

特集 ■ 超高齢社会と VR

高齢者の記憶と認知機能低下に対する 生活支援ロボットシステムの開発



井上剛伸

国立障害者リハビリテーションセンター研究所

Inoue Takenobu

1. はじめに

日本の高齢化率は世界最高であり、平成 25 年度には 25.1% [1] に達し、ついに人口の 4 分の 1 を高齢者が占めるに至っている。また、認知症高齢者数は平成 25 年で 462 万人との推計が示され、認知症の予備群とされる MCI も 400 万人以上と推計されている [2]。このような中、厚生労働省では、平成 24 年 9 月に「認知症施策推進 5 年計画（オレンジプラン）」を策定し、平成 25 年度から平成 29 年度までの計画を公表している [3]。この中では、以下の 7 つの項目が示され、特に地域での取り組みが重要とされている。

- ① 標準的な認知症ケアパスの作成・普及
- ② 早期診断・早期対応
- ③ 地域での生活を支える医療サービスの構築
- ④ 地域での生活を支える介護サービスの構築
- ⑤ 地域での日常生活・家族の支援の強化
- ⑥ 若年性認知症施策の強化
- ⑦ 医療・介護サービスを担う人材の育成

一方で、アルツハイマー病に関しては、その進行を遅延する薬が実用化され、その効果が示されるとともに、早期診断技術の開発が進められている [4]。また、運動・栄養・睡眠等の介入により、認知症の発症を抑制したり、MCI の認知機能を改善させる可能性があることも示されている。このような状況を考えると、MCI や軽度認知症が早期に見えられ、緩やかに進行することが予測され、MCI や軽度認知症者の数がさらに増加することが考えられる。それらを、地域の力、人の力で支えることも重要であるが、新たな技術を導入することで、軽度の認知機能障害のある高齢者を支援し、自立した生活を促進するという考え方も重要である。

我々は、独立行政法人科学技術振興機構（JST）戦略的イノベーション創出推進プログラムにおいて、表題に示す、軽度認知症、MCI、認知機能の低下した健常高齢者を対象とした情報支援ロボットシステムの開発を実施している（PM、研究リーダー：筆者、開発リーダー：大中慎一 [日本電気株式会社]）。本稿では、このプロジェクトの中心的な考え方である「フィールド・ベスト・イノベーション」を紹介し、その実践事例として、本プロジェクトの概要を示すこととする。

2. フィールド・ベスト・イノベーション

2.1 高齢者を対象とした支援機器開発の課題

支援機器の開発では、ニーズとシーズのマッチングが重要であることは言うまでもない。しかし、高齢者の真のニーズは表出されにくく、機器開発の最初の段階での方向付けに支障をきたす。また、高齢者を支援する機器やシステムでは、家族や介護専門職、地域の支援者など開発しようとする機器に関わるステークホルダーや、その機器が利用される環境要因の影響が大きくなる。

一方で、支援を必要とする高齢者の身体特性や利用環境の把握、機器・システムの利用可能性など、新たな機器を開発しようとする際に、不明確な要因が多いことも課題として挙げられる。高齢者の身体特性については、実験的に明らかにされているデータも存在するが、機器との関係を表すデータはまだまだ少ない。さらに、認知機能に関する高齢者の特性は、明らかになっていない部分が多い。また、新たな機器の利用可能性については、実際に試してみないと明らかにならないことが多い。

これまでの機器開発では、ある程度完成形に近い機器を試作し、高齢者を対象とした臨床評価により改良点を

明らかにし、そのサイクルを繰り返すことが行われてきた。しかし、これでは評価・改良のサイクルを何度も繰り返す必要が生じるとともに、最初の段階で機器と利用者・利用環境との整合性がとれていない試作品は、即無駄になってしまう。このため、試作品に至る前に、開発しようとする機器やシステムが、想定される利用フィールドで活用されることを確認できる手法が求められる。

2.2 フィールド・ベースト・イノベーションの概要

開発の早い段階で利用者と開発しようとする機器とのマッチングを図る手法として、1970年代からソフトウェアの開発手法として提案された“参加型デザイン”や[5]、利用者を中心としたイノベーション創出の手法として提案された“ユーザ・イノベーション”[6]、“ユーザ・ドリブン・イノベーション”[7][8]などがこれまでも議論されている。しかし、これらの手法は、利用者のニーズが比較的明確であるケースや、利用者・利用フィールドの構造が比較的単純なケースを基にして作られた手法であり、前述のような複雑な利用者・利用フィールドを有する機器やシステムの開発には十分とは言えない点がある。

