介護現場発ユーザ中心設計によるベッドサイドロボット「もんちゃん」の開発：見守り機能と受容度改善を目指して

尾 林 和 子^{*1*2*3} 小 館 尚 文^{*3*4*5} 岡 本 佳 美^{*2}
石 井 陽 子^{*3} 野々田 峰 寛^{*3} 増 山 茂^{*3*6}

User-centered Design and Development of a Bedside Soft Robot with Monitoring and Communicative Functions for Long Term Care Facilities

Kazuko Obayashi^{*1*2*3} Naonori Kodate^{*3*4*5} Yoshimi Okamoto^{*2}
Yoko Ishii^{*3} Takahiro Nonoda^{*3} Shigeru Masuyama^{*3*6}

Abstract It has been reported that monitoring of older people's safety can improve the quality of their life in nursing homes and reduce the burden on care professionals at nighttime. The aim of this paper is to report the progress in our efforts of developing a bedside robot which functions as an Input/Output device between a monitoring system and older people.

Key Words: Soft Robot, Communication, User-centered Design, Long-term Care, Technology Assessment

1. 背景と目的

シルバー経済の成熟化に伴い、需要の増加（介護負担の重さや人手不足など）に対応するため、メーカーはより効率的で効果的な介護ロボットの開発および生産を重視するようになっていく。しかし、これらの介護ロボットが「使える」ものか否かは、利用者のニーズが十分に満たされたうえで初めて議論されるべきものであり、「効率性」や「有効性」はその次のステップであるべきである。しかし、介護ロボットが当事者や利用者の視点から開発され、検証されるという事例はまだ少ない。そのうえ、そもそも介護サービス利用者（高齢者）の中では、自らのニーズを口頭で表現することが難しい人も数多くいるという現実がある。

一方で、近年の研究に目を向けると、高齢者向け社会的支援ロボット（Socially Assistive Robot:以下 SAR）は、ポジティブな効果を生むことが報告されている [1]~[3]。筆者らの研究チームは、2015 年から、この分野で研究を進めており、長期ステイとして施設を利用する被介護者（65 歳以上の高齢者）と介護職というテクノロジーの直接利用者の両者に対して、SAR やほか

の種類の福祉支援機器（AT）が与える影響を調査・評価し、その結果を報告してきた。例えば、高齢者の活動や社会参加に対する SAR のポジティブな効果 [4] [5] や中等度認知症の人への有効性の確認 [6] [7]、介護職の夜勤時のストレスや仕事量の軽減 [8] [9] などが挙げられる。

これらの過程で、認知症の進んだ高齢者においても非言語型 SAR が反応を誘発することが明らかになってきた。また、ロボットの外観・ハードウェアによって利用者の受容度が異なることも判明し、介護施設では、利用者の受容度や嗜好を考慮する必要があることも分かってきた。このほかにも、介護システムが機器を有効に活用するためには、入出力装置や音の大きさなど、調整・改善が必要な SAR の特徴も発見した。さらに、介護施設では、従業員のスキルアップや情報通信技術（ICT）能力の向上など、新しい AT 活用への対応が求められている。

このような背景から、本プロジェクトでは、直接利用者（介護職や被介護者）のニーズを反映させながら、見守りカメラや生体センサに接続された入出力装置を備えたベッドサイド・コミュニケーション・ソフトロボットを開発することを目的とした。また、開発製造された SAR の有効性も検証した。ソフトロボットは、最近注目を浴びており [10]、世界に先駆けた開発・実装・検証の一例と言えるかもしれない。本稿では、このソフトロボット「もんちゃん」の開発過程を報告するとともに、介護施設で実施した評価研究の結果の一部を紹介する。

2. 「もんちゃん」のデザインコンセプトと開発プロセス

開発のプロセスは、利用者（高齢者と介護職）の視点からスタートし、この開発のコンセプトとして、テクノロジーの直接利用者（介護を受ける高齢者と介護職の両方）の視点から考えること、開発プロセスは、これまでの活用経験から明らかになった課題を抽出し、これを解決する支援技術（特に、見守りカメラ

