

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

居住支援ミッション 福井克也 北川博巳 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）も増加しており、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も登場しているが、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いいがたい。本研究では、ものづくりの観点から進める①「IoT を活用した自立支援システムの開発」と、福祉機器の効果的な導入を住環境の観点から検証する②「介護ロボット等の空間利用における評価検証」の2つのアプローチで研究を進めている。本年度は、前者については電子タグを用いた促しシステムの開発とそこから得られた要素技術をもとに「光ってしゃべるホワイトボード」の開発を進めた。後者については、排泄介助に床走行リフトを導入する際の取り回し可能な空間的制約や配慮事項を実験により整理した。

2 IoT を活用した自立支援システムの開発

もの忘れから生じる生活上の不自由さに対する「促し」を行う場合、メモ書きや案内サインといったアナログな手段や、コミュニケーションロボットによる声かけなど様々な手法が提案されている。本研究では、複数のセンサを組み合わせ対象者が何をしようとしているかを推定し、適切なタイミングと内容で促しを行うことで、自らできることを継続してもらうことを支援するシステムの開発を進めている。

本年度は、先行研究で開発した電子タグを用いた促しシステムをもとに、より安価で安定したシステム構築を目指して制御端末を変更し、研究所内にあるモデルハウス（以下、テクノハウス）に導入して動作検証を行った。合わせて、近年開発の進むコミュニケーションロボットの調査を進めたところ、従来の見守り機能と連携するものが現れており、差別化を図るため単機能デバイスに注力することとした。次に、電子タグを用いた促しシステムの要素技術を単機能デバイスに落とし込むため、検討用モジュールをいくつか製作・評価した上で、それらを組み合わせ「光ってしゃべるホワイトボード」の開発を進めた。

2.1 電子タグを用いた促しシステムの開発

先行研究では、MESH タグ（SONY が販売するブロック状の電子タグ）を用いて屋内にセンサネットワークを構築し、もの忘れのために日常生活で不自由さを感じている協力者3名の自宅で有効性を確認した（図1）。一方、システム構成においてはセンサネットワークの制御を iPad のアプリで行っていたが、制御アプリが不定期に強制終了することがあり、長期間の使用に課題があった。

そこで、より安価で安定したシステムを構築してネットワーク対応を進めるため、シングルボードコンピュータ（Raspberry Pi 3B+）を制御端末として、研究所内にあるテクノハウス1階の、・玄関（2場面）、・トイレ、・リビング、・キッチンの4カ所5場面对してローカルな促しシステムを構築した。促し場面を以下に示す。

- ・玄関①「あいさつ+気温に応じた服装確認」（図2）

認知症の人が季節や行き先に応じた服装を選ぶことが難しい場合への、外出時に検知した時刻に応じたあいさつと、温度タグで外気温を計測して「外は暑いですよ、タオルは持ちましたか」または「外は寒いですよ、マフラーは持ちましたか」という服装確認に対する促し。

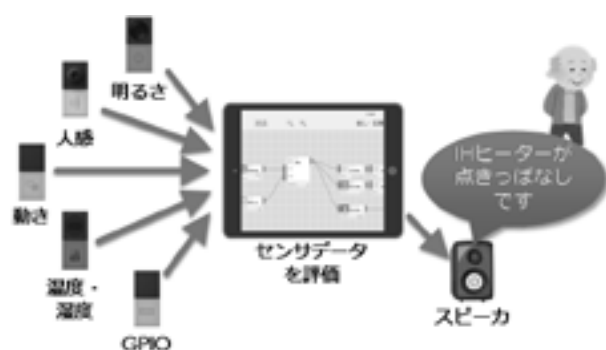


図1 電子タグを用いた促しシステム

- ・玄関②「夕方以降の声かけ」
夕方以降に外出して迷子になる危険性に対する、外出を思いとどまらせる促し。
- ・トイレ「洗浄確認+扉閉め忘れ確認」(図 3)
もの忘れから起こる水の流し忘れや扉の閉め忘れに対する促し。
- ・キッチン「火の元確認」(図 4)
調理作業中に電話や来客といった割り込みが入るとそれまで行っていた作業を忘れて火を付けっぱなしになる危険に対する促し。
- ・リビング「室温確認」
認知症の人は室温に鈍感なことがあり、熱中症や風邪の要因となる場合への室温調整の促し。



