



福祉機器用柔軟面状ゴムセンサの開発

郭 士 傑*・加 藤 陽・伊 藤 弘 昭
向 井 利 春

Development of Rubber-Based Flexible Sensor Sheet for Welfare Apparatus — by Shijie Guo, Yo Kato, Hiroaki Ito and Toshiharu Mukai — With a record-low birthrate and rapidly-growing elderly population, Japan faces a severe demographic challenge compounded by a chronic lack of nursing-care staff. High-function welfare apparatuses are attracting attention as effective tools to reduce the burden of caregivers and to compensate for the lack of nursing-care staff. Related research and development have been widely conducted, and as a result, the necessity of flexible tactile sensors as human-machine interfaces is increasing. We have developed a smart rubber tactile sensor sheet made entirely of rubber, to achieve a soft and easy contact with humans. The sensor sheet, which uses electric capacitance to measure pressures, consists of a three-layered structure, with a dielectric layer sandwiched by two electrode layers. Each electrode layer has a number of parallel ribbon-like electrodes and the electrodes on the two layers are oriented orthogonally to form a sensor sheet. This paper describes the sensing principle and the manufacturing method of the sensor sheet and the development of its micro controllers as well as applications in nursing-care assistant robot RIBA-II and bedsores prevention mattresses.

Keywords: smart rubber sensor, flexible tactile sensor, conductive rubber, nursing-care assistant robot, bedsores prevention

1. 緒 言

日本では、高齢化社会の進展とともに要介護者の数が急速に増えており、2015年には2005年の392万人から569万人に増え、2020年には644万人まで増えると予測されている⁽¹⁾。そのために、高性能福祉介護機器に対するニーズが高まっており、研究や商品開発が盛んに行なわれている^{(2)~(6)}。東海ゴム工業(株)では、2007年から独立行政法人理化学研究所と共同で移乗介助用ロボットの研究開発を開始し、2009年にRIBAを発表し、双腕型ロボットとして始めて人をベッドと車椅子の間で移乗できるようになった。2011年にRIBAの改良版であるRIBA-IIを発表し、実用性と安全性を一層向上させた。また、2009年から床ずれ防止を目的としたアクティブマットレスを九州大学と共同で開発し、そのプロトタイプを2011年10月に国際福祉機器展に出展した。現在、実証試験と商品開発を行っている。

上記のようなロボットや機器では、人とのインターフェースとして、信頼性が高く、大面積の柔軟触覚センサが要求される。そのために、様々な触覚センサが提案され、研究開発されている。代表的なものとして、離散型半導体センサを用いるもの⁽⁷⁾や、接触抵抗を利用するもの^{(8)、(9)}、導電性ゴムを利用するもの^{(10)、(11)}、圧電ポリマーを用いるもの⁽¹²⁾、静電容量を利用するもの^{(13)、(14)}などが挙げられる。本研究グループは、半導体センサの集積による触覚センサの研究開発も行っており、介護支援ロボットRIBAの柔軟

外装に導入し、人の接触検知や触覚によるロボット操作を実現している^{(15)、(16)}。しかし、半導体センサは計測精度が優れている反面、高価であるため、ロボット全身を覆うような大面積採用が困難である。接触抵抗型や圧電ポリマーを用いる面状センサは曲げの柔軟性があるが、布やゴムのような、人に優しく接するための柔軟性（人との親和性）が不十分で、複雑な形状に合わせて成型することも困難と思われる。このような認識のもと、本研究グループは数年前からゴム材料をベースに静電容量型の柔軟面状センサを開発してきた。本稿はその原理、製法、特徴および介護支援ロボットと床ずれ防止マットレスへの応用について述べる。

2. スマートラバー®センサの開発

2-1 構成と原理 本研究グループが開発した面状触覚センサは静電容量型で、金属を使わず、配線を含めて全てゴム系の材料で作るので、スマートラバー®センサと名付けた。構成は単純で(図1)、薄い誘電層を両面からそれぞれ複数の一定幅の平行電極を有する電極シートで挟んで作られる。両側の電極が直角に交差するように配置され、2本の電極の交差部分で一つの静電容量型センサを構成し、両サイドの電極本数はそれぞれ m 本と n 本とすると、1枚

