

認知症高齢者が自立生活できる住環境に関する研究開発

中村 豪 福井克也 大森清博 相良二郎

1 はじめに

超高齢社会の進展に伴い独居高齢者や認知症での老老介護（いわゆる認知介護）が増加しており、在宅介護支援ニーズは今後も増加すると予想される。一方、AI や IoT といった最新の技術を活用した高機能な福祉機器が登場しているが、それらの多くはシーズ主導で開発が進められており、在宅への普及が進んでいるとは言いがたい。本研究では、自立支援のためのものづくりと、それらの機器を効果的に導入できる住環境整備の2つの観点で研究を進めている。本報告ではこれらの成果について、本年度実施内容を中心に報告するとともに、これらの成果をさらに広めていくための今後の展望について述べる。

2 高齢者にやさしいビデオ通話システムの提案

2020 年以降、新型コロナウイルスの感染拡大に伴い遠隔地に住む家族の帰省や高齢者施設での面会等が制限されるという新しい社会的課題が生まれている。このような課題に対して「オンライン帰省」「オンライン面会」等が試みられているが、パソコン等に不慣れな高齢者にとって、使用環境の整備や機器の使いこなしが導入障壁の一つとなっている。本研究ではビデオ通話システムをベースにして、「かんたんな環境整備」と「かんたんな操作方法」を実現する「高齢者にやさしいビデオ通話システム」の開発を進めた。

2.1 検証に用いたハードウェアおよびアプリ

検証には昨年度に引き続き、単体で通信可能な iPad Cellular モデルと、ビデオ通話アプリ FaceTime を用いた。iPad には「自動で電話に出る」というオプションがあり、通話呼び出しが一定時間続くと自動的につながるよう設定できる。これに加えて「通話／通信の制限」を設定することで、事前にアドレス帳に登録した人にだけつながるよう設定できる。

- ・自動で電話に出る：設定 > アクセシビリティ > タッチ > 通話オーディオルーティング
> 「自動で電話に出る」をオンにする。
- ・通話／通信の制限：設定 > スクリーンタイム > 通信／通話の制限
> 「休止時間外」「休止時間中」の2項目を「“連絡先”のみ」に設定する。

さらに、「iPad 本体のパスコードをオフ」にすることで、画面を一度もタップすることなくビデオ通話を始めることができる。通話終了後は、アプリが自動的に終了してスリープに移行する。

2.2 発信時の操作支援機器の検証と発信補助装置の試作

ビデオ通話の発信では、操作のためにインターフェースが必要となる。市販されている肢体不自由者向け操作支援機器2点およびiPad 対応キーボードを選定して、スリープからの復帰と FaceTime 操作について検証を行った。選定した機器の概要および検証結果を表1にまとめる。発信手順を、①スリープからの復帰、②FaceTime の起動、③発信、の3工程に分けて検証した結果、いずれも単体では完結できないが、①②を Blue2、③を i+pad タッチャー、と組み合わせることで発信できることを確認した。

検証結果をもとに、Blue2 と i+pad タッチャーを組み込んだ発信ボタン付き通話台を試作した（図1）。Blue2 は Bluetooth 接続し、i+pad タッチャーは送信先を選択するボタンの位置に貼り付けている。左ボタンから順に押していくと事前に登録した相手に発信することができる。さらに、より安価にシステムを構築するため、①②の操作を行う補助装置の開発を進めた。マイコンモジュールとして M5StickC Plus（M5Stack 社製、図2 中央部のユニット）を選定し、Bluetooth 通信によるキーボードショートカットの送信、および複数回のキー入力の一括送信を開発し、Blue2 を置き換えることができた（図2）。

