

卒業研究発表会

生物性を実装したロボットのミスに対する許容度

2015.2.10

大阪工業大学 情報科学部 情報メディア学科

ヒューマンインタフェース研究室

C11-067 西島 智史, C11-069 西村 佑太

背景

- 従来, ロボットは産業用ロボットなどとして特殊環境で使用されることが多かった
- 近年, ロボットは家庭にも普及しており, 我々にとって身近なものになってきている
 - ルンバ*, Pepper**...



*iRobot, Roomba, <http://www.irobot-jp.com/>

**softbank, Pepper, <http://www.softbank.jp/robot/products/>

問題点

- 家庭で使用されるロボットは、様々な家庭環境に適応する必要がある



- 予期せぬ誤動作が起きてしまう可能性がある
 - ユーザのストレスが増加
 - ユーザのロボットに対する印象の低下

研究の目的

- ロボットが軽微な誤動作を起こしてしてしまった時

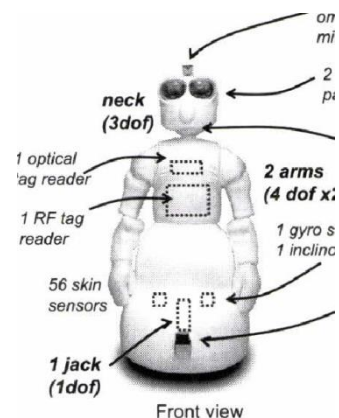


- ロボットの振舞いに生物性を持たせることで、ロボットの誤動作に対するユーザの不快を軽減させ、ロボットとユーザとのインタラクションを向上させることができるのではないか

ロボットの振舞いが持つ力

• 関連研究

- 生物的な振舞いを行うロボットはユーザのロボットに対する好意が向上する*
- ユーザにとって親しみやすい振舞いを行うロボットは、社会的に受け入れられる**



*中田 亨.ロボットの対人行動による親和感の演出.日本ロボット学会誌Vol15 No.7, pp.1068~1074,1997.

**光永法明. 人々の中で日常的に活動するロボットに求められる三つの基本要素, 日本ロボット学会誌, Vol.26, No.7, pp.812~820(2008)

人工物の振舞いの解釈

- 人間は, 人工物の振舞いを“スタンス”を使い分けて理解している*
- **意図スタンス**
 - 振舞いに感情を付与して理解する
 - ロボットが異なる振舞いをした際に
 - ロボットの感情, 意図によって振舞いが異なると理解する**
- **設計スタンス**
 - 振舞いを設計面から理解する
 - ロボットが異なる振舞いをした際に
 - プログラムの構造が異なると理解する**
- **物理スタンス**
 - 振舞いを物理的性質や物理法則から理解する

*Daniel C. Dennett. The Intentional Stance. Cambridge, Mass, Bradford Books/MIT Press, 1987.

