

親和性のあるロボットデザイン —Virtual Robot による機能的デザインの評価—

大塚 庄一郎*1 小松 孝徳*2 米田 隆志*1

*1 芝浦工業大学 *2 公立はこだて未来大学

1. はじめに

近年、家庭向けロボットの研究開発が盛んに行われ、既にいくつかのロボットが販売されている。近い将来、ロボットは一般の人間により近い存在となり、人間と同じ動作空間を共有するようになることが予想される。しかし、産業用ロボットに代表される従来型のロボットに求められるものは、作業を的確に精度よく遂行することであり、人間から隔離された環境で使用されることを前提としているため、人間との親和性を持ち合わせていない。そのためロボットが人間と同じ動作空間を共有するためには、人間との間に親和性のある新しいロボットデザインを考える必要がある。またロボットデザインには、既存の工業製品に見られるスタティックデザインと共にダイナミックデザインの 2 つのデザイン要素が必要となる。ここで、スタティックデザインとはロボットのフォルムやカラー、素材感といったデザイン要素のことで、ダイナミックデザインとは動作軌道やその速度といったロボットが動作することで明らかになるデザイン要素のことを指す。

本研究では、3DCG により Virtual Robot Model を作成し、スタティックデザインとダイナミックデザインの整合性および機能的なロボットデザインの評価を、認知的指標・生理的指標を用いて行った。Virtual Robot Model を使用することにより、現時点では実現されていない開発段階のタスクをロボットに実行させることが可能となる。

2. Virtual Robot Model

三菱重工社製のホームロボット“wakamaru” [1] をベースにハンド形状の異なる 2 種類のロボットモデルを作成した。1 つはヒト型のハンドを持つロボットモデルで、もう 1 つはプレート型のハンドを持つロボットモデルである。

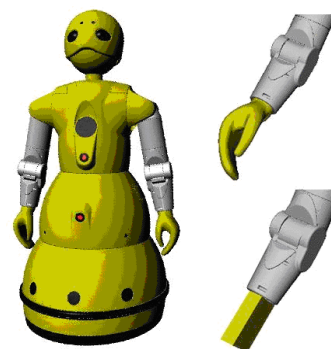


Fig.1 Virtual Robot Model

モデルの全体 (左)

ヒト型ハンド(右上)・プレート型ハンド(右下)

3. 機能的デザイン評価実験

3.1 実験方法

実験はまず、スタティックな状態の Virtual Robot Model をスクリーンに投影すると共に実験の概要を説明し、動作をしていないロボットの印象についてアンケート調査を行う。その後、被験者は投影された Virtual Robot Model に対して音声による指示を与え、ロボットにタスクを実行させる。本実験では、3DCG で作成した生活空間に Virtual Robot Model を配置し、このロボットが食べ物の乗せられたトレーを被験者の近くまで運ぶ作業を行う。今回は、この作業を最後まで正確に遂行する場合と、途中でトレーを落下する場合の 2 通りを用意した。Virtual Robot Model と被験者がインタラクションを行う際、生理的指標として心電測定を行う。インタラクション終了後、ダイナミックデザインを加味したアンケート調査を行う。

実験は、20 名の学生 (平均年齢 19.6 歳) が参加し、5 人ずつのグループに分け、各グループの被験者には以下に示すモデルを用いて行った。

Table.1 実験で使用したモデル

	ハンド形状	作業
モデル①	ヒト型	正確に遂行
モデル②	ヒト型	途中でトレーを落下
モデル③	プレート型	正確に遂行
モデル④	プレート型	途中でトレーを落下

Shoichiro OTSUKA*1, Takashi KOMEDA*1
Takanori KOMATSU*2

*1Shibaura Institute of Technology

*2Future University Hakodate

3.2 実験結果

(1)心拍変動

実験中の心電測定データから R-R 間隔を抽出し、呼吸性変動 (RSA) および心拍性変動 (MWSA) の解析を行った。そして、MWSA が RSA よりも大きな値を示したとき、被験者が緊張状態にあるとみなした[2]。取得したデータを、作業中にロボットがトレーを落下するポイントを通るタイミングを境に実験前半と実験後半に分け、それぞれ緊張状態にあった時間の割合を算出した。

