

三次元計測を利用したトイレ動作支援システム:トイレ模擬環境での評価

Toilet task support system using 3-D human posture measurements: System evaluation in simulation environment

安田清^{*1} 岡崎芳樹^{*2} 内海章^{*3} 山添大丈^{*3} 安部伸治^{*3}
 Kiyoshi Yasuda Yoshiki Okazaki Akira Utsumi Hirotake Yamazoe Shinji Abe

^{*1} 千葉労災病院リハビリ科
Chiba Rosai Hospital

^{*2} 立命館大学大学院理工学研究科
Ritsumeikan University

^{*3}ATR 知能ロボティクス研究所
Intelligent Robotics, ATR

Due to its continuous demands, caregivers bear a great burden of toileting assistance for those patients with dementia. We propose a system that can help the patients to relieve themselves in the toilet activities by giving cognitive support through an appropriate voice and visual guidance, in line with their task progress. The system observes 3-D user appearances and recognizes the task progress based on his/her position and postures. We performed an evaluation experiment with 7 subjects with dementia in simulation environment. The result showed that 5 patients had successfully fulfilled their required task in the simulated toilet activities, partly with the help of voice guidance by an experimenter from the monitor room. Future works should include improvement of guidance designs and implementation of additional sensory systems for more severe dementia.

Keyword: Dementia, toilet, care, cognitive support, dementia, IT

1. はじめに

アルツハイマー病に代表される認知症は、もの忘れから発症し、徐々に自宅やトイレの場所、道具の操作や手順など各種記憶にも忘却が及んでいく。その結果、徘徊や失禁などが生じる。このため、本人自身や介護者にはなほだしい精神的負担を強いる。認知症者は現在 170 万人、2035 年には 337 万に達すると厚労省は推定している。

現在、マスコミなどでは漢字や計算ドリルなどの学習課題による“脳活性化”が認知症を予防するなど宣伝されている。ほとんど反対意見を付されることがないため、多くの方がこれを信じ込んでいる。脳も廃用状態になれば機能が低下する。そのため活性化すること自体は薦められる。しかし、認知症とは、十分に“活性化”していた脳が、ある時期から否応なく記憶能力などが低下していく疾病である。従って、本来“活性化”とは無関係に発生するものである。

さらに、特定の食物、趣味、運動などが認知症を予防すると、多種多様な予防説が出ている。多くは比較のための対象群を設けていないものや、大多数の間のわずかな統計的な差をもって主張するものが多い。これらの説は、脳卒中や心臓病の予防などと共通する一般的な健康維持法であろう。

これらは加齢による低下、認知症による低下、不活性化によ

る低下が混乱して理解されている結果である。安田の考えを図 1 に示した[1]。加齢による低下に加えて、認知症ではより記憶力が低下する。さらに、無気力、ストレスなどの要因が加わると、不活性化が起こりさらに低下する。この不活性化による低下は二次的なものであり、適切な対処、刺激などで改善する。しかし、これは認知症自体の改善や予防ではない。現在、根本的治療が可能な薬はなく、認知症は長期的には進行してゆく。このため、認知症で低下した部分を外的な機器や補助手段でいかに補うかが支援のポイントとなる。

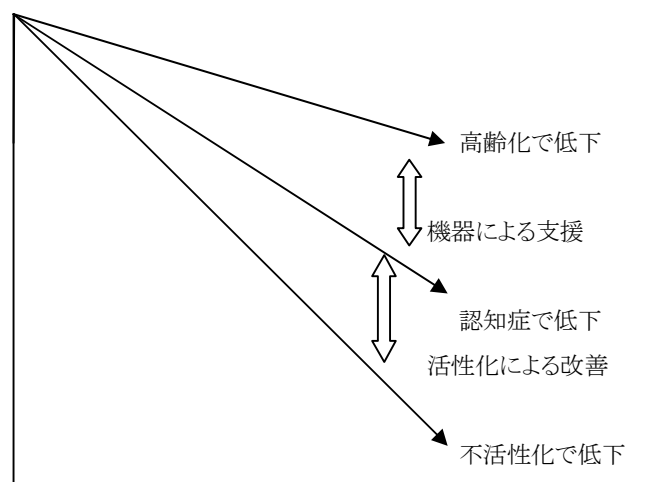


図1 記憶力の低下、活性化、支援の関係

連絡先: 安田清, 千葉労災病院リハビリ科, 290-0003 市原市
 辰巳台東 2-16, 0436-74-1111, Fax74-1151,
 fwkk5911@mb.infoweb.ne.jp

