

# 「稜線ユーザインタフェース」 知覚的稜線から操作のフィードバックが生じる UI デバイス

安井 重哉<sup>1</sup>

**概要:** 稜線ユーザインタフェースはレリーフ状の立体造形をしたタッチスイッチである。ユーザは、その立体造形上に存在する段差や障壁などの「知覚的稜線」から、操作のコンテキストを視覚的かつ触覚的に読み取り、それを自発的に指でなぞることで触覚的フィードバックを得ることができる。本稿では、稜線 UI の技術的特徴と、プロトタイプリング環境について記述する。

## “Ridge Line User Interface” UI Device That Generates Operation Feedback by Perceptual Ridge

SHIGEYA YASUI<sup>1</sup>

**Abstract:** Ridge line user interface is a relief-like touch switch. User can read context of operations from "perceptual ridge" by using visual and tactile sense, and can get tactile feedback by tracing spontaneously "perceptual ridge" with fingers. This paper describes technical features of "ridge line user interface" and prototyping environment.

### 1. はじめに

近年、スマートフォンに代表されるように、電子機器におけるタッチスクリーンの採用が一般化している。それらが提供するユーザインタフェース（以下 UI）は、マルチタッチとなめらかな視覚的フィードバックによる直感的操作の実現を企図したものである。しかしながら、そこで操作する内容は、液晶上に表示される視覚的な平面情報、すなわち「フラットな UI」であり、身体性という観点で見れば、ユーザに対してガラス越しにあたかも環境との相互作用をしているかのような「錯覚」を与えているものにすぎない。

このような状況を改善するために、様々な仕組みが考案されている。例えば、タッチスクリーン上のボタンをタップした際に「カチッ」というクリック音を再現することによって、聴覚情報からフィードバックを補完する仕組みや、Apple Watch や MacBook (Early 2015) に導入されている Force Touch のように、装置そのものを振動させることによって、擬似的に触覚的フィードバックを再現するものなどがある。しかしいずれの仕組みも、触れるべき「実体」がそこに存在しているわけではない。

著者は、「フラットな UI」にもう一度「実体」を与え、モノとヒトとのフィジカルなインタフェースを開拓するために、「稜線ユーザインタフェース（以下稜線 UI）」という UI 装置を考案した。これは、立体造形が、能動的触知覚

による操作フィードバックを生成すると同時に、操作のコンテキストをユーザにアフォードするものである。本稿では、稜線 UI の技術的特徴と、その立体造形を探索的に検証することを目的として制作したプロトタイプリング環境について記述する。

### 2. 能動的触知覚

能動的触知覚とは「触る行為、すなわち随意的に自ら作り出す接触運動によって生じる感覚」である。能動的触知覚に着目した製品設計はこれまでも様々な分野において実施されてきている。例えば、熟練者用一眼レフカメラのハードウェアのデザインでは、同じような大きさのボタンがボディに複数並ぶような場合に、ボタン毎の表面処理やボディからの凸量などが微妙に変化するような造形を施す。これは、ユーザがファインダーを覗いていて、視覚的にボタンの判別ができないような状況であっても、指先の探索的な動作だけでその違いが識別できるための工夫である。

### 3. 稜線 UI

#### 3.1 設計思想

このようなユーザの自発的な探索的動作によって生じる能動的触知覚に着目し、そこから生じる感覚を操作フィードバックに応用することを目的とした UI 装置が稜線 UI である。

