

ロボットと運動する

— ダンスムーブメントセラピーに着目した 運動教示の効果と加齢変化 —

Exercise with a robot: The effect of the exercise instruction and age-related changes focusing on Dance Movement Therapy

笹野 未有¹ 岩根 榛花¹ 安久絵里子¹ 原田 悦子¹

Miyu Sasano¹, Haruka Iwane¹, Eriko Ankyu¹ and Etsuko T. Harada¹

¹筑波大学

¹University of Tsukuba

Abstract: 本研究は、ロボットから参加者への運動教示に注目し、ダンスムーブメントセラピーの中の「運動イメージを用いた教示」がもたらす効果について、高齢者・大学生の2年齢群を対象に客観指標・主観評価からその運動支援効果を検討した。その結果、両年齢群において運動イメージ教示は動きが大きくなる等運動の質を向上させていた。一方、大学生は運動イメージ教示によりロボットおよび運動の主観評価が高まったのに対し、高齢者ではそうした効果は見られず、主観評価における運動支援での教示効果には年齢差がある可能性が示唆された。

1 はじめに

現在、日本をはじめとして世界規模で社会の高齢化が進行する中^{[1][2]}で、高齢者支援の取り組みの一つとして、様々な領域でロボットが活用され始めている。例えば、アザラシ型ロボット Paro^[3]は癒しや交流をもたらすコミュニケーションのためのロボットとしての効果が報告され、移動型ロボットアシスタントロボット Pearl^[4]は高齢者の施設内移動を支援するために開発されている。同様に、高齢者に対して行われる運動による支援においてもロボットが活用され始め、その効果について検討が始まっている^[5]。現状ではその研究の多くは運動のフィードバックの在り方に焦点を当てたものであり^{[6][7][8]}、運動の際の動作内容を伝えるための説明や、ロボットと参加者が一緒に運動する際の声掛けといった、ロボットから提示される運動教示の効果については未だ検討されてきていない。

一方、人による高齢者への運動による支援を検討する研究においては、ダンスムーブメントセラピーと呼ばれる方法論において高齢者に与える心理的・身体的な効果の有効性が確認されており^[9]、その要素のひとつとして運動教示が挙げられる。ダンスムーブメントセラピーは、「ムーブメント（動作）を精神療法的（psychotherapeutic）に使う、個人の

感情と身体と認知との調和（統合）を促進させる過程である^[10]と定義づけられており、その対象となる動作はダンスに限らず、「腰を曲げる」「体を揺らす」といった様々な動作（ムーブメント）にも用いられる^[11]。その際に、「壁を押すような動き」など、動きをイメージする言葉（運動イメージ）を用いることがダンスムーブメントセラピーの要素の一つとしてあげられている。すなわち、運動教示に具体的なイメージを用いることで、身体をほぐし、ムーブメントのレパートリーを広げ、感情を豊かに表出できると考えられている^[12]。

このように、「人から人」への運動教示では、運動イメージを用いることの効果が示されているが、同様の効果は、運動支援ロボットを用いての「ロボットから人」への運動教示を行う際にも得られるのであろうか。その効果は明らかではない。

そこで本研究では、ロボットが提示する運動教示にダンスムーブメントセラピーの要素である運動イメージを取り入れることの実験的有効性を検討することを目的とした。本来、ロボットによる運動支援の対象は高齢者であるが、そうした効果の一般性についても検討するため、本研究においては、高齢者と若年者を参加者とした年齢群間比較を行った。

2 方法

2.1 実験計画

年齢群（参加者間要因 2 水準：高齢者，若年者）
×運動イメージ有無（参加者内要因 2 水準：運動イメージなし条件，運動イメージあり条件）の 2 要因混合計画とした。

2.2 実験参加者

事前の検定力分析に基づき，サンプルサイズを 34 名と設定した（ $\alpha=0.05$ ，検定力 0.80^[13]）が，実験操作のためのカウンターバランスを実施するため，参加者数を調整した。

その結果，高齢者 16 名（男性 8 名，女性 8 名，平均年齢 76.19 ± 3.38 歳）および若年者 16 名（男性 8 名，女性 8 名，平均年齢 20.75 ± 1.52 歳）が実験に参加した。高齢者は，筑波大学「みんなの使いやすさラボ」^[14]のデータベース登録者から，1) 70 歳以上，2) 事前に行った質問紙調査により，ロコモティブシンドロームを判定する指標であるロコモ度テストのうち「ロコモ 25」^[15]の得点が 6 点以下，3) 定期的な活動として「ダンス」をやっていない人を対象として募集し，定期的な活動として「体操」を実施している人としていない人が男女で半数ずつになるように参加者を抽出した。高齢者群の参加者には規定の謝金が支払われた。

