

現場ニーズに即した研究開発・商品化

本田雄一郎 中村豪 高見響 中村秀正 陳隆明

1 はじめに

本当に役立つものづくりを行うため、ロボットリハビリテーションセンターでの開発スキームに沿って開発を進めてきた。その成果が順次実現してきている。

ロボットリハビリテーションセンターでの開発スキームをベースに、排泄支援装置の製品化、障害者雇用にもつながる骨盤モデル製造の事業化、量産型筋電義手の開発を進めてきた状況を報告する。

2 ロボットリハビリテーションセンターでの開発スキーム

兵庫県立総合リハビリテーションセンター内にある福祉のまちづくり研究所は、隣接する中央病院などの臨床スタッフなどとの連携で研究開発ができる利点がある。臨床スタッフと研究者が近い距離にあることを活かし、実践してきたロボットリハビリテーションセンターでの開発スキームについて簡潔に説明する。

なお、この開発スキームは、平成 25～27 年度に実施した「ロボットリハビリテーションの定量評価手法の開発」や平成 27～29 年度の「モーションパラメータ応用技術開発」においても実施してきた。

図 1 に開発スキームを示す。図中の「セラピスト」と記載のある部分は、開発されたものを現場で利用する者となる。この開発スキームの要点は、その利用者の欲するものを実現するため、利用者の意見を取り入れ、手に取って大きさや機能を試せる試作機を作り上げ、実際に操作してもらい、見つかった改善点に対処していくことで、現場で役立つものづくりを行っていくことにある。現場で利用するには開発したモノの機能そのものを利用する場面だけではなく、リハビリテーション訓練であれば、訓練を始めるにあたり、その準備、利用から収納まで含めた一連の流れで考える必要がある。

以下で順に紹介する排泄支援装置や骨盤モデル、量産型筋電義手は、利用者の意見のほか、ものづくりを行う現場の意見を反映して開発を進めた成果となっている。

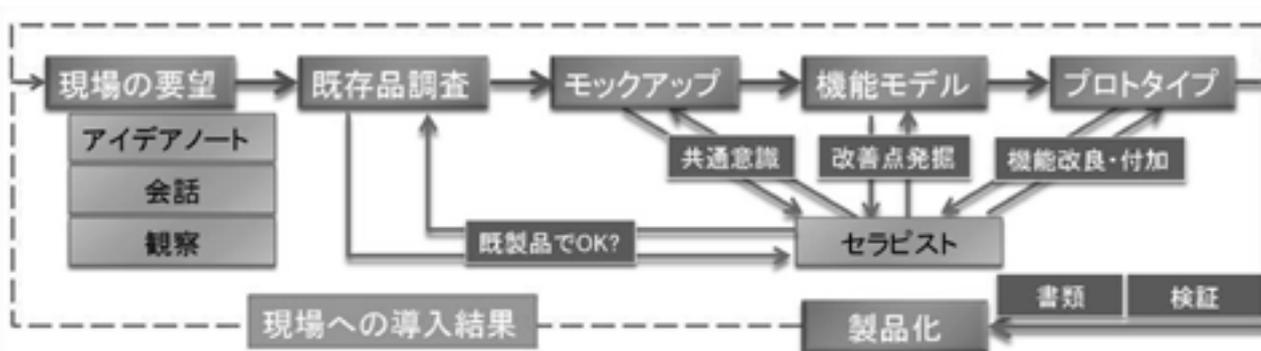


図1 ロボットリハビリテーションセンターでの開発スキーム

3 排泄支援装置

排泄支援装置は、リハビリテーション中央病院の作業療法士から出てきたアイデアで、女性の脊髄損傷者にとって自らカテーテルを尿道へ挿入し、排尿する（自己導尿）ための訓練道具があればQOLの向上に繋がるとのことで開発を行った。従来は、その訓練のために懐中電灯で対象箇所を照らし、鏡越しにカテーテルの先端を見ながら訓練を行っていた。鏡の中の像は暗く小さく映りがちであった。当開発による排泄支援装置は利用者にとって楽で安定した姿勢で利用出来るほか、訓練するスタッフと同じ視線で自己導尿訓練が出来る利点がある。

