

# 踊 Roomba ～インタラクション・モードの創発～

## Dancing Roomba: Toward the Emergence of Interaction Modes

寺岡 弘貴† 高橋 卓見† 石崎 祐太† 高橋 ともみ† 塚本 亜美†  
Koki Teraoka Takumi Takahashi Yuta Ishizaki Tomomi Takahashi Ami Tsukamoto

西村 宏武† 早川 博章† 廣田 敦士† 古橋 翔吾† 松尾 星吾†  
Hirotake Nishimura Hirofumi Hayakawa Atsushi Hirota Shogo Furuhashi Seigo Matsuo  
岡 夏樹†  
Natsuki Oka

### 1. はじめに

古くから音楽は人と人とのコミュニケーションに用いられてきた。「ロンドン橋落ちた」を歌いながら友人と遊ぶ、ライブ演奏に合わせてオーディエンスがコールするなど、音楽的活動を通じた人と人とのインタラクションを本論文では音楽インタラクションと呼ぶ。音楽インタラクションは友達との受容や承認などを促進し、人間関係の構築を助けるような活動となっている[1]。音楽インタラクションはいくつかの観点で分類することができるが、本研究では複数人で同時に類似した動作を行うインタラクション(Overlap)と交互に動作を行うインタラクション(Turn-taking)に分類して、考察をすすめる。

Overlap には、運動会の入場などで行う行進で複数人が足並みを揃えて一定のテンポで歩くような動作や野球などのスポーツの応援などの手拍子、鳴り物をファンがリズムを揃えて鳴らすような動作が当てはまる。一方、Turn-taking にはライブコンサートにおける演奏者と観客の間で行うかけ合い(Call-and-Response)や、「まねっこリズム」[2]のような幼児教育の場でのリズム遊びが当てはまる。他者と同調した動作を行うという行為は、上手く続く

と全体的な一体感を高め、それが高揚感や満足感、達成感へとつながってゆく[3][4]。

嶋田は、実験者が、2 歳児の発声とほぼ同時に声を重ね合わせる Overlap 条件と、適度な間を置いて声を返す Turn-taking 条件を比較し、前者では 2 歳児がリズムを共有しようとする音楽的な行動が増加し、後者では 2 歳児が指さしや共同注意により他者に働きかけようとする社会的な行動が増加することを示した[5]。人同士のインタラクションがこのような性質(インタラクション・モード(Overlap/Turn-taking)により、行動の傾向が変わる)を持っているとすると、人-ロボット間インタラクションにおいて各モードにふさわしい行動により各モードの特徴的なインタラクションを形作ることができるロボットを実現できれば、人間とロボットの関係構築に有効であると考えられる。

本研究では、各モードでのインタラクションの仕方を設計してあらかじめロボットに与えておくのではなく、適切に設計した内部報酬を定めておくことで、人との関わりの経験を通して 2 つのインタラクション・モードが創発し、さらには、各モードでどちらが主導的に動くかの移り変わり、また、各モード間の遷移が創発的に生じることを目指す。

