

# Bio-likeness ロボットの開発と効果の検証

※修士論文題目は「外力に反発する振る舞いを核とした Bio-likeness ロボットの研究」

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 修士課程 2 年

江角一朗

## 1. 研究背景

### 1.1. 研究の動機

人は人工物に対して生命や知性の存在＝生き物らしさを感じることもある。この感覚はアニメーション知覚とされ、心理学や認知科学の分野を中心に古くから多くの研究が存在する。[1]～[8] 本研究は、そのアニメーション知覚に着目し、人が生き物らしいと感じる振る舞いを人工物に持たせることで、人と人工物のコミュニケーション媒介として応用する試みである。筆者らが再現を試みる生き物らしい振る舞いは、人間が備える "生き物らしきもの" への鋭い知覚に訴えかけるものであり、振る舞いによるインタラクションを通じて人工物のさまざまな情報をノンバーバルかつ直感的に伝達することを目指す。

近年、私たちの生活に身近な様々な分野でロボット技術が応用され、自律的な人工物と共に暮らす社会が現実のものとなった。人と人工物のインタラクションもまた、これまでに多くの研究が行われてきた。[9]～[14] これらの多くは主にヒューマノイドロボットへの応用を前提としているが、今後は、必ずしも人や動物に類する外観を持たない人工物においても、より繊細で感性的なインタラクションデザインが求められると推測される。

### 1.2. 研究の前提と目的

#### 前提

- 人の認知に生命や知性の存在を訴えかける人工物の様態を「Bio-likeness」と命名
- 人工物の生き物らしい振る舞いが将来のマンマシンコミュニケーションの親和性を高める重要な要素になると仮説

#### 目的

- Bio-likeness ロボットの開発  
外力に反発する動作原理を応用  
(開発過程におけるデザイン手法の分析)
- 印象調査による人々の印象と反応の分析  
→ 将来の人と人工物の感性インタラクションの考察と展望

### 1.3. 研究の位置づけ

- バイオミメティクスとの対比

#### 【参考事例】

スタンフォード大学 (米) Gecko Robot, 2008. [22]  
生物の構造や機能、生産プロセスを模倣することで、新たな技術開発やものづくりに活かそうとする生物模倣研究。Gecko は実際のヤモリの足指の表面構造を模倣することで垂直壁面をよじ登ることが可能。これに対して本研究では、生物の構造や機能の応用を目的としない。生きものらしく感じる振る舞いに注目しており、動作メカニズムについても必ずしも生物を模倣しない。

#### • コミュニケーションロボットとの対比

##### 【参考事例】

日本電気株式会社 PaPeRo, 2001～ [23]  
人とのコミュニケーションを目的に研究開発された自律型ロボット。顔認識や音声認識、タッチセンサを備える。人に親近感を与えやすい幼児を模した外観であり、目や顔にあたるものを持つ。これに対して本研究は、ロボット技術をインターフェースに利用する点で共通するが、人やペットに代わるものを目指しておらず、ノンバーバルな感性的インタラクションにフォーカスしている。

#### • ロボット家電との対比

##### 【参考事例】

アイロボット社 (米) ルンバ, 2002～ [24]  
単なる自動掃除ロボットの認識を越え、世界中の多くの利用者がルンバに対して愛着を抱き、ペットのように名前をつけたり、寝床を用意するなどしている。これに対して本研究は、振る舞いが人と人工物の親和性を高めている点で期待する効果が一致している。しかし、ルンバはその効果を意図した設計ではないと考える。本研究では、振る舞いを意図的にインターフェースに利用する。

#### • アンドロイド研究との対比

##### 【参考事例】

ATR 石黒浩 Geminoid, 2006～ [25] [26]  
姿・かたち、動作やしぐさまでも研究者自身をコピーしたアンドロイドを開発。人間の「存在感」についての研究。これに対して本研究は、具体的な生物や人間の外観を模倣しない。人間に限らず生物の振る舞いの中にある「生きものらしさ」＝そう感じさせる要素の抽出・再現を目指す。生命感や存在感に対する人の認知に着目している点では共通している。

