

卒業論文2016年度

圧力検知タッチパネルによる画面座標に依存しない
ユーザーインターフェースの開発と提案

慶應義塾大学環境情報学部4年
加藤貴之

目次

第1章 はじめに

1.1 研究背景

1.2 研究動機

1.3 目的

第2章 圧力式ユーザーインターフェース Clutch の提案

2.1 概要

2.2 着想を得た先行事例

2.2.1 Gear

第3章 実装

3.1 実装にあたって

3.1.1 デバイスの選定

3.1.2 開発言語の選定

3.2 実装

3.2.1 概要

3.2.2 画面説明

3.3 問題点

3.4 フィードバックを受けてのチューニング

3.4.1 メニュー項目数の削減

3.4.2 選択に必要な時間の削減

第4章 関連研究

第5章 考察

謝辞

参考文献

第 1 章 はじめに

1.1 研究背景

ユーザーインターフェースの観点において、現在市場で主流になっている静電容量式タッチパネルを搭載したスマートフォンの原型となったのは、現在から丁度 10 年前にあたる 2007 年の 1 月に発表された Apple 社の初代 iPhone である。iPhone 以前にもスマートフォンは市場に存在したが、ユーザーインターフェースとしてはハードウェアとして物理キーボードと感圧式タッチパネルを併用し、iPhone 以後主流となった静電容量式タッチパネルによる操作形態とは大きく異なるものであった。

画面設計において、現代において主流のスマートフォンである iPhone、Android OS 搭載スマートフォンがそれ以前の Windows Mobile などの OS を搭載したスマートフォン・PDA などのモバイル端末と比較して決定的に変化した点は、画面上のタッチするアイコン・メニュー項目などのサイズが情報量に対して大きくなったという事である。これは搭載するタッチパネルが物理的に押し込む必要のある感圧式から静電容量式に変化したことで、前提とする入力デバイスが先の細いタッチペンから先の太い人間の指に変わり、ユーザーインターフェース側も従来のタッチペンのような精密な座標のタッチでなくとも操作できるよう、適応する必要があったからであると言える。

以後 10 年間、端末のほぼ全ての操作を静電容量式タッチパネルで行うスマートフォンのユーザーインターフェースの形態はほぼ原型を留めている状態である。一方で、ユーザーインターフェースが大きく変化していない状況にも関わらず、スマートフォンのディスプレイサイズは年々大画面化の道を辿っている状況にある。Apple 一社の iPhone だけに限定して画面サイズの変遷を見ても、2007 年に発売されたオリジナルの iPhone が搭載していた 3.5 インチディスプレイから、2012 年に発売された iPhone 5 にて 4 インチに拡大し、更に 2 年後の 2014 年に発売された iPhone 6 では 4.7 インチになり、5.5 インチの大型モデルである iPhone 6 Plus も併せて発売された。一方の Android 搭載スマートフォンも同様に大画面化しており、2011 年度上期には平均 3.88 インチであった携帯電話各社の発売した Android スマートフォンの画面サイズは翌年の 2012 年上期には 4.29 インチ、2013 年上期には 4.66 インチ、2014 年上期には 5 インチに突入し、下期にはピークの 5.14 インチに到達^[1]している。

このように iPhone は主流モデルが 4.7 インチ、Android も主流画面サイズが 5 インチ台と、静電容量式タッチパネルのスマートフォンが市場に登場した頃と比較すると画面サイズは大幅に拡大していることがわかる。

こういった時代背景の中、大きく変化していない静電容量式タッチパネル操作を中心としたスマートフォンのユーザーインターフェースは、大画面にも耐えうる設計にアップデートが必要とされている時代にあると言える。また、タッチパネルの画面座標に依存しない操作形態が実現すれば、先述した静電容量式タッチパネルになった際にスマートフォンの画面が太い指の入力に対応するために情報量が減少してしまった問題の解消にも繋がる。

1.2 研究動機

世に送り出されて 10 年目の節目を迎える iPhone（及び静電容量式タッチパネルを搭載した現代のスマートフォン）であるが、革新的なユーザーインターフェースの変化を迎える事無く 10 年の月日が経過している。一方で、ハードウェアとしては少しずつではあるが、新たな入力装置を搭載する機種も増えてきている。2015 年 9 月に発表・発売された iPhone 6s 及び iPhone 6s Plus は、従来の静電容量式タッチパネルの裏に新たに圧力センサーを搭載することにより、従来の画面上のタップ操作に加えその圧力を感知して押し込むことによる新たな操作形態を実現した 3D touch に対応した。この圧力センサーという新たな入力装置によって、10 年間大