原稿受付 2020 年 8 月 18 日

^{*1}日本福祉大学

^{*2}東京聖新会

^{*3}UA-ARC

^{*4}アイルランド国立大学ダブリン校（UCD）

^{*5}北海道大学

^{*6}東京医科大学

^{*1}Nihon Fukushi University

^{*2}Tokyo Seishinkai

^{*3}UA-ARC

^{*4}University College Dublin

^{*5}Hokkaido University

^{*6}Tokyo Medical University

■ 本論文は新規性（システム設計・構築分野）で評価されました。

Fig. 1 Overall concept and SAR development

やコミュニケーションロボット)を効果的に利用すること、とした。

なお、本研究は、社会福祉法人東京聖新会倫理委員会からの承認(TS 2019-004)を得たうえで実施された。実施期間は、2019年10月～2020年3月で、実施にあたり、開発およびビデオ撮影に際して、参加者とその家族から同意を求めた。また、データ取得は臨床研究に関する倫理講習であるICR臨床研究講座を修了した者が担当した。

2.1 利用者中心の設計と介護施設(現場)での開発

これまでの研究におけるヒヤリング調査などから、支援が必要ときにナースコールボタンを押せない人へのケアが不十分であるとの指摘やSARの発語の不明瞭性、SARの反応速度が遅すぎるなどの意見が出されていた。また、従来のSARのハードシェルという外観が、入居者とスタッフの双方に冷たい印象を与えていることも分かっていた。

一方、スタッフからは、ナースコールが押されるたびに入居者の様子を見に行かなければならない負担感が以前から挙げられており、ATを活用したスマート作業システムを通じて、スタッフがどこにしようと警告サインや視覚情報を送ることができれば、転倒などのアクシデントが起こる前に対処できるようになるのではないかと期待があった。また、現行のICT環境では、クラウド経由でのタイムラグや誤作動といった弱みも提示されていた。

ユーザ中心の設計では、まず、ニーズに合ったコミュニケーション(ソフト)ロボットの開発を優先すべきである。そこで、ナースコールボタンと見守りカメラに接続された入出力装置を備えた、ソフトシェルSARを開発することを全体のコンセプトとした。Fig. 1に全体コンセプトと開発プロセスを示す。

システム要件としては、(i)介護スタッフへの支援が必要ときに遠隔で監視して信号を送る機能、(ii)ベッド周りの高齢者を見守る機能、(iii)音声制御でナースコールに代わる方法を高齢者に提供する機能、(iv)小型・コンパクトで発話聞き取りやすく、ソフトで温かみのある外観のロボットで、ギャッジの上下動を妨げずにかつベッドレールに固定的に掛けることができる機能を含めることとした。

基本設計からインタフェースデザインの開発まで、反復的なPDSA(plan, do, study, act)サイクル法を適用した。ロボット(外観)設計と内部機能設計のプロセスを分離し、後者では言語によるコミュニケーション機能(システム設計や会話シナリ

Fig. 2 SAR Mon-chan and equipment inside the robot

オなど)と非言語による視覚機能(入力画面設計など)の開発を進めた。ヒューマン・ロボットのインタフェースデザインには、外観や音声機能を考慮したデザインを重視した。その結果、柔らかな素材を選択し、よりコンパクトでありながら、大きな足を使ってベッドレール上での安定性を高めることができた。

2.2 会話シナリオの改善

SARのデザインで重要な点の一つは、日常のケアルーティンに基づいて開発された会話シナリオの事前設定である。食事・起床・就寝に関するメッセージ(起床・就寝のタイミングは個別に設定)は、すべての入居者別にインプットした。レクリエーションやトイレに関する会話シナリオは、入居者のライフスタイルや生活パターンを反映して、一人ひとりに合わせて作成した。また、見守りカメラで撮影した過去の記録をもとに、シナリオを調整することも可能になった。これは、夜間起床時の会話シナリオにとって特に重要な機能である。

