

## 従来型パーソナル空調システムの使用・管理上の問題点の検討

準会員 金子隆昌\*1 正会員 須藤美音\*2  
 同 村上周三\*3 同 加藤信介\*4  
 同 宋斗三\*5 同 松本さやか\*1

パーソナル空調 被験者実験 温冷感 快適性 制御特性

**1.はじめに** 近年、オフィス空間の温熱環境の不均一化や個人の熱的好みの多様化に対応するため、居住域を好みの環境に制御することが可能なパーソナル空調システムが注目されてきた。しかし、快適性や省エネルギー性についての検討が不十分であることから普及には至っていない。一方 COP3 (京都会議,1997) に基づき、政府は CO<sub>2</sub> 削減策のため夏季の室内設定温度 28 を推奨しており、快適かつ省エネルギー的なパーソナル空調システムの開発が改めて注目されている。本研究ではパーソナル空調設計者・使用者に対するヒアリング調査や被験者実験により、従来型パーソナル空調システムの問題点を抽出し、新たなパーソナル空調システムの制御法を提案することを目的とする。

### 2. 従来型パーソナル空調システムに関する考察

**2.1 ヒアリング調査による従来型パーソナル空調システムの問題点の解明** 従来型パーソナル空調の問題点を明らかにするため、パーソナル空調設計者に対するヒアリング調査を行った。その結果、設備管理者側の問題点としては、イニシャルコスト、ランニングコスト、メンテナンスコストが高い、オフィスのレイアウト変更に対応しにくい、また、使用者側の問題点としては、吹き出し口と人体の距離が近く、ドラフトを感じやすい、制御できる条件が限られているので不満感が増大する、などから快適性が向上するとは限らない、等が挙げられる。

**2.2 省エネルギー型パーソナル空調の概要 (図 1)** 上記の調査結果を踏まえ、本研究では新たなパーソナル空調システムの要件として以下のような目標を挙げている。人間の熱的適応能力を空調制御論理に導入: 空調制御に人間の熱的適応能力を導入することにより、快適かつ省エネ的な空調制御が可能。人体の部位別温感特性を制御論理に導入: パーソナル空調は人体の局所的温冷感を生かしたシステムであり、効果的なシステム制御には人体部位別温感特性の解明が必要。単体型パーソナル空調システムの開発: レイアウト変更に対応可能にするため、ダクト接続等を削除した、持ち運び可能な単体型が望ましい。

**3. 被験者実験による従来型パーソナル空調システムの温熱快適性及び制御特性の把握** 従来型パーソナル空調システムの温熱快適性及び制御特性を把握し、問題点を抽出することを目的として被験者実験を行った。

**3.1 実験の概要 (図 2,3,表 1)** 本実験は慶應義塾大学理工学部環境実験室 (図 2) にて行われた。パーソナル空調設備としては図 2 に示す市販品 (米国製) の一般的なユニットを用いた。実験室の条件を表 1 に示す。被験者は健康な大学生男女各 15 名の計 30 名とし、夏のオフィスを想定した着衣 (男性 0.70clo、女性 0.55clo) に統一した。実験手順を図 3 に示す。始めに被験者を 28 の実験室内で 30 分間

