

# ロボットが触れられた際の反応時間設計に関する検証

久保田侑<sup>†1,2</sup> 木本充彦<sup>†1,3</sup>, 飯尾尊優<sup>†1,4,5</sup>, 下原勝憲<sup>†1,2</sup>, 塩見昌裕<sup>†1</sup>

**概要:** 人とロボットが関わりあう中で、人からの各種働きかけに対するロボットの反応時間設計は、より自然なインタラクションを行うために欠かせない要素である。これまでに、ロボットが人に話しかけられて反応するまでの時間の違いがもたらす印象の変化や、肩に触れられてから振り向くまでの反応時間の違いがもたらす印象の変化などの検証が行われてきた。一方それらの研究では、主に秒単位の反応時間による影響が検証されていた。そこで本研究では、ロボットに対する接触行為への反応動作設計に必要な、触れられてから反応するまでの時間と、振り向き始めてから振り向き終わるまでの時間の、2種類の時間に関する調査を、より細かい時間単位（200 ミリ秒程度）で行った。過去に行われた「肩に触れられてから振り向くまでの反応時間の違い」に関する研究では、反応時間が0秒と1秒の間には印象の差はほぼ無かったことが報告されていたが、本研究の結果、その間の反応時間において人々の印象が有意に変化することが示された。

## 1. はじめに

ロボットが人からの働きかけに対して行う反応動作の設計は、人に対してより自然な印象を与えるために重要な要素となる。そのため、過去の研究ではロボットが人に話しかけられて反応するまでの時間の違いがもたらす印象の変化や[1], 肩に触れられてから振り向くまでの反応時間の違いがもたらす印象の変化などの検証が行われている[2]。

しかしながら、それらの研究では、主に秒単位の反応時間による影響が検証されていた。これに対し、人間自体の反応時間はより細かい時間単位（50~200 ミリ秒程度）であることが明らかになっており[3-6], ロボットの反応時間設計についても同様に細かい時間単位を考慮することが重要であると考えられる。

そこで本研究では、人がロボットの肩をたたいて呼びかけた状況を想定し、2種類の反応時間（1. 振り向くまでの時間, 2. 振り向き始めてから振り向き終わるまでの時間）を200 ミリ秒単位で変化させて印象がどのように変化するかを検証を行った。

## 2. 実験

本研究では、より正確に反応時間の違いを評価するため、ロボットが指定された時間で振り向く様子をビデオに撮影し、アンケートを通じてその印象を評価する。

### 2.1 ビデオ刺激

本研究では、小型のテーブルトップ型ロボット Sota を用いてビデオ刺激を作成した（図1）。ビデオでは、静止している Sota の肩部分を人が軽く叩き、指定された反応時間に応じて振り向く様子が記録された（図2）。

### 2.2 反応時間の設計

本研究では、Sota が肩を叩かれてから振り向くまでの時間と、振り向き始めてから振り向き終わるまでの時間の2種類を変化させてビデオ刺激を作成した。Sota が肩を叩かれてから振り向くまでの時間は、0秒~1秒間を0.2秒間刻みで変化させ、振り向き始めてから振り向き終わるまでの時間は0.2秒~1秒間を0.2秒間刻みで変化させた。前者の時間において0秒を用いた理由は、将来的に人がロボットに触れようとする動作の予測を行うことで、触れる瞬間の時間を正確に推定することが可能になると考えたためである。一方、後者の時間において0秒を用いなかった理由は、触れた瞬間に振り向き終わっている動作は、物理的に再現が困難なためである。合計で30個の反応時間が異なるビデオを準備した。