## 2. Bio-likeness ロボットの開発

### 2.1. 既存の Bio-likeness ロボット

筆者らが、これまでに開発した Bio-likeness ロボットを紹介する。fig.1 はそれぞれ、生き物らしい振る舞いの再現に特化したプロトタイプである。本研究で筆者が開発した Fuhler もこれにあたり、インターフェースへの応用の前段階の基礎研究的な位置づけとなる。fig.2 は生活家電のインターフェースへの応用を検討したプロトタイプである。これらは、三菱電機株式会社と山中デザイン研究室との共同研究によって開発された。(図中★印は、筆者が研究開発に携わったもの)

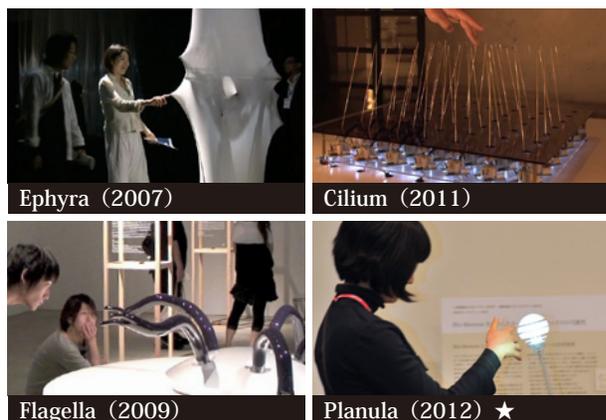


fig.1 振る舞いの再現に特化した実験的プロトタイプ

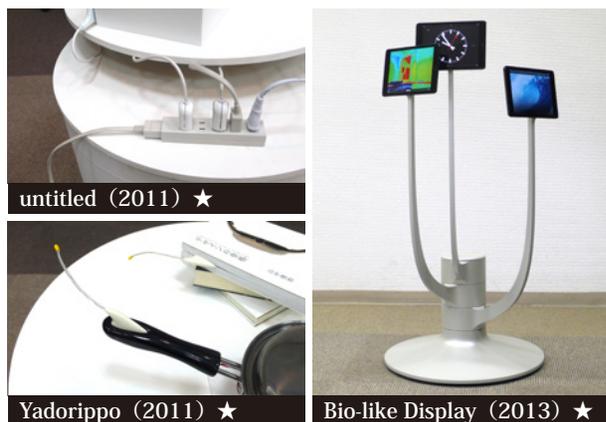


fig.2 生活家電のインターフェースに応用したプロトタイプ

### 2.2. Bio-likeness ロボットの設計手法

Bio-likeness ロボット全体を貫く設計コンセプトはこれまで詳細に言語化されてこなかったが、本研究のデザイン行為を論ずる上でも、関連研究による知見と併せ、本研究において筆者が整理し、体系化を試みた。

#### 1. 生き物らしさの要因抽出

生き物らしい振る舞いを人工物に組み込む上で、まず問題となるのは、生き物らしいと感じさせる要因は何かということだ。筆者は、先行研究 [1] [2] [3] [5] [9] [10] [28] から得られた知見をもとに、人の認知に生き物らしさを感じさせる振る舞いの要素を5つにまとめ、これを「Bio-likeness ファクター」と名付けた。

#### Bio-likeness ファクター

- 1) 動きの方向・速度の組みあわせに変化があること
- 2) 動きに目標志向性を感じる
- 3) 自律的な応答を感じるインタラクションがあること
- 4) 意外性を伴う予期せぬ振る舞いが混在すること
- 5) 反応タイミングが振る舞いに意味を与えていること

### 2. 振る舞いの再現

振る舞いの再現にあたっては、構造や機能に関して生物模倣を目的としない。Bio-likeness ロボットが対象とする問題は人の感じ方であり、構造や機構に生き物らしさを求めることが課題ではないからだ。人の認知に最適化されたかたちで振る舞いの再現を行う。

### 3. 外観デザイン

外観についても生物の形態を模倣せず、「らしさ」に寄与するかたちを抽象化し、最小限の引用とする。つまり、形態に頼らず、振る舞いそのものがもたらす効果に特化しながら、外観を抽象化することで、人の解釈の多様性あるいは想像の余地を残す、[34] ミニマルデザイン [21] を基本とする。

### 4. インタラクションデザイン

インタラクションデザインは、生き物らしさの抽出、振る舞いの再現、外観デザインを相互に検討しながらそれらの設計行為の中で決定する。また、人と人工物だけでなく、人工物が置かれる環境とのインタラクションも含めた検討を行う。

