

ペット型ロボットとネットワークを活用した 高齢者コミュニケーション支援システム

前 田 利 之

Communication Support System for Elderies Using Pet-type Robot and Networking

Toshiyuki MAEDA

Department of Management Information, Hannan University

概 要

本報告ではネットワーク機能をもつ高齢者福祉用ペット型ロボットシステムについて報告する。ペット型ロボットシステムはロボットと情報センターから成り立っており、ペット型ロボットは自律的にユーザと対話するとともに、インターネット常時接続をしており、他者との通信を直接あるいは情報センター経由で可能としている。モータ駆動の可動部により感情表現も可能であり、これは本研究にとって本質的なものとなっている。本報告では実証実験の結果を踏まえて、システムの有効性を検証する。

キーワード：ネットワーク通信、高齢者福祉、自律制御、ペット型ロボット、音声処理

Abstract:

We present mechatronical features of the pet-type robot system for aged people's welfare. The robot can communicate with the people autonomously, and also it is net-accessible, and that feature allows the people to communicate with others, directly or using the communication server. The system consists of pet-type robots and the information center. Motions generated by those motors symbolize emotions of the robot, which is essential for our object.

We have demonstrated and examined some features of this robot system for aged people and certified some effects of our system.

Keyword: Network communication, Aged people's welfare, Autonomous control, Pet-type robot, Speech processing

1. は じ め に

2002年度の総務省の国勢調査データによると、現在65歳以上の人口は約2200万人であり、全人口の17.3%を占めている。さらに、5年後の2007年には、人口の20%以上が65歳以上となり、実に5人に1名が65歳以上であるという結果が予想されている。また、65歳以上の単独世帯は303万世帯であり、65歳以上の人のうち13.8%が一人暮らしである。これは、1995年の12.1%に比べ拡大しており、このことより、高齢者単身世帯の数が増加の傾向を示していることがうかがえる。その原因として、少子高齢化が進む中、職業事情や住宅事情に伴う核家族化が進行した結果、世帯構造が小さくなっていることが考えられる。一方、この65歳という区切りは、昭和38年に制定された老人福祉法の適用年齢が65歳以上であることからきているが、現在では国民意識調査で「老人＝65歳以上」という答えは3割を下回っており、老人に対する考え方が少しずつ変わってきている。これは、若々しい気持ちを持つ元気で自立した65歳以上が増加していることの表れであると考えられる。近年、以上のような背景の下、「元気な一人暮らしの高齢者が増えている」中で、これまでとは違う様々な需要が生まれている。これまでの福祉器具に求められてきた切り口とは異なる、健康に関することや、安全・安心に関する新たな需要を満たすことが、今後の高齢化社会を考える上で非常に重要な課題となってくる。

これまで開発されてきた福祉機器の多くは身体的な支持や介護者の支援を目的としており、精神的活動を支援するものは少ない。特に日本では独居老人は地域社会から隔離される傾向にあり、孤独感につながる。従って精神的側面からも他者との対話は非常に重要なものとなってきた。それらの課題を解決する中で、ペット型ロボットは非常に重要な候補である〔2, 3, 4〕。我々は、新たな高齢者福祉用のペット型ロボットシステムを提案している。

本報告ではプロトタイプシステムを作成し、実証実験として高齢者の方々に実際に使用してもらい、本研究の有効性を評価する。

2. ペット型ロボットの要求仕様

2.1 インターフェース

ペット型ロボットを情報端末として考えたとき、高齢者が利用することを考えると、以下のようなインターフェースが必須であると考えられる。

1. 機械・電子機器の堅いという感じを与えてはいけない。高齢者にとって「かたい」機器というだけで、接する機会が減ることが予想される。
2. 音声や接触（センシング）で対話・操作することが可能で、ペットのようなあたたかみを持たなくてはならない。

3. 高齢者に操作を強要してはならない。

これらの要件を満たすために、以下のような実現を検討した。

1. 端末の筐体としてぬいぐるみを設計し、内部に動作を可能とする制御ハードウェアを設計、実装した。
2. 音声入力（認識）と音声出力（合成・組み立て）と、対話を補助するマルチモーダルなインターフェースを制御ハードウェア上に統合的に実装した。
3. ユーザーインターフェースについては操作法にいたるまで極力簡単にした。例えば、電話をかけるときにも端末（ペット型ロボット）に触れる必要は無いようにしている。

