

クールウォームソファを用いたタスク・アンビエント空調に関する研究 クールウォームソファの概要と冷房時の実測結果 及びサーマルマネキン・被験者実測結果 Study on Task Ambient Air Conditioning System Using “Cool Warm Sofa”

○井上 大嗣 (日建設計)

Daishi INOUE*¹

In this study, the authors investigated the task ambient air conditioning system using “Cool Warm Sofa”. “Cool Warm Sofa” is installed in the lobby space for guests who come from outside, and it exudes conditioning air from the surface of seat. This paper reports the outline of “Cool Warm Sofa” and the result of a measurement and performance evaluation at the time of cooling by “Cool Warm Sofa”.

はじめに

近年、個人レベルで快適感を得られ、居住者好みの温冷感に対応できるシステムとしてタスク・アンビエント空調システムが注目されている。タスク・アンビエント空調の国内需要としては、作業時間の長いオフィス空間や、着座時間の長い劇場空間での研究論文や空調システムが数多く報告されているが、小規模店舗等の様に執務者と来客者が混在する空間での報告例は少ない。

特に小規模店舗空間では、屋外の暑熱環境下で体温が上昇した状態で入室する来客者と、空調空間内に在室する執務者が同一空間に混在することとなり、在来の空調システムでは双方の快適性を満足する温熱環境を実現することは難しい。

加えて近年ではクールビズが推進され、多くの企業で導入されている。しかし小規模店舗空間では前述の通り来客者は屋外から建物内に入ってくることとなり、クールビズの空間は快適であるとは言い難い。

今回測定対象の建物では、異なる温熱生理状態である執務者と来客者の双方にとって「心地良いクールビズ空間」を目指し、ロビー空間内に気流やクールスポット等

の複数の温熱環境を用意して、来客者が好みの環境を選択可能な環境選択可能型のタスク・アンビエント空調を提案した。

本研究では、ロビー空間内のクールスポットを作る家具組込み空調(クールウォームソファ)が室内環境・人体温冷感にどう影響するかを明確にすることを目的とする。

本報では、本システムの概要と夏期に実測したソファ廻りの気流・温熱環境の測定結果、サーマルマネキン・被験者実測結果について報告する。

1. 測定対象空間の概要

図1にクールウォームソファの設置対象空間を示す。営業室、ロビー空間が一体となった空間であり、アンビエント空調域とタスク空調域に分かれている。アンビエント空調域は28℃のクールビズ空間としており、来客者が滞在する窓まわりに空調風の染み出すクールウォームソファを設置してスポット的に空調を行っている。

ロビー空間内には、クールウォームソファとは別に一般のソファも設置しており、来客者がそれぞれの好みで選択が可能となっている。

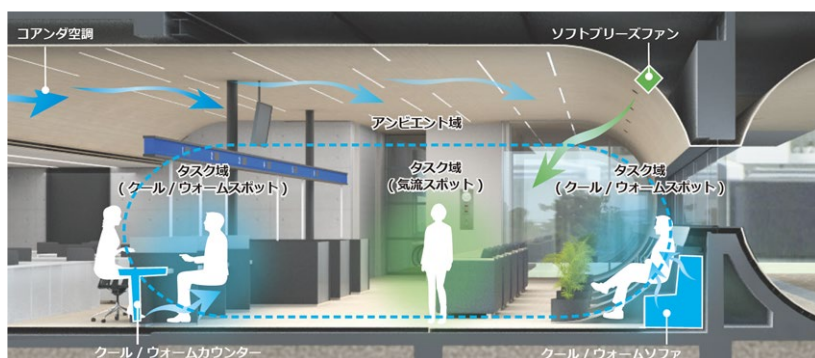


図1 測定対象空間(環境選択式タスクアンビエント空調システムイメージ)

