

研究指導 中澤 真 教授

# 移動状態を考慮した「ながらスマホ警告アプリ」の開発

國塚 絢音

## 1. はじめに

近年、スマートフォンの普及により、「歩きながら」や、「自転車に乗りながら」などのスマートフォンを操作しながら(以下「ながらスマホ」)の交通事故が問題になっている。東京消防庁によると、平成26年から平成31年の5年間で、ながらスマホに関連した事故により、東京消防庁管内のみで201人が救急搬送されている[1]。事故の例としては、歩きながらスマートフォンを操作していた男性が踏切へ侵入し、列車にはねられ死亡した事故や[2]、自転車を運転しながらスマートフォンを操作していた女子高校生が70代の男性と衝突する事故があり[3]、移動手段によらず、ながらスマホによって事故が起きている。

このように、ながらスマホによる交通事故は社会問題になっている。しかし、ながらスマホを警告するアプリケーション(以下「アプリ」)は数多く配信されているにも関わらず、利用者は少ないのが現状である。この原因は、アプリが警告を過度に行うことにより、アプリを使用することへの抵抗感を助長している点にあると考えられる。そのため、ながらスマホ自体を抑制するのではなく、ながらスマホによる交通事故を防止するための研究が行われている[4][5]。これらの研究では、距離画像センサやGPSによって障害物や危険な場所を予測し、危険な場合に警告を行うことで事故を防止していた。しかし、スマートフォン本体以外の機器を別途必要となる点や、歩き・自転車・車などの移動状態による危険性の差異を考慮していないなど課題も多い。

そこで本研究では、ユーザの移動状態を判別し、それを踏まえて警告を発するアプリケーションを開発する。このシステムでは、各種センサから取得した値に基づき、現在位置、速度、加速度を算出して、移動状態を歩行、自転車、車(自動車やバス、電車など)の3つに判別する。また、歩行状態の場合は危険な場所との位置関係を考慮して警告することによって、本当に危険な場面でのみ警告を発することを可能にする。

## 2. ながらスマホの現状

### 2.1 ながらスマホへの危険意識

歩きスマホの意識調査[6]では、「危ないと思う」または「やや危ないと思う」と答えた割合が98.3%であった。対して、歩きスマホの経験については「日常的に操作している」または「時々操作している」が47%であり、危険だと認識しているにもかかわらず、ながらスマホを行っている人が多いことがわかる。

また、ながらスマホを行う背景には、「移動中の時刻

表や地図アプリケーションの使用」や、「スマートフォン操作が癖になっている」などが理由としてあげられている[7]。以上の理由から、危険を感じていてもながらスマホをやめることが難しく、それ自体を無くすことは容易ではないといえる。

### 2.2 ながらスマホ防止アプリの実態

ながらスマホを防止するアプリは既に数多く開発されている。例えば、Softbankの「STOP歩きスマホ」<sup>1</sup>や、auの「歩きスマホ注意アプリ」<sup>2</sup>がある。これらは移動を検知するとその動きが止まるまで警告を行い、操作を制限することによってながらスマホ自体を防止している。

しかし、これらのアプリの利用率は高いとはいえない。その原因は、ユーザの使用状況を考慮せずに過剰な警告や制限をしてしまうことにある。例えば、地図アプリは移動しながら使うユーザも多く、これを完全停止時しか使えないと制限することは、既存のながらスマホ防止アプリを使用することへの抵抗感を助長し、利用率の低下を招いてしまう。よって、過剰な抑止はせずに危険な場面に限定して警告を行うアプリを開発することが、ながらスマホによる事故を防止する現実的な方法だと考えられる。

