

平成25年度

筑波大学情報学群情報科学類

卒業研究論文

題目
“ながらスマートフォン”抑止システムの開発

主専攻 知能情報メディア主専攻

著者 根岸匠

指導教員 田中二郎 志築文太郎 高橋伸 三末和男

要 旨

近年、スマートフォンの普及の背景で、“ながらスマートフォン”が問題となっている。特に歩きながらスマートフォンを操作する行為は、重大な事故を招く要因となっている。これに対し本研究では、“ながらスマートフォン”をスマートフォン自体が検知することで、“ながらスマートフォン”を抑制する目的で本システムを考案，実装した。Android 端末内蔵の加速度センサを用いて，システムユーザの“ながらスマートフォン”を検出し，歩行が検知された場合はその経過時間によって，スマートフォンの画面全体を覆う警告レイヤを表示する。またこのレイヤは，歩行検知の経過時間に対応して透明度を段階的に引き下げるという機能を持つ。更に一定時間以上の歩行が検知された場合は，代替操作として音声読み上げを促すことにより，ユーザがスマートフォンを見なくても情報を取得することができるような機能を提示する。これらのフィードバックにより，ユーザの状況に合わせてより好ましい方法でユーザが自ら，“ながらスマートフォン”を抑制する。また被験者実験を行い，いくつかの手法と本手法を比較して評価を行い，その結果から考察を行う。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	“ながらスマートフォン”	1
1.2	“ながらスマートフォン”抑止の必要性	1
1.3	“ながらスマートフォン”の抑止への考慮	2
1.4	本研究の目的	3
1.5	本研究のアプローチ	3
1.6	本論文の構成	4
第2章	“ながらスマートフォン”を抑止するシステムの設計	5
2.1	問題点から導かれる要件	5
2.2	要件を満たすシステムの設計	5
第3章	システムの概要とアプリケーションデザイン	7
3.1	システムデザインと利用イメージ	7
3.2	システム動作の流れ	7
3.2.1	歩行検知による警告レイヤの段階的表示	7
3.2.2	クリップボードへの文章のコピーを促すレイヤの表示	7
3.2.3	コピーされた文章の音声による読み上げ	9
3.3	利用シナリオ	9
第4章	システムの実装	10
4.1	全体のシステムの構成	10
4.2	開発環境	10
4.3	アプリケーションインタフェース	10
4.3.1	メイン画面	10
4.3.2	警告レイヤの表示	13
4.3.3	音声読み上げを促す画面	13
4.4	歩行の検知	16
4.4.1	データから歩行の検知	16
4.4.2	3軸加速度の時系列データ取得	16
4.4.3	閾値の動的な変更	16
4.4.4	Z軸データの正規化	17

4.4.5	閾値による判定	18
第 5 章	フィードバック手法に関するアンケート	20
5.1	アンケート調査について	20
5.1.1	実験に用いたフィードバック手法	20
5.1.2	質問内容	22
5.2	アンケート結果	23
	質問 1: あなたは“ながらスマートフォン”を普段からよくやりますか.	23
	質問 2: 以下の設問はフィードバック手法に答えてください. (a) フィー ドバック手法に不快感があったか. (b) 歩きスマートフォンを やめようと思ったか. (c) 使い続けようと思えるか.	23
	質問 3: フィードバック手法 4 の音声読み上げについて, 音声読上げは 情報を得る手段として適当だと思えますか.	24
	質問 4: 本実験を通して何か感想があればお書きください.	24
5.3	考察	25
第 6 章	関連研究	26
6.1	危険防止を目的とする関連研究	26
6.2	“ながらスマートフォン”の検知を目的とする関連研究	27
第 7 章	結論	28
	謝辞	29
	参考文献	30

図目次

1.3.1 Docomo の提供する歩きスマートフォン抑止システムの警告画面	3
2.2.1 透明度 40%の警告レイヤの表示例	6
3.2.1 システムの動作に関するフローチャート図	8
4.3.1 システム利用の流れ	11
4.3.2 警告レイヤを起動・停止するメイン画面	12
4.3.3 検知段階と対応する警告レイヤの透明度 (1-4)	14
4.3.4 検知段階と対応する警告レイヤの透明度 (5,6)	15
4.3.5 音声読み上げを促す画面	15
4.4.1 鉛直方向にかかる力とそこから算出されるスマートフォンの加速度センサの Z 軸方向にかかる力	17
4.4.2 閾値を 2 とした場合の歩行時の Z 軸データ	19
5.1.1 実験で用いた 4 種のフィードバック手法	21
5.2.1 質問 1 で「はい」と答えた 4 人の各フィードバック手法について回答を平均し た結果	23

第1章 はじめに

1.1 “ながらスマートフォン”

近年，スマートフォンのユーザが急激に増加し，日本人の約 40%が所有する端末としてスマートフォンを挙げている [1]．スマートフォンが普及し始めた理由としては，パソコンのようにアプリケーションをインストールすることが可能であり，それによりユーザの使い方に合ったカスタマイズが可能であること，そして通信網の発達による SNS を用いたコミュニケーションの発達や PC サイトの情報などをリアルタイムに収集可能になったことなどが挙げられる．つまり従来のフィーチャーフォンに比べて機能性，利便性，受けることのできるサービスがより向上しているためであると考えられる．

通信網の発達とスマートフォンの普及によって，ユーザはいつでも多くの情報を得ることができるようになった．しかし，ここから引き起こされる問題の一つとして“ながらスマートフォン”がある．“ながらスマートフォン”とは，スマートフォンを利用するユーザが何か別の行動をしながらスマートフォン操作を行うものである．その中には「テレビを見ながら」といった，問題のないケースもあるが，本稿では特に「歩きながらスマートフォンを操作する」という場合を指すこととする．それは事件や事故を引き起こす危険な行為として，携帯各社からはそのような行動をとらないように注意喚起がなされてきた．

1.2 “ながらスマートフォン”抑止の必要性

スマートフォンが普及する前，フィーチャーフォンの時代にも，車両運転中の通話や操作が原因の事故が発生している背景から，道路交通法が改正され運転中の（ハンズフリー通話を除く）通話が法律でも禁止されるようになった [2]．

また近年では車両運転中以外でもフィーチャーフォン・スマートフォンにかかわらず“ながら歩き”が原因で駅のホームへの転落や，踏切に気づかず線路内に侵入し電車に接触してしまうなどの事故もおこっている [3][4]．

スマートフォンは片手で操作できる特徴を持っている．また，タッチスクリーン型の入力インタフェースのものが主流であり，フィーチャーフォンのキー入力と比べて，スマートフォンのフリック入力は画面を見ずに操作することが難しい．その結果，画面を注視する時間が増大し，歩きながらのスマートフォン操作は従来のフィーチャーフォンの歩きながら操作よりも注意力が散漫となりやすく危険となっている．

1.3 “ながらスマートフォン”の抑止への考慮

既存の“ながらスマートフォン”の抑止技術として、NTTドコモは歩きスマートフォン抑止サービスとして「歩きスマホ防止機能」を提供している [5]。これは、歩きスマートフォンを検知すると、図 1.3.1 の様にスマートフォンの全体に警告画面を表示するものである。

また名坂らの研究 [6] では、スマートフォンの歩きながらの操作を検知するにあたり、加速度センサとカメラによるオプティカルフローを用いている。スマートフォンの歩きながらの操作を検知をしたとき、画面の電源が ON になっている場合は危険防止のために OFF にするフィードバックを提示する。

