

# 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

丸山 茜<sup>1)</sup>, 齋藤 輝幸<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>名古屋大学大学院環境学研究科大学院生,

<sup>2)</sup>名古屋大学大学院環境学研究科准教授・博士(工学)

## Evaluation of Thermal Comfort in a Lecture Room Heating with All-air Induction Radiant Air-conditioning System

MARUYAMA Akane<sup>1)</sup>, SAITO Teruyuki<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate Student, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ.,

<sup>2)</sup> Assoc.Prof., Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

**Abstract:** We investigated psychological responses of students in a lecture room to examine whether indoor environment was kept well with all-air induction radiant air-conditioning system in winter. We carried out the questioner survey twice at the start and end of lecture to avoid disturbing the lecture. The results showed that the ratio of the comfortable side ("Neutral" - "very comfortable") was more than 80% at the end of lecture, although the room temperature at 600mm above the floor rose 2.0-3.4°C in 90 minutes from the lecture start to end. Also, from the relationship between SET\* and psychological responses (satisfied, appropriate and comfortable sensation), it was suggested that more than 70% of students felt the condition of lecture room appropriate as the learning environment, if the room temperature would be controlled as SET\* targeted 25.2°C and 26.8°C at the start of 1st class and 3rd class, respectively.

**Key words:** Induction Radiant Air-conditioning system, Thermal Sensation, Thermal Comfort, Lecture Room, SET\*

**要旨:** 冬期において、全空気式誘引放射整流空調設備を導入した講義室にて、室内環境が良好に保たれているかどうかを検討するため、学生に対してアンケート調査を実施し、暖房時の心理的応答を調査した。申告のタイミングは講義進行の妨げとならないように講義開始時と終了時の2回のみとした。結果、講義室内で床上600mmにおける室温は講義開始から終了までの90分間で2.0~3.4°C上昇するものの、講義終了時点で快適側(「どちらでもない~非常に快適」)の申告率は80%以上であった。また、SET\*と心理申告(満足感、適切度、快適感)の関係から、1限、3限開始時にSET\*の目標値をそれぞれ25.2、26.8°Cとなるように温度設定を行えば、70%以上の学生が学修環境として適切とする可能性が示唆された。

**キーワード:** 誘引放射空調、温冷感、熱的快適性、講義室、SET\*

### 1. はじめに

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、空調エネルギー削減として、控えめに冷暖房の温度を設定する等、様々な省エネルギー対策が行われている。一方で教育施設である以上、良質な学修環境の提供が必要である。佐伯ら(2014)はアンケート結果から、年間を通して学習に最も影響を与える環境は温熱環境であるとしている。また、橋本ら(2010)は10~12月の期間において、教室における快適温度、受容温度は室温23~25°Cの範囲としている。

全空気式誘引放射整流空調設備に関する筆者らの研究では、これまで亘ら(2013)や筆者ら(2014)が隣室や屋

外から同空調設備を導入した執務室へ移動した後の生理的及び心理的応答について調査し、一般的なパッケージエアコンによる結果と比較してその特徴を明らかにした。また、筆者ら(2014, 2015)が同空調設備を導入した病室を模擬した実験室における生理的及び心理的応答に関する調査を行ってきた。しかし、多数の利用者が一斉に出入りする講義室に全空気式誘引放射整流空調設備を導入した場合の快適性評価に関する研究は少なく、学修環境として室内環境が良好に保たれているかどうかについて詳細に検討する必要がある。そこで、同空調設備を導入した大学講義室において環境計測及び心理的応答を調査することとした。筆者ら(2015)は既に夏期における分析を行っており、本報では冬期における分析結果を報告する。

## 2. 方法

2014年12月2、3、16、17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日間の設定温度条件及び学生数を表1に示す。ただし、表中の学生数は回収したアンケート用紙の枚数を指す。また、申告のタイミングは講義進行の妨げとならないように講義開始時と終了時の2回のみとした。講義室(定員246名、17.2m×16.8m×高さ3.2m)内の測定位置及び測定項目をそれぞれ図1、表2に示す。測定間隔はいずれも1分間隔とした。

表1 実験条件

日時	12月			
	2日	3日	16日	17日
	1限	3限	1限	3限
FCU設定温度(°C)	21	21	24	24
外調機給気温度(°C)	22	22	24	24
外調機給気湿度(%RH)	45	45	40	40
学生数(人)	61	160	66	152

