

QoE を低下させないスマートフォン歩きながら行動対策の実証実験

代表研究者 三 好 匠 芝浦工業大学 システム理工学部 教授
共同研究者 江 口 眞 人 NTT コミュニケーションズ カスタマサービス部

1 研究調査の概要

現在、スマートフォンの「歩きながら行動」が社会的な問題となっている。スマートフォンの普及により街のいたる所で歩きながらスマートフォンを操作しているユーザが増え、画面に熱中するあまり、駅構内等の通行量の多い場所では他の人にぶつかる等の事故が散見される。防止のための啓発活動が多く行われているにも関わらず、現在も数多くのユーザが歩きながら行動をしている。また、既存の歩きスマホ防止アプリもあまり使われていない状況がある。解決策の一つとして、使用中のスマートフォンの画面上になんらかの注意喚起を表示させることで、今以上に歩行中のユーザに顔を上げさせ、まわりの環境に注意をむけさせることが考えられる。本研究の目的は、スマートフォンの歩きながら行動の対処策を向上させるシステムを開発し、実証実験を行うことである。ユーザに利用意向度の高い、歩きスマホ注意喚起システムを提案するために、没入度と環境危険度という新たな概念を考察し、没入度と危険度が高い場合にのみユーザに対し注意喚起を行うシステムを構築した。そのためにインカメラによる没入度、ならびに、加速度センサ、超音波センサ、赤外線センサによる環境危険度を算出した。構築した提案システムを、従来システムであるNTTドコモのあんしんモード「歩きスマホ防止機能」アプリケーションと比較した結果、QoE(Quality of Experience)、有効性、利用満足度ならびに、利用意向度を向上させることができた。

2 歩きスマホの現状

2-1 歩きスマホとは

近年、スマートフォンの普及に伴い、スマートフォン・タブレット型端末の所有者が急激に増加している。スマートフォン所有者は、2012年では31.0%であったのに対して、2015年では69.2%と、日本人の約7割がスマートフォンを所有している結果となっている。この普及の背景には、アプリケーションの豊富さとスマートフォンの使いやすさが挙げられる。電話やメールはもとより、ゲームや動画、ニュースなど様々なサービス・コンテンツの利用が可能になっている。また、通信の発達により、SNS(Social networking service)を用いた情報の発信・収集が容易になっている。最近のスマートフォンでは、高画質な写真や動画の撮影が可能であり、手軽に発信できるコミュニケーションの場が広がっている。そしてスマートフォンの多機能性と利便性は、今後も向上していくと考えられ、スマートフォンの所有率も確かなペースで上昇していくと予想される。

スマートフォンの発達と普及は、利用者に多大な恩恵をもたらしているが、そこから生じる問題の一つとして「歩きスマホ」が挙げられる。歩きスマホとは、歩きながらスマートフォンを操作するユーザを指す呼称である。近年では、屋外や駅の構内で歩きスマホをするユーザが増加し、周囲の人や物との接触、駅のホームから転落するなどの問題が起きている。スマートフォンは使用場所や時間を問わず、リアルタイムに情報を取得することができるため、ユーザは歩きスマホ中も画面の内容に集中し、周辺環境への意識が散漫となっていると考えられる。歩きスマホの問題は、国内だけにとどまらず、海外でも同様に問題視されている。アメリカ合衆国・ニュージャージー州のフォートリーでは、歩きながらスマートフォンでメールをする行為を禁止する「歩きスマホ規制条例」が2012年に成立し、違反者には85ドルの罰金が科される[2]。以上のように、歩きスマホは、様々な事故・事件を引き起こす因子となり、危険を未然に防ぐための対策が必要である。

2-2 通信事業者の取組

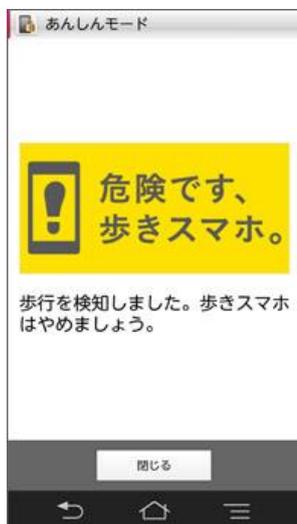
(1) 歩きスマホ啓発動画

NTTドコモはYouTubeの公式チャンネルにおいて「歩きスマホ参勤交代 / Samurai Smartphone Parade」を公開し、実際のデータを基に歩きスマホの危険性をコミカルに描いている。また、KDDIは阪神電気鉄道との共同企画として、「阪神×au 歩きスマホ防止キャンペーン」を展開している。公開されている啓発動画で

は、駅のホームで歩きスマホを行う利用者に対して、リアルタイムで歩きスマホを止めるように呼びかける様子が客観的に映っており、歩きスマホの危険性を伝えている。さらに、車内における啓発ポスターの掲示や、歩きスマホ防止を訴えるチラシを同封したポケットティッシュを配布するなど、多くの人の目に止まるように活動を実施している。

(2) 歩きスマホ防止アプリケーション

NTT ドコモは歩きスマホによる事故防止とマナー向上の取り組みとして、「歩きスマホ防止機能」サービスを提供している。これは、スマートフォンを見ながら歩くと、スマートフォンが歩行中であることを検知し、図 1 (1) に示すような警告画面を表示する。警告画面が表示されている間は、スマートフォンの操作が全くできなくなる。警告画面を消すためには、歩行を止めるか、画面の「閉じる」ボタンをタップする必要がある。また、ソフトバンクモバイルも歩きスマホ防止アプリケーションとして「STOP 歩きスマホ」を提供している。前述した NTT ドコモのサービスと同様に、歩行を検知すると、図 1(2) に示すような警告画面を表示する。歩行を止めるまでスマートフォンの操作を抑制し、利用者の安心・安全を目的としている。しかし、スマートフォンの操作が妨げられる利用者にとっては、通信サービスに対するユーザ体感品質(QoE: Quality of experience) が著しく低下するため、これらのサービスは受容されない傾向にあると考えられる。



