

スマートフォンにおける振動の印象を考慮した フィードバックの設計

白神 翔太† 木下 雄一朗‡ 郷 健太郎‡

山梨大学大学院医学工学総合教育部†

山梨大学工学部コンピュータ理工学科‡

1 はじめに

スマートフォンをはじめとする多くのデバイスで利用されているフィードバックの中でも、振動フィードバックは他のフィードバック（光、音など）に比べ、着座中や歩行中といった様々な身体的環境に適応できる点 [1] で使用用途は多岐にわたる。ただし、既存の振動フィードバックは単調なパターンでしかない。そこで、Saket [2] らは、振動の長さや On/Off 状態を組み合わせて、通知に効果的な振動パターンを調査している。しかし、調査は予め設計した 10 パターンの振動を用いて行われており、そのバリエーションは限られている。さらに、タップやスワイプといったスマートフォン上のジェスチャに対する振動フィードバックに関しては議論されていない。

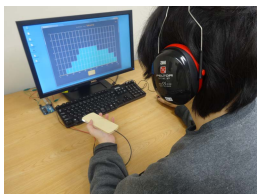
そこで本研究では、スマートフォン上のジェスチャに対する新たな振動フィードバックの設計を図る。設計するにあたり、感性的なアプローチを採用し、振動パターンの違いが、ユーザが抱く印象に与える影響を明らかにする。その過程で、Wobbrock [3] らを参考にユーザ定義の振動パターン導出を行い、これまで検討されなかった振動パターンを収集する。そして、様々なジェスチャに適したバリエーション豊かな振動フィードバックの設計指針を示す。

2 振動パターンの導出

2.1 導出環境

図 1 (a) に示す振動パターンを生成するシステムを用いて振動パターンの収集を行う。実験協力者は、図 1 (b) の PC 画面上でパラメータ調整を行い、スマートフォン (LG, Nexus5) 型の振動デバイスを介して適宜振動を確認することで振動パターンを生成する。

パラメータ調整画面は、縦軸が振動の強度 I_n [m/s²],



(a) 実験風景



(b) パラメータ調整画面

図 1: 実験環境

Designing Smartphone Feedback Based on the Impression of Vibration

† Shota Shiraga, ‡ Yuichiro Kinoshita, ‡ Kentaro Cho

† Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

‡ Department of Computer Science and Engineering, University of Yamanashi

横軸が振動の時間 T [ms]を表している。振動の強さ I_n は、振動デバイス内のコイン形振動モータ (Silicon Touch Technology Inc., LBV10B-009) に対し電圧を加えず振動がない状態 I_0 と、1.8~4.5 V の電圧を 0.45 V 刻みで加えたときのそれぞれの振動加速度 (約 7.2~19.5 m/s²) を 7 段階に正規化した値 $I_1 \sim I_7$ の合計 8 段階とした。振動の長さ T は、最大 1000 ms であり、50 ms を 1 区間としてそれぞれの区間ごとに振動の強度 I_n を個別に設定可能である。

2.2 導出方法

まず、図 1 (b) に示すパラメータ調整画面の上部に表 1 に示す印象語 15 対の中から 1 対が提示される。

次に、実験協力者は提示された印象語対左側の印象にふさわしい振動パターンを生成する。生成後、実験担当者に生成した振動はどのような振動かを提示された印象語を用いずに口頭で説明する。その後、印象語対右側の印象に対しても同様にパターン生成を行う。ここまでの作業を全 15 の印象語対について同様に行う。実験協力者は 20 代前半の大学生および大学院生計 10 名である。

3 振動パターンの印象評価実験

収集した振動パターンと印象語対を用いて、1-5 の 5 段階の Semantic Differential (SD) 尺度による印象評価実験を行った。印象評価を行うにあたり、2 章で導出された 300 パターンの振動のグループ化を行った。相互相関関数 (2 位相, ± 100 ms) を考慮し、ピアソンの積率相関係数を各印象語の全組み合わせで算出した。そして、相関係数の値と振動パターンの波形、実験協力者のコメント内容を考慮し、85 パターンに集約した。本実験ではこれら 85 の振動パターンに対し、そのパターンが与える印象を評価した。実験協力者は 20 代前半の大学生および大学院生計 9 名である。

4 実験結果

4.1 印象語に対する因子分析

振動パターンからユーザの印象に影響を与える要因を抽出するために印象語に対して因子分析 (主因子法, バリマックス回転) を行い、固有値が 1 以上である因子を基準に表 1 に示す 4 因子を抽出した。また、各因子には因子負荷量の高い (表 1 中の太字, 0.4 以上) 形容詞対をもとに、「1. 評価性因子」、「2. 重量性因子」、「3. 規則性因子」、「4. 平滑性因子」と名付けた。

表 1: 印象評価値に対する因子分析結果

印象語	評価性	重量性	規則性	平滑性
陽気な-陰気な	.91	.28	.16	.10
はっきりとした-ぼんやりとした	.90	.31	-.01	.04
かっこ良い-かっこ悪い	.90	.22	.08	.04
楽しい-つまらない	.90	.05	.28	.23
明るい-暗い	.90	.33	.16	.09
派手な-地味な	.86	.30	.27	.18
活発な-穏やかな	.85	.24	.22	.34
心地よい-不快な	.83	-.03	-.12	-.12
あたたかい-つめたい	.71	.37	.03	.17
力強い-弱々しい	.71	.67	.03	-.02
重たい-軽い	.15	.92	-.09	-.04
粗い-細かい	.37	.72	.10	-.19
規則正しい-不規則な	-.06	-.04	-.98	-.17
斬新な-ありふれた	.46	-.23	.60	.52
ざらざらとした-なめらかな	.09	-.10	.17	.77
累計寄与率 (%)	50.64	67.20	78.09	86.08

