



体圧フィードバック型床ずれ防止マットレス

Body Pressure Sensing Mattress for Bedsore Prevention

御崎 晶嗣*

Akitsu Misaki

和田 美香

Mika Wada

今西 恭子

Kyoko Imanishi

深川 修司

Shuji Fukagawa

高杉 紳一郎

Shin-ichiro Takasugi

古江 増隆

Masutaka Furue

医療介護の現場で課題となっている床ずれ（褥瘡）防止や、利用者のQOL（Quality of Life）向上、自立支援、体位交換頻度の低減、看護・介護者の負担低減などを目的として、柔軟なSR（スマートラバー®）体圧測定センサーシート（東海ゴム工業㈱製）と、首振り2段エアセルの制御による新規なマットレスを開発している。従来のエアマットレスの構造、機能にとらわれず、医療介護現場が求めるマットレスの開発に医療専門職と共同で取り組んだ。SRセンサー技術により体圧分布センサシートを内蔵し、多数のエアセルが独自に駆動することで、マットレス面が臥床者の体型に合わせて変形する。また、体圧分散性と寝心地の良さ、離床のし易さの両立も図った。

We have developed an air mattress that protects patients from developing bedsores, thereby improving their quality of life (QOL), promoting rehabilitation, and reducing the caregivers' burden of changing the patient's body position. Based on suggestions from medical professionals, our mattress employs Smart Rubber® (SR) sensors and many air cells; the sensors measure body pressure and the air cells conform to the patient's body shape. The mattress disperses body pressure, provides comfortable support and helps patients get out of bed.

キーワード：マットレス、床ずれ、センサ、エアセル

1. 緒言

少子高齢化の進展によって、高齢者介護の問題が大きく取り上げられている。筆者らが取り組んでいるのは、患者の寝たきりによる褥瘡（床ずれ）発生の問題である。褥瘡とは、身体に圧迫やずれの力が一定時間掛かり続けることで、血流が阻害され、皮膚組織が壊死する症状である。褥瘡を防止するためには、介護者が2時間に1回など、定期的に患者の身体姿勢の向きを変えて（体位交換）、皮膚の同一部位に長時間の圧迫が続かないようにする介護看護が行われている。しかしながら、現場の人手不足や老老介護のため、十分に体位交換を実施することが困難である。

褥瘡を防止するための用具として、体圧分散マットレスが多く販売またはレンタルされている。既存の体圧分散マットレスは、ウレタンフォーム等をベースとした静止型マットレスと、エアセルを組み合わせた圧切替型マットレスの2種類に分類される。特に、褥瘡発生リスクが高い患者に対しては、圧切替型マットレスが多く使用されている。しかしながら、これらマットレスは、数組に分けられたエアセルが常時動きながら、除圧箇所を変えていく方式のため、マットレス面が常時波を打つような動きをし、患者が船酔い感を感じるなど、寝心地においては、課題が多い。また、マットレス上でのリハビリ動作が行いにくいなど、現場が実施したい介護医療行為を阻害しているマイナス面も有する。

患者が、寝心地の悪さを意識することで、精神的なスト

レスとなり、離床やりハビリの開始が遅れ、廃用症候群などの発症や新たな褥瘡発生リスクの増加が懸念されている。

マットレスの基本的な機能は、患者をベッド上で快適に過ごさせ、必要な看護やりハビリが適切に行える環境を提供することである。これが褥瘡防止のみならず、本人の心身安定をもたらし、早期離床や床上生活のQOL向上にも繋がる。さらには、患者の良い変化や回復を起点として、介護看護者に安心感を与え、身体的、精神的負担の低減をもたらし、現場に明るい良いスパイラル効果を生み出したい。

筆者らは、このような介護看護現場を実現するため、体圧センシング機能を有し、常にフィードバック制御を行いながら、臥床者の体型、姿勢に追従してマット面が自動で変形する新規なマットレスの技術開発に取り組んでいる。

2. システム概要

現在市販されている圧切替型マットレスは、臥床者の何処に体圧が掛かっているかを検知する機能がなく、数組に分かれたエアセル群の高さを順番に下げて、1動作サイクル中にどこかで高圧部位の除圧を行う。この方式では、マットレス面を常時動かし続ける必要があり、この動きが患者によっては寝心地の悪さを感じさせることがある。

一方、筆者らは、患者が臥床する面の直下に体圧測定可能なSR（スマートラバー®）センサーを常設し、高圧部位を特

定することで、必要最小限の動きで、体圧分散を実現するマットレスを考案した⁽¹⁾。SRセンサーの下部には、6×10個の「首振り2段エアセル」をマトリックス状に配置し、それらが体圧情報を基に個々変形し、臥床者の体型にフィットするように自動で変形し、体圧分散を実現する（図1、図2）。