そこで、より利用者・利用フィールドに焦点を当てた考え方として、“フィールド・ベースト・イノベーション”を提案している[9]。この手法は、まだ確立された手法ではないが、一連の開発プロセスを、なるべく利用が想定されるフィールドで実施しようというものである。機器・システムのみならず、その導入や運用に関わるステークホルダの役割も含めて、利用フィールドにおける全体システムの構築を可能とする。本稿では、前節で示した課題に着目し、開発しようとする機器やシステムの要求機能の抽出に至るプロセスを中心に、フィールド・ベースト・イノベーションの手法を以下の3つの段階に分けて概説することとする。

- ①利用者・利用環境との整合性の確認
- ②利用現場における要求機能の抽出
- ③ビジネスモデルの構築

2.3 利用者・利用環境との整合性の確認

ここでは、利用者の身体特性や利用環境を把握し、それらと開発しようとする機器の機能との整合性を確認する。そのために、確かめたい機能を搭載したモックアップを作成し、そのモックアップを利用して、想定される利用者を対象とした実験により、利用者の特性の把握や、開発機器の機能の有効性を確認する。それらの実験を、実験室では

なく実際に想定される利用環境に導入して実施することにより、利用環境との整合性の確認も行う。また、モックアップの導入前の段階で、参与観察等により利用者の行動や特性の現状を確かめることも、有効な方法である。

2.4 利用現場における要求機能の抽出

ここでは、想定される利用者およびステークホルダから、生活状況、生活における困りごと、開発しようとしている機器・システムに関連するニーズ等を抽出し、さらに利用可能な要求機能としてまとめるプロセスを実施する。まず、機器・システムの利用を想定するコミュニティを設定し、そこで想定されるステークホルダを対象として、アンケート調査や聞き取り調査を実施する。それにより、生活状況や地域の状況、コミュニティの特徴（例えば世帯数、高齢化率）を把握する。利用者やステークホルダの、困りごとやニーズの抽出では、コミュニティの関係者を対象としたグループインタビューや個別調査を実施する。この流れの中で、ニーズの抽出とともに、想定される解決策や、解決するためのシナリオの作成もあわせて行うことで、要求機能の抽出のための情報を整理しておく。要求機能の抽出では、デザインワークショップの実施が効果的である。利用者および家族、地域における介護や支援の資源となり得る専門職等、機器・システムの開発者、技術の専門家等のステークホルダが一堂に会し、課題の解決シナリオを利用可能な形で要求機能まで落とし込む作業を協働で行う。このワークショップは、要求機能を具現化する段階においても効果的に働くことが期待でき、プロトタイプの前作製やその後の評価・改良にも重要な役割を果たしていく。また、高齢者の場合、このようなワークショップでの議論に慣れていない者も多いことから、事前の聞き取りやグラフィックの活用など、参加しやすくするための工夫も必要となる。場合によっては、高齢者を中心としたワークショップと、専門職を中心としたワークショップを分ける事も効果的な場合がある。

2.5 ビジネスモデルの構築

ある限られたコミュニティをフィールドとして設定した場合、そのフィールドでのみ利用可能な要求機能が抽出され、市場規模がきわめて限定されるという結果が導かれる可能性がある。それを回避するために、上記2項から得られた情報を整理し、ビジネスモデルとして構築する作業を行う。ここでは、導出された要求機能を満たす機器・システムのセグメンテーションや、利益の計算、

導入・利用モデルをあわせて実施する。

以上、得られた情報を総合的に判断し、要求機能を決定する。

3. 認知機能を支援する情報支援ロボットの開発事例

3.1 コアとなる技術

本プロジェクトのコアとなる技術は、人と会話できるコミュニケーション・ロボット技術である。音声認識技術、合成音声技術、顔などの動きや LED の点滅等による視覚を通じた表現技術が搭載されている。本プロジェクトでは、日本電気株式会社が開発している PaPeRo[®] [10] (図 1) を初期の開発プラットフォームとして採用することとした。

もうひとつのコア技術は、対話型情報提示アルゴリズムである。これは、人の会話の構造 [11] をもとに構築したものであり、注意喚起、先行連鎖、情報伝達の 3 段階からなる (図 2)。注意喚起は、介護の専門職が行っている声かけがこれに相当し、今回のシステムでも、利用者の名前を呼びかけることとし、注意喚起は、利用者の返答が無い場合は繰り返すこととした。先行連鎖は、伝達したい情報に関連した情報を、情報伝達に先立って提示することである。その後、情報伝達を行い、聞き取れたかどうかを確認し、確認できていない場合には繰り返し情報提示を行うこととした。