Table. 2 実験中の緊張状態にあった時間の割合の平均

	実験前半	実験後半	前後半の変化
モデル①	42.2 %	35.4 %	-6.7 %
モデル②	40.0 %	58.2 %	18.2 %
モデル③	84.4 %	49.3 %	-35.1 %
モデル④	74.0 %	63.6 %	-10.4 %

まず、ハンド形状の違いと緊張状態の関係を、実験前半のデータより検証するため、等分散検定を行い同一母分散であること確かめ、t 検定を行った。

$$t=5.38>2.101=t(18,0.05)$$

この結果、ハンド形状の違いが緊張状態に影響を与えていることが確認された。

続いて、実験前半と後半の緊張状態の変化について検証する。モデル②において実験後半に緊張状態が増した被験者数は、5人中4人であったのに対し、他のモデルは1人以下であった。ここで、モデル②とモデル④について因子 A をハンド形状、因子 B を実験の前後半として 2 要因の分散分析を行い、交互作用 AB を検証した。

$$F(1,8)=10.69, p<.05$$

この結果、ハンド形状の違いと実験の前後半に交互作用が有意であることが確認された。

(2) 認知的指標

2 度のアンケート調査で得られた 28 項目からなるデータの因子分析を行った。因子分析は、「このロボットは近づきやすいですか?」などの 7 項目を親和性に、「このロボットは賢いですか?」などの 14 項目を機能性に、「このロボットは積極的ですか?」などの 7 項目を積極性にそれぞれ振り分けた。

まず、ハンド形状の違いと第一印象の関係を検証した。その結果、3 因子いずれに対しても、第一印象に有意差は見られなかった。

次に、インタラクションを行うことによる、ロボットに対する印象の変化を検証した。この結果、

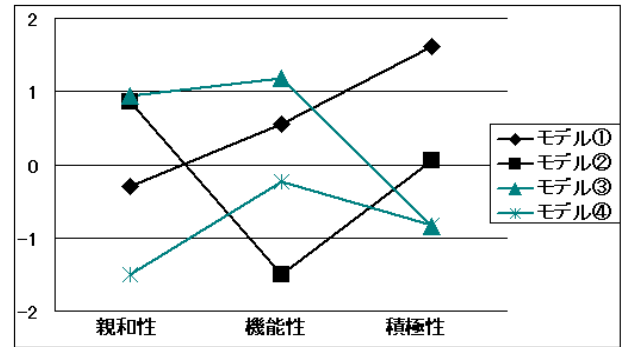


Fig. 2 ロボットとのインタラクション前後のロボットに対する印象の変化

モデル①と②の間で機能性の有意差、モデル③と④の間で親和性の有意差がそれぞれ認められた。

3.3 考察

認知的指標におけるロボットの第一印象では、ハンド形状の違いによる印象の有意差は認められなかった。一方、心拍変動解析ではハンド形状の違いによる緊張状態の有意差が認められた。これは被験者が、実験環境の中で、与えられたタスク達成に必要なロボットのスキルには疑問を持たないが、潜在的にロボットモデルに対し、違和感を持ちながらインタラクションを行ったと考えられる。つまり被験者は、プレート型ハンドのロボットに対し、無意識的に不安を感じていたと言える。

また、ヒト型ハンドのロボットがトレーを落下した後に被験者の緊張状態が増加するのは、タスクの成功を見込んでいたロボットが、タスクを失敗したことに対する驚きやその後の動作に対する不安感と考えられる。一方、プレート型ハンドのロボットがトレーを落下した後も被験者の緊張状態は増加しなかった。これは、ロボットのタスク成功に疑問を持っていた被験者が、想像通りの失敗に対する諦めの結果であると考えられる。

以上のことから、ロボットをより機能的に見せることは、使用者の安心と期待につながる一方で、タスクを失敗した時の落胆が大きくなる。ロボットデザインにおいては、スタティックデザインとダイナミックデザインの整合性を高めることが必要となると考えられた。

参考文献

- [1] <http://www.mhi.co.jp/kobe/wakamaru/>
- [2] 小松孝徳・大塚庄一郎・植田一博・米田隆志・岡夏樹(2004). ヒューマン・エージェント・インタラクションにおける自然なコミュニケーション状態の推定, 日本認知科学会第 21 回大会発表論文集, pp.64-65