

聴導犬をモデルにした情報伝達ロボットの開発

代表研究者

中村 剛士

名古屋工業大学大学院 工学研究科情報工学専攻 准教授

1 はじめに

本研究では、聴覚障がい者の生活支援を目的として、緊急な情報を伝達する聴導犬ロボットを提案する。聴導犬[1, 2]は介助犬の一種であり、アラームやインターホン等の生活音が鳴った際、音源の元まで自ら移動し、音の種類を確認した後、飼い主に頭や足で接触することで音の発生を知らせ、飼い主を音源の元へ誘導する。接触という伝達手法は、聴導犬が視界に入っていない場合や飼い主が睡眠中であっても情報伝達が可能である。以上の理由から、聴導犬は聴覚障がい者の生活支援を行う上で、非常に有効な手段であるといえる。しかし、聴導犬の育成には「数年に及ぶ訓練期間」や「育成資金調達の難しさ」等、解決しなければならない課題が存在する為、現在国内での実働頭数は約 60 頭と非常に少ない。本研究では、聴導犬の「移動」「接触」という動作は、ロボットが持つ「移動機構」と「身体性」という特徴により模倣可能であると考え、研究開発を行っている。

一方、聴覚障がい者が現在利用している主な情報伝達支援機器としては、光で生活音を知らせる機器や、ウェアラブル端末、スマートフォン等があるが、それぞれに次のような問題がある。光で生活音を知らせる機器は視覚刺激を用いた情報伝達であり、睡眠時やその機器が視界に入っていない状況では情報伝達を行うことができない。また、ウェアラブル端末の振動刺激は、機器の振動が弱い場合が多く、機器の状態を強く意識していないと認識が難しいという点や、肌に直接装着する為アレルギーを持つ人は利用しづらいという問題がある。スマートフォンについても、ウェアラブル端末同様の問題を有する。このように、現在利用されている支援機器は、利用環境やユーザの状態等により、情報伝達が難しい場面が多い。

本研究では、聴導犬ロボットにおける緊急情報の伝達をする有効な接触行動の設計のために、接触強度と接触周期のパラメータに着目し調査実験を行った。実験では、睡眠中の被験者に対してロボットを接触させ、起床に要した時間を調査した。また、起床時には、実験条件に関する被験者の主観評価として、緊急性に関する主観調査を実施した。さらに、聴導犬ロボットとして、「生活音の検知」、「人の探索」、「人の追跡」、「人への接触」の 4 つを適時切り替える行動モデルを提案・開発し、その性能を実機により評価した。

関連する研究事例として、昨今、人とロボットのコミュニケーションの研究において犬の行動をモデル化した事例[3-5]が存在する。Koay ら[3]の提案したロボットは、聴導犬ロボットのプロトタイプと考えることができ、視覚的な合図を送ることで人とのコミュニケーションを図るというものである。また、高橋ら[6]は、犬の行動をモデル化したロボットによって、ユーザの自動誘導を行うロボットを提案した。しかし、これらの研究は、視覚に訴える情報伝達に基づいており、我々が提案する接触による情報伝達とは大きく異なる。

2 ロボットの構成

本研究で研究開発する聴導犬ロボットのプロトタイプには、YujinRobot 社製の Turtlebot を採用した。Turtlebot は iRobot 社製の Roomba と類似したロボットであり、二つの車輪による移動機構とバンパーに内蔵された接触センサを備える。これらの装備は、機能面として聴導犬が移動・接触を行うための最低限必要な要素であり、プロトタイプ開発としては十分であると考えられる。本研究で提案・研究開発するロボットのシステム構成を図 1 に、ロボットの外観を図 2 に示す。ロボットの機器構成は、ベースである Turtlebot に外部 PC を USB 接続し制御を行う。また、同 PC に Microsoft Kinect, SoundWatcher[7]を接続し、ユーザの探索及び生活音の検知を行う。ユーザ発見後、ユーザに直接、もしくはユーザが着座している椅子やベッド等の接触可能な部分へ接触し、力学的作用を与えることで生活音の発生をユーザへ伝達する。以下、この提案ロボットを AcToR(Active Touch-communication Robot)と呼ぶ。