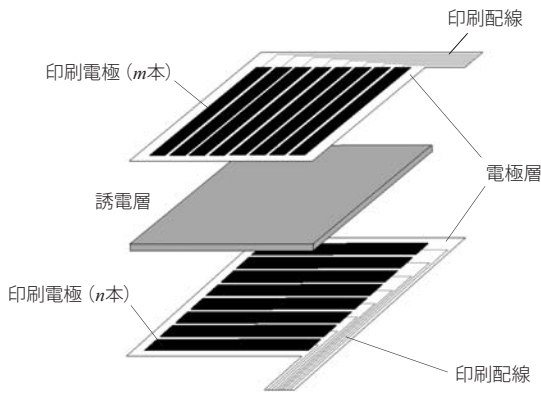


図1 スマートラバー®センサの構造概念図

のセンサシートに $m \times n$ 個の静電容量センサが形成される。このようなセンサ構成は古くから提案されており、金属電極のセンサシートも市販されている⁽¹³⁾。しかし、介護支援ロボット等の福祉機器への応用に際しては、伸縮性不足、コストが高い等の課題が残っている。そこで、当研究グループは伸縮性のあるゴムシートに導電性ゴムを印刷して電極層を成型する製法を考案し、柔軟かつ伸縮性のある面状センサの製法を開発した。この製法は複雑な形状にも対応でき、安価で大面積のセンサ製作に向いている。そのために開発した、スクリーン印刷に適した柔軟導電性ゴムは50%伸長変形させても体積抵抗率が増加しない特性を有する⁽¹⁷⁾。

電極シート片面の i 本目の電極ともう片面の j 本目の電極が交差してできたセルの静電容量 $C(i, j)$ は下式で表すことができる。

$$C(i, j) = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{s(i, j)}{d(i, j)} \dots \dots \dots (1)$$

$$(i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

ここで、 ϵ_0 は真空中の誘電率、 ϵ_r は誘電層の比誘電率、 $d(i, j)$ はセル (i, j) の電極間距離（誘電層の厚さ）、 $s(i, j)$ は電極面積をそれぞれ表す。両側の電極を順次切り替えながら全てのセルの静電容量 $C(i, j)$ を測定し、式 (1) より各セルの電極間距離 $d(i, j)$ を求めれば、

$$p(i, j) = Y \frac{d_0 - d(i, j)}{d_0} \dots \dots \dots (2)$$

より各セルに作用する圧力 $p(i, j)$ を求めることができる。 $m \times n$ 個のセル全てに作用する圧力を求めれば、センサシートに作用する圧力の分布が分かる。ここで、 Y は誘電層のヤング率、 d_0 は圧力が作用していないときの電極間距離（変形前の電極間距離）をそれぞれ表す。ただし、図2

に示すように、圧力が均等にセルの電極に作用し、セルも一様変形すると仮定している。このタイプのセンサは基本的にこの仮定の上に成り立っている。

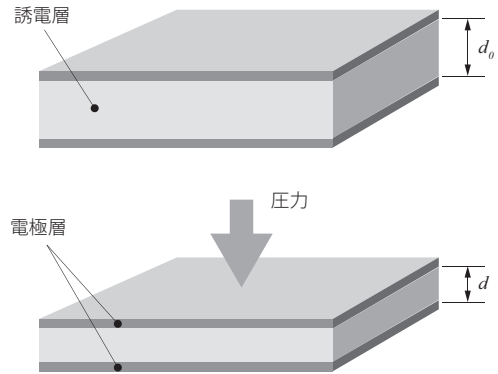


図2 圧力を受けたセンサセルの変形

2-2 小型コントローラの開発 福祉機器用の柔軟

触覚センサとして、人にやさしい柔軟性と安価で大面積に成形しやすい量産性だけではなく、電磁ノイズに強く、実装できる小型のコントローラが必要である。静電容量の検出方法は多数あるが⁽¹⁸⁾、本研究グループは、多様の用途に対応するため、単純さを特徴とする通過電流計測方式（本稿ではチャージ方式と呼ぶ）と応答性が優れるベクトル・インピーダンス・メーター方式（本稿ではインピーダンス方式と呼ぶ）の2種類の小型コントローラ（回路基板）を開発した。

一つのセルの等価回路を図3に示す。便宜上、求める量に拡張子 x を付けて表示している。図3では、 C_x は該当セルの静電容量、 R_x そのセルにおける電極と配線の抵抗をそれぞれ現す。電極はセルの電極であると同時に、配線の役割も果たしている。各セルの配線となる電極の長さが異なるために、 R_x はセルによって異なる。

