

移動体位置情報を利用した接近検知による 自転車と歩行者の事故防止システム

吉田 裕幸^{†1} 中野 美由紀^{†2} 渡辺 柚佳子^{†1} 菅谷 みどり^{†1}

近年、低炭素社会指向、東日本大震災の影響などから自転車の利用が急増し、それに伴い自転車の対歩行者に対する事故件数が増加している。例えば、見通しの悪い曲がり角では、自転車の接近に気づくことは難しく、現状の対策として、カーブミラーの設置が一般的であるが自動車対応であるため十分とは言えない。本研究では、自転車と歩行者の接近を両者に警告する仕組みを提供することを目的とし、実現のため、スマートフォンの GPS 通信機能を用いた双方向通信による衝突推定のための手法を提案し、それを実際の機器に設計実装を行った。本報告では、GPS 情報を利用した接近検知および衝突回避警告システムを実装し、実機による実験で、衝突回避の警告距離を比較し、事故防止への有効性の検討について述べる。

A Study of Accident Prevention both of Bicycle and Pedestrian by Approaching Detection based on mobile GPS

HIROYUKI YOSHIDA^{†1} MIYUKI NAKANO^{†1} MIDORI SUGYAYA^{†1}

Recently, the rate of using bicycle in commuting has increased. According to this, the number of accidents for a pedestrian has also increased. In particular, the corner of road, it is not possible to notice the approaching sound of bicycle, the conflicts will be occurred easily. The installation of curved mirrors but not sufficient. In this study, we proposed a mechanism to warn approaching bicycle and pedestrians in both, it is assumed that proposes a system for performing it. This system uses a smart phone for implementation; it is assumed that it is possible to use a variety of sensors at a low cost. In the experiment, we evaluate the appropriate distance for warning, and discuss about the validity of our system.

1. はじめに

近年、エコブームや健康志向の高まり、2011年3月の東日本大震災以後、帰宅難民となった経験による危機意識の高まり等によって、自転車利用割合が増加している[1]。それに伴い、自転車の対歩行者に対する事故件数が2000年と2010年の比較で約1.5倍に増加している[2]。これは、報告されている件数であり、実際には報告されるほどではないが、小規模な事故は多数発生していると考えられる。自転車対歩行者事故の中でも特に、見通しの悪い曲がり角は自転車の接近音に気づくことができず、自転車と衝突する事故が発生していることが予想される。自転車利用割合の増加に伴う事故件数の増加という背景が存在するにも関わらず、衝突の可能性が予想される曲がり角における現在の対策はカーブミラーの設置のみであり、視力の弱い人や自転車自体が見えにくくなる夜の時間ではカーブミラーでは十分とは言えない

歩行者と自転車の衝突防止に向けたシステムとして、カメラデバイスを用いた移動物体の検知手法がある [3]。しかし、この研究では道にカメラデバイスを設置することを

前提としており、実際の路面にカメラデバイスを複数台設置することは、コストの面から考慮しても現実的ではない。

また、スマートフォンを用いた電気自動車およびハイブリッド車の接近検知の手法が提案されている [4]。ここではスマートフォンが周囲の音を収集し、自動車が発する走行音と環境雑音を機械学習によって区別することで自動車の接近を検知する手法を提案している。しかし、自動車の走行音はスマートフォンで十分に収集可能な音量であるが、自転車の走行音はほぼ収集不可能なほど低音であるため、この研究を自転車と歩行者の衝突回避のために応用することは難しい。

本研究は、歩行者と自転車の衝突防止を目的として、スマートフォンなどの移動体の実装されている GPS 情報を利用し、双方の接近が検知された場合に警告を発する仕組みを開発する。多くのモバイル機器で地震予告警報、イベント時のアラームサービス等が提供されており、交通量の多い地域において登録したユーザに危険予告を提示するシステムは容易に受け入れられると考える。本システムでは、両者が GPS により位置情報を把握することを前提に、通信により相手の位置情報と自身の位置情報から距離を判定し、近接距離による衝突可能性判定を行うものである。衝突可能性が存在するならば両者に対して警告を行い、存在しなければ、警告を行わない。衝突可能性判定については、様々な環境条件の考慮が必要であり、その点については今後まだ継続的に議論が必要である。