**寺田 和憲, 伊藤 昭: 人間はロボットに騙されるか? -ロボットの意外な振舞は意図帰属の原因となる-, 日本ロボット学会誌, Vol. 29, No. 5, pp. 43-52 (2011)

仮説

- 仮説1

- ロボットの振舞いに生物性を実装することでユーザの好意が向上し、誤動作に対する許容度が向上する。

- 仮説2

- 実験参加者のスタンスの違いによって許容度には差がある

- **意図スタンス**

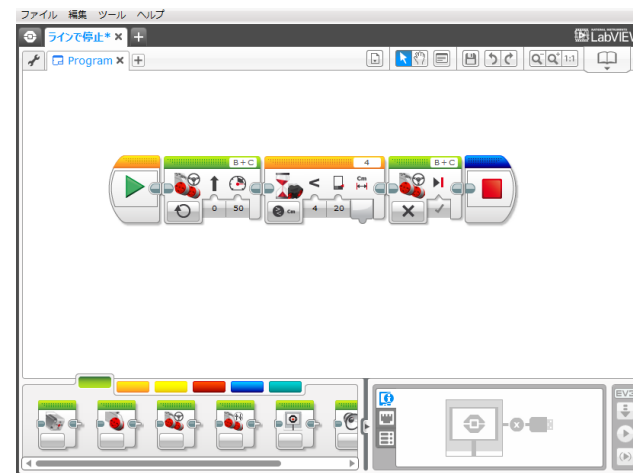
- 誤動作に対し、失敗、ミス(ロボットの過失)と捉え、許容できる

- **設計スタンス**

- 誤動作に対し、設計上のミスと捉え、許容できない

開発環境

- 使用機器
 - レゴマインドストームEV3
- 使用ソフトウェア
 - EV3ソフトウェア (LabVIEW)
- プログラミング環境
 - 製品名: MDV-AGG9270B
 - OS: Windows7 Home Premium 64bit
 - CPU: Intel®Core™i7 960 3.20GHz
 - メモリ: 12.00GB
 - GPU: NVIDIA®GeForce® GTX560 /1GB



予備実験

- 予備実験により生物性の高い振舞いを選定
- 実験参加者
 - 大阪工業大学の学生9名
 - 男性 4名
 - 女性 5名
- 実験内容
 - EV3が机上にある物体を捕獲するまでの振舞いを実験参加者に見てもらい, 7段階評価のアンケート(生物性3項目, 親近性3項目)を行う
- 予備実験結果
 - 本実験に使用する生物性の高い振舞いを選定した
 - 生物性と親近性に正の相関が見られた(相関係数:0.53)



本実験 -条件-

- 生物性を実装しない(等速直線運動, 惰性停止)条件を統制条件とした
- 予備実験で選定した, 生物性の高い振舞いの4条件
- 4つの条件のうち, 同時に実装可能な振舞いを組み合わせた5条件

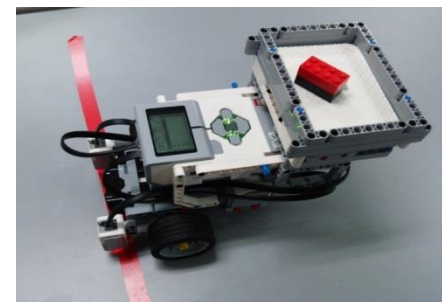
| 条件 |
|-------|
| 統制条件 |
| 蛇行条件 |
| 減速条件 |
| 加速条件 |
| 急停止条件 |

| 組み合わせ条件 |
|-------------|
| 蛇行+減速条件 |
| 蛇行+加速条件 |
| 蛇行+急停止条件 |
| 加速+急停止条件 |
| 蛇行+加速+急停止条件 |

本実験 -実験手順-

• 実験内容

- 実験参加者2名がEV3を使用してブロックの運搬を行い、指定されたブロックを組み立てるというタスクを行う



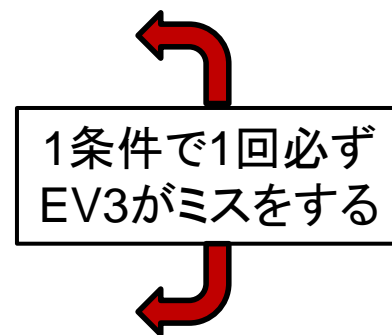
(実験参加をA,Bとする)

1. Aはブロック置き場でブロックを1つ取り、組み立てる
2. AはブロックをEV3の荷台に置く
3. EV3はブロックを認識し、Bに向かって動き出す
4. EV3はB前の赤テープの位置で停止する

→AとBの役割交代

→1~4を3往復ずつ行う(1条件につき)

ブロック置き場にあるブロックをタブレットに表示された完成品と同じになるように組み立てる



本実験 -ミスの例-

- ロボットは各条件で必ず1回ミスをする
- ミスはランダムで発生し, ミスの種類は3種類である
 - 停止位置に来ても停止しない
 - ブロックを置く前に先に動き出してしまふ
 - ブロックを置いても反応しない

