

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  
**A Study on the Evaluation of Thermal Comfort under All-air Induction Radiant  
 Air-conditioning System in a Hospital Room,  
 Part1 the Examination of Seating and Sleeping Position in Winter**

正会員 ○丸山 茜 (名古屋大学) 技術フェロー 齋藤 輝幸 (名古屋大学)  
 Akane MARUYAMA\*<sup>1</sup> Teruyuki SAITO\*<sup>1</sup>  
 \*<sup>1</sup> Nagoya University

We investigated physiological and psychological responses in a hospital room with all-air induction radiant air-conditioning system in winter. Four subjects of patient role sat on a bed with futon over waist for the first 60 minutes. After that, they lay down on a bed with futon over shoulder for 30 minutes. Two subjects of attendant role sat on a chair through 90 minutes. The result shows that there is the possibility both patient and attendant persons can stay at the hospital room comfortably if the room temperature is regulated from 22 to 25°C in daytime and is regulated to 20°C at night.

**1. 研究目的・背景**

近年医療施設では、温度ムラができにくく気流を感じにくいという利点から、天井放射空調の導入が進められている。夏期天井放射冷房を用いた病室における実験では、糸魚川ら<sup>1)</sup>は23時から2時までは26°C、2時から起床までは28°Cで制御した天井放射冷房を病室に用いる可能性を示唆し、長野ら<sup>2)</sup>は仰臥安静人体が中立温感を示すSET\*は27.0°C、好感度が最大となるのは27.3°Cであり、平均皮膚が34.4~34.5°Cで温冷感が中立となり、好感度も最大となったことを示している。また冬期エアコンを用いた住宅における実験では、金澤ら<sup>3)</sup>は室温変動よりも寝床内気候が温冷感や快適感に影響していることを示している。

筆者らは、これまで隣室や屋外から全空気式誘引放射空調(以下、誘引放射ユニット)の設置された執務室へ移動した後の心理反応に関する調査<sup>4),5)</sup>を行ってきた。しかし、冬期に天井放射空調を用いた病室における研究が少ないことから、病室に誘引放射ユニットを設置した場合の適切な設定温度について検討することを目的とし、被験者を患者役及び付添役として設定した心理申告実験を行った。本報ではその結果について報告する。

**2. 実験概要**

2014年2月19~25日に、大阪にあるモデルルーム(以下、実験室)において実験を行った。図1に本実験で用い

た実験室の平面図を示す。温度条件は誘引放射ユニット20、22、23.5、25°Cの4条件で実験を行った。

実験時における被験者の移動スケジュール及び心理申告のタイミングを表1に示す。被験者はまず前室に集合し、実験説明や着替え、皮膚温計の装着(患者役のみ)を含めて30分間前室に滞在した。その後実験室へ移動し、患者役は、前半60分間は昼間を想定して、ベッド上で下半身のみ布団を掛け座った状態、後半30分間は夜間を想定して、ベッド上で足先から肩まで布団をかけて横たわった状態をとった。付添役は前半・後半を通して椅座安静状態をとった。また、被験者は健康な男女とし、各条件とも患者役は男女2人ずつ、付添役は女性2人の計6人が実験に参加した。表2に患者役、付添役の被験者の身体的特徴を示す。

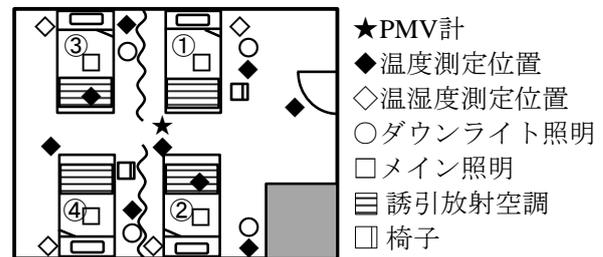


図1 実験室平面図

表2 被験者の身体的特徴

	被験者人数(人/条件)	年代	身長(cm)	体重(kg)
患者役	4	20~70	166.9±7.1	60.9±7.5
付添役	2	20~40	161.3±3.1	51.1±3.5

