

狭小な操作領域における連続性を付与した操作手法の拡張

齋藤 暢郎^{1,a)}

概要：本稿はスマートフォンにおいてスクロールやスライダーのスクラブなどのユーザインタフェースを操作する際に画面端などに指が到達することで連続性が損なわれる問題に対して、ユーザインタフェースが評価する値の基準を画面上の座標ではなく描いた線の長さとする簡素な拡張による解決を目指す。提案手法を適用することで、ユーザインタフェースは半永久的な連続性を付与される。また、提案手法を適用したユーザインタフェースは、元の操作手法による操作も可能である。提案手法をスクロールジェスチャに適用し、一般にアプリケーションを公開し操作ログを収集した。また、初めて提案手法を使うユーザを対象に実験を行い、アンケート調査を行った。これらの結果を元に提案手法の評価を行い、提案手法の課題を確認した。

キーワード：ユーザインタフェース、連続性、ジェスチャ、スクロール、無限スクローラ

A method of operation in narrow area extended continuity

Abstract: This paper introduce the extension method to solve the problem that the fingers are impaired continuity by reaching such screen edge when operating the user interface in mobile(e.g. scrolling, sliders scrub). The proposed method is simple implementation when evaluating value used length of line instead of coordinates. A user interface is given a permanent continuity by applying the proposed method. The user interface that applied the proposed method can also be operated by the original user interface. We published an application that contained a scroll gesture applied the proposed method, and we collected the operation log from the application. In addition, we conducted an experiment to subject the user using the first proposed method, and we conducted a questionnaire survey them. We evaluate the proposed method from these results, and confirmed problems in the proposed method.

1. はじめに

今日、スマートフォンの普及が進み、多くの人が日常的に利用している。我が国においてはスマー

トフォンの世帯普及率は今年 62.6%に達した。特にこの1年間で13.1%の増加と急速に普及が進んでおり [7]、今後も増加が期待される。スマートフォンにおけるユーザインタフェースの多くはタッチスクリーンに投影されたオブジェクトを直接指で

¹ 九州工業大学大学院

^{a)} tarunon@klab.ai.kyutech.ac.jp

触れて操作するものであり、なめらかなユーザインタフェース [6] であると言える。しかし、タッチスクリーンは操作領域が狭く、拡張も不可能である。スマートフォンを操作していると、例えばスクロールやスライダーのスクラブのために画面に触れている指が画面端に到達する、若しくは画面上部に伸ばした指が届かなくなるなど、ユーザインタフェースの連続性が損なわれていると感じる場面は少なくない。このように、ユーザインタフェースを連続的に操作することが物理的に困難になるような操作領域を、本稿では狭小な操作領域と呼称する。本稿では、操作手法に拡張を施すことで、狭小な操作領域においても連続性を付与したユーザインタフェースを実現する。本稿の構成は以下の通りである。2章で提案手法を紹介する。3章で関連研究を紹介する。4章で評価実験について述べる。5章で本稿をまとめ、今後の展望、課題を述べる。

2. 狭小な操作領域における問題点

スマートフォンには常に狭小な操作領域が存在する。スマートフォンはPCと異なり、外部モニタを接続して操作領域を拡張する機能を持たない。また、外部入力装置による操作の拡張も対応が少ない。携帯電話として利用する状況を考慮すると画面の拡張、外部入力装置の利用は共に現実的ではない。昨今においてはスマートフォンの画面が拡大する傾向にあるが、画面端に指が到達する場面は変わらず多くある。また、図1はiPhoneのWebブラウザでユーザが触れた座標をヒートマップとして出力したものであるが、ユーザがタッチスクリーンで実際に利用する領域は限られている事がわかる。スマートフォンの大画面化は、ユーザが実際には操作しない領域が増えているに過ぎず、狭小な操作領域を解決するものではない。また、ウェアラブルデバイスを始めとしてさらに画面の小さな端末が登場しており、狭小な操作領域における連続性の損失は今後もユーザインタフェースの課題として存在感を増していくものと考えている。