2.2 高齢者福祉への適用

ペット型ロボットは上述の機能に加えて、仮想的なペットであると同時に情報端末にならなくてはならない。これらを実現するために、ロボットは（電話公衆回線網を含んだ広義の）ネットワークに接続可能であり、それは介護者だけではなく親戚・知人などとの会話（通信）も可能とする必要がある。これは特に独居老人が孤独感を感じないようにするために非常に重要であると考えられる。このために、以下のような機能をもたせる必要がある。

- 自律対話（ユーザーである高齢者との自発的な会話）
- 情報センターを経由した音声メール
- 情報センターをホストとした音声掲示板（BBS, bulletin board system）
- （静止）画像つき電話
- 見守りのための画像配信

以上で述べたように、コミュニケーションは我々のシステムにとって非常に重要であり、以降の章ではこれらについて詳細に検討していく。

3. コミュニケーション機能

図1に我々のシステムのネットワーク模式図を示す。全てのペットロボットはインターネット接続しており、それが即ちロボットがペットであると同時にネット端末であるということである。以下の節ではこの機能の詳細について述べていく。

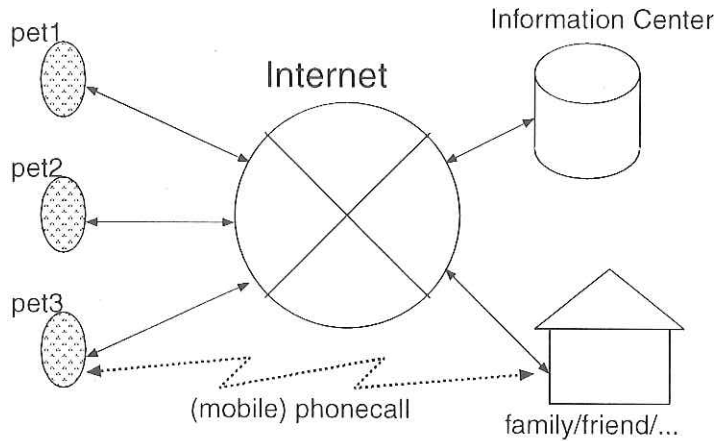


図1：ネットワークシステム

Figure 1. Network System.

3.1 見守り機能

ロボットにはCCDカメラがついており、要介護者を見守ることを可能としている。画像が定期的に撮影されインターネット経由で情報センターに送られる。介護者はその送られた画像によって見守りの労務を軽減することができ、継続的な見守りを可能とする。

3.2 マルチモーダルインターフェース

さらに音声技術がロボットと、あるいはロボットを介した情報交換のために利用される。これらの音声操作は利用者（高齢者）を自然に、また優しい感じにさせることができ、これが利用をさらに促進させると考える。現システムでサポートされている、コミュニケーションのための音声操作（スイッチ）は以下の通りである。

- “電話のボタン・オン”：電話をかけたり受けたりする。ただし、事前登録済み電話番号へは名前で指定可能である。
- “伝えてください”：音声メールを伝える。
 - －“おたより”
 - －“とっておき”
- “掲示板”：掲示板に投稿された内容を聞く。
 - －“お答え”：投稿内容に答える（フォローアップ）
 - －“お尋ね”：新たな話題（テーマ、スレッド）を投稿する。

これらの機能は主にインターネットや公衆回線を用いた他者とのコミュニケーションに用いられる。特に後者の機能によりインターネット接続が困難な親戚・知人とのコミュニケーションをとる助けとなる。

3.3 自律会話

ネットワークを通じたコミュニケーションの他に、ペット型ロボット単体での自律会話機能は、特に独居老人にとっては必須である。なぜならば、ペットロボットがそのユーザーにとっての友人（パートナー）となることができ、孤独感からの開放を助けるからである。

自律会話機能は、音声認識と音声生成からなる。情報媒体としての音声は、特に高齢者にとってはコンピュータを直接的に操作することが困難な高齢者にとっては非常に有効であると考ええる。

本研究におけるペット型ロボットは内蔵の機能により自分の名前、現在の日付、時間を話することができる。また、ペット型ロボットは約200の単語を利用できる。その中には「おはよう」、「起きて」、「バイバイ」などの語が含まれている。利用者が「起きて」と語りかけた場合には目覚めると同時に（ランダムに選ばれた）健康アドバイスを一言発することで、利用者にあたかも実際に生きているペットのような感覚をあたえ、親密さを高める。さらに親しみを感じさせるために、「うた歌って」と語りかけると（いくつかのうちの）短い歌を歌えるようになっている。