ここでいくつかユーザの利用状況を考える。例えば、地図アプリを見ながら目的地に急いでいる人は、警告表示や画面の電源が OFF になることによって突然地図が見られなくなる。しかし、実際に目的地に移動しようとするユーザにとって、その時にその場所で地図を見ることは必須なので、警告表示を閉じたり、すぐに画面の電源を ON にすることによって、結局歩きながら地図を見続けてしまう。また、目的地に向かう途中で気になっていたニュース記事を確認しようと記事を開き確認するが、警告表示や画面の電源が OFF になっていることによって記事を見ることができなくなってしまう。しかし、1つの記事の終わりであればそこで読むことを中断できるにも関わらず、記事の途中で突然記事を見ることができなくなってしまうえば気になっていた記事は今すぐ確かめたいので、同様に閉じるボタンを押すことや画面の電源を ON にすることにより、歩きながら記事を見続けてしまうようなこともあり得る。

このような既存の“ながらスマートフォン”抑止技術は、ユーザのシチュエーションを考慮してフィードバックするという視点では改善の余地がある。検知後のフィードバックに焦点を当て検討したシステムが本研究である。

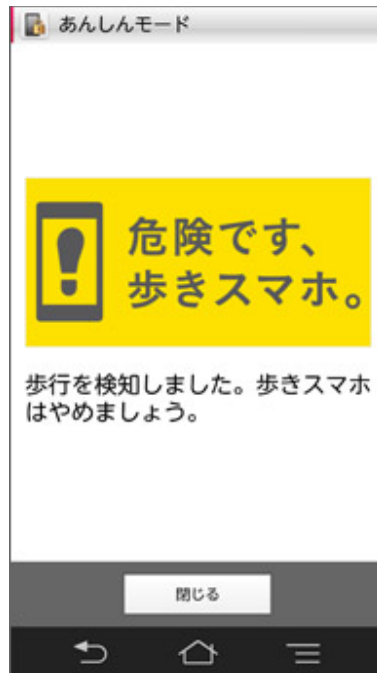


図 1.3.1: Docomo の提供する歩きスマートフォン抑止システムの警告画面

1.4 本研究の目的

本研究は、例で挙げたシステムの問題点を改善し、“ながらスマートフォン”を抑止するシステムを開発する。“ながらスマートフォン”をユーザの状況を考慮しそれに合わせて抑制し、対話的に代替操作を促す“ながらスマートフォン抑止システム”を開発することを目的とする。

1.5 本研究のアプローチ

本研究の、“ながらスマートフォン”を抑制するアプローチとして、スマートフォンの画面全体を覆う警告レイヤを歩行を検知時間した時間に合わせて段階的に透明度を低く表示していく。このシチュエーションを考慮したフィードバック手法を提示することで、ユーザが“ながらスマートフォン”をやめさせることを目標とする。さらに、警告を表示している場合でも“ながらスマートフォン”を続けるユーザに対しては代替操作として音声読み上げ機能を促すことにより、ユーザがスマートフォンの画面を見なくても情報を取得することができるような機能を提示する、といった2つのユーザへのアプローチによって問題の解決を図る。

1.6 本論文の構成

本論文は本章を含め7章で構成されている。本章では“ながらスマートフォン”を抑止することの問題点を述べ、研究の目的や問題を解決するためのアプローチについて述べた。第2章では、システムの満たすべき設計要件を述べる。第3章では、本研究で開発したシステムの概要とアプリケーションデザインについて述べる。第4章ではシステムの実装について述べた後に、第5章では本システムの評価に関するアンケート調査について述べる。第6章では関連研究について述べる。最後の第7章では本研究の結論と今後の課題を述べる。

第2章 “ながらスマートフォン”を抑止するシステムの設計

2.1 問題点から導かれる要件

本システムは、“ながらスマートフォン”を抑止するシステムであるため、ユーザがフォアグラウンドでメールや Web ブラウジングなどの操作をしている場合にも、それらを抑止することが必要である。このことから単一のアプリケーションに対して組み込むシステムではなく、ユーザが様々なアプリケーションをフォアグラウンドで開いていることを考慮したシステムの設計を考える。

既存の“ながらスマートフォン”を抑止するシステムの問題点として、単に警告表示を見せることや画面の電源を OFF にするのみでは、“ながらスマートフォン”を必ずしも抑制することができないシチュエーションがある問題を挙げた。ユーザの“ながらスマートフォン”への警告フィードバックとして、ユーザがスマートフォンを利用しているシチュエーションに合わせたシステム設計を行うことにより、抑制できないシチュエーションを可能な限り減らす設計を考える。

2.2 要件を満たすシステムの設計

また、様々なアプリケーションを操作していることを考慮した設計として、本システムはバックグラウンドで動作するアプリケーションを設計し、ユーザがメールや Web ブラウジング等の操作をしている場合でも抑止を可能とする。

本システムによってユーザの“ながらスマートフォン”を検知した後、

- 歩行検知の経過時間に合わせスマートフォンの画面全体を覆う警告レイヤの透明度を段階的に低く表示する (図 2.2.1).
- 音声による文章の読み上げへの移行を促す。

の2つのフィードバックを提示する。

時間経過により段階的に警告表示がされていくアプローチは、例えば「すぐにその場で立ち止まることができないが少し先に立ち止まるスペースがある」といったシチュエーションに対して有効である。音声による読み上げへの移行を促すアプローチは、スマートフォンの画面を見ることなく音声によって情報を得られることが特徴である。「情報を得たいが急いで

いるのでこのまま移動しながら情報を得たい」といったシチュエーションに対して有効である。また「急いでいるが、どうしても情報を得たいというわけでない」といった場合を考慮し、自動で音声読み上げを行うのではなく、ユーザに対して音声読み上げをするかまたはしないか選択することができるようにする。これらを組み合わせることで、ユーザが無理なく“ながらスマートフォン”をやめることができ、対話的に代替操作として音声読み上げ機能を提示して最終的にユーザの“ながらスマートフォン”状態を抑止することができる。



図 2.2.1: 透明度 40%の警告レイヤの表示例

第3章 システムの概要とアプリケーションデザイン

3.1 システムデザインと利用イメージ

本システムは、スマートフォンを用いてユーザの“ながらスマートフォン”をユーザの状況を考慮しそれに合わせて抑制して対話的に代替操作を促すものである。利用するスマートフォンには、加速度センサが内蔵されているものを想定する。また、バックグラウンドアプリケーションであり、ユーザが任意のアプリケーションをフォアグラウンドで操作していても動作する。システムの起動後、ユーザの歩行を検知した場合はその歩行検知の経過時間から、段階的に透明度が低くなっていく警告レイヤを端末の画面全体に表示し、“ながらスマートフォン”を抑止する。もし警告表示をしている場合でもユーザが歩行を続ける場合は、代替操作として音声読み上げへの移行を促す。

3.2 システム動作の流れ

システム動作は、警告レイヤを表示するためのシステムの起動、歩行検知による警告レイヤの段階的表示、音声読み上げのためにクリップボードへの文章のコピーを促すレイヤの表示、コピーされた文章の音声による読み上げである。各操作の流れを図 3.2.1 にて説明する。

3.2.1 歩行検知による警告レイヤの段階的表示

ユーザの“ながらスマートフォン”をシステムが検知すると、その検知の経過時間により段階的に濃くレイヤが表示されていく。このレイヤは6段階の透明度が設定されており、これらの段階を検知段階と定義する。歩行を続けると経過時間に合わせて検知段階が高くなり、段階的に濃く警告レイヤが表示される。ユーザが停止した場合など歩行が検知されない場合は、検知段階が低くなり段階的にレイヤが薄くなっていく。

3.2.2 クリップボードへの文章のコピーを促すレイヤの表示

検知段階が5または6の場合、警告レイヤに表示される文章は検知段階が2から4のものと異なり、従来の警告文に加えて音声読み上げのためにクリップボードへの文章のコピーを