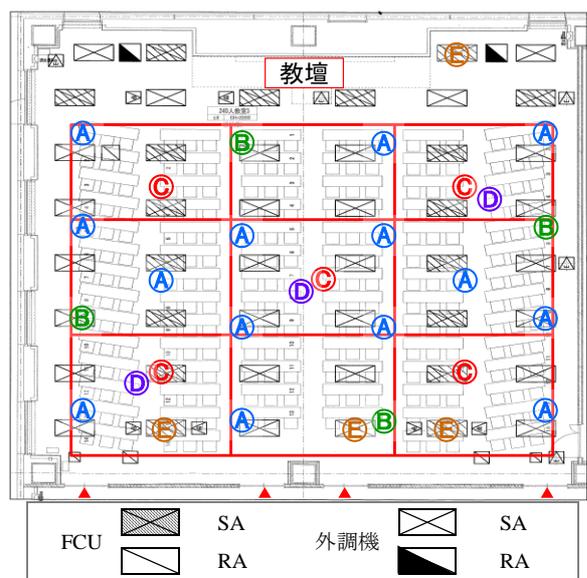


図1 測定位置

表2 測定項目

高さ [mm]	A	B	C	D	E
3200	—	—	—	—	温度
1800	—	—	温湿度	—	—
1200	—	—	温度	—	—
800	—	—	—	PMV等	—
600	温度	温湿度	温湿度	—	—
200	温度	温度	温度	—	—

温度：サーモクロン(KNラボラトリーズ)

温湿度：ハイグロクロン(KNラボラトリーズ)

PMV等：AM-101(京都電子)

## 3. 結果

### 3.1 物理量

図2に屋外温熱環境状態として、各実験日別に講義時間帯における屋外の気温と相対湿度を示す。外気温は12月2日、3日は7~11°C、16日、17日は3~5°Cの間を推移しており、相対湿度は12月16日を除いた3日間がおおよそ20~40%の間を推移していたことが分かる。4日間の内、12月16日のみ雨であった。

図3に床上600mmで測定した室温と相対湿度の関係を示す。塗りつぶしマークは講義開始、白抜きマークは講義終了前後の5分間の測定値を示す。各実験日の室温について、講義開始から終了までの90分間で2.0~3.4°C上昇し、相対湿度は5%程低下している。

図4に室温と平均放射温度の関係を示す。室温は床上600mmにおける測定値、平均放射温度はその近傍に設置したPMV計による測定値の講義開始時、終了時の5分間平均値である。4日間とも室温より平均放射温度の方がやや高めている。

図5に講義室中央における上下温度分布を示す。実線は講義開始、点線は講義終了前後の5分間の平均値である。床上200mmと床上1200mmの間で、開始時は1.3~2.0°C、終了時は1.6~2.4°Cの温度差が生じている。

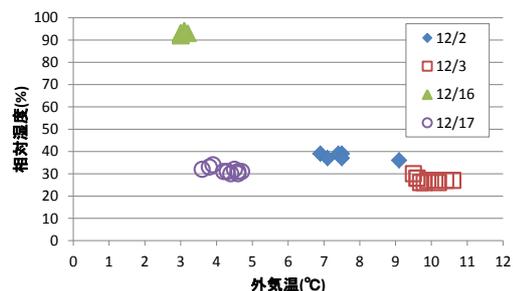


図2 屋外温熱環境

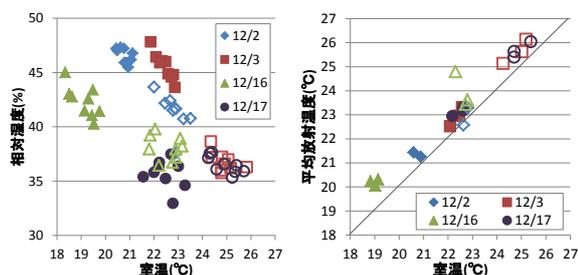


図3 室温×相対湿度

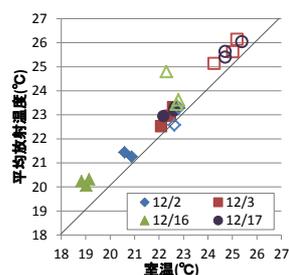


図4 室温×平均放射温度

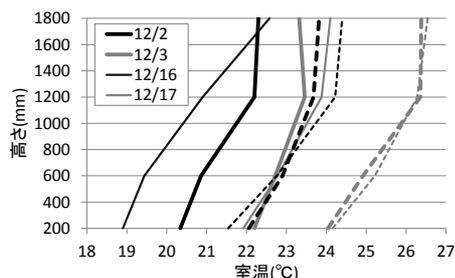


図5 上下温度分布(講義室中央)

### 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。図中の数字は申告数を示す。

図 6 の寒暑感について、暑い側の申告率は講義開始時と終了時であまり変化していない。12月2日を除くと講義終了時は開始時に比べて、寒い側の申告率が少なくなる傾向がある。

