

一定風と変動風の風の違いが生理心理反応へ及ぼす影響に関する研究

大浦理沙¹⁾, 宮本征一²⁾¹⁾ 摂南大学大学院理工学研究科, ²⁾ 摂南大学理工学部建築学科

A study on the effects of constant wind or fluctuating wind on the physiological and psychological reaction

Risa OURA¹⁾, Seiichi MIYAMOTO²⁾¹⁾ Graduate School of Science and Engineering, Setsunan University, ²⁾ Department of Architecture, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

Abstract: In the constant temperature and humidity room controlled to ambient temperature 30 degrees Celsius, relative humidity 55%, the subject experiments were conducted using five male subjects and five female subjects. The subjects regulated the air volume of the electric fan to make neutral environment from slightly hot environment. The wind used in the subject experiments was the constant wind or the fluctuating wind. As a result, when it was changed so that wind was felt from calm, the mean heat fluxes suddenly increased, and the mean skin temperature gradually decreases. In order to keep the whole body thermal sensation constant, it was necessary to do the velocity of constant wind faster than the velocity of fluctuating wind. Therefore the mean heat fluxes were promoted, and the mean skin temperature decreases, and the thermal comfort improved.

Key words: constant wind, fluctuating wind, skin temperature, heat flux, thermal comfort

要旨: 暑熱環境下を想定して室温 30℃、湿度 55%に制御した恒温恒湿室において、一定風モードと変動風モードの 2 種類の風のモードを有する扇風機を用いて、青年男女 10 名の被験者各自が暑くも寒くもない温熱環境になるように 30 分間風量を随時・任意に調節する生理心理反応実験を行った。その結果、扇風機の風に曝露されると、平均熱流束は急激に増加するが、平均皮膚温は 30 分間かけて徐々に低下した。全身温冷感を暑くも寒くもない状態に保つためには、一定風モードの風速は変動風モードの風速より速くする必要があった。そのため、一定風モードのほうが変動風モードと比べて、平均熱流束が大きく、平均皮膚温が低く、温熱的快適感が向上した。

キーワード: 一定風、変動風、皮膚温、熱流束、温熱的快適感

1. はじめに

夏の暑熱環境を快適に過ごすために、エアコン、扇風機や除湿機などが用いられているが、近年の電力事情を鑑みると、エアコンより消費電力の少ない扇風機を利用することが望ましいと考えられる。

気流が人体へ及ぼす影響や気流の快適性評価に関する研究^{1) 2) 3) 4)}は多々あり、久保ら¹⁾は気温 3 段階、湿度 3 段階の条件の蒸暑環境下において、被験者自身に最も快適な温熱環境になるように気流速度を選択してもらう実験を行い、好まれる気流速度の生理的、心理的影響と蒸暑環境の緩和効果を明らかにしている。

本研究では、中程度の暑熱環境下において被験者自らが、温冷感が温熱的中立になるように、随時・任意に扇風機の風量を調節する実験を行い、一定風と変動風の風の種類の違いが人の生理・心理反応にどのような影響を与えているのかを検討することとした。

2. 研究計画

2013 年の 8 月～9 月に、摂南大学 8 号館 4 階の環境工学実験室内のカーテンで 4m×4m に区切られた空間を前室、恒温恒湿室 (ESPEC 製: TBR-3HAOPX) A 室を曝露実験室として生理心理反応実験を行った。図 1 に、曝露実験室の平面図と測定機器の配置を示す。前室は、環境工学実験室内のエアコンを用いて暑くも寒くもない温熱環境に制御し、被験者が休憩するための椅子と机を設置した。曝露実験室は、室温と平均放射温度が等しくなるように壁面をカーテンで蔽い、居住空間を想定した空間とするため、木製フローリング材、ソファ、ラグ、曝露中の主行為である TV・DVD 鑑賞のための TV と扇風機 (Panasonic 製: F-CJ329-S 風量 32 段階に改造) を設置した。扇風機は、被験者の左前 30° 方向に 1.5m の距離に配置し、風向は被験者の重心 (臍) への方向とした。

