

段ボール製ベッドの主観と客観による居心地に関する科学的解明

香川 治美・秋山 大輔・安達 隆博
福田 潤・萩原 悟一

1. はじめに

段ボールは、梱包資材としてだけでなく、ベッドや収納ボックスといった家具や生活用具、芸術作品の素材としても使われている。生活用具の他の資材である木材やプラスチックに比較して比重が小さく軽いため、持ち運び易く、また安価なために大量に用意できる場合が多い。そのうえ加工性が高く、専門知識や資格がなくとも組み立てたり設置したりできることから、間仕切りや寝具としても利用されるなど、その用途は広く、多様である。

段ボールはリサイクル率が高いため、循環型社会に資する材料としても注目されている。全国段ボール工業組合連合会の公表データによると、日本における段ボールは、ほぼ100%リサイクル可能で、古紙回収率は95%、回収した古紙の利用率は90%以上であると報告されている。

さらに段ボールは、緊急災害避難所や臨時医療施設での被災者や患者のために応急的に利用できる生活用具の資材としても注目されている。中でも、組み立て式の段ボール製ベッドは、パッケージ化されており、持ち運びもスムーズである。表面に撥水や抗菌作用のあるニス加工が施されている製品もあり、汚れたり破れたりした場合は資源ゴミとして回収して新しいものと取り替えれば、衛生面でも資源の再活用という面においても優れた資材になる。さらに健康性能もあわせ持つといわれている。医師や災害の専門家による一般社団法人避難所・避難生活学会では、避難所におけるトイレ・キッチン・ベッド（「TKB」）の準備を進める必要があることを提言し、そのうちのひとつ「B」である段ボール製簡易ベッドが、低体温症防止の一助となる可能性を示唆している。

以上のような段ボールの特長や、段ボールを取り巻く状況を踏まえると、段ボールは、SDGsのうち、例えば3番目（すべての人に健康と福祉を）、9番目（産業と技術革新の基盤をつくろう）や12番目（つくる責任、使う責任）の目標達成のために大きく貢献できる資材であるといえよう。

様々な観点から段ボールが優れた資材であることがいわれているが、しかし居心地に着目すると、段ボール製のベッドが強いストレス下にある被災者への提供に値する性能を有しているのか、科学的なエビデンスは少ない。

避難所用の段ボール製ベッドを備蓄する自治体では、避難時には、多くの被災者が段ボール製のベッドで睡眠をとることになる。2011年の東日本大震災や2016年の熊本地震、2018年の九州北部豪雨の際にも、緊急災害避難所ですぐす多くの被災者が段ボール製ベッドを利用した。その様子を見ると、段ボール製ベッドは単なる睡眠をとるためだけに利用されているのではなく、被災者はそこに座ったり、読書をしたりしてすごしており、一日の活動のうち、最も穏やかでくつろぎを求める居場所を確保するためにも利用されていることがわかる。

被災生活は、仮住まい生活とはいえ人生のなかにある瞬間であり、暮らしの連続である。被災生活をその場しのぎにせず、寧ろ平素以上に居心地をよくする、地域の気候風土や生活習慣に合わせる、といった観点で段ボール製ベッドをとらえることが重要ではないだろうか。

そこで本研究では、段ボール製ベッドの居心地を科学的に解明し、その居心地について探求することにした。段ボール製ベッドの居心地性能について、環境工学+生理学+心理学の3つの異なる学問分野の手法を統合するというユニークな研究方法により、“真の居心地”を解明できると考えた。

環境工学の分野では、居住者をとりまく周囲空間の環境物理量と、居住者の着衣量と代謝量を用いて、快適性や満足度を評価する。居住者をとりまく周囲空間の環境物理量とは、空気の温度と湿度、気流速度、放射量、二酸化炭素濃度、照度、騒音レベル、大気圧などである。環境物理量のうち温熱環境にかかわる要因を用いた評価指標として、例えばFanger (1970) のPMV (予想平均温冷感申告、Predicted Mean Vote) とPPD (予想不満足者率、Predicted Percentage of Dissatisfied) があり、ISO7730で規定されている。生理学の分野では、例えば体温、発汗量、血流量、脳波などの生理反応を用いて、居住者の生理量を評価する。心理学の分野では例えば気分尺度などの心理反応を用いて居住者の心理量を評価する。



写真1 パーテーションがある場合の段ボール製ベッド (左) と段ボール製パーティションの外観 (右)



