

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

Commissioning of performance on Energy and Environment of Urban Style Eco-Campus Part2 Evaluation of Thermal Comfort under All-air Induction Radiant Air-conditioning System in a Lecture Room

学生会員 ○丸山 茜 (名古屋大学) 技術フェロー 齋藤 輝幸 (名古屋大学)
正会員 飯塚 悟 (名古屋大学) 技術フェロー 奥宮 正哉 (名古屋大学)
Akane MARUYAMA*¹ Teruyuki SAITO*¹ Satoru IIZUKA*¹ Masaya OKUMIYA*¹

*¹ Nagoya University

We investigated psychological responses of students and thermal environment in a lecture room with all-air induction radiant air-conditioning system in summer. The results show that the rate of vote in hot and uncomfortable side decreased, although room temperature rose 0.8-1.4°C for 90 minutes of a class. The rate of vote in the appropriate side becomes more than 70% if the room temperature is controlled from 24 to 26°C in the morning classes and is controlled from 25.5 to 26.5°C in the afternoon classes.

1. 研究背景

近年、地球温暖化が問題となっており、温室効果ガス排出量の削減のため、省エネルギー対策が推奨されている。大学施設においても例外ではなく、冷暖房の空調エネルギー削減として、夏場は高め、冬場は低めと控えめに温度を設定する等、様々な省エネルギーの取り組みが行われている。一方、教育施設である以上、第1報で触れたように良質な学修環境の提供が必要であり、石井ら¹⁾は冷房設備設置後の教室における温熱環境の満足度から、暑熱環境に対する閾値はSET*27.1°Cと推定している。

本報では、誘引放射整流空調設備を導入した講義室に関する研究が少ないことから、短時間に大勢の人の出入りによる室内の急激な変化に対して空調システムが追従できるかどうか、また室内環境が良好に保たれているかどうかについて調査を行い、その分析結果を報告する。

2. 実験概要

2014年7月9日、15日、9月17日、23日の4日間において、温熱環境計測及び学生を対象に心理評価実験を行った。4日間の温度条件及び学生数を表1に示す。た

だし、湿度は成り行きとし、申告のタイミングは授業進行の妨げとならないように授業開始時と終了時の2回とした。講義室(定員246名、17.2m×16.8m×高さ3.2m)内の測定位置、測定項目をそれぞれ図1、表2に示す。

表1 実験条件

日時	7月		9月	
	9日	15日	17日	23日
	3限	1限	3限	1限
空調機設定温度(°C)	26	26	26	26
外調機給気温度(°C)	13	13	16	16
学生数(人)	170	88	176	96



図1 測定位置

表2 測定項目

高さ [mm]	A	B	C	D	E	
3200	—	—	—	—	温度	空調機
1800	—	—	温湿度	—	—	給気
1200	—	—	温度	—	—	還気
800	—	—	—	AM-101	—	外調機
600	温度	温湿度	温湿度	—	—	給気
200	温度	温度	温度	—	—	還気

3. 実験結果

3.1. 物理量

床上 600mm で測定した室温と相対湿度の関係を図 2 に示す。塗りつぶしマークは授業開始時、白抜きマークは授業終了時の前後 5 分間の測定値を示す。各実験日の室温について、授業開始から終了までの 90 分間で約 0.8~1.4℃上昇している。また、9 月 17 日を除く 3 日間の相対湿度は 50~60%の間で推移している。

図 3 に室温と平均放射温度の関係を示す。室温及び平均放射温度は AM-101 による測定値の授業開始時、終了時の 5 分間平均値である。4 日間とも室温と平均放射温度はほぼ同じ値であることが分かる。

図 4 に講義室中央における上下温度分布を示す。実線は授業開始時、点線は授業終了時の前後 5 分間の平均値を示す。7 月 15 日の床上 1200mm が他の高さ比べてやや低いが、4 日間とも上下温度差は 1℃以内となっており、安定した温熱環境であったことが分かる。

図 5 に 7 月 15 日の床上 600mm の高さにおける水平面温度分布を示す。左図は授業開始時、右図は授業終了時の前後 5 分間の平均値を示す。右図の授業終了時について、講義室中央の後方部(廊下側)の温度がやや高くなっているが、この周辺に多くの学生が座っていたため、その影響であると考えられる。

