

距離画像センサを用いた安全“歩きスマホ”システムの提案

児玉 翔^{1,a)} 榎堀 優^{2,b)} 間瀬 健二^{2,c)}

概要: 歩行時にスマートフォンを操作していたために起こる事故、いわゆる“歩きスマホ”の事故が増加している。また、“歩きスマホ”が危険であると認識しているにもかかわらず、止めることが出来ない人が存在することも実態調査によって確認されている。“歩きスマホ”を行いながらも周囲の危険情報を認識システムを提案することで、歩行事故を減少させることも一つの解法であると考えられる。そこで本論文では、距離画像センサを用いてスマートフォン画面上部に周囲の危険度をオーバーレイ表示する安全“歩きスマホ”システムを提案し、そのシステムの問題点を把握するためのアンケート調査を行った。アンケート結果ではスマートフォン操作への影響は少ないながらも危険通知方法などに改善すべき点が存在することを確認した。

Proposal of Safe-Walking Support System for “Texting While Walking” Using a Time-of-Flight Range Image Sensor

KODAMA SHO^{1,a)} ENOKIBORI YU^{2,b)} MASE KENJI^{2,c)}

Abstract: Accidents occurred during “Texting while walking” are increasing. Most people understand “Texting while walking” is risky and have to be stopped; however, not a few people continue does that. If eradication of “Texting while walking” is difficult, developing a safe-walking support system is an alternative way to reduce accident risk of “Texting while walking”. In this paper, we propose a prototype of such safe-walking support system. Our prototype measures crush risk around users with time-of-flight based depth sensor and show the risk as a color-bar overlaid for top-side of smartphone screen. By experiment and questionnaire, our prototype succeeded to notice increase of risk without big obstruction for smartphone operation; however, there are several points have to be improved, such as risk notification design.

1. はじめに

歩行しながらスマートフォンを操作することに起因する事故、いわゆる「歩きスマホ」が問題視されている。東京都消防庁の調査 [1] によるとスマートフォン操作中による事故で救急搬送された人の数は平成 22 年の 23 人を初めとして平成 25 年では 36 人となり、延べ 122 人と年々増加している。事故の中には駅構内のプラットホームへの転落など重大事故も含まれる。NTTdocomo による歩きスマホ危

険啓発動画 [2] によると、スマートフォン操作中における歩行時の視野は通常歩行時の視野に比べて約 1/20 になるほか、物体を認識する為にはその物体の 1.5m 以内まで近づかなければならないと報告されている。また、MMD 研究所によって行われた「歩きスマホ」に関する実態調査 [3] では、歩きスマホをした事がある人のうち約 20%が「歩きスマホが原因でけがをした事がある。」と回答している。一方で、歩きスマホに関する意識調査では、歩きスマホが「危ない」または「やや危ない」と答えた人が全体の 87.7%に上る一方で歩きスマホを「日常的」または「時々」行う人の割合は 32.3%にのぼる。年代別に見ると 20 代で 56.3%と半数以上が歩きスマホをしているという結果が示されている。このように危険と認識していても継続している実態がある。これは、利便性や必要性の裏返しでは無いかと推測され、「歩きスマホ」の根絶は難しいものと考えられる。

¹ 名古屋大学工学部電気電子・情報工学科
Department of Information Engineering, School of Engineering, Nagoya University

² 名古屋大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nagoya University

a) kodama@cmc.ss.is.nagoya-u.ac.jp

b) enokibori@is.nagoya-u.ac.jp

c) mase@nagoya-u.jp

そこで我々は、システムが周囲の状況を把握してユーザに危険度を通知することで、安全な歩きスマホを可能とするシステムを開発している。本論文では、上記のプロトタイプシステムについて、その構成と試用結果について述べる。