(1) 歩きスマホ防止機能による警告画面



(2) STOP 歩きスマホによる警告画面

図 1 歩きスマホを防止するアプリケーションの動作

3 歩きスマホユーザに対するインタビューの実施

本研究ではまず、歩きスマホの実情を把握し、注意喚起に対するユーザの影響を明らかにする。そこで、恒常的に歩きスマホを行うユーザ(6名)を対象に、歩きスマホを行うことによる危険性、注意喚起の表示方法とその感じ方など、複数の質問に対してインタビューを実施した。調査結果から、歩きスマホ時には Twitter や Facebook, LINE などの SNS のほか、ゲーム、ニュース、時刻表などのアプリケーションが多く利用されていることが分かった。アプリケーションの普及により、リアルタイムに情報を発信・収集することができるため、歩きながらか否かに関わらず、多くのユーザは無意識的にスマートフォンを操作する習慣が身についていると考えられる。今回の調査では、被験者の全員が歩きスマホ時に危険を感じたことがあり、危険を未然に防ぐ対策が必要だという回答を得た。また、既存サービスを使っている被験者はおらず、スマートフォンの操作が不可能になる注意喚起表示は、危険度が高い場合には納得感が得られることが分かった。注意喚起に対するユーザの意見として、突然の注意喚起表示には対応できないという意見がある一方、危険度に応じて適切な注意喚起を実現して欲しいという意見が多数挙げられた。本調査より、危険度に応じた注意喚起は注意喚起表示アプリの利用意向の低下を抑える上で効果的であると考えられる。

4 従来研究

4-1 加速度センサと背面カメラを用いた歩きスマホの検出

文献[1]では、加速度センサを用いた歩数計測アルゴリズムと、背面カメラを用いたオプティカルフロー推定法を併用して、歩きスマホを検出している。歩数計測アルゴリズムは、スマートフォンの加速度センサから得られるデータを解析し、閾値以上の加速度が検出された場合に歩いていると判断する。しかし、ユーザは歩行時に無意識的にスマートフォンの揺れを腕で吸収しながら歩くため、加速度に対する閾値条件を緩くせざるを得ず、精度が下がる問題がある。そこで、スマートフォンの背面カメラを用いたオプティカルフロー推定法を併用している。カメラ画像中の輝度値が類似している画素を抽出し、その情報を解析して速度ベクトルを求め、物体の運動を推定することで検出の精度を高めている。また、歩きスマホの検出後は、スマートフォンの画面を OFF にする仕様を想定している。

4-2 加速度センサと地磁気センサを用いた歩きスマホの検出

文献[2]では、加速度センサと地磁気センサから歩行時の加速度やスマートフォンの傾きを取得し、決定木を用いることで歩きスマホの検出と、階段などの危険な場所でのスマートフォンの使用を判別している。本手法の概要を図 2(1)に示す。まず、歩いているか否かの判別のため、Y 軸方向、Z 軸方向の加速度の最大値とスマートフォンの傾きのデータを約 0.6 秒毎に取得する。これを 1 個の歩行データセットとし、歩行データセット毎に歩行の可能性を決定木を用いて推定している。同様に、使用場所の判別のため、Z 軸方向の加速度の分散値を 0.6 秒毎に取得する。これを 1 個の場所データセットとし、使用場所が平坦か階段かの可能性を決定木を用いて推定している。そして、図 2(2)に示すように、蓄積された歩行データセット n 個の内、 k 個以上が歩行の可能性である場合、歩きスマホであると判別する。さらに、歩きスマホが検出された場合、場所データセットから使用場所を判別する。実験結果では、歩きスマホの検出が 90%以上、使用場所の判別においても 80%以上と高い推定率で検出できることを示している。

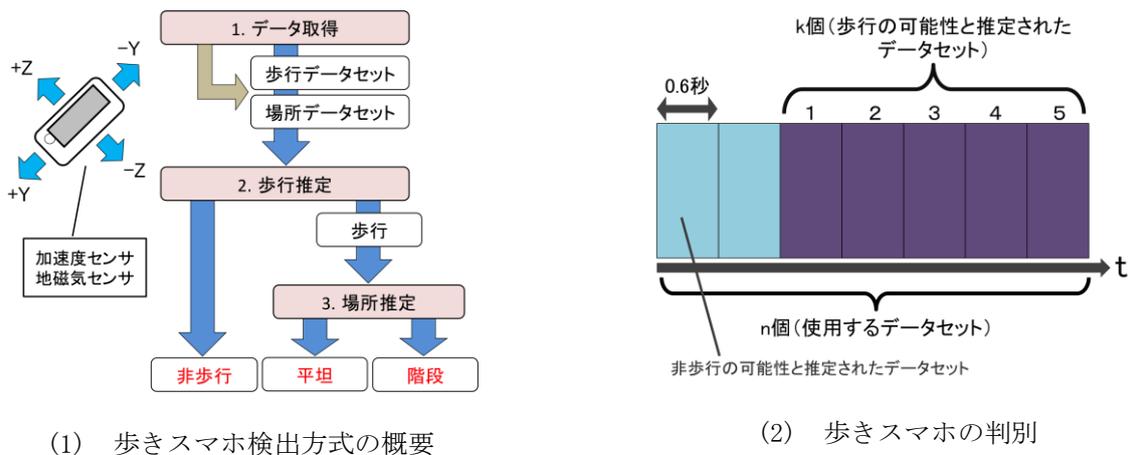


図 2 加速度センサと地磁気センサを用いた歩きスマホの検出 [2]

