

## 11. 脊髄損傷者に向けた便座用 3D プリントクッションの 開発による褥瘡予防

○松田 健太 (神奈川リハビリテーション病院)  
井上 彰太 (神奈川リハビリテーション病院)  
村田 知之 (神奈川リハビリテーション病院)  
横山 修 (神奈川リハビリテーション病院)  
山上 大亮 (神奈川リハビリテーション病院)

### 【研究目的】

脊髄損傷者の排便は、1 時間を超える場合もある。そのため、脊髄損傷による感覚麻痺を有する場合には、二次障害である褥瘡を予防するための配慮が必要となる。そのために用いることのできる便座用クッションは既にあるが、脊髄損傷者に対しては、十分な除圧性能を得ることができない。そこで、本研究では、安定した排泄動作と除圧性能を有するクッションを試作することで、排便時の褥瘡のリスク軽減を図り、QOL の向上を目指す。

### 【研究の必要性】

当院では脊髄損傷者の褥瘡の治療・手術をおこなっており、再発予防のために圧力分布計測や生活状況をヒアリングして褥瘡のリスクを減らす対策などを実施している。褥瘡の発症の多くは車椅子やベッド関連に起因するが、排便時の便座が影響している場合がある。

通常の便座は硬質な樹脂製のため、多くの脊髄損傷者はクッション性を有する補高便座やゲル状のシートを敷くことで褥瘡予防をしているが、排便に時間を要する脊髄損傷者に対して十分な除圧性能が得られないことや安定性の欠如といった問題がみられた。そこで本研究では 3D プリンタを用いて便座クッションを開発することとした。3D プリンタを用いることで、形状や密度などの設定を自由に調整できるため、これまで両立が難しかった除圧性能と安定性を高いレベルで実現可能であると考えている。

### 【研究計画】

- ① 便座着座時の動作および圧力分布の評価、市販されている補高便座等の課題抽出調査
- ② ①を踏まえて 3D CAD を用いて便座用クッションの設計
- ③ 当院 3D プリンタを用いた形状確認モデルの製作
- ④ 外注にて便座用 3D プリントクッションの製作
- ⑤ 脊髄損傷者 5 名を対象に既存の製品との比較評価

## 【実施内容・結果】

### 1. 市販の補高便座等の課題抽出調査

市販品 A (やわらか補高便座 TOT0(株)製) と市販品 B (そふと便座しっかりサポート (株) 有菌製作所製) および他の補高便座 2 種類を用いて、専門職による比較評価を実施した。脊髄損傷者を模して座り比べてみると圧力分散性と便座上での安定性や動作のしやすさを十分に両立しているものは見当たらなかった。そのため、安定した排泄動作と除圧性能を有する便座クッションの試作に向けて、形状の模索をおこなった。

### 2. 設計

ポイント①：坐骨付近の当たりが強くなるように、角を丸めるように配慮

ポイント②：座った際に足が外に自然に開き、大腿部でしっかり支持するような形状

ポイント③：手が入りやすいように穴の前方を広く設定

上記のポイントを踏まえて、市販の補高便座の穴の大きさなどを参考に、3D CAD を用いて試作機の設計を実施した。(図 1 左)

### 3. 形状確認モデルの製作

設計した試作機の形状確認用モデルとして、当院の 3D プリンタを用いて試作 1 号機を製作した。市販のクッションと座り比べるなどの評価を実施した結果、座骨付近の形状の修正や開口部の拡大、全体的に丸みをつけるなどの修正をすることとした。(図 1 右)

データの修正後に試作 2 号機を製作し、再度評価を実施した。座骨部の圧迫が改善し、座位の安定性および動作の容易さが向上したため、外注による 3D プリント試作へと進めることとした。その際の変更点として、開口部の前方を広げるように修正した。(図 2)

