

非定常状態の温熱環境における人体の快適性の研究 —夏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 2280050077-3 丸山 貴士
(指導教員 近本知行)

1. はじめに

定常状態における温冷感については PMV や SET* などの指標によって確立されているが、非定常状態における温冷感^{文1)}の指標については確立されていないのが現状である。また、非定常状態の温熱環境に関しては、現地での実測による温熱環境の評価や、温冷感予測の評価の試みなどで近年注目されている^{文2)}。本研究においては温熱環境の変化や、空間移動の履歴に着目し検討した。

既往の研究^{文3)}は人体に急激な温熱環境の変化(ショック)を与え、また、徐々に温熱環境の変化(順応)させたときに、その与え方(部位)や時間の違いがどのように快適性に影響を与えるかを検討した。

そこで、本研究では、夏期に被験者実験を行い、主に脳内血流の変化に着目し、心理と生理反応の違いを把握することで、人体の快適性評価を行う。そして、非定常温熱環境下で、簡易な PC 作業^{注1)}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に及ぼす影響について検討を行う。また、既往の研究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. 実験概要

2-1 実験ステップ

- (1)基本ステップ(Case1.1~1.4)：基準となる設定温度の異なる4つの空間を体験させ測定する。測定開始前に環境に慣れるため、測定を行う空間に事前に着座安静状態で20分間待機した。測定開始後は着座安静状態で30分滞在し20分PC作業を行った後、再度着座安静状態で10分間滞在し計60分の測定を行った(表1, 表2, 図1)。
- (2)応用ステップ(Case2.1~2.3)：基本ステップと同様、事前に暑い空間にて着座安静状態で20分待機した。測定開始後は暑い空間にて着座安静状態で30分滞在した後、10分間歩行運動を行い、その後、Case2.1では緩和空間、Case2.2では快適空間、Case2.3では寒い空間に移動し、着座安静状態で30分滞在した後、20分間PC作業を行い、再度着座安静状態で10分間滞在し計100分の測定を行った(表1, 2, 図2)。

2-2 設定条件

被験者は健康な男子大学生10名とし(左利き4名)、着衣量は0.7clo(肌着、半袖シャツ、長ズボン)とする。

歩行運動はオフィスまでの移動を想定し、踏み台昇降

表1 測定 Case(図中の数字は滞在時間(分)を示す)

		暑い空間	緩和空間	快適空間	寒い空間
		33°C±1°C	28°C±1°C	25°C±1°C	21°C±1°C
Case1.1	暑い空間	60			
Case1.2	緩和空間		60		
Case1.3	快適空間			60	
Case1.4	寒い空間				60
Case2.1	暑い→緩和	40	60		
Case2.2	暑い→快適	40		60	
Case2.3	暑い→寒い	40			60

表2 測定の流れ

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	10
④	空間移動(実験室B入室)+入室後、測定機器取り付け	0
⑤	着座・安静	30
⑥	PC作業	20
⑦	着座・安静	10
A	アンケートA(実験中)を記入	—
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	

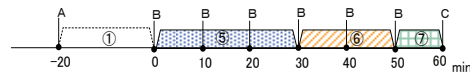


図1 基本ステップの流れ

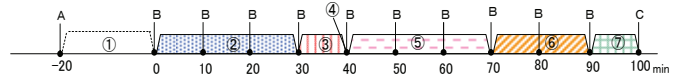


図2 応用ステップの流れ

(1.4Met^{注2)})を行わせた。このような設定条件で、基本、応用ステップの空間において、深部温度(鼓膜温)、皮膚温度(12点^{注3)}、平均皮膚温はHard&Duboisの12点面積重み平均)、脳血流(TOI、 Δ total Hb)^{注4)}、脈拍数の生理量の測定やアンケートによる温冷感快適感の調査^{注5)}を行った(測定機器と測定内容は文3を参照)。

3. 夏期実験結果

3-1 快適感・温冷感申告(心理反応)