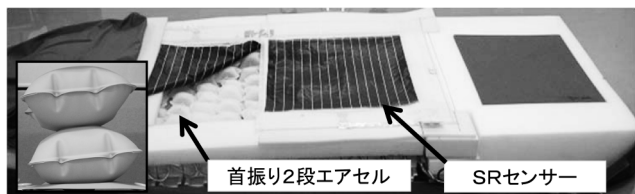


図1 マットレス内部構造

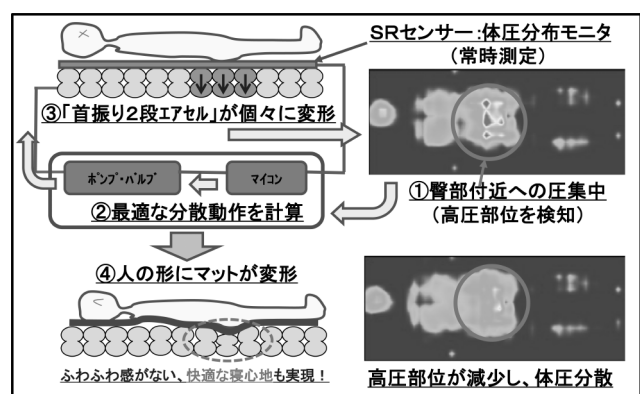


図2 動作システム

2-1 SRセンサー

柔軟な基材と電極等により構成された、柔軟な静電容量型圧力検知センサーである⁽²⁾（図3）。開発マットレスには、

16×16=256chの感圧点を有するセンサーシートを2セット搭載している。

2-2 首振り2段エアセル

80×80mmの大きさで、上下方向に約100mmのストロークを持つ。中間部にくびれ部分が存在することで、横方向（せん断方向）の力を逃がす構造となっている。図4の通り、荷重最大中心の方向へ、各エアセルが首を振ることで、身体を沈み込ませることができる。既存のマットレスは、比較的大きなエアセルが変形するため、ひずみが生じ、それが患者の皮膚にせん断、ずれ力として伝わり、褥瘡発生リスクを高める恐れがあるが、当該セルは、個々別々な高さ・方向に動くことができるので、これらの力の発生を少なくできると考える。

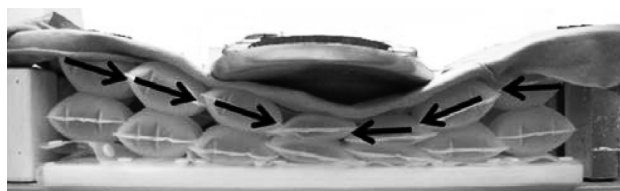


図4 首振り2段エアセル

2-3 動作アルゴリズム

マットレスの動作の概要を以下に述べる。SRセンサーで体圧分布を常時測定し、臥床者の動きの変化を検出したら、まずマットレス全面を平坦にする。その後、体圧情報を基に、個々のエアセルの空気圧制御目標を設定し、エア内圧を調整し、マットレス面を臥床者の体型に合わせた形状にする。その後、臥床者の動きをSRセンサーで常時モニターし、例えば夜中に寝返りをうって移動し、圧力分布データに一定の変化が見られた時は、臥床者が動いたと判断し、マットレス面を平坦に戻す動作から繰り返す。このように、開発マットレスは、姿勢の変化に自動追従できる。また、臥床者に動きがない間は、静止状態を維持して、安眠を阻害しない。

3. 体圧分散性能の評価

開発マットレスの体圧分散評価を行うため、ADL自立度C1、C2*¹の療養病棟患者14名を対象に試験を実施した。既存の圧切替型マットレス（3種類）と、開発マットレスの両方を用いて、圧分散性能を比較し、開発マットレスの性能レベルを評価した。患者の体位と療養生活の状況は、同じ時間帯に揃えて比較した。