図1 開発プラットフォーム PaPeRo (日本電気株式会社製)

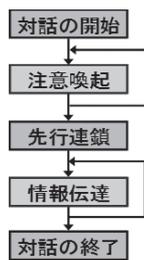


図2 対話型情報提示アルゴリズム

3.2 フィールド・ベースト・イノベーションに基づく要求機能の抽出概要

図 3 に本プロジェクトで実施した要求機能の抽出プロセスの概要を示す。2.2. 項で示した 3 つのフィールド・ベースト・イノベーション手法に基づき、①利用者・利用環境との整合性の確認から、高齢者に適した情報伝達方法を明らかにし、②利用現場における要求機能の抽出では、I 市の協力の基、地域コミュニティの高齢者およびステークホルダによるグループインタビュー、個別訪

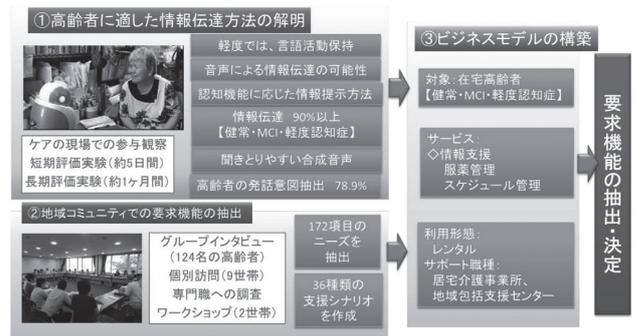


図3 フィールド・ベースト・イノベーションに基づく要求機能の抽出

問調査、デザインワークショップから、要求機能を導き出した。これらの結果に基づき、③ビジネスモデルの構築を行い、最終的なシステムの要求機能を決定した。以下、それぞれの段階ごとに、詳細を示す。

3.3 高齢者に適した情報伝達方法の解明

利用者・利用環境との整合性の確認では、ケア現場での参与観察、PaPeRo[®]を用いた 5 日間程度の短期評価実験、1 カ月程度の長期評価実験を実施した。

有料老人ホームでの 7 日間 (1 日 8 時間) の参与観察 [12] の結果、健常高齢者から軽度認知症者までは言語活動が保持されていることが示され、ロボットを使った音声による情報伝達の可能性が示唆された。また、参与観察で得られた結果から、健常高齢者 2 名、MCI 1 名、軽度認知症者 2 名、中等度認知症者 1 名、重度認知症者 1 名について、施設職員との会話分析を行ったところ、認知機能の低下している者に対して、施設職員は短い文章で要点を伝えており、さらに会話は既知の情報が多く、伝えたい情報を繰り返していることがわかった。また、MCI レベルの高齢者への対応では、高齢者自身が繰り返し情報を語っている事が示され、施設職員は共感を重視した会話を行っていることが推察された。

短期評価実験では、軽度から中等度の認知症者 5 名を対象に、PaPeRo[®]との対話実験を実施した結果、90%以上の情報が高齢者に伝わるようになった [13]。また、認知機能が低下するほど 1 回の情報提示では把握できない場合が増加するが、情報提示を 2 回繰り返す事で、90%以上の情報伝達が可能であることも示唆された。また、高齢者に聞き取りやすい音声を確認する実験も行い、認知症者では男性音声 (基本周波数 120Hz) で話速 5 mora/s の音声聞き取りやすいとの結果も得ることができている [13]。さらに、情報提示端末として、ロボットとタブレット上のエージェントの比較実験を行っ

た結果、認知機能の障害のある高齢者では、実体であるロボットの方が、情報提示端末として適していることが示唆された [14].

長期評価実験では、一日のスケジュールを対話型情報提示アルゴリズムにより知らせる機能を PaPeRo[®] に実装し、高齢者宅に導入し、1ヶ月間の評価を実施した。その結果、システムのトラブルは種々散見されたものの、日常生活の中で活用されることが示唆された。現在、結果の分析を行っている段階である。

さらに、短期評価実験、長期評価実験で得られた高齢者の実際の会話サンプルを用いて、高齢者の返答意図（肯定的、否定的、聞き返し）を認識する技術の開発も行った [15]. その結果、言語知識を用いないサブワード談話行為識別方式を採用した場合、78.9%の識別精度を得ることができた。この識別は人が行った場合でも、81.9%の一致率であり、人の理解と同等のレベルで発話意図抽出が行えることが示唆された。

