

# 指スポ！ : タッチパネル操作を拡張するスポイト操作の開発

## 1. 背景

近年、手や指を用いるタッチパネル操作(以後はタッチパネル操作と記述する)に新たな操作を追加する開発、研究が行われている。これらにより、従来のタッチパネル操作において新しい操作が実現され、使用者の快適なタッチパネルの利用を大きく促進してきている。本提案と関連する代表的な操作に、昨今のスマートフォンやタブレット端末にも採用されているマルチタッチ操作が挙げられる。また、この他にタッチパネルへの指の近接を用いた操作、指を傾げる動作を用いた操作が挙げられる。

## 2. 目的

本プロジェクトにおいて開発した”指スポ”は、押し出し操作(以下 push out)及び吸い上げ操作(以下 pump up)の総称である。タッチパネル面に触れた指に、同じ手の親指を当てた状態で、親指を指先方向に摩擦する動作を push out と呼ぶ。また、タッチパネル面に触れた指に、同じ手の親指を当てた状態で、親指を指の根本方向に摩擦する動作を pump up と呼ぶ。

”指スポ”の特筆すべき特徴は、”指スポ”の動作が指を対象とする動作であるため、タッチパネル平面上の操作から独立している点である。これにより、タッチパネル平面のみを動作の対象としてきた従来のタッチパネル操作と、容易に共存することができる。また、”指スポ”には、この他に以下のような特徴がある。

- ・押し出すまたは吸い上げる操作感
- ・奥行き方向の操作感
- ・指の摩擦移動距離をパラメータに利用可能

既存のタッチパネル操作では得ることができなかった、これらのユーザ体験を活用することにより、従来成しえなかった快適なタッチパネル操作を実現できる。

また、”指スポ”を検出するためのデバイスとしては、タッチパネル側に取り付けたマイクのみを考えている。これにより、以下のようなメリットを享受することができる。

- ・使用者はデバイスを装着することなく”指スポ”を行うことができる。
- ・数個のマイクを用いて拡張するので、実装コストが低い。

## 3. 開発の内容

本プロジェクトにおいて開発した”指スポ”のシステム構成図を図1に示す。今回は携帯タッチパネル端末として、SAMSUNG社のGalaxy Tabを用いた。タッチパネル端末には一般的なコンクリートマイクを取り付けた。また、今回はオーディオインタフェースとしてCakeWalk社のUA-1Gを使用した。

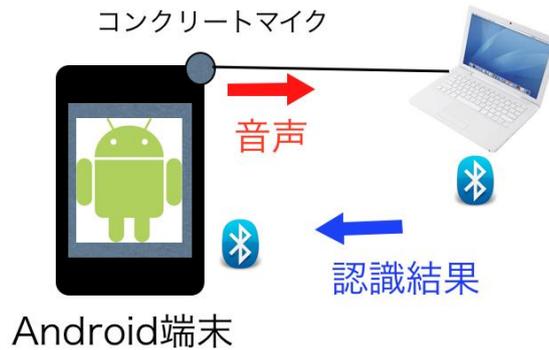


図1 システム構成図

本プロジェクトにおいて、“指スポ”をタッチパネル上において認識する際、タッチパネルに固体音として伝わる“指スポ”の摩擦音を用いる。タッチパネルに伝わる摩擦音を利用する理由は2つある。1つ目は固体音として伝わる“指スポ”の摩擦音がタッチパネル上で検出可能であり、かつ空気音を除去しやすいことである。2つ目は、push out と pump up による摩擦音に差異があるため、この差異をシステム側で認識することができると思ったためである。

push out と pump up による摩擦音の差異を認識するアルゴリズムについて述べる。

固体音としてタッチパネル伝わる“指スポ”による摩擦音を切り出し、その切り出した波形の Spectral centroid を各フレームごとに求め、その Spectral centroid に一次方程式の最小二乗法を適用し近似式の傾きを求め、その傾きを認識に用いる手法を考えた。

Spectral centroidは、スペクトラムの重心を求める手法である。Spectral Centroid は、スペクトラムを周波数軸において  $M$  個に標本化した上で、式(1)にて求められる。 $x(n)$  は  $n$  番目の地点における標本化値、 $f(n)$  は  $n$  番目の地点における周波数値を示す。

