

異なる空調システムを備えた講義室の冷房時温熱環境の比較検討

A Comparison of Thermal Environments Cooling in Lecture Rooms with Different Air Conditioning Systems

C. 環境工学 4. 環境工学 - 17. 空調システム
 室内温熱環境 温度ムラ 実測調査
 講義室 空調システム 潜頭分離処理

正会員 ○川尻 滉人* Hiroto Kawajiri
 正会員 齋藤 輝幸** Teruyuki Saito

1. 研究背景

現在、ほとんどの建物で快適性の実現のために冷暖房設備が導入されている。大学施設においても良質な学修環境を提供するため、様々な取り組みが行われている。近年では全空気式誘引放射整流空調が開発され、様々な施設に導入されている。丸山らは大学施設において、誘引放射空調が温熱環境や快適性に及ぼす影響を研究した¹⁾²⁾。放射空調により温度ムラやドラフトによる不快感の改善が期待できる。

しかしながら、室内温熱環境には吹き出し口だけでは解決できない問題もある。システムや熱交換器にも改善が加わることで、さらに室内環境をよくできる可能性がある。従来広く用いられてきた潜頭分離処理システム(図1)では、室温を満足するとFCUは冷房を停止するが外調機は冷却除湿を継続する。そのため、吹き出し口との位置関係などによって温度ムラが生じやすい。これに対し、潜頭分離処理後混合吹き出しシステム(図2)は外気と還気をそれぞれのコイルで処理した後、空調機の中で混合して吹き出すものである。これにより、温度と湿度をコントロールし、ムラのない環境を形成する。

本研究では、大学施設において上記の空調システムを備えた2つの講義室を対象とした温熱環境計測を行った。負荷の少ない講義室で機器の運転状況、室内環境状態を把握し、機器の制御性と室内環境の安定性を検証する。さらに、両講義室の結果を比較し、各空調システムの特徴と優位性を検証する。これにより、良質な学習環境の提供につなげることを目的としている。

2. 実験概要

本研究の対象施設及び設備の概要を表1に示す。また、それぞれの講義室の空調の設定条件を表2,3に示す。比較のために規模の似た2つの講義室を用いた。両講義室の吹き出し口は共に誘引放射空調ユニットを採用している。A教室は従来の主流である潜頭分離処理システムを

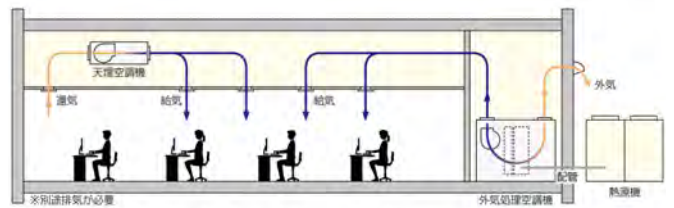


図1 潜頭分離処理システム

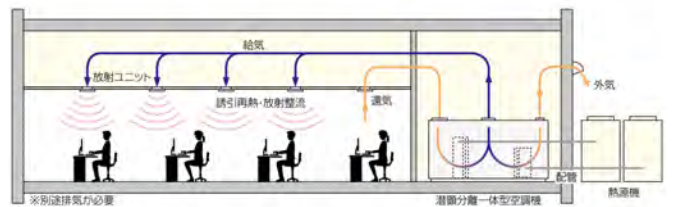


図2 潜頭分離処理後混合吹き出しシステム

表1 対象施設詳細

	A教室	B教室
対象施設	愛知学院大学名城公園キャンパス	
	キャッスルホール3F 1302教室	アリスタワー2F 7204教室
面積	約280㎡	約256㎡
収容人数	240名	200名
システム	冷温水式	空冷直膨式
	潜頭一括処理AHU + FCU × 3	潜頭分離処理後混合吹出AHU
吹出口	誘引放射空調 × 36	誘引放射空調 × 30 (イオン&オゾン発生器付)

表2 設定条件

講義室	機器	風量(m ³ /h)	総風量(m ³ /h)	給気温度(°C)	
A教室	外調機	OA	4800	4800~8050	16
		RA	0		-
	FCU	RA	0~3250	13~	
B教室	外調機	OA	4000	8000	16
		RA	4000		15~送風

* 名古屋大学大学院環境学研究科 博士前期課程
 ** 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授・博士(工学)