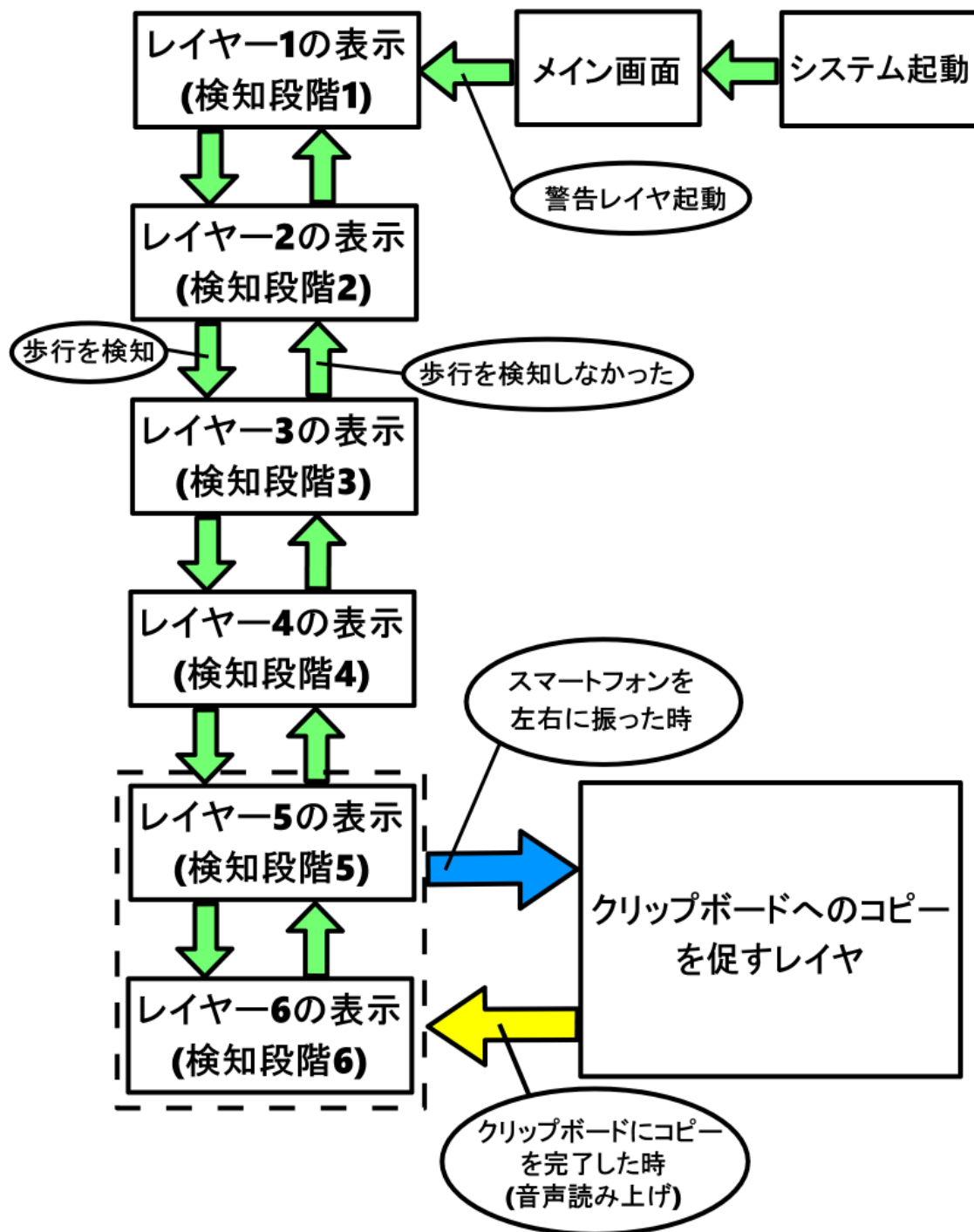


図 3.2.1: システムの動作に関するフローチャート図

促す文章が表示される。この時、モバイル端末を左右に振ることで、クリップボードへのコピーを促すレイヤの表示に遷移する。

遷移後は、クリップボードへ文章がコピーされるまで歩行検知を停止する。クリップボードへ文章がコピーされたらその文章を読み上げ、遷移する前の検知段階のレイヤを表示し、歩行検知を再開する。

3.2.3 コピーされた文章の音声による読み上げ

クリップボードへのコピーを促すレイヤが表示されている状態で、音声読み上げを行いたい文章のコピーをすると、その文章の音声による読み上げが開始される。

また、文章のコピーの終了後は保持していた検知段階に対応するレイヤを再び表示し、歩行検知も再開する。

3.3 利用シナリオ

Sさんは、歩きながらスマートフォンでメールを書いていた。人通りが多い場所で歩きながらでは人とぶつかってしまう可能性があるが、Sさんはそれでも構わずメールを書き続けた。しかし本システムによって、だんだんと警告表示が濃く表示されるため、Sさんは警告に従い、近くで立ち止まることのできる場所へ移動し、“ながらスマートフォン”による危険を回避しつつメールを書くことができた。

Nさんは、学校へ向かう前にスマートフォンでニュース記事を読むことを習慣としている。今日は急いでいて、歩きながら記事を読もうとしていたが、スマートフォンによって警告表示が行われ、記事が読めなくなってしまう。しかし、代わりに本誌システムが記事の音声読み上げを促す表示を行い、Nさんはそれに従って記事の音声読み上げ機能を活用した。こうして“ながらスマートフォン”を続けることなく、Nさんは記事から情報を得ることができた。

第4章 システムの実装

4.1 全体のシステムの構成

本システムはスマートフォン上で動作するアプリケーションである。ユーザの歩行検知は、Android 端末に実装されている加速度センサから得た加速度を用いて行っている。また音声によるクリップボードの読み上げの機能について、Android 端末には本来日本語の読み上げ音声エンジンがインストールされていないため、AquesTalk TTS[7]で、日本語による読み上げを実装している。

4.2 開発環境

プロトタイプは、Android 端末である Xperia Z1 SO-01F を用いて実装した。統合開発環境として Android Studio を用い、Android4.0 以上で動作するアプリケーションとして本システムの実装を行った。プログラミング言語は Java を使用した。

4.3 アプリケーションインタフェース

アプリケーションのインタフェースは、システムを起動または停止するメイン画面、スマートフォンの画面上に透過度をもたせた警告表示画面、音声読み上げを促す画面から構成される。インタフェースの画面遷移を図 4.3.1 に示す。

4.3.1 メイン画面

メイン画面を図 4.3.2 に示す。これは本システムを起動した際に最初に表示される画面である。この画面中央上部のシステムを起動するボタンを押すことで、警告レイヤを表示する。また画面中央下部のシステムを停止するボタンを押すことで起動している警告レイヤを消去し、システムを停止させる。

既にシステムが起動している場合は、システム起動ボタンは押すことができず、二重起動を防止する。同様に、システムが起動していない場合はシステム停止ボタンを押すことができない。

