

非定常状態の温熱環境における人体の快適性の研究 —冬期における脳内血流量実測結果に基づく快適性評価—

建築都市デザイン学科 2280060028-0 志水 敦
(指導教員 近本 智行)

1. はじめに

外部環境から執務空間への移動に伴い、冬期は夏期に比べて、非常に大きな温度差を感じる。また、これに伴い、着衣調整の幅も大きく、非定常状態の温熱環境の検討にあたっては、これらのヒートショックや着衣調整も考慮する必要がある。

そこで本研究では、前報の夏期¹⁾と同様、被験者実験を行い、主に脳内血流量の変化に着目し、心理と生理反応の違いを把握することで人体の快適性の評価を行った。そして、非定常温熱環境の下で、簡易な PC 作業²⁾を行った場合の、代謝量の非定常や、利き腕の違いが脳内血流量に及ぼす影響について検討を行う。また、既往の研究²⁾よりサンプル数を増やし実験環境を整備するとともに、今後の本研究での非定常温冷感の研究におけるデータの蓄積も目的とする。

2. 検討内容

以下の2つのケースを設けて実験を行った。

定常ケース：暑い空間、快適空間、緩和空間、寒い空間のそれぞれの空間(表1)で事前に20分間待機し、平衡に達した後、周辺環境と生理反応、心理反応を60分間測定する。このとき、実験開始後30分からPC作業(1.2Met)を20分間行う。それ以外のときは着座・安静とする(図1)。

非定常ケース：事前に寒い空間で20分間待機し、平衡に達した後、寒い空間で30分待機し、オフィスまでの徒歩の移動を想定し10分間踏み台昇降運動を行う(1.4Met²⁾)。その後、暑い・快適・緩和空間へそれぞれ移動し、60分間滞在する(表2)。空間移動後の実験の流れは定常ケースと同様である。(図2、表3)

実験開始時からの周辺環境と生理反応、心理反応を測定する。心理量はアンケート調査により、快適感申告・温冷感申告を中心に、生理反応は皮膚温(12点³⁾)、平均皮膚温はHard&DuBoisの12点面積重み平均にて算出)、深部温(鼓膜温)、脳内血流量(TOI、 Δ total Hb⁴⁾)、脈拍数を計測し検討を行った。測定機器と測定内容については表4に示す。

被験者は健康な男子学生、10名(うち左利き3名)とした。着衣量は、暑い・快適・緩和空間においては肌着、長袖シャツ、長ズボンの0.8clo、寒い空間においては、それにスーツ・コートを羽織り1.5cloとした。

表1 実験条件

CASE	空間	設定温度
3.1	暑い	33±1°C
3.2	快適	24±1°C
3.3	緩和	20±1°C
3.4	寒い	10~15°C

表2 非定常 測定概要

CASE	空間
4.1	寒い→暑い
4.2	寒い→快適
4.3	寒い→緩和

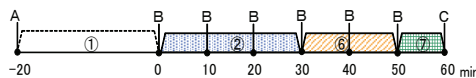


図1 定常条件 実験の流れ



図2 非定常条件 実験の流れ

表3 定常・非定常ケース 移動・滞在内容

記号	内容	合計時間(分)
①	実験室A入室+測定機器取り付け+着座・安静	20
②	測定開始+着座・安静	30
③	踏み台昇降運動(※非定常条件のみ)	10
④	空間移動(試験室B入室)+測定機器取り付け(※非定常条件のみ)	5
⑤	着座・安静	30
⑥	PC作業	20
⑦	着座・安静	10
A	アンケートA(開始時)を記入	注5)
B	アンケートB(実験中)を記入	
C	アンケートB(実験中)+アンケートC(終了時)を記入	

表4 測定機器・項目

	測定機器	測定項目	測定間隔
物理環境	アメニティメーター (AM-101)	気温、湿度、風速、平均輻射温度 PMV, PPD	1分
	ボタン型クールメモリ (SEC-CD18TB)	温度分布	1分
	CO2計 (GM70)	CO2濃度	5分
	照度計 (T-10)	照度	5分
人体反応	T型熱電対+データロガー (NR-1000)	皮膚温(12点)	5秒
	耳式温度計 (MC-510)	深部温(耳体温)	5分
	ハルスコーチ (HR-40)	脈拍数	32秒
	脳内血流量計 (NIRO-200)	Δ O2Hb (酸素化ヘモグロビン濃度変化)	1秒
		Δ Hb (脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化)	
		Δ ctHb (総ヘモグロビンの濃度変化)	
TOI (組織に含まれるO2Hbの割合)			
アクティマーカー (EW4800P)	代謝量	1分	

