

信州大学審査学位論文

心身反応計測による寝具の寝心地評価に関する研究

2015 年 3 月

青井 政貴

目次

図目次

表目次

第1章 緒言	1
1.1 背景	2
1.2 目的	7
1.3 論文の構成	8
1.4 心身反応の評価	9
1.4.1 生理反応を用いた睡眠状態の評価	9
1.4.2 体動	14
1.4.3 気分調査	15
1.4.4 背形状計測	16
1.4.5 血行動態	17
参考文献	18
図の引用文献	21
第2章 生理心理反応計測を用いたベッドマットレスの寝心地評価	22
2.1 はじめに	23
2.2 被験者	25
2.3 実験環境と試料	26
2.4 計測項目と解析方法	29
2.4.1 生理反応による睡眠状態の推定	29
2.4.2 気分調査	34
2.5 実験手順	35
2.6 結果	36
2.6.1 PSGによる睡眠状態の推定	36
2.6.2 気分調査	39
2.7 考察	43
2.8 まとめ	46
参考文献	47
第3章 区分ごとに弾性率の異なるベッドマットレスの寝心地評価	49
3.1 はじめに	50

3.2	実験試料	51
3.3	被験者	53
3.4	寝姿勢形状計測	54
3.4.1	寝姿勢計測の結果	55
3.5	筋血流計測	57
3.5.1	筋血流計測の結果	59
3.6	計測項目と解析方法	61
3.6.1	体動計測について	62
3.7	実験手順	63
3.8	結果	63
3.8.1	睡眠状態の推定	63
3.8.2	気分調査	65
3.9	考察	70
3.10	まとめ	72
	参考文献	73
第4章	温度調整素材を含んだベッドパッドの寝心地評価	75
4.1	はじめに	76
4.2	被験者	78
4.3	試料と実験環境	79
4.3.1	実験試料	79
4.3.2	実験試料の物理特性	81
4.3.3	実験環境	84
4.4	測定項目と解析方法	85
4.5	実験手順	85
4.6	結果	86
4.6.1	生理反応による睡眠状態の推定	86
4.6.2	動作計測による睡眠状態の推定	91
4.6.3	気分調査	94
4.7	考察	97
4.8	まとめ	99
	参考文献	100
第5章	結言	101
	発表論文	106
	謝辞	110

図目次

第 1 章 緒言

図 1. 1	睡眠時間の変化(国民全体平均) ([4]より引用・一部改変)	3
図 1. 2	健康への関心の推移 ([9]の報告から作成)	4
図 1. 3	定性的な睡眠覚醒段階 ([29]より引用)	13

第 2 章 生理心理反応計測を用いたベッドマットレスの寝心地評価

図 2. 1	各マットレスのポケットコイルにかかる荷重と変位の関係	26
図 2. 2	各試料における寝姿勢曲線	28
図 2. 3	電極装着部位 ([47]より引用, ・一部改変)	29
図 2. 4	平均睡眠深度の例(左図: 時系列, 右図: 平均睡眠深度)	33
図 2. 5	各試料における睡眠効率	37
図 2. 6	各試料における平均睡眠深度	37
図 2. 7	弾性率と睡眠変数の対応	38
図 2. 8	各試料における睡眠段階割合	38
図 2. 9	A140 の睡眠前後の各因子の結果	40
図 2. 10	B100 の睡眠前後の各因子の結果	40
図 2. 11	C088 の睡眠前後の各因子の結果	41
図 2. 12	D072 の睡眠前後の各因子の結果	41
図 2. 13	各試料の睡眠前後の T 得点差	42
図 2. 14	各試料の睡眠前後の TMD 得点の結果	42

第3章 区分ごとに弾性率の異なるベッドマットレスの寝心地評価

図 3. 1	実験で使用したマットレス	52
図 3. 2	SHAPE SENSOR 設置図	54
図 3. 3	各マットレスで得られた寝姿勢曲線.....	56
図 3. 4	計測箇所	58
図 3. 5	実験手順	58
図 3. 6	各試料における血流 (OxyHB と DeoxyHB) の相対変化.....	60
図 3. 7	各試料における血流 (TOTALHB) の相対変化.....	60
図 3. 8	各試料における睡眠段階割合	64
図 3. 9	ABAB の睡眠前後の各因子の T 得点	65
図 3. 10	AAAA の睡眠前後の各因子の T 得点	66
図 3. 11	BBBB の睡眠前後の各因子の T 得点	66
図 3. 12	BBCB の睡眠前後の各因子の T 得点	67
図 3. 13	BCBB の睡眠前後の各因子の T 得点	67
図 3. 14	各試料の睡眠前後の T 得点差	68
図 3. 15	各試料の睡眠前後の TMD 得点	69

第4章 温度調整素材を含んだベッドパッドの寝心地評価

図 4. 1	温度調整素材 (イメージ)	79
図 4. 2	寝具の使用法	80
図 4. 3	実験試料	82
図 4. 4	実験イメージ	82
図 4. 5	各試料における使用電力量の推移	83
図 4. 6	保温性能について	83
図 4. 7	睡眠段階割合 (0-3H)	88
図 4. 8	睡眠段階割合 (0-6H)	88
図 4. 9	周期ごとにみた深睡眠割合	90
図 4. 10	睡眠段階割合 (0-6H)	90
図 4. 11	ACTIGRAPH による各試料で睡眠効率	92
図 4. 12	各試料で睡眠中に発生した体動回数	92
図 4. 13	周期別にみた睡眠効率.....	93
図 4. 14	睡眠前後の POMS テストから得られたノーマル寝具の T 得点	95
図 4. 15	睡眠前後の POMS テストから得られた温度調整素材寝具の T 得点	95
図 4. 16	各試料における睡眠前後での T 得点差	96
図 4. 17	各試料における睡眠前後の TMD 得点	96

表目次

第1章 緒言

表 1. 1	国際睡眠段階判定基準（[23]より作成）.....	12
--------	---------------------------	----

第2章 生理心理反応計測を用いたベッドマットレスの寝心地評価

表 2. 1	被験者データ	25
表 2. 2	各マットレスのコイルの仕様.....	27
表 2. 3	睡眠深度の内訳	30

第3章 区分ごとに弾性率の異なるベッドマットレスの寝心地評価

表 3. 1	各マットレスのコイルの仕様.....	52
表 3. 2	被験者データ	53
表 3. 3	被験者データ	53
表 3. 4	各睡眠変数の結果，平均値とカッコ内，標準偏差	63

第4章 温度調整素材を含んだベッドパッドの寝心地評価

表 4. 1	被験者データ	78
表 4. 2	実験試料の仕様	80
表 4. 3	実験中に得られた寝床・衣服内温度，平均値とカッコ内，標準偏差 ..	84
表 4. 4	PSG の結果 (0-3H) ，平均値とカッコ内，標準偏差	86
表 4. 5	PSG の結果 (0-6H) ，平均値とカッコ内，標準偏差	86

第 1 章

緒言

1.1 背景

睡眠は脳機能，身体諸機能を健常に保つために必要不可欠であり，生活の質を向上させるための役割を担っている。現在のわれわれの生活は工業技術の発展により著しく便利なものとなった。技術の進歩とともに睡眠を取り巻く環境は大きく変化しており，睡眠を犠牲にし，様々なひずみが生じている。その結果，人口の約 2.5% - 15%が日中に強い眠気を感じていたり[1, 2]，約 30%が睡眠不足を自覚しているという報告もある[2]。また，慢性的な睡眠不足が日中の活動の低下や攻撃性の増大の原因になっている可能性が指摘されている[3]。ストレスや自殺者，うつ患者の増加などの社会現象は睡眠と密接に関連し，我々の生活に暗い影を落としている。

NHK 放送文化研究所が実施している国民生活時間調査によれば，日本人の平均睡眠時間は図 1.1 に示すように 1970 年 - 2010 年まで減少傾向が続いている[4]。近年日本は，社会の高度情報化やグローバル化，深夜営業店舗の増加などから，昼夜の区別のない 24 時間稼働型の社会になりつつある。日の出とともに起床して日中に活動し，日が沈むと休息のために睡眠するという人間が本来持っている概日リズム（サーカディアンリズム）に狂いが生じ，睡眠障害や健康阻害を起こしている。また，個々のライフスタイルは多様化し，長時間勤務，過度の労働，育児や介護など，我々の睡眠を害する要因が現代社会には多くあふれている。

厚生労働省の調査によれば，国民の 5 人にひとりが睡眠に何らかの不満を抱えており，その数は年々増加している[5]。睡眠に関する問題は，日中に眠気や疲労感を引き起こすだけでなく，作業効率の低下を招き，交通事故，産業事故，医療事故などの原因にもなっている。たとえば，パンナム航空のバリ島の墜落事故

やチェルノブイリやスリーマイル島での原子力発電所の大事故などは睡眠不足と疲労による作業ミスが原因だとされている[6]。Dement W.C.が、米国において睡眠に関する問題によって起こる作業効率の低下による損失は医療費などの直接コストだけでも約 1.5・2 兆円にのぼり[7]、眠気を原因とする事故による間接損失が約 5 兆円にのぼると発表した[8]。これらを合計すると、年間約 7 兆円もの経済的な損失があると推定される。これらのことから、睡眠は個人の健康問題に加え、社会的な問題にまで影響を及ぼしている。

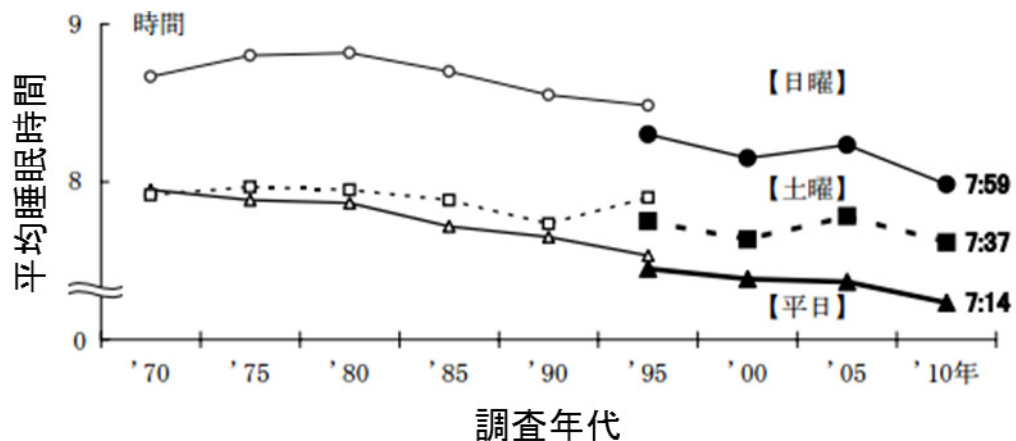


図 1. 1 睡眠時間の変化(国民全体平均) ([4]より引用・一部改変)

先に述べた社会的背景から、睡眠や健康への関心は高まっている。特に内閣府が行った国民に関する世論調査によると、図 1.2 に示すように自分や家族への健康への関心が年々高くなっている [9]。健康で良好な生活を確保し、より良い睡眠生活を送るためには、寝心地を良くすることが重要である。

消費者が寝具を購入する際に最も重視する項目は寝心地である[10]。人間の反応をもとに寝心地を評価した研究が少ないため、寝具の選び方は個人の好みに依存していることが現状である[11]。販売されている寝具が本当に良いのかを判断する基準は非常に曖昧で不確かなものであり、作り手側も買い手側も『なんとなく良いと思う』という感覚でしか寝心地を評価できない状況である。寝心地に影響を与える要因を明確にし、寝具選択や設計に利用できる基礎的なデータが望まれている。寝心地を定量的に評価し、寝具の選択や設計に対する指針・指標作りが必要であると考えられる。寝心地の良い寝具の選択や設計に対する指針・指標ができれば、「付加価値が高く、満足度の高い寝具設計・選択」が可能になると考えられる。

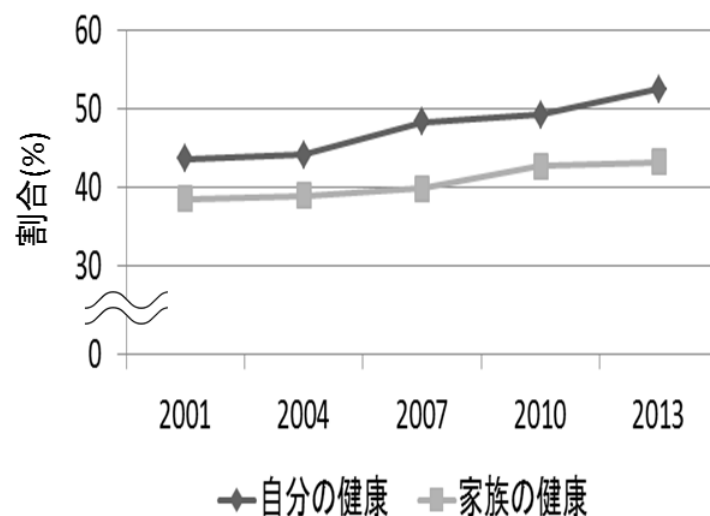


図 1. 2 健康への関心の推移（[9]の報告から作成）

寝心地に影響する要因のうち、温湿度・照度・音は睡眠に深く影響与える3大環境要因とされており、温湿度が25℃50%RH程度、照度は30lux以下、音は40dB以下に調整することが望ましいとされている[12]。この環境以外での睡眠では睡眠中の中途覚醒が増加することが報告されているため、環境要因を調整することが重要である[13・15]。科学技術が発達した今日では、これらの環境要因の調整は、比較的容易に調整が可能である。

一方、寝具と睡眠の関係を調査した研究は少なく、改善すべき点が多く残されている。寝具は睡眠環境に影響し、睡眠環境を良くすることは寝心地の向上に寄与すると考えられる。寝具の研究は大きく分けて2つの分野に分けることができる。1つ目は材料学の立場からの研究、2つ目は人間工学的視点からの研究である。これまで、材料面からの研究は多くなされてきた。例えば綿の保温性や透湿性、布地の耐久性や吸湿性に関する研究である[16・18]。一方、人間工学的視点からの研究は、材料学の立場の研究に比べ相対的に少ない[19]。寝具は、布団、マットレス、毛布、タオルケット、シーツ、枕、ナイトウェアなどがある。寝具は人に直接触れて長時間使用されるため、睡眠に大きな影響を及ぼしていると考えられる。その中でも、寝具の硬さや寝床内環境などが寝心地に影響を及ぼすことが考えられる。これらはマットレスやベッドパッドによって調整可能であると考えられる。そこで本研究では数ある寝具の中からマットレスとベッドパッドに着目した。マットレスの硬さに関する検討については、マットレスを試料に実験した。マットレスは睡眠中の人の身体を支え、快適な睡眠を担う寝具の一つである。マットレスは使用される素材、構造の違いにより、スプリングを使ったタイプ、ウレタンフォームを使ったタイプ、ウォーターベッドと呼ばれる水を使ったタイプなどに分類される。本研究では、一般に最も普及しているスプリングタイプのマットレスを試料として用いた。マットレスは戦後のライフ

スタイルの洋風化とともに日本でも本格的に普及し始め、現在では多くの日本人が使用している。氏家が行った官能検査によるマットレスの評価によれば、寝心地にはマットレスの硬さ感と沈み込み感が影響するとされている[20]。硬さ感と沈み込み感には特にマットレスの弾性率が影響することが考えられる。寝床内環境に対する検討では、ベッドパッドを試料に実験した。ベッドパッドは人に直接触れることから睡眠中の寝床内環境に影響すると仮定した。寝床内環境の調整には温熱特性が影響することが考えられる。

人が寝具から受ける睡眠中の寝心地を調べるためには、人の反応から評価することが最も有効な手段である。寝心地は、睡眠時の身体の状態と寝具の特性および環境に、人間の体格、寝姿勢などが加わった生理状態である。寝心地は、目覚めたときの意識水準の活動の度合い、つまり気分体調で評価され、入睡直前の状態と睡眠中の状態が関係していると考えられる[21]。したがって、寝具の寝心地を評価するためには、睡眠前、睡眠後の覚醒状態での心理的な状態と、睡眠中の無意識下での生理的な状態の両方を評価する必要がある。そこで本研究では寝心地を睡眠時の身体状態と目覚めた時の気分体調によって左右されるものと定義し、睡眠中の寝心地を評価した。健康学的に見て生理反応がよく、目覚めた時の気分が良い時に、寝心地がよい状態とした。

生理心理反応計測を用いて異なるベッドパッドを客観的に寝心地を評価した実験では、生理反応による睡眠状態に差はないが、主観的な睡眠感が異なるという報告がされている[22]。生理心理反応の結果が異なる原因として、寝具の硬さや寝床内環境などが睡眠に影響を与えることが考えられる。そのため、寝心地は心身反応計測による評価だけでなく、寝具の物理特性を考慮した評価が必要であると考えられる。

1.2 目的

本研究の目的は評価が曖昧な寝心地の客観的な評価方法をつくり、寝具の選択や設計に利用できる指標を特定することである。本研究は従来、材料学または人間工学的視点で行われる寝具の評価を、寝具の物理特性計測および心身反応計測を用いて寝心地を評価し、寝心地に影響を与える要因を明確にした。

本研究は、マットレスの硬さを変えることで寝心地が変化すると仮定した。硬さに影響するマットレスの要因は弾性率と考えられる。ベッドパッドは人に直接接触することから睡眠中の寝床内環境に影響すると仮定した。寝床内環境は素材の温熱特性が影響することが考えられる。寝具の物理特性計測は、マットレスを用いた研究では弾性率を計測し、ベッドパッドを用いた研究では温熱特性を計測・評価し、素材の持つ特性を調査した。心身反応計測は脳波(EEG)、眼電図(EOG)、筋電図(EMG)の生体反応計測である Polysomnograph(以後 PSG), Actigraph による体動計測、気分調査である Profile of mood states(以後, POMS)を行った。マットレスを用いた実験では、マットレスの硬さによって変化すると考えられる、仰臥位形状および血行動態を計測した。睡眠中の寝心地を PSG と Actigraph によって睡眠状態を推定し、睡眠による気分の変化を POMS によって評価した。PSG による睡眠深度の判定は国際睡眠判定規格に準拠した [23]。Actigraph による睡眠状態の判定には cole 式を用いて睡眠/覚醒判定を行った [24]。睡眠による主観的な気分体調の変化を POMS から算出される 6 つの気分尺度と総合的な気分を示す指標によって評価した [25, 26]。POMS を用いた理由は寝心地を睡眠時の身体状態と目覚めた時の気分体調によって決定されると定義したためである。

1.3 論文の構成

本論文は 5 章で構成される。第 1 章では、研究の背景や目的を述べた。

第 2 章は、実験試料として形状および構造が同一のマットレスに着目した。弾性率のみが段階的に異なる 4 種類のマットレスを用いて寝心地評価実験を行った。弾性率の違いが仰臥位姿勢に与える基礎的なデータとして、スライドゲージ法によって寝姿勢曲線を計測した。試料が睡眠に及ぼす影響を PSG と POMS によって検証した。各指標で得られた結果から、寝心地の考察を行った。

第 3 章は、より寝心地を向上させる方法を探るため身体区分ごとに弾性率の異なるマットレスに着目した。5 種類のマットレスを用いて寝心地評価実験を行った。本実験はマットレスの違いによる血行動態の差異によって寝心地が変化すると仮定した。マットレスの違いによる寝姿勢を Shape sensor を用いて評価し、大腿二頭筋の血行動態を近赤外分光法(以後、NIRS)によって筋血流を計測した。試料の違いが睡眠に及ぼす影響を PSG, Actigraph および POMS によって評価した。各指標で得られた結果から、寝心地の考察を行った。

第 4 章は、実験試料として温度調節素材に着目した。温度調節素材は寝床内温度の温度を一定($32^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$)に調整するとされている素材である。温度調整素材を含むベッドパッド・枕パッドと含まないベッドパッド・枕パッドを用いて寝心地評価実験を行った。本実験では、体動によって寝心地が変化すると仮定した。試料の温熱特性を KES によって評価した。試料の違いが睡眠に及ぼす影響を PSG, Actigraph および POMS によって評価した。各指標で得られた結果から、寝心地の考察を行った。

これらの研究は信州大学のヒト倫理委員会に承認を得て実施した。

第 5 章では本論文の成果をまとめ、結論と今後の課題について述べた。

1.4 心身反応の計測と評価

本研究は人の心身反応を用いて、寝心地の推定を行った。心身反応計測は PSG、体動計測、気分調査、背形状計測および血行動態計測を行った。用いた計測の目的と詳細を説明する。

1.4.1 生理反応を用いた睡眠状態の評価

PSG が睡眠の周期や深さを計測するゴールドデンスタANDARDな方法とされている[27]。本研究では、寝具が睡眠に及ぼす影響を客観的、定量的に評価するための基準指標として PSG を用いた。

人の睡眠は脳の活動を基に判断することができる。これは脳波睡眠と呼ばれ、人の睡眠状態を評価する場合、睡眠中の生理的変化を脳波から計測することが一般的な方法である。活動している脳の電気変動を脳波計によって増幅記録したものが EEG である。人間の脳波は、1929 年にドイツの精神科医 Berger によってはじめて発見された。彼は、人間の頭皮上に電極を配置し、律動的な電位変化が生じ、さらにこの変化が感覚的あるいは心理的に刺激によって変動することを明らかにした[28]。正常成人では、リラックスした姿勢で閉眼安静状態にあると、周波数が 8・13Hz の律動的な波が頭頂部から出現する。これは α 波と呼ばれ、開眼によって減衰することや、閉眼中でも緊張が高い場合や何かに注意を払ったり、暗算などの精神作業を遂行している最中に減衰することが分かっている。このように覚醒水準が高い場合には、律動的な α 波とは変わって、周波数が 14Hz 以上の不規則で低振幅な波形である β 波が出現する。

一方、眠気を覚え覚醒水準が低下した場合では α 波は減衰する。 α 波が消失す

る前後から眼球が緩徐眼球運動 (Slow Eye Movement : SEM) を開始しており、すでに半覚半睡の状態にある。このように α 波は、覚醒水準が中程度のときに最もよく出現し、覚醒水準が高すぎても低すぎても出現率は低下する。やがて、4 - 7 Hz の θ 波が出現し、さらに、頭頂部を中心に鋭波が頻発するようになる。さらに、3Hz 以下の高振幅 δ 波が出現すると、被験者はすでに深い睡眠状態にある。 θ 波と δ 波は、 α 波よりも周波数が低いため、一般的に徐波と呼ばれている。このように一般的に脳波は覚醒水準が上昇するほど周波数が上がるとともに低振幅化し、その逆に、覚醒水準が低下するほど周波数が下がり高振幅化する。

先述のように睡眠の深さとともに脳波が変化するという事実に基づいて、米国睡眠学会において 1968 年に睡眠段階の国際的判定基準が策定された[23]。この判定基準では、脳波、眼球運動、あごのオトガイ筋の筋電位の 3 つの指標を同時に測定することが必要とされ、これを PSG と呼ぶ。PSG は、20 秒または 30 秒区間ごとに判定される。判定区間のうち、 α 波の出現率が 50%以上であれば覚醒、50%未満の場合は睡眠段階 1 と判定される。 θ 波の出現は、睡眠段階の判定には用いられない。その代わり、紡錘波 (spindle) と K 複合波 (K-complex) が出現する区間を睡眠段階 2 と判定する。振幅が $75 \mu V$ 以上の δ 波が判定区間の 20%以上を占めると睡眠段階 3、50%以上を占めると睡眠段階 4 と判定される。一般に、睡眠段階 1 と 2 が浅睡眠 (light sleep)、睡眠段階 3 と 4 は深睡眠 (deep sleep) と考えることができる。

入眠から約 1 時間経過した頃、脳波は睡眠段階 1 の状態であるが、骨格筋の緊張が著しく低下し、オトガイ筋の筋電位は一晚のうち最低水準まで低下する。さらに速い眼球運動 (rapid eye movement : REM) が散発して認められるようになる。この区間が REM(以後、レム)睡眠である。このレム睡眠に対して、睡眠段階 1 から 4 はレム睡眠でない睡眠という意味で、non-REM(以後、ノンレム)睡眠

と呼ばれている。また、寝返りや体動によって、脳波の記録に筋電位のアーチファクトが判定区間の 50%以上混入した区間は、運動時間(movement time:MT)と判定する。表 1.1 に睡眠段階判定基準、図 1.1 に定型的な覚醒・睡眠段階を示す。

ノンレム睡眠とレム睡眠は交代して出現し、1 回のノンレム睡眠とレム睡眠を合わせると、その長さは、約 90 分になる。これを睡眠周期 (sleep cycle) と呼び、一晩のうち 4・5 回出現する。深睡眠 (睡眠段階 3 と 4) は睡眠段階の前半に集中して出現する。これに対して、睡眠の後半では、主として睡眠段階 2 とレム睡眠が多く出現するようになる。このように、初めの睡眠周期は、一晩の睡眠で睡眠段階がもっとも深くなる傾向があるため、睡眠を評価するための重要な要素となる。

表 1. 1 国際睡眠段階判定基準 ([23]より作成)

分類			状態	脳波, 眼球運動, 筋電図
WAKE (STAGE W)			覚醒している状態	α 波と低電位で様々な周波数の脳波が混在する。 まばたきや高振幅で持続性のある筋電図がみられる。
STAGE REM (REM Sleep)			大脳をノンレム睡眠の状態から目覚めさせる役割を持つ。 身体はぐったりしているが脳は覚醒に近い状態である。	比較的低電位で様々な周波数の脳波が混在し、 高速眼球運動が共存する段階。 骨格筋の緊張が著しく低下し、オトガイ筋の筋電位は一晚のうち最低水準まで低下する。
NON-REM (Non-REM Sleep)	STAGE L (Light Sleep)	STAGE 1	大脳を休息させ回復させる 役割を持つ睡眠。 浅い微睡の状態 (Stage L)から、 熟睡している状態 (Stage D)までである。	脳波に占める α 波の割合が50%未満になり、 比較的低電位の様々な脳波が混在する。 睡眠の初期には緩やかな眼球運動がみられる
		STAGE 2		0.5秒以上持続する睡眠紡錘波と0.5秒以上の K複合波が出現し、STAGE3, 4の定義を満たす だけの高振幅徐波は認められない。
	STAGE D (Deep Sleep)	STAGE 3		2Hz以上、振幅75 μ V以上の高電圧所は(δ 波)が 判定区間の20%以上を占める
		STAGE 4		2Hz以上、振幅75 μ V以上の高電圧所は(δ 波)が 判定区間の50%以上を占める
MT (Movement Time)			寝姿勢の変化や寝返り などの体動が生じている。	体動に伴う筋緊張やアーチファクトで、脳波と筋電図記録が50%以上判定不能である。

