

トレーナエージェントのポジティブフィードバックが 気分・モチベーションに与える影響の評価

Evaluation of the Effect of Positive Feedback from Trainer Agents on Mood and Motivation after Training

吉田 直人¹ * 米澤 朋子² 榎堀 優³ 間瀬 健二³
Naoto Yoshida¹ Tomoko Yonezawa² Yu Enokibori³ Kenji Mase³

¹ 工学院大学

¹ Kogakuin University

² 関西大学

² Kansai University

³ 名古屋大学

³ Nagoya University

概要 本研究では、歩行と認知タスクを合わせた高齢者向けマルチタスクトレーニングを見守るトレーナエージェントを開発した。タスクのスコアやユーザの自己評価に合わせて、トレーナエージェントの表情変化とリアクションを伴うポジティブなフィードバックが、ユーザのトレーニング中の気分やモチベーションに与える短期的影響を評価した。歩行トレーニングロボットによる歩行運動と認知反応課題を組み合わせた45分間のトレーニング後に質問紙による調査を行った結果、エージェントのポジティブフィードバックを行う条件では、フィードバックを行わない条件と比較して、トレーニング後の気分やエージェントの印象に対する負の影響が見られた一方で、満足感や継続意欲を高める可能性が示唆された。

1 はじめに

近年、高齢化に伴い健康寿命の延伸が課題となっている。健康寿命とは、「健康上の問題で日常生活が制限されることなく生活できる期間」のことを指す[1]、健康で生き生きとした日常生活を送るためには身体機能と認知機能を維持することが不可欠であり、デイケアサービスや高齢者施設においても、定期的な運動トレーニングや認知トレーニングを取り入れるケースが増えている。

一方で、リハビリテーションを行う医療施設とともにこれら介護福祉施設における人手不足は深刻である。特に、施設を利用する高齢者一人ひとりに、トレーニングの指導やアドバイスを行うトレーナの負担は大きい。このような人手不足を補うとともに、トレーニング効果を高めるためのシステムやサービスが登場している。認知トレーニングエルゴメーター「コグニバイク」[2]は、取り付けられたモニタによる認知課題とペダリング

運動の2つのタスクを同時に行う二重課題 (dual-task) を行うことができるトレーニング機器である[3]。また、パナソニック株式会社が開発した「歩行トレーニングロボット」は、日常生活の基本となる歩行のトレーニングを効果的に実施、記録、管理するための機器である[4]。さらに、我々はこの歩行トレーニングロボットを用いた、歩行運動と進行方向や進行/停止の制御、認知課題などを組み合わせた「マルチタスクトレーニング (multi-task training)」の評価も実施してきた[5]。

これらの製品やサービスの活用により、高齢者が自分ひとりで日々のトレーニングや、その振り返りを行うことができる反面、トレーニングに付き添い、トレーニングを評価し、褒め、応援してくれるトレーナが側に居ないことで、自分自身のトレーニングに対する積極的な姿勢や意欲を長期的に維持することが難しいのではないかという懸念が存在する。実際に過去の我々が実施した長期実験では、トレーニングに伴う運動能力の向上に反し、意欲や自己効力感の低下がみられた[6]。

そこで本研究では、人間のトレーナに代わってトレーニングを見守り、トレーニングの状況や結果に合わせて

*連絡先：工学院大学情報学部情報デザイン学科
〒192-0015 東京都八王子市中野町 225-1
E-mail: yoshida@cc.kogakuin.ac.jp

て声掛けをするトレーナエージェントを開発し、前述のマルチタスクトレーニングを実施できる歩行トレーニングロボットに搭載することで、トレーニング中の気分やモチベーションに与える影響を評価した。

2 関連研究

本研究がターゲットとするトレーニングにおけるユーザのモチベーションを、バーチャルエージェントを用いて高めようとする試みはこれまでもある。Ijsselsteinら [7] は、Virtual Fitness というエアロバイクによる運動トレーニングシステムにおいて、バーチャルエージェントのコーチング（運動負荷に基づくアドバイス）が、トレーニングの内発的動機づけを高め、緊張感を低下させることを示した。対して、本研究で対象とする歩行運動と認知課題を組み合わせたマルチタスクトレーニングは、エアロバイクの単一の運動と比較し、複数タスクへのリソースの分配と注意を必要とするため、認知的負荷も高い [8]。このような認知的・身体的負荷状況下でも、トレーナエージェントが、トレーニング意欲の向上に寄与するのか検証が必要がある。

