

# ターゲット内に両端が存在するスワイプジェスチャ

八箇 恭平\* 磯本 俊弥\* 川口 航平† 志築 文太郎‡

**概要.** タッチ入力には入力語彙が限られているという問題が存在する。我々は、この問題を解決するために、ターゲットに対するスワイプのうち、スワイプの終点がターゲット内となるもの（ターゲット内スワイプ）を新たなジェスチャとする。本論文においては、まずユーザがターゲットに対してスワイプを行った時に偶発的にターゲット内スワイプが発生しないことを実験により調査した。その結果、99.2%のスワイプの終点がターゲットの外側となり、ターゲット内スワイプは偶発的に発生しにくいジェスチャであることが分かった。さらに、ユーザが意図してターゲット内スワイプを行った時の成功率を実験により調査した結果、ユーザは92.5%の精度にてターゲット内スワイプの実行が可能であった。これらの結果から、ターゲット内スワイプは既存のスワイプと競合することなく入力語彙を拡張できることが分かった。

## 1 はじめに

タッチパネルを搭載したモバイル端末（以降、タッチ端末）を操作する時、ユーザは指を用いてタッチパネルへの入力を行う。しかし、このタッチ入力には入力語彙が限られているという問題が存在する。

この問題を解決するために我々は、ユーザが画面上のターゲットに対してスワイプを行う時のスワイプの終点の位置がターゲットの外側となることを利用したジェスチャを提案する。提案操作は、図1に示すようにターゲットに対するスワイプのうち、その終点がターゲット内に留まるようなスワイプ（以降、ターゲット内スワイプ）である。なお、終点がターゲットの外側にある場合は、従来のターゲットに対するスワイプ（以降、フリック）とする。

提案操作は、ユーザがスワイプの終点の位置を考慮せずに、ターゲットに対してスワイプを行った時に、そのスワイプがフリックとなることを前提としているため、偶発的にターゲット内スワイプが発生する場合、フリックとの競合が発生する。そのため我々は、まずユーザがターゲットに対してスワイプを行った時の偶発的なターゲット内スワイプの発生率を調査する。その後、ユーザが意図した通りにターゲット内スワイプの実行が可能であるか調査する。さらに、ターゲット内スワイプによって可能となるアプリケーションの提案、およびターゲット内スワイプに関する議論を行う。

## 2 関連研究

これまでに、タッチ入力の語彙を拡張するために、多くのジェスチャが提案されてきた。それらの多く

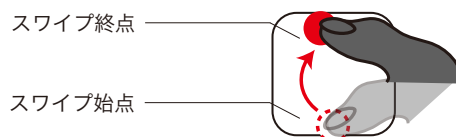


図1. ターゲット内スワイプ。スワイプの始点と終点（赤色の円）がターゲットの内側に存在する。

は、タッチに付随する情報をタッチ座標と組み合わせたものである（例：タッチ面積 [1], タッチの強さ [5, 9], タッチ時に発生する音 [3], タッチした指の角度 [14, 15]）。また、Copernican-Touch [16] は、タッチが行われる直前のタッチ端末の加速度および角加速度センサの値を用いて、指をタッチ端末に近づけることによるタッチと、タッチ端末を指に近づけることによるタッチを区別して用いる拡張ジェスチャである。ターゲット内スワイプは、ターゲットに対するスワイプの拡張を行う操作であり、またこれらのジェスチャと共存することが可能である。

タッチに用いられた体の部位や手の形状を識別することによってタッチ入力の語彙を拡張する研究も行われている。PalmTouch [7] は、タッチ面積とタッチ位置を用いてユーザが手のひらにて画面に触れたことを識別し、手のひらを用いたタッチを新しいジェスチャとして利用している。TriTap [2] は、親指、人差し指、または中指にてスマートウォッチにタッチした時のタッチパネルと指の接触領域を利用して、どの指にてタッチを行なったか識別し、その指に応じた操作を可能にしている。また、Touch + Finger [8] は、指に3軸加速度センサを取り付け、タッチ前、もしくはタッチ中の手指の形状を識別することによって、その形状に応じた操作を可能にしている。一方、我々が提案するターゲット内スワイプは、タッチ位置のみを利用してフリックとの識別が可能であるため、タッチを行う部位や手の形状に依らずに入力語彙の拡張が可能である。

Copyright is held by the author(s).