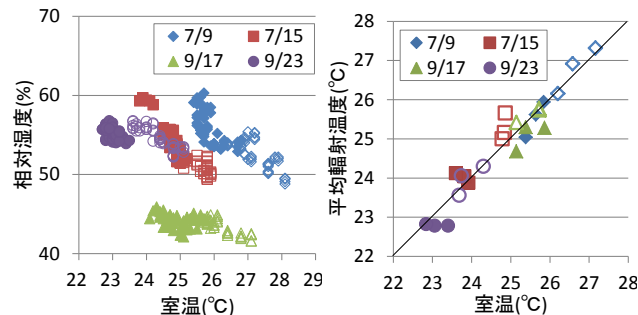


図 2 室温×相対湿度

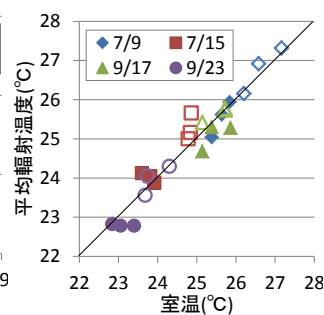


図 3 室温×平均放射温度

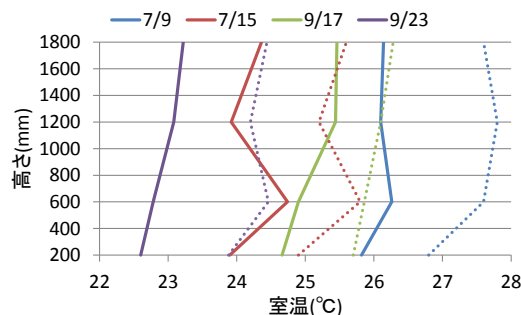


図 4 上下温度分布 (講義室中央)

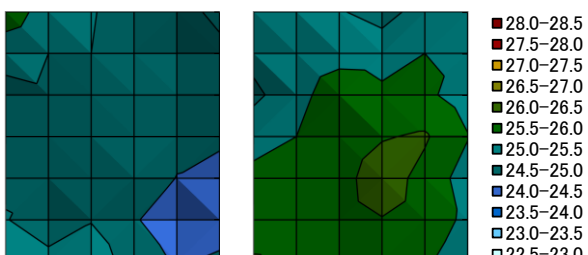


図 5 水平面温度分布 (左: 授業開始時、右: 授業終了時)

3.2. 心理量

3.2.1. 心理申告の変化

図 6~8 は心理申告 (寒暑感、涼暖感、快適感) の結果である。

図 6、7 の寒暑感、涼暖感について、4 日間とも授業終了時は開始時に比べて、暑い、暖かい側の申告率が少なく、寒い側の申告率がやや多くなる傾向があり、涼しい側の申告率はほとんど変化していない。また授業終了時において「暑い、非常に暑い」の申告率は多い日でも約 11%となっている。

図 8 の快適感について、授業終了時は開始時に比べて、不快側の申告率が常に少なくなる傾向があり、授業終了時点で「非常に快適、快適、やや快適、どちらでもない」を合わせた申告率はいずれの実験日においても 80%以上となっている。