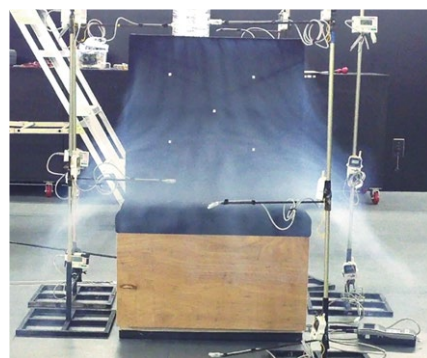


図2 クール/ウォームソファ(気流可視化試験)

2. クールウォームソファ概要

図2にクールウォームソファの外観を示す。クールウォームソファは座面・背面からの吹き出し気流により、人が座っている時に空調送風(冷房・暖房)を当てる仕組みとなっている。そのため、人体近傍を局所的に空調することが可能であり、効率的に快適な局所環境をつくる事が出来る。ソファは3人掛けであり、風量調整はダイヤルにて任意に調整が可能で最大風量は1基で320m3/hとなる。吹き出し温度は22℃固定である。

図3にクールウォームソファ概念図を示す。ソファに空調ダクトを接続し、座面・背面から空調風が染み出す仕組みとなっている。ソファのクッション材はポリエステルを網状に接触結合させたスプリング構造を持ち、クッション性・形状安定性に優れている。通気性が非常に高いため、座面・背面から均等に空調風を吹出すことが可能である。ソファへの給気はパッケージ空調機により行い、給気温度は給気温度調整ファンで室内空気を混合することで一定となるよう制御している。給気温度は人体に直接当たることを考慮して22℃設定としている。

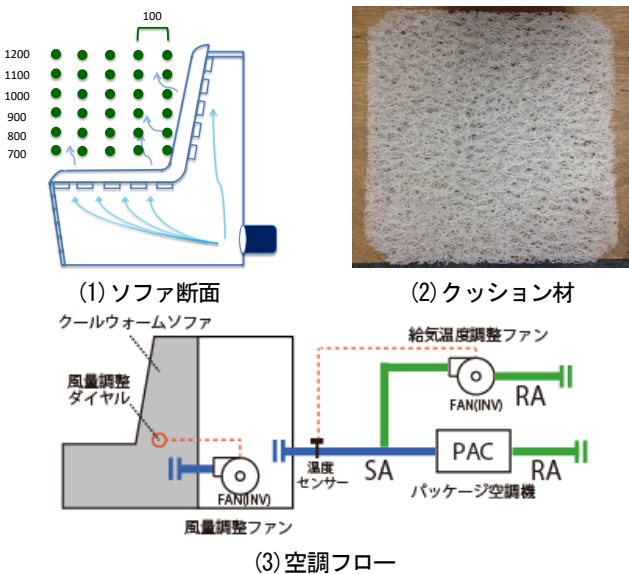


図3 クールウォームソファ概念図

表1 実測概要

室内温度	27.0℃
測定項目	温湿度、放射温度、風速、熱画像
ソファ吹出温度	22℃
ソファ吹出風量	320m3/h

3. 気流・温熱環境実測の概要

表1に実測概要を示す。図3(1)に示す位置でソファ廻りの詳細気流測定を行い、図4に示す断面の各ポイントで温湿度、風速、放射温度の測定を行った。本報では、上下温度分布測定結果、放射温度測定結果、ソファ周り気流分布測定結果、熱画像撮影結果について報告する。

3-1. 上下温度分布測定結果

図5に上下温度分布の測定結果を示す。クールウォームソファを設置したEポイントはFL+600で2~3℃他のポイントより温度が低いことが確認できる。FL+1100以上のポイントでは、各ポイントともほぼ同様な上下温度分布となっており、クールウォームソファが着座する人の周囲空間に対して局所的な冷却効果があることが確認できる。

3-2. 平均放射温度測定結果

図6にFL+1100のレベルでのA~E点における平均放射温度測定結果を示す。Eポイントは外壁・ガラス面に近い位置であるにもかかわらず、他のポイントより低い傾向にあり、クールウォームソファによる冷却効果が確認できる。日射の影響が少なくなる夕方16:00以降では0.3~1.0℃程度他より低くなる。

