

直線運動型単純機構群ロボットによるアニメシー知覚

中山 桃歌^{†1,a)} 山中 俊治^{†1}

概要: 今後技術の進歩により家庭用ロボットの普及が見込まれている．人がロボットに対してアニメシーを知覚することが人とロボットとの円滑なコミュニケーションにおいて重要な要素であるという仮説を基に，本研究では仮説検証のためのツールとして 5 個の立方体からなる直線運動型単純機構群ロボットの提案・製作を行った．そしてこのシステムを第 17 回東京大学制作展において展示を行った．この結果，この抽象的な形状でかつ単純な機構である本ロボットに対して体験参加者はアニメシーを知覚し，人-マシン間の親和性の向上を示唆する結果を得た．

Animacy Perception by Linear Motion Simple Group Robots

MOMOKA NAKAYAMA^{†1,a)} SHUNJI YAMANAKA^{†1}

Abstract: It is important for taking smooth communications between people and domestic robots that people perceive them to be living creatures. This is called animacy perception. In this paper, we propose group robots consisted of five black boxes for the purpose of giving people the perception by simple linear movement. As a result of displayed these robots in iii Exhibition 17, we suggest that people who experienced the robots had the perception for them, and their affinity for the robots caused by the perception.

1. はじめに

飛躍的なロボット技術の進歩によりロボットはあらゆる分野において活躍するようになった．近年，ものづくりの現場や介護の現場だけではなく pepper[1] や Omnibot シリーズ [2] のように日常生活に溶け込む家庭用ロボットも開発されている．特にこのロボットは人と親密にコミュニケーションをとることを目的として開発されておりこの目的を達成するには，人が対象に抵抗なく接すること，人との親和性を得るための配慮が必要となる．人が機械を意識せず，抵抗感少なく接する方策の一つとして，人あるいはペット動物を模したロボットがあると考えられる．

例えば山岡ら [3] は人間型ロボットが，その身体を活用して人との自然なコミュニケーション・相互作用を実現するには，ロボットが生物らしさをもつことが重要であると考え，発達心理学から以下の 3 つのロボットの対人行動を提唱し，その実現のためにモーションキャプチャシステム

をセンサとして使い高精度に人の動作を認識することを試みている．

- (1) 非接触で相手の動きに応じた動作ができる
- (2) 相互作用の中で受け手にも作用手にもなれる
- (3) 意志・目的を示す振る舞いをする

これは人が対象物を生き物と感じられるようにするため，つまりアニメシー知覚を持たせるための努力と考えられ，それを複雑な機械的構造や機能を有する人に似せた外形，動作を有する機械で実現しようとするものと言える．一方でこのアニメシー知覚を感じる要素についてのこれまでの研究で，Heider らは例え対象物が幾何学図形であっても，その運動によって観察者はアニメシーを感じることを明らかにした [4]．その後の研究で運動に規則性や目的を感じる度合いが高ければ高いほどアニメシーを知覚しやすいと指摘されている [5]．また Arita らは被験者に幼児を用い，幼児が他者と相互作用するロボットを人と知覚する一方，相互作用しないロボットを物体とみなしていることを明らかにし，相互作用がアニメシー知覚に大きな影響を与えていると述べていた [6]．

^{†1} 現在，東京大学
Presently with University of Tokyo
^{a)} nkym@iis.u-tokyo.ac.jp

これらの結果は、対象物が必ずしも人や動物の形態を模した形態を有していなくても、その動きによっては人がアニメーション知覚を得られることを示唆している。

たとえば伊藤ら [8] は、倒立振り制御機構を利用して機械自身におぼつかない振り舞いをさせることによって、周囲の人が目を引かれ思わず手を差し伸べるなどの反応、他者からのアシストを引き出すための「場」をつくりだすことができたとしている。また福田ら [7] は単純な外形を有する教育用ロボット e-puck を用いて、人からの働きかけに対して $1/f$ ゆらぎを持つ相互作用運動から大きなアニメーションが得られることを報告している。