チャージ方式は定電圧のパルスをセンサセル（図3に示す等価回路）に印加し、通過する電流を電圧に変換して計測する。センサにチャージされる電荷を計測するためチャージ方式と呼んでいる。電荷は途中に抵抗があっても電圧で測定するため、電極と配線の抵抗を無視できる。またノイズ成分に対してチャージされる電荷が十分に大きく設定できればSN比を高くすることができ、比較的簡単な



図3 センサセルの等価回路

回路で計測できる。一方、インピーダンス方式はセンサセルに一定振幅の正弦波（または余弦波）電圧を印加し、流れる電流の振幅と位相（電圧に対する位相差）を測定して静電容量を測定する。同じ周波数で比較するため、計測速度が速く、容量 C_x と抵抗 R_x を同時に計測できることは特徴である。ただし、調和波を生成する必要があるため、ロックインアンプを構成する回路の規模が大きくなることは欠点である。

両方式の比較を表1に示す。どの方式を使用するかは用途と条件によって決まる。例えば、応答速度が要求されるロボット動作のフィードバック制御や、センサの弾性変形が大きく抵抗と静電容量の分離が必要な用途に対してはインピーダンス方式を、応答性に対してあまり要求がなく、低コストが要求される床ずれ防止マットレスに対してはチャージ方式をそれぞれ適用することは合理的である。

チャージ方式は回路規模が小さく、比較的簡単に小型化ができ、コストも比較的安価である。これに対して、インピーダンス方式は、観測波形（流れる電流）と基準波形（印加電圧）の振幅比と位相差の計測に際して、両者を乗算する回路が必要である。通常、オペアンプなどを用いたアナログ回路を用いるが、計測結果が位相ずれに対して敏感であり、高精度な時間計測回路も必要となるために、高価で、温度補正も広範囲に行う必要がある。そこで、ロックインアンプをデジタル方式で実装し、アナログ部分をワンチップ化することにより小型化・低価格化を図った。インピーダンス方式は観測信号にノイズが混入することがあるため、ロックインアンプを用いて検波し、印加した周波数成分以外のノイズを除去している。

表1 インピーダンス方式とチャージ方式の比較

方式	インピーダンス	チャージ
CとRの分離	可能	不可能
応答速度	早い	遅い
プログラム容量	普通	少ない
メモリ使用量	多い	少ない
少量製作の費用	高い	低い

写真1に開発した16ch×16ch小型コントローラの写真を示す。多様な用途に適用できるように、50mm×35mmの2段重ねに収まるように設計した。このサイズに回路を収めるためにインピーダンス方式ではアナログ回路部分をセミカスタムチップに実装した。またチャージ式も同じサイズに実装し、2段目の通信用基板を交換することで両方式に対応することが出来た。センサシートに手のひらを当てて測定した圧力分布を写真2に示す。この程度の測定では、両方式の違いが見られない。

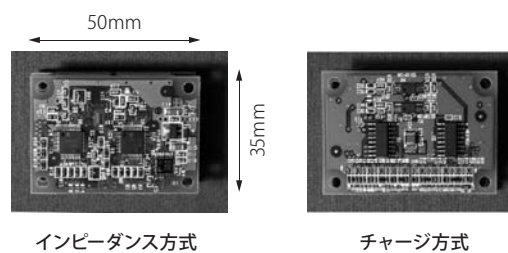


写真1 小型コントローラ (16ch×16ch)

