

## 「こっちでいいの？」子どもたちと“並んで歩く”ロボット 〈Walking-Bones〉

平井一誠<sup>†1</sup> 見目海人<sup>†1</sup> 真弓凌輔<sup>†1</sup> 岡田美智男<sup>†1</sup>

「ねえねえ、あっち行ってみよう？」初めてで不安な場所でも友達と一緒にならどんどん進んでいく子どもたち。知らない場所でふと同じ方向に人が歩いているのを見つけると、お互いに様子を伺いながら「あの人もこっちに歩いているんだ」と安心感を覚える。この“並んで歩く”インタラクションについて、人とロボットで実現できないかと考えた。本稿では人と“並んで歩く”ロボット〈Walking-Bones〉とそのインタラクションデザインについて述べる。

## "Is this OK?" Robot "walking side by side" with children 〈Walking-Bones〉

KAZUMASA HIRAI<sup>†1</sup> KAITO KENMOKU<sup>†1</sup>  
RYOSUKE MAYUMI<sup>†1</sup> MICHIO OKADA<sup>†1</sup>

"Hey, shall we go there?" Children who are walking with confidence with friends even in the first and uneasy place. When I find person walking in the same direction at places I don't know, while see each other I feel relieved with thinking "He is also walking towards there". About this "walking side by side" interaction, we thought that it could be realized with people and robots. We describe "Walking-Bones" which is robot "walking side by side" with people and interaction design using this robot.

### 1. はじめに

誰かと一緒に歩く、という場面は日常生活に多々ある。例えば、友達と登下校する、恋人とデートする、会社の同僚と昼休みに外食に出かける、家族と休日に動物園に行く、などが考えられる。

ここで人とロボットと一緒に歩く場面を考える。人と一緒に歩くロボットは例えば荷物持ちとしての後ろをついていくロボットなど道具としての側面が強い物が多い。この場合、人がどう考えるかにかかわらずロボットの道具としての機能として「人と一緒に歩く」ように作られており、そこにお互いの意思が介入する余地はない。このような関係を人とロボットが前後にいる関係とするならば、人とロボットが互いを気にしながら調整しあって歩く関係を“並んで歩く”関係と言える。もし人とロボットとが互いに調整しあい、支え合いながら“並んで歩く”ことができれば、ロボットにより親しみを感じることができないだろうか。この考えをもとに、人に物を渡すという行為を介してインタラクションを行うロボット〈アイ・ボーンズ〉[1]をベースとして、人と“並んで歩く”という行為を介してインタラクションを行うロボット〈Walking-Bones〉を構築した。本稿ではこのロボットの概要とインタラクションデザインについて述べる。



図1 〈Walking-Bones〉と子どもたち

Figure 1 “Walking-Bones” with children.

### 2. 研究背景

#### 2.1 人と一緒に歩くロボット

人の生活をサポートする目的で人と一緒に歩くロボットは既にいくつか研究開発が行われている。

例えば日立が開発している EMIEW3[2]は人型のロボットであり、観光客に向けて道案内を行う。困っている観光客に声をかけられるか、あるいは立ち止まっている人を見つけた時に EMIEW3 自ら声をかけに行き、日本語や英語でコミュニケーションを行いつつ、相手に先行して移動し目的地まで案内する。この時の移動速度は人の速足と同じ速度であり、人がはぐれず追いつける速度になっている。道案内のルートは迷うことなく正確なルートを通るように設

<sup>†1</sup> 豊橋技術科学大学  
Toyohashi university of technology

計されている。この EMIEW3 と人との関係は前を歩くロボットに人がついていく関係である。

EMIEW3 とは逆に前を歩く人にロボットがついていく関係のロボットもある。Piaggio fast forward が開発している Gita[3]は短い円筒を横倒しにしたような外見のロボットであり、人の後ろについていき荷物持ちを行う。例えば買い物をしたあとの荷物などを円筒状の本体内部に収納し、持ち主の後ろについていく。操作はボタンを押すだけであり、あとは勝手に人と一定距離を保ちながら後ろについていく。