写真2 本学の大楠アリーナにおける避難訓練の様子 (2020年11月15日)

段ボール製ベッドが並べられている様子 (左) と地域住民が段ボール製ベッドの組み立てと設営を体験している様子 (右)

段ボール製ベッドの主観と客観による居心地に関する科学的解明

人間はどうしても付度してしまうほか、季節や時間帯、年齢、体調によっても感覚や気持ちに変化している。本人が居心地のよい空間だと話していても、心の中では実はそう思っていないことや、表情やしぐさは本人の言い分とは逆を示しているということも珍しくない。だからこそ3つの学問分野による統合評価が重要であると考えている。

本研究による段ボール製ベッドの性能を環境工学＋生理学＋心理学の3つ手法を用いて、主観と客観から居心地を科学的に統合評価する技術によって、利用者のストレスを定量的に把握できれば、たくさんの人のそのストレスを緩和できる方法を合理的に見つけることができる。緊急災害避難施設用の段ボール製ベッドの購入や利用を検討している自治体には、その選び方や利用方法について助言できるかもしれない。その他、医療現場や子どもの遊び場など、居心地に関わる多くの分野の研究発展に寄与できるだろう。生活の質の向上や、素材を利用した生活用品の価値創造にも繋がるかもしれない。

2. 研究目的

本研究では、特に段ボール製ベッド周りを囲むパーテーションの有無に注目して、その居心地を主観と客観から科学的に解明する。

段ボール製ベッドの居心地には、ベッドそのものの広さや高さ、ベッド周りのパーテーションの色や柄などが影響すると考えられるが、本稿では、まずパーテーションの有無がその居心地に大きく影響を与えると仮定する。

居心地を環境工学＋生理学＋心理学の手法を用いて、主観と客観から統合評価するための実験装置システムを構築し、パーテーションの有無による段ボール製ベッドの居心地を科学的に明らかにする。

3. 既往研究と研究背景

都築（2021）は環境工学の手法を用いて避難所模擬環境における寝具と衣服が睡眠時の人体に影響を及ぼすことを定量的に明らかにしている。水野一枝、水野康、西山、田邊、水谷、小林（2017）は環境工学の手法を用いて段ボール製ベッドが低温環境での入眠過程に及ぼす影響を明らかにしている。中村、平川、香川（2003）は袖なし通風ジャケットの開発とその耐暑性能の表現について環境工学＋生理学の手法を用いて明らかにしている。

秋山（2019）は、スポーツ時における感情分析を簡易脳波計を用いて実施している（図1および図2）。剣道基本稽古中のZone（ゾーン）とScary（恐怖）の指標を採用して、平均値と時系列データで表した結果、Zoneの数値はレギュラー群が高く、Scaryに大きな差はないが、打突時に高くなったことを明らかにした。スポーツ時のパフォーマンスへの影響、ウェアの着心地評価、eスポーツが認知テストに及ぼす影響が簡易脳波計による感情分析により明らかにできることを示唆するものである。

南風盛、香川（2021）は、上記の既往研究の手法を踏襲し、さらに統合して主観と客観による段ボール製ベッドの居心地評価のために、環境工学＋生理学＋心理学の手法を用いて、簡易脳波計と気分尺度による感情分析を加えた実験装置システムを構築している。

