

## 卒業研究発表

# 外見と振舞いの生物性の異なるロボットの 誤動作に対する許容に至る過程の分析

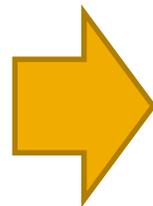
---

2016年2月10日

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  
C12041 多田千里, C12042 立田裕理

# 背景

- 近年，家庭用ロボットが普及しはじめ，家庭でもロボットが使われるようになり，我々の身近な存在となっている。
- 家庭で使用されるロボット
  - ルンバ[1]

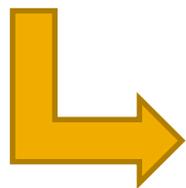


今後，様々な家事や介護の負担軽減など，家庭支援を目的とした活用が期待されている。

[1]iRobot, Roomba, <http://www.irobot-jp.com/>

# 問題点

- 家庭用ロボットは様々な環境で使用される為、それぞれの環境に適応する必要がある



予期せぬ誤動作を起こす可能性  
ユーザのストレスの増加  
ユーザのロボットに対する信頼の低下



- 予期せぬ誤動作を起こした時に、ユーザが許容できるようにロボットの振舞いや外見を設計する必要がある
- ロボットの振舞いまた外見に生物性を持たせることで、ロボットとユーザとのインタラクションを向上ができるのではないか...

# 関連研究について

- ロボットの振舞いが持つ力
  - 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[2]
  - 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[3]
- 人工物の振舞いの解釈について
  - 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[4]
  - ロボットの振舞いに対して
    - **意図スタンス**はロボットの感情, 意図によって振舞いが異なると理解する[5]
    - **設計スタンス**はプログラムの構造が異なると理解する[5]

[2]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.

[3]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)

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

[5]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)

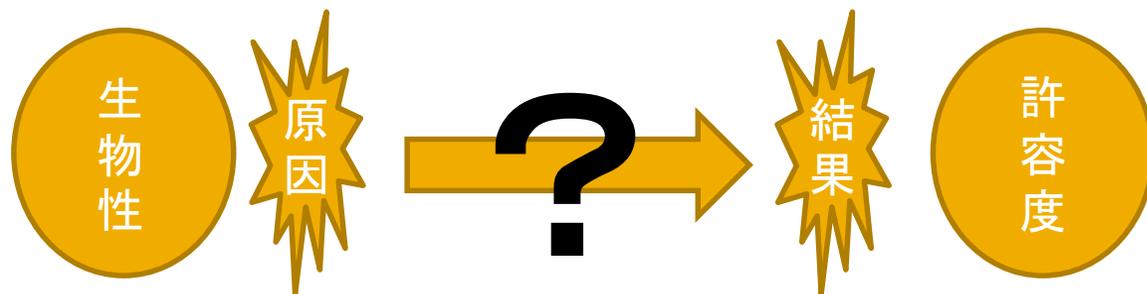
# 先行研究について(前年度)

- 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」[6]
- 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り、生物性が向上すると許容度が向上するのは意図スタンスの参加者のみである」[6]
- 仮説①は支持されなかった 
  - ロボットの振舞いの生物性が高くなると、ロボットの誤動作に対する許容度が有意に低下
- 仮説②は一部支持された
  - 意図スタンスの参加者は設計スタンスの参加者よりも、有意に許容度は低下した。

[6]西村佑太, 西島智文, and 神田智子. “ロボットの生物性と誤動作に対する許容度.” *研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)* 2015.2 (2015): 1-8.

# 研究目的

- 先行研究の問題点
  - 生物性と許容度の因果関係が分からない



- 本研究では、生物性を変化させる要因として、外見条件を増やした実験を行う
- また、生物性と許容度の因果関係を明らかにするため、計測項目を増やす



- 仮説①が何故支持されなかったのかを検証する.
- 誤動作に対して許容できるロボットをつくるのが目的

# 仮説

- 仮説1

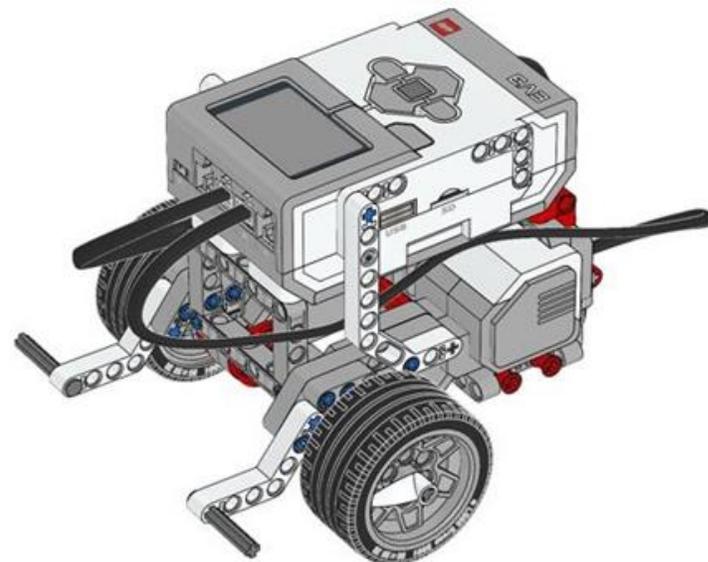
- 「ロボットに振舞いと外見を実装することによって見かけの生物性は向上し、誤動作に対する許容度は低下する」という仮説をたて、許容度が低下した原因を明確にする

- 仮説2

- 「外見と振舞いに関わらず、許容度が低下するのは設計スタンスの参加者よりも意図スタンス参加者である」という仮説をたてる

# 実験環境

- 使用する機器
  - Mindstorms EV3 (LEGO社)
    - 様々なセンサーを備えている
    - モータを用いて様々な運動が可能
    - 自ら思い通りに組み立てプログラミングができる
- 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-GZ7500X
  - OS: Windows7 Home Premium 64bit
  - CPU: Intel®Core™i7 960 3.60GHz
  - メモリ: 16.00GB
  - GPU: NVIDIA®GeForce® GTX560 /1GB



# 実験条件

- 外見

- Mindstorms EV3 (以下, MS条件)
- ダンボール (以下, ダンボール条件)
- ネコのぬいぐるみ (以下, ネコ条件)



- 振舞い

- 生物性を認識されていない統制条件
- 先行研究で選定した, 生物性の高い振舞い4条件
  - 蛇行条件・減速条件・加速条件・急停止条件

# 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タスクを行う

(実験参加者を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2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
  - 各条件終了後アンケートに移る



外見3条件 × 振舞い5条件の計15回行う

# 実験の流れ



# 誤動作

- ロボットは各条件で必ず誤動作をおこす
- 誤動作の種類
  1. ブロックを置いても進まない
  2. カラーテープの位置で停止しない
  3. ブロックを置く前に進みだす



# 教示方法

- 実験参加者にロボットが実験中に誤動作を行うとは伝えない
- 実験は、ロボットが誤動作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33名(1名に対してのペアは実験者が参加した)
    - 男性 18名
    - 女性 15名

# アンケート

- 3つの異なる外見をみて、実験前に7段階評価の印象評価アンケート
  - 生物性 3項目
  - 親近性 3項目
  - 機能の期待値 2項目
- 各条件終了後、7段階評価の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
  - 機能評価 2項目
  - 満足度 2項目
  - 使用意向 2項目
  - メンタルモデルの一致度 2項目
  - 信頼度 2項目
  - ストレス度 2項目
  - 愛着度 2項目

## -メンタルモデル-

犬型のロボットを見たユーザは、「おすわり！」や「お手！」など、犬らしい行動や反応を期待する

人型ロボットに対しては犬らしい行動や反応を期待しないはずである[7]

