

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

土田 修平^{1,a)} 竹森 達也^{2,b)} 寺田 努^{3,1,c)} 塚本 昌彦^{1,d)}

概要: 近年, 人と移動ロボットを組み合わせたパフォーマンスが見られるが, 人と移動ロボットの動作の組み合わせから成るパフォーマンスが観客にどのような印象を与えるか明らかでない. 本論文では, 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. 空間, 力強さ, 観客の注視, フォーメーション・形, タイミング, 動作の類似度, 操作感といったパフォーマンスを構成する上で重要な要素に基づいてアンケート項目を作成した. 動作の組み合わせが, これら要素にどのように影響しているかについて検討した.

Quantitative Analysis of Impression of Body Performance using Multiple Robots

TSUCHIDA SHUHEI^{1,a)} TAKEMORI TATSUYA^{2,b)} TERADA TSUTOMU^{3,1,c)} TSUKAMOTO MASAHIKO^{1,d)}

Abstract: In recent years, we have seen many performances by a combination of humans and mobile robots. However, it is unclear what impression these performances by humans and mobile robots give to the audience. In this study, I have listed up the simple motions of humans and mobile robots and investigated the effects they have on the audience using a questionnaire. The questionnaire items have been constructed based on the important elements which constitute a performance, namely, space, dynamism, the audience's gaze, formation and shape, timing, similarity of motion, and operational feelings. The effects of the combination of movements on these elements were examined.

1. はじめに

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. 壇上にてパフォーマンスと共に移動するロボット [1], 踊ることができるヒューマノイドロボット [2], 人の動作に合わせて移動する飛行型のロボット [3,4] など, 様々な移動ロボットが用いられている. 人より大き

な箱が, 動作に合わせて移動する演出 [5], 演者の動作に合わせてロボットアームを用いてオブジェクトを移動させる演出 [6], ワイヤを用いて, 演者の動作に合わせてオブジェクトを移動させる演出 [7] など, 物体を移動させる演出は, 多くのパフォーマンスで利用されている. 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, Bartenieff [8] らのラバン理論など, 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

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University
² 京都大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kyoto University
³ 科学技術振興機構さきがけ
PRESTO, Japan Science and Technology Agency
a) shuhei.t@stu.kobe-u.ac.jp
b) takemori.tatsuya.23a@st.kyoto-u.ac.jp
c) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp
d) gakkai.jiro@ipsj.or.jp

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。本論文では、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。

以降、2章では関連研究を挙げる。3章において、評価実験に用いたシステム、実験方法、実験の結果と考察およびまとめについて述べる。4章にて、本論文のまとめを行う。

2. 関連研究

人の身体動作の印象に関する研究は数多くみられる。神里ら [9] は、印象によって踊りを分類し、それぞれの運動特性をビデオを用いて解析した。感性評価を考慮しながら運動特性の結果をみることで、良い印象を与える運動特性について検討している。宮本ら [10] は、身体動作解析・感性評価という2つのアプローチから、ダンスにおける優劣の評価につながる要因について検討した。良い印象を与えるダンスを踊るための物理的要因と感性的要因を列挙している。阪田ら [11] は、映像を刺激として評価実験を行った。刺激映像からどのようなイメージを感じ取られるか、イメージに運動の方がどのような影響を及ぼすか調べた。その結果、感性的イメージには、固有の運動の方が寄与していることが示唆された。今回は、人と移動ロボットを組み合わせた動作について、アンケート評価を用いて調査する。

ロボットの身体動作の印象に関する研究もある。中田ら [12] は、ラバン理論を基に、物理的特徴量のセットを組織することで、より一般の身体動作から生成される印象を定量的に評価する手法を提案している。また、神田ら [13] は、ロボットの視線、手の軌跡、指の軌跡が人とのコミュニケーションをとる上で重要であり、それらが自然であれば、良い印象をもつことを明らかにしている。本論文においては、人とロボットが共に動作した際に、他者に与える印象について調査する。