若年者は筑波大学の学生を対象とし，Google フォームを用いてボランティアの参加者を募集した。

2.3 装置

刺激として，開発専用ロボホン（SHARP，SR-X002）（以下，ロボホン）^[16]を 2 体使用した（図 1）。ロボホンとは，持ち運び可能な小型サイズ（約 19.5 cm，約 390 g）の二足歩行可能なヒューマノイドロボットである。開発専用ロボホンでは独自のモーション作成やプログラミングが可能である。

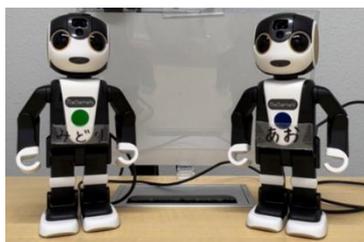


図 1：実験に使用したロボホン：
（左）運動イメージあり条件，
（右）運動イメージなし条件

また，実験中の脈拍数と加速度を測定するために，生体データを取得できるリストバンド型活動量計（TDK，SilmeceTM W22）（以下，Silmece）^[17]を用いた。

2.4 運動課題

体操に模したいくつかの運動動作を含む運動課題を課題セットとして 3 セットを設定した。課題 1 に含まれる運動動作は，右手上げ動作，左手上げ動作，両手上げ動作，両手振り動作，深呼吸動作であった。課題 2 は，首回し動作，首振り動作，腰曲げ動作，横深呼吸動作から成った。課題 3 では，前後歩行動作，挨拶動作，2 種類の深呼吸動作から構成した。いずれの動作もロボホンも実施可能なものであった。

2.5 運動教示における運動イメージ

運動イメージの有無条件間ですべての運動動作は同一とした。各運動課題セットにおける一つの運動動作に対し，運動教示として，体の動かし方をロボットが口頭でのみ（動作は伴わない）で説明した後，ロボットの声掛けと同時にロボットも一緒に運動をして体の動かし方を実演する，という順で提示した。

運動イメージなし条件では，ロボットからの運動教示は体の動かし方の説明のみであり（例：「右手を 4 回上げてみましょう」），その後の動作中の声掛けは「いち，に，さん，し…」という呼間数のカウントとした。

一方，運動イメージあり条件では，ロボットからの運動教示は，上述の体の動かし方の説明の後に続けて，動きをイメージしやすい言葉（例：「右手を 4 回上げてみましょう，クイズで正解がわかったときのように，手を上げてみましょう」）を用いた。またその後の動作中の声掛けにおいて，カウントではなく，動きのイメージに沿った発話を用いた（例：「はい，はい…」）。

すべての参加者が運動イメージの有無条件の両者を実施したが，実施順は参加者間でカウンターバランスがとられた。

2.6 ロボホンの動作設定

動作試行（動作，声掛け）の作成には，ブロック型のプログラミング言語 Scratch^[18]を用いた「スクラッチパック」を使用し，動作単体の作成にはロボホンに付属のモーション作成ソフト「Motion Works for ロボホン」を使用した。

両手上げ動作，前後歩行動作は，スクラッチパックに登録されている動作を使用し，腰曲げ動作は Motion Works for ロボホンのサンプルファイルに登

録されている動作を使用した。その他の動作（右手上げ動作，左手上げ動作，両手振り動作，深呼吸動作，首回し動作，首振り動作，横深呼吸動作，挨拶動作）は Motion Works for ロボホンを使い，独自に作成した。

Scratch 上のブロックにロボホンの声掛けを入力し，声掛けのブロックと動作のブロックを組み合わせて一つの動作試行を作成した。

実験時には，ロボット操作者が別室にて PC 操作を行い，動作試行ごとにロボホンを作動させた。その際，高齢者を対象とした実験では実験補助者がロボット操作し，若年者を対象とした実験では実験者がロボホンの操作も行った。

2.7 測定項目

まず，参加者特性としての年齢，性別の他，ロボットに関する親和度，日常的活動における「動きのまね」に対する態度について 6 段階で回答を求めた。

ロボットに対する主観評価項目として，SD 法による印象評価（形容詞対 11 組，6 段階評定），生物らしさ知覚（7 項目，いずれも 6 段階評定）への回答を求めた。生物らしさ知覚では，エージェント評価を行った先行研究^[19]より，生体感 2 項目（「感情があるようだ」，「生きていようだ」），知性 3 項目（「目的をもった行動できそうだ」，「計画を立てることができそうだ」，「考えることができそうだ」），アバター評価を行った先行研究^[20]より社会的評価 2 項目（「実際に同じ部屋の中でそばにいる感じがした」，「話すのは楽しかった」）を用いた。

