

PAC を用いた膜天井放射空調における室内環境特性に関する研究 (その 14) 局所平均空気齢による冷気分配性能評価

正会員○上村 芙美子^{*1} 同 山中 俊夫^{*2} 同 小林 知広^{*3} 同 袁 継輝^{*4}
同 崔 ナレ^{*5} 同 前田 龍紀^{*6} 同 新宮 浩丈^{*6} 同 安江 楽人^{*6}

膜天井 放射空調 パッケージエアコン
局所平均空気齢 トレーサーガス法

1. はじめに

本研究では、パッケージエアコン (以下 PAC) を用いた膜天井放射空調¹⁾の冷暖房性能の検討を行うことを目的とする。本報では、本空調方式の局所平均空気齢の結果について報告する。

2. 局所平均空気齢

2.1 算出方法

本システムでは、PAC の給気口から膜を通して膜下空間へ流入する冷気の分配性能を評価するため、膜下空間の各測定点での局所平均空気齢を算出した。図 1 に空気齢算定の概要図を示す。PAC の給気口より発生させたトレーサーガスが PAC の還気口を通して再び給気口より給気されるため、対象空間へ流入する CO₂ 濃度は時々刻々と変化する。そこで、本報ではパルス解析²⁾を用いた空気齢算出を試みた。PAC の給気口で M[m³/h] のガスを発生させるとき、給気口での単位パルスに対する濃度応答を $R_p(t)$ とすると、式 (1) と表せる。 $C_{SA}(t)$ 及び $C_p(t)$ が測定より既知であるため、 $R_p(t)$ を式 (3) と仮定し最小二乗法により $R_p(t)$ を求め、式 (4) より局所平均空気齢 τ_p を算出した。図 2, 3 に $R_p(t)$ 及び測定値 $C_{pm}(t)$ と $C_p(t)$ の一例を示す。

また、膜上空間から膜を通して膜下空間へ流入する冷気の分配性能についても同様に考える。膜上空間から $Ca(t)$ のガスが膜下空間へ流入したとき、膜からのパルス発生に対する各測定点での局所平均空気齢を算出した。加えて、PAC からの名目換気時間は式 (5)、膜から

の名目換気時間は式 (6) を用いた。

2.2 局所平均空気齢の鉛直分布

図 4, 5 に PAC・膜からの局所平均空気齢 鉛直分布を示す。PAC・膜からの空気齢は全条件において、均一な鉛直分布であり、冷気が室下部まで到達していることがわかる。ケース間で比較すると、膜 (不織布なし) 条件ではケース間の差異は小さいが、膜 (不織布あり) 条件では Case3 (風量最小) のみが大きな値となっている。これより、PAC の吹出風量が空気齢に与える影響が大きいと考えられる。また、膜 (不織布あり) 条件では、床面付近の測定点で局所平均空気齢が小さくなっている。これは、初めに壁近傍を伝って下降した冷気がいち早く、室中央に集まる測定点に到達している可能性がある。

2.3 室全体での冷気分配性能評価指標

表 1, 2 に各ケースにおける算定結果を示す。(旧) は既報¹⁾の旧膜の結果である。室平均空気齢を膜の条件間で比較すると、膜 (不織布あり) 条件では、膜 (不織布なし) 条件の倍の値であることから、不織布の有無が冷気分配性能に与える影響は大きいと示唆される。また、膜からの空気齢 Case1 (基準) を旧膜と本実験の膜を比較すると、空気齢が半分以下となっており、冷気分配性能の大幅な改善がみられる。

