

# 3D自在変形シートを活用した福祉機器開発研究(第1報)

兵頭敬一郎\*・佐藤幸志郎\*・疋田武士\*・佐藤寿喜\*

\*製品開発支援担当

## Research and development of welfare equipment utilizing 3D freely deformable sheets (the 1st report)

Keiichiro HYODO\*, Koushirou SATOU\*, Takeshi HIKIDA\*, Hisaki SATOU\*

\*Product Design and Development Section

### 要 旨

車椅子を長時間利用する高齢者の褥瘡予防や褥瘡後のケアができる車椅子用シートの実現を目指して、身体形状に合わせてシートの支持面が3次元で変形しその形状を維持する方法を検討し、その機構設計と試作開発を行った。

試作開発の段階で、先行技術調査と専門家のアドバイスにより、新規性・進歩性が一定程度認められ知財化の可能性があることがわかった。試作品の体圧分布測定により、セルの形状や素材、弾性素材の選定の方向性を確認でき、褥瘡になりやすい座骨周辺の圧力を緩和する方法について検討することができた。

現状ではプロトタイプの段階であるため、今後、専門家の意見や想定するユーザーの調査を進め、知財化と製品化に向けて取り組む。

### 1. はじめに

大分県では東九州メディカルバレー構想を策定し、平成29年3月には特区の再認定を受け、医療分野のみならず、介護・福祉・看護分野にも対象領域を拡大した。

大分県の高齢化率は32%を超え、全国平均の27.7%を上回る高齢化の進展を背景に、県内のものづくり企業においても新たな技術開発による福祉・医療機器の開発が進んでいる。

当研究は、個人の身体形状に合わせて支持面形状が3次元で自在に変形できるシートの実現を目指し、車椅子の座面や自助具等の福祉機器に活用することで褥瘡等の予防や創傷ケアに利用できる技術の構築を目標とする。

### 2. 研究内容

平成27～29年度に産学官連携で高齢者用椅子を開発し、導入した施設に入居する高齢者の状況を調査したところ、車椅子利用者が多いことがわかった。

施設に入居する高齢者は、腰や臀部の痛みを感じている人が多いことから、身体の形状に合わせて支持面形状が容易に変形できるシートを開発することで、体圧が分散され身体への負担が軽減できQOLの向上が期待できる。

一方、オーダーメイドで支持面形状を成形する方法についての先行研究はあるが<sup>(1)</sup>、想定していない姿勢や動

作、着座位置が変化した場合には違和感や痛みが生じることが報告されている。

今年度は、福祉機器の中でも車椅子用シートに着目し、座面の支持面を個人の身体形状に合わせて変形し、その形状が容易に保持と開放ができる技術を確立し、褥瘡等の予防や創傷後のケアができる製品を開発することを目標とする。

#### 2.1 先行商品調査

市販されている車椅子用シートを調査し、横軸に座位保持力、縦軸に体圧分散性と設定しポジショニングマップを作成し、開発する商品の位置づけを確認した。

#### 2.2 先行技術調査

特許情報プラットフォームにて、クッション、椅子、矯正、褥瘡で検索しテーマコードを設定した。テーマコードを組み合わせて検索しFターム（多観点）分析を行った。

#### 2.3 褥瘡に関する調査

日本褥瘡学会の実態調査委員会報告1<sup>(2)</sup>及び、宮崎県で開催された、在宅褥瘡セミナーに参加し褥瘡や皮膚の創傷に関して調査した。

#### 2.4 3D自在変形シートの設計

先行商品調査や先行技術調査に基づく専門家のアドバイスを基に、現状のシートの課題を「操作の容易性」、「3D形状の保持性」と設定した。

現状のシートの課題解決と知財化の可能性があるシートの開発に向けて複数の試作品を設計した。

## 2.5 体圧分布測定

当センター研究員の2名を対象とし、評価用に試作した3D自在変形シート5種、市販の車椅子用シート3種、市販のシート用素材2種に5分間着座し、1分間隔で5回、体圧分布を測定した。測定は、福岡県工業技術センターインテリア研究所が保有するニッタ（株）製 体圧分布測定システムを使用し、センサシートはBIG-MAT2000P3BSを使用した。