図 2 玄関（窓際等にタグ設置）



図 3 トイレ（側面壁にタグ設置）



図 4 キッチン（正面壁とコンロに設置）

促しシステムを構築して動作検証を行った結果、全ての場面で正常に動作することを確認した。また、先行研究で用いた iPad に比べて安定して動作した。一方、停電後の復帰において、今回用いたシングルボードコンピュータにはリアルタイムクロック（RTC）が搭載されておらず、電源が OFF になっている時間だけ内部時計が遅れてしまい、時刻に応じた促しに影響が出た。したがって、今後 RTC モジュールを組み込む必要があることが確認された。

一方、経済産業省と厚生労働省は平成 24 年に「ロボット技術の介護利用における重点分野」を策定しており、平成 29 年改定で「高齢者等とのコミュニケーションにロボット技術を用いた生活支援機器」が追加されている。このような背景のもと、見守り機能を有する高機能なコミュニケーションロボットがいくつか製品化されている（富士ソフト(株)の PALRO など）。試作した促しシステムとこれらのコミュニケーションロボットを比較すると、価格面では促しシステムの方が安価に構成できるが、顔認証や音声認識といった高度な処理についてはコミュニケーションロボットの方が有利である。このような開発動向を踏まえて研究所内で協議した結果、コミュニケーションロボットとの差別化を図るために単機能デバイスに注力することとした。

2.2 単機能デバイスの構成要素検討

電子タグを用いた促しシステムの要素技術を単機能デバイスに落とし込むため、1つのセンサで1種類の促しを行う基本的な構成の検討用モジュールをいくつか製作し、使用するセンサの選定や回路構成などの検討を行った。このとき、取り回しの良いように小型で電池駆動であること、分かりやすい操作方法であること、安価であること、といった点について考慮ながら製作を進めた。合わせて、先行研究の認知症高齢者に配慮した環境調整として実施した「トイレの扉の光窓を改善して個室内の照明が点いているときだけ『使用中』という文字が浮かび上がるサイン方式」を参考に、“光による視覚的な促し”を行うモジュールの製作も行った。製作したモジュールおよび試作したセンサは以下の通りである。

- (1) 「玄関扉の開閉を検知して戸締まり確認を促す」場面を想定し、扉開閉センサが ON になると事前に録音した音声を再生するモジュール（図 5 中央）。
- (2) 「冷蔵庫が開けっぱなしのとき促す」場面を想定し、扉開閉センサが ON になって一定時間継続した場合に音声を再生するモジュール（図 5 右）。
- (3) (1)のモジュールに、音声再生と同時に前面のパネルが一定時間発光する機能を追加したモジュール（図 5 左）。
- (4) (3)をパネル部分の材料を変更して、水性ペンで簡単に書き消しできるモジュール。

- (5) 「人の動きを利用してトイレの洗浄を検知し、流し忘れを促す」場面を想定し、人感センサが ON になると事前に録音した音声を再生するモジュール。このモジュールでは、コントロールボックスに人感センサを組み込んで取り回しのしやすさを高めた。
- (6) 食事や作業の際に座る場所はその人ごとに決まっていることが多く、特定の椅子に座ったかどうかで間接的に個人を特定することができる。そこで、市販の座布団に仕込むことができ、製作したモジュール群に接続可能な着座検知センサを製作した（図 6）。

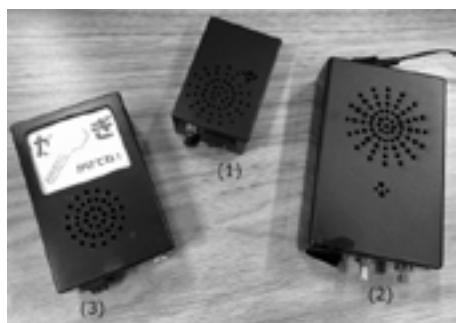


図 5 検討用モジュール



図 6 着座検知センサ（座布団に納めて使用）

製作したモジュールのうち(1)、(2)については、公益財団法人認知症の人と家族の会大阪府支部において、促しの音声や使い勝手に関する聞き取りを行った。促しの音声については、「音量は問題ないが音質を改善すべき」、「誰から促されるのか（誰が録音するのか）によって促しに対する反応やその頻度が変わるだろう」、といった意見が得られた。一方、使い勝手については、事務所兼事業所の玄関扉に試験的に設置したところ、モジュールを床の目立たないところに置いても聞き取りに影響が無く、スタッフからは「誰かが玄関扉を開けたらすぐ分かることは便利」といった意見が得られた（図 7）。以上の結果より、モジュールの基本構成に問題はないが、スピーカユニットと音声出力用のアンプはより高音質なものを選定する必要があることを確認した。