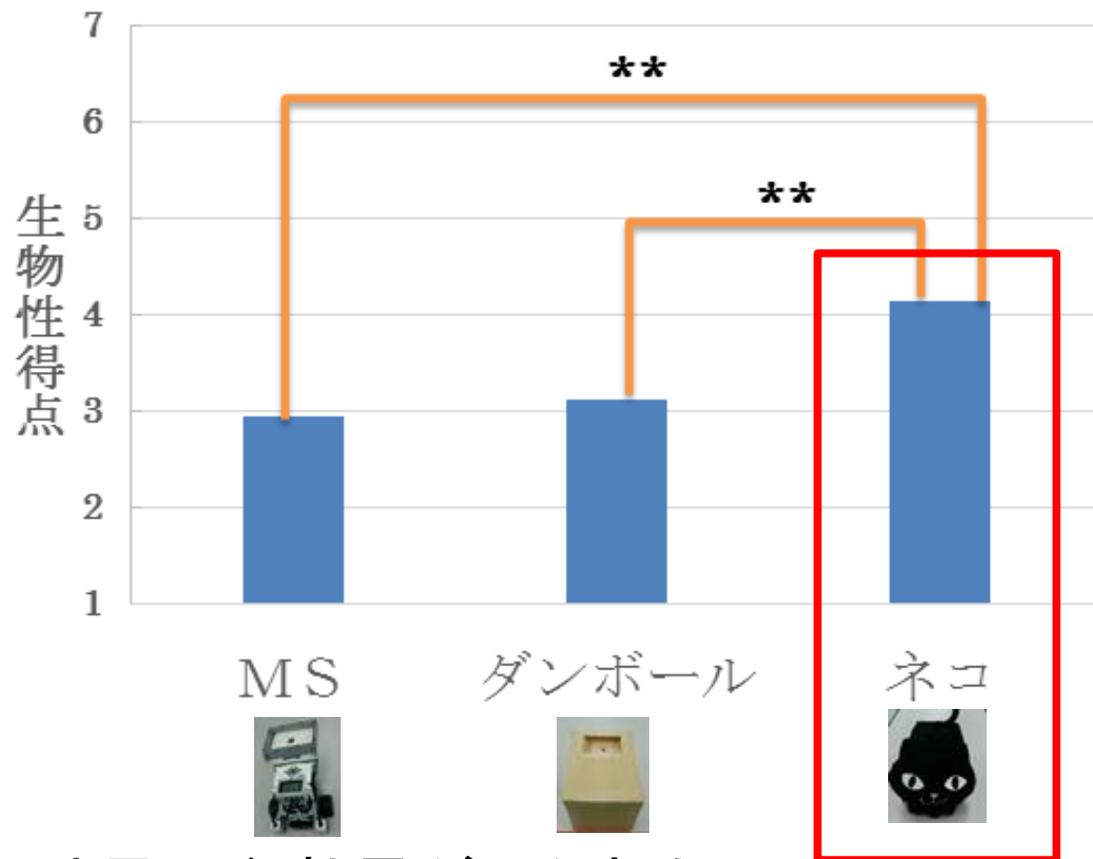
# スタンス分類アンケート

- 現在、意図・設計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[8]
- 実験終了後に、実験参加者のスタンス分類アンケート
  - 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
  - 文章作成
  - ヒアリング調査

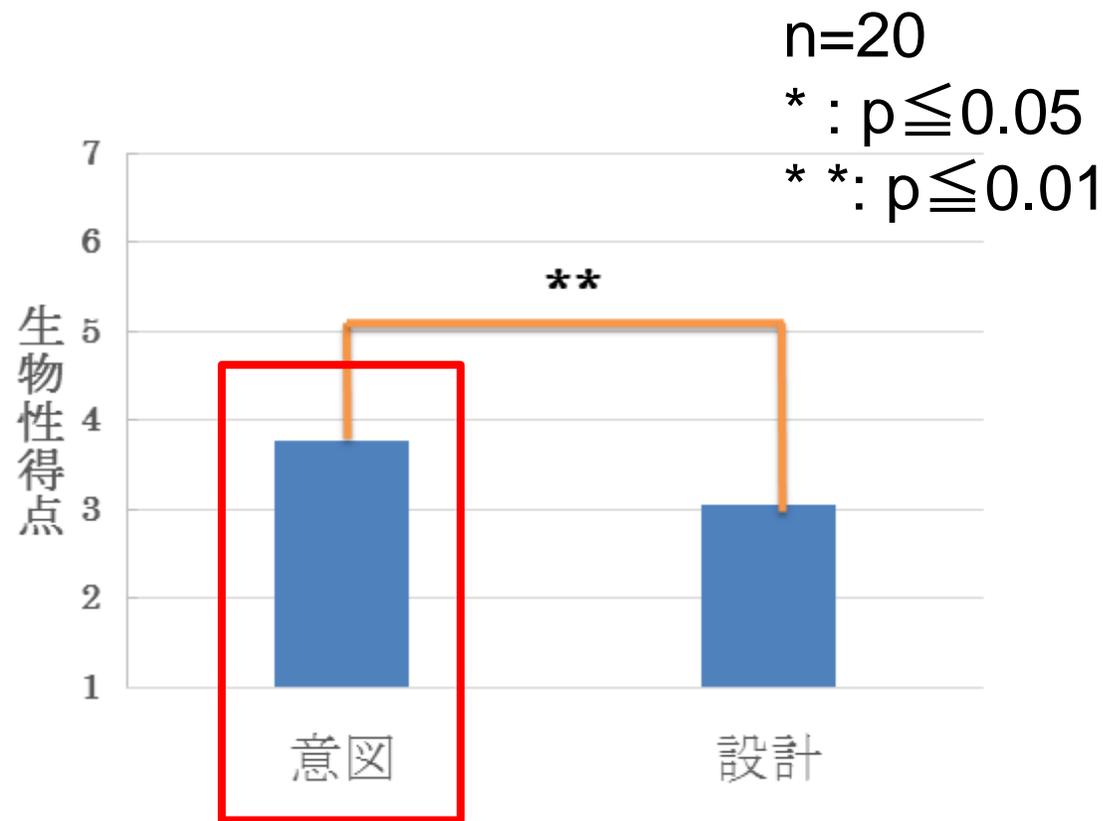
# 分析

- 参加者33名中, 各外見に対して意図スタンス10名, 設計スタンス10名で行った
- 三要因分散分析
  - スタンス要因(意図スタンス 10名, 設計スタンス 10名) 2水準
  - 振舞い要因(統制条件, 生物性を実装した4条件) 5水準
  - 外見要因(MS条件, ダンボール条件, ネコ条件) 3水準

