

# 鼓動・呼吸運動を模した触覚刺激による生物感の提示

中田 五月 橋本 悠希 梶本 裕之\*

Presentation of the feeling of living matter by presenting tactile sensation that imitate heartbeat and breath

Satsuki Nakata , Yuuki Hashimoto and Hiroyuki Kajimoto\*

Abstract — Recently, spec of handheld device is increasing dramatically and people can get richer information. However haptic information is not enough yet. In this paper, we propose a haptic sensation that can present a feeling of existence of creatures in user's hands. It is accomplished by using previously proposed tactile display, “Emotional Touch”, which is simply composed of two speakers. The vacuuming and pushing sensation to palms by air pressure simulates the beat of the heart and breath. We name this overall sensation “creature’s haptic sensation”, and found the most necessarily element of the sensation by some experiments.

Keywords : Tactile, Air Pressure, Palm, Speaker, Handheld Device, Multimodal Information, Living Matter

## 1. はじめに

近年, 小型で軽量の触覚提示装置が多数提案されている[1][2][3]. しかしこれらは, 硬い物質の再現しか行うことができないという問題がある. 一方, 比較的柔らかな触覚提示を行うインタフェースとして, 柔軟なシートを用いた視覚・触覚ディスプレイが提案されている[4]. しかしこの手法では, 触覚提示のために2台のマニピュレータを必要とするため, 小型のデバイスへの応用が困難であるという問題がある. これに対し, 橋本ら[5]は, 手掌部に対し音響スピーカによって駆動される空気圧を用いることで, 広範囲かつ低周波領域における触覚提示を行い, やわらかな物質感の提示を行うという手法を提案している. この手法では, システムの簡便さや音響スピーカが持つ幅広い周波数帯での提示能力により小型の装置であるにもかかわらず多種多様な触覚提示を可能としている.

本研究では, この空気圧による多種多様な触覚提示に着目し, 心臓の鼓動や呼吸といった実際の生物が刻むリズムを提示することによって, あたかも両手でやわらかな生物を包み込んでいるかのようなリアリティを持つ触覚, すなわち「生物感」提示手法を提案する. また, 生物感を提示するために必要と考えられる条件を実験により求める.

## 2. 生物感提示

生物を生物であると感じる上で考えられる動的な触覚情報として, 心臓の鼓動と呼吸が挙げられる. 実際, 橋本らは音響スピーカを用いたシステムを用い, 1-5Hz程度の低い周波数振動を提示することで生物感の提示を試みている[6]. しかし, 提示する波形は正弦波をベースとしたものであり, 実際の生物の呼吸や鼓動を正確に模したものではありません.

そこで今回, 生物の心臓の鼓動および呼吸のリズムを模した波形を出力することでより生物に近い触覚提示を行う. 人間の呼吸周期, 鼓動周期およびそれらの波形については広く知られているため, 本研究ではこれらの知見に基づき, 生物の発するリズムを作成, 提示可能とした.

哺乳類における体重と呼吸, 鼓動周期との間には, 次式のような関係があるということが知られている[7].

$$(\text{周期}) \propto (\text{体重})^{1/4} \quad \text{— (1)}$$

これはすなわち, ある規準となる生物の心臓の鼓動, 呼吸の周期がわかれば, あらゆる哺乳動物の鼓動・呼吸周期を推測可能だということである. 人間の心臓の鼓動・呼吸周期は既知であるから, これを基に計算することで様々な生物の鼓動・呼吸周期が求められる.

\*: 電気通信大学大学院, {nakata,hashimoto}@kaji-lab.jp.osaka-u.ac.jp, kajimoto@hc.ucc.jp

\*: Graduate School, University of Electro-Communications

### 3. 実装

システムのブロック図及び装置を図 2, 図 3 に示す. 本装置は, スピーカ×2, アンプ(RASTEME SYSTEMS CO., LTD. RSDA202), DA/AD ボード(Interface 社 PCI-8523A)および PC から構成される. スピーカは, 両手で包むように持てるよう, 向かい合わせに配置した. また, 手掌部とスピーカコーンとの間を適切に密閉するため, プラスチック製の外装を取り付けた.

