



# ヒューマンロボットインタラクションにおける ロボット動作の VR 映像によるユーザの印象評価の有効性

Users' Impression for Robot motion conveyed by VR movie  
in Human-Robot Interaction

伊豆井尊宗<sup>1)</sup>, ベンチャー ジェンチャー<sup>1)</sup>  
Takamune IZUI, and Gentiane VENTURE

1) 東京農工大学 工学府機械システム工学専攻 ベンチャー研究室  
(〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16, venture@cc.tuat.ac.jp)

**概要:** 本研究では、ロボットの印象評価実験のコストを削減することを目指し、実環境実験や他の動画実験と比較し、ロボット動作の VR 映像がユーザにどのような印象を与えるかを評価することを目的とする。360 度カメラを用いて 2 種類のヒューマノイドロボットの動作を撮影し、CH-33 を用いて 25 人から定量的な印象評価を取得した。先行研究での結果と比較し、VR 動画が与える印象はロボットの種類によって異なる性質を持つことが分かった。

**キーワード:** ユーザインターフェース, Human-Robot Interaction

## 1. はじめに

かつて空想上の存在であったロボットも、今では日常生活の一部となっている。独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) と経済産業省が発表した推計によると、2035 年にはサービスロボットの市場が日本において 5 兆円にも達すると期待されている[1]。人間に日々の支援を提供するためには、ロボットが人間の環境に適応するための技術が必要である。特にサービスロボットには、コミュニケーションの中で適切に人間の要求を読み取る能力が重要である。現在のところ、ロボットのコミュニケーション能力においては十分ではなく改善が必要だとされている。人間同士のコミュニケーションでは、非言語コミュニケーションが重要である[2]。人間は単に非言語的な手がかりを読み取っているだけではなく、その中から他人の感情を知覚し自身の感情を表現することによって、他者とのよりよい関係を構築している。このような能力は「emotional intelligence」と呼ばれている[3]。この能力は人間だれしもが持っているものであり、人間との円滑なコミュニケーションのためにロボットにも同様の能力が期待されている。

これまで、研究者は特定の用途ごとにロボットの動作を生成し、その限定された範囲における動作の有効性を確認するための実験を行ってきた。制限された実験室実験では必ずしも実環境のシナリオを反映していないにも関わら

ず、ほとんどの実験は実験室環境で行われている。実環境で実験を行うことは Bernotat らの研究[4]で報告されているように、ロボットの有効性を評価するのに理想的だといえる。しかしながら、実環境で実験を行うことは困難である。十分な数の被験者を集めて実験を行うためには、時間、場所、費用など大きなリソースが必要となる。

先行研究[5]では、効率よく被験者を獲得するために実験動画を Web 上に公開することによる実験の効率化を図り、動画実験によって得られたロボット動作に対するユーザの印象評価が、実環境によるものとどの程度異なるかについて調査した。その結果、モータ音による影響が少ない環境において、実際のロボットが動作によってユーザに与える印象を動画実験を用いて予測できる可能性が示唆された。

ここで、近年盛んに研究されている仮想現実 (Virtual Reality: VR) の利用について考える。PSVR (Sony 社) や Oculus Go (Facebook Technologies 社) といった、VR 映像を家庭で利用できる様々な機器が既に市場に出回っている。また Youtube には自身のスマートフォンと簡易なゴーグル型デバイスを用いて気軽に VR 映像を鑑賞できる機能が存在する。このような VR 技術が様々な用途に応用され始めている。研究では、ロボットの遠隔操作に VR 技術を応用する研究が多く見られる[6]が、商用利用においても様々な提案がなされている。株式会社パルコは VR ショッ

ピングコンテンツを開発、洋服売り場を仮想空間内で再現し新たな購買手法の提案を目指している[7]。近い将来、すべての人々が気軽に VR 技術によって現実世界をより豊かなものにしていくであろうと考えられる。

この VR 技術を本研究に適用することを考える。VR 動画は、単純な 2 次元動画と比較し、動画作成が難化する代わりにより実環境に近い体験をユーザに提供できると考えられる。この実環境に近い体験によって、実環境での実験に代替できるものになり得る期待がある。しかしながら、実際のロボット動作の印象を評価するために VR 技術を応用したものは前例がなく、調査の必要がある。