AcToR の構成から分かるように、ロボットは非常にシンプルな構成をしており、接触動作もまた、二つの車輪を制御することにより得られる単純な動作となる。ロボットに手足を付け犬型に近い複雑な構成とすることは不可能ではない。また、そのようなロボットによって現実の聴導犬と同様に、緊急な情報を伝達する

ことも不可能ではない。しかしながら、緊急な情報の伝達の実現を目的とした場合、それを実現するロボットは必ずしも犬型であったり四足歩行したりする必要はないと我々は考える。そのため、プロトタイプとして、単純な機構で構成したロボットを採用した。

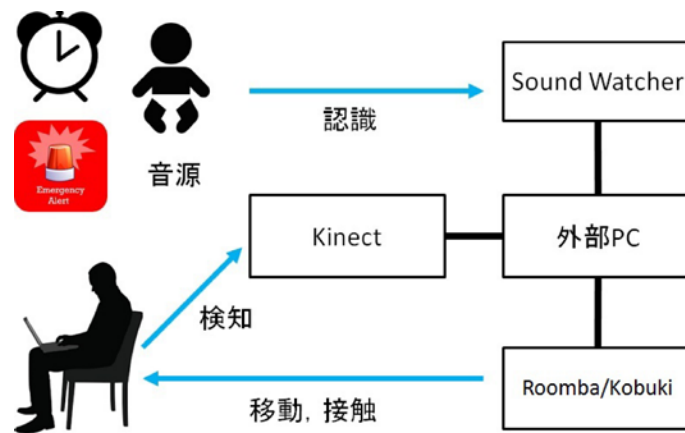


図 1 システム構成



図 2 聴導犬ロボットの外観

3. 聴導犬ロボットによる起床アラーム：接触強度と接触周期に関する調査

3-1 ロボットの接触実験の概要

被験者が眠るベッドの脚に対して AcToR を繰り返して接触させ、その接触振動により起床を促す実験を行う。仮説としては、「強度が強かつ周期の短い接触は、起床に要する時間が短い」とし、これを検証するものとした。実験では、被験者が起床までに要する時間を計測し評価した。また、起床直後に、被験者による緊急性に関する主観評価を実施し、仮説を主観調査の側面から考察するものとした。今回の被験者は耳栓をした健聴者であり、本実験は聴覚障がい者を模したシミュレーションに位置付けられる。

3-2 実験方法

実験で用いた AcToR の接触動作は、被験者の眠るベッドの脚に対して、前進後進を繰り返すことで周期的な接触をし、力学作用を与える反復動作として設計した。また、接触強度と接触周期に着目した解析を行うものとし、実験計画としては接触強度と接触周期を因子とする二元配置実験とした。接触強度については強と弱の二水準とし、強い接触は平均接触荷重を約 26.0N、弱い接触は平均接触荷重を約 10.0N とした。接触周期については長短の二水準であり、長い周期は 4 秒、短い周期は 1 秒とし、各周期に一回ベッドの脚に接

触するものとした。被験者は22歳～24歳の健聴者男性4名であり、耳栓を装着して環境音が聞こえない状況を設定して、ベッドで寝てもらった。被験者が眠るベッドは株式会社山善製の折り畳みベッドBB-7s(WBK/DBR)である。

AcToRは、睡眠開始から約40分後に接触動作を開始するものとし、AcToRの接触動作によって目を覚ました場合、被験者には「起きました」と発言するよう指示した。この「起きました」という発言があった場合を被験者が目を覚ましたと判断するものとし、睡眠を開始してから「起きました」との発言があるまでの時間を計測した。また、5分間情報伝達を続けても被験者が目を覚まさない場合、起こせないと判断した。なお、被験者の睡眠状態の観測にはPARAMOUNT BED社製の「眠りSCAN」[8]を用いた。眠りSCANはマットレスの下に敷いたセンサで体動の頻度や活動量を測定し、1分毎の活動量時系列データから睡眠・覚醒状態を判定することができる。人の睡眠は睡眠開始後約30分～1時間の間に最も眠りが深い状態となるとされる。したがって、この時間帯に睡眠状態にある人は、起床が最も困難な状況にあると考えられる。そこで、本実験では被験者に対して情報伝達を行うタイミングを、睡眠が最も深い時間帯である睡眠開始から40分後と定めた。