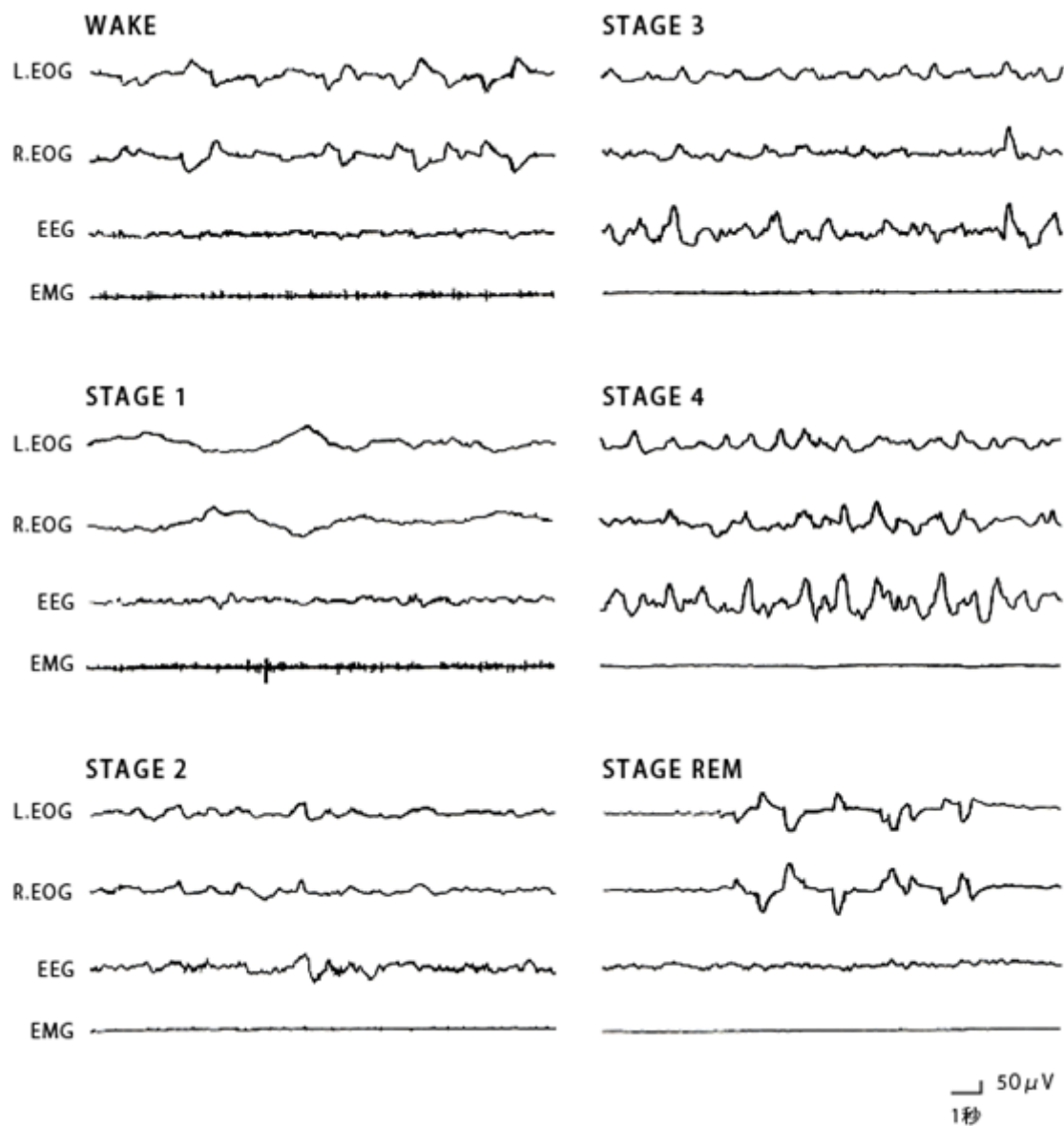


図 1. 3 定性的な睡眠覚醒段階 ([29]より引用)

1.4.2 体動

寝具が体動に及ぼす影響を客観的、定量的に評価するための基準指標として Actigraph による動作計測を行った。Actigraph による体動計測は、睡眠中の体動量を計測することで睡眠/覚醒判定が行える。睡眠/覚醒判定を行うことで睡眠状態を推定した。

人間は睡眠中に常に静止している状態ではなく、一晩に 10 回・20 回大きな体動があり、寝相を変える[30]。また、体動の出現は、紡錘波の出現や δ 波の出現様式と密接な関係を持つことや、心拍間隔、呼吸間隔、血液循環などの自律神経系の指標にも影響を与えるとされている[31, 32]。さらに、体温、寝床内気候を調節する働きもあるとされている。したがって、体動は睡眠に影響を及ぼし、睡眠の構造を規定するのに重要な役割を果たしていると考えられる。

1.4.3 気分調査

本研究では、寝心地を睡眠時の身体状態と目覚めた時の気分体調によって決定されると定義した。睡眠による主観的な気分体調の変化を POMS から算出される 6 つの気分尺度と総合的な気分を示す指標によって評価した。POMS は目覚めた時の気分体調の変化をより細かく評価できると考えられる。そのため、主観的な睡眠感の評価は一般的に OSA 睡眠調査表が行われているが、POMS によって評価した。

POMS は被験者の一時的な気分・感情を調査するために開発された 65 の質問項目に対して 5 段階評価（0 - 4 点）で答える質問紙法の検査である。POMS は精神医学、心療内科領域などで病態把握や治療効果の評価にも応用されており、その有効性が確かめられている[33, 34]。POMS により人の気分、感情に関する 6 つの気分尺度（緊張—不安・抑うつ—落ち込み・怒り—敵意・活気・疲労・混乱）が評価できる。気分尺度は活気を除く 5 つの因子（緊張—不安・抑うつ—落ち込み・怒り—敵意・疲労・混乱）を陰性因子、活気を陽性因子としている。これらの 6 つの気分尺度を用いることで総合的な気分の変化である Total Mood Disturbance 得点(以後, TMD 得点)を算出することができ、総合的な気分を評価できる。6 つの気分尺度と TMD 得点を評価することで気分状態の変化を調査した。

1.4.4 背形状計測

マットレスの弾性率の違いは寝姿勢に影響を与え、寝心地の差につながると考えられる。したがって、マットレスの寝心地の評価を行う上で、被験者の寝姿勢を捉えておくことは重要である。

ベッドマットレスの弾性率が変化すると寝姿勢に影響すると考えられる。寝姿勢は寝心地と関連があると言われている[35]。睡眠に適した姿勢があると言われながらも、実験的に計測し、寝心地と関連させて評価した事例は非常に少ない。入眠時と睡眠中に最も多く見られる姿勢は仰臥位であるため[36]、各試料において仰臥位で横たわった際の人体の背側正中線上の形状（寝姿勢曲線）を測定し、各試料での寝姿勢の違いを確認した。背形状計測はスライドゲージ法と Shape sensor を用いた 2 種類の手法を用いて背形状を計測し、評価した。スライドゲージ法は第 2 章で、Shape sensor を用いた計測は第 3 章でそれぞれ用いた。

スライドゲージ法とは、あらかじめ可動式のゲージを等間隔に複数配置しておき、人体が接触した際にその接触部位の凸凹に対応して変位し、凸凹の様子をとらえる手法である。Shape sensor はインタフェースボックスとセンサ部で構成されている。インタフェースボックスを基準とし、センサ部が相対的にどの程度変化したかをとらえる装置である。

1.4.5 血行動態

本論文では、試料の違いが筋肉の血行動態に与える影響を明らかにするため、被験者が横たわった際の筋肉の血行動態を評価した。

NIRS は、近赤外光(波長 700 - 900nm)の高い生体透過性と血液中の OxyHB と DeoxyHB の異なる光吸収特性の二つの特性を利用した計測方法である。NIRS では近赤外光を投射し、乱反射して戻ってきた光成分を検出することで、OxyHB や DeoxyHB などの相対的な濃度変化を計測することができる。脳活動や筋肉代謝などに関する研究での応用が進んでいる [37 - 39]。

参考文献

- [1] Y Kaneita, T Ohida, M Uchiyama et al, excessive daytime sleepiness among the Japanese general population, J Epidemiol 15: 1-8, 2005
- [2] X Liu, M Uchiyama, K Kim, M Okawa et al, sleep loss and daytime sleepiness in the general adult population of Japan, Psychiatry Res 93, 1-11, 2000
- [3] 神山潤, 睡眠の生理と臨床, 診断と治療社, pp180-200, 2003
- [4] NHK 放送文化研究所, 2010 年国民生活時間調査報告書, 2010
- [5] 厚生労働省, 保健福祉動向調査, 2000
- [6] 高橋清久, 睡眠学, じほう, 2003
- [7] Dement W.C., Wake up America, A National sleep alert Executive Summary 1.the national Commission on Sleep Disorders Research, 1-75
- [8] 日本学術会議, 睡眠学の創設と研究推進の提言, 2002
- [9] 内閣府, 国民生活に関する世論調査, 2001-2013
- [10] 松山由岐子, 快適な眠りのためのベッドとは, Core, 64(18), 1-35 (1991)
- [11] 小暮貴政, 寝具と睡眠, バイオメカニズム学会誌, 29(4), 189-193, 2005
- [12] 梁瀬度子, 睡眠学会編 睡眠学ハンドブック, 朝倉書店, 97-100, 1994
- [13] M Okamoto, et al., Effects of humid heat exposure on human sleep stages and body temperature, Sleep, 22, 767-773, 1999
- [14] T Kozaki, et al., Effect of color temperature of light sources on slow-wave sleep, Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY and Applied Human Science, 24(2), 183-186, 2005
- [15] 久野和宏, 道路騒音の生理的, 心理的影響, 騒音制御 22(6), 317-321, 1998

- [16] 名倉 光雄, 各種綿の性能に関する研究--ふとん綿の保温性に対する検討-2-, 家政学雑誌, 13(1), 25-28, 1962
- [17] 金綱 久明, 綿及びポリエチレンテレフタレート布の透湿性に及ぼす温度効果, 繊維学会誌, 49(8), 432-435, 1993
- [18] 野田 健一郎 他, 綿布の透湿性, 科学と工業 67(3), p127-133, 1993
- [19] 小原二郎, 人間工学からの発想, 講談社, 1982
- [20] 氏家幸子, 寝床の寝心地に関する一対比較法による研究, 看護科学学会, 4(2), 77-78, 1984
- [21] 工業デザイン全編集委員会, 人間工学下, 日本出版サービス, 工業デザイン全集第 6 巻, 237-251, 1988
- [22] 橋本一馬 他, 相変化材料を用いた温度調節寝具の寝心地評価に関する研究, 第 14 回感性工学会大会予稿(CD-ROM), 2013
- [23] Rechtschaffen A, Kales A, A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects, US Department of Health, Education, and Welfare Public Health Service NIH/NIND, 1968
- [24] Cole RJ, Kripke DF, Gruen W, Automatic sleep/wake identification from wrist activity. Sleep. 15, 461-469, 1992
- [25] McNair DM, Lorr M, Droppleman LF, Manual for Profile of Mood State, San Diego, Educational and Industrial Testing Service, 1971
- [26] McNair DM, Lorr M, Droppleman LF, Profile of Mood State, San Diego, Educational and Industrial Testing Service, 1992
- [27] 野田明子, 古池保雄, 睡眠ポリグラフィ, 生体医工学, 46(2), 134-143, 2008
- [28] Berger H, Archives Psychiatric Nervenkrankhen, 87, 527, 1929

- [29] 早河敏治, 太田龍郎, 睡眠障害に関する検査法, 日本臨床, 56(2), 354-360, 1998
- [30] 白川修一郎, 睡眠とメンタルヘルス 睡眠科学への理解を深める, ゆまに書房, 176, 2006
- [31] 白川修一郎, 小栗貢, 阿住一雄, 紡錘波を指標とした睡眠構造における体動の出現動態, 臨床脳波 28, 534-540, 1986
- [32] Alihanka J, Sleep movements and associated autonomic nervous activities in young male adults, Acta Physiologica Scandinavica, suppl 511, 1-85, 1982
- [33] 赤林郎, 横山和仁, 荒記俊一, POMS (感情プロフィール検査) 日本語版の臨床応用の検討, 日公衛誌, 39, 901, 1991
- [34] 横山和仁, 荒記俊一, 赤林郎, POMS (感情プロフィール検査) 日本語版による抑うつ患者の評価, 産衛誌, 39, A73-A74, 1992
- [35] 勝浦哲夫 et, al., マットレスの固さが脊柱カーブと夜間睡眠に及ぼす影響, 人間と生活環境, 21(1), 47-54, 2014
- [36] 松浦倫子, 古川嵩浩, 田中秀樹, 入眠時寝姿勢と睡眠時寝姿勢に関する検討, 日本生理人類学会誌, 10, 90-91, 2005
- [37] 灰田宗孝, NIRS (信号変化の原理と臨床応用), 脳循環代謝 17, 1-10, 2005
- [38] 三浦 哉 渡井口和豪, 静的膝屈伸時の大腿部における酸素動態, 血流量および筋放電量の特性, 日本脈管学会, 47(1), 47-51, 2007
- [39] 宮内哲, 脳を測る 一改訂 ヒトの脳機能の非侵襲的測定— 心理学評論, 56(3), 414-454, 2013

図の引用文献

- [4] NHK 放送文化研究所, 2010 年国民生活時間調査報告書, 2010
- [29] 早河敏治, 太田龍郎, 睡眠障害に関する検査法, 日本臨床, 56(2), 354-360,
1998

第 2 章

生理心理反応計測を用いたベッドマットレスの 寝心地評価

2.1 はじめに

マットレスの寝心地を考える上でマットレスの硬さ(弾性率)は重要な要素のひとつである。マットレスの性能として、硬さに関して議論されることが多いが、「反発力のある硬さが良い」、「やや硬め、やや柔らかめが良い」などその表現は曖昧である。マットレスの弾性率の違いが睡眠に及ぼす影響を調査することは、マットレス設計やマットレスを購入する際の有益な情報となる。木暮らは、弾性率の異なる2種類のマットレスに対して、Actigraphの計測による体動量から睡眠状態を推定した指標、官能検査およびOSA睡眠調査票による主観的睡眠感を指標に睡眠評価を行った[40]。その結果、弾力性の異なるマットレスが睡眠に及ぼす影響が異なるとしている。しかし、マットレスの弾性率を段階的に変化させたマットレスの寝心地を科学的に評価した研究報告は、ほとんど見当たらない。

従来のマットレスに関する研究では、圧力分布や寝姿勢の計測からマットレスを評価した研究、有限要素解析などのシミュレーションから生体内にかかる応力や寝姿勢を解析した研究などがある[41 - 43]。一方、人間の心身反応を生理心理指標から計測し、マットレスの評価を行った研究では、脳波、脈波など各種の生理量はマットレスの特性が変わってもほとんど変化しないとの報告や[44]、弾力性の高いマットレスにおいて起床時の睡眠感、寝心地評価が良好であるなどの報告があるが[45]、明確な差を見いだせていないのが現状である。また、研究数も少なく、データの蓄積は十分でない。この原因として、生体計測を伴う評価は、被験者への負担が大きいことや、実験者の労力が必要なことが考えられる。しかし、マットレスの物理的な特性が、無意識下での睡眠の状態に及ぼす影響を詳細に調べるためには、生体計測から睡眠を評価することが最も有効な手

段である。生理指標に基づく寝心地に関する基礎的なデータを蓄積し、心理指標と合わせて評価することは急務である。

そこで、本研究では形状および構造が同一で、弾性率のみが段階的に異なるマットレスを実験試料として、寝心地評価実験を行った。本章の目的は弾性率の異なるマットレスが睡眠に及ぼす影響を心身の反応から生理心理的に検証し、マットレスの寝心地評価法の検討を行うことである。

本章は、以下の計測を行い、寝心地を評価した。寝具の硬さが寝心地に影響する要因と仮定しているため、マットレスの物理特性として弾性率を計測した。マットレスの硬さの違いが仰臥位姿勢に与える基礎的なデータとして仰臥位の形状をスライドゲージ法によって計測した。硬さが異なるマットレスが終夜睡眠時の生理反応に与える影響を PSG によって評価した。睡眠による気分の変化を睡眠前後に実施した POMS によって評価した。

寝具の物理特性計測および心身反応計測を用いて寝心地を評価し、寝心地に影響を与える要因を検討した。各計測から得られた結果を用いて得た知見について述べる。

2.2 被験者

人がマットレスから感じる寝心地は、性別、年齢、体型などにより異なることが予想される。そこで、本研究の被験者は BMI 値を基準にして標準的な体型（BMI 値が 18.5 - 25）の男性に限定した。被験者は心身ともに健康で、睡眠障害のない男子大学生 13 名であった。表 2.1 に詳細な被験者のデータを示す。被験者には実験開始前のコーヒー、アルコール等の飲用、過度の運動を避けるように事前教示した。なお、被験者には、実験前日までに実験の概要を十分に説明し、実験への参加と得られたデータを分析に用いることの同意を書面で得た。

表 2. 1 被験者データ

被験者数	13
身長 (cm)	170.4 ± 4.8
体重 (kgf)	60.1 ± 4.9
BMI*	20.7 ± 1.5

※BMI：Body Mass Index（ボディ・マス・インデックス）の略
体重(kgf)/身長²(m)で算出される体格指数。肥満度を測るための国際的な指標。

18.5 - 25 が標準とされている。

2.3 実験環境と試料

本章は形状および構造が同一で、弾性率のみが段階的に異なるマットレスを実験試料として、寝心地評価実験を行った。本節では実験に用いた試料の物理的な特性と、異なる硬さを持つマットレスに横たわった際の仰臥位形状の違いについて述べる。

本研究で用いた、マットレスのサイズは一般的に販売されているセミダブルサイズを用いた。マットレスはコイル状のスプリングを圧縮して不織布の袋に詰めたもの（ポケットコイル）が並列に敷き詰められた構造をしている。コイルスプリングの線形や巻き数を変えることで、弾性率の異なるマットレスを設計することが可能である。本研究では、4種類の弾性率のマットレスを用いた。図2.1に各マットレスのポケットコイルにかかる荷重と変位の関係を示す。また、各マットレスのポケットコイルの仕様を表2.2に示す。本章では、弾性率の異なる4種のマットレスを弾性率の高い順に、A140, B100, C088, D072と表記する。

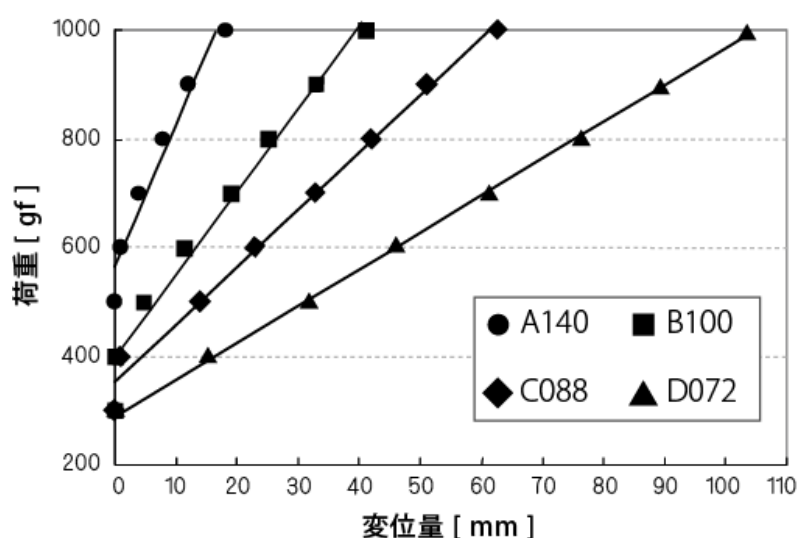


図 2. 1 各マットレスのポケットコイルにかかる荷重と変位の関係

表 2. 2 各マットレスのコイルの仕様

試料	バネ定数 (kgf/mm)	線径 (mm)	巻数 (回)	コイル直径 (mm)
A140	0.0140	2.1	5	59
B100	0.0100	1.9	5	59
C088	0.0088	1.7	4	59
D072	0.0072	1.6	5	59

マットレスの弾性率の違いは寝姿勢に影響を与え、寝心地の差につながると考えられる。したがって、マットレスの寝心地の評価を行う上で、被験者の寝姿勢を捉えておくことは重要である。

入眠時と睡眠中に最も多く見られる姿勢は仰臥位であるため[46]、各試料において仰臥位で寝ている際の人体の正中矢状面における背側形状（寝姿勢曲線）をスライドゲージ法で測定し、各マットレス試料での寝姿勢曲線の違いを確認した。図 2.2 に弾性率の異なる 4 種類のマットレスに仰臥姿勢で横たわった際の寝姿勢曲線を示す。体や性別による影響を考慮し、被験者は BMI を基に標準的な体型をした男子大学生 7 名（身長 168 ± 5 cm, 体重 60.8 ± 6.0 kg）とした。被験者が 7 名とした理由は、先に 7 名で睡眠実験および背形状計測を行い、後に睡眠実験の被験者を追加したためである。各試料間で寝姿勢曲線に違いが確認された。沈み込み量は弾性率の低いマットレスほど大きく、特に腰部から臀部での変位が大きい。

マットレス以外の寝具は、ベッドパッド（側生地：綿 100%，中綿：ポリエステル 100%）、シーツ（綿 100%）、タオルケット（綿 100%）、枕（側生地：綿 75%ポリエステル 25%，中綿：ポリエステル 100%）を使用した。

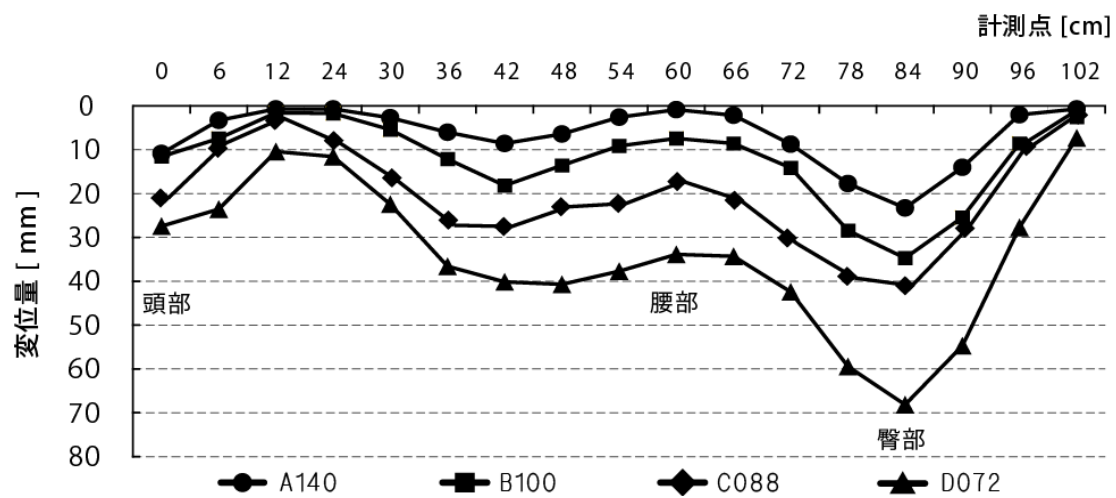


図 2. 2 各試料における寝姿勢曲線 (N=7)

2.4 計測項目と解析方法

2.4.1 生理反応による睡眠状態の推定

PSG によって生理反応の記録を行った。PSG は EEG と EOG と EMG を計測し、睡眠を評価する方法である。EEG は、国際 10-20 点法(ten-twenty electrode system)にしたがって C3, C4, 左右耳朶 A1, A2 を基準部位とする単極導出法で記録した。EOG は左右水平方向の眼球運動を、左眼角外 1cm 斜上方、右眼角外 1cm 斜下方に装着した電極と左右耳朶 A1, A2 を基準部位とした単極導出法で記録した。EMG は、オトガイ筋上に 2 個の電極を 3 - 4cm 離して装着し、双極誘導で記録した。ボディアースは、鎖骨付近とした。図 2.3 に電極装着部位を示す。EEG, EOG および EMG の計測に使用した電極は皿形生体電極 (ACT 生体電極(AU*1) AC-P102, デジテックス研究所社製)に生体信号測定用ペースト(Elefix, NIHON KOHDEN 社製)を塗付したものを使用した。電極のはがれを防ぐために、電極の上から伸縮性のある粘着包帯(粘着性布伸縮包帯 セラポア®テープ, NICHIBAN 社製)で貼り付けた。生体信号は生体アンプ (POLYMATE AP1132 TEAC 社製)で増幅し、サンプリング周波数 500Hz で A/D 変換してコンピュータ(PC)に記録した。

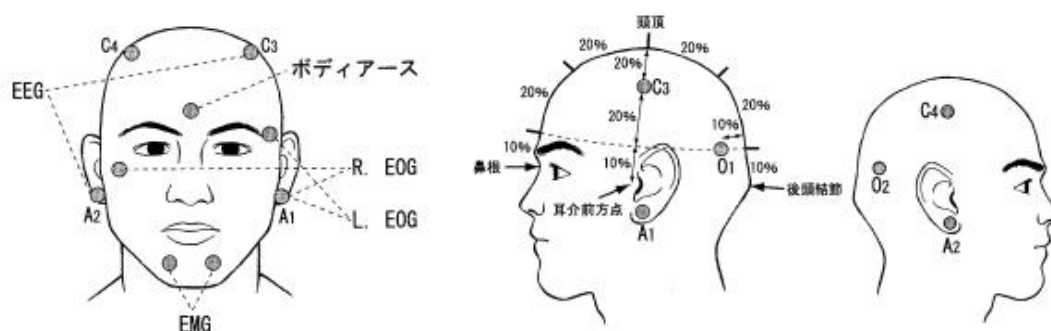


図 2. 3 電極装着部位 ([47]より引用, ・ 一部改変)

PSG により記録したデータから、睡眠の深さを示す睡眠段階の判定を行った。成人の睡眠はレム睡眠とノンレム睡眠がおおよそ 90 分の周期で変化するとされている。睡眠時間の中で、一番初めの周期が最も深い深度になり、被験者間のばらつきが小さいことや、入床から睡眠にいたるまでの睡眠初期の状態が一晩の睡眠に大きく影響を及ぼすと考えられたため、解析区間は実験開始から睡眠の 2 周期の 3 時間とした。

睡眠段階は、各脳波出現割合、振幅、眼球運動、オトガイ筋活動により総合的に判定される。睡眠深度の判定は Rechtshaffen & kales の国際判定基準[48]に従い、睡眠脳波解析ソフト(Sleep Sign Ver2 キッセイコムテック社製)を用いて 30 秒ごとの睡眠段階を判定した。睡眠段階は STAGE W (MT も含む) , STAGE REM, STAGE 1 - STAGE 4 までの 6 段階で判定した(表 2.3 参照)。判定結果から、解析区間での睡眠効率、各睡眠段階の出現率、平均睡眠深度を求め各試料間での比較を行った。睡眠効率、各睡眠段階出現率は従来多くの睡眠評価で使用されている解析手法であり、平均睡眠深度は独自に考案した評価指標である。

表 2. 3 睡眠深度の内訳

判定される睡眠段階	睡眠状態
STAGE W (MTを含む)	覚醒
STAGE REM	レム睡眠
STAGE 1	ノンレム睡眠
STAGE 2	
STAGE 3	
STAGE 4	

睡眠効率とはレム睡眠とノンレム睡眠と判定されたデータが、全データに占める割合として式(1)で求められる。睡眠効率とは、床に入っている時間に対して実際に眠っている時間の割合のことである。睡眠中に中途覚醒があると睡眠効率は低値となる。

$$\text{睡眠効率 (\%)} = \frac{T_{\text{REM}} + T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{T_{\text{Total}}} \times 100 \quad \dots (1)$$

ここで、 $T_{\text{REM} . 1 . 2 . 3 . 4}$ は解析区間に出現した睡眠段階の時間を示す。各睡眠段階の出現率について、例えば、STAGE W の睡眠段階出現率の算出方法は、解析区間中で STAGE W と判定されたデータが全データに占める割合として式(2)で求められる。この他の睡眠深度における睡眠段階の出現率も同様の計算で求められる。

$$\text{STAGE Wの睡眠段階出現率 (\%)} = \frac{T_w}{T_{\text{Total}}} \times 100 \quad \dots (2)$$

ここで T_{Total} は全睡眠時間を、 T_w は解析区間に出現した睡眠段階の時間を示す。また、各睡眠段階出現率は各段階を足すと式(3)のように 100 となる。

$$\frac{T_w + T_{\text{REM}} + T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{T_{\text{Total}}} \times 100 = 100(\%) \quad \dots (3)$$

ここで T_{Total} は全睡眠時間を示す。

平均睡眠深度は単位時間当たりの睡眠の深さを示す指標と定義した。平均睡眠深度は睡眠深度の時間推移をアナログ信号関数とみなし、平均値方式の考え方を基にした解析方法である。振幅の強度を平均して、単位時間あたりの睡眠の深さの大きさを表す指標として考案した。この解析方法の特徴は睡眠の深さを単位時間当たりの代表値を 1 つに設定し、睡眠の深さを客観的に比較できる点である。

平均睡眠深度は、解析区間中に現れた睡眠深度を示す睡眠段階の経時データについて、STAGE W(MT も含む)は 0, STAGE REM は 0.5, STAGE 1 は 1, STAGE 2 は 2, STAGE 3 は 3, STAGE 4 は 4 とそれぞれ値付けし、次に示す式 (4)を用いて算出した。

$$\text{平均睡眠深度} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad \dots (4)$$

ここで N は解析区間の全データ数 (3 時間の場合 N=360), x_i は出現した睡眠段階を示す。REM 睡眠時中は脳が活動し、身体が休息している半覚醒状態であるため 0.5 とした[49]。この指標は求めた値が大きい程、深い睡眠が多くとれた睡眠状態であったことを示す。

睡眠深度の時系列データと時系列データから 1 時間区間で平均睡眠深度を算出した例を図 2.4 に示す。例えば、1 時間単位で睡眠の深さを比較した際、左図では深さの比較を行えないが、右図のように平均睡眠深度を算出することで、客観的に各単位の睡眠状態を比較することができる。