### 2.3. 共同研究の構成

本研究は、ベルリン・フンボルト大学のマンフレッドヒルド博士と慶應義塾大学山中デザイン研究室との共同研究である。ヒルド博士は主に動作プログラムを担う。具体的には、ヒルド博士が開発したオペレーティングシステム Cognitive Sensorimotor Loop (CSL) [17] [18] の提供及び、ハードウェアに合わせたプログラムの最適化を行った。山中デザイン研究室では、主にハードウェア及びインタラクションの設計・開発を担う。筆者は Fuhler を開発すると共に、開発過程におけるデザイン手法の分析、Fuhler の印象調査と分析を行った。

### 2.4. 動作原理

CSL は角度センサーを備えたモーターを利用し、関節の角度情報をもとにモーターの出力をコントロールするもの。本研究では外力に対して反発する CSL を応用する。関節におかれたモーターは外力（重力を含む）によって変化する関節角に応じて、逆回転方向に出力制御を行う。図のように地面におかれた一本足のような構造体では、各関節が外力に反発し、結果として直立後その姿勢を保持しようとする。(fig.3)

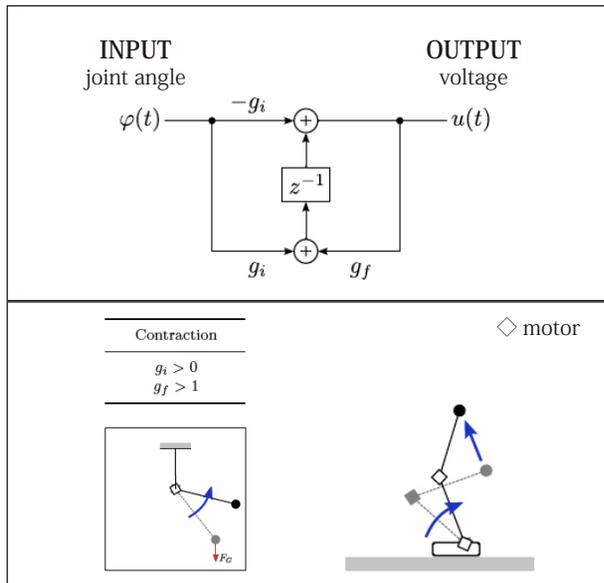


fig.3 外力に反発して動作する CSL

### 3. デザインプロセス

#### 3.1. CSL による生き物らしい振る舞いの検証

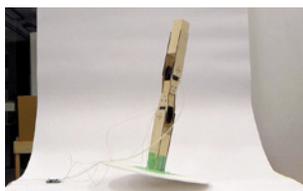
CSL を応用した Bio-likeness ロボットの開発にあたり、生き物らしい振る舞いの検証を目的に様々な実験を行った。ヒルド博士は Semni というロボットによって姿勢制御の実験を行っていたため、筆者も Semni を再現することからはじめ、観察とプロトタイプングを繰り返した。

また、各プロトタイプが生き物らしさを表出できているかについては Bio-likeness ファクター (2.2. 参照) に照らすことで評価を試みた。各図に添えた 1)~5) は、1) 動きの変化 2) 動きの目標志向性 3) インタラクション 4) 振る舞いの意外性 5) 反応タイミングを示す。



#### Semni 再現実験

- 1) ×
  - 2) ×
  - 3) ×
  - 4) ×
  - 5) ▲
- 生き物らしさ  
感じない



#### バランスロボット

- 1) ●
  - 2) ●
  - 3) ×
  - 4) ▲
  - 5) ×
- 生き物らしさ  
多少感じる



#### 風ロボット

- 1) ×
  - 2) ×
  - 3) ▲
  - 4) ×
  - 5) ×
- 生き物らしさ  
感じない



#### 釣りロボ~ Fuhler Ver.1

- 1) ●
  - 2) ●
  - 3) ●
  - 4) ×
  - 5) ▲
- 生き物らしさ  
感じる

### 3.2. Fuhler の設計

前述の実験を経て、外力に対して引っ張り返す振る舞いに特化したロボット Fuhler Ver.1 を設計した。(fig.4) タワー状の形態をしたロボットは重力に対して直立姿勢を保つが、アームの先端から伸びたアンカーを人が手で引くと全体を反らせて対抗する。アンカーにマジックテープを付けたことで、アンカーがフロアカーペットに付着する度、引きはがそうと振る舞う。人とのインタラクションだけでなく、環境とのインタラクションが加わることで、連続的かつ変則的な振る舞いを実現した。