臨床試験は、事前に当該病院の倫理委員会の承認、および、被験者本人もしくは親族への説明と了承、同意を得た

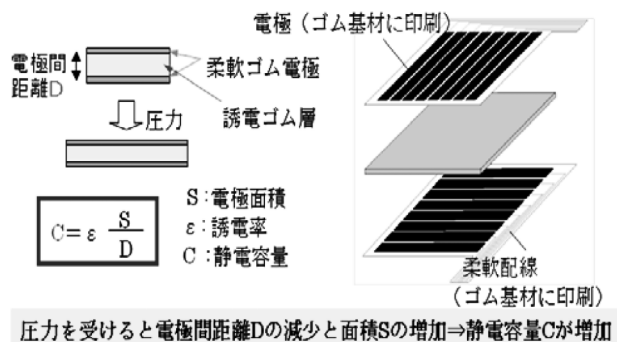


図3 SRセンサー測定原理

上で行った。被験者1名当り、約1日試用したが、新規の褥瘡の発生などは見受けられなかった。以下、事例として3名（3種類の既存マットレス）の結果について述べる。

図5は、既存の圧切替型マットレスGと開発マットレスで、約20分間の体圧分布のデータを抜粋して示している。既存マットレスGの体圧分布は20分間の間で変化していることが分かる。これは、患者が動いたのではなく、マットレス面が常時動いて、患者を支える位置を変えているからである。この動作によって、体圧の掛からない除圧部分が時間をずらして、順番に発生していることが分かる。除圧箇所の圧力負荷はなくなるが、その周辺の部分で、除圧部の重さも支えることになり、周囲の体圧は高くなっている。また、圧力の掛かる部分と除圧される部分の境界では、圧力差が大きいことによる、せん断力が掛かることも懸念される。

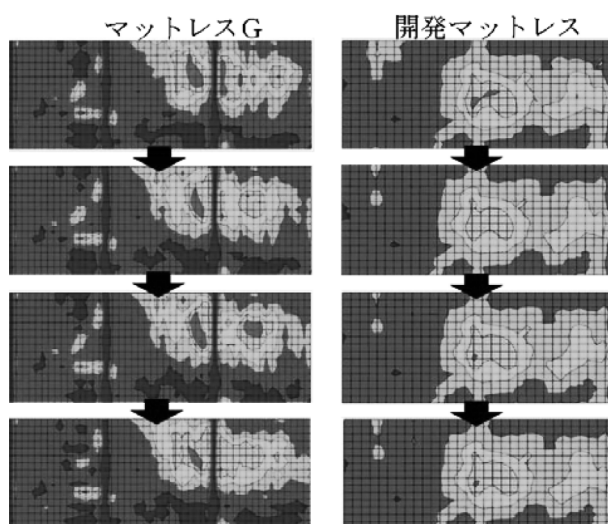


図5 体圧分散比較①

一方、開発マットレスは、一旦分散制御が完了した後は、臥床者の動きがない限り、静止状態を維持するので、圧力分布に変化は見られない。最大圧の箇所は変化していないが、数値として35mmHg以下で体圧分散された状態を維持している。

図6は、既存マットレスAとの比較である。エアセルの配置や動作のパターンは異なるが、既存マットレスGと同様、時間的な変化が見られる。

図7は、既存マットレスBとの比較である。結果からは一概に、体圧分散の効果に優劣をつけることは難しいが、開発したフィードバックシステムにおいては、マットレスが静止した状態でも、圧切替型マットレスと性能的に遜色のない体圧分散が実現できていると考える。圧切替型

