

# 人と移動型オブジェクトの表現インタラクションの解明

## Expression interaction between human and mobile objects

2157006



研究代表者	産業技術総合研究所 (助成受領時：神戸大学大学院 博士課程後期)	特別研究員	土田修平
共同研究者	神戸大学	教授	塚本昌彦
共同研究者	神戸大学	准教授	寺田 努

### [研究の目的]

近年、人と移動ロボットを組み合わせた身体パフォーマンスが多く見られる。しかし、これら複数の移動ロボットを組み合わせたパフォーマンスは、筆者らの知る限り、振り付け家や演出家の意図のみで作成されており、それらパフォーマンスが観客にどのような印象を与えるかは明らかではなかった。舞踊学において、ラバン理論 [I. Bartenieff et al., 1980] など、人の心理状態を表現するための理論は確立されているが、人の身体動作に複数の移動ロボットの要素が加えられた際には、これら理論の適用は困難と考えられる。

本研究の目標は、複数の移動ロボットを組み合わせたパフォーマンスが観客に与える印象を解明し定式化することである。観客への印象を定式化することで、パフォーマンス作成者は、観客への印象に基づいた動作設計が可能となり、新たな振り付け作成手法を確立できると考えられる。本研究では、人と移動ロボットの単純な動作をそれぞれ列挙し、それら動作の組み合わせからなるパフォーマンスが、観客にどのような印象を与えるかをアンケート評価を用いて調査した。これにより、移動ロボットによって演出を強化できる要素を抽出できると考えられる。

### [研究の内容, 成果]

#### 印象評価実験

本研究では、人と移動ロボットの単純な動作の組み合わせが、観客にどのような印象を与えるか明らかにすることが目的である。そのためには、複数の移動ロボットを組み合わせた身体パフォーマンスを実際に被験者に観察してもらい、アンケート評価を行うことが望ましい。しかし、パフォーマンスの準備時間、ヒューマンエラーやロボットの動作エラーに伴うパフォーマンスの再試行の時間を含め、何十通りのパフォーマンスを観察するために、被験者を長時間拘束することは現実的に難しい。長時間同様のクオリティのパフォーマンスをパフォーマンスに強いことも現実的でなく、被験者毎に大きな差が生じる可能性が高い。そこで本研究では、あらかじめパフォーマンスを撮影し、それら映像を PC 上で観察する方式をとる。

#### 1. 実験用システム

複数の移動ロボットを組み合わせた身体パフォーマンスを作成するために、移動ロボットを用意した。人間の歩行速度以上の速さで移動することが可能で、安定した制御を行える。また、様々な形状のオブジェクトを台座に設置

できる。

動画をランダムに表示できるアプリケーションを作成した。キーボードのスペースキーで映像を再生・停止することができ、Pキーで次の動画へ、Qキーで前の動画へと切り換えることができる。画面上に表示される数字は、何本目の動画かの確認用であり、提示する動画との関連性はない。

## 2. 実験方法

### 2.1 アンケート項目

複数の移動ロボットを組み合わせた身体パフォーマンスが観客に与える印象を明らかにするために、実験を行った。調査するアンケート項目については、移動ロボットを用いたパフォーマンスを作成者の要望に基づいて作成した。これは、例えば、作成者の力強く見せたいといった要望に対して、力強さを強調するための振り付け例を提示するには、あらかじめ人と移動ロボットの動作と力強さの関係をパラメータとして保持しておく必要があるからである。これら関係を明らかにするには、それに沿った質問項目を用意する必要がある。そのため、ダンス経験が3年以上10人（内3人が移動ロボットを用いたパフォーマンス作成経験を有する）に、パフォーマンスの振り付けを行う際に考慮する要素に関して予備調査を行った。その結果、パフォーマンスを構成する上で、空間、力強さ、観客の注視、フォーメーション・形、タイミングといった要素に着目していることがわかった。また、移動ロボットを用いたパフォーマンス作成経験を持つ回答者からは、動作の類似度、操作感といった要素についても考慮していることがわかった。この結果を基にして、以下の質問項目を作成した。