### 2.3 ながらスマホによる事故防止を目的とした先行研究

ながらスマホ自体を抑止するのではなく、ながらスマホによる事故を防ぐことを目的に、児玉ら[4]は距離画像センサを用いて周囲の歩行者との接触事故を防ぐアプリを考案した。しかし、特殊なカメラを用いることによって導入コストが高くなる点と、車両との接触事故を考慮していない点が課題であった。一方、佐伯ら[5]は、道路や踏切の横断をするか否かを位置情報から判断し、横断の可能性が高い場合に警告を行う手法を考案した。危険な箇所への接近で警告を発する点は本研究と似ているが、移動状態を考慮していない点が異なる。なお、本研究における移動状態とはユーザが歩行している、自転車に乗車している、車(自動車やバス、電車など)に乗車している、の3つを指す。

そこで、本研究では、危険性が高い場面に限定して警告を発するという仕様に加え、アプリ利用にあたって追加の機器やコストを必要としないことを新たな要件としてアプリの開発を行う。

<sup>1</sup> <https://www.softbank.jp/mobile/service/stop-arukisumaho/>

<sup>2</sup> <https://www.au.com/mobile/service/aruki-sumaho/>

### 3. ながらスマホ警告アプリの開発

本研究で開発するアプリでは、加速度センサとGPSセンサを用いて、ユーザの移動状態を判別し、危険な場所の位置情報をもとに警告を行う機能を実装する。

#### 3.1 スマホ使用中の警告すべき危険な場面

本研究のアプリは、スマホ利用者の危険性が高い状況でのみ警告を行う。この危険性の判別は、スマホ利用時の移動状態に左右される。なぜなら、歩行している場合は、危険な場面に絞って警告を行うべきだが、自転車に乗っている場合は、すぐさま警告すべきというように、警告が必要なタイミングが異なるからである。また、車やバス、電車に乗っている場合では、自分が運転していないことも多いため、警告を行う必要はない。

ここで、歩行中に警告するべき危険な場所は、交差点や曲がり角を想定した。これは、歩きスマホ中に、交差点で歩道が途切れていることや、赤信号に変わったことに気が付かず、車との接触によって重大な事故が起きやすいためである。ハワイのホノルル市では、道路横断中の歩きスマホを禁止する条例が施行されていることから[9]、道路横断中の歩きスマホがより危険だということがわかる。よって、本研究で開発するアプリの警告方法は、歩行中に交差点に近づいた場合と自転車に乗車している場合に警告を行い、その他の状態では行わない仕様とする。

#### 3.2 本アプリの動作環境

本アプリはAPIレベル15(Android 4.0.3)以降のOSを搭載したタブレットで動作するように開発している。このため、実機での動作検証をAPIレベル27(Android 8.1.0)のOSを搭載したタブレット端末NEC PC-TE510JAWで行った。なお、開発環境にはAndroid Studio 3.5、開発言語にはKotlin 1.3.41を用いた。

