



動く生き物における触覚的アニメーション

青木琢朗¹⁾, 五十嵐琢斗²⁾, 奥迫快児²⁾, 水谷沙耶¹⁾, 岸尚希¹⁾, 牧野泰才³⁾, 篠田裕之³⁾

Takuro AOKI, Takuto IGARASHI, Kaiji OKUSAKO, Saya MIZUTANI, Naoki KISHI, Yasutoshi MAKINO,
and Hiroyuki SHINODA

1) 東京大学情報理工学系研究科 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, aoki@hapis.k.u-tokyo.ac.jp)

2) 東京大学工学部 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

3) 東京大学新領域創成科学研究科 (〒 277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5)

概要: コミュニケーション対象に生き物感を感じることで親しみや癒しが高まる。人間は視覚や触覚などから生き物感を知覚し、触覚刺激による生き物感の知覚を触覚アニメーションと呼ぶ。これまでの触覚的アニメーションでは、刺激提示部が固定されている状況が主であり、刺激が詳細に動く状況は試みられていない。本研究では、皮膚上を移動する触覚刺激を提示することで、詳細に動く生き物における触覚的アニメーションの検証を行う。

キーワード: 触覚的アニメーション, 空中触覚

1. 序論

人は生きていく上で様々な対象とコミュニケーションを行う。VR 技術の発展により、バーチャル空間でさまざまな対象とコミュニケーションを行うシステムが提案されている。コミュニケーションの対象に生き物感を感じることで、対象への親しみや癒しが高まることが期待される。対象に生き物感を感じることはアニメーション知覚と呼ばれ、これまで特に視覚刺激によるアニメーション知覚の研究が数多くなされてきた [1][2]。これらの研究は主に Computer Graphics を用いており、アニメーション知覚に寄与する視覚的要素の解明を目的としている。

触覚刺激によってもアニメーション知覚が生成することが知られており、触覚的アニメーションと呼ばれている [3][4][5]。指や手掌部、手首へと触覚刺激を提示可能なデバイスが開発されており、それらの部位に様々な触覚刺激を提示した際の触覚的アニメーションが検証されている。

これまでの触覚的アニメーションは、皮膚上での刺激提示部が固定された状態で与えられた刺激に対しての評価がほとんどであった。一方、小動物などは皮膚上を移動することでアニメーションが知覚されることもある。今回我々は、皮膚上を移動する触覚点刺激によりアニメーションがどのように変化するかを検討した。触覚刺激が皮膚上を移動する際の触覚的アニメーションが高まることにより、例えば、バーチャルな空間でハムスターやトカゲなどの小動物とコミュニケーションを行う状況で、より心地よさを感じる体験ができるようになる。これまで Tactile Cutaneous rabbit のように、皮膚上を移動する点刺激を動物に例えて知覚する事例は報告されている [6]。ただし、これも皮膚上に複数の振動子が離散的に配置された状態で、その振動の時空間パターンを変化させて移動感を表現するというものである。本研

究では、皮膚上を移動する点刺激を提示可能な空中超音波触覚ディスプレイ (Airborne Ultrasound Tactile Display: AUTD)[7] を利用して、より詳細に皮膚上を移動する生き物についてのアニメーションを検証した。

2. 実験

2.1 実験概要

本実験では、詳細に皮膚上を移動する生き物についてのアニメーションの検証を目的として被験者実験を行った。移動する触覚点刺激を被験者の腕に提示し、被験者はその刺激の生き物感を評価した。

2.2 実験装置

図 1 に実験装置の外観を示す。この装置は、触覚提示を行うための 8 台の空中超音波触覚ディスプレイ (AUTD) で構成されている。AUTD とは、多数の超音波振動子をアレイ状に配列したデバイスである [7]。各振動子の位相を制御することで、空中の任意の位置に超音波を集束させ、音響放射圧による非接触な触覚を人体表面に提示することができる。AUTD を用いることで、触覚提示位置を変化させるなど、物理的な接触デバイスによる触覚提示では困難な刺激を提示できる。また、AUTD は非接触の触覚を提示するため、映像と触覚刺激を重畳することが容易である。

2.3 実験手順

男性 3 名を対象に被験者実験を行った。図 2 に実験の様子を示す。被験者は実験装置の前に座り、手の甲側の腕に触覚刺激を提示される。触覚刺激は速度を 8 cm/s で固定し、手首を始点とし手から肘へ向けて腕の上を移動するように提示した。触覚刺激が 2 秒かけて 16 cm 手から肘へ向けて移動し、再び始点へ戻り 5 回繰り返す、計 10 秒間の触覚刺激提示を 1 試行とした。10 秒間の触覚刺激提示後、被験者