居室にいる高齢者の変わった動きを検知すると、見守りセンサ(各部屋に設置)から送られてくる信号がSARのサーバに発話を指示し、作成したシナリオに基づいて、録音した音声と合成した音声を合わせてSIPサーバを経由して転送、SARが入居者に発話する。

例えば、入居者が起き上がろうとすると、もんちゃんは「どうしましたか」と声をかける。「トイレに行きたい」という入居者の声に対して、もんちゃんは「スタッフがすぐに来ますので、ちょっと待っていて下さい」と発話しスタッフが到着するまでの時間、待機を促す。

このような開発過程で生まれた「もんちゃん」は、ぬいぐるみの形をしたコミュニケーションロボット(10×7×5[cm])の中にI/O装置を内蔵している(Fig. 2)。

システム要件を受けて、求められる機能としては、まず見守りがあり、ナースステーションに接続された赤外線センサとアラート機能をも持たせた。次に、ユーザがロボットを介して介護スタッフと会話をする機能が必要である。そこで、インプット・アウトプットデバイスとしては、カメラ、モノラルマイク、スピーカー、そして、Power over Ethernet (POE)を搭載させた。入力した文書は、音声に変換させられ、各被験者のニーズに応じて、前もって録音されたものを被験者にとって聞きやすい音声を用いることとした。

3. 「もんちゃん」の評価

前述したように、「もんちゃん」は、親しみやすい外見と心地よい手触りで、ペット型ロボットの素養も持つコミュニケー

Table 1 Video coding protocol-incorporating observed emotion (VC-IOE) (Japanese version) [14]

1 感情的な反応 (emotional)	肯定的 (喜び)	にこにこする (スマイル) ロボットに対して (声をだして) 笑う
	否定的 (怒り、不安、 恐怖、悲しみ)	物をぶつける、倒すなどの物理的な攻撃、叫ぶ、カタナイ言葉で罵る、 眉を寄せる、歯を食いしばる、口をとがらせる、目を細める、 声を震わせる、叫び声をあげる、繰り返し叫ぶ、眉間にしわを寄せる、 顔にしわを寄せる、顔面筋をこわばらせる、 泣く、泣面、垂れ目、うなる、ため息をつく、目/顔を伏せる
	どちらともいえない	リラックスしていて、(上記のような) 特定の表情は見られない
2 言葉による反応 (verbal)	肯定的	ロボットについて前向きなコメントをする、ほめる、ジョークを言う、幸せだという、 面白い体験だという、会話に参加し、会話を続ける、言葉でロボットに答える
	否定的	その場を去りたいという、活動に参加するのを拒否する 繰り返し体の不調を訴える、カタナイ言葉で罵る、
	なし	会話に参加せず、会話継続せず、ロボットやスタッフに対して反応を示さない
3 やりとり (聴覚含) にみられる反応 (auditory / interactive)	肯定的	聞き取りができていて、反応があり、言葉のキャッチボールになっている
	否定的	聞き取りが難しく、聞き取りができていないものややりとりができていない
4 視覚による反応 (visual)	あり	ぱっちり目を開けて、ロボットを目で追う、アイコンタクトを維持する
	なし	目を閉じている、アイコンタクトなし
5 行動にみられる反応 (behavioral)	肯定的	ロボットを触ったり、抱くなど、適切な方法でなでる、さする、抱える、扱う
	否定的	ロボットを不適切にたたく、ゆらしたり、引っ張ったり、引っ掛かたり、引っ掛かたりする
	なし	触るなどの物理的コンタクトはなし、ロボットとの交流がない
6 他者やグループとしての反応 (collective)	あり	他の人にもロボットと接するよう働きかける、ロボットを他人に紹介する ロボットを使って他人と交流しようとする
	なし	グループや他人への働きかけや接触はなし
7 動揺・興奮 (agitation)	あり	落ち着きのなさ、反復される (動揺の動き、衣服を取り上げたり、いじったりする、 手足や身体をこすり続けること、心配そうな様子を見せる、 自分や他人に対して虐待的・攻撃的な単語や表現を繰り返す
	(言葉、声、運動)	
	なし	上記のような動揺・興奮状態はなし