く変わらない形にあるスマートフォンにおけるユーザーインターフェースに対して新規性のあ
るアプローチが出来ないかと考えたのが今回の研究動機である。

また、圧力センサーを入力装置として利用した場合にユーザーがスマートフォンへ伝えられ
る情報量は単一のタップと比較し多段階であるため、現在画面座標の変化とタップを組み合わ
せて実現している多様な操作を画面座標による入力情報の変化を圧力で代替し、単一の座標で
実現することによって、大画面を搭載したスマートフォンを片手で操作できる、画面座標の位
置に依存しない入力のユーザーインターフェースを開発に繋がると考えられることから、市場
のスマートフォンの画面サイズが大きくなり操作しづらくなっている問題点に直接的にアプロ
ーチできる方法であり、研究に着手する動機として十分な条件が揃っている。

1.3 目的

今回の研究の目的は、スマートフォンの画面サイズに左右されない、あるいは左右されにく
いユーザーインターフェースを設計・実装し、実際にユーザーが利用した際に片手で操作しや
すい効果的なユーザーインターフェースであることを実証することである。また、今回片手
による操作という限定された環境下を条件とするが、圧力による操作における問題点を発見し、
今後の同様の限定された環境下におけるインターフェース研究に役立てることを目指す。

第2章 圧力式ユーザーインターフェース Clutch の提案

2.1 概要

スマートフォンのタッチパネルの圧力センサーを用いた、リスト方式のナビゲーションを操作できるユーザーインターフェース「Clutch（クラッチ）」の提案を行う。Clutch はタッチパネルの圧力センサーを活用し、画面上の単一座標での押し込み具合でナビゲーションのブラウジングを完結させることのできるユーザーインターフェースである。

本稿では動画投稿サービス「YouTube」にアップロードされている動画のリストから任意の動画を圧力操作により選択し、再生を行うプロトタイプを作成する。

2.2 着想を得た先行事例

2.2.1 Gear

今回タッチパネル上でタッチする座標を変更せず、感圧センサーの数値のみによって操作するユーザーインターフェースを考えるにあたって、増井俊之教授の考案した Gear^[2]に着想を得た。Gear は、ふたつのキーだけを利用してナビゲーションを行う。ふたつのキーでそれぞれ上と下に項目を移動し、項目上で一定時間待つことで項目を展開する事ができる。この「一定時間待つ」という操作 방법이今回 Clutch を開発するにあたって重大なヒントとなった。Gear ではふたつのキーしか利用していないのにも関わらず、一定時間待つという第三のアクションを導入する事によって操作できる範囲を拡張している。ユーザーの利用できる入力装置が限定されている際に操作形態をひとつ増やす事のできるこの手法は、今回提案する Clutch にも応用が可能なものだと考えた。

また、本稿の圧力式ユーザーインターフェース「Clutch」の命名は、マニュアルトランスミッションの自動車におけるギア（Gear）を操作する際に踏み込んだ圧力に応じて操作を行う事のできるクラッチペダルに着想を得たものである。

第3章 実装

3.1 実装にあたって

3.1.1 デバイスの選定

今回 Clutch を実装するにあたって、タッチパネルで圧力を取得できるデバイスが必要であった。Apple 社の iPhone シリーズであれば iPhone 6s, iPhone 6s Plus, iPhone 7, iPhone 7 Plus が 3D touch による圧力の取得に対応している。一方で Android 搭載スマートフォンでは Huawei Technologies 社の一部スマートフォンが Force Touch という圧力入力に対応した機能を搭載しているが、国内向けモデルはこれを搭載していないことから、今回は開発デバイスを iPhone に限定して開発を行う。

動作検証は筆者所有の iPhone 6s, iPhone 6s Plus, iPhone 7, iPhone 7 Plus で行うが、スマートフォンの大画面化に対して画面上の届きにくい座標まで指を伸ばさずに操作できるユーザーインターフェースの開発という本稿の趣旨に沿い、iPhone 6s Plus, iPhone 7 Plus での操作性を重視し、開発は iPhone 7 Plus で動作確認しながら進行する。

3.1.2 開発言語の選定

iPhone に搭載されている 3D touch の圧力情報は、通常の Objective-C や Swift で実装されたネイティブアプリのほか、iPhone にプリインストールされているブラウザ「Safari」で開いた Web サイト上でも JavaScript を用いて取得可能である。今回は実際に Clutch が動作するプロトタイプを作成するにあたって、速やかに実装及びテストを行えるよう、ブラウザ上で動作する Web アプリとして作成する。また、実装を円滑に行うため JavaScript での開発に jQuery のライブラリを用いる。