運動に伴う主観評価として，実験課題前ならびに各課題セット後に参加者自身の感情状態を問う 3 項目（Affect Grid^[21]に基づく覚醒度および快不快感（感情価），緊張 - 安心度）を尋ねた。また各運動イメージ条件下での 3 課題セットが終了した時点で，運動評価 3 項目（楽しさ，有用性，簡単さ）と運動支援ロボットとしての再実施動機の評価（「また一緒に運動したいか」）の計 4 項目について尋ねた。いずれもタブレットを用いて，VAS 評価を求めた。

運動の客観指標として，Silmece による課題中の参加者の脈拍数，加速度を測定した。加速度は，±4G レンジ（-4096 ~ +4095）で出力された。また参加者の運動状態をビデオ録画し，OpenPose による運動分析を行った（後述）。

2.8 実験手続き

手続きの概略を図 2 に示す。

本実験は実験室内で個別に行われ，参加者は実験の説明を受けた後，書面により同意を示した。その

後，Silmece を装着し，事前質問紙に回答した。同時に課題実施前の感情状態の評価を VAS にて行った。

参加者は立位で，机に横並びに配置された 2 体のロボホン（図 1）に正対し，まず，ロボホンの特徴や動きを理解してもらうために，2 体のロボホンの自己紹介・ダンスを見た。ダンスのレパートリーはロボホンごとに固定であり，使用するロボホンの順を（運動イメージ有無条件の実施順に合わせて）変更することによりカウンターバランスをとった。参加者はダンスを見た後，2 体のロボホンへの印象をそれぞれ尋ねる質問紙と，その時点での感情状態を尋ねる VAS に回答した。

その後，本試行として，いずれかの運動イメージ教示条件の運動課題 3 セットを行った。参加者は，ロボホンの動きを鏡合わせのように真似をするように教示された。また，動きに正解・不正解はなく，思ったように動くよう求められた。実験教示後，運動を始める前に，参加者はロボホンに対して，好きなところまで近づいて運動を行うように求められた。参加者がロボホンに近づき，一定の場所に立ち止まった後，練習課題を行った。練習課題では深呼吸の動作を行い，模倣の仕方を理解したか確認した後，本番課題に移った。練習課題でのロボットによる課題教示は両運動イメージ条件で共通であった。

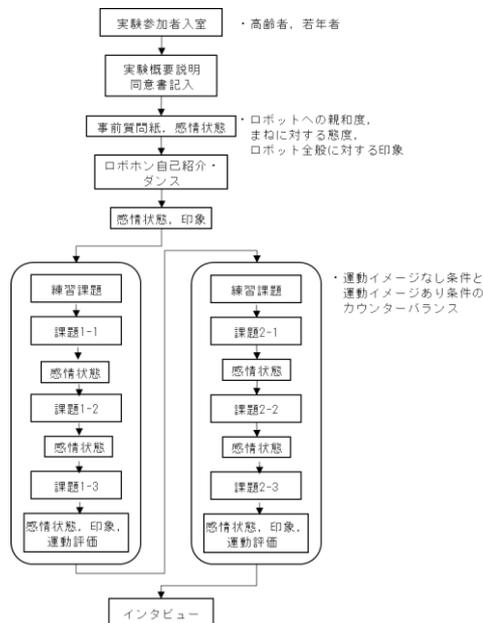


図 2：実験手続きの概略図

本番課題では，練習課題と同様の実験教示の後，運動イメージ教示有無の条件設定に沿って課題が進められた。課題は 3 セットに分割して行われ，各課題セットの終了後に VAS による感情評価を行い，

また3課題セット全てが終了した後、その条件で用いたロボホンについて（名称により同定した上で）その印象と生物らしさ知覚について、質問紙で回答を行った。

運動イメージ教示に関する1条件での課題実施後に、1分程度の休憩をとったのち、もう一方の条件について、同様の流れで練習課題と本番課題を行った。

2条件での運動課題の終了後、インタビューを行い、各条件のロボホンに対する印象や、ロボホンとの運動の感想などを尋ねた。

実験はおよそ60分で終了した。

2.9 分析方法

運動の客観指標、ロボットに対する主観評価、運動に伴う主観評価のうち運動評価・運動支援ロボットとしての評価については、年齢群(2)×運動イメージ有無(2)の2要因混合分散分析を行った。感情状態のVAS評価については、年齢群(2)×運動イメージ有無(2)×測定段階(3;各課題セット後)の3要因混合分散分析を行った。多重比較ではHolm法を、 p 値の調整にはBenjamini-Hochberg法^[22]を用いた。分析にはR(version 4.2.1)を用いた。

