

# Pocketable-Bones : お互いの関心を共有しながら 一緒に街のなかを歩くモバイルなロボット

## Pocketable-Bones: A mobile robot going out together sharing interests

真弓 凌輔<sup>1</sup>\* 長谷川 勇輝<sup>1</sup> 岡田 美智男<sup>1</sup>  
Mayumi Ryosuke<sup>1</sup> Hasegawa Yuuki<sup>1</sup> Okada Michio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

<sup>1</sup> Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

**Abstract:** スマートウォッチやウェアラブルロボットの広がりにより、日常生活の中で身に着けて利用するデバイスやエージェントは増加してきた。しかし、ほとんどのウェアラブルデバイスは我々との関わりとして〈対峙しあう関係〉であることが多く、共に興味や関心を向けあう〈並ぶ関係〉とはなっていない。そこで本研究では、ポケットのなかでキョロキョロしながら、周囲の様子をうかがう小さなロボット〈Pocketable-Bones〉を構想し、〈並ぶ関係〉におけるコミュニケーションの提案とロボットの実装を行った。

## 1 はじめに

気ままに街のなかをひとりで歩くのもいいけれど、だれかと一緒に街のなかを歩くのも楽しい。そしてとても心強く思われる。このような「だれかと一緒に街のなかを歩く」という感覚を、ポケットに入るくらい小さなロボットで実現できないだろうか。

ハードウェアの小型化などに伴い、近年では持ち運び可能なモバイルロボットが提案されてきた。柏原らの提案したテレコミュニケーションロボット TEROOS[1]は、アバタとして肩にロボットを設置し、装着者と遠隔地にいる操作者がカメラを用いたコミュニケーションを行う。この研究においては、カメラを用いて視線を共有で、遠隔地にいる操作者からの指示を受けながら、実際に隣り合っているような状況の再現が可能になったとされる。視線を共有して、我々と興味や経験を共有するような自律型ロボットの実用化も行われてきた。例えば SHARP の提供する ROBOHON は、首から下げるポーチに装着し外出時に風景の撮影を行う機能が実装されている。

今後もこのようなモバイルロボットとして日常生活に使用されることが期待される。しかし、コミュニケーションロボットの提案においては、これまで〈対峙しあう関係〉で議論されていることが多い。本研究ではこの〈対峙しあう関係〉ではなく、むしろ人とロボットとが、近づく人やお店の看板に目を奪われながら、一

緒に街のなかを歩くような、〈並ぶ関係〉でのコミュニケーション [2] について検討する。

本論では、図1に示すポケットのなかでキョロキョロしながら、周囲の様子をうかがう小さなロボット〈Pocketable-Bones〉を構想し、その実装と基本的な動作確認を行った。また、人と〈Pocketable-Bones〉との〈並ぶ関係〉に基づくコミュニケーションのスタイルについて検討を行った。研究の背景、〈Pocketable-Bones〉の基本構想、具体的な実装内容、そして今後の課題について述べる。

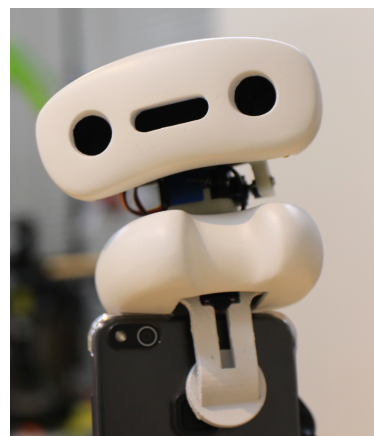


図1: モバイルロボット〈Pocketable-Bones〉

\*連絡先: 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系  
〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1  
E-mail: mayumi18@icd.cs.tut.ac.jp

## 2 人とロボットとの〈並ぶ関係〉でのコミュニケーション

これまで検討されてきたコミュニケーションロボットにおける、人とロボットとの関係は〈対峙しあう関係〉であることが多い。〈対峙しあう関係〉とは、例えばスマートスピーカと人の関係のように、人が何かを指示してその返答を受けるなどの、「問う側」と「答える側」とが対峙しあう関係のことである。人同士におけるコミュニケーションにおいては、「話し手」と「聞き手」もしくは「する側」と「される側」といったような関係であるといえる。こういった状態のときには、どこか相手が「向こう側にいる」という印象を受けてしまうことがある。