そこで本研究では、先行研究で行った動画実験を VR 動画を用いて行い、実環境実験や他の 2 次元動画との実験と比較し、印象評価に対する有効性を評価することを目的とする。

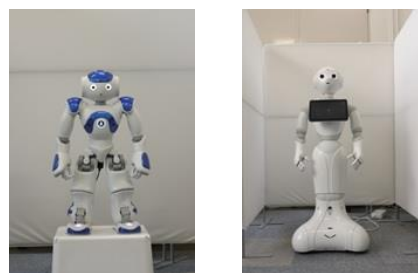
## 2. VR 動画実験

VR 動画作成のため、本研究では全天球動画が撮影できる THETA (リコー社) を用いた。先行研究での実環境実験において被験者がロボットを観察していた位置に THETA の球形レンズを配置し、先行研究で使用した 2 種類のヒューマノイドロボット、NAO と Pepper の動作を録画した (図 1)。録画した動作は先行研究ものと同じである。

この 2 種類のヒューマノイドロボットは共通のアプリケーションプログラミングインタフェース (Application Programming Interface: API) によって動作生成を行うことが可能である。本実験では ALAnimatedSpeech という API を用いる。この API を用いることで、入力された文字列から機械的に生成された音声をロボットが話し、同時に内容に合わせた全身動作をロボットが行うことができる。ALAnimatedSpeech API によって約 1 分間の全身動作を生成し、角度の時系列データを取得することで基準となる全身動作 (Motion 1) を生成した。次に取得した全身の角度データから異なる動作を生成する。取得された角度データを半分にすることで故意に全身を強張らせた動作 (Motion 2) を生成した。また取得した角度データの内、首の動きに関するデータを除去し首が動かない動作 (Motion 3) を生成した。同様に脚が動かない動作 (Motion 4)、首と脚が動かない動作 (Motion 5) を生成した。

動画はすべて Youtube にアップロードし、先行研究の動画実験と同様誰もがアクセスできるような環境を整えた。しかしながら、まだ現時点では Youtube の VR 動画視聴が一般的でないことから、スマートフォンと VR 動画視聴のためのゴーグル型デバイスは被験者に貸与し実験を行った。このとき実験を行った場所については、実験室で行ったものも存在するが、実験設備としてはどの環境でも実験可能であったことから、カフェスペースなどで行ったものも存在し、制限されていない。

生成した印象評価を定量的に取得する方法として、今



(1) NAO

(2) Pepper

図 1: 実験に使用したヒューマノイドロボット

回はヒューマノイドの心理的安心感評価尺度 (CH-33) を用いる[8]。これは 33 個の質問から安心感の要素である 6 つの因子 (高性能 Performance, 心理的受容 Acceptance, 信頼性 Toughness, 統制可能性 Harmlessness, 人間らしさ Humanness, 実体性 Agency) についての評価点を最小 1, 最大 7 として算出するアンケートである。

### 2.1 実験の流れ

実験の流れも、先行研究と同様の物となっている。アンケートは Google Form (Google 社) アプリケーションを使用して作成した。以前行った我々の研究[9]のよって、ユーザの文化的背景がロボット動作の印象評価に影響があることが示されている。先行研究が日本人のみを対象としたことから、文化的背景による影響を考慮し、本実験についても日本人のみを対象として行った。それぞれのアンケートはすべて日本語で記載し、我々のソーシャルメディアを通じて被験者を募った。

被験者は実験の説明を読み、データ収集に同意した。音の影響を無視するために、被験者には自身のデバイスのあらゆる音声を消すよう求めた。また、一時停止や繰り返し再生など動画に関する行動についても制限している。動画を見終えると、被験者はアンケート回答ページへと進む。アンケート回答中、被験者はロボットの動画を見ることができないようになっている。

### 2.2 実験条件

- ・ 被験者: 20 歳から 26 歳まで (平均 22.4 歳) の 25 人 (男性 20 人, 女性 5 人)
- ・ 実施期間: 2018/10/11-2018/11/30