表 1 発信時の操作支援機器および検証結果

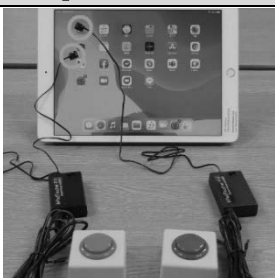
名称	i+pad タッチャー	Blue2	iPad 対応キーボード
外観	 (システムデザイン・ラボ)	 (パシフィックサプライ(株))	 (サンワサプライ(株))
スリープからの復帰	×	○	○
FaceTime の操作	○ (1 個目でアプリ起動、2 個目で発信)	△ (アプリ起動まで)	△ (アプリ起動まで)



図 1 発信ボタン付き通話台



図 2 発信補助装置の開発

2.3 ビデオ通話システムの検証

前節までの検証をもとに設置と受信の試用評価を行った。対象者は 70 歳女性で、Android スマートフォンを利用しているが iPad の使用経験は無かった。初期設定済みの iPad と、設置と通話方法をまとめた手引きを渡し、①iPad の設置 (図 1 の通話台は使用しなかった)、②ビデオ通話の体験、の 2 点を実施した (図 3)。

①については、開始時点で「触ったことがないから分からない」「これで大丈夫？」と不安がっていたが、1 人で設置できた。特に、Cellular モデルは Wi-Fi 設定が不要なので作業負担を軽減できた (対象者宅には Wi-Fi 環境があったが、SSID やパスワード管理を同居者任せにしていたので、自身で Wi-Fi 設定できなかった)。一方、②については、「思ったより簡単だった」「画面の大きさはスマホより大きくて良い (テレビ画面に大きく映すのは必要ない)」と好評であった。また、自動着信までの呼び出し時間に関して、実際に使うときには、掛かってくるまで「何かしながら待つ」ので、30 秒以上でも構わない、といった意見が得られた。

以上の結果より、FaceTime によるビデオ通話システムの有効性を確認することができた。特に、受信中心に利用する (例えば、遠隔地の家族等が見守りのために利用する) 場合は、分かりやすい手引きを整備することで高齢者自身が設置することも可能であることが示唆された。



図 3 ビデオ通話システムの検証

3 介護ロボットの空間利用評価と狭いトイレ空間で利用できる支援機器の導入実践

狭くて小さい面積のトイレ空間は、一般住宅だけでなく高齢者専用賃貸住宅や築年数の古い特別養護老人ホームにも多くみられる。ここでの「狭小なトイレ空間」は2畳 3.3m²程度で内寸 1.7m×1.7m の空間のいわゆる 1 坪タイプ以下としている。通常の住宅では1畳以下（内寸 0.7m×1.6m）のものも多い。一方、介護負担軽減の観点で床走行リフト等を用いて便座への移乗や清拭を行いたいというニーズがあるが、高性能な介護機器が狭小なトイレ空間に適用できるのかについて整理されていない。本研究では、床走行リフトが、今後、利用場面の増加の見込まれる住宅トイレ等でどの程度利用できるのか、広さとレイアウトの異なるトイレ空間を模擬して検証した。さらに、県内企業と共同開発した排泄動作支援装置を高齢者施設に試験的に導入するにあたっての住環境整備の観点での課題や配慮について実践的に検証した。

3.1 介護ロボット等の空間利用における評価検証

本研究では介護ロボット等の空間利用における評価検証として床走行リフトの導入に着目し、市場に流通しているタイプの異なる床走行リフト（台座式3機種、吊り上げ式1機種）を用いて介助者を伴うトイレ利用空間について実験を実施した。トイレ空間については、トイレに接続する通路幅を 800mm とし、空間サイズを1坪、0.75坪、0.5坪の3種類とし、1坪と0.75坪については扉位置を側面または正面の2種類、0.5坪については側面の1種類とし、合計5種類のレイアウトを設定した。

実験の結果、0.5坪では台座式の1機種のみ利用できたが、利用可能な1機種においても介助作業時に扉を開けておく必要があり、プライバシー配慮の観点で課題が残った。一方、1坪、0.75坪でも介助者と壁との接触が見られた。また、トイレに入室する際に切り返しのため入口からの距離に十分な量が必要となり、扉から先に続く廊下に沿った長さの寸法（戸先寸法）を多く要することが確認できた（図4）。



