

振動の物理特性と人間の知覚の相関分析に向けた基礎検討

A Correlation Analysis Between Physical Properties of Vibration and Human Perception

○増田顕¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²

*Akira Masuda¹, Seiya Kishimoto², Shinichiro Ohnuki²

Abstract: Although vibrational feedback is widespread, the fundamental relationship between its physical properties and human perception is unclear. Haptic design is often difficult to achieve objectively and reproducibly. This study aims to model the relationship using physical and perceptual data, enabling the efficient identification of optimal vibration conditions for specific tactile sensations. To obtain data, we standardize evaluation criteria, conduct various vibration tests and surveys.

近年、ゲームコントローラーに普及した振動機能は、スマートフォンの通知やVR/AR機器にも広く活用され、ユーザーへ触覚によるリアルで没入感のある体験を提供している^[1]。しかし、その技術的な発展に反して、コントローラーが発する振動の周波数や振幅などの物理特性が人間の知覚にどのように影響するのかという根本的な関係性は十分に解明されていない。このため、これまでの触覚フィードバックは設計者の主観的な評価が判断基準となって設計されている部分が多く、客観的かつ再現性のある手法が確立されていないという課題が存在している^[2]。そこで物理データと知覚データから振動の物理特性と人間の知覚の関係性をモデル化し、特定の触感を得るための最適な振動条件をシミュレーション上で効率的に特定する方法を検討している。

本報告では、振動の物理特性と人間の知覚の関係性を体系的に解析する。周波数や振幅などを調節し、様々な振動を生成するコントローラーを用い、振動の強弱や刺激、質感など人間の知覚を評価するため基準の統一と複数の振動パターンの体験及びアンケートを実施する^[3]。まず、被験者ごとの主観のばらつきを抑え、データに一貫性を持たせるため、評価基準を統一する。ここでは最大、最小、その中間の知覚の統一が目的のため、表1の3段階評価に対応した基準振動の体験を実施する。次に、周波数や振幅などを変更して作成した多様な振動パターンの体験を実施する。この後行うアンケートでは人間の知覚を細かく捉えるため、評価段階を5段階と設定する。これは、評価段階が多いと被験者の負担が増し、評価が曖昧になることを避けるためである。この5段階評価を用いて、複数の振動パターンに対する知覚データを収集する。このデータと振動の物理データを統合し、相関分析を通じて、物理特性から人間の知覚を予測するモデル構築に繋げる。

Table 1. 評価項目

評価項目	3段階評価	5段階評価
強さ	1: 非常に弱い 2: 普通 3: 非常に強い	1: 非常に弱い 2: 弱い 3: 普通 4: 強い 5: 非常に強い
鋭さ	1: 非常に鈍い 2: 普通 3: 非常に鋭い	1: 非常に鈍い 2: 鈍い 3: 普通 4: 鋭い 5: 非常に鋭い
滑らかさ	1: 非常に滑らか 2: 普通 3: 非常に粗い	1: 非常に滑らか 2: 滑らか 3: 普通 4: 粗い 5: 非常に粗い
振動時間	1: 一瞬 2: 普通 3: 非常に長い	1: 一瞬 2: 短い 3: 普通 4: 長い 5: 非常に長い

参考文献

- [1] Aaron Raymond See, Jose Antonio G. Choco, Kohila Chandramohan : “Touch, Texture and Haptic Feedback: A Review on How We Feel the World around Us”, Applied Sciences, Vol.12, No.9, pp.1–10, 2022.
- [2] Si Chen, Tonghe Yuan, Lujin Xu, Weimin Ru, Dongqing Wang : “A systematic review of haptic texture reproduction technology”, Intelligent&Robotics, Vol.5, No.3, pp.607–630, 2025.
- [3] 加藤秀, 梶谷肇, 西村加南子, 池井寧 : 触覚ディスプレイのための振動刺激合成に関する研究, 情報処理学会研究報告, Vol.2009-HCI-135, No.3, pp.1-4, 2009年.

1 : 日大理工・学部・電気 2 : 日大理工・教員・電気