<sup>1</sup> 公立はこだて未来大学  
Future University Hakodate

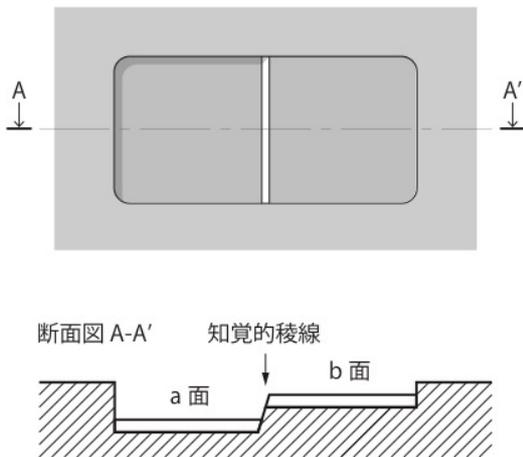


図1 稜線 UI の構造

稜線 UI は、隣接する二つ以上のタッチセンシング領域によって構成されるタッチスイッチである(図1)。センシング領域の境界には、レリーフ状の立体造形による段差や障壁などの指先で知覚できる境界、すなわち「知覚的稜線」が設けてある。この知覚的稜線は、二つの機能を持っている。一つはそれによって構成されるレリーフ状の立体造形が操作のコンテキスト、すなわちその装置の目的や意味、操作への誘発をアフォードする機能である。もう一つは、操作フィードバックの生成である。知覚的稜線上でユーザが指をスライドさせてセンシング領域をまたぐと、スイッチのオンオフのようなイベントが発生するようになっている。この時にユーザの指先に生じる**知覚的稜線を越える能動的触覚を、イベントの発生と同期させることにより、スイッチ操作の触覚的フィードバックとして利用すること**と、それを**複雑な可動機構などを用いずに、立体造形によって実現できる**ことが、既存のタッチスクリーンにはない稜線 UI の技術的特徴である。

この結果、稜線 UI では、装置がフィードバックをユーザに与えるのではなく、ユーザ自身の自発的な動作から触覚的フィードバックが生成される。Force Touchのような操作感覚のフィードバックを付与する仕組みや、一般的な可動機構を備えたスイッチ類(押しボタン、トグルスイッチ、タクトールスイッチなど)などの UI 装置と比較して、ここには**操作におけるユーザの主体性に差異が存在する**と考える。これまで、このようなユーザの身体性と UI の関係に立脚した立体造形の例はないため、探索的なアプローチを可能にするプロトタイピング環境を構築し、立体で UI を作る意味付けを行う。

### 3.2 稜線 UI の有用性

ここで、稜線 UI が上述した既存の UI 装置と比較して、新規性及び進歩性を有し、技術的に優れる点を挙げる。

- ユーザが能動的に知覚的稜線をまたいで指先をスライドさせないとイベントが実行されないため、不意の誤

動作が起こりにくい。

- ただ触れただけでは作動しないので、形状を識別後に操作ができ、ブラインド操作に向いている。
- 複雑な機構や特殊なセンサーなどを必要としないため安価に製造できる。
- 可動機構を要しないため故障しにくい。
- 単純な構造のため防水防塵処理が施しやすく、装置の適用環境を拡張しやすい。
- 厚みを必要とせず、曲面上にも設置できるなど、造形自由度が高い。

プロトタイピング環境は、これらの点についても検証できるものとする。

## 4. プロトタイピングプラットフォーム

### 4.1 目的

稜線 UI の立体造形について、探索的にアプローチできるプロトタイピング環境として、立体スケッチ用の「プロトタイピングプラットフォーム(以下プラットフォーム)」を制作する。この装置は、ラフな状態の稜線 UI のモックアップを、動作の検証が行えるようなワーキングモックアップにすることができ、なおかつスケッチを行うような気軽さで、立体造形を試行錯誤しながら比較検討ができることを目的とする。

### 4.2 要求仕様

目的を達成するために、次の項目を要求仕様とする。

- 実際に、センサーによってユーザの指先の動作を検出し、制御部で処理が行われ、出力部によって操作の実行された結果を得ることができる。
- 様々な稜線 UI の操作コンテキストに対応出来る。
- 手軽にプラットフォームを準備することができる。
- 複数の稜線 UI を比較検討することができる。
- 指先のスライドによって触覚が生成されるような稜線 UI の立体造形を、容易に制作することができる。
- 低コストで稜線 UI のレリーフ状の立体造形のバリエーションを展開することができる。
- 作成した立体造形を保存することができ、展示等に再利用できる。

### 4.3 設計

要求仕様をもとに、以下の構成のプラットフォームを設計した(図2)。

#### 4.3.1 ボディ

外形寸法 150mm x 210mm x 21mm の箱型をしている。レーザーカッターで切断した透明アクリル板の組み立てにより構築されている。手軽に準備をすることができるように、収納時や運搬時は分解することができる。

