解説

ロボット介護機器の評価基準と評価方法—見守り機器の事例から

Evaluation Criteria and Methods of Robotic Care Devices in the Case Example of *Mimamori* (Watch-over) Sensors

角 保 志* *産業技術総合研究所

Yasushi Sumi* *National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

1. はじめに

ロボット介護機器開発・導入促進事業では、「ロボット技術の介護利用における重点分野」[1] ごとに、安全評価基準や性能評価基準等の策定を行っている。策定中の評価基準は年度ごとにとりまとめられ、同事業の中間審査会およびステージゲート審査会における審査基準となる。

本稿では、この「重点分野」の中から、ロボット介護機器開発・導入促進事業で平成 25~27 年度に開発・導入支援が実施された「認知症の方の見守り」分野を取り上げ、中間審査会とステージゲート審査会の審査基準・審査方法を事例として、その評価基準について紹介する。

2. 見守り機器について

2.1 見守り機器の概要

認知症の方の見守り機器は、「ロボット技術の介護利用における重点分野」により、下記の二つのタイプが定義されている。

- 介護施設において使用する、センサや外部通信機能を備えたロボット技術を用いた機器のプラットフォーム（介護施設型見守り機器）
- 在宅介護において使用する、転倒検知センサや外部通信機能を備えたロボット技術を用いた機器のプラットフォーム（在宅介護型見守り機器）

ロボット介護機器開発・導入促進事業（以下、ロボット介護機器 PJ）では、平成 25~26 年度に介護施設型、平成 26~27 年度に在宅介護型の見守り機器に対して、開発・導入支援が行われた。

これまで、主に介護・医療施設向けの見守り機器として、センサマットや赤外線離床センサなどが市販されている。また、在宅向けの見守りサービスとして、独居高齢者の安否確認サービス等が提供されている [2]。

ロボット介護機器 PJ では、こうした見守り機器やサー

ビスの分野に、先端的な「ロボット技術」を導入し、かつ、そのデメリットも十分に考慮し、さらに機器を使用すべき・使用すべきでない対象（適応と禁忌）を明確にすることで、介護者と被介護者にとって、より役に立つ見守り機器を開発できると考えている。

ここで、見守り機器に導入される「ロボット技術」としては、距離画像が取得できる三次元カメラや画像処理・パターン認識・機械学習等を含む「センサ技術」、無線通信モジュールやインターネット、クラウドサービス等を含む「通信技術」、スマートフォンやタブレット端末等、ユーザの操作や情報提示にかかわる「インタフェース技術」等が挙げられる。

2.2 見守り機器の機能

見守り機器の主たる機能は、被介護者が危険な状態にあること、もしくはその予兆を検知する「検知機能」と、検知した情報を介護者に通報する「通報機能」である。したがって、見守り機器の設計と開発においては、以下が明らかにされなければならないと考えられる。

- ・何を検知するのか、すなわち、機器の検知の対象となる被介護者と、その危険状態またはその予兆
- ・誰に通報するのか、すなわち、機器の通報の対象となる介護者と、その対応法

一方、ロボット介護機器 PJ で重視している V 字モデルによる「ロボット介護機器の開発プロセス」[3] では、まず人（介護者と被介護者）を中心とした「実生活での活用法」を明確にしたうえで、機器の設計と開発が実施される。すなわち、人が生活の中で目標とする「活動」と、そこから導き出される要素動作、機器の「適応と禁忌」を明確にし、さらに、これらをロボット工学の専門家が正しく理解したうえで、機器設計のための要件分析・要件定義が実施されなければならない。このことは、換言すると、「ロボット介護機器の開発プロセス」における、V 字モデル上位の「人との関係」から、下位の「工学システム」へと、いかにブレイクダウンするかという問題であり、ロボット開発者にとっては難しい問題である。

ここで重要なことは、見守り機器の場合、「何を検知するのか」と「誰に通報するのか」とが明らかになっていれば、

原稿受付 2016 年 3 月 30 日

キーワード: Robotic Care Devices, Minamori (Watch-over), Evaluation, Stage Gate

*〒 305-8568 つくば市梅園 1-1-1

*Tsukuba-shi, Ibaraki

開発コンセプトにおける「目標とする「活動」と「適応と禁忌」についても、ある程度は明確になっているということである。「何を検知するのか」と「誰に通報するのか」を明確にできれば、利用できるセンサ技術と通信技術に応じた要件定義を経て、工学的なシステム設計、ハード・ソフト設計のステップへと進めていくことが可能となる。

