

多人数会話の場を直接に操作可能な タンジブルソーシャルインタフェース〈PoKeBo Cube〉の提案

Tangible social interface “PoKeBo Cube” that can directly operate multi-person conversation

真弓 凌輔¹ * 植野 慎介¹ 長谷川 孔明¹ 大島 直樹² 岡田 美智男¹
Ryosuke Mayumi,¹ Shinsuke Ueno,¹ Komei Hasegawa,¹
Naoki Ohshima,² Michio Okada¹

¹ 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

¹ Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

² 豊橋技術科学大学 エレクトロニクス先端融合研究所

² Electronics-Inspired Interdisciplinary Research Institute, Toyohashi University of Technology

Abstract: 多人数会話の場を構成するロボットたちの会話に耳を傾けるだけでなく、その会話の場のレイアウトを直接に操作し、参加者としてのロボットの役割や会話のモードを勝手に変えることができたのだろうか。本稿では、新たなユーザ参加を可能とするソーシャルインタフェース〈PoKeBo Cube〉の基本コンセプトやアーキテクチャを紹介するとともに、インタラクションデザインやユースケース、今後の可能性について述べる。

1 はじめに

ロボットたちの会話に耳を澄ませてその会話を聞いてみる。彼(彼女)らはニュースや天気予報等の情報をお互いに教えあい、周りにいるユーザもその漏れ聞こえる話から情報を得ることができた。今度はロボットたちを動かして身体配置や姿勢を調整すると、ロボットたちの関係性が変化して会話の内容も変化する。こうしたロボットを直接動かすことによって会話を操作できる多人数会話の場について議論してみたい。

筆者らは手のりサイズのソーシャルインタフェース〈PoKeBo Jr.〉を用いて、ロボット同士が行う会話を周囲のユーザが間接的に聞くことで情報提供を行う〈オープンコミュニケーション〉の場の提案を行った。オープンコミュニケーションの形態 [1] で多人数会話の場を構成することで、ロボットの会話に参加する参加義務がなくユーザからの自由な参加を引き出す情報提供の場を提供することが可能である。しかしこれまでロボット同士の関係性が既に決定されており、ユーザからその関係性や会話の場を調整することは難しかった。もしロボット同士の関係性をユーザから操作することができれば、ロボットの会話の場に直接介入することができユーザとつながりのある情報提供や会話の場を



図 1: タンジブルソーシャルインタフェース〈PoKeBo Cube〉とユーザの情報提供の場

現できるのではないだろうか。

本稿で提案する図 1 の〈PoKeBo Cube〉(ポケボキューブ)は、ロボットに位置検出機能を搭載しロボット同士の位置関係を推定することが可能となった。これによりロボットの会話は予定調和的に決定された会話のスタイルではなく、ロボットの位置関係に応じて動的に会話を構成することができ、相互調整的な会話を生み出すことができる。エージェントの振る舞いや反応はその場に合った調整がなされるため、ロボット同士の関係や環境との作用の中で発生したりアルで生き

*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: mayumi.ryosuke.up@tut.jp

生きとした会話のように感じられるのではないだろうか。またユーザは同じ情報提供内容でもロボットの位置を動かすことによって多様な会話の場を生み出すことができ、ロボットの会話に参加しているという連帯感を感じられるだろう。このような新しいインタフェースによって、ユーザからロボットの関係性を探ってみるという遊び心や新しい体験を提供することはできないだろうか。

本稿では、ロボットの構築する会話の場にユーザが直接ロボットを移動させて会話の場を操作する会話の場について提案を行い、インタフェースの実装やユーザと構築する会話の場について述べる。また、活用方法として期待できるユースケースについて議論する。

2 研究背景

2.1 実世界におけるインタラクション

人同士の会話では、視線やジェスチャ、うなずき等の非言語情報を手掛かりにコミュニケーションを円滑にしている側面がある。一方、キーボードやマウスによるコンピュータとのインタラクションでは、非言語情報を扱うのは難しく、マルチモーダルな情報を用いたインタラクション手法が追求されてきた。