## 2.2 人と“並んで歩く”ロボット

人と一緒に歩くロボットをいくつか述べたが、これらに共通するのはロボットが人に対して一方的に合せている点である。一緒に歩く人の目的地や歩行速度にロボットが合せて移動するのである。もちろん、道案内や荷物持ちをするロボットに必要な機能ではあり、利用する側として見れば便利に感じるだろう。しかしそれはロボットを道具として使うという視点から見ていたため良く感じるのではないだろうか。友人に道案内や荷物持ちを頼む時、その友人は自分に対して極端に前や後ろに離れて歩くことはないだろう。友人であるのに歩く時に極端に距離を取られるとよそよそしく感じるはずである。逆に初対面の他人であっても、こちらに対して近くで並んで一緒に歩こうとしているのであれば、こちらに対して仲良くしようとしていると感じられるのではないだろうか。これは人と一緒に歩くロボットにも言えることである。人とロボットのどちらかがどちらかについていくのではなく、そのそばで“並んで歩く”ことでよりロボットに対して親しみを感じられるのではないだろうか。

## 2.3 一人では歩けないロボット

前述した、“並んで歩く”行為はただ位置関係として人の真横にロボットが居れば良いというわけではない。人の真横にぴったりとついていくロボットがあった場合、それは結局後ろをついていくのと変わらないはずである。ではどうすれば並んで一緒に歩いている関係になれるのだろうか。

人と人が一緒に歩いている時、ただ横に並んで歩いているように見えて実際は多くのことが行われている。一緒に歩いている相手に対して、歩く速度、向かう方向、心地の良い距離などを調整しながら、ちゃんと一緒に歩いているか横目で確認する。これらのことを場合によっては無意識で行っている。また一緒に歩いている二人は役割が別れているわけではないのでどちらかが一方的に調整するのではなく、互いに互いの様子を見て互いに調整しあうことになる。

この互いに調整し合う関係は今までの人とロボットの関係ではあまり見られなかった関係である。ロボットが人に一方的についていく場合、ロボットから見て人はただ



図2 〈Walking-Bones〉の概観  
Figure 2 “Walking-Bones” overview

センシングする対象であり、その場合一緒に歩くという行為がロボットの中だけで完結しているとも言える。一方ロボットが人と“並んで歩く”場合、人がロボットに対して調整しながら歩くことも重要になってくる。つまり人と“並んで歩く”ロボットは人からも調整してもらうことで初めて“並んで歩く”という機能を実現できる、一人では歩けないロボットになるのである。この自分だけでは不完全であり、他者の助けを引き出し協力することで初めて目的を果たすロボットという考え方は、我々の研究室のテーマである「弱いロボット」[4]という考え方にあたる。不便に思える考え方だが、人が備えるやさしさを引き出し能動的な関わり方をしてもらうことで、ロボットだけでは実現するのが難しく高い性能が要求される場面でも、人とロボットで協力して問題を解決することができる。

本研究の最終目標として、多くの人たち、あるいは子どもたちの中に〈Walking-Bones〉が一員として入り、集団の中でつかず離れずしながら一緒に歩けるようにすることを考えている。人の集団の中にロボットが対等な関係として入りインタラクションをとるという人とロボットの関係は独特であり、また実用面においても、例えば博物館での展示案内、ショッピングモールでの店舗案内や道案内といった場面において今までの付き添いロボットではできなかったインタラクションの形式を提供できると考えている。

## 3. 〈Walking-Bones〉とその実装方法

“並んで歩く”ロボットを構築するにあたり、我々の研究室で開発している、もじもじしながらティッシュを渡そうとするロボット〈アイ・ボーンズ〉をベースにすることとした。これは、身体的な振る舞いや相手との距離や位置をもとにしてインタラクションを行う〈アイ・ボーンズ〉が“並んで歩く”ロボットの考え方と合致しているためである。

### 3.1 外装デザイン

外装のデザインは〈アイ・ボーンズ〉からの変更はほとんどない。ロボットの高さはおおよそ 60cm 程度であり、一緒に歩く際に威圧感がなく、それでいて存在感を感じられるような大きさとなっている。「骨」をモチーフとし、背骨もしくは肋骨のような胴体パーツに目や口のような穴を備えた頭部パーツから構成される。頭部パーツが顔のようなデザインになっているのは、ロボットがどちらを見ているのかを明示的に示すためである。外見上の大きな変更点として、〈アイ・ボーンズ〉にはあった腕は、〈Walking-Bones〉にはない。これは、腕を用いて手をつないだり指をさしたりするとロボットが人に一方的に指示しているような印象をもたれる恐れがあり、またそのような機能を実装していても一緒に歩く人にそのような機能があると感じさせる可能性があったことから、「並んで歩く」考え方にそぐわないと判断し取り外すこととした。

### 3.2 ハードウェア構成

ハードウェアは、全体を制御する小型 PC、周囲の地形や障害物を検出する LRF（レーザーレンジファインダー）、周囲の人の顔を認識し位置を検出する OKAO Vision（オムロン社）、ロボット全体を支え移動を行う iRobot Create2（iRobot 社）、顔や胴体パーツを動かすサーボモータ、各パーツを繋ぐフレームおよびパラレルリンク、PC やサーボモータの電源となるバッテリーからなる。