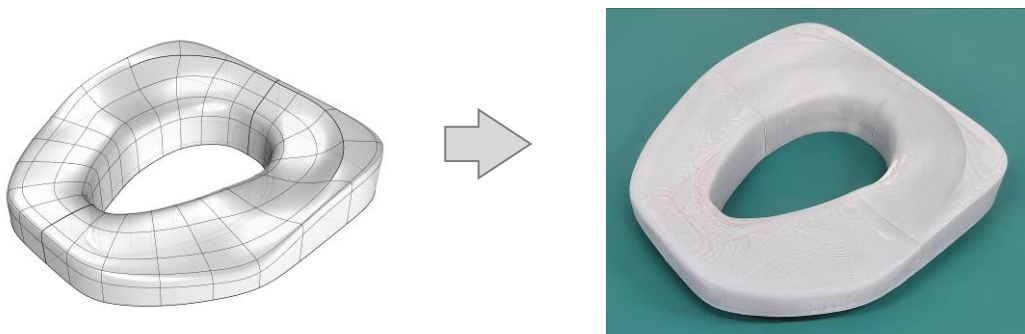


図 1 試作 1 号機の設計と当院 3D プリンタでの試作

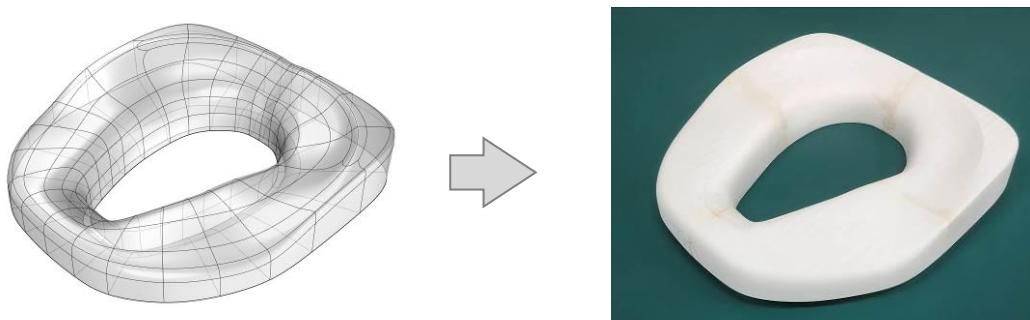


図 2 試作 2 号機の設計と当院 3D プリンタでの試作

#### 4. 便座用 3D プリントクッション（試作 3 号機）の製作

試作 3 号機は、クッション性を有する素材を使用して製作した。3D プリンタの造形エリアの都合により分割する必要があるため、前後、左右、上下をそれぞれ 2 分割した 8 個の造形物を接着することで、1 つの構造体としている。ただし、直接皮膚が接触する部分に接着している角が当たるのは避けたいことから、上のパーツは前後左右は接着せずに、下側のみ接着している。（図 3）

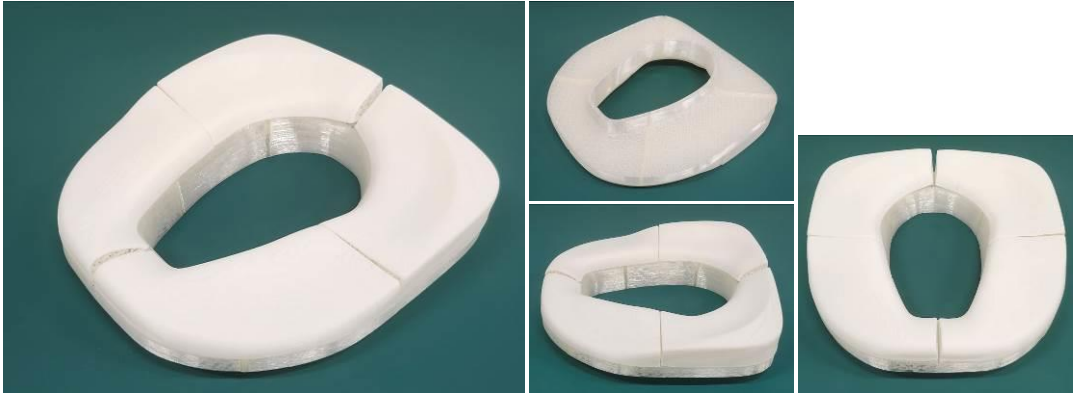


図 3 試作 3 号機

#### 5. 専門職における評価

対象：作業療法士 11 名

方法：試作 3 号機と市販品 A・B を用いて、圧力分布計測と主観評価を実施した。圧力分布計測では、それぞれのクッションにおいて 60 秒間計測し、センサの値が安定している数値を抽出し、最大圧力値・平均圧力値・接触面積の平均値を算出して比較した。主観評価では、圧力分布計測終了後にそれぞれのクッションを座り比べてもらい、7 つの質問に対して 5 段階評価（1：悪 ～ 5：良）で回答をしてもらった。

結果：圧力分布計測の結果は、比較した 3 つの中で試作 3 号機の平均圧力値は最も低く、最大圧力値は 2 番目に低く、接触面積は 2 番目に広いという結果であった（表 1）。

主観評価の結果は、座り心地・安定性・動きやすさ・圧迫感の 4 つも項目で最も評価が高かった。その他の項目の評価においては、2 番目の評価であった。それらの項目も最も良い評価を得た市販品 A に近い評価結果であった（表 2、図 4）。