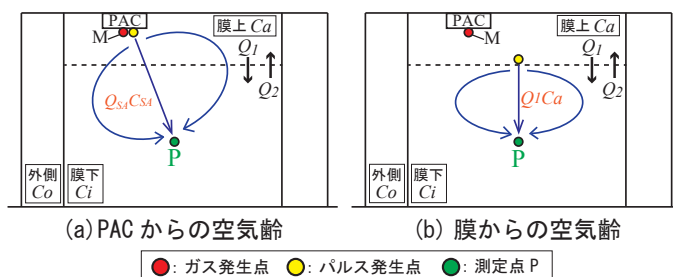


図 1 空気齢算定の概要図

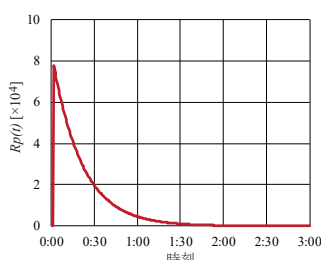


図 2 $R_p(t)$

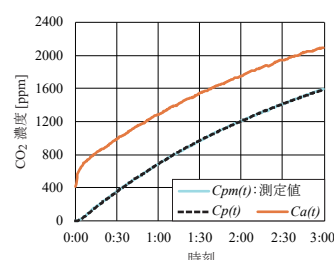


図 3 $C_{pm}(t)$, $C_p(t)$

条件: 膜 (不織布あり), Case1, P1, +2400

Indoor Environment of a Room using Ceiling Radiant Membrane Air Conditioning System with PAC (Part 14) Cold Distribution Performance Evaluated by Local Mean Age of Air

KAMIMURA Fumiko, YAMANAKA Toshio, KOBAYASHI Tomohiro, YUAN Jihui
CHOI Narae, MAEDA Tatsunori, SHINGU Hirotake and YASUE Rakuto

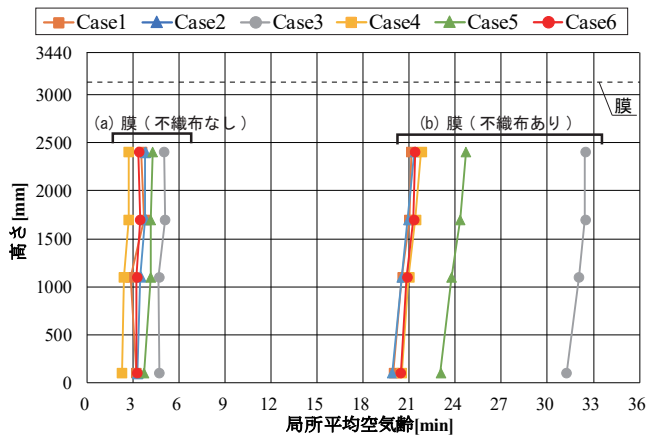


図4 PACからの局所平均空気齢 鉛直分布

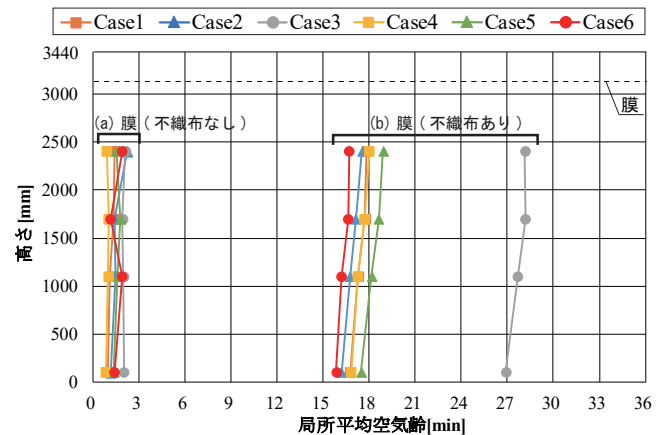


図5 膜からの局所平均空気齢 鉛直分布

表1 空気齢 (膜 (不織布なし))

		室平均 空気齢 [min]	名目換気 時間[min]	室空気 交換効率 [-]	給気量 [m³/h]	室平均有効 給気量 [m³/h]
PACからの 空気齢	Case1	3.33	1.80	0.27	2032	1096.1
	Case2	3.57	1.80	0.25	2032	1023.7
	Case3	4.86	2.55	0.26	1434	750.3
	Case4	2.52	1.80	0.36	2032	1446.6
	Case5	4.06	1.80	0.22	2032	898.2
	Case6	3.32	1.80	0.27	2032	1098.5
膜からの 空気齢	Case1	1.21	(3.01)	(1.25)	1105.9	2760.4
	Case2	1.57	(3.01)	(0.96)	1105.5	2119.3
	Case3	2.02	(3.00)	(0.74)	1110.8	1652.3
	Case4	0.93	(3.02)	(1.62)	1103.7	3568.0
	Case5	1.57	(3.01)	(0.96)	1107.2	2116.4
	Case6	1.58	(3.01)	(0.95)	1107.5	2103.1

* 名目換気時間、平均空気交換効率は参考値

表2 空気齢 (膜 (不織布あり))

