

## 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

岡本幸大<sup>†1</sup> 鷲見海王<sup>†1</sup> 槇田喬介<sup>†1</sup>  
中野倫明<sup>†1</sup> 渡邊晃<sup>†1</sup> 山田宗男<sup>†1</sup>

近年，スマートフォンの急速な普及に伴い，スマートフォンを操作しながらの歩行や自転車・自動車の運転などが急増している．この「ながら状態」は，スマートフォンの操作および画面の注視によって周囲環境の認識および注意を著しく低下させるため，鉄道ホームからの転落や人・物との衝突など，重大な事故を引き起こす原因となっており，社会的問題になりつつある．本検討では，スマートフォンに搭載されているインカメラから取得した顔画像や加速度センサによって，スマートフォンの操作状態および歩行状態を検出することで，ながら状態をリアルタイムに検出可能な手法について提案・検討する．

### An Examination of a Detection Method for Simultaneous Smartphone Operation

Yukihiro OKAMOTO<sup>†1</sup> Kaio SUMI<sup>†1</sup> Kyosuke MAKITA<sup>†1</sup>  
Tomoaki NAKANO<sup>†1</sup> Akira WATANABE<sup>†1</sup> Muneo YAMADA<sup>†1</sup>

#### 1. はじめに

近年，スマートフォン（以下，SP）の急速な普及に伴い，SPを操作しながらの歩行や自転車・自動車の運転が急増している[1]．このSP操作に伴う行動「ながら状態」は，周囲の環境認識および注意喚起を著しく低下させるため，鉄道ホームからの転落，周囲の人・物との接触，交差点における交通事故など，重大な事故を引き起こす原因となっており社会的問題になりつつある．特に最近では，SP操作を行いながら歩行するケースが急増しており，「歩行ながら」による事故が問題になっている[2]．SPを操作しながら歩行し，駅ホームの端を通るサラリーマンや乳母車を引く保護者と接触する事故や，SP使用中に駅ホームから線路に転落した事例も存在する．また，被害を受けるのは高齢者や，背丈が小さく視界に入りにくい子供や視覚障害者が多いことも深刻な問題である．

本研究では，このような問題に鑑み，SPをキーデバイスとして，SPに標準搭載されている加速度センサ，GPS，インカメラ等を駆使して「歩行ながら状態」による事故を未然に防止する手法について提案・検討を行う．

#### 2. 歩行ながら状態の検出手法

本研究における歩行ながら状態とは「SP操作が歩行動作に伴って行われている状態」と定義する．

SPユーザの歩行ながら状態を検出し，事故を防ぐためには，リアルタイムでの検出が必要となる．また，ながら状態は歩行だけにとどまらず，自動車や自転車を運転しながら

ら等，その状態は多岐に及ぶと考えられる．そのため，SPに搭載されている複数のセンサによる状態センシングによって，リアルタイム性を確保しつつ，精度良くながら状態の検出手法について検討・提案する．

歩行ながら状態においては，歩行である“動作”と画面の注視やスクリーン画面タッチによる文字入力等のSP“操作”が同時に行われている．そこで，SPに標準搭載されている3軸加速度センサを用いた「歩行の検出」，SPの液晶画面周辺に配置されたインカメラ（図1）から得られる動画画像を解析することによる「顔検出（画面注視状態の検出）」およびスクリーン画面のタッチイベント情報（図2）による「画面操作の検出」，これらの検出結果に基づいて，歩行ながら状態の検出手法について検討を行う．

以下，各々において得られるセンサデータについて述べる．

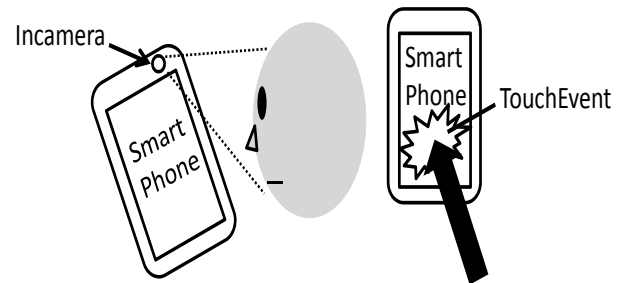


図1 インカメラ

図2 タッチイベント

<sup>†1</sup> 名城大学 大学院理工学研究科

### 3. 3軸加速度センサを用いた歩行状態の検出

先ず、歩行状態の検出には、SPに標準搭載されている3軸加速度センサに基づく検出手法について検討を行った。

加速度センサからは、加速度の3軸ベクトル成分 ( $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$ ) をそれぞれ個別に得ることができる (図3)。