^{†1} 芝浦工業大学 工学部 情報工学科
Shibaura Institute of Technology, Information Science and Engineering

^{†2} 芝浦工業大学 教育イノベーション推進センター
Shibaura Institute of Technology, Center for Promotion of Educational Innovation

本論文では、2章で研究の課題を述べ、3章で衝突判定のための距離検知と判定手法、4章で設計と実装について述べる。5章にて評価、考察、6章で参考文献、7章にてまとめを述べる。

2. 課題

2.1 研究の課題

現在、自転車利用割合の増加に伴う事故件数の増加という背景にも関わらず[1][2]、衝突の可能性が予想される曲がり角における主な対策はカーブミラーの設置となっている。カーブミラーでは視力の弱い人には自転車自体が見えにくい。また、夜の時間ではカーブミラーのみでは十分とは言えない。また、既存研究のように、カメラデバイスを用いた移動物体検知手法も提案されているが[3]、カメラデバイスによって映し出せる方位は一方位のみであり、カメラデバイスを固定点に置いた場合、システムの実現には膨大な数のカメラデバイスが必要であり現実的ではない。

更に、自動車の接近を検知し歩行者に警告する研究は多数提案されている [4]が、自転車の接近を検知し歩行者に警告する仕組みについては報告されていない[6]。

3 衝突判定システム

3.1 目的

本研究では、従来研究の不足をふまえ、できるだけ簡単に実装可能かつ歩行者と自転車の衝突可能性を可能な限り正確に検知し、両者に事前に衝突可能性を警告することで、衝突が回避できるようなシステムを提供することを目的とする。特に、本システムでは、実装を低コストかつ簡単に行うことができ、様々なセンサを利用することができるスマートフォンを使い実現する。近年、スマートフォンの普及率が62.6%を超えており、地震予告警報から局所的な天候変動、イベント通知アプリケーションなど、多くのユーザが自ら登録、情報を提供することでサービスを受けている。また、今後もスマートフォンの普及率は上昇すると考えられ、双方がスマートフォンを所持し、今回提案する接近検知システムに登録していることを前提とする [5]。本報告では、互いにスマートフォンを持つ自転車および歩行者の利用者間での、GPS位置情報を用いた接近検知手法について検討する。

3.2 検討項目

自転車と歩行者の衝突の可能性を警告するためには、両者がどの程度の距離にいるのかを、システム側で把握し、それに基づいた警告を発する必要がある。具体的には、システム側での(1)位置の特定(検知)、(2)通信にわけて、検討するものとした。

(1) 位置の特定と距離判定

本研究では、スマートフォンに搭載されている

GPS(Global Positioning System:全地球測位網)機能を使用することにした。

具体的には、GPSによって取得した緯度経度情報を自転車側と歩行者側が相互に送信し、その値をもとに距離を計算するものとした。

(2) 通信

GPS情報を自転車側と歩行者側で通信する通信規格はBluetoothを使うものとした。Bluetoothを通信規格として用いた理由はとして、携帯電話におけるBluetooth機能の搭載率の高さが挙げられる。2014年の時点で90%を超えており、今後搭載率は更に上がることが予想されている[6]。また、Bluetooth機能の通信距離が長いこともあげられる。Bluetoothには電波強度を規定したクラスというものがある。電波強度によってクラスがclass1~class3の3段階に分けられる。一番電波強度が強いのがclass1であり、通信距離は100mである。自転車と歩行者の直線距離が100m以内になり次第通信を開始することで、十分に衝突可能性を判定する時間があると考えたため、本システムの通信規格としてBluetoothを用いるものとした。

