

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

Pelat : Exploring a "field" emerged from the human-unstable robot interaction

伊藤 夏樹^{1*} 堀田 大地¹ 竹田 泰隆¹ P.Ravindra De Silva¹ 岡田 美智男¹
 Natsuki Ito¹, Daichi hotta¹, Yasutaka Takeda¹, P. Ravindra De Silva¹, and Michio Okada¹

¹ 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

¹ Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

Abstract: Infants generally unbalanced on their feet when learning to walk and most of the time they are showing the unsteady gait. In these contexts, caregivers unintentionally attain and care when infant emergent the unstable behaviors. Since, it's interesting to explore what kind of unintentional behaviors and field are emerging from the caregivers. In this study, we develop a pendulum type robot that cans potential to demonstrate unstable behaviors as infants to explore the unconscious behaviors and interactive spaces of the caregiver.

1 はじめに

幼児が危なげにふらふらと歩く様子や生後間もない子鹿がおぼつかなく歩くのを見た人はそのおぼつかない振る舞いに、周囲と調整を図っている様子から、その対象が生きているのだという感覚を覚えることがある。幼児や幼い動物は、地面や重力などの環境と調整を図る過程の中で、よたよたとした危なげな振る舞い、おぼつかない振る舞いを生じさせているとも考えられる。こうしたおぼつかない振る舞いに、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を示すことがある。おぼつかない振る舞いが様々な要因を基に、他者からのアシストを引き出すための「場」を作り出しているのではないだろうか。

本発表では、HRI(Human-Robot Interaction)の観点から人とヨタヨタとしたロボットのかかわりあいを探るために構築した倒立振り子制御ロボット"Pelat"(図1)について述べる。また、Pelatをおぼつかない振る舞いが生み出す「場」の構成原理を探るための、理論や方略などを紹介する。

本稿では、Pelatを用いた研究の背景を紹介し、実際にPelatを用いたコンテストへの応募および児童館などでのデモンストレーション出展を行った様子を紹介する。また、その性質を利用することで考えうる知見を得るための方略や応用例を述べる。

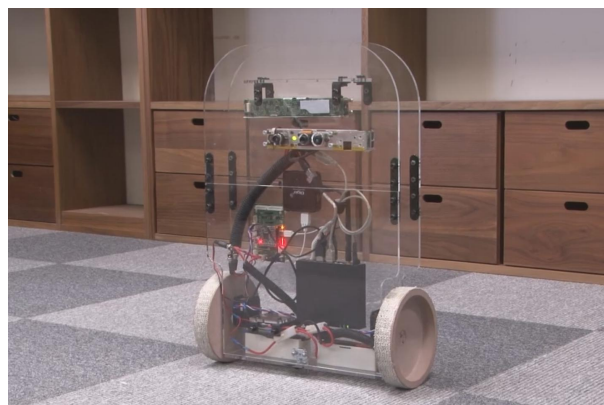


図1: 倒立振り子型ロボット「Pelat」

2 研究背景

2.1 アニマシー知覚

私たちは、生き物を目にしたとき何を手掛りにそれを生き物として捉えているのだろうか。目にした対象に対して意図や生き物らしさを感じることをアニマシー知覚 (animacy perception) と呼んでいる [1].

Heiderらは丸や三角などの単純な幾何学図形(図2)が動き回る動画を見せ、その図形についてどのような様子であったかを答えさせる心理実験を行った [2]. この実験の実験参加者らは、それら幾何学図形に対して「ためらった」「あきらめた」などの生き物らしさを感じている旨の説明をした。Heiderらはこの実験によって、単なる幾何学図形に対してもアニマシー知覚が生じることを示した。

*連絡先: 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系
 〒 441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 F1-404
 E-mail: ito@icd.cs.tut.ac.jp