これらの研究から、生き物らしさを生み出すにはその動きが大きな要素となっていること、またその動きが人（観察者）との相互作用を有すること、そしてその相互作用は正確な規則性を持つものよりも、おぼつかなさ、揺らぎと表現される不規則的要素を含む場合のほうが、より高いアニメーション知覚を得られることが示唆される。

従来のロボットは人との親和性を向上させる目的で往々にして多数のアクチュエーターやセンサを用いて高度な動きや機構・外見を有する人型やペット動物型のロボットを構築してきた。しかし抽象的な外見であってもその動きを工夫することにより、アニメーションを向上させ、人と親和性の高い機械装置を構築できるのではないだろうか。これが可能となればコストをかけずに家庭用ロボットを実現させる道が開け、その普及を大きく促進できると期待できる。

本研究では、高いアニメーション知覚が期待できる不規則的要素を含みつつ、外界との相互作用を有する運動を実現する形態のひとつとして、図 1 に示す 5 個の立方体からなる直線運動型単純機構群ロボットを試作した。5 台の機械装置個体各々は最小限のセンサーときわめて単純な運動と制御機構のみしか持たないが、5 個の個体がそれぞれ自律的に、互いに相互作用を授受して動き得るように設計した。これは発達した脳を持たなくても各部位の神経の反射により運動する、進化の初期段階の動物の動作をイメージさせる。従来の同種の試みは、一つの躯体に組み込まれた多数の高度なセンサーと複雑な動作が可能な機械装置ならびに複雑な制御アルゴリズムによって外界との相互作用を実現しようとする、あたかも発達した脳によって体の制御を行う高等動物のような機構であると考えられる。これに対して、本ロボットシステムがより単純なシステムでありながら生物的な挙動を発現することを期待した。そして本ロボットシステムを第 17 回東京大学制作展（2015/11/12～2015/11/16）において 5 日間展示を行い、来場者に観察、相互作用体験をしていただき本システムから受けるアニメーション知覚とその機構についての検討を行った。

2. ロボットシステムの概要

2.1 設計方針

装置（ロボット）の外見によらず、その動き方によって生物らしさ、すなわちアニメーション知覚が得られることを確かめるため、外形から生物らしさを排除する目的で立方体という極めて幾何学的な形とした。加えてアニメーション知覚を生み出す動きの要素の抽出を容易とするため、動きの機能は直線往復運動のみに限定した。図 1 にロボットの外観を示す。



図 1 ロボットの外観図

山岡ら [3] が提案した対人行動設計の 3 要点を参考として、以下の機能を搭載した。

- (1) 非接触で相互作用の受け手となるための手段として、ロボットの前部分と後部分の 2 ヶ所に赤外線測距センサーを設置した。
- (2) 相互作用の作用手として、速度を可変して前後に走行できる機能を搭載した。
- (3) 距離センサーによって互いの距離を測り、連鎖反応や連成振動を起こし得る簡単な制御プログラムを搭載した。

2.2 ハードウェア構成

図 2 にロボットの内部構成を示す。本ロボットの前後の赤外線測距センサ（PSD センサ）にはシャープ（株）製測距モジュール GP2Y0A21 を用いた。走行機能には（株）タミヤ製ミニ四駆 PRO シリーズのシャーシ（台車）部分を用いた。制御用として Arduino UNO 互換マイコンを搭載し、PSD センサで得た距離情報をアナログポートに入力し、デジタル出力ポートからモータードライバ IC（株）東芝セミコンダクター製 TA7291P 経由でミニ四駆に搭載されている DC モータを制御した。表 1 にロボットの仕様の概要を示す。