		室平均 空気齢 [min]	名目換気 時間[min]	室空気 交換効率 [-]	給気量 [m³/h]	室平均有効 給気量 [m³/h]
PACからの 空気齢	Case1	20.66	1.80	0.04	2032	176.65
	Case2	20.66	1.80	0.04	2032	176.71
	Case3	32.04	2.56	0.04	1434	113.91
	Case4	21.16	1.80	0.04	2032	172.52
	Case5	23.94	1.80	0.04	2032	152.48
	Case6	20.98	1.80	0.04	2032	173.97
膜からの 空気齢	Case1	17.40	18.02	0.52	202.6	191.48
	Case2	16.91	16.36	0.48	223.2	197.08
	Case3	27.72	26.76	0.48	136.4	120.20
	Case4	17.44	16.83	0.48	216.9	191.07
	Case5	18.29	17.73	0.48	205.9	182.16
	Case6	16.33	15.23	0.47	239.7	203.99
	Case1(旧)	41.11	40.40	0.49	82.5	81.05

次に、室の空間平均的な空気分配性能を表すために、式(7)を用いて室空気交換効率³⁾を算出した。膜(不織布あり)条件の膜からの空気齢では、いずれのケースも約0.5であることから、完全混合状態が実現され、各測定点に一樣に冷気が行き届いていることが確認できた。

算定した空気齢から給気量を求め、到達した風量を表す室平均有効給気量を新たに定義した(式(8), (9))。膜(不織布あり)条件での膜からの室平均有効給気量と、

$$\varepsilon_a = \frac{\tau_n}{2(\overline{\tau_p})} \quad \dots (7)$$

$$Q_{ep} = \frac{1}{(\overline{\tau_p})} \times (V_a - V_i) \quad \dots (8) \quad Q_{em} = \frac{1}{(\overline{\tau_p})} \times V_i \quad \dots (9)$$

【記号表】

C_p : 点PにおけるCO ₂ 濃度 [-]	C_{s4} : 給気CO ₂ 濃度 [-]
Ca : 膜上空間CO ₂ 濃度 [-]	M : CO ₂ 発生量 [m³/min]
Q : 下向き交換空気量 [m³/min]	Q_{s4} : 給気量 [m³/min]
Q_{ep} : PACからの室平均有効給気量 [m³/h]	
Q_{em} : 膜からの室平均有効給気量 [m³/h]	
V_a : 膜上空間体積 [m³]	V_i : 膜下空間体積 [m³]
τ_p : 局所平均空気齢 [min]	τ_n : 名目換気時間 [min]
R_p : インパルス応答関数 [1/m³]	ε_a : 室空気交換効率 [-]

【謝辞】

本研究は、(株)竹中工務店との共同研究であり、関係者各位に謝意を表します。

* 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 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 助教・博士(学術)
 * 5 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 特任助教
 * 6 株式会社竹中工務店

前報⁴⁾で求めた膜を通した下向き交換空気量 Q_i が近い値であることから、膜を通過した冷気が室内全体に十分行き渡っていると考えられる。

3. おわりに

本報では、PACを用いた膜天井放射空調方式において、空気齢の結果から冷気分配性能に関する知見を得た。冷気分配性能について、旧膜と比較すると大きな改善がみられ、不織布の有無が及ぼす影響は大きいことが確認できた。次報では、同実験でのPACの顕熱処理量、及びCOPについて報告する。

【参考文献】

- 1) 上村, 山中, 小林, 袁, 崔, 前田, 蔵永, 新宮, 安江: PACを用いた膜天井放射空調における室内環境特性に関する研究(その7)~(その10), 日本建築学会研究報告集, pp829-836, 2019.9
- 2) 本田, 山中, 甲谷, 桃井, 相良, 上田, 前田: 低風速天井吹出し空調による病室の室内環境に関する研究—室内温度・汚染質濃度分布及び換気性能に関する検討—, 空気調和・衛生工学会論文集, No.238, pp19-24
- 3) HASS 115-2002: 室内換気効率の現場測定法・同解説, 空気調和・衛生工学会規格, pp14
- 4) 新宮, 山中, 小林, 袁, 崔, 前田, 上村, 安江: PACを用いた膜天井放射空調における室内環境特性に関する研究(その13) グローブ温度及び膜上下交換空気量の同定, 日本建築学会研究報告集, 2020.9 掲載予定

Graduate Student, Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University
 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 Eng., Toyohashi University of Technology, Ph.D
 Specially Appointed Assistant Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University
 Takenaka Corporation