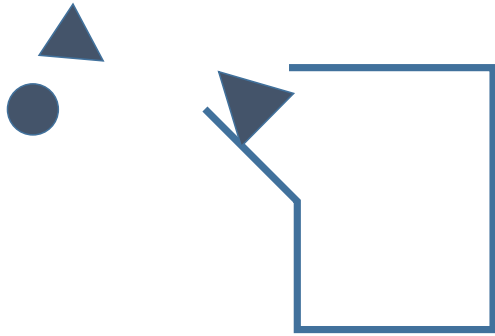


図 2: Heider の心理実験に用いられた図形

2.2 志向姿勢

人間が他者の振る舞いをどう捉え、理解しているのかを説明するものとして、Dennett が提唱した 3 つの心的姿勢 (stance) [3] がある。

- 物理姿勢 (物理的な構え)
- 設計姿勢 (設計的な構え)
- 志向姿勢 (志向的な構え)

物理姿勢とは対象が物理的法則に従って動いていると捉えた場合に取られる姿勢であり、設計姿勢は対象が定められたアルゴリズムなどに従って動いていると捉える姿勢のことである。そして、志向姿勢は対象が何らかの意図・信念に従って行動をしていると捉える姿勢である。例えば"上空から落ちてくるボール"を見た人は、それは重力に従って落ちているのだと捉える (物理姿勢)。"自動車"を運転する人であれば、詳しい仕組みを知らずとも、アクセルを踏めば車が進む設計となっていることを理解している (設計姿勢)。"獲物を追う虎"を見た人は、虎が食料を確保するという意図を持ってその行為に及んでいると解釈するだろう (志向姿勢)。

さて、先述の Heider らの心理実験では、単なる幾何学図形に対しても生き物らしさを感じる可能性を示唆していた。これは、心理実験の被験者らが動画中の図形に対して、何らかの意図を汲み取った、すなわち志向姿勢を取ったといえる。

2.3 関係としての同型性

単なる幾何学図形に振る舞いによっても生き物らしさを感じる事ができることは先述のとおりである。Ishiguro らの開発したジェミノイド [4]、産業技術総合研究所による HRP-4C 「未夢」 [5] など、人と同じ身体構造を持たせることによって生き物らしさ、人らしさを追求するものがある。単なる図形、人に限りなく似せたロボット、それぞれに生き物らしさを感じるのは、こ

れらが人間・生き物と同型な性質を備えているからであると考えられる。

我々は、人と同じ身体構造を持つという意味での同型性を「実体としての同型性」と呼んでいる。対して、人々と同じように環境とかかわる上で、その環境との切り結びの様式が同型であるという意味での同型性を「関係としての同型性」 [6] と呼んでいる。この考えに基づけば、単なる幾何学図形の振る舞いは、生き物のそれと同じような環境とのかかわり方をしている、「関係としての同型性」を備えているがゆえに生き物らしさを感じたと考えられる。

2.4 Pelat: 「関係としての同型性」をもつロボット

筆者らは、ふらふらとした倒立振子の動きを参考に、重力を感じながらおぼつかない振る舞いで、人々と距離を調整しあうロボット "Pelat" を研究プラットフォームとして開発した。Pelat は自身のおぼつかない動きに意味や役割を完結した形で与えられない不定さをもっている点や、歩行という行為を大地とともに「委ねる/支える」という関係を築きながら行なっている点で、私たちと「関係としての同型性」をもった存在といえる。

2.5 ミニマルデザイン

ロボットとの社会的なインタラクションをデザインするためのひとつの指針として、「ミニマルデザイン」と呼ばれる考え方がある [7]。この「ミニマルデザイン」のねらいは、その姿や機能をシンプルにする中で、人からの意味付けや積極的なかわりを引き出すものである。Pelat の身体には手足がなく、外見や機能に制限をもたせている。このように「ミニマルデザイン」に依拠して作られた Pelat は、実体としての同型性を削ぎ落とし、むしろ「関係としての同型性」を顕在化させたものと捉えることができる。

2.6 ロボットの持つ生き物らしさ

Miyashita [8] らは、倒立振子のようなゆらぎを持った対象に対して、生き物らしさを感じさせる可能性を示唆している。筆者らの先行研究 [9] から、Pelat の振る舞いの様子が生き物らしく感じさせる要因となっていることを示している。

Pelat は前述の"アニメシー知覚"、"ミニマルデザイン"といった考え方に基づいて作られている。これらの要素によって顕在化された"関係としての同型性"が生き物らしさを立ち現していると考えられる。これによ