表 1 に、測定に使用した機器と測定項目を示す。環境側の測定として、乾球温度と湿球温度は通風型の白金熱抵抗体乾湿計を用いて、グローブ温度はグローブ温度計の中心部に 0.2mm T 型熱電対を用いて、それぞれ 10 秒間隔で測定した。風速は、扇風機と被験者を結ぶ線上の中間点に熱線式風速計 (KANOMAX 製: クリモマスター model 6531) を設置し、1 秒間隔で測定した。人体側の測定として、舌下温を 0.2mm T 型熱電対を用いて、DuBois の 7 点 (額部、腹部、前腕部、手背部、大腿部、下腿部、足背部) の皮膚温と熱流束を、温度・熱流束センサー (江藤電気製: S11A) を用いて 10 秒間隔で測定した。DuBois の 7 点の熱流束と皮膚温から DuBois の 7 点の重み付けで、平均顕熱流 (MSHF) と平均皮膚温 (MST) を算出した。

心理申告は、曝露 5 分前から 5 分毎に、温熱的快適感、全身温冷感、気流感、気流快適感を 100mm の直線尺度と 4 段階または 7 段階尺度で申告させ、曝露開始時から 10 分毎に直線尺度で形容詞対 21 対を用いて気流の印象評価を申告させた。

実験条件は、室温を夏期の温熱的快適域よりやや高めの 30℃、湿度を 55% とした。扇風機の風は、一定風モードまたは変動風モードとし、曝露中は、被験者が随時・任意に風量を変更できるようにした。

実験着は、被験者各自の下着と統一した T シャツと短パンとした。表 2 に、実験着およびソファの着衣熱抵抗を、男性型サーマルマネキン (京都電子製: THM-117S) を用いて算出した結果を示す。ソファを除く着衣熱抵抗は 0.3clo であり、ソファを含む着衣熱抵抗は 0.7clo であった。

表 3 と表 4 に青年男子および青年女子被験者の身体特性を示す。被験者は、18 歳～23 歳の青年男女各 5 名であり、やや痩せからやや肥満の体型体格を有し、近畿地方の出身であった。

実験手順は、図 2 に示すように被験者を実験着に着替えさせた後、前室にて実験の説明と教示をして、身長と体重の測定を行った。その後、曝露実験室に入室させて、被験者に温度・熱流束センサーを取り付けた後、ソファに深く座らせ 30 分間休憩させた。実験中の姿勢は、右掌は肘掛の上に左掌は大腿横の座面クッションの上とし、脚は過度な開脚や投げ出しを禁止とした。風に曝露させる 5 分前に無風状態の心理申告をさせて、その 5 分後にリモコンを用いて扇風機による送風を被験者に開始させて、暑くも寒くもない状態になるように 30 分間随時・任意に風量調節をさせながら、一定風または変動風モードに曝露させた。表 5 に曝露中の平均風速を示す。温冷感が暑くも寒くもない状態になるように、風量を調節してもらったため、被験者により曝露時の風速は異なった。