認知症の中核障害は記憶障害である。記憶障害とは必要な情報を必要ときに脳の中から回収できない情報障害と考える。例えば、徘徊や失禁はトイレのある場所の情報が想起できないために生じる。従って、情報障害に対しては、情報工学的に支援することが重要となる。ATR では 5 年前より情報セラピーインターフェイスプロジェクトを推進してきた[2]。これは、インターネットなどを活用し、予定情報の呈示、ボランティアとの会話、趣味コンテンツなどを提供することで認知症者の日常生活を支援するものである。さらに認知症者の状態や意図をシステムが認識し、タスク達成に必要な動作を映像や音声を用いて提供し、日常生活を支援するシステムの構築も目指してきた[3]。

排泄はユーザー毎の個人差や体調によりその回数や時間が異なる、また24時間の対応も必要で、介護者にかかる負担が大きい。そこで、上記プロジェクトの一環として排泄行動を支援するシステムを構築した。

2. トイレアンケート調査

システムの構築にあたり、事前に排泄介護の現状について認知症者に携わっている相談員 18 名、施設介護職員 27 名、在宅介護者 16 名にアンケート調査を実施した。表1に回答数が多かったものを列挙した。表のように多くの問題は、水の流し方や、拭いた紙の捨て場所がわからない等の認知の障害から生じていた。

表1 回答数が 20 以上の高頻度排泄関連問題

主に認知の障害で生じる問題	回答数
水が流せない	23
出終わるまで座ってられない	23
トイレを出た後排便排尿をする	33
便器に別の物を捨てる	23
拭いた紙を持って出る	24
汚れた下着を捨てる	20
便で壁を汚す	20
主に身体障害で生じる問題	
便器の前で体が反転できない	33
便器に正しく座れない	27
ズボンや下着が下ろせない／上げられない	33
なかなか尿や便がでない	30

3. トイレ支援システム

現在、認知症者を対象としたガイドシステムとして、手洗い動作支援システムがある[4]。これは、カメラで撮影した手の画像から動作を認識し、次に行う手洗い動作を音声によりガイドするものである。しかし、ユーザーの奥行き情報が取得できず、複雑な動作を認識することは難しい。また、映像取得をするため、例えば浴室やトイレ等のプライバシーを伴う日常場面での支援は難しい。赤外光によるトイレ内のユーザーの状態をモニタリングする

イレ監視システムが提案されているが[16]、ユーザーの姿勢が安全か危険かを分類するもので、手順の支援ではない。

我々のシステムでは人物の位置・姿勢を3次元情報として観測する。そして、タスク達成に必要な情報を進捗状態に応じて、音声・映像により提供する。ユーザーの動作を常時認識することで、ユーザーの積極的な関与がなくともユーザーの状態を検出し、誤り行動にも柔軟に対応しながら状態に応じた音声ガイドを行うシステムの構築を目指す(図2)

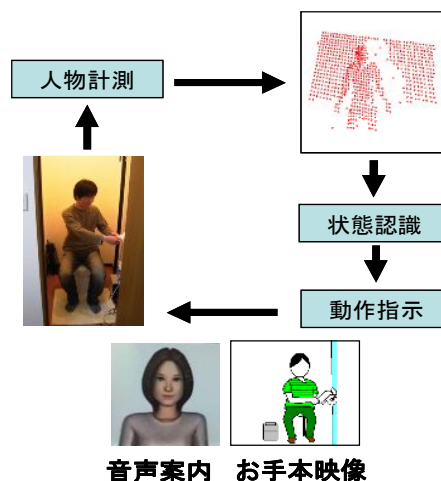


図 2 トイレ支援システムの概要

動作の観測手段として、ユーザーに機器を装着させるなどの負担をかけないことが望ましい。そこで光投影法[8]、[9]に基づいて赤外パターンを利用した3次元計測を行う。これは人体の形状計測などに利用されてきたが、日常環境において動作計測に利用した例はほとんどない。一方、トイレや浴室などプライバシーが問題となる空間には設置がしやすい。

高精度かつ高速な姿勢認識処理を実現するために、予め各「位置」「姿勢」「角度」に関する投票値をテーブル化する手法をとった。認識した人物姿勢とタスク達成に必要な状態遷移を比較することでユーザーの状態を把握した。そして、ユーザーに次の行動に必要な情報を音声・映像で提供した。

光源としては単板式 DLP プロジェクタ(解像度:800×600)を用い、プロジェクタのレンズ部に赤外フィルタを取り付けることで赤外光の照射を行った。PC(Pentium4 2.8GHz)で作成したパターンを室内に照射し、赤外パターンが投影されたシーンの状態を赤外フィルタを取り付けた CCD(カメラ解像度:640×480, 動作速度:30Hz)により撮影した。今回の実験では黒色の背景に白色の点列が 400 個(縦 20×横 20)に並んだパターンを偶数列と奇数列の2回に分けて照射し、3次元計測を行った。試作したシステムでは位置 225 通り、向き 4 通り、姿勢 3 通