文献 [3] では、様々な注意喚起を実装し評価実験により、効果的な注意喚起方法を検討している。図 3 に検討されていた注意喚起の例を示す。注意喚起を 5 段階に分けて、徐々に注意喚起の図の不透明度を高くしていくことで、ユーザによって異なる注意喚起表示の価値観を統一化しつつ、歩行時間の長さによる危険度を考慮したシステムを実現している。また、テキスト読み上げ機能を使い、画面を見ることなく気になる記事をユーザに与えることで、よりユーザビリティを高めている。なお、このシステムでは、端末搭載の加速度センサによる歩行検知のみで注意喚起タイミングを決定している。



図3 注意喚起の例

4-3 従来研究の問題点

文献[1]では、加速度センサによる検知とオプティカルフローによる検知の両方が働かなければ、歩きスマホを検出することができない。さらに本手法では、輝度値の差が小さい路面では正確に検出できないため、夜間で明かりのない場所での歩行ではあまり活用できないと考えられる。また、人通りの少ない場所や平坦な場所などの危険でない場所でも、歩きスマホを検出すると画面がOFFになるため、ユーザにとってはシステムに対するユーザビリティが低い。

文献[2]では、平坦な場所や階段などの使用場所による危険性に対応することが可能となった。しかし、ユーザが画面から顔を上げ、周辺の状態を確認し安全性を保てると判断した場合にも、加速度センサが歩きスマホを検出し、スマートフォンの操作が抑制されてしまう。

これらの研究では、スマートフォンのセンサに依存し、歩きスマホとその環境の検出に主観を置いている。しかし、画面を注視しているか否かのユーザの状態は考慮されていない。また、検出後のユーザへの注意喚起方法についても、十分に検討されていない。さらに、周辺環境の危険性が考慮されていたとしても、周辺環境がユーザにとってどの程度危険なのかといった危険度までは考慮されていない。つまり、周辺環境がどのくらい危険なのかという指標が不明瞭なため、どんな環境でもユーザに対する注意喚起方法は同じになってしまう。そのため、危険でない環境においては注意喚起をせず、環境危険度が高い場合にのみ注意喚起をするべきである。

5 提案システム

歩きスマホにおける危険度はユーザ状態と周辺環境から考察する必要がある。提案システムでは没入度と環境危険度の二つの指標からユーザの状況に適した注意喚起を行う。

5-1 没入度検知アプリ

歩きスマホに対するユーザの危険度は、使用場所だけでなく、スマートフォンの画面への没入度合いや周辺環境への注意不足など、ユーザの状態にも起因すると考えられる。画面への注視時間が長いほど、ユーザの周辺への意識は散漫となり、危険度は上昇すると考えられる。一方、画面から顔を上げ、周囲の状態を確認することで、ユーザは周辺環境に対応することが可能となり、危険度は低下すると考えられる。特に危険意識の低いユーザは長時間、画面を注視する傾向があり、外発的に注意喚起を行う必要がある。

そこで、Android 端末を用いて、ユーザの画面への没入度を測定し、没入度に応じて歩きスマホに対する注意喚起を行うアプリを提案する。使用する端末はLG エレクトロニクス社のNexus5 SIM フリーモデルである。Android OS では、カメラ起動中に自動的に顔の場所を認識して、座標と認識率を返すAPIが実装されている。そこで、本システムではこのAPIを利用して顔認識を行い、認識率に応じて顔の向きを予測することでスマホ没入度を計測する。

まず、ユーザが画面を見ているか否かの注視状態を、スマートフォンに搭載されているインカメラを用いて判別する。ユーザが画面を見ている場合には、その画面への注視時間を測定し、没入度を定量化する。そして、没入度に応じて注意喚起を行うことで、今以上に歩行中のユーザに画面から顔を上げさせ、歩きスマホによるトラブルを未然に防ぐことを目的とする。注視状態の判別には、スマートフォンに搭載されている

インカメラから得られる動画像を用いて、ユーザの顔を認識する。Android では、カメラプレビュー画像から自動的に顔を認識して、その顔の認識値を取得する API が標準で実装されている。認識値は 1~100 の整数値で表され、100 に近いほど顔であるという信頼度が高く示される。本研究では、この API を利用して顔検知を行い、認識値の変化からユーザの画面への注視状態を判別する。提案手法の概要を図 4 に示す。

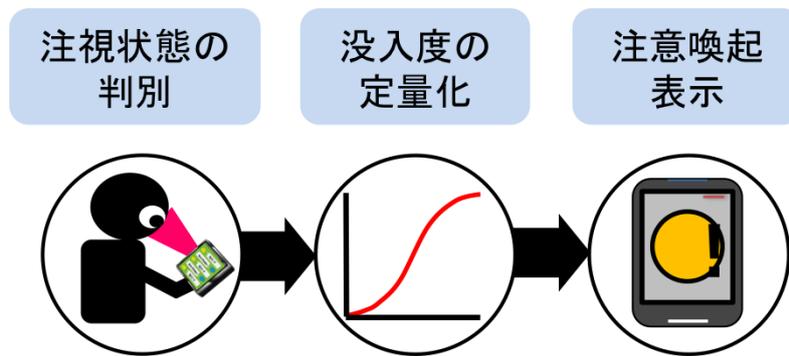


図 4 没入度検知アプリの概要

5-2 没入度の定量化

ユーザのスマートフォンへの没入度は、注視状態の継続時間に基づき決定する。しかし、ユーザによって画面を見ている時間や顔を上げるタイミングなどは異なるため、没入度は随時変化すると考えられる。そのため、常にユーザの状態を検知し、没入度を計測することでリアルタイムな処理を実現する。

