

通知としてファントムセンセーションを提示するデバイスの試作

日高 拓真* 志築 文太郎†

概要. スマートフォンおよびスマートウォッチ等の携帯端末の振動を用いた通知（以降、振動通知）には、通話の着信、メールの受信、およびカレンダーのリマインダなどを周囲に気が付かれることなく知らせられるという利点がある。一方、振動通知には、語彙が乏しいという課題がある。このため、ユーザは受け取った通知の種類を、提示された振動から判別することが難しい。そこで、本研究は、携帯端末を用いるユーザが判別できる振動通知を多くすることを目的とする。このために、振動の錯覚現象であるファントムセンセーションを用いて、振動通知へ方向の情報を付与する手法を検討している。また、検討のために、方向の情報を付与した通知を提示するデバイスを実装した。さらに、実装したデバイスを用いて方向を提示することにより、方向の情報を付与した通知を10種類実装した。

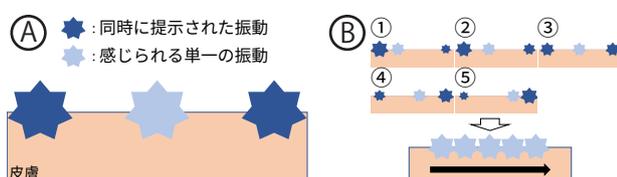


図 1. A: ファントムセンセーションが引き起こされる様子. B: 2箇所提示する振動の強度を変化させることにより、振動が感知される場所を制御できる。

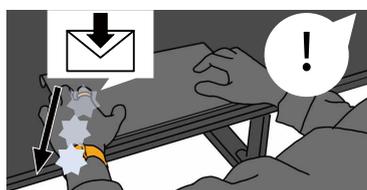


図 2. ユーザは、提示される PhS による振動の方向に基づき通知の種類を判別できる。

1 はじめに

スマートフォンおよびスマートウォッチなどの携帯端末において、通話の着信、メールの受信、およびカレンダーのリマインダなどというシステムの変化を知らせる仕組みとして通知が用いられる。通知に振動を用いた場合、周囲に気が付かれることなく、ユーザが通知を受け取れる。これは、通知を提示する装置を装着しているユーザのみが、振動を感じられるためである。

携帯端末の振動を用いた通知（以降、振動通知）

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 筑波大学 情報理工学学位プログラム

† 筑波大学 システム情報系

には、語彙が乏しいという課題がある [10, 12]。一方、ユーザは携帯端末から多くの種類のシステムの変化を通知により受け取る。このため、ユーザは受け取った通知の種類を、提示された振動から判別することが難しい。

本研究は、携帯端末を用いるユーザが判別できる振動通知を多くすることを目的とする。このために、本研究においては通知にファントムセンセーション（以降、PhS）を用いる。PhS [1]とは、皮膚上の2点へ同時に振動が提示された際、その2点の間にて単一の振動が感じられるという錯覚現象である（図1A）。さらに、図1Bに示すように、2つの振動の、片方を次第に大きく、もう片方を次第に小さくすることにより、振動が移動するよう感じられるようにも提示できる。これまでの調査において、振動を提示する場所（以降、提示場所）を人差し指の付け根および手首とした場合に、方向を判別しやすいことが分かっている [5]。

本稿においては、PhSを用いた方向の情報を付与した通知を提示するデバイスを実装した。このデバイスは、人差し指の付け根および手首に振動を提示することによってPhSを提示する。また、このデバイスによって提示される通知を実装した。実装した通知は、デバイスを用いて、図2に示すようにしてユーザに対して提示される。

2 関連研究

これまで、触覚を通して情報を提示するために専用のデバイス [3, 2] およびスマートフォンの振動機能を用いた提示手法 [8, 10] が提案されてきた。我々は、携帯端末を用いるユーザが判別できる振動通知を多くするため、PhSを用いる。

PhSは携帯端末の操作に対するユーザへのフィードバック [13, 4]、および数字や時刻などの情報 [6, 9] の提示に用いられてきた。これらの研究は、爪、手首、

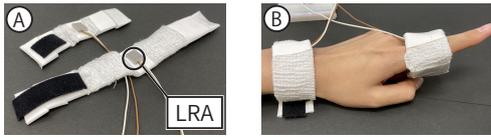


図 3. 実装したデバイス。A：振動を提示するために用いる LRA。B：デバイスを装着した様子。

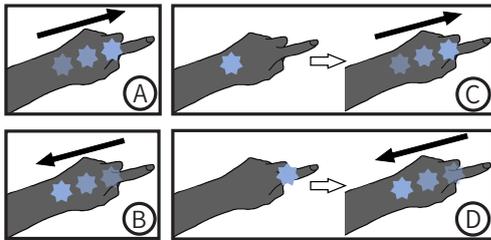


図 4. 実装したデバイスを用いて提示される通知の例。A および B は方向を提示する。C および D は 1 箇所振動を提示した後に、方向を提示する。

およびスマートフォンを把持した掌に対して PhS を提示している。また、PhS を用いることによって、ユーザに情報を提示できることを示している。本研究において、我々は、手首および人差し指の付け根を跨いだ PhS による方向の提示を通知に用いることを検討する [5]。