本実験 -教示-

- 実験参加者に, ロボットが実験中に誤動作を行うことは伝えない
- 実験は, ロボットがミスを行った際の印象評価が本来の目的であるが, 実験参加者に知られてはいけないため, 以下の教示を行った
「本実験で使用するロボットは生活支援ロボットの試作品であり, アルゴリズムや運搬方法を改良しているため, 性能評価を行ってください」
- 実験参加者
 - 大阪工業大学の学生25名
 - 男性 22名
 - 女性 3名

本実験 -アンケート-

各条件終了後, 7段階評価の印象, 性能評価のアンケートを実施した

①印象評価アンケート*

- 生物性 3項目
- 親近性 3項目
- 許容度 6項目
(性能3項目)

- 実験終了後には, 実験参加者のスタンスを分類するためのアンケートを実施した

②スタンスを分類するための質問*

- 実体性 4項目(7段階評価)

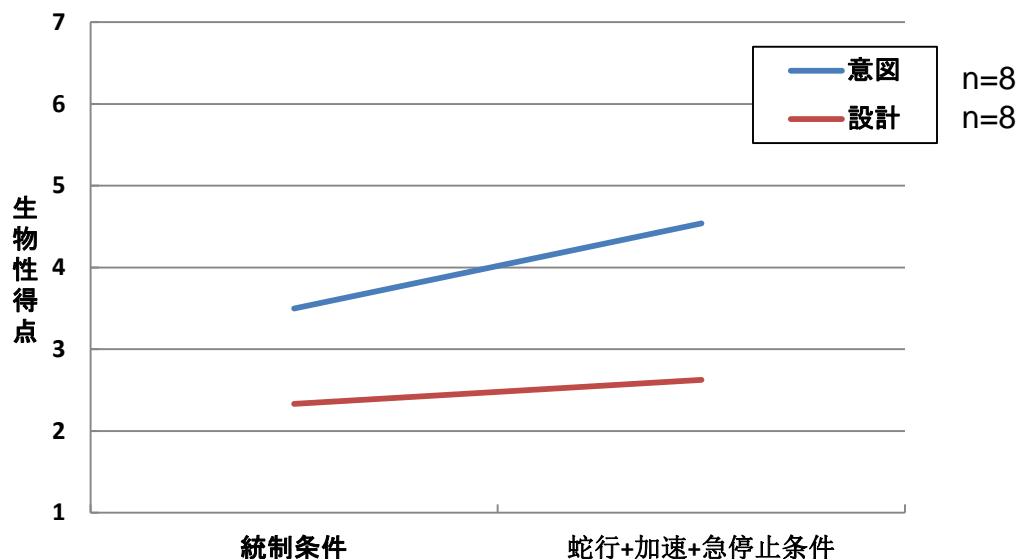
スタンスの分類の検討 –尺度–

- 実体性 4項目
 - “ロボットの意思を感じるか”について評価する尺度
- 現在，意図スタンスと設計スタンス，物理スタンスを明確に分類するための基準が確立されていないため，実体性得点が高いほど，実験参加者はロボットに対して意図を感じていると考え，以下のようなスタンスの分類をした
 - 実体性得点高群 …… 意図スタンス(8名)
 - 実体性得点低群 …… 設計スタンス(8名)
- スタンスの分類は，実験参加者25名のうち，実体性得点の高群と低群の間であった参加者9名を除いた16名で行った
- また，実験中の参加者の言動や行動にも着目した

本実験 -分析-

- 参加者25名中16名で分析を行った
- 2要因混合計画分散分析
 - スタンス要因(意図スタンス 8名, 設計スタンス 8名)
 - 振舞要因(統制条件, 生物性を実装した9条件)