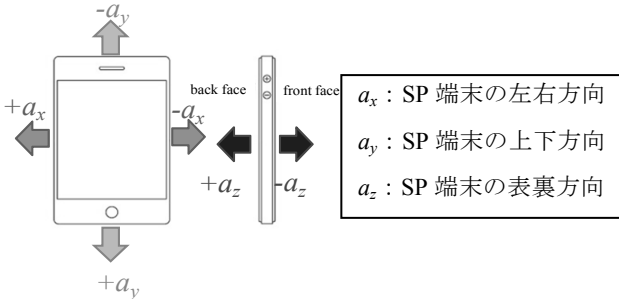


図3 SPの座標系

一般的に、SP 端末の所持方法は、“手に持っている”、“鞆にしまっている”、“ポケットに入れている”など様々で、3軸方向も一意ではない。そのため、様々な所持形式における加速度値の時系列挙動を一意に扱うため、式(1)に示す加速度のスカラ値  $A$  に基づいて検討を行った。

$$A = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (1)$$

#### 3.1 予備実験

一般的な所持方法の一つである、ズボンのポケットにSPを入れた状態で歩行した場合と、歩行しながらSP操作を行っている場合の加速度  $A$  を計測し、比較検証した。

被験者に、SPを手に持って胸の前で掲げて画面を注視し、スクリーン画面のタッチ操作を行いながら歩行してもらう場合と、単にSPをポケットに入れた状態で歩行してもらう場合の各々について、加速度  $A$  の時系列挙動を計測する。計測に用いたSPは、図4に示すサムソン製SP (Galaxy Nexus) である。加速度のサンプリング間隔は事前実験の結果を基に、取得安定性および必要データ量と消費電力とのトレードオフを踏まえ、15msとした。

以上の条件下で取得された加速度  $A$  の10秒間の歩行データを抜粋したものを図5、図6に示す。また、図5、図6に示した10秒間のデータ数、平均値および標準偏差を表1に示す。



図4 GalaxyNexus

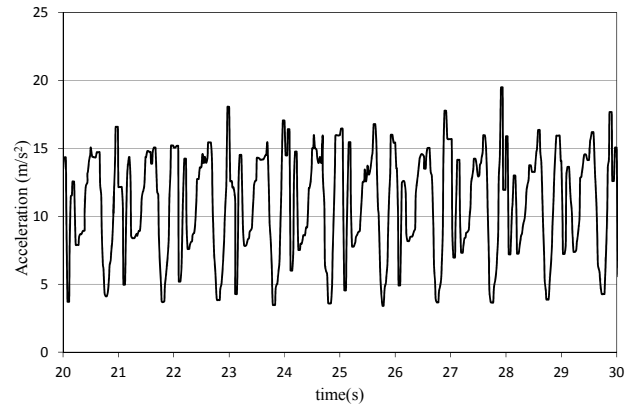


図5 ポケットに所持して歩行した場合

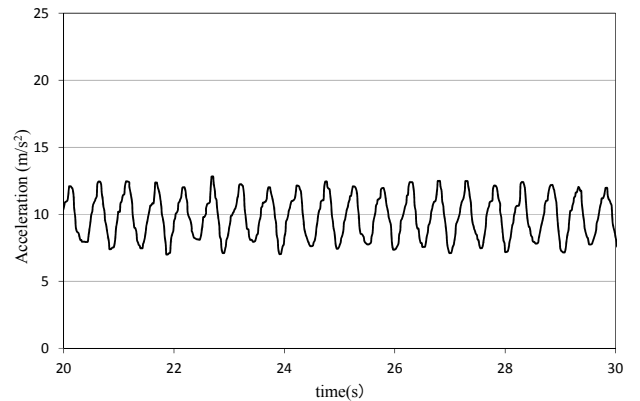


図6 歩行しながらSP操作をした場合

表1 平均値と標準偏差

SP locations	Date Average	Standard deviation
In simultaneous-act	9.79	1.63
In a pocket	10.9	3.94

#### 3.1.1 実験結果

図5および図6の結果において、加速度  $A$  は重力加速度  $9.8\text{m/s}^2$  を中心に周期的に振幅する様子が伺え、歩行動作を反映している。表1より、歩行ながら時ではポケット所持時に比して標準偏差は極めて小さく、安定かつ滑らかに推移する特徴が伺え、また、加速度の振幅自体も1/2程度で比較的小さくなる事が分かる。

この理由としては、歩行ながらの状況下では、ユーザが画面の注視や操作をより安定に行うため、SP自体の揺れを無意識的に腕で吸収していることが考えられる。また、ポケット所持時の標準偏差が歩行ながら時よりも大きくなった原因としては、ポケット内でのSP自体の揺れが重畳されたことが考えられる。