# 結果 -生物性-

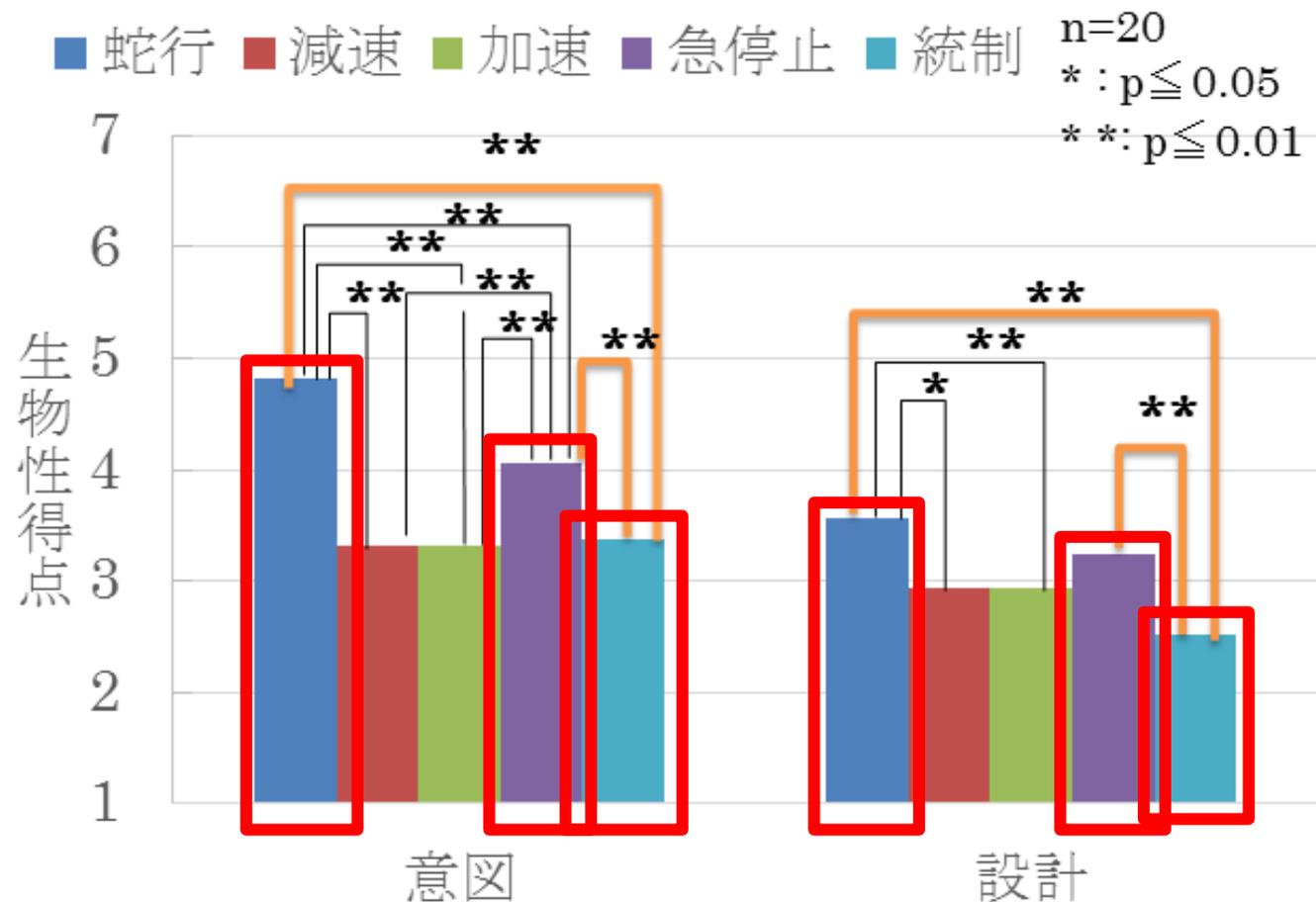


- 外見の主効果がみられた
- どの振り舞いスタンスでも, MS条件ダンボール条件よりネコ条件の方が生物性得点は高い



- スタンスの主効果がみられた
- どの外見振り舞いでも意図スタンスの方が設計スタンスより生物性を感じる

# -生物性-



振舞い要因とスタンス要因の組み合わせにおいて、意図スタンス設計スタンス両者で、統制条件よりも蛇行条件と急停止条件の方が有意に生物性得点が高くなった

これ以降の結果は、本研究で生物性の高い振舞いと評価された蛇行条件と急停止条件  
また、基準となる統制条件の3条件で考察を行っていく

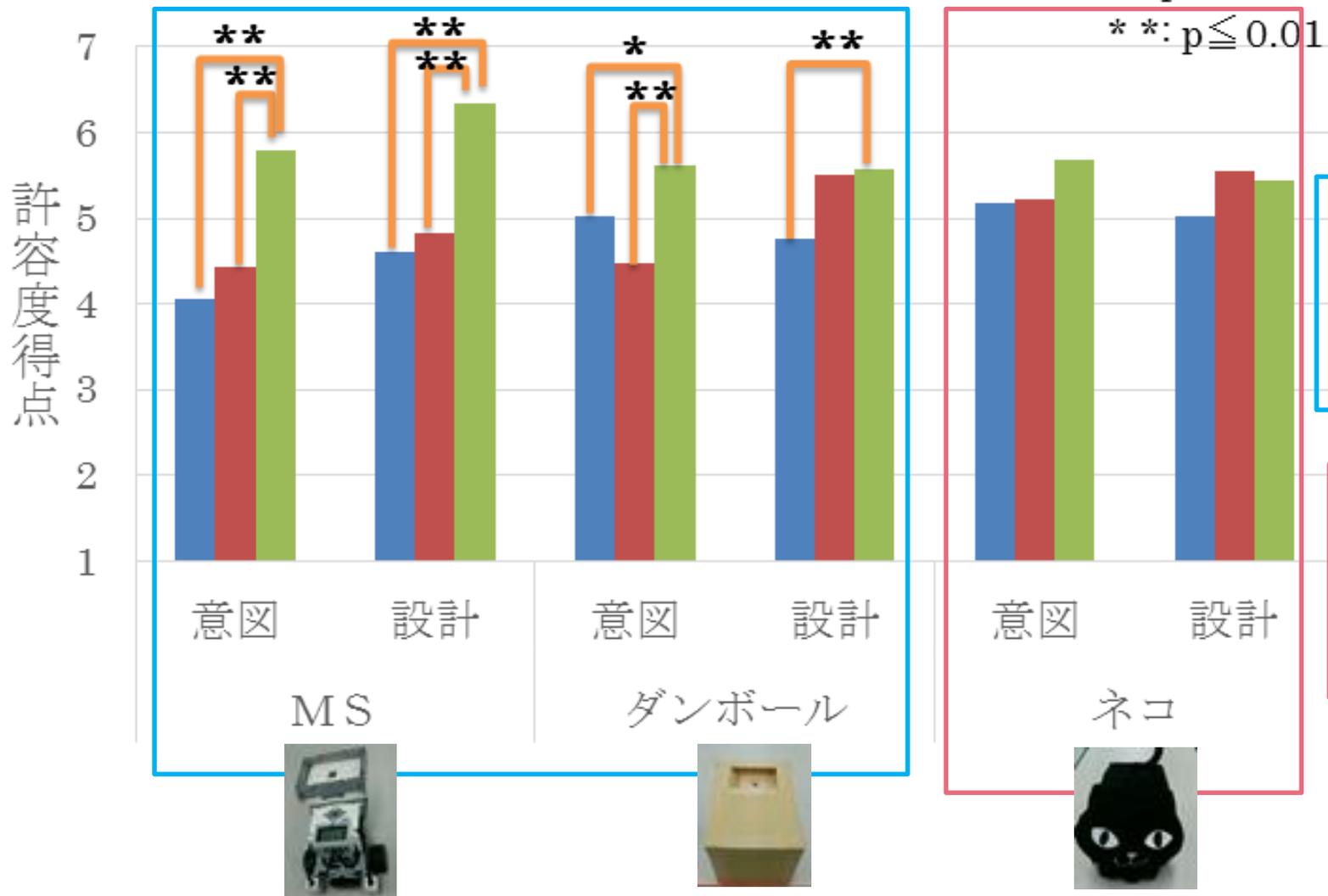
# -許容度-

■ 蛇行 ■ 急停止 ■ 統制

n=20

\* :  $p \leq 0.05$