3-3. ソファ周り風速分布測定結果、熱画像撮影結果

図7-1)にソファ周りの風速分布測定結果を示す。座面・背面部分では0.05~0.12m/s程度でほぼ均等な風速となっており、座面に沿って前面に空調空気が吹出されているのが確認できる。図7-2)に熱画像測定の結果を示す。ソファ表面は22.7℃で均一であり、人体の臀部から背面が冷却されているのが確認できる。

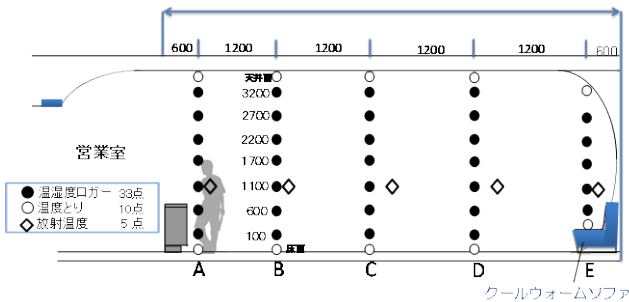


図4 断面測定箇所

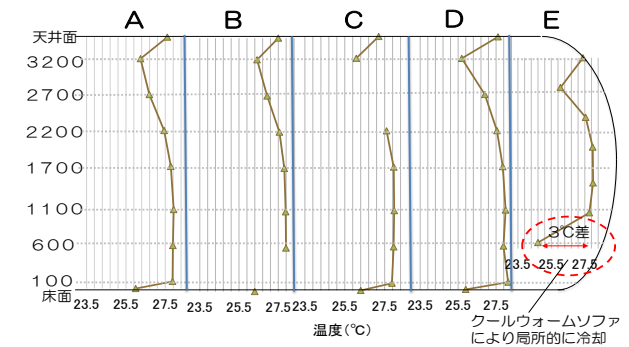


図5 上下温度分布

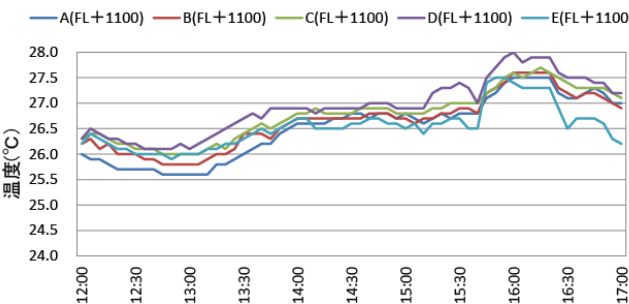


図6 平均放射温度測定結果

4. サーマルマネキン・被験者実測の概要

表2に実測概要を示す。実測は2014年8月27日から8月28日の2日間で行った。ソファの性能評価方法としてサーマルマネキンを用いた実測及び被験者実験を行った。サーマルマネキンを用いてソファ使用時の皮膚表面温度及び冷却効果を計測し、被験者実験で衣服内温度及びアンケート調査を行い、温冷感、快適感、受容度、ソファの印象等を調査した。

5. サーマルマネキン実測

座面、背面からの吹き出しにより、人体近傍を局所的に空調することが可能である。1台当たりの最大風量は320 m³/hであり、調整ダイヤルによって無段階で風量調整できる。本研究では、表2の実験項目の通り風量を設定し実測を行った。

5.1 サーマルマネキン皮膚表面温度

図8に実験項目別のサーマルマネキン皮膚表面温度を示す。ソファの風量を3段階に分けて実測を行った。大腿部の裏や背中のようにソファに接している部位は、風量無の場合に比べ、風量中・風量大の場合が、皮膚表面温度の低下が確認された。ソファに接していない腕の部位も他の部位に比べて皮膚表面温度が低いという結果が得られた。これは、接していなくても気流による影響を受けているためと考えられる。