Q1: 空間が広がっているように見えたか？

Q2: ダイナミックに見えたか？

Q3: ロボットの動作はダンサーの動作に似ていたか？

Q4: 整然としていたか？

Q5: ダンサーの動作に注目したか？

Q6: ロボットの動作とダンサーの動作のタイミングは合っていたか？

Q7: ロボットの動作はダンサーの動作と連動しているように見えたか？

動画初めの8秒間の動作を基準として、動作後の印象を5段階で評価してもらった。

### 2.2 仮説

それぞれの質問項目における仮説を以下のように設定した。

仮説 Q1: ダンサーを中心として、外に広がる動作であれば、空間が広がっているように見える。

仮説 Q2: 動作の速度が速ければ、ダイナミックに見える。

仮説 Q3: 動作のベクトルがそれぞれ同じ方向を向いていれば、それぞれの動作は似ていると捉えられる。

仮説 Q4: フォーメーションが一定であれば、整然としているように捉えられる。

仮説 Q5: ダンサーとロボットの動作に時間的なずれがあれば、ダンサーへの注目が外れる。

仮説 Q6: ダンサーとロボットの動作に時間的なずれがなければ、タイミングは合っていると捉えられる。

仮説 Q7: ロボットの速度が遅ければ、連動しているようには見えない。

ダンス未経験者は音楽のテンポより早く身体が動作してしまう、早取りに陥り易いことが広く知られている。また、早取りについて説明を受けても違いが理解できない場合が多い。そのため、仮説として、「ダンス未経験者は、ロボットの動作が速く開始されてもタイミングがずれているとは捉えない」と設定した。

### 2.3 提示する動作

仮説をもとに、提示する移動ロボットの動作とダンサーの動作をそれぞれ以下のように設定した。

ダンサーの動作：手を広げる（図1上）、手を



図1 ダンサーの動作

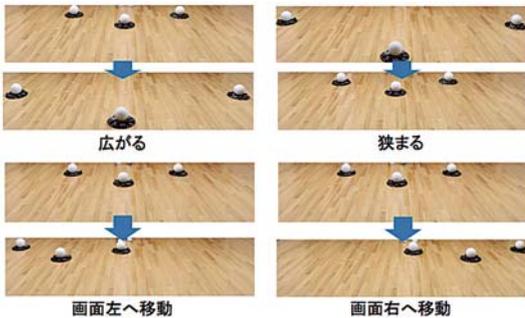


図2 移動ロボットの動作

狭める（図1中央）、画面左へ移動（図1下）。  
移動ロボットの動作：広がる（図2左上）、狭まる（図2右上）、画面左へ移動（図2左下）、画面右へ移動（図2右上）。

また、移動ロボットの動作に関して、速度と動作開始時間のずれのパターンを以下の通り用意した。

速度：1.2 m/s, 0.6 m/s。

動作開始時間のずれ：なし, 0.5 sec 遅れて動作開始, 0.5 sec 早く動作開始。

これらを組み合わせた全 72 パターンの動作を被験者に評価してもらった。パフォーマンスの長さは5秒程度で、初めの3秒間、ダンサー

のみが単調な動作を行っている。提示する動画の撮影は、キャノン社のデジタルカメラ（EOS Kiss X8i）を用いて行った。撮影範囲は4 m×6 mで、パフォーマの身体全体とすべてのロボットが収まるようにして録画した。

## 2.4 提示する動作

今回、経験者の感覚が未経験者とずれている可能性が考えられるため、被験者としてダンス未経験者10名（男性8名、女性2名）、3年以上のダンス経験者10名（男性6名、女性4名）の2グループに対して実験を行った。被験者が椅子に座った状態で実験を進めた。映像提示用PCはApple社のMacBook Pro（Retina, 13-inch, Early 2015）、アンケート回答用PCは、Apple社のMacBook Air（13-inch, Mid2011）をそれぞれ用いた。実験手順は以下の通りである。