また、ユーザーに慣れ親しみの無い従来と異なるユーザーインターフェースを実装するにあたって、直感的なユーザーインターフェースにするためには画面上で起こっている現象をユーザーにフィードバックする必要があるため、CSS3 Transition による画面上のアニメーションを導入する。

3.2 実装

3.2.1 概要

今回 Clutch をデバイス上でデモするためのプロトタイプとして、YouTube の動画リストから任意の動画タイトルを選択し再生するプレイヤーを作成した。

3.2.2 画面説明

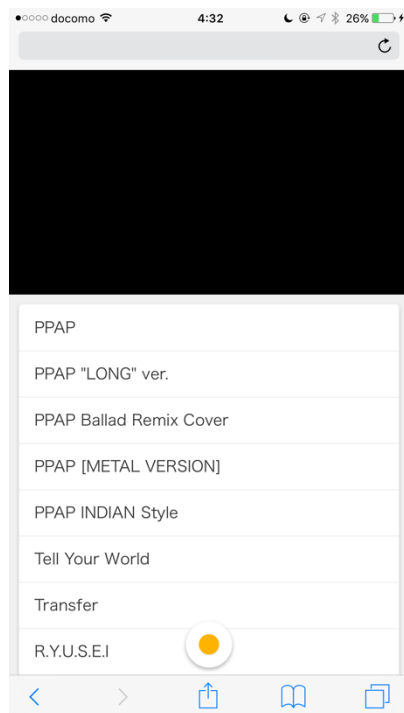


図 1

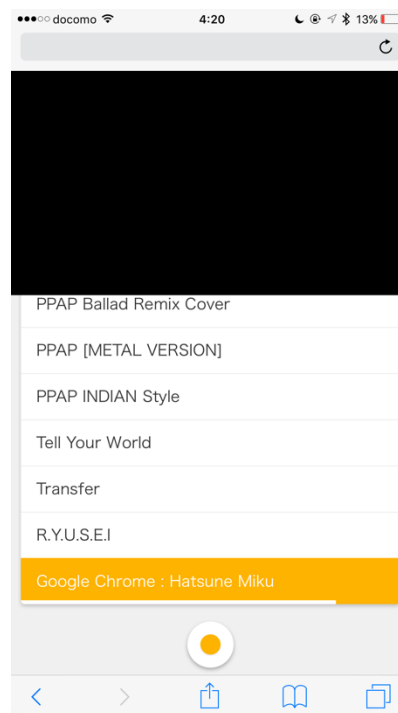


図 2

今回作成したプロトタイプでは画面上部に動画プレイヤーを配置し、その下部の残りのスペースにて動画タイトルのリストを配置し、スクロールする画面配置とし、画面最下部にユーザーの押し込みの圧力を取得する「Clutch ボタン」を配置した。(図 1)

Clutch ボタンの動作に関しては圧力のみによって操作が可能のため、画面上のどこに配置しても動作は可能である。考案当初は画面全体をボタンにするという案だったが、ユーザーが画面上のどの位置を操作するかを直感的にわかりやすく表現し、なおかつ大画面の端末であっても左手・右手どちらの手であっても片手で操作できるよう、左手・右手どちらでスマートフォン本体を持った際にも親指が届く範囲内である画面最下部中央にボタンを配置した。

Clutch ボタンを押し込むとリスト上の項目が最上部の項目から順にハイライトされ、最後まで押し込むと最下部の項目がハイライトされる。ハイライトされた状態の圧力をそのまま維持したまま一定時間経過する事によって、ハイライトされた項目の下のインジケーターが左端から右端まで到達し、動画が画面上部のプレイヤーに読み込まれる。また、インジケーターが右端に到達する前に圧力を変更する（押し込みを強めたり弱めたりする）と他の項目にハイライトが遷移し、インジケーターによるカウントダウンはリセットされる。(図 2)

3.3 問題点

作成したプロトタイプを実際に複数名のユーザーに使ってもらいテストしたところ、項目上で一定時間圧力を維持する事が難しいというフィードバックを受けた。また、中央に近い項目ほど力加減が難しく、圧力の維持が難しいというフィードバックもあった。