ションロボットである。しかし、赤外線見守りカメラや生体センサーとも連動しているためケアシステムに組み込まれている。その外観や機能には、利用者の介護現場での経験やニーズ、好みも反映されている。

研究チームは開発終了後、利用者のコミュニケーションや交流の質を向上させるという目的を達成しているかどうか、その効果を評価するために、小規模な研究を実施した。評価対象は、このロボットシステムを設置した東京近郊の特別養護老人ホーム入所者 30 名 (女性 25 名、男性 5 名、86.8 ± 6.8 歳、平均介護度 4.1)。なお、収集された導入前と導入後のデータの統計分析には、ウィルコクソンの符号順位検定を用いた。なお、すべての統計分析は、EZR を使用し、 $P < 0.05$ を以て統計的有意であると見なすこととした。

3.1 評価方法

本研究の目的は、言語による意思表示が難しい高齢者にとっても親しみがわき、使いやすいソフトタイプのロボット開発であった。そのため、開発されたロボットの評価は、被介護者の日常生活における変化を測定することによって間接的にではあるが、理解することができると考える。そこで本研究では、interRAI と Video Coding Protocol-Incorporating Observed Emotion (VC-IOE) の二つの方法を用いた。interRAI は、被介護者のための標準化された評価尺度の一つであり、身体能力 (日常生活動作 (ADL))、認知機能障害、および生活の質を測定する指標である。評価項目は、認知パターン、コミュニケーションおよび聴力パターン、身体機能などのカテゴリーから構成されている [11] [12]。interRAI スコアは、高齢者の QoL (Quality of Life) の測定値としても使用される。「もんちゃん」導入前に、二つのカテゴリー (E:「気分や行動」、F:「心理社会的幸福感」) [13] の住民のスコアを集計し、「もんちゃん」導入 4 週間後に集計したスコアと比較した。その結果を以下に示す (3.2 節)。

もう一つの指標は、高齢者がペット型ロボット「パロ」を使用したときの短期的な感情変化を観察するために、Jones ら [14] によって考案された VC-IOE である。研究チームは、このコーディングフレームワーク (Table 1) を日本語に翻訳し、本研究に用いた。今回は、居室の状態ではなく、レクリエーションの際に、「もんちゃん」と一対一で時間を過ごしてもらい、許可を得たうえで、3 分間のやり取りをビデオ撮影した (Fig. 3)。

開発された「もんちゃん」に、非発話型 (ぬいぐるみ) ロボッ

Fig. 3 Verbal exchanges with Mon-chan during recreation

トと発話型ロボットの両方の特性があることから、非発話型と発話型「もんちゃん」それぞれに対する個別反応を調べた。記録された動画データは、3 名の研究者 (介護職 2 名、外部研究者 1 名) が VC-IOE 法を用いて分析した。観察項目の一覧を Table 1 に示す。本研究では、3 分間のクリップを観察し、各項目に -2 (悪い)、-1 (悪い)、0 (変化なし)、+1 (良い)、+2 (改善) の点数をつけた。

分析者間の不一致を最低限に抑えるため、数回のパイロット録画について、議論し、スコアの調整を行った。結果を 3.3 節に示す。

3.2 結果 (i) : interRAI を用いた QOL 変化評価

二つのカテゴリーの interRAI スコアの合計は、「もんちゃん」導入前は 15.6 ± 11.7 であったが、4 週間後には 13.4 ± 10.0 に変化した。この差は統計的に有意であった ($p < 0.01$)。気分や行動、心理社会的幸福感への負荷が軽減したことになる。結果から、参加者の生活の質 (QoL) が向上したと考えられる。