Graduate Student, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ.
 Assoc.Prof., Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng

想定した制御に調整し、B 教室には潜顕分離処理後混合吹き出しシステムが導入されている。2020 年 7 月 28 日～7 月 31 日の計 4 日間に B 教室、2020 年 8 月 4 日～8 月 7 日の計 4 日間に A 教室を対象として実測調査を行った。空調稼働時間は 7 月 31 日のみ 9:00～17:00、残りの日は全て 8:00～17:00 とした。測定は熱負荷の少ない学生不在の環境で行われた。

測定は熱電対、PMV 計、小型温湿度計、BACnet データを用いて行われた。図 3, 4 はそれぞれ A 教室と B 教室の平面図であり、熱電対と PMV 計の設置位置、サーモカメラの撮影位置が記してある。測定間隔はいずれも 1 分間隔とした。

3. 結果

3.1. 温湿度・PMV

図 5, 6 は A 教室と B 教室の温湿度、PMV の経時変化の一例である。A 教室の例として 8 月 7 日の結果、B 教室の例として 7 月 30 日の結果を示している。温度は熱電対、湿度と PMV は PMV 計から得られた値の平均値である。

温度に関して見ると、室内に人がいないこともあり、両講義室とも設定温度である 26℃を下回る状態であった。A 教室 (8/7) は 23℃付近を推移し、24.5℃付近を推移する B 教室 (7/30) よりも低い室温であった。また、A 教室は空調を開始した後、17:00 の空調停止まで室温が低下を続けた。

湿度に関しては、両講義室とも 55%程度で推移しており、安定していた。

PMV に関して見ると、A 教室は-0.5 を下回ることがあり、特に 15:20 以降は多くなっている。これは平均値であるので、A 教室では快適域外となる座席もあったと考えられる。一方、B 教室の PMV を見ると、室内環境が安定してからは、ほとんど 0 付近を推移している。

3.2. 温度分布

図 7, 8 に A 教室と B 教室それぞれの温度分布図を示す。A 教室は、外からの顕熱の影響で窓側及び正面側の室温が高い傾向があることに加え、それ以外にも温度の偏りが見られる。中央 2 列の机や最も窓から離れた列に温度の低い部分 (22.4℃～23.2℃) が見られる。これは空調システムに起因する温度ムラと考えられる。室温を満足した時に FCU のみ給気温度の上昇や運転停止が為されるため、FCU 直下、外調機直下、どちらでもない位置という吹き出し口との位置関係の違いにより温度ムラが発生しやすくなっている。また、教室後方において前方

表 3 設定条件

講義室	機器	制御対象	設定温度(°C)	設定湿度(%)
A教室	外調機	給気温度	16	-
	FCU	室内温度	26	50
B教室	空調機	室内温度	26	50

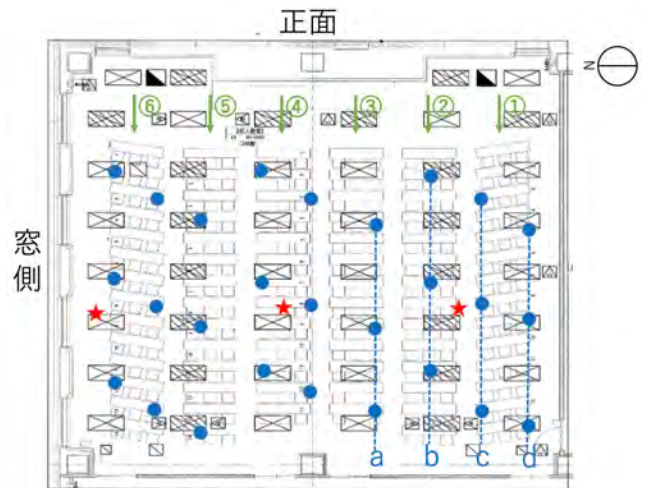


図 3 講義室平面図 (A 教室)



図 4 講義室平面図 (B 教室)