また、現場で利用した中で、排尿だけでなく排泄においても有効活用できることが判明した。この有用

性を他の機関においても利用できるようにするため、企業と共同開発を進め、製品化に至った(図2)。

開発スキーム(図1)におけるプロトタイプから製品化に向けた流れに繋がられたケースである。

また、本装置にかかる知財案件は特許査定を受けている(特許第6208707号「排尿支援装置」)。

本開発事例は、平成30年度障害者自立支援機器導入好事例普及事業において、「障害者のニーズを的確に捉えて開発した機器」・「技術革新やメーカー等の製品開発努力等により、新たに開発されたもので、従来の機器では実現できなかった機能等を有する機器」を対象とする技術開発研究部門において「患者が自立した排泄行動をサポートする装置」として、共同開発企業が好事例賞を得ている。



図2 ESコート製品紹介ページ

(シェルエレクトロニクス社 : <http://www.shell-ele.com/business/apparatus.html>)

4 骨盤モデル

骨盤モデルは、隣接しているリハビリテーション中央病院の医師よりニーズがあり開発を行った医工連携のものづくりであり、兵庫県社会福祉事業団が推進するひまわりラボ・プロジェクトの一環として障害者就労の機会創出へと結びついたケースである(図3)。

通常は骨同士がぶつかる部分には軟骨があるが、長年のうちに軟骨が擦り減り、変形性関節症を発症し骨同士が擦れるなどして骨頭や骨盤が擦り減っていくため炎症が起こり手術に至るケースや転倒などによる大腿骨の骨頭付近の骨折などが原因で手術に至るケースがある。大腿骨の上側の先端(骨頭)部と胴体を繋いでいる骨盤のくぼみ(寛骨臼)で起こる問題を解消するために必要に応じて実施される手術に対して、コンピュータ画面の中で仮想的に手術の手順を考えるだけでなく、手術を行う骨盤形状を実物大のモデルにして、術前シミュレーションができるよう開発した(図4)。それにより、手術時の心理的負担軽減や手術時間の短縮のほか投薬量の軽減など、患者本人や手術スタッフ双方に寄与できる成果である。

この骨盤モデルは、術前にそれぞれの患者に対してCT撮影した医療データをもとに作成するため、オーダーメイドのものづくりとなる。このものづくりのためのCTデータ加工から骨盤モデル作成までを福祉工場などで、障害者の仕事として実施できるように各施設の担当者が努力した(図5)。その結果、本年度にサービス事業として、骨盤モデルの製作・販売が始まった。