本実験でも先行研究と同様、ロボットに対するそれまでの経験に制限を設け、また以前に他の条件での実験を行っていない被験者を募集した。

## 3. 実験結果

被験者の VR 動画視聴に関する経験などを確認する項目によって、被験者が過度に VR に慣れ親しんでいたりなど経験に差がないことを確認した。

表 1 に"VR"によって得られた印象評価の平均値と標準偏差を示し、表 2 に one-way ANOVA により先行研究における実環境実験 ("Real") や 2 種類の動画実験 (実機を録画した "Recorded" とシミュレーション映像を用い

表 1: VR 動画実験における CH-33 による被験者の印象評価

Motion	Performance	Acceptance	Toughness	Harmlessness	Humanness	Agency
Nao 1	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
Nao 2	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
Nao 3	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
Nao 4	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
Nao 5	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
Pep 1	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
Pep 2	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
Pep 3	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
Pep 4	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
Pep 5	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65

た”Avatar”) と比較した場合の差の検定における p 値を示す。これ以降、NAO が添え字 x の動作(Motion x)を行った場合を Nao x, Pepper が添え字 x の動作を行った場合を Pep x と表記する。また比較結果の例として、図 2 に NAO と Pepper の Motion 5 における心理的受容 (Acceptance) の "Real", "Recorded", "Avatar" との比較結果のグラフを示す。

ここで、"VR"と比較した場合のそれぞれのロボットごとの有意差に着目する。NAO の動作による結果では、Real-VR 間の比較によってのみ有意差が認められたが、VR-Recorded 間、VR-Avatar 間の比較では有意差が認められなかった。しかしながら Pepper の動作による結果では、Real-VR 間の比較では有意差が認められず、VR-Recorded 間、VR-Avatar 間の比較では有意差が認められた。これは、NAO の VR 動画は 2 次元動画に近い性質を持ち、Pepper の VR 動画は実環境に近い性質を持っていることができ、ロボット間で VR 動画の性質が異なっていることを示している。これは、他の 4 条件同士の比較では見られなかった性質である。このことから、VR 動画が実環境に近い印象を与えられるかどうかは、どのロボットを用いるかに依存すると考えられ、今後様々なロボットへの適応を考えている本研究の目的には適さない結果であるといえる。

この結果は、本研究にとっては有益な結果ということではできなかったが、現在行われている VR 技術に関する HRI 研究にとっては与える影響は大きいと考えられる。前述のとおり現在は行われていないものの、VR 技術の発展に伴いヒューマノイドロボットを始めとするサービス

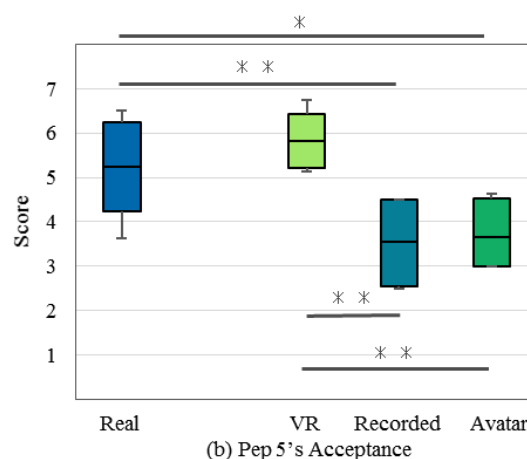
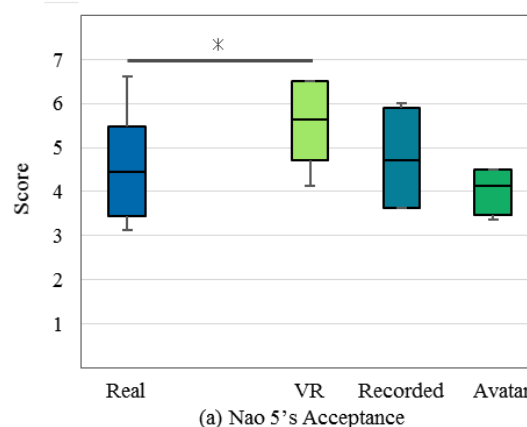


