

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 A study on the evaluation of thermal comfort under all-air induction radiant air-conditioning system after entering a room from outdoors in summer

非会員 ○丸山茜(名古屋大学)

技術フェロー 齋藤輝幸(名古屋大学)

1. 研究目的・背景

対流方式の空調で問題となりやすい不快な気流の解消、室内温度ムラの緩和、さらに快適性の向上が期待できる全空気式誘引放射空調方式(以下、放射ユニット)が開発、導入されており、Yanらは隣室から移動後の快適性の評価を行っている¹⁾²⁾。一方、近年女性の社会進出が目覚ましいことから、オフィスにおいて女性が働きやすい環境となるように室内の温熱環境の改善や設定条件等を再検討する必要がある。そこで本報では、放射ユニットをオフィス等へ設置する際の参考とするため、被験者が屋外から室内へ移動した後の心理量及び生理量の経時変化を把握することを目的とする。

2. 実験概要

図1に本実験で用いた名古屋大学工学部5号館空調実験室の平面図を示す。心理申告実験では隣室及び屋外も使用している。温熱環境計測実験の設定条件は放射ユニット24℃(台数制御あり/なし)と25℃(台数制御あり)の3条件、パッケージ型エアコン(以下、エアコン)24℃の1条件、計4条件とし、心理申告実験では放射ユニット25℃の1条件、エアコ

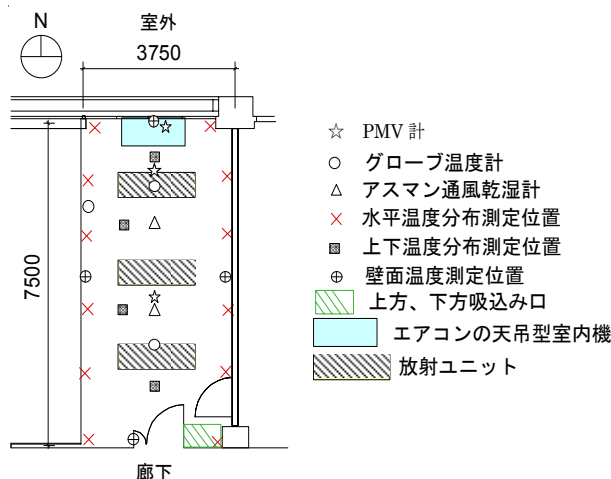


図1 実験室平面図

ン25℃と26℃の2条件、計3条件とした。

心理申告実験における移動スケジュール及び心理申告、体重測定のタイミングを表1に示す。まず室温を26℃に設定した前室に被験者を集合させ、着替えと皮膚温計の装着を含めて40分以上滞在させた。その後屋外へ移動し、日向を20分間歩行した。屋外歩行後、実験室に入室し、60分間椅座安静状態をとらせた。また、被験者は健康な女子大学生とし、年齢は19~22歳、延べ26名が実験に参加した。表2に被験者の身体的特徴を示す。

表1 心理申告及び体重測定 of タイミング

時間	0分	40分		0分	10分	20分		0分	5分	10分	15分	20分	25分	30分	40分	50分	60分
場所	前室		移動	屋外			移動	実験室									
心理申告		○		○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
体重測定		○						○		○		○		○	○	○	○

表2 被験者の身体的特徴

	被験者数(人)	年齢	身長(m)	体重(kg)	体表面積(m ²)
放射ユニット25℃	14	19.9±0.8	160.4±3.3	55.2±4.6	1.57±0.06
エアコン25℃	6	21.2±1.2	157.6±4.2	53.3±4.6	1.52±0.07
エアコン26℃	6	20.3±1.2	158.9±5.0	55.4±2.8	1.56±0.07

3. 温熱環境計測結果

放射ユニット 24℃条件における台数制御時の各値の経時変化を図 2～4 に示す。図 2 は室内温熱環境の経時変化、図 3 は対流、放射及び総供給熱量の経時変化、図 4 は各ユニットの放射熱量の経時変化である。

図 2 より、アスマン乾球温度に比べてグローブ温度(図中の GT)の方が常に 0.5～1℃高くなっている。また、3 台、2 台運転中に比べると、1 台運転中のアスマン乾球温度は設定温度である 24℃付近ではあるものの、やや高い温度で推移していることが分かる。

図 3 に示すように総供給熱量は運転台数が減るにつれて減少しているが、放射ユニット 1 台当たりの供給熱量は増加している。一方、図 4 より、運転台数が減るにつれて、放射ユニット 1 台当たりの放射熱量も徐々に増加していることが分かる。その結果、放射ユニットの運転台数を変更しても、総供給熱量に占める放射熱量の割合はあまり変わらず、約 12～13%を保っていた。