図4 次世代型住モデル空間での検証、および床走行リフトの軌跡（0.5坪）

3.2 介護機器等の操作評価システムの開発

介助者の動作を妨げず、かつ、介助動作や視線を計測可能な操作評価システムを開発した（図5）。開発したシステムは姿勢計測部と視線計測部から構成される。姿勢計測部（ネクストシステム製 VisionPose）は計測空間内に複数の Web カメラを設置し、ディープラーニングによる推論・解析により骨格検出を行う。一方、視線計測部（Pupil Lab 製 Pupil Invisible）はメガネ型の装置で注視点を抽出する。試用評価では、アクリル製の透明壁を用いることで、壁越しの姿勢計測が可能であることを確認できた。また、計測された注視点付近を強調表示する機能もあり、



図5 姿勢計測および視線計測結果

介助の熟練度による注視場所や注視時間の違いを計測しながら示すことで研修等に活用可能と考えられる。

3.3 排泄動作支援装置の高齢者施設への導入実践

3.3.1 特別養護老人ホーム「万寿の家」新築現場での試作機導入

共同開発した試作機（詳細は 4.1）を、建築中の高齢者施設に試験導入するため、吊りボルト支持具のコンクリート埋込みから機器取付けまで、研究所による直接工事として実施した。設置に掛かる協議事項として、①天井照明・換気扇、各種報知器やセンサの位置の調整、②天井内ダクト位置の設計変更、③壁面の窓や造作家具や手摺との干渉回避確認、④点検口の取付けと機器用の電源追加配置、など多数生じた。また、専用架台を設計し、構造設計者に依頼して取付け部の強度計算書を作成した。さらに、設計した架台の実物を研究所内に設置して鉛直・水平の加力を行った上で導入を進めた（図 6）。導入検証の結果、下記に示す新築建物への設置に必要な多くのデータが得られた。



図 6 施設での検証の様子

- ・想定荷重や衝撃荷重を考慮した部材の種類・断面など必要強度の選定方式
- ・他の建築設備と干渉の少ない取付架台の形状と寸法
- ・機器を取り付けない場合に美観を損なわないボルトの設置方法
- ・衝撃荷重に対する天井板の補強
- ・適切な施工時期や工程、資材購入ルートと材工のコスト管理

3.3.2 据え置き型フレームの新規開発

新築でない住宅に頭上設置型の機器を設置する場合、リフォーム工事は下記の理由で困難である。

- ① 天井の一部を開けて上部の床梁や柱などの構造体に取り付け金具をしっかりと設置する必要がある。また、点検口の設置が必要なこともある。
- ② 事前に機器の適合評価ができない。また、ご家族等に対して介助技術の評価が必要となる。
- ③ 使用可能期間を予測しにくく、個人宅では「その投資」が適切であるかの判断が難しい。
- ④ 取り付け費用に建物内部の修復費用が加算される。賃貸住いの場合はさらに困難となる。

また、介護保険制度における福祉用具の範囲として取り付けに住宅改修工事を伴わないことが求められるため、簡便に設置・撤去可能な据え置き型フレームの新規開発を行った（図 7）。



図 7 開発した据え置き型フレーム

3.3.3 介護現場に導入することで介助の質はどう変わったのか

導入直後の機器トラブルや、機器格納や操作装置に対する要望への対応を進め、安定して試験運用できるようになった。安定運用後、同施設のフロアリーダーに聞き取りを行い下記の意見が得られた。

- ① これまで 2 人介助で行っていたトイレへの誘導を 1 人で行えるようになった。介助負担の軽減だけでなく、利用者にとっても介助者が 2 人そろうまで待たされることがなくメリットが大きい。
- ② 作業時間を短縮でき、また綺麗にオムツをつけられるようになった。これは支援員にとって心理的負担（利用者のために早く綺麗に作業しなければいけない）の軽減にも繋がっている。
- ③ 利用者が少しでも「自分の足で立つ」行為を行う時間が作れることはとても良い。
- ④ 導入前は利用者が怖がるのではないかと思っていたが、それは全くなかった。
- ⑤ 操作方法は難しくなく、誰でも 2、3 日の練習で利用できるようになった。