3 結果と考察

本稿では、客観指標のうち「加速度」・「動きの大きさ」、ロボットに対する主観評価のうち「生物らしさ知覚」、運動に伴う主観評価のうち「運動評価(楽しさ)」・「再実施動機」の結果を中心に報告する。

3.1 客観指標(1): 加速度

Silmecで計測された脈拍数については、各条件における3回の課題セットごと、および各条件ごとの課題実施期間の平均脈拍数を対象として分散分析を行ったが、いずれも有意な主効果および交互作用は見られなかった。同様に各条件の課題セット実施期間の平均運動加速度について分析を行ったところ、合成加速度についてはいずれの要因についても有意な差は認められなかったが、X軸方向(左右方向)における加速度については、運動イメージ有無の主効果が有意であり($F(1, 30) = 0.03, p = .019, \eta_p^2 = .02$)、両年齢群において運動イメージあり条件におけるX軸方向の加速度が大きいことが示された(図3)。Y軸(前後)、Z軸(上下)の加速度については有意な効果は見られなかった。

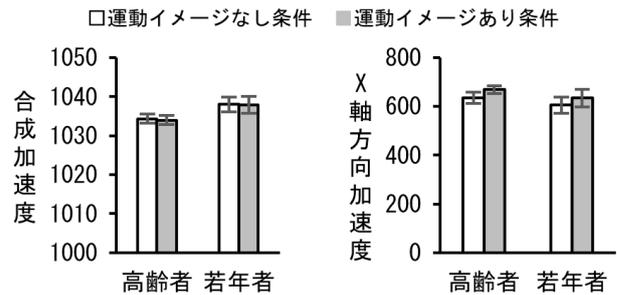


図3: 加速度(合成加速度, X軸加速度)

(※エラーバーは標準誤差)

3.2 客観指標(2): 動きの大きさ

運動イメージが参加者によって実施された動きの大きさに与える影響を検討するため、右手上げ動作、左手上げ動作、両手上げ動作、腰曲げ動作について、姿勢推定ソフトウェアOpenPose^[23]を用いて関節位置と座標を抽出し、動きが最大の時点での腕を上げる角度、腰を曲げる角度を算出した。それぞれの角度を従属変数として分散分析を実施した(図4)。

右手上げ動作 右手上げ動作については、運動イメージ有無の主効果が有意であり($F(1, 30) = 5.47, p = .026, \eta_p^2 = .15$)、運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件よりも角度が大きく、右腕を大きく上げていたと言える。年齢の主効果および交互作用は有意ではなかった(年齢: $F(1, 30) = 0.01, p = .939, \eta_p^2 = .00$, 年齢×運動イメージ有無: $F(1, 30) = 0.00, p = .978, \eta_p^2 = .00$)。運動イメージあり条件では、「クイズで正解がわかったときのように」「はい」という教示と声掛けを用いたため、手をまっすぐに上にあげるイメージが参加者によって利用されて、動きが大きくなったものと考えられる。

左手上げ動作 左手上げ動作については、年齢の主効果が有意であり($F(1, 30) = 6.95, p = .013, \eta_p^2 = .19$)、高齢者の方が若年者よりも角度が大きかった。しかし運動イメージ有無の主効果および交互作用は有意ではなかった(運動イメージ有無: $F(1, 30) = 0.76, p = .391, \eta_p^2 = .03$, 年齢×運動イメージ有無: $F(1, 30) = 0.12, p = .732, \eta_p^2 = .00$)。運動イメージあり条件における左手上げ動作では、「タクシーを呼び止めるように」「へい!タクシー」という教示と声掛けを用いられたが、手を斜め前に挙げるイメージが持たれたためか、運動イメージ教示によって動きが大きくなることはなかった。また、なぜ、左手上げ動作でのみ、高齢者が若年者よりも動きが大きいと

いう年齢群間差が見られたのかについては不明であるが、一つの可能性として、高齢者群は若年者群に比べて、この実験が運動・体操に関するものであること、運動自体に取り組む動機づけが高かったのではないかと、特に左手上げ動作は2番目の運動動作であったために、実験目的としての運動・体操としてのとらえ方の差が動きの大きさの差として現れた可能性が考えられた。