表1 実験フロー

時間	0分		30分		移動	前半								※患者役のみ姿勢を変える	後半			
	0分	30分	0分	30分		0分	10分	20分	30分	40分	50分	60分	0分		10分	20分	30分	
心理申告			○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
患者役						着座姿勢(ベッド) ※布団は腰までかけている									就寝姿勢(ベッド) ※布団は肩までかけている			
付添役						着座姿勢(椅子)									着座姿勢(椅子)			

### 3. 実験結果

#### 3.1. 物理量

図2に被験者近傍における各条件の室内温熱環境計測結果を示す。条件別に各ベッド横4点の平均値を示している。なお、23.5℃条件において、図1中の②、④の温度、②の一部の湿度が欠測していたため、他の実験日における各点の傾向を確認した上で、②は①、④は③の測定値を用いることとした。

相対湿度は4条件間でおおよそ48~56%RH付近とやや差はあるが、条件別にみると、室温は1~1.5℃、相対湿度は2~4%RHと大きな差は生じておらず、また風速も0.01~0.03m/sであり、ほぼ無風であった。各条件ともに安定した室内温熱環境であったことが分かる。

#### 3.2. 生理量

図3は入室直後を基準とした場合の平均皮膚温<sup>3)</sup>の変化量を示しており、条件別に患者役3~4名の平均値を示している。20℃条件のみ、被験者の一人の温度センサーが外れていたため分析から除外した。各条件とも前半60分間の平均皮膚温の変化量は同程度であるが、後半開始から30分経つと22、25℃条件は約0.5℃上昇し、他の2条件は約1℃上昇したことが分かる。

図4は部位別皮膚温の経時変化を示しており、条件別に患者役4名(20℃条件のみ3名)の部位ごとの平均値を示している。4条件とも、額は前半・後半を通してあまり変化していないが、他の部位は前半開始20分で皮膚温が上昇した。特に手甲や足甲は皮膚温が1.5~4℃近く上昇している。前半20~60分では足甲の皮膚温は1~3℃近く上昇し、他の部位は皮膚温が安定した状態となった。後半になると、後半開始~10分で額を除く部位の皮膚温が上昇した。また25℃条件の後半では最も皮膚温が高かった腹部と最も皮膚温が低かった足甲との温度差は約1.4℃、20℃条件の後半では約4.9℃も差が生じていることから、室温が高い程、各部位間の皮膚温の差が小さくなっていることが分かる。

#### 3.3. 心理量

##### 3.3.1. 心理申告の経時変化

各心理申告(寒暑感、涼暖感、室温希望)の経時変化について、各条件別に患者役4名の平均値を図5~7、付添役2名の平均値を図8~10に示す。

図5の患者役の寒暑感について、25℃条件がやや暑い側、20℃条件が中立側になる傾向はあるが、4条件の間で前半・後半を通して大きな差は生じていない。また図は載せていないが、涼暖感では25℃条件が前半・後半を通して「暖かい~やや暖かい」で推移しており、他の3条件は前半が中立側、後半がやや暖かい側になった。図6の患者役の快適感について、22℃条件を除く3条件間で大きな差は生じていない。22℃条件については、参加した被験者の一人がのどの渇きによる不快を訴えていた