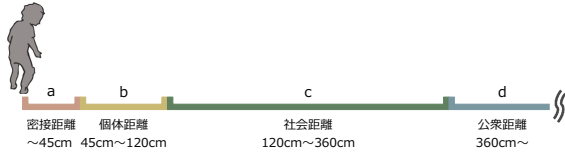


図 3: ホールのパーソナルスペース

り、おぼつかない振る舞いが生み出す生き物らしさは「場」の構成要素の一つとして挙げられると考えている。

2.7 なり込み

「関係としての同型性」をもった存在がみせるおぼつかない足取りに私たちの身体が思わず揺り動かされてしまう。このとき、私たちは自身の身体を相手に重ね、相手を感じ取っていることを自分の身体参照しながら探ろうとする。鯨岡によれば自身の身体を相手に重ね合わせている様態を「なり込み」と呼ぶ [10]。私たちが認知するよりも早く反射的に相手に「なり込む」ため、身体の思いがけない振る舞いが引き起こしていると考えられる。

2.8 パーソナルスペース

社会学者のエドワード・ホール [11] は、人と人との間にその関わりの様相に応じて、(a) 密接距離 (intimate distance, 45cm 以内), (b) 個体距離 (personal distance, 45-120cm), (c) 社会距離 (social distance, 120-360cm), (d) 公衆距離 (public distance, 360cm 以上) などの対人距離 (図 3) が存在することを指摘している。

ホールの行った調査は対象を米国人としている。パーソナルスペースは文化の違いや男女差によっても変動すると言われており、これが人-ロボット間にも当てはまるのかは未だわからない。Pelat のおぼつかない振る舞いによって、かかわり合う人がどのような距離感を取るのかを今後調査していく。

3 Pelat:システム構成

本研究において開発したロボット Pelat のシステム構成を図 4 に示し、詳細を以下より述べる。

まず、主な役割を持つ構成要素 (図 5) について解説する。

Kinect: Pelat には、前面と背面に 1 台ずつ深度センサデバイス「Kinect」が搭載されている。RGB カメラ、深度センサが搭載されており、センサに映った人への距離などを得ることができる。

マイコンボード: モータやセンサの制御を行うためのマ

表 1: x86 PC スペック

	Fit-PC3
CPU	AMD G-T40E 1.0GHz (Dual Core)
GPU	RADEON HD6250
メモリ	4GB
OS	Ubuntu 12.04 LTS

イコンボードが搭載されている。これは、SH2 マイコンと電源回路などの周辺回路で構成されている。Pelat の構成では、車輪を回すためのサーボモータの制御に用いている。

x86 PC: Pelat にはロボット全体の管理・制御を行うために小型の x86 PC (CompuLab 社 Fit-PC3) が搭載されている。表 1 にこの PC のスペックを示す。

ジャイロセンサ: 倒立振り制御を行うため、ロボットの傾きや、加速度を計る 6 軸ジャイロセンサ (ZMP 社 IMU-Z Lite) を搭載している。

4 動作原理

図 6 に Pelat における倒立振り制御を実現するための原理を説明する。

まず、Pelat に備えられたジャイロセンサを利用し本体の傾き、加速度を検知する。この値を利用し、PID 制御を用いることによって自立を実現させている。ここで、Pelat における PID 制御の式を示す。

$$S = R \cdot G_p + \int R \cdot G_i + R' \cdot G_d \quad (1)$$

ここでは S :モータへの出力値, R :角度, $\int R$:角度の積分値, R' :角速度, G_p, G_i, G_d :各項のゲインパラメータを表す。実運用上、モータにデジタルサーボを用いているため、モータの出力を制御するには、0~1023 の範囲の整数値で指定をする必要がある。適切に量子化を行い、各サーボモータに初期パラメータ (最大トルクなど) を与えてやる必要がある。