3.4 地域コミュニティでの要求機能の抽出

I市（人口34,000人、高齢化率31.6%）の協力を得て、高齢者へのグループインタビュー、高齢者世帯への個別訪問調査、専門職への聞き取り調査、高齢者世帯でのデザインワークショップを実施した。

グループインタビューは、I市の介護予防事業の参加者、124名を対象として実施した。PaPeRo[®]の実物を持ち込み、デモンストレーションや会話の体験を実施し、このようなロボットに何をしたいかを聞き取った。その結果、172種類のニーズが挙げられた。内訳は、服薬・健康管理、家事関連、話し相手、トイレ・入浴の見守り、電話・家族との連絡、緊急連絡・詐欺対策などであった。

さらに、軽度認知症者、MCIが疑われる高齢者のいる9世帯（単身4、高齢夫婦2、多世代3）に個別訪問調査を行った結果、36種類のニーズが具体的な支援シナリオとして抽出された。これらの中には、お茶飲み話の都合の確認や、買い物メモ、種まきの時期や場所の確認などが挙げられた。また、地域包括支援センター、医療関係者等40名へのグループインタビューの結果、服薬の問題やスケジュール管理の問題が指摘された。民生委員児童委員への個別訪問調査では、買い物先での支払いや釣銭確認・電球交換等を集落住民が支えていること、同時に季節に即した服装、家庭内での生活用品の管理・清潔な衣類への着替え等は声掛けを行う家族と本人の間でコンフリクトが生じやすいこと、相談先が分からないと尋ねるケースが多いことが指摘された。

これらの情報をふまえて、軽度認知症者のいる2世帯に協力を得て、本人、家族、地域の支援者、開発企業（NEC）、工学系研究者によるデザインワークショップを実施した。その結果、ロボットシステムへの要求として、スケジュールの確認や、服薬の支援、健康管理、口論の仲裁などの機能が抽出された。

3.5 ビジネスモデルの検討および要求機能の決定

3.3. および3.4. 項で得られた情報を基に、開発するロボットシステムのビジネスモデルの検討を行った。この検討には、開発企業（NEC）、福祉用具レンタル事業者（フランスベッド）、有料老人ホーム運営企業（生活科学運営）が参加した。主たる利用者・利用場面として、在宅生活する高齢者のうち、物忘れのある健常高齢者から軽度認知症者までを対象とする事とした。また、提供するサービスとしてスケジュール管理支援と服薬支援を設定し、それに関する記憶の支援と行動を促す機能を有するシステムとした。情報はクラウドで管理され、本人、家族、支援者、地域の関係者などが情報を入力し、それに基づいた情報提示を、対話を通して実現する。得られた要求機能を図4に示す。

現在、これを基にしたシステム開発および人的支援システムの開発を実施している段階である。

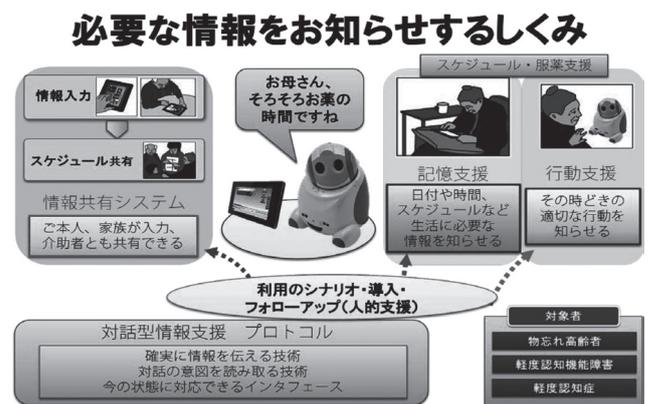


図4 得られたロボットシステムの要求機能
*口絵にカラー版掲載

4. おわりに

本稿では、高齢者を支援する機器・システムの開発の課題を指摘するとともに、その解決策として、利用者や利用フィールドとともに開発を進めるフィールド・ベースト・イノベーションについて概説した。さらに、それを基にした情報支援ロボットシステムの要求機能の抽出実践を例示した。

利用者や利用フィールドを中心とした機器開発は、試作品を作製する前段階で、開発に必要な条件を確認するために効果が期待できる。特に、高齢者を地域で支えるための機器やシステムの開発には、そこに関わるステークホルダの協力の下、実行可能な形で要求機能をまとめることが可能となる。そのため、試作、評価、改良のサイクルを短くできることが期待され、今後、このあたりも確かめていく予定である。

