

非視認状態でのタッチパネル利用を想定した 新しいスワイプ操作インタフェース

Novel Swipe Operation on Capacitive Touch Screen for People with Visual Impairment

加藤馨¹⁾, 舟橋健司²⁾

Kyo KATOU, Kenji FUNAHASHI

1) 名古屋工業大学大学院 情報工学科 (〒 466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町, k.kato.789@stn.nitech.ac.jp)

2) 名古屋工業大学 (〒 466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町, kenji@nitech.ac.jp)

概要: 視覚障害者など画面を注視出来ない非視認状態でのタッチパネル利用は困難である。そこで触れていても非操作状態であることを許容することで、画面を見ずに操作可能な逆タップと呼ぶインタフェースを提案している。本研究では新たにスワイプ操作に相当する新たな操作方法を提案する。画面レイアウトに依存しない操作方法で、画面上のボタン数が限られる逆タップインタフェースを補助する。

キーワード: 非視認状態, 静電容量式タッチパネル, スワイプ操作

1. はじめに

現在, タブレットやスマートフォンなどのタッチパネル式デバイスが普及している。総務省による令和元年版情報通信白書 [1] によると, 2018 年における世帯のスマートフォン保有率は 79.2% であり, パソコンの保有率の 74.0% を上回っている。静電容量式のタッチ操作検出方式を有するタッチパネル式のデバイスには, パソコンや従来型の携帯電話に搭載されているキーボードや通話ボタンなどの物理的なボタンが搭載されていない場合が多い。したがって, 点字のような触覚的手掛かりがないため画面を視認していない状態で思い通りに操作することはできず, また画面を一瞥した後に画面を見ずに操作することも難しい。そこで我々は静電容量式のタッチパネルを対象に, 画面を見なくとも思い通りの操作が可能なインタフェースの提案をしている。まず初めに画面を見ずに操作可能な「逆タップ」[2] という通常のタップ操作に代わる新たな操作方法を提案した。加えて, 逆タップを連続で行う「ダブル逆タップ」, 逆タップを 2 本の指でおこなう「2 本指逆タップ」[3] も提案した。ところで, 本研究のインタフェースでは指を画面に触れている状態も基本的に無操作状態として通常のタップ操作やスワイプ操作をタップやスワイプと判定しないこと, 図 1 のように画面上に操作箇所の触覚的手掛かりとなるような突起物を張り付けておくことを前提としている。そのため, ユーザはこの突起物の場所や形状を事前に覚えておく必要がある。この突起物の数は画面上の操作箇所の数と同じであることを想定しており, 画面上の操作箇所を増やすことはユーザの負担が増すことが懸念される。そこで本論文ではスワイプ操作を想定した新たな操作方法「切替スワイプ」(switch swipe: sSwipe) を提案する。タッチパネル式デバイスにおけるスワイプ操作は, 画面上に指を触れた状態で上下左右に滑らせる操作方法で

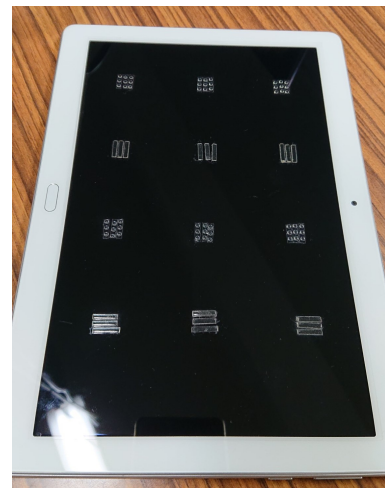


図 1: 突起物の付いたタッチパネル

あり, 基本的に画面上のどこであっても操作可能である。このように画面レイアウトに依存しない操作方法を提案することで, 画面上の操作箇所の数が限られがちな逆タップインタフェースを補助する。

2. 逆タップ

本節では, 文献 [2] の逆タップの概要を説明する。ユーザが以下の動作を行った時に逆タップと判定する。

1. 指で画面に触れる
2. 画面に触れたまま指を動かし, 操作箇所を見つける
3. タップしたい箇所で指を画面から離す
4. 一定時間内に画面の同じ箇所に触れる