両手上げ動作・腰曲げ動作 両手上げ動作と腰曲げ動作については、いずれの主効果（年齢の主効果、両手上げ動作、 $F(1, 30) = 0.70, p = .41, \eta_p^2 = .02$ ；腰曲げ動作、 $F(1, 30) = 0.53, p = .471$ ；運動イメージ有無の主効果、両手上げ動作、 $F(1, 30) = 3.92, p = .056, \eta_p^2 = .12$ ；腰曲げ動作、 $F(1, 30) = 0.02, p = .902, \eta_p^2 = .00$ ）、および交互作用（両手上げ動作、 $F(1, 30) = 0.30, p = .597, \eta_p^2 = .01$ ；腰曲げ動作、 $F(1, 30) = 1.59, p = .216, \eta_p^2 = .05$ ）共に有意ではなかった。

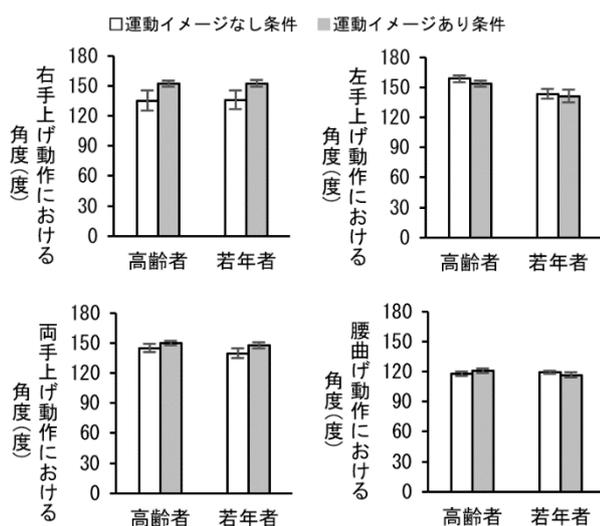


図4：運動の大きさ：各動作における関節角度
（※エラーバーは標準誤差）

3.3 ロボットに対する主観評価：生物らしさ知覚

先行研究に倣い、生体感2項目、知性3項目、その他として社会的評価2項目のそれぞれについて平均評定値を求め、分散分析を実施した（図5）。

生体感 生体感については、運動イメージ有無の主効果が有意であり（ $F(1, 30) = 5.98, p = .021, \eta_p^2 = .17$ ）、運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件よりも生体感得点が高かった。しかし同時に年齢×運動イメージ有無の交互作用が有意であったため

（ $F(1, 30) = 5.98, p = .021, \eta_p^2 = .17$ ）、年齢群ごとに運動イメージ有無の単純主効果検定を行った結果、若年者においては運動イメージ有無の単純主効果が有意であり（ $F(1, 30) = 11.97, \text{adjusted } p = .006, \eta_p^2 = .29$ ）、運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件よりも生体感得点が高かった。一方で、高齢者群では運動イメージ教示の効果は有意ではなかった。また年齢群の主効果は有意ではなかった（ $F(1, 30) = 4.14, p = .051, \eta_p^2 = .12$ ）。

知性 知性については、年齢群の主効果が有意であり（ $F(1, 30) = 8.96, p = .006, \eta_p^2 = .23$ ）、高齢者の方が若年者よりも知性得点が高かった。また、運動イメージ有無の主効果が有意であり（ $F(1, 30) = 8.82, p = .006, \eta_p^2 = .23$ ）、運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件よりも知性得点が高かった。また、年齢×運動イメージ有無の交互作用が有意であったため（ $F(1, 30) = 1.78, p = .024, \eta_p^2 = .16$ ）、年齢群ごとに運動イメージ有無の単純主効果検定を行った結果、若年者においてのみ運動イメージ有無の単純主効果が有意であり（ $F(1, 30) = 14.29, \text{adjusted } p = .001, \eta_p^2 = .32$ ）、運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件よりも知性得点が高かった。

その他の社会的評価 その他2項目（話す楽しさ、傍にいる感じ）については、運動イメージ有無の主効果が有意であり（ $F(1, 30) = 10.69, p = .003, \eta_p^2 = .26$ ）、運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件よりも得点が高かった。年齢の主効果および交互作用は有意ではなかった（年齢： $F(1, 30) = 3.49, p = .072, \eta_p^2 = .10$ 、年齢×運動イメージ有無： $F(1, 30) = 1.48, p = .234, \eta_p^2 = .05$ ）。

以上より、高齢者は、若年者に比べて各条件のロボホンに対して知性を高く感じていたが、運動イメージ有無条件間での差は見られなかった。この結果から、高齢者がロボットに対して感じる知性は、具体的な運動教示の内容よりも、ロボホンそのものの見た目、動き、発話に影響を受けたものと考えられる。一方で、若年者は運動イメージなし条件よりも運動イメージあり条件において生体感、知性を高く評価しており、運動イメージを含んだ教示は、単純な運動教示に比べてロボットの生体感、知性を高めることが示唆された。