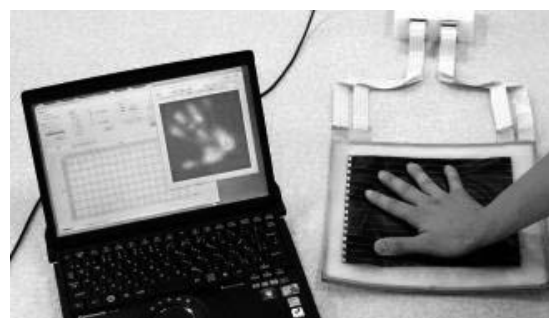


写真2 手のひらを当てて測定した圧力分布

3. 介護支援ロボットへの応用

介護者にとって最も負担の大きい作業は自力で移動できない被介護者をベッドや床から車椅子に乗せかえる（その逆のことも）移乗介助で⁽¹⁹⁾、それが原因となり特別養護老人ホームで働く介護士の半数以上が腰痛を訴えている⁽²⁰⁾。使い勝手がよく、準備及び作業に時間がかからない、安全な介護支援ロボットの試みとして、東海ゴムと理化学研究所が共同で多関節の双腕型ロボットを研究開発してきた。2011年8月に公開したRIBA-IIによる床から車椅子への移乗介助の一連写真を写真3に示す。RIBA-IIは人を床、ベッド、車椅子の間で移乗することができ、被介護者の大多数をカバーできる体重80kgまで対応できる。介護施設では、要介護レベルが3以上の被介護者の移乗を2名の介護者で行うことが多く、ロボットの導入により、2人がかりの移乗介助をロボット1台と介護者1名の協調作業で行うことが本研究開発の目指す姿である。人との接触を想定し、関節部も含めてロボットの全身を柔軟な材料で覆い、表皮材料の選定では、汚れをふき取りやすいこと、水に強いこと、触って冷たく感じないこと等を考慮した。外観に関しては、メカニカルなロボットは介護現場にふさわしくなく、人のようなデザインだと、中途半端に人に似ていることの不気味さのほか、認知症患者の誤認を招く恐れもある（被介護者のおおよそ半数が認知症患者⁽¹⁾）。そこで、親しみやすさと清潔感を求めてシロクマのぬいぐるみのようなデザインとした。

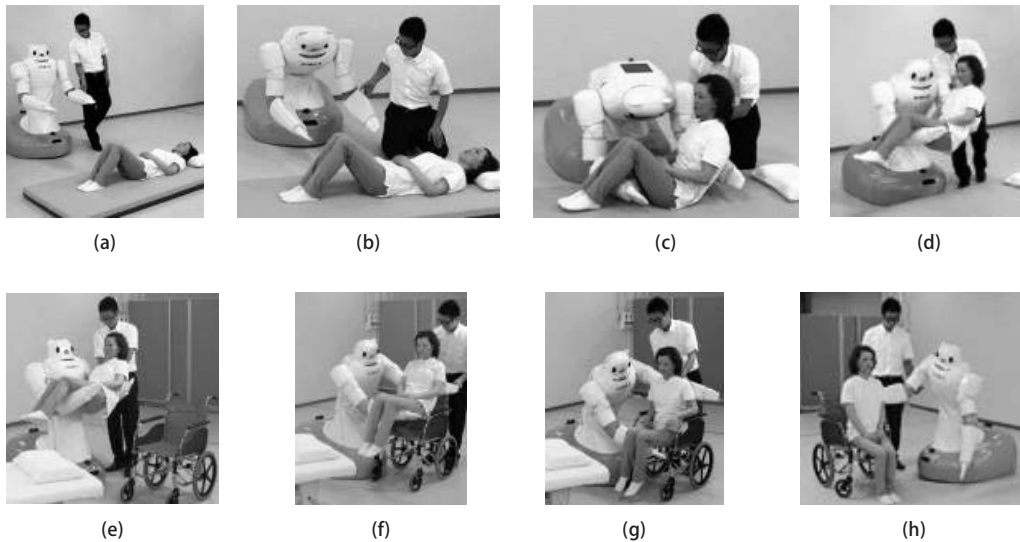


写真3 RIBA-IIによる移乗動作の一連写真（床から車椅子まで）

介護支援ロボットは直接人に接するため、安全確保は非常に重要である。RIBA-IIの安全と機能の実現はスマートラバー®センサに負うところが大きい。写真4にRIBA-IIの正面写真を示す。両腕と胸に、スマートラバー®センサを搭載し、触覚による動作誘導および抱き上げ時の圧力検知が可能である。介護施設に入居している人は皮膚が弱っていたり、内出血を起しやすかったりすることが多いので、移乗に際して損傷を与えないように細心の注意が必要である。ロボットの腕に取り付けた触覚センサで圧力をリアルタイムに検出し、所定の値以上になると自動的に作業中止を設定できる。同時に、被介護者の体重も検出でき、重量がロボットの負荷能力を超えた場合も自動的にアラームを出して停止する。

ロボットの操作は介護者が触覚センサにタッチして行う。ロボット操作はリモコンやジョイスティック等も考えられるが、触覚による操作は介護者に対する拘束が少なく、介護者が安全を確認しながらきめ細かい動作誘導ができる

