

全空気式誘引放射整流空調と対流空調における作業効率への影響

The effect on work efficiency in all-air induction radiant air-conditioning and convective air-conditioning

学生会員 ○萩谷 玲香 (名古屋大学) 技術フェロー 齋藤 輝幸 (名古屋大学)

Reika HAGIYA*¹ Teruyuki SAITO*¹

*¹ Nagoya University

This study aims to clarify the influence of air-conditioning systems to work efficiency. We conducted a subject experiment and compared the psychological responses and work efficiency of subjects under an air conditioner of four directional ceiling cassette type and an all-air induction radiant air-conditioning unit. The results showed that thermal comfort was enhanced and workability evaluation was improved in all-air induction radiant air-conditioning. The reason for these results may be both the influence of temperature fluctuation and temperature difference in this study.

はじめに

現在の冷暖房システムの主流である対流空調は、室内の温度ムラが大きい、風が直接当たり気流や不快を感じるなどの問題を生じることがある。一方、水方式の放射空調は直接気流を発生させないため、不快感や気流感の問題はなくなり、室内の温度ムラも緩和される。しかし、日本の夏は温暖湿潤気候であるため、水式の放射システムは冷房時に表面結露しやすく、冷却能力が足りないなどの課題もある。

そこで、日本の気候に適した全空気式誘引放射整流空調(以下、誘引放射空調と呼ぶ)が開発され、オフィスや学校、医療施設などに導入されている。誘引放射空調(図1)とは、一般的な放射空調方式のように水を冷媒としておらず、空調機からの冷温風を利用した放射効果を併用する空調吹出しユニットである。空調機からの給気圧力により室内空気を誘引し、供給空気と誘引された空気を混合させ、アルミ製フィンおよび放射整流パネルにより気流を分散・整流して放射整流パネルを加熱・冷却した後室内へ吹出す。

これまでに誘引放射空調が温熱環境や快適感に及ぼす影響についての研究^{1,2)}は行われているが、知的生産性にどのような効果があるかは明確となっていない。そこで本研究では、一般的なパッケージエアコンと誘引放射空調を導入した場合について知的生産性の違いを検討することを目的とし、2019年3月に行った被験者実験の結果を報告する。

1. 実験概要

1.1 実験室の概要

実験は群馬県前橋市にある設備・建材等の展示施設内で行った。前室、実験室(A室、B室)の平面図を図2に示す。A室、B室の寸法は同一であり、A室には天井カセッ

ト形4方向吹出室内ユニットが1台、B室には誘引放射空調吹出ユニットが2台、両室に換気扇が各1台設置されている。実験中は加湿器を各室に2台ずつ設置して湿度を保った。実験室内には壁側を向くように机を4つ配置し、座席間をパーティションで仕切った。机上面照度は実験前に測定し、約100lxであった。

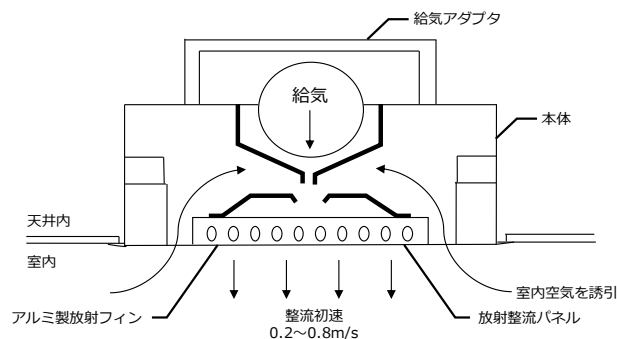


図1 誘引放射吹出ユニット断面図

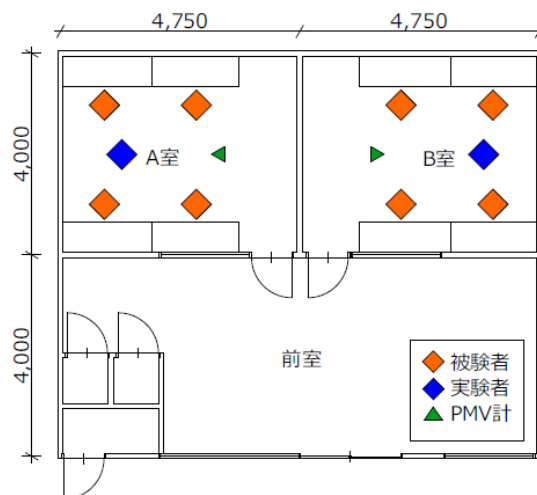


図2 実験室平面図

1.2 実験条件

被験者実験は2019年3月5日と6日の午前に行った。実験条件を表1に示す。被験者は各実験日で男性8名であり、そのうち6名は同一人物である。着衣は、特に指定しなかったが、ネクタイを外すことは統一した。推定着衣量は1.0cloである。