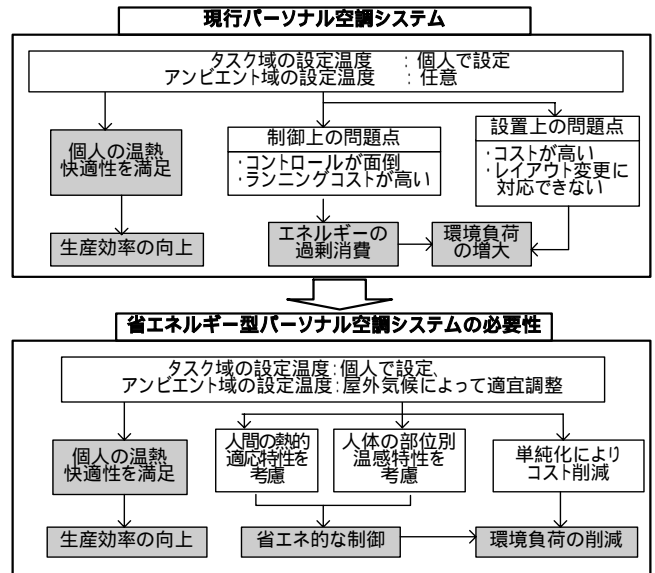


図 1 省エネルギー型のパーソナル空調システム開発の背景と方向性

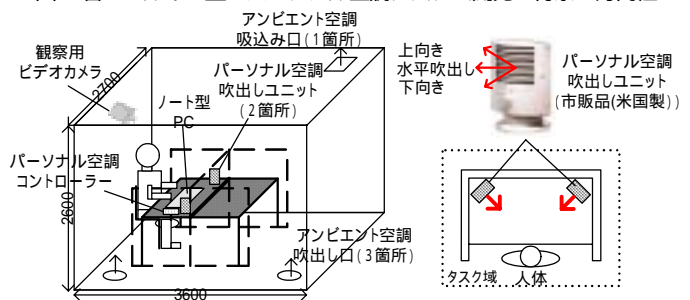


図 2 実験室の概要とパーソナル空調吹き出しユニット

表 1 実験条件

アンビエント空調	温度/湿度	28、50%RH
	空調方式	床吹き出し、天井吸込み
パーソナル空調	吹き出し風速	0.5m/s
	吹き出し風速	1.18m/s, 1.51m/s, 2.47m/s, 2.93m/s, 3.15m/s
	吹き出し温度	24、25、26
	吹き出し風向	上向き、水平吹き出し、下向き

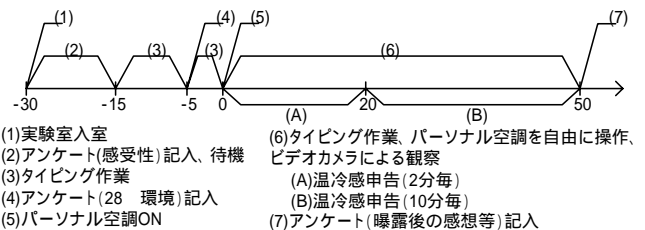


図 3 実験手順

リラックス状態にし、28 環境における温冷感・快適感の申告 (注 1) を行う。その後パーソナル空調を作動させ、各々の熱的好みに応じて自由に制御させ、その様子をビデオカメラにより観察する。実験後には再びアンケート調査を行う。

### 3.2 実験の結果と考察

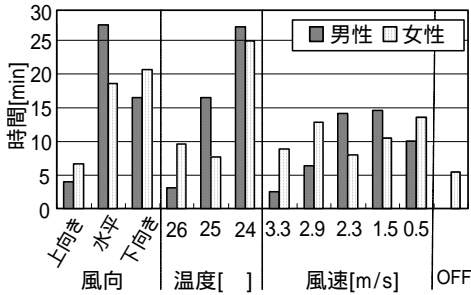


図4 平均使用時間

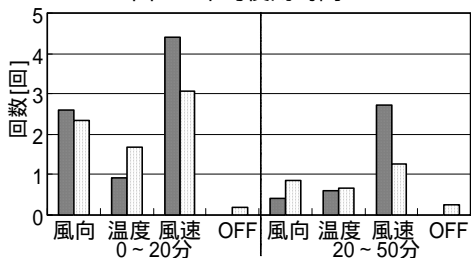


図5 平均調節回数

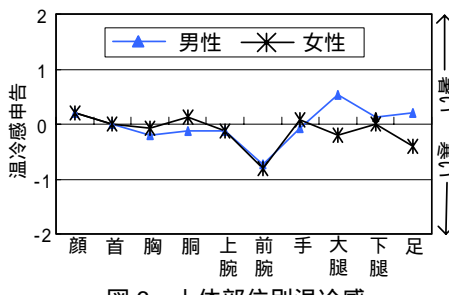


図6 人体部位別温冷感

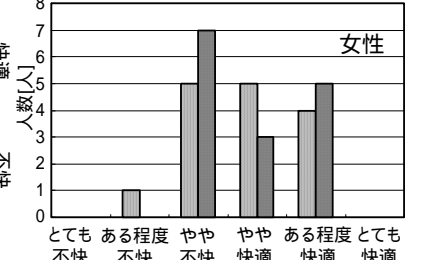
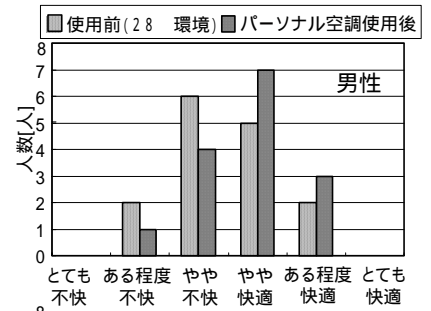


図7 人体部位別快適感申告者数

図8 快適感申告結果

3.2.1 制御特性の検討 1) パーソナル空調使用時間 (図4)

吹出し風向は男女ともに上向きの使用時間が少なく、顔面に気流が直接当たるとを避けていると考えられる。温度は、男女ともに24を使用する時間が長いことがわかる。また、女性は寒さ・気流に敏感であるため、OFFにする傾向や低風速レベルを比較的長時間利用する傾向が見られる。2) パーソナル空調調節回数の検討 (図5) パーソナル空調使用中、男女とも風速の調節回数が多いことがわかる。この傾向は特に男性に顕著にみられる。また、始めの20分間に調節回数が偏っている。始めに風向・温度・風速に関して個人の好みを模索し、その後は主に風速の微調整を行う傾向が見られた。