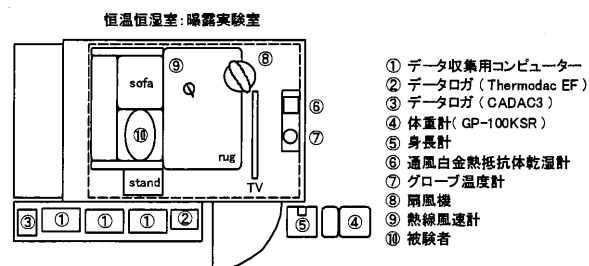


図 1 曝露実験室の平面図と測定機器の配置

表 1 測定に使用した機器と測定項目

	測定機器名	メーカー・型番/仕様	測定項目	測定間隔
環境側	通風白金熱抵抗体乾湿計	CHINO Model R220-30	室温・湿度: FL90cm	10秒
	グローブ温度計	柴田科学 直径150mm	グローブ温度: FL90cm	
	熱電対	0.2mmT型熱電対 ビニル被覆	表面温度: 天井、床、カーテン	
	熱線式風速計	KANOMAX CLIMOMASTER Model6531	風速: 扇風機から750mm	1秒
人体側	熱流束センサー	江藤電気 Heat Flow Sensor(Type S11A)	皮膚熱流束・皮膚温	10秒
	熱電対	0.2mmT型熱電対 ビニル被覆	舌下温	
	身長計	YAGAMI製 YL-855	身長	—
	体重計	A&D製 GP-100KSR	体重	
	体脂肪計	オムロン社 HBF-306	体脂肪率	

表 2 各部位の着衣量 (単位: clo)

	頭部	胸部	背部	腹部	腰部	上腕部	前腕部	手背	大腿部	下腿部	足部	全身
ソファ除	0.0	0.5	0.5	2.0	0.8	0.3	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.3
ソファ含	0.0	0.5	1.8	2.7	1.7	0.3	0.1	0.2	0.8	0.1	0.1	0.7

表 3 青年男子被験者の身体特性

被験者	身長 mm	体重 kg	BMI kg/m ²	体表面積 m ²	体脂肪率 %	年齢 歳	出身地
M01	1670	57.7	21	1.65	15	21	大阪
M02	1750	62.9	21	1.77	13	21	三重
M03	1697	48.2	17	1.54	9	21	大阪
M04	1736	54.1	18	1.65	9	20	大阪
M05	1753	76.5	25	1.92	23	23	大阪
平均値	1721	59.9	20	1.7	14	21	—
標準偏差	36	10.7	3	0.1	6	1	—
最大値	1753	76.5	25	1.9	23	23	—
最小値	1670	48.2	17	1.5	9	20	—

表 4 青年女子被験者の身体特性

被験者	身長 mm	体重 kg	BMI kg/m ²	体表面積 m ²	体脂肪率 %	年齢 歳	出身地
F01	1530	40.1	17	1.32	21	22	大阪
F02	1579	54.4	22	1.54	29	22	大阪
F03	1612	74.4	29	1.79	35	21	京都
F04	1627	54.9	21	1.58	27	21	京都
F05	1620	57.2	22	1.60	29	20	京都
平均値	1594	56.2	22	1.6	28	21	—
標準偏差	40	12.2	4	0.2	5	1	—
最大値	1627	74.4	29	1.8	35	22	—
最小値	1530	40.1	17	1.3	21	20	—

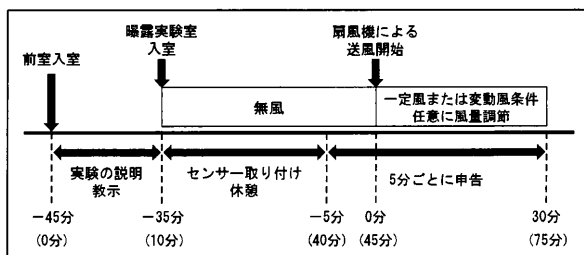


図 2 実験手順

表 5 被験者ごとの曝露中の平均風速

	M01	M02	M03	M04	M05	F01	F02	F03	F04	F05	ave
一定風モード	0.89	0.56	0.46	0.42	0.64	0.58	0.59	1.00	0.41	0.63	0.62
変動風モード	0.76	0.59	0.34	0.34	0.62	0.40	0.51	0.60	0.30	0.72	0.52

3. 結果

3.1 一定風モードと変動風モードの風速変動

別実験から得られた知見により、測定した 0.75m 地点の風速に 0.43 を乗じて、1.5m 地点の風速とした。

図 3 に、一定風モードと変動風モードの風速変動を示す。使用した扇風機は 7 枚羽であるため、一定風モードでも風速の変動が見られた。両モードの風速について等分散性の検定を行ったところ、有意水準 1% で変動風モードの風速変動が大きくなった。

