

感じるタッチパネル

～ 触感ディスプレイの可能性 ～



畳の触り心地も出せる触感ディスプレイ

名古屋大学 大学院工学研究科
岡本 正吾

触って感じるタッチパネルが、情報コンテンツをもっと便利で楽しいものに成長させていく。触感ディスプレイの原理とそれを用いてどのようなサービスが実現するか、コンテンツづくりのヒントを紹介する。

はじめに

触感ディスプレイとは聞きなれない用語であるが、触覚フィードバック機能を有するタッチパネルのことと思えばよい。私たちのスマートフォンやタブレット端末のタッチパネルは硬くて平らで、当然のことながら、画面のどこに触れようが同じ触り心地である。触感ディスプレイは、パネルに表示されている画像や映像コンテンツに応じて、ザラザラ、ゴツゴツ、キュッキュッキュとした触り心地を付加する技術である。ここでは、いくつかの実現方法のうち主要なものの原理を紹介し、その可能性（どんな触感コンテンツが出来るのか）を紹介する。

触感ディスプレイの原理

現在、商業的に成功している触感ディスプレイがあるわけではないが、その可能性が高い方式は、機械的な刺激をパネルに発生させる方法、およびパネルの摩擦を制御する方法である。それぞれは、さらにいくつかの方式に分類されるが、本稿は概説であるから深入りしないことにする。両手法に共通することは、パネ

ルに触れる指先の皮膚の変形を何らかの手法によって高速に制御することによって、触り心地を生成することである。物の触り心地というものは、触れた物の表面の性質によって決定すると思われがちであるが、実のところ、指の皮膚が変形するから人は触り心地を感じるのである。そして、触感ディスプレイはその皮膚の変形を制御することによって触り心地を生じさせる装置である。なお、筆者らの研究グループは、上記二種類の手法を組み合わせた質の高い触感ディスプレイを研究開発している [1]。

触感ディスプレイの原理 1： 機械的な刺激をパネルに発生させる方法

この方法では、タッチパネルを何らかのアクチュエータを用いて機械的に駆動する。そして、タッチパネルに触れる指の皮膚を変形させることによって触刺激を生成する（図1）。スマートフォンのような小型かつタッチパネルの駆動が製品の性質の観点から難しい場合、内部に搭載された偏心機構によって筐体ごと

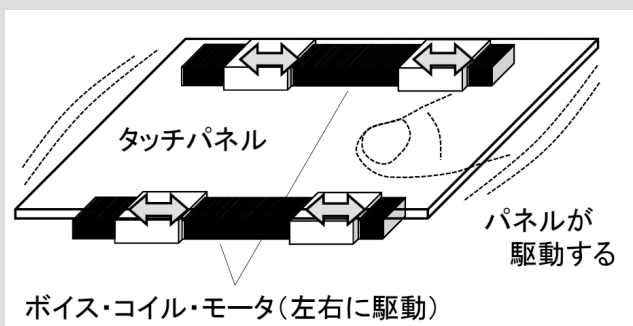


図1 アクチュエータでタッチパネルを駆動する触感ディスプレイ

パネルを駆動することもある。駆動と言っても、実際にはパネルを微小に往復運動させることによる振動を生じさせるわけである。このタッチパネルの駆動は極めて小さなもので十分であり、高周波領域ではわずかな数マイクロ・メートルの変位を伴う振動で十分である。むしろ、要求されるのは、この振動を高速かつ精緻に制御できることであるが、幸いにもボイス・コイル・モータや圧電アクチュエータのような、適性の高いものが利用できる。

❖ 触感コンテンツの例：仮想的な押しボタンの触感

触感コンテンツの王道とも言えるのが、押しボタンを操作したときに感じられる、ポチッもしくはカチッという触感の生成である（図2左）。タッチパネル上に表示されたソフトウェアのボタンを押したときに、何らかの触感フィードバックがあれば、ボタンを押すことができたという事実が触覚を通して確認でき、ボタン操作の誤りが低減する [2-4]。

機械的な押しボタンの中にはばねが仕込まれており、ある程度強い力で押し込んだら急にばねの抵抗力が低下して、ボタンが大きく下がる（図2右）。この抵抗力が急に低下して、力が抜けるときに指の皮膚が大きく変形するという現象が、ボタンの押し心地を生む。このような現象を触感ディスプレイで模擬するに