表 1 専門職の圧力分布計測結果

No	性別	身長	体重	最大圧力値(mmHg)			平均圧力値(mmHg)			接触面積(cm <sup>2</sup> )		
				試作機	市販品A	市販品B	試作機	市販品A	市販品B	試作機	市販品A	市販品B
1	男性	160cm	60kg	179	162	200	49	56	57	1268	1208	1165
2	女性	-	-	179	169	200	39	50	44	1303	1174	1217
3	男性	176cm	68kg	200	200	200	45	61	50	1407	1113	1553
4	女性	151cm	60kg	200	177	134	51	63	48	1389	1096	1700
5	女性	160cm	-	200	194	200	56	69	50	1570	1217	1769
6	男性	171cm	76kg	200	200	200	57	87	66	1372	958	1191
7	女性	-	-	158	139	179	36	48	39	1061	949	1243
8	女性	-	-	183	200	200	48	61	54	1312	1199	1381
9	女性	162cm	-	169	173	196	44	56	48	1320	1096	1476
10	-	-	-	200	200	200	60	62	56	1260	1027	1243
11	男性	170cm	68kg	200	200	200	57	66	50	1096	923	1337
			平均値	188.0	183.1	191.7	49.3	61.7	51.1	1305.3	1087.3	1388.6

※圧力値は最大200mm/Hgまでのため、平均値は参考値

表 2 専門職の主観評価の結果

		平均	min-max
Q1. 座り心地	試作機	4.64 ± 0.92	2-5
	市販品A	3.09 ± 0.7	2-4
	市販品B	2.45 ± 1.13	1-4
Q2. 安定性	試作機	4.45 ± 0.82	3-5
	市販品A	3.18 ± 0.98	2-5
	市販品B	3.27 ± 1.27	1-5
Q3. 動きやすさ	試作機	4.18 ± 0.98	2-5
	市販品A	3.27 ± 0.9	2-5
	市販品B	2.55 ± 1.13	1-5
Q4. 移乗のしやすさ	試作機	3.91 ± 0.94	2-5
	市販品A	3.64 ± 0.81	2-5
	市販品B	2.45 ± 1.13	1-4
Q5. 圧迫感	試作機	4.64 ± 0.5	4-5
	市販品A	3.55 ± 1.21	2-5
	市販品B	1.73 ± 0.65	1-3
Q6. 手の入れやすさ	試作機	3.45 ± 1.13	2-5
	市販品A	3.82 ± 1.17	1-5
	市販品B	2.09 ± 1.3	1-5
Q7. 臀部の開きやすさ	試作機	3.82 ± 0.75	3-5
	市販品A	3.73 ± 1.01	2-5
	市販品B	2.64 ± 0.81	1-4

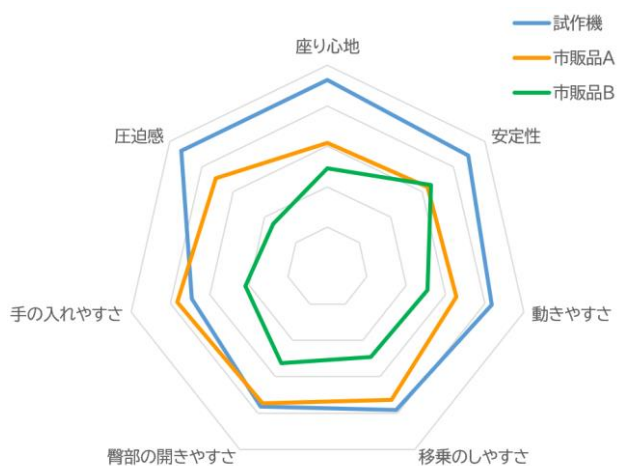


図 4 専門職の主観評価の比較

## 6. 臨床評価

対象：脊髄損傷者 5 名

方法：試作 3 号機と市販品 A・B を用いて、圧力分布計測と主観評価を実施した。圧力分布計測は、専門職における評価と同様の方法で実施した。主観評価では、質問項目を 4 つに絞り、5 段階評価（1：悪～5：良）で回答をしてもらった。