図 7 玄関扉への設置例

2.3 光ってしゃべるホワイトボードの開発

軽度の認知症やその前段階におけるもの忘れに対する対策として、メモを残すという方法がある。しかしながら、メモを残そうとするあまり、壁がメモだらけになってしまう、あるいは、いざというときに見落としてしまうといったことがしばしば起こる。このような課題に対して、必要な情報がより伝わりやすい単機能デバイスとして、「光ってしゃべるホワイトボード」（以下、ボード）の開発を進めた（図 8）。



図 8 光ってしゃべるホワイトボード

このボードは前述の検討用モジュール(1)、(4)、(5)の機能を組み合わせて、

- ① 人が近くを通過するのを検知すると、
- ② ボードの前面（書き込み部分）が発光し、
- ③ 合わせて事前に録音した音声再生される、

という手続きで音声と文字による促しを行うものである。このとき、人の周辺視野は中心視野に比べて解像度は低い動きの知覚に優れていることに着目し、ボードの発光パターンを「数回点滅した後、一定時間点灯」とすることで、眼の端に入ったボードに気づきやすくなるよう改良することとし、LEDの発光パターンを制御するためマイコンボードを用いた。

モジュール(4)による検討段階では発光部背面にLEDを配置して発光させて問題無かったが、ボードでは発光部を大型化したため、背面からの照射では発光部の明るさが不均一になり、その結果、書いてある文字が読みにくくなることが明らかになった。そこで、表面粗し加工を施したアクリル板に対して、側面から光を入れて発光させる方式を採用することとした。このボードと既存のコミュニケーションロボットの比較を表1に示す。

表1 コミュニケーションロボットとの比較

	機能性・拡張性	導入の容易さ	調整と管理	本体価格
光ってしゃべる ホワイトボード	△…場面に合わせた 限定機能	◎…必要箇所に設置する のみ	○…録音作業など簡単に操 作可能	◎…6,000 円 程度
コミュニケーション ロボット	◎…見守りや通信機 能	△…導入場面に応じた設 定を要するものが多い	△…ネットワーク設定など ロボット以外の管理も必要	△…10～30 万円程度

現在、試作したボードを在宅と高齢者施設に実際に一定期間設置して、生活の中で促しの効果や使い勝手、課題などについて評価を行っている。

3 介護ロボット等の空間利用における評価検証

住環境の整備については住宅の改造が重要となる。高齢者に対応した住宅改造は、2001年に「高齢者が居住する住宅の設計に係る指針」⁹⁾が制定されている。ただし、高齢者の車椅子利用や歩行困難を想定し、段差解消や手すりの設置に関する事項が中心となっている。認知症高齢者の身体的な条件を加えた福祉機器利用を想定した空間的配慮については触れられていない。ここでは、とりわけ在宅生活の継続には排泄の課題が大きな位置を占めていると考えられ、介護ロボットを含めた床走行リフトも開発されているところである。そこで、床走行リフトの導入に着目し、これらのリフトが取り回し可能な空間的制約や配慮事項について明らかにすることを目的に、床走行リフト4機種と研究所で整備された次世代型住モデル空間を活用して整理する(図9)。



図9 研究所次世代型評価空間での実験

3.1 床走行リフトの種類

床走行リフトは移動用のリフトであり、吊り上げ式床走行リフトと台座式床走行リフトに大別される。一般的に吊り上げ式床走行リフトは電動または手動で人を吊り上げてキャスターで移動するタイプのものである。大型のものが多く施設利用が主となる。他方、台座式床走行リフトはベッドから車椅子の移乗など座位間の移乗動作や立位保持をサポートするタイプのものである。最近では介護ロボットでコンパクトな設計で移乗のサポートができ、家庭などの狭い空間でも利用可能な機器が増えている。今回は市場に流通しているタイプの違う床走行リフト(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。各リフトのサイズは以下の通りである。

- ・機種 A (台座式) : 全高 850～1200mm、全幅 550mm、奥行き 880mm、キャスター100mm(前輪)、50mm(後輪)、全体重量 30kg、最大荷重 100kg、前方にもたれるタイプ