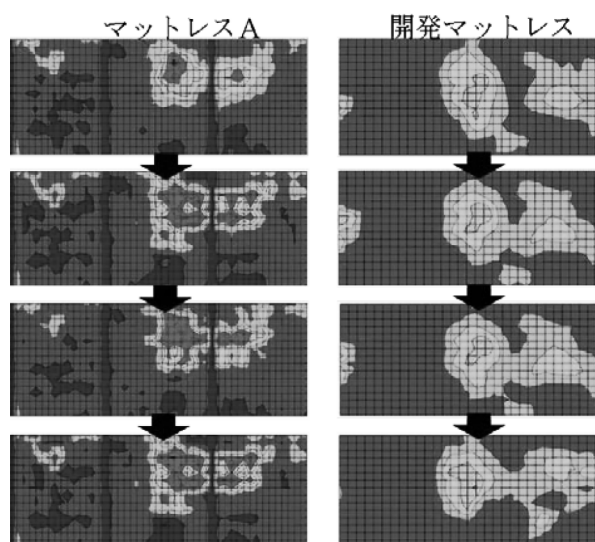


図6 体圧分散比較②

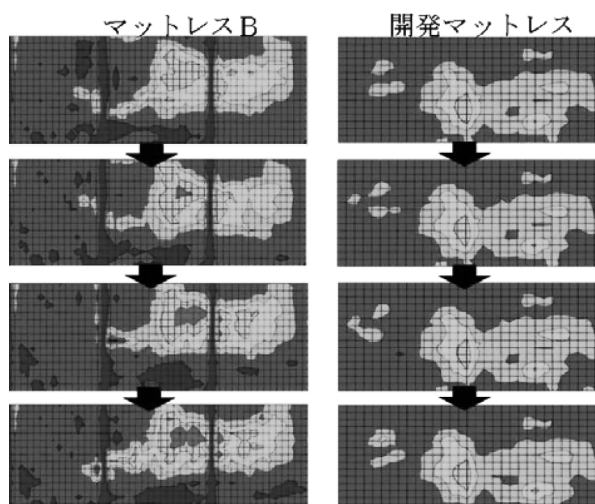


図7 体圧分散比較③

マットレスでは船酔い感の解消に向けて、各メーカーで改良が進められているが、我々の提案するマットレスは、先に述べた構造、システムを採用することで、より静止型マットレスに近い寝心地感と、圧切替型マットレスと同等以上の体圧分散性能を両立できると考える。

また、病院の他、介護施設や在宅での長期モニター（30例以上）を実施し、開発マットレスの適用によって、患者の発赤（褥瘡発生の初期症状）が消えたり、3カ月間体位交換なしでも褥瘡発生が見られなかったなどの良い変化、兆候も観察され、新開発マットレスの有効性が実証されつつある。

筆者らの開発目標は、新規なマットレス導入によって、

看護介護現場に、よい変化をもたらすことであるので、今後も現場の協力を得ながら、モニターテストを継続して、その効果を見極めていきたい。

4. 離床性評価

患者がマットレスから離床する、もしくは介護者が車いすなどに移乗させる場合には、マットレス上での動作がしやすい・させやすいことが重要であり、マットレスには、離床の途中段階で端座位（マットレスの端に腰掛けた状態）での安定性、安全性が求められる。また、離床動作がし易いことは、患者の積極的な離床を促し、寝たきりによる拘縮など廃用症候群の予防、更には、疾患の改善、早期回復に繋がる。筆者らが目指すマットレスは、自立支援をも目的としているので、マットレス上での動き易さについても評価を行った。

体圧分散性と離床性を両立させるためには、臥床、離床の各場面で、マットレスの硬さが変わり、身体の沈み込み量を調節する必要がある。図8に開発マットレス、既存のエアおよびウレタンマットレスについて、体圧分散時と離床（リハビリ）時のマットレスの状態の違いを示す。ウレタンマットレスは、制御機能がないため、状態を変えることはできない。既存エアマットレスは、離床、リハビリ時にマットレス面を硬くする機能は有するが、1つの空気室エアセルが大きいため、荷重負荷以外の部分に空気が逃げてしまい、十分にマットレス面が持ち上がりきらないことが分かる。これに対して、開発マットレスは、離床、リハビリ時にエアを多めに供給して、個々のエアセルの硬さを上げる。エアセルの空気室が個々に独立なので、人体接触部以外の周囲にエアが逃げず、マットレス面をしっかり持ち上げることが可能である。

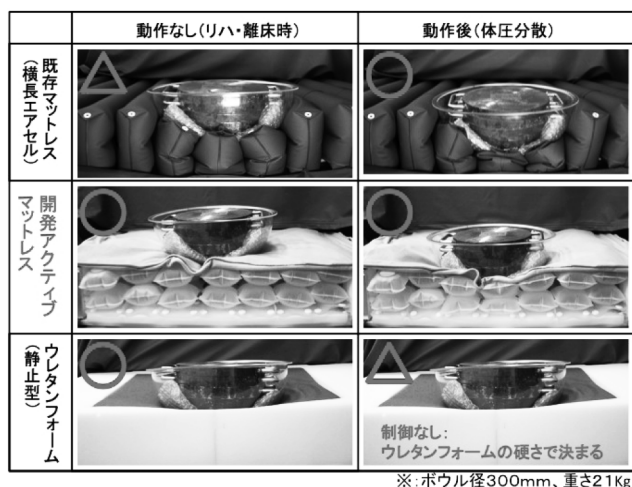


図8 マットレス沈み込み状態

実際にマットレスの沈み込み量を測定した。図9のように、既存エアマットレスと開発マットレスに同様に荷重を負荷して、人の臀部に見立てたボウル（直径300mm半球状）のマットレス面への沈み込み量を測定した。図10のグラフの通り、開発マットレスも荷重を負荷すると沈み込みは起こるが、既存のマットレスと比較して、約半分程度に収まっていることが分かる⁽³⁾。今後、この沈み込みの違いが、実際のリハビリや離床のし易さに、どの程度影響を及ぼしているかを検証するために、人の離床時の動作観察、体圧分布や筋電などを測定して、定量的な評価を行いたい。