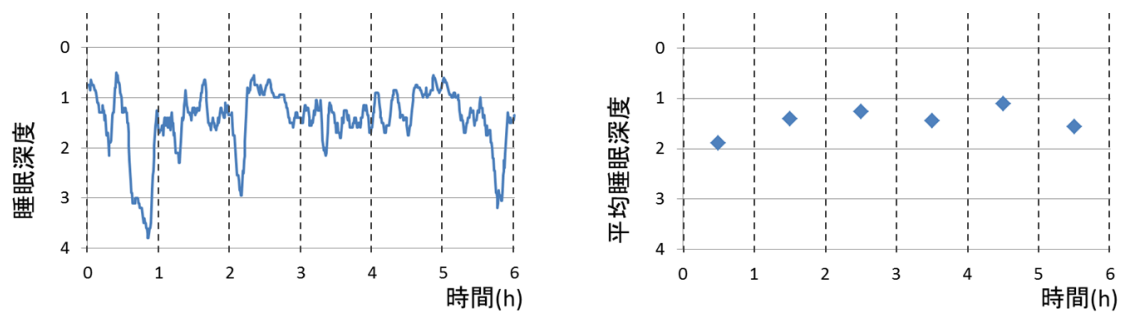


図 2. 4 平均睡眠深度の例(左図：時系列，右図：平均睡眠深度)

睡眠効率・各睡眠段階出現率・平均睡眠深度の解析区間は実験開始から 3 時間とした。得られたデータの解析は表計算ソフト(Microsoft® Excel Microsoft 社製)を，統計解析には統計解析ソフト(Excel 統計 2010 社会情報サービス社製)を使用した。

2.4.2 気分調査

異なる寝具で一晩寝た際の被験者の気分や感情を、睡眠前後に実施した POMS の変化から調査した。POMS は睡眠前・睡眠後の 2 回実施し、気分の変化を評価した。POMS は 65 項目からなるアンケートである。そのうち 7 項目はダミー項目となっており、ダミー項目を除く 58 項目を用いて気分を評価する。アンケート項目は 6 つの気分尺度（緊張－不安・抑うつ－落ち込み・怒り－敵意・活気・疲労・混乱）に割り振られており、尺度ごとに構成項目の得点を合計する。尺度ごとに求めた構成項目の得点を素得点と呼び、標準化得点(T 得点)に変換することで評価が容易になる。気分尺度は活気を除く 5 つの因子（緊張－不安・抑うつ－落ち込み・怒り－敵意・疲労・混乱）を陰性因子、活気を陽性因子としている。

本章は、睡眠前後に実施した POMS から得られた結果を用いて、各試料の睡眠による気分の評価を行った。解析は、項目ごとに構成項目の得点を合計し素得点を算出した。そして素得点を用いて各気分尺度の T 得点を算出した。また、総合的な気分の状態を示す指標として TMD 得点を用いた。TMD 得点の算出は Schacham の方法[50]により、活気を除く 5 つの陰性因子の合計点から陽性因子である活気得点を引き、100 を加えた数値とした。T 得点と TMD 得点を睡眠前後でそれぞれ算出した。睡眠前後で算出した各得点の変化から、睡眠による気分改善効果を検証し、各試料間での比較を行った。陰性因子は睡眠後の得点が睡眠前の得点に比べ減少、陽性因子は睡眠後の得点が睡眠前の得点に比べ増加した際に気分の改善とみなすことができる。TMD 得点は睡眠後の得点が睡眠前の得点に比べ減少した際に、気分が改善したとみなすことができる。

2.5 実験手順

実験は、出来る限り被験者の通常就寝・起床時刻に合わせ、温熱的に快適と感じられる温度 25℃湿度 50%RH に設定された恒温恒湿室で行った。睡眠時刻は 23 時から 25 時の間であった。被験者は、就寝時間の 1 時間前に実験室に入室し、実験の概要を被験者に説明した後、PSG 用の電極の装着、睡眠前調査、睡眠前の気分を調査するための気分調査（POMS）を行った。その後、実験試料であるマットレスに仰臥位の状態で横になってもらい、電極のリード線を計測器に接続した。電極の接触抵抗は 5k Ω 以下にするようにし、生理信号の導出の確認を行うために、被験者に以下に示す項目を指示し、各生理指標の記録状態の確認を行った[51]。

- 1) 仰向けになってリラックスして下さい。（脳波を確認）
- 2) 目を開けたまま左, 右, 左, 右, 前を見て下さい。次に, 下, 上, 下, 上, 前を見て下さい。まばたきをはっきりとして下さい。（脳波, 眼電図波形を確認）
- 3) 歯を噛み締めて下さい。口を動かして下さい。（筋電図波形を確認）

生理信号の導出確認後に、消灯し実験を開始した。実験終了は実験室の照明を点灯させ被験者が覚醒し、マットレスから起き上がった時点とした。その後電極をはずし、起床後に気分調査（POMS）を行った。順序効果を考慮し、試料の提示順をランダムとした。被験者 1 人につき、1 種のマットレスで 2 回実験を行った。得られたデータに関して、1 被験者の平均値を代表値とした。統計は、PSG に関して 1 名のデータが取得できなかったため、N=12 に関して、POMS は N=13 に関してノンパラメトリック検定を行った。

2.6 結果

2.6.1 生理反応による睡眠状態の推定

判定された睡眠段階の結果より、実験開始から 3 時間の睡眠効率および平均睡眠深度を求めた。各試料における、睡眠効率の結果を図 2.5 に、平均睡眠深度の結果を図 2.6 に示す。図 2.5 から、弾性率が異なるマットレス試料において睡眠効率は約 90 - 95% の範囲内であった。図 2.6 から、高い弾性率の順番で平均睡眠深度が高値であった。

弾性率と睡眠変数（睡眠効率および平均睡眠深度）の対応を図 2.7 に示す。図 2.7 の第 1 軸は平均睡眠深度を、第 2 軸は睡眠効率を示す。睡眠変数と弾性率に関して無相関検定を行った結果、平均睡眠深度と弾性率の間に有意な相関 ($r=0.98$, $p<0.05$) がみられた。睡眠効率と弾性率に傾向はみられなかった。平均睡眠深度と弾性率の結果から、試料 A140, B100, C088, D072 の順で平均睡眠深度が高い結果となり、弾性率の高い試料順に睡眠が深い傾向がみられた。弾性率の高い試料ほど、睡眠中に深い睡眠段階が多く現れ、被験者がより深い睡眠状態にあったと推察される。硬さによる睡眠状態への影響は睡眠状態の睡眠効率（睡眠時間）に現れるのではなく、平均睡眠深度（睡眠の深さ）に現れる可能性が示唆された。

判定された睡眠段階の結果より、実験開始から 3 時間の各睡眠段階出現率を求めた。各試料における、各睡眠段階出現率を図 2.8 に示す。STAGE W, STAGE REM, STAGE 1, STAGE 2 の出現率は、試料間であまり差はみられなかったが、深い睡眠段階である STAGE 3, STAGE 4, 深睡眠の出現率は A140, B100, C088, D072 の順で高い結果となり、平均睡眠深度と同様に弾性率の高い試料から深い睡眠段階の出現率が高い傾向がみられた。

平均睡眠深度、各睡眠段階出現率について、クラスカル・ウォリス検定および Steel-Dwass 法を用いて多重比較検定を行なったが、各試料間で統計的に有意な差はみられなかった。

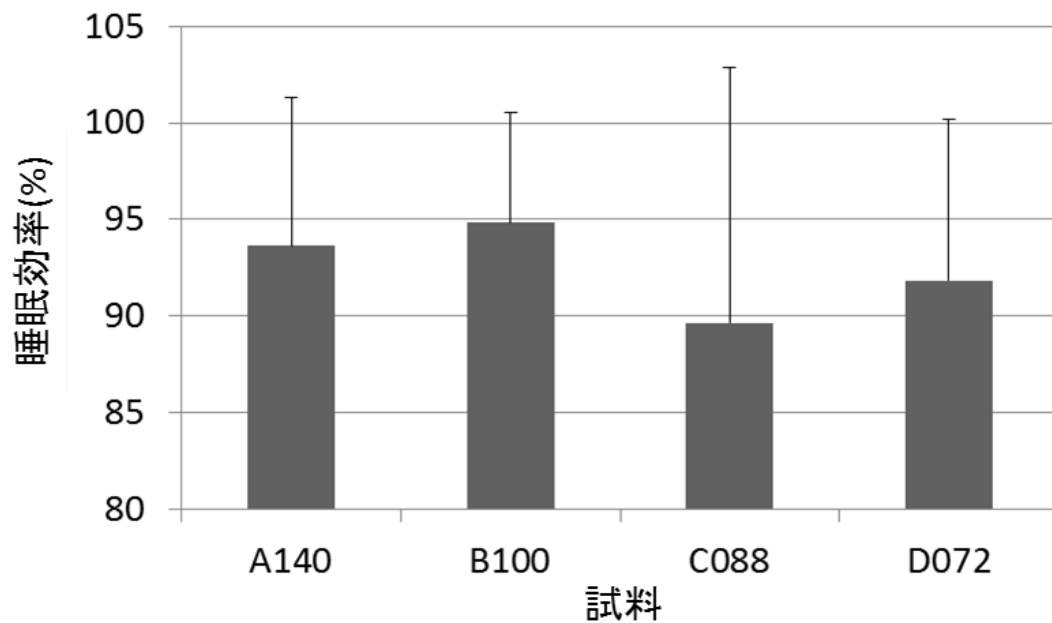


図 2. 5 各試料における睡眠効率 (N=12)

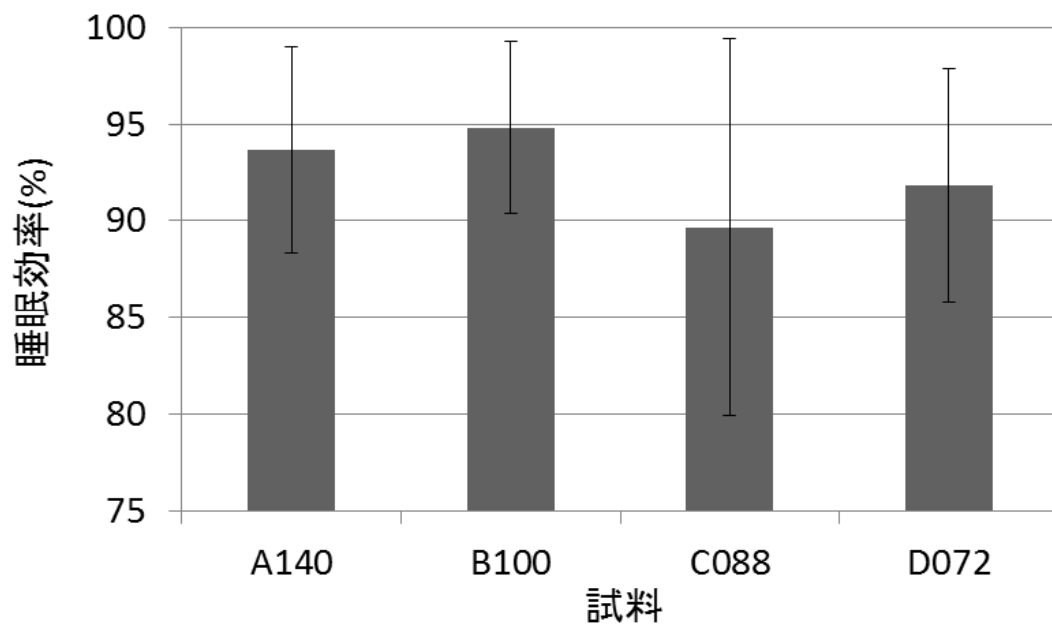


図 2. 6 各試料における平均睡眠深度 (N=12)

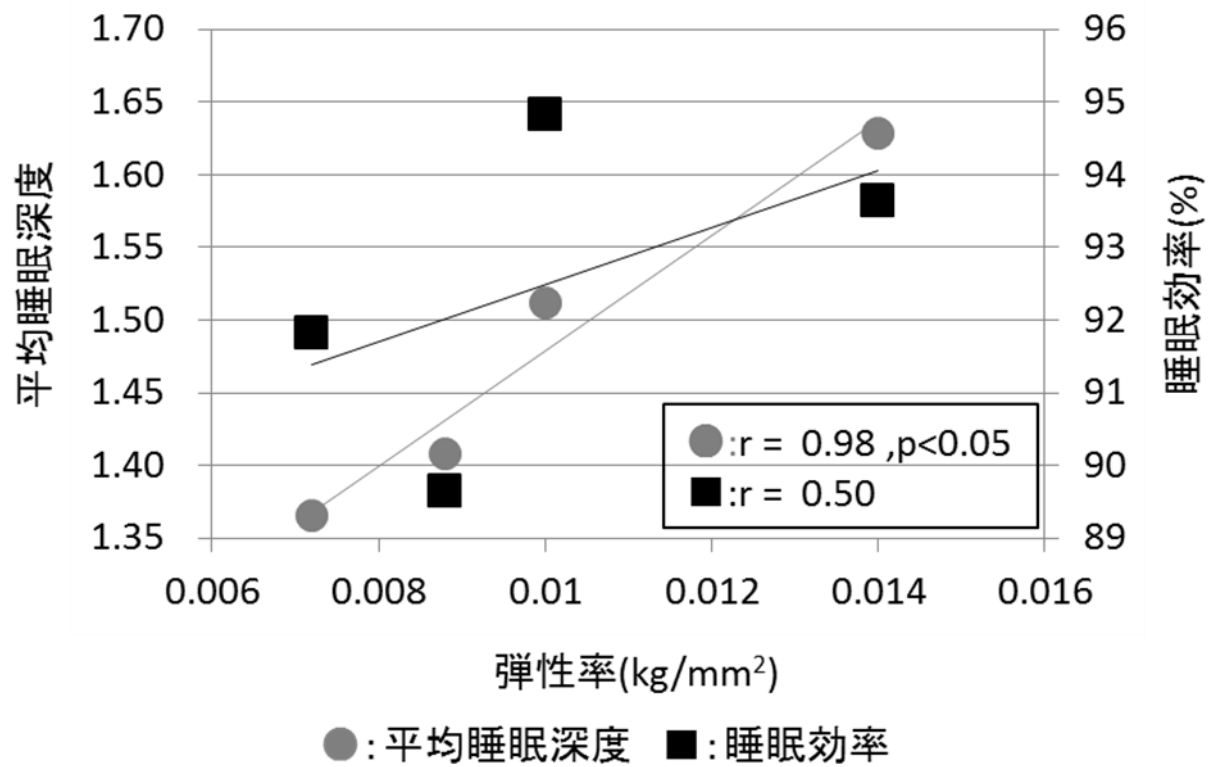


図 2. 7 弾性率と睡眠変数の対応

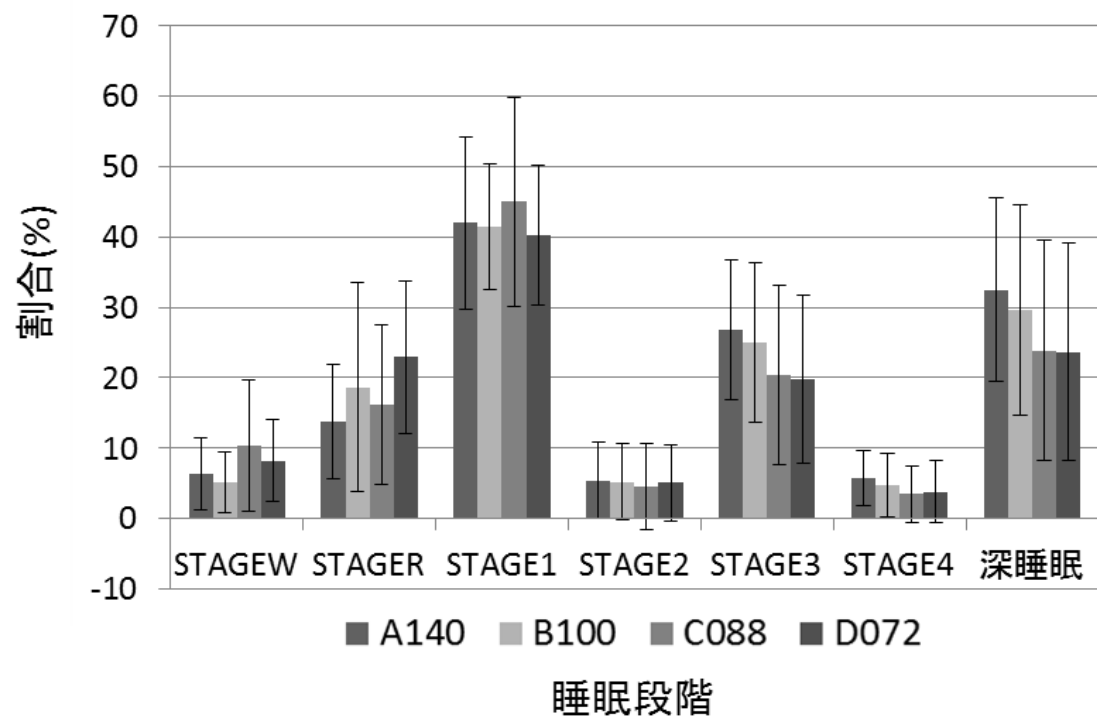


図 2. 8 各試料における睡眠段階割合 (N=12)

2.6.2 気分調査

睡眠前後の POMS の成績を試料ごとに図 2.9 - 図 2.12 に示す。差の検定にはウィルコクソンの順位和検定を用いた。図 2.9 - 図 2.12 から、D072 を除く全ての試料において、陰性因子である緊張、抑うつ、怒り、疲労、混乱の得点が睡眠前に比べ睡眠後に低下する傾向がみられ、試料 A140 ではすべての陰性因子で、試料 B100 では緊張、抑うつ、怒り、疲労の 4 因子、試料 C088 では抑うつ、怒りの 2 因子の得点が有意に低下した。陽性因子である活気は、試料 A140, B100 では睡眠前に比べ上昇したが、試料 C088, D072 では低下した。

各試料における睡眠前後の各因子の T 得点の差を図 2.13 に示す。活気因子と疲労因子で、A140, B100, C088, D072 の順に得点が上昇、または低下した。クラスカル・ウォリス検定および Steel-Dwass 法による多重比較を行った結果、疲労因子において試料 A140 と D072、試料 B100 と D072 間に有意な差がみられた。

図 2.14 に各試料における睡眠前後の TMD 得点を示す。差の検定にはウィルコクソンの順位和検定を用いた。試料 A140, B100 において睡眠前に比べ睡眠後の TMD 得点がより低下し、有意な差がみられた。

上述の結果から、弾性率の高い試料ほど起床後の気分が改善された傾向にあったと推察される。

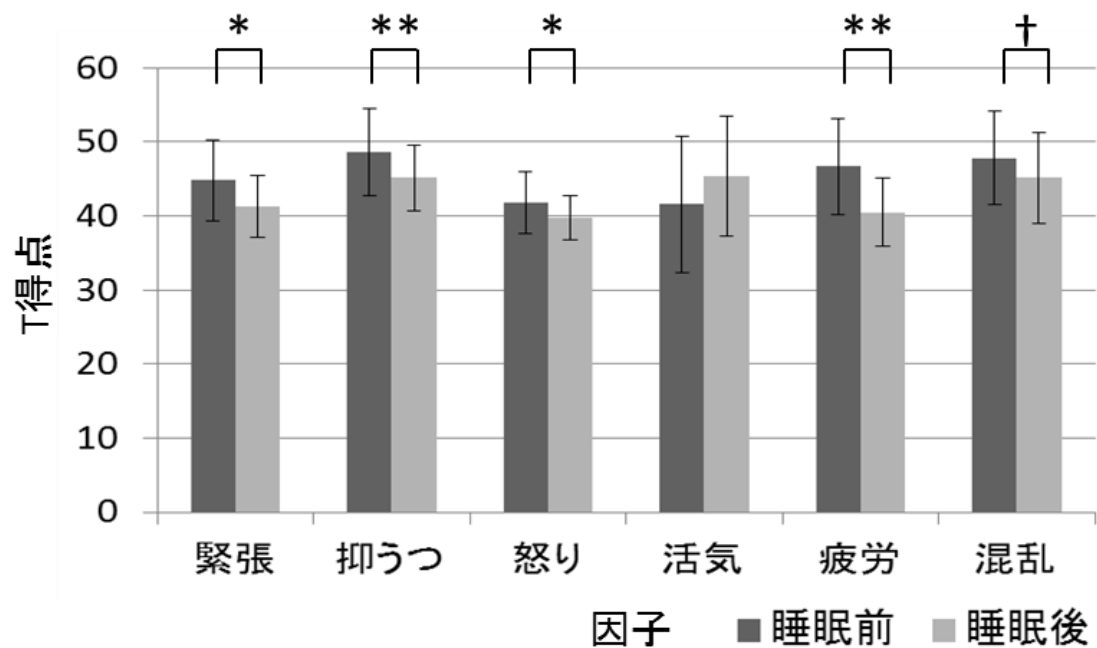


図 2. 9 A140 の睡眠前後の各因子の結果 (N=13)
 (**: $p<0.01$, *: $p<0.05$, †: $p<0.10$)

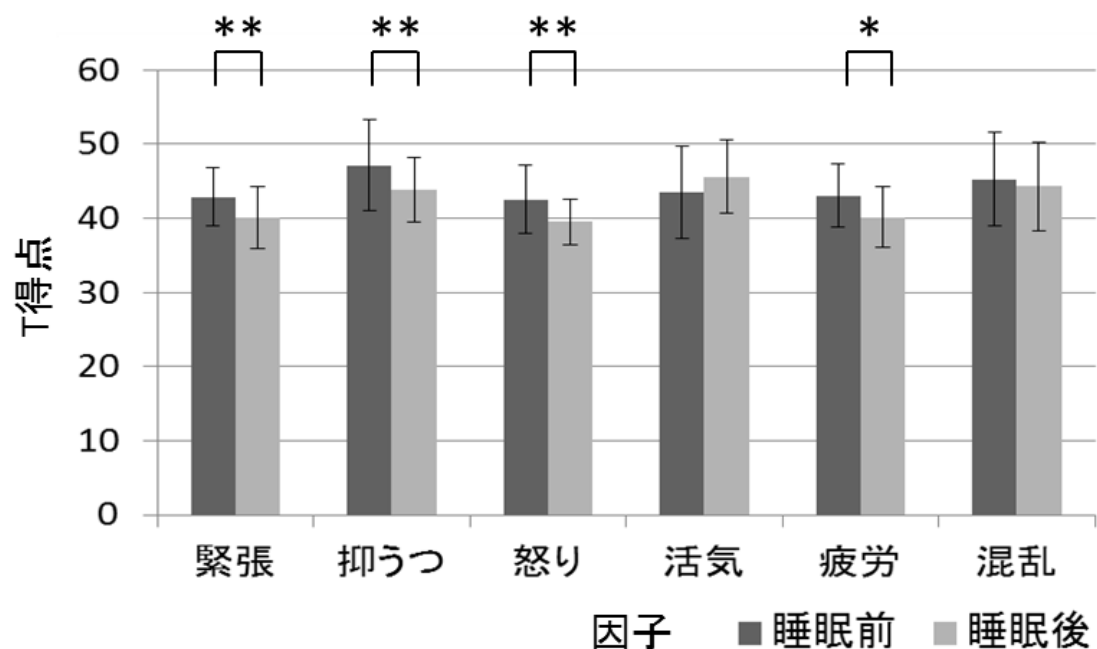


図 2. 10 B100 の睡眠前後の各因子の結果 (N=13) (**: $p<0.01$, *: $p<0.05$)

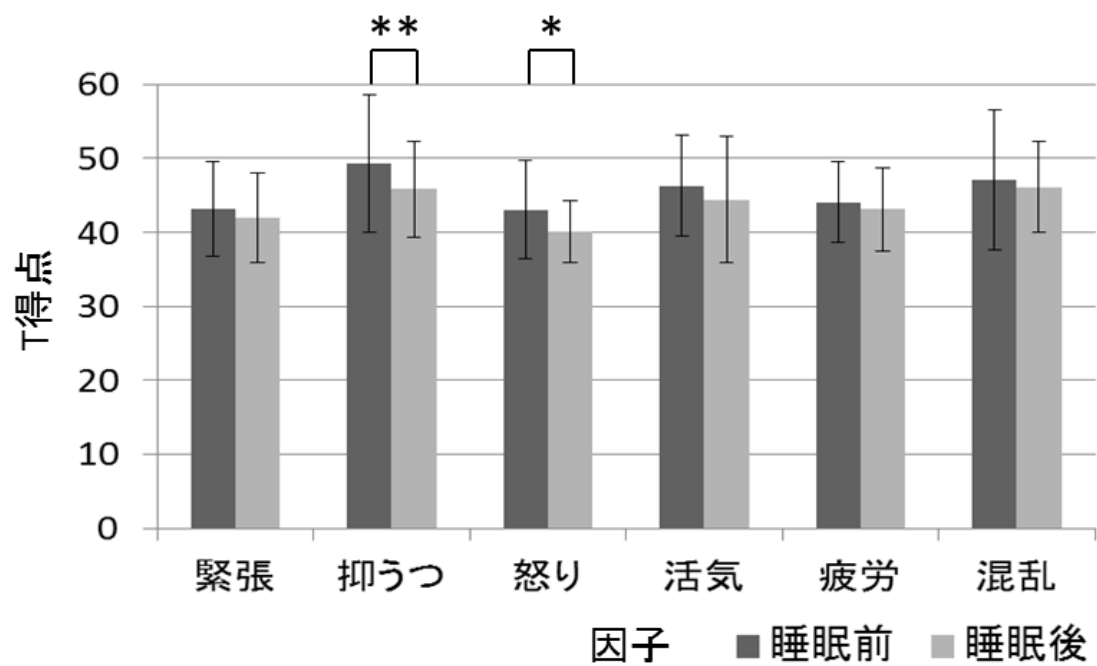


図 2. 11 C088 の睡眠前後の各因子の結果 (N=13) (**: $p<0.01$, *: $p<0.05$)

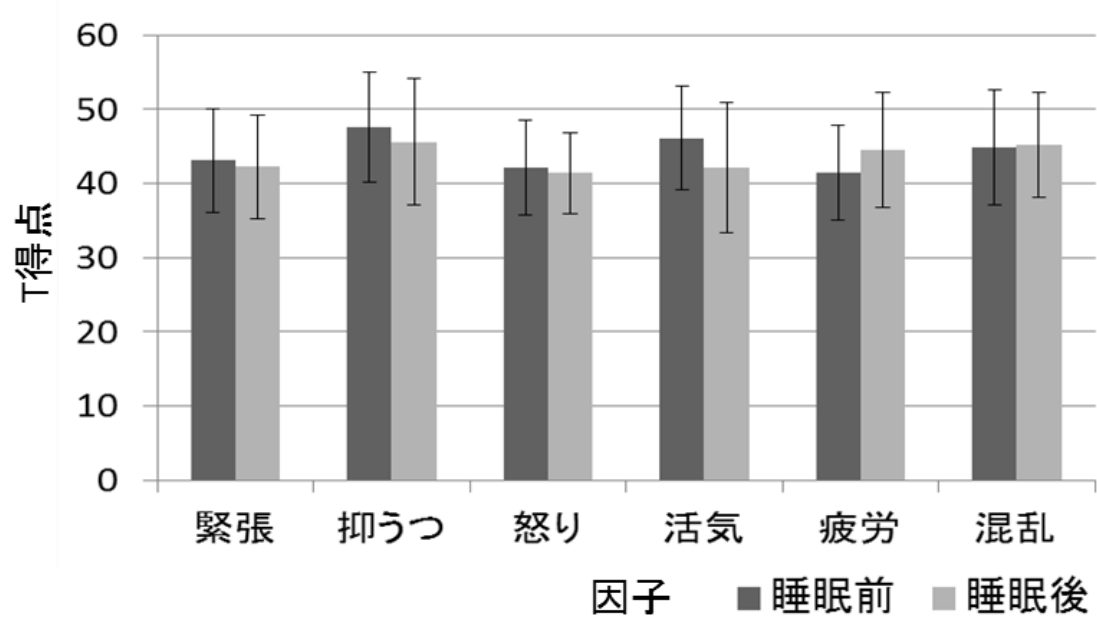


図 2. 12 D072 の睡眠前後の各因子の結果 (N=13)

