

手における移動振動を用いた通知の試作

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などの携帯端末における、振動に基づく通知（以降、振動通知）の利点として、ユーザが周囲に気付かれることなく情報を知ることができる点があげられる。一方、振動通知の種類が少ないため、ユーザに複数種類の情報（例として、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）を知らせることは難しい。そこで、本研究においては、携帯端末を用いるユーザが識別できる振動通知を増やすことを目的とする。このために、方向情報が付与された振動通知を用いる。これまでに、振動の方向を提示するために、振動の錯覚現象であるファントムセンセーションを手に提示し、複数種類の振動通知を作製してきた。今回、我々が作製したシステムを用いることにより、ユーザは振動通知の提示からスマートウォッチを用いた通知内容の確認までの一連の流れを体験できる。

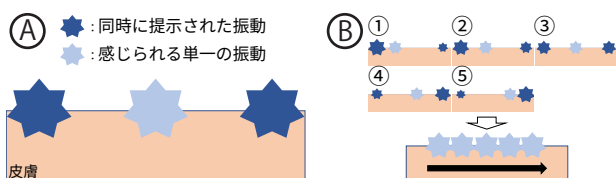


図 1. A: ファントムセンセーションが引き起こされる様子. B: 2箇所提示する振動の強度を変化させることにより、振動が感知される場所を制御できる。

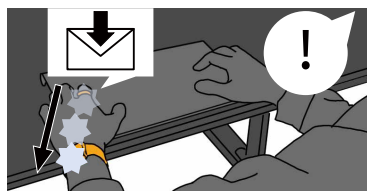


図 2. ユーザは、提示される PhS による振動の方向に基づき通知の種類を識別できる。

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ける、振動に基づく通知（以降、振動通知）の利点として、ユーザが周囲に気付かれることなく情報を知ることができる点があげられる。一方、振動通知の種類が少ない [14, 15] ために、ユーザに複数種類の情報（例として、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）を知らせることは難しい。

そこで、本研究においては、携帯端末を用いるユー

ザが識別できる振動通知を増やすことを目的とする。このために、我々は方向情報が付与された振動（以降、移動振動）による通知を用いることにした。特に、方向情報を付与するために、振動の錯覚現象であるファントムセンセーション [1]（以降、PhS）を手に対して提示する。PhS とは、皮膚上の 2 点に対して同時に同じ強度の振動を提示した際に、ユーザは 2 点の間における単一の振動として感じられる錯覚現象である（図 1A）。なお、振動を提示する 2 点において、提示する振動の強度を変えた場合、強い振動を提示した点に近い場所に対してユーザは単一の振動を感じる。これを利用することによって、図 1B に示すように、2つの振動のうち、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、振動する 2 箇所の間を振動が移動するように感じられる振動の提示も可能である。なお、過去の研究 [6] 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（以降、指）および手首とした場合に、方向を識別しやすいことが分かっている。

過去の研究 [17] において、我々は、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。今回、提示された通知の内容を確認するためのスマートウォッチ向けアプリケーションを実装した。このアプリケーションを用いることにより、ユーザは、移動振動による振動通知を知覚した後に通知の内容を確認するまでの一連の流れを体験できる（図 2）。

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 [4, 3] およびスマートフォンの振動機能を用いた提示手法 [12, 14] が提案されてきた。我々は、携帯端末を用いるユーザが識別できる振動通知を増やすため、PhS を用いる。

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 情報理工学位プログラム

† 筑波大学 システム情報系

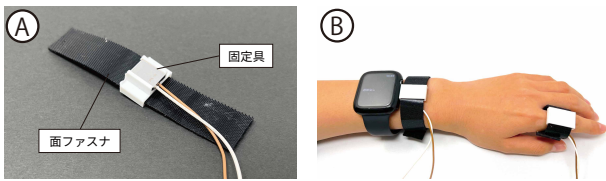


図 3. 実装したデバイス. A) 振動を提示するために用いる LRA を取り付けたデバイス. B) LRA を手首および指に、スマートウォッチを手首に装着した様子.



図 4. 実装したアプリケーション. 制御用アプリから信号を受け取った時の様子を示す. なお、図はメールの送信通知を受け取った場合の表示である.