3. 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ることも現実的



図1 使用する移動ロボット



図2 アプリケーション画面

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。

3.1 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、図1に示す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(図2)。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、何本目の動画かを確認用であり、提示する動画との関連性はない。

3.2 実験方法

3.2.1 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年以上の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～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。

3.2.2 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。

- Q1の仮説: 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。
 Q2の仮説: 動作の速度が速ければ、ダイナミックに見える。
 Q3の仮説: 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。
 Q4の仮説: 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。
 Q5の仮説: 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。



図3 ダンサーの動作

Q6の仮説: 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。

Q7の仮説: 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、ロボットの動作が早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。

3.2.3 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3上), 手を狭める(図3中), 画面左へ移動(図3下)。

移動ロボットの動作: 広がる(図4左上), 狭まる(図4右上), 画面左へ移動(図4左下), 画面右へ移動(図4右下)。

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: 1.2m/s, 0.6m/s。

動作開始時間のずれ: なし, 0.5sec遅れて動作開始, 0.5sec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4m×6mで、パフォーマンス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

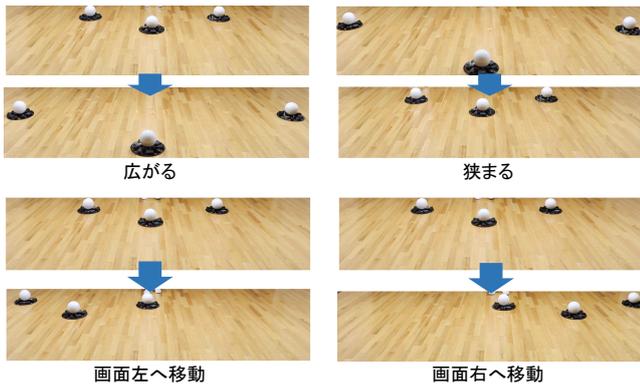


図 4 移動ロボットの動作

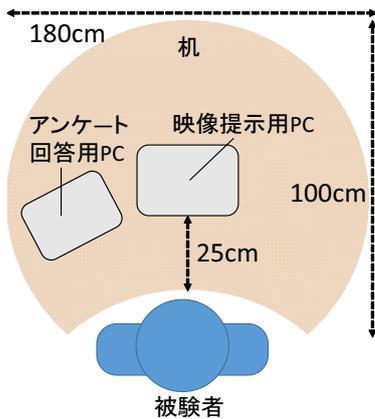


図 5 実験環境

した。

3.2.4 実験手順

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。実験環境を図 5 に示す。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。

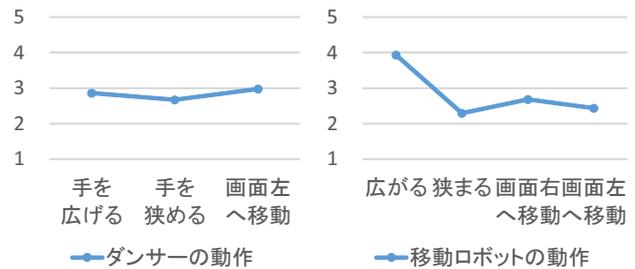


図 6 Q1 でのダンサーの動作間におけるアンケート評価の平均値 (左), Q1 での移動ロボットの動作間におけるアンケート評価の平均値 (右)