内部に制御部を格納しており、上面には、稜線 UI パネル取り付け部と露出した出力部が存在する。

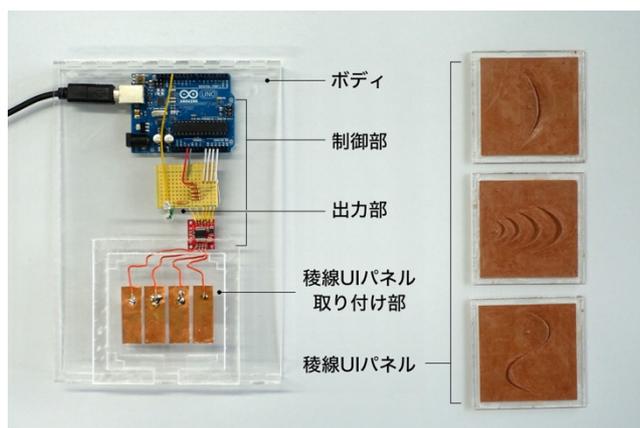


図2 プロトタイププラットフォーム

#### 4.3.2 制御部

Arduino UNO と静電容量センサーにより構成される。給電は USB ケーブルを介して、PC や AC 電源より行われる。

様々な稜線 UI の操作コンテキストに対応出来るように、動作検出と出力のアルゴリズムを切り替えることができる。

#### 4.3.3 出力部

操作が実行された結果をアウトプットするための LED が埋め込まれている。制御部側のアルゴリズムにより、稜線 UI の操作コンテキストに応じた LED の点灯パターンの変更が可能である。

#### 4.3.4 稜線 UI パネル取り付け部

稜線 UI パネルをはめ込むことができるように 75mm x 75mm の凹みを構成するフレーム形状をしている。素材はボディと同じく透明アクリルである。

ここにはめ込まれる稜線 UI パネルを取り替えるだけで、様々な立体造形のプロトタイプを動作させながら比較検討することができる。

凹みの底面部分には、銅板製の静電容量検出用の電極が横一列に 4 つ並んでいる。これにより、操作時の指の動きを検出する。

#### 4.3.5 稜線 UI パネル

75mm x 75mm のアクリル製のパネルである。外周を 5mm 幅 2mm 厚のフレームで囲われており、65mm x 65mm の凹みがある。この凹みにはインダストリアルクレイで 2~3mm 程度の厚みのレリーフ状の立体造形を施す。この厚みのインダストリアルクレイであれば、稜線 UI パネル取り付け部にある電極で静電容量の変化を検出することができ、ユーザが動かした指の動作の認識を阻害することがない。

稜線 UI の立体造形を展開するにあたってインダストリアルクレイを用いるのは、指先で触れるにちょうど良いくらいの解像度を持つ立体物を自由に造形するに適していることや、室温環境まで冷却すると指で触った程度では変形しないくらいの硬さを持つため、複数人での比較検討や、立体造形の維持に適していると考えたためである。

#### 4.4 評価

実際にこのプラットフォームを用いて、複数人で稜線 UI の立体造形を試行した。探索的な立体造形の試行環境としては概ね目的を達成できたが、いくつか機能的な限界や課題も明らかになった。

使用したインダストリアルクレイという素材は、ラフな立体造形を試行錯誤するには適しているが、より精度の高い立体造形を試みるには不向きであることがわかった。また、何度も指をスライドさせていると、形状が少しずつ変化してしまうこともあった。

また、Arduino による制御では、操作と処理及び出力の間にタイムラグが生じてしまい、的確にフィードバックを得ることが困難であった。

#### 5. 今後の展望

今後は、稜線 UI の立体造形の検討フェーズに応じた、より精度の高い加工方法及び素材を導入できるようにする。また、今回はデスクトップ上で使用することを前提にプラットフォームを制作したが、稜線 UI の環境への組み込みを考慮し、様々な設置場所や状況においての検証ができるテストベッドを用意したい。

これらを用いて稜線 UI の有用性を高める改良を施していくと同時に、適用環境や造形の多様性を拡張していく。

#### 参考文献

1) 能動的触知覚 (アクティブタッチ) の生理学, 岩村吉晃, パイオメカニズム学会誌, Vol.31, No.4 (2007)

#### 著者紹介



安井重哉

公立はこだて未来大学