起床後、被験者に対しロボットの緊急性伝達に関する主観調査を実施した。大辞林によれば、「緊急」とは、「非常に重大な状態となり、その対応・処理に急を要すること」とあり、重要さと急いでいる様子を併せ持つ。そのため、質問を以下の二項目に分けて設定した。

[質問1] ロボットがあなたに急いで何かを伝えているように感じましたか。

[質問2] ロボットがあなたに重要な用事を伝えているように感じましたか。

被験者はこれらに対し「全く感じない」、「感じない」、「あまり感じない」、「どちらともいえない」、「やや感じた」、「感じた」、「強く感じた」の7段階評価で回答するものとした。ここで、「全く感じない」ならば1、「感じない」ならば2、「あまり感じない」ならば3、「どちらともいえない」ならば4、「やや感じた」ならば5、「感じた」ならば6、「強く感じた」ならば7という評点に換算する。

3-3 実験結果

被験者A～DがAcToRの接触を受けてから起床するまでに要した時間を図3に、接触の緊急性伝達に関する調査結果を図4と図5に示す。図3～図5中の1sec-26.0Nは周期が短く強度が強い接触。1sec-10.0Nは周期が短く強度が弱い接触、4sec-26.0Nは周期が長く強度が強い接触、4sec-10.0Nは周期が長く強度が弱い接触を表す。なお、今回の実験では、全ての実験条件において全被験者の起床に成功している。

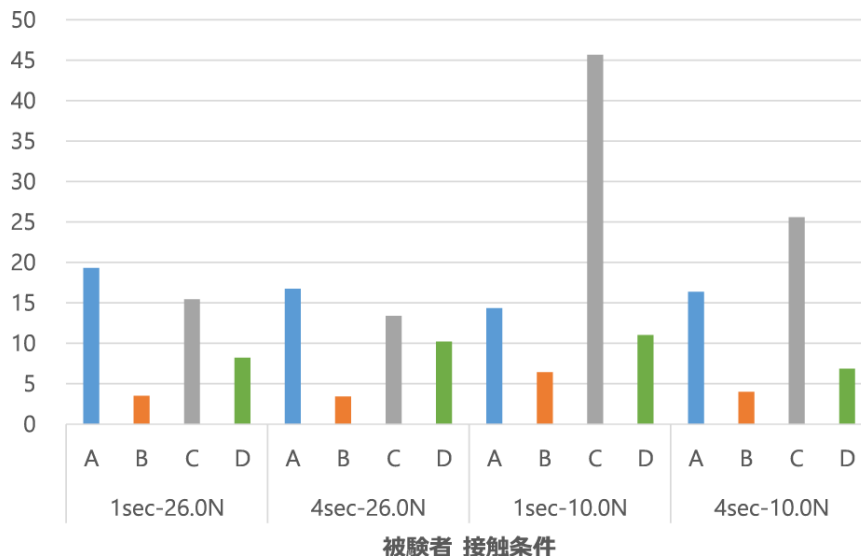


図3 起床までに要した時間 (秒)