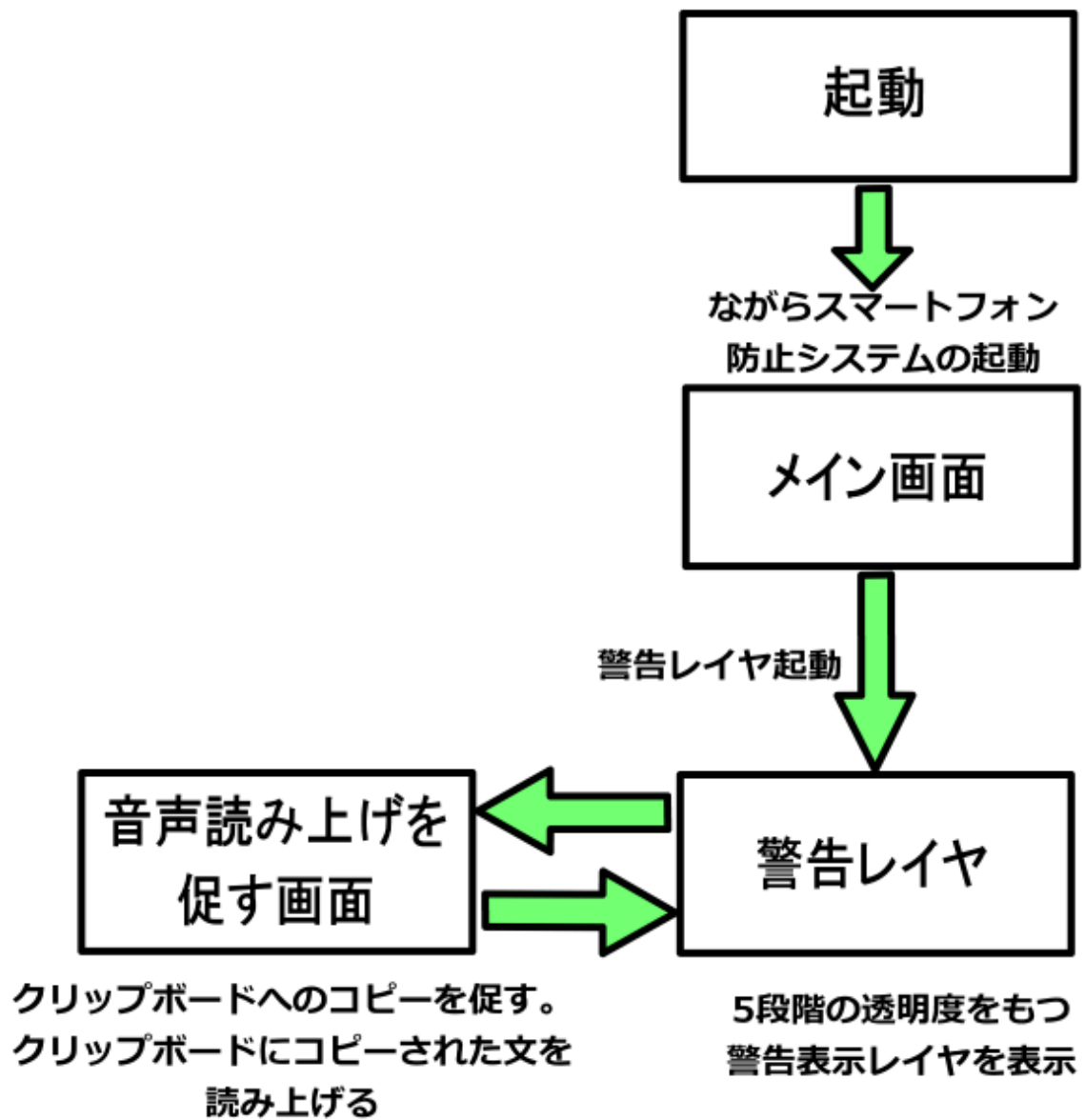


図 4.3.1: システム利用の流れ

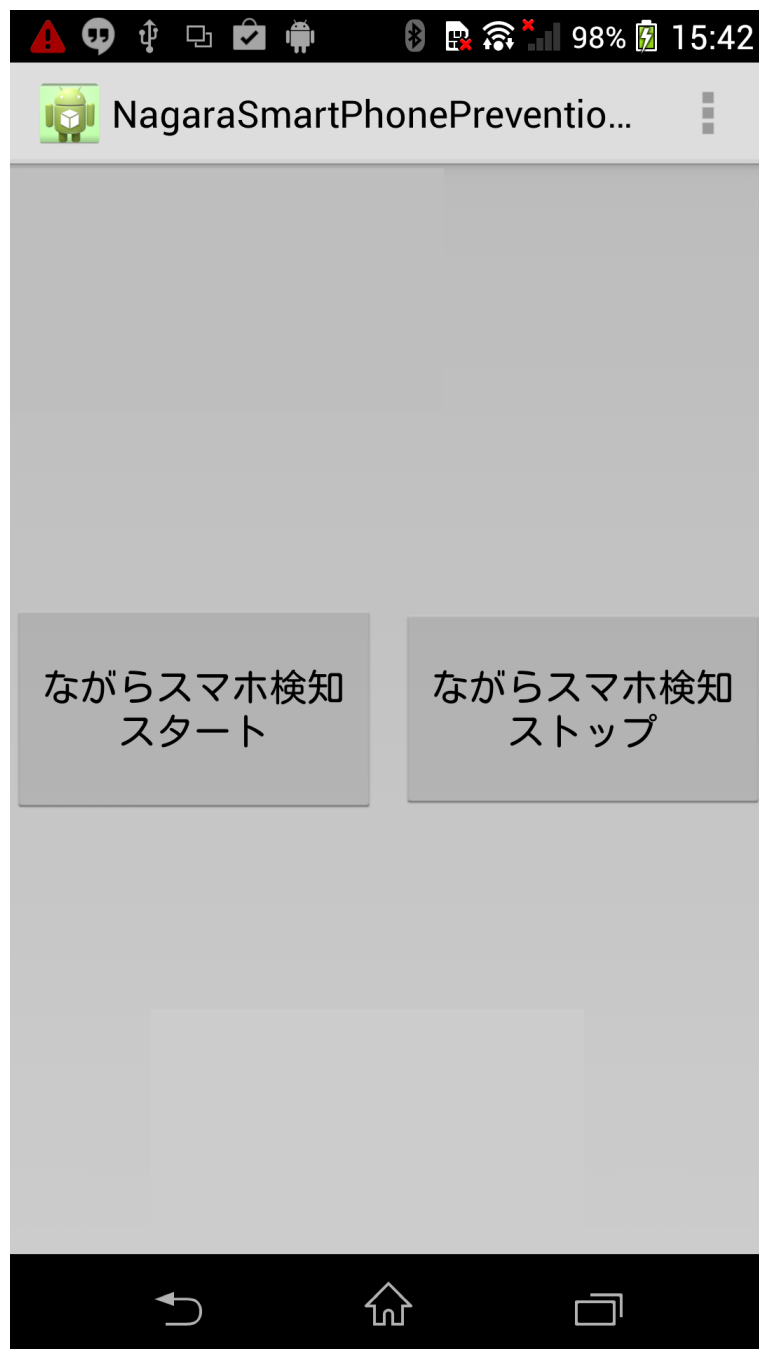


図 4.3.2: 警告レイヤを起動・停止するメイン画面

4.3.2 警告レイヤの表示

本システムのフィードバック手法の一つとして、ユーザの歩行を検知した場合はその歩行検知の経過時間から、段階的に透明度が低くなっていく警告レイヤを端末の画面全体に表示するという手法を取り入れた。警告レイヤは6段階のレイヤがあり、100%、80%、60%、40%、20%、10%の透明度を持つ黒色背景画像に警告文を加えた画像を段階ごとに設定した。これらを検知段階によって表示を変えていく。図 4.3.3(a)、図 4.3.3(b)、図 4.3.3(c)、図 4.3.3(d)、図 4.3.4(a)、図 4.3.4(b)、に6段階の警告レイヤをそれぞれ示す。