5.2 等価温度によるクールウォームソファの冷却効果

図9、10にソファ冷却効果を示す。等価温度の算出はマネキン裸体時と着衣時の熱損失から着衣熱抵抗を算出し、それと実測時の値を用いて等価温度を算出した。ソファの冷却効果が得られた部位は大腿部の裏や左右背部の部位であった。これは、ソファから吹き出る気流が当たる部位が冷やされていると考えられる。

(1)に等価温度算出式を示す。

$$teq = ts - 0.155(I_{cl} + I_{a}/f_{cl})Q_{t1} \\ = ts - 0.155I_{t1}Q_{t1} \quad \dots\dots\dots(1)$$

teq : 等価温度(°C)、 ts : 平均皮膚温度(°C)

I_{cl} : 基礎着衣熱抵抗(clo)

I_a : 裸体時皮膚空気層熱抵抗(clo)

f_{cl} : 着衣面積比(-)、 Q_{t1} : 顕熱損失量(W/m²)

I_t : 基準条件の熱抵抗(clo)

6. 被験者実験

6.1 被験者実験概要

着座時の被験者衣服内気候とアンケートによる心理量を調査することを目的とし、被験者実験を行った。被験者は20代から30代の男性7名、女性1名の計8名で行った。施設周辺を約10分間(最寄駅からの歩行時間)被験者に歩いてもらい、ソファが人体に与える影響を評価した。実験はマネキン同様に給気風量を3パターンで行った。記入用紙を被験者に渡し、2分間隔で快適感、温冷感を記入し、体の部位で気になるところを記入させた。

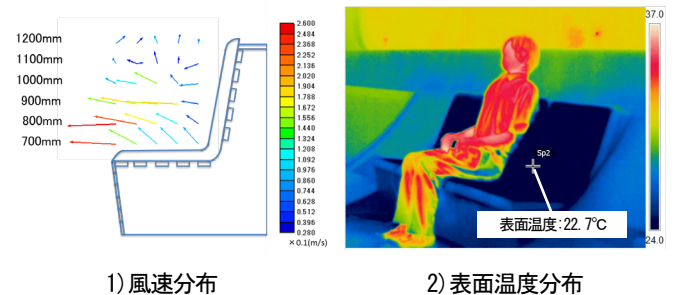


図7 ソファ風速分布、表面温度分布

表2 実測概要

実験条件				
外気温度	24.6℃	相対湿度	79.4%RH	
室内温度	27.0℃	室内湿度	70%RH	
着衣量	0.5clo			
実験項目				
	給気	給気風量(m³/h)	給気温度(℃)	面風速(m/s)
実験1	給気無し	0		
実験2	風量 中	160	21.8	0.02
実験3	風量 大	320	22.4	0.05