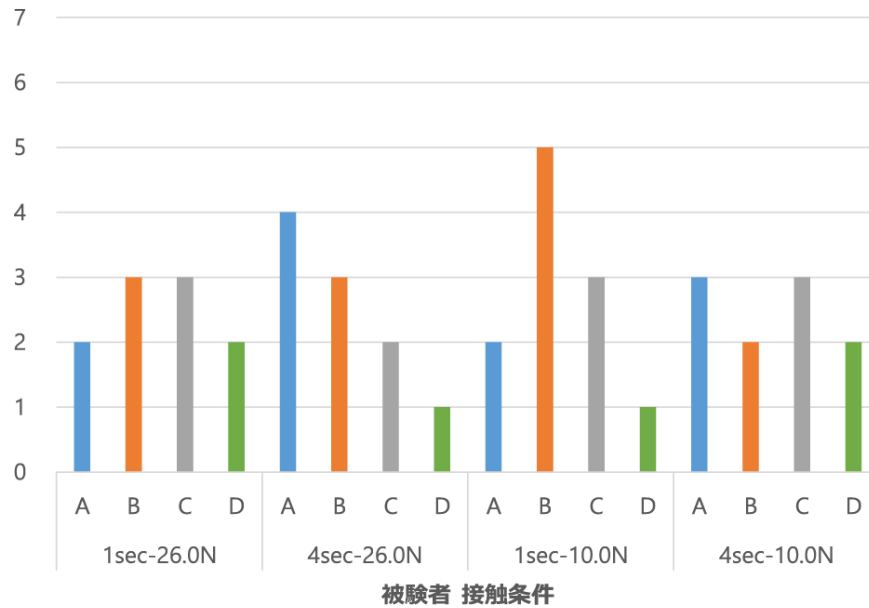


図 4 主観調査結果評点 (質問 1)

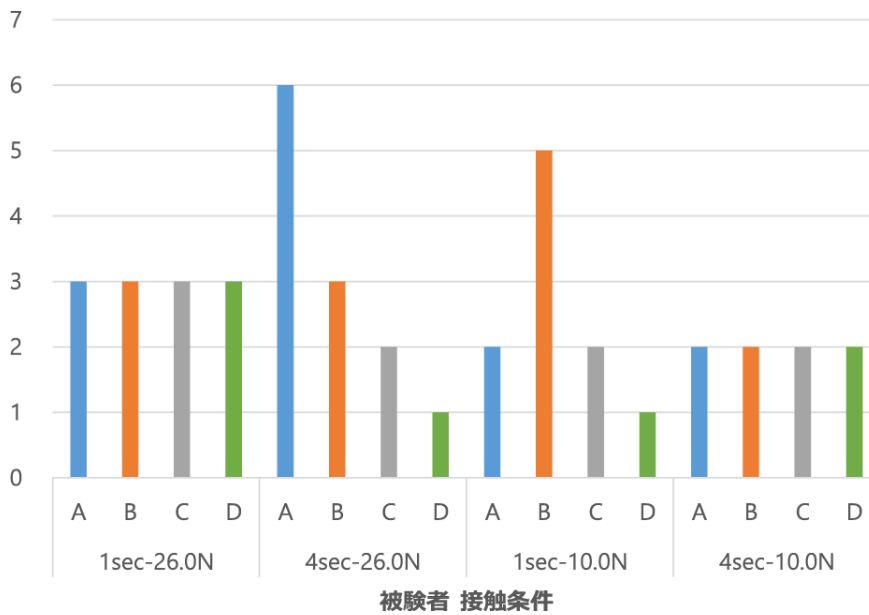


図 5 主観調査結果評点 (質問 2)

3-4 考察

今回、被験者数が 4 名と少ないことから、統計的な解析は行っていないが、実験で得られた結果から考察を行う。被験者の起床までに要した時間の結果(図 3)を見ると、実験条件の間に有意な差があるように見えない。その一方、被験者間においては、起床時間に差があることが分かる。このため、同様な接触振動刺激を用いたとしても、個人によってその効果が異なることが推測される。また、実験後に行った二つの主観調査については、3 点以下の評点がほとんどであり、被験者が緊急性を感じていないことが分かる。

今回の実験においては、ロボットの接触によって全被験者を起床させることには成功しており、この点においてはロボットの基本コンセプトを満たしている。一方、ウェアラブル端末・スマートフォンの起床に要した時間はそれぞれ、平均 24.20 秒と平均 20.53 秒であり[9]、図 3 で得られた結果の方が概ね短い時間で起床に成功している。このことから、ロボットの接触による起床アラームは他の手法に比べ有効な可能性がある。しかしながら、緊急情報伝達に関する接触動作設計という点では、有用な実験結果は得られていないのが