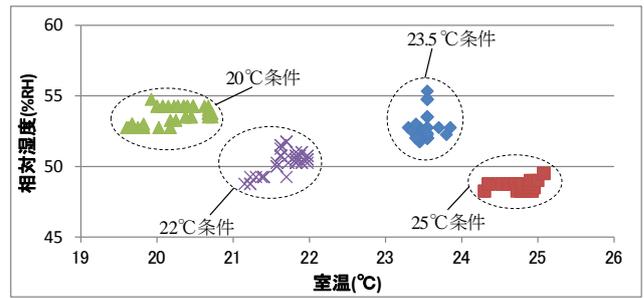


図2 室内温熱環境計測結果

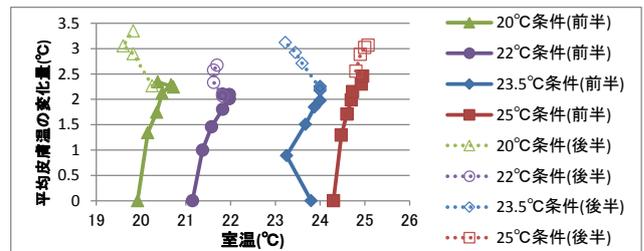


図3 入室直後からの平均皮膚温の変化量

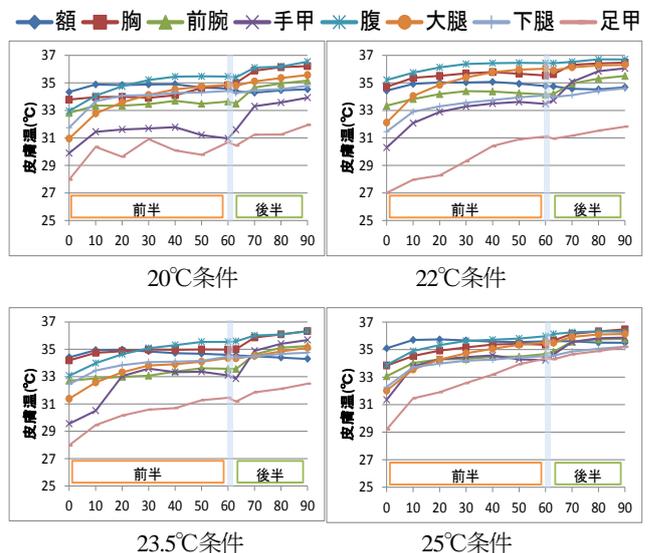


図4 部位別皮膚温の経時変化

が、この被験者を除く3人の平均値を他の3条件と比べても、4名の平均値と同様に中立側にあることが分かる。したがって、22℃条件では他の3条件と比べると快適に感じにくかったと考えられる。図7に示す患者役の室温希望は、前半60分間は20℃条件が常に「上げてほしい」側で推移しており、他の3条件はほぼ「変えなくてよい~下げてほしい」付近となっている。しかし後半になると20℃条件が「変えなくてよい」に、それ以外の3条件は「下げてほしい」側に移行することが分かる。

図8の付添役の寒暑感について、20℃条件では前半開始30分以降から「やや寒い」と申告しているのに対して、他の3条件は前半開始50~60分まではやや変動はあるが大きな差は生じず中立側である。図は載せていないが涼暖感も寒暑感と同様に20℃条件のみ涼しい側、他の3条件は中立側となっている。図9の付添役の快適感を見ると、前半開始直後は25℃条件を除いた他の3条件は不快

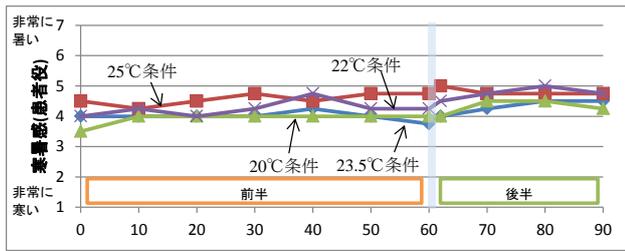


図5 寒暑感(患者役)

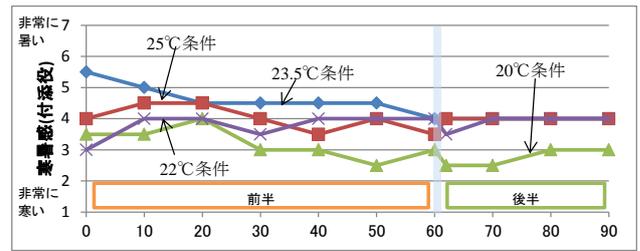


図8 寒暑感(付添役)