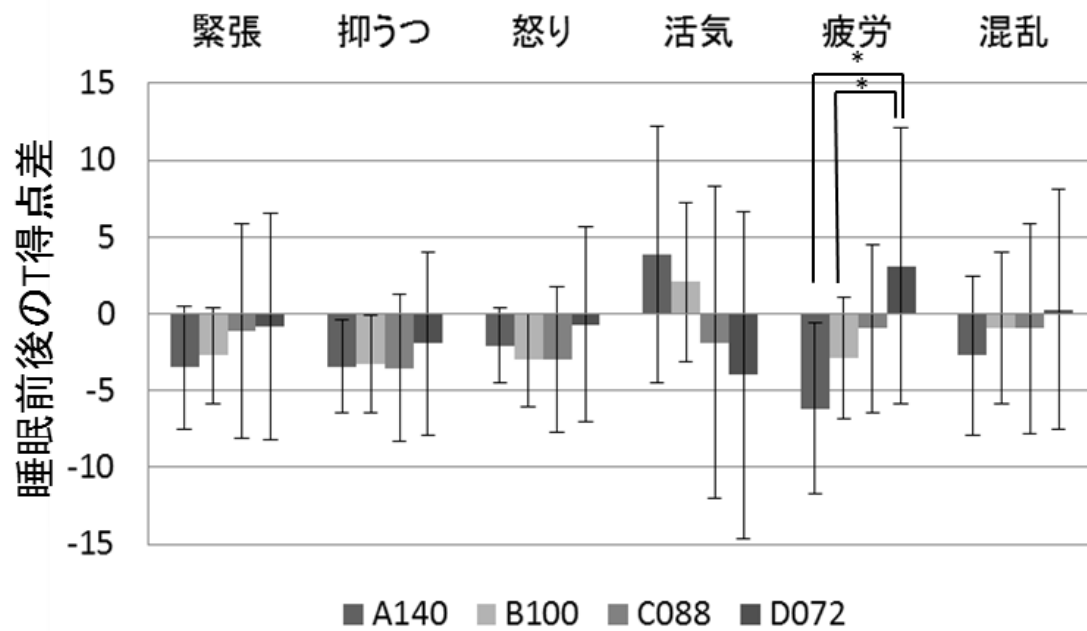


図 2. 13 各試料の睡眠前後の T 得点差 (N=13) (**: $p<0.01$, *: $p<0.05$)

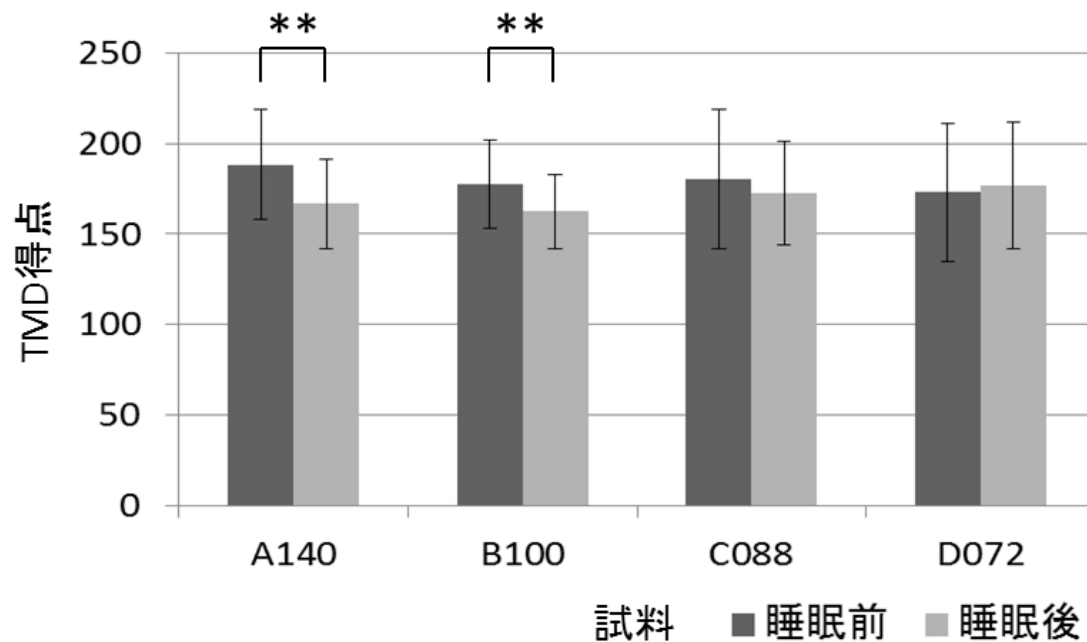


図 2. 14 各試料の睡眠前後の TMD 得点の結果 (N=13) (**: $p<0.01$, *: $p<0.05$)

2.7 考察

睡眠効率と平均睡眠深度において算出方法が異なることで、弾性率による傾向に差がみられた。この原因として、成人男性は中高年や老年に比べて良く眠れるといわれている[52]。また、温熱的に快適な環境であり、被験者が睡眠障害のない成人男性であったことから、マットレスの影響による中途覚醒が生じなかったことが考えられる。その結果、睡眠効率に傾向がみられなかったことが考えられる。一方、平均睡眠深度において傾向に違いがみられた理由として、標準体型の成人男性は高弾性のマットレスで深い睡眠がとれたことが考えられる。高弾性率のマットレスで生理心理反応が良くなることから、マットレスの硬さの影響は睡眠効率(睡眠時間)ではなく、平均睡眠深度(睡眠の深さ)に現れる可能性がある。そのため、寝具の寝心地を評価する際は、どれだけ眠れたかの睡眠時間だけでなく、睡眠の深さを客観的に評価する必要があると考えられる。平均睡眠深度によって客観的に睡眠の深さを評価できることから、マットレスの影響による睡眠状態を客観的に評価できる可能性がある。

平均睡眠深度と睡眠段階出現率の結果から、弾性率の高い試料の順番（A140＞B100＞C088＞D072）で平均睡眠深度と深い睡眠段階の出現率が高い傾向が確認された。したがって、弾性率の高い試料ほど、睡眠中に深い睡眠段階が多く現れ、被験者がより深い睡眠状態にあったと推察される。

POMS の結果から、各試料での陰性因子の得点は、睡眠前に比べて睡眠後に低下する傾向がみられた。これは、睡眠をとることによって心身が回復し、睡眠後の気分が良好であったことを示している。試料間の比較では、試料 A140, B100 において陰性因子の得点が、睡眠前よりも有意に低下した項目が多く、陽性因子である活気の得点は上昇した。また、総合的な気分の状態を示す TMD 得

点においても、試料 A140, B100 で睡眠後の得点がより低い値を示した。このことから、試料 A140, B100 での睡眠がより気分の改善を促したと示唆される。さらに、睡眠前後の得点の差からは、弾性率の高い順（A140＞B100＞C088＞D072）に睡眠後の疲労が低下し、活気が上昇することが確認された。弾性率の高い試料ほど睡眠後の気分が良好となり、気分の改善効果が大きいと考えられる。以上のことから、男性標準体型の被験者においては、弾性率の高いマットレスでの睡眠状態が良好であり、睡眠後の気分改善効果も大きいという評価になった。

ノンレム睡眠には、日常生活での不安な事象やストレスなどの不必要な記憶の強度を減少させ、消去する働きがあるとされている[53]。弾性率の高いマットレスでは、ノンレム睡眠である深い睡眠段階の出現率が高かった。よって、ノンレム睡眠の働きが十分に発揮され、日常生活での不安な事象やストレスなどが睡眠により解消されたため、POMS での陰性因子の得点がより低下したと考えられる。一方、弾性率の低いマットレスではノンレム睡眠の効果が十分でなかったと考えられる。また、睡眠時の寝心地に影響を与える要素の一つに体動が挙げられる。小野らによると、マットレスの弾性率が低いほど、寝返り動作時の下腿の体動に影響し、動きを抑制する可能性を報告している[54]。このことから、腰部から臀部の沈み込みの大きい低弾性率のマットレス(C088 や D072)は、寝返りなどの動作に影響を与えたことが考えられる。健常成人の寝返り動作は、骨盤帯から動作が始まり、下肢の動きが先行して寝返る方法が最も多いとされている[55]。また、骨盤帯から寝返る方法、肩甲骨帯から寝返る方法、上肢の振りのみで寝返る方法では、上肢の振りのみの寝返りは、両側大胸筋の活動量が他の2パターンに比べ有意に上昇するとの報告がある[56]。したがって、寝返り動作には骨盤帯と下肢の動きが重要であり、運動力学的にも効率が良いと考えられる。本

実験に用いた弾性率の異なるマットレスでの被験者の寝姿勢は、弾性率が低いマットレスほど、その沈み込み量が大きく、特に試料 C088, D072 において腰部から臀部にかけての沈み込みが大きかった。腰部での沈み込みが大きいと、骨盤帯の回転と下肢の動きに負担が生じ、寝返りがしにくくなると考えられる。寝返り動作は睡眠中の血液循環や寝床内気候を調節する役割があるとされているため、寝返りが適切に行えない場合、睡眠に悪影響を及ぼし睡眠が阻害される可能性が考えられる。

2.8 まとめ

弾性率の異なるマットレスは、睡眠中の睡眠の深さ、睡眠後の気分に影響を及ぼすことが確認され、弾性率の違いは寝心地に影響することが明らかになった。特に高弾性のマットレスの寝心地が良好であった。

本研究で用いた睡眠前、睡眠後の覚醒状態での心理状態と、睡眠中の無意識下での生理状態を評価する手法によりマットレスの寝心地を客観的に評価できることが示された。特に従来の睡眠効率では弾性率の違いによる睡眠状態の違いを明確にすることができなかったが、平均睡眠深度という睡眠の深さを評価する指標を提案することで、マットレスの硬さによる睡眠状態の違いを明確にした。高弾性のマットレスで心身反応がよくなることから、マットレスの弾性率は寝心地に影響を与える要因の一つであることを示した。

以上の結果から、著者が提唱した平均睡眠深度は、均一な弾性率を有するマットレスを評価するための有用な指標となる可能性がある。また、POMS による気分調査は活気や疲労の因子に弾性率の違いがみられた。そのため、睡眠による気分改善効果を POMS によって評価できる可能性を得た。

参考文献

- [40] 木暮貴政, 西村泰昭, 西村章, 入眠姿勢での寝心地が睡眠に及ぼす影響, 日本生理人類学会誌, 12, 7-12, 2007
- [41] 青木詩恵, 貝谷敏子, 只浦寛子, マットレスの違いによる体圧分散効果と寝心地, 宮城大学看護学部紀要, 10(1), 63-71, 2007
- [42] H Yoshida, et al, A Study to Investigate the Sleeping Comfort of Mattress using Finite Element Method, Kansei Engineering International Journal; 11(3), 155-162, 2012.
- [43] 堀場洋輔, 乾滋, 上條正義, 吉田宏昭, 清水義雄, 有限要素法による寝姿勢の予測, 繊維学会予稿集, 64(1), 220, 2009
- [44] 小原二郎, 暮らしの中の人間工学, 実教出版, 147-216, 1971
- [45] 木暮貴政, マットレスの弾力性が睡眠感に及ぼす影響, 日本生理人類学会誌, 10(2), 154-155, 2005
- [46] 松浦倫子, 古川嵩浩, 田中秀樹, 入眠時寝姿勢と睡眠時寝姿勢に関する検討, 日本生理人類学会誌, 10, 90-91, 2005
- [47] 野田明子, 古池保雄, 睡眠ポリグラフィ, 生体医工学, 46(2), 134-143, 2008
- [48] Rechtschaffen A, Kales A, A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects, US Department of Health, Education, and Welfare Public Health Service NIH/NIND, 1968
- [49] 井上昌次郎, ヒトや動物はなぜ眠るのか, バイオメカニズム学会誌, 29 (4), 181-184, 2005
- [50] Schacham, S.A.shorten version of the profile of mood states, J.Personal

Assess., 47, 305-306, 1983

- [51] ASDA, EEG, scoring rules and example, a preliminary report from the Sleep Disorders Atlas Task Force of the American Sleep Disorders Association, *Sleep*, 151, 173-184, 1992
- [52] 日本睡眠学会編集, 睡眠学 2・3 終夜睡眠経過, 朝倉書店, 26, 2009
- [53] 白川修一郎, 睡眠とメンタルヘルス 睡眠科学への理解を深める, ゆまに書房, 293-308, 2006
- [54] Y Ono, et al, Sleeping Comfort Evaluation of Bed Mattresses Based on Polysomnography (PSG) and Motion Analysis During Sleep, International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research2010 (proceedings), 443-450, 2010
- [55] 角博行, 健常成人の寝返り動作における検討, 理学療法学, 22, 455, 1995
- [56] 田中幸子, 健常寝返りにおける 3 次元動作解析, 日本職業・災害医学会会, 52, 224-230, 2004

第 3 章

区分ごとに弾性率の異なるベッドマットレスの 寝心地評価

3.1 はじめに

第 2 章では段階的に弾性率を変えたマットレスを用いて、寝心地評価を行った。第 2 章の結果、高弾性を有するマットレスほど寝心地が良くなる傾向がみられた。より寝心地を向上させる方法として本章は、区分ごとに弾性率を変えたマットレスに着目した。人は仰臥位になったとき、身体部位によって重量割合が異なることが指摘されている[57]。身体部位によって重量割合が異なることから、良い寝心地が重量割合に応じた睡眠姿勢によって得ることができると考えられる。区分ごとに弾性率を変えたマットレスによって、良い寝心地が得られる寝姿勢を形成できると考えられる。そこで、身体区分ごとに弾性率の異なるマットレスを作成し、寝心地評価実験を行った。近年、この考え方にそったマットレスも売り出されている[58]。しかし、区分ごとに弾性率の異なるマットレスの研究報告は均一なマットレスに比べ不十分であり、快適な睡眠に影響を与えるマットレスの要因を明確にする必要がある。

そこで本研究の目的は、区分ごとに弾性率が異なるマットレスで寝た際の寝心地を心身反応計測から評価することである。例えば、筒井は血行不良が全身の倦怠感を引き起こすことを報告している[59]。睡眠姿勢による血行動態は寝心地に影響することが予想される。そこで、3つの実験を行い、寝心地を評価した。まず、マットレスの弾性特性の変化はマットレスの感覚の違いを引き起こすため、寝姿勢に影響を与えることが考えられる。マットレスの寝心地を評価するために被験者の寝姿勢をとらえることは重要である。人が横たわったときの仰臥位姿勢での寝姿勢曲線を計測した。次に、マットレスの違いは筋肉の血液循環状態に影響すると仮定した。そこで、被験者が横たわった際の大腿二頭筋の血流を NIRS によって測定することで、マットレスが血行動態に与える影響を評価し

た。最後に、睡眠中の寝心地を PSG や Actigraph による睡眠状態の推定や、POMS によって評価した。

3.2 実験試料

本研究は良い寝心地が重量割合に応じた睡眠姿勢によって得ることができる
と仮定して実験を行ったため、身体区分ごとに弾性率の異なるマットレスを作
成して実験を行った。実験に用いたマットレスのサイズは一般的に販売されて
いるセミダブルサイズを用いた。ポケットコイル式のマットレスを使用した。
ポケットコイルの仕様を表 3.3 に示す。全章と構造は同じであるが、C の弾性率
が第 2 章のものと異なることに注意されたい。前章で良い結果の得られた、2 種
類のマットレス(A140, B100)に加え、本節では、部位ごとに弾性率を変えた 3 種
類のマットレスを用意した(図 3.1 参照)。3 種類のマットレスの区分は頭部 30cm,
胸部 40cm, 腰部 40cm, 脚部 75cm とした。

本章では、弾性率の異なる 5 種のマットレスを頭部から有する弾性率の順に、
名称づけした。それぞれのマットレスを AAAA, ABAB, BBBB, BCBB, BBCB
と表記する。

マットレス以外の寝具は、ベッドパッド（側生地：綿 100%，中綿：ポリエス
テル 100%），シーツ（綿 100%），タオルケット（綿 100%），枕（側生地：
綿 75%ポリエステル 25%，中綿：ポリエステル 100%）を使用した。

表 3. 1 各マットレスのコイルの仕様

試料	バネ定数 (kgf/mm)	線径 (mm)	巻数 (回)	コイル直径 (mm)
A	0.0140	2.1	5	59
B	0.0100	1.9	5	59
C	0.0072	1.6	5	59

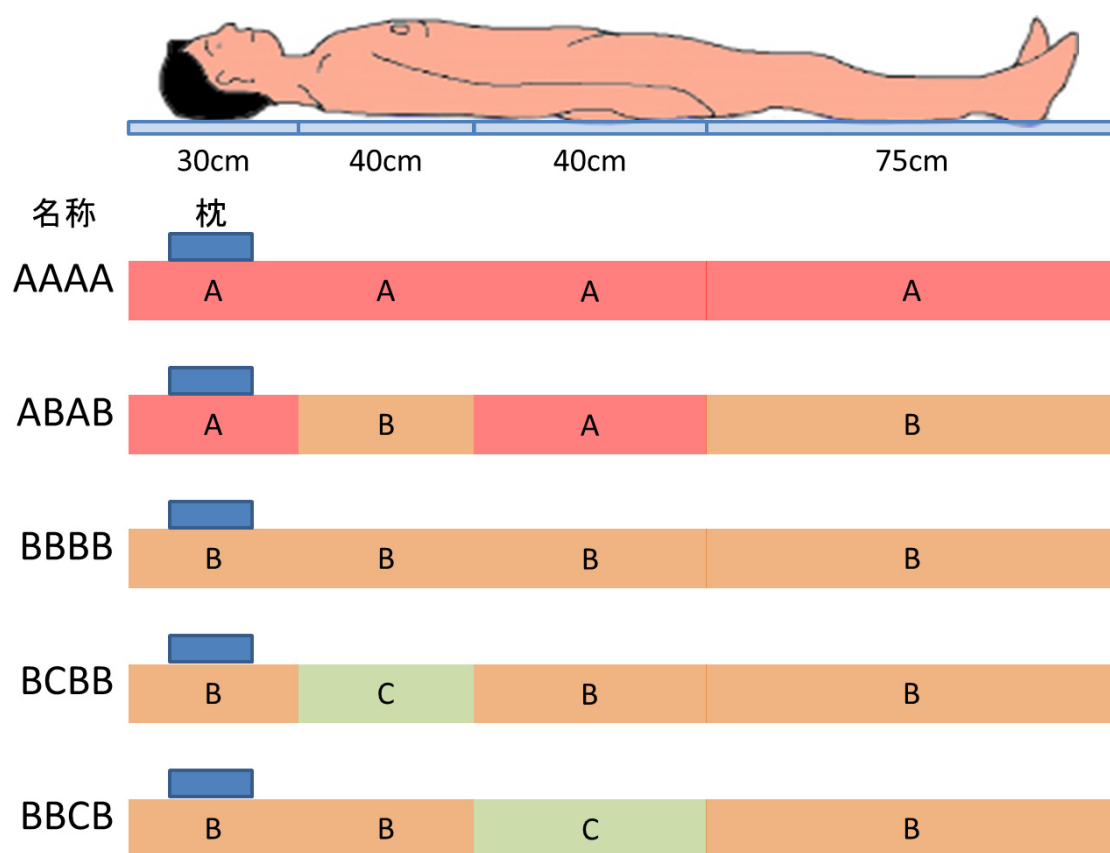


図 3. 1 実験で使したマットレス

3.3 被験者

人がマットレスから感じる寝心地は、性別、年齢、体型などにより異なることが予想される。そこで、本研究の被験者は BMI 値を基準にして標準的な体型（BMI 値が 18.5 - 25）をした男子に限定した。被験者は心身ともに健康で、睡眠障害のない男子大学生 5 名であった。被験者の都合で、同一の被験者で実験ができなかったため、被験者は表 3.1 と表 3.2 に示すような 2 グループとなった。表 3.1 および表 3.2 に詳細な被験者のデータを示す。表 3.1 は区分ごとに弾性率が異なるマットレスで寝た被験者を、表 3.2 は均一な弾性率を持つマットレスで寝た被験者をそれぞれ示す。被験者には実験開始前のコーヒー、アルコール等の飲用、過度の運動を避けるように事前教示した。なお、被験者には、実験前日までに実験の概要を十分に説明し、実験への参加と得られたデータを分析に用いることの同意を書面で得た。

表 3. 2 被験者データ

被験者数	5
身長 (cm)	173.8 ± 4.8
体重 (kg)	63.8 ± 6.2
BMI*	21.1 ± 1.1

表 3. 3 被験者データ

被験者数	5
身長 (cm)	172.8 ± 3.3
体重 (kg)	59.7 ± 4.6
BMI	20.0 ± 0.9

3.4 寝姿勢形状計測

マットレスの弾性率の違いは寝姿勢に影響を与え、寝心地の差につながると考えられる。したがって、マットレスの寝心地の評価を行う上で、被験者の寝姿勢を捉えておくことは重要である。身体区分ごとに弾性率を変えたため、人が横になった際の形状はより顕著に変化することが考えられる。

基礎的なデータとしてそれぞれのマットレスにおける寝姿勢曲線を計測した。計測用のマットレスはポケットコイルが露出した状態であったため、ベッド表材の代わりとしてポリエステル綿の入ったコットン製のパッド（厚さ約 5mm）を敷いた。Shape sensor はインインタフェースボックスを基準にセンサの相対的な変化を計測するため、計測位置の統制が重要である。位置統制のために、まずインタフェースボックスを頭部ブロックの中央に配置させた。次にインタフェースボックス中央に基準点を設け、被験者の外後頭隆起を基準点に合わせることで計測位置の統制を行った(図 3.2 参照)。Shape sensor のセンサ部状に被験者の正中矢状面に沿うように仰臥姿勢で寝させた。しばらく時間が経ち、スプリングの沈み込みがなじんだところで計測を開始した。測定の始点は後頭部中央、終点は尾骶骨付近とし、計 24 ポイント、約 96cm の範囲を測定した。1 つの試料につき 5 回の計測を行い、5 回の平均をデータとして取り扱った。

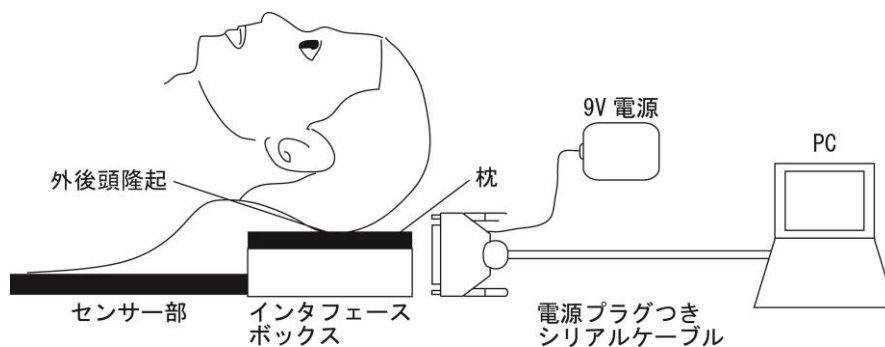


図 3. 2 Shape sensor 設置図

3.4.1 寝姿勢計測の結果

寝姿勢形状計測で得られた、各マットレスの寝姿勢形状を図 3.3 に示す。図 3.3 から 5 種類のベッドマットレスでそれぞれ沈み込みが異なることが明らかになった。BCBB を除く 4 種類のマットレスは形状が背部から臀部にかけ沈み込みが大きくなる形状となり、沈み込みは ABAB, AAAA, BBBB, BBCB の順番で臀部の沈み込みが大きくなった。ABAB の臀部の沈み込みが AAAA と比べて少なくなったのは、背部の弾性率が低いため、体の接地面積が増加し、体圧を分散させたことが考えられる[60, 61]。また、BCBB のマットレスにおいては背部と臀部の沈み込み量がほぼ同じになる結果となった。BCBB のマットレスの臀部の沈み込みが他のマットレスと比べて少ないのは背部の沈み込みが他に比べて大きいと考えられる。

形状は、3 つの分類ができた。①ABAB, AAAA, BBBB は臀部が胸部より沈んでいるが、その差は小さい。②BCBB は胸部と臀部の沈み込みがほぼ同じ。③BBCB は胸部に丸みがなく、臀部が極端に沈み込んでいる形状。

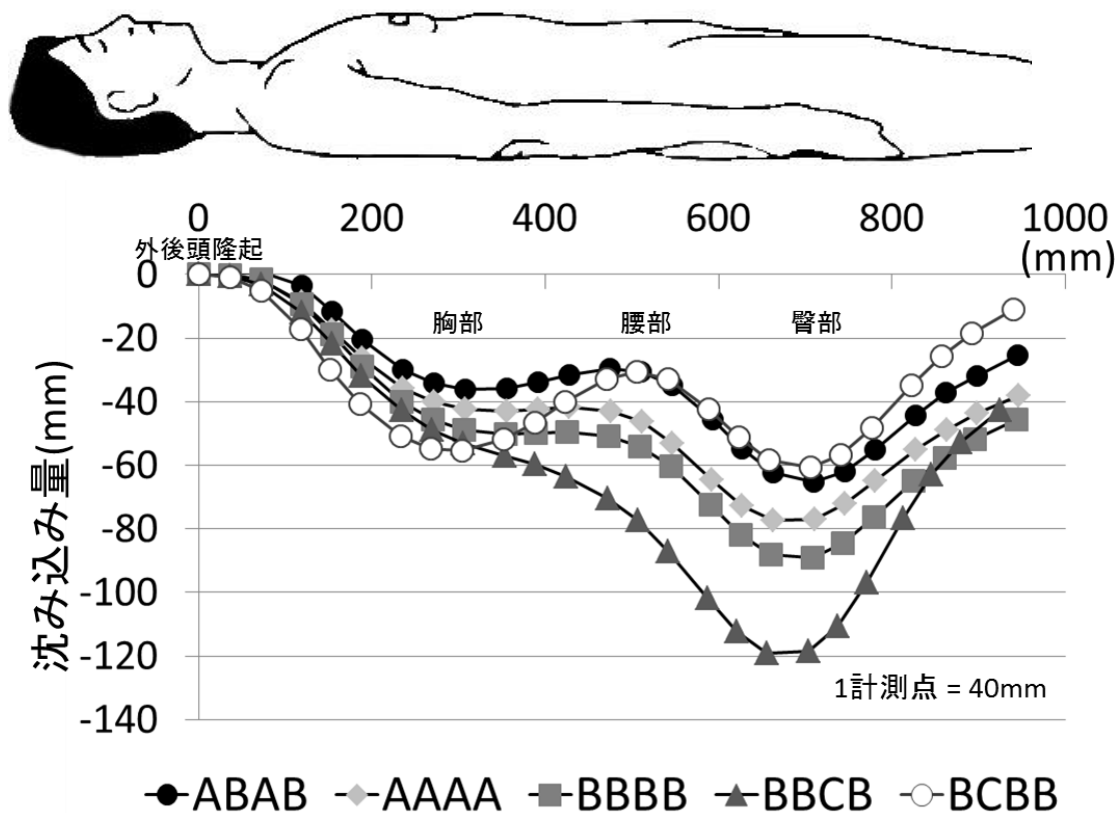


図 3. 3 各マットレスで得られた寝姿勢曲線 (N=5)

3.5 筋血流計測

睡眠時の睡眠姿勢は仰臥位姿勢が最も多いとされている。そのため、睡眠中の血行動態の違いは心身反応に影響することが予想される。睡眠時の仰臥位形状による筋肉内の代謝反応の違いを把握するために、起床時の横たわった際の血行動態を評価した。マットレスの圧迫などによって、筋肉の血流状態が異なることが予想される。皮膚表面の血流では筋に与える影響を評価することができないため、NIRSによる血流評価を行った。マットレスの違いが筋肉の血行動態に与える影響を明らかにするため、被験者が横たわった際の右足の大腿二頭筋の血行動態を評価した。血行動態は FOIRE-3000(島津製作所社製)を用いて評価した。第 2 章の結果から臀部領域の沈み込みが睡眠に影響することが示唆されたため、大腿二頭筋を計測した。腰部ではなく脚部の血行を計測した理由は、遠位の方がより血行に影響がでると考えられたからである。計測項目は酸素化ヘモグロビン(以後, OxyHB), 脱酸素化ヘモグロビン(以後, DeoxyHB)と総血流(以後, TotalHB)の 3 種類である。

NIRS の計測は計測筋に対して、近赤外光の照射プローブと検出プローブを 3cm 間隔で格子状に配置し、4ch を同時に計測した(図 3.4)。サンプリング周波数は 25Hz とした。被験者は 20 代の標準体型の男子大学生 3 名とした(身長: $168.7\text{cm} \pm 1.5\text{cm}$, 体重 $57.3 \pm 5.0\text{kg}$)。横たわった際の血行動態の傾向が変化するかを確認するための実験であったため、3 名とした。実験に使用した試料は ABAB, BCB, BCB の 3 種類とした。3.4.1 節の結果から、“ABAB”と“AAAA”, “BBBB”と“BCB”は臀部領域で同じ硬さを持つため、同様の血行動態が得られると仮定した。試料は順序効果を避けるため、ランダムに提示した。実験環境は $25^{\circ}\text{C}50\%\text{RH}$ であった。実験手順は右足に NIRS のプローブを装着した後、

