

平成21年 5月 8日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18560586  
 研究課題名（和文） 不均一温熱環境評価のための局部気流環境における人体影響評価に関する実験的研究  
 研究課題名（英文） Evaluation of Local Air Movement on Skin Temperature and Thermal Sensation by Corrected Humid Operative Temperature  
 研究代表者  
 鈴木 健次（SUZUKI KENJI）  
 豊田工業高等専門学校・建築学科・准教授  
 研究者番号：60259877

研究成果の概要：人体と環境との熱収支に基づき、局部気流曝露が全身及び人体各部位の生理・心理反応に及ぼす影響と効果を明らかにすることを目的に被験者実験を実施した。その結果、全身及び人体を13区分した各部位毎の放射熱伝達率及び対流熱伝達率を算出すると共に、人体各部位の周径方向の熱伝達率分布から、人体形状が気流速度分布に与える影響を確認した。さらに、局部気流曝露が、全身及び他の部位の皮膚温・温冷感に及ぼす影響を確認した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,300,000	0	1,300,000
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	480,000	3,380,000

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：修正湿り作用温度、部位修正湿り作用温度、局所気流、不均一環境、皮膚温

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 近年の地球規模でのエネルギー問題や環境問題の指摘のなかで、よりエネルギー効率のよい方法での快適性の提供が求められている。

(2) 床暖房やパーソナル空調では、あえて人体を不均一な温熱環境に曝露することによる経済的快適制御が試みられている。

(3) 現在用いられる予測平均温冷感申告（PMV）及び標準有効温度（SET\*）などの温熱環境指標は、不均一温熱環境の評価には適

さない場合が多い。

(4) 気流は冷暖房や換気時に人体への影響が大きく最も対応が難しい要素であり、温熱効果の適切な評価手法が求められている。

## 2. 研究の目的

(1) 静穏環境及び局部気流曝露環境における人体周辺微気候性状を把握し、局部作用の気流による人体の放熱に与える影響を定量化する。

(2) 局部気流曝露環境における部位別の対流熱伝達率及び放射熱伝達率を求め、温熱環境設計の基礎データとする。

(3) 局部気流曝露により生じる不均一環境が、全身及び人体各部位に与える皮膚温や快適感などの定量的評価方法を示し、有効性を検証する。

(4) 人体と環境との熱収支に基づき、局部気流曝露が、全身及び人体各部位の生理・心理反応に及ぼす影響と効果を明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1) 静穏気流時及び局部気流曝露時の人体全身及び局所の対流熱伝達率を熱流束センサーを用いた被験者実験により、人体各部位の顕熱放熱量を算定する。

(2) 対流熱伝達率の算定には、放射放熱量を計算より求めて差し引き、対流放熱量を算定する。本研究では、立体角投射法則に基づく写真法により形態係数及び有効放射面積率を求め、これを用いて人体からの放射放熱量を算出する。

(3) 気流には方向が存在し、人体の対流熱伝達率には分布があることから、静穏気流時及び局部気流曝露時における人体各部位の対流熱伝達率分布の測定を行い、代表値としての部位平均値推定方法を検討し、各部位対流熱伝達率を求める。

(4) 裸体人体の頭部及び足部に対して、正面・背面及び側面から、温度及び風速の異なる局部気流を曝露した場合の生理・心理反応を計測し、温熱的影響を検討する。

(5) 局部気流曝露が、全身及び人体各部位に実際に作用する温熱的效果を、修正湿り作用温度及び部位修正湿り作用温度を用い定量的に評価する。

### 4. 研究成果

(1) 人体各部位の気流速度分布は、曝露方向に正対する側で高い傾向を示したが、剥離気流が生じていると考えられる曝露正対面の各45°面に比べ、曝露方向に正対する0°面では著しく低いなど、人体形状が気流速度分布に与える影響を確認した。

(2) 全身及び人体を13区分した各部位毎の放射熱伝達率を算出した。

(3) 全身及び人体各部位の自然対流熱伝達

率を算出し、既存の研究結果と比較確認した。

(4) 全身及び人体各部位の強制対流熱伝達率及び回帰曲線を算出し、既存の研究結果と比較確認した。全身対流熱伝達率では、全曝露に対する回帰曲線は、正面曝露および背面曝露の中間にあり、市原らがマネキンから算出した回帰曲線  $hc = 12.1V^{0.40}$  とほぼ一致したが、正面からの曝露に対する回帰曲線は、背面からの曝露に対する回帰曲線より大きい結果を示し、曝露気流の方向により放熱が大きく異なることを確認した。