3 実装

PhS を用いた通知を提示するデバイスを実装した。本実装では振動を提示するためにリニア共振アクチュエータ (Linear Resonant Actuator. 以降, LRA) を用いた。具体的には LRA として LD14-002 (日本電産コバル電子株式会社) を用いた。LRA は電流を流してから振動を提示するまでの応答が早いため、LRA を用いることによって、振動を提示するタイミングを細かく調整できる。また、図 3A に示すように、提示場所に LRA を固定するために、柔軟性および伸縮性を持つ綿製の包帯を用いた。ユーザの手および指にデバイスを固定するために面ファスナを用いた。また、面ファスナと包帯とを両面テープを用いて接着した。ユーザは、これらのデバイスを手首および人差し指の付け根に装着する (図 3B)。なお、このデバイスの振動の制御には Analog Discovery 2 (Digilent, 410-321) を用いている。

4 使用例

今回実装したデバイスを用いて実現される振動の種類を以下に示す。

- 手首から人差し指の付け根 (図 4A)。
- 人差し指の付け根から手首 (図 4B)。

- 手首のみを振動した後、手首から人差し指の付け根 (図 4C)。
- 人差し指の付け根のみを振動した後、人差し指の付け根から手首 (図 4D)。
- 手首のみを 2 回振動した後、手首から人差し指の付け根
- 人差し指の付け根のみを 2 回振動した後、人差し指の付け根から手首
- 手首から人差し指の付け根を提示した後、人差し指の付け根から手首
- 人差し指の付け根から手首を提示した後、手首から人差し指の付け根
- 手首のみ
- 人差し指の付け根のみ

また、これらの振動には気が付きやすいものとそうでないものが存在する。従って、これらの振動を通知に適用する際には、緊急性の高い通知に気が付きやすいものを割り当てることを想定している。例えば、図 2B および図 2D の振動を、通話の着信およびメールの受信の通知として適用する際、振動を提示する回数が多い方が、ユーザは通知に気が付きやすいと考えられる。このために、より緊急性の高い通話の着信には、図 2D の振動を適用し、メールの受信には図 2B の振動を適用すると良いと考えられる。

5 まとめおよび今後の課題

本研究は、携帯端末を用いるユーザが判別できる振動通知をなるべく多くすることを目的として、振動の錯覚現象である PhS を用いて、手に対して方向を提示する手法を検討した。今後は実装したデバイスを用いて、提示された通知の種類をユーザが正しく判別できるか調査する予定である。

また、本研究においては方向を提示するために PhS を用いた。一方、PhS の他に、方向を提示可能な錯覚現象として、振動による仮現運動 [11, 7] がある。今後、それぞれの錯覚現象を用いて提示された通知をユーザが判別する精度の比較を行う。この結果から、精度が高い方の錯覚現象を通知に用いる予定である。

参考文献

- [1] D. S. Alles. Information Transmission by Phantom Sensations. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, 11(1):85–91, 1970.
- [2] P. Dimitriadis and J. Alexander. Evaluating the Effectiveness of Physical Shape-Change for in-Pocket Mobile Device Notifications. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Fac-*

- tors in *Computing Systems*, CHI '14, pp. 2589–2592, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery.
- [3] D. Dobbelsstein, E. Stemasov, D. Besserer, I. Stenske, and E. Rukzio. Movelet: A Self-Actuated Movable Bracelet for Positional Haptic Feedback on the User's Forearm. In *Proceedings of the 2018 ACM International Symposium on Wearable Computers*, ISWC '18, pp. 33–39, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [4] A. Gupta, T. Pietrzak, N. Roussel, and R. Balakrishnan. Direct Manipulation in Tactile Displays. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '16, pp. 3683–3693, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [5] T. Hidaka, Y. Sei, and B. Shizuki. Pilot Study on Notification Using Phantom Sensation on Hand. *Asian CHI Symposium 2021*, pp. 157–159. Association for Computing Machinery, 2021.
- [6] M.-J. Hsieh, R.-H. Liang, and B.-Y. Chen. NailFactors: Eyes-Free Spatial Output Using a Nail-Mounted Tactor Array. In *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '16, pp. 29–34, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [7] J. H. Kirman. Tactile Apparent Movement: The Effects of Interstimulus Onset Interval and Stimulus Duration. *Perception & Psychophysics*, 15(1):1–6, 1974.
- [8] Y.-C. Liao, Y.-C. Chen, L. Chan, and B.-Y. Chen. Dwell+: Multi-Level Mode Selection Using Vibrotactile Cues. In *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '17, pp. 5–16, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [9] M. Matscheko, A. Ferscha, A. Riener, and M. Lehner. Tactor Placement in Wrist Worn Wearables. In *Proceedings of the 2010 International Symposium on Wearable Computers*, ISWC '10, pp. 1–8, Los Alamitos, CA, USA, 2010. IEEE Computer Society.
- [10] B. Saket, C. Prasojo, Y. Huang, and S. Zhao. Designing an Effective Vibration-Based Notification Interface for Mobile Phones. In *Proceedings of the 2013 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, CSCW '13, pp. 1494–1504, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery.
- [11] C. E. Sherrick and R. Rogers. Apparent Haptic Movement. *Perception & Psychophysics*, 1(6):175–180, 1966.
- [12] D. Tam, K. E. MacLean, J. McGrenere, and K. J. Kuchenbecker. The Design and Field Observation of a Haptic Notification System for Timing Awareness During Oral Presentations. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, pp. 1689–1698, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery.
- [13] K. Yatani and K. N. Truong. SemFeel: A User Interface With Semantic Tactile Feedback for Mobile Touch-Screen Devices. In *Proceedings of the 22nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '09, pp. 111–120, New York, NY, USA, 2009. Association for Computing Machinery.