

動的に押し心地が変化する押しボタンの提案

田原 和真* 塚田 浩二*

概要. 押しボタンスイッチ (以下, 押しボタン) は, 動作のわかりやすさや設計上の扱いやすさ等があり, 多様な家電や情報機器等で用いられている. 押しボタンは多様な押し心地 (重さ, 深さ, カチッとといった感触等) を持つが, 従来は押しボタン毎に固有であり, 柔軟に調整することは困難であった. そこで, 本研究では押し心地を動的に変更可能な押しボタン型デバイスを提案する. 従来の押しボタンに比べ, 操作者へのフィードバックをより繊細かつ多彩に行うことが期待できる. 本稿では, 押下圧とクリック感を動的に変更可能なプロトタイプと, これらを用いた応用例を示す.

1 はじめに

押しボタンは, 多様な家電や情報機器等で用いられている一般的な入力デバイスである. 押しボタンの中にも多様な種類があり, 押した時の感触 (押し心地) が異なっている. 例えば, 「カチッ」といったクリック感は, 機械操作等で確かな操作感を与えるために重要であり, 適度なストロークの深さは, キーボード等で誤入力や疲労を軽減するために重要である. そのため, 場面に応じて押し心地を調整することは有効であると考えられる.

しかし, 従来押し心地は押しボタン毎に固有であり, 柔軟に調節することは困難であった. そこで本研究では, 一つの押しボタンに複数の押し心地を表現する機構を搭載し, 動的に切り替え可能な押しボタン型デバイスを提案する (図 1).

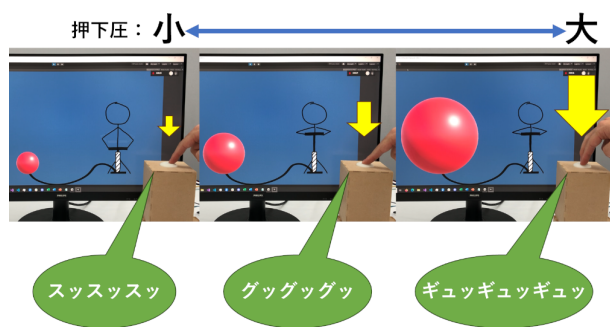


図 1. 本研究のコンセプト. ボタンの押下圧等を変更することで, 動的に押し心地を変更する.

2 先行研究

スイッチ等の押し心地を変化させる先行事例としては, PlayStation 5 の専用コントローラー Du-

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.

* 公立はこだて未来大学

alSense に含まれるアダプティブトリガー [1] がある. コントローラー左右側面のトリガースイッチがウォームギアを介してモータと接続され, トリガーを引く動作に対して逆方向にモータを回転させることで, 抵抗力を生じることができる. しかし, トリガーと内部の機構が接続されているため, ギアやモータの質量の影響を受け, 慣性が効いた動きとなってしまう. また, その結果, 少しずつ引く・離すような入力を行う際に, 滑らかにトリガーを動かすことが難しい. 本研究では, 永久磁石を用いてボタンと内部の機構を分離することで, 慣性が少なく滑らかな動きが可能になっている.

Clement Zheng ら [2] は, 3D プリンタで出力したパーツと磁石を組み合わせることで, 様々な入力デバイスを作ることができる手法を提案している. 磁石の配置と反発力を利用することで, 同じ形状のデバイスでも操作感を変更できる. 一方, 操作感を切り替えるためには, 内部の磁石の構造を物理的に交換する必要がある. 本研究では, 単一のデバイスで動的に操作感を変更することができる.

Yi-Chi Liao ら [3][4] は, リニアフォースアクチュエータやボイスコイルなどを, ボタンの変位 (押した量) や速度に応じて制御することで, 様々な物理ボタンの特性や押し心地を再現する手法を提案している. しかし, 装置全体が大きいいため, 既存のボタンと置き換えて使用することは困難である. 本研究では, 永久磁石を用いた機構とすることで装置全体がコンパクトになり, 既存のボタンと置き換えて使用することを想定している.

3 提案

本研究では, 押し心地を動的に変化可能な押しボタン型デバイスを提案する. 押し心地を変化させることにより, 操作者へのフィードバックをより繊細かつ多彩に行うことが可能となり, 場面に応じて操作性を調整できると考える.

押しボタンの押し心地に影響する機構の特性は,

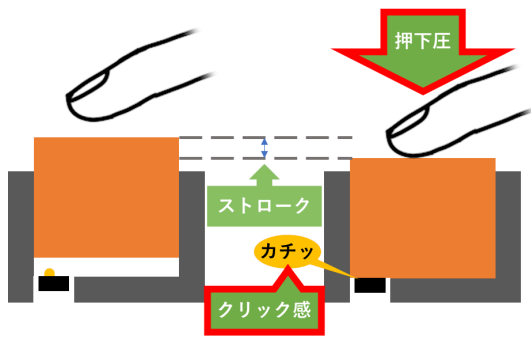


図 2. 押しボタンの押し心地の要素

大きく三つに整理できる。具体的には、押下圧（ボタンを押すのに必要な力）、クリック感（接点が切り替わった際のフィードバック）、ストローク（最大までボタンを押した時の深さ）である（図 2）。本論文では、その中から押下圧とクリック感の 2 点に焦点をあてる。