本研究では、南風盛、香川（2021）による実験装置システムを用いる。

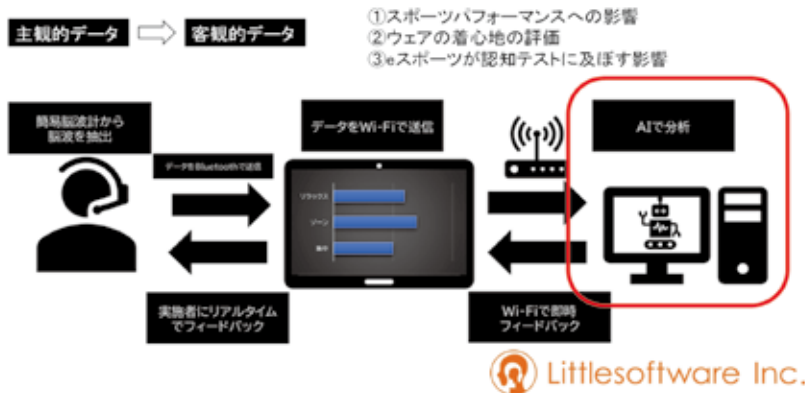


図1 スポーツにおける脳波を活用した研究事例 その1

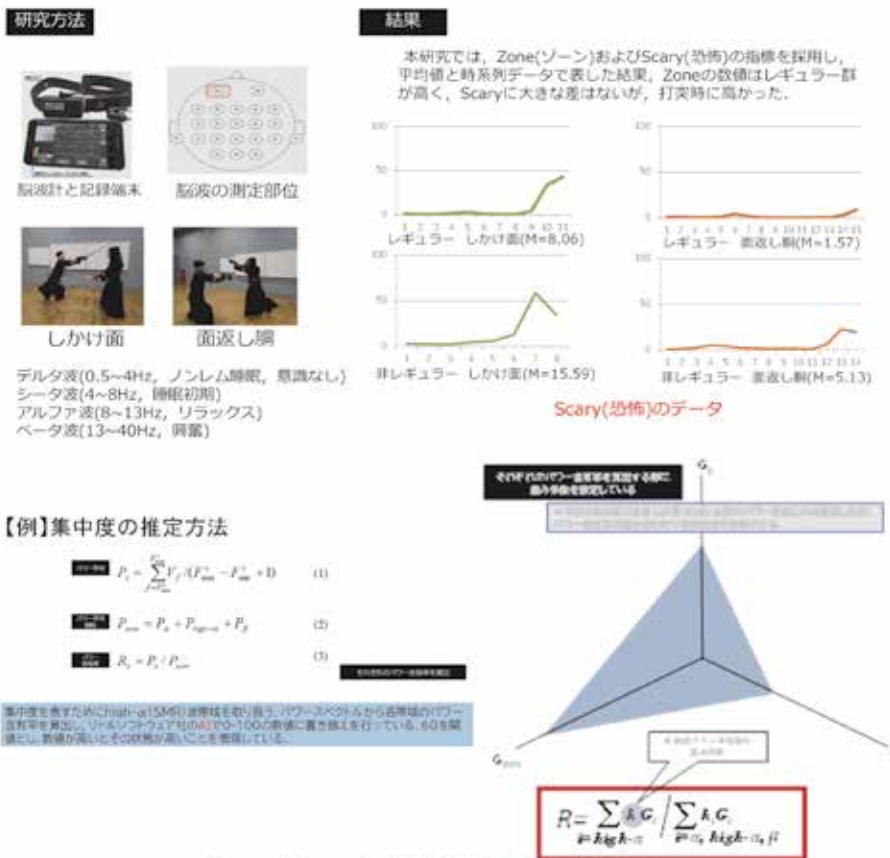


図2 スポーツにおける脳波を活用した研究事例 その2
秋山大輔 (2019) 『剣道基本稽古中の脳波に関する一考察
ー簡易脳波計を用いた感情分析ー生理および心理反応の測定項目2019年日本武道学会

段ボール製ベッドの主観と客観による居心地に関する科学的解明



写真3 実験風景

(パーティションがない場合 (左) とある場合 (右) で着座時と平臥時の測定を実施する)

4. 研究方法

実際に避難所としても利用される本学の複合スポーツ施設「大楠アリーナ2020」(写真2)の一室(フィットネススタジオ)で、全ての測定値の経時変化をデジタルデータとしてパソコンに蓄積できる実験装置システムを構築し、被験者実験を行う。

表1 環境物理量の測定項目


	測定項目	概要
	空気温度[°C]	体感温熱環境測定 ポータブルPMV計 AM-101アメニティメーター ● (1分間隔記録) ISO7730に基づく快適性評価指標
	相対湿度[%]	
	絶対湿度[g/m ³]	
	平均輻射温度[°C]	
	気流速度[m/s]	
	PMV,PPD,SET*	
	大気圧[hPa]	T&D製TR-73U(1分間隔記録) ●
	照度[lx]	T&D製TR-74Ui(1分間隔記録) ●
	二酸化炭素濃度 [ppm]	T&D製RTR-576(1分間隔記録) ●
	騒音レベル [dB(A)]	レックス製NL-21(10秒間隔記録) ● JISに基づく測定法