1.3 実験方法

図3に実験プロトコルを、表2に測定項目を示す。

被験者は前室で20分間待機している間に実験の説明を受け、作業の練習などを行った。その後4人1組でA室、B室それぞれに入室し、着席して実験を行った。最初の室で50分間実験を行った後、最初入室した室とは反対の実験室に入室し、同様に実験を行った。

物理量はそれぞれの実験室で1台のPMV計とCO2濃度計を用いて測定した。

生理量として皮膚温を測定し、測定箇所は額、胸、手の甲の3箇所とした。

表1 実験条件

実験日	被験者	設定温度	相対湿度	机上面照度	代謝量
3/5 AM	男性 8名	25°C (暖房)	40%RH	100lx	軽作業 1.1met
3/6 AM	男性 8名				

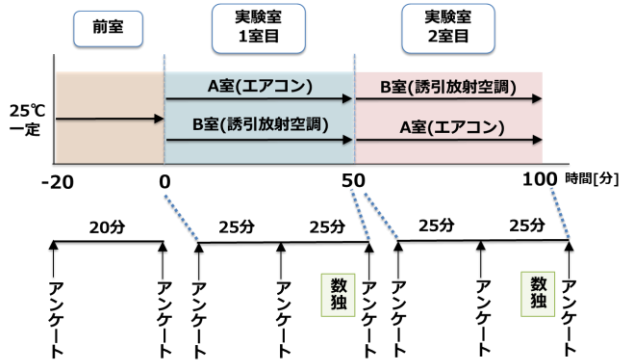


図3 実験プロトコル

表2 測定項目

測定項目		測定機器	測定間隔
物理量	室内温湿度	PMV計	1分
	風速		
	グローブ温度		
	PMV		
	CO2濃度	CO2濃度計	
	机上面照度	照度計	
生理量	皮膚温	皮膚温計	図3参照
心理量	温熱環境評価	心理申告用紙	図3参照
	作業性評価		
作業量	数独	専用用紙	図3参照

心理評価にはSD尺度を用いた温熱環境評価5項目、作業性評価5項目から成る心理申告用紙を用い、前室で2回、実験室内で各3回の計8回回答させた。評価項目を表3に示す。各評価は1~7の7段階で行わせ、1と7は「非常に〇〇」、4は「どちらでもない」、3と5は「やや〇〇」としている。室温希望については「下げしてほしいーそのままでもいいー上げてほしい」の3段階、疲労感については4段階の片側の評価とした。

作業効率の評価には「数独」を用いた。図4に実験で使用した数独の作業用紙を示す。数独は各実験室滞在中の後半に10分間行い、途中で回答に詰まらないようにするため、4つの問題のうち順番は関係なく、答えが分かる箇所を埋めていくように指示した。

2. 物理環境測定結果

本報では、温度を比較的目標に近く保つことができ、かつエアコンが暖房運転をしていた3/5のエアコン条件と、3/6の誘引放射空調条件について分析を行った。

表3 評価項目

評価項目	
温熱環境評価	寒いー暑い
	涼しいー暖かい
	不快ー快適
	乾いているー湿っている
	室温希望(3段階)
作業性評価	会話をしにくいーしやすい
	リラックスしやすいーしにくい
	文字を読みにくいー読みやすい
	集中しにくいーしやすい
	疲れているー疲れていない(4段階)