以上の結果により、加速度  $A$  の周波数に基づくことで歩行中であるか否かの判定が可能であり、さらに、標準偏差

および振幅レベルに注目することで歩行ながら状態であるか否かの判定が可能であると考えられる。

### 3.2 歩行ながら状態検出アルゴリズム

図5および図6の結果からわかるように、歩行による加速度Aの推移は、重力加速度9.8 m/s<sup>2</sup>を基準値とした周期的な波形となる。特にながら歩行時では、この周期がポケット所持時に比して長くかつ振幅が小さいため、以下に示すアルゴリズムで周期幅を算出し、さらに振幅値を参照することで、通常歩行とながら歩行を弁別し歩行ながら時のみ歩行数をカウントする(図7)。

- I) 加速度Aの連続性を踏まえ、基準値9.8を閾値とし、取得される加速度値が山と谷のどちらを形成するかを随時分別する。
- II) 分別されたデータ群毎に加速度値の最大値または最小値を求め、各々が得られた時刻を取得する。
- III) 加速度の最大値が一定以上あるいは加速度の最小値が一定以下、加速度の最大値および最小値が得られた時刻の時間差が一定時間内であった場合に歩行カウントを行う。

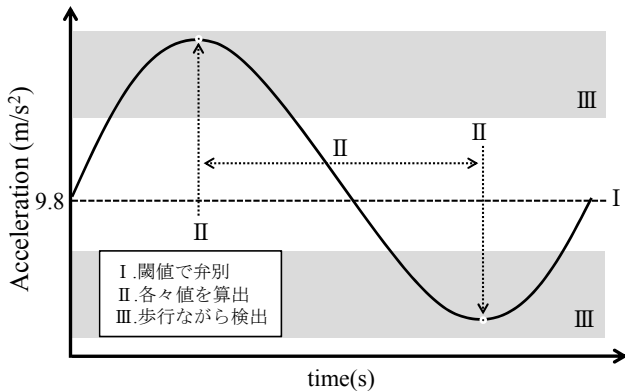


図7 歩行ながら検出アルゴリズム

### 3.3 歩行ながら検出の検証実験

前節で検討した本提案アルゴリズムを用いて一般的なSPの所持形式時と歩行ながら時における歩幅や歩行ペース等の個人差を含めた歩行検出精度の検証を行う。

実験機材および実験条件は予備実験と同様である。被験者は20代男性10名、試行回数は各被験者10回である。

本提案アルゴリズムによる歩行カウント結果を表2および図8に示す。表2は被験者10名による歩行検出実験の結果を示しており、50歩の歩行に対する10回分の試行データの平均と標準偏差をまとめたものである。また図8は、表2の結果をグラフ化したものである。

表2 歩行カウント結果の平均と標準偏差

Subject	In a pocket		In simultaneous-act	
	Date Average	Standard deviation	Date Average	Standard deviation
A	0.9	0.738	49.0	0.471
B	0.6	0.699	48.8	0.789
C	0.3	0.483	45.8	1.814
D	1.4	1.897	46.6	3.204
E	2.4	1.265	48.2	1.619
F	1.8	0.919	46.0	3.055
G	1.5	0.850	48.4	0.966
H	1.5	1.269	44.3	2.111
I	1.4	1.174	44.5	4.528
J	2.2	1.135	48.7	1.567

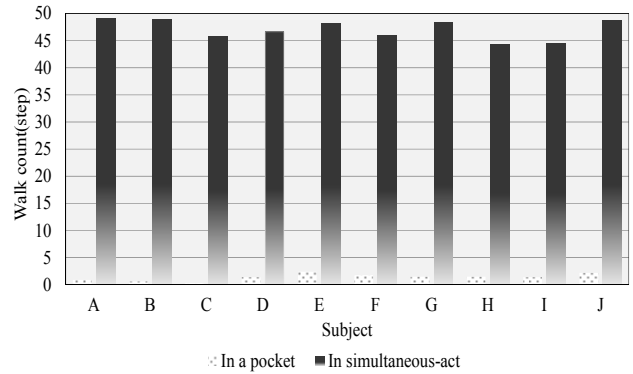


図8 被験者10名の歩行カウント結果

### 3.3.1 実験結果

表2の結果に示すように、被験者10名に対する各10回の検証において、ポケット所持時の歩行カウントの平均は1.4歩、歩行ながら時では47.0歩であり、ポケット所持歩行とながら歩行を区別でき、さらに、真値の50歩に対して94%の精度で歩数を正確にカウントできることが検証された。このことから、様々な所持形式における加速度Aの時系列挙動に基づいて、ながら歩行を絞り込むことが可能であり、更に歩幅や歩行ペース等の個人差に頑強なアルゴリズムであることが確認された。