10分間うつ伏せで統制を行った。統制後, 30分間仰臥位の血流を測定した(図3.5参照)。被験者には計測の間できるだけ動かないように教示した。マットレスの違いによる血行動態の比較を行うことが目的であった。仰臥位はマットレスと被験筋が接触し圧迫を受けると考えられたため, 計測筋が圧迫を受けない腹臥位状態を統制条件とした。解析は計測したデータを1分間ごとに区間平均を求めた。結果は筋繊維方向のチャンネル1とチャンネル4の平均値を使用した。

各被験者から3種類のサンプルのデータを採取するために, 1日1サンプルの3日間で実験した。生活時間帯による身体状態の影響を低減するために, 測定は異なる日の同一時間帯で行った。

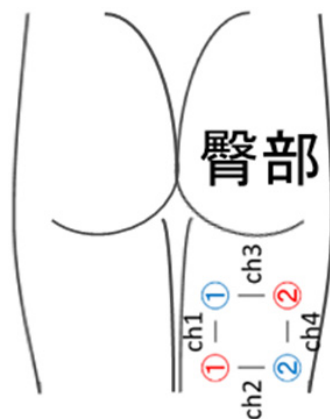


図 3. 4 計測箇所

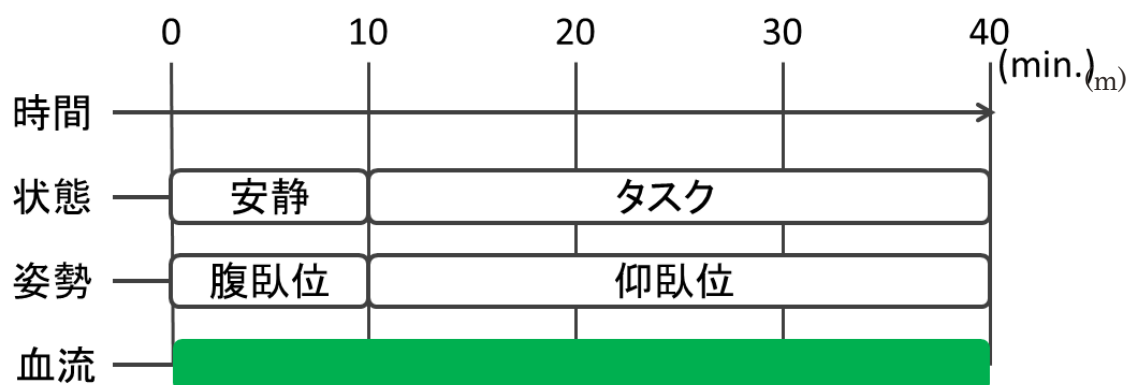


図 3. 5 実験手順

3.5.1 筋血流計測の結果

各試料の OxyHB と DeoxyHB の結果を図 3.6 に, TotalHB の結果を図 3.7 に示す。図 3.6 から各試料で OxyHB は継時的に増加がみられた。BBCB の OxyHB の増加率は他のマットレスと比べて低下した。DeoxyHB は ABAB と BBCB であまり変化がみられなかったが, BBCB は他のマットレスと比べて減少した。図 3.7 から BBCB は他のマットレスと比べて TotalHB が減少することが確認された。

以上のことから, 人がマットレスの上に横たわった際に, 試料の違いは筋肉の血行動態に影響を与えることが示唆された。特に, BBCB は酸素供給量と総血流量が他のマットレスに比べて減少していることが確認された。以上のことから, 睡眠中の血行動態が臀部領域の硬さに応じて異なることが示唆された。クラスカル・ウォリス検定および Steel-Dwass 法を用いて多重比較検定を行った結果, OxyHB と TotalHB は各試料間に, DeoxyHB は ABAB と BBCB, BCBB と BBCB 間に有意差がみられた。

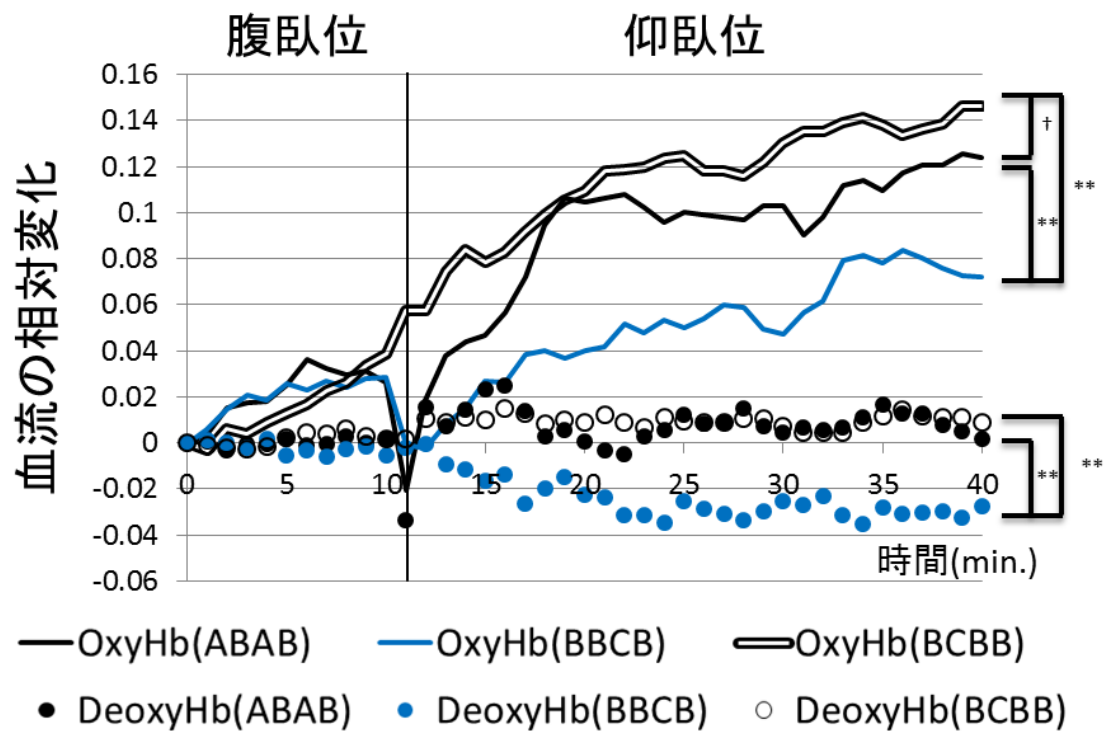


図 3. 6 各試料における血流 (OxyHB と DeoxyHB) の相対変化 (N=3)
(** : $p<0.01$, † : $p<0.10$)

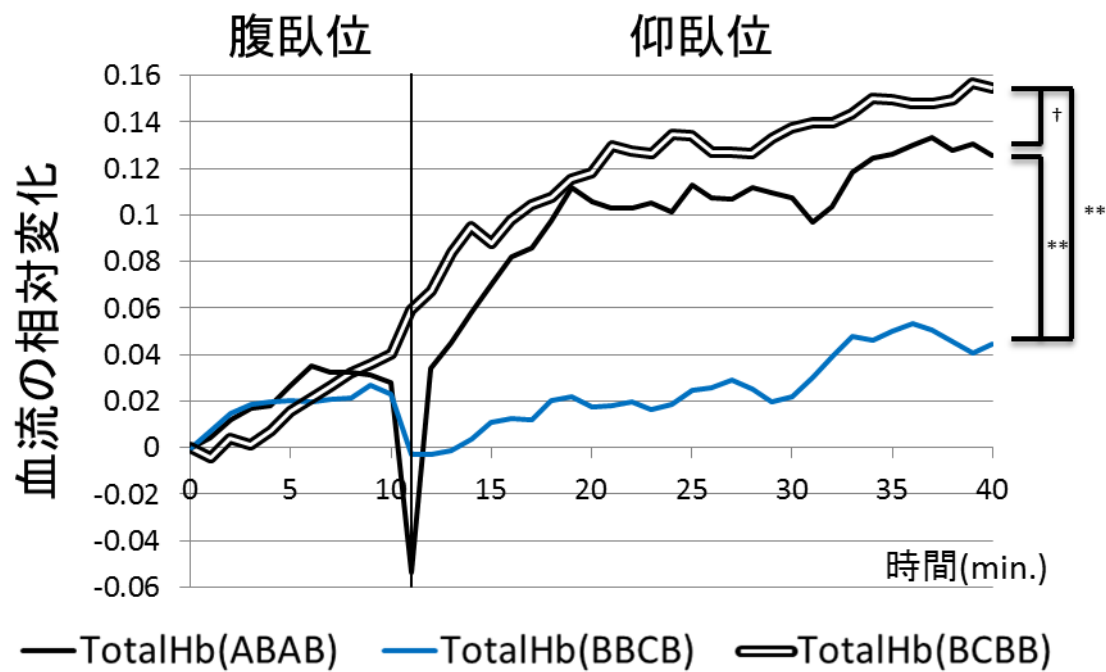


図 3. 7 各試料における血流 (TotalHB) の相対変化 (N=3)
(** : $p<0.01$, † : $p<0.10$)

3.6 計測項目と解析方法

試料の違いによる寝心地を睡眠中の心身反応計測によって評価した。計測項目は、第 2 章で概説した PSG(2.4.1 参照), POMS(2.4.2 参照)に加え, Actigraph を用いて睡眠中の動作を測定した。今回, Actigraph による動作測定をした理由は、第 2 章の考察から寝返り動作の阻害が寝心地に影響を与える可能性が示唆されたためである。

3.6.1 体動計測について

寝具が睡眠中の動作に及ぼす影響を客観的、定量的に評価するため Actigraph によって計測した。Actigraph は腕時計型の加速度センサとなっており、睡眠中の体動から体動量を算出し、睡眠/覚醒を判定する装置である。

体動は Actigraph を被験者の非利き腕の手首に装着し、体動を検出することで上肢の動きを量的に評価した。今回実験に用いた Actigraph は睡眠研究に多く用いられている機器であり、睡眠と覚醒の判定が可能である。体動の測定の他に、睡眠/覚醒判定を Actigraph から得られる体動量を利用して求めた。加速度センサから判定される体動量は、0.1 秒間隔で 0.01G 以上の加速度の有無を 1 分間のカウント数として出力される。1 分間ごとのカウント数が体動量である。腕の体動量から(1)式に示す Cole 式の睡眠判定法[62]を用いて睡眠/覚醒判定を行い、睡眠効率を算出し、各試料における睡眠状態を比較した。睡眠効率は睡眠判定の割合が、解析区間に出現する全データを占める割合とした。睡眠中に中途覚醒があると睡眠効率は低値になる。

以下に Cole 等の判定式を示す。

Cole 式：

$$S=0.00001 \times (404a_n4+598a_n3+326a_n2+441a_n1+1408a_0+508a_1+350a_2) \cdots (1)$$

ここで、S は判定値で $S \geq 1$ で覚醒、 $S < 1$ で睡眠と判定される。 a_n4 , a_n3 , a_n2 , a_n1 は 4 分前, 3 分前, 2 分前, 1 分前のカウント数, a_0 は判定される時点でのカウント数, a_1 , a_2 は 1 分後, 2 分後のカウント数を示す。

3.7 実験手順

2.5 節と同様の手順をとった。実験開始の時刻が 0 時から翌日 8 時までであった。Actigraph の装着を PSG の電極装着の前に行った。得られたデータに関して、1 被験者の平均値を代表値とした。統計は、各計測項目(N=5)に関してノンパラメトリック検定を行った。

3.8 結果

3.8.1 睡眠状態の推定

判定された睡眠段階の結果より、実験開始から 3 時間の平均睡眠深度、睡眠効率を求めた。各試料における、睡眠変数の結果を表 3.4 に示す。PSG による睡眠効率で差はみられなかったが、平均睡眠深度と睡眠効率(Actigraph)の結果で試料 ABAB, AAAA, BBBB, BBCB, BCBB の順で睡眠状態が良い傾向であった。平均睡眠深度と睡眠効率について、クラスカル・ウォリス検定および Steel-Dwass 法を用いて多重比較検定を行った結果、統計的な有意差はみられなかった。

表 3. 4 各睡眠変数の結果 (N=5), 平均値とカッコ内, 標準偏差

	平均睡眠深度	睡眠効率(PSG)	睡眠効率(Actigraph)
ABAB	1.736 (SD:0.129)	97.78 (SD:1.66)	91.78 (SD:7.21)
AAAA	1.664 (SD:0.242)	94.61 (SD:5.10)	91.44 (SD:2.86)
BBBB	1.660 (SD:0.209)	96.67 (SD:2.18)	90.83 (SD:6.44)
BBCB	1.627 (SD:0.132)	97.27 (SD:1.76)	87.00 (SD:8.59)
BCBB	1.604 (SD:0.130)	96.64 (SD:1.90)	84.50 (SD:10.4)

判定された睡眠段階の結果より、実験開始から 3 時間の各睡眠段階出現率を求めた。各試料における、各睡眠段階出現率を図 3.8 に示す。STAGE W の出現率は、試料間であまり差はみられなかったが、浅い睡眠段階である STAGE1 の出現率は BBCB や BCBB の柔らかいマットレスで多く出現し、深い睡眠段階である STAGE 3, STAGE 4, 深睡眠の出現率は AAAA, ABAB, BBBB のマットレスで多くみられた。各睡眠段階出現率について、クラスカル・ウォリス検定および Steel-Dwass 法を用いて多重比較検定を行った結果、各試料間で統計的に有意な差はみられなかった。

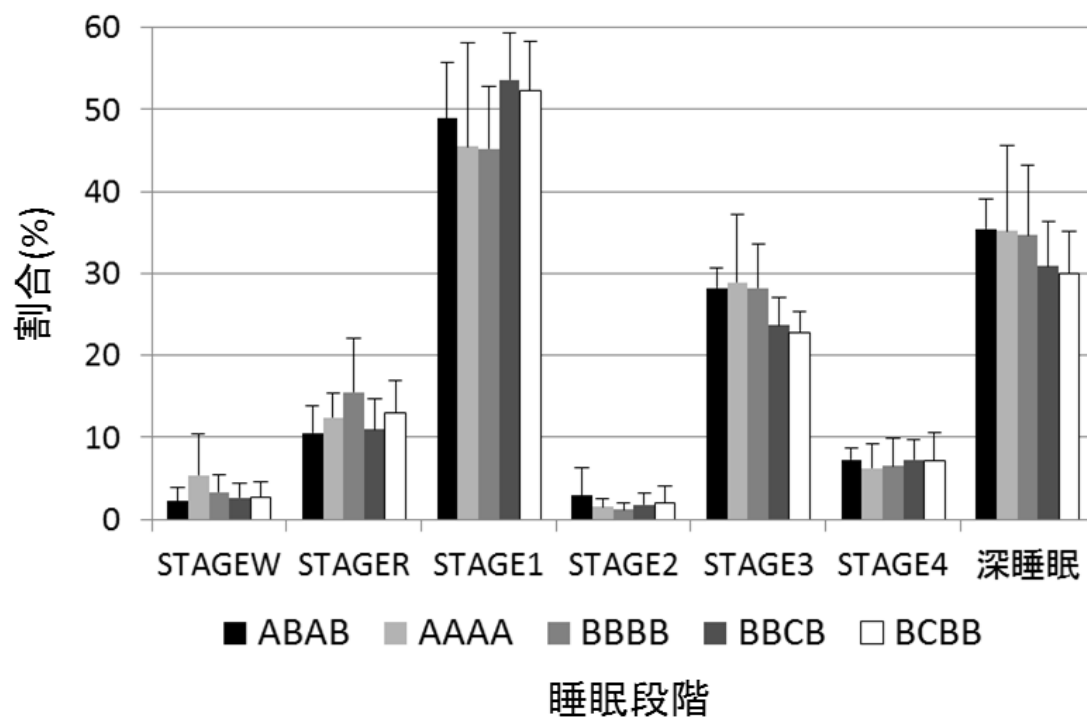


図 3. 8 各試料における睡眠段階割合 (N=5)

今回の実験において、実験に用いた 5 種類のマットレスで睡眠状態に統計的な差はみられなかったが、高弾性を有するマットレスで深い睡眠が多くみられる傾向であった。

3.8.2 気分調査

睡眠前後の POMS の成績を試料ごとに図 3.9 - 図 3.13 に示す。差の検定にはウィルコクソンの順位和検定を用いた。BBCB を除く全ての試料において、陰性因子である緊張、抑うつ、怒り、疲労、混乱の得点が睡眠前に比べ睡眠後に低下する傾向がみられ、試料 ABAB と AAAA では抑うつで、試料 BBBB では緊張、怒り、疲労の 3 因子、試料 BCBB では抑うつ、怒りの 2 因子の得点が統計的に有意に低下した。試料 BBCB は怒り、疲労の 2 因子の得点で統計的に有意に増加した。陽性因子である活気は、試料 ABAB, AAAA, BBBB では睡眠前に比べ上昇する傾向がみられ、試料 BBCB では統計的に有意に低下した。

以上の結果から、BBCB を除くマットレスで寝ることで起床後の気分因子が改善傾向を示し、BBCB のマットレス寝ることで怒り・活気・疲労の気分因子が悪化したことが推察される。

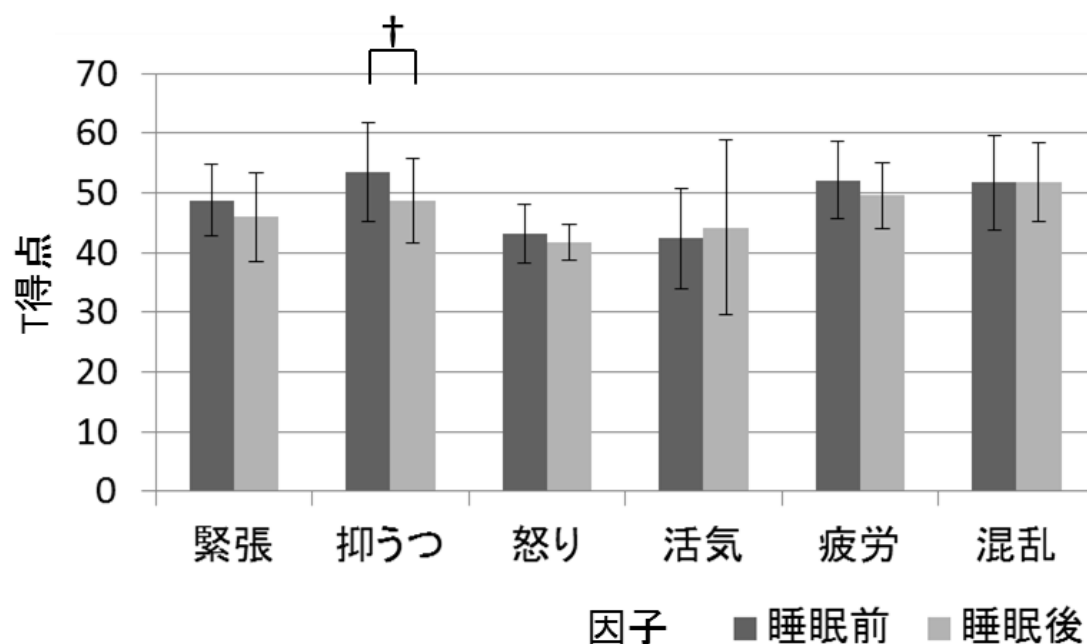


図 3. 9 ABAB の睡眠前後の各因子の T 得点 (N=5) (†: $p < 0.10$)

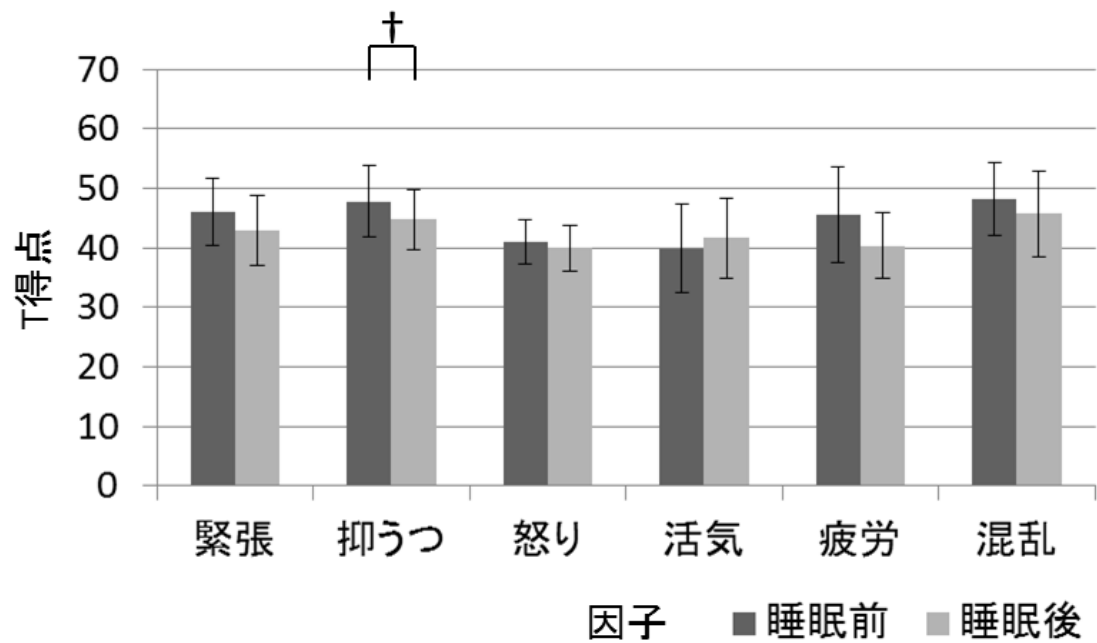


図 3. 10 AAAA の睡眠前後の各因子の T 得点 (N=5) (†: $p < 0.10$)

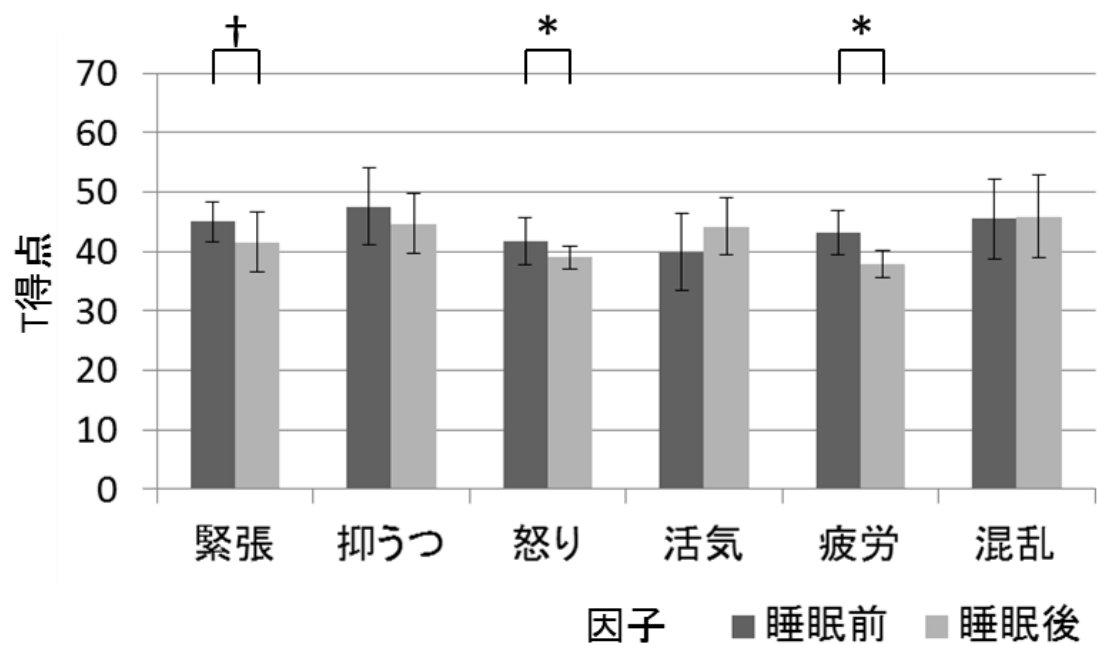


図 3. 11 BBBB の睡眠前後の各因子の T 得点 (N=5) (*: $p < 0.05$, †: $p < 0.10$)

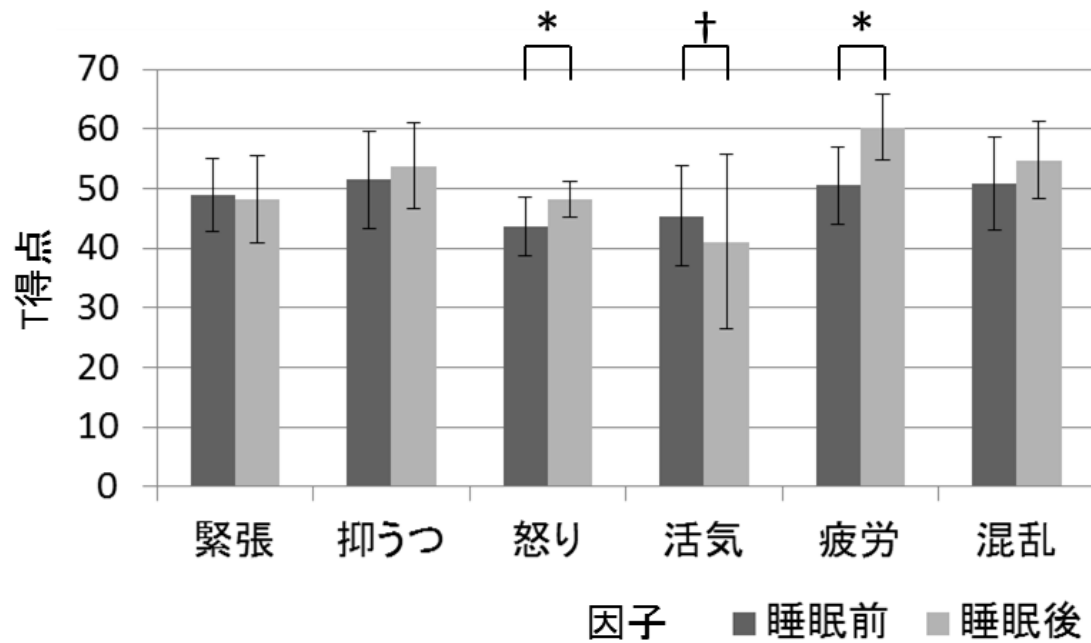


図 3. 12 BCB の睡眠前後の各因子の T 得点 (N=5) (*: $p < 0.05$, †: $p < 0.10$)

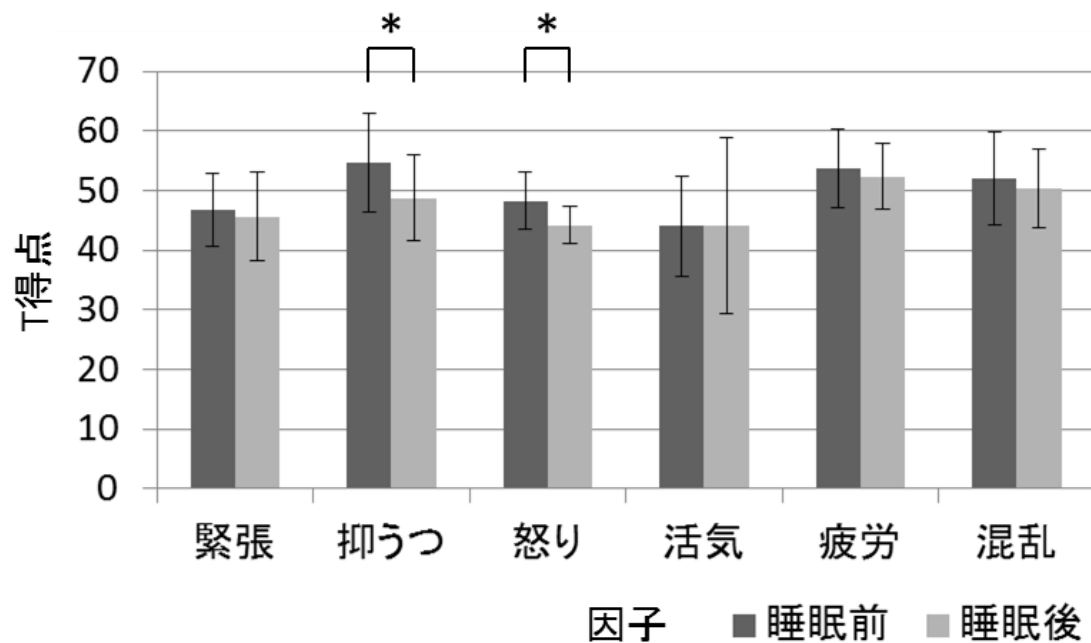


図 3. 13 BCB の睡眠前後の各因子の T 得点 (N=5) (*: $p < 0.05$)