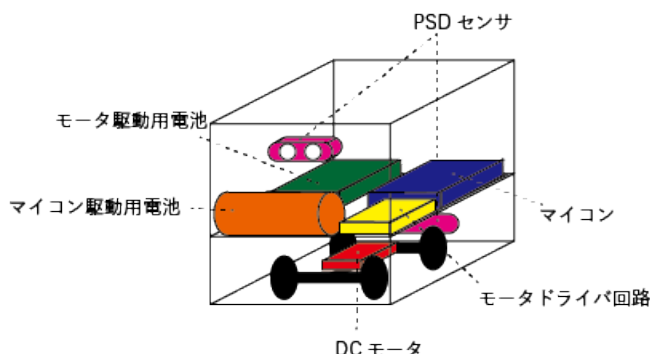


図 2 ロボットの内部構成

表 1 ロボットの仕様

縦×横×高さ	15cm × 15cm × 15cm
重さ	564g
最大速度	0.15m/s
最大加速度	0.016m/s ²

2.3 制御の概要

図 3 に今回のロボットの制御フローを示す。5 台のロボットはそれぞれ自身に搭載されたマイコンによって、それぞれ独立して制御されている。ロボットは図 1, 4 で示すように、一次元（直線）の移動方向に沿って一列に整列させる。ロボットの前後に取り付けられた測距センサによってそれぞれの前後のロボットまでの間隔を測距する。前後の間隔が等しい場合ないしは間隔差が非常に大きい場合は停止、前後の間隔に差がある場合は間隔の広い方へ進むように比例制御を行った。

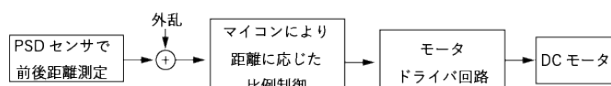


図 3 制御フロー

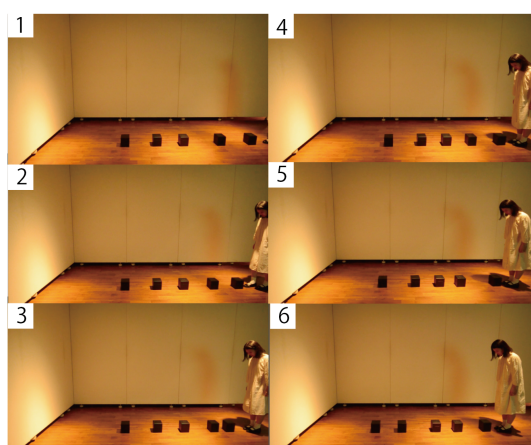


図 4 群ロボットの直線運動

この制御ルールと PSD センサの機能により、ロボットは前後のロボットまでの距離だけでなく、外界からの働

きかけにも反応する。すなわち体験者がこのロボットに近づくと体験者から距離をとる方向へ進むという、「3 つのロボットの対人行動」で言う（1）と（2）を満たす一次元的な動きができた。更にこのロボットが複数台並んで個別に比例制御されることから、前後方向の連成振動が発生し、単純な機構と制御プログラムで動きのランダムさを実現できた。群ロボットの直線運動を図 4 に示す。また体験者が近づくことをやめると、振動は収束し最終的に複数台が等距離間隔に離れて安定状態となり停止する。この間、体験者はその動きを観察する「相互作用の受け手」となることも可能であり、また振動するロボットに更に接近することにより振動を更に複雑化させたり、あるいは収束させるなど「相互作用の作用手」となることも可能である。

3. 評価観察

本ロボットは第 17 回東京大学制作展（2015/11/12～2015/11/16）において 5 日間展示を行った。（図 5, 6）実際に来場者にはこのロボットの取り扱い方について説明したのち体験をしていただいた。体験者には許可のもと 12 日、14 日、15 日の 3 日間の動画を撮影した。体験者は男性 153 名、女性 87 名の計 240 名であった。体験する前に今回はアンケートを取ることができなかったため体験者の行動や発言を分析し、ロボットを体験中「かわいい」「まるで生き物のようだ」などといったコメントをこちらが促していないのにも関わらず発言した場合アニメシーを体験者は知覚したと判断した。「かわいい」と発言したのは男性 14 名、女性 27 名の計 41 名であった。これはそれぞれ体験者全男性の約 9 %、体験者全女性の約 31 %、体験者総数の約 17 %であった。また生物に投げかけるような発言をしたのは男性 4 名、女性 5 名の計 9 名だった。これはそれぞれ体験者全男性の約 3 %、体験者全女性の約 6 %、体験者総数の約 4 %であった。アニメシーを知覚した総数は男性 18 名、女性 32 名、計 50 名であった。これはそれぞれ体験者全男性の約 12 %、体験者全女性の約 37 %、体験者総数の約 21 %であった。表 2 に示す。体験者が「かわいい」と発言した主な理由としては