表 3 脊髄損傷者の圧力分布計測結果

No	損傷レベル	身長	体重	最大圧力値(mmHg)			平均圧力値(mmHg)			接触面積(cm <sup>2</sup> )		
				試作機	市販品A	市販品B	試作機	市販品A	市販品B	試作機	市販品A	市販品B
1	C8不全麻痺	170cm	57kg	200	200	200	49	57	50	1217	1268	1156
2	C6b3不全麻痺	158.5cm	48kg	200	200	200	43	40	37	1510	923	1424
3	C6～7不全麻痺	168cm	65kg	200	200	200	58	63	56	1372	1389	1320
4	Th4完全麻痺	173cm	52kg	200	200	200	49	58	54	1225	1018	975
5	不全麻痺	153cm	62kg	200	200	200	60	67	52	1415	1105	1639
平均値				200	200	200	51.8	57	49.8	1348	1141	1303

※圧力値は最大200mm/Hgまでのため、平均値は参考値

表 4 脊髄損傷者の主観評価の結果

		平均	min-max
Q1. 座位の安定性	試作機	3.8 ± 1.1	3-5
	市販品A	3.6 ± 1.67	1-5
	市販品B	3.2 ± 0.84	2-4
Q2. 動きやすさ	試作機	3.6 ± 1.14	2-5
	市販品A	3.6 ± 1.34	2-5
	市販品B	3.4 ± 0.89	2-4
Q3. 手の入れやすさ	試作機	3.4 ± 0.89	2-4
	市販品A	3.2 ± 1.48	1-5
	市販品B	2.4 ± 1.14	1-4
Q4. 手のつきやすさ	試作機	3.6 ± 1.14	2-5
	市販品A	4 ± 1.22	2-5
	市販品B	2.4 ± 1.67	1-5

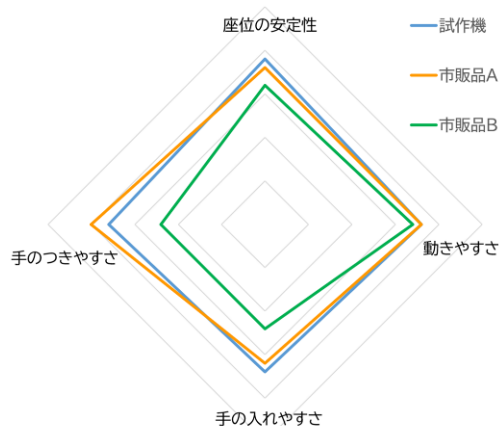


図 5 脊髄損傷者の主観評価の比較

**結果：**圧力分布計測の結果は、比較した 3 つの中で試作 3 号機の接触面積は最も広く、平均圧力値は 2 番目に低かった。最大圧力値はすべての被検者においてセンサの最大計測可能値である 200mmHg よりも高かった。(表 3)

主観評価の結果は、座位の安定性・手の入れやすさ・動きやすさの項目で最も評価が高かった。手のつきやすさの項目においては 2 番目の評価であった。いずれの項目においても最も良い評価であった製品 A と近い評価結果であった。(表 4、図 5)

**【考察と今後の課題】**

本研究では、市販されている便座クッションを調査し、脊髄損傷者に適した便座クッションを検討した。健常者における評価では、試作機は全体的に高い評価を得られた。一方で、脊髄損傷者における評価では、評価が分かれる傾向であった。脊髄損傷者は健常者と比較して臀部の皮下脂肪や筋肉量が少なく骨突出が顕著であるため、座った時の感覚が適さないと感じる対象者がいた可能性が示唆された。一方で、圧力計測における接触面積は大きく、平均圧力値も低いことから本研究で製作した試作機は安定した排泄動作と除圧性能を有する便座クッションとして一定の効果をを得ることができた。

今後の課題として、試作 3 号機は分割して製作している影響もあり、柔らかすぎると考えている。形状の調整と合わせて硬さなどを調整することで、脊髄損傷者にとってさらに使いやすいものになると考えている。

※ 本研究は神奈川リハビリテーション病院 医療及び医学研究等倫理委員会の承認を得て実施している。(承認番号：krhe-2025-005)

**【参考文献】**

- 1) 玉垣 努：脊髄損傷者の排泄支援用具，リハビリテーション・エンジニアリング Vol. 28 No. 2, p55-58, 2013
- 2) 玉垣 努：排泄関連の福祉機器開発の実際，リハビリテーション・エンジニアリング Vol. 36 No. 4, p192-195, 2021

**【経費使途明細】**

使 途	金 額
① 謝礼 (Quo カード 5,000 円×5 名分)	25,000 円
② 記録および解析用タブレット	72,980 円
③ 記録および解析用タブレット用部品	9,404 円
④ 3D プリントクッション試作製作費	198,000 円
合 計	305,384 円
大同生命厚生事業団助成金	300,000 円

※ 申請時に記載していたクッションカバー製作は今後の検討課題となりました。また、3D プリンタ材料費は当院にあった材料を使用できたため、発生しませんでした。