Fuhler は、関節の数、角度、素材、外観の見直しを重ね、Ver.3 では可動域を前後左右に 3 次元化すると共に、Ver.1、2 で外観に与えていた反ったかたちをやめ、弾性素材を導入することで「反り」を機能に置き換えた。

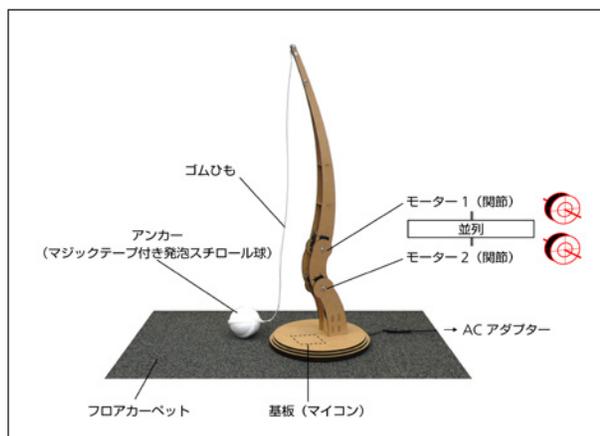


fig.4 Fuhler Ver.1

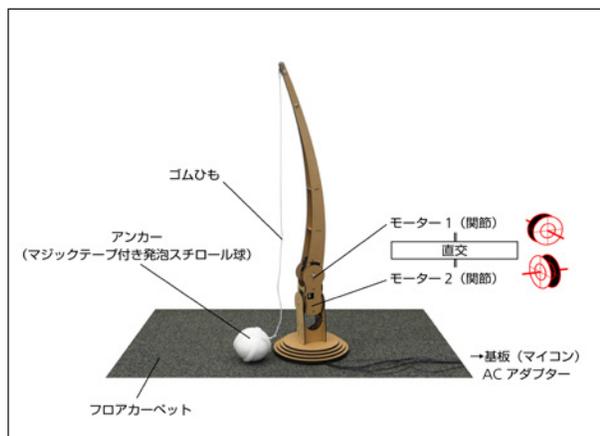


fig.5 Fuhler Ver.2

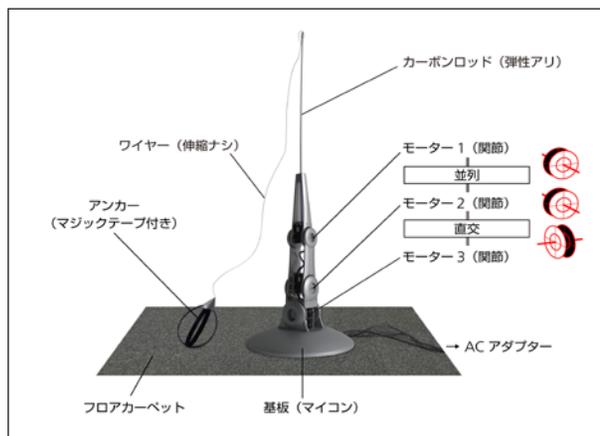


fig.6 Fuhler Ver.3

### 3.3. Fuhler (Ver.3) の振る舞い

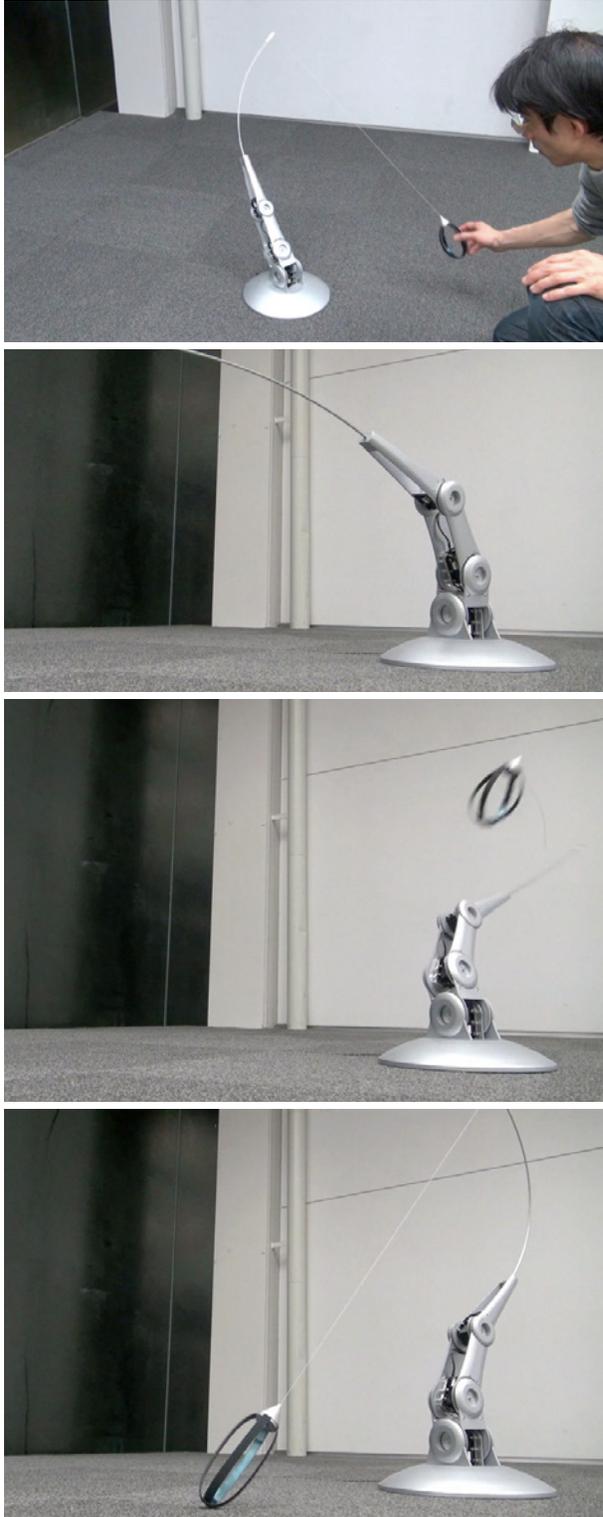


fig.7 Fuhlerの振る舞い：人・環境とのインタラクション

#### Fuhler Ver.3 の Bio-likeness ファクター評価

- 1) 動きの方角・速度の組みあわせに変化がある：●
  - 2) 動きに目標志向性を感じる：●
  - 3) 自律的な応答を感じるインタラクションがある：●
  - 4) 意外性を伴う予期せぬ振る舞いが混在する：●
  - 5) 反応タイミングが振る舞いに意味を与えている：▲
- 上記のように、Fuhler Ver.3 はほぼ全ての要因を満たし、結果として生き物らしさを表出していると考えられる。