他にも、Davis ら [9] が提案したシステムのように、仮想のエアロバイクトレーナーを空間に投影し模範を示すような例もあるが、トレーニングへの動機づけに対するエージェントの介入の有効性に関する評価は行われていない。

本提案システムのトレーナエージェントは、フィードバック時の表情変化を伴う。他者表情の知覚に対する感情状態の変化や反応として、他者の感情的な表情に対する情動伝染や表情模倣などの現象が存在する。情動伝染 (emotional contagion) とは、他者の感情表現を知覚することで、自身も同じ情動状態になるという現象 [10, 11] である。本提案システムでは、トレーナエージェントがフィードバック時にポジティブな表情を繰り返し提示することで、ユーザの好感情を喚起し、トレーニングに対するネガティブな印象を抑制することを狙う。

3 実験

3.1 実験概要

本実験は 60 代以上の高齢者 24 名（男女各 12 名、平均年齢 71 ± 6.39 ）が自由意志で参加し、週 1 回 45 分のトレーニングを、2 週間に亘って実施した。1 回のトレーニングは 1 セッション 15 分のトレーニングを 3 回（3 セッション）で構成され、1 セッションの中で 5 分間のマルチタスクトレーニング 3 セット行った。セッションの間には十分な休憩を取り、心拍数・SpO₂ の計



図 1: 認知課題表示用 PC とトレーナエージェント用タブレットを取り付けた歩行トレーニングロボット

測と疲労や体調状態の確認を行った上で実施した。1 週目と 2 週目は実験条件を変え、各週の実験前後にそれぞれ質問紙による評価を行った。

なお、この実験は名古屋大学未来社会創造機構において、倫理審査委員会による承認を受けて行われた（承認番号：2020-35）。

3.2 実験装置

本実験で用いた実験装置の外観を図 1 に示す。本実験では歩行トレーニングロボット（KY-WTR502S、パナソニック株式会社）に、認知課題表示用のタブレット PC とトレーナエージェント用タブレットを専用の治具で固定し取り付けしたものを使用する。

歩行トレーニングロボットは、ハンドルにかかる力に応じて車輪のモーターのトルク制御により、ユーザが押して歩くときの反力を発生させることで負荷を与える。負荷の大きさは 5 段階で設定できるが、実験においては「普通」（負荷レベル 2）のみを用いた。ハンドルの高さは実験前に実験参加者に合わせて肘が軽く曲がるくらいで持ちやすい位置に調整し、参加者の要望に応じて実験中も調整を行った。

認知反応課題は、先行研究 [12] と同様である。人物

の表情変化を観察し、基準となる中間表情（無表情）から最も変化の大きい（表情強度が大きい）状態を狙ってボタンを押す課題である。課題は5分間で、合計12回のボタンを押す試行が行われ、これを1セットとする。ボタンを押した際の表情強度が得点となり、各試行中にボタンを押せなかった場合は0点となる。ただし、先行研究で用いたものと異なり、実験評価への影響を考慮し、人物の表情は笑顔・驚き・怒りの表情を均等な割合で提示し、提示順序もカウンターバランスを考慮したものとした。

トレーナーエージェントは、トレーナーエージェントアプリを起動すると、認知反応課題用モニタの横のタブレット画面に提示される。アプリは認知反応課題用PCと通信し、ボタン押し課題1試行の得点、1セットの合計得点、1セッション（3セット分）の合計得点、これまでのセッションの合計得点を取得し、セット、セッション、全セッションの平均得点を算出する。また、歩行トレーニングロボットの歩行履歴を保存するサーバより、歩行距離や歩行速度情報を取得する。