サーボモータは胴体部のパラレルリンクに 2 つ、胴体部と頭部を繋げる首部に 2 つ設置されている。胴体部のサーボモータとパラレルリンクにより胴体部は屈伸動作をすることができ、首部のサーボモータにより頭部が上下左右に回転する。これらの動作を組み合わせることにより身体的な動作を行いロボットの意思を表示する。iRobot Create2 は PC によって制御され、前進や後退等の移動、障害物の回避、並んで歩いている人との位置関係の調整等を行う。

### 3.3 ソフトウェア構成

ロボットを制御する環境として ROS(Robot Operating System)を用いた。これにより各要素の制御をモジュール化し、他のロボットと互換性をもたせることで開発の高速化を狙った。

LRF により周囲の地形や障害物を把握しそれに合わせて移動を行う。この時に人の足を検出することで周囲の人の位置も検出することもできる。また、OKAO Vision を複数個様々な方向に取り付けることで周囲にいる人の中で顔を認識できる人、つまりはこちらに顔を向けて見ている人の位置を検出することができる。このように LRF と OKAO Vision を組み合わせて用いることで地形や障害物のみならず、周囲の人やその人がこちらに関心を寄せているかどうかとも認識でき、「並んで歩く」インタラクションを行うために必要な動作の決定ができる。

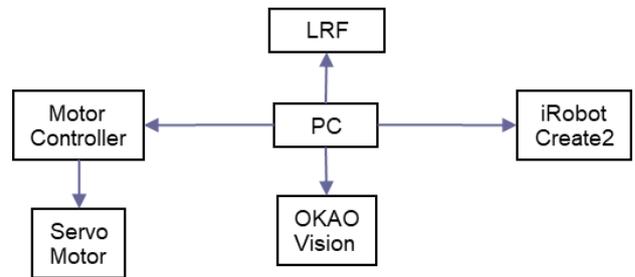


図 3 システム構成

Figure 3 System configuration

### 3.4 インタラクションデザイン

“並んで歩く”インタラクションを考えた時に、①相手との関係が成り立っていない状態から“並んで歩く”ように相手を引き込む“並んで歩く”前のインタラクション、②“並んで歩いている”状態になるように相手からの調整を引き出し“並んで歩いている”状態を生み出し維持する“並んで歩いている”最中のインタラクション、③目的地に到達した等の理由から“並んで歩いている”状態を自然に解除する“並んで歩いた”後のインタラクションと 3 つの段階に分けられると考えた。本研究では、その中でも“並んで歩いている”最中のインタラクションについて実装し、“並んで歩く”対象もわかりやすいように 1 人とした。

まず〈Walking-Bones〉が維持しようとする距離をパーソナルスペース[5]における密接距離（0~45cm）と個体距離（45~120cm）の境目に当たる、〈Walking-Bones〉と人の間隙 40~50cm 程度と仮定した。この距離は会話等の非接触なコミュニケーションは行うが意図的に手を伸ばす等をしなければ接触することはない距離である。また〈Walking-Bones〉から見て相手の位置を左右それぞれ横から斜め前 45 度程度までとし、これらの距離、位置に相手がいるかないかによって動作を変化させることとし、この距離、位置を定常位置と呼ぶこととする。向かう先はひたすらに前進することとし、通常時の移動速度も 0.3[m/s]程度と人の歩行より遅い程度に固定した。なおこれらの数値はあくまで初期値として仮定したものであり、今後研究を進めていく過程で変更する可能性もある。

相手が定常位置にいる時、〈Walking-Bones〉は左右の車輪を交互に駆動させ、左右交互に足を出して移動するいわゆるすり足のよう動作でヨタヨタと歩く。この時胴体はまっすぐ伸ばした状態で顔も前を向いている状態である。これにより〈Walking-Bones〉が問題なく歩けるという状態を示す。この状態を定常状態とする。また、相手がこちらを意識しなくとも偶然定常位置にいる可能性を考え、相手が一度こちらを見てからどの程度時間が経っているかをカウントし、ある程度の時間（20~30 秒程度）こちらを見ていなかった場合、移動速度を遅くするか完全に停止するかし、姿勢も少しうつむき気味になり相手の方をチラチラ見ながら様子を伺うような動作をする。この状態を様子見状態とする。〈Walking-Bones〉の様子の変化に相手が気づき