表2 生理および心理反応の測定項目


	測定項目	概要
	耳内温[°C]	Bluetooth無線 鼓膜温発汗計BL-100
	発汗量[mg/min]	外耳道で可及的に鼓膜に接近させる(2秒間隔) 発汗センサを右前腕に装着(2秒間隔) https://tech-next.co.jp/show_bl100.html
	Lowα波出現率[%] 7.5-9.25Hz	Macrotellect製BrainLink Lite V2 出現データ(FFT4秒)
	Highα波出現率[%] 10-11.75Hz	https://o.macrotellect.com/2020/Hardware.html#Lite リラックス: Lowα/(Lowα+Lowβ)
	Lowβ波出現率[%] 13-16.75Hz	注意: Lowβ/(Lowα+Lowβ) ゾーン: (Lowα+Highα)/(Lowα+Lowβ)
唾液アミラーゼ [KU/L]	唾液アミラーゼモニター乾式臨床科学分析 https://med.nipro.co.jp/med_eq_category_detail?id=a1U1000000b535GEAQ 0~30[KU/L]: ほぼストレスなし 31~45[KU/L]: ややストレスあり 46~60[KU/L]: ストレスあり 61以上[KU/L]: だいぶストレスあり	
気分尺度	TDMS-ST(二次元気分尺度) 8項目の質問に対する回答で心理状態(気分)を測定する https://www.imfine.co.jp/tdms/	

表3 測定スケジュール

	20min	0:00~0:10		0:10~0:20	0:20~0:30		実験終了
		パーテーション無		10min	パーテーション有		
		5 min	5 min		5 min	5 min	
実験室 集合	・実験器具取付 ・実験内容説明	・着座(ドリル回答) ・気分8項目の質問	・仰臥位	・パーテーション設置	・着座(ドリル回答) ・気分8項目の質問	・仰臥位	

段ボール製ベッドの主観と客観による居心地に関する科学的解明

段ボール製ベッド周囲を、段ボール製のパーテーションを設置して囲む場合と囲まない場合の比較を行う。パーテーション高さは、床上1200mmである。

4.1 実験の日程、場所と測定項目

実験は2022年11月4日と11月15日に実施した。11月4日は被験者A（50代女性）、11月15日は被験者B（30代女性）と被験者C（50代男性）である。写真3は実験の様子である。実施した場所は九州産業大学の複合スポーツ施設「大楠アリーナ2020」のフィットネススタジオである。

4.2 測定項目

表1は環境物理量の測定項目、表2は生理および心理反応の測定項目である。環境工学+生理学+心理学の3つの手法に基づき、段ボール製ベッドの居心地に影響を及ぼすと考えられる項目を選択している。

表2の生理および心理反応の測定項目のうち脳波については、前述の秋山（2019）による簡易脳波計を採用している。簡易脳波計は、測定ポイントが少ないため、被験者に与える頭部への計測センサー装着時の身体及び精神に生じる負担をできるだけ小さくできていると考えている。

4.3 測定方法

表3は測定スケジュールである。はじめに、被験者への実験内容の説明と計測センサーの装着を測定開始前の約20分間で行う。

測定開始1分前に被験者が段ボール製ベッドに着座する。実験開始と同時に被験者は心理状態（気分）を測定するための8項目に回答する。その直後に唾液アミラーゼ濃度を計測するためのチップを舌の下に30秒間くわえる。これらが測定できた実験開始1分後に脳波の測定を開始する。その後、仰臥位に体位を変更するまでの間、被験者はドリル（児玉光雄（2016）：『ボケない人になるドリル』株式会社河出書房新社）を解いて過ごす。開始から5分後に座位から仰臥位へと体位を変える。体位を変えてから1分後に脳波の測定を開始する。体位を変えてから5分後に測定を終了する。次に実験者はパーテーションの設置と準備を行い、同様の測定を行い実験終了する。

5. 測定結果と考察

本章では測定結果について述べ考察する。

5.1 環境物理量の測定結果

図3、図4および図5は環境物理量の測定結果である。図3は11月4日被験者A（50代女性）の始めから終わりまで30分間の測定データである。パーテーション無、休憩、パーテーション有の順で、影の部分は休憩時間である。環境物理量のうち温熱快適性をあらわすPMVは測定時間中およそ0（暑くも寒くもない）、騒音レベルは約50dB（A）であり大きい変化はみられない。図4、図5の2回の実験においても環境物理量に関してはPMV、騒音レベルはともに同様の結果が得られている。この結果により、ストレス反応に対する環境物理量の影響は少ないとみなす。