小型のエアセルが個々独立の空気室を有する構造を最大限活用することで、単に患者の体型、姿勢に追従するだけでなく、様々な生活場面そのものに追従して、いつも最適なマットレス面をつくり出せると考える。

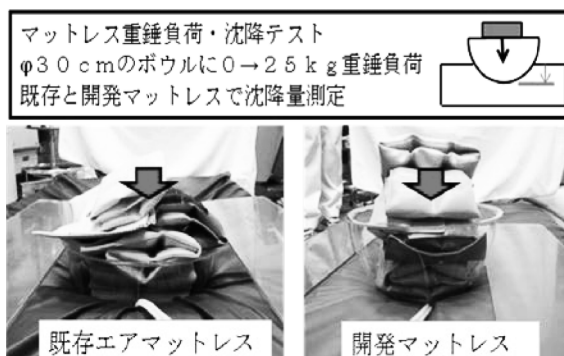


図9 マットレス沈降試験

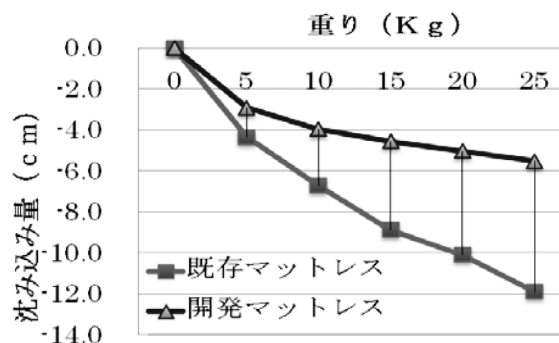


図10 マットレス沈降試験測定結果

5. 結 言

筆者らは、医療介護現場での褥瘡をなくしたいとの思いから開発に取り組んだが、単に自動的に体圧分散だけでなく、寝心地の良さやマット面での動き易さも追求すること

でQOL向上、自立支援にも目を向けたコンセプト構築に至った。現状では臥床状態での血流量やせん断力分布など、褥瘡発生に大きく関わる要因を定量評価できる技術がまだ十分ではないが、臥床者の寝心地の良さや動き易さ、痛みの軽減などの五感、主観的情報も重視しながら、より良いマットレスを具現化していきたい。開発マットレスを広く普及させるには、病院、介護施設、在宅（個人）への経済的な効果も、しっかりと示す必要があると考える。医療介護の主役は、あくまで「人」である。開発マットレスを如何に効果的に活用して、褥瘡防止、自立支援などを実現するかを、今後も、医療介護現場で運用し、協力を得ながら開発を進めていきたい。

最後に、開発にご協力を頂いた、九州大学病院の原田起代枝氏（WOC看護師^{*2}）、宮崎敬子氏（WOC看護師）、立花由紀子氏（WOC看護師）、上島隆秀氏（理学療法士）、瓜生充恵氏（作業療法士）、田尻由季氏（作業療法士）に感謝の意を表す。

用語集

※1 ADL自立度判定C1、C2

日常生活動作が、どの程度自立しているかを判定する指標。C1、C2は以下の通り定義されている。

C1：自力で寝返りをうつ

C2：自力で寝返りも出来ない

※2 WOC看護師

皮膚・排泄ケア領域の認定看護師

参考文献

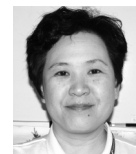
- (1) 今西恭子、今村一郎、御崎晶嗣、高杉紳一郎、和田美香、原田起代枝、宮崎敬子、立花由紀子、村上弘子、古江増隆、深川修司、「体圧センシング機能を有するフィードバック制御式エアマットレスの開発」、日本褥瘡学会誌第15巻、pp396
- (2) 郭士傑、加藤陽、伊藤弘昭、向井利春、「福祉機器用柔軟面状ゴムセンサの開発」、SEIテクニカルレビュー第181号、pp117-123 (2012)
- (3) 田尻由季、高杉紳一郎、上島隆秀、瓜生充恵、御崎晶嗣、「離床を支援する体圧センサ付きエアマットレスの開発」、第47回日本作業療法学会

執筆者

御崎 晶嗣*：東海ゴム工業(株) 新事業開発研究所
健康介護事業準備室 担当課長



今西 恭子：如水会今村病院 訪問センター長



高杉紳一郎：九州大学病院リハビリテーション部
診療准教授



和田 美香：九州大学病院 総合外来 WOC看護師



深川 修司：九州大学病院皮膚科 医師



古江 増隆：九州大学 医学研究院
臨床医学部門 教授



*主執筆者