3.4 音声処理

3.4.1 音声認識

音声入力としての音声認識については、松下技研（株）で開発されたCOMPATS法を利用している。COMPATS法とは、スペクトルの局所的な動きを表現する時間一周波数特徴量を使用し、事後確率に基づく線形判別式を用いた局所的な照合を連続的に行うことを特徴とする高精度な不特定話者音声認識方法で、単語認識実験により認識方法の有効性を確認している。COMPATS法では入力と部分標準パターンとの距離を連続DP法で逐次累積することにより単語認識を行う。本方法では、部分距離の計算をおこない、単語の認識をおこなってから単語標準パターンの照合をおこなう。

音響分析の特徴パラメータには、7次のLPCメルケプストラムおよびパワー項等の9つのパラメータを用いる。部分距離計算は、登録辞書で複数回使用される音声片標準パターンについては、重複計算を避けている。DP照合では、入力軸を基本とする簡単な形状のDPパスを用い、累積度の計算量を削減している。さらに精密照合として、発声終了後、上位3位までの候補単語に対して、予備選択でスポッティングした区間を音声区間と仮定して認識照合を行う。

3.4.2 音声出力

音声メール以外の自律対話、操作への応答についても音声による出力をおこなっている。注意すべきは、これらの発声は音声合成ではなく、あらかじめ注意して録音され、編集されて保存しておいた音声の部品を組み立ててなされていることである。この組み立て法はより自然な感じで聞くことができる。このことは高齢者のコミュニケーションの容易さを支援する上で非常に重要であると考える。

4. ペット型ロボットの構成

より自然で親しみのあるユーザーとのコミュニケーションを含んだ、広義のインタラクションを強化するために、ペット型ロボットはいくつかのセンサーとモーターを持っている。図2にペット型ロボットの骨格を示す。

これらによりペット型ロボットはよりいっそう実際の（生物である）ペットに近い振る舞いが可能となっており、そのことにより利用者がより親しみをもって気楽に接触できることをアフォード（誘導）^[1]していると考える。

図3にペット型ロボットの動作の概要を示す。

必要十分性を考え、ペット型ロボットにはモーターを4つ内蔵している。1つは両耳を、1つは両目を、1つは鼻を、そして1つは首を制御する。これらのモーターで生成された動作はペット型ロボットの感情をあらわすように設計されており、われわれの目的の1つである「感情表現」にとって本質的である。例えば、頭は首の動作に従って動くわけであるが、縦方向への動作は「おじぎ」であり肯定や合意の意思を示し、水平方向への動作は否定を示すものとなる。

センサースイッチは、行動や発声にたいして割り込む信号だけではなく、利用者の親密度を



図2：ロボットの骨格

Figure 2. Skelton of the robot.

感じ取り、それに応じてロボットの機嫌をよくしたり悪くしたりすることを可能とする。

また、胸にはLEDをとりつけられており、これが表情の起伏などを示す補助的役割をなしている。

図4が「モーリー」と名付けられた本研究におけるペット型ロボットのプロトタイプの1つである。

現状ではモーリーは2つのモジュールから成り立っている。1つはぬいぐるみであり、もう1つは制御ユニットである。これらはシリアルラインで接続されている。ぬいぐるみ部にはモーターとセンサーが内蔵されており、動作コマンドやセンスされた情報が制御ユニットと行き来している。

本研究ではアフォーダンス^[1]を考慮して、利用者が簡単に楽しく、かつ違和感なく利用できることを目指し、以下の機能を実装した。

- CCDカメラは胸にあるおもちゃのカメラに内蔵されている。
- マイクは両耳のところにセットされている。
- スピーカーは口のすぐ下のところにセットされている。

現システムでは制御ユニットはノート型パーソナルコンピュータを適用しているものと、組み込みタイプのものがある。いずれにしても、利便性ととも、現段階では特に厳しい実時間制御を必要としていないことから、OSは実時間拡張されていない（ARTや RTではない）Linuxを導入している。

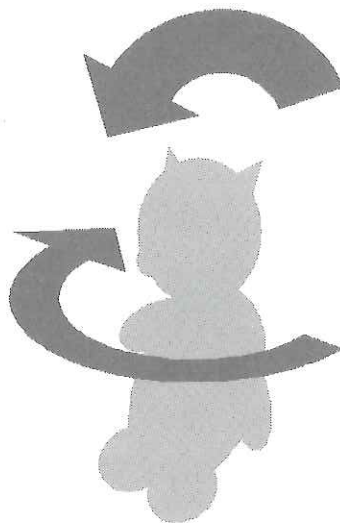


図3：ロボットの動作

Figure 3. Motions of the robot.