また、その他の社会的評価2項目に関しては、運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件よりも得点が高く、年齢差は見られなかった。運動イメージあり条件は、運動イメージなし条件の教示に運動イメージの教示が追加されることでロボホンの

発話内容が増えていたため、社会的存在感が増し、相互作用の楽しさをより感じたものと考えられる。

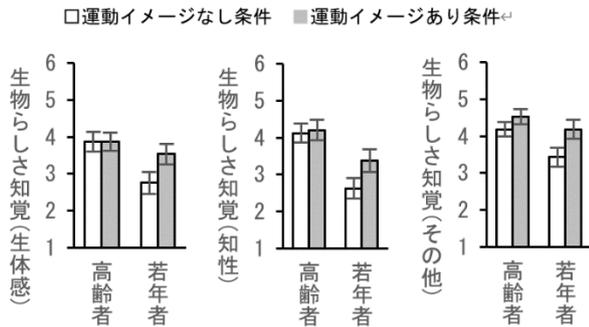


図5：ロボットに対する生物らしさ知覚3 得点
(※エラーバーは標準誤差)

3.4 運動に伴う主観評価

VAS の評価値を従属変数として、分散分析を実施した (図6)。

運動の楽しさ 楽しさについては、年齢の主効果が有意であり ($F(1, 30) = 11.01, p = .002, \eta_p^2 = .27$)、高齢者の方が若年者よりも楽しさの得点が高かった。また、運動イメージ有無の主効果が有意であり ($F(1, 30) = 9.29, p = .005, \eta_p^2 = .24$)、運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件よりも楽しさの得点が高かった。年齢×運動イメージ有無の交互作用が有意であったため ($F(1, 30) = 6.19, p = .019, \eta_p^2 = .17$)、年齢群ごとに運動イメージ有無の単純主効果検定を行った結果、若年者においてのみ、運動イメージ有無の単純主効果が有意であり ($F(1, 30) = 15.32, \text{adjusted } p = .001, \eta_p^2 = .34$)、運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件よりも楽しさの得点が高かった。

再実施動機 再実施動機については、年齢の主効果が有意であり ($F(1, 30) = 11.52, p = .002, \eta_p^2 = .28$)、高齢者の方が若年者よりも得点が高かった。また、運動イメージ有無の主効果が有意であり ($F(1, 30) = 5.23, p = .029, \eta_p^2 = .15$)、運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件よりも得点が高かった。同時に、年齢×運動イメージ有無の交互作用が有意であったため ($F(1, 30) = 5.33, p = .028, \eta_p^2 = .15$)、年齢群ごとに運動イメージ有無の単純主効果検定を行った結果、若年者においてのみ運動イメージ有無の単純主効果が有意であり ($F(1, 30) = 10.56, \text{adjusted } p = .005, \eta_p^2 = .26$)、若年者群では運動イメー

ジあり条件の方が運動イメージなし条件よりも得点が高かった。

以上、運動の楽しさ、ロボットとの再実施動機における運動イメージ教示付与の効果は、若年者のみに見られた。一方で、高齢者は運動イメージの有無にかかわらず、若年者よりも楽しさと再実施動機を高く評価していた。若年者からは、事後インタビューにおいて「運動イメージあり条件の方が運動イメージなし条件に比べて動きの説明がわかりやすく、丁寧に感じた」「(運動イメージあり条件の方が) 動きを想像しやすく、楽しかった」などの発話が複数得られた。したがって、運動イメージを含む教示により運動のわかりやすさや面白さが高まり、楽しさと再実施動機に影響を及ぼしたと考えられる。一方で高齢者からは「運動イメージありロボホンと運動イメージなしロボホンの違いがわからなかった」とされ、また「リハビリや介護の場で役立ちそう」などの全体的な評価が多く聞かれた。したがって、高齢者は運動教示の違いという具体的な要素でロボット個体を弁別的に評価することはしておらず、「ロボホンとの運動」という大きな枠組において、楽しさと再実施動機を評価していたものと考えられる。

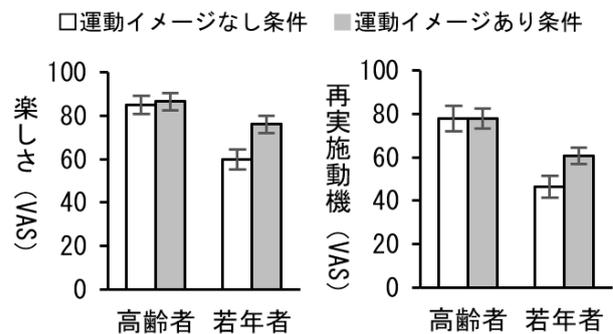


図6：運動に伴う主観の評価
(※エラーバーは標準誤差)