ユーザの危険性は、画面への注視時間が長く続くほど高くなると考えられる。そこで、ユーザの歩きスマホに対する危険意識を調査するために、歩きスマホを行ったことがあるユーザ（27 名）を対象にヒアリング調査を行った。歩きスマホが行われる環境として、以下の 3 ケースを想定し、歩きスマホ時に画面を何秒間見続けていると危険であるのか、意見を聴取した。

- (1) 通勤／通学、もしくは外出先までの環境
(例：最寄駅までの道端、ショッピングモール)
- (2) 段差や階段、人混みが適度にあると考えられる環境
(例：駅のホームや改札、その他の道端)
- (3) 駅の通路や街中などの人が入り混じる環境
(例：通勤ラッシュ時の大宮駅、渋谷のスクランブル交差点)

調査結果より、歩きスマホに対するユーザの危険意識は、環境によって異なることが分かった。ケース 1 の通学路まで道程や一般的な街中では、3~5 秒間で危険であるという回答が多かった。一方、ケース 2 とケース 3 の環境下である人混みの多い場所では、1~2 秒で危険であるという回答が多く、危険意識が高いと考えられる。開発段階では没入度を定量化するケースとして 1 を想定した。

調査結果を用いた、各ケースにおける時間に対する累積危険意識度のグラフを図 5 に示す。図 5 のケース 1 のグラフを見ると、2~5 秒にかけて累積比率が上昇しており、27 名の回答者のうち 80% 以上から、歩きスマホ時に 5 秒以上の注視で危険であるという回答を得た。また、図 5 は、日常的にスマートフォンを操作するユーザから意見を聴取した、個々の主観による相対的なデータである。本研究では、歩きスマホにおける危険性をユーザのスマートフォンへの没入度と定義し、ケース 1 の累積危険意識度より没入度を定量化する。図 6 は、ケース 1 の調査結果を基に注視時間と累積危険意識の関係性をシグモイド曲線で近似したグラフである。提案システムでは、没入度を以下の式 (1) のように注視時間に対する増加関数として定義する。

$$y = \frac{100}{1 + e^{-0.967(x-3.896)}} \quad (1)$$

没入度は注視継続時間に基づき 0~100 の値で上昇する。また、ユーザが画面から顔を上げ、スマートフォンが非注視状態を検知した場合、ユーザは周辺の状態を確認し安全を担保したものと考え、注視継続時間を

0秒にリセットする。没入度は注視時間によって決定するため、注視継続時間が0秒になった場合、没入度は一旦0まで低下する。再度、ユーザが画面を見はじめると注視継続時間が測定され、式(1)から没入度として定量化される。

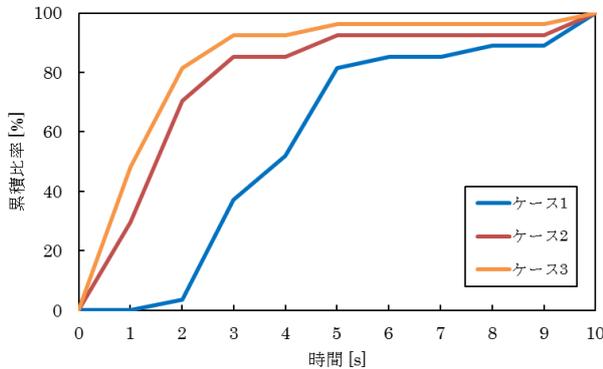


図5 各ケースに対する累積危険意識度

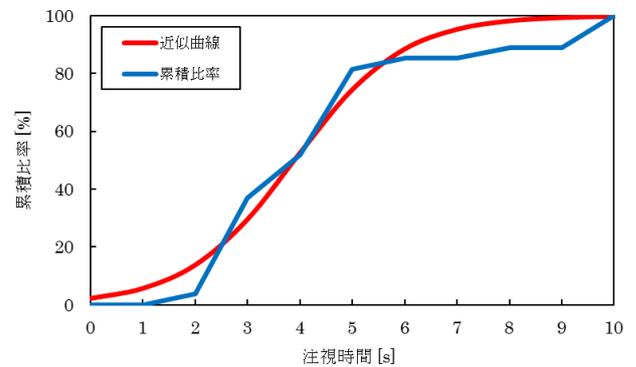


図6 累積比率と近似曲線

5-3 環境危険度検知システム

次に周辺環境の危険度に応じて歩きスマホに対する注意喚起を行うシステムを提案する。図7に提案システムの概要を示す。提案システムでは、端末搭載の加速度センサに加え、赤外線センサと超音波センサを使用する。加速度センサは歩行検知、赤外線センサは段差検知、超音波センサは障害物検知にそれぞれ用いる。周辺環境が安全か危険かを判断する材料として前方の段差の有無、前方の障害物の有無を用意した。