3.3 実験環境

室内に1周約20mの歩行ルートを設置した。歩行路の外周歩行ルートには図2に示すような分岐を複数箇所設け、分岐において進行方向を切り替えることで、様々な歩行ルートを実現した。コースは複数パターンを用意しセッションごとに変更した。実験では、分岐部の進行方向とは逆の進路上に黄色のロードコーンを設置し、進行するコースを誘導した。なお、進路を間違えコーンに接触した場合の安全を確保するため、コーンは車輪付きの台車の上に乗せ接触しても軽い力で排斥されるようになっている。

3.4 トレーナーエージェント

アピアランス トレーナーエージェント（以下省略してトレーナーと記す）は、男性トレーナー、女性トレーナーの2種類の外見を用意した。外見のイラストは、外見の年齢を実際のトレーナーとして想定される30代前半と設定してデザイナーにより制作された。服装は目立たないように単色・無地とした。表情は口の形状大きさ、目の開き具合、眉の角度等を調整することにより作成した。リアクションは表情に手の形、腕の動作を加えたものとした。

表情・リアクションアニメーション トレーナーエージェントは、男性トレーナー、女性トレーナー、それぞれ6種類の表情（基本6感情[13]:恐怖、驚き、嫌悪、幸福、怒り、悲しみ）と4種類のリアクション（心配する、興

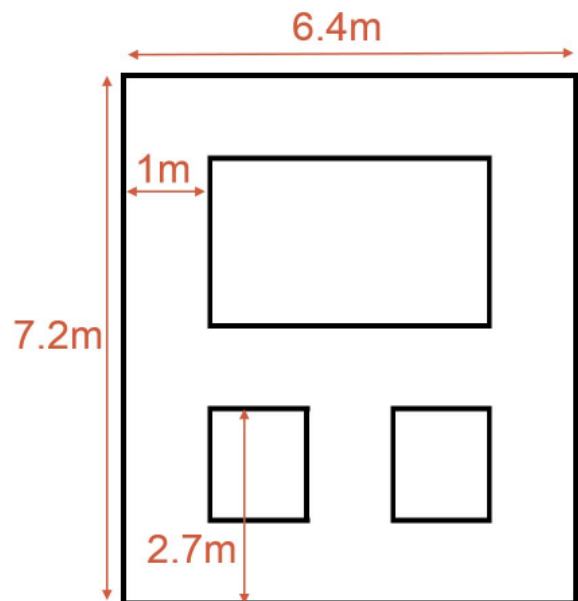


図 2: 歩行コース

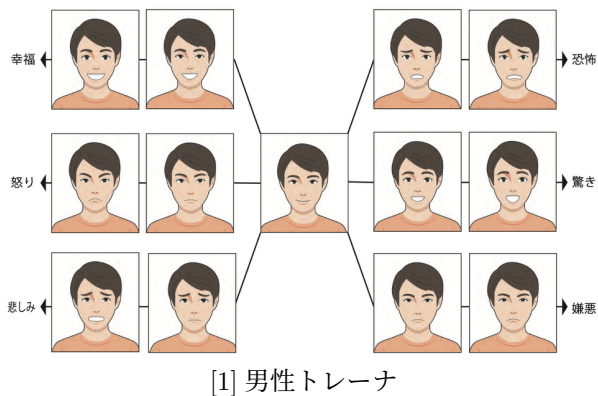
奮、応援する、惜しがる）を各4段階で表出することができる（図3:表情パターン、図4:リアクションパターン）。また、表情表出・リアクションは、デフォルトの表情からアニメーションで変化する。アニメーションは、デフォルトの表情から最も強い感情の表出状態までを、13枚（デフォルトの1枚を含む）の静止画で作成し、静止画を連続して表示することで変化する様子を表現する。また、デフォルトを0フレーム目とし、連続再生する最終フレームを12フレーム目、9フレーム目、6フレーム目、3フレーム目とすることで異なる表出強度のアニメーションを表現する。これらの異なる最終的な表情の強さ、リアクションの大きさを表出レベルと呼ぶ。