5. 評価

5.1 三原市での実証実験

我々はこのプロトタイプシステムの有効性を検証するため、広島県三原市の公民館において実証実験をおこない、ヒアリング調査をおこなった。高齢者の方々から数量的な回答を得ることは精神的に負担が大きく、現実的に不可能であった。よって、可能な限りの意見・感想を収集した。

有効であるという評価には以下のようなものがあった：

- かわいい、楽しい、親しみを感じる
- 人の声や歌が嬉しい
- 病気になった時を考えると安心感がある
- 持って帰りたい
- 孫の声が聞けたら嬉しい
- 胸のLEDがきれい
- …など



図4：モーリーの概観

Figure 4. Overview of “molly”.

一方、否定的な意見もいくつかあった：

- 耳が遠いので、声がきこえづらい
- 対話にならず、勝手に喋っている
- 話すタイミングが分らない

- 慣れるまで、何を話したらいいかわからない
- …など

会場はかなり雑音があったため、特に音声認識については厳しい環境であった。しかし、将来的に民生品への展開を考えると、この問題は必ず解決しなくてはならないと考える。

5.2 池田市での実証実験

本節では大阪府池田市において、CATV網を利用した有線インターネットをもちいたシステムの実証実験について述べる。

対象者は独居の7名で、3名は男性（平均年齢83歳）、4名が女性（平均年齢78歳）であった。それぞれの被験者は平均して62日ペット型ロボットシステムを利用してもらい、その期間内に4回のインタビューと2回のアンケートを行なった。

表1はアンケートの結果である。本表で、◎は「非常に良い」、○は「良い」、△は「あまり良くない」、×は「悪い」を表している。これから、我々のシステムは完全とはいえないまでも、ある程度の実用性はあると考えられる。特に「理解しているか？」という点が良くないのは、音声認識の不充分さからくるものと考えられ、今後の改良が必要である。

表1. アンケート結果
Table 1. Questionnaire results.

質問	◎	○	△	×
ロボットはあなたを理解していると思いますか？	0	0	6	1
ロボットのデザインは良いですか？	2	3	0	2
ロボットの話し方はどうですか？	2	3	2	0
センターからのメッセージを聞いてどう思いますか？	4	2	1	0
親しみを感じますか？	2	3	1	1
ロボットがいなくなると寂しいですか？	2	2	1	2

表2. システム利用統計
Table 2. Usability statistics.

項目	平均値
利用頻度	49%
1日あたりの利用回数	1.9回
会話時間	5分55秒
会話成功率	46.8%

表2は、センター設置のサーバーのログによる会話データの統計である。平均して被験者は

2日に1度利用しており、利用者は1日平均2回電源をオンしており、これは朝夕の2度と考えられる。会話は1回平均6分ほどでこの時間で情報の発信・収集がひととおり行なえている。ログ解析による対話の成功度はほぼ半分であり、あまり良いとはいえ今後の改善が必要であると考ええる。

6. お わ り に

以上述べたように、我々は情報センターを含んだペット型ロボットシステムを開発し、実証実験では一応の有効性を確認している。実証実験については継続中で、各種機能の有無による評価の差など、いろいろな面から分析・検証を続けていく予定である。今後は音声認識等の向上をめざし、また、さらに会話や発声のコンテンツ（内容構成）についても、より一層快適で有用なインタラクションを目指し、さらなる検討が必要であると考ええる。

謝 辞

本研究の推進にあたっては萱嶋一弘氏・丹羽寿男氏・吉田和美氏（株式会社ピンチェンジ）から多大なる支援・協力を受けた。また、本研究の一部は、通信・放送機構（TAO）の事業として実施されており、また広島県福祉関連産業創生プロジェクト研究開発支援事業補助により推進された。また実証実験に際しては広島県三原市、財団法人さわやか公社、大阪府池田市の方々に協力いただいた。関連各所・各員に対し、ここに深く感謝する。

参 考 文 献

- [1] E. J. Gibson and R. D. Walk, "The Visual Cliff," *Scientific American*, Vol. 202, pp. 64-72, (1960).
- [2] 松川善彦、前川英嗣、前田利之、萱嶋一弘：「電子玩具におけるアフォーダンスの実現ーシステムの構築ー」, 1996信学総大, A-355 (1996-3).
- [3] 山本浩司、宮崎浩行、続木貴史、小島良宏、萱嶋一弘：「対話ロボットシステムを用いた独居高齢者メンタルケアの試み」, 第40回日本エム・イー学会全国大会シンポジウム「健康長寿社会を支援するBME技術」(2001-5).
- [4] 萱嶋一弘、吉田和美：「ペットロボットと心のケア」リハビリテーション・エンジニアリング, Vol. 17, No. 4 (2002-11).