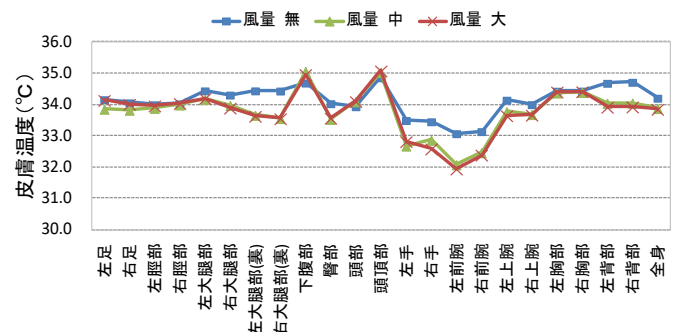


図8 皮膚表面温度

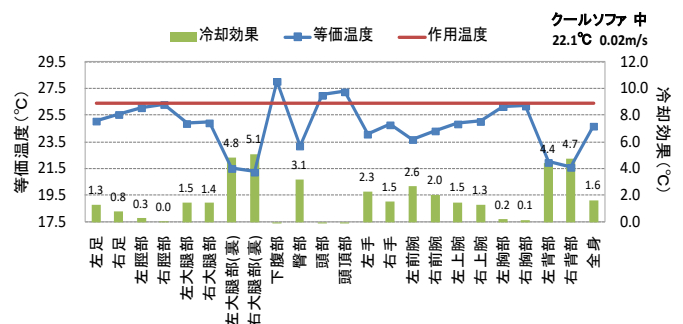


図9 冷却効果 風量 中

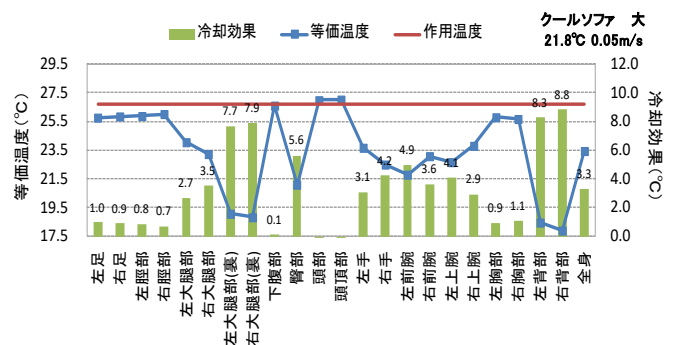


図10 冷却効果 風量 大

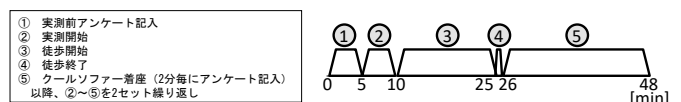


図11 実験手順

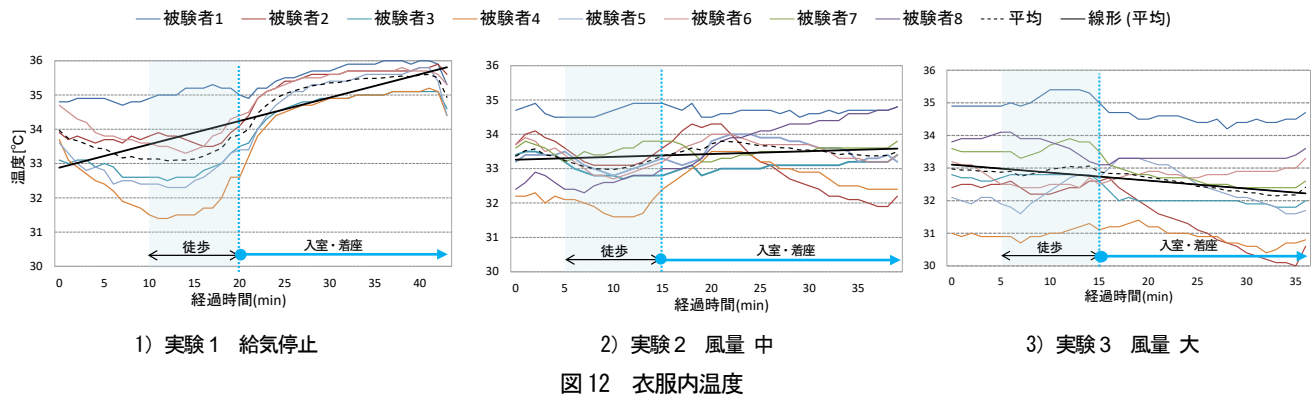


図 11 に実験手順、表 3 に心理量申告の指標を示す。

6.2 衣服内温度

図 12 に、実験毎の衣服内温度（背面）それぞれ示す。歩行中、衣服内温度は上昇せず、一定もしくは下がっている傾向がみられた。歩行中は衣服内では対流があり、熱がこもらない為、温度が上昇しないと考えられる。着座後、実験 1 では衣服内温度が上昇していく傾向が確認された。着座中は衣服内の対流が無くなり、上昇した体温の放熱が衣服内にこもり、上昇したと考えられる。しかし、給気風量を増加していくにつれ、背面の衣服内温度は下がっていく傾向が確認され、風量大では、温度が低下していく傾向が確認された。