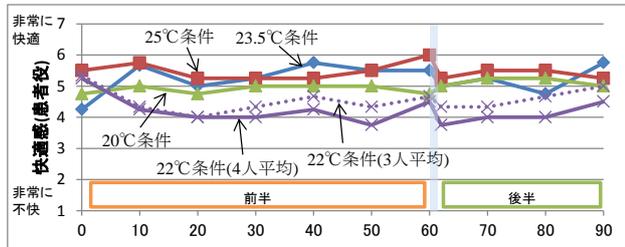


図6 快適感(患者役)

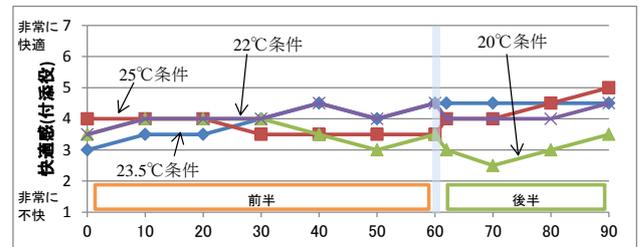


図9 快適感(付添役)

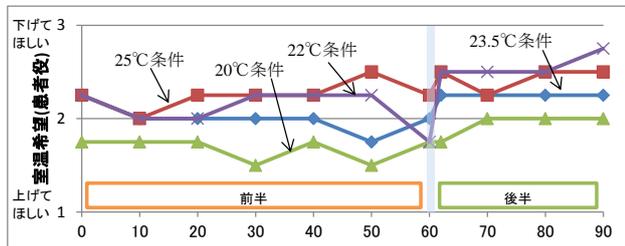


図7 室温希望(患者役)

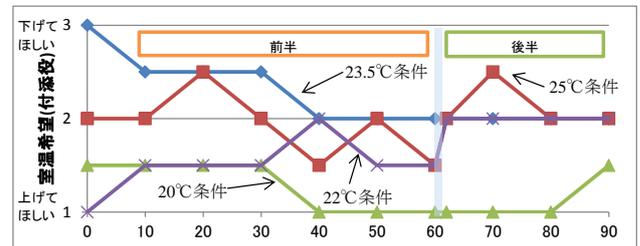


図10 室温希望(付添役)

側にあるが、22°C、23.5°C条件は徐々に快適側に移行している。一方、25°C条件は前半開始後30分が経過するとやや不快側に変化している。また、20°C条件では、前半開始40分以降から不快に感じやすくなっており、これは寒暑感の変化と対応している。また図10の付添役の室温希望も、寒暑感の申告結果とよく対応していることが分かる。

### 3.3.2. 部位別皮膚温と部位別寒暑感との関係

図11~13は部位別皮膚温(額、手甲、足甲)と部位別寒暑感(頭、手、足)の関係であり、条件別に患者役4名(20°C条件のみ3名)の平均値をそれぞれ示す。

図11の額×頭の関係について、前半は皮膚温が約34.3~35°C付近であれば「どちらでもない」、皮膚温が35.5°Cを超えると「やや暑い」側となった。後半は皮膚温が約34.3~34.8°C付近でも「どちらでもない~やや暑い」と申告結果にややばらつきが見られるが、25°C条件では額の皮膚温が上昇しやすく、「やや暑い」側に申告されやすいと言える。

図12の手甲×手の関係について、前半は皮膚温に関係なく「どちらでもない」であるが、後半は寒暑感が皮膚温と比例していることが分かる。後半では手全体も布団の中に入れていたことで皮膚温が急に上昇したため寒暑感も「やや暑い」側に変化した。

