

寝返り性向上マットレスの開発

Development of the Mattress improved
in the performance of turning over in bed

山田 浩^{*1}、上西園 武良^{*1}、角谷 明子^{*2}

Hiroshi YAMADA, Takeyoshi KAMINISHIZONO, Akiko SUMIYA

寝返り性向上と軽量化をねらいとして、エラストマーを弾性体に利用したマットレスを開発した。弾性体としてオイル含有スチレン系エラストマーを採用し、形状・特性を柔軟性・弾性力が最適となるように設計した。身体の荷重を受けた際に隣接する弾性体同士が互いに接し合い1つの面として体を支え、3次元の動きに対しても柔軟に対応することができる。その結果、寝返り性を向上し、良好な体圧分散性を確保できた。併せて、一般の金属スプリングマットレスと同等まで軽量化することができた。

We have developed a flexible-fit mattress to achieve the improvement of turning over in bed and the weight reduction by utilizing the elastomer blocks. The shape and characteristics of the elastomer blocks are optimally designed to support human body by the flexible plane. Since the flexible mattress can adjust to the 3-dimensional motion of the human body, we improved not only the basic mattress performance of turning over in bed but also the pressure distribution. In addition, we realized the mattress weight equivalent to the conventional spring mattress.

1. はじめに

1日8時間眠るとして、人生80年のうち合計27年間は眠っていることになる。人生の3分の1近くを占める睡眠時間をより質の高い睡眠にすることは、健康なからだと豊かな人生を得ることでもある。

睡眠には脳の疲労回復とからだの疲労回復の2つの役割があり、それらをどちらもうまく回復させることが重要である。この睡眠は、ノンレム睡眠(深い眠り)、レム睡眠(浅い眠り)と呼ばれ、一晩に数回繰返され、その切り替り時に寝返りが無意識に行なわれる。これが必要な寝返りと言われるものである。

寝返りには必要な寝返りと不要な寝返りがあり、不要な寝返りとはマットレスの基本特性として一般的な体圧分散性、寝姿勢、寝床内環境が悪い場合に引き起こされるもので、主にマットレスの硬さや寝

具の通気、保温性に起因している¹⁾。

寝返り時にからだの動きがスムーズになされることで、よりよい睡眠を得るための条件である。寝返りが適度に正しく行なわれないと、寝返りのためのからだの動きにより逆に体力を消耗してしまう。今回、マットレス弾性体にエラストマーを利用し、良好な体圧分散性と寝返りのし易さを両立できるマットレスを開発した。本稿では、体圧分散性および筋電図によって客観的な評価結果を報告する。

2. 開発マットレスの構成

2.1 樹脂弾性体の配列

開発マットレスは図1の様に、ベースウレタンの内部に3つの樹脂弾性体ユニットを配置する構成である。

*1 アイシン精機株式会社 ライフ&メディア技術部

*2 アイシン精機株式会社 材料技術部

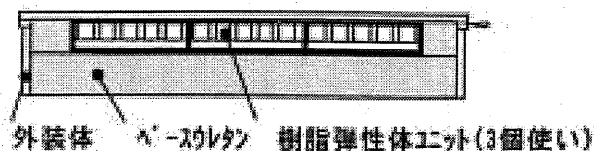


図1 マットレス断面の構成

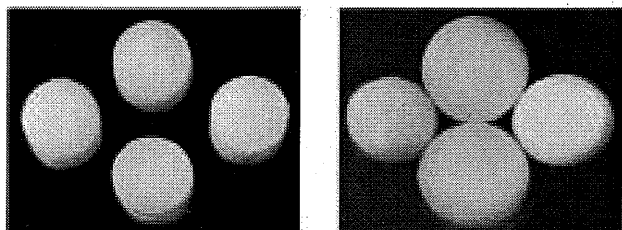


図2 受圧時の樹脂弾性体の変形

樹脂弾性体形状はマットレス表面から弾性体の凹凸が背中、臀部に違和感のない円柱形状 ϕD とし千鳥配列にした。材質は非常に柔軟なエラストマーを使用し、その硬度は円柱形状 $\phi D \times$ 高さ H を自己保持できる最小の硬度で樹脂弾性体の荷重-変位特性を決定した。エラストマーの柔軟で伸びのある特性は樹脂弾性体として新感触を有するものになった。