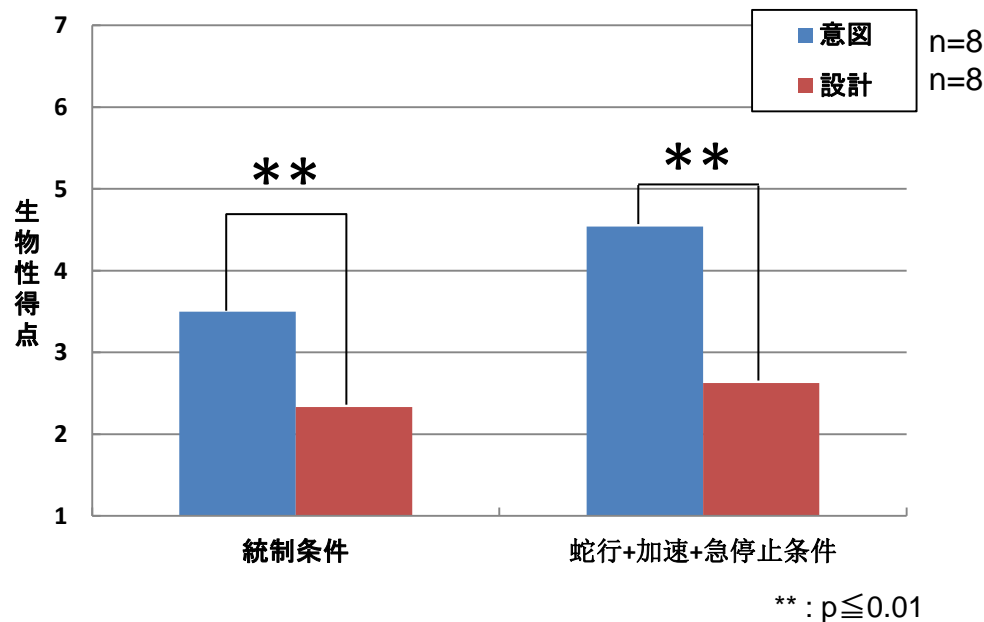
本実験結果 -生物性-



統制条件と蛇行加速急停止条件について、振舞間の主効果がみられた($p \leq 0.01$)

- 統制条件よりも蛇行加速急停止条件のほうが生物性が有意に高い結果となった
- 同様に、統制条件と生物性を実装した4条件(減速, 蛇行減速, 蛇行急停止, 蛇行加速)の間においても、主効果がみられ、見かけの生物性が向上した