4 総合考察

本研究は、ユーザと共に体を動かす運動支援ロボットの構築において、運動教示のデザインとして、ダンスムーブメントセラピーの要素である運動イメージを付与することの効果を検討した。

運動時の加速度、あるいは動きの大きさに関しては、一部の動作において、運動イメージが合致した場合には、年齢群にかかわらず、動きが大きくなるという効果が見られ、運動イメージの教示付与により、ユーザの運動量が高められる可能性が示唆され

た。しかし、そうした効果が得られなかった運動動作も見られた。

運動イメージ教示の効果が動作によって異なった点について、動作と教示がもたらすイメージとの関係が一定ではなかったこと、そのイメージがどのように伝わったかについては直接的な検討を行っていないことから、今後さらに実際に教示をおこなう運動動作の内容と提示するイメージ教示との関係性について、丁寧に対応付け、どのような表現が効果をもたらすのかについて、検討する必要があるといえよう。

また、本研究で用いたロボホンは、関節に 13 個のサーボモータが内蔵されており、滑らかに動くことができるという特徴をもつ^[2]が、肩関節から肘関節までを真上に上げることができないなど、人間と比して、動きが制限される部分が多々存在した。そのため、右手上げ動作（右手を垂直に上げる）においては、運動イメージ教示により、ロボホン自体が実施可能な動きの制限を越えた運動のイメージが参加者に伝わった可能性がある。逆に、左手上げ動作（手を斜め上に上げる）やその他においては、イメージ教示とロボホンが「やって見せる」運動動作との間の差がなかったために、運動イメージ教示の差が出にくかったとも考えられる。この場合、ダンスムーブメントセラピーとしての運動イメージ教示の有効性とは独立に、ロボットによる運動支援における「機器としての制約を越える」要因としての教示の効果が考えられる。この視点からも、教示デザインの詳細を検討し、なぜ運動教示イメージが有効なのかを検討していく必要が示されており、こうした運動動作－教示間の関係性を考慮したデザイン研究が必要と考えられる。

一方、ロボットに対する主観評価、および運動に伴う主観評価の結果では、運動イメージ付与の効果は若年者でのみ見られた。この結果から、若年者は、運動イメージの付与という工夫された教示によりロボットに対する評価や運動評価が向上した可能性が考えられる。一方で、高齢者群では運動イメージ付与の効果が見られなかった原因としては、運動イメージ付与の効果よりも、ロボホンそのもの、あるいはロボットと運動すること自体に対する評価の影響が大きく反映された可能性が考えられる。具体的には、「5 歳男児」をコンセプトとしたロボホンそのものに対して「かわいさ」や「好ましさ」を高く感じていたことや、ロボットと運動すること自体に楽しさを感じていたため、運動教示の差異がという詳細属性については重視されにくかったものと考えられる。こうした主観評価の在り方における年齢群間差は他の評価においても報告されており^[25]、人工物

評価における主観評価の利用に対し、注意とさらなる検討の必要性を示しているものと考えられる。

以上、高齢者における運動イメージ教示の効果は、客観指標では現れるが、主観評価では現れにくいことが示された。しかしその高齢者群においてはロボット自体への評価が高いことも同時に示されており、ロボットを運動支援に用いることの効果、ならびにそこで得られる「実際的な効果」のために運動教示のデザインを行っていくことの可能性と必要性が示されたといえよう。今後は、より継続的な運動支援についても検討を行い、教示の効果、特にどのような運動イメージを付与していくことが有効か、検討していく必要があるといえよう。

謝辞

本研究は、筑波大学人工知能科学センター・C-AIR 研究プロジェクト支援経費(2022 年度)の助成を得て行われました。また今回の研究において、ダンスムーブメントセラピーの視点のご教示、ならびにロボホンの動作内容について高知大学地域協働学部・佐藤文音先生にご助言、ご指導をいただきました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 内閣府: 令和 4 年版高齢社会白書 (2022)
- [2] United Nations: World Population Prospects 2019: Highlights. World Population Prospects (2019)
- [3] Broekens, J., Heerink, M., & Rosendal, H.: Assistive social robots in elderly care: a review. *Gerontechnology*, Vol. 8, No.2, pp. 94–103 (2009).
- [4] Pollack, M. E., Brown, L., Colbry, D., Orosz, C., Peintner, B., Ramakrishnan, S., Engberg, S., Matthews, J. T., Dunbar-Jacob, J., McCarthy, C. E., Thrun, S., Montemerlo, M., Pineau, J. & Roy, 81 N.: Pearl: A mobile robotic assistant for the elderly, *AAAI*, pp. 1–7 (2002)
- [5] Matsusaka, Y., Fujii, H., Okano, T., & Hara, I.: Health exercise demonstration robot TAIZO and effects of using voice command in robot-human collaborative demonstration, In *RO-MAN 2009-The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 472–477 (2009)
- [6] Fasola, J., & Matarić, M. J.: Using Socially Assistive Human–Robot Interaction to Motivate Physical Exercise for Older Adults, *Proceedings of the IEEE*, Vol.100, No.8, pp. 2512–2526 (2012)
- [7] Görner, B., Salah, A. A., & Akın, H. L.: An autonomous robotic exercise tutor for elderly people, *Autonomous*