ただし、本稿での実験では、エージェントはポジティブなフィードバックのみを行うため、怒り、恐怖、嫌悪などのネガティブな表情変化は使用していない。

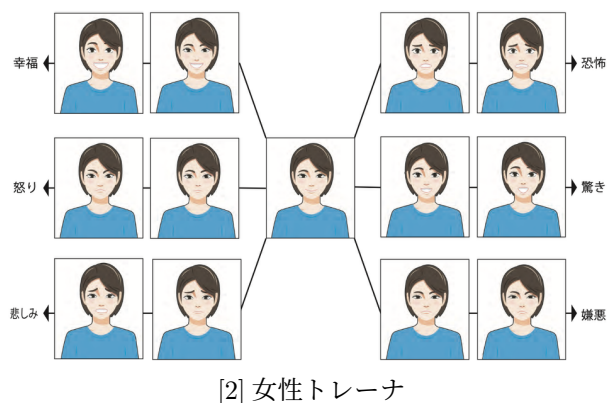
テキストと音声 トレーナーのメッセージは、テキストと音声によって出力される。テキストは、エージェントの上に表示されるテキスト枠内に表示される（図5）。トレーナーの音声は、Androidの標準音声読み上げエンジン（TextToSpeech）に出力テキストを入力することで再生した。

3.5 システムの動作

セッション開始時に、歩行トレーニングロボット、認知反応課題、トレーナーエージェントアプリを起動し、接続と通信を確認する。トレーナーエージェントアプリか

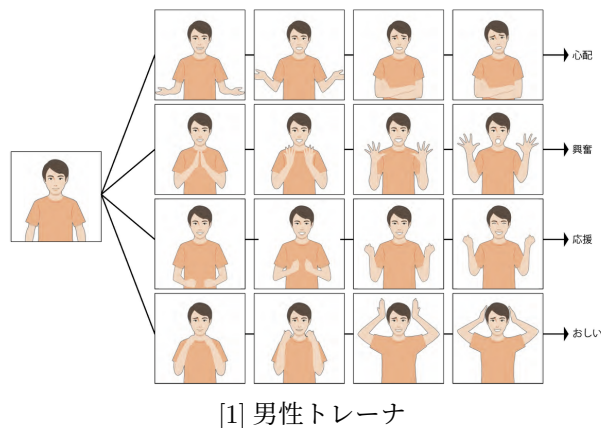


[1] 男性トレーナ

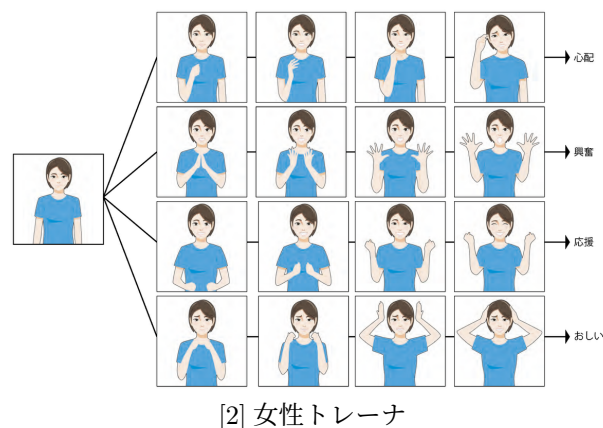


[2] 女性トレーナ

図 3: トレーナエージェントの表情の種類



[1] 男性トレーナ



[2] 女性トレーナ

図 4: トレーナエージェントのリアクションの種類

らユーザプロフィールを選択し、履歴データを読み込み、トレーニング開始を選択する。

トレーナが挨拶をし、トレーニング前のユーザとのインタラクションを行う。ユーザとのインタラクションはトレーナの下に表示されるボタン選択によって行われる。ボタンの種類は、「わるい」、「まあまあ」、「よい」の表示と対応した顔アイコンによる3択、または、「はい」、「いいえ」の2択である。トレーナは選択されたボタンに応じて、表情変化による応答を行う。例えば「わるい」を選択した場合でも、ポジティブなリアクションから、ユーザが選択した自信や意欲の度合いに応じた表出レベルが選択される。

トレーナのフィードバックメッセージや表情・リアクションのパターンは、選択肢や得点の各条件ごとに複数の予め用意された候補から毎回ランダムに選択される。表1には、選択肢や得点に応じたフィードバックの一例を示す。

トレーナの案内で、マルチタスクトレーニングを開始する。トレーニング開始後はトレーニング中インタラクションが行われる。トレーニング中のインタラクションは、試行ごとに得点に応じたリアクション・励ましを行い、獲得した得点に応じたリアクションと表出レベルが選択される。また、残り時間に合わせてト