(3) 相互通信と距離計算

本システムでは、取得したGPS情報(緯度経度情報)を自転車側のスマートフォンと歩行者側のスマートフォンが相互に送信し、距離を計算することによって衝突可能性を判定するものとした。

3.3 システム構成

本システムでは、GPSを用いて自身の位置情報を取得する。次に、近接するスマートフォンが存在した場合、Bluetooth通信によって取得した自身の位置情報を相互に送信する。そして受信した相手の位置情報と自身の位置情報から距離を判定する。その後、計算された距離が閾値以下かどうかの衝突判定を行い、衝突可能性が存在するならば両者に対して警告を行い、未然に衝突を回避する。図3に概要を示した。

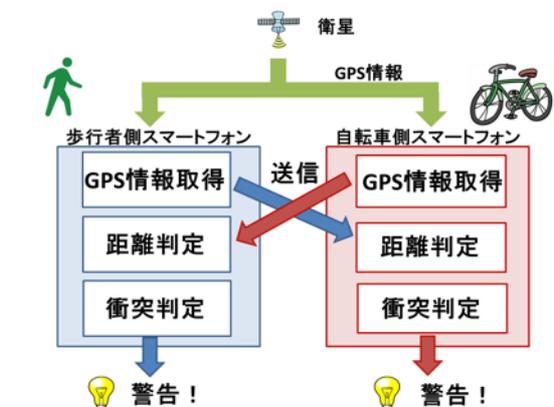


図3. 衝突警告システムのシステム構成図

3.4 位置の特定と距離判定

3.4.1 GPS 機能

本システムにおいては、最終的に衝突事故を防ぐことを目的としていることから、衝突可能性の判定を正確に行うことが重要である。衝突判定のためには、まずは、自転車と歩行者がどれだけ近接しているのか、距離を割り出すための位置の特定が必要である。今回、位置の特定には、スマートフォンのGPSを用いるが、GPSの精度は、様々なデータが提示されている[7][8]ものの、実際の精度はスマートフォンに搭載されているハードウェアに依存する部分も大きい。特に一般的にGPSによって得られる緯度経度情報には誤差が生じることが知られている。このことから、本研究では、まず初めに、利用するスマートフォンのGPS機能を用いて、実際に誤差がどの程度なのかを調査するものとした。調査には三等三角点を用いた。

3.4.2. GPS 機能の精度調査(1)

本システムに大きく関わるGPS機能の精度について予備実験を2回行い、調査を行った。

[実験目的] GPS情報の誤差は時間帯によって変化するのかを調査する。

[実験内容]

- ・場所：富岡八幡宮（三等三角点）
- ・使用したスマートフォン：Nexus7(ASUS社)
- ・スマートフォンを置き、2時間毎に5分間のGPS情報を記録
- ・5分間のGPS情報の緯度経度情報を平均し、国土地理院が定めた緯度経度と比較する

[実験結果]

表1に結果をまとめた。ここで、誤差距離とは、取得したGPS情報の平均緯度経度情報と国土地理院が定める緯度経度の差を距離にして表したものである。

表1. 時間帯毎のGPS情報による誤差距離

計測開始時刻	誤差距離(m)
10:00	33.0
12:00	16.8
14:00	11.8
16:00	34.5
18:00	2.4
20:00	3.3
全体平均	16.9

表1より、一番誤差の距離が小さい時間帯は18:00であり、この時間帯での2.4mと比較し、最大の誤差が発生した16:00の34.5mと比較すると、約14倍と大きな差が見られた。最大と最小の値が観測された時間帯が隣り合っていない

る事から、時間帯を特定した精度改善はこの場合有効ではないと考えられる。全時間帯の誤差距離を平均した、平均誤差距離でも16.9mと大きな誤差が生じていることが分かる。ただし、誤差が少ない場合においては、2.4mと比較的実用の範囲にある。この事から、位置情報としてGPSを利用するために、取得されたGPS情報をそのまま使用するのではなく、誤差が大きいと判断できる場合、そのGPS情報を除外することにより、ある程度誤差に配慮した方法が必要である。