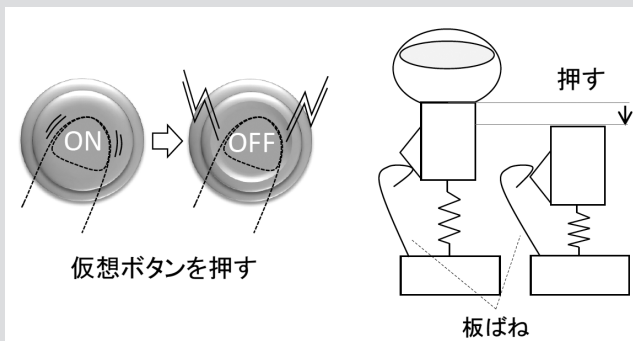


図2 仮想ボタンの触感

は、指がタッチパネルを押す力を計測し、その力がある一定の値に達したときに、指の皮膚に機械的な変位を与えればよい [5-7]。

触感ディスプレイの原理2：
パネルの摩擦を制御する方法

指がタッチパネルの上を滑るとき、両者間の摩擦の大きさを高速に変化させることが出来れば、摩擦によって生じる指の変形を操作することになり、触り心地を生成できる。摩擦を変化させるために用いられる原理の一つが、静電気力である。タッチパネル表面と人体を帯電させ、両者の間に働く静電気の引力によって摩擦現象を操作する。図3（左）のように、パネルと人体の間には絶縁体があり、実際に体内を電流が流れることはない。両者に電荷が蓄えられているときは、静電気による吸引力が指とパネルの間に働く。吸引力は両者の凝着を増し、より大きな摩擦力を生じさせる。このような摩擦力の生成を、指が触れるパネルの場所に応じて切り替えることによって、タッチパネル上の摩擦分布を操作することができる。なおパネルと人体に電位差が生じれば吸引力は発生するので、人体側は明示的に接地されている必要はない。静電気を用いる触覚提示デバイスは、機械的に駆動する機構を有さない点に、実装上の優位性と簡易性がある。

❖ 触感コンテンツの例：仮想的なテクスチャ（表面の質感）

テクスチャとは表面の質感のことであり、ここでは色々なザラザラと思って欲しい。図3（右）のように、タッチパネルに縞模様が表示されているとする。指でそこを擦るとき、黒い模様の上に指が存在するときはパネルの摩擦を強め、そうでないときは摩擦を弱めるという操作をする。すると、縞模様が触感として感じられるわけである。摩擦の強弱のパターンによってさまざまなテクスチャが模擬できる。

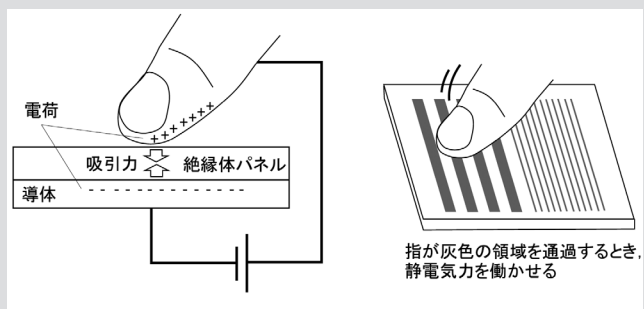


図3 静電気の吸引力で摩擦を制御する触感ディスプレイ



図4 さまざまな触感コンテンツ

触感ディスプレイにどんなことができるのか？

触感ディスプレイの主要な原理について説明してきた。では、触感ディスプレイによってどのような情報コンテンツが実現するのだろうか？触感ディスプレイはタッチパネルをもっと便利で楽しいものに変えていくことができる。ここでは、その要素技術（触感コンテンツ）を紹介する。真の情報コンテンツはこれらの

技術と従来の映像や音楽、テキストコンテンツの組み合わせによって達成される。

図4に、触感コンテンツを図示する。これらは全て、タッチパネル上に表示された画像であり、指でその画像を操作するときに触覚フィードバックが与えられる。(a)は先に述べた押しボタンの触感である。ソフトウェア・キーボードに重宝される。(b)はジョグダイヤルであり、カチカチとした触感が目盛り合わせを容易にしてくれる。(c)はスライドボタンであり、機械の動作モードを切り替えるための直感的なインターフェースである。ボタンが左右にスライドする瞬間にパネルの摩擦を変化させる。以上のコンテンツは、従来の機械的なインターフェースをタッチパネルで実現しようというものである。一方で、タッチパネルには擦る動作が多い。(d)はアイコンのドラッグ操作を触り心地で明確にしようというものである。ドラッグしている最中に、まさに荷物を引きずっているかのようなズルズルという触感をテクスチャとして表現する。(e)は文書などをスライドしながら閲覧しているときに、ページの端へ到達したことを、何か硬いものにぶつかったような衝撃の振動もしくは大きな摩擦で知らせる。機械的にパネルを駆動するタイプの触感ディスプレイは、物体同士が衝突したことを知らせるような触感を生成するのが得意である [8]。(f)はテクスチャであり、模様を触り心地として表現することができる。(g)は平らなタッチパネルの上で凹凸を感じさせる方法である。凸や凹の斜面を指が登る時には抵抗力が増加し、斜面を下る時には抵抗力が減少するという現象を摩擦力によって模擬する [9、10]。(h)は触覚刺激に感性的な意味を持たせようというものである。その手法は確立されているとは言えないが、触覚刺激にも覚醒的なものや快/不快を現すものがあり [11-13]、映像や音楽コンテンツとの組み合わせに向いている。他に