表 2: 因子得点と特徴量の相関係数

特徴量	評価性	重量性	規則性	平滑性
波形面積	.65 **	.58 **	.05	.09
変位総数	.22 *	-.16	.29 **	.48 **
累積変位量	.22 *	.18	.11	.07
Max	.56 **	.32 **	.14	.27 *
Min	-.45 **	-.09	.05	-.27 *
Zero	.21	-.51 **	.00	.37 **
Crest	.15	-.34 **	.24 *	.51 **

** p < .01, * p < .05

4.2 因子得点と振動パターン特徴量との関係

各因子と振動パターンの波形の特徴の関係を明らかにするために、各振動パターンの因子得点と波形の特徴量から表 2 に示す相関係数を算出した。振動パターンの特徴量には、波形の積分値を表す「波形面積」、変位の総数を表す「変位総数」、変位の累積数の「累積変位量」、振動の強度が最大の I_1 である区間数「Max」、振動の強度が最小の I_1 である区間数「Min」、振動しない I_0 の区間数「Zero」、波形の山の数を表す「Crest」を設定した。表 2 の結果をもとに、各因子にみられた特徴を因子ごとに以下に示す。また、その特徴および逆の特徴が含まれた振動パターンの例を各 2 組ずつ提示する。

4.2.1 評価性因子

波形面積・Max が高い正の相関を示していることから当然ではあるが強い振動の方が、陽気さや楽しさといったポジティブな印象を与える。さらに、変位総数・累積変位も正の相関を示していることから、増減が多い振動パターンも同様のことがいえる。また、Min は負の相関を示しているのに対し、Zero には相関関係がみられなかったことから、振動させないことより最小の弱さで振動する方がネガティブな印象を与えることも明らかになった。

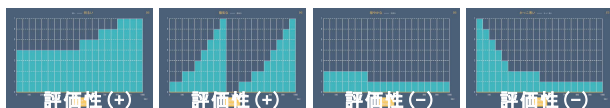


図 2: 評価性因子と相関のある振動パターン例

4.2.2 重量性因子

評価性因子と同様に強い振動であることが 1 つの要因となるが、Zero・Crest に負の相関がみられ、変位総数・累積変位には相関がみられなかった。このこと

から、途切れることなくあまり強さが変化しない振動パターンが、重さや粗さといった印象に影響を与えることがわかった。

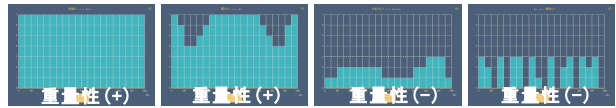


図 3: 重量性因子と相関のある振動パターン例

4.2.3 規則性因子

変位総数・Crest に正の相関がみられることから、振動したり止まったりを頻繁に繰り返すことで、斬新さや不規則さといった印象を与える。

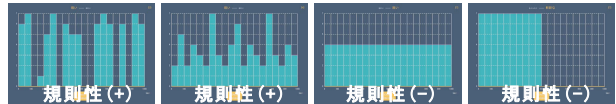


図 4: 規則性因子と相関のある振動パターン例

4.2.4 平滑性因子

規則性因子と同様に繰り返しの振動であることが 1 つの要因であるが、振動しない時間が比較的多く、強めの振動にすることで、ざらざらさを表現することができる。

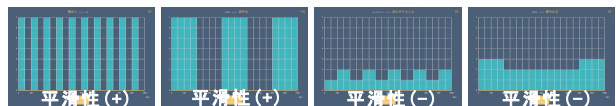


図 5: 平滑性因子と相関のある振動パターン例

4.3 振動フィードバックの設計指針

4.2 節の結果より、振動パターンを変えることでユーザに与える印象も変化することが明らかとなった。また、その表現は多彩であったことから、使用するジェスチャやユーザによって各々ふさわしい表現が存在することが考えられる。そのため、既存のジェスチャに対する振動フィードバックのように単調なパターンではなく、状況に合った振動パターンにすることが、これからの振動フィードバックの設計には必要である。

5 おわりに

本研究では、スマートフォン上のジェスチャに対する新たな振動フィードバックを設計するにあたり、ユーザ定義の振動パターンを導出し、導出した振動パターンの印象を調査した。そして、調査結果から、ユーザの印象に影響を与える振動パターンの波形の特徴を抽出し、振動フィードバックの設計指針を示した。

参考文献

- [1] Roumen, T., Perrault S. T. and Zhao, S.: NotiRing: A Comparative Study of Notification Channels for Wearable Interactive Rings; *Proc. CHI 2015*, pp.2497-2500 (2015).
- [2] Saket, B., et al: Designing an effective vibration-based notification interface for mobile phones; *Proc. CSCW 2013*, pp. 1494-1504 (2013).
- [3] Wobbrock, J.O., Morris, M. R. and Wilson, A. D.: User-defined gestures for surface computing; *Proc. CHI 2009*, pp. 1083-1092 (2009).
- [4] Choi, K. and Jun, C.: A systematic approach to the Kansei factors of tactile sense regarding the surface roughness; *Appl. Ergon.*, 38(1), pp. 53-63 (2007).