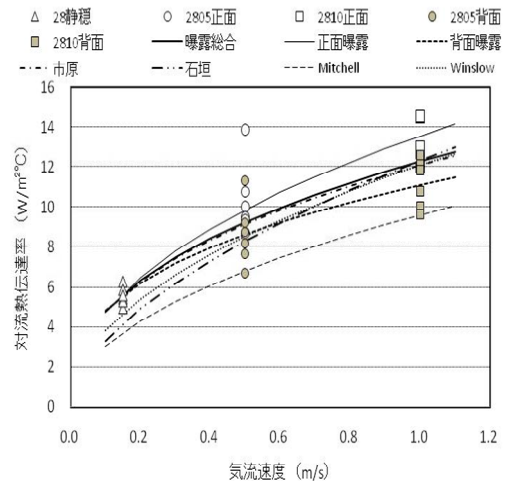


図1 全身対流熱伝達率の既存研究との比較

(5) 人体各部位の周径方向に対する気流速度分布及び対流熱伝達率分布より、現在慣例的によく利用される Hardy-DuBois の7点法および12点法の測定点を代表点として測定した場合、部位対流熱伝達率を大きく見積もる可能性が示唆された。(図2：腹部の例)

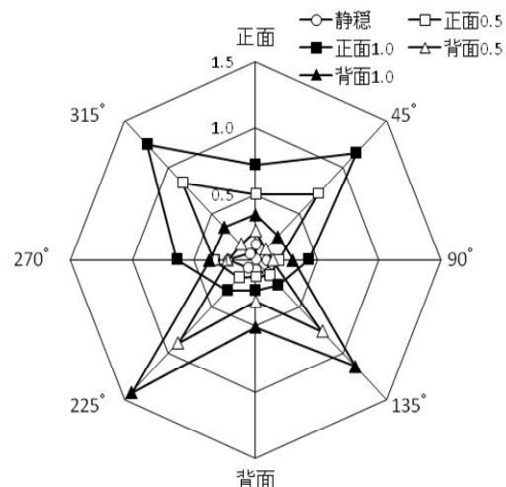


図2 全身曝露に対する腹部気流速度分布 (m/s)

(6) 人体各部位の周径方向に対する顕熱放熱量と皮膚温の分布は必ずしも一致していないことが確認された。(図3：腹部の例)

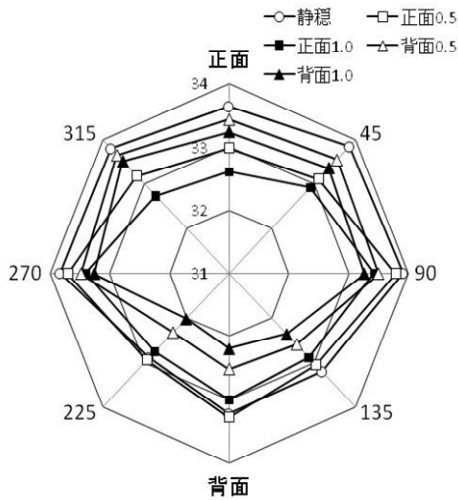


図3 全身曝露に対する腹部皮膚温分布 (°C)

(7) 修正湿り作用温度 (HOTV) 及び部位修正湿り作用温度 (部位 HOTV) の皮膚温及び温冷感の評価に対する信頼性を確認した。(図4、図5：下腿前部の例)