本研究のインターフェースでは前提として、タッチパネル上に物理的に点字のような突起物を付けておく。また、指が触れている状態は無操作状態と認識し、指が画面に指が触れてその直後に離れた場合や、触れてその後にスクリーン上で動かした場合は、いわゆる通常のタップ、スワイプ操作と判定しないこととする。これらの前提により、画面を見ずに手探りで操作したい場所を探し、突起物の触覚的特徴で操作箇所が判別できる。全盲状態を想定した通常のタップとの比較実験では、被験者がアイマスクをした状態での通常のタップ操作は間違った操作箇所での操作が多く見られたのに対し、逆タップ操作では間違った操作箇所での操作はなかった。

3. 切替スワイプ

本節では、提案する切替スワイプについて説明する。画面に指が触れている状態も基本的に無操作状態とし通常のスワイプ操作の判定をしない本研究のインターフェースでは、通常のスワイプ操作をそのまま実装することはできない。そこで新たな操作方法として切替スワイプを提案する。ユーザが以下の動作を行った時に切替スワイプ操作と判定する。

0. 1本の指で画面に触れている<無操作状態>
1. <スワイプ開始>
 - 1.1 2本目の指を画面上の1本目の指の近傍に触れる
 - 1.2 一定時間以内に1本目の指を離す
2. 2本目の指を操作したい方向へ画面に触れたまま動かす<スワイプ動作>
3. <スワイプ終了>
 - 3.1 1本目の指を画面上の2本目の指の近傍に触れる
 - 3.2 一定時間以内に2本目の指を離す

この操作は「操作を開始する点で触れている指を入れ替え(切り替え)した後、入れ替えた指で従来のスワイプ操作を行い、操作を終了する点でまた触れている指を入れ替える」と言い換えることができる。実装には AndroidStudio の onTouchEvent を用いる。イベントには種類があり、これをアクションと呼ぶ、アクションの種類には以下のものがある。

- ACTION_DOWN: 1箇所もタッチしていない状態でタッチした時のイベント
- ACTION_UP: 1本の指でタッチしている状態でタッチしなくなった時のイベント
- ACTION_POINTER_DOWN: すでに1箇所以上でタッチしている状態で追加タッチした時のイベント
- ACTION_POINTER_UP: 複数の指でタッチしている状態で、そのうち1つの指を離れた時のイベント
- ACTION_MOVE: タッチ中に指を動かしたときのイベント