スタンスによる生物性の違い

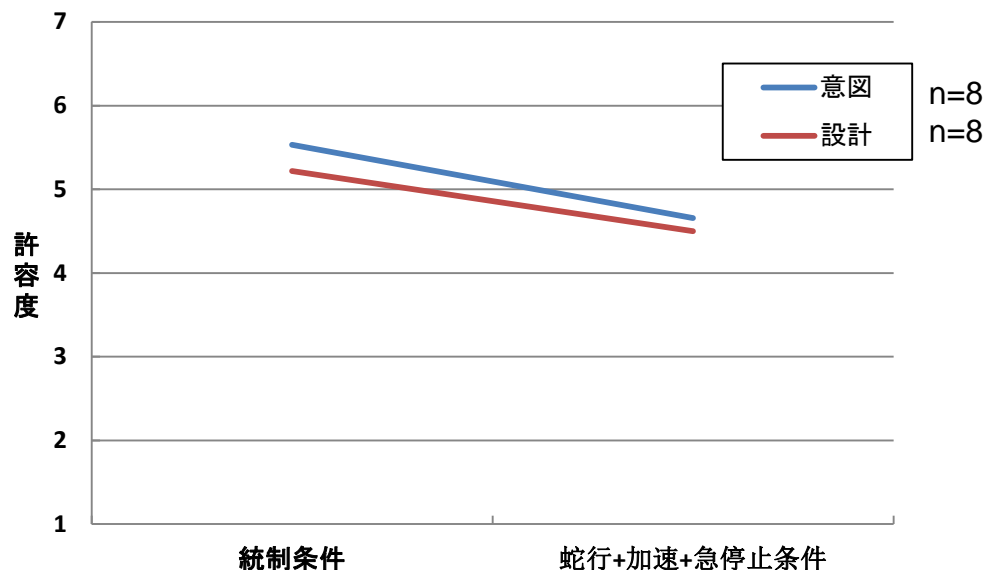


統制条件では、意図スタンスと設計スタンスについて、スタンス間の主効果がみられた ($p \leq 0.01$)

蛇行加速急停止条件では、意図スタンスと設計スタンスについてスタンス間の主効果がみられた ($p \leq 0.01$)

- 意図スタンスの参加者は設計スタンスの参加者に比べて、振舞いの生物性を有意に高く評価した
- 全ての条件で、意図スタンスと設計スタンスの間で生物性得点に有意な差が見られた

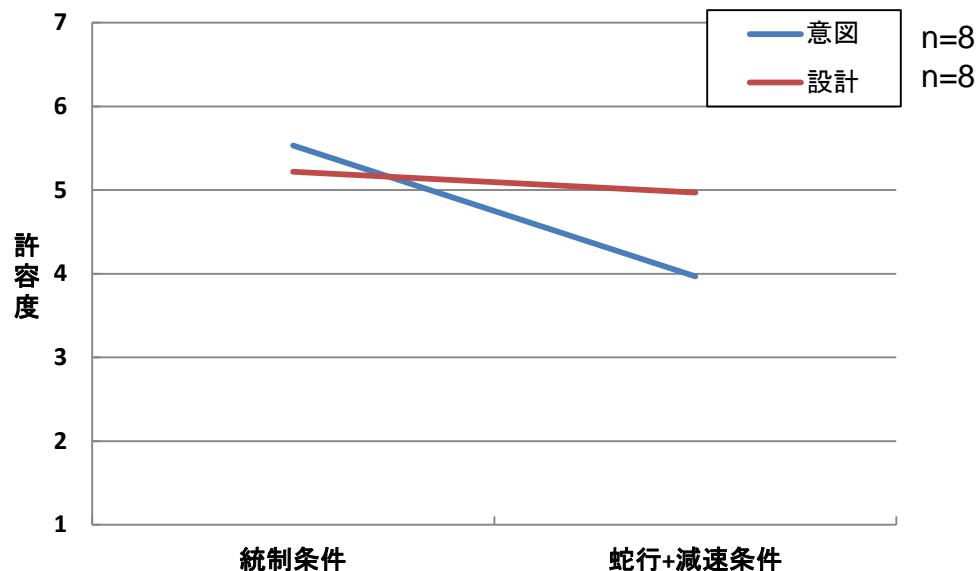
許容度



統制条件と蛇行加速急停止条件について、振舞間の主効果がみられた($p \leq 0.01$)

- 蛇行加速急停止条件は統制条件に比べ許容度が有意に低下した
- 同様に、統制条件と生物性を実装した6条件(減速, 加速, 蛇行減速, 蛇行加速, 蛇行急停止, 加速急停止)においても主効果が見られ、許容度が有意に低下した

許容度



条件とスタンスで交互作用が見られた($p \leq 0.01$)

- 参加者のスタンスの違いによって、許容度の評価が異なった
 - 設計スタンスの参加者は、生物性を実装したロボットに誤動作が発生した場合でも許容度の大きな変化はなかった
 - 意図スタンスの参加者は生物性を実装したロボットに誤動作が発生した場合、大きく許容度が低下した。
 - 同様に、統制条件と生物性を実装した4条件(加速, 蛇行減速, 蛇行加速, 蛇行急停止)においても交互作用が見られた