3.4.3 GPS 機能の精度調査(2)

GPS機能の精度調査(1)では、一日を2時間毎の時間帯に区切り、それぞれの時間帯毎にGPS情報にどの程度の誤差が生ずるのかを目的とした。次に我々は、どの程度の間隔で誤差が生じるのかを調査するために、10分毎の精度調査(2)を行った。GPS機能の精度調査(2)では、ある時間帯の連続した時間におけるGPS情報を10分毎に区切り、比較した。次に実験内容を示す。

[実験内容]

- ・場所：富岡八幡宮（三等三角点）
 - ・使用したスマートフォン：Nexus7(ASUS社)
 - ・スマートフォンを置き、2時間弱の連続したGPS情報を記録
 - ・10分毎のGPSの緯度経度情報と、国土地理院が定めた緯度経度を比較する
- 以下の表2に結果を示す。

表2. 10分毎のGPS情報の誤差距離

経過時間(分)	誤差距離(m)
10	5.4
20	7.4
30	8.0
40	6.4
50	7.5
60	10.9
70	0.6
80	6.0
90	3.2
100	9.1
110	9.6
全体平均	6.7

表2の結果より、10分毎の細かい時間でも、最大誤差距離で10.9mの誤差が発生していることが分かった。こちらの結果から誤差の大きいGPS情報を除外するだけではなく、10分以下の時間間隔で操作を行う必要がある。

3.4.4 通信機能

本システムでは、GPS 情報を Bluetooth は、無線通信規格の一つで、数 m から最長で 100m 程度までの通信が可能である。現在、発売されているスマートフォンの多くに Bluetooth が初めから搭載されている。よって、本システムでは、取得した GPS 情報を自転車側のスマートフォンと歩行者側のスマートフォンが通信するために用いる通信規格を Bluetooth とした。Bluetooth を通信規格として使用するにあたり、通信規格としてのみ使用するのではなく、通信時に取得できる RSSI(Received Signal Strength Indicator:受信信号強度)を衝突可能性判定に利用できるか検討を行った。ここで RSSI とは、Bluetooth などの無線通信時に受信する信号の強度のことである。通常、距離によって増減する。

3.4.5 Bluetooth の RSSI 精度調査

各距離においてどのような RSSI の値が取得できるのか調査し、本システムに利用できるかを検討するために、以下の実験を行うものとした。

[実験内容]

- ・スマートフォン 2 台をどちらも高さ 1m の位置に固定して置く
- ・障害物の存在しない直線的な空間で測定
- ・5~85m を 5m 間隔で、各距離において 30 回ずつ RSSI 値を測定



図 4. RSSI と距離測位実験のデバイス配置図

結果を以下の図 5 に示す。衝突判定に利用するためには、15~25m の RSSI 値が利用できれば理想的であったが、平均値より、15~25m における値は 70~85m 辺りでも取得できることが分かる。よって、本システムでは、RSSI の値を衝突判定には利用できないことが判明した。

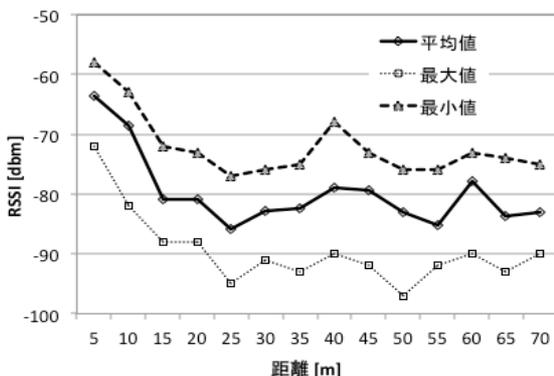


図 5. Bluetooth の RSSI 値と距離測位結果

4. 設計と実装

4.1 GPS による距離の誤差判定

3 節に示した GPS 機能の精度調査(1)(2)より誤差の大きい GPS 情報の除外が有効であると考えられる。誤差の見積りとして、予備実験から得られた平均誤差を使い、誤差判定により、誤差が閾値よりも大きい場合には衝突判定に使用しないという除外アルゴリズムを検討するものとした。図 6 に誤差判定の処理のフローを示した。