3.3 結果と考察

Q1 の仮説より、ダンサーが手を広げた際、もしくは移動ロボットが広がる際、空間が広がっていると見られる。Q1 のダンサーの動作における、評価の平均値を図 6 左に示す。ダンサーの動作間において分散分析を行ったところ、有意差が確認できた ($F_{(2,36)} = 9.79, p < .05$)。また、各動作において Holm 法を用いて多重比較を行ったところ、手を広げると手を狭める、手を狭めると画面左へ移動の 2 対において有意差が確認できた ($p < .05$)。これより、手を狭める動作については、他の動作と比べて空間が広がっているようには見えにくいといえる。評価の平均値より、手を広げた際に空間が広がっているように見えるとは言えず、仮説は成り立たないといえる。原因として、手を広げる動作は移動ロボットの動作に比べて、小さいことが考えられる。Q1 の移動ロボットの動作における、評価の平均値を図 6 右に示す。移動ロボットの動作間において分散分析を行ったところ、有意差が確認できた ($F_{(3,54)} = 39.39, p < .05$)。また、各動作において Holm 法を用いて多重比較を行ったところ、広がると狭まる、広がると画面左へ移動、広がると画面右へ移動、画面左へ移動と画面右へ移動の 4 対の間に有意差が確認できた ($p < .05$)。これより、広がる動作については、他の動作と比べて空間が広がっているように見えやすいといえる。また、画面左へ移動と画面右へ移動の間に差が生まれた理由としては、今回、ダンサーの移動は画面左へ移動のみだったために、ダンサーの移動とは逆の方向へ移動ロボットが移動した際には、空間が広がっているように見えやすかったと考えられる。以上より、Q1 については、ダンサーを中心として、移動ロボットが外側の方向へ動作したならば、空間が広がっているように見えやすいといえる。

Q2 の仮説より、移動ロボットの動作速度が速い際には、ダイナミックに見えると考えられる。Q2 の速度における、評価の平均値を図 7 に示す。Holm 法を用いて多重比較を行ったところ、1.2m/s と 0.6m/s の間に有意差が確認できた ($p < .05$)。これより、移動ロボットの動作速度が速い際には、ダイナミックに見えるといえる。仮説は成り立っ

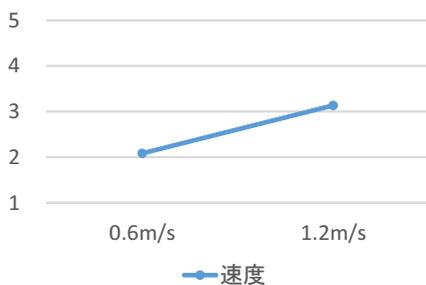


図 7 Q2 での速度間におけるアンケート評価の平均値

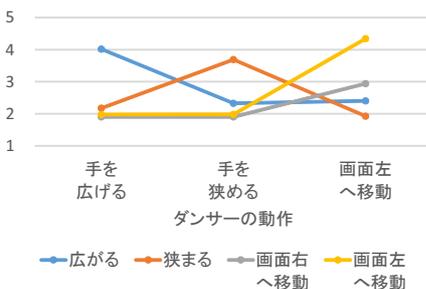


図 8 Q3 での移動ロボット動作におけるダンサーの動作についての評価の平均値

ている。

Q3の仮説より、移動ロボットの動作とダンサーの動作が、広がる方向、狭まる方向、画面左方向において、それぞれ同じ方向への動作だった際に、動作が似ていると捉えられると考えられる。2 要因 7 水準の分散分析を行ったところ、交互作用において有意差が確認できた ($F_{(6,114)} = 4.62, p < .05$)。次に、移動ロボットの動作におけるそれぞれの水準でのダンサーの動作について、単純主効果の検定を行ったところ、すべてのダンサーの動作において有意差が確認できた ($p < .05$)。Q3 での移動ロボット動作におけるダンサーの動作についての評価の平均値を図 fig:q3 に示す。移動ロボットが広がった際のダンサーの動作の組み合わせ間において、Holm 法を用いた多重比較を行ったところ、ダンサーが手を広げた際と手を狭めた際、手を広げた際と画面左へ移動した際において有意差が確認できた ($p < .05$)。また、移動ロボットが狭まった際のダンサーの動作の組み合わせ間において、Holm 法を用いた多重比較を行ったところ、ダンサーが手を広げた際と手を狭めた際、手を狭めた際と画面左へ移動した際において有意差が確認できた ($p < .05$)。さらに、移動ロボットが画面右へ移動した際のダンサーの動作の組み合わせ間において、Holm 法を用いた多重比較を行ったところ、ダンサーが手を広げた際と画面左へ移動した際、手を狭めた際と画面左へ移動した際において有意差が確認できた ($p < .05$)。最後に、移動ロボットが画面左へ移動した際のダンサーの動作の組み合わせ間において、Holm 法を用いた多重比較を行ったところ、ダンサーが手を広げた際と画面左へ移動した際、手を狭めた際と画