フィールド・ベースト・イノベーションは、まだまだ確立した手法ではない。今後、事例を重ねつつ、確立を目指していくが、利用環境や活用可能なリソースは地域によっても異なるため、全国共通の要求機能を導くことも重要ではあるが、利用フィールドごとの要求機能を導き出すための方法論としての確立も考慮すべきである。高齢者の尊厳を重視した支援システムの構築には、無くしてはならない考え方である。

本プロジェクトは、独立行政法人科学技術振興機構 (JST) 戦略的イノベーション創出推進プログラムにて、日本電気株式会社 (大中慎一, 藤田善弘), 株式会社生活科学運営 (大澤由美子, 渡部幸一, 清水陽介, 原田歩), フランスベッド株式会社 (濱田浩美), 東京大学 (鎌田実, 二瓶美里), 産業技術総合研究所 (児島宏明, 佐土原健), 国立障害者リハビリテーションセンター (筆者, 間宮郁子, 西浦裕子, 小林敦) が共同で進めているものである。実験協力いただいた高齢者の方々, その他関係各位にこの場を借りて謝意を表す。

参考文献

- [1] 平成 26 年版高齢者白書, 内閣府 (2014-6-13)
- [2] 朝田隆: 都市部における認知症有病率と認知症の生活機能障害への対応, 社会保障審議会第 45 回介護保険部会資料 (2013-6-6)
- [3] 「認知症施策推進 5 か年計画 (オレンジプラン)」: 厚生労働省, <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002j8dh-att/2r9852000002j8ey.pdf>
- [4] 認知症の医療と生活の質を高める緊急プロジェクト報告書, 厚生労働省 (2008-7)
- [5] 硯川潤: 福祉機器開発の新潮流, 井上剛伸編著: ヒトの運動機能と移動のための次世代技術開発—使用者に寄り添う支援機器の普及に向けて, NTS, pp.47-50 (2014)
- [6] Hippel, E. V., *Democratizing Innovation*, MIT Press (2005)
- [7] Nordic Council of Ministers, *Understanding User-Driven Innovation* (2006) ISBN 92-893-1298-X.
- [8] Wise, E., Hogenhaven, C., ed.: *User-Driven Innovation Context and Cases in the Nordic Region*, Nordic Innovation Center (2008)
- [9] Inoue, T.: *Field-based innovation of assistive technologies for persons with cognitive disabilities*, EU Science: Global Challenges & Global Collaboration (2013-3-4/8)
- [10] PaPeRo R500 の機能・特徴, 日本電気株式会社, <http://jpn.nec.com/robot/r500/index.html> (2014)
- [11] 岡本真一郎: 言葉の社会心理学 第 3 版, ナカニシヤ出版 (2006)
- [12] Takenobu Inoue, Ikuko Mamiya, Yosuke Shimizu, Koichi Watabe, Yumiko Oosawa, Misato Nihei, Takuya Narita, Minoru Kamata, Hiroaki Kojima, Shinichi Ohnaka: *Field-based innovation with development of information support robot for persons with dementia.- Participant observation of care giving activities for identifying communication skills -*, Rehabilitation International World Congress, Inchon, 2012-10-29/11-2 (2012)
- [13] 成田拓也, 二瓶美里, 小竹元基, 大中慎一, 鎌田実, 井上剛伸: 高齢者を対象とした合成音声の聞き取りやすさに関する研究, ABML2011, O1-3-1 ~ 4 (2011)
- [14] Misato Nihei, Tetsuaki Okada, Takuya Narita, Ikuko Mamiya, Minoru Kamata, Shinichi Ohnaka, Takenobu Inoue: *Comparing Robots with Robot Agents as Information-Support Systems for the Elderly and Those with Mild Dementia*, Assistive Technology Research Series, 33, Assistive Technology: From Research to Practice, pp.880-886 (2013)
- [15] Ken Sadohara, Hiroaki Kojima, Takuya Narita, Misato Nihei, Minoru Kamata, Shinichi Onaka, Yoshihiro Fujita, Takenobu Inoue: *Sub-lexical dialogue act classification in a spoken dialogue system support for the elderly with cognitive disabilities*, Workshop on Speech and Language Processing for Assistive Technologies, Grenoble (France), (2013.08.21)

【略歴】

井上剛伸 (Inoue Takenobu)
国立障害者リハビリテーションセンター研究所
1989 年より国立障害者リハビリテーションセンターにて福祉機器の研究に取り組む。1996 ~ 1997 年科学技術庁長期派遣 (トロント大学)。2004 ~ 2008 年東京大学大学院工学系研究科客員准 (助) 教授。