図13の足甲×足の関係について、前半・後半ともに寒暑感が皮膚温と比例している。後半に就寝姿勢となり肩まで布団をかけても、足先は前半・後半を通して常に

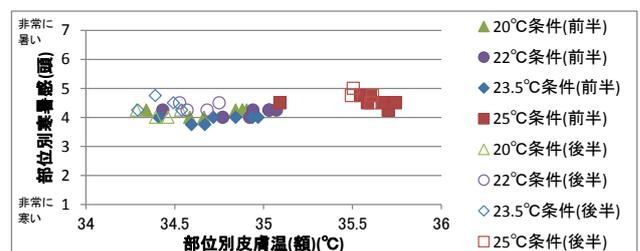


図11 部位別皮膚温(額)×部位別寒暑感(頭)

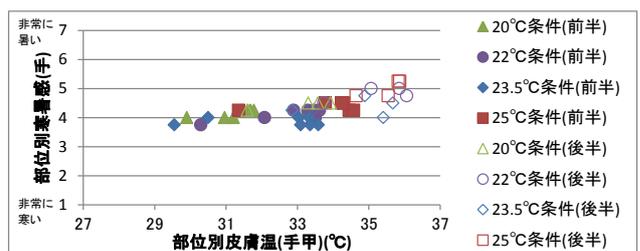


図12 部位別皮膚温(手甲)×部位別寒暑感(手)

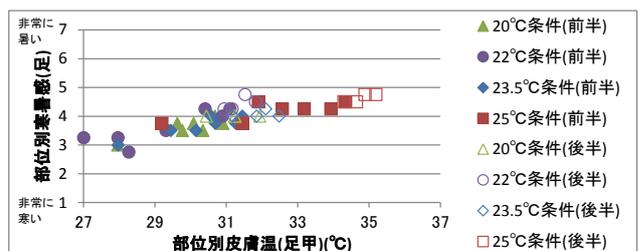


図13 部位別皮膚温(足甲)×部位別寒暑感(足)

布団の中に入れていたため、前半と後半との間で明確な違いが生じなかったと思われる。

### 3.3.3. 平均皮膚温と心理申告との関係

図14~16は、それぞれ平均皮膚温と寒暑感、快適感、室温希望の関係であり、条件別に患者役4名(20℃条件のみ3名)の平均値をそれぞれ示す。

図14の平均皮膚温×寒暑感との関係を見ると、前半・後半ともに寒暑感が平均皮膚温に比例していることが分かる。次に図15の平均皮膚温×快適感との関係を見ると、平均皮膚温に関係なく、快適感は「どちらでもない~快適」となっている。図16の平均皮膚温×室温希望との関係を見ると、平均皮膚温が34℃までは「下げてほしい~上げてほしい」とばらつきが生じているが、約34℃を境に「変えなくてよい~下げてほしい」となり、平均皮膚温が上がるにつれて「下げてほしい」側となることが分かる。平均皮膚温が低くても室温を「下げてほしい」側にあるのは入室直後であったためである。

### 3.3.4. SET\*と室温希望との関係

図17はSET\*と室温希望の関係であり、条件別に患者役4名(20℃条件のみ3名)の平均値をそれぞれ示す。SET\*の計算にあたり男性は0.71clo、女性は0.98clo、代謝量は0.9metとした。前半はSET\*と室温希望が全体的に比例しており、SET\*が22.5~24.5℃でほぼ「変えなくてよい」、後半はSET\*が21℃以下で「変えなくてよい」、22℃以上で「下げてほしい」側となった。

#### まとめ

本報では、病室に誘引放射ユニットを設置した場合の適切な設定温度について検討するために被験者実験を行い、以下の結果を得た。

- (1) 室温が高くなるほど各部位間の皮膚温の差が小さくなり、25℃条件では約1.4℃まで差が縮まった。
- (2) 着座姿勢では患者役は23.5℃条件で快適かつ室温希望も「変えなくてよい」であるが、付添役は25℃条件で室温希望が「変えなくてよい」となった。就寝姿勢では患者役は20℃条件で快適かつ室温希望が「変えなくてよい」となった。
- (3) 手甲や足甲など衣服から出ている箇所は、布団の中に入ると皮膚温上昇に伴って暑い側に申告された。
- (4) 平均皮膚温が34℃以上になると快適側であっても室温を「下げてほしい」側の申告が見られた。
- (5) 患者役は着座姿勢ではSET\*が22.5~24.5℃において室温を「変えなくてよい」と申告した。