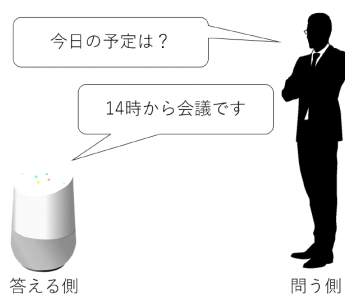


図 2: 〈対峙しあう関係〉での会話

一方で人同士におけるコミュニケーションでは、必ずしも「話し手」と「聞き手」という非対称な関係におけるやり取りだけではない。家族と一緒にテレビを見る場面や、「お腹すいたね。」「うん、お腹すいたね。」というたわいもない会話をしているときは、お互いに同じ対象に対して興味を持ち、どこか自分と同じ「こちら側」の存在であるように思える。このように「一緒に並んでこちら側としての存在」と考えられるような関係を〈並ぶ関係〉として、ロボットと人との〈並ぶ関係〉におけるコミュニケーションの研究を行ってきた [2]。

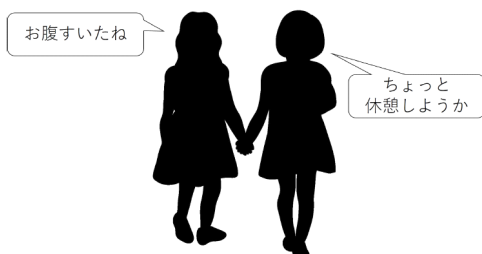


図 3: 〈並ぶ関係〉での会話

## 3 スマートフォンを通したコミュニケーション

AI チャットツールは、あたかも人と会話をしているかのような自然な会話を楽しむことができるチャットツールであり、日本マイクロソフト社の提案する「りんな」[3] 等が挙げられる。2018 年に発表された「共感視覚モデル」を搭載したスマートフォン向け AI「りんな」においては、スマートフォンのカメラを「目」として、ユーザと見たものに対してリアルタイムで音声コメントを行い、ユーザと会話を楽しむコミュニケーションが提案された。「りんな」における「共感視覚モデル」では、対象物を発見した際に「〇〇があります」といった認識結果ではなく、その対象に対する感情のこもったコメントを生成する [4]。「りんな」のような視覚情報を用いたチャットツールが広がることが予想されるが、コミュニケーションにおいて必要となる AI が注目しているものを示すための視線情報についてはスマートフォンでは表示することができない。

## 4 Pocketable-Bones

### 4.1 狙い

〈Pocketable-Bones〉は、スマートフォンに取り付けて使用することを前提としたモバイルロボットである。〈並ぶ関係〉においてユーザと視線方向をお互いに調整しあいながら街を歩くことを通して、ロボットがユーザと身近な存在となり心強さや安心感を得られることを目的とする。

基本的な動作として、ユーザと同じ方向を向く動作と、ロボットが興味のある方向を向く動作をアルゴリズムに基づいて切り替えることで、お互いの視線方向の調整を行う。〈対峙しあう関係〉におけるコミュニケーションでは、ロボットが人の視線方向に追従するという共同注意が研究されてきた。本研究では、共同注意をお互いの興味を調整するという行為に拡張させて、ロボットとユーザがターンテイキングを行いながら、共同注意を繰り返すことによって〈並ぶ関係〉の実現を行う。

またモバイルなロボットとして、将来的にスマートフォンのカメラを活用したコミュニケーションツールの増加を念頭に置き、スマートフォンのみでは不可能な視線の表示行為を行うために、ロボットをガジェットとして活用できるように実装を行った。

## 4.2 活用するシナリオの例

〈Pocketable-Bones〉は外出時に一緒にお出かけしてくれる身近な存在として活用することを想定している。

### 4.2.1 高齢者の外出支援

高齢者は日々同じ暮らしを繰り返すことによって、新しい発見や気づきがなく退屈な暮らしを過ごしていることが多い。そのような高齢者が外出時に〈Pocketable-Bones〉を身に付けて外出をすることによって、ロボットによる新たな気づきや興味を持った物を共有でき、高齢者に新たな視点を提供することができると思う。このような日々の生活に新たな楽しみが増えることによって、高齢者が知らず知らずのうちに外出したくなるような変化が生まれるのではないかと考えられる。