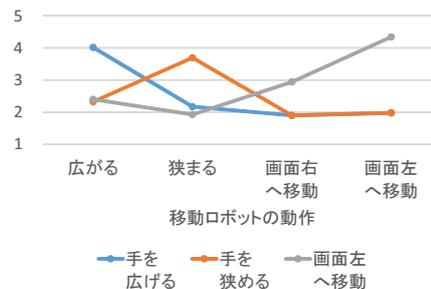


図 9 Q3 でのダンサーの動作における移動ロボットの動作についての評価の平均値

面左へ移動した際において有意差が確認できた ($p < .05$)。以上より、動作のベクトル方向が揃っていても、評価が高くなっている場合がみられる。ダンサーが画面左へ移動した際の移動ロボットの動作について着目する。単純主効果検定を行ったところ、有意差が確認できた ($p < .05$)。Q3 でのダンサーの動作における移動ロボットの動作についての評価の平均値を図 fig:q3c に示す。ダンサーが画面左へ移動した際の移動ロボットの動作の組み合わせ間において、Holm 法を用いた多重比較を行ったところ、移動ロボットが広がった際と画面左へ移動した際、狭まった際と画面右へ移動した際、狭まった際と画面左へ移動した際、画面右へ移動した際と画面左へ移動した際において有意差が確認できた ($p < .05$)。これより、移動ロボットの移動はダンサーの移動方向が同じである方が動作が似ていると感じるものの、同じ方向の動作の組み合わせよりも低い評価となっている。以上より、動作のベクトル方向が揃っていても、評価が高くなっている場合があることから、仮説が成り立っていないことがわかった。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。

Q4の仮説より、移動ロボットのフォーメーション変化は画面左へ移動、画面右へ移動の際が小さく、これに追従するような形であるダンサーの動作は画面左へ移動の際である。この組み合わせの際は、整然としているように見えると考えられる。Q4 での移動ロボットが左へ移動した際のダンサーの動作およびダンサーが画面左へ移動した際の移動ロボットの動作における、評価の平均値を図 10 に示す。移動ロボットが左へ移動した際のダンサーの動作間において、Holm 法を用いて多重比較を行ったところ、左へ移動した際と手を広げた際、左へ移動した際と手を狭めた際の 2 対において有意差が確認できた ($p < .05$)。さらに、ダンサーが左へ移動した際の移動ロボットの動作間において、Holm 法を用いて多重比較を行ったところ、画面左へ移動した際と画面右へ移動した際、広がった際と狭まった際の 2 対を除く組み合わせにおいて有意差が確認できた ($p < .05$)。これより、移動ロボットが画面左へ移動し、ダ

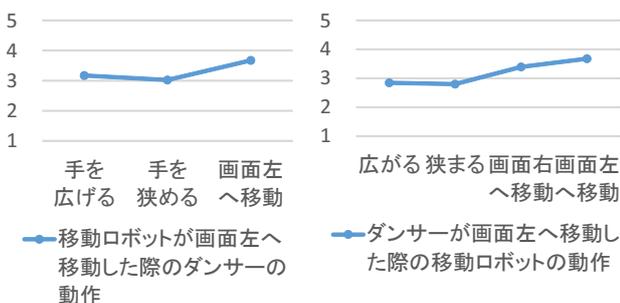


図 10 Q4 での移動ロボットが画面左へ移動した際のダンサーの動作間におけるアンケート評価の平均値 (左), Q4 でのダンサーが画面左へ移動した際の移動ロボットの動作間におけるアンケート評価の平均値 (右)