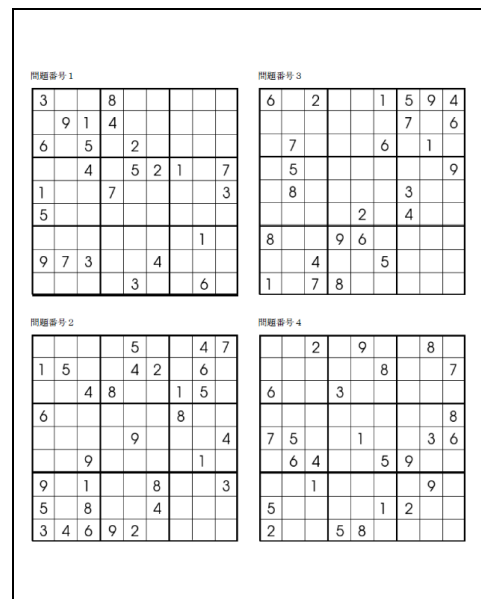


図4 数独作業用紙

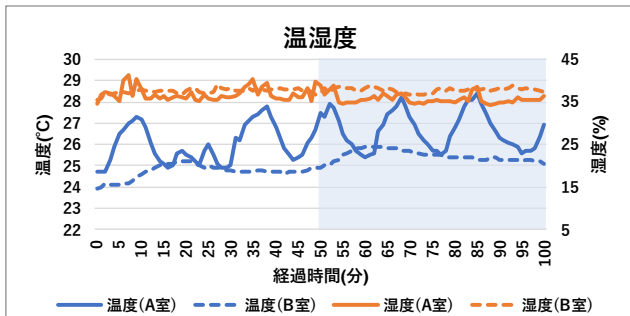
PMV 計による温湿度、PMV 値、風速の測定結果を図 5 に示す。図の背景に網掛けを施している 50 分時を境に被験者が入れ替わっている。

温度の経時変化を見ると、誘引放射空調条件と比較してエアコン条件において温度が高く保たれており、また温度変動が大きいことが分かる。それに伴い、PMV 値の変動も大きい。相対湿度は両条件間の差がほぼない状態に保たれていた。

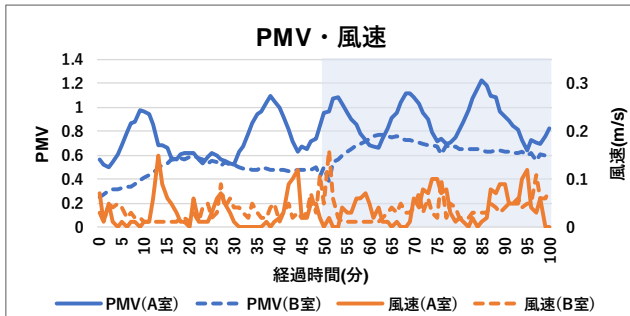
3. 生理量測定結果

図 6 に各測定箇所の皮膚温経時変化を示す。0 分時以前は実験室入室前、35~45 分は数独作業時である。なお、本実験には各日 8 名の被験者が参加したが、以下の分析では 3/5 のエアコン条件と 3/6 の誘引放射条件の両日とも参加した 6 名の被験者データのみを用いた。

図 6 から両条件間で、胸部に大きな差はないが、額の皮膚温がエアコン条件時に高いことがわかる。これは、A 室(エアコン)の温度が高かった影響であると考えられる。また、実験室入室後の前半における手の甲の皮膚温差は、実験室入室前の差が影響していると考えられる。



(a)温湿度



(b)PMV・風速

図 5 物理量測定結果

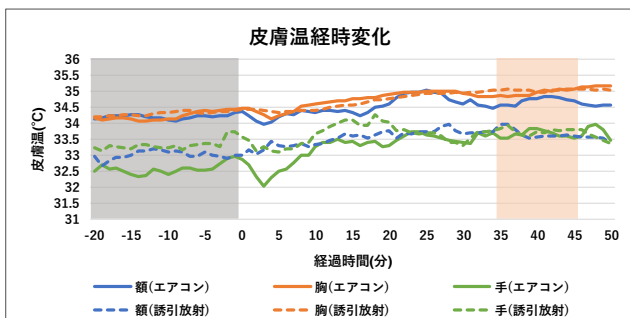


図 6 皮膚温経時変化

4. 心理申告結果

4.1 温熱環境評価

図 7 に温熱環境評価 4 項目について、6 名の被験者の平均値を示す。両条件間に有意傾向が見られたものに印(△: 10%有意)をつけている。

寒暑感や室温希望について、エアコン条件は温度が高く保たれていたにもかかわらず、両条件間で大きな差はないことが分かる。快適感については、両条件で不快側の評価とはならず、誘引放射条件でより快適側の評価となっている。また、入室直後に 10%の有意傾向が認められていることから、空調方式の違いによる評価差は入室直後にしやすい傾向が見られた。