例えば、角ら [2] は部屋内に設置した多様なセンサやカメラを用いて会話インタラクションにおける映像、音声、視線や生体反応を計測する IMADE システムを構築し、多人数会話における非言語情報を用いた相互行為の分析を進めてきた。個々の人物の振る舞いだけでなく、複数の人物間での空間的なインタラクションの理解に着目する点に特徴がある。

また葛岡ら [3] は、遠隔コミュニケーションの設計において参加者の身体性に着目した研究を進めてきた。ビデオを介したコミュニケーションにおいては、ディスプレイなどの制約から 2 次元平面に閉じ込められ、身体配置や志向性、姿勢等の非言語情報が欠落しやすい。そこで、身体性を考慮した人工的なコミュニケーション空間を Embodied Spaces と呼んで、遠隔コミュニケーションシステムに「身体メタファ」を用いることの有効性を確認している [4]。

さらに、情報世界における身体性の役割に着目したものに、タンジブルユーザインタフェース (TUI) の研究 [5] がある。本来は触れることができない情報を物理的に直接触れて操作できるインタフェースであり、ユーザの操作性を向上させることを可能としている。

2.2 会話における配置の調整

本研究で提案するタンジブルなソーシャルインタフェースは、ロボティックエージェント同士の身体配置の調整にも焦点を当てることから、Hall などの近接学的な議論とも関連がある。

Hall [6] によれば、人同士の親密さや会話状況により適切な対人距離を選択・調整しており、近接距離・個人距離・社会距離・公共距離に分類される。この距離感が適切ではない場合、人は不快に感じる事が知られている。

- 密接距離
 - － 身体的に触れることができる距離
 - － ごく親しい人同士の会話に見られる
- 個人距離
 - － 相手の感情が読み取れる距離
 - － 友人や家族のような人同士の会話に見られる
- 社会距離
 - － 相手に触れることができない安心できる距離
 - － 初対面の人同士や公的な場の会話に見られる
- 公衆距離
 - － 公的な関係である場面で見られる
 - － 講演のような関わりの小さい場面に見られる

3 者以上による多人数会話では、会話参加者の身体の位置や向きによって空間陣形が形成され、個々の参加者の前に広がる操作領域の重なり状態によって様々な空間が形成される。特に、すべての参加者によって操作領域が共有される配置を F 陣形と呼び、ここで共有される操作領域は O-space (O 空間) と呼ぶ [7]。一般的に F 陣形では O 空間を囲むように円形に配置が調整される。さらに 2 者の対面配置、L 字配置、並ぶ配置なども操作領域が共有されるため F 陣形に含まれる。空間陣形として F 陣形以外に H 陣形の存在も示唆されており、Head position と呼ばれる他の参加者と異なる立ち位置に存在する参加者が優先的な発話権を所持し不均等な発話の場が構成される場合がある [8]。

3 PoKeBo Cube

〈PoKeBo Cube〉は、ロボティックエージェント PoKeBo をユーザが直接位置を変化させ、PoKeBo 同士の会話に介入することができるソーシャルインタフェースである。位置を変更することによって、ロボット同士の距

離感や顔向き等の制約が変更されその結果会話の形態も変化していく。こうしたシステムをタンジブルユーザインタフェースとして実装し、直感的に会話の場へ参加できるデザインとしている。

3.1 参加可能な会話の場

〈PoKeBo Cube〉とユーザのインタラクションは図2に示すような、PoKeBo 同士が会話を行いその会話をユーザが間接的に聞くことによって情報を得るオープンコミュニケーションの形態で行われる。オープンコミュニケーションではユーザが強制的にロボットの会話に参加する必要がないが、ロボットの会話に介入したいと感じた場合にはユーザからロボットを直接移動させその配置を調整することで会話の場の調整が可能である。こうしたオープンコミュニケーションの非強制的な関わりを活かしつつ、ユーザからの会話の調整の余地を残したデザインが本システムの特徴である。