6.3 申告値

図 13, 14 に被験者による温冷感・快適感申告値の平均値を示す。給気停止時は、温冷感申告値では着座後から暑いという申告が多く挙げられ、約 24 分後に一定状態の申告となった。快適感申告値も同様に着座後は不快な申告が多く、定常状態まで約 20 分を要している。それに対し、大風量給気時では温冷感申告値は着座後、暑いという申告から 6 分ほどで定常状態まで減少した。また快適感申告値でも 4 分ほどで不快から快適と推移しているのが確認された。

7. まとめ

クールウォームソファを用いたロビー空間で温熱環境実測とサーマルマネキン・被験者実験による温冷感評価を行った。得られた知見は下記の通りである。

- 1) クールウォームソファは着座する人の人体近傍を局所的に冷房し、ソファ廻りでは 3℃程度温度が低減することが確認できた。
- 2) クールウォームソファの空調吹出し面(座面・背もたれ)における風速は偏りなく、0.02~0.05m/s 程度となることが確認できた。空調吹出し面の表面温度は均一で、22.7℃程度であった。
- 3) サーマルマネキンでは、座面と接している大腿部の裏や背中において冷却効果が多く確認された。
- 4) 衣服内温度では給気停止時は着座後も温度が上昇する

表 3 心理申告の指標

	-3	-2	-1	0	1	2	3
温冷感	寒すぎる	涼しい	やや涼しい	どちらでもない	やや暖かい	暖かい	暑すぎる
快適感	非常に不快	不快	やや不快	どちらでもない	やや快適	快適	非常に快適

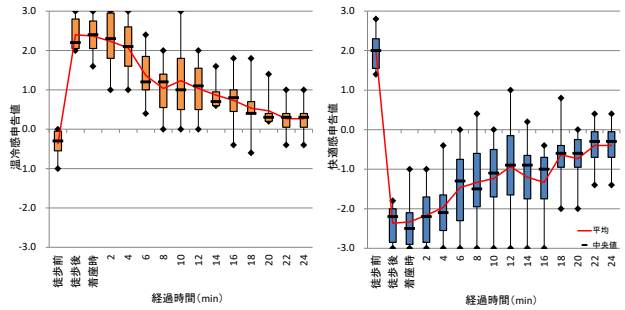


図 13 給気停止時の快適感・温冷感申告値

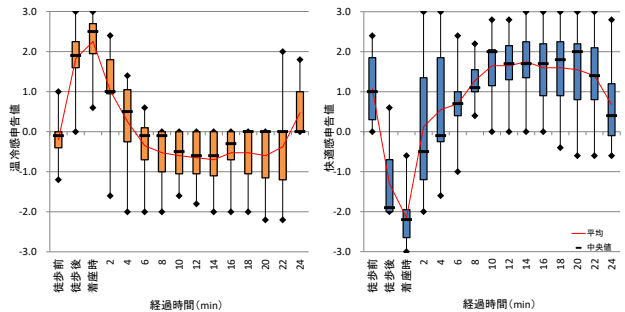


図 14 大風量給気時の快適感・温冷感申告値

傾向が確認されたが、給気することによって温度の上昇は少なくなり、風量大では減少傾向となった。

5) 心理量調査では、給気停止時は温冷感・快適感申告のどちらにおいても定常状態へ戻るのに 20 分以上の時間を要していた。しかし大風量で給気を行った場合、温冷感申告は約 6 分、快適感申告は約 4 分で定常状態まで減少した。

【参考文献】

- 1) 井上他：クールウォームソファを用いたタスク・アンビエント空調に関する研究(その 1 クールウォームソファの概要と冷房時の実測結果)、日本建築学会大会学術講演梗概集
- 2) 矢田他：クールウォームソファを用いたタスク・アンビエント空調に関する研究(その 2 クールウォームソファの冷房時の実測及び性能評価)、日本建築学会大会学術講演梗概集