4.2 作業性評価

図 8 に作業性評価 4 項目について、6 名の被験者の平均値を示す。両条件間に有意差が認められたものに印(*: 5%有意)をつけている。

リラックスしやすさ、会話のしやすさ、文字の読みやすさ、集中しやすさのすべての項目について、誘引放射条件の方が良い評価となる傾向にあった。また、文字の読みやすさについては入室 25 分後に 5%の有意差が認められたため、影響を受けやすい項目であると考えられる。

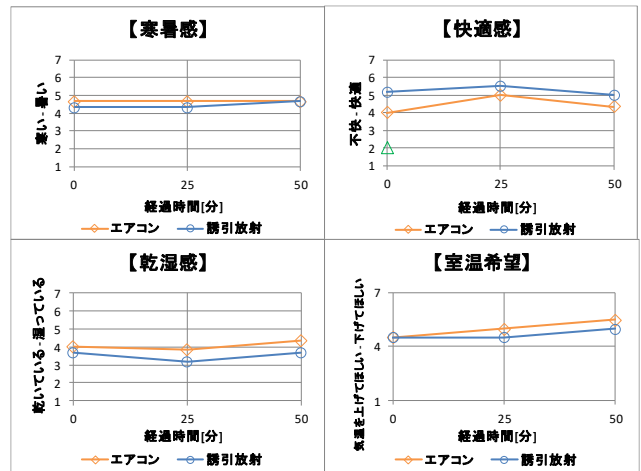


図 7 温熱環境評価

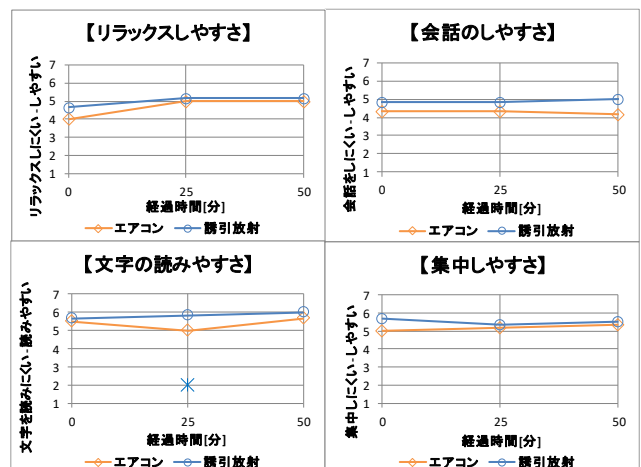


図 8 作業性評価

5. 作業量の結果

数独の回答数と正答率について、6名の被験者の平均値を図9に示す。全被験者の平均値を見ると、誘引放射条件ではエアコン条件と比較して、回答数は下がっているが正答率が高くなっているように見える。しかし、作業量の結果については個人間の差が大きく、単純な全被験者の平均に基づく分析だけでは傾向を見誤る可能性が考えられた。

そこで被験者間の個人差をなくして比較するため、以下の式により回答数、正答率について相対化した。相対化した回答数、正答率を回答数比、正答率比とする。

$$\text{回答数比} \cdot \text{正答率比} = \frac{\text{各被験者の各条件での回答数} \cdot \text{正答率}}{\text{各被験者の平均回答数} \cdot \text{正答率}}$$

回答数比、正答率比の各被験者の結果とその平均値を図10に示す。全被験者の平均では回答数に差があるように思えたが、回答数比を見ると、両条件間で差はほとんどないことが分かる。一方正答率比については、全員ではないもののエアコン条件と比較して誘引放射条件で高くなる傾向が見られた。

正答率比に差が出た理由としては、温度変動がないため誘引放射空調の方が集中できていたこと、また生理量結果でも示したように、エアコン条件において額部の皮膚温が高かったため、その影響によりエアコン条件で正答率が下がってしまったことの2つの理由が考えられる。