と考えている⁽¹⁶⁾。図4に触覚によるロボット操作の概念図を示し、台車は、介護者が上腕裏面（ロボットの背中側）を肘関節に向かってなでると、前に進み、逆方向になでると、後ろに移動する（図4(a)の矢印①）。上腕裏面を周方向になでると、なでられる方向に台車が横移動する（図4(a)の矢印②）。上腕裏面を押すと、操作者から見て台車が外回りに回転し（図4(b)矢印①）、上腕内側を押すと（図4(b)矢印②）、台車が内回りに回転する。腕の動作も上腕と前腕を周方向になでると、それぞれがその長手方向の中心軸周りになでられた方向に回転する。また、上腕も前腕も押されると、押された方向に曲がる。ただし、移乗介助を行うときは、安全を考慮し、被介護者にチューニングした動作の再生を行うだけで、動作速度は操作できるが、任意の動作誘導ができない。ロボットは触覚で操作されている間のみ動作し、介護者が手を離すとストップするようになっている。介護者が動作を逆に戻す必要があると判断した場合、前腕の回外を肘関節に向かってなでると、なでている間は動作が逆に戻される。

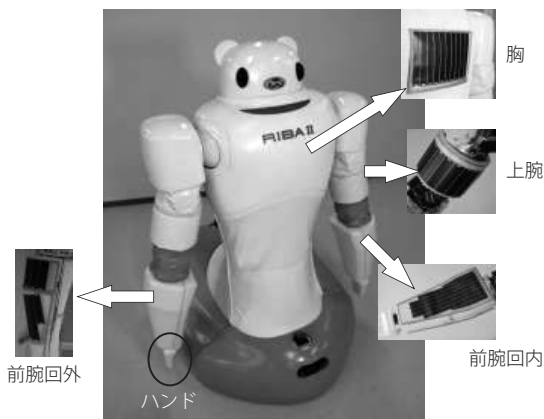


写真4 RIBA-IIの外観とスマートラバー®センサの取付位置

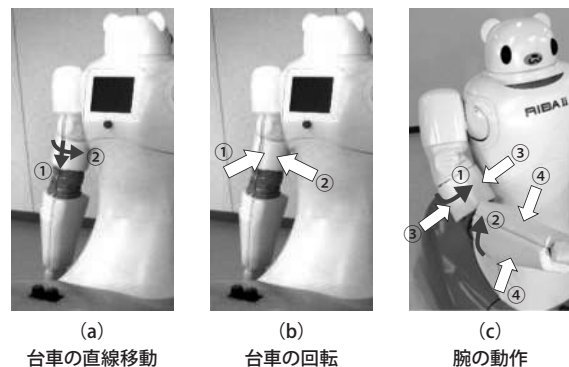


図4 触覚によるロボット操作の概念図

4. 介護用マットレスへの応用

厚生労働省「国民生活基礎調査」によると、1日中ベッド上で過ごし、生活動作に介助を要する高齢者の数は高齢者人口の約15.5%を占めている^{(21)、(22)}。寝たきり患者が長時間同じ姿勢で寝ていると床ずれはしやすい。床ずれは、患者にとって最もつらい症状のひとつであり、治りにくく、他の病気の原因にもなる。そのために、介護や看護では床ずれ防止は重要な項目であり、その手段として体位変換が一般的に行われる。介護施設や病院だけではなく、在宅介護でも2～3時間おきの体位変換介助は介護者・看護者にとって肉体的・精神的負担になる。