例えば、歩行している間、前方に段差も障害物もなければ、歩きスマホをしても危険な状況に陥るとは考えにくい。その場合、環境危険度が低いとし、注意喚起は行わない。また、前方に段差や障害物が存在しても、歩行していなければ危険ではないので、同じく、注意喚起を行わない。歩行をしていて、なおかつ前方に段差や障害物が存在して初めて注意喚起を行う。このように歩きスマホをしていて本当に危険な場合にのみ注意喚起を行うことで、利便性が高く、ユーザが受け入れやすいシステムを実現する。すなわち、提案システムでは、加速度センサによって歩行を検知している間、赤外線センサと超音波センサによって環境危険度を随時算出し、それに応じてユーザに適切な注意喚起を行う。



図7 環境危険度検知システムの概要

(1) 歩行検知

歩行検知には加速度センサを用いる。人は、歩行時に加速度の増加と減少を繰り返している。文献[4]では、加速度の最大値あるいは最小値が一定の値域帯を超え、かつ加速度の最大値と最小値の検出間隔が一定時間内の場合に歩行中として認識し、歩行検知する手法を提案している。この手法の概要図を図8に示す。実験結果から、この手法は精度の高い歩行検知を行えることが確認されているため、提案システム内の歩行

検知にて用いることにした。

加速度の閾値を設定するために、加速度変化のパターンを 19 人から取得して教師データとし、加速度の最大値と最小値の 95% を閾値として歩行検知を行う。2 秒間に 5 歩分の歩行が検知された場合を歩行中と判断し、それ以外を停止状態と判断する。歩行検知状態を x で表し、歩行状態を $x = 1$ 、停止状態を $x = 0$ とする。なお、手に持ったスマートフォンは傾きが頻繁に変化するため、3 軸の加速度を個別に測定するのではなく、合成加速度を用いる。

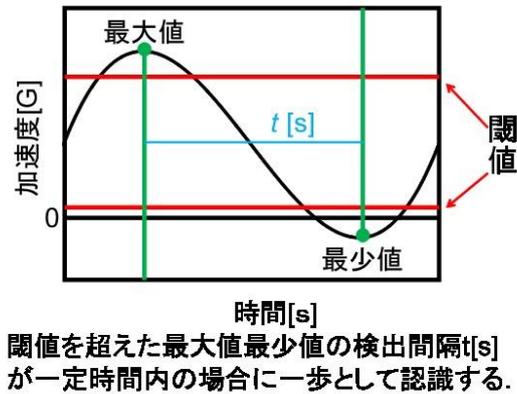


図 8 加速度センサ値から歩行を検知する手法

(2) 環境危険度検知 1 : 段差検知

段差検知には赤外線センサを用いる。提案システムに使用した赤外線センサ、SHARP 社の GP2Y0A710K0F を図 9 に示す。赤外線を受光素子として光位置センサを使用し、非接触で距離を 80cm から 550cm まで測定することができる。スマートフォンから床面に対し斜めに赤外線を照射することで、前方の段差を検知する。当初の予定では、超音波センサを用いる予定だったが、超音波センサを床面に対し、斜めに搭載した場合、送信波が床面で全反射してしまい、受信波が返ってこないため断念した。段差検知の様子を図 10 に示す。段差のない平地で取得できるセンサ値を閾値として設定し、閾値から 15cm 以上変化した場合に段差として認識する。段差検知状態を y とし、段差を検知すると $y = 1$ 、それ以外を $y = 0$ とする。なお、ユーザによってスマートフォンを持つ高さが異なるため、閾値の設定はシステム使用開始時ユーザごとに行う必要がある。



図 9 SHARP 社の GP2Y0A710K



図 10 段差検知の様子

(3) 環境危険度検知 2 : 障害物検知

障害物検知には超音波センサを用いる。超音波センサが障害物を正確に検知できる範囲は限られている。今回、提案システムで使用した DFRobot 社の超音波センサ、srf02 を図 11 に示す。この超音波センサの測定限界を知るべく、測定実験を行った。超音波センサを取り付けた機器から距離を 50cm から 400cm まで 50cm ごとに人を立たせて測定をし、センサの精度を検証した。また、スペック上はセンサから斜めの物体に対しても反応すると記述してあったため、左右それぞれ 30 度まで 5 度ずつ検証した。測定実験結果を図 12 に示

す。超音波センサは 1 秒に測定値を 10 回返す。そこで、各測定地点にて 5 秒間測定し、得られた 50 個の測定値が実際の距離の±5%の範囲内、つまり近い値を出しているか否かで精度を測った。

一方、実験結果から、センサ 1 個では、歩きスマホ中のユーザの肩が衝突すると予想される障害物を正確に検知することができないと判断し、問題を解決するため図 13 のように超音波センサを 2 個それぞれ左右に 15 度傾けて搭載することで、ユーザと肩のぶつかりが予想される障害物を正確に検知する。また、センサ 2 個においても同様に測定実験を行った。その結果を図 14 に示す。この結果は先述の問題を解決するのに十分な結果である。