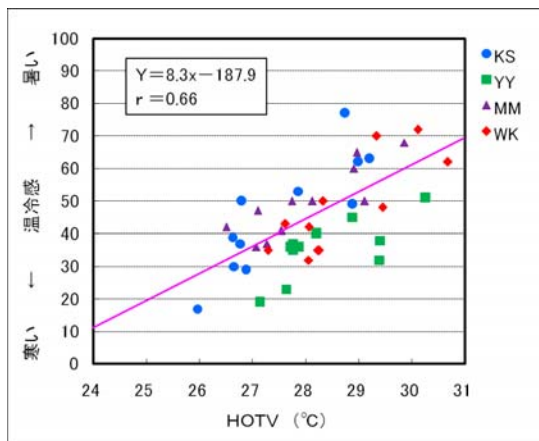


図4 部位 HOTV と部位皮膚温との関係

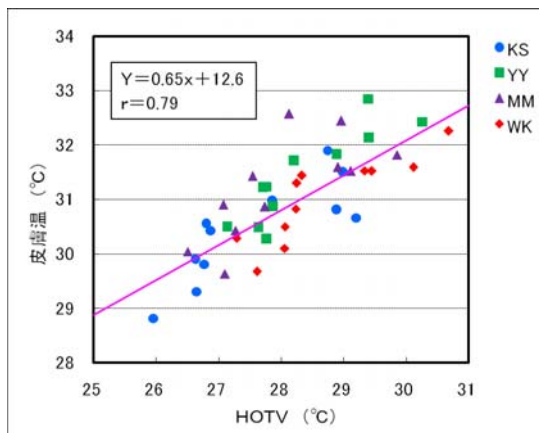


図5 部位 HOTV と部位温冷感との関係

(8) 修正湿り作用温度 (HOTV) 及び部位修正湿り作用温度 (部位 HOTV) により、全身及び人体各部位からの経路別放熱量を算出し、温熱環境側の各温熱要素が人体に与える効果について明らかにした。(図6：足部の例)

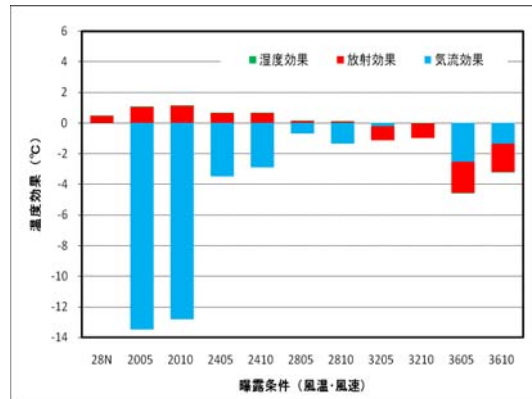


図6 足背部の経路別温度効果

(9) 部位 HOTV を用いて、局所気流曝露における人体各部位への温熱的影響評価を行う際の信頼性の検討を行った。その結果、足部に対する局所気流曝露において、全体的には直接曝露を受ける部位の HOTV は、皮膚温及び温冷感への影響を的確に表現していると考えられたが、皮膚温低下の著しい被験者では気流効果を過小評価する可能性が示唆された。

(10) 足部への局所気流曝露では、足部の皮膚温及び温冷感の低下が、全身の温冷感に影響を及ぼす者と及ぼさない者の個人差が生じることが確認された。

(11) 頭部への局所気流曝露では、全身が温熱的中立域にある場合、頭部を局部的な冷風に曝露しても直接曝露される部位を除く躯幹部及び四肢部の皮膚温に変化はほとんど現れず、温冷感に対する効果も無いことが確認された。

(12) 全身が暑熱環境下にある場合の頭部局所冷却の効果はよく知られているところであり、全身の温熱条件と局所冷却の効果度に関してさらなる被験者実験による検討が課題として示唆された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計4件)

- ①三宅正人、鈴木健次、武田紀子、堀越哲美、  
椅座裸体人体の足部正面への局所気流曝露が生理・心理反応に及ぼす影響に関する研究 その1 皮膚温・温冷感に及ぼす影響、日本建築学会大会学術講演会、2008年9月20日、広島大学
- ②鈴木健次、三宅正人、武田紀子、堀越哲美、  
足部への局所気流曝露が人体の生理・心理反応に及ぼす影響に関する研究 その2 修正湿り作用温度HOTVによる検討、日本建築学会大会学術講演会、2008年9月20日、広島大学
- ③三宅正人、鈴木健次、武田紀子、堀越哲美、  
気流曝露が椅座裸体人体の皮膚温・温冷感に及ぼす影響に関する研究 全身に対する正面および背面からの気流曝露の場合、日本建築学会東海支部学術研究発表会、2008年2月17日、大同工業大学
- ④鈴木健次、武田紀子、田中稲子、堀越哲美、  
強制対流時における椅座姿勢人体の部位対流熱伝達率、日本建築学会大会学術講演会、2007年8月30日、福岡大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鈴木 健次 (SUZUKI KENJI)  
豊田工業高等専門学校・建築学科・准教授  
研究者番号：60259877

### (2) 研究分担者

武田 紀子 (TAKEDA NORIKO)  
豊田工業高等専門学校・建築学科・助教  
研究者番号：30413785

### (3) 連携研究者

なし