\* 筑波大学コンピュータサイエンス専攻

† 筑波大学情報メディア創成学類

‡ 筑波大学システム情報系

偶発的に発生することが少ない指の動作を新たなジェスチャとして用いて、タッチ入力 of 語彙を拡張している研究も行われている。Bezel-Swipe [11] はタッチ端末のベゼルからのスワイプ、B2B-Swipe [6] は、ベゼルからベゼルへのスワイプである。Ta-Tap [4] は、離れた2点に対する連続的なタップである。さらに、Beats [10] は2本の指を用いた、同時、もしくは連続的なタップである。また、黒澤ら [17] は、右手のみを用いてスマートフォンを操作している時に左斜め上へのスワイプが発生しにくいことを実験により見出し、新しいジェスチャとして提案している。MicroRolls [12] は、親指にて画面をタッチしながら指を回転させるジェスチャである。提案するターゲット内スワイプは、これらの手法と同様に偶発的に発生することが少ないジェスチャであり、Bezel-Swipe、B2B-Swipeと同様にスワイプを拡張する手法である。Bezel-Swipeにおいてはスワイプの始点、B2B-Swipeにおいては始点と終点をスクリーンのベゼルに限定した一方で、ターゲット内スワイプは、始点と終点をターゲット内に限定する点で異なり、ターゲットの位置は問わないため、ユーザは画面上のあらゆる位置にてターゲット内スワイプの実行が可能である。

### 3 提案操作：ターゲット内スワイプ

我々が提案するターゲット内スワイプ (図1) は、スワイプの両端がターゲット内に存在するスワイプジェスチャである。ユーザがターゲットに対してスワイプを行った時に偶発的にターゲット内スワイプが発生しない場合、ターゲット内スワイプはフリックと競合することなく、タッチ入力の語彙を拡張する。フリックとターゲット内スワイプの識別には、ターゲットの縁をスワイプが横切っているかを判定すれば良い。また、この識別はタッチ座標のみを用いて可能であるため、ターゲット内スワイプの実装には追加のセンサを必要としない。

## 4 実験1：ターゲットに対するスワイプ

ターゲット内スワイプは、ユーザがスワイプの終点の位置を考慮せずに、ターゲットに対してスワイプを行った時に、その終点がターゲットの外側になる (フリックになる) という前提のもと設計されている。そのため、我々はまず、ユーザがターゲットに対してスワイプを行った時の偶発的なターゲット内スワイプの発生率を調査するための実験を行った。

### 4.1 参加者と実験環境

参加者は、普段スマートフォンを右手にて操作している研究室外の大学生および大学院生の8人 (21-23歳、平均22.3歳、男性7人、女性1人、右利き6人、左利き2人) であった。実験にはスマートフォンとしてiPhone 6s (iOS 12, 138.3 mm × 67.1 mm)

を用いた。全ての参加者には、実験のタスクを行っている間椅子に深く腰掛けてもらった。

実験に用いたアプリケーションの画面を図2に示す。我々はターゲットのサイズと位置を、通常設定時のiPhone 6sのホーム画面に表示されるアイコンのサイズ (9.3 mm × 9.3 mm) と位置とした。我々はターゲットに対してスワイプを行う例として、パイメニューおよびキーボードを考え、そのターゲットサイズがアイコンと同程度であると考えたためこのサイズとした。この画面において最下段のみベゼルとアイコンの間隔が狭いが、我々はホーム画面におけるアイコン上にて行うショートカットを提案操作の応用の1つとして考えたため、その間隔もiPhone 6sと同じにした。