誤差判定の前提として、自転車、歩行者いずれも GPS 機能を搭載したデバイスを装備もしくは、装着しているものとし、そこから測定値を取得するものとした。本、フローでは、GPS の測定値として 3 回の取得値から、重心を得るものとした。重心は、測定値 (x, y) 座標の三角形の線分の中線を二分の一に分割して求めることで、平均的な位置をできるだけ正確に特定できるものとした。

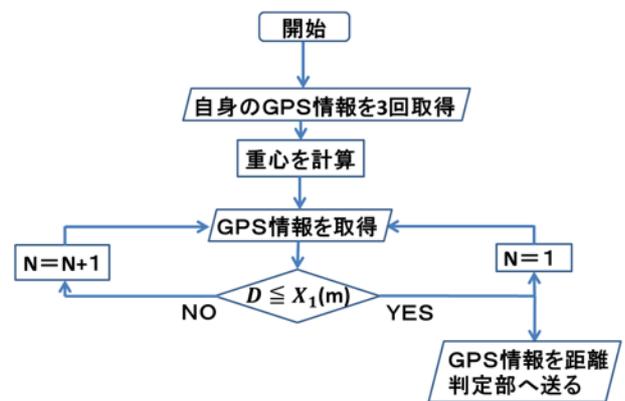


図 6. GPS 誤差大小判定アルゴリズム

提案手法に従いアプリ起動時に 3 回 GPS 情報を取得し重心を計算し、その重心を最初の位置とする。ここで P_t はある時間 t における GPS 情報とする。以後、GPS 情報が取得される度に、以前の GPS 情報が取得された位置から、取得した位置までの距離 $D = P_t - P_{t-1}$ を計算する。この時、距離 D が、閾値である X_1 より小さい場合 ($D \leq X_1(m)$) はそのまま測定値として得られた GPS 情報を、距離判定部に GPS 情報を送信する。ここで、閾値 X_1 とは、直前の GPS 情報から誤差を考慮した上で移動できる距離とし、一つ前の距離 D が異常に大きい(不可能な距離移動している)場合、その GPS 情報を除外するものとした。ここで、閾値 X_1 は $X_1 = S * N + P_{ave}$ 式で求める。ここで、 S は自転車の秒速 (m/s) である。 N は GPS 情報の誤差が大きいため取得した GPS 情報を距離判定部に送信しなかった回数(以降、除外した回数)とした。これは、判定しなかった時に、距離を求めることができなくなることを防ぐことを目的としている。自転車の秒速値を等速として、近似値を利用することで、現実の値に近く、誤差を少なくできるようにした。また、

Nの値が大きくなることを防ぐために、除外した回数Nは正しいGPS情報が取得できた場合に初期化するものとした。

ここで、Paveとは、考慮するGPS情報の誤差であり、予備実験によって得られた平均誤差距離を使用するものとした。精度調査(1)から16.9, 精度調査(2)から6.7という値が得られた。精度調査によって得られた2つの値のいずれの値が衝突可能性判定の精度が高いかを実験にて検証するものとした。

4.2 衝突判定

GPS誤差大小判定アルゴリズムをアプリケーションに組み込んだアプリケーションのフローチャートを図7に示した。まず、自転車側と歩行者側の両方のスマートフォンのGPSセンサで、それぞれの位置測定情報を取得する。その後、図6のGPS誤差大小判定アルゴリズムにより、取得したGPS情報の誤差の閾値判定を行う。