6. まとめ

温熱環境評価について、エアコン条件時に温度が高かったにもかかわらず、両条件間に大きな差は見られなかった。快適感については誘引放射条件でより快適側の評価となった。

作業性評価については、ほとんどの項目で誘引放射空調の方が良い評価となる傾向にあった。しかし、本実験では物理環境測定結果からも分かるように両条件間で温度差があったため、評価差が出た理由としては温度変動と温度差の両方の可能性が挙げられる³⁾。

作業量については、両条件間で回答数比に差はないが、正答率比は誘引放射条件で上昇する傾向が見られた。しかし、この傾向も温度変動の影響と、温度差によって頭部が熱くなっていた影響の両方の可能性が考えられる。

今後は本実験を踏まえ、温度制御の精度を高めて夏期における実験を行う予定である。また作業内容について、今回行った数独の他に、シンプルな計算や記憶などの作業を導入するか検討する予定である。

謝辞

今回の実験において、実験場所を提供していただいた株式会社ヤマト様、また実験に参加していただいた被験者の皆様に多大なるご協力を頂きました。心より感謝申し上げます。

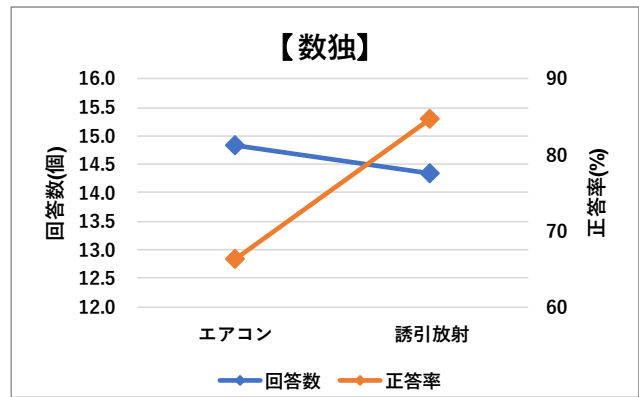
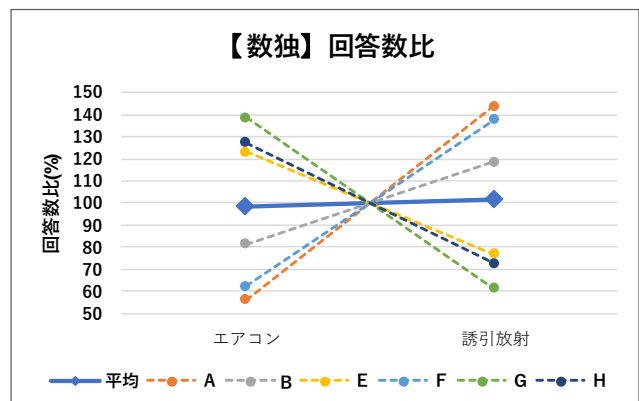
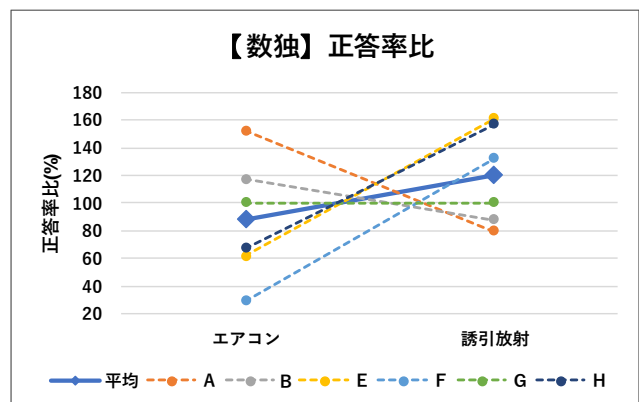


図9 数独 被験者平均



(a)回答数比



(b)正答率比

図10 数独個人結果

参考文献

- 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 温冷感・快適感の経時変化—, 環境工学 II (2014), 461-462, 2014-09-12, 日本建築学会
- 丸山 茜, 齋藤 輝幸: 全空気式誘引放射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, 33-36, 2015-11-20
- 岩下剛: 中立温度環境の作業効率への影響及びビデオ視聴内容の長期記憶—室温の違いが作業効率に及ぼす影響(その2)—, 日本建築学会環境系論文集 (628), 815-821, 2008-06