3.2 生理反応

曝露直前の皮膚温および熱流束には個人差が見られるため、曝露 0 分を基準とした変化量を求めた。

図 4 に、例として腹部、前腕部、下腿部の熱流束および平均熱流束 (MSHF) の変化量 (被験者 10 名の平均値) を示す。被覆されている腹部は、風の有無による熱流束変化量は小さく、一定風モードのほうが変化した。露出している前腕部は、腹部より熱流束変化量は大きく、一定風モードのほうが変化した。露出している下腿部は、前腕部より熱流束変化量は小さく、変動風モードのほうが変化した。MSHF は、両モードともに曝露直後に急激に熱流束変化量が変化し、曝露中はほぼ一定であった。

図 5 に、例として腹部、前腕部、下腿部の皮膚温および平均皮膚温 (MST) の変化量 (被験者 10 名の平均値) を示す。被覆されている腹部は、風の有無による皮膚温変化量は小さく変化した。露出している前腕部は、曝露 0 分～曝露 10 分までは皮膚温変化量は大きく変化した、曝露 10 分～曝露 30 分まではほぼ一定の値となった。露出している下腿部も、曝露 0 分～曝露 30 分まで皮膚温変化量は大きく変化した。MST は、両モードともに曝露 0 分～曝露 20 分までは徐々に変化した、曝露 20 分～曝露 30 分までは、ほぼ一定の値となった。

3.3 心理反応

図 6 に、心理申告の経時変動を示す。全身温冷感、両モードともに曝露直前の暑い側の申告から曝露直後には温熱的中立に変化し、曝露中は温熱的中立を保った。温熱的快適感、両モードともに曝露直前の不快側の申告から曝露直後には快適側に移行し、徐々に快適側に移行し、一定風モードのほうがより快適側を申告した。気流感、曝露直後からあまり変化せず、変動風モードのほうが気流を感じない側を申告した。気流快適感、曝露直後から徐々に快適側に移行し、一定風モードのほうが快適側を申告した。

4. 考察

図 7 に曝露前、曝露直後、曝露 30 分の風速と MSHF、MST の関係を示す。曝露前から曝露直後では、両モードともに風速、MSHF が増加し、MST はやや低下した。曝

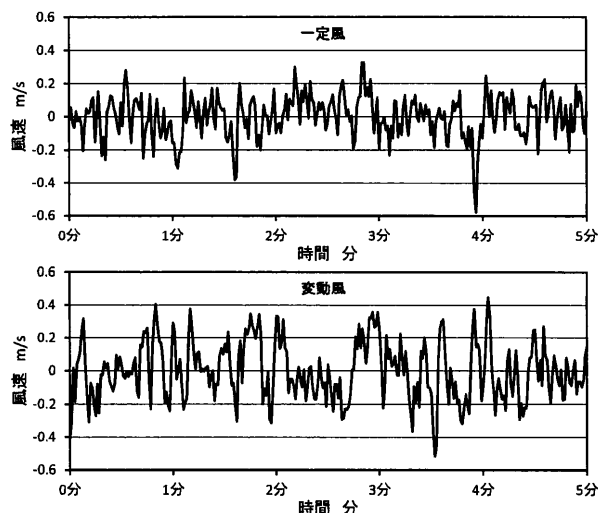


図 3 一定風モードと変動風モードの風速変動 (平均値との差)