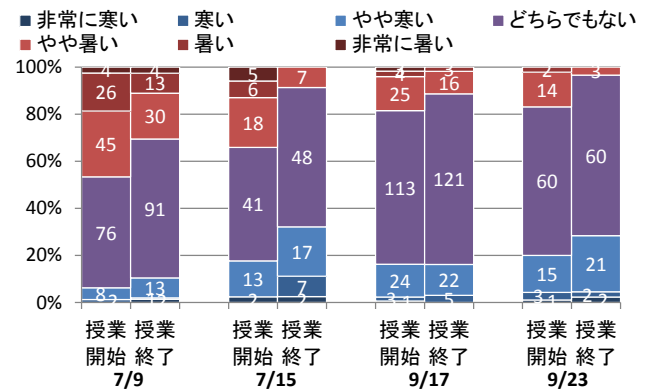


図 6 寒暑感の変化

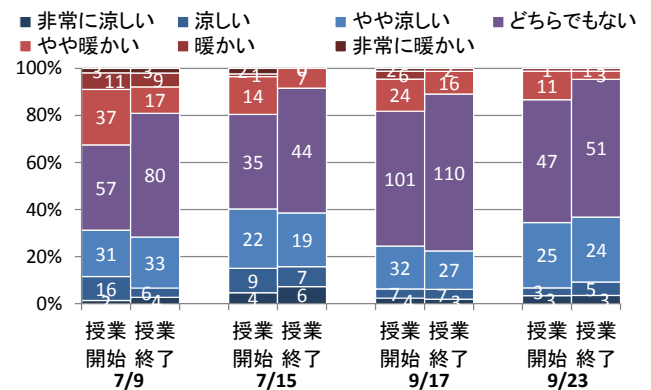


図 7 涼暖感の変化

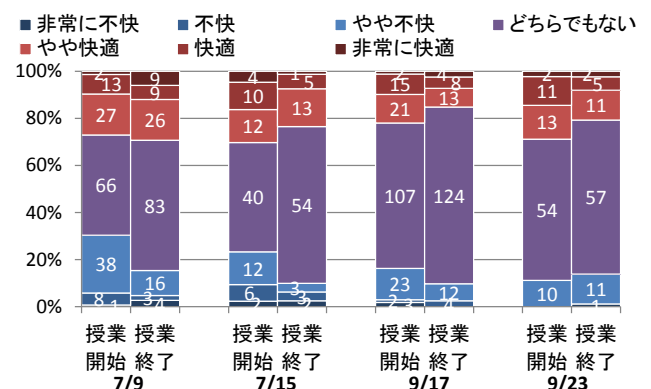


図 8 快適感の変化

3.2.2. 時間帯別分析

図9～13は1限(9:30～11:00)に実施した7月15日、9月23日、図14～18は3限(13:30～15:00)に実施した7月9日、9月17日の各2日間における室温と満足感*¹、室温希望、適切度*²の関係である。講義室内を縦3×横3の9つに分け(図1参照)、各区画内の床上600mmにおける5分間平均室温を用いて、その区画内に着席していた学生の申告結果を0.5℃刻みで集計し、各温度帯別に申告の比率を求めている。図13、18では授業終了時の室温を用いた。図中の数字は各温度帯における申告数である。

1) 1限(9:30-11:00)

図9、10の室温と満足感の関係について、授業開始時は室温が24～24.5と25.5℃、授業終了時は23.5℃の温度帯を除くと満足側の申告率が70%以上となり、授業開始、終了時とも「不満」と申告した学生はほとんどおらず、申告が多かった温度帯においても10%未満となっている。

図11、12の室温と室温希望の関係について、授業開始時はどの温度帯においても「上げてほしい」と申告した学生が一定数いる一方で、授業開始直前に教室へはいる学生がいたためか、室温が23℃の温度帯においても「下げてほしい」の申告率が20%を超えている。授業終了時は申告数の少ない23.5℃の温度帯を除けば「変えなくてよい」の申告率は常に80%近くを占めている。

図13の室温と適切度の関係について、室温が23.5℃の温度帯を除けば適切側の申告率が常に70%以上、「適切」の申告率は常に10%以上となっており、「不適切」と申告した学生はほとんどいない。

2日間とも学生数が少なく室内負荷が少なかった影響からか、授業開始から終了までほぼ外調機の稼働のみで空調機の設定温度である26℃よりも低い室温となった。授業開始時では、室温が23℃の温度帯で「下げてほしい」、「上げてほしい」と申告する学生が混在する等、同じ室温でも感じ方に差が生じている。一方で、授業終了時には開始時に比べて室温が1℃近く上昇しているものの、「下げてほしい」と申告した学生数はむしろ減少し、23.5℃の温度帯を除けば「満足」の申告が10～40%を占める結果となった。

2) 3限(13:30～15:00)

図14、15の室温と満足感の関係について、授業開始時は室温が高いほど不満側の申告率が高く、また「満足」の申告率が低くなる傾向がある。授業終了時は室温が25.5～27℃の温度帯では満足側の申告率が65%を超えており、「満足」の申告率が約10～20%を占めている。27.5℃の温度帯では「不満」の申告率が10%を超えている。

*¹ 「あなたは今の温湿度環境に満足していますか」に対し、「不満」「どちらかという不満」「どちらかという満足」「満足」の4段階で評価

*² 「総合的に考えてこの部屋の温湿度は適切な学修環境と思いますか」に対し、「不適切」「どちらかという不適切」「どちらかという適切」「適切」の4段階で、授業終了時に評価

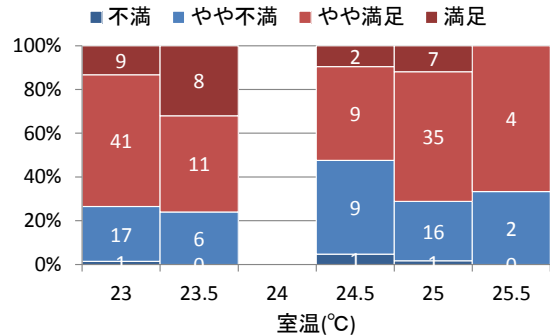


図9 室温×満足感 (授業開始時)