聞き取りの結果、開発開始時にあげたキーコンセプトを実現できたことに加えて、利用者と介助者の双方の心理的負担が軽減されるという副次的効果について指摘された。また、利用者の自立を促す動作が心のリハビリとしても良い効果があるとの意見もあり、効果的に活用できていることが確認できた。

4 県内企業との共同研究開発

4.1 排泄支援アシストロボットの研究開発（平成 31 年度～令和 3 年度）

3 章で述べた排泄動作支援装置の開発は、研究所内の作業療法士が「トイレでのリジッドな可動式胸部支持部もしくは可動手すり機構による身体の引き上げ補助」を着想し、所内エンジニアが機器の形状と動作機構のアイデアを企画書として落とし込むデザインプロセスで開始した。研究所から多職種が関わり、医療職は人と機器の適合とニーズの把握、エンジニアは設計－試作－評価－改良の PDCA サイクルと建築空間への導入を担った。開発を担当した県内企業と検討を進め、以下のキーコンセプトを整理した。

- ① 介助者の身体的負担の軽減：立ち上がり、下衣着脱、清拭における抱え上げ動作を代替し、持ち上げない介護を提供する。
- ② 介助人数の削減：抱え上げ動作を代替し、これまで 2 人介助だった排泄介助を 1 人で介助可能にする。
- ③ 排泄時の座位保持機能の提供：介助者の代わりに適度な柔軟性を持つカーボン製支持アームで優しく支える。また、これにより利用者は 1 人で落ち着いて排泄でき尊厳を保つことができる。
- ④ 頭上設置型による効率的な空間利用：頭上設置型とすることで、足元空間を広く利用可能にするとともに、機器収納のための床面積を不要とする。また、機器重量を感じずに取り回し性を高める。

日本医療研究開発機構（AMED）外部資金プロポーザルに応募し、平成 31 年度「ロボット介護機器開発・標準化事業（開発補助事業）」（平成 31 年度～令和 2 年度）より開発資金を得て開発を加速させた。さらに、同事業終了後も引き続き据え置き型フレームの開発等の共同開発を進め、兵庫県内の開発企業である(株)がまかつは、令和 3 年 10 月 28 日付けで「介助用装置」（特許第 6968309 号）を取得するとともに、2021 年 12 月より排泄動作支援機器 SATOILET（サットイレ）として販売を開始するに至っている。



図 8 SATOILET（サットイレ）

4.2 認知症者の在宅見守りサービス用ロボットシステムの研究開発（平成 31 年度～令和 2 年度）

本研究では、もの忘れから生じる生活上の不自由さを感じる人向けに「生活空間にセンサを設置して適切なタイミングで“促し”を行うシステム」の開発を進めている。昨年度は機能を絞ることでセンサ部と促し部を一体化して設置性を高めた「光ってしゃべる人感センサ付きホワイトボード」を開発し、認知症者の自宅で試用評価を行って検証を進めてきた（図 9）。

これと並行して、上記の促しのコンセプトを生かした、より高機能なシステムとして「顔認証等により徘徊の恐れのある人を検知し、適切な声かけやコミュニケーションにより行動変容を促して徘徊を予防するロボットシステム」の研究開発を県内企業である(株)DOWELL と開始し、平成 31 年度兵庫県最先端技