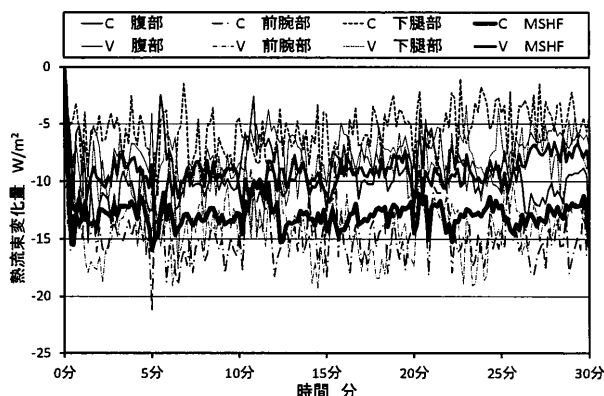


図 4 曝露 0 分からの熱流束の変化量

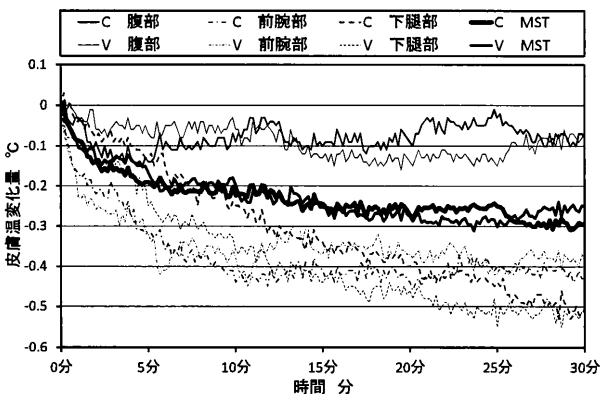


図 5 曝露 0 分からの皮膚温の変化量

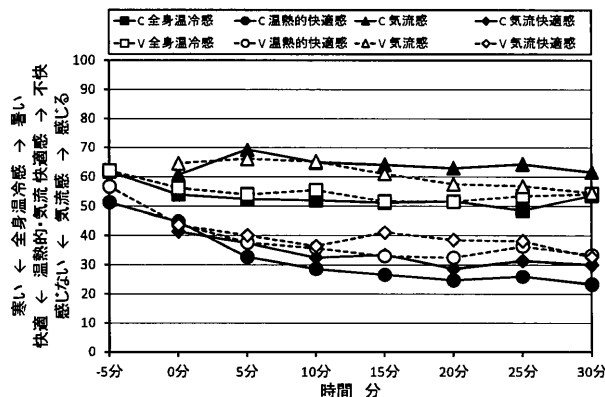


図 6 心理申告の経時変動

露前と曝露直後では、両モードともにMSHFに有意水準1%で差が見られた。人体に蓄熱された熱は瞬時に放熱されず、熱流束は大きく変化するが、皮膚温はすぐには低下しないためであると考えられる。曝露直後から曝露30分では、風速は一定風モードでさらに増加し、変動風モードでやや増加したが、両モードともにMSHFはあまり変化せず、MSTは低下した。曝露直後と曝露30分では、両モードともにMSTに有意水準5%で差が見られた。人体に蓄熱された熱を一定の熱流束で放熱するために、風速を増加させた結果、皮膚温が低下したと考えられる。

図8に曝露前、曝露直後、曝露30分の風速と全身温冷感、温熱的快適感の関係を示す。曝露前と曝露直後では、両モードともに全身温冷感には差異が見られず、温熱的快適感には有意水準5%で差が見られた。中程度の暑熱環境における曝露であったため、全身温冷感に差異が見られなかったと考えられる。曝露直後と曝露30分では、一定風モードの温熱的快適感のみに有意水準1%で差が見られ、変動風モードには差は見られなかった。一定風モードは変動風モードよりも平均風速が大きくなるように調節しているため、人体に蓄熱された熱がより放熱されたために快適側に移行したと考えられる。

図9に物理量、生理量、心理量の曝露前から曝露30分の変化量を示す。一定風モードと変動風モードの差は、風速に0.1m/s、MSHFに3.6W/m²、MSTに0.1℃、全身温冷感に0.2、温熱的快適感に4.7の差が見られた。全身温冷感をほぼ同じ状態に保つためには、一定風モードのほうが風速を速くする調節が必要であった。そのため、MSHFが増加し、MSTが低下することとなり、温熱的快適感が向上したと考えられる。