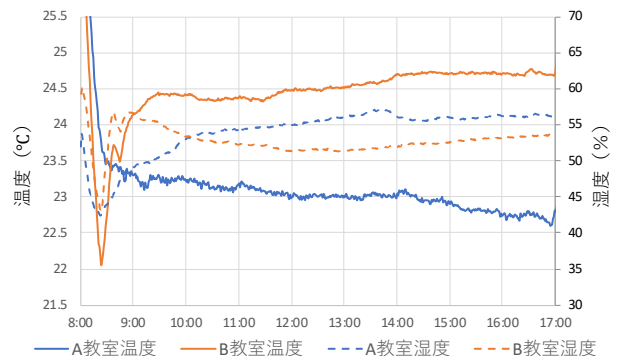


図 5 温湿度の経時変化

よりも温度が低くなる理由に関しても同様である。前方は FCU の吹き出し口が多く配置されており、この FCU の系統も室温が下がるにつれて給気温度上昇あるいは運転停止しているが、後方では外調機からの給気が維持されているためである。図 7 右下の部分は少し温度が高くなっているが (23.6°C)、これは出入り口の近くであるためと考えられる。

図 8 に示す B 教室の温度分布に関しては、一貫して窓側が最も高く、建物内部側に向かって温度が低くなる傾向を示した。室内の温度ムラの幅は A 教室よりも小さくなっている。B 教室では空調システムからの給気温湿度が均一であるため、窓付近における顕熱負荷の影響が顕著に現れたと考えられる。また、A 教室は北側が窓面であるのに対し、B 教室は南側が窓面であることも大きな原因の一つと考えられる。

両講義室の上記の特徴を細かく見る。図 9 は A 教室について、一部の温度推移を示している。図 3 に示す a, b, c, d の熱電対グループの平均値をそれぞれ用いている。FCU は 13°C で給気できるため、空調開始直後は FCU 直下に位置する b が若干低い温度を示す。10 時前までは 4 グループとも同じような温度で推移するが、それ以降は b, c の温度が高く、a が最も低くなる。10 時前に、b グループの直上にある FCU の系統が運転を停止したと考えられる。その結果、外調機の吹き出し口に近いところほど低い温度を記録している。

図 10 は B 教室の温度推移を示している。図 4 に示す e, f, g の熱電対グループの平均値をそれぞれ用いている。図 8 で見た通り、窓に近づくほど温度が高くなっている。講義室の両端である e と g では常に 1°C 程度の差がある。

以上の結果は、潜顕分離処理後混合吹き出しシステムが潜顕分離処理システムと比べて温度ムラを生じにくいシステムであると言う予測と合致している。一方で、潜顕分離処理後混合吹き出しシステム 1 系統のみで空調を行う場合、ペリメータにおける顕熱の影響が室内環境に反映されやすいことが示唆される。

3.3. 表面温度分布

図 11, 12 はそれぞれ A 教室と B 教室の机上面を、図 3, 4 中の①～⑥で示すサーモカメラによって正面側から撮影したものである。配色の温度帯は異なるが、上限値と下限値の差は共に 3°C としている。A 教室は窓付近における顕熱の影響を受け、窓側に高い温度を示す色が分布している。①～④を見ると①③④には青色の部分が見られ、これに比べて②は高い温度を示している。これは前述した、空調システムによる温度ムラが原因と考えられ

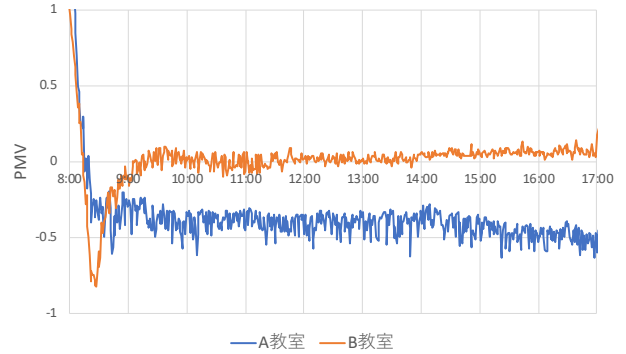


図 6 PMV の経時変化

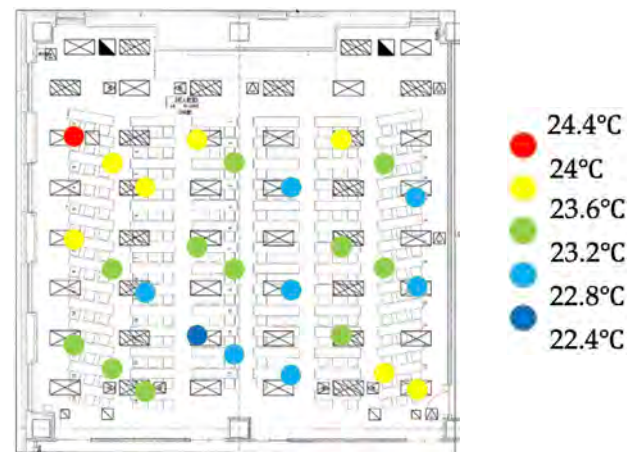


図 7 A 教室温度分布図 (8/5 13:00~16:30 平均)

