

# 天井吹出し型誘引ユニットを用いた病室内の環境制御に関する研究 —冷房時室内熱環境および換気性能の事例

正会員○陳 贊<sup>\*1</sup> 同 山中 俊夫<sup>\*2</sup>  
同 甲谷 寿史<sup>\*3</sup> 同 桃井 良尚<sup>\*4</sup>  
同 相良 和伸<sup>\*5</sup>

4 床病室，低風速天井吹出し口，温度測定，CO<sub>2</sub> 濃度測定

## 1. はじめに

対流式空気調和システムを採用している一般的な病室では、空調吹出し口から発生する気流が直接患者にあたるドラフト・温度の不均一や、入院患者から発する汚染物やおむつ交換の際の臭気の問題が生じやすい。故に本研究は、冷房時 26℃の室内に 13℃の低温空気を吹出し、誘引作用によって室内空気と混合後、18℃程度の混合空気を整流後低速で吹き出す天井設置型誘引ディフューザー (Ceiling Induction Diffuser, 以下 CID) を用いる空調吹出し方式<sup>1)</sup>に焦点を当て、CID を有する室内での室内熱環境と換気特性を明らかにすることを目的としている。本報では、CID を有する 4 床病室において人体から発生した顕熱と臭気などの汚染物が、室内でどの様に移流、拡散し室内分布を形成するか、またそれらに排気口の位置がどのような影響を及ぼすかについて CFD による検討を行った結果について報告する。なお、本報は既報<sup>2)</sup>を再構成したものである。

## 2. 解析概要

図 1 に対象とする CID ユニットの断面を示す。外調機からの給気と誘引空気の流量比は 20 : 13 である。また、整流後の吹出し面には、多数の直径 5mm の孔が開けられたパネルが取り付けられている。(ADu-180、木村工機株式会社製) 図 2 に示す 4 床病室を解析対象として CFD による定常解析を行った。各成分の残差が安定するまで (10000 回程度) 計算を行った。メッシュサイズは 50mm、メッシュ数は約 80 万である。解析条件を表 1、境界条件を表 2、排気口条件を表 3 に示す。

## 3. CFD 解析結果

### 3.1 温度・風速ベクトル・CO<sub>2</sub> 濃度分布

図 3 に、床上高さ 900mm の断面での室内温度及び床上 900mm での CO<sub>2</sub> 濃度分布を、図 4 に A-A' 断面 (図 2 参照) における温度分布と CO<sub>2</sub> 濃度分布を示す。CO<sub>2</sub> 濃度は、体積比で表現している。

温度分布 (図 3(1)、図 4(1)) から Case 間の分布性状に大きい差異はみられないが、Case1, 2 では、他の Case より全体的にやや低い温度となっており、Case5 は全体的に最も高い温度分布となっている。これは、Case1, 2 はベッド上部に近い

位置に排気口が位置していることから、人体からの発生熱の排出効率が高いのに対して、Case5 の排気は壁面上の床に近い高さに設置されており、室上部に滞留する人体から発生した熱を直ぐに排出できないために、排熱効率が相対的に悪いものと考えられる。

室内の CO<sub>2</sub> 濃度分布は、基本的には、温度分布と同様の分布性状を示している。今回は、発熱部位と CO<sub>2</sub> ガスの発生部位がほぼ同じであることから、当然の結果とも言えるが、熱については、室内 CID ユニットの誘引された熱が平均的に混合されて 18.2℃で給気されると設定しているが、CO<sub>2</sub> については、給気と混合して再給気されることはなく、そのまま排気されると仮定している。従って、CO<sub>2</sub> 濃度分布については、ユニットでの再循環を考慮できていないことになり、人体から発生して直接移流・拡散した CO<sub>2</sub> による濃度分布であることに注意が必要である。一方、温度についても、誘引された

表 1 CFD 解析条件

CFD ソフトウェア	Fluent14.5
乱流モデル	標準 k-εモデル
浮力項	ブシネスク近似
差分スキーム	QUICK
計算アルゴリズム	SIMPLE
メッシュ数	85,643

表 2 CFD 境界条件

給気口	SA	U=0.2291[m/s](330m <sup>3</sup> /h)
		T=18.2℃
		$k = \frac{3}{2} (IU)^2, \quad \epsilon = \frac{C_{\mu}^{\frac{3}{2}} k^{\frac{3}{2}}}{L}$ (I=1%, C=0.09, L=0.005m)
排気口	IA	U=0.181[m/s](65m <sup>3</sup> /h)
	EA	Case1-3 U=0.7041[m/s](400m <sup>3</sup> /h)
		Case4-5 U=0.6173[m/s](200m <sup>3</sup> /h)
壁	完全断熱	
人体発熱	38.1[W/m <sup>2</sup> ](40W/person)	
トレーサガス発生量	発生面積 S = 100 × 300mm	
	発生速度 U = 0.000833[m/s](1.5U/min)	