今、 $(x; y) = (x_1; y_1); (x_2; y_2); \dots; (x_n; y_n)$  といった測定結果が得られたとする。求めたい一次方程式の式を  $y = ax + b$  とおくと、 $a$  と  $b$  は式(2)で求められる。

pump up と push out による摩擦音のスペクトログラムの比較により、pump up による固体音は高周波成分が徐々に消失し、push out による固体音は高周波成分が徐々に現れる傾向があることがわかった。pump up による固体音のスペクトログラムを図2、push out による固体音のスペクトログラムを図3に示す。この知見から、一定振幅以上の音声の連続を切り出し(図4)、切り出した音声の各フレームの Centroid を求め(図5)、その各フレームの Centroid に最小二乗法を適用し一次方程式を導き(図6)、その一次方程式の  $a$  の値(式(2))、つまり傾きから push out と pump up を識別した。

$$Centroid = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} f(n)x(n)}{\sum_{n=0}^{N-1} x(n)}$$

式(1) Centroid を求める式

$$a = \frac{n \sum_{k=1}^n x_k y_k - \sum_{k=1}^n x_k \sum_{k=1}^n y_k}{n \sum_{k=1}^n x_k^2 - \left( \sum_{k=1}^n x_k \right)^2} \quad b = \frac{\sum_{k=1}^n x_k^2 \sum_{k=1}^n y_k - \sum_{k=1}^n x_k y_k \sum_{k=1}^n y_k}{n \sum_{k=1}^n x_k^2 - \left( \sum_{k=1}^n x_k \right)^2}$$

式(2) 1次元の最小二乗法の式

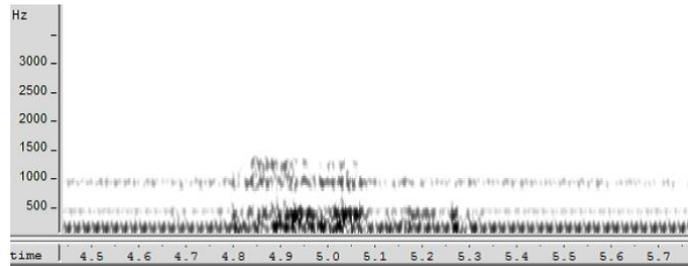


図2 pump upの固体音のスペクトログラム  
(横軸は時間軸、縦軸は周波数軸、濃度がその点におけるスペクトルの値の大きさを示す。なお、この後にでてくる図においても同じである。)

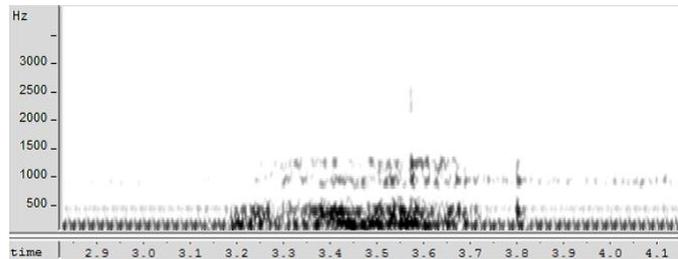


図3 push outの固体音のスペクトログラム

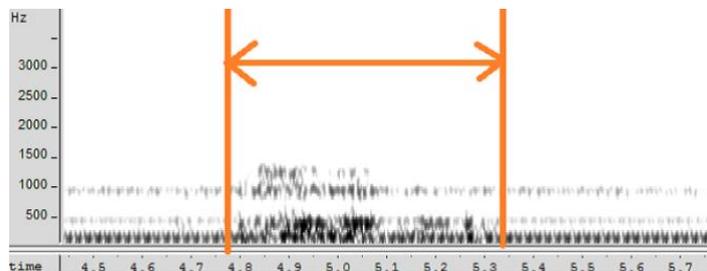


図4 一定振幅以上の音声の連続を切り出す (pump up)

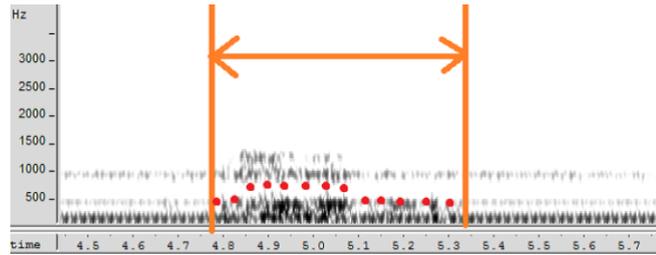


図5 切り出した音声の各フレームの Centroid を求める (pump up)