本システムは、ユーザが歩きながらメールやSNSアプリケーションなどの操作をしている状態が続くことを抑止するアプリケーションであるため、開いている任意のアプリケーションとは別スレッドにバックグラウンドで動作するものである。

例えば、図 4.3.3(a) は、ブラウザアプリケーションで Web ページを参照している例である。仮に歩きスマートフォンをここで検知した時、図 4.3.3(b) のようにまず画面が一段階暗くなる。ここで更に歩き続けると図 4.3.3(c) のようなレイヤがブラウザを覆う形で表示される。以降の検知段階も同様に一定時間ごとに歩きスマートフォンを検知することでスマートフォンの画面上に、警告レイヤの表示が段階的に濃く見えるようになる、というシステムである。また、ユーザの歩行を検知しなかった場合は経過時間によって段階ごとに透明度が高くなっていき、最終的に図 4.3.3(a) に戻る。

4.3.3 音声読み上げを促す画面

図 4.3.4(a) または図 4.3.4(b) の検知段階に到達した時には、音声読み上げを促す画面を表示する。これらの検知段階でスマートフォンを左右に振ると図 4.3.5 のような画面に遷移する。

この画面では、スマートフォンのクリップボードへの文章のコピーを監視する。クリップボードへ文章がコピーされた時、その文章を TextToSpeech 機能によって読み上げる。文章がコピーされ音声で読み上げると同時に、この画面を呼び出した際の検知段階のレイヤを表示する。



(a) 検知段階 1 : 透明度 100 %



(b) 検知段階 2 : 透明度 80 %



(c) 検知段階 3 : 透明度 60 %



(d) 検知段階 4 : 透明度 40 %

図 4.3.3: 検知段階と対応する警告レイヤの透明度 (1-4)



(a) 検知段階 5 : 透明度 20 %



(b) 検知段階 6 : 透明度 10 %

図 4.3.4: 検知段階と対応する警告レイヤの透明度 (5,6)



図 4.3.5: 音声読み上げを促す画面

4.4 歩行の検知

加速度センサの X 軸は端末の画面に水平で、右に向かう軸に相当する。Y 軸は端末の画面に水平で、端末の上部へ向かう軸に相当する。Z 軸は端末の画面に対して垂直で端末の表から裏へと向かう軸に相当するものである。

本システムの歩行の検知は、加速度センサから Z 軸と Y 軸の加速度を取得し、歩行検知を行っている。加速度センサからの値の取得とその値からの歩行検知は警告レイヤと同時に開始し、警告レイヤが停止した場合はこの取得と歩行検知も停止する。なお、警告レイヤの表示と同様に任意のアプリケーションを開いている状態でも動作するようにバックグラウンドで処理を行う実装を行った。

4.4.1 データから歩行の検知

スマートフォンの加速度センサによる検知アルゴリズムの実装を行った。本研究では、ユーザが歩きながらスマートフォンを利用する状況を検知する。スマートフォンの加速度センサの Z 軸の値が、一定時間幅で閾値を超える回数と Y 軸の値から閾値を動的に変更することにより、ユーザの“ながらスマートフォン”を判別する。

4.4.2 3 軸加速度の時系列データ取得

歩行検知にあたり、加速度センサからのデータ取得周期は 60ms と設計した。しかし、1 周期で得られる値は人間の行動変化に対して短く、ある一瞬を切り取ったものであり、時間的な変動の傾向や一定時間内での変動を検知することができない。そこで本システムでは、取得したデータのうち最新の 100 回分を保持し、人間の行動変化に対して十分な時間を確保した。

4.4.3 閾値の動的な変更

本システムで用いる Z 軸の変位は、スマートフォンの正面から受ける加速度の変位を表している。例えば、スマートフォンが θ 度傾いている場合、鉛直方向に F の力がかかっていたとすると、Z 軸に伝わる力は、 $F \cos \theta$ となる (図 4.4.1)。仮に閾値を固定していた場合、角度によってはユーザがスマートフォンを使っている場合に全く検知をすることができなくなってしまう。そこで本システムでは、加速度センサの Y 軸データからスマートフォンの角度を算出し、その角度に合わせて閾値を動的に変化させている。

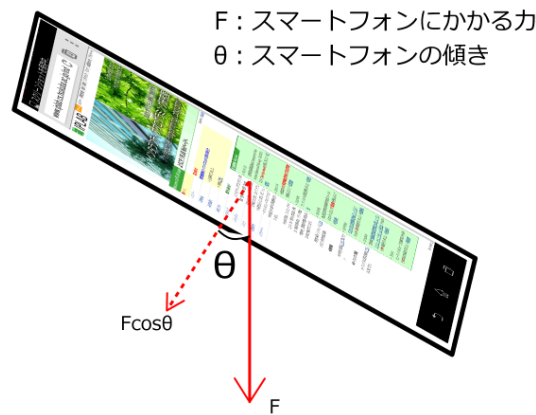


図 4.4.1: 鉛直方向にかかる力とそこから算出されるスマートフォンの加速度センサの Z 軸方向にかかる力

計算式を以下に示す.

一定時間幅 W_S において保持するデータの個数を N 個とする (本システムでは $N = 100$ とした). また一定時間幅における N 個の Y 軸データ群を Y_S とする.

Y_S の平均値を Y_{AVR} とし, 計算する.

$$Y_{AVR} = \frac{\sum_{i=1}^N Y_{si}}{N} \quad (4.1)$$

スマートフォンの加速度センサは常に 1G の重力がかかることから, スマートフォンが地面と垂直に静止している場合の Y 軸データは 9.8 であることを利用し, Y_{AVR} からスマートフォンの傾きをラジアン変換する. これは以下の式で計算する.

$$Y_{RAD} = \frac{1}{180} \times 90 \times \frac{Y_{AVR}}{9.8} \quad (4.2)$$

以上から閾値 T を計算する.

$$T = C \times \cos(Y_{RAD}) + \alpha \quad (4.3)$$

C と α について, このシステムを構築する上で事前に 3 人から歩行データを計測し, その結果から $C=1.25$, $\alpha=1.00$ とした.

4.4.4 Z 軸データの正規化

加速度センサから得られるデータはスマートフォンの向きに依存し, 保持姿勢によってデータが変動する問題がある. そこで池谷らの文献 [8] を参考に, Z 軸データの値から重力方向を推測し, その方向を基準にした正規化を行う.

計算式を以下に示す．一定時間幅 W_S において保持するデータの個数を N 個とする (本システムでは $N = 100$ とした)．また一定時間幅における N 個の Z 軸データ群を Z_S とする．

ここで W_S における Z 軸データの平均値 Z_{AVR} を計算する．

$$Z_{AVR} = \frac{\sum_{i=1}^N Z_{si}}{N} \quad (4.4)$$

Z_S から Z_{AVR} を減算することで，正規化した Z 軸データ Z_{NAT} を得る．

$$Z_{NATk} = Z_{Sk} - Z_{AVR} (1 \leq k \leq N) \quad (4.5)$$

4.4.5 閾値による判定

Z 軸が閾値を超えるのは，ユーザがスマートフォンを持って歩行し，足が地面に着くごとに Z 軸が設定した閾値を超える場合である．しかし，本システムで採用しているデータ取得周期では，足が着いた時に一つだけではなく複数の Z 軸データが閾値を超えてしまう (図 4.4.2)．

単純に一定時間幅における 100 個の Z 軸データのうち，ある一定数以上のデータが閾値を超えている場合歩行とするアルゴリズムでは閾値を超える数が安定しないため，誤検知が多かった．そこで閾値以上を超えたデータが存在する場合に，次のデータも閾値以上であればそのデータを判定しないという実装を行った．これにより，閾値を超えたと判定されるデータの安定化を行った．