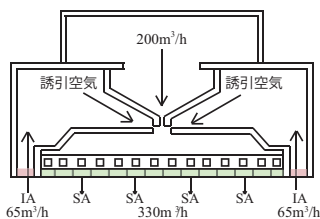


図 1 CID ユニットの断面図

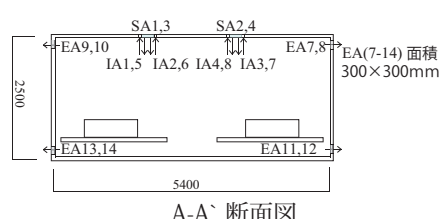
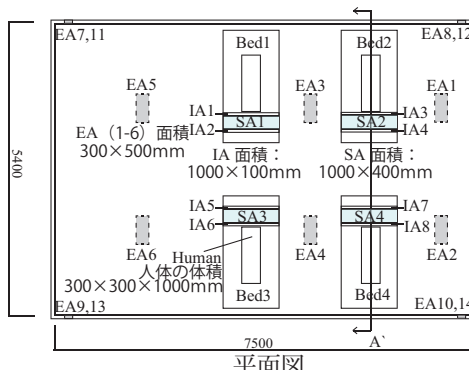


図 2 解析空間



Controlling of Indoor Enviroment in Sickroom with Ceiling Induction Diffusers  
Case Study on Thermal Environment and Ventilation Characteristics in Room under Cooling

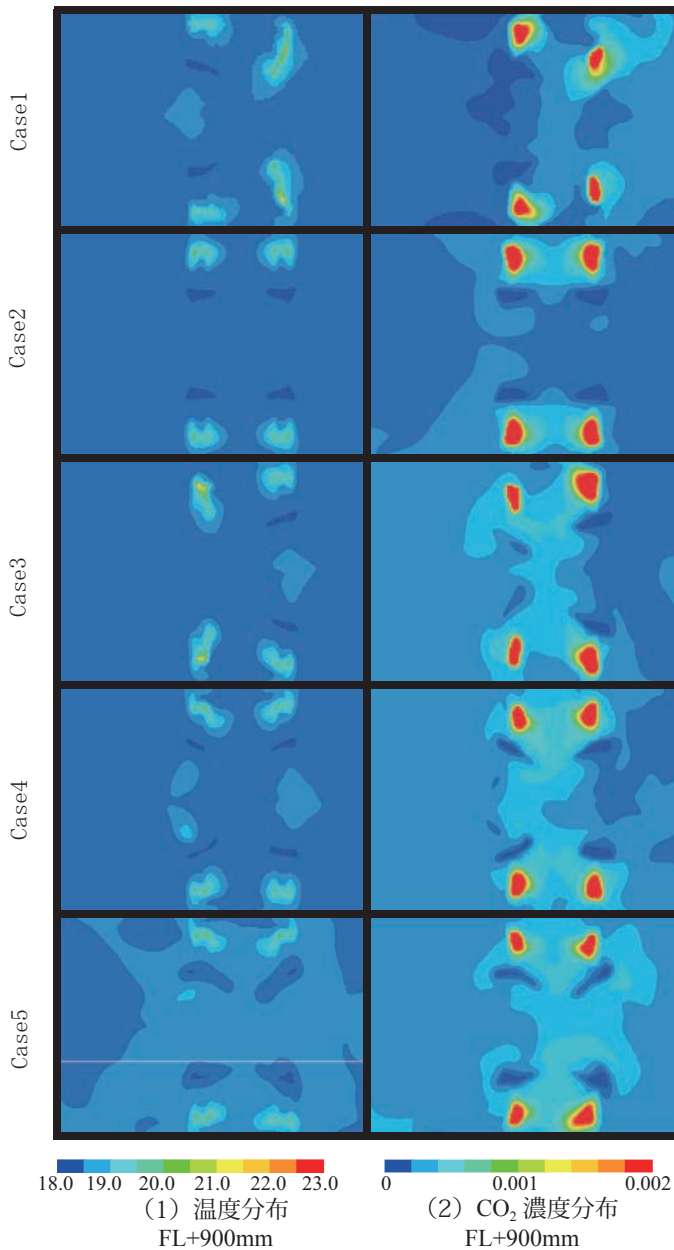


図3 平面温度分布とCO<sub>2</sub>濃度分布

空気の温度に関わらず、吹出し温度を18.2℃と設定しており、このことは、内部発熱として約2400Wを想定していることになるが、実際には、室内に160Wの発熱しか設定していないことから、実際の室内温度は、計算値よりは大幅に小さいものとなる。従って今回の計算で得られた温度分布は、室内に均一な2240Wの発熱が生じた場合の結果と考えることができる。本来は、誘引された室内空気と外調機からの給気との混合を考慮した計算が必要である。