## 2.6 試作した3D自在変形シートの評価

試作したシートは、客員研究員の早稲田大学名誉教授野呂影勇氏に人間工学の視点からのアドバイスと併せて、看護の専門家2名の意見を参考に製品化の方向性を検討した。

# 3. 研究結果及び考察

## 3.1 先行商品調査

市販されている車椅子用シートを構成する素材は、綿、ウレタンスポンジ、ポリエチレンビーズ、ジェル、ゴムなどが用いられており、支持面に着座した際に臀部の体圧を分散するために弾性が必要であることがわかる。

調査した車椅子用シートを、横軸に形状保持力、縦軸に体圧分散性と設定しポジショニングマップを作成し、開発の方向性を検討した。

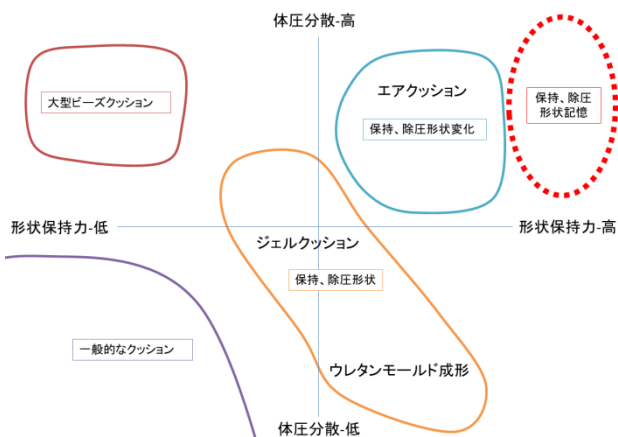


Fig. 1 開発の方向性検討用ポジショニングマップ

先行商品の中では、ポリエチレンビーズをエアバルブ付きの袋で密封し空気を抜くことで形状を記憶する商品が形状保持力と体圧分散性が高いと予測しサンプルを調査した。着座の圧力で袋内の空気が抜けることで臀部の形状を記憶できるが保持力は弱い。付属のエア抜きポンプを10回以上動かすことで形状を保持することができた。エア抜きポンプのホースのネジを緩め、袋に空気を入れることで形状を変えられるが、形状の記憶保持

と解除に手間がかかる事が課題と考えられる。また、低反発ウレタンをエアバルブ付きの袋で密封したシートに着座し自重で空気を抜いた後、バルブを閉じることで形状を記憶するサンプルを調査した。バルブを閉じても袋の中を空気が流動するため、形状保持力が弱いことが課題と考えられる。

そこで、先行商品と比較して形状保持力と体圧分散性が高い位置付けのシートを開発する方向で検討した。(Fig. 1)

## 3.2 先行技術調査

特許情報プラットフォームにて、クッション、椅子、矯正、褥瘡で検索しテーマコードを3B084, 3B095, 3B096, 3B099, 4C040, 4C09と設定し、各テーマコードの観点ごとに分類されたリストの中から関連性の高い内容を抽出した。それらのテーマコードを組み合わせることでFターム（多観点）分析を行い、複数の先行技術を抽出した。

支持面を3次元形状に保持する技術としては、姿勢回復訓練用クッション（特許 6533649 2019/4/2）が挙げられる。着座面及び底面に伸縮性素材を用い、側面に伸縮性のない素材を組み合わせたカバー内にビーズが充填されており、体をもたせかけた後に側面の拘束ベルトを調整することで身体形状に沿った形状となる。

## 3.3 褥瘡に関する調査

日本褥瘡学会の実態調査委員会報告1では、2016年10月に調査に同意が得られ分析可能であった対象者がいた病院387施設、介護保険施設157施設、訪問看護ステーション181施設の総計725施設を対象に、療養場所別の褥瘡有病率や有病者の特徴などについて調査が実施されている。

上記報告では、総患者数177,296人に対して、総褥瘡有病者数が3,711人であるため約2%と推定でき、施設内発生が51.4%と施設外に比べ多少多いことがわかる。

最も多い褥瘡の部位はその他をのぞき、8施設中6施設が仙骨部（一般病院28.0%、療養型病床を有する一般病院38.6%、大学病院28.6%、小児専門病院13.3%、介護老人保健施設35.4%、訪問看護ステーション30.0%）で、精神病院は踵部28.6%、介護老人福祉施設は尾骨部23.4%であることがわかった。