2. 関連研究

Wang ら [4] は歩行時の周辺情報を認識して注意喚起を行う為に携帯電話の背面カメラを利用し、取得された周囲の画像データから移動車両などの予め学習された危険を検出している。Klaus ら [5] はスマートフォン操作中に歩行者が転倒することを防ぐためにスマートフォンの背面カメラを利用して足下の障害物や段差などを認識、追跡し歩行経路上に接近した時に警告を行っている。En ら [6] はスマートフォン操作中に歩行者が段差やプラットホームなどから落下することを防ぐためにスマートフォンのカメラを用いて、撮影画像からカラーヒストグラムを作成し、これを用いて障害物の存在しない床面を歩行可能領域として選定している。

また、歩行支援システムの先行研究には、ステレオカメラや LRF (Laser Range Finder) などといった様々なセンサを用いて開発が行われている。嶋岡ら [7] はステレオカメラを用いて移動可能領域の検知を行っている。後藤ら [8] は LRF を用いて歩行者の足下の障害物や段差を検知し、音で注意喚起をするシステムを構築した。

これらの安全歩行支援に関する多くの研究では、障害物によって「転ぶ」ことや段差などから「落ちる」ことに焦点を当てている。しかし、実際の事故のうち最大の割合をしめる人と人やモノとが「ぶつかる」ことの防止に注力がなされていない。

周囲の歩行者への衝突に焦点を当てた研究には Juan ら [9] による CrashAlert がある。この研究では、Kinect を用いて前方の映像を画面上部に移し出し、オブジェクトの位置にマーキングを行う事によって障害物の方向を提示している。

3. 安全歩行支援システムの構成

事前実験では、「歩きスマホ」を行っている際、周囲の歩行者との衝突リスクが高くなることが指摘された。

そこで本研究では、ユーザが「歩きスマホ」を行っている時、周囲の状況をセンサで監視し、衝突の危険が迫ったときに、スマートフォン端末上に危険の方向と距離を提示することでユーザに危険を通知するシステムを提案する。

システム概要図を図 1 に示す。本システムでは、ユーザの周囲へ接近するの障害物の距離と方向をスマートフォン上部にある危険度表示領域に表示する。ユーザから近接物体までの距離に従って、青（近接物体なし）から赤（至近距離）まで変化し、ユーザと近接物体の方向に従って危険

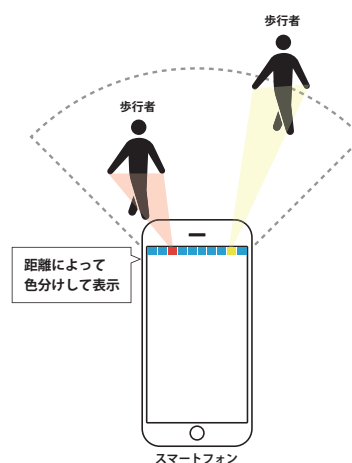


図 1 システム概要図

Fig. 1 System Overview



図 2 オーバーレイ動作時の端末上の画面

Fig. 2 Screen at the time of overlay operations

度表示領域の変色箇所が変化する。また、本システムは既存のスマートフォンの機能を損なわない事を条件とし、他のアプリケーション動作時にも危険度の通知を行うため、通知方法にはオーバーレイ方式を採用する。実際のスマートフォンでのシステム動作時画面を図 2 に示す。

4. プロトタイプの実装

本システムは、周囲の障害物を認識するためのセンサと Android 端末上で動作するアプリケーションによって構成され、センサによって得られた周囲の障害物情報をアプリケーション上で表示する。

4.1 距離画像センサによる周辺危険度把握

本システムでは、衝突の危険がある障害物までの距離を求める必要があるため、障害物までの距離を測定できる距離画像センサを用いた。距離画像センサは、レーザー光を被写体に照射し、照射したレーザー光が被写体とセンサの間を往復するのにかかる時間から、距離とレーザー光が反射した場所を計測し、被写体を点群データとして立体的に