また実装段階において 20 代の男性 3 人から歩行データを取得しそのデータから，100 個のデータのうち 10 個以上のデータが閾値を超えたと判定された場合は，ユーザが歩行していると判断した．

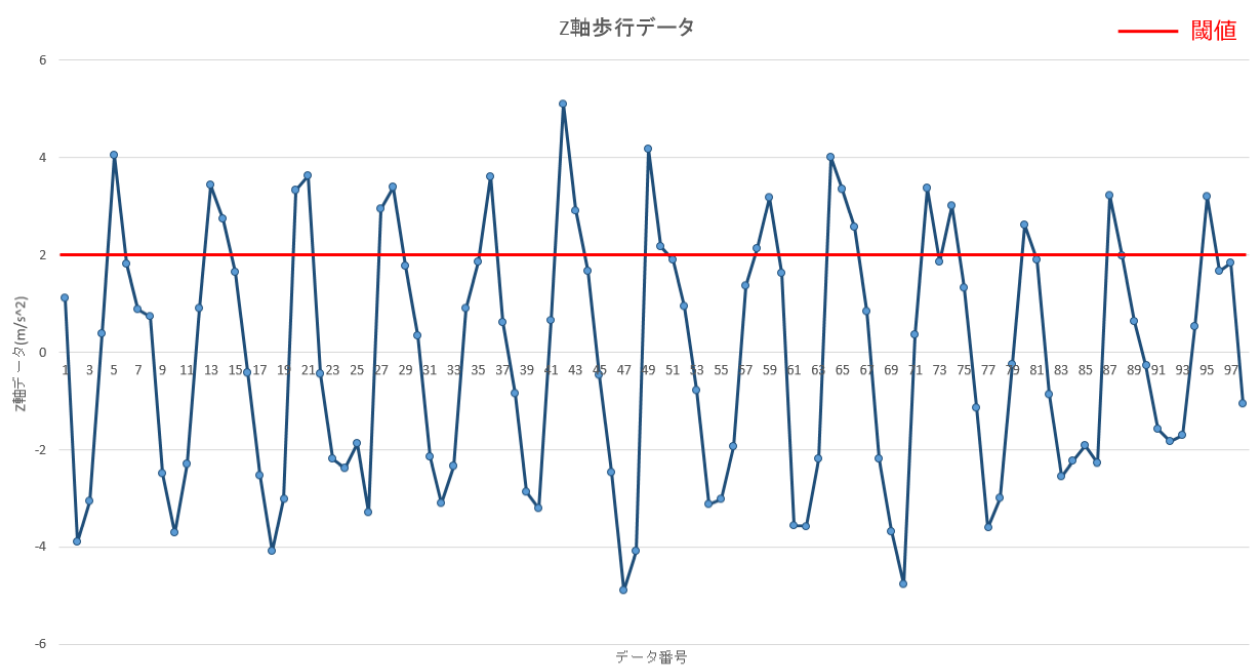


図 4.4.2: 閾値を 2 とした場合の歩行時の Z 軸データ

第5章 フィードバック手法に関するアンケート

システムのフィードバックの設計を考察するために、20代の男性6名に本システムのフィードバック手法を含めた4種類の“ながらスマートフォン”抑止のフィードバック手法を本システムを実装したスマートフォンを使って“ながらスマートフォン”をしてもらい、その後アンケート調査を行った。本実験は“ながらスマートフォン”の危険性を考慮し、屋内にて事前に決めたルートを歩いてもらい行った。

5.1 アンケート調査について

5.1.1 実験に用いたフィードバック手法

本実験では、4種類の“ながらスマートフォン”抑止フィードバック手法として

1. 歩行を検知した場合、Android 端末の下部に小さなウィンドウで警告を表示する (図 5.1.1(a)).
2. 歩行を検知した場合、10 秒間全く操作を受け付けなくなる透明度 0%のレイヤを表示する (図 5.1.1(b)).
3. 歩行を検知した場合、ユーザがボタンをクリックすることで閉じることのできるウィンドウを表示する (図 5.1.1(c)).
4. 歩行を検知した場合、その検知する時間により段階的に透明度が低くなっていく警告レイヤを表示し、更に歩行を続ける場合は音声による読み上げを促す (図 5.1.1(d)).

を用いた。



(a) 手法 1



(b) 手法 2



(c) 手法 3



(d) 手法 4

図 5.1.1: 実験で用いた 4 種のフィードバック手法

5.1.2 質問内容

アンケートでは

1. あなたは，“ながらスマートフォン”を普段からよくやりますか。
2. 以下の設問はフィードバック手法別に答えてください。
 - (a) フィードバック手法に不快感があったか。
 - (b) 歩きスマートフォンをやめようと思ったか。
 - (c) 使い続けようと思えるか。
3. フィードバック手法4の音声読み上げについて、音声読み上げは情報を得る手段として適当だと思いますか。
4. 本実験を通して何か感想があればお書きください。

という項目について尋ねた。

質問1と質問3は、「はい/いいえ」で答える質問である。質問2は、7段階のリッカート尺度を用いて (a) では（1：不快だった，7：全く不快ではなかった），(b) では（1：思わなかった，7：思った），(c) では（1：思わなかった，7：思った）とし、各フィードバック手法別に尋ねた。質問4は、被験者の自由記述とした。

5.2 アンケート結果

質問1：あなたは“ながらスマートフォン”を普段からよくやりますか。

まず質問1について、6人中4人が“ながらスマートフォン”を普段からよくすると答えている。

質問2：以下の設問はフィードバック手法に答えてください。(a) フィードバック手法に不快感があったか。(b) 歩きスマートフォンをやめようと思ったか。(c) 使い続けようと思えるか。

質問2のフィードバック手法に関する調査については、質問1で「はい」と答えた4人の回答を平均した結果を図5.2.1に示す。

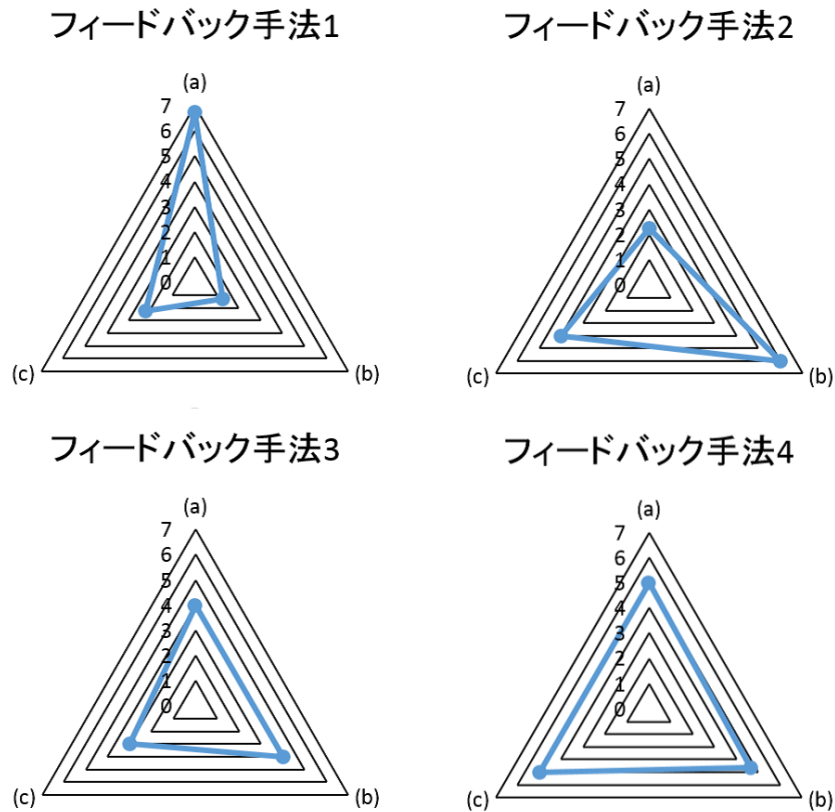


図 5.2.1: 質問1で「はい」と答えた4人の各フィードバック手法について回答を平均した結果

まずフィードバック手法1のAndroid端末の下部に小さなウィンドウで警告を表示する手法については、それぞれ(a) 6.75, (b) 1.25, (c) 2.25 という結果となった。不快ではなかった

