

「ながらスマホ」の危険行動を尾灯で周囲に知らせる システムの開発

辻 天斗¹ 牛田 啓太¹

概要: ながらスマホの対策が求められている。啓発活動が行われたり、安全なながらスマホを実現させる研究が行われたりしている。筆者らはこれらに対して、周りの歩行者に対して注意喚起を行う手法を提案する。本稿では、ユーザの危険行動として「スマートフォンの操作中」「歩行速度の低下」「静止」を対象とすることにした。試作システムはユーザの行動を取得し、上のいずれかに合致するときユーザの腰に装着した自動車のブレーキランプに模したライトを点灯させる。これにより、後方の歩行者に注意を促す。周囲の歩行者が回避行動を取りやすくなることが期待できる。

キーワード: スマートフォン, ながらスマホ, ブレーキランプ

Development of a system alerting unsafe behaviors of texting while walking using a tail lamp

AMATO TSUJI¹ KEITA USHIDA¹

Abstract: Texting while walking has a risk of accidents. There are various activities against it. The authors propose a system alerting people around the user to the fact that s/he is texting while walking. The authors assume three dangerous actions in texting while walking; 1) texting, 2) slow down, 3) stopping. The system senses the user's behavior and lights a red lamp on the waist when his/her action is regarded as dangerous one described above. The lighting alerts the people in the back.

Keywords: smartphone, texting while walking, tail lamp

1. はじめに

スマートフォン保有率は個人では平成 27 年度の統計で 53.1%に達している [1]。スマートフォンユーザが多くなり、「ながらスマホ」が話題となっている。「ながらスマホ」とはスマートフォンを操作しながら、別の行動をすることである。歩きながらスマートフォンを操作したり、車や自転車を運転しながらスマートフォンを操作したりすることである。

渋谷スクランブル交差点でながらスマホの 1500 名を横断させるシミュレーションの報告がある [2]。これによると交差点内での衝突が相次ぎ、横断に成功するのは全体の

36%程度しかないという。歩きながらのスマートフォンの操作は衝突などの危険性が大きいことが分かる。

これより、ながらスマホによるトラブルを減少させる方法を求められていることが想像できる。

ながらスマホによる危険性が世間に広く認知されるようになり、これを警告及び禁止する動きが活発になっている。しかし、ながらスマホの危険性を感じている人は 98.3%だが、ながらスマホをしている人は 46.7%という回答を得ているアンケート結果がある [3]。このアンケート結果から、ながらスマホが危険だと分かっているにもかかわらず、ながらスマホを行ってしまう人がいることが想像できる。それならば、スマートフォンの操作を抑制せずに危険性を低下させられる手法の必要性が考えられる。

また、衝突などが起きる原因として、ユーザがスマート

¹ 工学院大学
Kougakuin University, Shinjuku, Tokyo 163-8677, Japan

フォンの操作に集中してしまい、周囲への注意が低下していることも考えられる。これより、ユーザがスマートフォンの操作に夢中でもながらスマホの危険性を低下させる効果が妨げられないことも重要である。

これらの要件を満たし、かつ、ながらスマホによる衝突の危険性を低下させるという課題の解決を目指す。本稿では、周囲の歩行者に対して、ながらスマホユーザ自身への特別な注意を促すシステムを構築する。

2. 関連研究

2.1 ユーザ自身への注意喚起手法

第1節で述べたとおり、ながらスマホを警告及び禁止する動きが活発になっている。こうした流れから、ながらスマホユーザ自身に対する警告や注意喚起を行う研究や製品は多い。

歩きながらのスマートフォンの操作を検知した場合にポップアップメッセージなどでユーザに警告をしたり、スマートフォンの操作をできなくしたりするものがある [4], [5], [6]。

また、ながらスマホでスマートフォン操作に集中すると危険性が増すという考えから、スマートフォン操作中の集中度合いに応じてユーザへ適切な注意喚起を行う提案 [7] も存在する。これらの既存手法で注意喚起を行う対象はユーザ自身である。