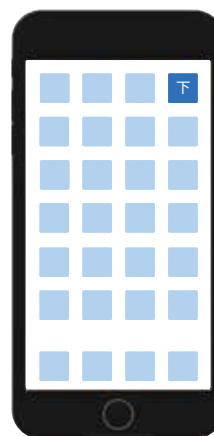


図2. 実験に用いたアプリケーションの画面。アイコンは4列×7行に配置されている。実験時にはターゲット (濃い青色) となっているアイコンのみが表示され、スワイプすべき方向が表示される。

### 4.2 タスクと実験手順

タスクは、ターゲットに対するスワイプである。ターゲットにはスワイプすべき方向 (上下左右のいずれか) が文字にて表示される。参加者にはそのターゲットに対して表示されている方向にスワイプを行ってもらった。我々は参加者に、スワイプの速度や距離については何も伝えず、ターゲットに表示される方向にスワイプを行うことのみを伝えた。

全てのターゲット (4×7=28個) に対して1度ずつスワイプを行うことを1セッションとした。参加者は、2つの把持姿勢 (両手操作: 左手にスマートフォンを把持し右手の人差し指にてスワイプ、片手操作: 右手にスマートフォンを把持し右手の親指にてスワイプ) にて、それぞれ4セッションずつスワイプを行った。なお、参加者を2群に分け、把持姿勢の順序を入れ替えた。ターゲットはランダムな順に表示され、スワイプの方向も同様に上下左右の4方向からランダムに表示される。なお、参加者は各把持姿勢ごとに4セッションを通じて、全てのター

## ターゲット内に両端が存在するスワイプジェスチャ

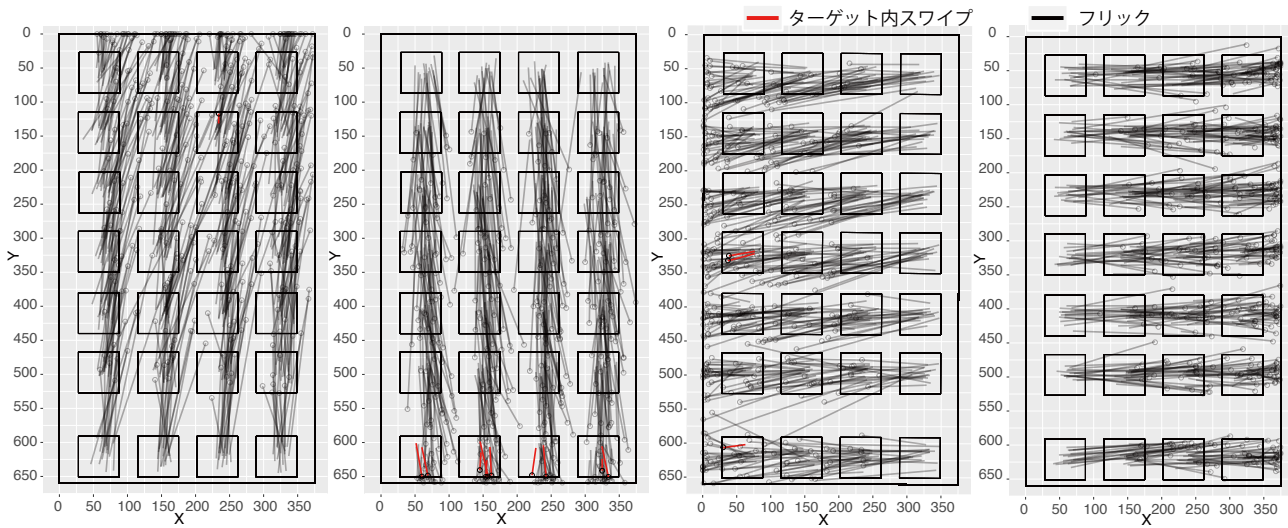


図 3. 実験 1 の全スワイプ。左から順に上, 下, 左, および右方向へのスワイプの軌跡である。外側の黒い矩形は iPhone 6s の画面を, 内側の黒い矩形はターゲットを表す。円はスワイプの終点であり, 円から伸びる直線は, 各スワイプの始点と終点を結ぶ直線である。赤い線はターゲット内スワイプであり, 黒い線はフリックである。