また、宮崎県で開催された、在宅褥瘡セミナーに参加し褥瘡や皮膚の創傷に関して調査した。

自分の体重による圧迫で皮膚に創傷ができる場合は「褥瘡」、医療関連機器の圧迫による創傷は「医療関連機器圧迫創傷（MDRPU）」と呼ばれ区別されている。車椅子用シートの着座による圧迫だけでなく、部品や部材で圧迫されて創傷ができる場合があるので、レバーの位置や

素材なども含め設計に配慮する必要があることがわかった。

### 3.4 3D自在変形シートの設計

本研究で開発した3D自在変形シートは、箱状のフレームの底面にウレタンなどの弾性素材を置き、その上に柱状のセル部材を並べる。セル部材に一方から水平方向に力を加えることで、セル同士の摩擦力で上下方向に任意の位置で固定することができる。着座すると身体形状に合わせてセルが上下した状態で固定できるため支持面が3D形状に変形し記憶される。

セル部材については、素材と形状の要求項目として体圧分散、垂直耐力、水平耐力、セル間保持力、材料コスト、加工性、軽量性について検討し、総合評価の高い、木製の中実丸棒と塩ビ製の中空パイプを使用した。

Table 1 セル部材の評価

要求項目	木材角柱	木材円柱	EVAキャップ	塩ビキャップ	塩ビ管	樹脂管+半球	ゴム円柱	紙管	アルミ管	鉄管
体圧分散	△	○	△	△	○	○	◎	○	×	×
垂直耐力	◎	◎	◎	◎	◎	○	△	△	◎	◎
水平耐力	◎	◎	△	◎	◎	◎	△	△	○	◎
セル間保持力	○	○	×	△	△	△	◎	○	×	×
材料コスト	○	○	○	○	◎	△	×	◎	○	○
加工性	○	◎	◎	○	◎	△	○	◎	○	○
軽量性	○	◎	◎	△	○	○	◎	◎	◎	○
総合評価	○	◎	△	○	◎	△	△	○	△	△

セル部材の直径を比較するため、中実丸棒の直径をΦ15mm、Φ25mm、Φ30mm、3種の評価用モデルを製作し、着座後に水平に加圧し3D形状が保持できることを確認した。

加圧方法については、車椅子用のブレーキ用部品、トグルランプ、カムレバー、偏芯カム、クランプレバー等を検討し、操作が容易で、製造用の治具として使用され耐久性の高いトグルランプを利用することとした。

また、加圧部品の取り付け位置については、車椅子のシートに乗せた際に操作できる位置に制約があるため、後方の場合は、座面と背面のシートの隙間からトグルランプを操作する方法とした。(Fig.2) また、前方の場合は支持面下部に設けた空間に配置し、左右どちらからでも操作できるよう木製のバーを取り付けることとした。(Fig.3)



Fig. 2 後方加圧タイプシート的设计案



Fig. 3 前方加圧タイプシートの試作

### 3.5 体圧分布測定

当センター研究員の2名を対象とし、評価用に試作した3D自在変形シート5種、市販の車椅子用シート3種、市販のシート用素材2種に5分間着座し、1分間隔で5回体圧分布を測定した。(Fig.4)



Fig. 4 体圧分布測定の様子

体圧分布測定を行った2名のうちの1名の着座5分間の平均値の測定結果を示す。(Fig.5)

	試作品1	試作品2	試作品3	試作品4	試作品5
写真					
座面寸法	幅85×奥行340×高さ95	幅85×奥行340×高さ95	幅85×奥行340×高さ95	幅85×奥行340×高さ95	幅85×奥行380×高さ90
特徴	Φ15中実丸棒セル使用	Φ25中実丸棒セル使用	Φ30中実丸棒セル使用	Φ26中空パイプセル使用	Φ40キャップセル使用
測定結果					
写真	シート1	シート2	シート3	シート4	シート5
座面寸法	幅440×奥行440×高さ40	幅380×奥行380×高さ80	幅410×奥行410×高さ45	幅410×奥行410×高さ40	幅400×奥行400×高さ90
特徴	ポンプで膨らませる形状記憶	自家で膨らみつれんが形状記憶	格子状のジェルシート	チップウレタン	低反発ウレタン
測定結果					

Fig. 5 体圧分布測定の結果

試作品1～3は、中実の丸棒の直径をΦ15mm、Φ25mm、Φ30mmで比較したもので、どれも座骨部周辺に最大圧力値がありΦ30mmとΦ15mmよりもΦ25mmは、最大圧力値が小さいことがわかった。