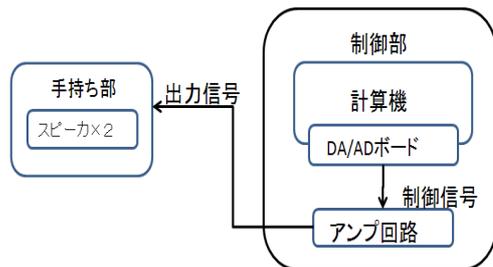


図 1. システムのブロック図



図 2. 装置外観

### 4. 実験

本研究では, 生物感を提示するために必要とされる条件を得るため, 以下に示す 2 項目の解明を目的とした実験を行った.

1. 生物感に最も影響を与える波形の特定
2. 周波数が生物の大きさ知覚に与える影響

#### 4.1 生物感を感じやすいリズムに関する実験

本実験では, 心臓の鼓動, 呼吸を模した波形およびその合成波形という 3 種類の波形に基づいた触覚を手掌部に提示し, どの波形による触覚提示が最も生物的な触覚だと感じるかを調べた. 提示した波形を図 4-6 に示す. 今回使用した鼓動と呼吸の合成波形は, 2 つの波形のたし合わせではなく, 呼吸から鼓動の振幅を引く形で生成した. これは, 合成波形の振幅が飽和してしまうという

誤動作を避けるためである. なお, 波形を足し合わせた波形と今回使用した波形の違いが触覚提示への影響を及ぼさないことは, 予備実験により確認済みである.

実験は, 20 代の健康な男性 6 名について行った. 3 種類の波形をランダムに提示し, 最も生物感的触覚を感じたものを回答してもらった. 試行回数は一人当たり 5 回である.

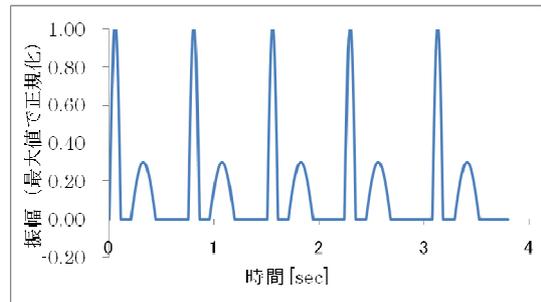


図 3 提示波形(鼓動)

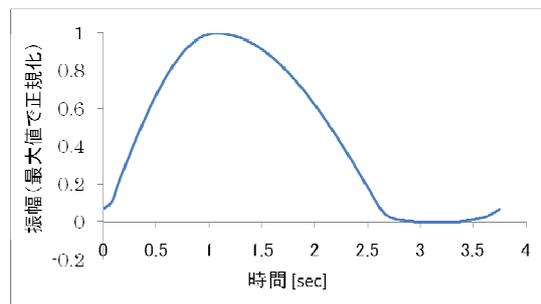


図 4 提示波形(呼吸)

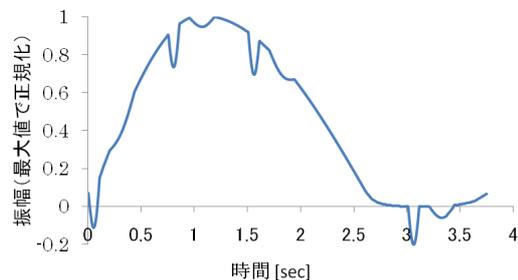
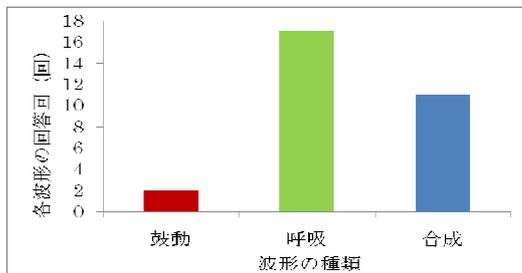


図 5 提示波形(合成)

実験結果を表 1 に示す. 表 1 より, 呼吸及び合成波形に対する回答数が多く, 鼓動に対する回答数が少ないことが分かった. これにより, 人間は鼓動よりも呼吸によって生物感を得ているということが判明した. また今回, 呼吸と合成波形との間にも差が見受けられ, 呼吸の