一方、ながらスマホを抑制しない手法も報告されている。ながらスマホをしながら安全に歩けるようにする研究である。安全歩きスマホ [8] と呼ぶ。距離画像センサを下腹部に装着し、前方の障害物とユーザとの距離を測定する。スマートフォンの画面上部に測定した距離を提示することで、スマートフォンの画面を見るだけで前方の状況を知ることができる。ユーザはながらスマホをしながらでも、前方の障害物を回避できると考えられる。この手法もスマートフォンからユーザに対して情報提示を行うことで衝突の危険性を低下させている。また、前方からの危険に特化したものとなっている。

これらに対して、提案手法はユーザ自身に対しての情報提示や注意喚起は行わない点、後述するが後方からの危険に特化するという点が異なる。

3. 周囲への注意喚起システム

第2節で述べた通り、ながらスマホユーザがスマートフォンの操作のみに集中してしまうと、周囲の歩行者への注意を欠いてしまう。このときユーザは周囲を考慮せずに行動することになるので、周囲にとって予測が難しい危険な行動をとりがちになる。

このような行動をとることを周囲の歩行者が予期できていたら、周囲の歩行者がユーザとの距離をより広く置くなどの対応をとることが予想される。ながらスマホの危険性を減少させることが可能であると考えられる。

ここで、提案手法はユーザ自身が衝突の回避を行うことを期待しない。ユーザのスマートフォン操作を抑制せずに、かつ、ユーザがスマートフォンの操作に夢中でも、ながらスマホの危険性を低下させると考えられる。第1節で述べたスマートフォンの操作を抑制せず、ユーザに危険の回避を期待しないという要件を満たすことができる。

試作システムでは、特に後方の歩行者への注意喚起を行う。ユーザ後方の歩行者はユーザの正面を視認しづらい。そのため、ユーザがながらスマホをしているのかが分かりづらい。ユーザが周囲を十分に注意して歩行しているか確認しにくい。このような状況では後方の歩行者がユーザの危険行動を回避することは特に難しい。よって、提案手法は後方の歩行者に特に必要なものであることが推測できる。本稿では後方の歩行者への注意喚起を行うシステムを実装する。

3.1 注意喚起の方法

提案手法では周囲の歩行者に対して注意を促すことで、ユーザとの衝突を回避しやすくすることを狙う。このためには、多くの人に注意喚起を行うことが重要である。

後方の歩行者に対して情報を提示する媒体として光と音が考えられるが、光のほうが適していると思われる。

音は静かな場所であれば周囲に認識されやすいが、使用が想定される人通りの多い場所には適さない。このような場所は一般的に騒音が大きいためと考えられ、音で注意喚起を行うと周囲に認識されない可能性がある。危険を認識していない歩行者による回避行動は期待できないので、ながらスマホの危険性を低下することができないと思われる。

一方、光にはこのような外部環境の影響が小さいと考えられる。提案手法が利用される場所として屋外を想定しなければならないが、ここでは太陽光の影響を考慮すべきである。太陽光によって信号機の色が見えなくなる現象（擬似点灯状態）[9]がある。これは警告表示用のデバイスにも起きる可能性がある。このとき注意喚起を行っても、周囲の回避行動を期待できない。しかし、この問題は装置や表示方法について工夫を加えることで解決できる。具体的には、注意喚起用のデバイスにLEDを使用するなどが考えられる。



図1 光を用いた注意喚起のイメージ

以上より、本稿では図1のように光を用いて注意喚起を行うことにした。

注意喚起を行うデバイスはユーザの腰に装着することにした。注意喚起は後方の歩行者が見やすくなければならない。ユーザ背面部は後方の歩行者から見やすい。高さについては低すぎなければ見やすさにほとんど変化がないと考え、実装の都合から腰に装着することにした。

注意喚起はデバイス全面に赤色を表示することで行う。注意喚起を受けて「ユーザに対して注意が必要である」ことが分かりやすいものでなければならない。この分かりやすさが回避行動の取りやすさに繋がる。赤色は危険をイメージさせる色として、信号や踏切、自動車の尾灯などに用いられている。よって、注意喚起時には自動車のブレーキランプのように赤色を全面表示させることにした。

3.2 注意喚起すべき条件

本稿では、ながらスマホユーザの危険な行動について周囲の歩行者へ注意喚起を行い、周囲が回避できるケースを増加させることを狙う。よって、ながらスマホユーザの危険行動を早く後方の歩行者に伝えることが重要である。