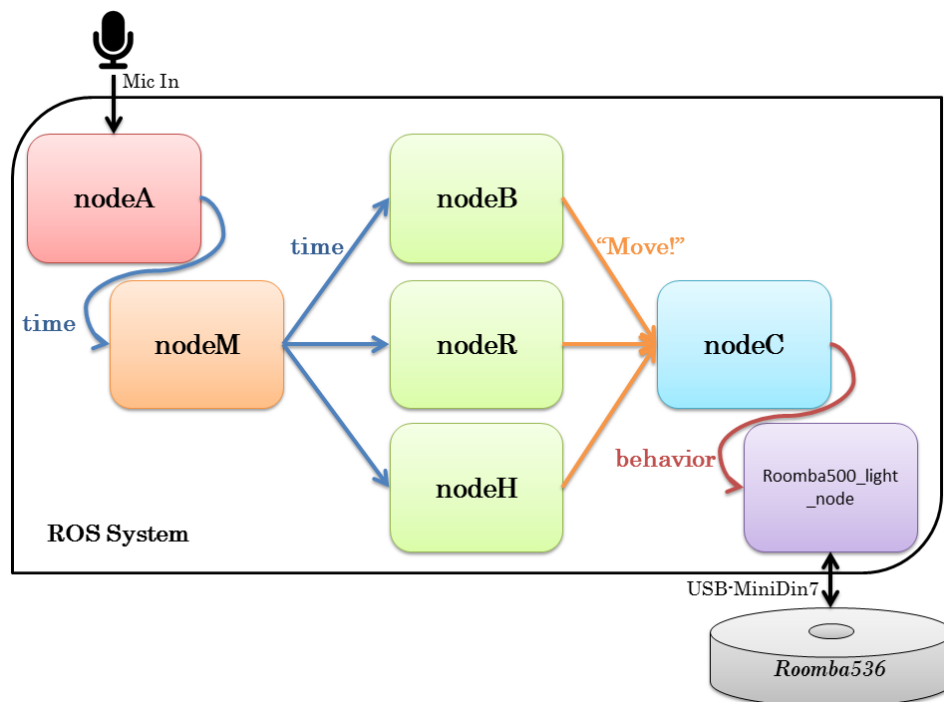


Figure 1 : Roomba control システム

## 2. システム概要

システムの概要図を Figure 1 に示す。本システムは

- A) マイクからの入力を受けた時刻を獲得
- B) Overlap モードにおいて、時刻情報から BPM (Beat Per Minute)を計算し、動作命令を送信
- C) 動作命令が来たら、動作信号を Roomba へ送信
- H) Roomba が Call 側の Turn-taking モードにおける動作命令を送信
- R) 人間が Call 側の Turn-taking モードにおける動作命令を送信
- M) モード遷移を行う

の 6 つのノードから構成される。下記で各ノードの動作について説明する。

また、Roomba に対しての動作信号を送信するため Arkapravo が作成した ROS パッケージ `roomba_500_ROS_drivers` を使用している。これは、iRobot Open Interface (OI) を用いて Roomba に命令を与えるもので、全ての機能を用いることができる full node と、走行距離測定と Roomba の走行速度を指定する機能のみを使える light node の 2 種類のノードを持っている。今回はこの内の light node を使用している。

ROS は Ubuntu14.04LTS を導入したノートパソコン上で動作し、このノートパソコンと Roomba536 が USB-Mini-DIN7 ケーブルで接続されている。

### 2.1 nodeA

nodeA では、マイクからの音声入力を処理する。0.001 秒ごとの入力波の振幅の絶対値を 10 個、すなわち 0.01 秒分取り、それらの平均値を一定値以上超えた振幅の波を捉えた瞬間の時刻を獲得する。つまり、手を叩くなどによる音の立ち上がりを検知した時刻を獲得することになる。獲得した時刻は node M に送信される。

### 2.2 nodeM

nodeM では、nodeA で検知した時刻情報を nodeB、nodeR、nodeH のいずれに渡すかを決定するノードである。創発的なモード切り替えを計画しているが、現状ではキーボード入力を取得し、”B”を入力すると nodeB、”R”で nodeR、”H”で nodeH に送信する。

### 2.3 nodeB

nodeB では、nodeA から送信された 2 つの時刻情報の間隔から BPM を計算する。ここで取得された BPM に合わせた間隔で nodeC に動作信号を送信する。またここでは Overlap モードにおいて、音と同期した動きを実現するために BPM を逐次更新し、ユーザの手拍子の速度変化に合わせて動作を行うことができるようにしている。

### 2.4 nodeR

nodeR では、人主導の 4 拍子・一小節ごとの交代に限定した Turn-taking モードの実装を行っている。nodeR は、さらに 2 つのパートに分けられる。

1 つ目は、ユーザが意図するテンポから一小節の長さを取得するためのパートである。ユーザは、意図するテンポで 4 回音を鳴らす。それらの音と音の時間間隔をそれぞれリストで保持し、聴き終わった後に 3 つの時間間隔の平均を計算する。この平均を 4 倍することで一小節の長さを算出する。

2 つ目は、先のパートで計算した一小節の時間を用いて Turn-taking を実現するパートである。一小節の時間内に

ユーザが任意のタイミングで鳴らした音の、音と音の時間間隔をリストで保持し、一小節分の時間が終わり次第、保持した 1 小節分の音のタイミングデータと一対一対応するタイミングの動作信号を nodeC に送信する。一小節分の動作信号を送信した後、再びユーザからの音声信号入力を待つ。