も、周囲の人に盗み見られないように、パスワードの入力に触覚フィードバックを活用する [14] というアイデアもある。また、触覚フィードバックが、タッチパネルの操作性を向上させるだけでなく、ゲームやコミュニケーションをより楽しくさせるために利用できることは想像に難くない。

以上の触感コンテンツの中には、触感ディスプレイの原理によっては対応が難しいものもある。

例えば、(a)のボタン押下の触感は、機械的な刺激をパネルに発生させる方法には適しているが、摩擦を制御する方法には不向きである。一方、摩擦を制御する方法は、パネルの上を擦る指の運動を摩擦によって拘束することができるため（例えば、画面上に指を滑らせやすい領域と、滑らせにくい領域をつくることのできる）、その特徴を活かした触感コンテンツがあり得る。

おわりに

触り心地のあるタッチパネルを実現する触感ディスプレイ技術は必ずしも複雑ではないのに、様々なコンテンツを実現する可能性があることをお判り頂けたと思う。とは言っても、われわれのスマートフォンは未だにどこに触れても一様に硬くて平らな触感であり、触感ディスプレイは商業的に成功しているわけではない。このワクワクする技術の普及は、コンテンツの開発に委ねられている。われわれが使いたい（お金を払ってでも）と思うようなコンテンツが提供されることが重要である。

参考文献

[1] K. Ito, S. Okamoto, H. Eifekey, H. Kajimoto, and Y. Yamada, A texture display using vibrotactile and electrostatic friction stimuli surpasses one based on either type of stimulus, Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 2343-2348, 2017.

- [2] S. Brewster, F. Chohan, and L. Brown, Tactile feedback for mobile interactions, Proceedings of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 159-162, 2007.
- [3] R. Leung, K. MacLean, M. B. Bertelsen, and M. Saubhasik, Evaluation of haptically augmented touchscreen GUI elements under cognitive load, Proceedings of ACM International Conference on Multimodal Interaction, pp. 374-381, 2007.
- [4] M. Fukumoto and T. Sugimura, Active click: Tactile feedback for touch panels, Proceedings of ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 121-122, 2001.
- [5] E. Koskinen, T. Kaaresoja, and P. Laitinen, Feel-good touch: Finding the most pleasant tactile feedback for a mobile touch screen button, Proceedings of ACM International Conference on Multimodal Interaction, pp. 297-304, 2008.
- [6] J. C. Lee, P. Dietz, D. Leigh, and S. E. Hudson, Haptic Pen: A Tactile feedback stylus for touch screens, Proceedings of ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 291-294, 2004.
- [7] H.-Y. Chen, J. Park, S. Dai, and H. Z. Tan, Design and evaluation of identifiable key-click signals for mobile devices, IEEE Transactions on Haptics, vol. 4, pp. 229-241, 2011.
- [8] K. Higashi, S. Okamoto, and Y. Yamada, Perceived hardness through actual and virtual damped natural vibrations, IEEE Transactions on Haptics, 2018.
- [9] S. C. Kim, A. Israr, I. Poupyrev, Tactile rendering of 3D features on touch surfaces, Proceedings of ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 531-538, 2013.
- [10] G. Robles-De-La-Torre, V. Hayward, Force can overcome object geometry in the perception of shape through active touch. Nature, vol. 412, pp. 445-448, 2001.
- [11] Y. Yoo, T. Yoo, J. Kong, and S. Choi, Emotional responses of tactile icons: Effects of amplitude, frequency, duration, and envelope, Proceedings of IEEE World Haptics Conference, pp. 235-240, 2015.
- [12] H. Seifi and K. E. MacLean, A first look at individuals' affective ratings of vibrations, Proceedings of IEEE World Haptics Conference, pp. 605-610, 2013.
- [13] H. Hasegawa, K. Itoh, S. Okamoto, H. Eifekey, and Y. Yamada, Colorful tactile stimuli: Association between colors and tactile-display stimuli on Russell's psychological plane, Haptic Interaction: Science, Engineering and Design, Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 432, pp. 47-52, 2016.
- [14] A. Bianchi, I. Oakley, D. Kwon, Open sesame: Design guidelines for invisible passwords, Computer, vol. 45, pp. 58-65, 2012.

NEWS

執筆者の所属する名古屋大学支援ロボティクス研究グループは、人とロボットの賢い関係を社会に根付かせるための研究活動を行っている。具体的には生産現場で活躍するロボットの安全技術、装着型パワーアシストロボットとその安全技術の開発、リハビリテーション支援、ハプティクス（触感ディスプレイ、触知覚メカニズム）、感性工学などが研究テーマである。特に研究成果が社会実装に至ることを重視し、国際安全規格の策定や臨床研究、企業との共同研究に力を入れる点に特徴がある。そのため、博士後期課程の社会人学生が多い。研究指導を受ける学生は、よく学び、よく遊び（Play hard and study hard）、人としてエンジニアとしてよく成長するというのが良き伝統であり、教員をはじめとする研究室スタッフはそのための指導を惜しまない。卒業生は日本全国の機械・電機・インフラ設備メーカーなどで活躍中である。



研究室旅行での記念写真