#### 3.3 本アプリの動作概要

次に本アプリの動作概要について図1のフローチャートに沿って説明する。

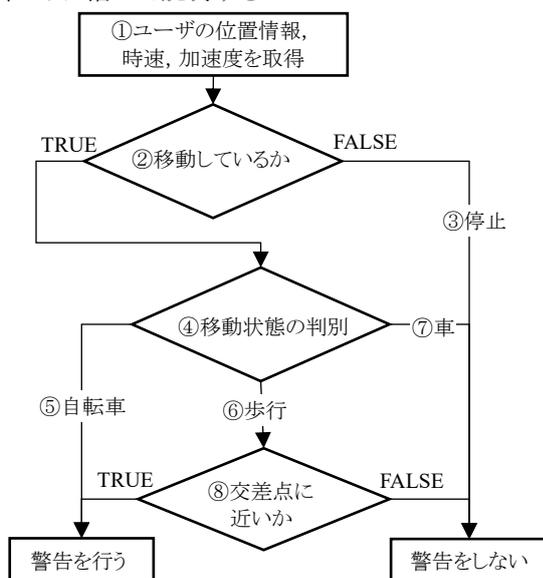


図 1 本アプリの動作フロー

まず、アプリを起動するとスマートフォンに内蔵されているGPSセンサによって現在位置と時速を算出し、加速度センサによって加速度を計測する(図 1①)。この情報をもとに、1秒間隔でユーザの状態を、停止、歩行、自転車、車(自動車、バス、電車など)の4種類のいずれであるかを判別する。次に、ユーザが移動している状態か否かを判別する(図 1②)。移動していない場合、状態は停止(図 1③)と判別し、警告を行わない。移動している場合、移動状態を判別する(図 1④)。自転車と判別された場合(図 1⑤)は、運転しながら操作している可能性が高いため判別直後に警告を行う。車と判別された場合(図 1⑦)には警告を行わない。歩行と判別された場合(図 1⑥)には、ユーザが交差点に近いのかの判別を行い(図 1⑧)、近いと判別された場合には警告表示してユーザに危険を知らせる。

### 4. 移動状態の分析と判別

#### 4.1 ながらスマホによる事故防止に関連した研究

スマートフォンやタブレット端末での移動状態の判別は、主に端末に搭載されているGPSセンサと加速度センサを用いて行われている。前司ら[10]の研究では、GPSセンサから得られる移動速度を用いて移動状態を判別している。しかし、車両は速度が低くなる場面があるため、徒歩と誤判別されやすい点が課題であった。

山崎ら[11]と小澤[12]の研究では、移動速度に加えて、加速度の値を用いることによって移動状態を判別している。加速度を用いる理由は、移動状態によってユーザの振動の傾向が異なり、加速度に振動の変化が数値として表れるためである。山崎らはあらかじめ取得した加速度のパワースペクトルと、観測した加速度のパワースペクトルの相関を求め、最も類似度が高いものをその時の移動状態として判別する手法を提案した。この研究では、6つの移動状態に分けて判別していたが、バスの判別精度が低いことが課題であった。

対して、小澤[12]の研究では、観測された加速度を平均化し、あらかじめ設定した閾値と比較することによって移動状態が自転車であるか否かの判別を行っていた。よって、判別する種類が少ない場合は、小澤らのようなシンプルな手法で判別できると考えた。しかし、小澤らの研究では3軸加速度センサからの情報として、端末の横方向(X軸)の加速度を使わずに、上下方向(Y軸)の加速度とディスプレイ面の垂直方向(Z軸)の加速度のみを用いて判別しており、端末を横に持つなどした場合に加速度の値が大きく変わるにも関わらず、考慮されていない。そこで、3軸すべての値を用いることによって、持ち方の違いによる影響を少なくしたうえで判別できると考えた。よって本研究では、移動速度に加えて、3軸加速度全ての値を移動状態の判別に使用する。

#### 4.2 本アプリでの移動状態判別の概要

移動状態の判別をするために、まず状態ごとの速度の差異について検討する。人の歩行速度について、篠原ら[13]の研究では、時速2.4kmから7.2kmとしており、自転車の速度について、久保田ら[14]の研究では時速

15kmから20kmとしている。よって、その上限値を取り、時速7kmと20kmを判別の境界値として利用する。

まず、移動しているか否かの判別では、現在から過去にかけての5秒間の平均時速が0kmの場合を停止と判断し(図 2①)、それ以外の場合は移動状態と判断する。移動状態と判別された場合は、60秒間の速度データを用いて、歩行・自転車・車の3状態の判別をする。60秒分のデータを用いる理由は、車の速度は道路の混雑状況によっては低速走行となり、瞬間的には境界値の時速20km以下になることも多いため、誤判別を避けるためにバッファを持たせて判断する。この60秒間のデータ、すなわち60回の測定データのうち、時速20km以上である回数が10%以上になった場合は車(図 2②)と判別する。これは、自転車の速度が瞬間的に時速20km以上となる場合があるため、その影響を減らすためである。一方、この回数が10%未満となった場合でも自動車である可能性を完全に排除することはまだできない。そこで、60回の測定のうち時速7km以上20km未満である回数が10%以上になった場合は自転車または車(図 2③)、それ以外の場合は歩きまたは車(図 2④)と判別する。10%とする理由は、先ほどと同様に歩行の速度が瞬間的に時速7km以上となる場合があるため、その影響を減らすためである。