### 4.2.2 旅先での案内

これまでもナビゲーションロボットは数多く提案されてきたが、それらのロボットの多くがユーザの興味を考慮に入れることなく、あくまでも決定されたルートに沿って案内するものが多い。しかし〈Pocketable-Bones〉では、ユーザの視線方向の変化による興味対象を考慮に入れることで、ふと寄り道をしたと思うユーザの心情に寄り添った道案内が可能になるのではないかと考える。また、ただ単に道を教えてくれるのではなく、道沿いにある物であったりすれ違う人に対して反応を示すことによって、隣にいる誰かと旅をしているような気分になれるのではないだろうか。

## 5 プラットフォーム実装

### 5.1 システム概要

本システムの構成を図4に示す。

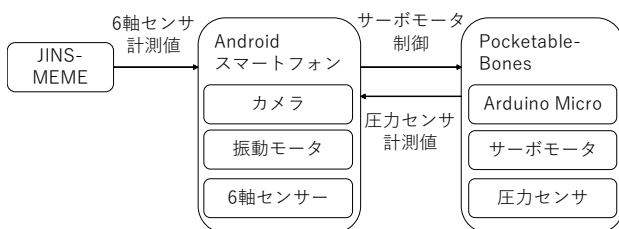


図4: 本システムの構成

システムは〈Pocketable-Bones〉を含め3つのコンポーネントで構成される。

JINS-MEMEは人の視線方向を6軸センサを用いて計測し、人の興味対象の検出を行う。測定したセンサ値は、Bluetooth LEを用いてAndroidスマートフォンへ送信される。

Androidスマートフォンは、システム全体の動作決定を行うために使用する。動作としては、スマートフォン搭載のカメラにより撮影した画像データからTensorFlow[5]のSSD(Single Shot Object Detection)を用いて物体の検出を行い、ロボットの興味対象の検出を行う。また、6軸センサを用いてロボットの姿勢情報の検出を行う。なお、将来的な実験の計画として、視線以外のやりとりを行うインターフェースの実装も行っている。まずロボット側から人に対しては振動モータを実装し、ロボットが何か気付いた際の表示を可能にしている。人からロボットに対しては、圧力センサを設置し触ることによってロボットに意思を伝達したい際に使用する。

〈Pocketable-Bones〉はロボットの興味対象を表示するために使用し、スマートフォンとUSBケーブルで接続しシリアル通信を行う。内部のサーボモータを用いて縦横2軸の自由度で顔の方向を変化させる。

## 5.2 Pocketable-Bones

### 5.2.1 外観

〈Pocketable-Bones〉本体のCAD設計図を図5に示す。

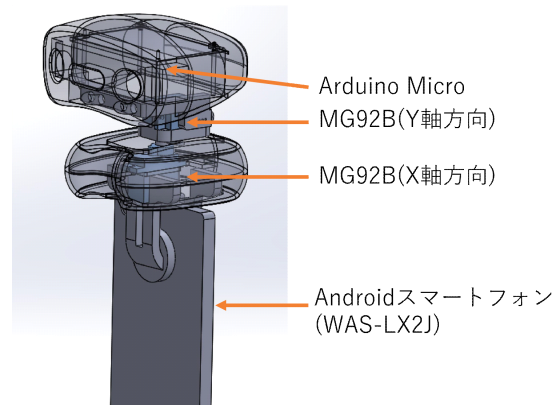


図5: Pocketable-BonesのCAD図面

〈Pocketable-Bones〉は下のクリップ部分によりAndroidスマートフォンに取り付けが可能となっている。クリップのある台座部分にX軸方向の回転軸を持つサーボモータ(MG92B)を取り付け、その上にY軸方向の回転軸のサーボモータを取り付けている。上部のサーボと頭部を接続させて、2軸の自由度を持つ動作が可能である。

頭部に周辺回路の基板を格納し、Android 接続用の Micro USB ケーブルおよびサーボモータの電源供給用ケーブルをそれぞれ取り付けている。

### 5.2.2 ソフトウェア実装

Arduino Micro での制御フローを図 6 に示す。

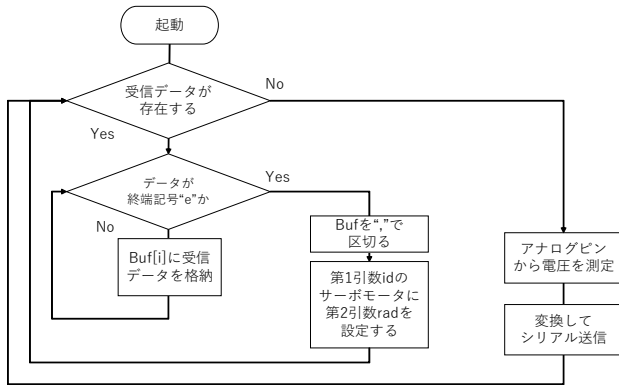


図 6: Arduino での制御フロー

Android からの受信データが存在するときには、サーボモータの制御に移る。シリアルデータの末尾には“e”がつけられており、e が入るまで文字列をバッファに格納する。格納された文字列は“,”をデリミタとして配列へと分割し、第 1 引数をサーボモータの id、第 2 引数を角度情報 rad として制御する。