基本ステップにおいて、温冷感、快適感申告では概ね妥当な結果となった(図3, 4)。

応用ステップにおいては、Case2.1(暑い→緩和)は空間移動前の温熱環境の影響によりCase1.2(緩和)と比較すると60分まで温冷感申告の値が下降したがその後上昇し、70分の快適感申告の値は下降した。Case2.2(暑い→快適)は空間移動前の温熱環境の影響により50~70分まで温冷感申告の値が下降しているが快適感申告はCase1.3(快適)と概ね同じ値となっていた。Case2.3(暑い→寒い)は空間移動前の歩行運動によって蓄えられた熱の影響により、Case1.4(寒い)と比較すると温冷感申告の値は90分まで高

かった。また、快適感申告は70分まで快適感を保った。

3-2 平均皮膚温(生理反応)

基本ステップの Case1.1(暑い)、Case1.2(緩和)、Case1.4(寒い)において末端部の皮膚温の順応が足りず、測定開始時から上昇、下降することがあった(図5)。

応用ステップ^{注6)}において、Case2.1(暑い→緩和)においては空間移動後、緩やかに下降し、温冷感申告の上昇と同時の70分に皮膚温の上昇がみられた(図4, 5)。Case2.2(暑い→快適)は空間移動後から50分付近までは著しく下降し、その後緩やかに下降した(図5)。Case2.3(暑い→寒い)は空間移動後から、50分まで著しく下降し、その後緩やかに下降して、60分には Case1.4(寒い)と概ね同じ値をとった(図5)。

3-3 脳内血流(生理反応)考察

基本ステップにおいて、 $\Delta total Hb$ は設定温度が高い空間ほど増加傾向が見られた(図6)。TOI は既往の研究と同様、被験者によって若干ばらつきがみられたが設定温度が高いと概ね TOI も高くなる傾向を示した(図6)。応用ステップにおいて空間移動後の $\Delta total Hb$ は Case2.1(暑い→緩和)では緩やかに減少し Case2.2(暑い→快適)は45分付

近まで増加したが、その後緩やかに減少した。Case2.3(暑い→寒い)では付近空間移動直後に急激に減少し、その後緩やかに減少した(図7)。PC作業による代謝量の変化を見ると $\Delta total Hb$ の増加は被験者ごとに見ると Case2.1(暑い→緩和)は9人、Case2.2(暑い→快適)は7人、Case2.3(暑い→寒い)では4人が70~80分か80~90分のPC作業時に増加した(図8)。Case2.3(暑い→寒い)のPC作業時に $\Delta total Hb$ が増加した被験者は少なかったが、空間移動後は $\Delta total Hb$ が下降し続けているが、PC作業時にその下降が若干緩和された(図7)。尚、本実験結果から利き腕の違いが脳内血流に及ぼす影響についてはみられなかった^{注9)}(図6)。

4. まとめ

夏期において、異なる温熱環境に移動することで、同じ環境後でも異なる生理、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時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 $\Delta total Hb$ の増加傾向を確認した。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。