### 2.3 被験者

本実験に参加した被験者は合計で246人（男性120人、女性123人、回答しない3人）であった。被験者の募集にはWEBサービス（Google form）を用いた。



図1 Sota

†1 ATR

†2 同志社大学

†3 慶應義塾大学

†4 筑波大学

†5 国立研究開発法人化学技術振興機構, さきがけ

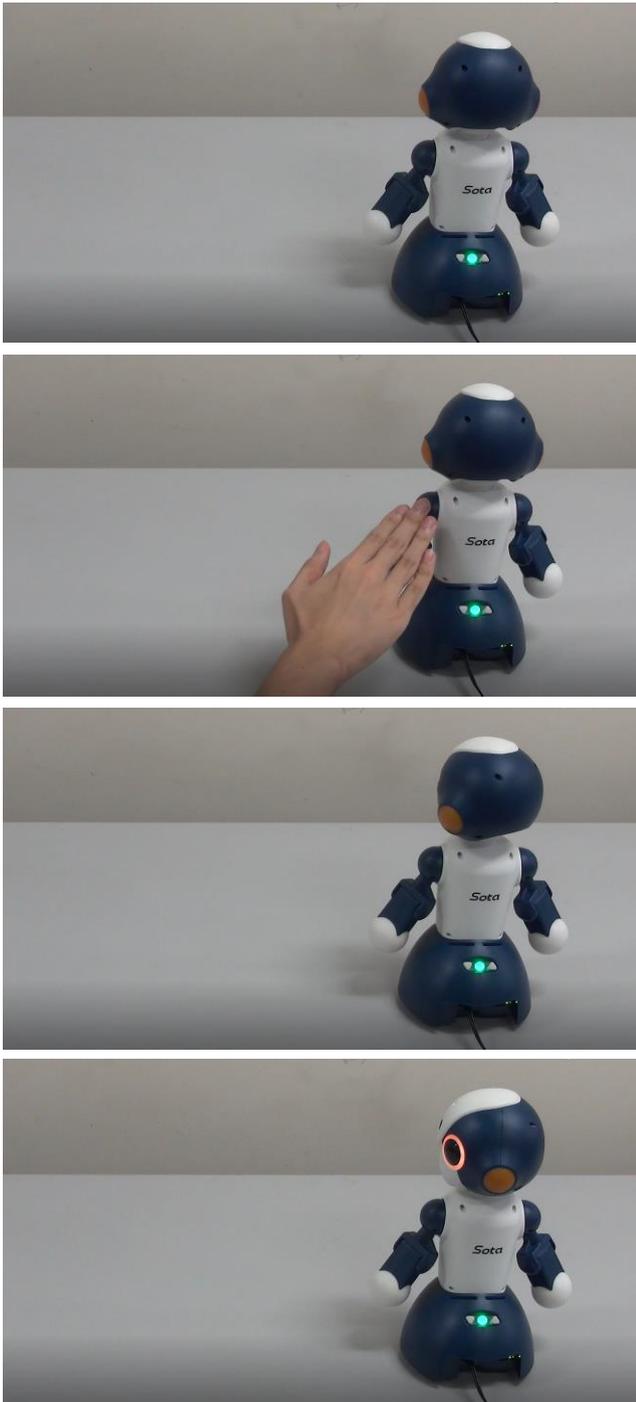


図2 実験に利用したビデオ刺激

## 2.4 実験手順および評価項目

本実験では、各被験者は各ビデオを観察した後、振り向き動作における自然さに関する印象を 10 段階で評価した (1: ととても不自然, 10: ととても自然)。ビデオの順番は、偏りが起きないようにカウンターバランスを考慮して決定した。

## 2.5 実験結果

各評価項目の結果を、図3に示す。振り向きまでの時間 (Before) 要因と振り向き始めてから振り向き終わるまでの時間 (After) 要因による 2 要因分散分析を行った結果、

Before 要因 ( $p<.001$ )、After 要因 ( $p<.001$ )、及び交互作用 ( $p<.001$ ) に有意な差が見られた。

Before 要因に対する多重比較を行った結果、0.2 秒と 0.4 秒が他の秒数よりも全て有意に高い評価となった ( $0.2, 0.4>0.6, 0.8, 1.0$ , 全て  $p<=.001$ )。After 要因に対する多重比較を行った結果、0.4 秒と 0.6 秒が他の秒数よりも全て有意に高い評価となった ( $0.4, 0.6>0.2, 0.8, 1.0$ , 全て  $p<=.001$ )。

交互作用に関する多重比較においても多数の有意差が見られたため、ここでは各 Before 要因において自然さの印象に対するピークが発生した、After 要因が 0.4~0.6 秒の部分における分析結果のみを記載する。多重比較の結果、After 要因が 0.4 秒の際、Before 要因における以下の比較において有意差が見られた: 0.6 秒>0 秒, 0.8 秒, 1 秒。0.2 秒+0.4 秒+0.8 秒>0 秒, 1 秒。After 要因が 0.6 秒の際、Before 要因における以下の比較において有意差が見られた: 0.2 +0.4 秒>0 秒, 0.8 秒, 1 秒。0.6 秒>1 秒。なお、After 要因が 0.4 秒~0.6 秒において評価の高かった上位 3 種類の Before 要因 (0.2 秒, 0.4 秒, 0.6 秒) において、After 要因の 0.4 秒と 0.6 秒の間に全て有意差は見られなかった。