樹脂弾性体は受圧面 ϕD を増加させながら樽状変形できる (図2)。成人男子体重 $65\text{kg}^{2)}$ の臀部体荷重比率より樹脂弾性体1個の分担荷重 F を求め、荷重 F 時に隣接する弾性体の変形によって増加した受圧面 ϕD どうしが互いに接し合うように樹脂弾性体ピッチ A, B, C, D は最適位置に設定されている (図3)。

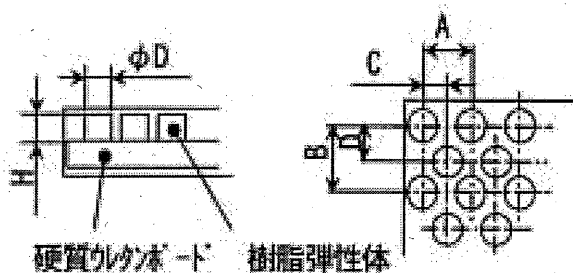


図3 樹脂弾性体ユニット構成

これにより必要最小数の樹脂弾性体配列でありながら体荷重の高い臀部では、受圧面 ϕD が多数の荷重支持から人体に沿った曲面受けにすることができるため、弾性体からの反力が小さくなり優れた体圧

分散性を有するマットレスができると考えられる。

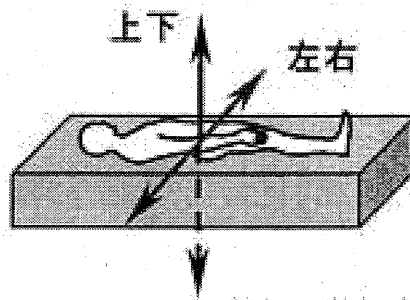


図4 マットレス特性の基軸方向

一般的に体圧分散性や寝姿勢はマットレスに対し上下方向の特性を評価する基軸であるが、寝返り性は左右方向を評価する基軸である (図4)。エラストマーの柔軟な特性により、使用者の身体の凸凹や動きに対してエラストマーの変形が追従できるため (図5)、寝返り時のからだの回転を小さな力で容易に行えると考えられる。

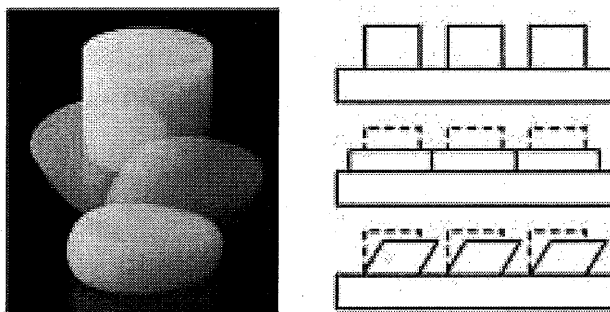


図5 樹脂弾性体の変形

2.2 樹脂弾性体ユニット

弾性体ユニットの分割位置は成人男子身長 $170\text{cm}^{3)}$ 仰臥時の人体凸部である肩甲骨部、臀部、脛脛部を支持できるように3等分割されている (図6)。樹脂弾性体は前述の図2の様に、荷重増加に応じ受圧面積を増加できるため最大荷重分担部である臀部ユニットにおいて人体凸部形状に柔軟に追従した連結面を形成し、マットレスの基本特性である体圧分散性を良好に確保できると考えられる。

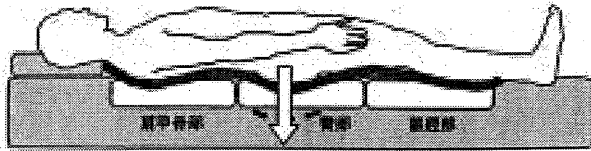


図6 人体と樹脂弾性体ユニット位置

3. 樹脂弾性体材料

3.1 選定経緯

マットレスの基本特性である体圧分散性や寝姿勢を確保しつつ、優れた寝返り性を確保するために樹脂弾性体の材料としてエラストマーを検討した。エラストマーとはゴムのように軟らかく、樹脂のような加工のできる材料である。ゴムとは異なり、熱可塑性樹脂であるため、リサイクルしやすい材料である。エラストマーの種類と特性を表1に示す。