現状である。

4. 聴導犬ロボットにおける行動モデル

4-1 行動モデルの概要

聴導犬ロボットの行動を実現するため、ロボットの行動モデルを提案・構築する。行動モデルは決定性有限オートマトンによって構築され、各種センサからの情報に基づいて状態を遷移する。図6に示すように、聴導犬ロボットは「待機」、「探索」、「追跡」、「接触」の4つの状態から構成される。通知音が検知されるまでの間、ロボットは待機する。通知音を検知すると通知音フラグを立て「探索」へ遷移し、通知音の発生を伝達すべきユーザの探索を開始する。「探索」内でユーザを発見すると、「追跡」へ状態を遷移し、ユーザを追跡して接近しようと試みる。そして、一定距離内までの接近に成功すると、「接触」へ状態を遷移し、接触動作を実行する。この接触動作は、ロボット自身のボディをユーザに直接、またはユーザの座る椅子などにぶつけるものである。接触動作は、ユーザからロボットに対し伝達完了の指示があるまで行われる。無事接触による伝達が成功した場合、通知音フラグを無効にし再び「探索」へ遷移する。「探索」において、他の通知音フラグが有効でない場合は、ホームベースへ移動を開始し、「待機」へ遷移する。

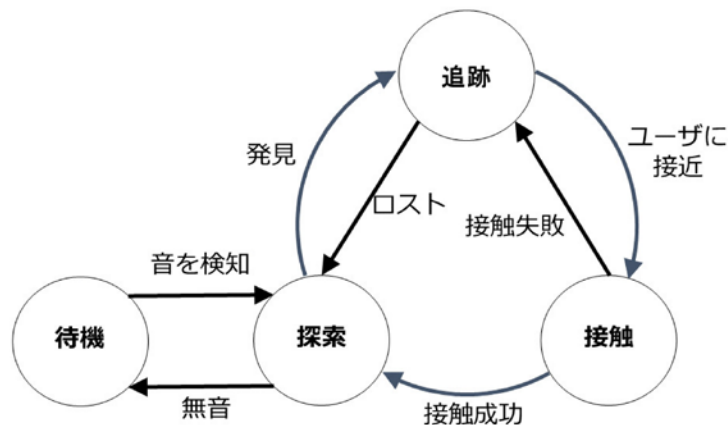


図6 聴導犬ロボットの状態遷移図

4-2 ユーザの探索

「探索」では、ユーザがいると思われる場所やホームベースを目的地として設定し、そこへ移動するよう行動する。ロボットは、環境地図E、探索地図S、ユーザ地図Tの3種の地図を持つ。いずれの地図も、ロボットが行動する部屋(w × h)と同じグリッドマップとして表される。環境地図Eでは、座標(i,j)におけるe(i,j)=1または0(1=障害物有、0=障害物無)で記録される。探索地図Sでは、座標(i,j)におけるユーザ探索の結果s(i,j)を管理し、s(i,j)は0, 1, -1の値を取ることができ、s(i,j)=0はユーザ未発見、s(i,j)=1の時はユーザ発見、s(i,j)=-1は未探索領域であることを示す。ユーザ地図Tでは、座標(i,j)において過去にユーザが発見された回数t(i,j)を記録する。これら3つの地図情報を基に、ユーザ位置推定後にユーザ位置を目的地に設定し、目的地までの経路作成と経路に沿った探索をする。

目的地の座標を(x,y)とする時、t(i,j)の分布から構成した確率分布p(x,y)に基づいて、確率的に目的地を設定する。p(x,y)は、以下のように表される。

5. まとめ

今回、聴導犬ロボットの一つの利用環境として、睡眠中のユーザへの起床アラームを設定し、そのための動作設計の指針を得るための実験を実施した。実験結果については、十分な被験者数が確保されていないことから、現状得られた結果における傾向を示すにとどまっている。今後、被験者を追加し統計的な解析を行った上で、ロボットの接触動作設計に関する指針について考察することを考えている。