各試料における睡眠前後の POMS の成績の差を図 3.14 に示す。BBCB のマットレスは他のマットレスと比べ、睡眠による気分の状態が逆のパターンを示すことが確認された。各因子に対してクラスカル・ウォリス検定および Steel-Dwass 法を用いて多重比較検定を行った結果、怒りにおいて試料 BBCB と AAAA, BBBB, BCB B の間に、疲労因子において、BBBB と BBCB の間に統計的に有意な差がみられた。以上のことから、BBCB のマットレスは他のマットレスに比べ気分が悪化していることが推察される。

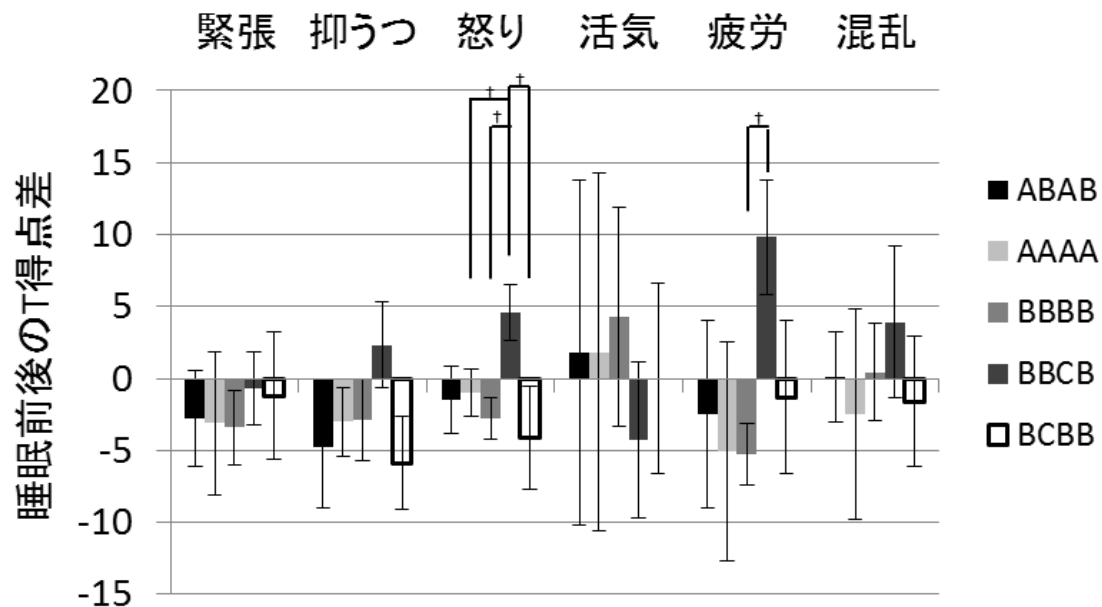


図 3. 14 各試料の睡眠前後の T 得点差 (N=5) (†: $p < 0.10$)

図 3.15 に各試料における睡眠前後の TMD 得点を示す。差の検定にはウィルコクソンの符号順位和検定を用いた。試料 ABAB と BBBB において睡眠前に比べ睡眠後の TMD 得点がより低下し、有意差がみられた。また, BBCB において睡眠前に比べ睡眠後の TMD 得点がより増加し、有意差がみられた。その他のマットレスでは有意差はみられなかったが、気分の改善傾向がみられた。ABAB と BBBB は起床後の気分が良く、これら二つの試料は起床時の睡眠感が良かったことが推察された。一方, BBCB の TMD 得点は気分の悪化を示し、この試料は起床時の睡眠感が悪かったことが推測された。

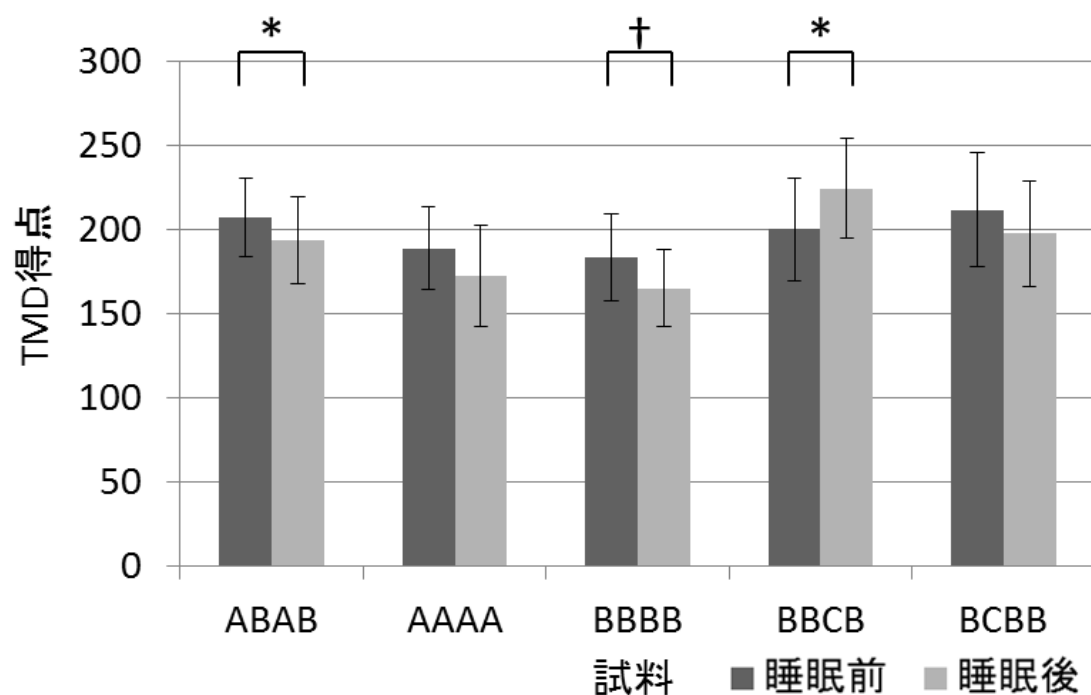


図 3. 15 各試料の睡眠前後の TMD 得点 (N=5) (*: $p<0.05$, †: $p<0.10$)

3.9 考察

本章は、良い寝心地が部位ごとに弾性率が異なるマットレスによる寝姿勢によって得られると仮定した。起床時の気分の差が睡眠中の仰臥位姿勢の違いによる血行動態の差異によって引き起こされたと考えられた。

実験結果に基づき、血行動態の差は寝心地の中の起床後の気分を変える要因の一つであると考えられた。血流量の増加が痛みを低減させたこと[63, 64]や、硬すぎず柔らかすぎないいわゆる中程度の硬さで背中を痛みを低減させるか寝返りをしやすくなると報告されている[65 - 67]。これらの論文から 硬さや血流は寝心地に影響することが推測できる。

NIRS による血流計測は ABAB, BBCB, BCB などの三つのマットレスにおいて異なることを明らかにした。AAAA と BBBB は臀部領域で BBCB の硬さを超えているため、これらのマットレスは BCB や ABAB の血行動態と同様の傾向を示すことが考えられる。三根らは、睡眠中の代謝は覚醒時に比べ 10%低下することを報告している[68, 69]。よって睡眠中の筋肉内の代謝は横たわる時に比べて減少することが予想される。

POMS の結果は、BBCB を除くマットレスにおいて気分の改善傾向を示した。NIRS による血流計測の結果、横たわっていた際の筋肉内血流量および酸素供給量が BBCB と比べて増加していることが確認された。そのため、臀部領域における睡眠中の血液循環の促進は気分の改善をもたらすことが示唆された。臀部領域に B (ばね定数: 0.01 kgf/mm)以上の硬さを有するマットレスは血行を促進させることを明らかにした。この血液循環の促進は以下の可能性が考えられる。筋肉の血管が血流の増加によって拡張された。この拡張は、代謝を活性化することで血管平滑筋を弛緩させた[70]。この現象によって痛みを低減させ、疲労

は代謝の促進によって低減された。

一方, BBCB は気分の悪化がみられた。NIRS の結果から, この試料は横たわった際の筋肉内血流量および酸素供給量が他のマットレスと比べて減少した。気分の悪化は血行不良によって引き起こされたことが示唆された。臀部領域に低弾性の硬さ(ばね定数: 0.0072 kgf/mm)を有するマットレスは血液循環を悪化させたことが考えられる。血行不良は以下の可能性が考えられる。

筋肉内血流量の低下は酸素, グリコーゲンの供給を減少させる。この筋肉内血流量の低下による酸素供給量の低下は筋内に貯蔵しているグリコーゲンを利用した無酸素性代謝による筋収縮を生じさせる。仰臥位になることで筋収縮が行われる可能性があることから, 筋疲労が誘発された可能性が考えられる。また, 岡らによると, 腰部に筋電図を貼付し, 筋疲労と主観的疲労の対応を調査した実験では, 筋疲労と主観的疲労は対応していると報告している[71]。そのため, 血行不良による筋疲労が POMS における TMD 得点や疲労などの項目で悪化させた可能性が考えられる。

3.10 まとめ

区分ごとに弾性率の異なるマットレスが睡眠に与える影響を PSG, Actigraph および POMS を用いて評価した結果, PSG や Actigraph において弾性率の高いマットレスで睡眠状態が良くなる傾向はみられたが, 統計的に有意な差はみられなかった。一方, POMS の結果において, 臀部の沈み込みが大きいマットレスで気分の悪化が確認され, その他のマットレスでは気分の改善がみられた。気分の悪化のみられたマットレスは他のマットレスと比べて TotalHB, OxyHB, DeoxyHB が減少することが確認されたため, マットレスの違いによって筋肉内の血行動態が異なることが明らかになり, 血行動態の違いが気分に影響する可能性を示唆した。

以上から, 区分ごとに弾性率の異なるマットレスで寝た際の寝心地を心身反応計測から評価した結果, 臀部領域における血行動態の差は, 寝心地の中の起床後の気分を変える要因の一つであることを示した。マットレスの設計や選択において, 大腿二頭筋の血流測定が有用な指標である可能性が高いと結論付けた。

参考文献

- [57] 小原二郎, 人間工学からの発想, 講談社, 185, 1982
- [58] フランスベッド HP,
<http://interior.francebed.co.jp/products/model.php?k=2&b=0225&m=021691>,
2014
- [59] 筒井 末春, 低血圧, 血液と脈管, 1 (10) 1317-1323, 1970
- [60] 青木詩恵, et al. , マットレス違いによる体圧分散効果と寝心地, 宮城大学
看護学部紀要, 10(1), 63-71, 2007
- [61] 小原二郎, 人間工学からの発想, 講談社, 195-196, 1982
- [62] Cole RJ, Kripke DF, Gruen W, Automatic sleep/awake identification
from wrist activity, Sleep, 15, 461-469, 1992.
- [63] 小坂橋 喜久代, et al., 改良マットレスによる側臥位時の下側肩峰部・大転子
部の体圧分散効果, 群馬保健学紀要 22, 1-9, 2002
- [64] 中村 辰三, et al., 近赤外線分光法による押圧突起付インナーのヘモグロビ
ン動態評価, 全日本鍼灸学会雑誌 60(2), 234-243, 2010
- [65] 小原二郎, 睡眠と寝具の人間工学, 医学の歩み, 59(14), 1007-1011, 1966
- [66] 小暮貴政, 寝具と睡眠, バイオメカニズム学会誌 29(4), 189-193, 2005
- [67] Kovas F, et al, Effect of firmness of mattress on chronic non-specific
low-back pain: randomized, double blind, controlled, multicenter trial,
The Lancet, 362, 1599-1604, 2003
- [68] 三根晴雄, 中野驍, 睡眠時の代謝量に関する研究, 栄養と食糧, 5(4),
125-131, 1952
- [69] 白井伊三郎, 山田綱男, 睡眠の生理衛生学的研究(其の二), 日本体力医学

会,36-43, 1952

[70] 大野秀,樹 et al., 運動生理・生化学辞典, 大修館書店, p165, 2001

[71] 岡 久雄, 藤原史郎, 筋硬度変化による筋疲労の評価, バイオメカニズム学会誌 20(4), 185-190, 1996

第 4 章

温度調整素材を含んだベッドパッドの 寝心地評価

4.1 はじめに

寝心地に影響を及ぼすと考えられる寝具の要因は硬さや寝床内環境などが挙げられる。硬さについては、第2章、第3章で実験試料にベッドマットレスを用いた研究で述べた。本章では実験試料として寝床内の温度を一定に調整するとされている温度調節素材を含むベッドパッド・枕パッドに着目した。近年、発熱・保温などの機能を備えた相変化材料を含んだ繊維の開発が広い分野で進められている。機能性素材を含んだ寝具により寝床内環境が改善できると考えられる。

睡眠時の快適な寝床内気候は温度 $32 - 34^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ といわれている[72]。そこで、温度を一定温 ($32 \pm 1^{\circ}\text{C}$) に調節する機能をもつといわれる相変化材料のマイクロカプセルが混入された温度調節素材による寝床内気候の制御に注目した。相変化材料が温度調整をすることで寝床内が快適な温度になり、寝苦しくない状況になると考えられる。相変化材料が入っていない寝具は寝床内の温度が体温近くまで上昇することが考えられるため、寝苦しい状況になると考えられる。温度調節素材を含んだ寝具が人体にどのような影響を与えるのかを考える上で、用いた温度調節素材の物理特性を把握する必要がある。しかし、温度調節素材の温度を維持する機能がどの程度なのかを詳細に示したデータは明らかにされていない。そのため本章は、温度調節素材を含んだ寝具と温度調節素材を含まない寝具を対象に KES によって温熱特性を明らかにし、各試料が持つ特性を評価した。

温度調節素材を含んだ寝具では寝苦しくない状況になり、温度調節素材を含まない寝具では寝苦しい状況になるものと仮定し、温熱負荷時の睡眠実験を行った。睡眠実験は温熱特性を把握したうえで、異なる温熱特性をもつ寝具が寝心

地に与える影響を人の睡眠中の心身反応計測から評価した。

夏場の睡眠で寝苦しさを感じた際、寝心地が悪くなかった経験があるだろう。寝心地を悪化させる要因として温熱負荷による寝床内環境の悪化に伴う体動の増加が考えられる。体温の調整には自律性と行動性の 2 種類があると言われており[73]。行動性温度調節には姿勢の変化や自発性行動も含まれる。寝苦しさは不快な寝床内環境を調節するために、寝返りなどの体動で寝具と人体の間に空間を作り、寝床内に風を送り込むことで寝床内環境を調整していることが考えられる。そのため、暑さによる寝苦しさを感じた際は体動が多く出現することが予想される。睡眠中の寝心地を PSG と Actigraph, POMS によって評価した。

そこで、本章の目的は、①異なる睡眠環境で寝た際の寝心地を心身反応計測から評価すること、②Actigraph による動作計測も同時に行い、暑熱環境下における寝心地の評価指標として、睡眠中の体動計測が有用であることを検証することである。

4.2 被験者

人がマットレスから感じる寝心地は、性別、年齢、体型などにより異なることが予想される。そこで、本研究の被験者は BMI 値を基準にして標準的な体型（BMI 値が 18.5 - 25）をした男子に限定した。被験者は心身ともに健康で、睡眠障害のない男子大学生 5 名であった。表 4.1 に詳細な被験者のデータを示す。被験者には実験開始前のコーヒー、アルコール等の飲用、過度の運動を避けるように事前教示した。なお、被験者には、実験前日までに実験の概要を十分に説明し、実験への参加と得られたデータを分析に用いることの同意を書面で得た。素材の違いについては説明しないで実験を行った。

表 4. 1 被験者データ

被験者数	5
身長 (cm)	176.5 ± 4.5
体重 (kgf)	64.6 ± 5.5
BMI*	20.9 ± 1.1

4.3 試料と実験環境

4.3.1 実験試料

本研究で対象とした温度調節素材は、アメリカアウトラスト社が販売している Outlast®(以後、アウトラスト)である。アウトラストはマイクロカプセルの中にパラフィンワックスが入っており、外気がカプセルの温度より高くなると、パラフィンワックスが固体から液体へ変化し熱を吸収する。反対に外気温がカプセルの温度より低くなるとパラフィンワックスが液体から気体へ変化し、蓄熱していた熱を放出する。この仕組みにより、人間が一番快適と感じる温度(31 - 33℃)を保持できるとされている(図 4.1 参照)。

実験に使用した寝具はアウトラストを含んだ不織布が混入されているベッドパッドと枕カバー(以後、温度調整素材寝具)と、比較対象として構造は同じであるがアウトラストを含んだ不織布が混入されていないベッドパッドと枕カバー(以後、ノーマル寝具)とした。温熱負荷を与えた際、温度調整素材寝具は寝苦しくない状況に、ノーマル寝具は寝苦しい状況になると仮定した。表 4.2 に両試料の詳細を示す。

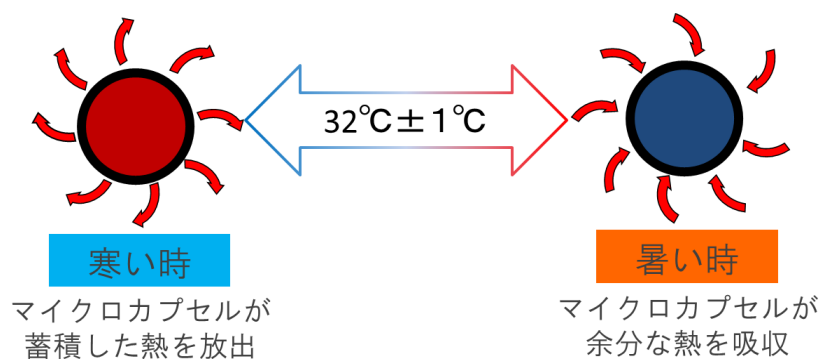


図 4. 1 温度調整素材 (イメージ)

表 4. 2 実験試料の仕様

	ノーマル寝具	温度調整素材寝具
表地	綿 100%	綿 100%
裏地	ポリエステル 65% 綿 35%	ポリエステル 65% 綿 35%
製品サイズ	100 cm×205 cm	100 cm×205 cm
詰め物	ポリエステル 100%	ポリエステル 100% 不織布(温度調整素材)入り

枕カバーとベッドパッドを除く、その他の寝具は衣服等も含めて全て共通のものを使用した(図 4.2 参照)。寝具は身体に触れるものから、シーツ、タオルケット、最後に肌掛布団を掛けて実験を行った。

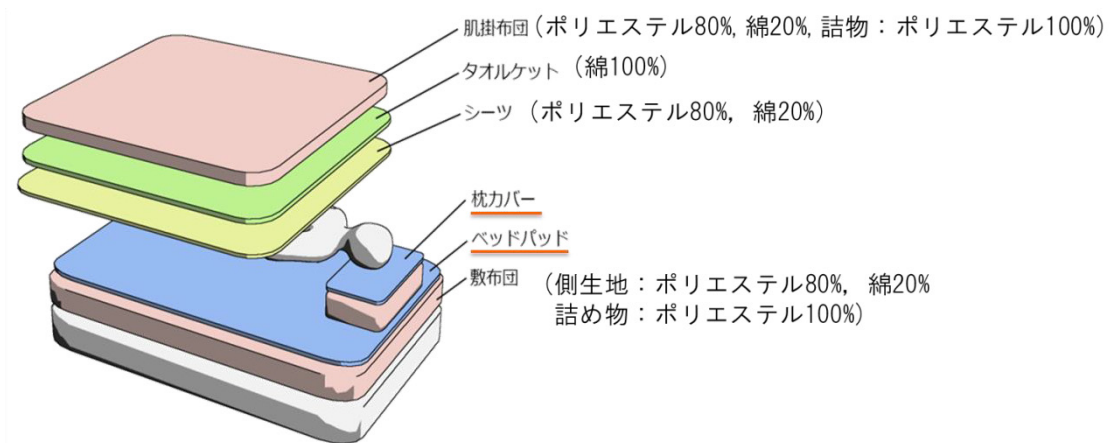


図 4. 2 寝具の使用方法

4.3.2 実験試料の物理特性

各寝具の持つ物理特性について、温熱特性試験を行った。温度調整素材寝具はアウトラストが混入したポリエステル繊維の不織布とポリエステルの中綿を綿の布で覆っている構造である。なお枕パッドはベッドパッドと同様の組成である。そのため、温熱特性評価はベッドパッドのみで行った。

実験試料は、元々のベッドパッドから詰め物のみを抜いたアウトラスト入不織布を綿の表生地と裏生地で挟んだ試料(温度調整素材)と、比較対象として、綿の表生地と裏生地二枚を重ねたもの(ノーマル)とした(図 4.3 参照)。

温熱特性試験は標準状態(20℃65%RH)に設定した恒温恒湿室で行った。実験イメージを図 4.4 に示す。精密迅速熱物性測定装置(KES-F7:カトーテック製)を利用し、断熱材(発泡スチロール)を試験台としてその上に試料を置き、35℃の熱板を試料の上に乗せた。熱板を 35℃に保つために使用する電力量の推移の違いから両試料の温熱特性を評価した。各寝具に対し、5 回測定を行い、平均値を求めた。

熱板を置いてから 3 分間測定した時の各試料の使用電力の時間推移の比較を図 4.5 に示す。有意差検定には t 検定を用いた。図 4.5 から、熱板を置いてから約 3 分間で温度調整素材はノーマルに比べ使用電力量が高くなる結果となった。このことから、温度調整素材は熱源からの吸熱量が多い可能性が考えられる。温度調整素材は熱源からの吸熱を行い熱平衡になることから、人が接触した際は冷やとした感触である可能性が示唆された。また、使用電力から収束が遅いため定常状態になりにくく、人体側の熱が多く使用されることからノーマルに比べ冷たく感じる可能性がある。

サーモラボⅡを用いて保温性能を計測したところ、図 4.6 の結果が得られた。アウトラストは保温性能がよいことが考えられる。

以上のことから温度調節素材寝具は、接触したときにヒヤッと感が高く、保温性能が良く、熱が多く使用されることからノーマルと比べ冷たく感じる特性が考えられる。実際に温度調整素材寝具に人体が接触した場合、触れた瞬間から人体から熱を奪うことが予想される。一方、ノーマル寝具は温度調節素材と比べて定常状態になりやすく、熱の移動が少ないことから暖かく感じる特性があると考えられる。温度調整素材寝具は熱を吸収し、冷たく感じる特性をもつため寝苦しさを感じない可能性がある。ノーマル寝具は熱の吸熱が少なく、温かく感じる特性をもつため、寝苦しさを感じる可能性がある。

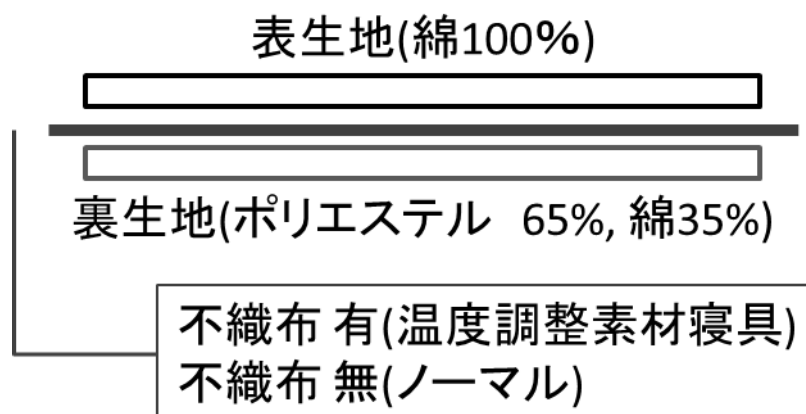


図 4. 3 実験試料

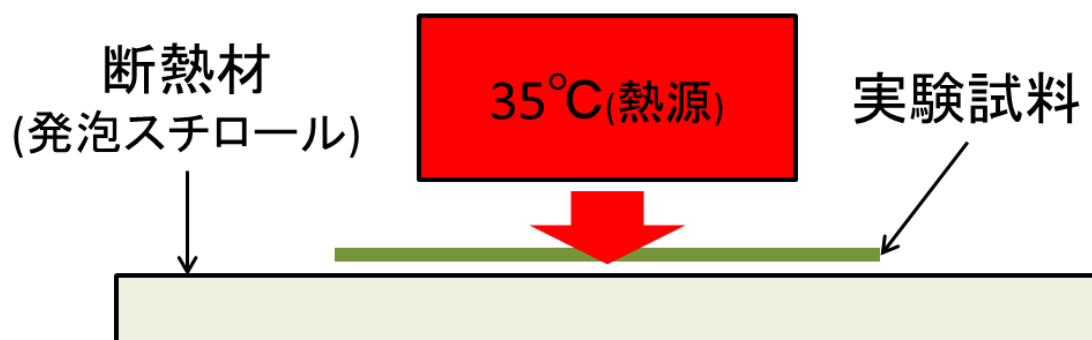


図 4. 4 実験イメージ

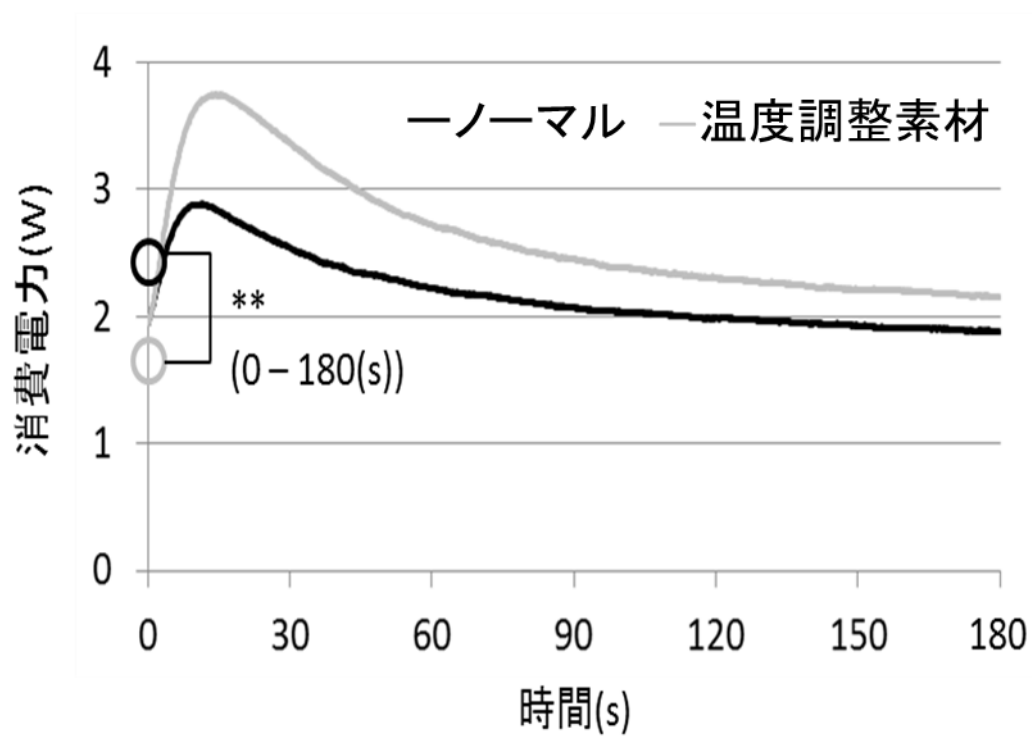


図 4. 5 各試料における使用電力量の推移 (N=5) (**: $p<0.01$)