すなわち、見守り機器の開発においては、「何を検知するのか」と「誰に通報するのか」が、「人との関係」と「工学システム」をリンクする共通言語になり得ると考えている。

2.3 見守り機器の安全

ロボット介護機器は、人と機械からなる「システム」として、安全分析・安全設計がなされなければならない。なかでも、見守り機器は、被介護者の安全は最終的には介護者によって担保されることになるため、機械としての安全保護方策だけでなく、人も含めた安全の考え方が重要となる。特に、「失報」と「誤報」に関する十分な分析が必要である。

ここでは、失報を、見守り機器が被介護者の危険な状態を検知しない、または、通報しないことと定義する。失報の発生は、被介護者にとって極めて重篤な危害につながるおそれがあるため、いかなる見守り機器も失報を発生させないことが求められる[4]。

また、誤報は、被介護者が危険な状態ではないにもかかわらず、見守り機器が通報することと定義する。誤報が発生したとしても、ただちに人が危険にさらされるわけではないが、もし誤報が多発すると、そのような機器からの通報は、確報（機器が本来検知するはずの被介護者の危険状態を通報すること）も含めて介護者から無視されることとなり、結果として被介護者の重篤な危害が看過されてしまうことになりかねない。したがって、見守り機器は、誤報をできるだけ少なくするか、または、誤報があっても介護者が確報を看過しないような工夫がなされている必要がある。

失報を完全にゼロにすることは現実には不可能であり、また、失報を少なくしようとするほどトレードオフとして誤報が増えることになる。見守り機器の開発者・提供者は、失報・誤報がなるべく少なくなるように機器を設計することはもちろん、適切に計画された実証試験を重ね、科学的に有意なデータを蓄積・分析したうえで、ユーザに対して失報・誤報の発生原因について十分な情報を提供しなければならない。

一方、見守り機器は、屋外・屋内移動支援機器や移乗 assistance 機器等、ほかの「重点分野」のロボット介護機器とは異なり、基本的にアクチュエータや可動部などの機械的な構

図1 ステージゲート審査会における書類審査と実機審査の位置付け

造を持たず、通常使用時に機器本体が人と直接に接触することもない（介護者が携帯する端末等を除く）。このため、人に対して力学的に作用する危険源は、他分野のロボット介護機器と比べて限定的である。

その他、EMC、感電、不適切な設置による落下等の危険源については、一般的な家電製品や電子機器類、もしくは医療用機器類と同様のプロセスによって、適切な分析が必要である。また、レーザー光等の放射を伴うセンサを利用する場合は、JIS C 6802やJIS C 7550等、対応する安全規格に適合した設計および運用がなされなければならない[†]。

3. 見守り機器の評価事例

3.1 ロボット介護機器PJ ステージゲート審査会

ロボット介護機器PJでは、各年度の2月ごろに重点分野のロボット介護機器についてステージゲート審査会を開催し、同PJで開発されている機器の状況確認および性能の評価を行っている。ここでは、平成25～27年度に開催された見守り分野（介護施設型および在宅介護型）のステージゲート審査会を例にとり、これまでに実施された見守り機器の評価基準と審査方法について紹介する。

ロボット介護機器PJのステージゲート審査会は、書類審査と実機審査からなる。図1に示すように、あくまで書類審査が主であり、書類だけでは評価できない点を実機審査で確認している。また、見守り分野は、介護施設型、在宅介護型ともに2年間の開発補助事業であるため、初年度は事業終了時の達成度（見込み）を想定した審査がなされた。

平成27年度のステージゲート審査会で審査の対象となった文書は下記のとおりである；

- 1-1 開発コンセプトシート（様式）
- 2-1 試作機開発目標・課題確認シート（様式）
- 3-1 リスクアセスメントシート（様式）
- 3-2 「最低限の安全の検証」の報告書（様式）
- 4-1 実証試験実施計画書（様式）
- 4-2 実証試験結果報告シート（様式）
- 4-3 実証試験データ、分析結果等（自由形式）
- 4-4 事故・インシデント・機械トラブル等発生状況報告書（様式）