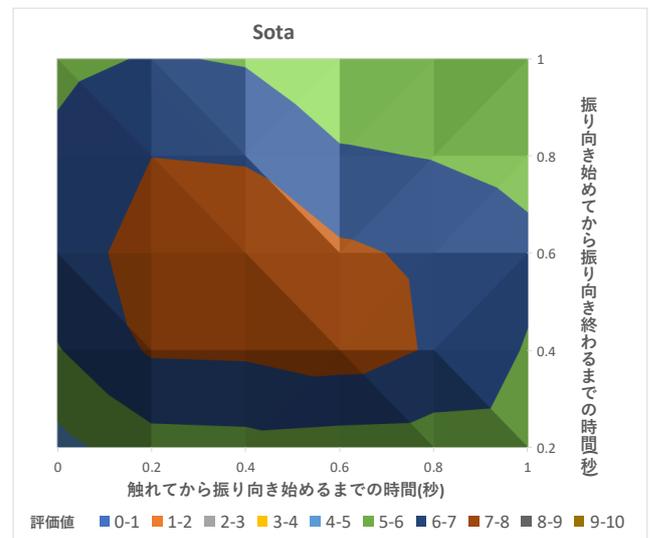
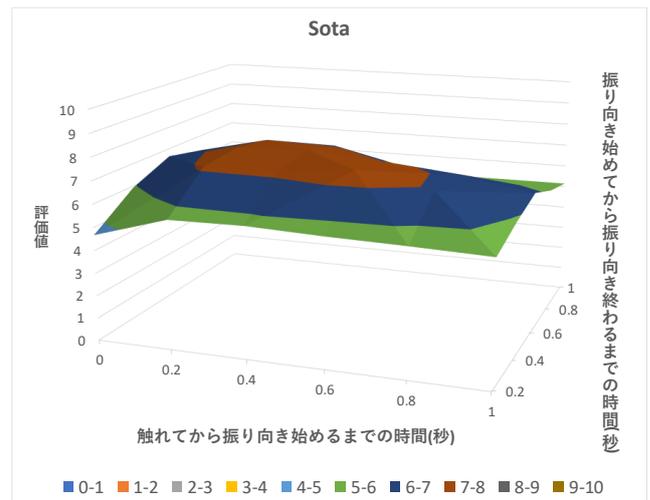


図3 実験結果

## 2.6 実験結果のまとめ

実験結果から、Sota が触れられた際の反応時間として、触れられてから反応するまでの時間：0.2 秒~0.6 秒，振り向き始めてから振り向き終わるまでの時間：0.4 秒~0.6 秒の間が望ましいことが示唆された。

## 3. おわりに

人とロボットが関わりあう中で，人からの各種働きかけに対するロボットの反応時間設計は，より自然なインタラクションを行うために欠かせない要素である．本研究では，ロボットに対する接触行為への反応動作設計に必要となる，触れられてから反応するまでの時間と，振り向き始めてから振り向き終わるまでの時間の，2 種類の時間に関する調査を行った．

実験の結果，Sota が触れられた際の反応時間として，触れられてから反応するまでの時間：0.2 秒~0.6 秒，振り向き始めてから振り向き終わるまでの時間：0.4 秒~0.6 秒の間が望ましいことが示唆された．今後，異なるロボットを用いて同様の反応時間の計測・比較を行い，利用するロボットに応じた適切な反応時間を計算可能にする取り組みを進める予定である．

**謝辞** 本研究の一部は JST, CREST, JPMJCR18A1 の助成を受けたものです．

## 参考文献

- [1] T. Shiwa, T. Kanda, M. Imai, H. Ishiguro, and N. Hagita, "How Quickly Should a Communication Robot Respond? Delaying Strategies and Habituation Effects," *International Journal of Social Robotics*, vol. 1, no. 2, pp. 141-155, 2009.
- [2] M. Shiomi, T. Minato, and H. Ishiguro, "Subtle Reaction and Response Time Effects in Human-Robot Touch Interaction," in *International Conference on Social Robotics*, pp. 242-251, 2017.
- [3] F. Galton, "Exhibition of instruments (1) for testing perception of differences of tint, and (2) for determining reaction-time," *The Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, vol. 19, pp. 27-29, 1890.
- [4] A. T. Welford, *Reaction times*: Academic Pr, 1980.
- [5] J. Brebner, "Reaction time in personality theory," *Reaction times*, pp. 309-320, 1980.
- [6] E. S. Robinson, "Work of the integrated organism," *Handbook of general experimental psychology*, pp. 571-650, 1934.