試作品2と4は、ほぼ同じ直径であるΦ25mmの丸棒とΦ26mmのパイプで中実と中空の違いについて確認し

たが、 $\Phi 26$  mm のパイプの方が座骨部の最大圧力が小さいことがわかった。

試作品 5 は、 $\Phi 40$  mm で支持面側が半球状の塩ビキャップを使用しており、セルの間隔で圧力が集中していることがわかる。支持面側のセルの端面形状は半球から面にする必要があると予測できる。

シート 1 は、袋に密封されたビーズをポンプで脱気することで形状記憶されるため、着座後に脱気した状態で測定した。座骨部、仙骨部にかかる最大圧力は 137mmHg と小さいことがわかる。

シート 2 は、低反発ウレタンがエアバルブ付きの袋で密封されており、着座後に自重で空気を抜いた後、臀部の形状に合わせて支持面の形状が変形し記憶される。座骨部の最大圧力は 237mmHg と比較的大きい。

シート 3 は、ジェルを格子状に成形したシートで、座骨部の最大圧力は 127mmHg で圧力集中が少なく仙骨部や大腿部の圧迫もほとんど見られない。

シート 4 は、チップウレタンで、反発力が大きいため、座骨部を中心に最大圧力は 232mmHg であった。

シート 5 は、低反発ウレタンで、座骨部の最大圧力は 124mmHg と小さく、大腿部の圧迫もほとんどみられない。

試作品 5 種の中では  $\Phi 26$  mm の中空パイプの最大圧力が最も小さく 187mmHg であった。

市販のシート 1～5 のの中では、最大圧力が低反発ウレタンでは 124mmHg、ジェルシートが 127 mmHg とほぼ同じで、体圧が分散されていることがわかった。

この体圧分布測定により、試作品 5 種の中では最大圧力の小さい  $\Phi 26$  mm の中空パイプをセルに使用し、その下に敷いているウレタン全体または座骨部周辺の一部を低反発ウレタンに変更することで、3D 形状も保持でき体圧が分散されたシートになる可能性がある。

3D 形状が保持できれば、褥瘡になりやすい座骨部周辺の支持面を押し下げることによって圧力集中を防ぐことができる。

### 3.6 試作した 3D 自在変形シートの評価

試作品 5 について、客員研究員の野呂名誉教授より下記のとおりアドバイスをいただいた。(Fig. 6)

- ・試作品に座ると底つき感があるため、セルのストローク量が適正かどうか検証した方がよい。
- ・現状より厚くなる可能性はあるが、車いす用のクッションは厚いものが多いので問題ないのではないかな。
- ・セルの直径はもう少し小さい方がよいのではないかな。
- ・必要なストローク量を臀部の位置によって変えることも考えられる。
- ・クッションの後方の坐骨周辺の位置はストローク量が大きい方がよい。



Fig. 6 人間工学と看護の専門家のアドバイス

また、看護の専門家より試作品 4 について下記のアドバイスをいただいた。

- ・長時間着座時には臀部形状とともにズレを防止する工夫が必要。
- ・あらかじめ、臀部の形状を想定した形状にしておくことも考えられる。
- ・片麻痺などで重心が傾いた方にも利用できるのではないかな。
- ・レバー一つで座面の形状が変えられる技術は興味深い。

今後、専門家からのアドバイスを参考に、座骨部の周辺の圧力が分散されるよう改良設計を行いたい。

## 4. まとめ

試作品 5 種と市販のシート 5 種の体圧分布測定により、試作品 4 の  $\Phi 26$ mm のパイプをセルに使用し、その下のウレタンを低反発に変更することで体圧分散性の高いシートになると考えられた。

今後、セルの上端に圧力センサーを実装し、各セルの圧力を測定することで、除圧が必要な位置のセルの長さの変更や、セルの下面に接する弾性素材を変更することで、体圧分散性と形状保持性の高いシートの開発を進めたい。

## 参考文献

- (1) 藤巻吾郎ほか、家具製品のカスタマイズ技術に関する研究～個人の体型に合わせた支持面形状の提案技術（ケーススタディ）、平成 30 年度岐阜県生活技術研究所研究報告、p19～22、2019
- (2) 日本褥瘡学会 実態調査委員会、療養場所別自重関連褥瘡と医療関連機器圧迫創傷を併せた「褥瘡」の有病率、有病者の特徴、部位・重症度、平成 28 年度日本褥瘡学会実態調査委員会報告 1、褥瘡会誌、p423～445、2018