図2に切替スワイプのアルゴリズムフローを示す。なお、逆タップ候補処理、および逆タップ判定処理については文

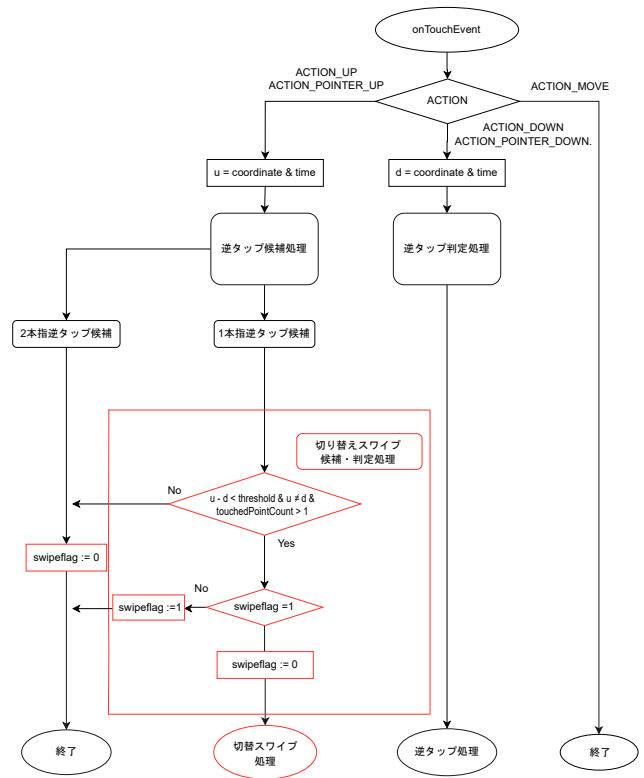


図2: 切替スワイプのアルゴリズムフロー

献 [3] を参照されたい。このフローは先行研究で提案している逆タップ操作も考慮されている。フロー内で座標と時刻を格納しておく u , d は大域変数とし、初期値はともに $-\infty$ (x , y 座標, および時刻をプログラムにおける最小値) としておく。定数である **threshold** は閾値であり、事前に値を決めておく。また **touchedPointCount** は画面に触れている指の数を示す。画面に触れている指の数は onTouchEvent の getPointerCount() 関数で取得する。まず、タッチパネル上で指が触れる (ACTION_DOWN または ACTION_POINTER_DOWN), または指が離れる (ACTION_UP または ACTION_POINTER_UP), 指が触れながら動く (ACTION_MOVE) のいずれかのアクションが起こると, onTouchEvent が開始され, アクションの判定をする。ここで ACTION_DOWN, ACTION_POINTER_DOWN 時には, 大域変数 d に現在指が触れた時点の座標と時刻が格納される。ACTION_UP, ACTION_POINTER_UP 時には, 大域変数 u に現在指が離れた時点の座標と時刻が格納される。

切替スワイプの候補, 及び判定処理は画面から指が離れた (ACTION_UP, ACTION_POINTER_UP) 時に移行する。ただし, フロー中の逆タップ候補処理で2本指逆タップ候補としている場合は2連続で画面から指が離れたことを意味し, 切替スワイプ候補となり得ないのでそのまま終了する。大域変数 **swipeflag** はその時点において切替スワイプ候補であるか否かを示す。分岐条件「 $u - d < \text{threshold} \ \& \ u \neq d \ \& \ \text{touchedPointCount} > 1$ 」は, 前回指が触

れた時刻と座標と、今回指が離れた時刻と座標の差が閾値未満であり、また触れた指と離れた指が別の指であり、かつ画面に触れられている指の数が2本以上であることを示している。これが満たされない場合は処理を終了する。これが満たされる場合は元々指が触れている近傍に別の指が触れられ、その後元々触れていた指を離れたことになる。その場合、次の分岐条件「swipeflag = 1」で切替スワイプ候補であるかどうかを判定する。「swipeflag = 1」ではない、つまり切替スワイプ候補ではない場合は、「swipeflag := 1」と切替スワイプ候補であるとして処理を終了する。「swipeflag = 1」である、つまり切替スワイプ候補である場合は、「swipeflag := 0」とし、実際の処理へ移行する。このようにスワイプに相当する操作を実現する。

4. 比較実験

この切替スワイプという操作方法を提案することにより、本研究で提案している非視認状態でも操作可能なインターフェースのユーザビリティが向上したかどうかを確認するために、全盲状態でのオーディオパネル操作パネルの操作を想定した、逆タップ操作と切替スワイプ操作との比較実験を行った。まず、画面を図3に示すようなボタン領域に分けた。次に各ボタンに点字状の突起物を貼り付けた。これにより被験者は目が見えない状態でも手探りで自分が画面上のどこを触っているか判別できる。実験ではオーディオパネルを模した画面において、曲の変更や音量の変更を行うことを想定している。曲は3曲、音量は15段階で変更が可能である。2行目の1,3列目のボタンを逆タップ操作する、もしくは左右方向への切替スワイプ操作で曲を変更することができる。また、4行目の1,3列目のボタンを逆タップ操作する、もしくは上下方向へ切替スワイプ操作をすることで音量を変更することができる。実験に用いた10.1インチのタブレットでは、切替スワイプ時に16mmごとに音量が1段階変わる。なお、切替スワイプ操作の場合は画面上のどこで操作しても機能する。この実験では曲や音量の変更に伴い実際にタブレット端末から音声が出るため、被験者は目が見えない状態でもあっても操作ができたことを確認できる。実験を始める前に被験者に逆タップ操作と切替スワイプ操作の操作方法を説明し、タブレットの操作練習時間を設けた。これは逆タップ操作と切替スワイプ操作に慣れてもらい、またボタンの配置と突起物の配置、曲の番号とその曲を記憶してもらうことを目的としている。被験者は20代男性7名であり、その全てが盲人である。この実験は全盲者を想定しているため、被験者にはアイマスクをしてもらった。以下の手順を、操作タスクを逆タップ操作のみで行う場合と切替スワイプ操作のみで行う場合との2回行った。