表1 エラストマーの特性

種類	柔軟性	耐熱性	低温特性	引裂き強度
スチレン系	○	○	○	○
シリコン系	○	○	○	×
ウレタン系	○	×	—	—
オレフィン系	×	×	—	—
塩ビ系	△	×	—	—
フッ素系	×	○	×	—

柔軟性をもつエラストマーとして、スチレン系、シリコン系、ウレタン系が挙げられる。表1より引裂き強度、耐熱性に優れているオイル含有スチレン系エラストマーを選定した。

一般的に有機物の柔軟性はガラス転移温度を境に変化する。スチレン系エラストマーの場合、近年マットレス材料で多く見られる低反発ウレタンとは異なり、ガラス転移点が室内環境温度領域にはないため硬くならず、低温特性が良い。低反発ウレタンのガラス転移点は25℃付近であるが、スチレン系エラストマーの場合は-50℃であるため通年で一定の柔軟性を維持することができる。

3.2 樹脂弾性体の分子形態モデル

スチレン系エラストマーにオイルを添加し、柔軟性を更に向上させる。図7はオイル含有スチレン系エラストマーの模式図である。

樹脂弾性体はプラスチックの性質をもつポリスチ

レンブロックが架橋点となり、ゴム性質をもつエラストマーブロックによりゴム弾性を発現する3次元架橋体である。その3次元架橋体の中に、オイルを添加し、非常に柔軟な感触を持たせることができる。

オイルを添加した場合、熱あるいは繰り返し圧縮により使用中にオイルが滲み出すこと（ブリード現象）が懸念される。そこで、エラストマーの親油基とパラフィン系鉱物油の分子が馴染みやすく、分子間力により保持できるように高分子量であるパラフィン系鉱物油（飽和炭化水素）を採用した。その結果、ブリード現象が起こりにくい材料とすることができた。

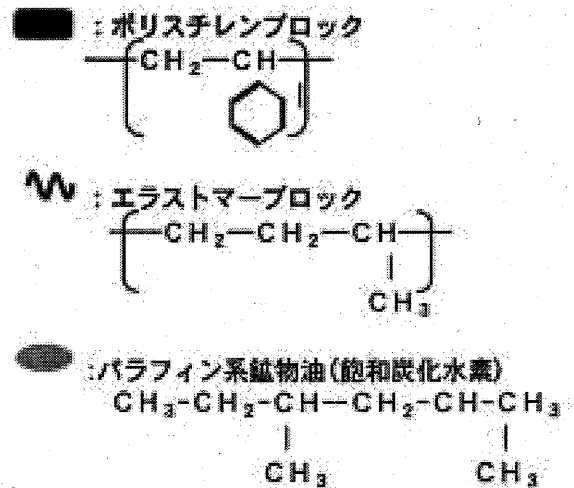


図7 オイル含有スチレン系エラストマーの模式図

4. マットレス弾性体への適用結果

4.1 樹脂弾性体の温度依存性

一般家庭室内温度範囲0℃～50℃での樹脂弾性体の荷重-変位特性（図8）は温度依存性がほとんど現れないため、年間を通してマットレス硬さを変わらずに確保できる。

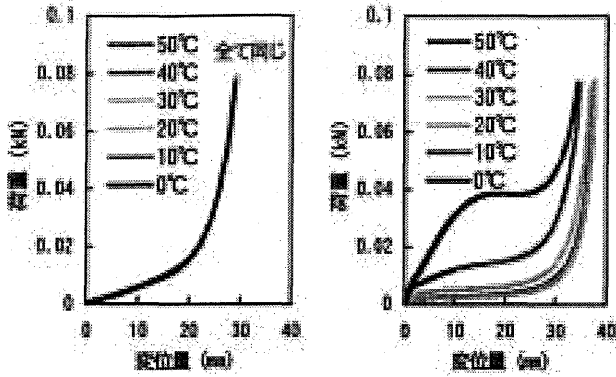


図8 荷重-変位特性 (供試品形状：樹脂弾性体形状)