\*\* :  $p \leq 0.01$



MS条件とダンボール条件では、統制条件より生物性得点が高い振舞いである蛇行条件と急停止条件では許容度得点が有意に低下した

ネコ条件では、どの振舞いをしてしても許容度得点な有意差がみられなかった

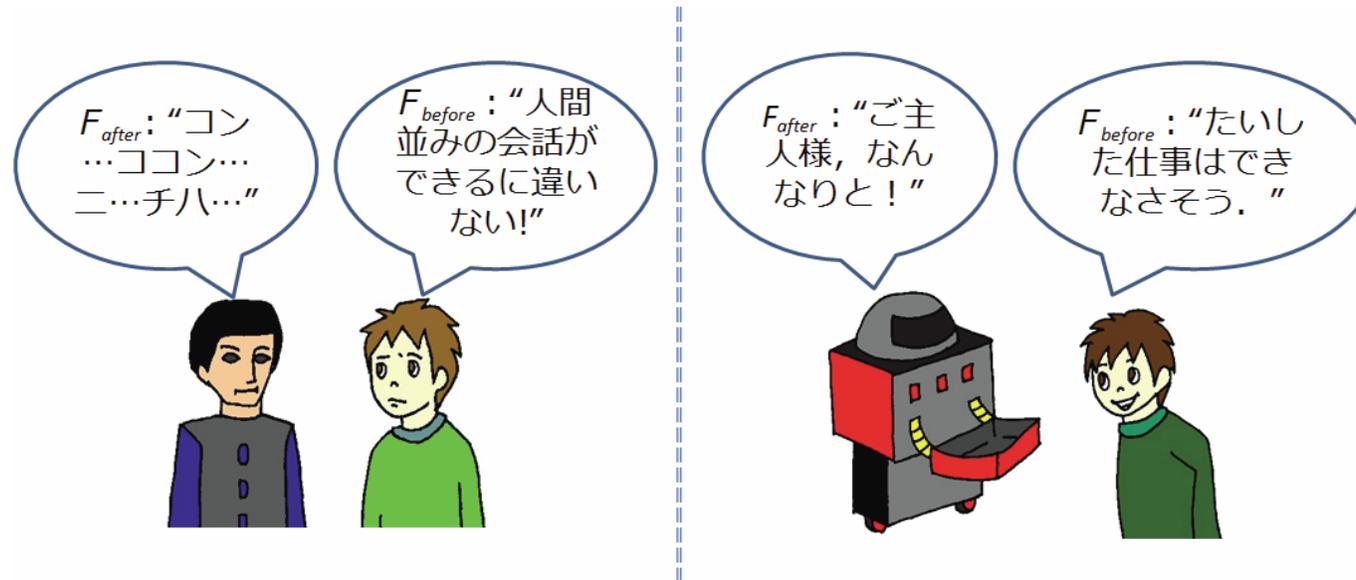
# 結果 -仮説1-

- 仮説1「ロボットに振舞いと外見を実装することによって見かけの生物性は向上し、誤動作に対する許容度は低下する」
- 一部支持された
  - MS条件とダンボール条件では、生物性の高い振舞いをすると許容度は低下した
  - 外見の生物性の高いネコ条件では低下しなかった

適応ギャップが関係していると考える

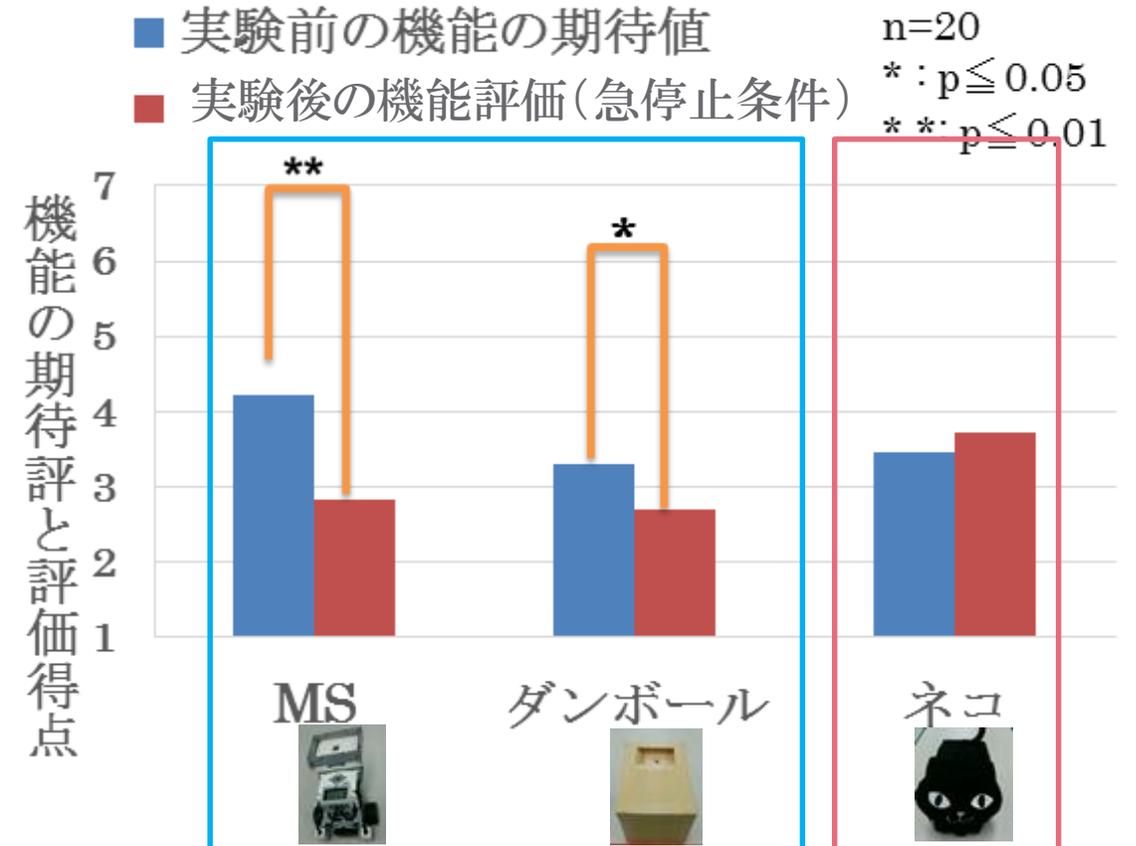
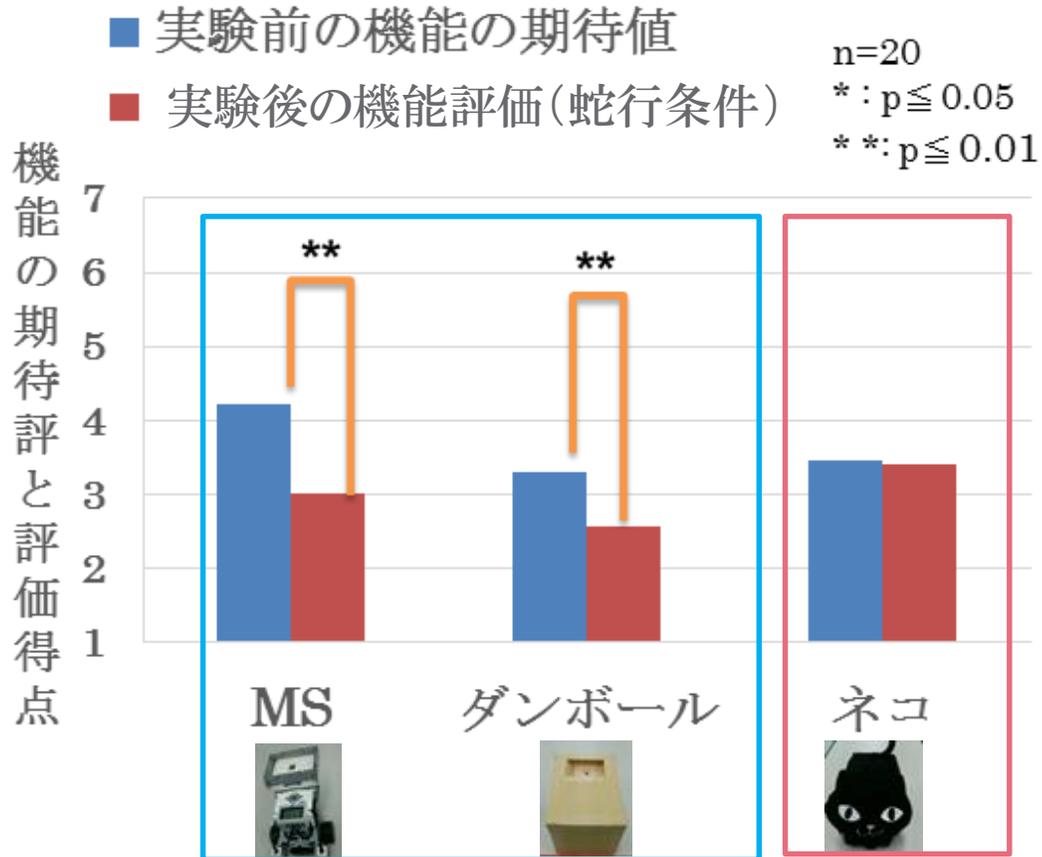
- 実験前の機能の期待値と実験後の機能評価を検証する