押下圧は、永久磁石同士の反発力を用いて提示し、磁石の距離を変更することで押下圧を調節する。クリック感は、タッチパネルでの触覚提示等に利用 [5][6] されているリニア振動アクチュエータを押しボタンに組み込むことで、クリック感の強さと位置を調整する。

4 実装

本研究のボタン型デバイスは、主に「操作部」（押しボタンの指で押し込む部分）、「ケース部」（内部機構を保護するケース部分）、「モータ部」（押下圧の変更に用いるモータ部分）、とそれらの制御を行う「制御部」（センサやアクチュエータに接続されたマイコンや、その周辺回路部分）に分かれている。押しボタン型デバイスの外観と内部構造を図 3 に示す。操作部・ケース部・モータ部の筐体や機構は、ABS フィラメントを用いて 3D プリンタ（UP Plus2）で出力している。

ボタンの直径は、一般的なアーケードゲームの筐体に使われている直径 30mm の丸型ボタンと同様の直径としている。そのため、高さに余裕さえあれば、既存の押しボタンと切り替えて使用することができる。また、押しボタンのストロークは 3mm に固定している。

押下圧の変更には、永久磁石同士の反発力を利用する。ネオジウム磁石を、操作部とケース部の内部それぞれに反発しあう向きで配置した。操作部の磁石（以下、固定磁石）は操作部に固定した。ケース部の磁石（以下、可動磁石）はネジ機構を用いて上下に移動できるように設計しており、モータ部から回転させることで可動磁石の位置・固定磁石との距離を変更し、押下圧を変更することができる。モータ

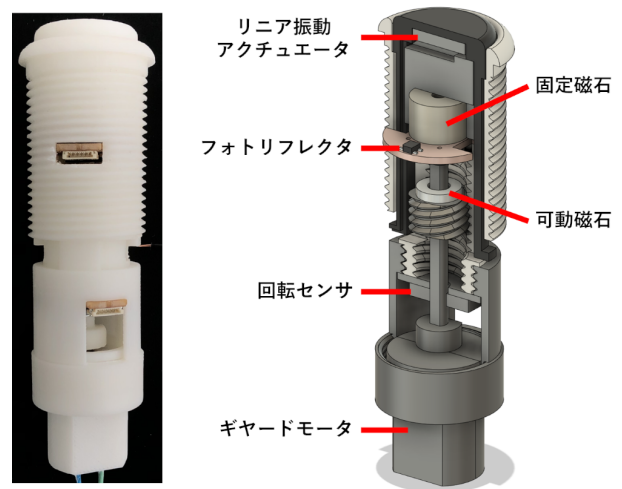


図 3. 押しボタン型デバイスの外観と内部構造

部には、ギヤ比 1:60 のギヤードモータを使用している。また、可動磁石の位置を取得するために中空の回転センサを使用している。

クリック感の生成には、リニア振動アクチュエータを利用する。操作部の裏側にアクチュエータをはめ込んでいる。また、クリック感が発生する高さを可変させるために、押しボタンの入力を ON/OFF の 2 値のマイクロスイッチではなく、フォトリフレクタを用いてアナログ値で取得する。操作部とケース部の間にフォトリフレクタを配置し、操作部の動き（＝押し込み具合）を取得している。

システム全体の制御には PIC マイコンを使用している。マイコンにより、各種センサとモータドライバの制御を行っている。加えて、USB シリアル変換モジュールを使用して、PC と通信を行っている。

5 応用例と展望

本研究での押しボタン型デバイスを用いて、風船への空気入れをモチーフにした応用例を製作した（図 1）。ボタンを押すことで、PC 画面上の風船に少しずつ空気が入っていく。初期状態での押下圧は最小の状態になっているが、風船が膨らむにつれて少しずつ押下圧が大きくなり、空気を入れるために力が必要になる。ある程度まで風船が膨らむと破裂し、空気が抜けるように押下圧が最小の状態になる。

今後は、新たな押し心地要素として「ストローク」の追加や、多様な応用例の構築、及びゲームコントローラ等への組み込み活用等を検討していく。

参考文献

- [1] Sony. DualSense ワイヤレスコントローラー. PlayStation 公式サイト.

<https://www.playstation.com/ja-jp/accessories/dualsense-wireless-controller/>,
(参照 2023-010-25)

- [2] Clement Zheng, Jeeun Kim, Daniel Leithinger, Mark D.Gross, Ellen Yi Luen Do. Mechamagnets: Designing and Fabricating Haptic and Functional Physical Inputs with Embedded Magnets. Proceedings of the Thirteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, p325-334(2019).
- [3] Yi-Chi Liao, Sunjun Kim, Antti Oulasvirta. One Button to Rule Them All: Rendering Arbitrary Force-Displacement Curves. Adjunct Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, p111-113(2018).
- [4] Yi-Chi Liao, Sunjun Kim, Byungjoo Lee, Antti Oulasvirta. Button Simulation and Design via FDVV Models. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, p1-14(2020).
- [5] 古木 健悦, 菊地 淑晃. らくらくスマートフォン商品化への取組み. Fujitsu, 63 (5), 548-554 (2009) .
- [6] 岡田 明. 機器操作における体性感覚フィードバックの有効性. 日本人間工学会大会講演集, p110-111 (2012) .