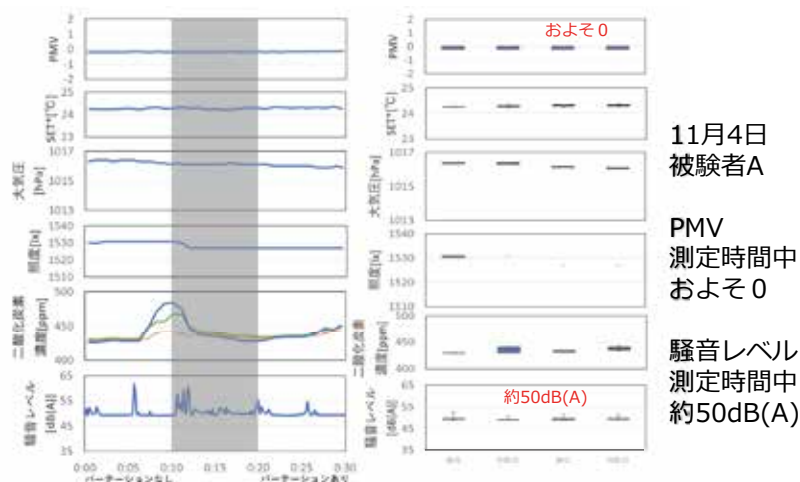


図3 環境物理量の測定結果 (11月4日)

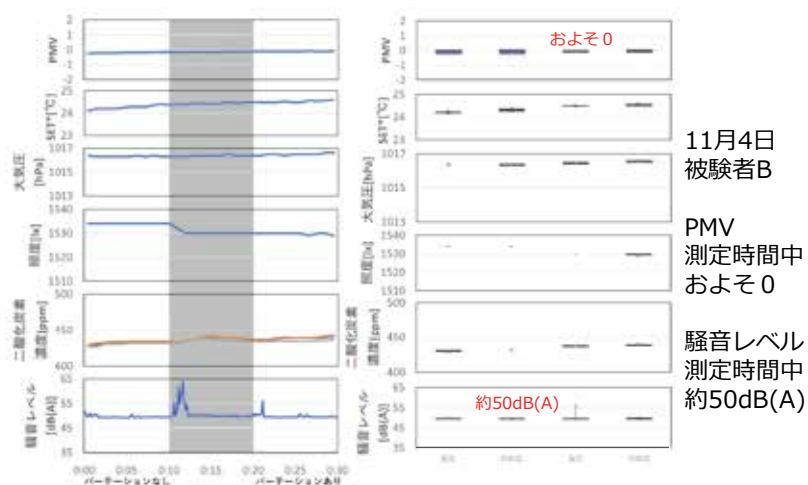


図4 環境物理量の測定結果 (11月4日)

5.2 生理・心理反応の測定結果

図6は被験者の耳内温および発汗量の測定結果である。いずれの被験者においても、パーティションの有無により変化したようにはみえない。

図7は脳波のうちリラックスの波形出現の結果である。被験者Aの座位の場合、パーティション無のほうが有より出現率が多くその差は12.9%である。仰臥位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は13.8%である。被験者Bの座位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は8.9%である。仰臥位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は20%である。被験者Cの座位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は4.4%である。仰臥位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は2.0%である。座位の場合の特に被験者Aに他2名の被験者とは傾向が異なる結果が得られている。この個人