考察 -仮説1-

- 仮説1「ロボットの振舞いに生物性を実装することでユーザの好意が向上し、誤動作に対する許容度が向上する」は支持されなかった
 - 本実験により、生物性が高い振舞いは許容度が低下する結果となった
 - 本実験では生物性と親近性の相関は見られず、生物性の高い振舞いをするロボットに対する好意は向上しなかった
 - 意図スタンスの相関係数:0.26
 - 設計、物理スタンスの相関係数:-0.04
- 予備実験では、生物性と親近性に正の相関(相関係数:0.53)があり、生物性が向上すると好意が向上することが示されていた

考察 -仮説1-

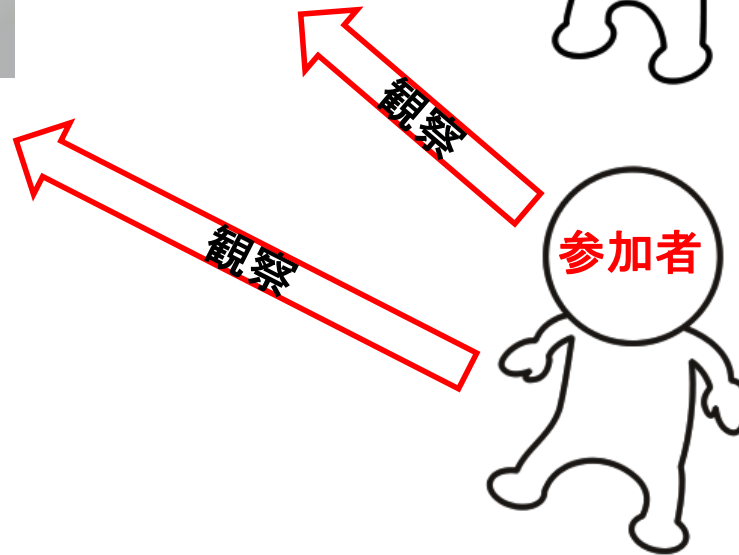
- 予備実験では生物性と親近性に正の相関が見られたが、本実験では見られなかった
 - 本実験と予備実験の評価基準の違い
 - 本実験では、タスク全体を通しての評価
 - 予備実験では、ロボットの前進運動のみに対しての評価
 - 予備実験と本実験での参加者の役割の違い
 - 本実験 ……参加者はロボットと直接インタラクションを行う
 - 予備実験 ……参加者は実験者とロボットのインタラクションを観察



本実験



予備実験

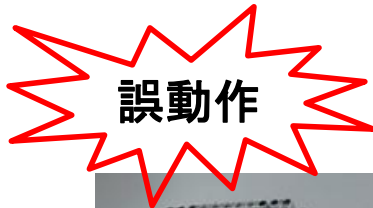


考察 -仮説1-

- 参加者の役割と評価の違い
 - ロボットと直接インタラクションを行った参加者と、インタラクションを行っていない参加者では、ロボットへの印象の評価が異なる*
 - 直接インタラクションを行った参加者はインタラクションを行っていない参加者よりもロボットとのコミュニケーションを重視する
 - 本実験において、参加者はEV3に対してのコミュニケーションの達成度について評価していたのではないか

*光永法明. 人々の中で日常的に活動するロボットに求められる三つの基本要素, 日本ロボット学会誌, Vol.26, No.7, pp.812~820(2008)

本実験



- ブロックを置く前に先に動き出してしまう
- ブロックを置いても反応しない
- 停止位置に来ても停止しない



- コミュニケーションの妨げになってしまい, 親近性が低下したのではないか

考察 -仮説2-

- 仮説2「実験参加者のスタンスの違いによって許容度には差がある」は支持されたが、想定していた結果とは逆であった
- 振舞いの違いによって、設計スタンスの参加者は許容度の差は見られなかったが、意図スタンスの参加者は許容度が大きく低下した