## 4. 印象調査

### 4.1. 展示における反応

2012年のORFではプロトタイプ Ver.1、Ver.2を展示し、来場者に実際に触れてもらうことで以下のような注目すべき反応を得た。

「嫌いなのか?」「なんか嫌われてるみたい」  
「人間関係みたい」「動物みたい」「生意気な感じがする」  
「電車の中にこういう人いますよね…」

これらの発言は、この人工物に対して明らかに生命や知性(意志)を感じていると推測される。よって、Ver.1、2のプロトタイプの振る舞いは、生きものらしさの認知を与えることに成功したと考えた。

### 4.2. 調査の目的と方法

ORF2012の展示後、Fuhler Ver.3を使った実験を行った。目的は主にFuhlerが、生き物らしさを表出したかを確認すること。また、どのような印象を与えるのか、Ver.1からVer.3への改訂が適切だったのかを検証した。

- ・実験環境：大学内会議室 デルタ館 N111 室
- ・実施期間：2013/6/20～22,24,28 計5日間
- ・使用ロボット：Fuhler Ver.1、Ver.3
- ・質問紙：A4サイズ5枚
- ・被験者：合計14名  
20代/30代/40代：男女各2名  
50代：男女各1名

- ・Ver.1とVer.3の外観の印象 → 写真で比較
- ・Ver.1とVer.3の振る舞いの印象 → 映像で比較
- ・Ver.3とインタラクションした印象 → 実物による体験
- ・質問紙には、その印象度を5段階評定で記入してもらった。(全く感じなかった=1/あまり感じなかった=2/どちらでもない=3/少し感じた=4/とても感じた=5)