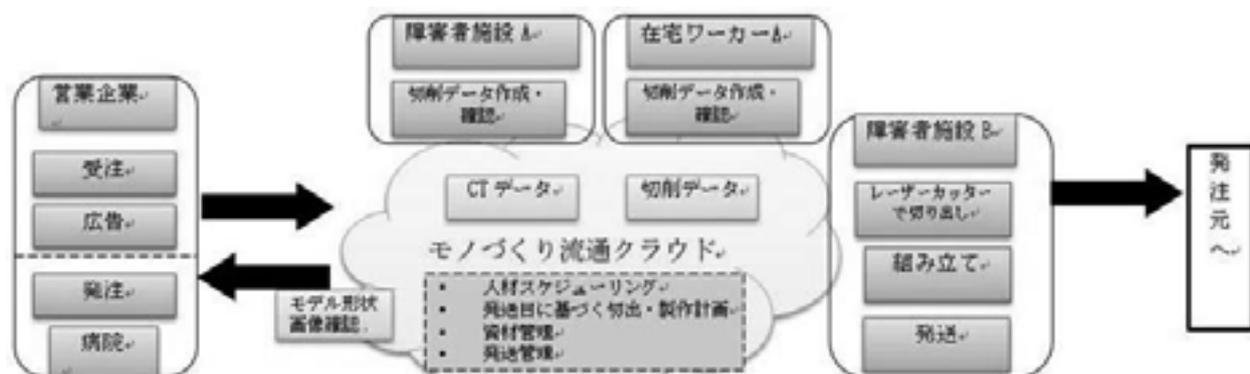


図3 骨盤モデル事業スキーム



図4 骨盤モデルにおける術前シミュレーション。

左)実物大モデル 中央)リーマーで実物大モデルの掘削 右)リーマーで掘削後、インプラントの挿入

また、本モデルにかかる知財案件についても特許査定を受けることができた（[特許第6360003号「医療用立体モデルおよびその製造方法」](#)）。

4.1 小野福祉工場での作業の効率化

小野福祉工場がひまわりラボ・プロジェクトの一翼を担い、骨盤の断面形状を板材で切り出す作業と切り出した骨盤モデルパーツを立体モデルに作り上げる作業を担当している。

昨年度、残された課題は、骨盤モデルを構成する各層パーツの縁にレーザー加工時に形成されるダレの除去工程をいかに楽に迅速に行えるかであった。この課題解決のため、専用の治具を作ることで作業効率の向上を狙ったところ、1時間程度かかっていた手作業が治具・道具を活用し、15分以内で終わるようになり、時間的な短縮が可能となったほか、作業時に手にかかる負担も軽減され、作業現場では喜ばれている。

また、この治具などの利用による作業を前提とし、作業効率をあげるため、CTデータの加工処理においてもひと工夫加えている。



図5 福祉工場における骨盤モデル作成の様子

左)レーザー加工機による切出し、中央)骨盤モデルパーツ、右)組み立て途中

4.2 骨切術に適用可能な骨盤モデルの開発

手術用器具であるリーマー（図4中央写真参照）で骨盤を掘削した後、インプラントを挿入する術式、あるいは深く抉れている骨盤部に砕かれた骨を詰め込み、埋め合わせてからインプラントを固定する術式に対する骨盤モデルの製造方法は確立した。これらに加え、丸ノミを利用して関節部を傷つけることなく周囲から骨を半球状に切り出し、関節を含む骨の向きを調整後に固定する骨切術に対して、当骨盤モデルでは積層した各層のパーツが丸ノミで切り出された時にバラバラになる欠点があった。昨年度は、切り出す予定の部分に接着固定することでこの欠点を克服したが、それでは術前に骨盤の各層における切込み可

能な骨の厚みを実際に見ながら切り出し計画を立てることができなかった。そこで、図6に示すように骨盤パーツの内部に穴を設けておき、丸ノミで切れる伸縮性のある材料で穴を埋めておく方式を考案した。作業の手間を考慮し、作成方法の効率化について更に発展させる必要がある。