- 5 台すべてが振動して戻ってこるところ
- 振動する動きが困っているように感じるから
- 速度
- 群で振動するところ
- 振動の際モータドライバの切り替え音がカチカチとなる

• 振動しているときの動きが赤ちゃんのよう
が挙げられた。生物と知覚したような主な発言は

- 生き物に見える
- 鳩が逃げていくように見える
- 逃げられるとだんだんかわいそうになってくる
- ロボットに足がぶつかってしまって思わずごめんねと

声をかける

- うねうね動く生き物のような
- 体験者が振動を全てのロボットに伝えようとしているとき、ロボットに頑張れと声をかけるが挙げられた。



図 5 展示風景



図 6 東京大学制作展中の様子

ではなく発言も促したわけではないにも関わらず全体で約 21 %の体験者がこのロボットに対しアニメシーを感じる発言をしている。発言による自己表現しなかった体験者の中にもアニメシーを知覚した人はいたと考えられるのでこれは少ない割合ではない。かわいいと発言した人数の割合は男女で大きな差があったがこれは日常的にかawaiiと発言するのは女性が多いのではないかと考えられる。体験者のアニメシーを知覚した発言には本ロボットに対し「ごめんね」や「頑張れ」と声をかけている分析結果が得られた。これはアニメシー知覚によって人-マシン間の親和性の向上を示唆していると考えられる。今回行った評価観察はあくまで展示会での展示であり、実験ではないため今後条件を揃えた実験やアンケートを実施する予定である。また、このデバイスに対してどのような動きに特にアニメシー知覚を感じるのか丁寧な分析も行う予定である。

参考文献

- [1] Softbank Pepper
<http://www.softbank.jp/robot/>
- [2] タカラトミー 商品情報 Omnibot
<http://www.takaratomy.co.jp/products/omnibot/>
- [3] 山岡史享, 神田崇行, 石黒浩, 萩田紀博: 発達心理学的知見に基づいた生物らしいコミュニケーションロボットのための対人行動設計, 日本ロボット学会誌 Vol.25 No.7, pp.1134-1144, 2007
- [4] Fritz Heider and Marianne Simmel The American Journal of Psychology Vol. 57, No. 2 (Apr., 1944), pp. 243-259
- [5] G. Gergely and G. Csibra, teleological reasoning in infancy: the naive theory of rational action, Trends In Cognitive Sciences, vol.7, pp. 287-292, 2003.
- [6] A. Arita, K. Hiraki, T. Kanda and H. Ishiguro, can we talk to robots? Ten-month-old infants expected interactive humanoid robots to be talked to by persons, Cognition, vol.95, pp.B49-B57, 2005.
- [7] 福田玄明, 植田一博: 対象の運動に対する関わりが生物らしさの近くに与える影響, HAI シンポジウム 2007 1F-2
- [8] 伊藤夏樹, 堀田大地, 竹田泰隆, P.Ravindra De Silva, 岡田美智男: Pelat: おぼつかない振る舞いが生み出す「場」の構成原理を探る, HAI シンポジウム 2014 P-1

表 2 評価観察結果
アニメシーと知覚 知覚発言なし

	かわいいと発言	その他		計
男	14 名	4 名	135 名	153 名
女	27 名	5 名	55 名	87 名
計	41 名	9 名	190 名	240 名

4. 考察・今後の課題

本ロボットの外形は生物らしさを排除した立方体という極めて幾何学的な形である。つまり本ロボットの外形には「かわいい」要素を排除した立方体が動くことによって「かわいい」という属性を得たとするならばアニメシーを知覚したと判断してよいと考えた。あくまで今回はアンケート