3.2.2 温熱快適性の検討 1) 温冷感と快適感 (図6,7,8)

人体の部位別温冷感(図6)では下半身が着衣の差により女性は男性より寒く感じる傾向が見られる。また、気流が直接曝露される前腕では男女とも特に寒く感じる傾向がある。図8に快適感申告を示す。パーソナル空調使用后、男性の場合は約1.5倍程度快適性が向上している。一方女性の場合では、図6からわかるように人体の多くの部位で熱的中立状態が確認されているにもかかわらず、図8では多少不快になる傾向が見られる。これは、図7より女性は顔面に直接気流が当たるとに敏感であり、顔面の不快感は全身快適感に大きな影響を与えていると考えられる。2) 使用上の生理・心理的問題点 (図9) 生理的な問題点としては「目が乾く」と申告する被験者が多く見られた。ドライアイの原因の一つとなるパソコン作業に加え、気流が目の負担を増大させるものと考えられる。また、「風が当たるだけで不快」、「前面から風が吹いてくることが不快」の申告者も多くみられる。これは目の乾きに加え、吹出し口が見える・触れられることが気流への嫌悪感を増大させると考えられる。使用上の問題点としてはコントロールに関する項目が多く、特に「コントロールが面倒」という申告者が多い。これは男性に目立つ。使用者が制御することを怠ることにより、無駄な空調エネルギー消費を助長する結果

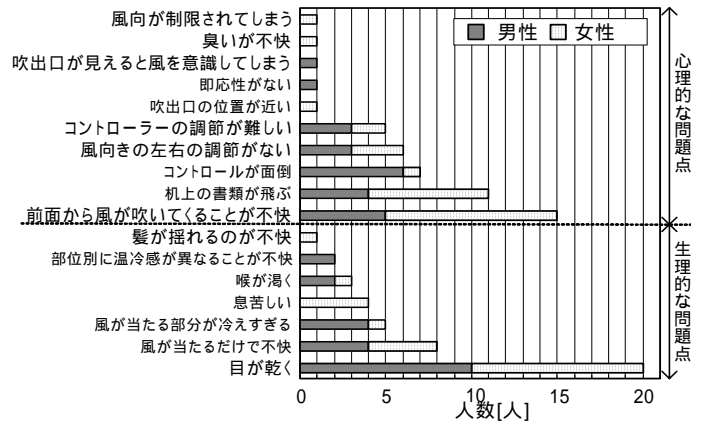


図9 パーソナル空調使用上の問題点

を招くものと考えられる。以上により、パーソナル空調に省エネ性を持たせるためには人間の温冷感の時間変化などを考慮した自動制御システムを導入することが望ましいと考えられる。

4. まとめ 従来型パーソナル空調における管理・使用上の問題点についてヒアリング調査と被験者実験により以下の知見を得た。1) 男女共に顔面に気流が当たることを避ける傾向が見られる。2) 女性にパーソナル空調をOFFにする傾向が見られる。3) 顔面に直接気流を当てることは、気流感や目の乾燥により全身の不快感を生じさせる。4) コントロールが面倒という問題点から、エネルギーの浪費が懸念される。5) 快適かつ省エネ的なパーソナル空調システムを開発するためには、人間の熱的適応性、人体部位別温感特性を考慮した制御面における検討が必要である。

【謝辞】 研究の遂行にあたり日建設計の伊香賀俊治氏及び近本智行氏、東京ガスの大森敏明氏から多大なご助言を得た。また実験装置作成にあたり高砂熱工業の清水保夫氏及び三河直人氏、川本英治氏にご協力頂いた。ここに記して深甚の謝意を表す。[注(1) 温冷感申告のスケールはASHRAEの7段階スケール、快適感申告は6段階とする。]【参考文献】(1) Bauman, F.S, H.Zang,E.Arens,and C.Benton: Localized comfort control with a desktop task conditioning system: laboratory and field measurements, ASHRAE Transactions, Vol.99, Pt.2, 1993 (2) 須藤村上ら: 人間のアダプティブ性を考慮したパーソナル空調システムの開発(その1-2) 日本建築学会関東支部研究報告集2003.3

\*1 慶應義塾大学システムデザイン工学科  
\*2 慶應義塾大学大学院  
\*3 慶應義塾大学システムデザイン工学科  
\*4 東京大学生産技術研究所  
\*5 東京大学生産技術研究所

大学生  
大学院生  
教授、工博  
教授、工博  
助手、工博

Keio University  
Graduate School, Keio University  
Prof., Keio University, Dr. Eng  
Prof., Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.  
Research Associate, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.