

RoboClock: 壁時計型ロボットを用いた インタラクション手法

鈴木 陽亮^{1,a)} 沖 真帆^{1,b)} 塚田 浩二^{1,c)}

概要: 近年、一般家庭向けにもロボットが徐々に普及しつつある。そこでは、掃除などの家事を支援したり、人とコミュニケーションを取って心を癒したりと、多彩な機能/効果を持つロボットが登場している。一方、多くのロボットは床面を移動するため、日本の都市部のように狭い家屋が多い状況では、「掃除ロボットのために掃除をする」といった状況も生まれ、十分な活用が難しいという問題がある。そこで、本研究ではロボットを配置する場所として壁面に着目し、壁面を移動しつつインタラクティブな情報提示を行う壁時計型ロボット「RoboClock」を提案する。

RoboClock: Interaction Technique for Clock-type Robot on the Wall

SUZUKI YOUSUKE^{1,a)} OKI MAHO^{1,b)} TSUKADA KOJI^{1,c)}

Abstract: In recent years, domestic robots have become gradually popular. There are variety of domestic robots, such as supporting housework (e.g., cleaning) or communicating with people for entertainment. However, people sometimes have difficulty to use these domestic robots in home, since they requires "flat" floors. For example, a user often needs to clean up obstacles on the floor before he/she uses a cleaning robot. In this study, we focused on the walls as spaces for domestic robots, and we propose a clock-type robot, "RoboClock", that present various information with a visual display and physical movements on the wall.

1. はじめに

近年、iRobot社のRoomba^{*1}やSoftBank社のPepperなど家庭用ロボットの開発が進み、一般家庭にも徐々に普及しつつある。そこでは、掃除などの家事を支援したり、人とコミュニケーションを取って心を癒したりと、多彩な機能/効果を持つロボットが登場している。一方、多くのロボットは床面を移動するため、日本の都市部のように狭い家屋が多い状況では、使い勝手が悪い場合が多い。例えば、前述の掃除ロボットRoombaを例にすると、ちょっとした段差やケーブルに引っかかってしまうため、「掃除ロ

ボットのために予め掃除をする」といった状況も多くみられる(図1)。特に日本では和室を中心として床に直接モノを置くことが多いため、ロボットの動作範囲が限られやすい。そこで、本研究では、ロボットを設置/活用する場所として壁面に着目する。多くの家庭では壁面は床のようにモノが配置されておらず、ロボットの活動空間として扱いやすいと考えた。次に、壁面にふさわしいロボットの形状について検討する。家庭内に導入することを考えると、既存の日用品の形状や機能を拡張することで導入の敷居を下げ、活用場面を明確化できると考える。そこで、多くの家庭の壁面に設置される壁時計に着目する。壁時計は長い歴史を持つが、置時計や腕時計と比べると機能的にはあまり進化しておらず、コンピュータやロボット技術で拡張できる余地が大きいと考えた。

こうした理由から、本研究では、壁面を移動可能な壁時計型ロボット「RoboClock」を提案し、壁面上の位置を活用したインタラクション手法や応用事例について検討する。

¹ 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科

The school of Systems Information Science, Media Architecture, Future University Hakodate

a) b1011016@fun.ac.jp

b) oki@fun.ac.jp

c) tsuka@acm.org

*1 <http://www.irobot-jp.com/>



図 1 iRobot 社の Roomba の利用例。細かな障害物が多い環境だと不具合が起きやすい。

2. RoboClock

RoboClock は、壁面を移動可能な壁時計型ロボットであり、壁時計に見立てたスマートフォン端末と、壁面移動型ロボット、及びグラデーションパターンを印刷した壁紙から構成される (図 2)。

壁面移動型ロボットは、磁石により金属製の壁面に張り付きながら、前後に移動／回転を行うことができる。また、スマートフォン端末と連携するための無線通信機能や、壁面の色を読み取るセンサ機能等を備える。スマートフォン端末上では独自に製作したアプリが稼働しており、通常の時計表示／アラーム機能に加えて、無線経由で壁面移動型ロボット制御することができる。また、用途に応じてアプリを切り替えることで、様々な応用に対応できる。壁紙は、RoboClock を利用する壁面に貼り付けて、絶対位置の検出に利用する。たとえば、図 3 のようなグレースケールのグラデーションパターンとフォトリフレクタを利用すれば二次元の位置情報を取得でき、フルカラーのグラデーションパターンとカラーセンサを利用すれば二次元の位置情報を取得できる。