3.4 フィードバックを受けてのチューニング

先述のフィードバックを受け、基本的な操作形態は変更せず、数値などを変更させる事で使用感を改善させるチューニングを施した。

3.4.1 メニュー項目数の削減

最初のプロトタイプではリストの項目数を 18 項目に設定した。0～1 の圧力入力を項目数で分割するという実装の性質上、どうしても項目数が多いと一段階あたりの圧力の範囲が狭くなってしまい、操作の難易度が上がってしまう。そこで、直球ではあるがメニュー項目数を半分の 9 項目に減らしたバージョンを作成した。

実際にメニュー項目数を半分に減らしたものを再度複数名のユーザーにテストしてもらった結果、全てのユーザーが項目数の少ない物の方が使いやすいと答えた。

また、項目数をさらに 5 項目にまで減らしたバージョンも作成したが、こちらのフィードバックとしては、選択はしやすくなっているものの、ひとつひとつの項目を移動するのに必要な圧力が大きく、移動が面倒に感じるというフィードバックもあった。

3.4.2 選択に必要な時間の削減

Clutch はハイライトされたリスト項目の上で一定時間以上滞在する事によって項目を選択する仕組みであるが、圧力をこの一定時間維持する事が難しいとのフィードバックをユーザーから受けた。その対策として、選択に必要な時間を削減する事で操作の難易度が下がるのではないかと考えた。

最初のプロトタイプでは同じ項目上に 1 秒以上滞在した場合に項目を選択（動画をロードする）仕様としていたが、それを 1 秒から 0.5 秒に削減したバージョンを作成した。

こちらに関しても再度複数名のユーザーにテストを行った結果、全てのユーザーが使いやすいと答えた。

第4章 関連研究

第2章で先述したとおり，本研究は階層ナビゲーションを限定的な入力範囲内で操作するという発想において，増井俊之教授の **Gear** の研究を参考にしている．一方で圧力を利用したインターフェースに関する研究は今回開発に利用した **3D touch** を搭載した **iPhone** 以外のデバイスにおいて既に行われており，圧力による入力の特性を知り，本研究により開発した **Clutch** の精度を向上させる関連研究として有用性がある．

2007年に発表された「親指圧による五十音入力装置の開発^[3]」では親指を動かさずに五十音入力を行う装置の設計・製作を行なっている．同研究では従来の携帯電話の入力装置と比較して遜色無い入力速度を実現している一方で，圧力による入力は間違い率が高く，これを改善するためには圧力入力の際にクリック感を持たせた触覚フィードバック，音を鳴らす聴覚フィードバックを持たせる事により，間違い率を下げる事ができると考察している．本研究ではユーザーの圧力入力に対して視覚的なフィードバックをアニメーションで行う事でユーザーの操作を補助しているが，触覚，聴覚におけるフィードバックは行なっていない．今回の開発環境である **iPhone** の内蔵ブラウザである **Safari** では使用した開発言語である **JavaScript** からデバイスのバイブレータにアクセスする手法が用意されていないという技術的制約があるため，今後 **Clutch** の操作精度を向上させる場合は開発環境をネイティブアプリに移し，触覚と聴覚を用いたユーザーへのフィードバックを導入する事が精度の向上に繋がると考察する．

第 5 章 考察

5.1 実装を終えて

本研究では大画面化の道を辿るスマートフォンにおいて、近年新たに搭載されたタッチパネルの圧力センサーに着目し、指の届く範囲内での圧力のみを利用した、片手でも操作しやすいユーザーインターフェースを目指して開発を行った。実際に実装を行いテストしてみたところ、圧力のみによる多段階の操作は精度の問題に直面する事が明らかになった。しかし、チューニングによってこの操作の精度は改善が見られる事も分かった。

謝辞

本研究を遂行，及び本稿を執筆するにあたり，担当の増井俊之教授にご指導・ご支援頂いた事をこの場を借りて感謝申し上げます．増井俊之研究室に四年間在籍してきた中で，増井俊之教授，そして増井俊之研究室の皆様には数え切れないほどの斬新なアイデア，インスピレーション，技術的な知見などの知的好奇心を満たす刺激を頂き，学生生活を実りある充実したものにしてくださった事を心から感謝申し上げます．

参考文献

- [1] スマートフォン画面、大型化は一段落か - ケータイ Watch Watch
<http://k-tai.watch.impress.co.jp/docs/column/mca/719659.html> (2017 年 1 月 19 日閲覧)
- [2] Gear: 最小限の操作による階層情報ナビゲーション 増井俊之
<http://www.pitecan.com/papers/Interaction2015/Gear.pdf>
- [3] 親指圧による五十音入力装置の開発 杉上雄紀, 中尾政之