4. 心理申告結果

4.1. 物理量

図 5～7 に、放射ユニット 25℃、エアコン 26℃、エアコン 25℃の各代表日における室内温熱環境計測結果を示す。

図 6、7 より、エアコンの 2 条件ではサーモ ON/OFF によりアスマン乾球温度の変動が大きくなっている。それに対して、図 5 に示す放射ユニットではアスマン乾球温度の変動は小さく、概ね一定した温度となっている。

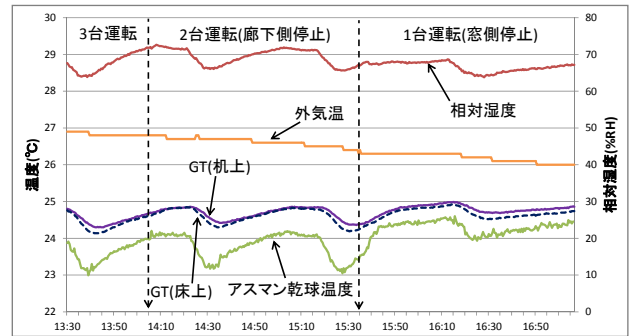


図 2 室内温熱環境の経時変化

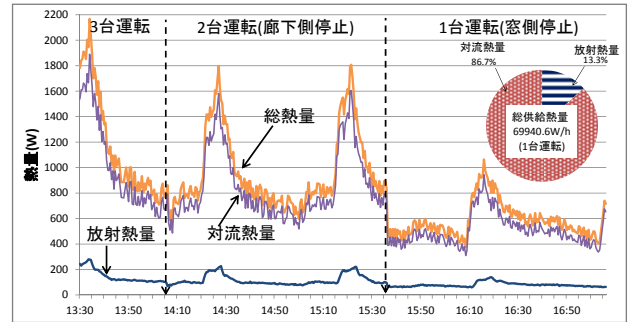


図 3 対流、放射及び総供給熱量の経時変化

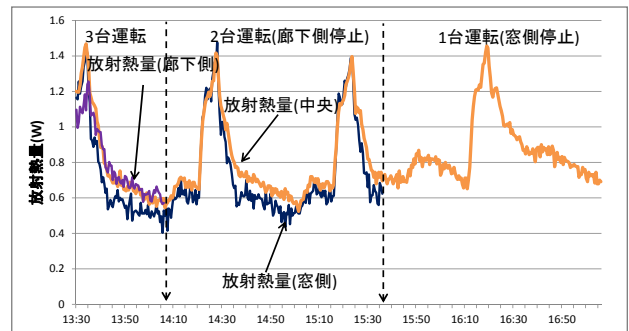


図 4 運転台数別の放射熱量の経時変化

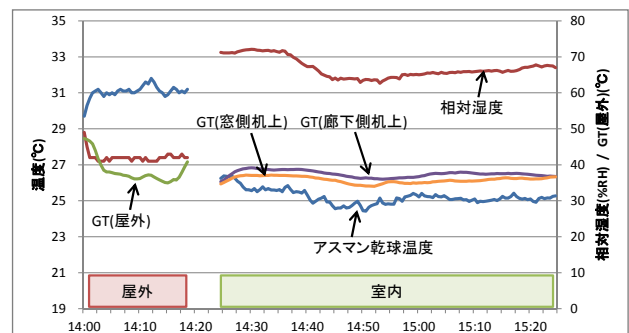


図 5 室内温熱環境(放射ユニット 25℃)

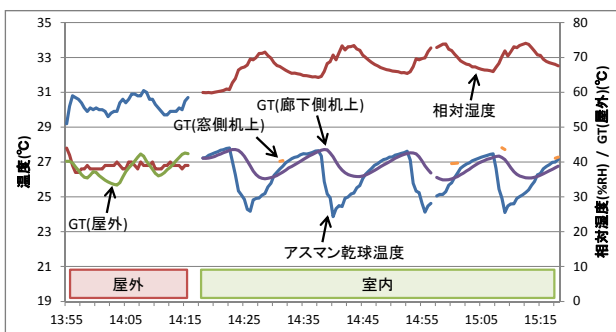


図 6 室内温熱環境(エアコン 26℃)

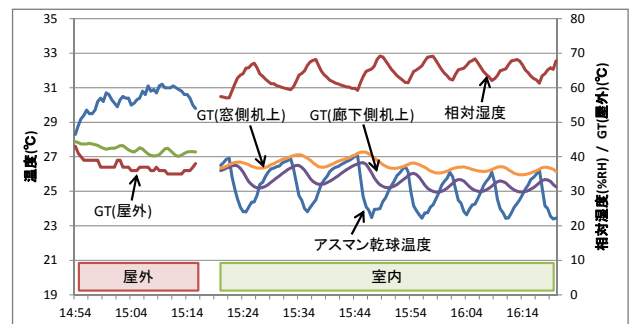


図 7 室内温熱環境(エアコン 25℃)

