

生理反応と心理反応からみる人体の快適性の研究 夏期・冬期におけるショックケースと順応ケースとの比較

建築都市デザイン学科 2280040004-3 阿部 裕介
2280040037-0 倉成 誠
(指導教員 近本 智行)

1. はじめに

人の移動する経路空間は多くの場合、異なる温熱環境になっており、人はその変化を知覚し、温熱感として認識している。屋外空間から室内空間への移動はもちろん、室内でも熱・空気の分布が形成されており、適切な空調制御をするために温熱感が必要不可欠と考えられる。タスク&アンビエント空調など空間分布を積極的に利用する空調方式を導入するには、この部分の解明は必要不可欠と言える。しかし、現実には、熱環境変化や空間移動の履歴に関する温冷感指標は十分確立されていない。

前報^{*)}では、夏期における熱環境変化に対応した人体の快適性の検討を行い、人体が屋外の暑さを体験した後に寒い空間を敢えて経験すること(ショック)により、室内温度を緩和できる可能性を示した。本報では、夏期・冬期においてショックと、徐々に環境を変化させる順応をそれぞれ与えることにより、人体の生理や快適性に対しどのように影響するかに関して検討を行い、ショック、順応の最適な時間の検討を行った。

2. 検討概要

表1に示す熱環境の異なる4種類の空間を準備し、それぞれ寒い空間、快適空間、順応空間^{注1)}、暑い空間と名付けた(表1 Case1.1~1.4, Case 2.1~2.4)。移動状態に応じて2つのステップを設けて以下の実験を行った。

(1)基本ステップ：寒い空間、快適空間、順応空間、暑い空間それぞれの空間で30分間待機し、平衡に達した後、周辺環境と生理、温冷感を30分間測定する。

(2)応用ステップ(ショックケース)：暑い空間(冬期は寒い空間)で30分待機し、オフィスまでの徒歩の移動を想定し10分間ルームランナーで歩行する(1.4Met)。その後、寒い空間(冬期は暑い空間)を経由し^{注2)}(滞在時間を表1 Case3.1~3.2、Case 5.1~5.3に示す)、快適空間に移動した際の、移動後の空間で感じる周辺環境と生理、温冷感を30分間計測する。

(3)応用ステップ(順応ケース)：(2)と同様、暑い空間(冬期は寒い空間)で30分待機し、10分間の歩行の後、順応空間を経由し(滞在時間を表1 Case3.1~3.2、Case 5.1~5.3の通りに示す)、快適空間に移動した際の、移動後の空間で感じる周辺環境と生理、温冷感を30分間計測する。

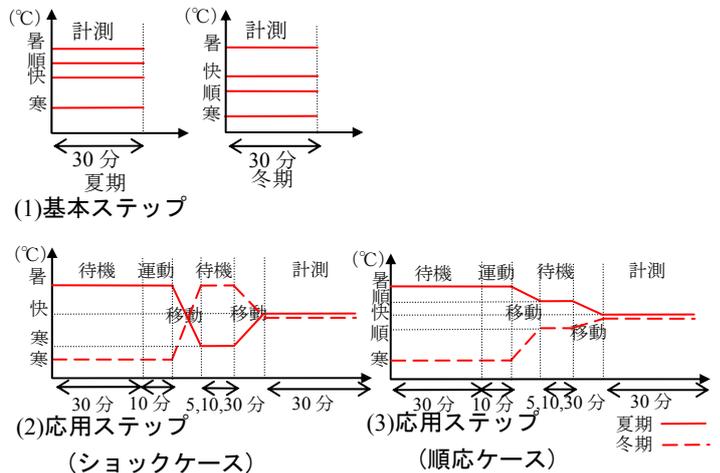


図1 移動・滞在概要

表1 測定ケース (基本ステップ 夏期)

Case	概略	温度	湿度
Case1.1	暑い空間	29~31°C	55~65%
Case1.2	寒い空間	21~23°C	65~70%
Case1.3	順応空間	27~29°C	60~70%
Case1.4	快適空間	24~26°C	55~65%

表2 測定ケース (基本ステップ 夏期)