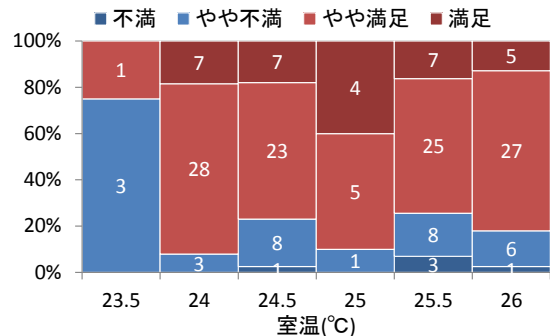


図10 室温×満足感 (授業終了時)

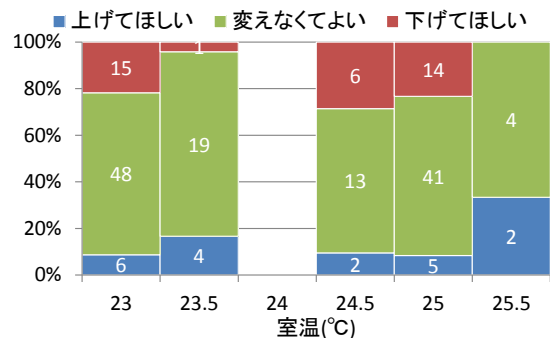


図11 室温×室温希望 (授業開始時)

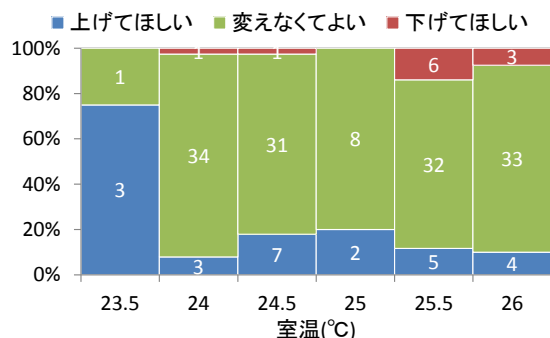


図12 室温×室温希望 (授業終了時)

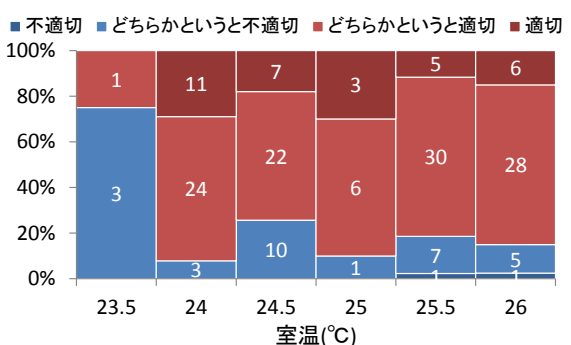


図13 室温×適切度 (授業終了時)

図 16, 17 の室温と室温希望の関係について、授業開始、終了時ともに室温が高い程、「下げてほしい」の申告率が高く、「上げてほしい」の申告率が低い傾向がある。授業開始時では 25.5~26.5℃の温度帯で「下げてほしい」の申告率が 35%を超えている。

図 18 の室温と適切度の関係について、室温が 25.5~27℃の温度帯では適切側の申告率が 70%以上、「適切」の申告率は約 10%以上を占めており、「不適切」と申告した学生はほとんどいないことが分かる。

9月17日は外気温がやや低かったためかほぼ外調機のみ稼動、7月9日は外調機に加え空調機も全て稼動していた。授業開始時は 24.5~25℃の温度帯で満足側、室温を「変えなくてよい」の申告率が 70%以上を占め、授業終了時は 25.5~26.5℃の温度帯で満足側、室温を「変えなくてよい」、適切側の申告率がいずれも 70%以上を占めている。

4. まとめ

本報では、全空気式誘引放射整流空調設備を導入した講義室において、空調システムの制御が負荷変動に対して追従できているか、室内環境が良好に保たれているかを検討するために先生方及び学生の皆様に協力をいただいてアンケート調査を実施し、以下の結果を得た。

- (1) 講義室内で床上 600mm における室温は授業開始から終了までの 90 分間で約 0.8~1.4℃上昇しており、また床上 200~1800mm の上下温度は授業開始、終了時ともに 1℃以内の差となっている。
- (2) 授業開始時に比べて終了時では、暑い、暖かい、不快側の申告率が少なくなる傾向がある。授業終了時点で「暑い、非常に暑い」の申告率は多い日でも約 11%、「非常に快適~どちらでもない」の申告率は 80%以上である。
- (3) 1 限では、授業開始時の室温希望は同じ室温でも「上げてほしい」「下げてほしい」の申告が混在しやすい。授業終了時では 24~26℃の温度帯において満足側、適切側の申告率が 70%以上を占める。
- (4) 3 限では、授業開始時は 24.5~25℃の温度帯、授業終了時は 25.5~26.5℃の温度帯で満足側、室温を「変えなくてよい」の申告率が 70%以上を占めており、適切側の申告率も 70%以上を占める。