ゲットに対し 4 方向のスワイプを 1 度ずつ行った。また, 各セッションの後に 1 分間の休憩を設けた。実験の所要時間は 1 人につき約 30 分であった。実験終了後, 参加者は 830 円を謝金として受け取った。

### 4.3 結果

計 1792 回 (28 回  $\times$  4 セッション  $\times$  2 把持  $\times$  8 人) のターゲットに対するスワイプを収集した。ターゲットごとの全てのスワイプの軌跡を図 3 に示す。

全スワイプのうち, ターゲット内スワイプとなったのは 0.8% (14 回) であった。この結果から, ユーザがターゲットに対してスワイプを行った時に多くのスワイプの終点はターゲットの外側となることわかる。また, 今回発生したターゲット内スワイプは, 上方向では両手操作時に 1 回, 下方向では片手操作時に 3 回, 両手操作時に 7 回, 左方向では片手操作時に 2 回, 両手操作時に 1 回であった。独立変数を把持姿勢およびスワイプの方向とし, 従属変数をターゲット内スワイプの発生率として反復測定二元配置分散分析を行った結果, スワイプの方向に主効果が存在した ( $F_{3,48} = 4.30, p < .01$ )。しかし, 事後多重比較として行った Tukey HSD 検定によると有意な差は存在しなかった (全て  $p > .05$ )。なお, 下方向のスワイプを行った時に, ターゲット内スワイプは 10 回発生したが, それらは全て最下段のターゲットに対して行われたものである。すなわち, 最下段のターゲットに対するスワイプは, 本実験にて 64 回行われており, そのうち 10 回 (15.6%) が意図せずターゲット内スワイプとなっていた。このため, 下方向のターゲット内スワイプを端末下部のターゲットに対して用いることは避けるべきであると言える。

また, スワイプの平均距離は, 上方向のスワイプにて 22.0 mm, 下方向にて 20.9 mm, 左方向にて 19.2 mm, 右方向にて 18.4 mm であった。従属変数をスワイプの距離として, 反復測定二元配置分散分析を行った結果, スワイプの方向に主効果が存在した ( $F_{3,18} = 23.28, p < .001$ )。Tukey HSD 検定の結果, 右方向と下方向 ( $p < .05$ ), 上方向と左方向 ( $p < .001$ ), 上方向と右方向 ( $p < .001$ ) の間に有意差が存在した。

収集したスワイプのうち, スワイプ距離がターゲットの 1 辺の長さ (9.3 mm) 以下のスワイプは 12.11% (217 回) であった。しかし, そのうちターゲット内スワイプは 14 回であった。この結果から, ユーザはスワイプの距離によらずターゲットの外側に指が移動するまでスワイプを継続させる傾向があるということが考えられる。

これらの結果から, ターゲット内スワイプはフリックとの競合が発生しにくいジェスチャであると言える。

## 5 実験 2: ターゲット内スワイプ

我々は, ユーザがターゲット内スワイプを実行しようとした時の入力精度を調査するために実験を行った。

### 5.1 参加者と実験環境

参加者はボランティアとして参加した研究室の大学院生 4 人 (全員が 22 歳, 男性 3 人, 女性 1 人, 全員が右利き) である。実験端末は実験 1 と同じである。全ての参加者には, 実験のタスクを行っている間椅子に深く腰掛けてもらった。実験にて用いられたターゲットのサイズ, 位置は実験 1 と同じである。