[†]JIS C 6802:2014 では、1日あたり30,000秒（約8時間）を超えるレーザー機器の使用を規定していないため、注意が必要である。

- 5 倫理審査関係書類（申請書、結果報告書等）
- 6 取扱説明書（製品化を想定した取扱説明書、または、実証試験の際に使用した機器の操作方法の説明書等）

これらの文書は、実機審査での試作機の確認と合わせて、ロボティクス、介護、安全の専門家からなる審査員により、

- ・開発コンセプトにおける「実生活での活用法」
- ・「実生活での活用法」から導出される機器の要件定義 [3]
- ・安全 [5]
- ・実証試験の目的、方法 [6] [7]

について、それぞれ、V字モデル開発の「設計」と「検証」の観点から審査された。

また、実機審査では、介護関係者（介護技術専門家、介護事業者等）からなる審査員が加わり、主にユーザの立場から、対象となるロボット介護機器の試作機が、「よくする介護（不自由なことをただ手伝うだけの「補完的介護」ではなく、生活機能、特に参加・活動の向上）」の実現に資するかどうかという観点から、審査が行われた。

3.2 見守り機器の機能評価に関する項目例

ここでは、見守り機器の機能について、その評価基準として考えられる項目の例を挙げる。

見守り機器の主機能は、前述のとおり、「何を検知するか」と「誰に通報するか」に集約される。したがって、その評価においても、この2点が重要となる。例えば、以下のような項目が挙げられる。

1) 何を検知するか

- ・対象となる被介護者の危険状態またはその予兆が明確に定義されているか
- ・選択されたセンサ技術が、対象を検知するために妥当か。また、試作機により、実際に対象が検知できるか
- ・実証試験により、検知性能に関する課題を洗い出しているか

2) 誰に通報するか

- ・被介護者を誰がどのように救護するのかについて、明確に定義されているか（介護施設型では、ほとんどの場合、介護施設従事者に限定される）
- ・通報技術が妥当か。試作機で、実際に情報が分かりやすく通報されているか

ここで、被介護者の危険状態およびその予兆としては、例えば、介護施設型では、夜間のベッド上またはベッド周辺での行動、すなわち、ベッドでの起き上がり・立ち上がり、端座位、離床等が挙げられる。呼吸や心拍の異常なども考えられる。

一方、在宅介護型では、居室・浴室等での転倒、転落、うずくまり、横たわり等、可能性のある危険状態は多岐にわたり、浴槽での水没など、死亡事故に直結する場合もあるため、開発コンセプトとして、開発する機器の「実生活で

の活用法」を明確にすることが重要となる。

- このほか、見守り機器の評価項目として特記すべきは、
- ・通報が確報かどうかを確認する手段が提供されているかどうか

も重要となる。前述のとおり、見守り機器は、失報をできる限り少なくするため、ある程度の誤報は許容せざるを得ない。したがって、介護者の負担を軽減するため、例えば、被介護者の状況を（プライバシーに配慮したうえで）介護者が目視確認できるような機能が有用である。また、

- ・センサの設置時におけるキャリブレーション（校正）が（半）自動化されているかどうか

も評価項目として重要である。見守り機器で利用できるセンサの中には、設置時のキャリブレーション、すなわち、センサが観測する空間と実際の三次元空間との相対関係を調整する作業が繁雑になるものもある。この作業を自動化または簡単な操作だけで実施できることが、機器の運用のためには必要不可欠であると考えられる。

3.3 見守り機器の実機審査

最後に、見守り分野で実施された実機審査について、それぞれ事業終了年度（施設介護型は平成26年2月、在宅介護型は平成27年2月）の実施内容を紹介する。

同実機審査は、生活支援ロボット安全検証センター（つくば市）内に設置されている模擬介護施設に、施設介護型は介護施設における居室（ベッドおよび周辺）を、在宅介護型は住宅の居室（図2）、浴室、トイレを模した会場を設営して、それぞれ実施された。