図 7 の涼暖感について、講義終了時は開始時に比べて、暖かい側の申告率が少なくなる傾向がある。涼しい側の申告率は常に少なく、20%以下となっている。

図 8 の快適感について、講義終了時は開始時に比べて、不快側の申告率が少なくなる傾向があり、講義終了時点で「どちらでもない」「やや快適」「快適」「非常に快適」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。

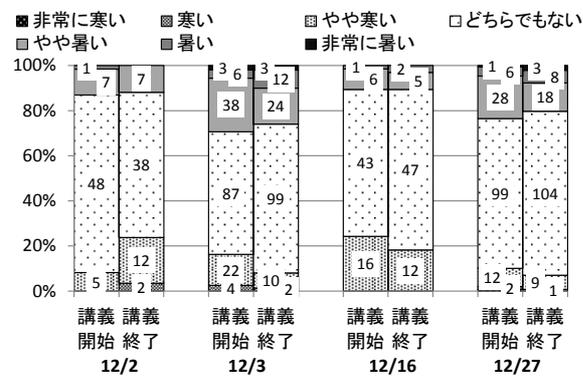


図 6 寒暑感の変化

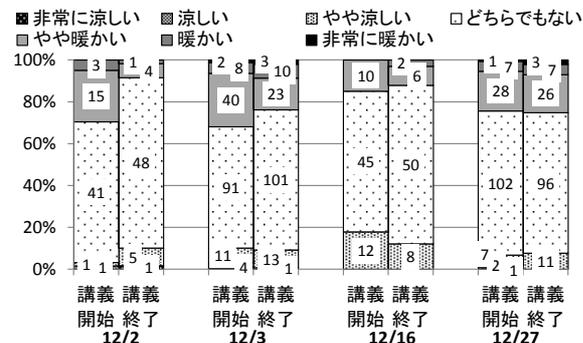


図 7 涼暖感の変化

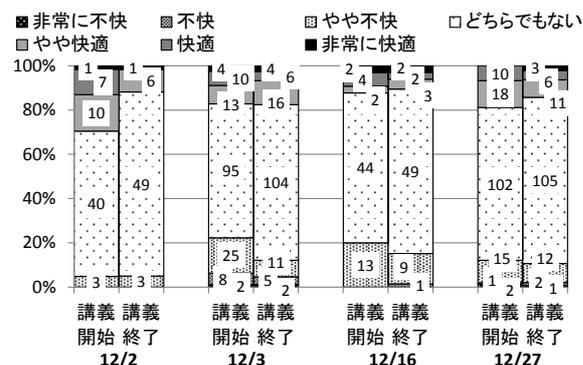


図 8 快適感の変化

#### 3.2.2 SET\*×心理申告

図 9~11 は SET\*と心理申告(満足感、適切度、快適感)の関係を示しており、1限、3限別に凡例分けしている。講義室内を縦3×横3の9つに分け(図1参照)、各区画内の SET\*を用いて、その区画内に着席していた学生の満足感、適切度、快適感について好ましい評価(「どちらかという満足、満足」、「どちらかという適切、適切」、「どちらでもない、やや快適、快適、非常に快適」)を 0.2℃刻みで集計し、申告の比率を求めている。ここで、PMV 計で測定した SET\*と区画内の床上 600mm における室温の平均値の関係は日時が異なっても直線的な関係(R<sup>2</sup>=0.97)が得られたことから、PMV 計を設置していなかった区画における SET\*はその区画内の床上 600mm の室温の平均値から推測している。また、集計した際に学生数が 10 人に満たなかった場合は、分析から除外している。SET\*の算出にあたっては着衣量と代謝量をそれぞれ 1.0clo と 1.2met とした。