また、患者役の快適感の申告結果より、22℃条件では他の条件に比べて快適に感じにくい結果となったが、これは温湿度環境の影響によるものかどうか判断できていないため、引き続き検討が必要である。

#### 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。

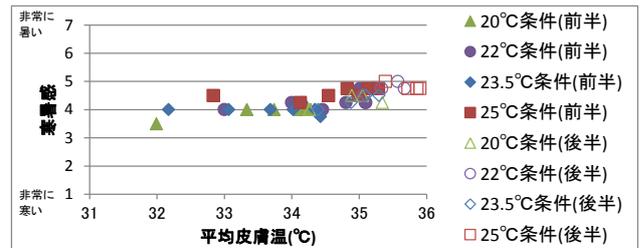


図14 平均皮膚温×寒暑感

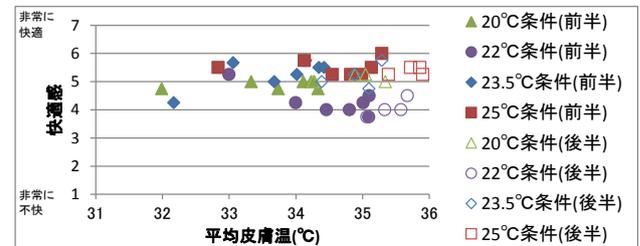


図15 平均皮膚温×快適感

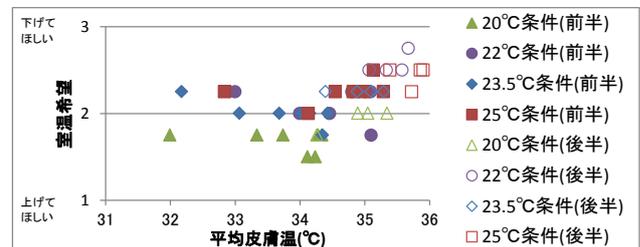


図16 平均皮膚温×室温希望

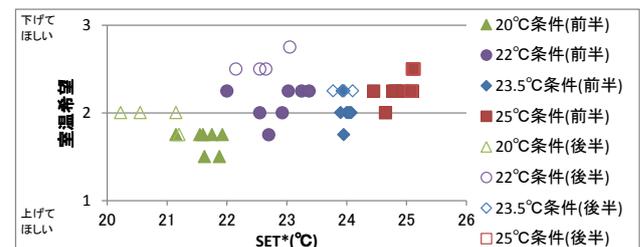


図17 SET\*×室温希望

#### 参考文献

- 1) 糸井川 高穂, 羽山 広文, 絵内 正道, 菊田 弘輝: 病室における睡眠時の天井放射冷房に関する実験的研究, 人間と生活環境, 13(2), 87-93, 2006
- 2) 長野 克則, 持田 徹, 嶋倉 一實, 吉野 博: 仰臥安静人体を対象とした天井放射冷房システムの温熱環境設計に関する実験的検討, 空気調和・衛生工学会論文集(81), 59-69, 2001
- 3) 金沢 麻梨子, 久保 博子: G-5 冬期に自宅でのエアコン利用による室温変化が終夜睡眠に及ぼす影響, 人間-生活環境系シンポジウム報告集 34, 159-162, 2010
- 4) 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
- 5) 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研究発表会論文集, 2014
- 6) Hardy, J. D. and E. F. DuBois: The technique of measuring radiation and convection, J. Nutr., 15(5), pp.461-475, 1938