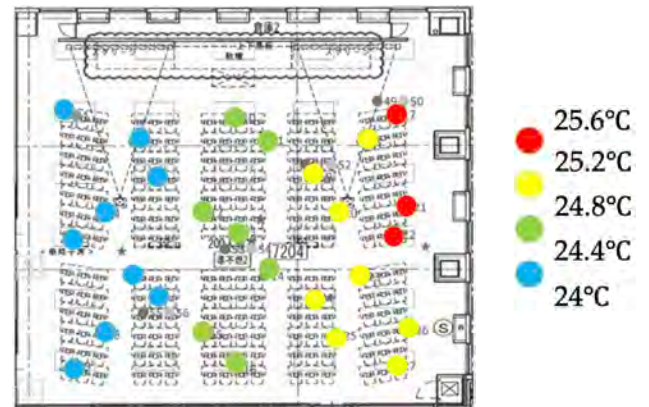


図 8 B 教室温度分布図 (7/29 13:00~16:30 平均)

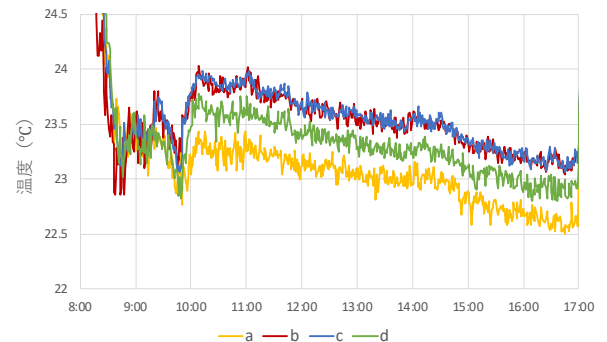


図 9 A 教室内温度推移 (8/5)

る。FCUの直下である②に対し、外調機直下に位置する①③④は常に冷却されており、低い温度を示す部分がある。また、後方に多く青色の部分が見られるなど、列ごとに見ても温度ムラが生じていることが分かる。

B教室は列ごとに見ると、机上面にほとんど温度ムラがなく均一であることを示す。しかしながら全体を見ると①から⑤にかけて赤色から青色へと移り変わっている。

A教室、B教室共にサーモカメラの画像は、熱電対から得られた結果と類似している。これらは潜顕分離処理後混合吹き出しシステムが、室内で温度ムラを生じにくいシステムである一方で、ペリメータにおいては顕熱の影響が顕著に現れやすいことを示すものである。

4. まとめ

本研究では、大学施設において、潜顕分離処理システムを備えたA教室と潜顕分離処理後混合吹き出しシステムを備えたB教室を対象とした冷房時の温熱環境計測を行い、次のような結果を得た。

- (1) 学生不在であったため、両講義室の温度は設定温度を下回った。A教室の温度は空調停止まで下がり続けた。
- (2) A教室のPMVは-0.5を下回る場合があり、B教室のPMVは0付近で安定していた。
- (3) A教室に比べ、B教室は空調システムに起因する温度ムラが生じにくいことが示唆された。一方でB教室では、均一な吹き出し温度であるため、ペリメータにおける顕熱の影響が顕著に見られた。

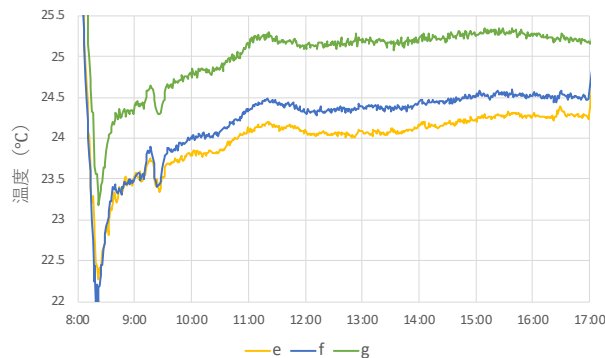


図10 B教室内温度推移(7/29)