みを提示した場合が最も生物感を感じるという結果が得られた。この原因として、合成波形内の鼓動波形と呼吸波形の振幅の割合が不適切だったことが挙げられる。今回生成した波形では、呼吸波形の振幅に対して鼓動波形の振幅を5%であった。この結果、鼓動を鼓動と感じられなくなってしまった可能性がある。実際、内感報告では合成波形内の鼓動部分をノイズと解釈してしまったという例もあった。今後、波形を合成する際の最適な鼓動の強さについて実験を行い、それに基づいた合成波形と呼吸波形とでどちらがより強い生物感を感じるかを調査する必要があると思われる。

表 1 各波形における回答回数



#### 4.2 触覚提示速さと生物の大きさに関する実験

本実験では、手掌部に提示する触覚の周期と、それによって知覚される生物の大きさがどのような関係を持つかについて実験を行った。実験は20代の健康な男性5名について行った。周期の異なる7種類の波形をランダムで5回ずつ提示し、それぞれどの大きさの生物に対応しているかを回答させた。その際、生物の大きさの指標となる図(図7)を見せ、その中から選ぶという形式を取った。この時、被験者に対して生物の大きさと時間との関係について、一切の情報を与えなかった。なお、本実験で用いた波形は心臓の鼓動と呼吸との合成波形であり、その周期は人間の呼吸周期である0.27[Hz]からネズミの呼吸周期である1.47[Hz]まで0.2[Hz]単位で変化させたものを使用した。提示したシルエットの図は、式(1)によって割り出した大きさの比となっている。

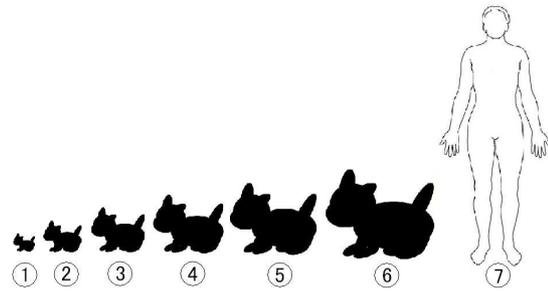


図 6 生物の大きさ対応図

実験結果を図8から図14に示す。図8~14を見ると、提示した振動の周波数に対応する番号の周辺に回答が集中していた。これにより、提示する触覚の周波数を変えることである程度生物大きさ知覚を変化させることが可能であると考えられる。また、今回の結果は、被験者に対して生物の大きさと時間の関係について何も知識を与えないという前提のもと得られたものであることを考慮すると、人間は直感的に、周波数の高い振動を発する生物を小さく、周波数の低い振動を発する生物を大きく感じるという傾向にあると考えられる。

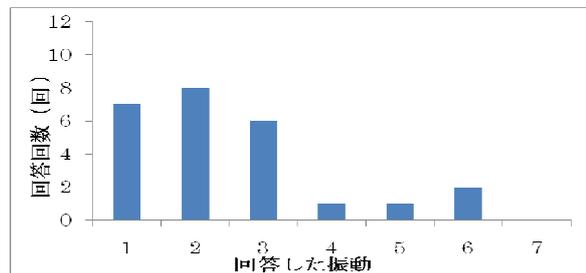


図 7. 振動 1(1. 47[Hz])に対する回答回数

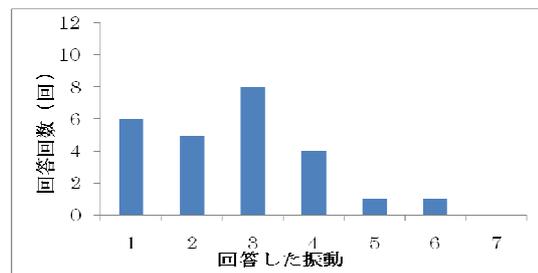


図 8. 振動 2(1. 27[Hz])に対する回答回数

## 5. おわりに

本稿では、空気圧を用いて生物の持つ鼓動・呼吸運動を模した触覚提示を手掌部に対して行うことで、リアリティの高い生物感提示を行った。また、実験により人間が生物感を最も感じやすい波形の形状、周波数の違いによる生物の大きさ知覚に及ぼす影響についての知見を得ることができた。今後は、これらの知見に基づいた、さらにリアリティの高い生物感の提示手法について検討していく。また、提示する波形の変化による生物の感情知覚に及ぼす影響や、毛皮やラバーなどのテクスチャを使用した場合の生物感知覚に及ぼす影響に関して調査していく所存である。