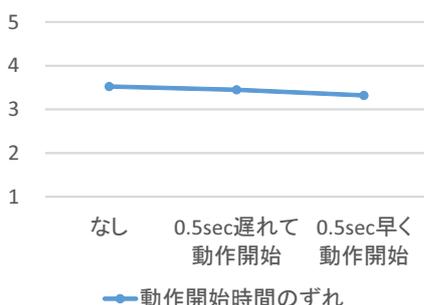


図 11 Q5 での動作開始時間のずれ間におけるアンケート評価の平均値

ンサー同様に画面左へ移動した際は整然としていると捉えられ、仮説が成り立っているといえる。

Q5の仮説より、移動ロボットの動作開始時間が早くなった際、もしくは遅くなった際には、ダンサーへの注目が外れると考えられる。Q5の動作開始時間のずれにおける、評価の平均値を図11に示す。時間のずれの間において分散分析を行ったところ、有意差が確認できなかった。よって、仮説が成り立っていないことがわかった。原因として、時間的なずれが小さすぎたことが考えられる。また、移動ロボットの動作は単純な動作をしており、より複雑な移動や、移動ロボットの大きさ等が変化すれば、結果が変化する可能性がある。

Q6の仮説より、移動ロボットの動作開始時間にずれがなければ、タイミングは合っていると捉えられると考えられる。Q6の動作開始時間のずれにおける、評価の平均値を図12に示す。時間のずれの間において分散分析を行ったところ、有意差が確認できた ($F_{(2,36)} = 47.52, p < .05$)。また、Holm法を用いて多重比較を行ったところ、すべての組み合わせにおいて有意差が確認できた ($p < .05$)。以上より、移動ロボットの動作開始時間にずれがなければ、タイミングは合っていると捉えられており、仮説が成り立っているといえる。また、動作が早い際は、動作が遅い際よりも、タイミングがずれていると捉えやすいことがわかった。これは、被験者の自由コメントより、ダンサーが動作



図 12 Q6 での動作開始時間のずれ間におけるアンケート評価の平均値

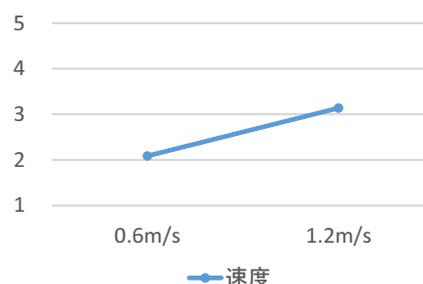


図 13 Q7 での速度間におけるアンケート評価の平均値

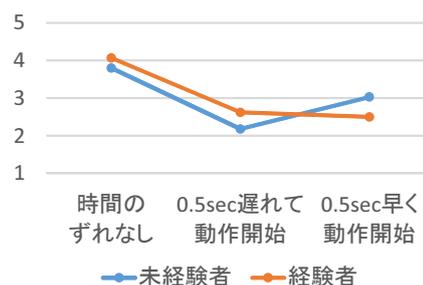


図 14 Q6 でのダンス経験における時間のずれについての評価の平均値

したことによって移動ロボットが動き出したように見え、タイミングがずれているとは捉えられなかったことが原因であると考えられる。

Q7の仮説より、移動ロボットの動作速度が、ダンサーの動作と比べて遅い場合には、連動しているようには見えにくいと考えられる。Q7の速度における、評価の平均値を図13に示す。Holm法を用いて多重比較を行ったところ、1.2m/sと0.6m/sの間に有意差が確認できた ($p < .05$)。これより、移動ロボットの速度がダンサーの動作と比べて遅ければ、連動しているようには見えにくいといえ、仮説が成り立っていることがわかった。

仮説より、ダンス経験者と未経験者においては、時間のずれとの関係に着目する。2要因5水準の分散分析を行ったところ、交互作用において有意差が確認できた ($F_{(2,36)} = 4.62, p < .05$)。Q6でのダンス経験における時間のずれについての評価の平均値を図fig:hに示す。時間