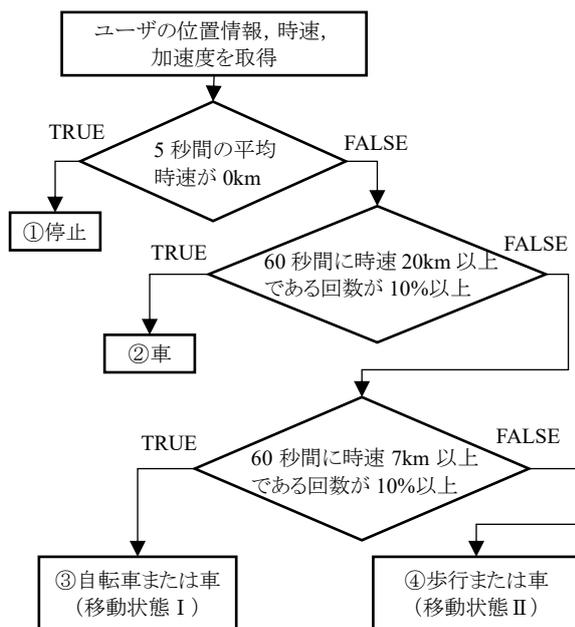


図 2 移動状態判別システムのフロー【1】

### 4.3 加速度の予備調査

図 2の③と判別された状態を移動状態 I, ④と判別された状態を移動状態 IIとする。どちらも速度の情報だけでは、これ以上の判別ができないケースとなっている。そこで、加速度による判別ルールをさらに設けるために予備調査を実施した。

まず、加速度の変化が移動状態によってどのような特徴が表れるかを調べるため、歩行、自転車、車の状

態でそれぞれ100秒間ずつ加速度のデータを取得し、比較分析した(図 3)。データの取得には Physics Toolbox Sensor Suite<sup>3</sup>というアプリを用いた。なお、加速度は3軸全ての値を用いて、その2乗和( $x^2+y^2+z^2$ )の値を用いた。

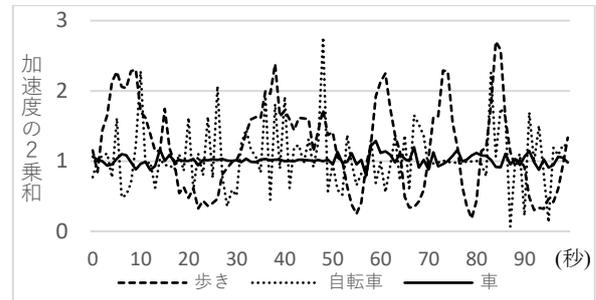


図 3 加速度の 2 乗和の 100 秒間での推移

グラフから、車のデータのみ変動幅が小さく平均値の周辺に値が集中していることが読み取れる。そこで、車とそれ以外の移動状態を判別するために、5秒間の偏差平方和を用いる。1秒間隔で取得した $t$ 時点の3軸加速度の2乗和( $x^2+y^2+z^2$ )を $Va_t$ 、5秒間での $Va_t$ の平均値を $\overline{Va}$ とすると、5秒間の偏差平方和 $SVa$ は以下の式で表すことができる。

$$SVa = \sum_{t=1}^5 (Va_t - \overline{Va})^2$$

### 4.4 データの収集と分析

移動状態ごとの偏差平方和 $SVa$ の差異を詳細に分析するため、あらためて、歩行、自転車、車の3つの移動状態別に、時速と加速度のデータを計測した。なお、歩行と自転車は、性別や年齢により振動の差が出やすいと考え、20代から50代の男女5名のデータをそれぞれ20分以上計測した。車については50代の男女2名のデータを20分以上計測した。まず、取得したデータのうち、移動状態 I に当てはまる自転車と車の加速度のデータにおいて、 $SVa < 0.05$ となる割合は、自転車が5.2%、車が88.2%となり、車の場合は加速度の変化が小さい状態が80%を超えている。このため、60秒間の計測中、5秒単位12回の $SVa$ の値が0.05未満となる事象が10回以上となった場合に移動状態を車と判別することが適切であるといえる(図 4①)。