このように、壁面上での現在位置を把握しつつ、自由に移動可能なロボットをスマートフォンから制御することで、時間情報やネットワーク上の情報 (例: SNS やニュースのアップデート)、及び壁面上の位置情報等に基づいてインタラクティブに動作する壁時計型ロボットを構築する。



図 2 RoboClock の外観。グラデーションパターンの壁紙を張り付けた壁面上で動作する。



図 3 壁紙に使用したグラデーションパターン

3. 実装

本章では、RoboClock のハードウェアとソフトウェアについて説明する。

3.1 ハードウェア

RoboClock のハードウェアは、2 章で述べたように、スマートフォン端末と壁面移動型ロボット、及び壁紙などの周辺部から構成される。プロトタイプの外観を図 4 に示す。まず、スマートフォン端末としては Android OS 4.1.2 を搭載する SONY 社の Xperia AX を利用する。壁面移動ロボットとしては、市販のキットである「WallBot^{*2}」をベースに実装することとした。WallBot は、裏面中央に取り付けられた磁石で金属製の壁面に張り付きつつ、2 つのモーターによって左右の車輪を駆動し、前後移動や回転を行うことができる。WallBot の制御は、mbed で行う。mbed は Web ブラウザ上で動作するオンラインコンパイラや統合開発環境を備えたユニークなマイコンであり、C++ ライクな言語で制御することができる。一般的な Arduino やそのベースとなる Atmel 社の AVR マイコンと比較するとパワフルでネットワーク周りに強いのが特徴であり、Ethernet 機能を内蔵していたり、パソコン用の WIFI / Bluetooth の USB ドングルを手軽に抜うことができる。本研究では、mbed に独自のプログラムを書き込むことで、Android 端末と無線通信しつつ、WallBot を制御している。無線通信には、今回は Bluetooth を選択し、USB ドングルとしては、iBUFFARO 社の BSBT4D09BK を利用した。また、2 章で述べたように、RoboClock では壁面にグラデーションパターンを貼り付け、ロボット背面のセンサで色を読み取ることで、壁面上の絶対位置を検出する。今回は、モノクロのグラデーションパターンと WallBot に標準搭載されるフォトリフレクタを利用することにした。この組み合わせの場合、一軸の位置情報 (上下または左右) しか取得できないという制約はあるが、用途に応じてグラデーションの向きやデザインを変更することで、ある程度実用的な位置検出手法として利用できると考えた。

なお、Android 端末は WallBot の上部を覆うように配置し、時計のような外観となるように配慮した。ここでは、

^{*2} <http://jksoft.cocolog-nifty.com/blog/willbot.html>

スペーサーとレーザーカッターで切断したアクリル板、及び3Dプリンタで出力した固定具を組み合わせることで、端末を容易に取り外しでき、またある程度サイズの異なる端末にも対応できる構造とした(図5)。

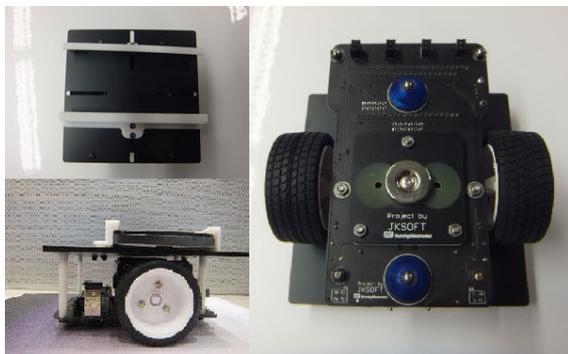


図4 プロトタイプの三面図。下面にはフォトリフレクタが4個搭載されており、壁面上の位置認識に利用する。

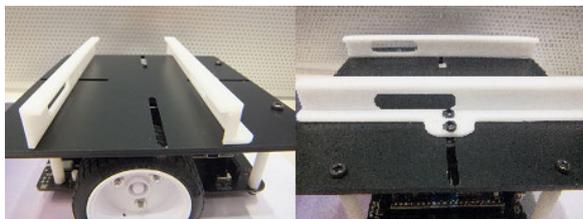


図5 プロトタイプ上部に搭載した固定具の外観。左右に固定具の幅を調整でき、様々なサイズのAndroid端末を固定できる。

3.2 ソフトウェア

ここでは、mbedとAndroidアプリの動作の流れを説明する。まずmbedでは、(1)Bluetooth経由でAndroidアプリから送られるコマンドを受け取り、WallBotの「前進」「後退」「回転」等を制御する、(2)フォトリフレクタのアナログ入力値をBluetooth経由で送信する、といったシンプルな入出力を行う。