レーナが応援を行う。

1セット終了後は、トレーナが合計得点・平均点を発表し、セット後インタラクションを開始するセットの合計スコア・平均点に応じてリアクション・励ましを行う。また、2セット目以降の場合は、1セット目と平均点を比較(1セット目はあらかじめ設定した基準点との差を発表)し、その差に応じてリアクションを行う。

3セット目が終了したあとは、セッションの振り返りを行う。セッションの振り返りでは、3セットの平均点と、前回セッションとの得点の差(1セッション目はあらかじめ設定した基準点との差)を発表し、それぞれの値に応じたリアクションを行う。最後に、トレーニング前と同様に今回のセッションの出来についてトレーナが質問し、参加者は下に表示される「わるい」、「まあまあ」、「よい」のボタンを選択する。トレーナは選択されたボタンに応じてリアクションを行う。リアクションはいずれも、ポジティブなリアクションとし、ユーザが選択した自信や意欲の度合いに応じた表出レベルが選択される。

表 1: トレーナエージェントのフィードバックの例

メッセージ	選択肢・得点	表情	表出レベル	メッセージ	表情	表出レベル	メッセージ
早速ですが、今の意気込みはどうですか？							
	わるい	笑顔	1	大丈夫ですよ。	応援	1	徐々に慣れていきましょうね。
	まあまあ	笑顔	2	いい感じですね。	応援	2	少しずつ調子をあげていきましょう。
	よい	興奮	3	すごくいいですね！	応援	3	その調子で頑張りましょう！
(ゲーム中)							
	100点満点	興奮	4	すごい！満点！さすがです！			
	95点以上	興奮	3	すごい！あと少しで満点！			
	90点以上	興奮	2	高得点ですね！素晴らしい			
	80点以上	応援	4	すごい！その調子！			
	70点以上	応援	3	いい感じ！その調子で頑張りましょう！			
	60点以上	応援	2	いいですね。さらに高得点を目指せそう！			
	50点以上	応援	1	大丈夫。まだまだこれからです！			
	40点以上	惜しい	2	おいしい！つぎ頑張りましょう！			
	40点未満	応援	1	おっと、残念！つぎ頑張ってみましょう！			
いまのトレーニングの出来はどうですか？(平均点が80点以上のケース)							
	わるい	驚き	2	全然そんなことはないですよ。	笑顔	2	しっかり高得点がとれましたね。
	まあまあ	応援	2	いい感じですよ。	笑顔	3	とても良くできていました。
	よい	笑顔	4	そのとおりですね！高得点です。	応援	4	素晴らしいですね！



図 5: テキスト、ボタンの表示例とレイアウト

3.6 実験条件

本実験では、トレーナエージェントとのインタラクションにおけるポジティブフィードバックの影響を検証するため、トレーナエージェントとのボタン選択によるフィードバック、および、得点に応じたフィードバックの有無を比較した。上記フィードバック「有り」の条件を WF 条件、「無し」条件を NF 条件とした。トレーニングの各ステップにおける比較は表 2 の通りである。

全実験参加者の半数（男女各 3 名）が 1 週目に WF 条件でトレーニングを行い、2 週目は NF 条件でトレ

表 2: 実験条件によるフィードバック・リアクションの有無

フェーズ	WF	NF
トレーナ挨拶	○	○
「意欲」ボタン選択に対するフィードバック	○	○
セット開始メッセージ	○	○
スコア獲得時のリアクション	○	○
残り時間メッセージ	○	○
残り時間に対する応援リアクション	○	○
セット終了メッセージ	○	○
合計得点・平均点と前ゲーム比較	○	○
得点に対するフィードバック(繰り返し)	○	○
セッション終了メッセージ	○	○
セッション平均点発表	○	○
セッション平均点に対するフィードバック	○	○
「今回の出来」選択に対するフィードバック	○	○
トレーニング終了メッセージ	○	○