まとめ

中程度の暑熱環境下において、青年男女10名を被験者として、温冷感が熱的中立になるように扇風機の風量を随時・任意に調節させる実験を行った。

その結果、扇風機の風に曝露されると、MSHFは急激に増加するが、MSTは緩やかに低下した。曝露30分間に、人体からの放熱量を一定に保つように風速を増加させる被験者も見られた。全身温冷感を暑くも寒くもない状態に保つためには、一定風モードの風速は変動風モードの風速より速くする必要があった。そのため、一定風モードのほうが変動風モードと比べて、MSHFが大きく、MSTが低く、温熱的快適感が向上した。

謝辞 本研究を行うにあたり、パナソニックエコシステムズ株式会社より、試験品（扇風機）の提供などご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

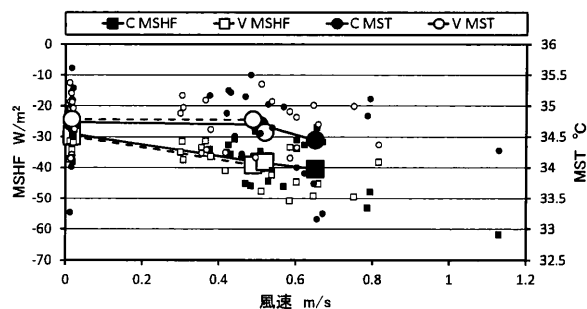


図7 風速とMSHF、MSTの関係

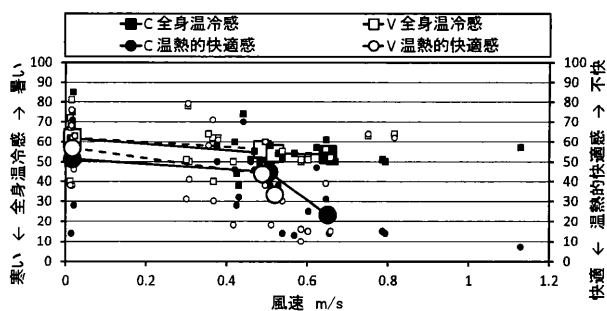


図8 風速と全身温冷感、温熱的快適感の関係

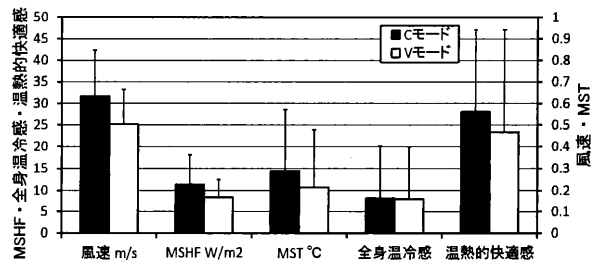


図9 物理量と生理量と心理量の関係

6. 文献

- 1) 久保博子、磯田憲生、梁瀬度子 (1992) : 蒸暑環境における好まれる気流速度の人体影響に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集、第442号、pp9-16
- 2) 久保博子、磯田憲生、梁瀬度子 (1997) : 夏期におけるスポット冷風の温熱的快適性に及ぼす影響に関する実験的研究、日本建築学会計画系論文報告集、第492号、pp31-37
- 3) 八木由紀、久保博子、磯田憲生、井上雄二、清水真 (2004) : 変動気流の前後風向持続時間が温熱的快適性に及ぼす影響、空気調和・衛生工学会論文集、No. 93、pp97-103
- 4) 宮本征一 (2013) : 居住空間における気流の印象評価と温冷感に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp91-92

<連絡先>

連絡先氏名 大浦 理沙

住所 大阪府寝屋川市池田中町17-8

所属 摂南大学理工学研究科

E-mail アドレス 14m203or@edu.setsunan.ac.jp