Androidアプリでは、(1)Bluetooth経由で移動の指示情報をコマンド送信し、(2)mbedから受け取ったフォトリフレクタの入力値に基づいて位置判別する。加えて、アプリの用途に応じた機能を実装する。たとえば、基本的な壁時計アプリでは、(3)現在時刻の表示、(4)アラーム提示などを行う。また、Android端末の加速度センサを利用することで、RoboClockの壁面での傾きや動きを検知し、移動方向の補正や画面表示の変更に活用する。図6に、現在試作中のデモアプリの外観を示す。目覚まし時計を想定したアラーム機能では、枕の側の壁面の下部でアラームを鳴らす。スヌーズを使用する度に、少しずつ壁を上がり、ユーザが起床から起き上がらないとアラームを止めることができなくなるような機能を実現できる(図7)。このように寝室のベッド上部の壁面のスペースを活用した壁時計ロボッ

トを用いることで、新しい起床支援手法を提案できると考える。



図6 試作中のデモのAndroidアプリの外観。時計表示、ボタン操作によるWallBotの制御、フォトリフレクタ/加速度センサなどの状態表示等の基本機能を備え、アラームオン時には移動目覚まし時計として動作する。

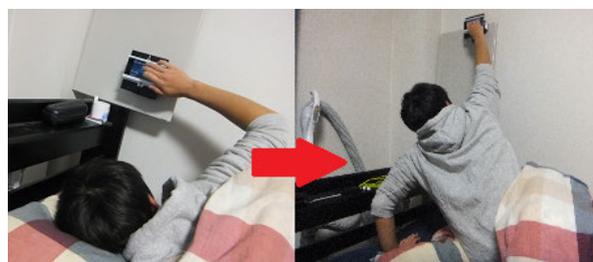


図7 アラーム機能の使用例。スヌーズ機能を使用する度に壁面を登り、ユーザが起き上がらないとアラームを止められなくなる。

4. 議論

4.1 応用例

家庭内の様々な場所で有効に活用できるような応用例を検討している。例えばキッチンの壁面を動き回りレシピを提示してくれるロボットが考えられる。移動しながら次の調理手順を表示したり、キッチンタイマーとして動作する機能を想定している。特に、物理的な位置情報とディスプレイ情報を同時に利用することで、ディスプレイ単体ではできない情報提示が期待できる。たとえば、同時に2つの鍋に火をつけている時、大きくキッチンタイマーを提示しつつ、ロボットの位置に応じて画面表示を切り替えることで、どちらの鍋の調理時間を示しているか直観的に伝達できると考える。そのほかにも玄関やリビング、天井で使用するなど応用の幅を広げられる可能性を秘めている。

4.2 課題と解決策

現在のプロトタイプの既知の問題点として、グラデーションパターンを読み取る際にフォトリフレクタの入力値が部屋の明るさに依存してしまう点がある。すなわち、同じ場所の色を読み取っていても、環境光の変化によってアナログ入力値は変化してしまう。この問題を解決する手法

として、(1) 初期位置を固定して起動時にキャリブレーションを行ったり、(2) 環境光を取得する明るさセンサを追加して動的にキャリブレーションを行ったりする手法を検討している。

また、現在使用しているグラデーションパターンでは、1軸方向しか検出することができない。1軸のみの検出でも、壁紙の向きを変更することで縦方向／横方向の検出に対応できるが、今後は、グラデーションをフルカラーで作成すると共に、カラーセンサを WallBot の下面に追加することで、2軸の位置検出を行う方法も検討する。

5. 関連研究

近年、新しい家庭用ロボットの活用や、ロボットの操作インタフェースに関する研究は多数行われている。ここでは、それらの研究事例を紹介し、本研究との差分を述べる。

5.1 家庭用ロボットの活用

柔軟素材を活用した新しいロボットの提案としては、PINOCKY, Calmate などがある。PINOCKY[1] は、ぬいぐるみなど手や足に取り付けることで、ぬいぐるみを動かすことのできるデバイスである。リング型をしており、アクセサリ感覚でぬいぐるみに取り付けることができる。Calmate[2] は、スマートフォンやアバターを活用して、カップル間における負の感情を共有し、緩和を目的としたコミュニケーションシステムである。