ニングを行った。2 週目はその逆の条件とした。また、トレーナエージェントの外見と音声の性別も全被験者間でカウンターバランスを考慮して決定した。

3.7 評価指標

実験参加者は、1 週目のトレーニング開始前に前に身体機能、認知機能に関わる、能力計測として、TOVA、DWM、握力、Two-step test を実施した(詳細は先行研究を参照 [6, 5])。

また各週のトレーニング後に、トレーニング後の参加者の感情を評価する簡易気分調査票日本語版(BMC-J)、トレーナエージェントの印象評価項目、モチベーション評価項目に回答した。評価項目は表 3 を参照。

3.8 実験結果

各評価項目に対し、ウィルコクソンの符号順位検定を行った結果、一部の評価項目において、有意差 ($*p < .05$) および、有意傾向 ($+p < .10$) が見られた (表3)。トレーニング後の気分に関する評価では、WF 条件で「イライラ」、「悲しみ」などのネガティブな印象が NF 条件を有意に上回った。また、「不愉快だ」では、有意傾向が見られた。トレーナーの印象に関する評価では、「成り行き任せだ」という印象に関して WF 条件が NF 条件を有意に上回った。また、「専門的」な印象では、NF 条件が WF 条件を有意に上回った。トレーニング後のモチベーションに関する評価項目では、トレーニングの「満足感」で有意傾向、「継続意欲」で有意差が見られ、いずれも WF 条件が NF 条件を上回った。

4 考察

簡易気分調査では、トレーニング後の実験参加者の気分を評価している。有意差の見られた「イライラ」、「悲しみ」はいずれもネガティブな気分の項目であり、これが WF 条件において高いことから、トレーナーのポジティブなフィードバックと対照的に、トレーニング後の気分に対するネガティブな印象を与えたことが推測される。

トレーナーエージェントの印象評価項目においても、「成り行き任せだ」というネガティブな印象において、WF が NF を上回る有意差が示されており、トレーナーエージェントのフィードバックの負の効果が見て取れる。「専門的」な印象において、NF 条件が WF 条件を有意に上回った点に関しては、WF 条件では NF 条件よりエージェントとのインタラクションが多いため、ポジティブな表情などにより親近性が高まった結果、専門的な印象が低下したと考えることができる。なお、エージェントの専門性に関しては、トレーニングに関する専門的なアドバイスを取り入れることで高めることができると考えられる。また、トレーナーの専門性と信頼性の間に関連がある可能性もあり、トレーナーを信頼することによるモチベーションへの影響も考えられるため、今後の検討が必要である。

これらの評価指標において、いずれも WF 条件において負の印象が発生した原因について、トレーナーからフィードバックを受けることによる内省の過程が影響した可能性がある。今回のトレーナーのフィードバックは、実際の得点の評価に対してそれよりも良い評価を返すことで、ポジティブな気分へ誘導することを狙っている。その一方で、内省の結果として自己の得点や能力を十分だと評価できない場合に、トレーナーのフィードバックとの乖離が生じた結果、自己に対する不満が「イ

ライラ」、「悲しみ」となって評価された可能性がある。また、そのような参加者の内部状態において、フィードバックを繰り返すトレーナーに対し「嫌味」のような敵対するような印象が生じた可能性がある。

気分評価やトレーナーの印象における負の効果とは対照的に、トレーニング後のモチベーションに関する評価項目では、トレーニングの「満足感」、「継続意欲」に関して、WF 条件が NF 条件を上回る結果となった。これは、トレーニングの過程において、都度のフィードバックに対する自省で「まだ頑張れる」というような自己意識が生じたり、トレーナーを「見返してやろう」というような敵対的な意識から努力をした結果、自らの取り組みに対する総合的な満足度や、トレーニングに対するモチベーションが増加した可能性もある。

Ijsselstein ら [7] の先行研究においては、トレーナーエージェントの存在は緊張感を低下させた一方で、本研究において「イライラ」などの印象が増加した理由については、先行研究がエアロバイクを用いた単一の運動課題だったのに対し、本研究が多くの注意リソースを必要とするマルチタスクトレーニングだったことが考えられる。そのため、エージェントのトレーニングが集中を阻害するものとして感じられた可能性もある。一方で、そのような妨害刺激がモチベーションに影響を与える可能性もあることから今後の検討が必要である。また、実験中の実験参加者の様子として、「ダメだなあ」、「まだまだいける」というような自己向上心の高い様子が見られたり、「褒められると嬉しくなる」というようにトレーナーのリアクションに好意的な反応を示す参加者もいたことから、実験参加者の性格属性との関連も検討する必要がある。