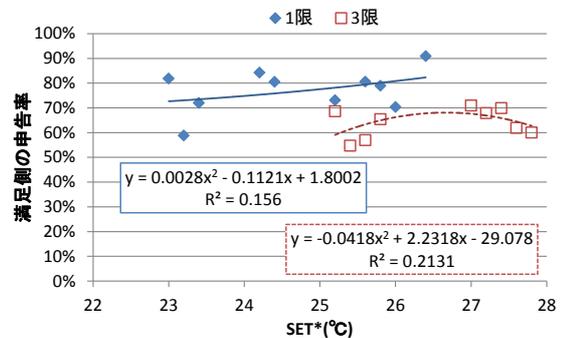


図 9 SET\*×満足感

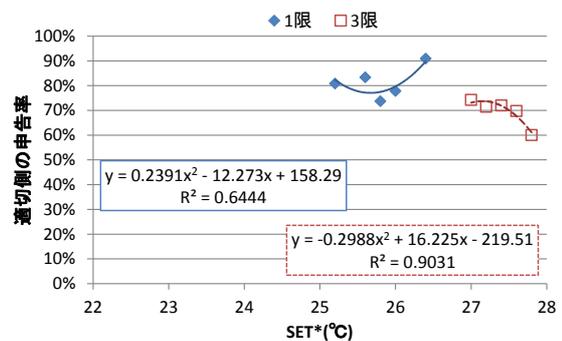


図 10 SET\*×適切度

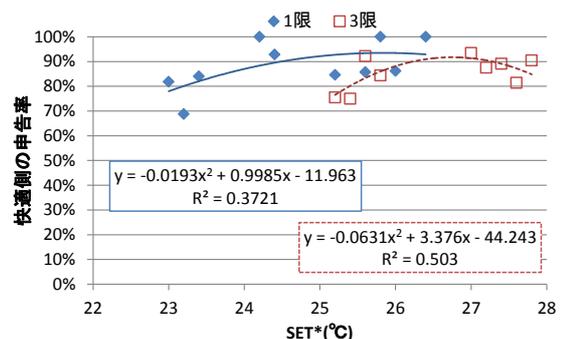


図 11 SET\*×快適感

ASHRAE standard 55 を参考に判断基準を 80%とすると、図 9～11 のグラフにおいて申告率が 80%を超える SET\*の範囲は表 3 に示す通りとなる。1 限、3 限について快適側の申告率が 80%を超えた SET\*の範囲は、それぞれ 23.1～28.7℃、25.4～28.1℃となった。しかしながら、満足感や適切度について 80%を超える SET\*の範囲を得ることは困難であると考えられる。

そこで表 4 では、申告率が 70%を超えた SET\*の範囲を示した。ただし、1 限の満足感と適切度については、申告率が 70%を超えていたものの近似曲線が下に凸の形となったため、集計で得られた SET\*の範囲内を上下限として示している。表 4 に示す通り、1 限について満足側、適切側、快適側の申告率が全て 70%を超えた SET\*の範囲は 25.2～26.4℃、3 限について適切側、快適側の 2 つの申告率が 70%を超えた SET\*の範囲は 26.8～27.6℃となった。

表 3 80%を超えた SET\*の範囲

	満足側	適切側	快適側
1 限	～(26.4)	—	23.1～28.7
3 限	—	—	25.4～28.1

表 4 70%を超えた SET\*の範囲

	満足側	適切側	快適側
1 限	(23.0～26.4)	(25.2～26.4)	22.3～29.5
3 限	—	26.8～27.6	24.9～28.6

#### 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、室内が学修環境として良好に保たれているかを検討するために講義開始時及び終了時に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 における室温は講義開始から終了までの 90 分間で 2.0～3.4℃上昇しており、また床上 200～1200mm の上下温度差は講義開始、終了時においてそれぞれ最大 2.0℃、2.4℃の差が生じていた。
- (2) 講義終了時点で「非常に快適～どちらでもない」の申告率は 80%以上であった。
- (3) 1 限について満足側、適切側、快適側の申告率が全て 70%を超えた SET\*の範囲は 25.2～26.4℃、3 限について適切側、快適側の申告率が 2 つとも 70%を超えた SET\*の範囲は 26.8～27.6℃となった。

以上の結果から、90 分間の講義中に室温は上昇する傾向にあるが、1 限、3 限開始時の SET\*の目標値としてそれぞれ 25.2、26.8℃となるように温度設定を行えば、70%以上の学生が学修環境として適切とする可能性が示唆された。

**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計、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。また、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）の協力を得るとともに、多くの方に実験に参加頂いた。記して感謝の意を表す。

#### 5. 文献

- 佐伯 恭輔, 宋 城基: 大学講義室における室内環境と学習に関する研究, 日本建築学会中国支部研究報告集, 第 37 巻, pp.349-352, 2014
- 橋本 裕二郎, 中野 淳太: 教室における学生の環境適応行動に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集, pp563-564, 2010
- 岡 寒月, 齋藤 輝幸, 久野 覚: 夏期における全空気式誘引放射空調の評価に関する研究, 空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集, 第 14 号, pp.9-12, 2013
- 丸山 茜, 齋藤 輝幸: 夏期屋外から入室後における全空気式誘引放射空調の熱的快適性評価に関する研究 その 1, その 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 環境工学 II, pp.461-464, 2014
- 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, 空気調和・衛生工学会大会, pp.169-172, 2014
- 丸山 茜, 齋藤 輝幸: 冬期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, 人間-生活環境系シンポジウム報告集 38, pp.213-216, 2014
- 丸山 茜, 齋藤 輝幸: 夏期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, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 II, pp.339-340, 2015
- 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, pp353-356, 2015

#### <連絡先>

連絡先氏名: 丸山 茜  
 住所: 愛知県名古屋市千種区不老町  
 所属: 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻  
 博士前期課程 2 年 齋藤研究室  
 E-mail アドレス: maruyama.akane@d.mbox.nagoya-u.ac.jp