### 3.2 居住域平均温度

床面から、床上1800mmまでの領域を居住域（但しベッド上方の空間は除く）と設定し、それより床上1800mmから天井までを非居住域と設定し、それぞれの平均温度を各ケースごとに求めたものを図5に示す。どのCaseにおいても、居

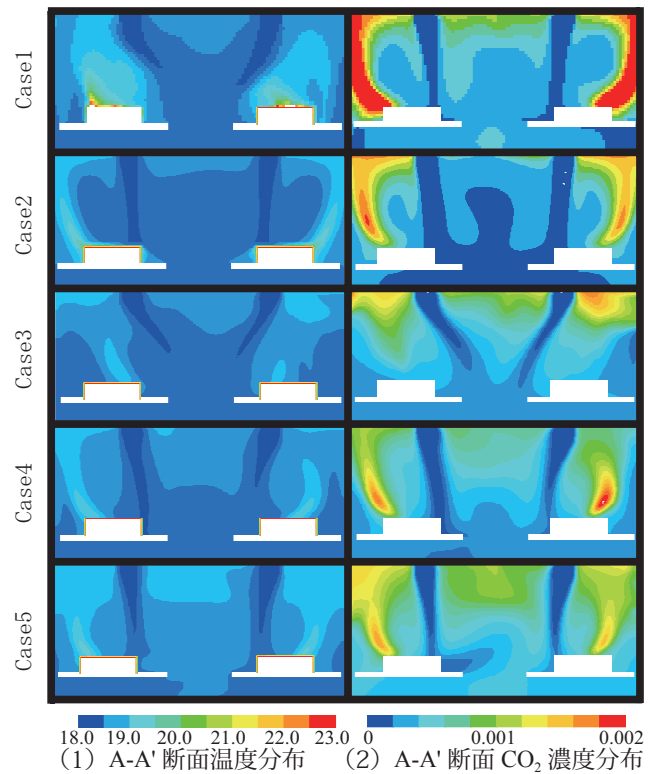


図4 断面温度分布とCO<sub>2</sub>濃度分布

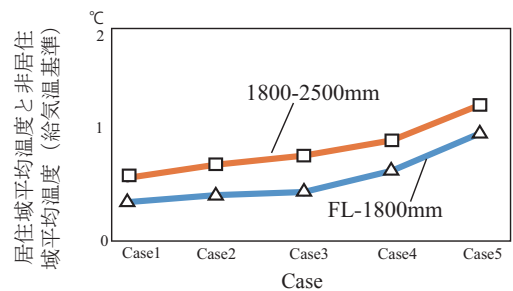


図5 各Caseでの居住域平均温度と非居住域平均温度

住域の温度に比較して、室上部の非居住域の方が平均的に0.2℃程度高いことがわかる。これは、図4に見られた、室内の上下温度分布に起因するものである。平均温度の大小については、Case1<Case2<Case3<Case4<Case5である。壁より天井、かつベッドに近いほど、排熱効率が高いと言え、これは人体発生の汚染物濃度も同様の傾向であることを示唆している。今回の想定条件下では、排気口の位置が室内の温度と汚染物濃度の分布に影響を与えることが確認できたと言える。

### 4. おわりに

CID方式を採用した4床病室内での温度分布と人体発生汚染物濃度分布をCFDにより検討し、排気口位置と室内の温度・濃度分布の関係を明らかにすることができた。今後、誘引の

#### 参考文献

- 丸山茜, 齋藤輝幸:「病室における全空気式誘引放射空調の熱的快適感評価に関する研究(第1報) 冬期着座姿勢と就寝姿勢における検討」, 平成26年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 CD, C-43, 2014年
- 陳贊, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸:「天井吹出し型誘引ユニットによる室内環境制御手法に関する研究—暖房時病室における室内熱環境および換気性能の事例」, 平成27年度空気調和・衛生工学会近畿支部学術講演論文集 2015年

\* 1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 博士前期課程  
 \* 2 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)  
 \* 3 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)  
 \* 4 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 助教・博士(工学)  
 \* 5 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 教授・工学博士

Graduate Student, Division of Global Architecture, School of Engineering, Osaka University  
 Professor, 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., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng.  
 Professor, Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng.