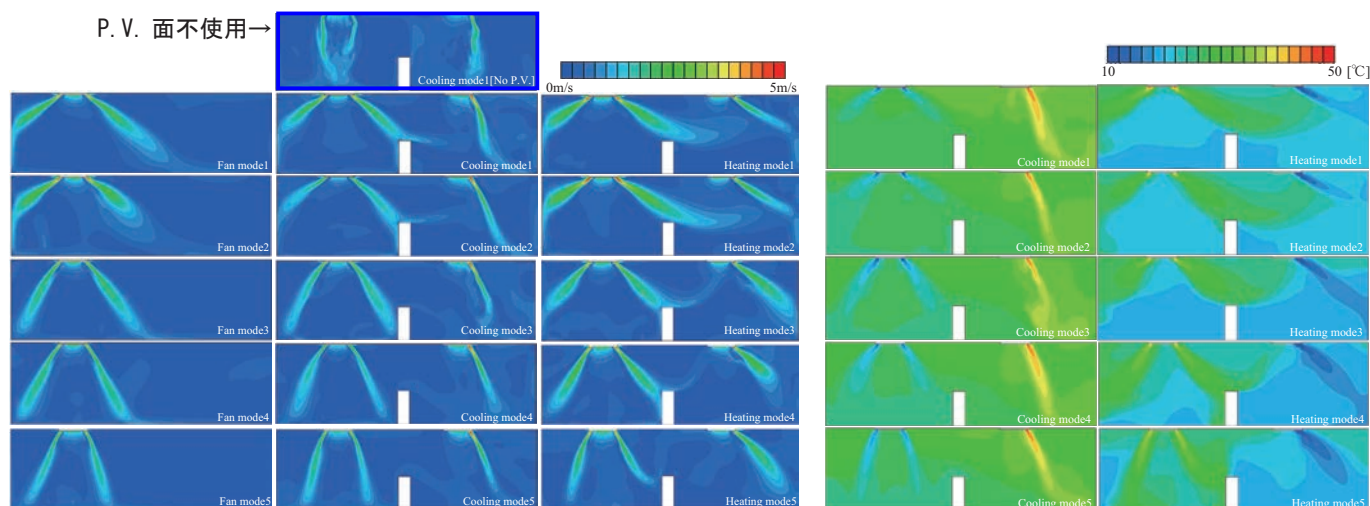


図3 室内風速分布 (x=0 断面)

P.V. 面を設けていない。吹き出し口設定条件を表3に示す。

2.2 解析結果と考察

対象PACの中心を通る、実験室の長手方向断面 (x=0 断面) での風速分布を図3に示す。最上段にP.V. 面を使用しない場合、各列は左から、等温、冷房、暖房の順で、上からモード1～モード5を示す。各図の左側に実験対象PACが設置されており、右側は熱負荷用のPACを示す。P.V. 面を使わない場合の解析では、運動量が実際と合っていないため、冷気が直ぐに下降している状況がわかる。冷房条件のモード1では、P.V. 法を適用することによって吹き出し気流が直進し、現実的な流れになっていることがわかる。冷房条件では吹き出し気流が吹き出し口から離れた位置で下向き方向に、暖房条件では水平吹き出し方向に風向が変化しており、浮力の影響と考えられる。

図4に冷房条件および暖房条件での温度分布を示す。温度コンターからも、吹き出し口から離れた位置で浮力の影響がみられている。

図5に、冷房条件および暖房条件での実験で測定した室内の鉛直温度分布と、CFD解析による室内温度測定点と同位置での温度を比較図を示す。冷房条件では、分布形状は実験値とCFD解析値が一致してものの、すべての条件で温度の絶対値に2～4℃の差異が見られた。

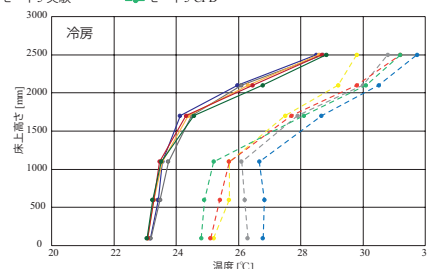
暖房時はモード5を除き概ね近い値を示すが、モード5のCFD解析では、床から100 mm、600 mm、1100 mmの位置で温度が高くなっている。これは、CFD結果のみで室内の棚(図3参照)に沿って暖房気流が下降し、温度が上昇した可能性が考えられる。

3. まとめ

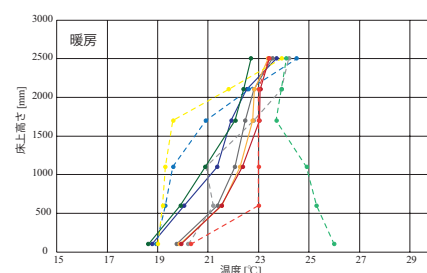
本報ではP.V. 法によるCFD解析による室内気流の再現を試みたが、冷房時の温度分布の絶対値に比較的大きい差異が見られた。今後、P.V. 法の評価方法に関し検討を進める。

図4 室内温度分布 (x=0 断面)

●モード1 実験 ●モード1 CFD ●モード2 実験 ●モード2 CFD
●モード3 実験 ●モード3 CFD ●モード4 実験 ●モード4 CFD
●モード5 実験 ●モード5 CFD



(1) 冷房時



(2) 暖房時

図5 冷暖房時鉛直温度分布 (測定点：前報¹⁾ 図-1)

【謝辞】

本研究を進めるに当たり、実験及びCFD解析に多大な尽力を頂いた、安田智一君(当時大阪大学大学院生、現在(株)竹中工務店)に深謝致します。また、本研究は三菱電機(株)との共同研究によるものであり、ご協力頂いた関係各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 田中、山中、小林、袁、崔：「パッケージエアコン設置室における室内気流場のCFD解析手法に関する研究(その5) 冷暖房時の気流解析におけるP.V. 定義面の最適位置に関する検討」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2020. 09
- 2) 山中、小林、袁、崔、田中：「同題(その4) P.V. 法を用いた室内気流のCFD解析精度に関する検討」, 日本建築学会近畿支部学術研究発表論文集, 2020. 06

*1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 教授・博士(工学)
*2 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 准教授・博士(工学)
*3 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 助教・博士(学術)
*4 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 特任助教
*5 大阪大学工学部地球総合工学科 学部生

Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr.Eng.
Associate Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr.Eng.
Assistant Prof., Dept. of Architecture and Civil Engineering, Toyohashi University of Technology, Ph.D
Specially Appointed Assistant Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University
Undergraduate Student, Division of Global Architecture, School of Engineering, Osaka University