### 4.3. 結果と考察

#### 外観の印象

##### Ver.1は、親近感を与える

木質感と、曲線を持ったかたちの印象が親近感につながった。

##### Ver.3は、機械の印象が強い

Ver.3は機械っぽさを強く感じさせた。写真だけを見た印象ではVer.3は14人全員が機械っぽさを「とても感じた」と回答。ヒアリングの中でもシルバーの色は、機械を象徴する色として認識した発言が目立った。

#### 振る舞いの印象… (性格の印象についての回答より)

##### Ver.1は、親近感・愛着

映像=かわいい、一生懸命、けなげ、のんびり屋、やんちゃとする回答が多かった。

##### Ver.3は、愛着を与えつつ、反抗的で生意気

映像＝生意気、反抗的、やんちゃ

実物＝かわいい、けなげ、一生懸命、反抗的

Ver.1 同様の愛着を持った評価に加えて、Ver.3 では生意気、反抗的という回答が見られた。質問紙への回答後にヒアリングした様子では、ややネガティブではあるものの、そこにはある程度の愛着を含んだニュアンスが感じとれた。

### Ver.1 と Ver.3 に共通する印象

#### 外力に反発する振る舞いは生き物らしい

印象調査の設問の内、アニメシー知覚の生起に関わる項目（生き物っぽいや感じたか / 目的を持って動いているように感じたか / 自ら考えて動いているように感じたか / 感情をもっているように感じたかの4項目）に絞って5段階評価の合計平均を算出した結果は以下の通り

Ver.1 映像 3.8、Ver.3 映像 3.5、Ver.3 実物 3.9

総じて3.0の「どちらでもない」よりも感じた側の値を示した。

#### 外力に耐えられずダウンする姿も生き物らしい

Ver.1 映像 3/14人、Ver.3 映像・実物共に 2/14人が回答。モーターを制御するCSLには、出力リミッターが設定されている。リミッターの設定は、単にモーターの過熱を回避する為の仕様であって、生き物らしい振る舞いとして意図したものではないが、その様子は意図せず生き物らしい印象を生んだ。

### Ver.3 の振る舞いの印象

#### しなやかさが生き物らしい

生き物っぽさを感じた要因として多くの被験者が、上体を反らせて前後左右に動くそのしなやかな振る舞いを挙げた。三次元可動と弾性素材の導入が生き物らしさに寄与した。

#### プリミティブな反射運動としての生き物らしさ

生き物らしいと答えていながら、ロボット自体が目的を持っていたり、考えて動いているようには感じないと回答した被験者へのヒアリングでは、被験者自身が明確に説明出来ないながらも「考えていると言うよりも、勝手に動いている」というニュアンスの回答や「光を当てると縮む生物みたいな反応」というコメントもあり、こうしたことから、高等生物よりももっと原始的な生き物の反射に近いものを感じていることが伺える。

## 5. 結論と将来の展望

### 5.1. 本研究の成果

まず第一に、外力に反発する振る舞いを基本としたFuhlerは生き物らしさを表出した。Ver.1 から Ver.3 へ、外観を抽象化しながらも、振る舞いによる生き物らしさは損なわれず、むしろ、可動域の3次元化と弾性素材の導入によって、しなやかな振る舞いが、生き物らしさを印象づけた。第二に、デザインプロセスで行った様々な

実験の評価・分析にも役立ったことから、本研究で整理・体系化したBio-likeness ファクターを及び、Bio-likeness ロボットの設計手法は、今後の研究に貢献できる、成果の1つであると考えられる。

### 5.2. 反発する振る舞いがどう役に立つのか？

人の要求に正確に応えること、生活を便利に効率化すること、それだけがロボットの役割ではない。また、人にやさしい、だけが親和性ではないと筆者は考える。時に「反発する」「逆らう」というリアクションはかえって人間的である。また、Fuhler がアンカーを引っ張る振る舞いは、「けなげ」や「生意気」という印象を与えた。「生意気」の評価は憎めない対象としての好意的な受け取り方であるように見受けられ、将来の、より感性的な人とモノとの関係においては、人工物に対するこうした愛着の持ち方もあってよいと考える。