〈Walking-Bones〉の方を振り向いた場合また定常状態に戻る。この仕様により、並んで歩いている相手はある程度定期的に〈Walking-Bones〉の様子を見ないと歩き続けることができない。この動作により、〈Walking-Bones〉は並んで歩いている相手の様子を見ていること、また相手がいることで初めてちゃんと歩けることを相手に気づいてもらうことを期待している。

相手との距離を維持するために、〈Walking-Bones〉は相手との距離が近づけば離れるように移動する。このときの移動は急に真横に移動したりするのではなく、本来の移動方向、今回は前方に移動しながら進路を少しずらすことで離れる。これは急に真横に移動するよりもより自然であると考えたからである。また相手との距離が離れたときはある程度短い距離（10~20cm程度）離れた場合は近づくが、それ以上離れてしまった場合前述した待機状態に移行する。この場合は相手が近づいてきてくれた時に定常状態に戻る。この動作により、〈Talking-Bones〉が相手にある程度合わせようとしつつも距離を維持しようとしていることを相手に気づいてもらうことを期待している。

ここまで述べてきた各状態・動作はどれも人についていくロボットから考えれば冗長なものである。初めて〈Walking-Bones〉とインタラクションをする人の場合最初は戸惑うだろう。しかし近づいたり離れたり、立ち止まったりまた歩き出したりしているうちに、お互いにとって心地の良い歩き方に気づき、一方的についてこられる関係では感じることでできない身近さやほっとするような安心を感じられることを期待している。

#### 4. 今後の展望

まず相手を一人とした場合のインタラクションをブラッシュアップしていく必要がある。今回仮に定めた距離や位置、速度、各種動作についても実際に実験を行いより目的の印象を相手に与えられるようにする必要がある。また、“並んで歩く”状態への導入や自然な解除といった部分についても作り込んでいくことでようやく相手が一人の場合に“並んで歩ける”ロボットになるだろう。

研究背景でも述べたように、本研究での最終目標は多人数の中に混ざって“並んで歩く”ことであり、そのためには相手が一人の場合からさらに多人数向けに拡張していく必要がある。相手一人との関係だけを気にしていればよかった条件とは異なり、多くの人との関係を同時に考える必要がある。

〈Walking-Bones〉が移動する経路についても、今回はただ前方に進むだけに固定したが、将来的にはより複雑な経路を通して設定された目的地に辿り着ける必要がある。経路設計については搭載されているLRFを用いてROS上でSLAMを行うことを考えている。この時にただLRFで環境を把握するだけでなく、OKAO Visionを用いた周囲の人の

位置も同時に用いる必要があるだろう。

また、“並んで歩く”関係においては寄り道の要素も必要であると考えている。現状の〈Walking-Bones〉では一方的に進む方向を押し付けている状態に近く、“並んで歩く”関係としては不完全であると考えている。相手と自分、あるいはその他複数人の中で行きたい方向が様々ある中で各々が調整しあい進む方向を決めることでより“並んで歩く”関係になると考えられる。この時にもし〈Walking-Bones〉が行きたいと考えている方向から外れた方向に移動することになったとしても、その方向に寄り道しつつも最終的には本来の目的地に向かえるようにする必要がある。こうすることで前述した施設での案内役となった時でも“並んで歩く”関係を維持しつつも自然と人々を案内することができる。

#### 5. おわりに

本稿では、人に寄り添って移動するロボットにおいてロボットが人に一方的に合わせるのではなく、人とロボットが互いに調整しあう関係を引き出しより対等で親密な関係を築くことを狙ったロボットを提案した。まずは人とロボットが対一の関係について実験をしながら作り上げていき、将来的には多人数への拡張、寄り道機能の実装等を重ねながらより自然に人とロボットが一緒に“並んで歩く”関係を構築できるようなロボットを目指していきたい。

**謝辞** 本研究の一部は、科学研究費補助金（基盤研究（B）18H03322）の助成を受けて行われた。ここに記して感謝申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 見目 海人，西脇 裕作，香川 真人，岡田 美智男：アイ・ボーンズ：モジモジしながらティッシュを配ろうとするロボット，エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2017論文集，2017，368-370（2017-09-09）。
- [2] EMIEW3，（[http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/highlight/robotics/emiew3\\_01/](http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/highlight/robotics/emiew3_01/)）。
- [3] Gita，（<https://www.piaggiofastforward.com/gita>）。
- [4] 岡田美智男：『弱いロボット』，医学書院，（2012.08）。
- [5] エドワード・ホール：『かくれた次元』，みすず書房，（2009）。