りの探索空間に対し、約 0.05 秒で認識処理を行うことができた。

図2は姿勢 3 通りのパターンである

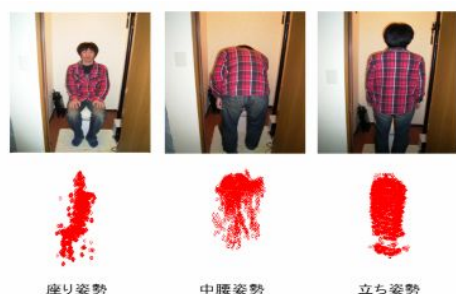


図2 姿勢認識の例

本システムの動作検証においては、実際のトイレは使用せず、模擬実験とした。認知症者には表2の 9 項目の動作を求めた。対象としたトイレ動作は()内に示すような動作におき換えて実装した。なお、4 の「用を足す」は排泄の間、そのまま座ってもらうことを目的に、3 分間の懐かしの映像を見てもらった。

表2 実験で求めた動作項目

トイレ動作項目
1 便座 (イス) の前に立つ
2 ズボンを下ろす (膝をさわる)
3 便座 (イス) に座る
4 用を足す (3分間座り懐かしの映像を見る)
5 ペーパーを取る (箱を開けて紙を取る)
6 ペーパーを捨てる (ゴミ箱を開け紙を捨てる)
7 立ち上がる
8 ズボンを上げる (膝をさわる)
9 水を流す (イスにあるボタンを押す)

ユーザが誤った行動をとり、本来と異なる状態に入ったときには、正しい状態に戻るように音声誘導を行うことができる状態遷移モデルを設計した。ユーザがデータベースと対応しない姿勢をとった場合には、未知姿勢と判断し、音声により1つ前と同じ音声誘導を再度行った。

音声誘導が理解できない等により、次の動作に移れなくなる場合が考えられる。例えば、「箱を開けて紙を取って下さい」という音声誘導が出たにもかかわらず、反応が見られない場合は、「あなたの左手にある箱を開けて紙を取って下さい」というように、音声誘導の内容をより詳しく、大きな音量で再度伝えた。

図 3 は試作した提案システムの構成である。まず、「PRO」から赤外線パターンをユーザに照射し、「CAM1」より投影された赤外線パターンを検出した。取得したデータは「PC1」で処理され、ユーザの姿勢認識を行った。そして、ユーザの姿勢とタスク

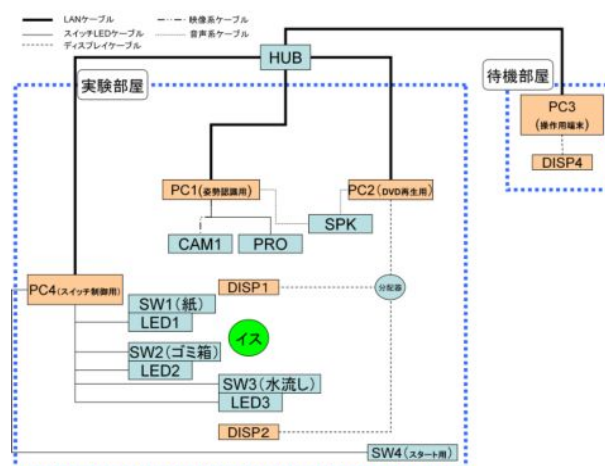


図3トイレ動作支援システム図

達成に必要な状態遷移を比較し、「PC2」からユーザに次の行動に必要な情報(音声・映像)を提供した。また紙箱、紙を捨てるゴミ箱、水洗ボタンの位置は LED ランプ(「LED1~3」)によりその位置を示し、スイッチ(「SW1~3」)により使用されたことを認識した。システム全体は「PC3」によって制御し、スタートボタン(「SW4」)を押して起動した。

4. 実験

模擬環境下においてこのシステムの実証実験を行った。実験対象者は、当院リハビリ科の認知症患者7名であった。表3は 7 名の内訳である。MMSE は認知症の検査で 30 点満点。軽度 4 名、中度2名、重度 1 名であった。本人および介護者からは書面で実験の同意を得た。

表3 認知症者

患者	年	MMSE	重症	診断
1 女	58	20	中度	アルツハイマー
2 男	86	17	中度	アルツハイマー
3 男	82	26	軽度	タイプ不明
4 男	85	28	軽度	タイプ不明
5 女	69	8	重度	アルツハイマー
6 女	75	26	軽度	タイプ不明
7 女	81	26	軽度	アルツ不明

まず、実験を行うための「実験部屋」と様子を観察するための「待機部屋」を準備した。はじめに、「将来、着替え、トイレ、台所などの手順支援をしたい。パソコン上の人物が動作をしてくれるよう頼んでくる。それに従って、行動してください」と患者に言った。そのあと、患者はシステムから提示される「見本映像」と「音声誘導」に従って表2の 9 項目の排泄関連動作を行った。