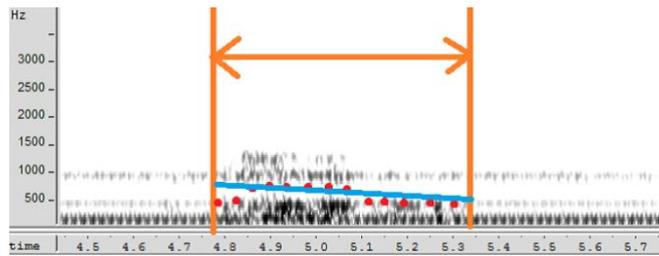


図6 各フレームのCentroid に最小二乗法を適用し、一次方程式を導く (pump up)

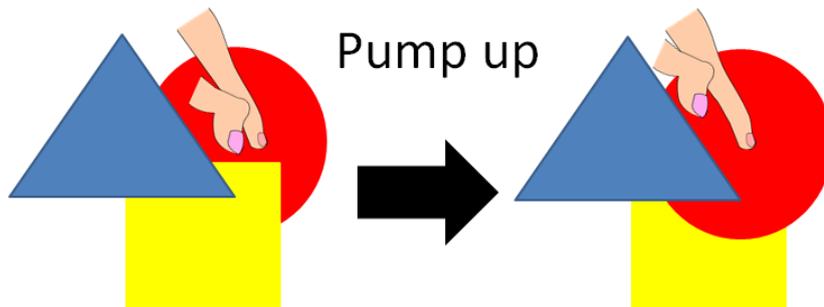


図7 pump upにより、赤丸オブジェクトのレイヤを一段階上に上げている様子

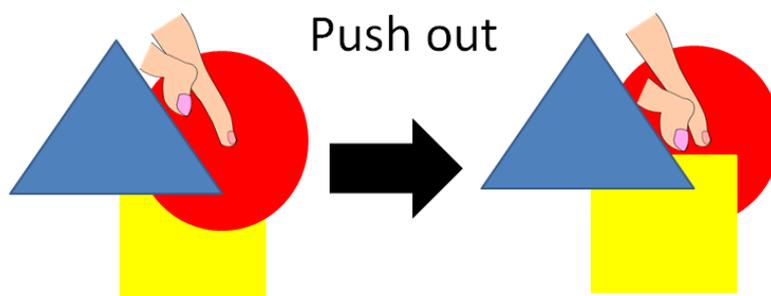


図8 push outにより、赤丸オブジェクトのレイヤを一段階下に下げている様子

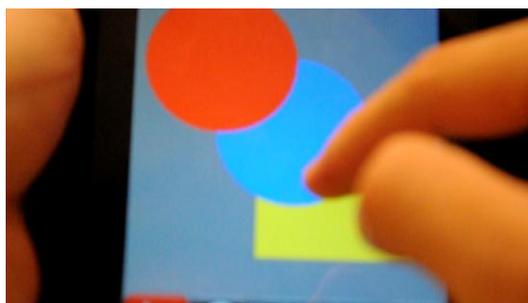


図9 実際にレイヤを切り替えるアプリケーションを操作している様子

“指スポ”を用いてオブジェクトのレイヤを切り替えるアプリケーションを、携帯端末上に実装した。本アプリケーション上のオブジェクトは、それぞれ階層構造をもっており、pump upにより一段上のレイヤへ移動し(図7)、push outにより一段下のレイヤへ移動する(図8)。実際に操作している様子を図9に示す。

#### 4. 従来の技術(または機能)との相違

平坦なタッチパネル上で、押し出す・吸い上げるような操作、奥行き方向へ操作を実現している技術は、“指スポ”が初めてである。また、“指スポ”はタッチパネルへ伝わる指の振動のみを認識に用いるため、振動マイクをタッチパネルに取り付けるだけで、“指スポ”を実装できることも大きな特徴だと思われる。

#### 5. 期待される効果

タッチパネル操作群へ、この“指スポ”の追加を実現することによって、使用者は、かつて行うことが出来なかった、押し出す・吸い上げるような操作感を得た操作や奥行き方向の操作感を得る操作を行うことができるようになる。

#### 6. 普及(または活用)の見通し

今回は“指スポ”を活用したアプリケーションとして、オブジェクトのレイヤ切り替え操作を開発した。今後は、このオブジェクトのレイヤ切り替え操作以外にも、様々なアプリケーションを提示し、“指スポ”の素晴らしさを伝えていければと考えている。例えば、“指スポ”をオブジェクトの奥行き方向の変形に割り当てた3Dモデリングアプリケーションや、“指スポ”を地図の拡張に割り当てたアプリケーション、コピーアンドペーストに割り当てたアプリケーションなどが考えられる。

#### 7. クリエータ名(所属)

堀 竜慈 (筑波大学大学院 システム情報工学研究科)