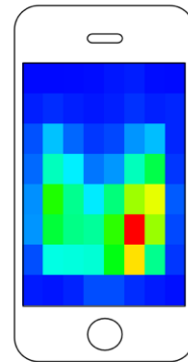


図1 Webブラウザにおいてユーザがタッチスクリーンに触れる頻度

3. 提案手法

3.1 連続性の付与

従来ユーザインタフェースの操作において値の評価は、画面上の座標を基準に行われていた。例えば、図2のような操作を行った場合、変化する値の大きさは画面上の座標においての差である、64pt または 156pt 或いはその双方が利用されていた。画面上の座標を基準に値の評価を行う場合、操作が可能な範囲は画面の大きさに依存しており、指が画面端に到達する、または画面上部に指が届かないといった状況では、操作を継続することが不可能となる。そこで提案手法では、値の評価を画面上の座標ではなく、操作の開始時から描いた線の長さを基準とする拡張を行う。描いた線の長さを基準とすることで、操作が可能な範囲は画面の大きさに依存せず、入力を継続する限り半永久的に操作の継続が可能となる。図2においては、線の長さである 214pt が値の評価に用いられ、元の操作において縦方向に 214pt 入力したものと同等の挙動を示す。

3.2 操作方向の確定と可逆性の獲得

提案手法では、操作開始時の操作方向を基準に操作の方向を決定する。直線的な操作を行う場合は、操作開始時は従来の操作と同等の操作となる。また、描いた線の角度を監視し、鋭角を描いて切

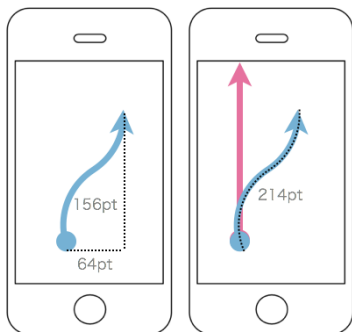


図 2 線の長さを評価

り返した場合は操作の方向を反転させることで可逆性を獲得する。図3のように、緩やかな曲線を描いている間は操作開始時に入力した方向へ動作し続け、鋭角を描いて切り替えた場合に操作の方向を反転する。

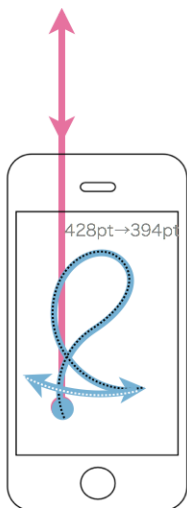


図 3 操作方向の切り替え

3.3 提案手法の適用

提案手法は従来の操作と両立して定義出来るものであり、また非常にシンプルな実装で実現が可能である。実装については擬似コードを付録するので参考にされたい。提案手法によって拡張が可能なインターフェイスとしては、スクロール、ページング、スライダーのスクラブ、GoogleMapsのズームジェスチャ [2] などが挙げられる。スライダーの

スクラブや GoogleMaps のズームジェスチャのように操作する値が1つである場合は、提案手法をユーザインタフェース全体に適用することが可能である。スクロールやページングのように操作する値が2つ以上である場合は、提案手法を画面端にのみ適用するなどして、元の操作と使い分けのような拡張が可能である。特にスクロールやページングにおいてはスマートフォンに最適化されたユーザインタフェースの多くの場合、スクロール方向は縦横どちらか1方向のみであり、そのような場合は画面全域に実装して拡張が可能である。

4. 関連研究

提案手法と同様の効果が得られる既存の手法として、円形を描くユーザインタフェースが多く挙げられる。Let's Note のホイールパッド [9] や、iPod Classic のクリックホイール [3] はハードウェアを円形に設計することでユーザインタフェースの使い方を容易に理解することが可能である。タッチスクリーンのための操作手法の提案としては、Graham らの Curvature Dial [5] や Sylvain らの CycloZoom [4] がある。円形のユーザインタフェースの多くは描かれている円の中心を推定するなど、複雑な実装を行っている。対して提案手法は描かれた線の角度を算出するのみであり、非常に簡素な実装である。Curvature Dial は描かれている円の中心の推定は行っておらず、描かれた線の角度から円の向きを決定しており、提案手法と非常に近いアプローチといえる。提案手法は円を描くことでも操作の継続が可能であるが、円形を意識したこれらの既存の手法とは異なり、円を描く向きと操作の方向を紐付ける必要がない。図4のように操作を開始する位置やユーザが円を描く向きは様々であるが、提案手法はいずれの状況においても共通した実装で元の操作手法と両立して利用することが可能である。Sylvain らの CycloPan [4] は往復するパン操作によって同方向への継続したスクロールを可能にするものである。CycloPan は提案手法と比較して可逆性に劣っている反面、多方向へのスクロール方向を切り替えることが可能である。モバイル端末に特化した1方向のみのス