# -適応ギャップとは[7]-



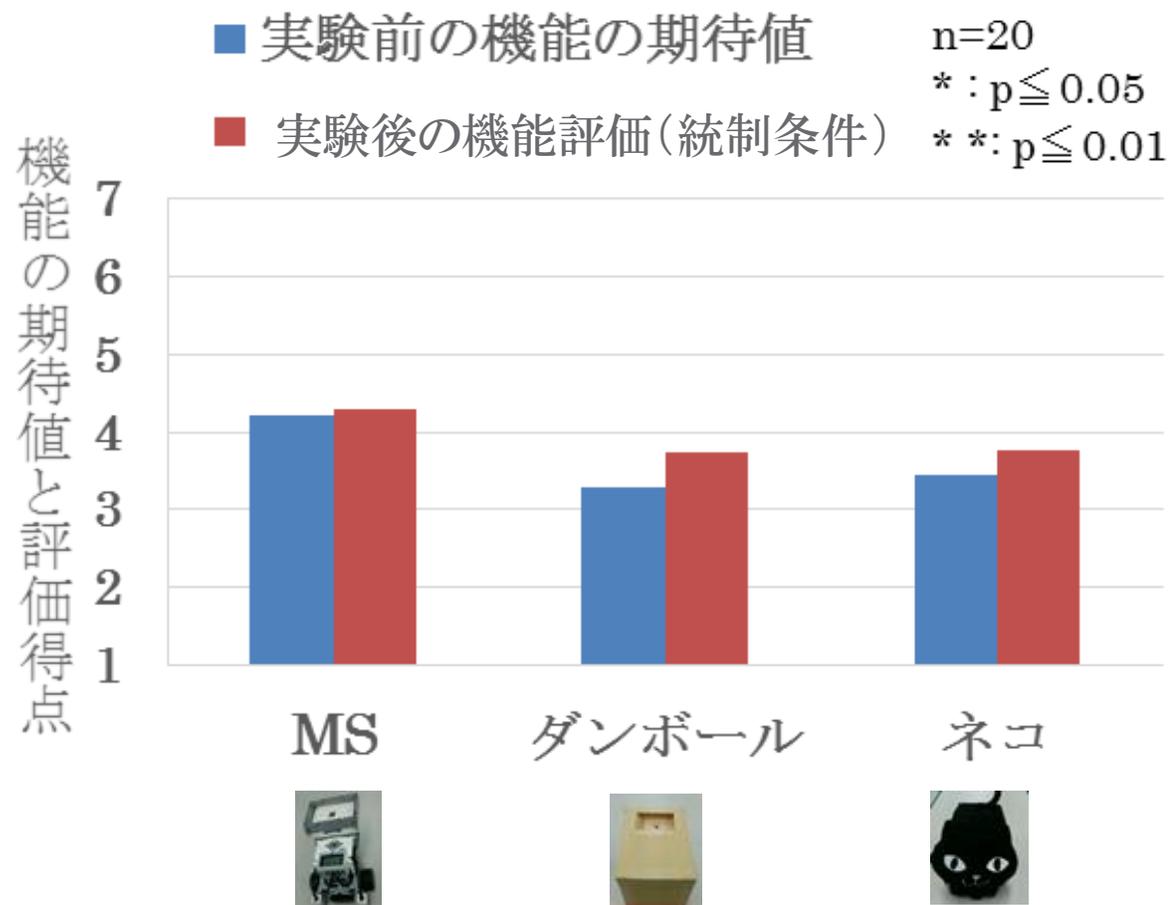
- 適応ギャップは  $AG = F_{after} - F_{before}$  で求められる
  - $AG < 0$  期待した性能よりも実際の性能が低く, 印象が悪くなる
  - $AG > 0$  期待した性能よりも実際の性能が高く, 印象が良くなる
  - $AG = 0$  期待した性能と実際の性能が等しい
    - (この場合, ユーザはロボットを単なる道具と認識している可能性が高い)

# -実験前の機能の期待値と実験後の機能評価の比較-



- MS条件、ダンボール条件において、生物性得点の高い振舞いである蛇行条件と急停止条件で実験前機能の期待値より実験後の機能評価得点は有意に低下した
- 生物性の高い外見では、生物性の高い振舞いを実装すると有意差なし