3. 結果

3-1 快適感・温冷感申告(心理反応)

定常ケース(Case3.1~3.4)において、快適感・温冷感申告ともに妥当な結果となった(図4)。

非定常ケースにおいて、Case4.1は空間移動後の10分間は快適感を保ち、その後50分間減少し続けた。Case4.2において、空間移動後30分で定常状態(Case3.2)の快適感申告とほぼ同じ値をとり、その後は有意な差は見られなかった(図4)。Case4.3において、空間移動後50分で定常状態(Case3.3)の快適感申告とほぼ同じ値をとり、その後は有意な差は見られなかった(図4)。また、Case4.3は「寒い空間」での歩行作業により体内に蓄積した熱が、その後の「緩和空間」でも持続し、その結果快適感を高く保った要因と考えられる。なお、PC作業によ

る代謝量の変化をみると、Case3.2, 4.2(快適空間)と Case3.3, 4.3(緩和空間)は快適感が上昇し、Case3.1, 4.1(暑い空間)と Case2.4,3.4(寒い空間) は下降した(図4)。

3-2 平均皮膚温(生理反応)

定常ケース(Case3.1~3.4)において、末端部皮膚温の順応が足りず(約40分後に順応)、開始時から上昇する傾向が見られたが、概ね妥当な結果となった(図6)。

非定常ケースにおいて、空間移動後5分間の上昇が著しく、その後、Case4.1, 4.2では緩やかに上昇し続け、Case4.3では移動後50分後にその上昇は止まった。また、Case4.3において、心理反応と同様に「寒い空間」での歩行作業により体内に蓄積した熱が、その後の「緩和空間」でも持続しその結果、Case3.3の定常状態より皮膚温は高い値を示した(図6)。なお、PC作業の代謝量変化による影響は皮膚温平均からはみられなかった。

3-3 脳内血流(生理反応)

定常ケース(Case3.1~3.4)において、Case3.1<3.2<3.3<3.4となり、既往の研究^{文6)}と同様、設定温度が高いとTOIも高いという傾向がみられた。また、 $\Delta total Hb$ におい