スマートフォン操作時は危険行動をとりやすいので「ながらスマホをしているとき」は注意喚起すべきである。また、ユーザが急停止や歩行速度を低下させたときも後方の歩行者と接近し衝突の危険性が高まる。これも注意喚起すべきである。

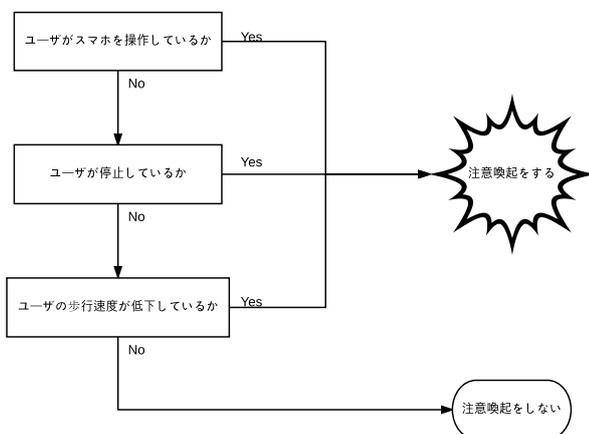


図2 ユーザの行動と注意喚起の関係図

以上の条件のどれかに当てはまる場合に、ユーザの腰に取り付けたデバイスを赤色に点灯させ、注意喚起を行う(図2)。

4. システムの実装

試作システムはスマートフォンとライトモジュールで構成される。本稿ではiPhoneで動作するiOSアプリとして実装し、スマートフォン操作の検知、歩行速度の取得を行

う。取得したデータから注意喚起すべきと判定するときにライトモジュールへBluetoothを用いて通知を行う。このとき、ライトモジュールはRaspberryPiが注意喚起のためのLEDパネルを点灯させる。

使用した主な機器は以下のとおりである。

- Raspberry Pi 3 Model B v1.2(Raspbian GNU/Linux 8 (jessie))
- adafruit RGB フルカラードットマトリクス LED パネル 16x32 ドット*1
- iPhone6s(iOS 10.2.1)

4.1 iOS アプリにおけるユーザの活動状況監視ロジック

アプリはSwift v3.0.2, 環境はXcode8.2.1, macOS 10.12.3で開発を行った。

図2に示した手順でユーザの活動状況を監視する。簡単のために3つの条件に合致するか検知するロジックを単独の処理機構として分割した(図3)。FaceRecognizingはス

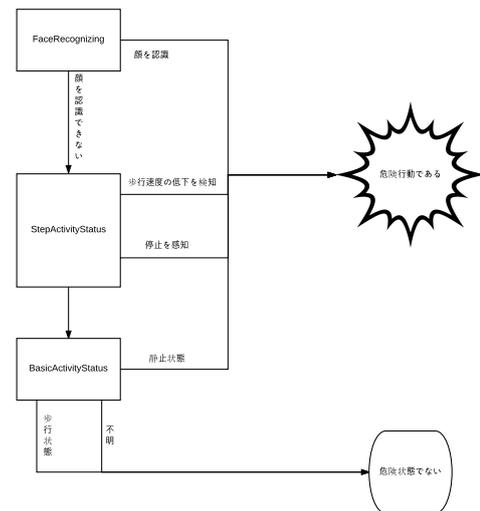


図3 ユーザ監視ロジックのフローチャート

マートフォンの使用を検知する処理機構である。iPhoneのインカメラから画像フレームを取得し、顔検知を行う。顔を検知した場合にはスマートフォン使用中として注意喚起が必要であると判定する。

BasicActivityStatusは歩行状態か静止状態かを判定する。ここでは、Appleが提供しているCMMotionActivityManager*2を利用する。これにより、ユーザ歩行しているか、静止しているかを取得できる。

CMMotionActivityManagerはユーザ活動状況の変化の取得が実際の行動に比べ、1[s]を超える遅延があった。注意喚起にも遅れが生じ、周囲の歩行者による回避行動が間

*1 <https://learn.adafruit.com/32x16-32x32-rgb-led-matrix?view=all>

*2 <https://developer.apple.com/reference/coremotion/cmmotionactivitymanager>

に合わないことが考えられる。また、歩行速度の低下の検知ができない。StepActivityStatus はこれらの課題を解決する。フローチャートを図4に示す。isStopping は静止状