図 3 CamBoard pico flexx の外観
Fig. 3 Appearance of CamBoard pico flexx

撮影することができる。

距離画像センサの代表例には Kinect があるが本システムでは小型で軽量の CamBoard pico flexx を用いることとした。センサの外観を図 3 に、詳細なスペックを表 1 に示す。本機は最大 4.0[m] 先まで測定可能な距離画像センサである。歩行時の平均速度は 1.32[m/s] であることから [10] 互いに接近する歩行者の場合であっても少なくとも衝突 1 秒前までに警告を出せるためセンサの精度としては十分だと思われる。

今回のプロトタイプ実装では、図 4 のように、距離画像センサを腰部の身体全面に地面と垂直になるように装着し、地面と水平方向に全面を撮影できるようにした。センサは危険度算出を行うサーバプログラムが起動しているノートパソコンと USB で接続し、ノートパソコンはリュックサックに入れて、背面に装着した。将来的な実装ではセンサをスマートフォンケースに装着出来るようにしてサーバを介さずに直接接続できるようにする。

距離画像センサで測定した点群データは接続されたサーバに送られ、サーバで危険度算出処理を行った後に、クライアントである Android 端末へ送信した。サーバとクライアントの接続には Wi-Fi を用い、スマートフォンのテザリング機能をルータとして用いた。

4.2 3 次元点群データの 2 次元距離画像データへの変換

本節では、歩行者の周囲の危険度算出を行う前処理として 3 次元点群データから 2 次元距離画像データへの変換方法について説明する。距離画像データへの変換には点群データを 2 次元平面に射影する方法を用いる。射影するスクリーンはカメラの前方 6[m] に設定しスクリーンの中心を原点 $(x, y, z) = (0, 0, 6.0)$ とし、大きさは縦横ともに 6[m] とした。その後、式 (1) - (3) を用いて点群データ (x, y, z) からスクリーン上に射影された点 (x', y', z') への変換を行う。変換したデータには式 (4) で算出した原点からスク

表 1 CamBoard pico flexx 性能表

Table 1 Performance table of CamBoard pico flexx

項目	性能
外寸	68 × 17 × 7.25[mm]
測定範囲	0.1 ~ 4.0[m]
距離画像センサ	IRS1145C Infineon(R)
フレームレート	5-45[fps] (3D frames)
1 フレーム取得時間	4.8-30[ms]
消費電力	300[mW]
解像度	224 × 171[px]
視野角	62 ° × 45 °
深さ分解能	1.0-2.0[% of distance]



図 4 センサの取り付け状態
Fig. 4 Mounting state of the sensor

リーンまでの 0 ~ 1 に正規化された距離データ w での紐付けを行う。

$$x' = \frac{x}{z} \times 6.0 \quad (1)$$

$$y' = \frac{y}{z} \times 6.0 \quad (2)$$

$$z' = 6.0 \quad (3)$$

$$w = \frac{6.0}{z} \quad (4)$$

次に、スクリーンを 120 × 120 の領域に分割し各点群のスクリーン上での位置に対応する領域に w を代入する。このとき同じ領域に複数の点群が対応した場合は、より原点に近い方を採用する。点群が対応しなかった領域には $w = 1$ を代入する。図 5 は、生成した距離画像を近い方を 0 として 256 段階グレースケールで表した画像である。

4.3 2 次元距離画像からの危険度算出

前節で得られた 120 × 120 の領域に分割された距離画像データをもとに危険度算出を行う。歩行者からの方向別の危険度算出を行うため画像データを図 6 のように縦方向に 10 分割し、分割された各領域に対して危険度の算出を行