米国褥瘡諮問委員会 (NPUAP) によると、床ずれとは、骨突起部とベッドなどの支持面との間の軟部組織に長時間圧迫が加わることによって生じる局所的な組織壊死と定義され⁽²³⁾、圧迫が床ずれの原因とされている。近年の研究では、床ずれの原因は複雑であり、圧力のほか、剪断応力(擦れ)、血行不良、低栄養、汗、排泄物、動脈圧低下、病的骨突出などがかかっていることが解明されつつある⁽²⁴⁾。多数の原因があるとはいえ、圧力は主原因の一つであることが変わらない。そのために、体位変換介助の頻度を減らし、介護者の負担を減らす目的で多種類の体圧分散マットレスが開発され、市販されている。ここで、体圧分散とは、自らの体重を体全体で均等に受けることを指す。体圧分散マットレスは大きく分けてパッシブタイプとアクティブタイプがあり、パッシブタイプは低反発の柔軟材料や流体(例えばゲル、水や空気等)を使って制御を行わずに体圧分散を図るもので、外部電源を使わず、安全面の課題が少ないことが特徴で、コストも相対的に安価であるが、多様な患者への個別対応が困難で、マットレスを一様に柔軟にするため、床上動作(例えば、寝返り)やベッドからの起き上がりはしにくい欠点を持つ。また、水やゲルを使うものは重いことも課題である。一方、アクティブ制御を用いるタイプの多くは空気セルを用い、空圧の増減により体圧分散を実現するもので、比較的軽く、パッシブタイプに比べて機能面の改善も見られる。しかし、これまでの体圧分散アクティブマットレスのほとんどは体圧センシング機能を持たず、一定時間間隔での圧力の切り替えを行うものがほとんどで、切り替え時間の設定はできるものの、患者の体型や病変部位等への個別対応が困難である。これに対して、東海ゴムはスマートラバー®センサを導入し、複数の空気セルの独立制御により従来にない機能を持つマットレスを提案し、開発してきた。

多数の独立したエアセルを設け、各々のエアセルにバルブを付け、バルブの開閉を電磁的に制御することにより圧力を制御する。写真5に試作したマットレスとその上に敷くスマートラバー®センサを示す。マットレスの中には多数のエアセルを並列に並べており、図5にその概念図を示す。エアの補充は空気ポンプを用いる。人体にかかる圧力をオンタイムに測定し、圧力の大きい場所のエアセルのバルブ

を開け、空気を放出することにより圧力の緩和を行うだけでなく、患者によっては、特定の部位に着目し、その圧力が所定の閾値を超えないように制御することもできる。また、マットレス全体を柔らかくする必要がないので、床上動作やベッドからの起き上がりがしにくくなるような欠点がない。写真6に実験時の様子を示す。一例として、体圧分散前の圧力と分散後の圧力を図6に示す。本開発は九州大学との共同研究で、九州大学病院での評価では良好な結果を得ている⁽²⁵⁾。

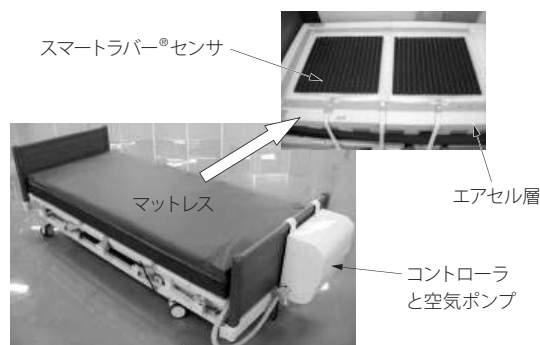


写真5 試作した床ずれ防止マットレス

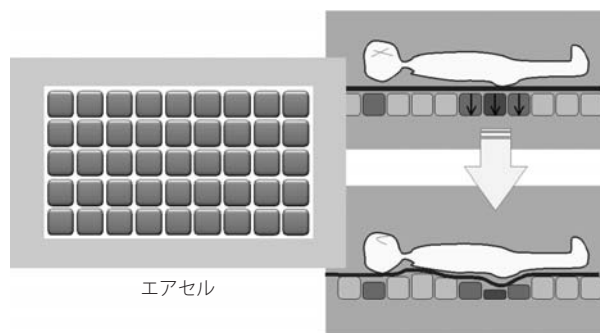


図5 セルの空気圧を減らして圧力緩和を行う概念図



写真6 評価実験の様子

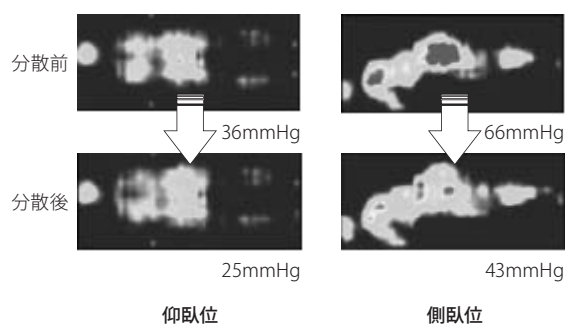


図6 圧力分散結果 (実施例)