歩きスマホ中のユーザにとって、前方に存在する障害物との距離が短くなった場合、危険となる。もしユーザが障害物の接近に気づいていない場合、回避行動を行わないため、障害物との距離は徐々に近くなる。提案システムでは、0.5 秒毎にユーザと障害物との距離の変化量 Δd を算出し、ユーザが障害物に接近した距離を推定する。障害物検知状態を z とし、式 (2) により算出する。なお、障害物を検知していない場合には距離変化がないので $z = 0$ となる。また、障害物が遠ざかっていく場合には $z < 0$ となるが、他の状態値に影響を及ぼさないために $z = 0$ にする。

$$z = \left\{ -\frac{\Delta d[m]}{0.5[s]}, 0 \right\} \quad (2)$$



図 11 DFRobot 社の srf02

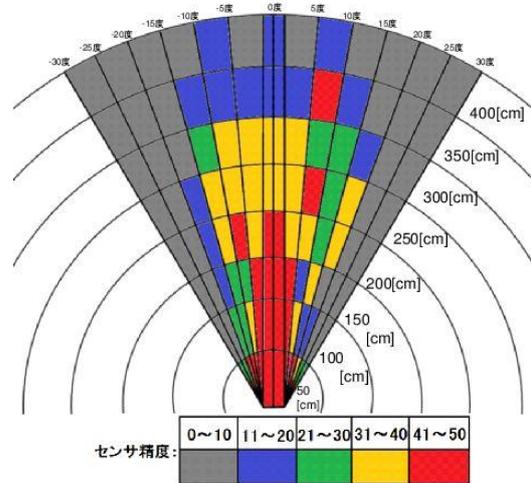


図 12 超音波センサ 1 個での測定実験結果

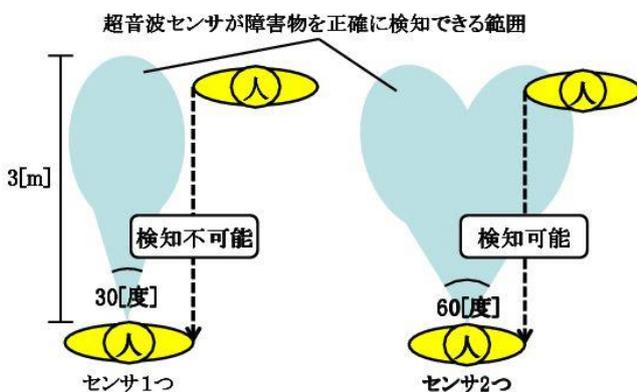


図 13 超音波センサの搭載数による検知範囲の違い

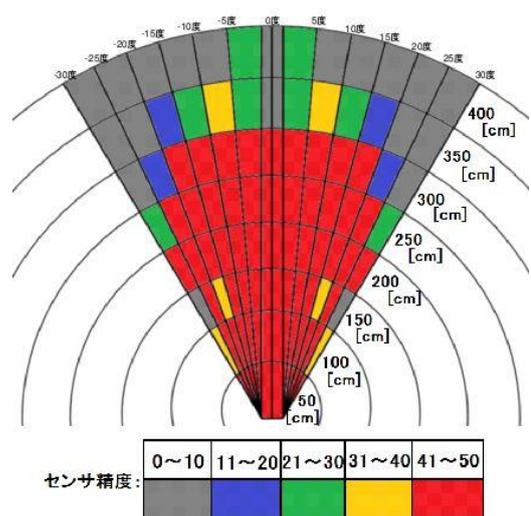


図 14 超音波センサ 2 個での測定実験結果

5-4 環境危険度検知システムの実現

赤外線センサは図 9 に示した SHARP 社の GP2Y0A710K0F, 超音波センサは図 11 に示した DFRobot 社の srf02 を使用している。この二つに関しては端末に搭載されていないセンサなので、制御回路を用意する必要がある。これには、図 15 に示す Arduino プロジェクトが開発した Arduino Pro Mini を使用する。使用する Android 端末は LG エレクトロニクス社の Nexus5 SIM フリーモデルで、加速度センサもこの端末搭載のものを使用する。

図 16 に開発した実験機器を示す。Arduino Pro Mini に書き込んだプログラムにより、赤外線センサと超音波センサからデータを取得した後、Bluetooth 通信を用いて Android 端末に送信する。Android 端末内に開発したアプリケーションをインストールし、送信されてきたデータをそのアプリケーションで処理する。アプリケーション上で環境危険度を随時算出し、環境危険度が高い場合に、ユーザに対し注意喚起を行うようにシステムを実装した。また、センサを搭載するために、専用のスマートフォンケースを 3D プリンタにて製作した。

