

## ロボット介護機器開発～機械から見た開発の課題と解決策

### The Mechanical Challenges and Solutions in the Development of Robotic Devices for Nursery Care

○ 比留川博久（産総研）

Hirohisa HIRUKAWA (AIST)

**Abstract:** METI/AMED has supported to develop robotic devices for nursery care including power assist suits and devices for transfer aid, walking assists for outside/inside, safety surveillance sensors mainly for dementia persons at nursery home and private home, and assist devices for bathroom. The robotic devices has been developed by robot manufactures or welfare device ones. The robot manufactures are eager to apply robotics for the development, but many of them lack the right sense for welfare devices. On the other hand, welfare device ones should know the required specifications of the assist devices, but many of them are not good at robotics. Besides, care service providers demand the robotic devices with right specifications at low cost. These problems invoke challenges for mechanical design of the robotic devices. A solution for the challenges includes a smart design tool using digital human model that can produce a useful robotic device at a low cost.

**Key Words:** robotic device, nursery care, digital human, assist device, power suit

#### 1. はじめに

METI/AMED のロボット介護機器開発において、重点8分野のロボット介護機器の開発を行ってきている。開発者は、ロボットメーカーか福祉機器メーカーであるが、ロボットメーカーはロボット技術には長けているが介護機器に求められる仕様についての知見が乏しく、逆に福祉機器メーカーは介護機器として外してはいけない要件は分かっているが、それを実現するロボット技術がない場合が多い。また、介護事業者としては、低価格で役に立つロボットを求めている。

これまで、開発者と基準策定評価事業者で協力しながら開発を進めてきて、これらの課題の解決を図ってきている。本稿では、これら課題と解決法の概要について紹介する。

#### 2. 開発の課題

ロボット介護機器の開発プロセスの例を次図に示す。

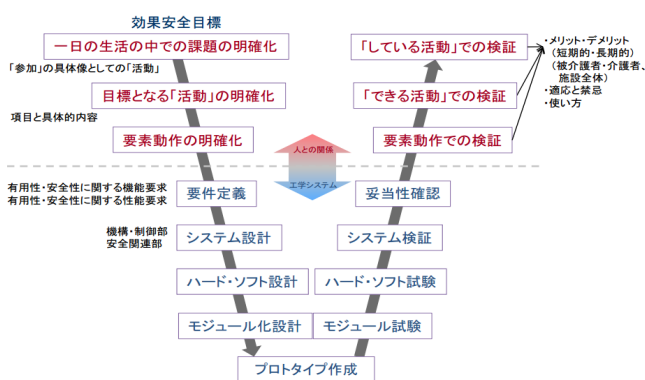


Fig.1 V-model of the robotic devices development

このV字モデルでは、被介護者と介護者の生活の中での課題の目標・活動の目標に基づいて必要な要素動作を明確にする。福祉機器メーカーは、福祉分野での経験が豊富で、その経験に基づいて機械の要件定義を適切に行っている。ロボットメーカーはここが不得意である。逆に、福祉機器メーカーは機械の要件定義がされてから、それを実現する技術が強くない、ロボットメーカーはそこが得意である。例を挙げると、ある福祉機器メーカーの例では、機器に必要な機能はきちんと把握しているが、機械を実現する段階

になると、既製品のリニアアクチュエータをリンクに外付けする方法しか実現できないので、エンドイフェクタの軌道が最適化するのが困難であるとか、機器全体の大きさが望ましい大きさより大きくなってしまっていた。また、ロボットメーカーの例を挙げると、シンプルな機構でも実現できそうな機能を多自由度のアクチュエータを使って実現したり、操作系を高価なセンサを使って実現したりと、コストを軽視した設計がされているとか、機器が大きすぎて現場に持ち込むのが明らかに難しい様なものが散見された。

これまで5年計画のプロジェクトの3年目までが終了し、重点8分野の中の6分野の開発を完了しているが、最終成果物を見ると、高機能の機器は設定価格が高すぎるものが多い。また、見守りセンサについては、基幹部品の供給に不安のあるものもあり、コストダウンとともに今後の課題となっている。以下、重点課題毎に課題を列挙する。

##### 2.1 装着型移乗支援機器

サイバーダインのHAL 腰タイプは腰痛を予防するために最低限のパワーアシストをする。一方、菊池製作所のマッスルスーツは最大30kgのサポートをする。アシスト力が強ければ利用者の負担は下がるが、機器の安全性を確保するのはより難しくなる。用途に応じて、最適なアシスト力を設定するのが課題となっている。

##### 2.2 非装着型移乗支援機器

パナソニックの離床アシストベッドの最終成果物はコストダウンも進み、今後の製品化が期待される。マッスルのSasukeは、車椅子からトイレへの移乗ができないことが課題である。富士機械製造のHugは、開発当初より小型化が進み、介護現場でも使える大きさとなった。課題はコストダウンである。安川電機の移乗アシスト装置は、機構の改良による一層の小型化が望まれる。

##### 2.3 屋外移動支援機器

RTワークスのRT.1はグリップでの操作力の検出によりカート自重のキャンセルが可能な高性能機であるが、形状から介護保険適用外である。最近、自重のキャンセル機能はないが保険適用になるタイプが発売された。幸和製作所のリトルキーパスも同様である。