5. 結 言

人に優しい触覚センサの実現を目指して、配線も含めて全てゴム系の材料で成型する面状触覚センサを開発した。本センサは、大きく伸縮変形しても導電性が変わらない柔軟ゴム電極をゴムシートにスクリーン印刷することにより成型しており、構成が単純で、安価で大面積や複雑形状のセンサ作成に適している。また、インピーダンス方式とチャージ方式の2種類の小型コントローラを開発し、多様な用途に対応できるようにした。

応用として、まず開発中の介護支援ロボットと床ずれ防止マットレスに実装した。ロボット RIBA-II では本開発のセンサを用いて被介護者との接触検出や触覚による動作誘導ができるようになった。本ロボットの実用性と安全について、これまでに研究開発者が操作して健常者を対象に実験を行い、確認してきたが、今後、さらに改良し、近い将来、被介護者対象の実証試験を行う予定である。一方、床ずれ防止マットレスは今後、実証試験とモニターを経て販売する予定である。

スマートラバー®センサは、今後、介護支援ロボット、床ずれ防止マットレスのほかにも様々な福祉機器や介護用品への応用開発を行って行く予定である。

用語集

※1 スマートラバー®センサ

東海ゴムが開発したゴム製柔軟面状センサのこと。SRセンサとも呼ばれている (SRはSmart Rubberの頭文字)。構造が単純で大面積に成形しやすく、柔軟、高耐久性等の特長を持つ。東海ゴムではこのセンサを開発中の介護支援ロボット RIBA-II、床ずれ防止アクティブマットレス、体圧センサ等に応用している。

※2 導電性ゴム

導電性フィラーを充填することにより導電性を持たしたゴムのこと。柔軟センサにとって重要な要素技術である。東海ゴムが新規開発した柔軟導電性ゴムは、スクリーン印刷に適し、50%伸長変形させても体積抵抗率が增加しない性能を有する。

※3 移乗介助

介護では、ベッドや床から車椅子、車椅子からトイレ便座など (またはそれらの逆) への乗り移り動作を移乗という。介護者にとって最も負担の大きい作業は移乗介助で、それが原因となり特別養護老人ホームで働く介護士の半数以上が腰痛を訴えている。RIBA-II はこのような重労働から介護士を解放するために開発した介護支援ロボットである。

※4 床ずれ防止

床ずれは、軟部組織が長時間圧迫を受けて生じる局所的組織壊死のことを指す。圧力のほか、剪断応力 (擦れ)、血行不良、低栄養、汗、排泄物、動脈圧低下なども影響因子と言われている。寝たきりの人の場合、床ずれを防止するために、2~3時間おきに体位変換が必要で、介護者・看護者にとって体位変換介助は肉体的・精神的に負担の大きい作業である。東海ゴムが開発している床ずれ防止アクティブマットレスは体圧分散を自動的に行うことにより床ずれ防止の効果が期待されている。

参 考 文 献

- (1) 吉田成良、「認知症・要介護高齢者の将来推計」、内閣府所管公益法人エイジング総合研究センター
<http://www.jarc.net/?p=294> (参照日 2012年3月28日)
- (2) H. Wang and F. Kasagami, "A Patient Transfer Apparatus Between Bed and Stretcher", IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics -Part B (Cybernetics), Vol. 38, No. 1, pp.60-67 (2008)
- (3) 河上日出生、久米洋平、中村徹、本田幸夫、「トランスファアシストロボットの開発」、日本ロボット工業会誌、No. 188, pp. 53-58 (2009)
- (4) 本田幸夫、「自立生活を支えるロボティックベッド」、日本機械学会誌、Vol. 114, No. 1115, pp.758-760 (2011)