1. 被験者はアイマスクを着用
2. 被験者は以下の手順を1分間繰り返す

(a) タブレット操作タスク(曲、音量の変更)を受ける



図3: 操作画面



図4: 実験の様子

- (b) タスクを実行
- (c) タスクを実行できたと感じたら合図

3. タスク通り操作を実行できた回数を記録する
4. 被験者は自由記述のアンケートに回答する

実験の様子を図4に示す。タブレット操作タスクの音量の変更は、15段階の内の具体的な値にしてもらうのではなく、大きく、小さくのように抽象的な指示をしている。実験結果を表1に示す。また、自由記述のアンケートの回答を以下に示す。

- 音量の操作は切替スワイプ操作の方がやりやすい
- 曲の変更は逆タップ操作の方がやりやすい

まず、表1を見ると切替スワイプ操作のみで操作した場合の方が1分間でのタスク達成回数の平均が多い。しかし、それ

はわずかなものであり達成回数が大きく向上したとは言えない結果となった。また、自由記述のアンケートの結果によると、音量の操作は切替スワイプ操作の方がやりやすく、曲の変更は逆タップ操作の方がやりやすいことがわかった。この実験のアプリケーションでは曲数は3曲、音量は15段階で変更が可能である。よって変更する量が多い程、逆タップ操作では操作回数が多くなる。しかし、切替スワイプ操作では画面上の指を滑らせることで変更できるため、より優位ではないかと考えられる。そこで、上記実験手順における操作タスクを音量の変更のみに限定して実験を以下の手順で行った。

1. 被験者はアイマスクを着用
2. 被験者は以下の手順を10回繰り返す
 - (a) タブレット操作タスク(音量の変更)を受ける
 - (b) タスクを実行
 - (c) タスクを実行できたと感じたら合図
3. 10回達成するまでの時間を記録

実験結果を表2に示す。結果を見ると、切替スワイプ操作のみで操作した場合の方が10回タスクを達成するまでに要した時間が逆タップ操作のみの場合より平均で約9秒短かった。よって変更する量が多い場合、例えば実験で行ったように音量を変更する場合や、シークバー等を操作する場合においては逆タップ操作よりも提案する切替スワイプ操作の方が優位である。また、この実験を被験者はアイマスクを付けて全盲状態で行っていたが、操作のミスなどは見受けられなかったため目が見えない状態でも正しく操作可能であることも確認できた。

5. むすび

本研究では、我々が提案している非視認状態でも利用可能なタッチパネルインタフェースのユーザビリティの向上を目指して、スワイプを元にした新たな操作方法として切替スワイプを提案した。指が触れている状態でも基本的に無操作状態とする本研究のインタフェースでも従来のスワイプ操作のような操作を行うことができる。また、画面のレイアウトに依存しないこの操作方法を用意することで、画面上のボタンの数が限られる本研究のインタフェースでより複雑なアプリケーションの実現が可能となる。今後も操作方法が複雑にならないよう熟慮しつつ、非視認状態でのタッチパネル利用がより容易になるような操作方法について検討していきたい。

謝辞 本研究の一部はJSPS科研費JP20K11918の助成を受けたものです。

表1: 曲・音量の変更の実験結果

被験者	逆タップのみ	切替スワイプのみ
A	7回	6回
B	8回	8回
C	7回	7回
D	7回	9回
E	6回	6回
F	8回	7回
G	8回	9回
平均	7.29回	7.43回

表2: 音量の変更のみの実験結果

被験者	逆タップのみ	切替スワイプのみ
A	64.7秒	53.9秒
B	59.6秒	53.4秒
C	61.8秒	54秒
D	63.5秒	52.7秒
E	67.8秒	56.4秒
F	65.3秒	53.3秒
G	58.1秒	54.5秒
平均	63秒	54秒

参考文献

- [1] 厚生労働省：平成28年生活のしづらさに関する調査：結果一覧，https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/seikatsu_chousa_c_h28.html
- [2] Kenji Funahashi, Hayato Maki, Yuji Iwahori: Novel tap operation on capacitive touch screen for people with visual impairment, ICAT-EGVE 2020 Posters and Demos, pp. 3-4, 2020.
- [3] 加藤 馨, 牧 隼人, 舟橋 健司: 非視認状態を想定した新たなタップ操作インタフェースの多様化の提案, NICO-GRAPH 2021 講演論文集, S-10, 2021.