PID 制御の特徴として、制御が安定するまでに、信号が不安定になる時間がある。今回は、この様子をおぼつかない振る舞いを表現するために利用することにした。しかし、PID 制御を適切に実装した場合、これらの不安定な状態が生じる時間は非常に少ない。そのため、こういった不安定さを際立たせることを目的として PID 制御に与えるセンサの実測値にノイズを加算している。このノイズによって、ロボットのおぼつかない振る舞いを表しやすくしている。しかし、あくまでおぼつかない振る舞いは周囲との調整の過程に現れるものあり、おぼつかない振る舞いの本質は PID 制御の部分に環境とのかかわりを表していることに留意されたい。

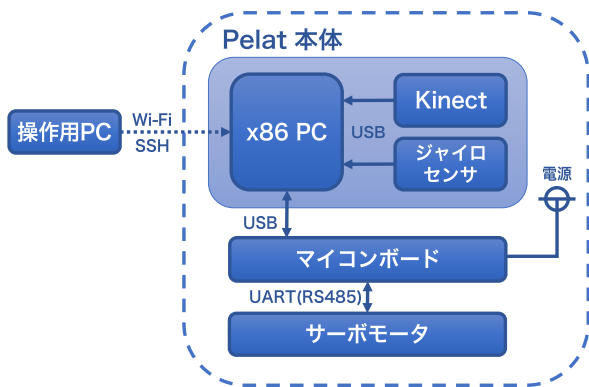


図 4: システム 全体構成

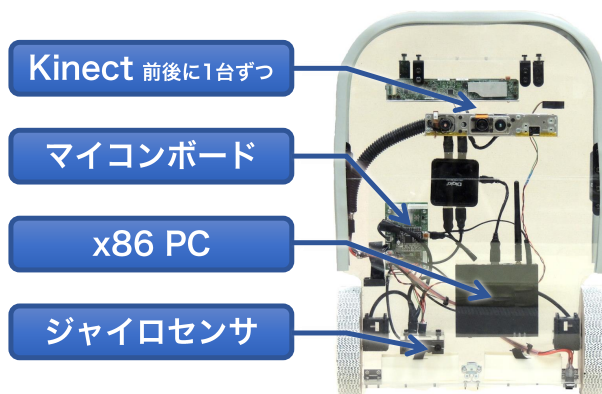


図 5: Pelat 主な構成

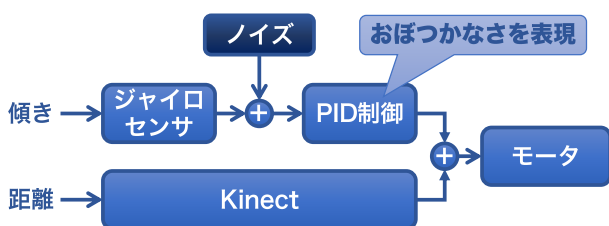


図 6: Pelat:動作原理

5 デモンストレーション

Pelat と人とのかかわり合いを探るため、児童館などの様々な場所でデモンストレーションを行った。また、Pelat を用いた展示企画として国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト (IVRC)2013[12] に応募・出展した。このコンテストでは一般来場者に対してデモンストレーション展示を行う。一般来場者にロボットとかかわり合った感想やロボットの印象についての意見収集を行った。ここでは延べ5日間の展示を行うことができた。これらデモンストレーションの様子を図7に示す。

展示の全期間を通じておおむね、可愛らしさや助けたいくなるという、相手が単なる機械に対するものではない意見をいただくことができた。

これらのデモンストレーションの結果を踏まえて、過去に印象評価調査を行った。また、距離の調整の様子などを観察し、パーソナルスペースが変化の様子を記録・検証する実験も行っている。

6 まとめ

おぼつかなく振る舞う幼児や動物に、思わず揺り動かされるという事象がある。ここから、ロボットのおぼつかなく振る舞いが他者からのアシストを引き出す「場」を作り出す要因として挙げられると考えた。「ミ