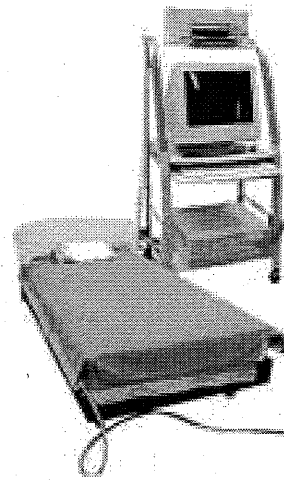


図10 体圧分布測定機「エルゴチェック」

4.2 マットレス質量

前述の樹脂弾性体配列により樹脂弾性体は必要最小個数に設定されているため、図9に示すように開発マットレスの質量は一般的な金属スプリングマットレスと同等の23kgになっている。この軽量化によりフレームの補強などを必要とせず、フレームとの組合せにおいて汎用性をもたせることが可能になった。

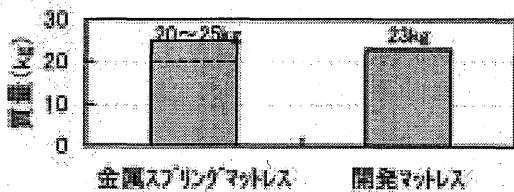
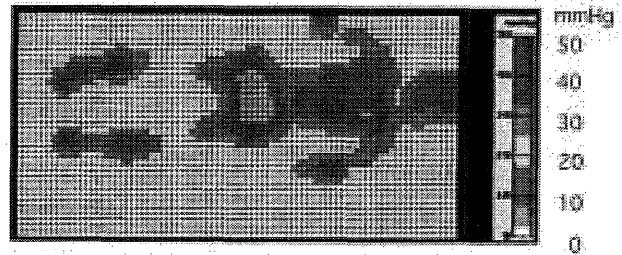
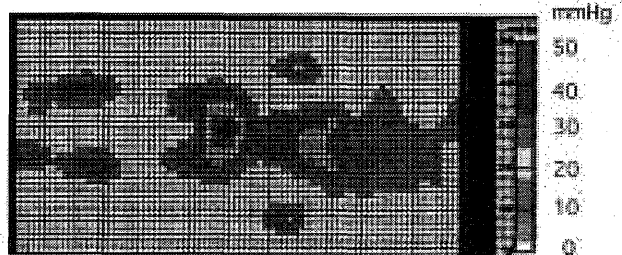


図9 マットレス質量の低減



a) 開発マットレス



b) 金属スプリングマットレス

図11 体圧分散性 (被験者：成人男子170cm/65kg)

4.3 体圧分散性

計測はAWD社の体圧分布測定機「エルゴチェック」(図10)にて実施した。身体にかかる圧力が毛細血管内圧(32mmHg)以上になると血管が潰され正常な血流が阻害される⁴⁾。この状態が続くと皮膚組織には血が通わなくなり褥瘡(床ずれ)が発生する場合がある。

図11に体圧分散測定結果を示す。被験者は設計標準の成人男子(170cm/65kg)で、データの再現性は複数回の測定にて確認している。開発マットレスの体圧は人体腰部の最大値でも25mmHg以下になっており、金属スプリングマットレスに比べ体圧分散性に優れた特性を得ることができる。

4.4 寝返り性

4.4.1 主観評価

開発マットレスA、金属スプリングマットレスB、低反発ウレタンマットレスCの3種類にて「寝返り性」の主観評価を実施した。各マットレス上で被験者に数回寝返りを実施してもらい、-3~+3の7段階で評価点を記入してもらった。結果(被験者数n=26)を図12に示す。チューキーの方法により多重比較を行なうと、AC、BC間で有意差があり(有意水準5%)、AB間では有意差が見られなかった。そこで筋電位により主観評価で有意差が見られなかったA、Bの違いを確認した。