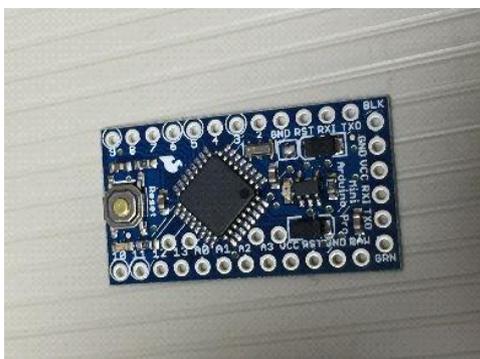


図 15 制御回路 Arduino Pro Mini

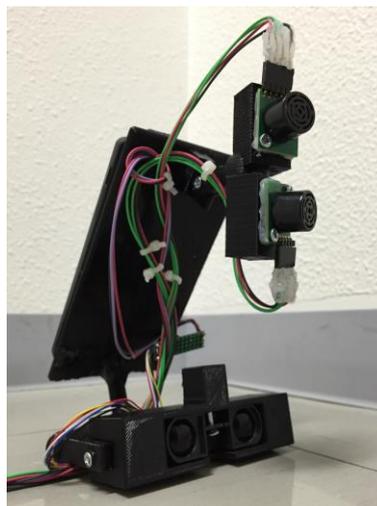


図 16 開発した実験機器

5-5 提案システム

(1) 提案システムの作成

没入度検知アプリと環境危険度検知システムの統合化し、提案システムを作成した。図 17 に提案システムの概要、図 18 に提案システムの設計図を示す。



図 17 提案システムの概要

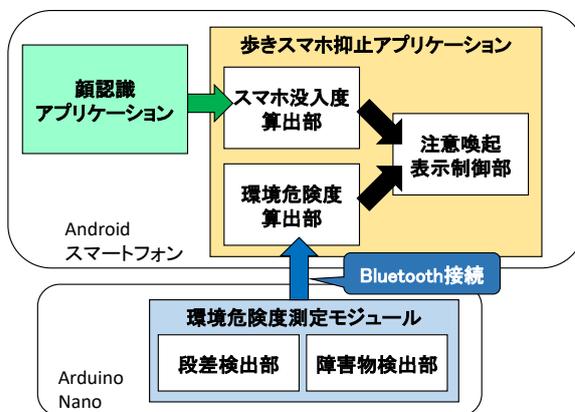


図 18 提案システムの設計図

提案システムは、開発した実験機器の専用のスマートフォンケース（図 16 参照）に、5-1 で述べた没入度検知アプリと 5-3 で述べた環境危険度検知システムを搭載した Android 端末（LG エレクトロニクス社の Nexus5 SIM フリーモデル）を装填して実験に使用する。

(2) 提案システムの注意喚起の表示条件

没入度検知アプリと環境危険度検知システムの統合化に際し、注意喚起の表示条件を新たに決める必要があった。さらに、提案システムの注意喚起は、より効果を高めるために、表示される間は、画面が振動する仕様を加えた。

提案システムで注意喚起を表示し、かつ画面を振動させる条件は以下の式 (3) のとおりである。

$$\text{【加速度センサ検知】 and 【没入度検知（没入時間 1 秒以上）】 and 【(超音波センサ検知（障害物までの距離 3m以内） or (赤外線センサ検知（段差までの距離 1m以内）】 \quad (3)$$

ここで、没入度センサ検知の条件は没入時間 1 秒以上したのは、事前実験の結果、5-2 で述べた没入度の定量化において、ケース 3（図 5 参照）を想定した方が、将来の実用化を考慮した場合、より実用性が高くなると判断したからである。

一方、提案システムで注意喚起を消し、かつ画面の振動を停止させる条件は以下の式 (4) のとおりである。

$$\text{【加速度センサ未検知】 or 【没入度未検知】 or 【超音波センサ未検知】 or 【赤外線センサ未検知】 \quad (4)$$

ここで、提案システムの注意喚起表示を図 19 に示す。図 19 のように、障害物検知や段差検知の種類や方向に基づいて、注意喚起を矢印で表示するシステムとしている。



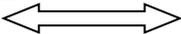
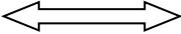
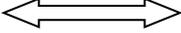
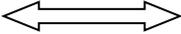
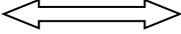
(1) 左側の超音波センサで障害物を検知
 (2) 左右の超音波センサで障害物を検知
 (3) 右側の超音波センサで障害物を検知
 (4) 赤外線センサで段差を検知

図 19 提案システムにおける注意喚起の表示方法

6 評価実験

6-1 実験方法

従来システムと提案システムを比較するため、44 人の被験者に対して評価実験を実施した。被験者の内訳は、男性 39 人、女性 5 人で、年齢は 18 才から 24 才、有効回答数は 38 人であった。従来システムは、NTT ドコモが提供しているあんしんモードの「歩きスマホ防止機能」アプリケーションを使用した。被験者は、

- Q7 注意喚起表示方法の適切さ
0 適切でない  100 適切である
- Q8 注意喚起表示は危険回避にどの程度有効か
0 有効でない  100 有効である
- Q9 注意喚起表示が出たときに画面から目をそらしたり、周囲を確認しようと思ったか
0 思わなかった  100 思った
- Q10 注意喚起表示アプリケーションの利用満足度
0 不満足  100 満足
- Q11 注意喚起表示の出た後に歩きスマホしている満足度
0 不満足  100 満足
- Q12 注意喚起表示アプリケーションを利用しようと思ったか
0 思わなかった  100 思った

評価は、専用の評価入力アプリケーションを使用し、Q1 はドロップダウンリストから選択する。Q2, Q3, 及び Q5～Q12 の評価項目における評価はシークバーを用いて入力する。評価値は、最小値 0 から最大値 100 までの整数値で表される。Q4 はラジオボタンで選択する。全項目を入力後、評価記録ボタンをタップすることで、スマートフォンの内部ストレージに CSV ファイルとして評価データが記録される。なお、前述の 44 人の被験者に対して有効回答数が 38 人となったのは、Q4 で一度も注意喚起表示が出なかった被験者を除いたためである。

6-3 実験結果と考察

従来システムと提案システムの実験結果を、利用意向に関連すると考えられる設問を選択し図 22 に示す。図より、Q5 注意喚起の不快感 (QoE) (注：値が高い方が不快ではない。), Q8 注意喚起の有効性, Q9 歩きスマホの中断具合, Q10 利用満足度, Q12 利用意向度において、提案システムの方が評価が良いことが分かる。Q6 注意喚起表示が出るタイミングの適切さ, Q7 注意喚起方法の適切さは、従来システムの方が高いが、結果として、QoE, 有効性, 利用満足度, ならびに利用意向度が、従来システムと比べて向上している。