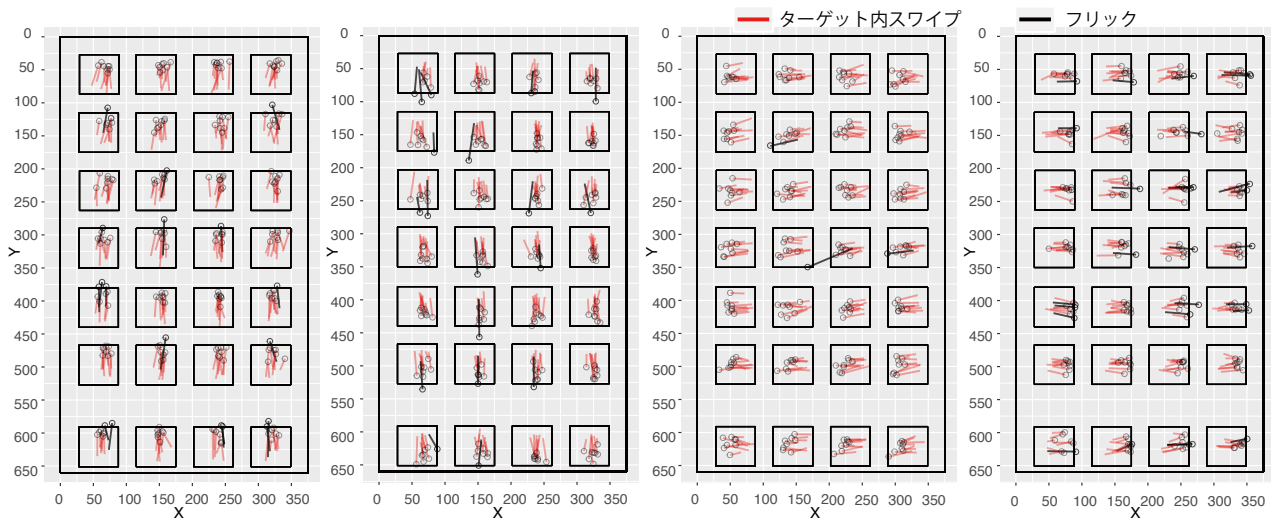


図 4. 実験 2 の全スワイプ。左から順に上, 下, 左, および右方向へのスワイプの軌跡である。外側の黒い矩形は iPhone 6s の画面を, 内側の黒い矩形はターゲットを表す。円はスワイプの終点であり, 円から伸びる直線は, 各スワイプの始点と終点を結ぶ直線である。赤い線はターゲット内スワイプであり, 黒い線はフリックである。

## 5.2 タスクと実験手順

タスクはターゲット内スワイプの実行である。ターゲットとなったアイコンにはスワイプすべき方向(上下左右のいずれか)が文字にて表示される。我々は参加者に, 画面に表示されたターゲットに対して, スワイプの両端がターゲットの内側となるような短いスワイプを実行するように伝えた。

全てのターゲット(4×7=28個)に対して1度ずつターゲット内スワイプを行うことを1セッションとした。参加者は, 実験1と同じ2つの把持姿勢にてタスクを行った。それぞれの把持姿勢の最初のセッションの前に練習として1セッションを行った後, 本番として4セッション行った。なお, 参加者を2群に分け, 把持姿勢の順序を入れ替えた。ターゲットはランダムな順に表示され, スワイプの方向も同様に上下左右の4方向からランダムに表示される。なお, 参加者は各把持姿勢ごとに本番の4セッションを通じて, 全てのターゲットに対し4方向のスワイプを1度ずつ行った。参加者はスワイプを実行した後, ターゲット内スワイプが成功または失敗したことをそれぞれ異なる音によってフィードバックを得た。また, 各セッションの後に1分以上の休憩を設けた。実験の所要時間は1人につき約30分であった。

## 5.3 結果

全スワイプ896回(28回×4セッション×2把持×4人)を図4に示す。これらのうち, ターゲット内スワイプは829回であり, 成功率は92.5%であった。成功率は, 上方向のスワイプでは片手操作時に87.5%, 両手操作時に96.4%, 下方向では片手操作時に87.5%, 両手操作時に95.5%, 左方向では片手操作時に97.3%, 両手操作時に100%, また右方向で