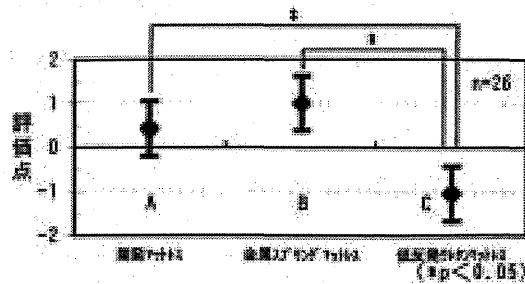


図12 寝返り性（寝返りし易さ）の主観評価結果

4.4.2 筋電位による評価

生体電気情報として心電図、脳波、筋電図などが代表的なものである。その信号は神経細胞や筋細胞が発生する膜電位であり、寝返り性の検証には筋電位を測定（TEAC社製基礎医学研究用機器携帯多用途生体アンプPolymateAP1124）し、その電位の出方、大きさ、時間より寝返り時の人体への負荷を検討した。

一般的に筋肉への負荷、疲労を見るときに筋電図を用いる。筋肉に何らかの活動電位が生じるとそれは筋の両端へ向かって伝搬する。この活動電位を記録したものが筋電図である。特に皮膚上に貼りつけた電極を用いて測定した筋電図を表面筋電図といい、表面筋電図の測定に使用する電極を表面電極という（図13）。表面電極を用いると、貼り付けた皮膚

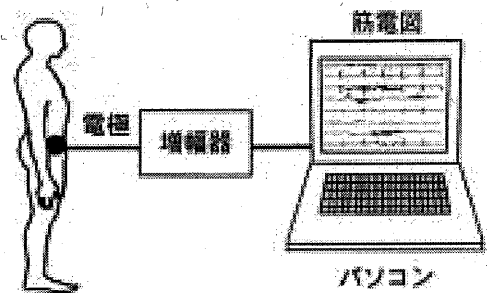


図13 筋電位測定方法

下にある多くの筋線維の活動電位が重畳したものが測定されるため、表面筋電図は筋全体の活動状況を把握するのに適している⁵⁾。

筋電図の見方として、電位（波形）が大きいということは筋肉の収縮が強く、負荷が大きいと判断できる。また、疲労前に比べ疲労した筋肉に負荷をかけると電位は小さい。これらより、今回の筋電位測定時の測定精度を上げるため被験者は皮下脂肪の少ない設計標準の成人男子（170cm/65kg）1名にて実施し、データの再現性は複数回の測定にて確認している。寝返り動作は、90度回転しマットレスに対して仰臥姿勢から横向き姿勢になる一挙動の例を図14に示した。