また、本研究では、聴導犬ロボットの行動モデルについて提案を行い、簡易な実験を通してその行動モデルに基づく実行動について観察した。今回の実験から、モデルの実装として、Kinect の取り付け位置の問題や、「追跡」におけるユーザ発見手法及びロボットの姿勢制御に解決すべき課題があることが分かった。一方では、座っているユーザに対しては、全実験を通してユーザに接触伝達するまで至ったという結果を得ることができ、一定の環境下では提案モデルが期待どおりの行動を取り得ることが確認できた。今回は、実験デザインで述べたように、行動モデルの一部について確認したにすぎないため、「通知音の検知」、「伝達失敗時の再探索・再追跡」、「ユーザからの通知音伝達完了通知」についても、ロボットの行動を確認したいと考えている。そのために、今回の結果から得られた課題を解決し、各状態におけるロボットの判断・動作アルゴリズムを再設計・再構築する予定である。その上で、実際にロボットが利用されるであろう環境に近い実験環境を設定し、実験をしたいと考えている。

見出し□□□□□□□□□□

2-1 小見出し□□□□□□□□□□

2-2

(1) □□□□

【参考文献】

- [1] 有馬もと：補助犬(聴導犬) システムにおける-聴覚障がい者-エンパワメント-, CUC policy studies review, pp.1-13 (2006)
- [2] C.M.Guest, G.M.Collis, and J.McNicholas: A Longitudinal Study of Social and Psychological Effects on Deaf and Hard-of-Hearing Recipients, Journal of Deaf Studies and Deaf Education 11, 2, pp.252-261 (2006)
- [3] Koay, Kheng Lee, et al. "Hey! There is someone at your door. A hearing robot using visual communication signals of hearing dogs to communicate intent." Artificial Life (AL-IFE), 2013 IEEE Symposium on. IEEE, 2013.
- [4] Gácsi, Márta, Sára Szakadát, and Ádám Miklósi. "Assistance dogs provide a useful behavioral model to enrich communicative skills of assistance robots." Frontiers in psychology 4, 2013.
- [5] Lakatos, Gabriella, et al. "Dog-inspired social behaviour in robots with different embodiments." 2013.
- [6] Takahashi, Soh, et al. "Leading a Person Using Ethologically Inspired Autonomous Robot Behavior." Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts. ACM, 2015.
- [7] H.Tsuzuki,M.kugler,S.Kuroyanagi,and A.Iwata: An Approach for Sound Source Localization by Complex-Valued Neural Network, IEICE Trans. inf. & Syst. ,pp.2257-2265(2013)
- [8] 木暮貴政, 下川真人, 細川雄史らマットレス下設置型センサ(眠りSCAN)による睡眠/覚醒判定, 日本生理人類学会誌, 14, pp. 62-63(2009)
- [9] 関屋大樹, 中村剛士, 加納政芳, 山田晃嗣: 聴導犬ロボットによる起床実験の報告, ファジィシステムシンポジウム, pp. 11-14(2016)

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
Estimation of User Location for Hearing-Dog Robot	IFSA-SCIS 2017	2017年6月30日
Can a Robot Wake a Sleeping Person Up by Giving Him or Her a Nudge?	HRI 2017	2017年3月8日
Behavior Model for Hearing-Dog Robot	SCIS & ISIS 2016	2016年8月26日
Touch-Based Information Transfer from a Robot Modeled on the Hearing Dog	FUZZ-IEEE2015	2015年8月3日

— — — — — 【文字のフォントとサイズについて】 — — — — —

■タイトル

左揃え (日)MS ゴシック (英)Arial 14pt

■研究者

左揃え (日)MS 明朝 (英)Centuey 10pt(タブ設定されています)

■見出し 1

左揃え (日)MS ゴシック (英)Arial 11pt

■見出し 2

左揃え (日)MS ゴシック (英)Arial 10pt

■見出し 3

左揃え (日)MS ゴシック (英)Arial 10pt

■本文

左揃え (日)MS 明朝 (英)MS 明朝 10pt

■参考文献

左揃え (日)MS 明朝 (英)Centuey 10pt

■発表資料

左揃え (日)MS 明朝 (英)Centuey 9pt

■注書き

左揃え (日)MS 明朝 (英)MS 明朝 10pt

— — — — —