適応ギャップが生じたのでは？

- 適応ギャップ*とは
 - ユーザがロボットに対して期待していた性能より実際の性能が低い場合に印象が低下することである

考察 -仮説2 適応ギャップ-

- 意図スタンスの参加者は、ロボットに生物性を実装することで期待する性能が向上し、実際の性能とのギャップにより許容度が低下したのではないか
- 一方、設計スタンスの参加者は、生物性を実装した振舞いであっても生物性評価が低く、ロボットに期待する性能と、実際の性能との差はあまりなかったのではないか

まとめ

- 予備実験, 本実験を通して速度変化, 蛇行など運動を変化させることで見かけの生物性を向上させることができた
- 生物性の印象はスタンスによって差があり, 意図スタンスの参加者は設計スタンスの参加者より有意に評価が高かった
- 誤動作が起きた際の許容度について, 意図スタンスの参加者と設計スタンスの参加者では差があり, 意図スタンスの参加者は生物性を実装したロボットの誤動作は許容度が大きく減少した

展望

- 動物や人型ロボットを使用し、本研究と同様の実験をする
 - 本研究は、EV3という見かけがロボットらしいロボットを使用したか、動物や人型ロボットを使用することで生物性と許容度との関係を検証することができるのではないか
- 本研究により、意図スタンスと設計スタンスではロボットへの印象が異なることがわかった
 - ロボットの振舞い設計をする際は、スタンスを考慮する必要があると考えられる
 - 今後、ロボットの印象評価を行う際には、スタンスを分類した上で評価を行う必要があると考えられる

関連発表

- 西村佑太, 西島智史, 神田智子: 生物性を実装したロボットのミスに対する許容度, インタラクション2015, 2015/3

補足 -予備実験条件-

- 生物性の印象を高める振舞い(先行研究)
 - 反応時間が短く, 随伴的に応答すると生き物らしい印象を与える*
 - 運動の方向変化の頻度が多いと生物性印象が強まる**
 - 加速, 減速の速度変化から生物性を認知***
 - 予測しにくい動きは生き物らしさが増す****



| 条件 | 水準数 |
|--------|-----|
| 反応時間条件 | 2 |
| 蛇行条件 | 8 |
| 減速条件 | 6 |
| 加速条件 | 6 |
| 停止方法条件 | 2 |

* 田中 一品, 尾関 基行, 荒木 雅弘, 岡 夏樹. ロボットへの教示場面における「間」の重要性: ロボットの行動の遅れは学習効率を向上させ教えやすい印象を与える, 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 6, pp. 703-711, 2010.

** 中村 浩, 鷺見 成正. 単物体運動における生物性・非生物性知覚に寄与する運動情報の研究, 電子情報通信学会 信学技報.95-100, (2002)

*** 松田 憲. 物体運動の速度変化とランダム性が能動的注視と選好形成に及ぼす効果, 認知心理学研究, 第10巻, 第2号, 133-150 (2013)

**** 岡 夏樹. 動きの力とインタラクションデザイン, 計測と制御, 第48巻, 第6号.(2009)

補足 –実験アンケート–

質問内容:あなたはPoppyに対してどのような印象を抱きましたか. 次の質問について当てはまる部分を○で囲んでください. 正しい答え, 間違った答えなどはありませんので, 直感で答えてください. (※Poppy=実験に使用したロボットの愛称)

アンケート項目*

- **生物性**
生き物らしい, 心を持っている, いかにもロボットらしい
- **親近性**
親しみやすい, かわいい, 怖い
- **許容度**
感じが悪い, 不快である, 反抗的である, まじめである, 我慢できない,
だらしない
- **性能**
機能が優れている, 認識力が高い, きちんと応答する

補足 –実験アンケート–

- 実体性*

Poppyは心をもっていそうだ

Poppyは自分の意思を持っていそうだ

Poppyは人間のように独自の意思を持っていそうだ

Poppyは人間のような意思をもっていなさそうだ

(※Poppy=実験に使用したロボットの愛称)