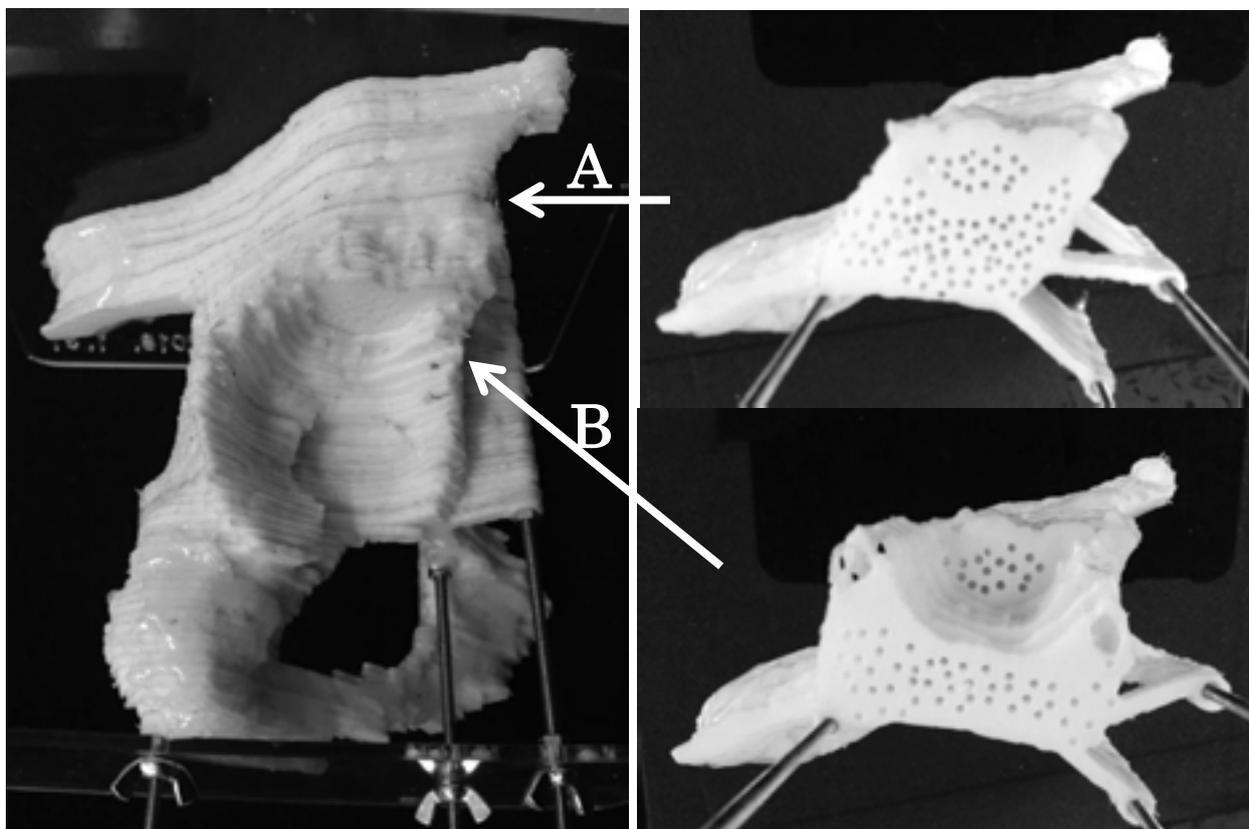


図6 骨切術用骨盤モデルの改善：左)全体像，右上) A層での状態 右下) B層での状態

4.3 骨盤モデルに関する技術開発の今後

様々なステークホルダー間の関わりがある中で、サービス事業として骨盤モデルを外部の希望者にも出せるようになった。安全に迅速な手術の実施のためにも積極的に骨盤モデルを利用してもらえるよう広報していく必要がある。それと同時にCTデータの加工処理に関して、加工できる人材が不足しているため、多くの依頼が殺到した場合に対応が不可能となる。そのことを補うため、今主流となっている人工知能技術を応用したCTデータ加工処理を実現できるようにすることを計画している。

5 量産型筋電義手の開発

5.1 開発の目的と背景

まちづくり研究所に隣接する兵庫県立リハビリテーション中央病院では、前腕欠損(切断)者に対し、義手装着訓練を積極的に行っており、とりわけ筋電義手の利用の利便性の高さは日常生活のみに留まらず、仕事や趣味活動など多岐にわたることがわかっている。前腕欠損者に対して、能動義手訓練と、適応者には筋電義手訓練も行っているが、現在市販されている筋電義手の見栄えや重さから筋電義手を利用しない義手ユーザの方もいる。

ユーザのニーズと筋電義手訓練の現場での意見を総合した結果、

- 1) 装飾性の良さ (手の見栄えと利用時の手の仕草)
- 2) 軽量化
- 3) 指が外力によって自然に曲がる安全性

4) 廉価となる義手の開発

を進めてきた（図7）。

昨年度まで、日常生活の外出時に義手と気づかれることなく最低限の把持機能を満たすような用途で好まれるであろうという意見を元に、「動かせる装飾義手」という位置づけで開発を進めてきたが、本年度は仕事で義手を使うことも考慮し、より強く握る動作が可能な義手の開発を行った。

また、「動かせる装飾義手」のコンセプトで申請していた当該義手の核となる知財案件にも特許査定を受けることができた（特許第6479376号）。

量産型筋電義手の製作は骨盤モデル同様、障害者の雇用に結びつけられるよう考えている。そのため、特殊技能がなくても組み上げ可能な義手の設計となるよう配慮して開発してきた。

本年度の開発では目ですぐ見える大きな変化は少ないが利用者、製作者目線での改良を行った。

量産型筋電義手の開発では、厚生労働省による平成30年度障害者自立支援機器等開発促進事業に採択され開発を進めた。

5.2 改良点

本年度は、共同開発企業と連携し、昨年度開発した各パーツの動作をより安定させる改良や動作音の軽減、シリコングローブの安定した製作ができる改善などを行った。

1) 動作音軽減のための骨格機構の改善

量産型義手で物を把持したとき、モータから発生する振動が力の伝達機構を伝わり、義手骨格構造が共鳴装置のように働き、大きな音が発生した。この振動を伝わりにくい構造へと再設計した。このことにより、当初、洗濯機の音程度とされる60dBから図書館内の音程度である40dBまで静音化できた。