Case	概略	温度	湿度
Case2.1	暑い空間	29~31°C	20~25%
Case2.2	寒い空間	15~19°C	30~45%
Case2.3	順応空間	21~23°C	40~45%
Case2.4	快適空間	24~26°C	25~30%

表3 測定ケース (応用ステップ 夏期)

Case	概略	暑い空間	寒い空間	順応空間	快適空間
Case3.1	ショック5分	40	5	-	30
Case3.2	ショック10分	40	10	-	30
Case4.1	順応5分	40	-	5	30
Case4.2	順応10分	40	-	10	30
Case4.3	順応30分	40	-	30	30

表4 測定ケース (応用ステップ 冬期)

Case	概略	寒い空間	暑い空間	順応空間	快適空間
Case5.1	ショック5分	40	5	-	30
Case5.2	ショック10分	40	10	-	30
Case5.3	ショック30分	40	30	-	30
Case6.1	順応5分	40	-	5	30
Case6.2	順応10分	40	-	10	30
Case6.3	順応30分	40	-	30	30

表5 測定項目及び測定機器

測定項目	測定部位	計測機器
組織酸素化指標(TOI)	前頭部	脳内血流計 (浜松フォトニクス NIRO-200)
脳内の酸素化ヘモグロビン濃度変化(ΔO2Hb)		
脱酸素化ヘモグロビン濃度変化(ΔHHb)		
総ヘモグロビン濃度変化(ΔcHb)		
皮膚表面温度	手の甲	データロガー
体温	脇の下	(キーエンス NR-1000)
室温	各空間	アメニティメーター (京都電子AM-100)
PMV(室温、湿度、風速、放射温度)		
PPD(同上)		
快適感申告：最も快適が3、中立が0、最も不快が-3の7段階評価で調査		
温冷感申告：最も寒いが-3、中立が0、最も暑いが3の7段階評価で調査		

表 3 に測定項目及び測定機器を示す。快適感申告、温冷感申告^{注3)}と TOI^{注4)}を中心に検討を行った。また、被験者は健康な成人男性、夏期 5 名、冬期 4 名とし、着衣量は 0.7clo (肌着、長ズボン、長袖シャツ)。測定は着座状態で行った。

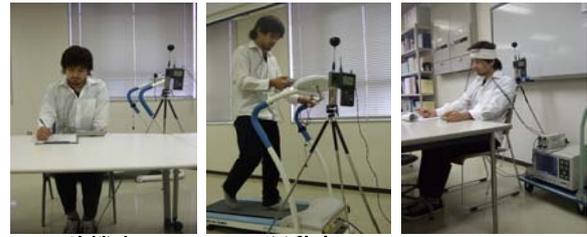


図 2 実験中 被験者の様子

3. 夏期結果

3. 1 基本ステップ結果 (熱環境変化なし)

快適感申告、温冷感申告ともに妥当な結果となった。(表6)。各ケースを比較すると、各空間のTOI値は暑い空間のときが最も高く、経過時間を通してその傾向は変わらなかった(図8)。被験者間によって多少ばらつきはあるものの、概ね同じ傾向が見られる。

3. 2 応用ステップ結果 (ショックケース)

ショック5分、ショック10分ともに快適感申告1.7、温冷感申告0.0であり、基本ステップの快適空間と概ね一致する結果であった(表6、7)。

TOI値ではショック10分よりショック5分が高く、ショック5分の方が基本ステップの快適空間により近い傾向を示した(図8)。

ショックケースにおいては、短いショック(5分間)が効果的であると考えられる。

3. 3 応用ステップ結果 (順応ケース)

快適感申告は順応30分(2.1)、順応10分(1.9)、順応5分(1.5)の順に高く、基本ステップの快適空間

と概ね一致する結果であった(表6、7)。温冷感申告に差異はほとんど見られなかった(表6、7)。

TOI値では、順応10分、順応5分、順応30分の順に高い傾向を示し、順応5分が基本ステップ快適空間と近かったが、快適感申告との関連性が見られなかった(図8)。

順応ケースにおいては、快適感申告の最も高い30分間が最適であったと考えられる。

3. 4 ショックケースと順応ケースの比較

ショックケースと順応ケースで比較したとき、温冷感申告やTOI値の結果から有意な差は見られなかったが、快適感申告を見たとき順応30分が最も高く、最も効果的であったと考えられる(表7)。