図 2: ユーザと構築するオープンコミュニケーションの場

3.2 システム

システムは図3のとおり構成されている。ロボットの構成する会話はネットワーク上のデータから取得し、PCにて会話情報へと処理する。ロボットに搭載されている位置検出センサで取得された位置・角度情報はBLE(Bluetooth Low Energy)を通してPCへと送信され、ロボット間の距離や配置を用いて会話制御及びロボットの身体制御を行う。ロボットの制御はBLEを通してマイコンへと送信され、モータ制御により顔向きの変更が行われている。また発話データはPC内でリアルタイムに音声合成が行われ、スピーカから音声の発話を行う。

本システムで使用しているロボティックエージェント PoKeBo のハードウェア構成を図4に示す。PoKeBoにはモータ制御およびPCとの通信用の M5StickC が頭

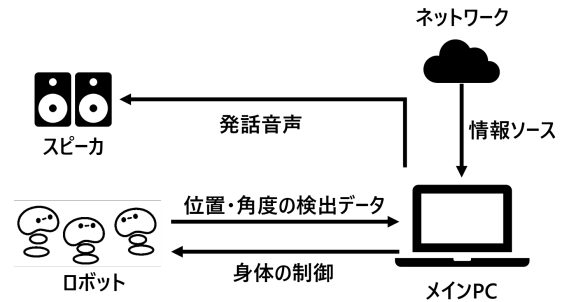


図 3: 本システムの構成

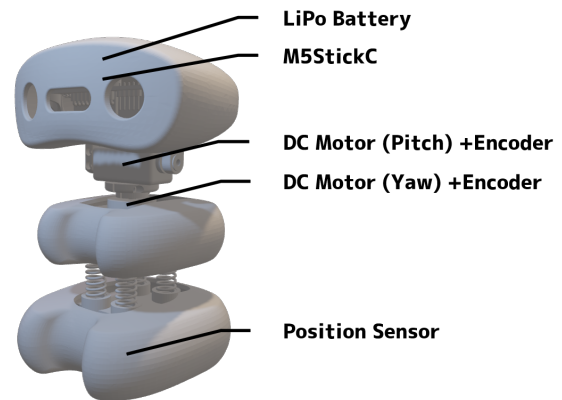


図 4: ロボティックエージェント PoKeBo の構成

部に搭載されており、頭部に格納されたバッテリーより給電して使用する。また、顔向きを変化させるモータはDCモータを2つ使用しそれぞれ Pitch 軸、Yaw 軸の制御を行う。DCモータの位置センサとしてロータリエンコーダを使用し、M5StickCからPWM制御により角度制御を行う。PoKeBoの下部には位置検出センサを格納しており、専用マット上にロボットを配置することでマットに埋め込まれた座標データをBluetoothで読み出すことができる。

4 会話システム

4.1 〈PoKeBo〉の配置と会話モード

本システムでは、図5に示す〈PoKeBo〉間の距離 D と角度 θ を手掛かりとして、全体の身体配置の推定、およびそこでの振る舞いを決定する。距離 D は、〈PoKeBo〉同士の位置センサ間の距離を表している。角度 θ は、〈PoKeBo〉の正面方向を0度として他の〈PoKeBo〉のセンサ中心に対する角度を表しており、範囲は $-180^\circ \sim \theta \sim 180^\circ$ である。