##### 2.4 屋内移動支援機器

本重点分野はまだ開発中で、現在までのところ立上りと立ち座りを安定に支援でき、トイレ等の生活空間で使用可

能な小型の機器の開発は出来ていない。機構設計が大きな課題となっている。

### 2.5 排泄支援機器

TOTO の居室設置型移動式水洗便器は下水への配管工事が必要でマンション等では利用が困難である。アロン化成、積水ホームテクノの機器は工事が不要であるが、排泄物処理が簡易にできるかどうかが課題である。

### 2.6 入浴支援機器

本重点分野も開発中である。被介護者を浴槽へ搬送するのが主機能であるが、既存の浴槽に設置できる機構および大きさを実現すること、姿勢安定性を確保することが課題となっている。

### 2.7 見守り支援機器（介護施設型）

本分野は8社が最終年度に開発を継続し、少なくとも3社が製品を発売している。ベッドでの起き上がり、端座位、離床等の検知は、実用レベルの確報率で実現できている。課題としては、距離計測センサに供給不安があるか自社製だと原価が高すぎること、画角が狭いために天井への設置が困難なことが挙げられる。

### 2.8 見守り支援機器（在宅介護型）

転倒検知については特に困難はなく、複数のメーカーが確度の高い検知方法の開発を行っている。難しかったのは浴室特に浴槽での見守りである。浴室には湯気が発生していることを想定すると、time of flight を測定原理とする距離センサが正常には動作しなかった。代替方法としては、パターン光の照射を使うタイプの距離センサ、24GHz 帯の電波を使うレーダー、光ビーム遮断を使う方式等が開発され、浴槽での沈水等の検知が可能となった。

## 3. 解決策

ロボット介護機器開発の課題を考えると、以下に示す設計指針が必要であると思われる。

#### (1) 動力学シミュレーションを用いた仕様設計

福祉機器メーカーのような経験に基づくノウハウに乏しいロボットメーカーがロボット介護機器の仕様を設計する際には、利用者のデジタルヒューマンモデル、機器のモデル、これらの間の物理相互作用モデル、筋骨格モデル等を駆使して、機器の詳細設計をする前に、所望の目的が達成できるかどうかを定量的に吟味する必要がある。また、移動機器については、その大きさが生活空間で利用可能かについても、事前の検討が重要である。この方法の概要を Fig.2 に示す<sup>(1)-(3)</sup>。



Fig.2 Digital human model, robot model and their interaction

これまで、移乗支援機器、屋内移動支援機器の仕様設計についてこれらの手法を適用し、その有効性の検証を行っている。

#### (2) ロボット技術を応用した機構設計

機構学に基づくリンク設計、アクチュエータの位置制御や力制御、多軸力センサを用いた操作インターフェイス等、ロボット技術では一般的な技術を用いて機構設計をする。このとき、必要な要素動作の要件を十分に吟味し、最小の自由度、最小数のセンサでハードウェアを実現することが肝要である。また、部品についても可能な限り量産品を利用し、特注部品の利用は最低限とすべきであろう。

#### (3) 許容コストを考慮した単純化

介護事業者が介護者を一人雇用したときの一ヶ月の粗利益は10万円程度だそうである。従って、介護者が利用する機器については、月額に換算した費用は1万円位が上限と考えられる。非装着型移乗支援機器等、数人がシェアできる機器については、その数倍であろうか。被介護者が利用する歩行支援等の機器については、介護保険適用時の月額利用料で1,000円位が上限と考えられる。この制約を考えると、量産時には従来の福祉機器で用いられていたような機械的なロックとか、ダンパを用いた機械的抑速装置とか、安価な機構を組み合わせることも必要になってくる。

ロボット機器の開発には、ロボットメーカーと福祉機器メーカーの協力が非常に有効であると考えられる。

## 4. おわりに

本当に使えるロボット介護機器を実現するためには、対象となる介護事業の経営分析、被介護者および介護者の目標、人間を含む力学解析に基づく設計により、要件を定める必要がある。ここまではコストがかかり、ハイテクが投入されても問題はない。

機器を設計製作する際には、出口の介護事業が許容するコスト制約を最初に考え、その範囲で投入可能な資源を精選して実施する必要がある。これまでのところ、性能の高い機器は価格が高すぎる傾向にあり、改善が必要となっている。

また、機器の有効性の検証はこれからであり、その結果によっては機構の改良が求められることになる。ロボット介護機器の導入は入口に差し掛かったばかりで、普及するかどうかは関係者の努力により決まる。気を引きしめて、尽力していきたいと考えている。

## 謝辞

本研究は、経済産業省/AMEDからの受託事業として実施された。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- (1) 鮎澤、森澤、吉田：人の動作特徴を陽に組み込み可能なヒューマノイド動作再現、日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015, 1P2-B06, 2015.
- (2) 遠藤、多田、吉田：個人別人体モデルに対する骨格モデルの構築と運動解析機能の開発、第33回日本ロボット学会学術講演会、RSJ2015AC3G1-08, 2015.
- (3) 吉安、鮎澤、吉田、松本、遠藤：幾何学的皮膚変形モデルを用いた身体順動力学シミュレータの開発と介護機器評価への応用、第33回日本ロボット学会学術講演会、RSJ2015AC3G1-07, 2015.