クロール操作においては多方向へのスクロールの切り替えは必要がないため、可逆性の点で提案手法が優れている。スクロールバーのような形で最大値と最小値をそれぞれ画面端に割り当てることで連続性を獲得することが可能であるが、狭小な操作領域においては値の微調整が困難となる。iOSにおけるスライダーのスクラブでは、スクラブの調整中に指をスライダーから遠ざけることで値の増減値が減少し、微調整を行う機能がある [1]。しかし、この機能を利用した場合は画面端に指が到達してしまい、連続性が損なわれる。スライダーによる微調整の機能は、提案手法を組み合わせることが有効であると考えられる。

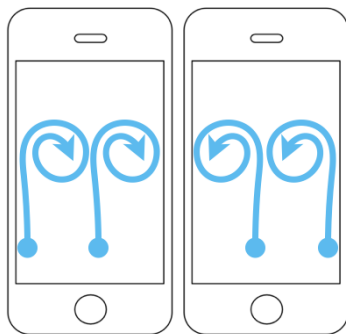


図 4 ユーザが画面上に描く円の位置や向きは様々な可能性が考えられる

5. 評価実験

5.1 一般のユーザにおける利用状況

2012年4月より、iPhone向けのブラウザアプリケーション Libing[10]に、無限スクローラとして提案手法を実装している。無限スクローラは提案手法を画面端に実装したスクロールジェスチャであり、設定から切り返しの角度の範囲とスクロール速度の変更が可能である。Libingでは有志のユーザから操作ログの提供を受けており、ユーザの操作状況についての調査が可能である。2014年7月の1ヶ月間の操作ログから、無限スクローラがユーザにどの程度利用されているか調査を行った。図5はユーザ毎に(無限スクローラを利用した日数/Libingを利用した日数)を示したものである。

この期間に操作ログを提供したユーザ数は131名であった。15名のユーザが2日に1回以上、そのうち4名のユーザが毎日無限スクローラを利用しており、頻繁に利用しているユーザが1割程度存在することが確認できた。一方で64名のユーザは全く利用していなかった。無限スクローラが画面端を起点とするジェスチャであること、アプリケーション内ではチュートリアルを準備していないことから、ユーザインターフェースの存在に気付いていない可能性もあるのではないかと考察する。1割程度ではあるが、頻繁に利用しているユーザが存在しており、ユーザインターフェースへの気づきや学習の面を改善することで、利用率の改善を目指すことが可能と考えられる。

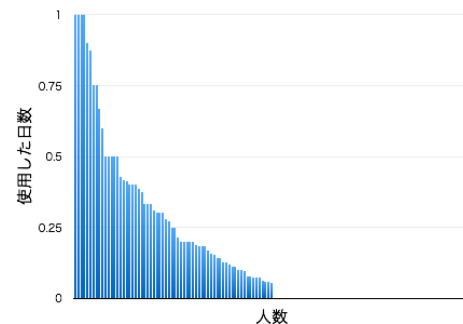


図 5 ユーザ毎の無限スクローラの利用率(日数)

5.2 初回利用のユーザを対象としたアンケート調査

表 1 アンケート調査結果

被験者	習得が容易	説明無しで習得可	使いやすさ	操作に違和感がない	使いたい
1	5	2	5	4	5
2	3	2	2	2	2
3	3	2	2	1	2
4	3	1	1	4	1
5	4	4	4	1	4
平均	3.6	2.2	2.8	2.4	2.8
分散	0.8	1.2	2.7	2.3	2.7