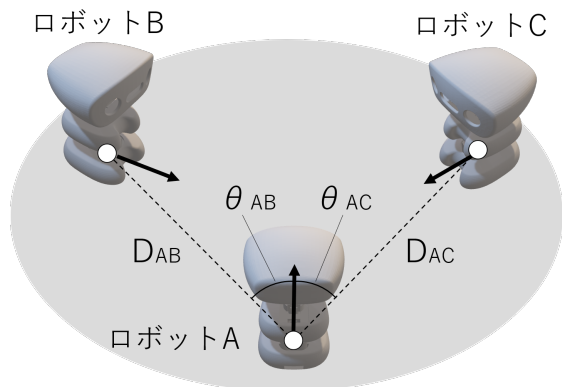


図 5: 〈PoKeBo〉間の角度と距離

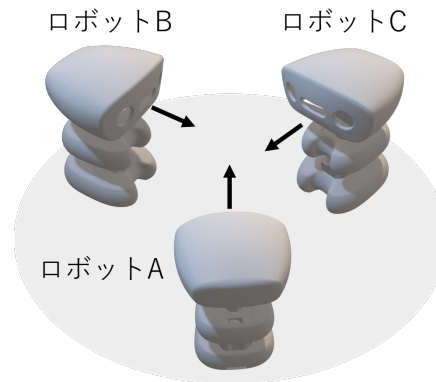


図 6: 全員が会話参加者となる配置例

4.1.1 身体配置に伴う制約

〈PoKeBo〉同士は顔を向けあい、少なくともその顔が見える範囲で会話を行いたいと仮定する。本実装では、〈PoKeBo〉が他の〈PoKeBo〉の存在を知覚できる範囲を $\pm 110^\circ$ と設定し、互いに $\pm 110^\circ$ 以下の範囲内に存在するとき、会話可能な相手としている。〈PoKeBo〉は頭部を $\pm 90^\circ$ の範囲で回転できるが身体全体の角度は自らでは動かさずに、ユーザによって配置されたところに置かれたままである。そのため〈PoKeBo〉同士は $\pm 90^\circ$ の範囲に存在しなければ、顔を見合わせることができず会話を行うことができない。

例えば、図 6 のように、3つの〈PoKeBo〉が向き合った状態では、それぞれの〈PoKeBo〉はお互いの存在を把握できることから、全員が会話参加者となることができる。しかし、図 7 のように、Cの〈PoKeBo〉だけは外を向いており、他の〈PoKeBo〉は目に入らない。この状態では会話の相手を見つけれず会話に参加することができない。そのため、この状況にあっては会話は A と B の〈PoKeBo〉の間で構成されることになる。

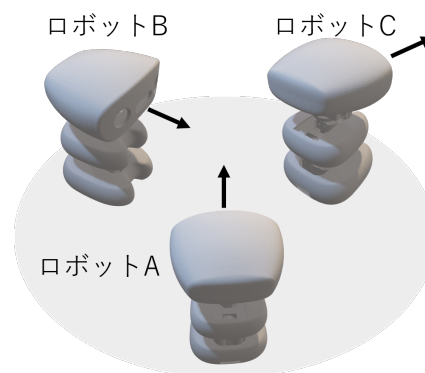


図 7: C の〈PoKeBo〉が会話に参加できない配置例

4.1.2 〈並んだ関係〉における会話モード

〈PoKeBo〉間の角度差が 70° を超えている場合を〈並んだ関係〉と考え、この〈並んだ関係〉での身体配置では、ユーザを会話参加者の一人として取り込んだ陣形と捉えている。ユーザに対して語り掛ける配置であるために、ある〈PoKeBo〉からの発話に対して、他の〈PoKeBo〉は返答することなく、一方的にユーザに向けられたものとする。

また、〈PoKeBo〉間の角度差が 70° 以下の場合には〈PoKeBo〉同士で閉じた会話の場として捉え、〈PoKeBo〉相互で会話の場を成り立たせようと、お互いの発話に対して応答やあいづちなどが行われる。

4.1.3 〈PoKeBo〉間の距離による親密性

本実装では、〈PoKeBo〉間の距離にあわせて、発話のタイプや発話末のモダリティを変化させており、伝達的な会話(=レポートトーク)や共感的な会話(=ラポールトーク)など、コミュニケーションのモードを変化させることができる。

Hall などの近接学によれば、親密な関係にあるほど対人距離が短くなり、初対面のような関係では、その対人距離は広がるとされる。〈PoKeBo〉間でも、その距離が近いほど、同調しあうようななぞりや発話の一部を引き取るような発話を選択するようにしている。また、対人距離が広いときには、伝達的な会話となるように、情報の伝達とそれに対する応答発話を選択するようにした。本実装では、この対人距離の閾値を 18cm に設定している。