また、ショックケースは、ショックを受けることで高い快適感を早い段階で示すが時間経過とともに効果は減少し(2.0→1.6→1.4)(図3 ショック5分)、順応ケースでは緩やかに効果を発揮する(1.6→1.8→2.0)(図7 快適感)という傾向の違いが見られた。

表 6 温冷感申告平均値^{注5)} (基本ステップ)

	暑い	寒い	順応	快適
快適感	-1.5	0.9	0.5	2.1
温冷感	1.8	-0.6	0.8	0

表 7 温冷感申告平均値 (応用ステップ)

	ショック5分	ショック10分	順応5分	順応10分	順応30分
快適感	1.7	1.7	1.5	1.9	2.1
温冷感	0	0	-0.1	0.2	-0.1

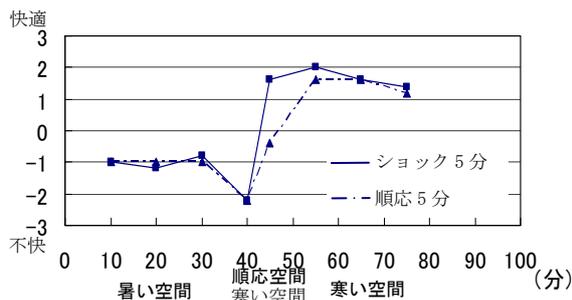


図 3 快適感申告平均値比較^{注6)}
(ショック5分と順応5分)

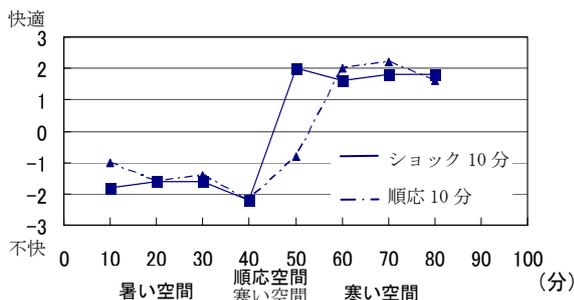


図 5 快適感申告平均値比較
(ショック10分と順応10分)

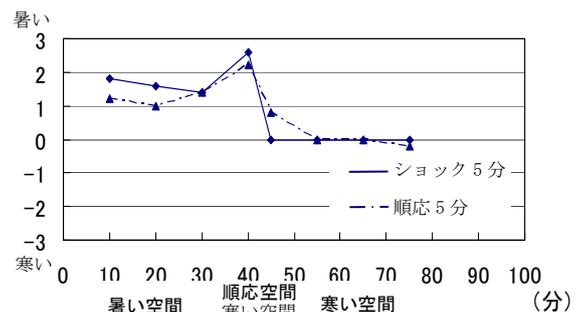


図 4 温冷感申告平均値比較^{注6)}
(ショック5分と順応5分)

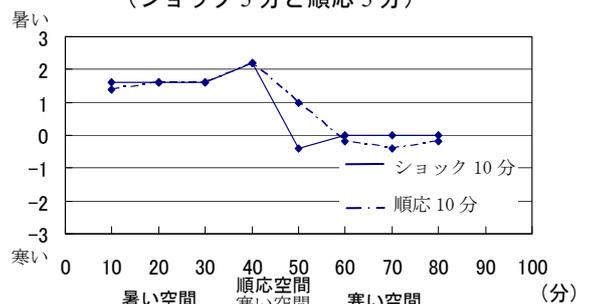


図 6 温冷感申告平均値比較
(ショック10分と順応10分)