- (5) トヨタ自動車株式会社2011年11月1日プレスリリース、「『介護・医療支援向けパートナーロボット』を開発」
http://www2.toyota.co.jp/jp/news/11/11/nt11_040.html (参照日2012年3月28日)
- (6) 則次俊郎、井形俊也、高岩昌弘、佐々木大輔、「褥瘡予防を目的とした体圧分散マットの開発」、日本機械学会論文集C編、Vol. 71、No. 703、pp.951-958 (2005)
- (7) T. Mukai and Y. Kato, "1ms Soft Areal Tactile Giving Robots Soft Response", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.20, No.3, pp.473-480 (2008)
- (8) 関喜一、下条誠、佐藤滋、高橋昭彦、「高柔軟性をもつ把持圧力分布センサの開発」、計測自動制御学会、Vol. 31、No. 9、pp.1528-1530 (1995)
- (9) 大村吉幸、鷲坂隆志、長久保晶彦、國吉康夫、尾崎和行、「フレキシブル基板に埋め込まれた小型・柔軟触覚センサ」、第29回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2011 AC3L2-2) (2011年9月)
- (10) Y. Kato, T. Hayakawa and T. Mukai, "Soft Areal Tactile Sensor using Tomography Algorithm", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 20, No. 4, pp.628-633 (2008)
- (11) 棚橋ひとみ、渋谷淳夫、下条誠、「感圧導電性ゴムを用いた頭圧分布の計測法」、日本繊維製品消費科学会、Vol.40、No. 9、pp.57-62 (1999)
- (12) 篠田裕之、木下毅、安藤繁、「圧電ポリマーを用いた3次元構造触覚センサ」、東京大学工学部総合試験所年報、51、pp.191-194 (1992)
- (13) R. Cork, "XSENSOR Technology: A Pressure Imaging Overview", Sensor Review, Vol. 27, Iss:1, pp.24-28 (2007)
- (14) 白岡貴久、磯部宏、稲田誠生、郭士傑、向井利春、「静電容量型柔軟触覚センサの開発—計測精度と空間分解能の両立構造検討—」、第29回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2011 AC2L1-3) (2011年9月)
- (15) 小田島正、大西正輝、田原健二、向井利春、平野慎也、羅志偉、細江繁幸、「抱え上げ動作による移乗作業を目的とした介護支援ロボット研究用プラットフォームRI-MANの開発と評価」、日本ロボット学会誌、Vol. 25、No. 4、pp.554-565 (2007)
- (16) T. Mukai, S. Hirano, H. Nakashima, Y. Sakaida and S. Guo, "Realization and Safety Measures of Patient Transfer by Nursing - Care Assistant Robot RIBA with Tactile Sensors", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 23, No. 3, pp.360-369 (2011)
- (17) 独立行政法人理化学研究所・東海ゴム工業株式会社プレスリリース、「床から車いすへの抱き上げ移乗ができる介護支援ロボット」(2011年8月2日)
- (18) 新妻弘明、中鉢憲賢、「新版電気・電子計測」、朝倉書店 (2007)
- (19) 株式会社ニッソーネット、「第3回「11月11日介護の日」アンケート結果」
http://www.nissonet.co.jp/company/news/pdf/news_101104.pdf
(参照日2012年3月28日)
- (20) 岩切一幸、高橋正也、外山みどり、平田衛、久永直見、「高齢者介護施設における介護機器の使用状況とその問題点」、産業衛生学雑誌、Vol.49、No.1、pp.12-20 (2007)
- (21) 厚生統計協会、「国民衛生の動向・厚生指標」、Vol. 50、No. 12、pp.292 (2003)
- (22) 厚生統計協会、「国民福祉の動向・厚生指標」、Vol. 51、No. 9、pp.35 (2003)
- (23) 鈴木定、「医師とナースのための褥瘡診療指針」、医学書院、6 (1999)
- (24) 那須則子、田中靖子、大野かおり、武田弘美、平田雅子、「褥瘡の発生予防と治療に関する研究 (第16報、褥瘡発生要因(湿潤、摩擦、ずれ)の研究における過去3年間の動向)」、神戸市看護大学短期大学部紀要、Vol.23、pp.11-22 (2004)
- (25) 高杉紳一郎、古江増隆、深川修司、今西恭子、岩本幸英、御崎晶嗣、「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」、第13回日本褥瘡学会学術集会、シンポジウム3「リハビリテーション」(2011年8月)

執筆者

郭 士傑* : 東海ゴム工業(株) 新事業開発研究所
健康介護事業準備室 室長 工学博士
介護支援ロボット、介護用マットレス
および関連要素技術の研究開発等に従事



加藤 陽 : 東海ゴム工業(株) 新事業開発研究所 担当課長 工学博士

伊藤 弘昭 : 東海ゴム工業(株) 新事業開発研究所 担当次長

向井 利春 : 独立行政法人理化学研究所
理研-東海ゴム人間共存ロボット連携センター
チームリーダー 工学博士

*主執筆者