段ボール製ベッドの主観と客観による居心地に関する科学的説明

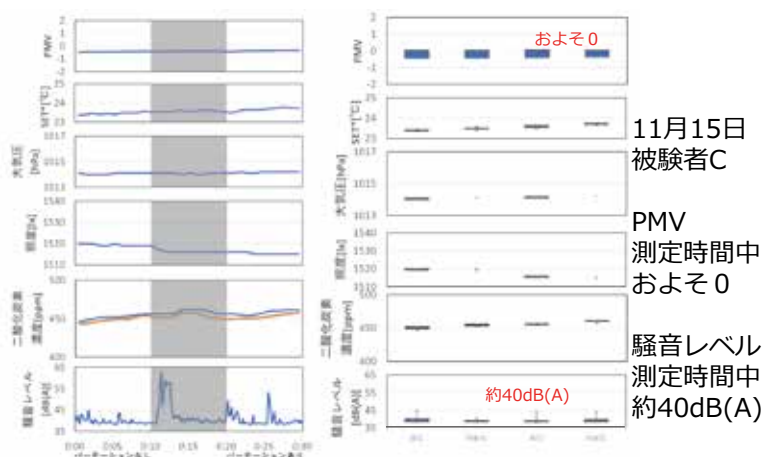


図5 環境物理量の測定結果（11月15日）

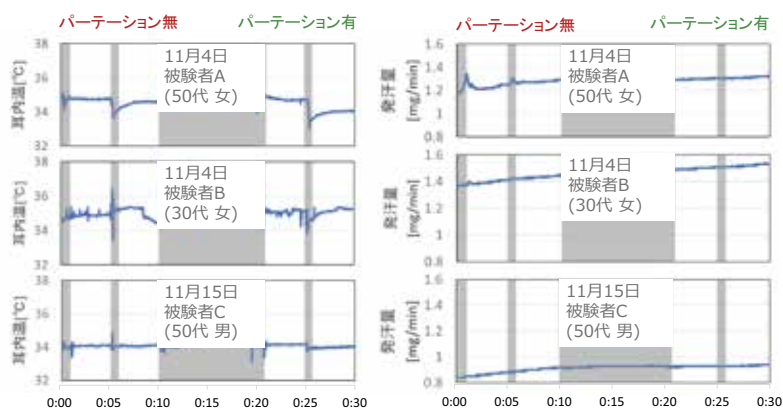


図6 被験者の耳内温および発汗量の測定結果

差は、被験者が「ドリルが難しく困った」と述べていたことから、ドリルの難易度が脳波出現の個人差を生じさせる原因となっている可能性がある。実験中に解くドリルが被験者A強いストレスを与えていたと考えられる。

図8は注意、緊張の脳波の出現の測定結果である。被験者Aの座位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は19.9%である。仰臥位の場合、パーティション無のほうが有より多くその差は8.6%である。被験者Bの座位の場合、パーティション無のほうが有より多くその差は1.7%である。仰臥位の場合、パーティション無のほうが有より多くその差は3.9%である。被験者Cの座位の場合、パーティション無のほうが有より多くその差は2.5%である。仰臥位の場合、無のほうが有より多くその差は0.5%である。

図9はゾーン、瞑想の測定結果である。被験者Aの座位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は5.5%である。仰臥位の場合、パーティション無のほうが有より多くそ