5 ユースケース

本章では PoKeBo Cube とユーザとの 3つの場面について想定し、その場面におけるインタラクションと

システム動作について述べる。

5.1 場面 1: 情報伝達的な会話場面

5.1.1 シナリオ

ユーザは家の掃除をしようとしているが、何かを聞きながら作業をしたいと考えている。今日の天気予報はまだ確認していないので、きちんとした形で情報を確認したい。しかしロボットから情報を受け取るだけではどこかさみしいので、ロボット同士の会話を掃除しながら眺めることにした。

5.1.2 ユーザによるロボットの配置と会話

場面 1 では情報提供を重視したフォーマルな会話とするために図 8 のようにロボット同士の距離を離し、ロボット同士が自律的に場を維持するために円形に配置してお互いが発話と返答を行う様にした。

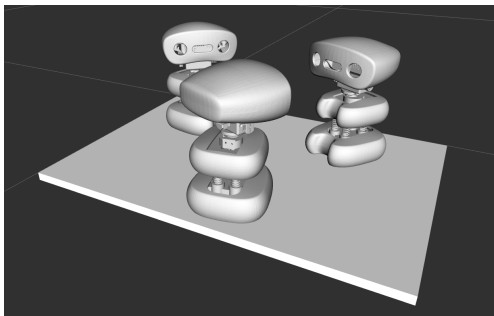


図 8: 場面 1 におけるロボットの配置

場面 1 で観察されたロボット同士の発話スクリプトをリスト 1 に示す。リスト 1 のとおり、フォーマルに情報提供が行われる文体で発話され、ユーザの期待通りの場面を構成することができた。またロボット同士の会話は、発話とそれに対する返答の形で行われており、ロボット同士が自律して会話を構成することが確認できた。

リスト 1: 場面 1 で観察された会話のスクリプト

01:talkA	今日の豊橋の天気は、晴のち曇だそうです (0.26)
02:replyB	そう[なん]ですね
03:replyC	[はい] (1.32)
04:talkA	今日の予想最高気温は、8度だそうです (0.21)
05:replyB	そう[なんですか]
06:replyC	[そうなんです]

5.2 場面 2: 対面的な会話場面

5.2.1 シナリオ

ユーザが昼食を食べている間先ほどの続きの情報を得たいと考えた。今度はユーザと対面的に情報を伝えてほしいと考えたため、ロボットたちをユーザの方に並べ対面的な形式で会話をしてもらうことにした。

5.2.2 ユーザによるロボットの配置と会話

場面 2 では形式的な会話のスタイルを維持しつつユーザと対面的な会話形式とするために、図 9 のようにロボット同士の距離を離れた状態で並んだ配置に変化させた。

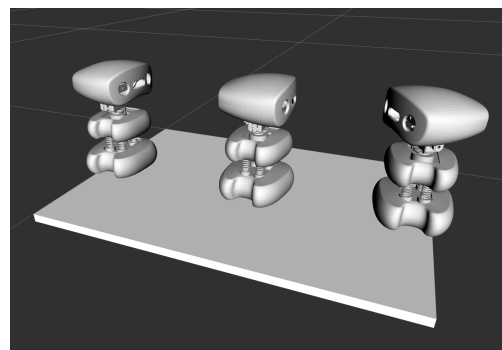


図 9: 場面 2 におけるロボットの配置

場面 2 で観察されたロボット同士の発話スクリプトをリスト 2 に示す。リスト 2 のとおりフォーマルに情報提供が行われる文体で発話され、場面 1 から配置を変更させたことでロボットの会話の雰囲気を変化した。ユーザからの会話を調整したいという希望に対して、ロボットの位置関係の再配置によって変更可能であることが確認された。

リスト 2: 場面 2 で観察された会話のスクリプト

01:talkB	明日の予想最低気温は、2度だそうです (1.31)
02:talkB	明日の深夜は、雨が降るかもしれない らしいです (1.23)
03:talkA	明日の朝は、雨が降らないみたいです (1.30)
04:talkB	明日の昼は、雨が降らないらしいです