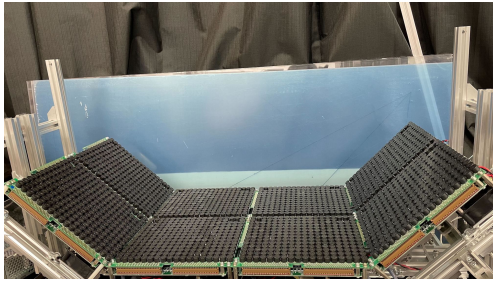


図 1: 実験装置概要



図 2: 実験の様子

は生き物感について 7 段階のリッカート尺度で評価した。7 段階評価の基準は、1 を全く生き物ではないと感じた、7 をほとんど生き物のようだと感じた、と設定した。触覚刺激を 16 パターン作成し、各パターン 2 試行ずつ合計 32 試行を行った。

生き物が移動するときの左右の足の動きを、矩形波状に左右に揺れながら手から肘へ向けて移動する触覚刺激を用いて再現した。触覚刺激のパラメータとして、足間距離 [mm] と滞留長 [mm] を用いた (図 3)。足間距離とは、矩形波の振幅であり、生き物が移動する際の左右の足の間の距離を表現している。滞留長とは、矩形波の長さであり、左右の足の滞留幅を表現している。実験で用いた触覚刺激 16 パターンを表 1 に示す。足間距離 [mm] を 2, 20, 40, ランダム、滞留長 [mm] を 8, 16, 80, ランダムのそれぞれ 4 種類ずつ用意し、触覚刺激は計 16 パターンとした。ランダムは、足間距離では最小値 2 最大値 40 の一様乱数とし、滞留長では 80/滞留長 [mm] が最小値 1 最大値 10 の一様乱数に従うとした、触覚刺激の移動速度を 80 mm/s と固定しているため、80/滞留長 [mm] は 1 秒間に左右の足が何回皮膚に接触するかを表す。つまり、滞留長の逆数が刺激の周波数に比例する。

3. 結果

触覚的アニメーションの評価実験結果を図 4 に示す。触覚刺激は 16 パターンであり、生き物感の最小値は 1, 最大値は 7 である。触覚刺激パターンと生き物感の実験結果について、

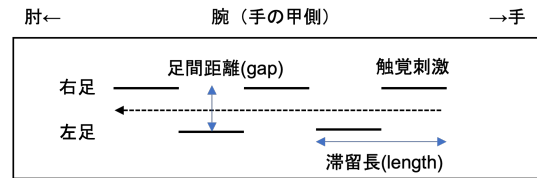


図 3: 触覚刺激のパラメータ。生き物が歩くときの足の動きを再現し、足間距離と滞留長をパラメータとして用いた。

表 1: 触覚刺激パターン

		滞留長 [mm]			
足間距離 [mm]		80	16	8	ランダム
	2	1	2	3	4
	20	5	6	7	8
	40	9	10	11	12
	ランダム	13	14	15	16

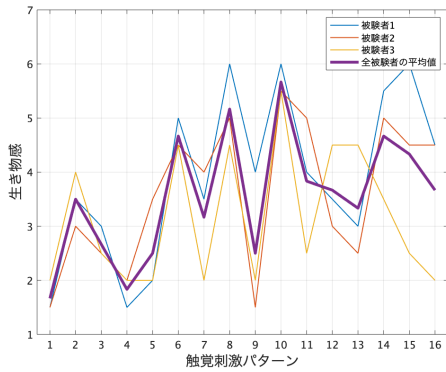
全ての被験者で同じような傾向が見られた。足間距離について、2 mm のとき生き物感が小さくなり、20 mm, 40 mm では変化が見られないという傾向があった。滞留長について、16 mm のとき最も生き物感が大きくなり、8 mm, 80 mm のとき生き物感が小さくなる傾向が見られた。足間距離、滞留長ともにランダム性による生き物感の大きな変化は見られなかった。

4. 考察

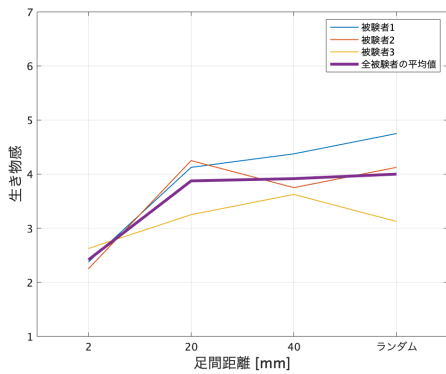
実験結果から、触覚刺激パターンについて全ての被験者で同じような傾向が見られており、足間距離や滞留長による生き物感に共通の認識があることが示唆される。被験者からは、生き物感の高い触覚刺激では虫やヤモリのような生き物が動いているように感じた、とのコメントが得られた。

足間距離の実験結果では、20, 40mm で同じくらい生き物感が大きかった。この結果が得られた理由として、足間距離が一定以上の場合、左右の触覚刺激を弁別し、虫やヤモリのような生き物の左右の足が交互に動いていると知覚した可能性が挙げられる一方、2 mm で生き物感が小さくなった。足間距離が小さいと、触覚刺激が一直線上に移動しているように感じられる。著者の主観的なコメントであるが、足間距離が小さすぎて生き物の足が動いていると知覚せず、ペン先で腕がなぞられているように感じた。