が、“ながらスマートフォン”に対する抑止力はなく、使い続けようと思えないという結果となった。被験者の感想として「全然気づかなかったし、気にもならなかった」との意見が得られた。

次にフィードバック手法2の10秒間全く操作を受け付けなくなる透明度0%のレイヤを表示する。手法については、それぞれ(a) 2.25, (b) 6.00, (c) 4.00という結果となった。不快感がとても高かったが、“ながらスマートフォン”への抑止力は高く、使い続けようと思えるかという質問には平均的評価という結果となった。被験者の感想として「不快ではあるが、“ながらスマートフォン”をやめようという気になれる。」「少し歩いたら操作を妨害されてしまうが、レイヤが表示される前に断片的に情報を見ることができるし、レイヤが表示されている10秒間は前を見て行動することになったので良いと思った。」「10秒間は表示が長すぎる。5秒間でいいのでは。」との意見を得られた。

フィードバック手法3のユーザがボタンをクリックすることで閉じることのできるウィンドウを表示する手法については、それぞれ(a) 4.00, (b) 4.00, (c) 3.00という結果となった。不快感については平均的な評価となった、“ながらスマートフォン”への抑止力も平均的な評価であり、使い続けようとはやや思えなかったという結果となった。この中で比較的不快感が少ないと答えた被験者からは「閉じることができるので、そこまで不快ではないと思うが、表示される頻度によっては不快になるかもしれない。」との意見を得られた。

本研究の手法であるフィードバック手法4については、(a) 5.00, (b) 4.67, (c) 5.00という結果となった。不快感は少なく、“ながらスマートフォン”への抑止力もやや有り、使い続けようともやや思えるという結果となった。被験者の感想として、「音声読み上げはニュースサイトのようなテキストベースのコンテンツには有効な代替手段だと思った。」と、音声読み上げに対して好意的に捉える感想もある一方で「音声読み上げを実行するためにクリップボードへのコピーのために端末を注視する必要があるためこれを改善すると更に“ながらスマートフォン”抑止につながるのではないか。」「クリップボードにコピーする操作が必要になるので勝手に記事全文を読み上げてくれる方がよい。」という音声読み上げをするための行動について疑問視する感想もあった。

質問3：フィードバック手法4の音声読み上げについて、音声読み上げは情報を得る手段として適当だと思いますか。

質問3について、質問1で「はい」と答えた4人全員が「はい」と答え、質問1で「いいえ」と答えた2人は「いいえ」と答えるという結果となった。

質問4：本実験を通して何か感想があればお書きください。

他に得られた被験者の感想として「“ながらスマートフォン”の検知が甘い」との回答を得た。本実験を行う上で、フィードバック手法4の音声読み上げを行う検知段階5, 6に到達すると予想される距離を設定した。しかし、その検知段階到達しなかった被験者が1人いたため、その被験者にはもう一度歩いてもらったということがあった。

5.3 考察

被験者実験の結果を通して、手法1, 2, 3では、ユーザへの不快感と“ながらスマートフォン”の抑止力の高さはトレードオフの関係であったが、本研究の段階的に警告レイヤの透明度を低く表示する手法は、不快感が少なく抑止力が高いフィードバック手法であることがわかる。警告レイヤの背景は黒背景であるためレイヤの透明度が低くなっていくとスマートフォンの画面が見づらくなっていく。背景を透明なものにしていた場合は、警告を小さく一定時間表示する手法1と同様に不快感はそれほど感じないが抑止力が低いという結果となった可能性がある。また完全に黒背景を一度に表示してユーザの操作を妨害する手法2については、抑止力が高かったが同時に不快感も高いという結果を得ている。本手法は黒背景にすることで、“ながらスマートフォン”の抑止力を高めた。同時に段階的に透明度を低くしていく手法では、ユーザの行動により透明度を高く戻せるため、不快感を抑えることができたと考える。

本研究の手法である音声による読み上げというフィードバックに関しては、普段から“ながらスマートフォン”をすると答えた人に対しては有効であるという結果を得たが、そうでない被験者からはあまり有効ではないという意見を得た。これは、“ながらスマートフォン”で何を行うかということが関係していると考えられる。被験者実験後に“ながらスマートフォン”をよくやると答えた被験者に、“ながらスマートフォン”で普段どんなことをしているのか聞いたところ、「ニュースサイトやブログやSNSなどを閲覧している」と答えた。一方で、“ながらスマートフォン”をあまりしない被験者からは、「地図を見るときしか“ながらスマートフォン”はしない」という意見を得ている。手法4に関する被験者からの感想として「音声読み上げはニュースサイトのようなテキストベースのコンテンツには有効な代替手段だと思った。」との意見があり、テキストベースのコンテンツには有効な手段である。一方で地図やゲームなどの、文字情報以外にも画像としての情報が重要であるコンテンツに対しては、文字の音声読み上げというフィードバック手法はユーザに対して十分な情報を与えることができず、全てのユーザに対しては有効な代替手段とはいえないと考えられる。

また、音声読み上げをするためのクリップボードへのコピーについても、被験者の感想にあった通り、端末を注視する必要があるため、抑止のためのシステムとして適当ではない。システムの実装上の理由でやむなくこのような実装となったが、改善の余地があると考えられる。

“ながらスマートフォン”の検知について、本システムではまだ十分な精度で検知ができないことがわかった。歩行検知において閾値の条件を緩和すると、歩行の検出漏れが少なくなるが誤検知が多くなる。逆に条件を厳しくすると、誤検知は少なくなるが検出漏れが多くなる。しかし、本システムの段階的に警告表示をするというフィードバック手法は、仮に誤った検知をしても連続して誤った検知をしなければそれほどレイヤの透明度が低くなることはならず、ユーザに不快感を抱かせることは少ないと考える。

第6章 関連研究

6.1 危険防止を目的とする関連研究

スマートフォンを用いたユーザの“ながらスマートフォン”によって引き起こされる事故や転倒などの危険を防止する目的として、スマートフォンに内蔵されているセンサやカメラなどを用いてユーザに対して危険を知らせる研究が行われてきた。

米村ら [9] は、スマートフォンの歩行の際の加速度センサの値から街中のミクロな混雑度を推定し混雑度の推定処理の指針を示した。混雑度を推定することで、ユーザが移動をする際の危険性の低下が期待できる。本研究はスマートフォンの加速度センサを用いる点や、危険防止を焦点とする点で関連があるが、ユーザに対してのフィードバック手法が異なっている。

Majumder らの iPrevention[10] は、ユーザの転倒防止を対象とする研究である。スマートフォンの加速度センサとジャイロセンサからユーザの歩行パターンを検知し、異常なパターンを検知した場合はユーザに対して警告するといったシステムを開発した。本研究とはスマートフォンを用いた危険防止という点で関連しているが、警告表示に関して本システムはバックグラウンドでレイヤを用いた警告表示をするが、iPrevention はフォアグラウンドで開いているアプリケーション内で警告表示がなされるといったフィードバック手法が異なり、防止する対象である危険行動が異なっている。