図 2: Motion 5 を観察した被験者の Acceptance に対する印象評価の比較。

表 2: 先行研究 (“Real”, “Recorded”, “Avatar”) と比較した VR 動画による印象評価 (“VR”)

Motion	VS	Performance	Acceptance	Toughness	Harmlessness	Humanness	Agency
Nao 1	Real	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
	Recorded						
	Avatar						
Nao 2	Real	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
	Recorded						
	Avatar						
Nao 3	Real	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
	Recorded						
	Avatar						
Nao 4	Real	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
	Recorded						
	Avatar						
Nao 5	Real	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
	Recorded						
	Avatar						
Pep 1	Real	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
	Recorded						
	Avatar						
Pep 2	Real	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
	Recorded						
	Avatar						
Pep 3	Real	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
	Recorded						
	Avatar						
Pep 4	Real	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
	Recorded						
	Avatar						
Pep 5	Real	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65	4.44 ±0.65
	Recorded						
	Avatar						

ロボットの印象評価を VR 技術を用いて行う研究およびビジネスが興ることは容易に想像できる。このような近未来に先んじて本研究は、単に VR 技術を投じるのみでは有益な結果は得られない可能性があることを示唆できたといえる。もちろん、さらなる VR 技術の発展により実環境と等価の体験を提供できるようになる可能性もあるが、この発展のためにも本研究の結果が基盤となり得るといえる。

#### 4. まとめ

本実験では、近年盛んに研究されている仮想現実 (VR) の技術に着目した。VR 動画は単純な 2 次元動画と比較し、動画作成が難化する代わりにより実環境に近い体験をユーザに提供できると考えられ、VR 動画を用いた実験による印象評価が実環境実験や他の 2 次元動画実験とどのように異なるかを調査した。

全天球動画が撮影できる THETA (リコー社) を用い、実環境実験での実験において被験者がロボットを観察していた位置に THETA の球形レンズを配置し、NAO と Pepper の動作を録画した。動画はすべて Youtube にアップロードし、他の動画実験と同様誰もがアクセスできるような環境で実験を行った。

先行研究との比較結果によって、VR 実験の印象評価が

ロボットの種類によって傾向が異なることが示された。これは、VR 動画が実環境に近い印象を与えられるかどうかは、どのロボットを用いるかに依存すると考えられ、今後様々なロボットへの適応を考えている本研究の目的には適さない結果であるといえる。この結果は、本研究にとっては有益な結果ということではできなかったが、今後発展してゆくであろう VR 技術を用いた印象予測研究に先んじて、単に VR 技術を応用するのみでは有益な結果は得られない可能性があることを示唆できたといえる。

#### 参考文献

- [1] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構, “プレスリリース「ロボットの将来市場予測を公表」,” 2010.  
[http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5¥\\_0095.html](http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5¥_0095.html).  
(参照日: 2019 年 5 月 9 日) .
- [2] Vargas, Marjorie Fink. Louder than words: An introduction to nonverbal communication. Iowa State Pr, 1986.
- [3] Salovey, Peter, and John D. Mayer. "Emotional intelligence." *Imagination, cognition and personality* 9.3 (1990): 185-211.
- [4] Bernotat, Jasmin, and Friederike Eyssel. "A robot at

- home—How affect, technology commitment, and personality traits influence user experience in an intelligent robotics apartment." 2017 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN). IEEE, 2017.
- [5] IZUI, Takamune; VENTURE, Gentiane. 快活な動作を行うロボットに対する印象の予測モデルの開発. 2016.
- [6] Zhang, Tianhao, et al. "Deep imitation learning for complex manipulation tasks from virtual reality teleoperation." 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2018.
- [7] パルコ株式会社, “プレスリリース「新生渋谷 PARCO での新たなショッピング体験創出を目指し VR を活用した「2020 年の買い物体験」を提案」,” 2018. <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000712.000003639.html>. (参照日 : 2019 年 5 月 9 日) .
- [8] Kamide, Hiroko, et al. "New measurement of psychological safety for humanoid." 2012 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI). IEEE, 2012.
- [9] Izui, Takamune, et al. "Expressing emotions using gait of humanoid robot." 2015 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN). IEEE, 2015.