### 参考文献

- [1] Y. Sekiguchi, K. Hirota and M. Hirose: Haptic Interface Using Estimation of Box Contents Metaphor, ICAT2003, 2003.
- [2] T. Amemiya, H. Ando and T. Maeda, : Virtual Force Display: Direction Guidance using Asymmetric Acceleration via Periodic Translational Motion, In Proc. of World Haptics Conference 2005, pp. 619-622, 2005.
- [3] H. Yano, M. Yoshie and H. Iwata: Development of a Non-Grounded Haptic Interface Using the Gyro Effect, Proc. Haptic Symposium 2003, pp. 32-39, 2003.
- [4] 井上健司, 上杉麗子, 笹間亮平, 新井健生, 井上健司: "柔軟シートを用いた視覚・触覚ディスプレイの開発 — 背面投影シートによる視覚と触覚の融合 —", ロボティクス・メカトロニクス講演会'04講演論文集, 2A1-H-5, 2004
- [5] 橋本悠希, 梶本裕之: 空気圧を利用した手掌部への“やわらか”な物質感提示手法, WISS2008
- [6] 橋本悠希, 梶本裕之: 生物感提示装置, インタラクシオン2008
- [7] 本川達雄:ゾウの時間 ネズミの時間 サイズの生物学 中公新書,pp. 3-7,1992

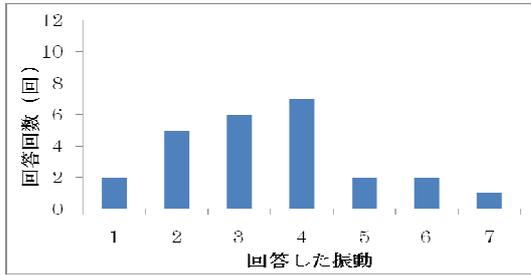


図 9. 振動 3(1.07[Hz])に対する回答回数

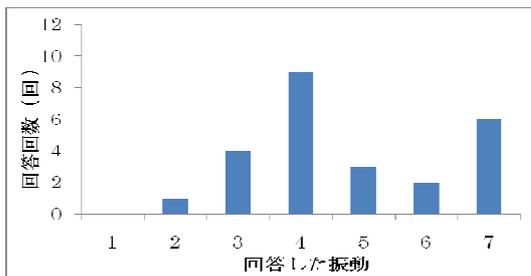


図 10. 振動 4(0.87[Hz])に対する回答回数

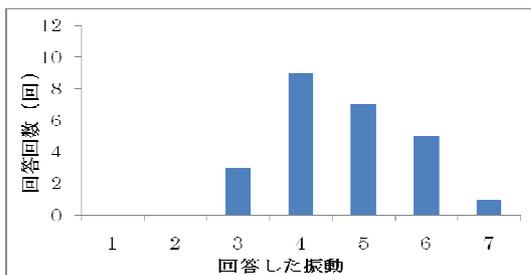


図 11. 振動 5(0.67[Hz])に対する回答回数

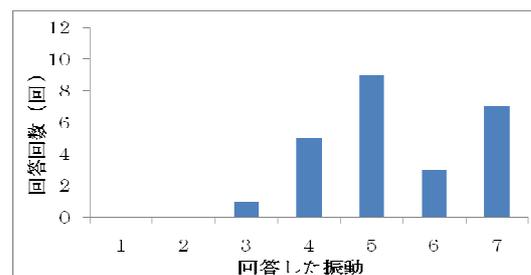


図 12. 振動 6(0.47[Hz])に対する回答回数

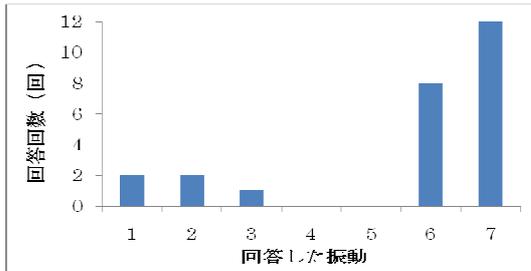


図 13. 振動 7(0.27[Hz])に対する回答回数