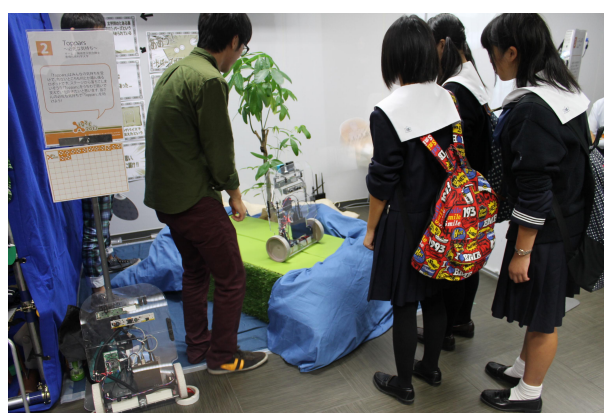


図 7: デモンストレーション:IVRC

ニマルデザイン"や"関係としての同型性"といった考え方に基づき、「場」の構成要素を一つずつ解明するため、種々の実験を行ってきた。まず、先行研究におけるおぼつかない振る舞いが生き物らしさを備える要因となる可能性を考慮し、「場」の構成原理の一つとして生き物らしさがかかわると考えた。現在は、実際のロボットとのインタラクションの中から、パーソナルスペースの観点から「場」の構成原理を探る実験を行っており、実験結果の解析を行っている。今後、「場」というものがどこから立ち現れるのか、その構成要素を更に探りたい。

"関係としての同型性"をもつことにより、人の身体を思わず揺り動かすことができる。さらに、人間らしさ・社会性をもたせることが出来れば、ロボット自身が周囲の人々を揺り動かす、巻き込んでいく「場」を利用した存在として応用できると考えている。

謝辞

本研究の一部は、科研費基盤研究 (B) 26280102 によって行われている。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 植田一博, 福田玄明: 対象の運動に対する関わりがアニメシー知覚に与える影響, 第21回人工知能学会全国大会 (JSAI2007) 論文集, 2D5-11, (2007)
- [2] Fritz Heider and Marianne Simmel: An experimental study of apparent behavior, *The American Journal of Psychology*, Vol. 57, No. 2, pp. 243-259, 1944.
- [3] ダニエル・C・デネット (若島正・河田学訳): 『志向姿勢の哲学』, 白揚社, (1996).
- [4] 坂本大介, 神田崇行, 小野哲雄, 石黒浩, 萩田紀博: 遠隔存在感メディアとしてのアンドロイド・ロボットの可能性, *インタラクション 2007*, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol.2007, No.4, pp.97-104(2007).
- [5] 金子健二, 金広文男, 森澤光晴, 三浦郁奈子, 中岡慎一郎, 原田研介, 梶田秀司: サイバネティックヒューマン HRP-4C の開発: プロジェクト概要からシステム設計まで, *日本ロボット学会誌*, Vol.28, No.7, pp.853-864(2010)
- [6] 吉池佑太, 岡田美智男: ソーシャルな存在とは何か-Sociable PC に対する同型性の帰属傾向について-, *電子情報通信学会論文誌 A* Vol. J92-A No.11 pp.743-751(2009).
- [7] N. Matsumoto, H. Fujii, M. Goan and M. Okada: Minimal Design Strategy for Embodied Communication Agents, in *In Proceedings of the 14th IEEE International Workshops on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN ' 05)*, pp. 335-340 (2005)
- [8] Miyashita, T. and Ishiguro, H.: Human-like natural behavior generation based on involuntary motions for humanoid robots, *Robotics and Autonomous Systems*, Vol.48, pp. 203-212(2004)
- [9] 伊藤夏樹, 堀田大地, 竹田泰隆, P.Ravindra De Silva, 岡田美智男: Pelat: ロボットのおぼつかない振る舞いに立ち現れる生き物らしさ, *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014 論文集*, 2524D, pp.605-610 (2014)
- [10] 鯨岡峻: 『原初的なコミュニケーションの諸相』, ミネルヴァ書房 (1997)
- [11] エドワード・ホール (日高敏隆, 佐藤信行 共訳): 『かくれた次元』, みすず書房 (2000).
- [12] 長谷川晶一, IVRC 実行委員会: IVRC 国際学生バーチャルリアリティコンテストの紹介, *情報処理学会研究報告. EC, エンタテインメントコンピューティング*, Vol.2005, No.59, pp.73-76(2005)