実機審査では、開発補助事業者が会場に試作機の搬入・設置・キャリブレーションを所定の時間内に行った後、

- ・開発補助事業者による説明と実演
- ・模擬動作試験
- ・審査員との質疑応答

が実施された。

このうち、模擬動作試験とは、ロボット介護機器PJで策定した一連の同じ動作を、あらかじめ準備したモデルが試験会場で実演することで、機器の性能を評価する試験であ

図2 在宅介護型見守り機器の実機審査会場（居室）

る。なお、一連の模擬動作は、モデルのプロフィール（性別、身長、着衣など）とともに、審査時まで非公開とした。

施設介護型見守り機器の模擬動作試験で実際に実施された動作を以下に示す。

- ・単純な離床動作（ベッド上仰臥位 → ベッド上座位 → 端座位 → 離床）
- ・低い姿勢での離床動作
- ・端座位の姿勢で身体を前後に動かす動作
- ・ベッド柵から上体を乗り出す動作
- ・ベッドからずり落ちる動作
- ・第三者が存在する状態での離床動作

在宅介護型見守り機器の模擬動作試験で実施された動作は、居室における以下の動作である。

- ・壁際でのうずくまり、横たわり
- ・観葉植物の側でのうずくまり、横たわり
- ・部屋中央での転倒動作（安全のためダミー人形で実施）

また、危険状態以外の動作として、以下の動作も合わせて実施された。

- ・壁際での歩行（検知範囲の確認のため）
- ・コートハンガーへの上着かけ（対象が分離した場合の影響を確認するため）
- ・ソファへの着席、寝転び（危険状態でない動作の影響を確認するため）

なお、浴室とトイレでは、被介護者の動作がある程度限定されると考えられたため、平成 27 年度の実機審査では、模擬動作試験は実施していない。

4. む す び

本稿では、見守り機器の評価基準と評価方法について、ロボット介護機器 PJ における、介護施設型見守り機器および在宅介護型見守り機器のステージゲート審査会での事例をもとに紹介した。

これまでに実施されたステージゲート審査会では、近年低価格化が進んだ三次元カメラ等、リッチな情報を獲得できるセンサ性能を十分に活用し、加えて、実証試験によって機器の課題・改良点を明らかにできた機器が、高く評価される傾向にあった。

今後、見守り機器に利用できるセンサ技術の高性能化・低価格化がますます進むことは間違いない。こうした先端技術が導入され、かつ、このプロジェクトを契機にロボット介護機器の正しい実証試験の実施方法が一般化されることで、より「役に立つ」見守り機器が開発され、普及が進むことを期待している。

参 考 文 献

- [1] 経済産業省：「ロボット技術の介護利用における重点分野」の定義，ロボット介護機器開発・導入促進事業（開発補助事業）研究基本計画別紙，http://www.amed.go.jp/content/files/jp/koubo/02020120160203_kihonkekaku.pdf, 2016.
- [2] 認知症と生活支援機器～認知症高齢者の暮らしの支援用具とサービス～，ARC リポート，RS-943，2012.
- [3] 中坊嘉宏：“ロボット介護機器の階層的な安全分析と設計”，日本ロボット学会誌，vol.34，no.4，pp.232-235，2016.
- [4] 大川弥生：効果安全検証のあり方，第 6 回パートナーシップ会合，機械振興会館，2014.4.23.
- [5] 藤川達夫，浅野陽一：“実証試験のための必須安全検証”，日本ロボット学会誌，vol.34，no.4，pp.236-239，2016.
- [6] 大川弥生：【屋外移動，介護施設見守り】実証試験総論，第 7 回パートナーシップ会合，虎ノ門 SQUARE，2014.7.1.
- [7] 大川弥生：H27 年度実証試験に向けた開発について，第 9 回パートナーシップ会合，機械振興会館，2015.5.12.

角 保志 (Yasushi Sumi)

1993 年筑波大学大学院博士課程工学研究科修了，博士（工学）。1993 年より電子技術総合研究所研究官，2001 年より産業技術総合研究所主任研究員，現在に至る。ロボットビジョン，安全センシング，ロボット介護機器に関する研究を行っている。情報処理学会，電子情報通信学会会員。（日本ロボット学会正会員）