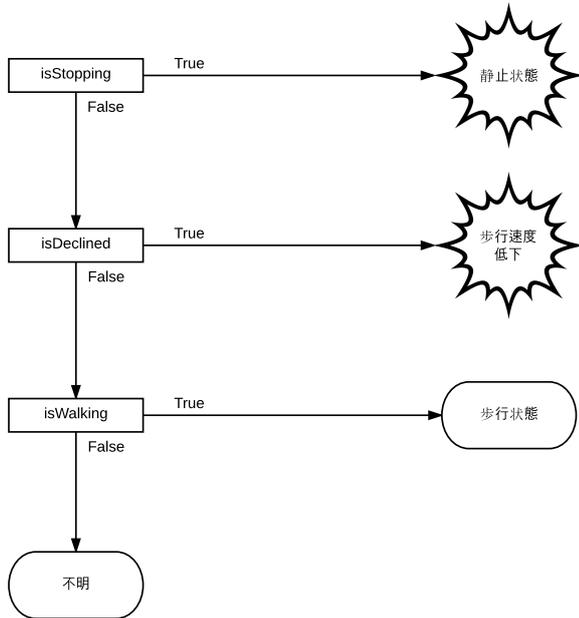


図4 StepActivityStatus のフローチャート

態かを、isDeclined は歩行速度の低下を、isWalking は歩行状態かを検知する。

isDeclined では Apple が提供する CMPedometer を利用し、歩行速度を取得した。取得した値の中で、最新のデータから 5[s] 以内のもの（各要素を pace と表す）を式 (1) で判定する。取得した最新の歩行速度を lastPace とする。

$$pace \geq lastPace \times 1.05 \quad (1)$$

式 (1) を満たすものが存在した場合は速度が低下したとして真を返し、存在しない場合は偽を返す。係数は試行により最適なものを使用した。

この処理機構にも歩行状態か静止状態かを識別する関数 (isStopping, isWalking) を用意した。これらの関数では、前述した CMMotionActivityManager による遅延の問題を解決するため、加速度の値を取得できる CMMotionManager も利用する。加速度センサの値を取得するインターバルを任意の値に設定できるため、50[ms] とした。これにより、遅延の少ない加速度の値をアプリケーション内で利用できるようになる。

静止状態かを検知する isStopping では加速度センサの値を利用する。これを利用できないときは歩行速度データを用いる。最新の加速度データが直近 0.1[s] のものであるかを検証する。古かったり無かったりしたときは、歩行速度データでの判定に移る。存在するときの加速度データを新しいものから 10 個抽出し、 a_{xmax} , a_{ymax} , a_{zmax} を抽出したデータの軸成分加速度の最大値、 a_{xmin} , a_{ymin} , a_{zmin}

を抽出したデータの軸成分加速度の最小値とする。

$$a_{xmax} - a_{xmin} \geq 0.15[G] \quad (2)$$

$$a_{ymax} - a_{ymin} \geq 0.15[G] \quad (3)$$

$$a_{zmax} - a_{zmin} \geq 0.15[G] \quad (4)$$

閾値は試行により最適な値を使用した。上記の式、全て満たすとき停止状態として真を返す。満たさない場合、歩行速度データでの判定を行う。取得した最新の歩行速度データが直近 5[s] かつ 0.1[m/s] 以下であれば、停止状態であるとして真を返す。満足しなければ静止状態であることを示すデータが存在しないとして、停止状態でないことを示すため偽を返す。

歩行状態かを判定する isWalking は取得した歩行速度のみを用いる。取得した歩行速度が直近 5[s] かつ 0.1[m/s] より大きければ、歩行状態として真を返す。満たさなければ、歩行状態を示すデータが存在しないので偽を返す。

4.2 ライトモジュールの実装

ライトモジュールは RaspberryPi で LED パネルを制御する。プログラムは Python 2.7.9 で開発する。rpi-rgb-led-matrix^{*3}を LED パネルの制御のために使用する。

フローチャートを図5に示す。終了処理命令を受信するか、スマートフォンとの Bluetooth 接続が切断されるまでループ処理を行う。インターバルを 0.1[s] とした。ユーザーが危険行動をしているかどうかを取得するため、スマートフォンに対して Bluetooth で読み込み要求を行う。「注意喚起すべきである」という応答の場合、LED パネルを赤く点灯させる。「注意喚起すべきでない」だった場合、LED パネルを消灯する。LED パネルの制御を行った場合、再度ループ処理を行う。一定時間応答がなかった場合には再接続を行う。成功すると、ループ処理を再度行う。