図14は各部骨格筋の筋電位データを筋電図として出力したものである。測定にあたり、事前測定にて寝返り時に筋電位が大きく出る筋の選定を実施し抽出したものである。

低反発ウレタンマットレスは、ウレタンの中に肩、

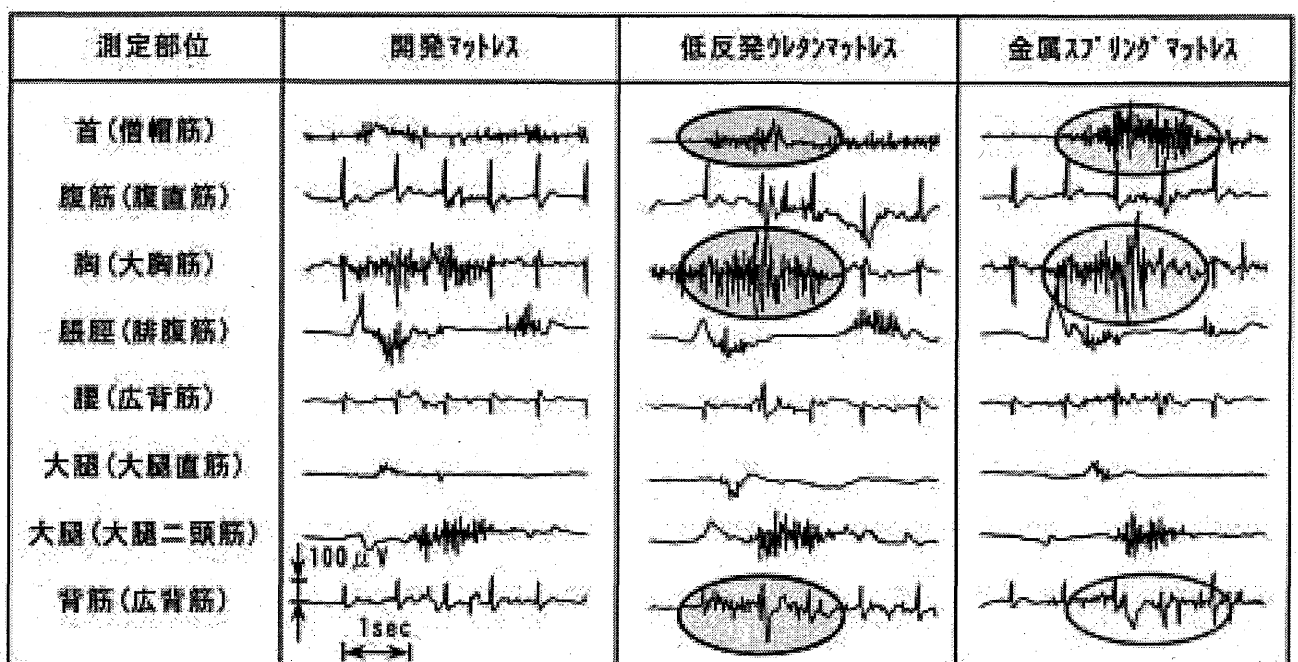


図14 筋電位による寝返り性の評価（被験者：成人男子170cm/65kg、1名）

腰が埋まり込んでしまい、身体を回転させるためにはウレタンを潰していかなければならない。そのため、首、胸、背筋の筋電位変化が大きくなり、身体に負荷がかかっている。

硬めの金属スプリングマットレスは、身体が沈み込まないため、寝返りの回転支点が肩の端となる。そのため、首、胸、背筋の筋電位変化が大きくなり、全身に負荷がかかっている。

開発マットレスは、寝返り時の筋電位がどのマットレスよりも小さい。これは、身体の負荷が少なく、容易に寝返りが可能であることを示している。このように、開発マットレスでは、柔軟な円柱形状の樹脂弾性体を千鳥配列させており、水平・垂直方向の荷重に対して3次元の動きで身体の動きに対してフレキシブルに追従できるため、寝返り時の回転の動きを容易にしている。

5. まとめ

- (1) オイル含有スチレン系エラストマーをマットレス弾性体として採用することにより、縦・横・斜めのどの方向においても柔軟に変形可能であり、体形にフィットできるマットレスを開発できた。
- (2) 開発マットレスは、シングルサイズで重量23kgと、一般の金属スプリングマットレスと同等までの軽量化を達成できた。
- (3) 筋電図（筋電位データ）より、寝返り時の身体への負荷がマットレスにより異なって現われることが確認できた。その結果、開発マットレスは既存マットレスと比較して寝返り時の負荷が最も少ないマットレスであることが確認できた。

6. 謝辞

本開発にあたり、多大なご協力をいただいた社内外の関係各位に深く感謝の意を表します。特に、武庫川女子大学生生活環境学部 梁瀬度子教授、東海ゴム株式会社殿、東海化成工業株式会社殿には多大なご協力を頂き厚くお礼申し上げます。

●参考文献

- 1) 日本睡眠学会編：睡眠学ハンドブック；朝倉書店、97-100, 1994
- 2) 日本人の人体計測データ；人間生活工学研究センター、80, 1997
- 3) 日本人の人体計測データ；人間生活工学研究センター、142, 1997
- 4) Landis E. : Micro-injection studies of capillary blood pressure in human skin ; Heart 15, 209-228, 1930
- 5) 原良昭、吉田正樹、松村雅史、市橋則明：長時間生体信号計測による身体活動量の総合評価；大阪電気通信大学研究論集自然科学編、NO. 38, 43-48, 2003

連絡先

アイシン精機株式会社 ベッド&リブラン部
〒448-8650 愛知県刈谷市朝日町2-1
TEL : 0566-24-8650