スマートフォンユーザで Libing のを利用してい

ない5名を対象に実験を行った。実験は、流行している語句をTwitterで検索し、タイムラインからお気に入りのツイートを選択する作業を、提案手法を実装しない場合(session1)、提案手法を画面端に実装した場合(session2)、提案手法を画面全域に実装した場合(session3)の3通りをそれぞれ3回ずつ行うものである。また、それぞれのセッションの間に、無限スクローラの説明とトレーニングを行う。実験後、被験者にアンケートを行い、アンケートの結果と操作ログから提案手法を評価する。アンケートの項目は、習得の難易度、説明無しで習得が可能か、使いやすさ、操作の違和感がないか、利用を希望するかの5項目を5段階(5が高評価)で評価した。表1の通り、5名の被験者の評価は分散した。また、コメントとして、「通常のスクロール操作はフリックした場合に高速に慣性でスクロールする」「スクロール速度が高速化してほしい」「慣れるまで意図せずスクロールの向きが反転した」「指を動かす向きと違う方向にスクロールする事に違和感を覚えた」を得ることが出来た。表2はそれぞれのセッション毎の被験者の画面へのタッチ回数の平均を出力したものである。session1'は、session1のうち、初回の作業を除いた2回分の平均値である。表2より、無限スクローラを利用する際に画面へのタッチの回数が減少している様子を確認することが出来る。図6はスクロールの操作を画像として出力したものであるが、これを見ると被験者3と4は、session3において無限スクローラを利用せず、通常のスクロールを利用している様子が観察出来る。無限スクローラは、スクロール速度の調整が課題であり、また提案手法の操作感を好む被験者とそうでない被験者に別れることが確認できた。被験者3と4がsession3で通常の操作を利用していたことから、1つの値を操作するインターフェイスにおいては、提案手法と通常の操作の両立は有望であると言えるだろう。

6. おわりに

本研究では、スマートフォンにおいてユーザインターフェイスを操作する際に、指が画面端または画

表2 被験者のタッチ回数

被験者	session1	session1'	session2	session3
1	39.3	30.5	24.3	15.7
2	80	69.5	21.7	21
3	83	72.5	18.3	36.7
4	51.3	31.5	26.7	22.7
5	21	19	11	10

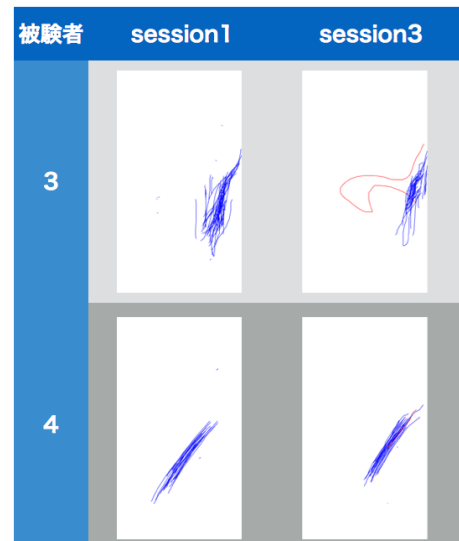


図6 session3では画面全域に提案手法を適用したが、session1同様従来のスクロール操作を行っている。

面上部の届かない領域に到達する事で操作の継続が不可能となり連続性が損なわれる問題に対して、画面上の座標ではなく描かれた線の長さを基準に評価を行うユーザインターフェイスの拡張を提案した。提案手法は線の長さを評価することによって半永久的な連続性と、線の角度の評価によって操作の方向を反転させることで可逆性を持つ。操作開始時は従来の操作と同様であり、簡素な実装で実現が可能である。一般公開しているアプリケーションにスクロールジェスチャとして組み込み、操作ログの調査を行った。また、初回利用時のユーザを対象に同様のスクロールジェスチャを利用させアンケート調査を行い、これらの結果から提案手法の評価を行った。提案手法はユーザによって評価は分かれるが、好んで使うユーザにとっては頻繁に利用されるものであり、また従来の操作との両立も可能である。提案手法を実際にスクロー

ル操作に適用し、評価実験を行った。提案手法の課題として、切り返しの角度の設定や、スクロールに適用する場合にスクロール速度を調整出来ない点、ユーザインタフェースの機能に気がつきにくい点を確認した。2014年10月初旬に、Libingのアップデートを行い、GoogleMapsのズームジェスチャを元に提案手法の拡張を施したズームジェスチャを提供している。現在は十分なデータを得られていないが、スクローラよりも良い利用状況を観察することが出来ると期待している。今後は、ズームジェスチャにおける評価、スライダのスクラブへの適用と検証、関連研究との比較検証を行っていく。