図 5 生成された 120 × 120 距離画像
Fig. 5 Generated 120 × 120 distance image



図 7 実験風景
Fig. 7 Experimental landscape

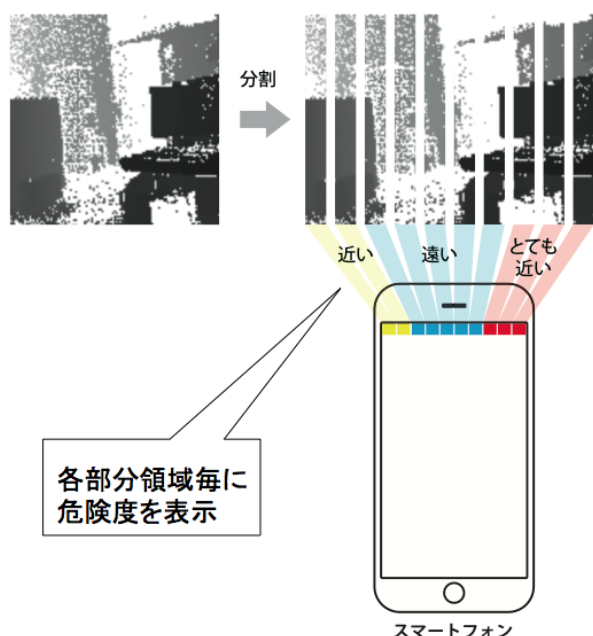


図 6 距離画像データの分割
Fig. 6 Division of the distance image data

う．危険度の算出には各部分領域の要素 12×120 の中に格納されている距離値の合計を用いる．各部分領域に格納された w の合計値を算出し，その値に応じて 10 段階で危険度を算出する．

5. システム評価実験

5.1 実験内容

2 人の被験者にシステム補助のある歩きスマホを体験して貰い，本システムの問題点を把握するためにアンケート調査を実施した．実施場所は名古屋大学東山キャンパス内で図 8 に示すルートで本システムを利用し歩きスマホを行ってもらった．端末は Nexus9 を用いた．アンケート項目は次の通りである．実験中のスマートフォン操作ではウェブサイトの閲覧やその他アプリケーションの使用など



図 8 実験時歩行ルート
Fig. 8 Walking route during experiment

自由にスマートフォン操作を行ってもらった．アンケート項目は次の通りである．

- (1) 衝突回避の有用さ
- (2) 危険度通知の妥当性
- (3) スマートフォン操作への影響
- (4) センサのつけ心地
- (5) 自由記述欄

実際に用いたアンケート用紙を図 9 に示す．各アンケート項目は各自が想定しうる最悪の場合と最高の場合を両端にするように教示したラインスケールである．各項目の最も当てはまると思った位置に印を付けてもらい，左端から印までの距離を用いて，左端を 0，右端を 1 とした評価値を構築した．

5.2 実験結果

項目 1～3 の結果を表 2 に示す．また，自由記述式のアンケートでは以下のような意見が得られた．

- 画面に集中している場合，危険度通知が見にくく気づかない場合がある．
- タブレットを下げたときにセンサがタブレットを障害物と認識してしまう場合がある．
- 危険度通知で赤，黄，水色等があったがどの色がどのくらい危険かわかりにくい．

安全歩行支援システムアンケート調査

・ 年齢を教えてください

・ 衝突回避の有用さ

・ 危険度通知の妥当性

・ 通常のスマートフォン操作への影響

・ センサのつけ心地

・ その他なにかあれば

図 9 アンケート用紙
Fig. 9 Questionnaire

表 2 アンケート結果
Table 2 Questionnaire result

被験者	アンケート項目			
	(1)	(2)	(3)	(4)
A	0.11	0.17	0.50	0.50
B	0.36	0.15	0.92	0.16
平均	0.24	0.16	0.71	0.33

(1) 衝突回避の有用さ, (2) 危険度通知の妥当性, (3) スマートフォン操作への影響, (4) センサのつけ心地

- ・ スマートフォン操作への影響はほとんど無いが、危険度が高い時はもっと目立たせた方が良い。
- ・ どの方向に対象危険物があるかがわかりにくい。
- ・ 回避行動をするべきなのか、そうでないのかわからないと操作に手がつかない。