4.2. 生理量

図 8～9 は各条件別に 6～14 名の被験者の平均値を表している。

図 8 に平均皮膚温³⁾の経時変化を示す。エアコン 25℃条件がやや高めであるが、3 条件間で大きな差はなく、32.5～33.5℃の範囲内である。図は省略するが、部位別皮膚温を見ると、放射ユニットに比べエアコン 2 条件における上腕の皮膚温が低くなりやすかった。

図 9 に屋外歩行時及び入室後の体重減少量を示す。ここでは 10 分当たりの体重減少量とするため、屋外歩行時の値は半分になっている。入室直後の 10 分間はエアコンの 2 条件に比べて放射ユニット 25℃条件の体重減少量が多い。放射ユニットでは入室後の発汗停止がやや遅れる可能性があると考えられる。

4.3. 心理量

図 10～15 に各心理申告の経時変化について、各条件別に 6～14 名の被験者の平均値を示す。エアコン 25℃条件において、屋外 20 分時及び入室直後の心理申告が他の 2 条件と異なるのは、屋外 20 分時の評価場所が日陰になってしまったためである。

図 10 に示す寒暑感の経時変化について、放射ユニット 25℃条件とエアコンの 2 条件間であまり大きな差は見られない。しかし、実験室入室後 25 分あたりからは、エアコンの 2 条件において室内機からの吹き出し気流により上腕の皮膚温が下がったため、寒く感じる人が多くなっている。

図 11 に示す涼暖感の経時変化について、入室直後～30 分まではエアコン 25℃条件が他の 2 条件に比べて涼しい側に評価されているが、入室後 40 分が経過すると、3 条件間で大きな差はなくなっている。

図 12 に示す快適感の経時変化について、入室直後はエアコンの 2 条件で快適に感じる人が多かったが、入室後 10 分～20 分では放射ユニット 25℃条件とエアコンの 2 条件間で差がなくなり、25 分以降は放射ユニット 25℃