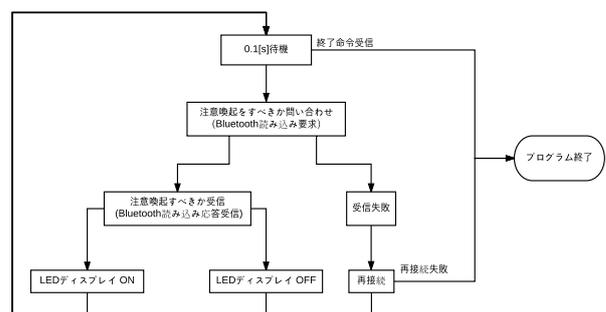


図5 ライトモジュールプログラムのフローチャート

4.3 動作例

試作システムをユーザーに装着した様子が図6である。ユーザーが以下の行動をとったときの試作システムの挙動を

*3 <https://github.com/hzeller/rpi-rgb-led-matrix>

確認した。

- 静止状態から歩行状態へ
静止中、後方の歩行者との衝突の危険性があるため注意喚起状態となる。このため LED パネルは赤く点灯した。ユーザが歩き始めると、衝突の危険性がなくなったため LED パネルは消灯した。
- 歩行状態から静止状態へ
歩行時は LED パネルは消灯状態 (図 7) となる。しかし、歩みを止めると後方の歩行者との距離が短くなり危険性が高まったとして注意喚起状態に移行した。
- 歩行状態からながらスマホ (歩行) へ
歩行時は消灯状態である。その後、スマートフォンの操作をしていると周囲への注意が不足する危険な行動として注意喚起を行った。LED パネルは赤く点灯した。
- 歩行状態からながらスマホ (静止) へ
歩行時は消灯した。その後、スマートフォン操作とユーザの歩行が停止したのを検知して注意喚起を行った。

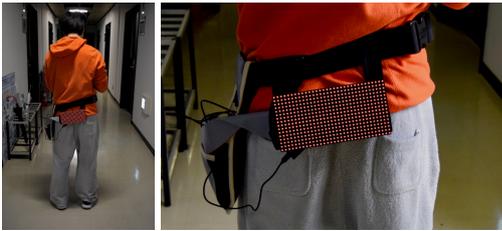


図 6 試作システム (注意喚起時)



図 7 試作システム (消灯時)

4.4 評価

前述したとおり、期待した動作を確認できた。動作させて分かった成果と課題をまとめる。

開発時の試行や第 4.3 項において、スマートフォン操作検知に遅延を認められなかった。インカメラからの画像が逐次アプリに送られてくることや使用した顔認識の速度が速いことが起因していると考えられる。

しかし、歩行速度の低下検知は誤検知と遅延が生じた。試作システムではライブラリから提供される歩行速度と加速度センサの値を使用した。ライブラリを使用した歩行速度が、歩行時のみ 3[s] ごとにアプリへ送られる挙動を確認

した。また、歩行速度が遅い場合や静止状態の場合は歩行速度を取得できない。このように歩行速度取得精度が低いことが起因していると思われる。

一方、ユーザが歩みを始めたり止めたりしたときの注意喚起の切り替えに遅延は認められなかったが、誤認識が発生した。遅延が見られないことから、実装時の狙いである BasicActivityStatus で発生した遅延補正に成功したと推測する。加速度データは 50[ms] ごとに値を取得している。また、多くのデータを必要としないロジックで歩行状態か静止状態かの判定をした。これらの特徴によるものと考えられる。一方、誤認識については、加速度の範囲が一定値未満である場合に静止状態、以上である場合に歩行状態と判定したことが原因だと考える。スマートフォンの持ち方によって誤認識が発生したと推察する。歩行検知については加速度センサの値の他に GPS センサと併用する研究が存在する [11], [12]。さらに、スマートフォンのセンサを複数用いることで性能を向上させることに成功したとする報告もある [13]。複数のセンサを用いて歩行速度や歩行ペースを取得できるように改良することで解決できると思われる。

5. 考察と議論

本稿ではライトモジュールを 193[mm]x97[mm] の LED パネルを利用し、ベルトとして製作した。試作システムが屋外で使われることを想定すると、手荷物を持つことも可能になる。