注意喚起表示は、従来システムでは歩いているのにも関わらず、5 人の被験者に関して注意喚起が 1 度も表示されなかった。ユーザによって歩き方は異なり、歩行時にスマートフォンの揺れを腕で吸収しながら歩くと、加速度センサのみで検知している従来システムではうまく表示されないと考えられる。表示されなければ歩きスマホ防止には意味をなさない。一方、提案システムは、没入度、歩行、環境危険度 (段差、障害物) で検知しているので、注意喚起が 1 度も表示されないのは 1 人の被験者のみであった。

従来システムは注意喚起表示を消す方法として、歩行停止を検知するか、画面上の閉じるボタンをタップする必要がある。また、表示を消しても歩きスマホを行っている間は、定期的に注意喚起が表示されるため、その度にユーザはスマートフォンの操作が抑制される。一方、提案システムでは、歩行停止しなくても、画面から顔を上げることで、注意喚起表示を消すことが可能であるため、歩きスマホしている状態を中断し、周囲に安全を配ることができる。このため提案システムの方が高い利用意向度を持つ結果になったと考えられる。

比較実験結果

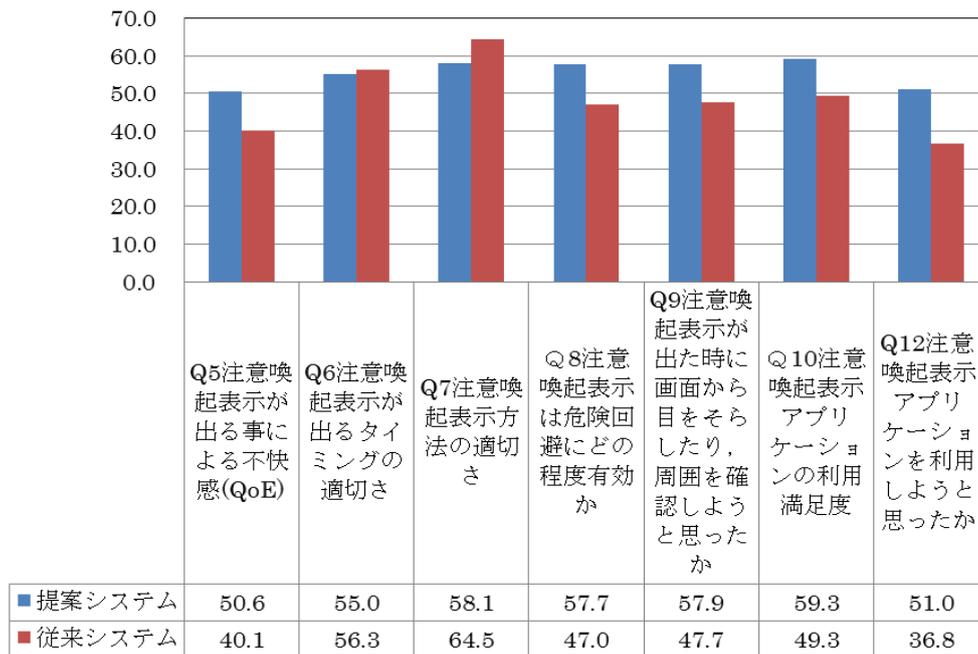


図 22 比較実験結果

7 結論と今後の展望

歩きスマホを検出して危険回避を促す従来システムでは、歩きスマホの検出に主眼を置いており、ユーザーの状態は考慮されていないため、ユーザーの利用につながっていないことが指摘されている。本研究では、インカメラによる没入度、ならびに、加速度センサ、超音波センサ、赤外線センサによる環境危険度を算出し、没入度と危険度が高い場合のみユーザーに対し注意喚起を行うシステムを提案した。開発した提案システムに対し評価実験を行い、そこから得られたアンケート結果より、QoE、有効性、利用満足度、利用意向度に関して、提案システムの方が、従来システムより良い評価を得られ、システムの有用性が高いことが示された。

今後の課題として、注視状態の判別の精度向上や、各種センサの検知の感度の向上がある。本研究では、Android に標準で実装されている顔認識 API を用いて、注視状態を判別している。しかし、スマートフォンを持つ傾きや眼鏡の有無などは、ユーザーによって異なるため対応が難しい。そのため、今後はユーザーの顔ではなく視線に着目し、カメラプレビュー画像からユーザーの目を検出することで、注視状態をより精度よく判別できると考えられる。また、今回の評価実験では、段差検知が遅いという意見が多かった。実験当初は、注意喚起がでるタイミングの適切さは加速度センサのみを使用している従来方式よりも提案方式の方が良い結果が出ると期待していたが、結果は反対であった。この問題点を踏まえ、各種センサの検知の感度のさらなる改善を行う必要がある。

【参考文献】

- [1] 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-DPS150, Feb. 2012.
- [2] 澤野敬斗, 秋穂 崇, 新津善弘, “スマートフォン搭載センサを用いた「ながら歩き」検出方式,” 第 18 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, p. 124, March 2013.
- [3] 根岸 匠, 田中二郎, 神場知成, “ながらスマートフォン抑止システムの開発,” 情報処理学会第 76 回全国大会, pp. 301-302, March 2014.
- [4] 岡本幸大, 鷺見海王, 榎田喬介, 中野倫明, 渡邊 晃, 山田宗男, “スマートフォンにおける歩行なが

ら状態検出手法の提案,” DICOM02013, pp. 1483-1486, July 2014.

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
没入度を考慮した歩きスマホ注意喚起システム	2016年電子情報通信学会 総合大会	2016年3月
環境危険度を考慮した歩きスマホ注意喚起システム	2016年電子情報通信学会 総合大会	2016年3月