一方、移動状態 II に該当する歩きと車の加速度のデータでは $SVa < 0.01$ となる割合は、歩行が1.7%、車が87.5%となり、車の場合は加速度の変化が小さい状態が80%を超えている。このため、60秒間の計測中、5秒単位12回の $SVa$ の値が0.01未満となる事象が10回以上となった場合に移動状態を車と判別することが適切であるといえる(図 4②)。

<sup>3</sup> <https://www.vieyrasoftware.net/>

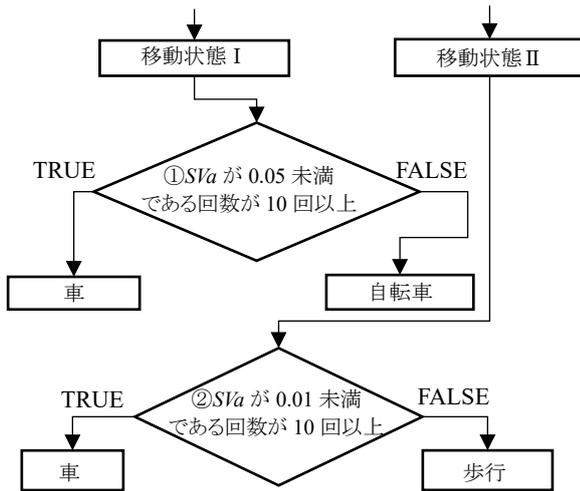


図 4 移動状態判別システムのフロー【2】

4.5 移動状態の判別精度の検証

前節で設定した図 4①②の判別精度を検証するために、歩行、自転車、車の状態での加速度のデータを新たに各3200秒ずつ取得した。表 1にこの判別精度の結果を示す。実際の移動状態が車であるにもかかわらず、自転車と誤判別してしまう割合がわずかにあるが、それ以外の誤りはほとんどないことから、図 4に示した判別方法は有効であるといえる。

表 1 判別精度

| 図4①のルール |         |       | 図4②のルール |         |        |
|---------|---------|-------|---------|---------|--------|
| 判別結果    | 実際の移動状態 |       | 判別結果    | 実際の移動状態 |        |
| 自転車     | 100.0%  | 11.6% | 歩行      | 100.0%  | 0.0%   |
| 車       | 0.0%    | 88.4% | 車       | 0.0%    | 100.0% |

最後に、すべてのデータを用いて判別システム全体の精度を検証した結果について表 2に示す。なお、検証用データには停止状態も含まれているが、停止状態か否かの判別精度は100%であるため、これを除いて評価している。表 2から、正解率が歩行では98.3%、自転車は97.5%、車は98.3%となっており、高い精度で判別できることを確認できた。

表 2 判別システム全体の正解率

| 判別結果 | 実際の移動状態 |       |       |
|------|---------|-------|-------|
| 歩行   | 98.3%   | 0.2%  | 0.0%  |
| 自転車  | 1.7%    | 97.5% | 1.7%  |
| 車    | 0.0%    | 2.3%  | 98.3% |

5. 交差点への接近判定

本アプリでは、移動状態が歩行と判別された場合、交差点に接近した際に警告を行う。その際に考慮すべきこととして交差点の大きさがある。大きな交差点を基準に接近した際のしきい値を設定すると、小さな交差点ではかなり遠距離から警告が表示されてしまうことになる。また、小さな交差点を基準にしても逆の問題が生じる。このため、本研究では表 3のように交差点を6つのタイプに分類し、タイプ別に警告する範囲の半径を設定することで、この問題に対処した。なお、GPSの測位誤差は3mほどであることから、少なくとも交差点の2m手前で警告が発せられるように設計した。