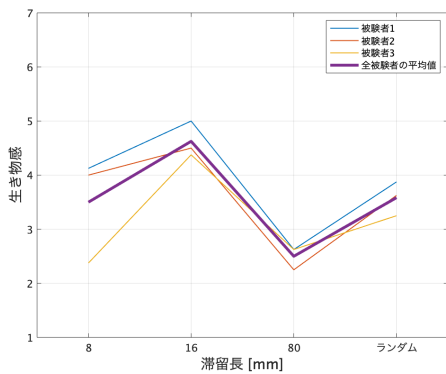
滞留長の実験結果では 16 mm で生き物感が最も大きくなった。今回は速度を固定したため、滞留長の違いは刺激の周波数に対応する。16 mm の条件は、虫やヤモリのような小動物の動きを想像するのに適切な滞留長であり、左右の足が交互に動いていると知覚されたため、生き物感が大きくなったと考えられる。一方、短かくても長くても生き物感が小さくなることが示された。長い場合、腕の上を動く小



(a) 触覚刺激パターンと生き物感の実験結果



(b) 足間距離と生き物感の実験結果



(c) 滞留長と生き物感の実験結果

図 4: 触覚的アニマシーの実験結果

動物を想定すると滞留長 80 mm が大きすぎるため、生き物感が小さくなったと考えられる。一方短い場合、著者の主観的なコメントであるが、刺激点の動きが速すぎて足の移動のように知覚できないため、生き物感が小さく感じた。

足間距離、滞留長ともにランダム性による生き物感の大きな変化は見られなかった。本実験ではランダム性を、足間距離 [mm] では最小値 2 最大値 40 の一様乱数、滞留長 [mm] では 80/滞留長 [mm⁻¹] が最小値 1 最大値 10 の一様乱数に従うとして実装したが、値のばらつきが大きすぎて同一生物の移動だと知覚できなかった可能性がある。本実験で生き物感が大きかった足間距離 20 mm や滞留長 16 mm を中心としてより狭い範囲での乱数を用いることで、生き物特有のゆらぎが表現でき、生物感が大きくなる可能性はある。

本実験では、焦点が腕の上を移動する速さを 8 cm/s とした。この速さから連想される生き物に対応する足間距離や滞留長で、生き物感が大きくなったと考えられる。そのため、速さを変えると生き物感が大きくなる足間距離や滞留長も変わる可能性がある。例えば、焦点の移動速度を遅くすると、より体長の大きい生き物を想像しやすくなり、結果として足間距離が大きく滞留長が大きくなる方が生物感が大きくなるという結果になる可能性もある。

5. 結論

本研究では、生き物が詳細に移動する状況での触覚的アニマシーを検証した。空中超音波触覚ディスプレイ (AUTD) を用いて、腕の皮膚上を移動する触覚刺激を提示し、生き物の足の動きを再現した。触覚的要素として足間距離と滞留長に着目して様々な触覚刺激パターンを生成し、被験者実験を行なった。実験結果から、触覚刺激パターンと生き物感の関係について、全ての被験者で同様の傾向が見られた。左右の足の動きが想像できる足間距離や滞留長の条件で生き物感が大きくなったと考えられる。

今回は触覚刺激の移動速度は一定に保って実験を行ったが、触覚刺激の速さによって連想される生き物が異なることも想定される。速度に対応する足間距離や滞留長と生き物感の関係の解明は今後の課題である。

参考文献

- [1] Scholl BJ, Tremoulet PD. Perceptual causality and animacy. *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 4, No. 8, pp. 299-309, 2000.
- [2] Paul A. Szego, M. D. Rutherford. Actual and illusory differences in constant speed influence the perception of animacy similarly. *Journal of Vision*, Vol. 7(12), No. 5, pp. 1-7, 2007.
- [3] 橋本悠希, 梶本裕之. 生物感提示装置. 2008.
- [4] K. Takahashi, H. Mitsuhashi, K. Murata, S. Norieda and K. Watanabe. Feelings of animacy and pleasantness from tactile stimulation: Effect of stimulus frequency and stimulated body part. *2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 3292-3297, 2011.
- [5] 黒木帝聡, 米原悠二, Peris Roshan, 藤原武史, 南澤孝太. 触覚的アニマシーのための柔軟・薄膜な触覚ディスプレイの基礎検討, 第 26 日本バーチャルリアリティ学会論文集, 2E2-5, 2021.
- [6] Geldard FA, and Sherrick CE. The Cutaneous "Rabbit": A Perceptual Illusion. *Science*, Vol. 178, No. 4057, pp. 178-179, 1972.
- [7] T. Hoshi, M. Takahashi, T. Iwamoto, and H. Shinoda. Noncontact tactile display based on radiation pressure of airborne ultrasound. *IEEE Transactions on Haptics*, Vol. 3, No. 3, pp. 155-165, 2010.