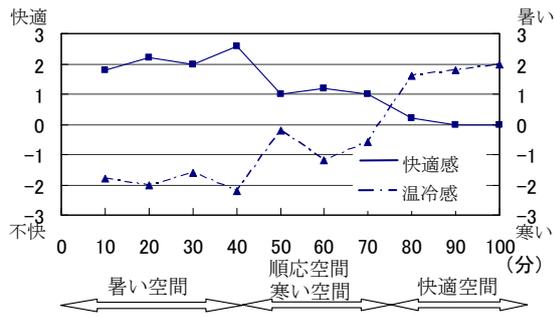


図7 快適感・温冷感申告平均値（順応30分）

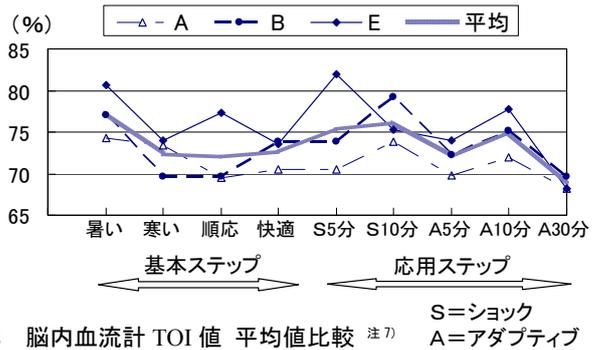


図8 脳内血流計 TOI 値 平均値比較 注) S=ショック A=アダプティブ

4. 冬期結果

4.1 基本ステップ結果（熱環境変化なし）

応用ステップと比較すると、快適空間での快適感がやや低かったが、快適感申告、温冷感申告ともに妥当な結果となった（表8）。各ケースを比較すると、各空間のTOI値は暑い空間のときが最も高く、経過時間を通してその傾向は変わらなかった（図15）。被験者間によって多少ばらつきはあるものの、概ね同じ傾向が見られる。

4.2 応用ステップ結果（ショックケース）

快適感申告はショック10分（2.3）、ショック30分（2.1）、ショック5分（1.9）の順に高く、温冷感申告はほぼ同じ値であり、基本ステップの快適空間と概ね一致する結果であった（表8、9）。

TOI値では被験者間によってばらつきがあり、快適感申告との関連性が見られなかった（図15）。

ショックケースにおいては、有意な差は見られなかったが、今回は快適感申告の最も高い10分間が効果的であると考えられる。

表8 温冷感申告平均値（基本ステップ）

	快適	暑い	寒い	順応
快適感	1.8	-1.1	-1.4	-0.8
温冷感	0.3	3	-1.8	-0.8

表9 温冷感申告平均値（応用ステップ-ショック）

	ショック5分	ショック10分	ショック30分
快適感	1.9	2.3	2.1
温冷感	0.2	0.2	0.1

表10 温冷感申告平均値（応用ステップ-順応）

	順応5分	順応10分	順応30分
快適感	1.8	1.8	1.8
温冷感	0	0.1	0.1

4.3 応用ステップ結果（順応ケース）

快適感申告は順応5分、順応10分、順応30分ともに1.8であり、基本ステップの快適空間と概ね一致する結果であった（表8、10）。温冷感申告に差異はほとんど見られなかった（表8、10）。