David らの CrashAlert[11] は、歩行時のスマートフォン操作による危険防止を目的としているが、ユーザの行動を抑制するのではなく、ユーザに危険があることを警告することでユーザがスマートフォンを見たまま危険を回避できることを目的とする研究である。奥行きを検知することができる Kinect をタブレット端末にとりつけ、障害物が近づくとユーザに対して警告する。また、警告を表す赤色の四角形を画面の縁に表示することで、ユーザに危険性を伝えるフィードバックを行う。本研究とは、歩行時のスマートフォン操作による危険を回避する目的では関連しているが、端末に機器を取り付ける点、ユーザに対してのフィードバック手法や抑制ではなく支援というアプローチ手法という点で異なっている。

Wang らの WalkSafe[12] では、スマートフォンユーザの歩道での安全性の改善を目的とする研究である。システムは Android 端末のバックカメラから得られる画像を用いて画像認識から乗り物の接近を検知し、ユーザへと警告する。警告のフィードバックとして接近を検知した場合、ユーザへ音とスマートフォンのヴァイブレーションによって警告を行う。本研究とは、歩行時のスマートフォン操作での危険を防止するという点で関連しているが、フィードバック手法が異なる。

6.2 “ながらスマートフォン”の検知を目的とする関連研究

“ながらスマートフォン”を検知する目的の研究も多く行われてきた。

名坂ら [6] はスマートフォンの加速度センサとカメラ画像のオプティカルフローをユーザの歩行の検知に用いており、検出後は画面の電源を OFF にするフィードバックを行っていた。本研究は、加速度センサを用いて歩行を検知する点に関連しているが、本研究は“ながらスマートフォン”を抑止するためのフィードバック手法に焦点をあてたものであり、歩行を検知後のフィードバック手法に焦点を当てている。

小林ら [13] らは、携帯電話に搭載可能な加速度センサ、マイク、GPS を複合的に用いて、歩行や走行、自転車やバスの乗車中などの 7 状態を各種データの周波数特性を解析し推定する方式を提案した。「歩行／走行／その他」の 3 状態であればほぼ 100 % に近い推定精度が得られている。しかし周波数変換の際に過去一定時間のデータを必要とするため検出には一回あたり 30 秒を要する。本研究は歩行を検知するが、検知に約 6 秒間の過去データを用いるためほぼリアルタイムにユーザの歩行を検出する。

第7章 結論

本研究は，“ながらスマートフォン”を抑止する際のインタラクションに着目し，“ながらスマートフォン”を抑止するシステムの提案とその実装を行った。本システムはユーザの歩行を検知した場合、その検知の経過時間によって、スマートフォンの画面全体を覆う警告表示のレイヤの透明度を段階的に引き下げるという手法を用いた。また一定時間以上の歩行が検知された場合は、代替操作として音声読み上げを促し、ユーザがスマートフォンを見なくても情報を取得することができるような機能への切り替えをユーザに提示する。さらに、作成したシステムの設計に関するアンケート調査を行い、その調査結果から得た知見をもとに考察を行った。考察の結果、本システムの抑止手法について不快感が少なく“ながらスマートフォン”をやめようと思ったという好意的な結果が得られ、抑止として効果的であることがわかった。しかし、音声読み上げというフィードバック手法に関しては、テキストベースのコンテンツに対しては有効な手段であるが、そうでないコンテンツに対してのフィードバックとしては有効ではない手段であるという結果を得られ、一部のユーザに対しては有効であるが、全てのスマートフォンユーザを対象とした場合有効ではないフィードバック手法であるということがわかった。

今後は，“ながらスマートフォン”の検出精度の向上の他に音声読み上げフィードバックを他のフィードバック手法へ変更する。フィードバック手法が実際にどのような影響を与えるか、どのような感想を得られるかを再度被験者実験を行って確認し、それに伴うシステムの改善を行いたい。

謝辞

本論文を執筆するにあたり，指導教員である田中二郎教授をはじめ，三末和男准教授，高橋伸准教授，志築文太郎准教授および嵯峨智准教授にはゼミを通して，丁寧なご指導とご助言を頂きました．深く感謝の意を表します．NEC ビッグロープ(株)の神場知成先生には本論文や本研究について様々なご助言を頂きました．心より感謝申し上げます．また，インタラクティブ・プログラミング研究室の皆様には，実験への協力や研究に対するアドバイスを頂き大変お世話になりました．この場を借りてご協力を頂いた関係者の皆様に感謝いたします．最後に，大学生活を送る中で支えてくれた家族や，大学生活を共に過ごし様々な面でお世話になった友人，そして初音ミクさんにも感謝いたします．

参考文献

- [1] 株式会社インプレス R&D. ”スマートフォン / ケータイ利用動向調査 2013”.
<http://www.impressrd.jp/news/121120/kwp2013>,
(accessed December 22, 2013)
- [2] 道路交通法. <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S35/S35HO105.html>,
(accessed January 16, 2014)
- [3] 携帯操作で気付かず踏切進入？電車にはねられ男性死亡 東京・板橋 - MSN 産経ニュース.
<http://sankei.jp.msn.com/region/news/131017/ky13101711400002-n1.htm>,
(accessed January 16, 2014)
- [4] 朝日新聞デジタル：危険な「歩きスマホ」、ホーム転落やわいせつ被害も - 社会.
<http://www.asahi.com/national/update/0603/TKY201306030414.html>, (accessed January 16, 2014)
- [5] 報道発表資料：歩きスマホ防止の新たな取り組みについて — NTT ドコモ.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2013/12/03_00.html,
(accessed December 22, 2013)
- [6] 名坂康平, 加藤岳久, 西垣正勝: スマートフォン使用時の不注意による事故防止システムの提案, 情報処理学会研究報告. Vol.2012-CSEC-56, No.28, pp. 1-6, 2012
- [7] AquesTalk TTS - Google Play の Android アプリ.
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.a_quest.aquestalka&hl=ja,
(accessed December 26, 2013)
- [8] 池谷直紀, 菊池匡晃, 長健太, 服部正典: 3 軸加速度センサを用いた移動状況推定方式, 電子情報通信学会技術研究報告, USN, ユビキタス・センサネットワーク, Vol. 108, No. 238, pp. 75-80, 2008
- [9] 米村淳, 大岸智彦, 井戸上彰, 小花貞夫: スマートフォンを用いた人の混雑度推定手法の提案と評価, 情報処理学会研究報告. Vol.2013-MBL-67, No. 5, pp. 1-8, 2013
- [10] Majumder, Akm Jahangir Alam and Rahman, Farzana and Zerín, Ishmat and Ebel, Jr., William and Ahamed, Sheikh Iqbal: iPrevention: Towards a Novel Real-time Smartphone-based Fall

- Prevention System, SAC '13 Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Applied Computing, pp. 513-518, 2013
- [11] Hincapié-Ramos, Juan David and Irani, Pourang: CrashAlert: Enhancing Peripheral Alertness for Eyes-busy Mobile Interaction While Walking, CHI '13 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 3385-3388, 2013
- [12] Wang, Tianyu and Cardone, Giuseppe and Corradi, Antonio and Torresani, Lorenzo and Campbell, Andrew T: WalkSafe: A Pedestrian Safety App for Mobile Phone Users Who Walk and Talk While Crossing Roads, HotMobile '12 Proceedings of the Twelfth Workshop on Mobile Computing Systems & Applications, pp. 1-6, 2012
- [13] 小林亜令, 岩本健嗣, 西山智: 釈迦:携帯電話を用いたユーザ移動状態推定方式, 情報処理学会論文誌, vol.50, No.1, pp. 193-208, 2009