参考文献

- [1] Apple: iPhone ユーザガイド, http://manuals.info.apple.com/MANUALS/1000/MA1565/ja_JP/iphone_user_guide_j.pdf, pp.69.
- [2] Google: Navigate the map with gestures - Maps for mobile Help, <https://support.google.com/gmm/answer/3273126>.
- [3] Levy, M. R. and Mansfield, P. A.: Method, device, and graphical user interface for dialing with a click wheel (2010).
- [4] Malacria, S., Lecolinet, E. and Guiard, Y.: Clutch-free panning and integrated pan-zoom control on touch-sensitive surfaces: the cyclostar approach, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 2615–2624 (2010).
- [5] Smith, G., Baudisch, P. et al.: Curvature Dial: Eyes-free parameter entry for GUIs (2005).
- [6] 水口充, 増井俊之, ボーデン・ジョージ, 柏木宏一: なめらかなユーザインタフェースによる地図情報検索システム, 田中二郎 (編)『インタラクティブシステムとソフトウェア III』, 日本ソフトウェア科学会 WISS, Vol. 95, pp. 231–240 (1997).
- [7] 総務省: 総務省 | 平成 26 年版情報通信白書 | 主な情報通信機器の普及状況 (世帯), <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/pdf/n5300000.pdf>.
- [8] 増井俊之: SmoothSnap: スナッピングにもとづく微調整可能な GUI 部品, <http://www.pitecan.com/SmoothSnap/paper.pdf>.
- [9] 藤崎仁美, 朝日裕之: 特許第 3951727 号 (2007).
- [10] 齋藤暢郎, 小出洋, 近藤秀樹: タッチデバイスにおけるボタン式 UI からジェスチャ操作への脱却, コンピュータ ソフトウェア, Vol. 30,

No. 4, pp. 4.36–4.44 (2013).

質疑・応答

- Q スクロールへの実装よりも、ズームやシークバーに実装して評価したほうが良い。
- Q スクロール速度を調整することは可能。SmoothSnap[8] を参考にしては。
- Q 切り返しの角度の判定を、近辺の3点だけでなく広い範囲で評価すると良いのでは。ユーザからデータを取得して、実際にスクロールを切り返す際の操作の様子から閾値を設定すると良い。
- A 実装が複雑化するのは避けたいが、閾値の調整だけでも良くはなりそう。アプリケーションには閾値を調整する項目は入れているが、あまり役に立っていない。
- Q 実験の対象として、被験者が観察したい対象として設定できているか。
- A 第3セッションのログを見ると、被験者は実験を早く終わらせることを目的にしていた可能性が高い。
- Q ユーザインタフェースを評価する際に、最初の数回で評価するというのは意味があるのか。
- A 所見の印象はユーザインタフェースを利用するか否かを決定する指標の一つであると考えている。
- Q ズームへの適用は、Web ブラウザよりも地図のほうが適切で使いやすくなる。ただし、地図においてのスクロールは、直線的ではないため適用するのは困難ではないか。
- A 画面端に適用するなどして、連続性を持たせた直線的なスクロールと、そうでないスクロールとして使い分けると良いのでは。
- Q アプリケーション内に、チュートリアルを設けると良いのでは。慣れてくると良いですね。
- Q 操作の中断が致命的になるアプリケーション、例えば VJ/DJ アプリのユーザインタフェースへ適用すると良い。

付 録

Algorithm 1 提案手法による値の評価

```
adding_flag  $\leftarrow$  true
length  $\leftarrow$  0
while touching_the_screen do
  line1  $\leftarrow$  touches_point - previous_point
  line2  $\leftarrow$  previous_point - more_previous_point
  if angle_of_line1_and_line2 < 90 then
    adding_flag  $\leftarrow$  !adding_flag
  end if
  if adding_flag then
    length  $\leftarrow$  length + line1.length
  else
    length  $\leftarrow$  length - line1.length
  end if
end while
```