また、本稿における提案システムにおいては、音声に関して、イントネーション等の質や感情表現において課題があり、リアクションの種類も限定されるため細かな表現レベル調整や種類の選択を行うことで、印象の改善につながる可能性もある。

5 おわりに

本研究では、高齢者の健康寿命延伸を目的とした、運動と認知のマルチタスクトレーニングに着目し、人間のトレーナーに代わってトレーニングを見守り、トレーニングの状況や結果に合わせて声掛けをするトレーナーエージェントを開発した。マルチタスクトレーニングを実施できる歩行トレーニングロボットに搭載し、トレーナーエージェントのトレーニング前、トレーニング中、トレーニング後の表情やリアクションを伴うポジティブなフィードバックが気分やモチベーションに与える影響を評価した。

その結果、トレーナーエージェントのフィードバック

表 3: 評価項目およびウィルコクソンの符号順位検定による有意差, 平均値, 分散

簡易気分調査票日本語版	WF	Mean	SD	BF	Mean	SD	
嬉しい		3.71	1.11		3.92	0.89	
イライラしている	▲	1.83	0.71	▽	1.21	1.25	*
悲しい	▲	1.67	0.66	▽	1.25	1.11	*
不愉快だ	▲	1.29	0.28	▽	1.08	0.54	+
怒りを感じる		1.17	0.33		1.13	0.47	
憂鬱だ		1.46	0.68		1.29	0.82	
幸福だ		3.50	0.94		3.33	1.08	
不安だ		1.42	0.95		1.63	0.70	
楽しい		4.13	0.79		3.96	0.88	
面白い		4.38	0.64		4.46	0.75	
緊張している		2.33	1.21		2.33	1.25	
落ち着いている		3.50	1.26		3.46	0.91	
トレーナーエージェントの印象							
社交的だ		3.63	1.00		3.58	0.99	
陽気だ		3.50	1.08		3.46	0.87	
いいかげんだ		1.75	0.71		1.50	0.92	
成り行き任せだ	▲	1.92	0.76	▽	1.50	1.04	*
心配性だ		2.21	1.01		2.13	1.19	
弱気だ		1.96	1.09		1.75	1.06	
多才だ		2.92	1.22		3.21	0.76	
独創的だ		2.71	1.02		3.04	1.10	
温和だ		3.79	0.97		3.88	1.00	
好奇心旺盛だ		3.25	1.07		3.33	0.88	
親切だ		4.00	0.93		3.96	0.76	
親しみやすい		3.92	0.81		3.92	0.76	
専門的だ	▽	3.21	0.86	▲	3.58	1.00	*
信頼できる		3.75	0.76		4.00	0.83	
機械的だ		2.83	0.94		2.83	1.21	
生き生きとしている		3.17	1.00		3.21	0.94	
愉快だ		3.50	0.99		3.33	1.00	
有能だ		3.71	0.89		3.71	0.93	
モチベーション評価項目							
おもしろかった、興味が持てた		4.29	0.80		4.33	0.79	
飽きずに続けられた		4.42	0.63		4.38	0.64	
気分転換になった		4.13	0.87		4.00	0.83	
自分に合っている、親しみやすい		3.96	0.76		3.92	0.84	
トレーニング効果があると思う		4.00	0.89		4.04	0.76	
楽しく取り組めた		4.29	0.69		4.33	0.68	
心身機能を鍛えるという目標が持てた		3.75	0.85		3.67	0.88	
トレーニングはうまくできた		3.38	0.87		3.50	0.70	
次はもっとうまくできる		3.88	0.91		3.92	0.83	
トレーニングに取り組んだ甲斐を感じた		3.96	0.71		4.00	0.84	
やってよかった、満足できたと感じた	▲	4.42	0.71	▽	4.21	0.64	+
自分の能力を見直すことができた		3.63	0.91		3.42	1.07	
トレーニングをこれからもしたい	▲	4.13	0.89	▽	3.71	0.97	*