さらに、応用の仕方次第で、してはいけない操作に対して、人工物が「いやがる」ことで、危険や誤動作を直感的に伝えることも可能であろう。

### 5.3. Bio-likeness ロボット研究が目指すもの

これまでに示したように、本研究は、人間が本能的に備えている生物認識能力を利用し、より繊細で感性的なマンマシンコミュニケーションを実現する試みである。生きものらしい振る舞いを媒介とした人と人工物のインタラクションによって、人工物側の情報（状態・状況・動作目的）を表象し、人のメンタルモデル形成を補助することで、結果として以下のようなユーザビリティを実現できると考える。

- 人の関心・興味を本能的に引きつける（きっかけ）
- 正しい操作への自然な誘導（アフォーダンス）
- 誤操作や危険の直感的な回避（フェールセーフ）
- 人工物がどんな状態にあるかノンバーバルな伝達（開自性）
- 人工物への愛着や理解が生まれる（親和性）

## 6. 展示発表

### 6.1. 金の卵展 2013（2013年8月29日～9月8日）

六本木 AXIS ギャラリーでの展示に出展。多くの来場者に本研究を紹介し、将来のインターフェースへの応用可能性について期待頂くことが出来た。

### 6.2. Bio-likeness 展（2013年10月開催予定）

Fuhler をはじめ、これまでに山中デザイン研究室で製作されたBio-likeness ロボットを一堂に会した展示を行うことで社会に研究意義を伝えるとともに、さらなる知見を得たいと考えている。