Android からの受信データが存在しない場合は、ArduinoMicro のアナログピンに接続された圧力センサの電圧値を計測し、Android ヘシリアルで送信する。

### 5.3 Android スマートフォン

Android スマートフォンでは人の興味対象の受信と、ロボットの興味対象の決定を行い、行動決定を行う。振る舞いの決定後、Arduino Micro に対してシリアルでデータを送り、ロボットの制御を行う。

Android スマートフォンでの制御内容を図 7 に示す。

システムでは MainActivity を起動後、JINS MEME の接続を行う。接続後は DetectorActivity に遷移し、スレッドで以下のコンポーネントを制御する。

- 振動モータ
- シリアル IO
- 傾きセンサ

物体の検知には TensorFlowObjectDetectionAPI を用い、カメラで取得した画像を API に渡すことで物体の

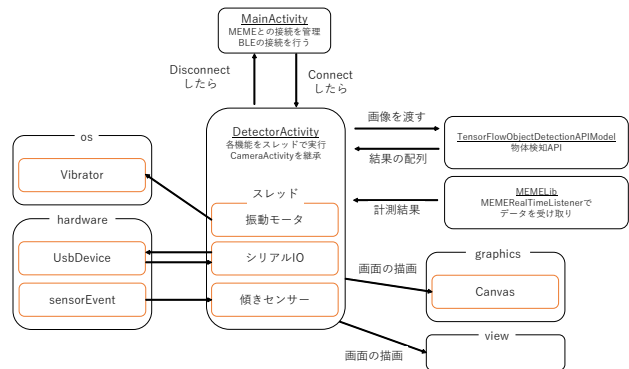


図 7: Android スマートフォンでの制御

種類と信頼度を配列で取得する。JINS-MEME からの計測データは JIS-MEME の SDK である MEMERealTimeListener を介して行い、20Hz でデータの更新を行う。その他ハードウェアや OS、画面の描画等を行い全体の動作を制御する。

### 5.4 JINS-MEME

JINS-MEME ES[6] は JINS 社の提供する眼鏡型の視線計測装置で 3 点式眼電位センサー・加速度センサー・ジャイロセンサーを搭載している。JINS-MEME において 20Hz で計測した視線情報を BLE 経由で Android スマートフォンに送信する。人の視線方向の決定は、JINS-MEME での 6 軸センサの計測値と、Android スマートフォンの 9 軸センサの値を比較することによって、ロボットと人の視線方向の差分を算出した。なお、JINS-MEME に地磁気センサは搭載されていないため、起動時には JINS-MEME とスマートフォンのオフセットを調整する必要がある。



図 8: JINS-MEME ES の外観

### 5.5 各コンポーネント配置

各コンポーネントの接続を図 9 に示す。



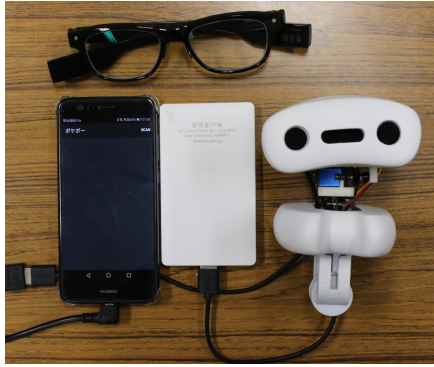


図 9: コンポーネントの接続状態

まず〈Pocketable-Bones〉と Android スマートフォンを USB ケーブルで接続し、データの通信を行う。また、サーボモータの駆動用にはモバイルバッテリーを使用する。JINS-MEME と Android スマートフォンは Bluetooth LE を用いて無線接続する。