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 [16, 5] の提示、数字や時刻などの情報 [7, 13, 11] の提示、およびゲームのエフェクト [2, 9, 10, 8] に用いられてきた。これらの研究は、爪、手首、スマートフォンを把持した掌、頭部、および背中に対して 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、手首および指の部位を跨いだ PhS による移動振動を通知に用いることを検討する [6, 17, 18]。

3 実装

我々は、振動通知の知覚および通知の内容確認の体験をユーザへ提供するために、PhS を用いた移動振動を提示するデバイスおよび通知内容を画面に表示するスマートウォッチ向けアプリケーションを

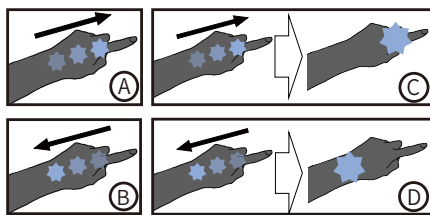


図 5. 実装したデバイスを用いて提示される移動振動の例. A および B は方向を提示する. C および D は方向を提示した後、1 箇所に振動を提示する.

実装した。なお、デバイスによる移動振動の提示およびアプリケーションによる通知内容の提示を同時に行うための制御には、スマートフォン向けアプリケーション（以降、制御用アプリ）を用いる。

PhS を用いた移動振動を提示するデバイスの実装について述べる。本実装では移動振動を提示するために、著者の過去の研究 [17, 18] と同じく、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。また、ユーザに対して、提示場所に LRA を固定する際、ユーザの手の大きさに依存せずに LRA を皮膚と密着させる必要がある。このために、固定に面ファスナおよび 3D プリントした固定具を用いる (図 3A)。ユーザは、これらのデバイスを手首および指に装着する (図 3B)。なお、これらのデバイスにおける振動の制御に Analog Discovery 2 (Digilent, 410-321) を用いている。また、デバイスは制御用アプリからの信号を受け取るとすぐに移動振動を提示する。

通知の内容を画面に表示するスマートウォッチ向けアプリケーションの実装について述べる。図 4 に示すように、アプリケーションは制御用アプリから信号を受け取るとすぐに通知の内容を提示する。また、図 3B に示すように、ユーザはスマートウォッチを手首に装着する。

作製した移動振動 を以下に示す。

- 手首から指への移動振動 (図 5A)
- 指から手首への移動振動 (図 5B)
- 手首から指への移動振動の提示後、指のみの振動 (図 5C)
- 指から手首への移動振動の提示後、手首のみの振動 (図 5D)
- 手首から指への移動振動および指から手首への移動振動の繰り返し

作製した移動振動を通知の内容ごとに付与する。

4 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識別できる振動通知を増やすことを目的として、手に対して移動振動を用いた通知を提示する手法を検討した。また、振動通知の知覚および通知の内容確認という一連の流れを体験するために、通知内容を提示するスマートウォッチ向けアプリケーションを実装した。今後、作製したデバイスおよびアプリケーションを用いて、通知の種類の識別精度を調査する予定である。また、日常生活において作製した通知を提示した場合における、ユーザが通知の種類を識別する速度および精度も調査する予定である。

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] S.-Y. Chu, Y.-T. Cheng, S. C. Lin, Y.-W. Huang, Y. Chen, and M. Y. Chen. Motion-Ring: Creating Illusory Tactile Motion around the Head Using 360° Vibrotactile Headbands. In *The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '21*, pp. 724–731, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.
- [3] 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 Factors in Computing Systems, CHI '14*, pp. 2589–2592, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery.
- [4] D. Dobbstein, 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] A. Israr, S.-C. Kim, J. Stec, and I. Poupyrev. Surround Haptics: Tactile Feedback for Immersive Gaming Experiences. In *Extended Abstracts of the 2012 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '12*, pp. 1087–1090, New York, NY, USA, 2012. Association for Computing Machinery.
- [9] A. Israr and I. Poupyrev. Exploring Surround Haptics Displays. In *Extended Abstracts of the 2010 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '10*, pp. 4171–4176, New York, NY, USA, 2010. Association for Computing Machinery.
- [10] A. Israr and I. Poupyrev. Tactile Brush: Drawing on Skin With a Tactile Grid Display. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '11*, pp. 2019–2028, New York, NY, USA, 2011. Association for Computing Machinery.
- [11] T. Kim, Y. A. Shim, and G. Lee. Heterogeneous Stroke: Using Unique Vibration Cues to Improve the Wrist-Worn Spatiotemporal Tactile Display. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '21*, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 日高 拓真, 志築 文太郎. 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. 第29回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, WISS2021, 3pages. 日本ソフトウェア科学会, 2021.
- [18] 日高 拓真, 志築 文太郎. 振動を用いた方向提示における識別精度の予備調査. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2022-HCI-199(38):1–6, 2022.