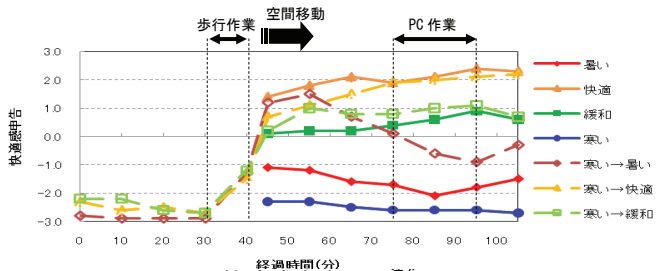


図4 快適感申告平均^{注6}

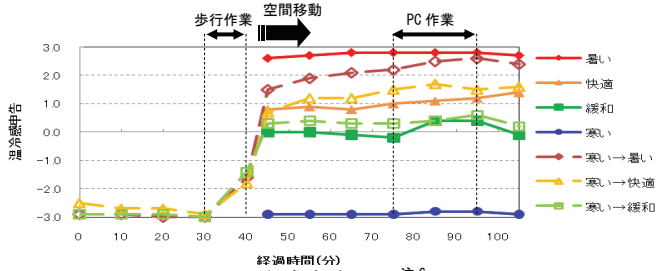


図5 温冷感申告平均^{注6}

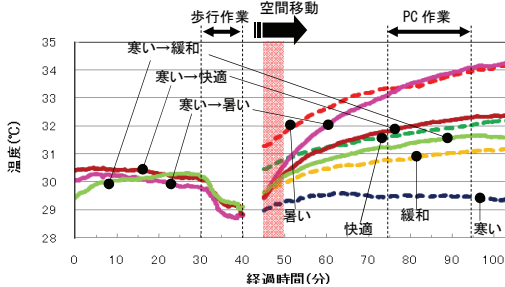


図6 皮膚温平均^{注7)}

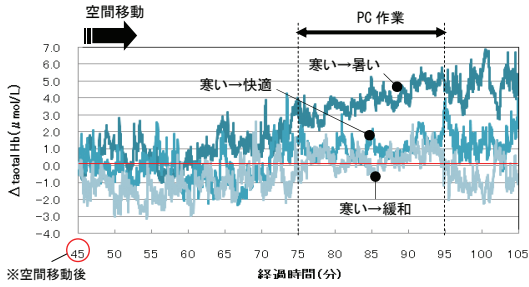


図7 非定常ケース 総ヘモグロビン濃度変化

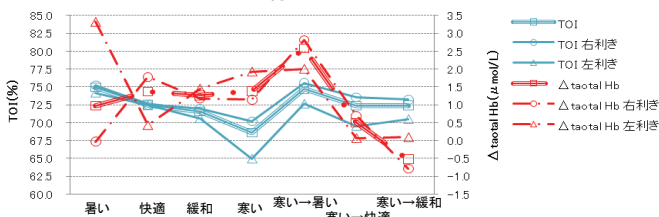


図8 各ケース TOI、総ヘモグロビン濃度変化

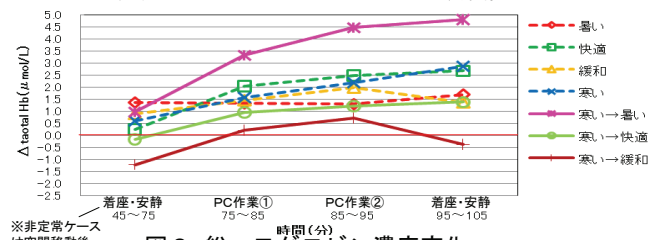


図9 総ヘモグロビン濃度変化

注1) 百マス計算を行った。なお、PC作業の作業成績は問わず、着座・安静時と比べて代謝量を変化させる為に行った。

注2) 代謝量は、身体活動量計測計 アクティマーカー (Panasonic W4800P) を用い、1.4Met に統一させた。

注3) 額、腕、手背、腹、胸、背中、腰、大腿前・後、下腿前・後、足背

注4) TOI (組織酸素化指標) は、ヘモグロビンの酸素飽和度を示し、 $\Delta total Hb$ は総ヘモグロビン濃度の変化量を示す。これらは血流が活発に働くにつれ高い値を示し、周辺環境の変化との関連性が見られたため、生理量の目安に用いた。なお、右脳は被験者により大きくばらついたため、今回は左脳の値を使用した。測定は歩行作業時を除いて行った。

ては、被験者によりばらつきがみられたが、各ケースにおける TOI 値の分布と関連性がみられた(図8)。

非定常ケースにおいて、温熱環境が中立でない空間に移動する Case4.1, 4.3 では、移動後に $\Delta total Hb$ は増加した(図9)。また、時間経過による変化を見たとき、Case 4.1 の移動後 10 分間は減少し、その後増加する傾向がみられ、心理反応との関連性がみられた(図4, 7)。

なお、PC 作業による代謝量の変化をみると、全ての実験ケースにおいて脳内が活性化することで $\Delta total Hb$ は増加した。また、今回の実験では右利きと左利きでの脳内血流の顕著な違いは確認できなかった。(図8)

4. まとめ

異なる温熱環境に移動することで、同じ環境下でも異なる生理反応や心理反応を示す結果となった。今回の実験では、空間移動や代謝量を変化させたときの脳内血流の変化に着目し、非定常状態でPC作業を行った際の $\Delta total Hb$ の増加を確認した。今後は定量的解析を進めるとともに、非定常状態における温熱環境指標の確立を図っていく予定である。

注5) Aは被験者の特徴、Bは快適感・温冷感(部位も含む)・許容度・湿度・発汗の有無など、Cは実験中の感想などの自由記載。

注6) 定常ケース(Case3.1-3.4)は、非定常ケース(Case4.1-4.3)と比較する為に、45分を開始点としてグラフに表示した。

注7) 深部温(鼓膜温)の変化は非常に小さく、今回の実験では関連性がみられなかった。

文1) 丸山: 非定常状態の温熱環境における人体の快適性の研究, 立命館大学卒業論文梗概集, 2010年3月

文2) 近本, 倉成: 非定常状態の温熱環境における人体の快適性の研究(その3), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 1291-1294, 2009年9月