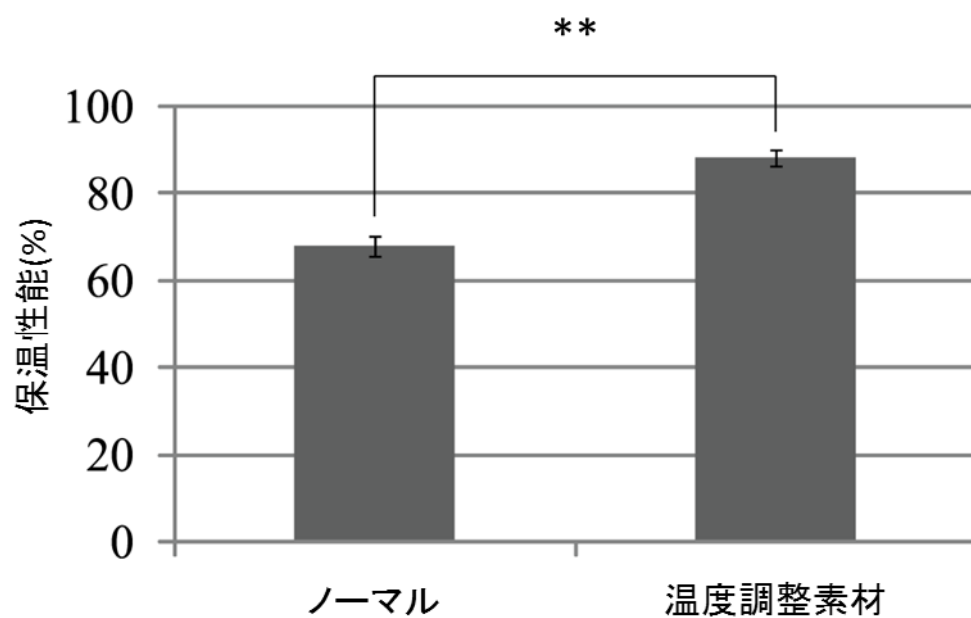


図 4. 6 保温性能について (N=5) (**: $p<0.01$)

4.3.3 実験環境

睡眠環境は夏季の寝室を想定した暑熱環境(28℃50%RH)に設定した恒温恒湿室内にて睡眠実験を行った。実験は5月・7月に実施した。寝床内・衣服内温度は温湿度センサ(いすゞ製作所社製)を用いて計測した。寝床内は腰部付近のベッドパッドへ直接貼付,衣服内は腹部の肌へ直接貼付して計測した。サンプリング周波数は20Hzで行った。

実験中に計測した寝床内・衣服内温度を表4.3に示す。表4.3に示す温度は実験開始から6時間分のデータを平均した値を代表値とした。括弧内の値は標準偏差を示す。今回の実験からは睡眠中の寝床・衣服内温度に大きな差はみられなかった。

表 4. 3 実験中に得られた寝床・衣服内温度 (N=5)
平均値とカッコ内, 標準偏差

寝床内温度(℃)		衣服内温度	
ノーマル寝具	温度調整素材寝具	ノーマル寝具	温度調整素材寝具
31.7(1.3)	32.2(1.1)	35.1(0.7)	35.5(0.4)

4.4 測定項目と解析方法

異なる実験試料を用いて、終夜睡眠実験を行った。試料の違いによる寝心地を生理心理反応計測によって評価した。計測項目は、PSG(2.4.1 参照), POMS(2.4.2 参照)および Actigraph を用いた体動計測(3.6.1 参照)である。

Actigraph は 3.6.1 と同様の方法で睡眠効率に加え、睡眠中の体動回数を求めた。体動回数は覚醒と判定された際、寝返りなどの体動がみられることから覚醒と判定された回数とした。

4.5 実験手順

実験は 3.7 節と同様の手順をとった。得られたデータに関して、1 被験者の平均値を代表値とした。統計は、各計測項目(N=5)に関してノンパラメトリック検定を行った。

4.6 結果

4.6.1 生理反応による睡眠状態の推定

PSG のデータを用いて判定された睡眠段階の結果より、実験開始から 0 - 3 時間と 0 - 6 時間の平均睡眠深度、睡眠効率を求めた。各試料における、睡眠変数の結果を表 4.4 および表 4.5 に示す。括弧内は標準偏差を示す。各睡眠変数に対してウィルコクソンの符号順位和検定を行った結果、0-3h の睡眠効率に有意差が確認された。

表 4. 4 PSG の結果 (0-3h) (N=5), 平均値とカッコ内, 標準偏差

睡眠効率(%) (†: p<0.10)		平均睡眠深度	
ノーマル寝具	温度調整素材寝具	ノーマル寝具	温度調整素材寝具
98.25 (1.41)	99.00 (0.91)	1.61 (0.22)	1.75 (0.26)

表 4. 5 PSG の結果 (0-6h) (N=5), 平均値とカッコ内, 標準偏差

睡眠効率(%)		平均睡眠深度	
ノーマル寝具	温度調整素材寝具	ノーマル寝具	温度調整素材寝具
98.18 (1.25)	98.47 (1.35)	1.49 (0.21)	1.51 (0.16)

PSG のデータを用いて判定された睡眠段階の結果より、実験開始から 0・3 時間と 0・6 時間の各睡眠段階出現率をそれぞれ求めた。各試料における、各睡眠段階出現率を図 4.7 と図 4.8 に示す。図 4.7 は 0・3h の結果を、図 4.8 は 0・6 時間の結果を示す。深睡眠の出現率は、0-3 時間の時に温度調整素材寝具で多く出現したが、0・6 時間の時はノーマル寝具で多く出現した。各睡眠段階に対してウィルコクソンの符号順位和検定による検定を行った結果、PSG による睡眠段階に統計的な有意差はみられなかった。

平均睡眠深度、睡眠効率、各睡眠段階割合の結果から、異なる試料で就寝しても睡眠状態に差はみられなかった。

以上の結果から、0・3 時間の時では、温度調整素材寝具での睡眠は、ノーマル寝具と比較して睡眠時間が長く、深い睡眠が多くとれる傾向を得た。一方、0・6 時間の時では睡眠時間、深さともに大きな違いはみられなかった。

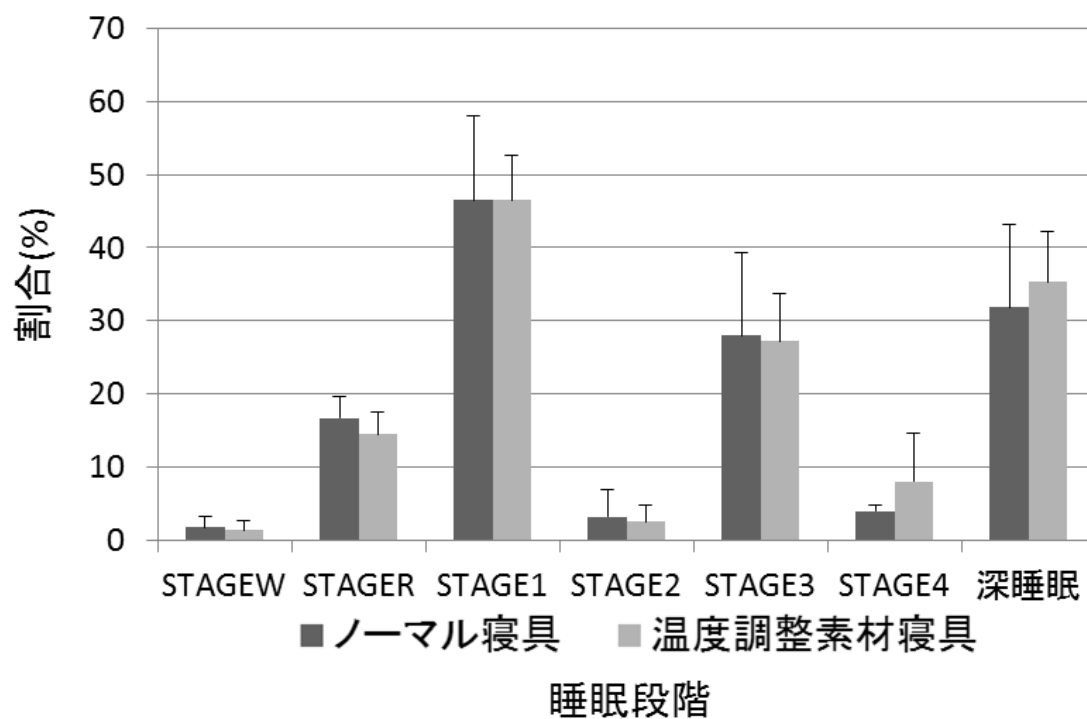


図 4. 7 睡眠段階割合 (0-3h) (N=5)

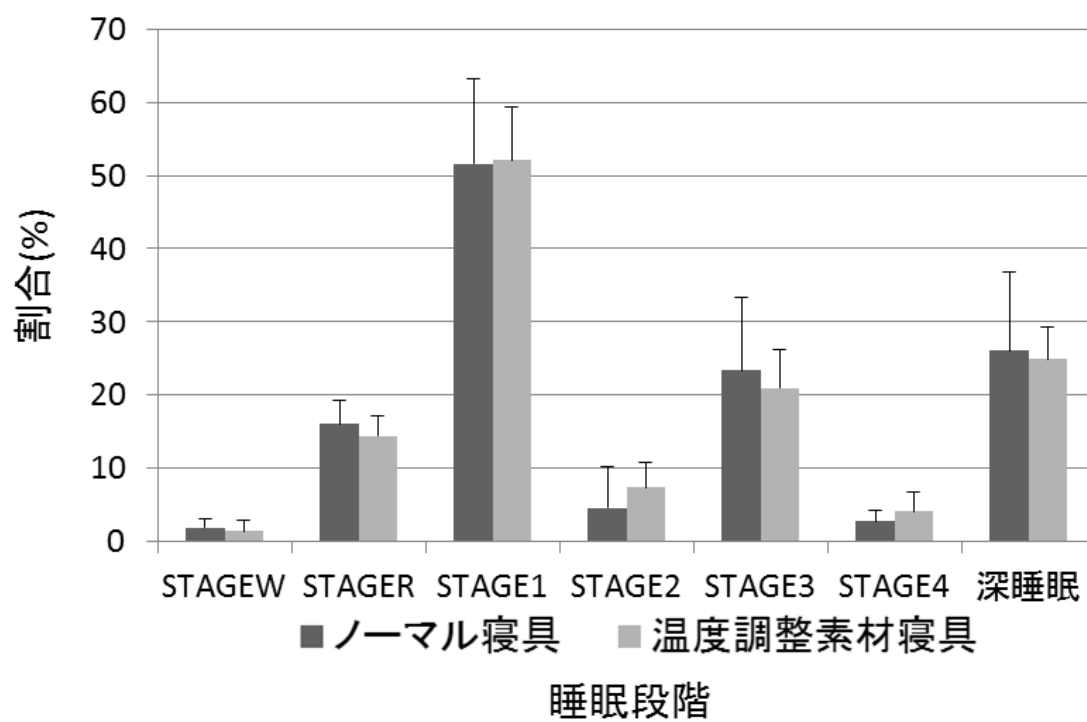


図 4. 8 睡眠段階割合 (0-6h) (N=5)

次に、判定された睡眠段階の結果から、6 時間分のデータを 1.5 時間の睡眠周期ごとに深睡眠割合と浅睡眠割合をそれぞれ求めた。各試料間の検定はウィルコクソンの符号順位和検定、各試料の周期ごとの検定にはクラスカル・ウォリス検定および Steel-Dwass 法を用いて多重比較検定を行った。図 4.9 は周期ごとにみた深睡眠割合を、図 4.10 は周期ごとにみた浅睡眠割合をそれぞれ示す。

図 4.9 から温度調整素材寝具は第 1 周期でノーマル寝具に比べ深い睡眠がとれ、第 4 周期では深睡眠割合がノーマル寝具に比べ少なくなる傾向がみられた。また、温度調整素材寝具で起床時間が近づくにつれて、深睡眠割合が減少していく結果となった。統計解析の結果、ノーマル寝具では有意差が確認できなかったが、温度調整素材寝具は第 1 周期と第 3 周期、第 1 周期と第 4 周期、第 2 周期と第 4 周期に統計的に有意な差がみられた。また寝具間では、第 4 周期の深睡眠割合に有意差が確認された。

図 4.10 から覚醒に近づく第 4 周期でノーマル寝具に比べ、浅い睡眠が多い傾向がみられた。また、温度調整素材寝具で起床時間が近づくにつれて、浅睡眠割合が増加していく傾向がみられた。統計解析の結果、ノーマル寝具では有意差が確認できなかったが、温度調整素材寝具は、第 1 周期と第 3 周期、第 1 周期と第 4 周期に統計的に有意な差がみられた。

覚醒につれて深い睡眠が減少し、浅い睡眠が増加するとよい睡眠周期といわれていることから、温度調整素材寝具での睡眠は、の 0 ②寝具での睡眠に比べ、生体のリズムに合わせたよい睡眠周期で眠れていることが推察される。

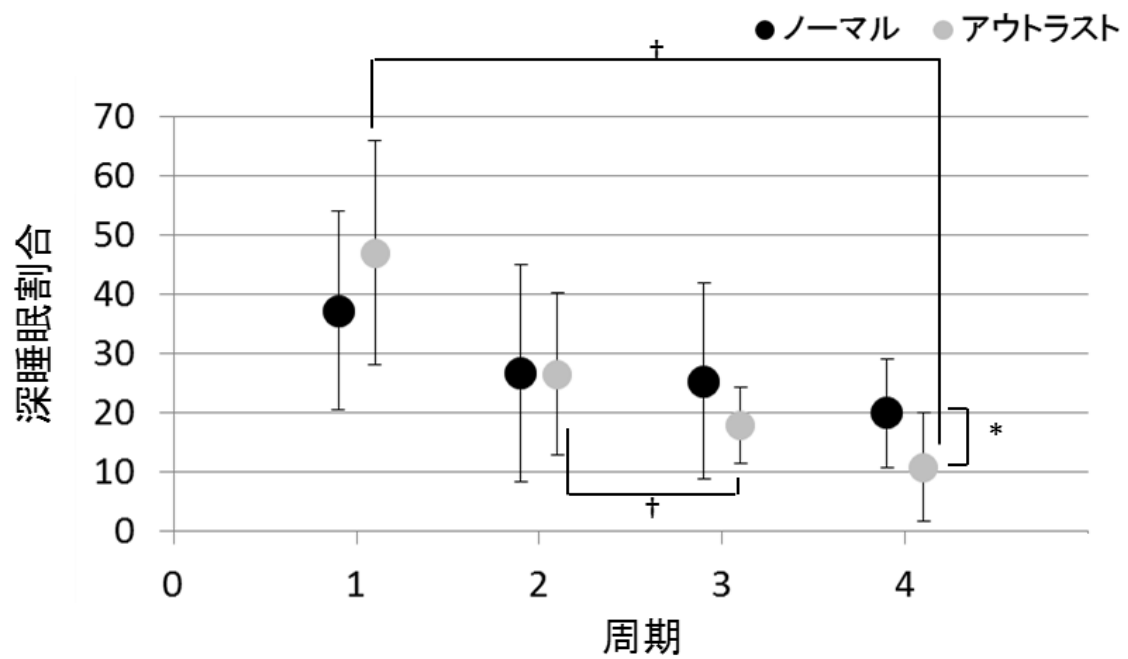


図 4. 9 周期ごとにみた深睡眠割合 (N=5) (*: $p<0.05$, †: $p<0.10$)

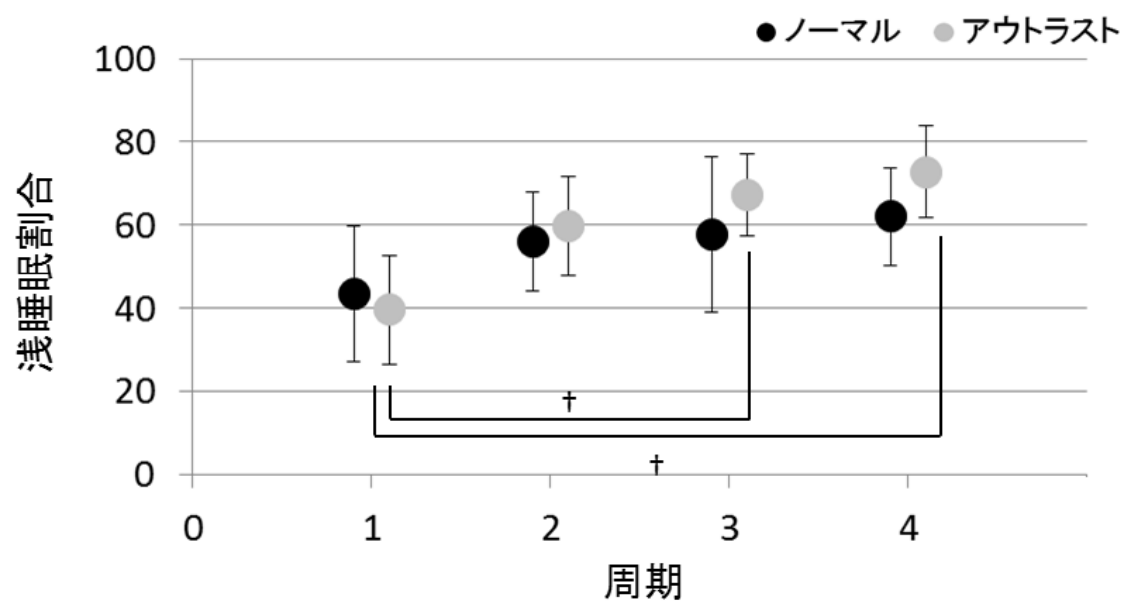


図 4. 10 周期ごとにみた深睡眠割合 (N=5)
(**: $p<0.01$, *: $p<0.05$, †: $p<0.10$)

4.6.2 動作計測による睡眠状態の推定

Cole 式により判定された睡眠判定の結果から、実験開始から 0 - 3 時間と 0 - 6 時間の睡眠効率、体動回数を求めた。各試料における、結果を図 4.11 および図 4.12 に示す。各睡眠変数に対してウィルコクソンの符号順位和検定を行った結果、睡眠効率および体動回数に統計的な有意差がみられた。睡眠中の体動から睡眠を判定するという原理から、ノーマル寝具は温度調整素材寝具と比べ、睡眠中の活動が多くなったことが推測される。そのため、温度調整素材寝具はノーマル寝具と比べ、体動が少なく、睡眠中により身体を休められていると考えられる。

次に、Cole 式により判定された睡眠判定の結果から、6 時間分のデータを 1.5 時間の睡眠周期ごとに睡眠効率を求めた結果を図 4.13 に示す。各試料間の検定はウィルコクソンの符号順位和検定、各試料の周期ごとの検定にはクラスカル・ウォリス検定および Steel-Dwass 法を用いて多重比較検定を行った結果、各試料間の第 2 周期から第 4 周期の睡眠効率に統計的な有意差がみられた。第 1 周期において、ノーマル寝具は温度調整素材寝具と比べ、睡眠中の活動が多い傾向がみられた。以上の結果から、ノーマル寝具は寝床内環境を調整するために体動が増加したことが考えられる。

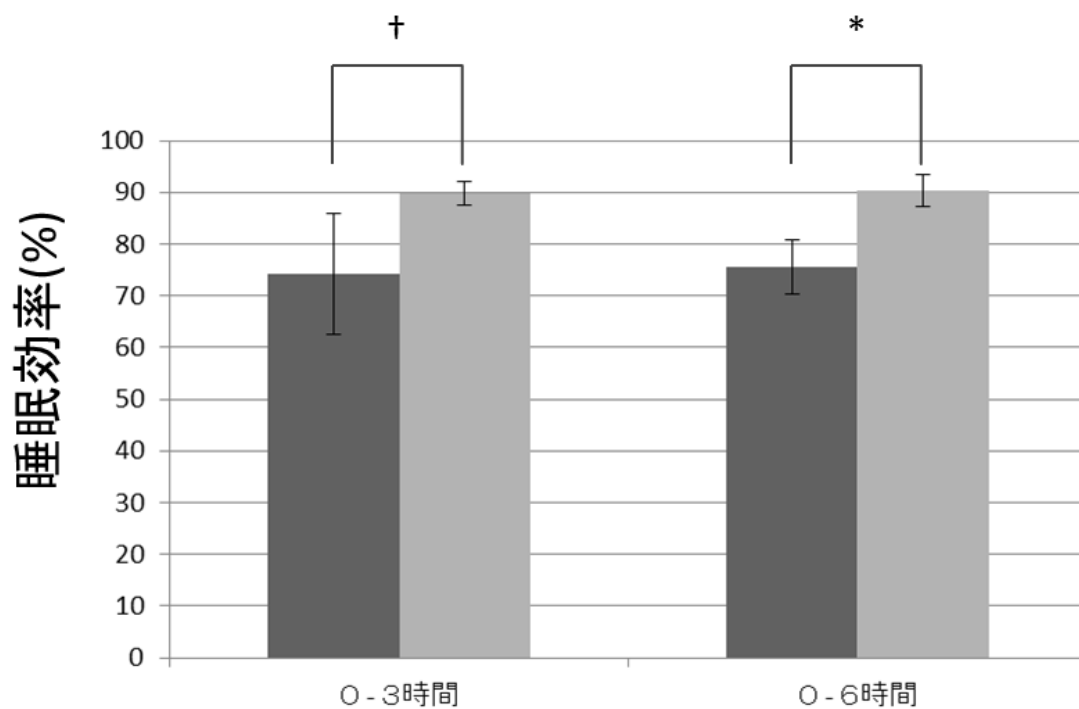


図 4. 11 Actigraph による各試料で睡眠効率 (N=5) (*: $p<0.05$, †: $p<0.10$)

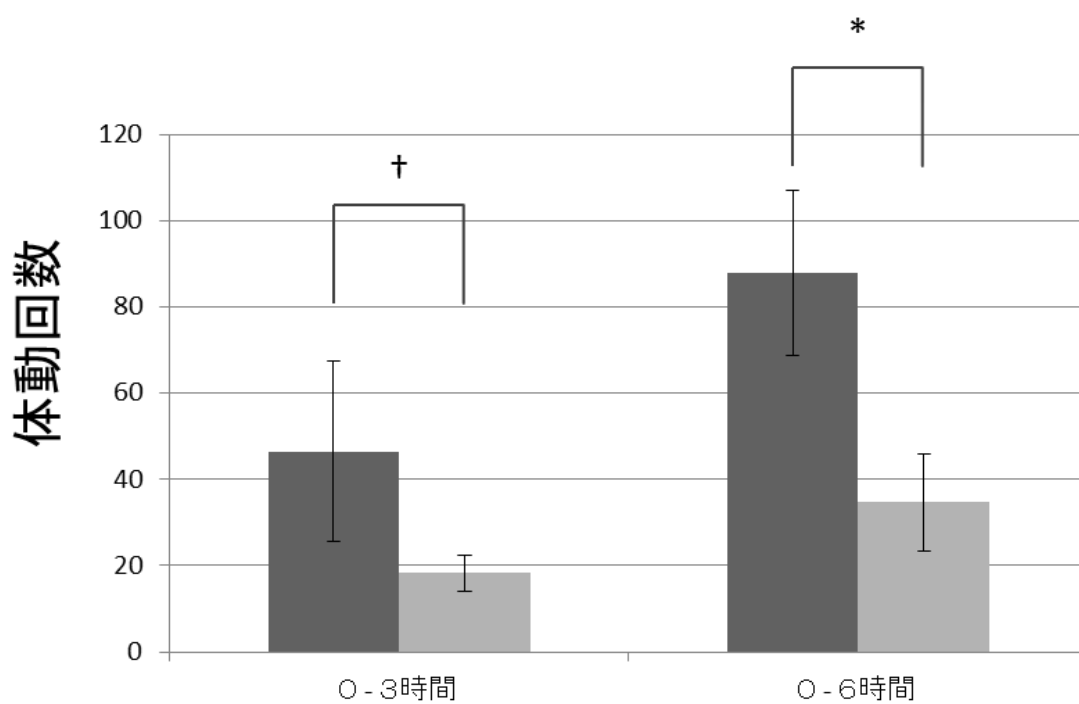


図 4. 12 各試料で睡眠中に発生した体動回数 (N=5) (*: $p<0.05$, †: $p<0.10$)

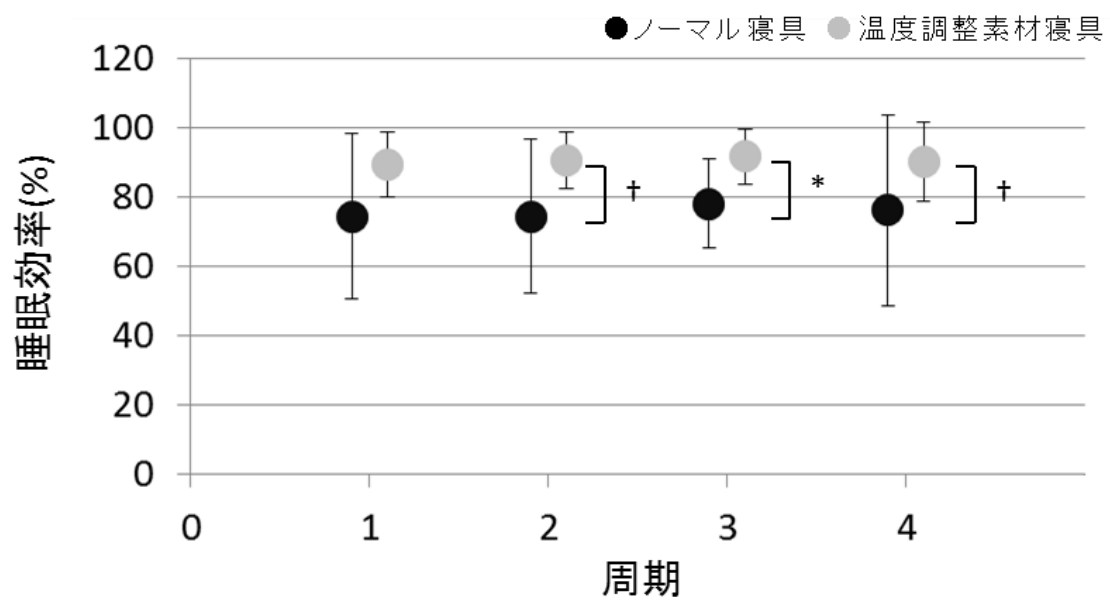


図 4. 13 周期別にみた睡眠効率 (N=5) (*: $p<0.05$, †: $p<0.10$)

4.6.3 気分調査

睡眠前後の POMS の結果を図 4.14・図 4.17 に示す。差の検定にはウィルコクソンの順位和検定を用いた。図 4.14 からノーマル寝具は、陰性因子である緊張、怒り、抑うつ、疲労、混乱の得点が睡眠前に比べ睡眠後に上昇する傾向がみられ、反対に活気の得点が低下する傾向がみられた。検定の結果、ノーマル寝具は、疲労と活気に有意差が認められた。これは、睡眠をとることで起床時の意欲や活力がなかった状態であると考えられる。

図 4.15 から温度調整素材寝具は、陰性因子である緊張、怒り、抑うつ、疲労、混乱の得点が睡眠前に比べ睡眠後に低下する傾向がみられ、反対に活気の得点が上昇する傾向がみられた。検定の結果、温度調整素材寝具は、抑うつと緊張に有意差が認められた。これは、睡眠をとることで心身が回復し、睡眠後に気分を改善している状態であったことが考えられる。

図 4.16 は各試料における睡眠前後での T 得点の差を示す。温度調整素材寝具は、陰性因子が減少し、陽性因子である活気が増加した。ノーマル寝具は温度調整素材寝具と逆の傾向を示した。各試料間で活気の得点差に有意差が認められた。このことから、温度調整素材寝具はノーマル寝具に比べ、睡眠によって活力が向上する結果となった。

図 4.17 に各試料における睡眠前後の総合的な気分の状態を示す TMD 得点を示す。ノーマル寝具は睡眠によって TMD 得点が増加し、温度調整素材寝具では減少した。統計的な有意差は確認できなかったが、ノーマル寝具は睡眠によって気分が悪化する傾向が、温度調整素材寝具は睡眠によって気分が改善する傾向がみられた。

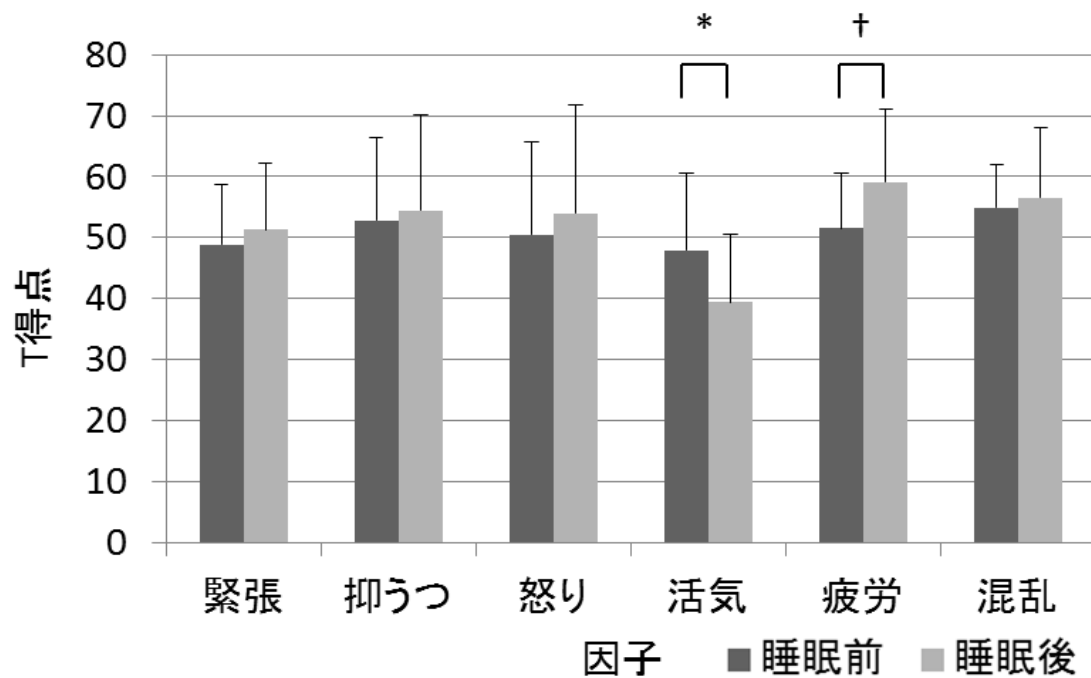


図 4. 14 睡眠前後の POMS テストから得られたノーマル寝具の T 得点 (N=5)
(*: $p < 0.05$, †: $p < 0.10$)