は片手操作時に90.2%, 両手操作時に85.7%であった。成功率に対して, 把持姿勢とスワイプ方向を独立変数として反復測定二元配置分散分析を行った結果, 有意な主効果は存在しなかった(全て $p > .05$ )。この結果から, ターゲット内スワイプは片手, 両手のどちらにおいても利用可能なジェスチャであることがわかる。

スワイプの平均距離は, 上方向のスワイプでは4.7 mm, 下方向では4.3 mm, 左方向では4.3 mm, 右方向では4.1 mmであった。スワイプの距離に対して, 把持姿勢とスワイプ方向を独立変数として反復測定二元配置分散分析を行った結果, 有意な主効果は存在しなかった(全て $p > .05$ )。

成功したターゲット内スワイプの所要時間は, 0.28 (SD = 0.11 秒)であった。所要時間に対して, 反復測定二元配置分散分析を行った結果, 把持姿勢, スワイプ方向のいずれにも有意な主効果は存在しなかった(全て $p > .05$ )。なお, 一般的なジェスチャであるロングタップおよびダブルタップの認識には, 例えばiPhoneにおいてはそれぞれ0.5秒という閾値, および0.25秒という入力待機時間が用いられる。つまり, ターゲット内スワイプはロングタップよりも速く, ダブルタップと同程度に速いジェスチャである。

## 6 応用例

本節にて, 我々は提案操作の応用例を示す。

### 6.1 アイコンフォルダに対するショートカット

スマートフォンにおいて頻繁に用いるアプリケーションを起動しやすくするために, ユーザは, 各アプリケーションに対応するアイコンをホーム画面に配置する。また, 多くのアイコンをホーム画面に配

置る場合には、1つのフォルダにいくつかのアイコンをまとめる(図5左)。ただし、このフォルダに含まれるアイコンの数が増えると、フォルダのページ数が増える。この場合、フォルダ内のアプリケーションを起動するには、ユーザはフォルダをタップして開いた後、再び対象のアイコンを探してタップする必要がある。この時、選択対象となるアイコンが別のページに存在する場合には、フォルダのページをスワイプによって遷移させ、その後アイコンをタップする必要がある。一方、提案操作をアイコンフォルダに対して適用すると、フォルダを開くことなく、1回のフリックまたはターゲット内スワイプにてフォルダ内のアイコンの選択(図5右上)、またはページ遷移(図5右下)が可能となる。



図5. アイコンフォルダに対するショートカット。フリックによってアイコン選択, 提案操作によってフォルダのページ遷移が可能である。

### 6.2 日本語フリックキーボードの拡張

日本語フリックキーボードでは、ユーザが選択したキーの上下左右に各母音に対応した文字が表示され、ユーザはスワイプを行うことによって各文字を入力する。しかし、濁音、半濁音、および小文字の入力をする時には文字を入力した後、特殊文字に変換するためのキーを押す必要がある。これに対して、我々は図6に示す形状のキーボードと提案操作を用いることにした。このキーボードにおいては、フリックにて清音文字が、同方向のターゲット内スワイプにてその濁音文字等の特殊文字が入力される。

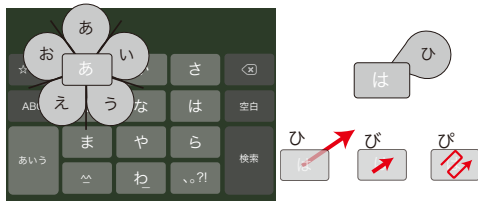


図6. 日本語フリックキーボードの拡張。提案操作によって特殊文字の入力が可能である。

### 6.3 パイメニューの拡張

パイメニューは、複数のメニュー項目を高速に選択可能とする点において有用である。しかし、多くの項目を一つのパイメニューに表示させると、ユーザはスワイプをより細かな角度にて行う必要があるため、望んだ機能へのアクセスが困難となる可能性