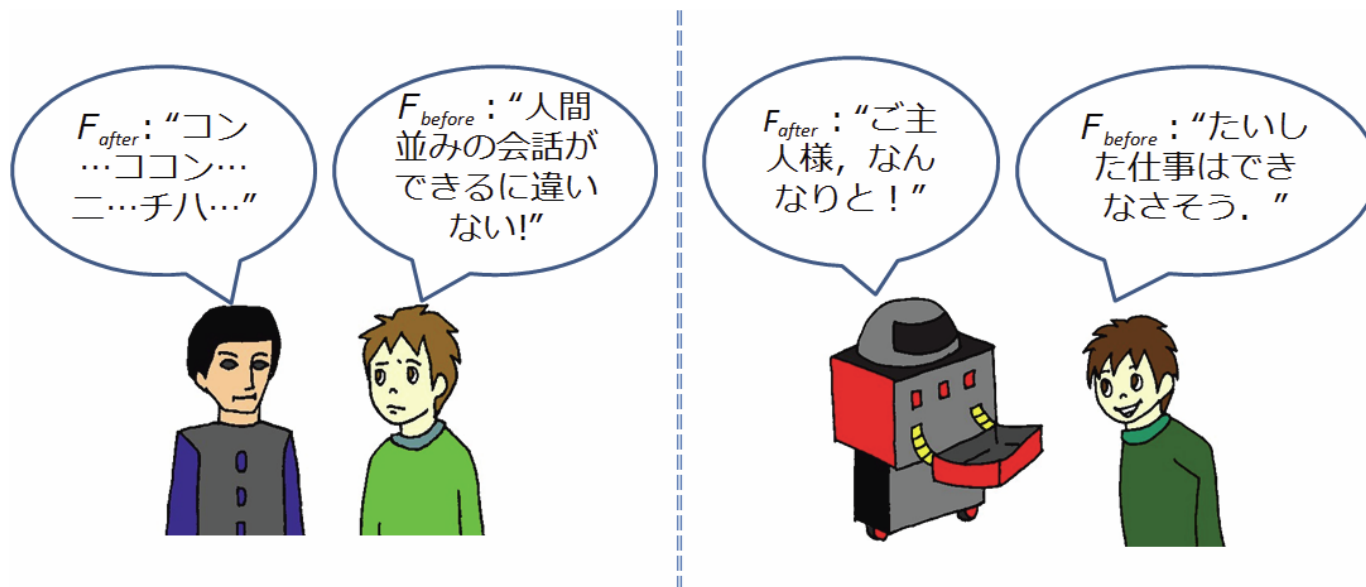
補足 -スタンスの分類の検討 言動-

- 意図スタンスを取ったと思われる参加者の言動
 - ロボットを意図的な主体として捉えた発言
 - 速度変化を行う条件に対し、元気がない、慌てているなどの発言
 - 誤動作に対し、ロボットが参加者を嫌っているのでは？と発言

→ 実体性評価の高い参加者(中央値以上)の内, これらの発言をした参加者を意図スタンスとした(8名)
- 設計スタンスを取ったと思われる参加者の言動
 - ロボットを設計された機械として捉えた発言
 - 速度変化のアルゴリズムを実験者に質問した
 - 誤動作した際, センサーの不調を実験者に伝えた

→ 実体性評価の低い参加者(中央値以下)の内, これらの発言をした参加者を設計スタンスとした(8名)

補足 -適応ギャップ*-



- 適応ギャップは $AG = F_{after} - F_{before}$ で求められる
 - $AG < 0$ 期待した性能よりも実際の性能が低く, 印象が悪くなる
 - $AG > 0$ 期待した性能よりも実際の性能が高く, 印象が良くなる
 - $AG = 0$ 期待した性能と実際の性能が等しい
 - (この場合, ユーザはロボットを単なる道具と認識している可能性が高い)