

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 須藤 美音

本論文は、「時間的・空間的不均一性を配慮したパーソナル空調システムに関する研究」と題し、人間の持つ「時間的」・「空間的」に一定ではない熱・気流に対する要求を明らかにし、空調制御に生かすことにより快適性・省エネルギー性の両面を達成したオフィスなどの執務空間でのパーソナル空調システムを検討し、これを新たに提案している。個人を対象としたパーソナル空調システムの研究は、本研究が初めてではないが、人間の持つ「時間的」・「空間的」に一定ではない熱・気流に対する要求を明らかにし、これをシステムに反映した点で従来にないオリジナルな成果が得られている。

まず、第1章では、序論として、パーソナル空調が注目されるようになった背景を論説している。また、パーソナル空調をはじめ、関連する既往の研究をレビューし、実用性の高いパーソナル空調システムには、『時間的』・『空間的』不均一性の概念を空調制御に活用する必要があることを述べている。第2章では、本論文の基本となる温熱環境における人間の生理・心理について概説している。第3章では、流体数値シミュレーション手法に関して概説している。第4章では、パーソナル空調を導入するオフィスを実測し、パーソナル空調の有効性を検討している。第5章では、パーソナル空調が有用であるにもかかわらず、日本で普及に至っていない原因を明らかにするため、ヒアリング及び被験者実験を行っている。その結果、事業者・建物管理者側のパーソナル空調の問題点として、コストが高いことや、オフィスのレイアウト変更に対応しにくい点など、また使用者側の問題点として、吹出し口と人体の距離が近くドラフト感を覚えやすいこと、コントロールの制約などがあげられている。被験者実験は、被験者30人にパーソナル空調を自由に使用させ、その状況をモニターにより観察するとともに、実験後アンケートを実施している。モニターによる観察では、使用者の好む設定条件を分析している。また、温冷感には男女ともに熱的にはおおよそ満足しているが、快適性は女性の場合に高くないことを認めており、その原因としては、特に目の乾燥や前面からの気流に対する不快感などを指摘している。さらに、執務中は、パーソナル空調のコントロールが疎かになり、冷やし過ぎなど、省エネルギー性が満たされないことも指摘している。第6章では、パーソナル空調により形成された不均一な温熱環境における人間の生理・心理を明らかにするために被験者実験を行っている。この結果、上向き吹出しとして、頭部中心に冷却することにより効率よく全身温冷感が低下する可能性を示唆する結果となっている。また、CFD解析により、パーソナル空調使用時の人体周辺で形成される極めて不均一な温熱環境について把握し、気流設計に生かす方法に関して検討している。第7章では、人間の活動変化に伴い時間変動する快適性の影響及びパーソナル空調による熱的不快感の緩和効果について検討を行っている。オフィスの実測から温熱快適性に影響を与える要因は物理環境の変化よりも活動変化の影響が大きい可能性を指摘し、これを受けた環境実験室による基礎実験により、大小様々な活動変化（代謝量の変化）が人の生理、心理

に与える影響を明らかにしている。さらに、活動変化に伴い生じた熱的不快感の緩和効果を検討するために、パーソナル空調を用いた被験者実験を行っている。この結果、0.9m/s 歩行後にパーソナル空調を使用することにより男性は5分、女性は3分で熱的不快感が緩和し、1.8m/s 歩行後は、男女ともに約10分で熱的不快感が緩和する結果を得ている。また、熱的不快感緩和後は2,3分で快適感が最大になるが、その後は低下し、実験終了時は不快に達する傾向を認めている。これは目の乾燥の影響や寒さによる不快感であることを明らかにし、こうした状況に対応することがパーソナル空調の設計に重要であることを指摘している。第8章では第5～7章の実験結果を踏まえて、「時間的」・「空間的」不均一性を配慮したパーソナル空調システムの概要及び制御法について提案している。第9章では本研究の全体のまとめを行っており、本研究の成果と今後の課題が総括されている。

以上を要約するに、本論文は、パーソナル空調が次世代空調と期待されていながらも普及しない様々な原因を丹念に明らかにし、その解決策を提案している。また、パーソナル空調の大きな特徴である『必要な時に、必要な場所へ』という概念を具体化するために、CFD解析・被験者実験を行い、『時間的』・『空間的』不均一環境に対する人間の生理的・心理的な影響について明らかにしている。このシステムは、『時間的』・『空間的』不均一性という概念を空調制御に導入するということにより、従来型のパーソナル空調で満足されていなかった快適性・省エネルギー性の向上が期待されるもので、オフィス環境におけるパーソナル空調の実用化に寄与するところが大きいと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。