は、満足度やモチベーションを高める可能性が示唆された一方で、トレーニング中の気分やトレーナの印象に負の影響を与えた。ポジティブなフィードバックを返すトレーナに対して好印象を感じ楽しく意欲的にトレーニングするという本研究の狙いとは異なる結果が示された一方で、わずらわしく感じるがトレーニングを頑張ろうという意識を引き出すトレーナエージェントのあり方に関する可能性も提示された。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）のCOI ストリーム課題「人がつながる 移動” イノベーション拠点」および、一部 JSPS 科研費 19K12090 の助成を受けたものです。

本研究の実施にあたって、実験をサポート頂いたパナソニック株式会社 山田様、横矢様、システム開発をサポート頂いた、DESIGN TOTTO 野村様、株式会社セック様、ならびに、実験に協力頂いた皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 構成労働省. 平均寿命と健康寿命 (e-ヘルスネット), 2022. <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/hale/h-01-002.html>.
- [2] インターリハ株式会社. 認知トレーニングエルゴメーター コグニバイク (型式:cb01), 2017. <https://www.irc-web.co.jp/cognibike>.
- [3] 山下裕太郎, 山下和馬, 黒飛陽平, 蓮井誠, 山内克哉. コグニバイクによる認知予防エクササイズが歩行・認知機能に及ぼす影響について. *理学療法科学*, Vol. 36, No. 4, pp. 491–494, 2021.
- [4] 山田和範, 横矢真悠, 山田陽滋. 住宅内を想定した高齢者向け歩行支援ロボットの提案. *信学技報*, Vol. 116, No. 306, pp. 25–30, Nov. 2016.
- [5] 渥美裕貴, 横矢真悠, 山田和範, 岡田直人, 汪雪テイ, 森田純哉, 上出寛子, 榎堀優, 間瀬健二. 心身マルチタスクトレーニングが高齢者の認知能力に与える影響の検証. *日本認知科学会第 35 回大会発表論文集*, Vol. 35, pp. 184–191, Aug. 2018.
- [6] 岡田直人, 渥美裕貴, 横矢真悠, 山田和範, 汪雪テイ, 森田純哉, 上出寛子, 榎堀優, 間瀬健二. 心身マルチタスク訓練による身体能力改善効果の検討. *信学技報*, Vol. 118, No. 95, pp. 61–66, June 2018.
- [7] Wijnand Ijsselsteijn, Yvonne De Kort, Joyce Westerink, Marko de Jager, and Ronald Bonants. Virtual fitness: Stimulating exercise behavior through media technology. *Presence Teleoperators & Virtual Environments*, Vol. 15, pp. 688–698, 12 2006.
- [8] David Simoni, Gaia Rubbieri, Marco Baccini, Lucio Rinaldi, Dimitri Becheri, Tatiana Forconi, Enrico Mossello, Samanta Zanieri, Niccolò Marchionni, and Mauro Di Bari. Different motor tasks impact differently on cognitive performance of older persons during dual task tests. *Clinical Biomechanics*, Vol. 28, No. 6, pp. 692–696, 2013.
- [9] Aaron F. Bobick and James W. Davis. Virtual pat: A virtual personal aerobics trainer. 1998.
- [10] Elaine Hatfield, John T Cacioppo, and Richard L Rapson. Emotional contagion. *Current directions in psychological science*, Vol. 2, No. 3, pp. 96–100, 1993.
- [11] Marille Stel and Ad Van Knippenberg. The role of facial mimicry in the recognition of affect. *Psychological Science*, Vol. 19, No. 10, p. 984, 2008.
- [12] 吉田直人, 今井達矢, 村上大斗, 岩田伸治, 米澤朋子, 榎堀優, 間瀬健二. 心身マルチタスクトレーニングにおける笑顔表情刺激を用いた認知反応課題がトレーニングの気分と意欲に与える影響の予備的検討. *電子情報通信学会技術研究報告, HCG シンポジウム 2021*, 2008.
- [13] Paul Ekman, et al. Basic emotions. *Handbook of cognition and emotion*, Vol. 98, No. 45-60, p. 16, 1999.