5.3 場面 3: 親密な会話場面

5.3.1 シナリオ

家事を終えてユーザは少し休憩をすることにした。天気情報は先ほど確認したが、何か聞きながら時間を

過ごしたいためもう一度ロボットたちの会話に耳を済ませる。今度はロボットたち同士を近づけて、親密な関係でワイワイとした会話を眺めてみることにした。

5.3.2 ユーザによるロボットの配置と会話

場面3ではロボット同士の関係性を親密にするために図10のように互いの距離が近い位置とし、雑談的な場を構成するために円形にロボットを配置した。

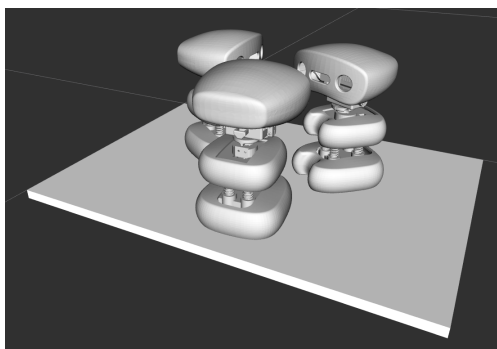


図10: 場面3におけるロボットの配置

場面3で観察されたロボット同士の発話スクリプトをリスト3に示す。リスト3のとおり親密的で雑談的な文体で発話され、場面2から配置を変更させたことでロボットの発話スタイルが変化し会話のスタイルを変更できることが確認された。

リスト3: 場面3で観察された会話のスクリプト

01:talkC	昨日よりね、1.2度低いだそうだよ (0.28)
02:replyB	そう[なんだ]
03:replyA	そう [ひくい]んだねー (1.25)
04:talkC	今日のね、豊橋の最低気温はね、1.4度 だって (0.28)
05:replyA	そう[なんだ]
06:replyB	[へえー]

6 終わりに

本論文では、ユーザから多人数会話を構成するロボットを直接操作し、会話の調整ができる場について提案を行った。またテーブルトップのタンジブルソーシャルインタフェースとして〈PoKeBo Cube〉を提案し、そのインタラクションデザインおよび実装について述べた。

これまで議論されてきた会話による情報提供の場では、既に決定したロボットとの関係性の中で議論が行われてきたが、固定された関係性の中では会話の自由度

が小さくユーザが会話に参加できる余地も小さい。本提案で提案するユーザからも参加できる余地を持たせた会話の実現により、ユーザとの多様な関わりを生み出し新たな体験を提供可能なインタフェースになることを期待している。

謝辞

本研究の一部は、科研費補助金(基盤研究(B)18H03322, 18H03483)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] 岡本 雅史, 大庭 真人, 榎本 美香, 飯田 仁: 対話型 教示エージェントモデル構築に向けた漫才対話の マルチモーダル分析, 知能と情報, Vol. 20, No. 4, pp.526-539 (2008).
- [2] 角 康之: マルチモーダルデータを用いた会話的インタラクションの構造理解 (<特集> 人と環境に見る高次元データフローの生成と解析), 人工知能学会誌, Vol. 27, No. 4, pp.405-410 (2012).
- [3] 葛岡 英明: Embodied Spaces : 身体性を考慮した臨場感コミュニケーションシステムの開発, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 25, No. 76, pp.63-68 (2001).
- [4] Kato, H., Yamzaki, K., Suzuki, H., Kuzuoka, H., Miki, H., Yamazaki, A.: Designing a video-mediated collaboration system based on a body metaphor, Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Support for Collaborative Learning, pp.148-156 (1997).
- [5] Ishii, H., Ullmer, B.: Tangible Bits : Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, Proceedings of CHI, pp.234-241 (1997).
- [6] Hall, E. T.: The Hidden Dimension, Doubleday & Company (1966).
- [7] Kendon, A.: Conducting interaction : Patterns of behavior in Focused Encounters, Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, Vol. 7 (1990).
- [8] 牧野 遼作, 古山 宣洋, 坊農 真弓: フィールドにおける語り分析のための身体の空間陣形:科学コミュニケーションの展示物解説行動における立ち位置の分析, 認知科学, Vol. 22, No. 1, pp.53-68 (2015).