- Robots, Vol. 41, No.3, pp. 657–678 (2017)
- [8] Lotfi, A., Langensiepen, C., & Yahaya, S. W: Socially Assistive Robotics: Robot Exercise Trainer for Older Adults, *Technologies*, Vol. 6, No. 1, pp. 32, 1–14 (2018)
- [9] Koch, S., Kunz, T., Lykou, S., & Cruz, R.: Effects of dance movement therapy and dance on health-related psychological outcomes: A meta-analysis, *The Arts in Psychotherapy*, Vol. 41, No. 1, pp. 46– 64 (2014)
- [1 0] American Dance Therapy Association.: American Dance Therapy Association Annual Report. Columbia, MD: Author (1979)
- [1 1] 日本ダンス・セラピー協会 ダンス・ムーブメント療法とは JADTA 日本ダンス・セラピー協会 Retrieved November 29, 2022 from <https://jadta.org/dancetherapy/introduction/overview/>
- [1 2] Levy, F. J.: *Dance/Movement Therapy, A Healing Art*. Waldorf, MD: AAHPERD Publications (1988) (レヴィ, フラン, J. 町田 章一 (訳) : *ダンス・ムーブメントセラピー 癒しの技法* 岩崎学術出版社 (2018)
- [1 3] Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A.: G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences, *Behavior Research Methods*, Vol. 79, No. 39, pp. 175–191 (2007).
- [1 4] 原田 悦子: みんなラボ, 発進——高齢者のための使いやすい検証実践センターについて—— 人間生活工学, Vol. 13, No. 1, pp. 71–74 (2012)
- [1 5] ロコモチャレンジ! 推進協議会 (2022). ロコモ度テスト ロコモ 25 ロコモ ONLINE Retrieved December 2, 2022 from <https://locomojoa.jp/check/test/locomo25.html/>
- [1 6] SHARP: ロボホン (開発専用) の紹介 RoBoHoN Retrieved December 2, 2022 from <https://robohon.com/product/robohon/sr-x002/customer.php> (2022)
- [1 7] TDK: SilmeeTM W22 でできること TDK Product Center Retrieved December 2, 2022 from https://product.tdk.com/ja/products/biosensor/biosensor/silmee_w22/index.html (2022)
- [1 8] Scratch (2022). Scratch について SCRATCH Retrieved December 8, 2022 from <https://scratch.mit.edu/about>
- [1 9] 長谷川 莉子・原田 悦子・栢野 航・大澤 博隆: エージェント利用システムに対する生物らしさ知覚の検討—年齢群間比較, *日本認知心理学会第 13 回大会 発表論文集*, 5 (2015)
- [2 0] 目黒 文乃 (2021). “かわいい”感性に対する音声の影響——アバター対話システムを用いた検討—— 筑波大学卒業論文
- [2 1] Russell, J. A., Weiss, A., & Mendelsohn, G. A.: Affect Grid: A single-item scale of pleasure and arousal, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 57, No. 3, pp. 493-502 (1989)
- [2 2] Benjamini, Y. & Hochberg, Y.: Controlling the false discovery rate: A practical and Powerful Approach to Multiple Testing, *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, Vol. 58, pp. 289–300 (1995)
- [2 3] Cao, Z., Hidalgo, G., Simon, T., Wei, S. E., & Sheikh, Y.: OpenPose: Realtime multi-person 2D pose estimation using Part Affinity Fields, In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 7291–7299 (2018)
- [2 4] 江角 直起・小柳津 拓也・志々見 亮: ココロ, 動く電話. ロボホン, 人工知能学会, 言語・音声理解と対話処理研究会, Vol. 78, pp. 8–9 (2016)
- [2 5] 原田悦子・安久絵里子・鷹阪龍太・目黒文乃・葛岡英明 (2022). アバター評価と“かわいい”音声: 音声の「かわいい」感情が及ぼす影響と加齢変化 日本認知科学会第 39 回大会, P1-063. https://jcss.gr.jp/meetings/jcss2022/proceedings/pdf/JCSS2022_P1-063.pdf