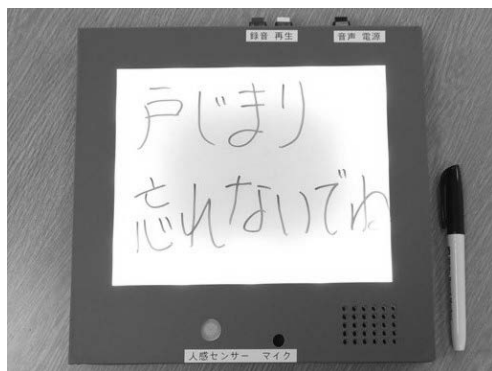


図 9 光ってしゃべる人感センサ付きホワイトボード



図 10 試作システムによる検証

術研究事業（COE プログラム）【応用ステージ研究】に応募・採択され、開発を加速させた。

開発した見守りシステムは AI カメラによる個人認証機能を有し、対象者を認証して声かけし外出を思い止まらせるよう働きかける。また、屋内家電との連携機能や遠隔地への通知機能を付加し、対象者が外出した場合に早期発見につながるよう情報伝達できる。実験室内に代表的な玄関間取り（L 字型玄関、直線型玄関、上がり框型玄関）を再現して望ましい設置位置や認証精度の検証を行うとともに、実際の玄関での動作検証も実施し、試作システムの有効性を確かめるとともに、玄関間取りに応じた設置場所や設置時の配慮項目について整理した（図 10）。COE プログラム終了後も引き続き(株)DOWELL が中心に事業化の検討を進め、(株)DOWELL より特許出願し令和 3 年 8 月 16 日付けで「見守りシステム」(特許 6930780 号)を取得するに至っている。

5 特許出願

研究所受託研究「モーションパラメータを活用した AI 技術開発」では、これまで運動能力評価システム Body-KIN®を開発し、対象者の身体にセンサや光学マーカを貼付することなく深度カメラの前で動いてもらうだけの簡便な計測手法を実現している。一方、深度カメラと対象者の間を 2～3m 程度開ける必要があり、一般住宅にインストールするには制約が大きい。そこで、より簡便に椅子単体で立ち座りによる運動機能を評価できる装置の開発を、他テーマと横断的に進めた（図 11）。

検証用システムを試作・改良しながら、立ち座り動作の特徴を推定する方式の検証を進めるとともに、特許調査を行ったところ特許性があると考えられたので特許申請を進めることになった。本システムは「運動機能評価システム、運動機能評価方法及び運動機能評価プログラム」として、令和 4 年 1 月 31 日付けで特許出願するに至った（特願 2022-012651）。今後は、より詳細なデータ収集を行うとともに、スマート住空間に組み込むためのネットワーク対応やインターフェースの最適化等の検討についても進めていきたい。



図 11 試作機による検証

6 おわりに

本研究では、IoT を活用した自立支援システムの開発と、介護ロボットおよび高機能福祉機器の利用空間における評価検証という 2 つの観点から研究開発を進めてきた。前者については、①促しのコンセプトを維持しながらセンサ部と促し部を一体化した「光ってしゃべる人感センサ付きホワイトボード」、②外部資金を活用して企業と共同開発を進めた、個人認証して声かけを行い行動変容を促して徘徊を予防する「見守りシステム」、③コロナ禍で直接会えない状況での遠隔コミュニケーションを支援する「高齢者にやさしいビデオ通話システム」の開発を進めた。また、後者については、④研究所内に整備された次世代型住モデル空間でトイレ空間を模擬して床走行リフトの空間利用における評価検証、⑤排泄動作支援機器の開発および高齢者施設への導入実践、を進めた。これらは独立したものではなく、見守りシステムの開発段階で代表的な玄関間取りを再現して検証を行ったり、トイレ空間での床走行リフトを用いた排泄介助における空間的制約で得られた介助スペースに関する知見等を排泄動作支援機器の開発に生かしたりするなど、相互に連動することによってさらに効果的に進めることになった。

今後はものづくりと住環境整備の連動をさらに推し進め、生活動作を阻害せずに対象者の日常的な動作や活動性を計測し、計測されたデータをもとに対象者の自立支援や遠隔からの見守りを行う住空間へと発展させていきたい。また、そこで得られる知見を、住空間だけでなく公共空間整備にどのように活用できるのかについても明らかにしていきたい。

なお、本研究の一部は JSPS 科研費 JP19K12897 および JP19K20411 の助成を受けて実施した。