参考文献

1) 石井 仁, 蔵澄 美仁, 深川 健太, 平松 正太郎: 冷房設備設置による普通教室の熱的快適性の変化, 日本建築学会環境系論文集, 第 73 巻, 第 623 号, 23-29, 2008

謝辞

本実験を行った大学キャンパスは国土交通省「平成 24 年度第 1 回住宅・建築物省 CO₂ 先導事業」に採択されたものである。実運用下における検証を行うにあたり愛知学院大学及び株式会社大建設、木村工機株式会社、株式会社シーエナジー、日本管財株式会社より大きなご協力を頂いた。実験実施にあたり森健斗氏(名古屋大学大学院博士前期課程 2 年)の協力を得、また多くの方に実験に参加頂いた。記して感謝の意を表す。

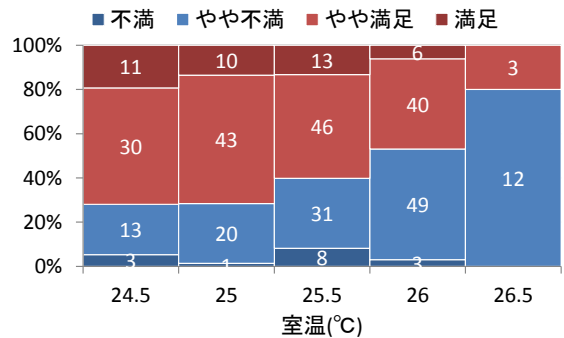


図 14 室温×満足感 (授業開始時)

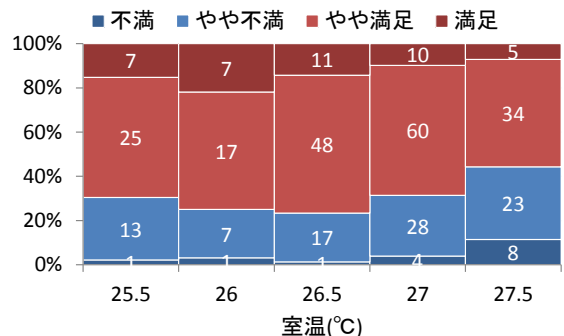


図 15 室温×満足感 (授業終了時)

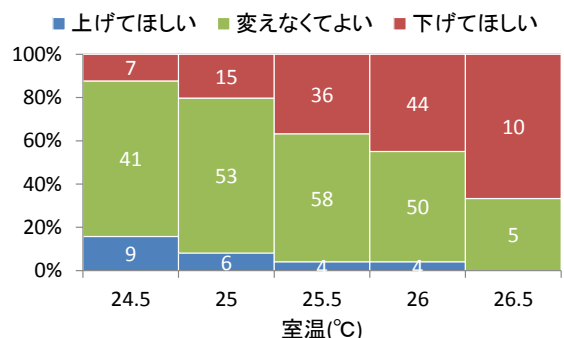


図 16 室温×室温希望 (授業開始時)

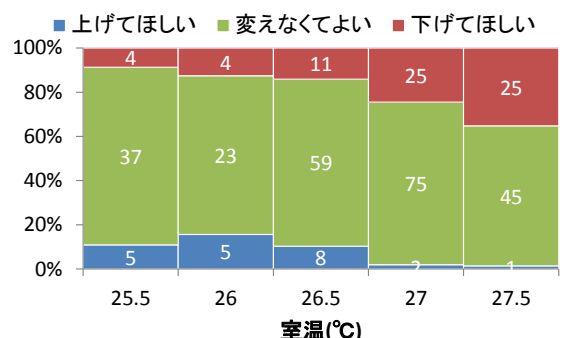


図 17 室温×室温希望 (授業終了時)

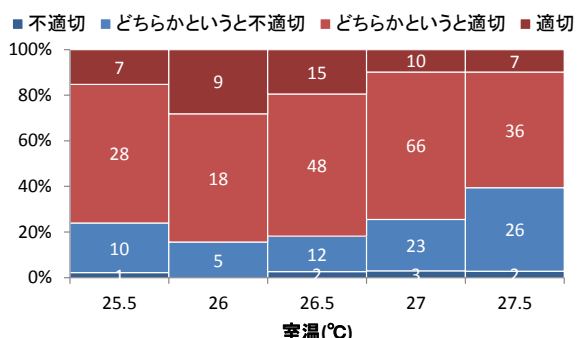


図 18 室温×適切度 (授業終了時)