一方、通勤ラッシュ時の駅構内などの人の多い場所では、ライトモジュールが歩行者の体で隠れてしまう。注意喚起を見ることのできる人が少なくなり、十分に危険性を低下させられない可能性がある。これを解決するには、LED テープなどを用いて衣服の複数箇所に簡単に取り付けられる形のデバイスにするなどの工夫が必要と考える。

また、今回の試作システムに対して、注意喚起の意図が伝わっていない場合への対策を考える必要がある。注意喚起の表示を再検討することでこれは解決できると思われる。試作したシステムでは、腰に装着した LED パネル全面に赤を点灯させて後方の歩行者に対して注意喚起を行った。しかし、色以外にも文字や絵などを提示する方法も考えられる。文字や絵は色のみよりも伝えられる情報量が増加する利点があり、下記のような具体的なメッセージを伝えることができる。

- ユーザが今どのような状態なのか
- 見た人がどのような行動を取るべきなのか

メッセージを受けた歩行者は、どのような行動を取るべきなのかを分かりやすくなると考えられる。よって、注意喚起を文字や絵などを用いることで、ながらスマホの危険性をより低下させられると考える。

6. おわりに

本稿では、ながらスマホの危険性を低下させる新たな手法を提案した。ながらスマホを抑制したり、ユーザに情報を提示したりするのではなく、周囲にユーザの危険行動を注意喚起する。結果、ながらスマホの危険性を低下させられると仮定した。

次に提案手法の試作システムを実装し、動作実験を行い、評価した。注意喚起を促すべきときに尾灯が点灯し、後方の歩行者に対して注意喚起を行うことに成功した。だが安定性に問題があることも分かった。

今後は、安定性向上のための改良や注意喚起デバイスの検討をし屋外で動作実験を行いたい。またアンケートを取り、「尾灯により危険性を低下できるか」という仮定が成立するかを検討したい。

参考文献

- [1] 総務省：平成 27 年通信利用動向調査の結果，入手先 (http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/160722_1.pdf) (参照 2017-03-03).
- [2] 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?-, 入手先 (<https://youtu.be/3NDuWV9UAvs>) (参照 2017-03-03).
- [3] MMD 研究所：2016 年歩きスマホに関する実態調査，入手先 (https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1615.html) (参照 2017-03-03).
- [4] あんしんモード - Google Play の Android アプリ，入手先 (<https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.nttdocomo.anshinmode>) (参照 2017-03-03).
- [5] 歩きスマホ注意アプリ — 安心・安全：スマートフォン—au，入手先 (<https://www.au.com/mobile/service/smartphone/safety/aruki-sumaho/>) (参照 2017-03-03).
- [6] STOP 歩きスマホ — サービス — モバイル — ソフトバンク，入手先 (<http://www.softbank.jp/mobile/service/stop-arukisumaho/>) (参照 2017-03-03).
- [7] 石見，三好，江口：没入感を考慮した歩きスマホ注意喚起システム，電子情報通信学会総合大会講演論文集，B-15-6,p588,2016
- [8] 児玉，榎堀，間瀬：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，情報処理学会インタラクシオン 2016，2A05,pp.487-492,2016
- [9] LED 式信号灯器に関する Q&A—警察庁，入手先 (<https://www.npa.go.jp/koutsuu/kisei/siken/index.htm>) (参照 2017-03-03).
- [10] 松崎，張：歩きスマホ操作防止システムの開発・評価 — GPS センサによる歩行判定精度向上の試み—電子情報通信学会総合大会，基礎・境界講演論文集，A-15-18,p228,2016
- [11] 松崎，張：歩きスマホ操作防止システムの開発と評価 — 多要素システムを用いた歩行判定—電子情報通信学会総合大会，基礎・境界講演論文集，A-15-17,p227,2016
- [12] 松崎，張：歩きスマホ操作防止システムの開発・評価 — GPS センサによる歩行判定精度向上の試み—電子情報通信学会総合大会，基礎・境界講演論文集，A-15-18,p228,2016
- [13] Muhammad Shoaib, Stephan Bosch, Ozlem Durmaz Incel, Hans Scholten, and Paul J. M. Havinga: *Fusion of Smartphone Motion Sensors for Physical Activ-*