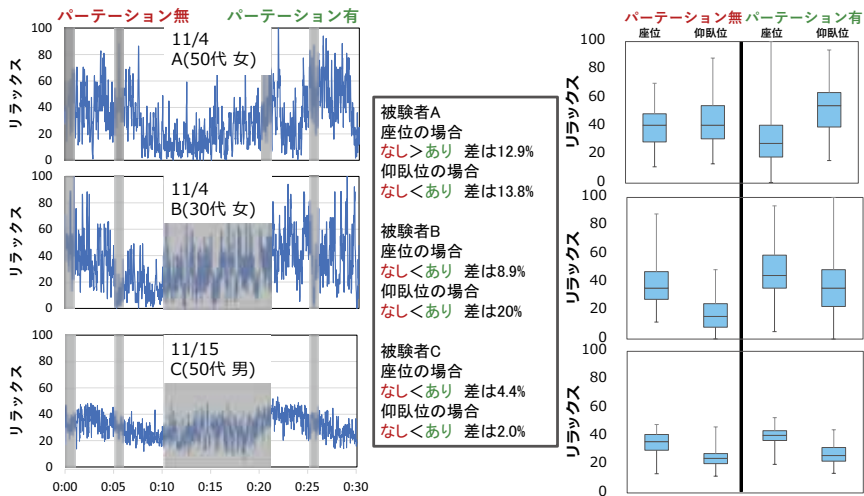


図7 リラックスの波形出現の結果

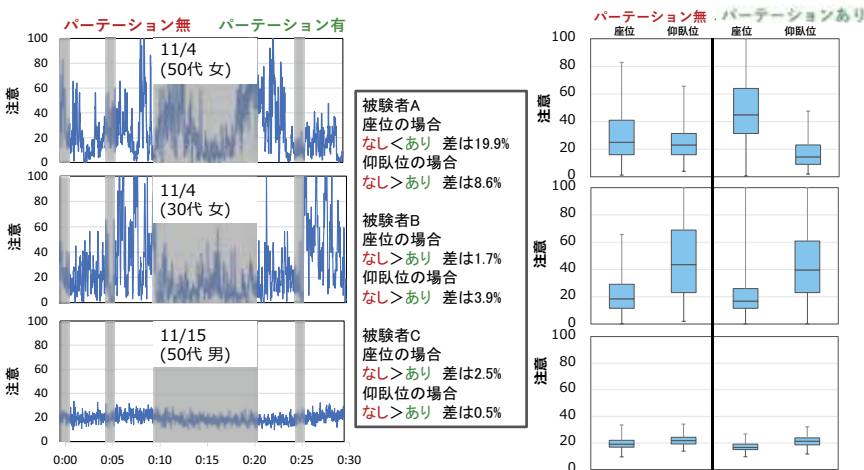


図8 注意の波形出現の結果

の差は1.5%である。被験者Bの結果は、座位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は3.0%である。仰臥位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は13%である。被験者Cの結果は、座位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は6.1%である。仰臥位の場合、パーティション有のほうが無より多くその差は1.1%である。

図10はTDMS-ST二次元気分尺度の測定結果である。いずれの被験者も、パーティション無から有にかけて、快適度、安定度は高くなり、一方、活性度、覚醒度ともに低くなる傾向にある。その差は、快適度が+4~+7、安定度が+7~+8、一方、活性度は-3~0、覚醒度は-10~-7である。

表4に図10と唾液アミラーゼの測定結果をもとに生理・心理反応をまとめる。

表5に、図5~10および表4に示す測定結果をまとめて示す。表中△はパーティション有無

段ボール製ベッドの主観と客観による居心地に関する科学的解明

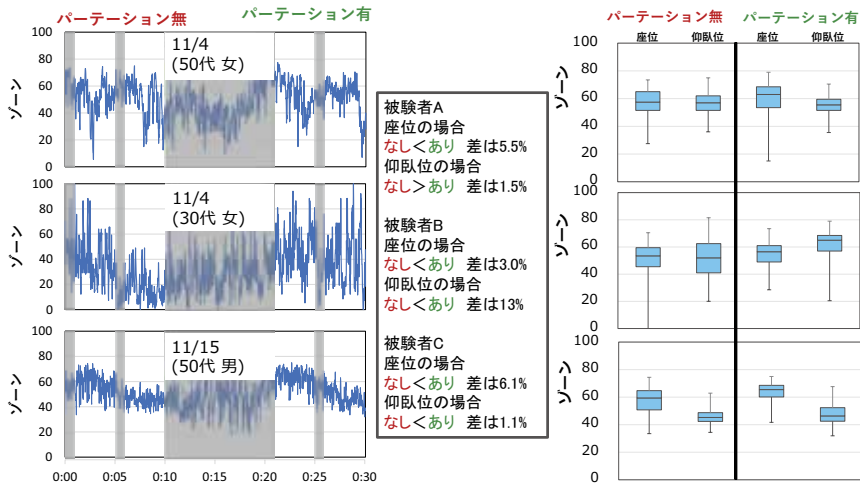


図9 ゾーンの波形出現の結果



11月4日 被験者A (50代 女性)

11月4日 被験者B (30代 女性)

11月15日 被験者C (50代 男性)

図10 TDMS-ST二次元気分尺度の測定結果

表4 唾液アミラーゼの測定結果

	無	差	有		無	差	有		無	差	有
快適度	3	+7	10	快適度	2	+4	6	快適度	7	+7	14
安定度	1	+7	8	安定度	-1	+7	6	安定度	1	+8	9
活性度	2	0	2	活性度	3	-3	0	活性度	6	-1	5
覚醒度	1	-7	-6	覚醒度	4	-10	-6	覚醒度	5	-9	-4
唾液アミラーゼ* [KU/L]	10		14	唾液アミラーゼ* [KU/L]	24		28	唾液アミラーゼ* [KU/L]	14		4

11月4日 被験者A (50代 女性)

11月4日 被験者B (30代 女性)

11月15日 被験者C (50代 男性)

表5 生理と心理の反応の測定結果

		パ-テーション無	パ-テーション有	パ-テーション無	パ-テーション有
		座位		仰臥位	
リラックス	被験者A	△	▼	▼	△
	被験者B	▼	△	▼	△
	被験者C	▼	△	▼	△
注意、緊張	被験者A	▼	△	△	▼
	被験者B	△	▼	△	▼
	被験者C	△	▼	△	▼
ゾーン、瞑想	被験者A	▼	△	△	▼
	被験者B	▼	△	▼	△
	被験者C	▼	△	▼	△
気分尺度 (安定度)	被験者A	▼	△	▼	△
	被験者B	▼	△	▼	△
	被験者C	▼	△	▼	△
唾液アミラーゼ	被験者A	ほぼストレスなし	ほぼストレスなし	ほぼストレスなし	ほぼストレスなし
	被験者B	ほぼストレスなし	ほぼストレスなし	ほぼストレスなし	ほぼストレスなし
	被験者C	ほぼストレスなし	ほぼストレスなし	ほぼストレスなし	ほぼストレスなし