のずれにおけるそれぞれの水準でのダンス経験の有無について、単純主効果の検定を行ったところ、有意差は確認できなかった。また、ダンス経験の有無におけるそれぞれの水準での時間のずれについて、単純主効果の検定を行ったところ、経験者 ($F_{(2,36)} = 7.31, p < .05$), 未経験者 ($F_{(2,36)} = 6.54, p < .05$) のそれぞれにおいて有意差が確認できた。Holm法を用いて多重比較を行ったところ、未経験者については時間のずれのすべての水準において有意差が確認できた ($p < .05$)。経験者については、0.5sec遅れて開始した場合と0.5sec早く開始した場合とで有意差が確認できなかった。これより、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ておらず、仮説は成り立っていないことがわかった。しかし、ダンス経験者は時間にずれがある場合、評価を大きく下げているが、ダンス未経験者については、両方の評価を下げるものの、早く動作した際のほうが、評価を高くしている。

3.4 実験のまとめ

Q1の仮説である、「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。Q2の仮説である、「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。Q3の仮説である、「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。Q4の仮説である、「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。Q5の仮説である、「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。Q6の仮説である、「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。Q7の仮説である、「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。

4. おわりに

本論文では、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。ダンサーの動作3つ、移動ロボットの動作4つ、移動ロボットの速度2つ、動作開始時間のずれ3つのすべての組み合わせである72パターンについて、被験者20名を対象に調査した。予備調査を基に作成したアンケート項目毎に、仮説を設定し、検証した。その結果、8つの仮説の内、5つの仮説が成り立っていることを確認した。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。

謝辞 本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)、文部科学省科学研究費補助金挑戦的萌芽研究(25540084)、立石科学技術振興科学財団2015年度研究助成(C)、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の技術シーズ選抜育成プロジェクト〔ロボティクス分野〕の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] E. Jessop, P. A. Torpey and B. Bloomberg: Music and Technology in Death and the Powers, *Proc. of the In-*

- ternational Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME '11)*, pp. 349–354 (May 2011).
- [2] K. Kaneko, F. Kanehiro, T. Tsuji, K. Miura, S. Nakaoka, S. Kajita and K. Yokoi: Hardware Improvement of Cybernetic Human HRP-4C for Entertainment Use, *Proc. of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS '11)*, pp. 4392–4399 (Sep. 2011).
- [3] BUYMA: A Kind Drone, <http://www.buyma.com/contents/tvcm/drone/> (2016.8.12).
- [4] R. Barnelt et. al.: SERAPH(2011), <http://www.csail.mit.edu/node/1640> (2016.8.12).
- [5] Rhizomatiks: border, <http://www.rzm-research.com/border/> (2016.8.12).
- [6] Bot & Dolly: Box, <http://urx.mobi/q1RD> (2016.8.12).
- [7] Tovia co.: NINJAR LIGHT, <http://goo.gl/QGeWYe> (2016.8.12).
- [8] I. Bartenieff, D. Lewis: *Body Movement: Coping with the environment*, Gordon and Breach Publishers (1980).
- [9] 神里志穂子, 星野 聖: 沖縄舞踊の感性評価と3次元運動解析, 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティックス, Vol. 98, No. 468, pp. 77–84 (1998).
- [10] 宮本圭太, 阪田真己子: Locking ダンスにおける質評価指標の定量化, 研究報告人文科学とコンピュータ (CH), Vol. 2009-CH-82(4), pp. 1–8 (2009).
- [11] 阪田真己子, 八村広三郎, 丸茂祐佳: 日本舞踊における身体動作からの感性情報の抽出 -ビデオ映像を用いた評価実験-, 情報処理学会研究報告. 人文科学とコンピュータ (CH), Vol. 107, pp. 65–72 (2003).
- [12] 中田 亨, 森 武俊, 佐藤和正: ロボットの身体動作表現と生成される印象とのラバン特徴量を介した定量的相関分析, 日本ロボット学会誌, Vol. 19, No. 2, pp. 1–8 (2001).
- [13] 神田崇行, 今井倫太, 小野哲雄, 石黒浩: 人-ロボット相互作用における身体動作の数値解析, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, pp. 2699–2709 (2003).