5.3 考察

危険度通知の妥当性が実施したアンケート項目のうち最も低かったが、自由記述欄のコメントに対象危険物の方向がわかりにくいことや画面集中時に危険度通知に気づかない場合があるとの指摘があった。この点に関しては現段階での危険度通知に加え、特に危険であると判断された時にはスマートフォンのバイブレーション機能などを用いて通知することや危険の方向へのポップアップ表示を行うことなどで改善が図れるのではないかと考えられる。

衝突回避の有用さの結果が次点で低かった。これは、回避行動をすべきなのかがわかりにくいとの指摘から危険度



図 10 認識困難なポール

Fig. 10 A pole for which recognition is difficult

通知方法による問題がこの項目の結果にも現れていると考えられる。また、センサにスマートフォンやユーザの衣服などが反応してしまうことが指摘されているように、センサの取り付け位置の改善やセンサに写ったスマートフォンや衣服を除外するアルゴリズムの実装を行うべきと考えられる。

一方、スマートフォン操作への影響は他の項目と比較して高い評価であった。これは危険度通知の表示が現状では操作に影響がないことを表していると思われる。しかしながら、操作への影響は少ないながらも危険度通知自体が見にくいのでは本末転倒であるので危険度通知のわかりやすさと操作への影響のバランスは見直しが必要と考えられる。

センサのつけ心地に関しては、アンケート結果からユーザを満足させる結果であったとはいいがたいものであり、改善が必要と思われる。

また、実験時のセンサログから障害物判定がうまくいっていない場合が存在していることが判明した。例えば、図 10 に示すようなポールでは点群データがうまく取得出来なかった。これは、センサから発せられているレーザー光が鏡面反射し認識出来ない為と思われる。

6. まとめ

本論文では安全歩行支援システムに関するプロトタイプの作成及びシステムの問題に関するアンケート調査を行った。アンケート結果から、通常のスマートフォン操作を妨げる事なく危険を通知できている事がわかった。一方、危険通知が見にくくわかりにくい等の問題がある事が判明した。

通常のスマートフォン操作を妨げないながらもわかりやすい危険通知が重要であり、検討を行っていく必要があると思われる。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 26280074 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 東京消防庁, 歩きスマホ等に係る事故に注意!! , <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201503/mobile.html>

- [2] NTTdocomo, 全員歩きスマホ in 渋谷スクランブル交差点-もしもスクランブル交差点を横断する人が全員歩きスマホだったら?, <https://www.youtube.com/watch?v=3NDuWV9UAvs/>
- [3] MMD 研究所, 2015 年歩きスマホに関する実態調査, https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1504.html
- [4] Tianyu Wang , Giuseppe Cardone , Antonio Corradi , Lorenzo Torresani , Andrew T.Campbell: *WalkSafe: A Pedestrian Safety App for Mobile Phone Users Who Walk and Talk While Crossing Roads*, Int. J. Comput. Traffic Injury Prevention(2010).
- [5] Klaus-Tyco Foerster ,Aiex Gross ,Nino Hail ,Jara Uitto , Roger Wattenhofer: *SpareEye:Enhancing the Safety of Inattentionally Blind Smartphone Users*, Proceeding-MUM '14 Proceedings of the 13th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia Pages 68-72, (2014).
- [6] En Peng , Patrick Peursum , Ling Li , Svetha Venkatesh: *A Smartphone-based Obstacle Sensor for the Visually Impaired*, UIC(2010).
- [7] 嶋岡直也 , 塩山忠義, 領域分割を用いた 3 次元移動可能領域の検知, 信学技報 (2003).
- [8] 後藤伸也 , 渡邊謙太郎 , 戸田英樹 , チャビ・ゲンツイ, 視覚障害者のための LRF を用いた障害物・段差検出機能を持った歩行支援システム, 信学技報 (2011).
- [9] Juan David Hincapie-Ramos, Pourang Irani CrashAlert: Enhancing Peripheral Alertness for Eyes-Busy Mobile Interaction while Walking, CHI(2013).
- [10] 松本直司 , 清田真也 , 伊藤美穂, 街路空間特性と歩行速度の関係, 日本建築学会計画系論文集 (2009).