の差を比較した場合により高い値であった方であり、▼は逆に低い値を示した方である。被験者Aの座位を除くと、パ-テーション有のほうがリラックスしている。同じく被験者Aの座位を除くと、パ-テーション無のほうが緊張している。被験者Aの仰臥位を除くと、パ-テーション有のほうが瞑想状態にある。気分尺度については、全ての被験者が、パ-テーションがあったほうが、気分が安定している。唾液アミラーゼ濃度については、全ての被験者で、パ-テーションの有無に関わらず、「ほぼストレスなし」といえるデータが得られたが、データの大小を比較すると(表4)、被験者Cを除き、パ-テーション有のほうが、濃度が高く、ストレスが高くなっている。

6. まとめと今後の課題

本研究では、パ-テーションの有無が段ボール製ベッドの居心地性能に与える影響に注目して、環境工学+生理学+心理学の3つの異なる学問分野の手法を統合するというユニークな研究方法により、その居心地を主観と客観から評価し、パ-テーションの効果の科学的解明を試みた。

得られた結果は以下の3点である。

- (1) 環境物理量のうちPMVは測定時間中およそ0、騒音レベルは40~50dB (A) でほとんど変化していなかった。環境物理量が測定時間中の生理・心理反応に対する影響は少ないと見なした上で被験者実験を実施した。
- (2) 座位の場合は、パ-テーション有の方が、無に比べて瞑想度が高かった。仰臥位の場合は、パ-テーション有の方が、無に比べてリラックスし、緊張していなかった。いずれの被験者も気分の安定度が、パ-テーション有の方が、無に比べて+7~+8高くなっていた。
- (3) 本手法により、パ-テーションの有無が利用者の居心地に影響を与える機能を定量的に把握できた。パ-テーションによる詳細な効果の科学的解明に本研究は貢献する。

段ボール製ベッドの主観と客観による居心地に関する科学的解明

本研究についての今後の課題は以下の3点である。

- 1) 多様な被験者による実験データを増やし、測定結果の信憑性を高める。
- 2) 段ボール製ベッドのパーテーションの色や図案が居心地に与える影響を評価する。
- 3) 計測データの精度を高めるために座位の場合と仰臥位の場合の、簡易脳波計の装着方法や、気分尺度と唾液アミラーゼと脳波計の測定タイミングといった測定方法について見直す。

【注】本稿は、下記の内容に基づいて加筆修正したものである。

南風盛成貴，香川治美：段ボール製ベッドの居心地評価のための実験研究（その1）実験装置システムの構築。人間-生活環境系シンポジウム報告集45巻，2021，p.95-98

香川治美，萩原悟一，福田潤：段ボール製ベッドのパーテーション有無による居心地評価のための実験研究。日本建築学会九州支部研究発表会，2023

【注】本研究は、「九州産業大学におけるヒトを対象とした医学研究に関する倫理委員会」による倫理審査の承認を得た上で実施している。

【参考論文】

児玉光雄（2016）：ボケない人になるドリル。株式会社河出書房新社

都築和代：避難所模擬環境における寝具と衣服が睡眠時の人体に及ぼす影響。日本衣服学会誌64巻2号、2021、p.65-68

中村泰人，平川真由美，香川治美：袖なし通風ジャケットの開発とその耐暑性能の表現。人間と生活環境10巻2号、2003、p.69-74

南風盛成貴，香川治美：段ボール製ベッドの居心地評価のための実験研究（その1）実験装置システムの構築。人間-生活環境系シンポジウム報告集45巻，2021，p.95-98

水野一枝，水野康，西山加奈，田邊素子，水谷嘉浩，小林大介：段ボール製ベッドが低温環境での入眠過程に及ぼす影響。日本生気象学会雑誌54巻2号、2017、p.65-73

【謝辞】

実験は九州産業大学建築都市工学部住居・インテリア学科4年杉原慶恒君と行った。福岡パッケージ（株）ならびに九州計測器（株）の各位には研究を実施する上で多大なるご協力をいただきました。記して謝意を表明します。