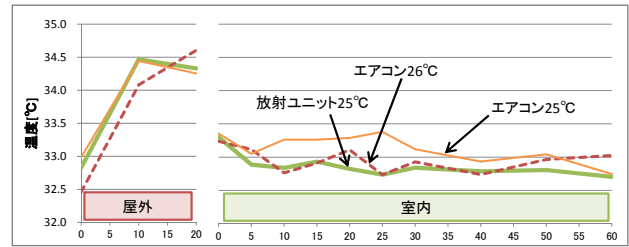


図 8 平均皮膚温の経時変化

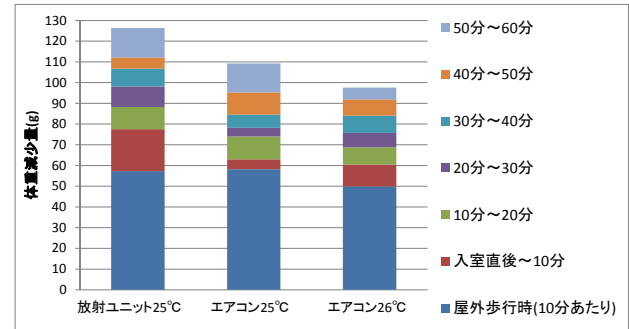


図 9 体重減少量

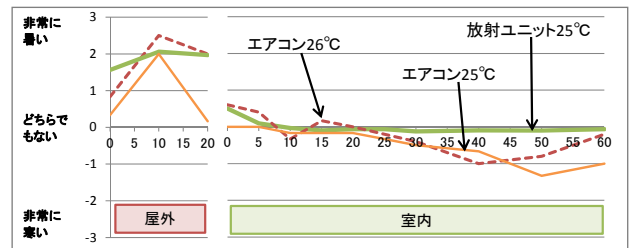


図 10 寒暑感の経時変化

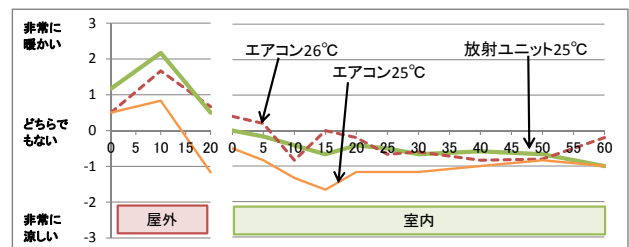


図 11 涼暖感の経時変化

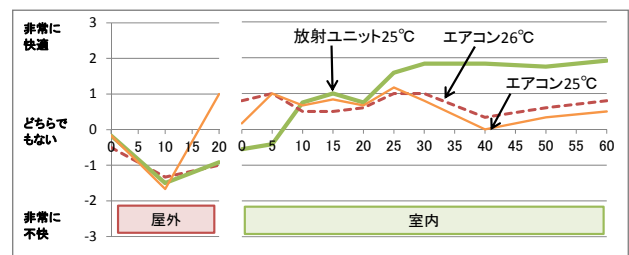


図 12 快適感の経時変化

条件の方が快適に感じる人が多くなっている。

図 13 に示す室温への希望の経時変化について、放射ユニット 25℃条件では入室直後～15 分までは下げてほしいと答える人がいたが、それ以降は変えなくてよいと申告している。エアコンの 2 条件では変動がやや大きい

が、入室後 40 分以降は上げてほしいと答える人が多くなっており、寒暑感の申告結果と対応している。

図 14～15 に示す満足感の経時変化について、放射ユニット 25℃条件では入室直後は満足と答える人が少なく、やや不満と答える人が多くなっているがすぐに減少している。また、入室後 30 分が経過すると、半数が満足に感じていることが分かる。それに対して、エアコン 25℃条件では、満足と答える人はどの時間においても多く、入室直後にやや不満と答える人は放射ユニット 25℃条件に比べて少ないが、入室後 40 分が経過するとやや不満と答える人が生じている。やや不満と答えた人はエアコンの吹出し気流が直接当たりやすい席に座っていたため、必要以上に体が冷えてしまい満足感に差が出たと考えられる。

5. まとめ

屋外から入室後 10 分までは放射ユニットの方がエアコンに比べてやや不快と感じる人が多いが、25 分以降は放射ユニットの方が快適で、室温を変えなくてよいと感じる人が多くなり、快適感が逆転することが分かった。屋外から入室直後、エアコンに比べて放射ユニットの方が涼しさに物足りなさを感じるのは、放射ユニットがエアコンに比べて気流感を感じにくいためであると思われる。

本実験では、被験者全員が屋外から入室している。しかし、実際のオフィスでは、室内に長時間滞在する人と、屋外から戻ってくる人が混在している場合が多い。室内に長時間滞在する人に合わせて放射ユニットによる温度制御を行うならば、屋外から入室する人に対して何らかの配慮が必要であろう。

今後の課題として、室内の設定温度に多い温度帯(26～28℃)で実験を行い、再検討するとともに、屋外から入室直後の不満を解消する方策について検討したい。

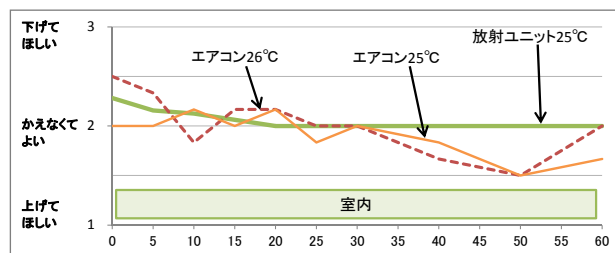


図 13 室温への希望の経時変化

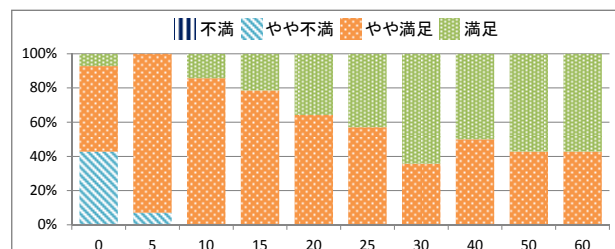


図 14 満足感の経時変化(放射ユニット 25℃)

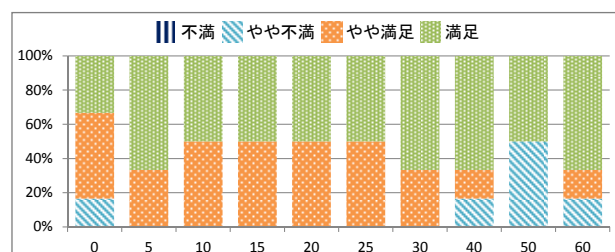


図 15 満足感の経時変化(エアコン 25℃)

謝辞

本研究の実施にあたり木村工機株式会社より大きな協力を得た。また被験者として多くの方に実験に参加して頂いた。記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 闫寒月, 齋藤輝幸, 久野覚: 全空気式誘引放射空調の評価に関する研究 2012 年の暖房実験に関する室内温熱環境の検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.1919-1922, 2012
- 2) 闫寒月, 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.9-20, 2013
- 3) Ramanathan, N.L.: A new weighting system for mean surface temperature of the human body, J. Appl. Physiol., 19(3), pp.531-533, 1964