手順1：アプリケーションの操作の説明を受ける。

手順2：質問項目についての説明を受ける。

手順3：用意された動画のうち半分を観る。アンケート回答は動画の閲覧終了毎に行った。ただし、動画は何度でも見返すことができる。

手順4：5分休憩をとった後、手順3と同様の方法で、残り半分の動画を観て、アンケートに回答する。

手順5：気になった点など、自由コメントをアンケート回答してもらった。

実験中は、被験者の質問にすぐに対応できるように、実験者は常に被験者の傍に待機した。

## 3. 実験結果まとめ

仮説Q1である、「ダンサーを中心として、外に広がる動作であれば、空間が広がっているように見える。」については、成り立っていないことがわかった。これは、ダンサーの動作だけでは空間を広げるイメージを与えることは難しいが、移動ロボットの動作を付加することで強化できる要素であるといえる。仮説Q2で

ある、「動作の速度が速ければ、ダイナミックに見える。」については、成り立っていることがわかった。ダイナミックな演出には速い動きが求められる。これは、ダンサーの動作との相対的な速度の関係や、動作前の速度によって、移動ロボットに求められる速度が変化する可能性があり、今後調査する必要がある。仮説 Q3 である、「動作のベクトルがそれぞれ同じ方向を向いていれば、それぞれの動作は似ていると捉えられる。」については、成り立っていないことがわかった。これは、ダンサーの動作の方向のみならず、単純な動作の移動量についても評価に影響していると考えられる。今回、移動ロボットの動作は単純な動きに限られていたが、より細かな動作を加えて検証し、動作の移動量についても考慮する必要がある。仮説 Q4 である、「フォーメーションが一定であれば、整然としているように捉えられる。」については、成り立っていることがわかった。移動ロボットが、常にダンサーとの距離を一定に保つことで、整然な印象を強化できると考えられる。しかし、今回の実験については、移動ロボットのフォーメーション変化が単純であったために、交差等の複雑なフォーメーション変化が加わった際には、どういった印象を受けるか、乱雑なイメージを与えるにはどのような変化が良いのかといった、より詳細な調査を進める必要がある。仮説 Q5 である、「ダンサーとロボットの動作に時間的なずれがあれば、ダンサーへの注目が外れる。」については、成り立っていないことがわかった。しかし、移動ロボットを発光させるなど、より視覚的に目立った演出を加えるなど、観客の注視を操作できる可能性は十分に考えられる。これについても、今後調査していく必要がある。仮説 Q6 である、「ダンサーとロボットの動作に時間的なずれがなければ、タイ

ミングは合っていると捉えられる。」については、成り立っていることがわかった。仮説 Q7 である、「ロボットの速度が遅ければ、連動しているようには見えない。」については、仮説が成り立っていることがわかった。これについては、ダンサーの動作に対する相対的な速度差の要因が大きいことが、被験者の自由コメントから指摘されている。今後、ダンサーの動作とロボットの動作の速度差についても着目する必要がある。ダンス経験の有無における仮説である、「ダンス未経験者は、ロボットの動作が早く開始されてもタイミングがずれていると捉える。」については、成り立っていないことがわかった。しかし、ダンス未経験者は、ロボットの動作が早く開始したほうが高く評価している。これについては、ダンス未経験者のほうが、早い時間のずれの影響が小さいのではないかと考えられ、時間のずれにより詳細に調べる必要がある。

#### [今後の研究の方向, 課題]

今後は前後の状況や人の動作との速度差といった要素を追加し、より詳細な調査を進めていく必要がある。また、今回は音楽と動作の関係は排除しているが、音楽と移動ロボットの動作の組み合わせによっては、異なる印象を与える可能性があるため、今後調査していく必要がある。

#### [成果の発表, 論文等]

土田修平, 竹森達也, 寺田 努, 塚本昌彦: 複数の移動ロボットを用いた身体パフォーマンスの印象評価, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2016), 2016 年 11 月 12 日-11 月 14 日, 大阪, pp.131-138.