TOI値では、被験者間によってばらつきがあり、快適感申告との関連性が見られなかった（図15）。

順応ケースにおいては、有意な差は見られず、順応の最適な時間はわからなかった。冬期の順応ケースは効果があまりなかったと考えられる。

4.4 ショックケースと順応ケースの比較

今回、ショックケース、順応ケースともに夏期のように効果的ではなく、有意な差は見られず、最適なケースがなかった。

ショックケース、順応ケースともに夏期のような傾向の違いも見られず、ショックケース、順応ケースの差があまりなかった。（図9～14）。

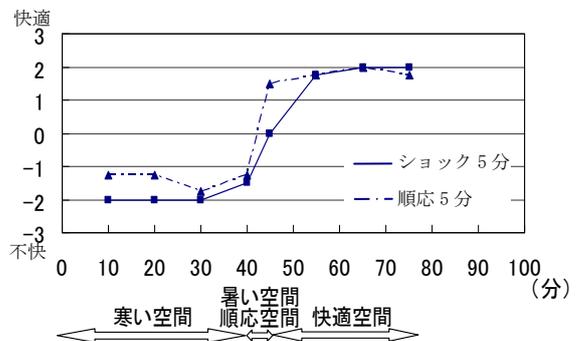


図9 温冷感申告平均値比較（ショック5分と順応5分）

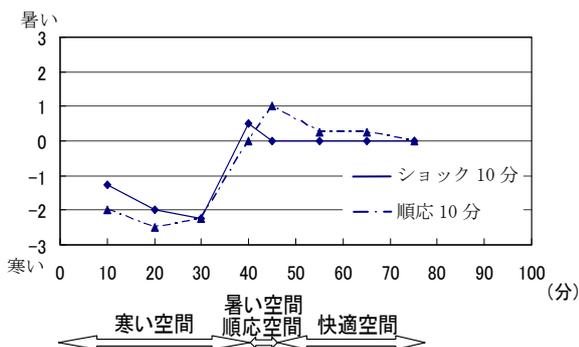


図10 温冷感申告平均値比較（ショック5分と順応5分）

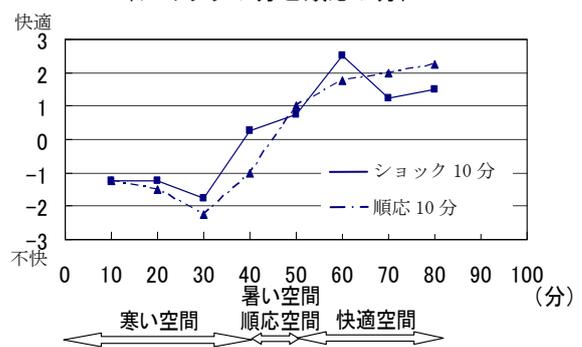


図11 快適感申告平均値比較（ショック10分と順応10分）

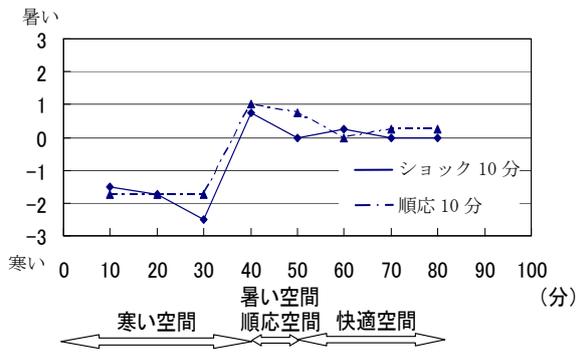


図 12 温冷感申告平均値比較
(ショック 10 分と順応 10 分)

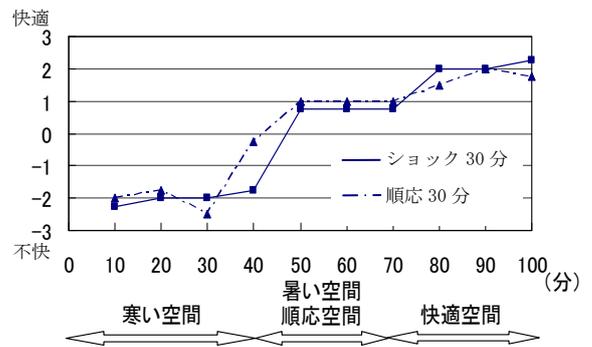


図 13 快適感申告平均値比較
(ショック 30 分と順応 30 分)

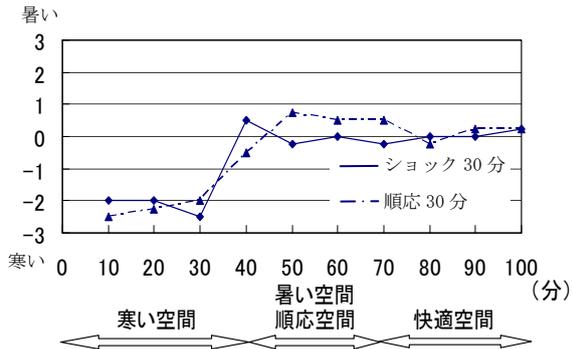


図 14 温冷感申告平均値比較
(ショック 30 分と順応 30 分)