- ・機種 B (台座式) : 全高 1203mm、全幅 623mm、奥行き 1001mm、キャスター35mm(利用者側)、70mm(介護者側)、全体重量 34kg、最大荷重 90kg、前方にもたれるタイプ
- ・機種 C (台座式) : 全高 1050mm、全幅 630mm、奥行き 920mm、キャスター80mm、全体重量 29.4kg、最大荷重 182kg、着座するタイプ
- ・機種 D (吊り上げ式) : 全高 1385mm、全幅 500mm、奥行き 903mm、キャスター65mm(前輪)、100mm(後輪)、全体重量 37kg、最大荷重 100kg、起立するタイプ

3.2 空間の検討

「高齢者が居住する住宅の設計に係る指針」において、通路では日常生活空間内の介護で概ね 750～800mm の幅員、トイレ関係の介護では 1300mm×1300mm、介護用に 500mm のスペースを要するとされている。一方、住宅におけるトイレの間取りは坪単位で考えられることが多い。また、扉と便器の配置によって側面から入るか正面から入るかで展開のアプローチも変わることが考えられるので、今回は通路幅を 800mm と考え、空間サイズは 1 坪(1,700mm×1,700mm)と 0.75 坪(1,700mm×1,250mm)の 2 つ、側面または正面の 2 方向からのアプローチを考えた 4 つのパターンに加え、0.5 坪(1,700mm×800mm)の空間サイズを加えた 5 パターンを考えた(図 10)。広い空間である①および②においては洗面台の設置を想定している。

表 2 実験条件

条件	候補
面積	1坪、0.75坪、0.5坪
扉の位置	便器に対して側面、正面(0.5坪は扉正面のみ)
床走行リフト	4機種 (A, B, C, D)

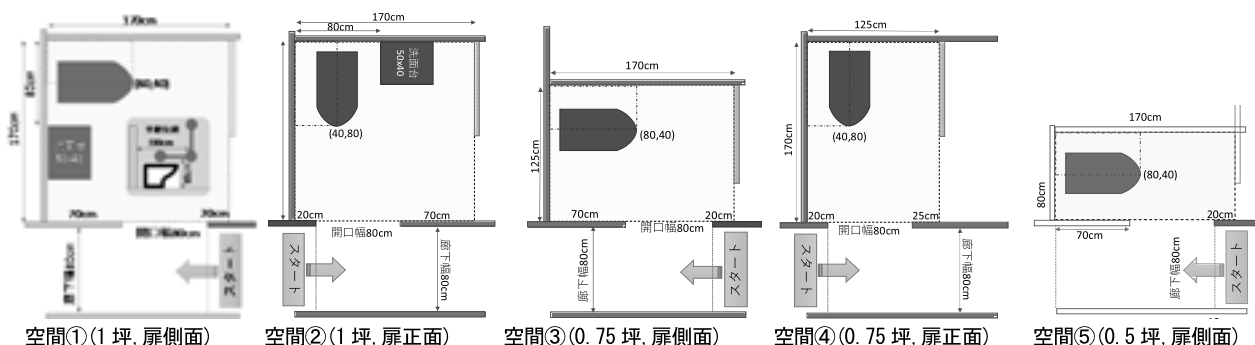


図 10 空間のレイアウト

3.3 実験の方法

実験は介助者と被介護者の 2 人 1 組、合計 3 組で実施した。空間の取り回し状況についての動作を動画で記録することとし、天井に小型カメラを 3 台、正面および背後にビデオカメラを設置した。テスト前に、位置取りや作業の手順を確認するために 2 回練習を行った後に撮影を行なった(図 11)。

トイレへのアプローチについては、被介護者から見て前進する向きにスタートし、扉の前で切り返して、バックで個室に入ることとし、便座に到達したら下衣着脱の模擬動作をしたのちに被介護者を便座に着座させ、空荷のリフトが個室から出た時点で終了の手順とした。ま



図 11 実験の様子 (左:空間②, 機種 D、右:空間⑤, 機種 C)