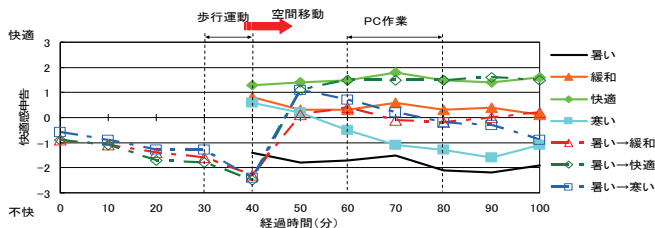


図3 快適感申告-平均^{注6,7)}

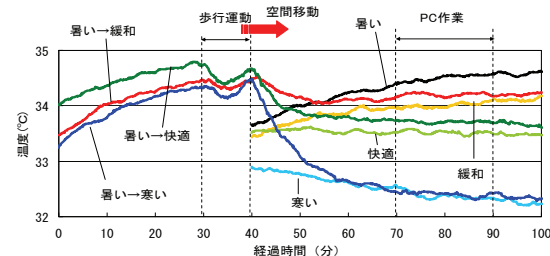


図5 皮膚温-平均^{注8)}

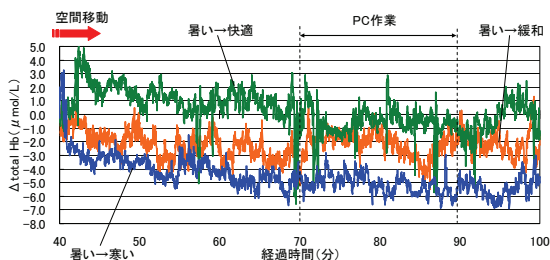


図7 応用ステップ-総ヘモグロビン濃度変化-平均

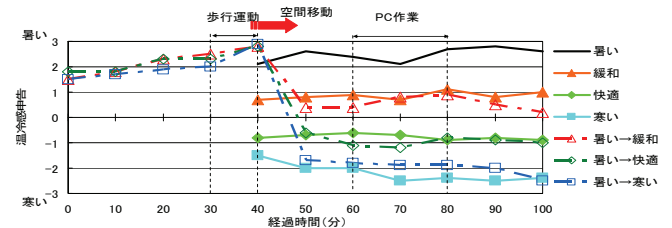


図4 温冷感申告-平均^{注7,8)}

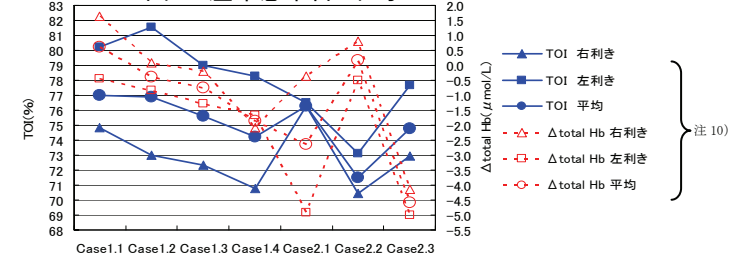


図6 各ケース-TOI、総ヘモグロビン濃度変化-平均^{注9)}

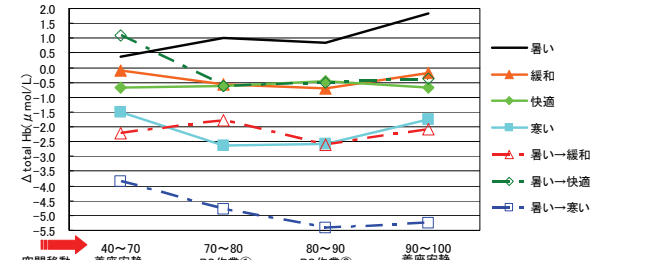


図8 総ヘモグロビン濃度変化-平均^{注8)}

注1)百マス計算(1.2Met)を行った。尚、PC作業は作業成績は問わず、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)顔、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。尚、測定は歩行作業時を除いて行った。
 注5)アンケートAは被験者の身体的特徴、Bは快適感、温冷感(部位を含む)・許容度、発汗の有無、Cは実験中の感想などを自由記載。
 注6)歩行運動時に皮膚温が上昇する被験者と熱電対が外れる被験者が両方いた

ため歩行運動時に皮膚温の上昇がみられず、平均は異様な曲線を描いた。
 注7)40分時の温冷感快適感申告は空間移動前の申告とする。
 注8)定常ケース(Case1.1-1.4)は、非定常ケース(Case2.1-2.3)と比較する為に、40分を開始点としてグラフに表示した。
 注9)Case2.1~2.3は空間移動後の平均とする。
 注10)右利きの被験者6人と左利きの被験者4人からそれぞれの平均を出した。
 文1) 久野: 温熱環境の快適性とプレザントネス, 建築雑誌 pp.22-23, 1995年6月
 文2) 森・鈴木・高田・田中: 非定常状態における温熱感予測に関する実験的考察, 日本建築学会計画系論文集, pp.9-15, 2003年1月
 文3) 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), 空調調和・衛生工学会大会学術講演論文集 pp.1291-1294, 2009年9月