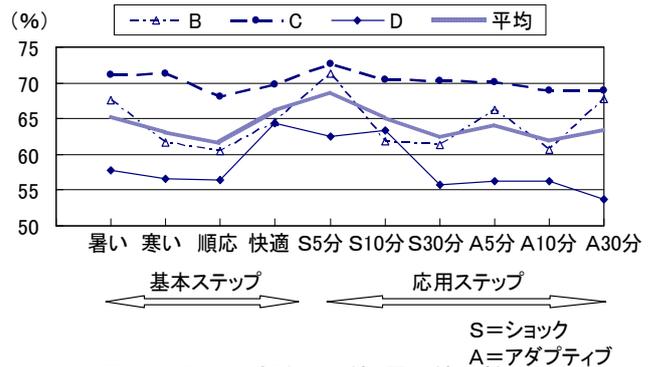


図 15 脳内血流計 TOI 値 平均値比較

5. まとめ (夏期)

移動による温熱環境の変化は、心理量、生理量の双方に影響を及ぼした。今回、ショックケースでは最も短い5分間が、順応ケースでは最も長い30分間が最適であったと考えられる。

夏期屋外から屋内への移動に関して、ショックを与えることで、屋外で蓄積された熱を除去し、また順応させてゆくことで涼しさを感じやすくなり、定常状態の快適空間の心理反応と生理反応に近づけることができたといえる。しかし、ショックと順応の温度や与え方は、今後、より詳細な検討が必要だと思われる。

6. まとめ (冬期)

夏期との比較のために行った冬期実測は、被験者間によってばらつきがあり有意な差が見られなかった。

ショックケースは、時間のパターンでの効果の有意な差は見られなかったものの、ショック自体は効果的であったといえる。ショックと順応の温度や与え方は今後、より詳細な検討が必要だと思われる。

7. まとめ (夏期・冬期) と今後の展望

夏期において、移動による温熱環境の変化は、心理量、生理量の双方に影響を及ぼした。この空間を利用した省エネルギー制御が有効である可能性が示された。

今回、夏期のショック、順応との比較する意味で行った冬期実測はあまり効果が見られず、とくに冬期の順応は効果がないことがわかった。

今後は、サンプル数を増やし、時間ケースの種類を増やすなどをして、最適なショック、順応の時間を特定する予定である。

注 1) 順応空間：暑い空間と寒い空間の中間の空間。本研究では順応空間を表 1 の通りに温度設定した。

注 2) 夏期のショックケースにおいて既往の研究²⁾ではショック 30 分は効果がなかったため、本研究では行わず、冬期のみ行った。

注 3) 温冷感申告：温冷感調査として、事前・中間・終了時それぞれのアンケートを実施した。事前アンケートでは、前日からの履歴、環境変化に対する感受性を調査し、中間アンケートでは暑さ・気流感・快適感・乾燥感・許容度の計 5 項目を±3 までの 7 段階で調査し、実験開始後 10 分おきに実施した。また終了時アンケートでは環境変化に対する自覚症状、快適な場所の選定、着衣調節への意識を調査した。

注 4) TOI：ヘモグロビンの酸素飽和度を示し血流が活発に働くにつれ高い値を示す量。今回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。

注 5) 温冷感申告平均値：30 分間の計測中、10 分毎に申告された温冷

感の平均値をとり、心理反応の比較に用いた。

注 6) 快適感申告平均値比較、温冷感申告平均値比較：実験開始から 10 分毎に申告された温冷感の被験者の平均値をとりグラフ化した。ショックケースと順応ケースの比較と傾向を探るために用いた。

注 7) 脳内血流計 TOI 値 平均値比較：脳血流計は 1 秒間隔で計測しており、計測時間は 30 分であるため 1800 個のデータがある。これらのデータについて平均値をとった。尚、TOI 値にはばらつきがみられ、今回は傾向が類似した被験者 A、B、E の 3 人のデータを用い、その平均をとり各ケース間における差異を探るために用いた。

文 1) 近本・小池・中川：快適性を考慮した空調制御に関する研究 (その 2)、建築学会大会、2007 年 8 月

文 2) 橋本・近本・数井・石本：劇場建築の空調性能と室内環境の検討 (その 6)、建築学会大会、2007 年 8 月