た、操作時に壁などのコンタクトがあったか、切り返しをしたかについても記録し、壁にぶつかりそうなどの介助者の印象についてもアンケート形式で記録した。

3.4 結果および考察

実験の結果、空間①～④についてはどの機種でも利用可能であった。一方、空間⑤においては機種 A のみ利用できた。また、空間①～④についても廊下の壁、扉の両端、トイレの壁において介護者のコンタクトが見られ (図 12)、側面から入るとき (空間①,③,⑤) は正面からに比べて大きく振られる傾向にあった。リフトによる違いについては、機種 A がコンパクトかつ小回りが効いていたので全パターンで利用可能であったが、その他の機種については縦長のサイズであったり、ハンドル部が邪魔をしたり、横幅が大きいこともあって、壁への接触や切り返しが発生したり、急な旋回が必要になるなど利用困難な場面も見られた。また、廊下からトイレに入室する際には切り返しのために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判明した。

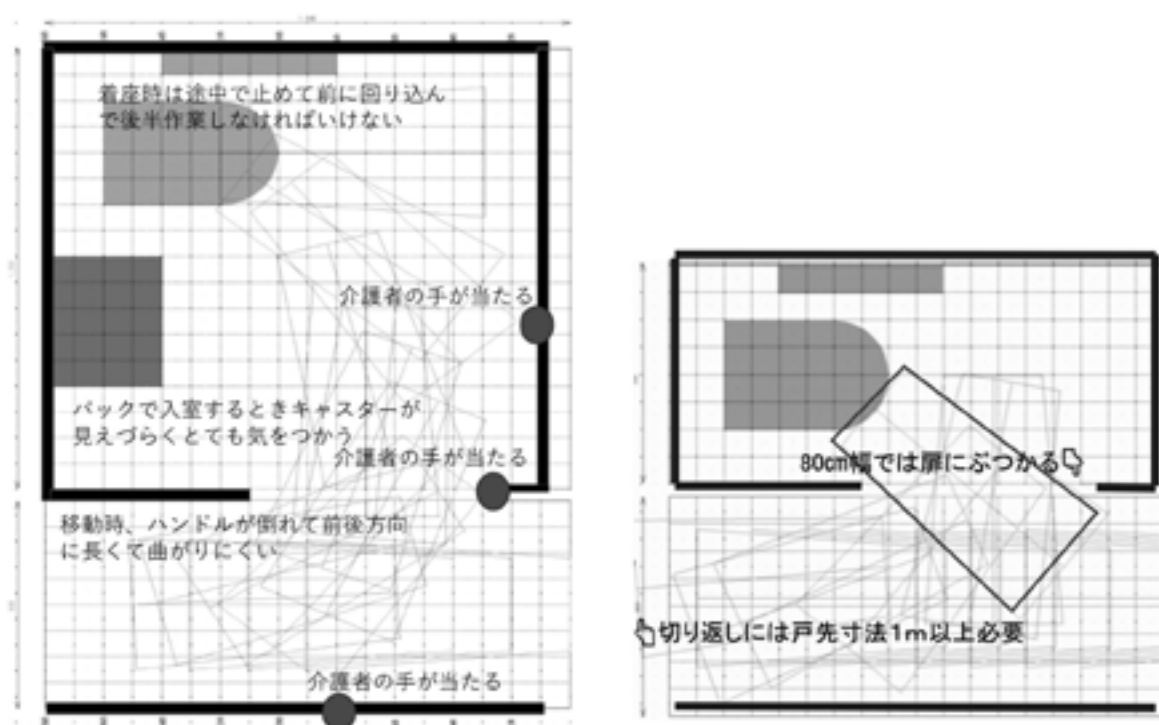


図 12 床走行リフトの軌跡 (左:空間①, 機種 B、右:空間⑤, 機種 B)

4 おわりに

本研究は、高齢者が自宅で可能な限り自立生活を継続できるよう支援することを目的とした。認知症の人の居住環境に対して、IoT を用いたデバイスの利活用をモノづくりの視点から行う研究では、種々のデバイスの試作・検証を通じて明らかになったニーズと機器の使用シーンをより具体的に整理して、新規デバイスの更なる試作・評価を進めていく。一方、介護ロボット等の在宅環境での利用条件を空間の視点から行う研究では、今回は介助量が多く身体的・精神的負担が大きいトイレでの移乗に焦点を当てた。今後の展開として、評価対象となる生活場面の範囲を広げて、トイレへの接続空間としての廊下や開口部との取り合いの観点から、在宅での「持ち上げない介護 (ノーリフティングケア)」の実践に必要な空間条件について研究する予定である。なお、本研究の一部は JSPS 科研費 19K12897 の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 国土交通省 高齢者が居住する住宅の設計に係る指針

<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/koureishahou-kokuji1301.htm> (閲覧日 2020.2.29)