2) バッテリ

安定性やバッテリーと義手手先部の電気的な接続に関する改良をおこなった。

3) シリコングローブ

材料や制作方法を変更し、より安定して製作できるようになった。

その他、製品化に向け、各パーツをつなぐケーブル類に関しても均質に出来上がるようにした。

5.3 評価結果

日常生活で利用するものの把持について新たな被験者にも改良後の量産型筋電義手を用いて試してもらった。図8にはその一例を示す。その結果、筋電義手のハードユーザ、ソフトユーザにおいて利用目的やそれまでの筋電義手の利用の仕方が異なっていることもあり、把持力の増強を求める意見から現状の機能でよいとする意見まで幅の広いフィードバックがあった。



図7 義手（左）と手（右）の握手の様子



図8 メモ書きができるかの予備テストの様子

また、実験室や職場で試用いただき、義手が一般的な使用場面で壊れないかについても調べた（図9）。

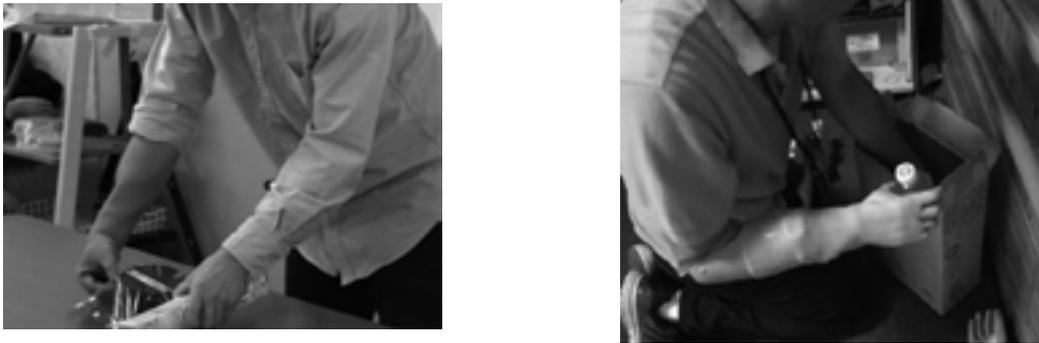


図9 実験室・職場での利用テスト。 左) 薄いラップを引き出し利用, 右) ペットボトルの箱詰め

6 おわりに

研究成果を社会に還元するため、製品化やサービスの事業化が具体的に始まりだした。それと時期を同じくして、知財関連において、研究当初に出していた特許に対して査定されるようになってきた。これにより、特許については、申請から特許査定を得られるまで、おおよそ3年は必要となることが分かってきた。当初のアイデアから商品化には、現在のところ5年程度かかることが分かってきた。

研究所では研究開発成果を直接製品として販売することができないため、製品化には企業の協力が必要となってくる。そのため、図1で示したプロトタイプから製品化の流れを効率化することを考慮した開発手法を築くことで、より早期に研究開発成果を企業の協力とともに利用者へ届けられる形にしていけると考えている。研究開発体制を次のステップに進めていくための課題として取り組んでいきたい。

この3年間の取り組み結果を下表にまとめる。

年度	開発進捗内容		
28	<p>骨盤モデル</p>  <p>クラウドシステム開発</p>	<p>筋電義手</p>  <p>成人男性用モデルの開発</p>	<p>排泄支援装置</p>  <p>プロトタイプの開発</p>
29	<p>小野福祉工場にて切出し・組立て作業を実施可能とする 製作時間の短縮化 パーツのバリ取り CTデータの処理</p>	 <p>つまみ機能強化 バッテリーの開発</p>	<p>カメラ映像の色改善 導入利用評価 特許第6208707号 「排尿支援装置」</p>
30	<p>特許第6360003号 「医療用立体モデルおよびその製造方法」 ひまわりラボ 製造サービス開始</p>	<p>特許第6479376号 製造業者確定</p>	<p>製品化</p>