# -実験前の機能の期待値と実験後の機能評価の比較-

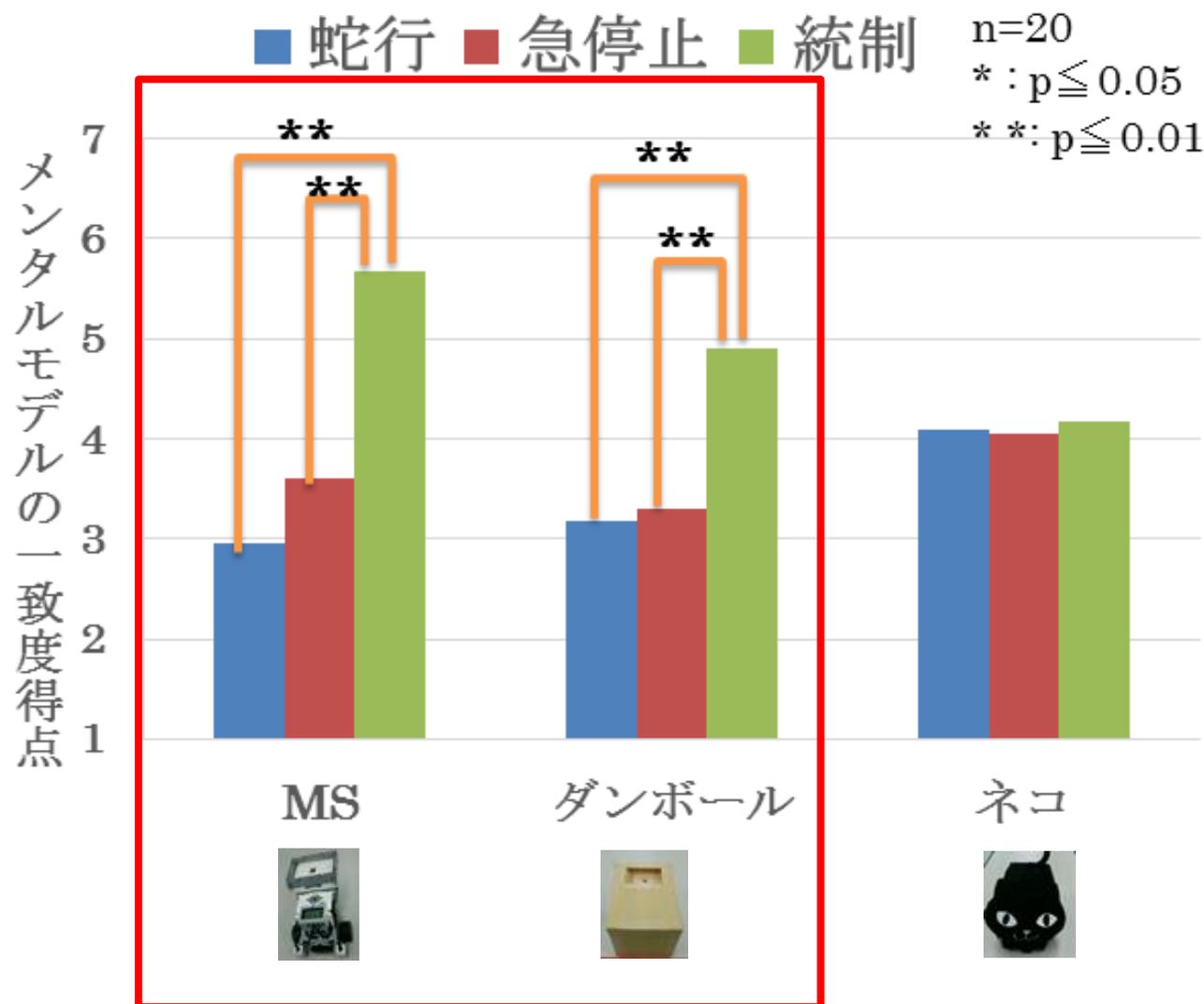


- 統制条件では、外見の生物性に関係なく、実験前の機能期待値と実験後の機能評価に差はなかった



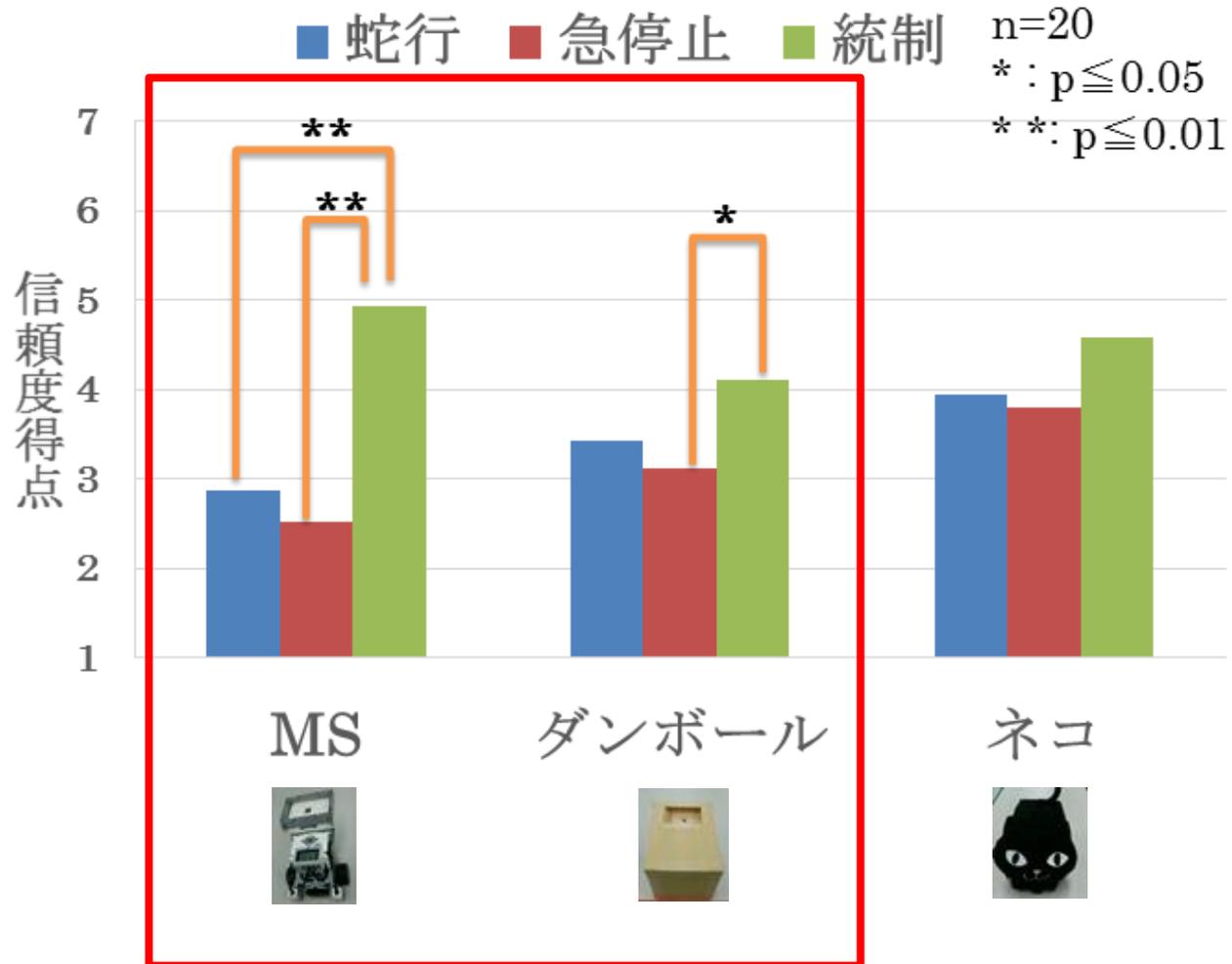
- 生物性が低い外見かつ生物性の高い振舞いの際のみ、負の適応ギャップがおきる

# -生物性とメンタルモデルの一致度との相関-



- 生物性とメンタルモデルの一致度との相関係数を求めた
  - MS条件(-0.40)とダンボール条件(-0.36)では負の相関
- MS条件とダンボール条件は生物性が高い振舞いするとき、メンタルモデルの一致度が低くなる

# -メンタルモデルの一致度と信頼度との相関-



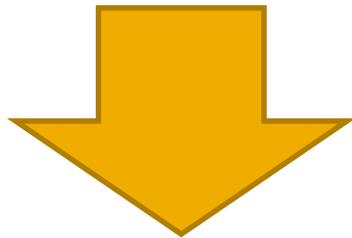
- メンタルモデルの一致度と信頼度の相関係数を求めた

- MS条件(0.61)とダンボール条件(0.29)では正の相関
- メンタルモデルの一致度得点下がると信頼度も下がる

- MS条件とダンボール条件は生物性が高い振舞いするとき、信頼度が低くなる

# 考察 -仮説1-

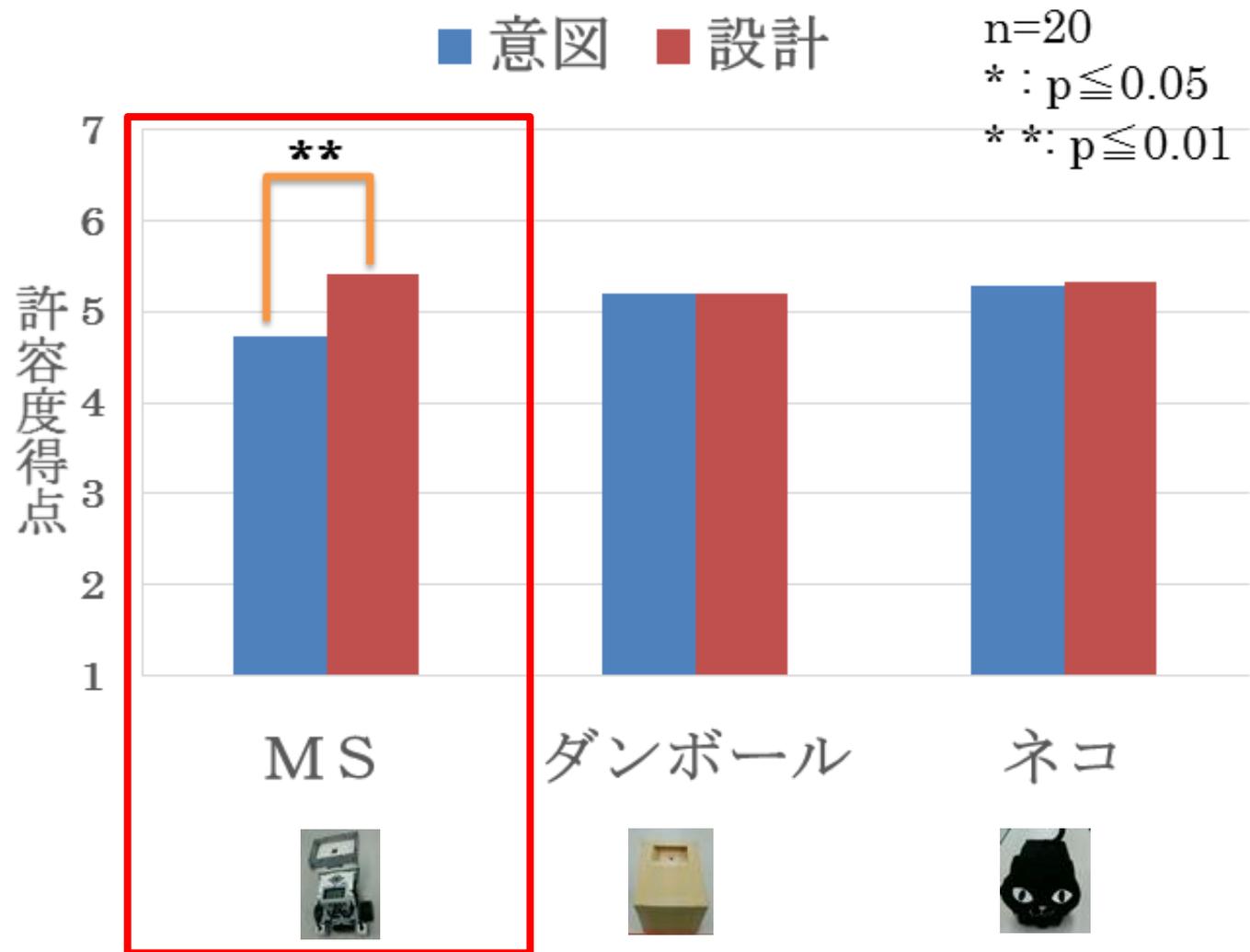
- 先行研究の仮説1が支持されずに、振舞いの生物性が高いと誤動作に対する許容度はなぜ低下したのか
  - 外見の生物性が低く、振舞いの生物性が高いとき、メンタルモデルの一致度が低くなり、負の適応ギャップが起こる