(4) サーモカメラによる机上の表面温度についても室温分布と同様の傾向を示した。

以上の結果から、潜顕分離処理後混合吹き出しシステムが温度ムラの改善に有効な可能性が示唆された。ペリメータゾーンを考慮して、吹き出し風量に違いを持たせるなどの対応を行うことで、本システムは更に良質な環境を提供できると考えられる。

謝辞 本研究を行うにあたり愛知学院大学、株式会社大建設計、株式会社シーエナジー、木村工機株式会社より大きなご協力を頂いた。記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1)丸山 茜, 齋藤 輝幸, 飯塚 悟, 奥宮 正哉: 都市型エコキャンパスのエネルギー・環境性能の検証(第2報)全空気式誘引放射整流空調を導入した講義室の快適性評価, 空気調和・衛生工学会大会, pp.353-356, 2015
- 2)丸山 茜, 齋藤 輝幸: 全空気式誘引放射整流空調による講義室暖房時の快適性評価, 第39回人間-生活環境系シンポジウム報告集, pp.33-36, 2015-11-20

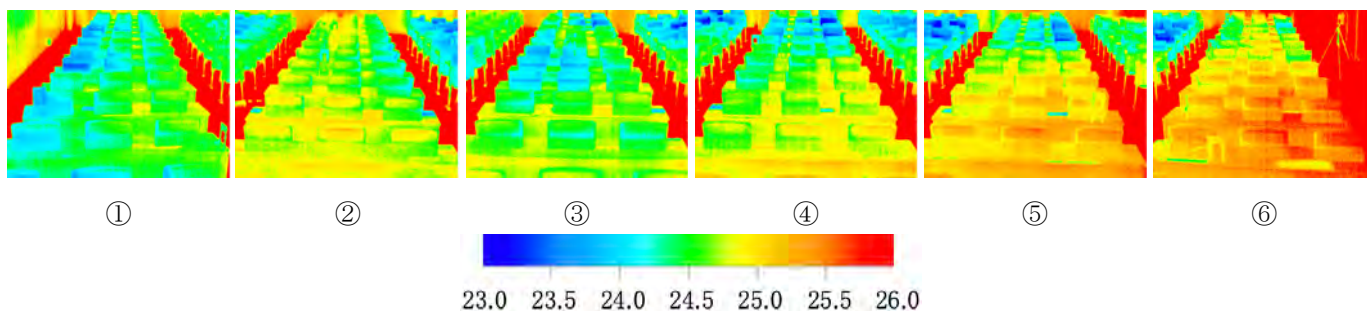


図11 サーモカメラ A教室机上面(8/4 16:30)

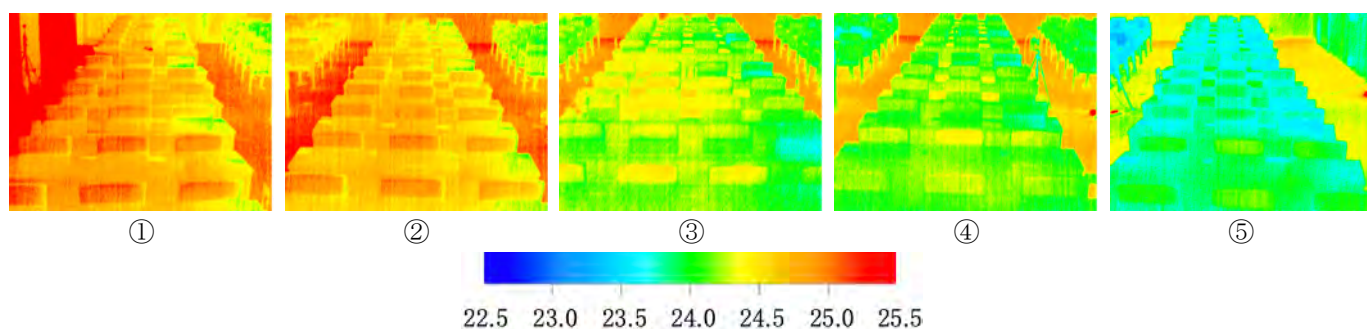


図12 サーモカメラ B教室机上面(7/29 11:00)