がある(図7a)。一方、提案操作に別の項目を割り当てることによって角度に関する分割数を増やすことなく項目を追加することが可能となる(図7b)。

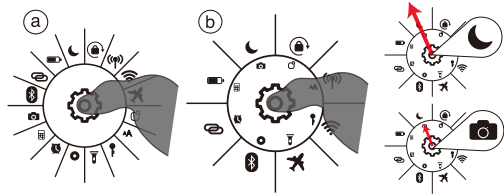


図7. パイメニューの拡張。a: パイメニューに対して16種のコマンドを追加した例。b: 提案操作を組み合わせて16種のコマンドを追加した例。

## 7 議論と今後の課題

本節では実験結果を今後の課題を含めて議論する。

### 7.1 提案操作の入力精度

実験2において、提案操作の成功率は92.5%であった。これは、ジェスチャの成功率として十分に高いとは言えない。この原因として、スワイプに用いられている指によってオクルージョンが発生するため、ユーザは詳細なタッチ位置を知ることができないことが考えられる。この課題に対して、タッチ位置とその周囲を拡大表示するポップアップ[13]を追加することによって成功率が向上する可能性がある。特にターゲット内スワイプは、ターゲットの縁を用いて判定されるため、ユーザが現在のタッチ位置を知ることが実行精度に対して有効に働くと考えられる。

### 7.2 タップとの競合可能性について

提案操作を行う際、スワイプの始点がターゲットの中心部からずれた場合にはユーザは指の移動距離を小さくする必要がある。一方、ユーザがターゲットをタップする際にもぶれにより指が移動する。このため、提案操作とタップは競合する可能性がある。なお、実験2における、提案操作実行時の指の移動距離は4.3 mm (SD = 1.3 mm)であった。この距離は、タップ時に指が移動する距離に比べると大きいと考えられる。ただし、ユーザが歩いている時、あるいは電車の中にてスマートフォンを操作している時には、タップする際のぶれによる指の移動距離が大きくなると考えられる。そのため、今後、様々な状況下における提案操作とタップとの競合可能性を調査する必要がある。

### 7.3 ターゲットサイズの影響

提案操作の入力には、ターゲットの縁を横切らないような短いスワイプが必要とされるため、ターゲットのサイズによっては提案操作を適用できない可能性がある。今回実験にて使用したターゲットのサイ

ズは、スマートフォンのホーム画面に表示されるアイコンと同じサイズである。我々は提案操作の応用先に合わせてこのサイズにて実験を行ったが、今後はAppleのガイドライン<sup>1</sup>に示されている推奨最小ターゲットサイズ(6.9mm×6.9mm)のような小さなターゲットに対して提案操作が可能であるか調査を行う必要がある。また、より大きなターゲットに対するスワイプを行った時に、実験1と同様の結果となるか調査を行う必要がある。

#### 7.4 スマートウォッチにおける提案操作の利用

今回の実験は、いずれもスマートフォンを用いて行われている。しかし、スマートフォンと同様にタッチパネルを採用している端末として、スマートウォッチがある。スマートフォンと比べてスマートウォッチの表示領域は狭く、さらにユーザはスマートフォンとは異なり、スマートウォッチを手首に装着して用いる。このような場合に、提案操作の実行が可能であるか、調査を行う必要がある。

#### 7.5 端末のベゼルに隣接するターゲット

現実装では提案操作の識別を、ターゲットの縁をスワイプが横切ることのみによって行っている。ただしこの実装では、スクリーンのベゼルと接しているターゲットにおいて識別が不可能である。これに対して、提案操作を行おうとしたユーザはターゲットの縁より手前において指を止める動きをしていると考えられるため、我々はB2B-Swipeの識別器の実装[6]と同様にスワイプの速度も識別に利用することを考えている。