評価方法は、システムからの「見本映像」と「音声誘導」のみで、患者がその項目を達成できた場合を○(成功)とした。システ

ムが動作の一部を認識または誘導したが、待機室の観察者からの音声指示を要したものを△(一部成功・失敗)とした。システムが動作の認識に失敗したものは×(失敗)とした。

5. 実験

表4が結果である。○△のあとの数字は、待機部屋からの音声指示の総文節数である。数字が大きいほど、音声指示を多く行ったことになる。7例中2例は、9項目の動作中、1項目のみ待機部屋からの音声指示を受けた。7例中2例は2項目のみ待機部屋からの音声指示を受けた。7例中2例は待機部屋からの音声指示にもかかわらず、遂行不可となり途中中止した。

表4 結果

患者	立つ	膝	座る	見る	紙取	紙捨	立つ	膝	ボタン
1	△4	○	○	○	△39	△10	△8	△3	△9
2	△	△3	○	○	△	△	○	○	○
3	○	△3	○	○	○	○	○	△3	○
4	○	○	×6	○	○	○	○	△3	○
5	○	△	×	○	△25	△21	○	△3	18中止
6	○	○	○	○	△5	△	○	○	△
7	△	△	△	○	△23	16	中止		

項目別の難易度を見ると、「膝をさわる」で待機部屋からの音声指示がやや必要だった。これは頭をしっかりと下げないとシステムが認識できなかったためである。音声指示を最も要したのは、ペーパーの「紙取り」とゴミ箱に「紙を捨てる」動作であった。これは患者が左右に視線を移動して、紙箱やゴミ箱を見つけることができなかったためである。

6. 考察

PCから音声誘導し、認知症者がどの程度動作で反応できるかという研究は現在まで、ほとんど行われていない。さらに今回はどのような動作が求められるのか、認知症者にはまったく予想できない不慣れた環境下での実験であった。それにもかかわらず、7例中5例が求められた動作項目を、一部待機部屋からの音声指示を受けながらも、最後まで遂行できた。今回の結果は、認知症者の生活行動が工学的に支援できる可能性を実証的に示唆したといえよう。

しかし、PCからの音声誘導の方法や、画像認識の正確性など、今後改善すべき点も多く見つかった。表4の△(一部成功・失敗)と×(失敗)の原因をカテゴリ別に集計し、表5に示した。今後、誘導方法や画像認識の精度を向上させることで、より重

表5 失敗原因

失敗原因のカテゴリ別集計	
PCからの誘導方法の誤り	(13)
立ち位置の認識誤り	(3)
立つ方向の認識の誤り	(3)
姿勢認識の誤り	(8)
対象物への視線誘導の誤り	(8)
対象物からの反応の誤り	(1)

度の認知症者へも適応できると考えている。

高齢者や認知症者への介護保険でのサービスが減らされる中、独居の認知症者や夫婦ともに認知症であるなど、より支援を必要とする事例は増大の一途である。認知症者を工学的に支援できる可能性と、支援する必要性がありながら、それに気づいている関係者はいまだに少ない。より多くの工学研究者が認知症支援に参加してくれることを心から期待する。

7. 参考文献

- [1] 安田清, 2008. もの忘れを補うモノたち一簡単な道具と器機による認知症・記憶障害の方への生活支援: 明日の笑顔を信じよう. 13. (4), pp324-328 (2008)
- [2] 鉄谷信二, 桑原和宏, 桑原教彰, 内海章, 安田清: “ネットワークを利用した情報セラピーインタフェース-軽度脳障害者のためのコミュニケーションを利用した療法への展開“, 電子情報通信学会技術研究報告 WIT2003-68, pp. 31-36 (2004).
- [3] 安部伸治, 内海章, 桑原教彰. 画像認識を用いて安心を提供する情報セラピー, 情報処理 1, 48 巻, 23-29, (2007)
- [4] A. Mihailidis, Joseph C. Barbenel and G. Fernie: “The efficacy of an intelligent cognitive orthosis to facilitate hand washing by persons with moderate to severe dementia”, *Neuropsychological Rehabilitation*, pp.135-171 (2004).
- [5] 西井雄一, 清田賢司, 中島真人: “自己組織化アルゴリズムを用いたトイレ監視システム”, 第9回画像センシングシンポジウム講演論文集, pp.217-220 (2003).
- [6] 服部数幸, 佐藤幸男: “スキャン式符号化法による小型高速レンジファインダ”, 信学論(D), J76, 8, pp. 1528-1535 (1993).
- [7] 佐藤宏介, 井口征士: “液晶レンジファインダー液晶シャッタによる高速距離画像計測システム”, 信学論(D), J71-D, 7, pp. 1249-1257 (1988).