個々人のレベルでは、57%の参加者のスコアが改善したのに対し、20%の参加者は不変で、23%の参加者の値が悪化した。ポジティブな効果が「もんちゃん」によってもたらされたことがうかがえる。

3.3 結果 (ii) : VC-IOE を用いた感情変化の評価

「良かった」と「改善した」を合わせたポジティブスコアのカウン数は、「もんちゃん (非発話型)」では半数以上 (55.2%)、「もんちゃん (発話型)」では 42.0% となった。「良くない」はほとんどなく、「悪化した」になったものはゼロであり、コミュニケーションロボットもんちゃんによる陽性刺激効果が認められた。

この効果は、1. 感情的な反応、2. 言葉による反応、4. 視覚による反応、5. 行動にみられる反応、において顕著であった。3. やりとり (聴覚含) にみられる反応は、言葉を話し会話ができるもんちゃんロボットのみに肯定的な反応がみられた。

全体でみると両者の間には、統計的に有意な差はなかった。

4. 考察と結語

今回、研究チームは、使いやすく、受け入れられやすく、より安全なケアデリバリーに貢献するソフトロボット (SAR) の開発を目指した。これまでの SAR の弱点を克服し、介護現場の利用者 (高齢者や介護職) の声を活かすことを目指した。その結果、介護現場の利用者が設計・開発・導入・評価に介入し、製作されたものが「もんちゃん」である。

「もんちゃん」を使用した 4 週間の interRAI スコアの変化を

評価したところ、参加者の気分や行動、心理社会的側面において改善が見られた。同時に、VC-IOE 観察フレームワークを用いて、タイプの違い（言語対非言語）にかかわらず、参加者の積極的なエンゲージメントが示された。

この背景には、今回、被験者のニーズを理解したうえで、ロボットの設置位置をベッドサイドとしたことによって、耳元での声かけが行え、音声聞き取りやすくなり、意思の疎通が図れたことで、気分や行動、心理社会的側面において改善が見られたと考えられる。

さらに、以前のロボットと比べて、利用者が開発の過程から関与したことによって、受け入れ度が増していたことは特記に値する。高齢者および介護スタッフともに愛着をもって、ロボットを活用できたことは、ポジティブな効果をもたらした可能性が高い。また、手触りにも配慮を加えたことで、ハードシェルのコミュニケーションロボットにはない、非言語でも、接触から得られる癒す効果があったことも考えられる。

本研究の限界としては、サンプル数が少ないことと、介護専門職からのフィードバックが得られていないことが挙げられるが、これらは今後検討していく予定である。また、ソフトロボットをより長期間使用したら、どのような変化が生まれるか、正の効果と負の効果の寄与因子の分析についても今後の分析課題として残しておく。

以上のような限界はあるものの、今回の「もんちゃん」の開発を通じて、ユーザ中心の介護ロボット設計・開発の第一歩を踏み出すことができた。さらに、言語型ロボットと非言語型ロボットに対する人々の反応の関係を調べるためには、さらなる研究が必要であろう。

新型コロナウイルス感染症 (Covid-19 パンデミック) が世界中で浮き彫りにしたように、遠隔医療の導入や、感染防止対策や介護施設の高齢者保護のための遠隔見守り・ケアデリバリーモデルの応用が新たに注目されている。介護システムの改善に向けた利用者本位の設計とロボット支援型ケアの開発の重要性が今後も注目されてゆくであろう。

謝 辞 本研究への参加者、協力・助成団体、介護スタッフに感謝する。なお、本研究は、公益財団法人 JKA 機械振興補助事業補助金交付事業「地域包括ケアの安心安全、生活の質向上に資するクラウド型見守りシステム付きコミュニケーションロボットの介護現場への応用」からの助成を受け、実施されたものである。