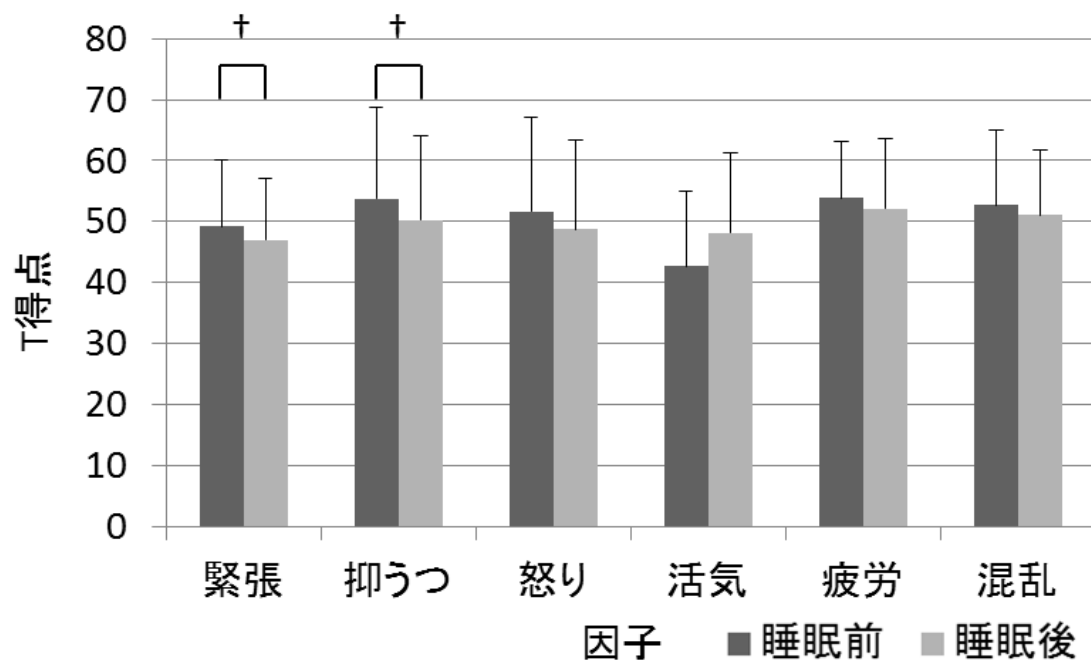


図 4. 15 睡眠前後の POMS テストから得られた温度調整素材寝具の T 得点 (N=5)
(†: $p < 0.10$)

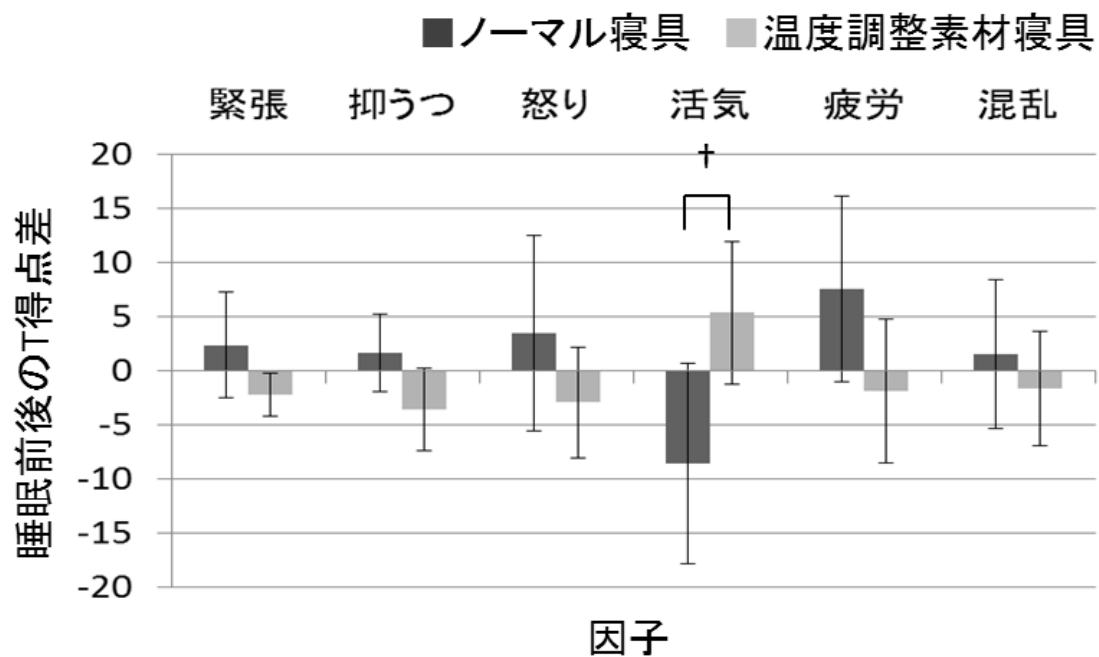


図 4. 16 各試料における睡眠前後での T 得点差 (N=5)
(*: $p < 0.05$, †: $p < 0.10$)

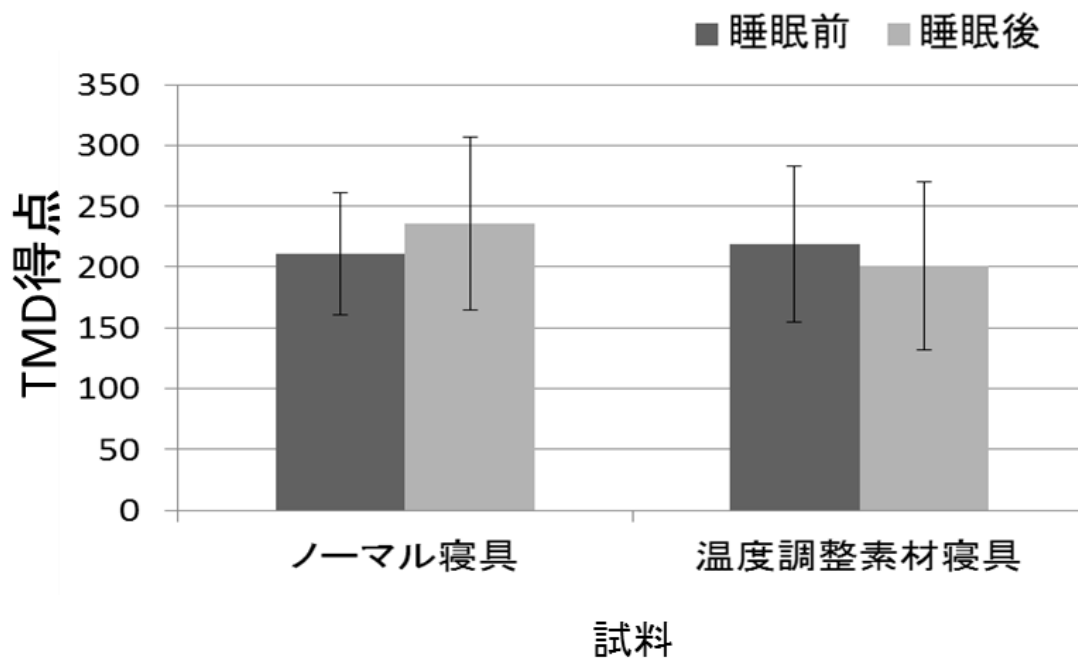


図 4. 17 各試料における睡眠前後の TMD 得点 (N=5) (†: $p < 0.10$)

4.7 考察

温度調節素材寝具は寝苦しくない状況を、ノーマル寝具は寝苦しい状況になると仮定して、本章の研究を行った。温熱特性評価の結果、温度調節素材寝具は接触したときにヒヤッと感が高く、保温性能が良く、熱の移動が多いことから冷たく感じる特性があり、ノーマル寝具は温度調節素材と比べて定常状態になりやすく、熱の移動が少ないことから暖かく感じる特性が考えられた。PSGの結果、睡眠効率(睡眠時間)や平均睡眠深度(睡眠の深さ)に統計的な差はみられなかったが、温度調整素材寝具で寝た場合、ノーマル寝具と比べて睡眠周期が良くなる結果となった。体動測定の結果、ノーマル寝具は温度調整素材寝具と比べて睡眠中、多く体動がみられることを確認した。気分調査の結果、温度調整素材寝具は温度調整素材寝具に比べて、気分の改善がみられた。実験に用いた試料の睡眠中の衣服内・寝床内温度に差がみられなかったことから、寝床内環境の調整の仕方に違いがあったと推察される。これは素材の持つ温熱特性の違いによって引き起こされたことが推測される。温度調整素材寝具では寝床内環境を素材が熱を吸収することで寝床内環境を調整し、ノーマル寝具では自身の体動で寝床内環境を調整していたことが考えられる。本章の結果をふまえると、睡眠状況として、温度調整素材は寝苦しくない状況を、ノーマル寝具は寝苦しい状況であったことが推測されるため、ノーマル寝具と比べて温度調整素材寝具での睡眠の方が寝心地が良かったことが考えられる。暑熱環境下において、温熱特性は人の睡眠状況を変化させる可能性を得た。

温度調節素材寝具でより良い睡眠をもたらした原因として、温度調整素材寝具がもつ素材の接触冷温感が影響していると考えられる。岡本らによると高温多湿条件（32℃80%RH）での睡眠時に冷却枕を使用した場合、冷却枕を使用しなかった場合と比較して睡眠中の発汗量を抑制し睡眠効率を改善する効果が得

られたと報告されている[74, 75]。このことから、温度調整素材寝具の温熱特性が睡眠時の身体を冷却し発汗を抑制した可能性がある。また、温度調整素材寝具において、不快な寝床内環境を整えたのは、寝返りをした際に素材が人体側の熱を吸収したことが考えられる。中村らが温熱的に快適な環境で睡眠した際、Cole 式を用いた睡眠効率は 90%程度であったと報告している[76]。本研究で行った Actigraph の結果も 90%程度であったことから、温度調節素材での睡眠は温熱負荷がかかった状況でも寝苦しくない状況であったと推察される。そのため、就床中の活動は身体の花行不良の改善等を目的とした自然な生理活動であったことが考えられる。以上のことから、温度調整素材の持つ温熱特性の影響で就寝直後に最も深い睡眠となり、体動が減少したことからよい睡眠周期をとったことが考えられる。その結果、気分の改善につながったと考えられる。

一方、ノーマル寝具は温度調整素材と比較して寝心地が悪化した。ノーマル寝具は温度調整素材寝具に比べ、気分が悪化し、睡眠周期が安定しなかった。この原因として、不快になった寝床内環境を体動によって調整したことが考えられる。高温多湿環境下の生理反応の結果で、風が睡眠中の熱負荷を低減する可能性があると都築らが報告している[77]。体温調節の調整には自律性と行動性の 2 種類があると言われている[73]。行動性温度調節には姿勢の変化や自発性行動も含まれる。これらのことから、寝苦しい状況での睡眠は、寝返りなどの体動で寝具と人体の間に空間を作り、風を送り込むことで不快な寝床内環境を調整し、体温を調整していることが考えられる。睡眠中の熱負荷を低減し、不快な寝床内環境を良くするために体動が増加したことが推測される。また、安倍らが、睡眠時の体動は自律神経活動が活発になり、副交感神経より交感神経活動が亢進し、脳波の δ 波パワーが減少し、睡眠が浅くなるといった傾向があると報告している[78]。また、体動は REM 睡眠期に多く出現すると古木らが報告している[79]。

ノーマル寝具の REM 睡眠割合が温度調整素材寝具より多く出現した理由も体動の増加が原因であると考えられる。東朋らの報告では、交感神経活動の活性時は精神的・肉体的ストレスがかかっていると言われている[80]。そのため、温熱負荷がかかった時の睡眠状態として、“体動が増加→REM 睡眠割合の増加→ノンレム睡眠割合が低下”がみられ、熱負荷を低減させた時の人の状態として、“体動が増加→交感神経活動が亢進→心理的・肉体的負荷がかかる”ことが考えられる。ノンレム睡眠割合の低下および心理的・肉体的負荷が気分の悪化や睡眠周期の不安定さにつながったと考えられる。以上の結果から、睡眠中の過度な体動はノンレム睡眠割合の低下および心理的・肉体的負荷につながり、特に活力を低下させ、疲労感を増大させる影響があると考えられる。

4.8 まとめ

本研究の結果、寝具の持つ物理特性は睡眠状況に影響し、体動の頻度に影響することが考えられた。暑熱環境において、PSG による睡眠効率(睡眠時間)と平均睡眠深度(睡眠の深さ)に差がみられなかったため、温熱負荷時の睡眠評価は PSG のみの評価では不十分であると考えられる。温度調節素材を含んだベッドパッドで起床後の気分がよくなることを確認した。睡眠中の過度な体動によって気分を悪化させた可能性があることから、睡眠中の過度な体動は起床後の気分を変える要因の一つである可能性を示した。よって、暑熱環境下における寝心地の評価指標として体動計測は有用であると結論付けた。暑熱環境下における体動計測は、ストレスの評価につながる可能性が考えられる。今回の実験において、温度調整素材寝具での睡眠は心身反応がよいため、ノーマル寝具に比べ寝心地が向上することを確認した。

参考文献

- [72] 入来正躬, 体温生理学テキスト, 文光堂, 60-70, 2003
- [73] 梁瀬度子, 寝具 睡眠の科学, 朝倉書店, 117-126, 1984
- [74] Okamoto-Mizuno K. , Tsuzuki K. , Effects of head cooling on human sleep stage and body temperature, Int. J. Biometeorol, 48, 98-102, 2003
- [75] 本多和樹 監修, 眠りの科学とその応用, 都築和代, 第 15 章 快適な睡眠をサポートする温熱環境, p196, 2007
- [76] 中山栄純, 小林宏光, 山本昇, アクチグラフによる睡眠・覚醒判定の基礎検討, 石川看護雑誌, 3(2), 31-37, 2006
- [77] 都築和代, 水野一枝, 水野康, 岩城達也, 高温高湿環境下における睡眠時の体温調節に関する研究, 人間・生活環境系シンポジウム報告集 25, 183-186, 2001
- [78] 安倍泰弘, 中島一樹, et.al, 睡眠時における体動と自律神経活動の関係, 電子情報通信学会技術研究報告. IE, 画像工学 96(382), 21-28, 1996
- [79] 古木正芳, 八十政夫, 湯ノ口万友, 心拍を用いた REM 睡眠期の検出, 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティックス 103(637), 13-16, 2004
- [80] 東朋幸, 山口昌樹, 出口満生, 唾液アミラーゼ活性を利用した交感神経活動モニタと運転ストレスの評価, 電子情報通信学会技術研究報告. OME, 有機エレクトロニクス 104(483), 35-40, 2004

第 5 章

結言

本章は本論文の成果をまとめ、結論と今後の課題について述べる。本研究の目的は評価が曖昧な寝心地の客観的な評価方法をつくり、寝具の選択や設計に利用できる指標を特定することであった。寝心地に影響を与える要因を明確にするために、寝具の物理特性計測および心身反応計測を用いて以下の 3 つの研究を行った。

1. 生理心理反応計測を用いたベッドマットレスの寝心地評価（第 2 章）
 2. 区分ごとに弾性率の異なるベッドマットレスの寝心地評価（第 3 章）
 3. 温度調整素材を含んだベッドパッドの寝心地評価（第 4 章）
- の 3 つの研究を行った。

第 2 章は実験試料として形状および構造が同一のマットレスに着目した。弾性率のみが段階的に異なる 4 種類のマットレスを用いて寝心地評価実験を行った。本章ではマットレスの硬さによって寝心地が変化すると仮定した。弾性率の違いが仰臥位姿勢に与える基礎的なデータとして、スライドゲージ法によって寝姿勢曲線を計測した。試料が睡眠に及ぼす影響を PSG と POMS によって検証した。弾性率の異なるマットレスは低弾性のマットレスで沈み込みが大きくなり、特に腰部から臀部の沈み込みが大きくなることを確認した。生理心理反応計測による寝心地評価実験では、高弾性のマットレスで心身反応が良好であり、寝心地が良くなる傾向がみられた。生理反応計測の結果は、従来の評価法である睡眠効率では明確な違いを見いだせなかったが、平均睡眠深度という評価指標を提案することで、弾性率の違いによる睡眠状態の違いを明確にした。そのため、著者が提唱した平均睡眠深度は、均一な弾性率を有するマットレスを評価するための有用な指標となる可能性がある。高弾性のマットレスで心身反応がよくなることから、マットレスの弾性率は寝心地に影響を与える要因の一つ

である可能性を示した。

第 3 章はより寝心地を向上させる方法として、身体区分ごとに弾性率の異なるマットレスに着目した。5 種類のマットレスを用いて寝心地評価実験を行った。本章はマットレスの違いによる血行動態の差異によって寝心地が変化すると仮定した。マットレスの違いによる寝姿勢を Shape sensor を用いて評価し、大腿二頭筋の血行動態を近赤外分光法による血流計測で評価した。試料の違いが睡眠に及ぼす影響を PSG, Actigraph および POMS を用いて評価した。寝姿勢と血行動態はマットレスによって変化することが確認された。PSG と Actigraph の結果、有意差はみられなかったが高弾性を有するマットレスで睡眠状態が良くなる傾向を確認した。POMS の結果、臀部領域に弾性率が低いマットレスで気分が悪化した。気分の悪化がみられたマットレスは他のマットレスと比べ、血行不良が確認された。そのため、大腿二頭筋の血流測定は、区分ごとに弾性率の異なるベッドマットレスの寝心地を評価するための有用な指標となる可能性がある。大腿二頭筋の血行動態の差は起床後の気分を変える要因の一つである可能性を示した。

第 4 章は実験試料として温度調節素材に着目した。温度調節素材は寝床内温度の温度を一定($32^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$)に調整するとされている素材である。温度調整素材を含むベッドパッド・枕パッドと含まないベッドパッド・枕パッドを用いて寝心地評価実験を行った。本章では、体動によって寝心地が変化すると仮定した。試料の温熱特性を KES によって評価した。試料の違いが睡眠に及ぼす影響を PSG, Actigraph および POMS を用いて評価した。KES の結果、両試料間の温熱特性に差がみられた。PSG の結果、両試料間の睡眠の深さや時間に差はなかったが、睡眠周期に差がみられた。Actigraph と POMS の結果、温度調整素材を含まないパッドは温度調整素材を含むパッドに比べ睡眠中の体動が多くなり、

気分が悪化することを確認した。そのため、体動計測は暑熱環境下における寝心地を評価するための有用な指標になる可能性がある。睡眠中の過度な体動によって気分を悪化させたことから、睡眠中の過度な体動は起床後の気分を変える要因の一つである可能性を示した。

本論文では睡眠時の身体状態と目覚めた時の気分体調によって左右されるものと定義し、睡眠中の寝心地を評価した。生理反応によって睡眠状態を推定した結果、硬さに注目した場合には、睡眠効率(睡眠時間)と弾性率の間に相関関係は確認できなかったが、平均睡眠深度(睡眠の深さ)と弾性率の間に非常に高い相関関係($r=0.98$, $p<0.05$)が確認された。そのため、著者らが提案した平均睡眠深度でマットレスの違いによる睡眠状態を明確にできる可能性が示された。一方、寝床内環境に注目した場合、生理反応から推定した睡眠状態(睡眠時間や睡眠の深さ)に明確な差は見いだせなかったが、睡眠中の体動に違いがみられた。気分調査の結果、寝具の硬さや寝床内環境の違いは、共通して起床後の気分を変化させることを確認した。気分に影響を与える要因として、“弾性率”，“筋肉内の血行動態”および“温熱特性の違いによる体動の増減”であることを示した。生理心理反応計測に加え、弾性率の計測、筋血流計測、温熱特性評価、動作計測などの指標を組み合わせることで、寝心地を推定できることを明らかにした。同時に、寝具の選択や設計に利用できる指標として、“弾性率の高いマットレス(全体的に硬め)”，“臀部が沈み込まないマットレス”および寝具のもつ“温熱特性(接触温冷感)”が考えられる。

マットレスの持つ硬さは人の心身反応に影響することが明らかになった。マットレスの性能として、硬さに関して議論されることが多いが、「反発力のある硬さが良い」，「やや硬め、やや柔らかめが良い」などその表現は曖昧である。硬さの表現は非常に曖昧である。表現が曖昧な理由として考えられることは、マ

マットレスの弾性率の計測は規格化されておらず、各研究者の計測方法に依存していることが考えられる。そのため、硬さの表現が曖昧になっていると考えられる。加えて、マットレスの弾性率が寝姿勢に与える影響を研究している論文は多くない。寝姿勢の違いが人の寝返りしやすさに影響している可能性があると言われていたが、寝姿勢と動作の関係を調査した例も少ない。マットレスの弾性率が寝姿勢や動作などの人に与える影響についての基礎的な知見が望まれているのが現状である。本研究で得られた成果が確かかどうかを確認するためにはマットレスの数を増やし、検討しないと明言できない。種類を増やして検討を行う必要がある。硬さの違いが睡眠に及ぼす影響が明らかになれば、マットレス設計やマットレスを購入する際の有益な情報となると考えられる。

近年、多くの機能性繊維素材の開発が多くされているのが現状である。素材によって温熱特性が異なると言える。本論文では、温度調節素材を題材にして実験を行った。本論文では温度調整素材寝具が持つ温熱特性が睡眠中の体動を変化させ、体動の増減が気分を変化させる要因であることを報告した。よって寝具がもつ温熱特性は人の睡眠に影響を及ぼすことが考えられる。しかし、素材が変わると温熱特性も変化することが考えられる。そのため、寝具の温熱特性をとらえ、体動を計測することは暑熱環境下での寝心地を推定する有益な情報になると考えられる。

また、本論文では、標準体型の男子大学生のみを被験者の対象として、実験を行っている。被験者の体型、性別、年齢が変われば、寝具のもつ物理特性から受ける影響も変わる。例えば、肥満体型の被験者では、標準体型の被験者よりもマットレスの沈み込み量が大きくなるので、標準体型の被験者の結果とは異なることが予想される。今後は、幅広い被験者を対象にした実験を行い、科学的根拠に基づく寝具の設計や購入する際の基準になることを望む。

本論文の内容は以下のように発表をもとに構成している。

発表論文

第 2 章

国内学会発表

- 1) 青井政貴, 小野陽祐, 上條正義, 吉田宏昭, 睡眠深度分析によるベッドマトレスの寝心地評価, 第 63 回日本繊維機械学会年次大会, 大阪, 2010.5

投稿論文

- 1) Masataka AOI, Masayoshi KAMIJO, Hiroaki YOSHIDA, Evaluation of Sleeping Comfort of Bed Mattresses using Physiological and Psychological Response Measurements, Kansei Engineering International Journal 11, 163-169, 2012

第 3 章

国内学会発表

- 1) 青井政貴, 上條正義, 吉田宏昭, 身体区分の重量を考慮したベッドマトレスの寝心地評価, 平成 23 年度繊維学会年次大会, 東京, 2011.6
- 2) 青井政貴, 上條正義, 吉田宏昭, 区分ごとに弾性率の異なるベッドマトレスの寝心地評価, 第 7 回日本感性工学会春季大会, 香川, 2012.3
- 3) 青井政貴, 上前真弓, 上條正義, 吉田宏昭, 区分ごとに弾性率の異なるベッドマトレスの寝心地評価に関する研究, 第 30 回センシングフォーラム 計測部門大会, 長野, 2013.8

査読付き国際学会発表

- 1) Masataka AOI, Kazuma HASHIMOTO, Hiroaki YOSHIDA, Masayoshi KAMIJO, Evaluation of Sleeping Comfort of Bed Mattresses with Different Elastic Moduli for Each Body Region, International Conference on Biometrics and Kansei Engineering 2013, 6

投稿論文

- 1) Masataka AOI, Kazuma HASHIMOTO, Mayumi UEMAE, Hiroaki YOSHIDA, Masayoshi KAMIJO, Evaluation of Sleeping Comfort of Bed Mattresses with Different Elastic Moduli for Each Body Region, International Journal of Affective Engineering, (accepted on 12/28, 2014)

第 4 章

国内学会発表

- 1) 青井政貴, 渡辺純也, 上條正義, 吉田宏昭, 温度調節素材を含んだベッドパッドの寝心地評価, 平成 24 年度繊維学会年次大会, 東京, 2012.6
- 2) 渡辺純也, 青井政貴, 上條正義, 吉田宏昭, 暑熱環境下における温度調節素材を含んだベッドパッドの寝心地評価, 第 7 回日本感性工学会春季大会, 福岡, 2012.3
- 3) 橋本一馬, 青井政貴, 上條正義, 上前真弓, 吉田宏昭, 温度調節素材による寝具の寝心地評価, 平成 25 年度繊維学会年次大会, 東京, 2013.6
- 4) 橋本一馬, 青井政貴, 上前真弓, 上條正義, 吉田宏昭, 相変化材料を用いた温度調節寝具の寝心地評価に関する研究, 第 15 回感性工学会大会, 東京, 2013.9

- 5) 橋本一馬, 青井政貴, 上前真弓, 吉田宏昭, 上條正義, 相変化材料を用いた温熱調節素材寝具の寝心地評価に関する研究, 第 16 回感性工学会大会, 東京, 2014.9

査読付き国際学会発表

- 1) Masataka AOI, Masayoshi KAMIJO, Junya WATANABE, Hiroaki YOSHIDA, Sleeping comfort Evaluation of Bedding using Functional Fibers, Textile Bioengineering and Informatics Symposium 2012, 2012.8

受賞

- 1) Outstanding Student Papers Competition, Textile Bioengineering and Informatics Symposium 2012, 2012.8

投稿論文

- 1) 橋本一馬, 青井政貴, 吉田宏昭, 上條正義, 相変化材料を用いた温熱調節素材寝具の寝心地評価に関する研究, 感性工学会, (under review)

OUTSTANDING STUDENT PAPERS COMPETITION

Presented to

Masataka Aoi, Masayoshi Kamijo,
Junya Watanabe, Hiroaki Yoshida

In recognition of your research paper, entitled

Sleeping Comfort Evaluation of Bedding Using
Functional Fibers

TBIS 2012

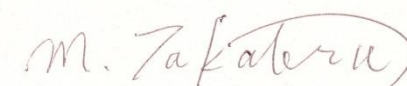
Organized by

Textile Bioengineering & Informatics Society

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University

August 9-11, 2012, Japan

Professor Yi Li
Chairman
International Scientific Committee
TBIS 2012



Professor Masayuki Takatera
Chairman
Organizing Committee
TBIS 2012



謝辞

本研究をまとめるにあたり、ご懇切なるご指導を賜りました信州大学大学院総合工学系研究科教授 上條正義博士に衷心から御礼申し上げます。

また、本論文をご査読いただき、貴重なるご指導を賜りました信州大学医学部教授 木村貞治博士，同大学繊維学部教授 木村裕和博士，同准教授 吉田宏昭博士，同准教授 細谷聡博士に厚く御礼申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、多大なるご支援・ご高配を賜りましたシモンズ株式会社，伊藤忠商事株式会社に厚く御礼申し上げます。

そして，信州大学繊維学部繊維・感性工学系感性工学課程上條・吉田研究室の学生の皆様には，実験の遂行に多大なるご助力をいただき深く感謝いたします。

最後に，長年にわたる私の学生・研究生活を温かく見守りながら，ご協力とご支援くださいました両親と親族の皆様方に心から御礼申し上げます。