家庭内でロボットを活用した提案としては、Cooky, Foldy, IteMinder, Kadebo などがある。Cooky[3] は、タッチパネルの GUI に手順を入力することでユーザとロボットが平行して作業を行う事ができるシステムである。キッチンをロボットがユーザと同時に走り回り作業を行う。Foldy[4] は、ユーザが服のたたみ方を入力する GUI を使いたたたみ方を指示すると、ロボットがそれを実現するというものである。たたみ方や手順を入力すれば、どんな形状の服やズボンでもたたむことができる。IteMinder[5] は、タグ付けされた物を4輪ロボットが部屋内を走り回り、部屋内のどこにあるのかをデータベース化する。ユーザはその情報をいつでも閲覧することができ、場所の把握が可能になる。Kadebo[6] は、任意の家電に取り付ける形のロボットで、家電の状態をロボットの動作で表現する。これにより、単調になりがちな家事に変化を与え楽しくする事ができる。

これらのロボットの多くは床面や机上での動作を対象とするものだが、本研究では壁面を対象とし、壁時計型のロボットを提案する。

5.2 ロボットの操作インタフェース

ロボットへの移動経路指示手法として、直接ユーザが経路を指定しているものとして Sketch and Run, Laser

Gestures が挙げられる。Sketch and Run[7] は、ロボットの移動経路の指示をディスプレイ上に直接書き込むことで行うものである。ディスプレイ上には部屋の俯瞰画面が表示されており、リアルタイムで映像が再生されている。Laser Gestures[8] は、レーザーポインタを使用し、部屋にあるものを選択して経路を描くことでロボットがその経路通りに選択したものを運んでくれるというシステムである。複数のものをまとめて選択したり、選択したものをゴミ箱へ運ぶなどの機能もある。

本研究では、主に自律的に移動するロボットを想定しているが、壁面を移動するロボットとのインタラクション技法を探求する上で、これらの既存研究のアプローチを参考にしていきたい。

6. おわりに

本研究では、壁面を移動可能な壁時計型ロボット「RoboClock」を提案し、壁面上の位置を活用したインタラクション手法や活用事例について検討した。今後は基本機能を安定化するとともに、様々な応用事例の実装に取り組む。さらに、家庭内に実際に RoboClock を導入して短期間の実証実験を行いたい。

参考文献

- [1] Yuta Sugiura, Calista Lee, Masayasu Ogata, Anusha Withana, Yasutoshi Makino, Daisuke Sakamoto, Masahiko Inami, Takeo Igarashi. "PINOKY: a ring that animates your plush toys". Proceedings of CHI 2012, pp.725-734, 2012
- [2] Maki Nakagawa, Koji Tsukada, Itiro Siio: Calmate: Communication support system for couples using a calm avatar, Adjunct proceedings of Ubicomp2012, pp. 604-605, 2012.
- [3] Yuta Sugiura, Daisuke Sakamoto, Anusha Indrajith Withana, Masahiko Inami and Takeo Igarashi, Cooking with Robots: Designing a Household System Working in Open Environments, Proceedings of CHI2010, pp. 2427-2430, 2010.
- [4] 杉浦裕太, 坂本大介, Tabare Gowon, 高橋大樹, 稲見昌彦, 五十嵐健夫, Foldy: GUI 操作によるロボットへの服の畳み方の教示, WISS 2010, 2010.
- [5] Mizuho Komatsuzaki, Koji Tsukada, Itiro Siio, Pertti Verronen, Mika Luimula, and Sakari Pieska. IteMinder: Finding Items in a Room using Passive RFID Tags and an Autonomous Robot. Adjunct Proceedings of Ubicomp2011, pp. 599-600, 2011
- [6] 大野 敬子, 塚田 浩二, 椎尾 一郎. kadebo: 家事を楽しくする家電装着型ロボット, エンタテインメントコンピューティング 2013 論文集, pp.288-291, 2013.
- [7] Daisuke Sakamoto, Koichiro Honda, Masahiko Inami, Takeo Igarashi, Sketch and Run: A Stroke-based Interface for Home Robots, Proceedings of CHI 2009 ,pp.197-200 ,2009.
- [8] Kentaro Ishii, Shengdong Zhao, Masahiko Inami, Takeo Igarashi, and Michita Imai. Designing Laser Gesture Interface for Robot Control. Proceedings of INTER-ACT2009, pp.479-492, 2009.