|        |   | 振舞いの生物性  |       |
|--------|---|----------|-------|
|        |   | 高        | 低     |
| 外見の生物性 | 高 | おこらない    | おこらない |
|        | 低 | 負の適応ギャップ | おこらない |

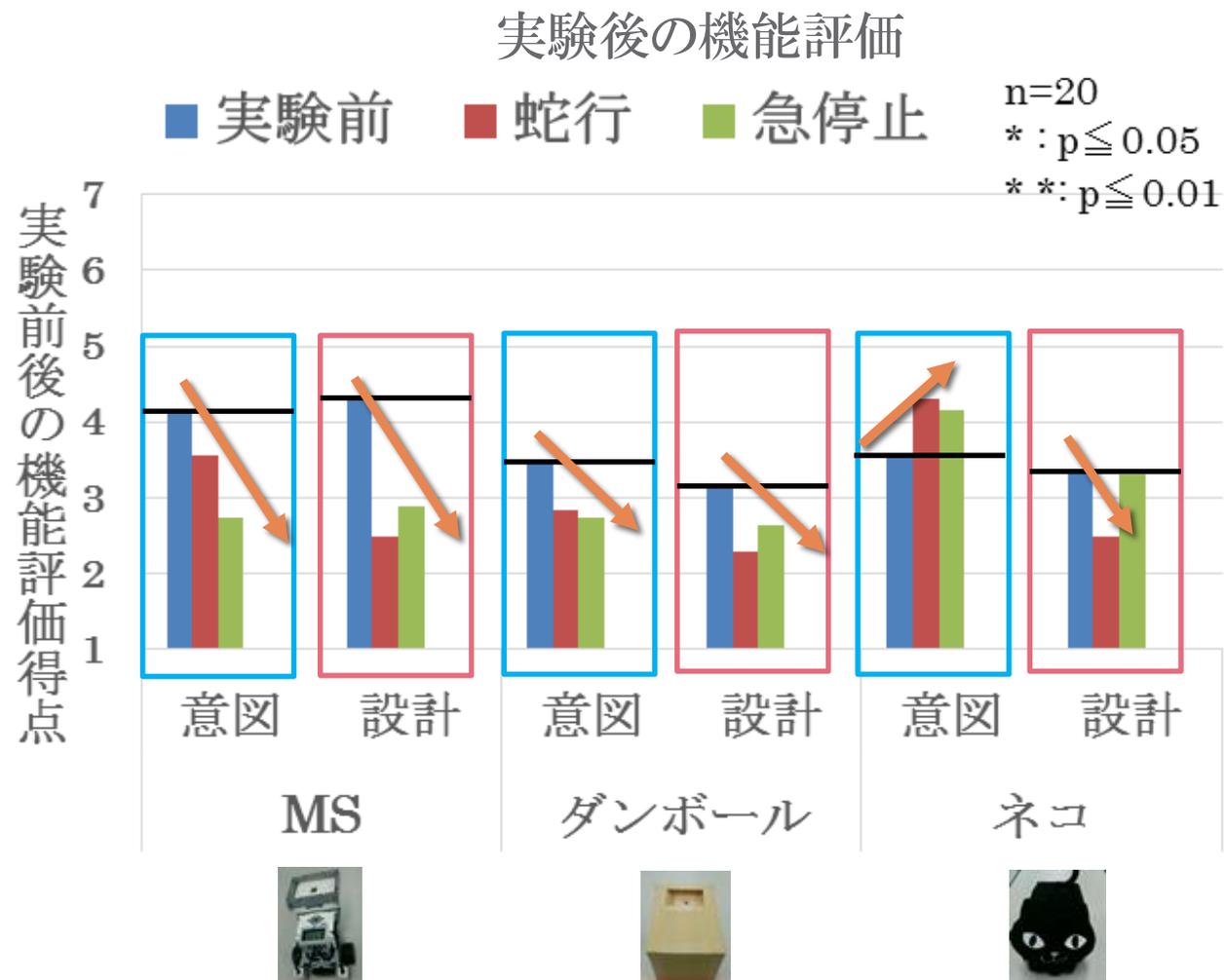
- 信頼度が低下し、誤動作に対する許容度は低下することが考えられる
- 外見に合った振舞いするロボットは持続的に使用される可能性が高くなる

# -許容度 スタンスの差-



- 外見 × スタンスに一次の交互作用がみられた
  - MS条件のとき設計スタンスよりも意図スタンスの方が有意に低い
- ↓
- 設計スタンスより意図スタンスのほうが誤動作を許容できないと評価する

# -実験前後の機能評価から分かるスタンスの違い-



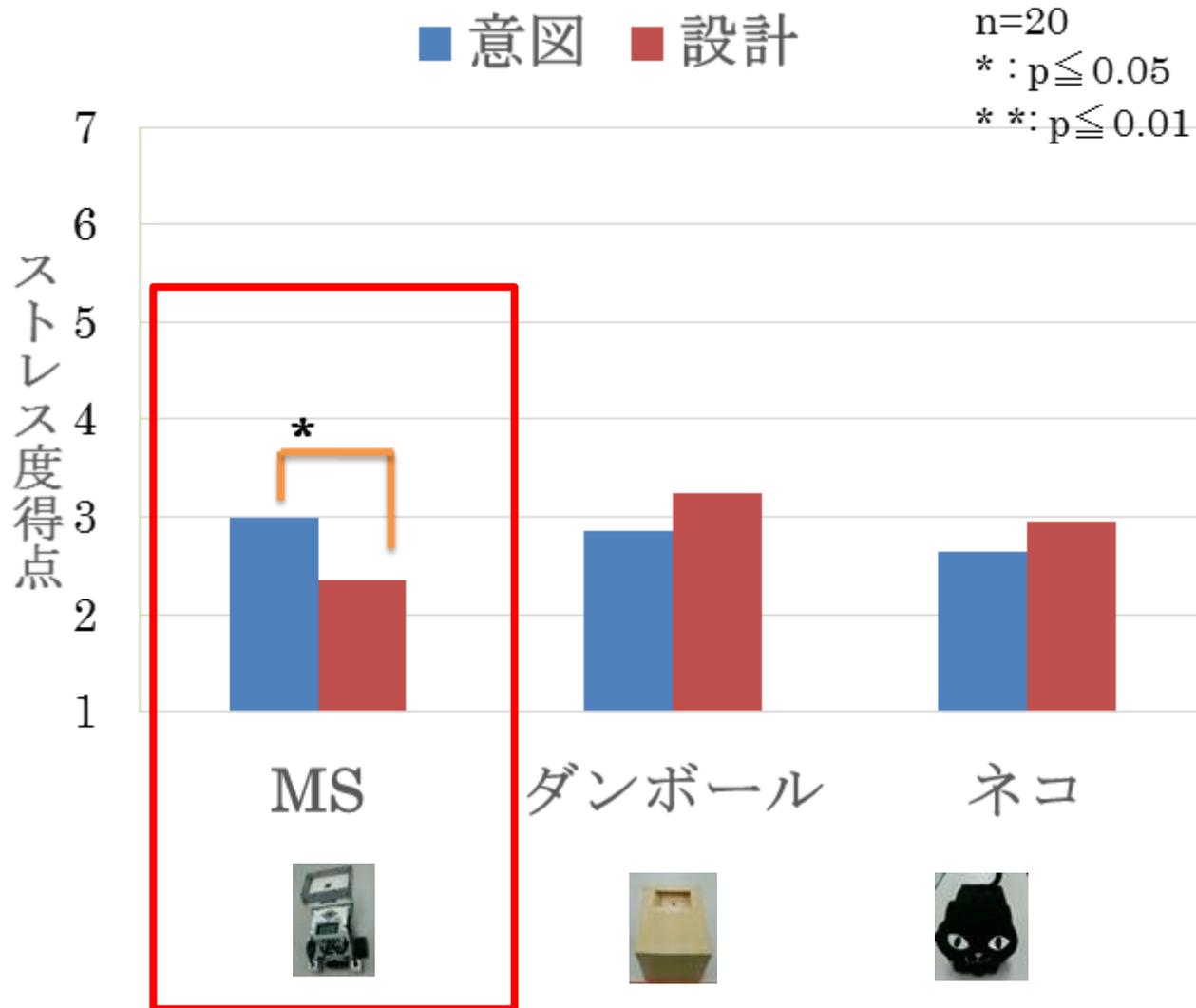
- 意図スタンスの参加者
  - MS条件ダンボール条件では実験前の機能の期待値に比べ、実験後の機能評価の方が低い
  - ネコ条件のとき実験前の機能の期待値に比べ、実験後の機能評価得点は高い