実際に胸ポケットに着用した際のイメージを図 10 に示す。

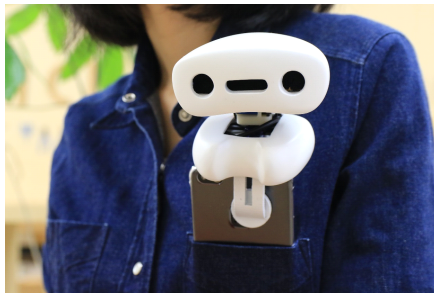


図 10: 〈Pocketable-Bones〉の胸ポケットへの着用状態

## 6 実装結果

### 6.1 操作画面

製作した Android アプリケーションの操作について説明する。ここで DetectorActivity の表示画面を図 11 に示す。

表示画面では現在の各パラメータの状態、設定ボタン、TensorFlowでの物体認識状態を表示する。設定ボタンでは Mode1:FOLLOW EYE と MODE2:FOLLOW OBJECT を選択することができ、現在相互調整に向けて Mode1 と Mode2 を時間的にランダムに選択する MODE1+2 ボタンを設置している。



図 11: アプリケーションの DetectorActivity 画面

### 6.2 動作モード

実装した結果、下の 2 種類のモードで動作が可能となった。

#### 6.2.1 Mode1: FOLLOW EYE

Mode1 では、人の視線方向にロボットが完全に追従する動作を行う。人とロボットの視線方向の補正を行うために、動作前には OFFSET ボタンを押して補正を行う必要がある。

本機能によって、ロボットが人間の興味対象に対して追従する、随伴的な動作が可能となった。

#### 6.2.2 Mode2: FOLLOW OBJECT

Mode2 では、カメラと TensorFlow を用いて物体を検出し、ある 1 つの物体の中心座標を追従する動作を行う。本機能では、ロボットが自発的に興味対象を決定することで主体性を持たせ、さらにロボットの興味を環境に対して示す社会的表示が可能となった。

## 7 今後の課題

### 7.1 機構上の問題

胸ポケットに装着した状態において、モード 1, 2 共に動作可能であることが確かめられた。しかし、胸ポケットの形状によってはスマートフォンが左右にずれてしまいカメラの位置がずれてしまう問題や、歩行時にスマートフォンが揺れて安定しない問題が確認された。

また、Android スマートフォンと〈Pocketable-Bones〉を USB ケーブルで接続しているが、ケーブルの取り回しが悪く胸ポケットへの装着が難しいことも課題としてあり、モバイルな形態にするためにさらなる検討が必要である。

## 7.2 ソフトウェア面の問題

ジャイロセンサを用いて、ユーザとロボットの視線方向の差分を計算しているが、ジャイロセンサのドリフトにより長時間の使用では視線方向を一致させることができない場合がある。また、使用開始時の差分をオフセットにより決定しているが、ロボットとユーザが完全に同じ方向を向いてオフセットがとりにくいという問題がある。

## 7.3 今後の展望

本稿では、〈Pocketable-Bones〉の基本概念と実装を行い、〈並ぶ関係〉におけるロボットとユーザとのコミュニケーションの提案を行った。今後、ユーザとロボットが視線の調整を行うためのアルゴリズムの考案や、実装を行った結果の検証を行う予定である。

## 謝辞

本研究の一部は、科研費補助金(基盤研究(B)18H03322)によって行われている。ここに記して感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1] 柏原忠和, 大澤博隆, 篠沢一彦, 今井倫太: ウェアラブル・アバタ TEROOS を用いたフィールドテストとその分析, 情報処理学会インタラクシオン 2012, 2012.3, pp.15-17, 東京.
- [2] 山本直輝, 深町建太, 竹田泰隆, P. Ravindra De Silva, 岡田美智男: マコにて: 「並ぶ関係」に基づく人とロボットのコミュニケーションの可能性を探る, Human-Agent Interaction シンポジウム 2012 (HAI-2012) 論文集, 2C-1 (2012.12).
- [3] Microsoft (2018) 『りんな』  
<<https://www.rinna.jp/>> (参照 2019-01-26)
- [4] Microsoft (2018) 『共感視覚モデル』を搭載したスマートフォン向け AI 「りんな」を発表  
<<https://news.microsoft.com/jajp/2018/11/05/181105-app-version-of-rinna/>> (参照 2019-01-26)
- [5] TensorFlow 『TensorFlow』  
<<https://www.tensorflow.org/>> (参照 2019-01-26)
- [6] JINS Inc. (2015) 『JINS MEME ES』  
<<https://jins-meme.com/ja/products/es/>> (参照 2019-01-26)