### 2.5 nodeH

nodeH では、Roomba 主導の 4 拍子・一小節ごとの交代に限定した Turn-taking の実装を行っている。nodeR と同様に nodeH も 2 つのパートに分けられ、1 つ目は nodeR と同様の方法で一小節の長さを取得する。

2 つ目のパートでは、一小節分の時間中にランダムに生成されたリズムで Roomba が動き、その後一小節分の時間待機する。人はその間にレスポンスを返すことが期待される。

### 2.6 nodeC

nodeC では、nodeB、nodeR、nodeH から送信される信号を受け取り、動作を `roomba500_light_node` へと送信する。ここで Roomba は直進運動を行いながら回転することで斜めに進行する (Figure 2 上)。この回転運動を時計回り、反時計回りと繰り返す (Figure 2 下) ことで Roomba は左右に揺れながら前進する、歩行を模した動作を行う。



Figure 2: Roomba の動作概要

### 3. 創発的モード遷移

今回の実装ではインタラクション・モードをキーボードからの入力により明示的に切り替えたが、創発的な Turn-taking を Recurrent Neural Network (RNN)を用いて実現することを検討中である。Ikegami らは RNN を用いて、カオス的に役割を交代しながら追いかける 2 体のエージェントを実現した[6]。ターンをとるとは、「他のロボットの後ろの扇形の領域に入ること」であると定義し、評価関数の一項目として、両方のロボットがターンをとる機会があった場合に、高い評価となる項目を含めることで、役割交代を実現した[6]。

さらに我々は、創発的な Turn-taking の実現だけでなく、Roomba と人の間のインタラクション・モードの創発的な生成を、内発的動機づけを導入して実現することを検討している。内発的動機づけに対応する内部報酬としては、Overlap の心地良さに対応する報酬、Turn-taking の心地良さに対応する報酬、真似できたうれしさに対応する報酬、真似されたうれしさに対応する報酬、新奇性・親近性への選好に対応する報酬（予測誤差の変化に基づき計算）[7]等を導入することを予定している。これらの導入により、2 つのインタラクション・モードの創発や、主導権の自発的な移り変わり、モード間の創発的な遷移が実現できると考えている。

### 4. まとめ

本論文では、人間とロボットとの間の親密な関係構築を目指して我々が開発中の、家庭用掃除ロボットを用いた簡単な音楽インタラクションシステムの構築について報告した。今後は、ロボットと人の間の Overlap や Turn-taking といったインタラクション・モードの創発的な生成を、内発的動機づけの導入により実現し、人とのインタラクション実験により有効性を調査していく計画である。

### 謝辞

本研究は科研費(26118003)の助成を受けたものである。本論文を作成するにあたり多くのご指摘と協力を頂きました本学インタラクティブ知能研究室の皆様と認知行動科学研究室の篠原さんに感謝する。

### 参考文献

- [1] 南川鮎美: 音楽を用いた心理的アプローチが小学生のコミュニケーション行動と学級集団に与える影響, 秋田大学教育文化学部大学院教育学研究科 修教 09-013 (2010).
- [2] 山田俊之: 「言葉なしでも気持ちは伝わる! 「まねっこリズム」でコミュニケーション」(2016/07/20 アクセス) <http://www.meijitoshu.co.jp/eduzine/body/?id=20120621>
- [3] 岡本健太郎, 山本倫也, 渡辺富夫: 積極的な身体動作で盛り上がり支援する身体的インタラクションシステムの開発, 情報処理学会第 74 回全国大会 4, pp. 241-242 (2012).
- [4] 藤原 満, 山本 知仁: 音楽の共同演奏における演奏リズムと脳活動, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010 論文集, pp. 675-680, (2010).
- [5] 嶋田 容子: 声重ねによる 2 歳児の音楽性表出の促進, 日本赤ちゃん学会 第 16 回学術集会 プログラム抄録集, p. 56 (2016).
- [6] Ikegami, Takashi, and Hiroyuki Iizuka. "Turn-taking interaction as a cooperative and co-creative process." *Infant Behavior and Development*. 30 (2) pp.278-288 (2007).
- [7] 高井 利将, 岡 夏樹, 早川 博章: インタラクションを通じた数の概念の獲得, 人工知能学会第 30 回全国大会 (2016).