参 考 文 献

[1] A. Pilotto, G. D'Onofrio, E. Benelli, et al.: "Information and communication technology systems to improve quality of life and safety of Alzheimer's disease patients: a multicenter international survey," *J Alzheimers Dis.*, vol.23, pp.131-141, 2011.

doi: 10.3233/jad-2010-101164

[2] K. Takayanagi, T. Kirita and T. Shibata: "Comparison of verbal and emotional responses of elderly people with mild/moderate dementia and those with severe dementia in responses to seal robot, PARO," *Frontiers in Aging Neuroscience*, vol.6, p.257, 2014. doi: 10.3389/fnagi.2014.00257

[3] W. Moyle, C.J. Jones, J.E. Murfield, et al.: "Use of a robotic seal as a therapeutic tool to improve dementia symptoms: A cluster-randomized controlled trial," *JAMDA*, vol.18, no.9, pp.766-773, 2017. doi: 10.1016/j.jamda.2017.03.018

[4] K. Obayashi, N. Kodate and S. Masuyama: "Socially assistive robots and their potential in enhancing older people's activity and social participation," *JAMDA*, vol.19, no.5, pp.462-463, 2018. doi: 10.1016/j.jamda.2018.02.015

[5] K. Obayashi, N. Kodate and S. Masuyama: "Enhancing older people's activity and participation with socially assistive robots: a multicentre quasi-experimental study using the ICF framework," *Advanced Robotics*, vol.32, no.22, pp.1207-1216, 2018. <https://doi.org/10.1080/01691864.2018.1528176>

[6] K. Obayashi, N. Kodate and S. Masuyama: "Can connected technologies improve sleep quality and safety of older adults and care-givers? An evaluation study of sleep monitors and communicative robots at a residential care home in Japan," *Technology in Society*, vol.62, 101318, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101318>

[7] K. Obayashi, N. Kodate and S. Masuyama: "Measuring the impact of age, gender and dementia on communication-robot interventions in residential care homes," *Geriatr. Gerontol. Int.*, pp.1-6, 2020. <https://doi.org/10.1111/ggi.13890>

[8] S. Masuyama and K. Obayashi: "Measuring impacts of introducing communicative robots with infrared radiation monitoring system on workload of night shifts in nursing care facilities," *Age and Ageing*, vol.46 (suppl.3), iii13-iii59, 2017.

[9] 尾林和子, 増山茂: "見守りシステムを伴うコミュニケーションロボットの導入が施設介護労働者の深夜間勤務負担に及ぼす効果", *日本ロボット学会誌*, vol.36, no.8, pp.537-542, 2018.

[10] IEEE Robotics & Automation Society. Technical Committee for Soft Robotics. <https://www.ieee-ras.org/soft-robotics>. アクセス: 2020 年 8 月 15 日.

[11] I. Carpenter and J.P. Hirdes: "Using interRAI assessment systems to measure and maintain quality of long-term care," *A good life in old age? Monitoring and improving quality in long-term care*. OECD/European Commission, 2013. <https://www.interrai.org/assets/files/par-i-chapter-3-old-age.pdf>. アクセス: 2020 年 8 月 10 日.

[12] J.N. Morris, B.E. Fries, D. Frijters, J.P. Hirdes and R.K. Steel: "interRAI home care quality indicators," *BMC Geriatr*, vol.13, p.127, 2013. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-13-127>

[13] J.P. Hirdes, C. van Everdingen, J. Ferris, M. Franco-Martin, B.E. Fries, J. Heikkilä, et al.: "The interRAI suite of mental health assessment instruments: an integrated system for the continuum of care," *Front Psychiatry*, 10, 2020. doi: 10.3389/fpsyt.2019.00926

[14] C. Jones, B. Sung and W. Moyle: "Assessing engagement in people with dementia: a new approach to assessment using video analysis," *Arch Psychiatr Nurs*, vol.29, no.6, pp.377-382, 2015. doi: 10.1016/j.apnu.2015.06.019