## 4. インカメラ画像解析による顔検出

周囲の環境認識および注意を低下させる最も大きな要因の一つである画面の注視状態の検出を行うため、Androidのフレームワークに標準で用意されている顔検出用の“FaceDetector-CLASS”を実装し、インカメラによって取得される動画像に対してリアルタイムに顔検出を行う。このクラスを利用することで得られる顔検出の結果を表3に示す。一般的にSP使用時にインカメラを用いて取得される画像は、その画像サイズに対して顔が占める割合が大きくなるため、顔が検出された範囲および顔の検出精度の両者に基づいて最終的な注視の判定を行うこととした。

図9に本提案手法による顔検出結果の例について示す。face scoreは認識精度、face rectは認識範囲を意味する。

表3 顔検出結果

Filed	Information
Score	face detection accuracy(values:1-100)
Rect	face detection range
Left Eye	left eye coordinate
Right Eye	right eye coordinate
Mouth	mouth coordinate



図9 見ながら状態顔認識

## 5. タッチイベント情報

スマートフォンには様々な入力インタフェースが備わっているが、歩行ながら状態における入力操作はスクリーン画面のタッチイベントが支配的であると考えられる。スクリーン画面操作時のタッチイベント情報の取得は“MotionEvent-METHOD”を用いて実装した。タッチされた箇所のX,Y座標情報およびイベント発生時間の取得と同時に、タッチ頻度計測のためのタッチイベント回数の計測も併せて行う(図10)。

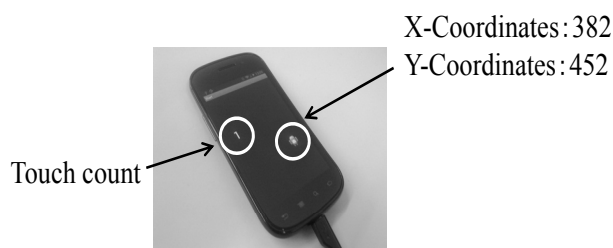


図10 タッチイベント情報

## 6. 歩行ながら状態の判定

歩行ながら状態は、加速度Aに基づく歩行ながら状態の検出、インカメラから取得される動画像のリアルタイム解析による顔検出(画面注視状態の検出)、スクリーン画面のタッチイベント情報による画面操作の有無(画面操作の検出)が得られた場合に歩行ながら状態の判定を行う。また、歩行以外にもSP操作が伴うと考えられる自転車・自動車運転などの他の動作の行動判定は現在検討中であるが、SPに標準搭載されている加速度センサ、角速度センサ、GPS等を用いて検討・実装していく予定である。

## 7. まとめと今後の課題

本検討では、スマートフォンの歩行ながら状態検出方法として、“動作”と“操作”に切り分けて検出パラメータを提案し、加速度を用いた歩行ながら状態の検出、インカメラにより取得した動画像のリアルタイム解析による顔検出およびスクリーン画面のタッチイベント情報による画面操作の有無を統合的に用いる手法について検討・提案した。

本提案アルゴリズムを用いた実験結果から、加速度データに基づくことで、通常歩行状態と「歩行ながら状態」の弁別が精度良く可能であることが検証され、さらに更に歩幅や歩行ペース等の個人差に対しても比較的頑強であることが確認された。

本システムはバックグラウンドでの動作を前提としているが、カメラの常駐動作は他のアプリケーションとの重複問題など、実用上の弊害が懸念される。そのため、加速度計測による歩行ながら状態検出の精度をより高めることで、「歩行ながら状態」に近いと判断された場合のみカメラを起動して、顔検出を行うことで重複使用の問題が軽減でき、さらに電力消費も抑えられると考える。

今後は、判定における適切な閾値の検討、より精度を向上させるためのアルゴリズム検討など、検証実験を積み重ねていく。さらに、歩行ながら検出、画面注視状態の検出および画面操作の検出を効率よく融合させることで、リアルタイム性および実用性の高い歩行ながら状態の検出手法について検討・検証を行う予定である。

## 謝辞

本研究は、SCOPE/PREDICTの委託研究に基づく結果である。

## 参考文献

- [1] 「2011年度 携帯電話の利用実態調査」  
<Http://www.ciaj.or.jp/pressrelease/pressrelease2011/2011/07/27/7236/, 2011-7> (2011.07).
- [2] スマートフォン「ながら歩き」は危険  
< http://www.j-cast.com/2011/10/14110061.html?p=all,2011-10> (2011.10).