## 8 まとめ

ターゲットに対するスワイプのうち、その両端がターゲットの内側となるスワイプ(ターゲット内スワイプ)を新しいジェスチャとして提案した。ターゲットに対するスワイプの調査を行った結果、ターゲット内スワイプは、偶発的な発生率が0.8%であり、さらに、ターゲット内スワイプを実行する実験を行った結果、ユーザはターゲット内スワイプを92.5%の精度にて実行可能であった。この2つの結果から、提案操作は偶発的には発生しにくく、意図した時のみ実行可能なジェスチャである可能性が示されている。そのため、ターゲット内スワイプは、既存のターゲットに対するスワイプと競合することなく、タッチ入力の語彙を拡張できる可能性がある。

## 参考文献

- [1] S. Boring, D. Ledo, X. A. Chen, N. Marquardt, A. Tang, and S. Greenberg. The Fat Thumb:

<sup>1</sup> <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/ios/visual-design/adaptivity-and-layout/>

- Using the Thumb's Contact Size for Single-handed Mobile Interaction. *MobileHCI '12*, pp. 39–48.
- [2] H. Gil, D. Lee, S. Im, and I. Oakley. TriTap: Identifying Finger Touches on Smartwatches. *CHI '17*, pp. 3879–3890.
- [3] C. Harrison, J. Schwarz, and S. E. Hudson. TapSense: Enhancing Finger Interaction on Touch Surfaces. *UIST '11*, pp. 627–636.
- [4] S. Heo, J. Gu, and G. Lee. Expanding Touch Input Vocabulary by Using Consecutive Distant Taps. *CHI '14*, pp. 2597–2606.
- [5] S. Heo and G. Lee. ForceDrag: Using Pressure As a Touch Input Modifier. *OzCHI '12*, pp. 204–207.
- [6] Y. Kubo, B. Shizuki, and J. Tanaka. B2B-Swipe: Swipe Gesture for Rectangular Smartwatches from a Bezel to a Bezel. *CHI '16*, pp. 3852–3856.
- [7] H. V. Le, T. Kosch, P. Bader, S. Mayer, and N. Henze. PalmTouch: Using the Palm As an Additional Input Modality on Commodity Smartphones. *CHI '18*, pp. 360:1–360:13.
- [8] H. Lim, J. Chung, C. Oh, S. Park, J. Lee, and B. Suh. Touch + Finger: Extending Touch-based User Interface Capabilities with “Idle” Finger Gestures in the Air. *UIST '18*, pp. 335–346.
- [9] D. C. McCallum, E. Mak, P. Irani, and S. Subramanian. PressureText: Pressure Input for Mobile Phone Text Entry. *CHI EA '09*, pp. 4519–4524.
- [10] I. Oakley, D. Lee, M. R. Islam, and A. Esteves. Beats: Tapping Gestures for Smart Watches. *CHI '15*, pp. 1237–1246.
- [11] V. Roth and T. Turner. Bezel Swipe: Conflict-free Scrolling and Multiple Selection on Mobile Touch Screen Devices. *CHI '09*, pp. 1523–1526.
- [12] A. Roudaut, E. Lecolinet, and Y. Guiard. MicroRolls: Expanding Touch-screen Input Vocabulary by Distinguishing Rolls vs. Slides of the Thumb. *CHI '09*, pp. 927–936.
- [13] D. Vogel and P. Baudisch. Shift: A Technique for Operating Pen-based Interfaces Using Touch. *CHI '07*, pp. 657–666.
- [14] F. Wang, X. Cao, X. Ren, and P. Irani. Detecting and Leveraging Finger Orientation for Interaction with Direct-touch Surfaces. *UIST '09*, pp. 23–32.
- [15] F. Wang and X. Ren. Empirical Evaluation for Finger Input Properties in Multi-touch Interaction. *CHI '09*, pp. 1063–1072.
- [16] 池松 香, 山中 祥太, 坪内 考太, 椎尾 一郎. Copernican-Touch: タッチサーフェスを指へ向けて接触させる動作を用いたタッチ入力拡張手法. *WISS 2018*, pp. 67–72.
- [17] 黒澤 敏文, 志築 文太郎, 田中 二郎. 携帯情報端末上のスワイプ方向に着目したタッチジェスチャ UI. *2015-HCI-163*, 10 pages.