表 3 交差点のタイプと警告範囲の半径

| タイプ | 交差点の半径         | 警告する範囲の半径 | タイプ | 交差点の半径         | 警告する範囲の半径 |
|-----|----------------|-----------|-----|----------------|-----------|
| 1   | 10m未満          | 15m       | 4   | 20m以上<br>25m未満 | 30m       |
| 2   | 10m以上<br>15m未満 | 20m       | 5   | 25m以上<br>30m未満 | 35m       |
| 3   | 15m以上<br>20m未満 | 25m       | 6   | 30m以上          | 40m       |

6. むすび

本研究では、スマートフォンに搭載されているGPSセンサと加速度センサを用いて移動状態の判別を行い、その判別結果に応じて「ながらスマホ」を警告するアプリケーションを開発した。これにより、危険な場面に絞って警告することが可能になり、警告アプリの使用への抵抗感を軽減しつつ、ながらスマホによる交通事故の防止を図ることを可能にした。また、本アプリでは、警告する場面を自転車に乗っている状態と、歩行時に交差点に近づいている状態の2つとしたが、他の危険箇所を設定して警告をするようにすることも可能である。

しかし、本研究では時速7kmを超えて歩行する場合や、時速20km以上で自転車を運転する場合を考慮していないため、それらを判別可能にすることが今後の課題である。また、今後はバックグラウンド機能を実装し、アプリの利便性の向上を図りたい。

参考文献

- [1] 歩きスマホ等に係る事故に注意!, 東京消防庁, <https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/life/topics/201602/mobile.html>, (参照 2020-2-6)
- [2] 電車にはねられ男性死亡 携帯電話操作しながら踏切進入, 日本経済新聞 2013/10/17 付記事
- [3] 高校生の自転車と衝突, 散歩中の79歳男性死亡 熊本, 朝日新聞 2019/06/17 付記事
- [4] 児玉翔ほか, 距離画像センサを用いた安全“歩きスマホ”支援システムの検討, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム, UBI-50, No.3, pp.1-6, 2016
- [5] 佐伯翼ほか, 道路・踏切横断場面における歩行中のスマートフォン利用回避のための警告通知機構, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム, UBI-49, No.20, pp.1-6, 2016
- [6] 2016年歩きスマホに関する実態調査, MMD 研究所, [https://mmdlabo.jp/investigation/detail\\_1615.html](https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1615.html) (参照 2020-2-6)
- [7] 「やめましょう, 歩きスマホ。」に関する調査, 電気通信事業者協会, [https://www.tca.or.jp/press\\_release/pdf/190306sumahochosa.pdf](https://www.tca.or.jp/press_release/pdf/190306sumahochosa.pdf), (参照 2020-2-6)
- [8] 鈴木結香子ほか, 歩行者の状況を考慮した歩車間通信による歩行者安全支援システムの検討, 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.11th, No.4, pp.267-268, 2012
- [9] ホノルル市, 道路横断時の歩きスマホに罰金 事故多発で, 朝日新聞 2017/08/01 付記事
- [10] 前司敏昭ほか, GPS 携帯端末による交通モード自動判定法の開発, 第 4 回 ITS シンポジウム 2005
- [11] 山崎亜希子ほか, 加速度センサ等を用いた移動状態判定方式の検討, 全国大会講演論文集 vol.70, pp.39-40, 2008
- [12] 小澤聡太郎, アンドロイド搭載センサを利用しながら走りの判別法, 東京工科大学メディア学部卒業研究論文, 2013
- [13] 篠原晶子ほか, ロコミと路面状況を共有できる自転車用安全運転支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.1, pp.403-411, 2012
- [14] 久保田彰人ほか, ロコミと路面状況を共有できる自転車用安全運転支援システム, 情報処理学会研究報告, GN-72, No.18, 2009