- 設計スタンスの参加者
  - 全ての外見に対して、実験前の機能の期待値から実験後の機能評価で低くなっている



- 意図スタンスの参加者は外見に左右されやすい
- 設計スタンスの参加者は外見に関わらず物に対しての印象は一定

# -ストレス度-



- 外見 × スタンスに一次の交互作用がみられた
- MS条件のとき設計スタンスよりも意図スタンスの方がストレス度得点が有意に高い



- 意図スタンスのほうが設計スタンスよりもストレスを感じると評価する

## 結果と考察 -仮説2-

- 「外見と振舞いに関わらず、許容度が低下するのは設計スタンスよりも意図スタンスである」
- 外見では、MS条件のときだけ支持された



- 意図スタンスの参加者は適応ギャップが発生すると、ストレスを感じやすくそれが、許容度の低下に繋がる可能性が示唆された

# まとめ

- 生物性の低い外見に生物性の高い振舞いを実装すると、負の適応ギャップが発生し、誤動作に対する許容度が有意に低下



振舞いと外見の生物性が一致するロボットづくりを目指すべきである

- 意図スタンスの参加者は設計スタンスの参加者よりも、評価の振れ幅が大きい



意図スタンスの参加者は、外見にふりまわされる

# 今後の展望

- 今回は運搬タスクの適合性が関係していると考えられるため、違う実験タスクで実験を行う必要がある

# 補足 -アンケート-

## • 実験前印象評価アンケート

| 分類     | 質問内容                              |
|--------|-----------------------------------|
| 生物性    | 生きものらしい<br>心を持っている<br>いかにもロボットらしい |
| 親近性    | 怖い<br>親しみやすい<br>かわいい              |
| 機能の期待値 | 便利である<br>必要性を感じる                  |

## • 実験後印象評価アンケート

| 分類          | 質問内容   |
|-------------|--|
| 生物性         | 生きものらしい<br>心を持っている<br>いかにもロボットらしい                      |
| 親近性         | 怖い<br>親しみやすい<br>かわいい                                   |
| 許容度         | まじめである<br>我慢できない<br>不快である<br>だらしない<br>感じがわるい<br>反抗的である |
| 機能の期待値      | 便利である<br>必要性を感じる                                       |
| 満足度         | 機能が十分である<br>使いやすい                                      |
| 使用意向        | 飽きない<br>今後も使用したい                                       |
| メンタルモデルの一致度 | 動きに違和感を感じた<br>外見に似合った動きであった                            |
| 信頼度         | 頼りにできる<br>暴走しそう  |
| ストレス度       | いらいらした<br>遅く感じた  |
| 愛着度         | 人に好かれる存在だと思う<br>適応能力があると思う<br>責任のある仕事を任せていい            |

# 補足 -スタンス分類アンケート-

## • 実体性 4項目

- Pappyは心をもっていそうだ
- Pappyは自分で意思を持っていそうだ
- Pappyは人間のように独自の意思を持っていそうだ
- Pappyは人間のような意思をもっていなさそうだ

## • 文章作成

- 主体, 現象, 結論
- ポジティブ, ネガティブ

・質問1,2,3に回答し、「この ○○ は ○○ だから/だけど ○○ 」という文章を作成してください。

| 質問1            |       | 質問2            |             | 質問3            |           |
|----------------|-------|----------------|-------------|----------------|-----------|
| この             | ロボット  | は              | 安全である       | だから/<br>だけど    | 楽しい       |
|                | ぬいぐるみ |                | 一緒に遊んでくれる   |                | 欲しい       |
|                | 機械    |                | 仕事をこなしている   |                | 使い物になる    |
|                | 道具    |                | 設計に問題がない    |                | 愛着がわく     |
|                | おもちゃ  |                | 正確である       |                | 完成品である    |
|                | 生き物   |                | 完璧である       |                | 便利である     |
|                | ネコ    |                | 私に従ってくれる    |                | 可愛い       |
|                | (その他) |                | 素直である       |                | 信頼できる     |
|                |       |                | エラーが起きない    |                | 機能が面白い    |
|                |       |                | 失敗作である      |                | 未完成である    |
| ○を1つ付けて<br>下さい |       | ○を1つ付けて<br>下さい | おつらよこちよいである | ○を2つ付けて<br>下さい | どんくさい     |
|                |       |                | 懐かものである     |                | 不気味である    |
|                |       |                | 事故が多い       |                | 機能が不十分である |
|                |       |                | 迷いが多い       |                | 信頼できない    |
|                |       |                | 設計に問題がある    |                | 使い物にならない  |
|                |       |                | 失敗が多い       |                | 失敗が多い     |
|                |       |                | 誤動作が多い      |                | 私は嫌われている  |
|                |       |                | 好き勝手に動く     |                | 心配になる     |
|                |       |                | (その他)       |                | 改良が必要である  |
|                |       |                |             |                | (その他)     |

# 補足 -スタンス分類アンケート検証-

- 実体性得点が平均より $\pm 3$ の実験参加者の点数と文章作成で選んだ意図の数で相関を係数を求めた.



- 結果
  - MS条件とネコ条件では相関あり, ダンボール条件相関なし

|      | MS   | ダンボール | ネコ   |
|------|------|-------|------|
| 相関係数 | 0.72 | 0.19  | 0.64 |

- ダンボール条件で相関がない原因
  - 外見だけでは生き物でないと判断するが, 行動しているのを見ると生物性を持っていると感じる実験参加者がいたため

# 補足 -スタンス分類方法-

- MS条件とネコ条件

- 意図スタンス・・・実体性得点高群であり、文章作成で意図の単語を選んでいる参加者  
また、実体性得点が中間層から文章作成で明らかに意図スタンスの参加者
- 設計スタンス・・・実体性得点低群であり、文章作成で設計の単語を選んでいる参加者  
また、実体性得点が中間層から文章作成で明らかに設計スタンスの参加者

- ダンボール条件

- 意図スタンス・・・ヒアリング調査・文章作成で意図の単語を選んでおり、実体性得点高群の参加者
- 設計スタンス・・・ヒアリング調査・文章作成で設計の単語を選んでおり、実体性得点低群の参加者