## 参考文献

- [1] Heider,F. and Simmel,M. : An experimental study of apparent behavior, *American Journal of Psychology*, 57, 243-249, 1944.
- [2] Opfer,J.E. : Identifying living and sentient kinds from dynamic information change, *Cognition*, 86, 97-122, 2002.
- [3] Tremoulet,P.D. and Feldman,J. : Perception of animacy from the motion of a single object, *Perception*, 29, 943-951, 2000.
- [4] 植田一博, 福田玄明: 対象の運動に対する関わりがアニメーション知覚に与える影響, 第 21 回人工知能学会全国大会予稿集, 2D5-11, 2007.
- [5] 松尾太加志: 生き物らしさを感じる動きについての心理学的研究, 平成 18 年度北九州市立大学特別研究推進費対象研究報告書, 2007.
- [6] 三武裕玄, 青木孝文, 長谷川晶一, 佐藤 誠: 精緻なフィジカルインタラクションにおいて生物らしさを実現するバーチャルクリーチャの構成法 (<特集>アート & エンタテインメント 2), *日本バーチャルリアリティ学会論文誌* 15(3), 449-458, 2010.
- [7] 佐藤鑑永, 木藤恒夫: 対象物の実体性がアニメーション知覚に与える影響, *久留米大学心理学研究* (10), 45-51, 2011.
- [8] 福田玄明, 植田一博: 実際の生物を用いたアニメーション知覚の脳内基盤の検討, 特集 社会性認知のメカニズム, *認知科学 / 日本認知科学会 編. 日本認知科学会*, 18 号 (1) (通号 67), 64-78, 2011.
- [9] Haruaki Fukuda, Kazuhiro Ueda : Interaction with a Moving Object Affects One's Perception of Its Animacy, *International Journal of Social Robotics* June 2010, Volume 2, Issue 2, 187-193, 2010.
- [10] 田中一晶, 岡夏樹: 人 - ロボットインタラクションにおける「ためらう」ロボットの実験的評価, *HAI シンポジウム 2008*, 2008.
- [11] 竹内勇剛: ロボットと人間の社会的インタラクションを考える, *日本ロボット学会誌*, 17(7), 952-955, 1999.
- [12] 植田一博: 人と人工物とのインタラクションのデザイン: ヒューマン・インターフェースの立場から (構築環境デザインをとりまくサイエンスの状況, <特集> デザインとサイエンス - 構築環境デザインをとりまく諸科学), *建築雑誌* 121(1549), 8-11, 2006.
- [13] 佐藤 良, 竹内勇剛: 抽象性の高い外観をもつロボットとのインタラクションのデザイン, 特集論文 インタラクションのデザインと評価, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.14, 237-247, 2012.
- [14] Fukuda, H., & Ueda, K. : Interaction with a moving object affects one's perception of its animacy, *International Journal of Social Robotics*, 2, 187-193, 2010.
- [15] 富田 豊, 堀 浩一, 西田佳史: 人間系融合領域アカデミック・ロードマップ, *日本ロボット学会誌*, 26(7), 728-731, 2008.
- [16] 柴田崇徳, 和田 一義: アザラシ型ロボット「パロ」によるロボット・セラピーの効果の臨床・実証実験について, *日本ロボット学会誌* 29(3), 246-249, 2011.
- [17] Hild,M. and Kubisch,M. : Self-Exploration of Autonomous Robots Using Attractor-Based Behavior Control and ABC-Learning, *Eleventh Scandinavian Conference on Artificial Intelligence—SCAI 2011*, 153-162, 2011.
- [18] Kubisch,M., Benckendorff,C. and Hild,M. : Balance Recovery of a Humanoid Robot Using Cognitive Sensorimotor Loops (CSLs), *14th International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines (CLAWAR)2011*, 2011.
- [19] 寺田和憲, 伊藤 昭: 意外性と意図帰属, *電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎* 110(459), 25-26, 2011.
- [20] 竹内勇剛: 人は未知のものの振る舞いをどのように理解するか?, *電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎* 110(459), 19-20, 2011.
- [21] 岡田美智男, 松本信義, 塩瀬隆之, 藤井洋之, 李 銘義, 三嶋博之: ロボットとのコミュニケーションにおけるミニマルデザイン, *ヒューマンインタフェース学会論文誌* 7(2), 189-197, 2005.
- [22] Kim,S., Spenko,M., Trujillo,S., Heyneman,B., Daniel Santos,D. and Cutkosky,M,R. : Smooth vertical surface climbing with directional adhesion, *IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS*, VOL. 24, NO. 1, 2008.
- [23] 大中慎一, 安藤友人, 岩沢 透: 人とのインタラクション機能を持つパーソナルロボット PaPeRo の紹介, *情報処理学会研究報告. SLP, 音声言語情報処理* 2001(68), 37-42, 2001.
- [24] 日経流通新聞, 2012 年 3 月 30 日, 20 面, 2012.
- [25] 石黒 浩: アンドロイドの存在感, *日本バーチャルリアリティ学会誌. Journal of the Virtual Reality Society of Japan* 14(1), 7-11, 2009.
- [26] 石黒 浩: ロボットとは何か 人の心を映す鏡, *講談社現代新書*, 2009.
- [27] 後藤 武, 佐々木正人, 深沢直人: 「デザインの生態学」, *東京書籍*, 2004.
- [28] Reeves,B. and Nass,C. : The media equation, *Cambridge University Press*, 1996. (細馬宏通 訳: 人はなぜコンピューターを人間として扱うか「メディアの等式」の心理学, 翔泳社, 2001.)
- [29] クワクボリョウタ: ニコダマ, [http://www.cubeworks.co.jp/works/index\\_sub.html?/works/kuwakuboryouta/index.html](http://www.cubeworks.co.jp/works/index_sub.html?/works/kuwakuboryouta/index.html) (参照 2013/7/3)
- [30] 鷺田清一: 顔の現象学 見られることの権利, *講談社学術文庫*, 1998.
- [31] 大和信夫: ロボットと暮らす 家庭用ロボット最前線, *ソフトバンク新書*, 2006.
- [32] 柴田正良: ロボットの心 7 つの哲学物語, *講談社現代新書*, 2001.
- [33] 森 政弘: 不気味の谷, *Energy*, 7(4), 33-35, 1970.
- [34] 後藤 武, 佐々木正人, 深沢直人: デザインの生態学, *東京書籍*, 2004.
- [35] 山中俊治: 生物の形態と人工物のかたち, *SPECIAL ISSUE OF JSSD Vol.12 No.4* 2005.
- [36] 山中 俊治, 21\_21 DESIGN SIGHT 編: 骨, *求龍堂*, 2009.
- [37] 山中俊治: デザインの骨格, *日経 BP 社*, 2011.
- [38] 山中俊治, 脇田 玲, 田中浩也, 坂井直樹, 岩竹 徹, 加藤文俊, 中西泰人, 藤田修平, 寛 康明, 水野大二郎: x-DESIGN—未来をプロトタイピングするために, *慶應義塾大学出版会*, 2013.