ここで、GPS情報の誤差が閾値よりも小さい場合には、近接するスマートフォンとGPS情報を交換し距離を計算する。距離が閾値X2以下であるならば、スマートフォンが警告を行う。もしGPS情報の誤差が大きいと判定された場合は、また自身のGPS情報を取得する。これをアプリケーションが動いている間、常に繰り返すものとした。ここでX2とは衝突可能性判定を行うための閾値で、自転車と歩行者の直線距離が何メートルあれば、衝突を防ぐことができるのかを決めるものであり、それぞれの速度を考慮した値を設定する必要がある。ここでは、仮に自転車の速度を4(m/s), 歩行者の速度を1.5(m/s)であると仮定すると、衝突推定位置から4秒前における二者の直線距離は17.08mであり、この時点で警告を行う必要があると考え、閾値を17とする。

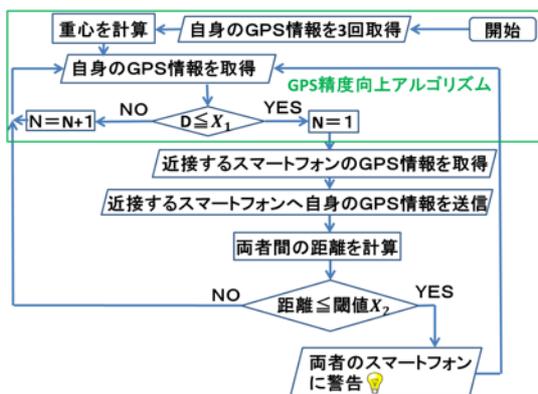


図7. 本アプリケーションのフローチャート

4.3 Android 端末への実装

スマートフォンは、センシングの分野において強力な処理性能をもつデバイスである。そこで、提案した検知手法および警告を行う仕組みをAndroid上のアプリケーション

として実装し、実際の道においてXperia AXで動作検証を行った(図8)。図8の写真はそれぞれ最接近の10秒前と3秒前を撮影したものであり、手元のスマートフォンの画面が見えにくいので手元は図9に示した。これにより、遠距離から近距離に向かってくる自転車を3秒前には検知していることがわかる。

しかしながら、歩行中にスマートフォンの画面を見るという行為は、それ自身が交通事故の原因となる。そのため今回はスマートフォンのバイブレーション機能を用いて、警告を伝えるという簡易的な警告の実装のみとし、バイブレーションに気づいたら周囲を確認してもらうものとした。



10秒前 3秒前
図8. スマートフォンへの実装



10秒前 3秒前
図9. スマートフォン画面

5 実験, 評価

5.1 閾値 X1 の検証

5.1.1 実験目的

先に述べたように、閾値 X1 は本提案の中で精度の高い衝突検知を行うために重要な値である。閾値 X1 は式(1) S (自転車の秒速(m/s)) * N (回数 < 3) + Pave 計算式により求めることを述べたが、この時式に現れる Pave の値は、考慮する GPS 情報の誤差であり、予備実験である精度調査(1)から16.9, 精度調査(2)から6.7という値2値が得られた。しかし、これらは大きく異なるための、ふさわしい値を調査する必要がある。本実験では、実装した提案システムを用いて、実際にどちらの値を使用する方が、より精度の高

い衝突可能性判定が可能であるかを検証するものとした。

5.1.2 実験内容

Paveとして示した16.9と6.7を代入した2つのAndorid上の衝突判定アルゴリズムを実装したアプリケーションを用意し、衝突可能性を判定、警告を行うものとした。衝突推定アルゴリズムにより衝突推定の警告がなされた時点で、衝突推定位置からの距離を計測する。自転車と歩行者のスタート地点は自転車の速度を4(m/s)、歩行者の速度を1.5(m/s)として、10秒後に衝突推定位置に到達するようにそれぞれ衝突推定位置から40(m)と15(m)の位置とした。

-実験環境

- ・スマートフォン2台使用(Xperia AX SO-01E : Bluetooth class1 搭載)

- ・障害物のない、開けた場所にて実施

-実験手順

- ①衝突推定位置を定める
- ②自転車と歩行者の双方は衝突推定位置へ前進する
- ③スマートフォンの警告に気づいた時点で停止する
- ④衝突推定位置から何m前で停止できたかを測定する
- ⑤以上の手順を10回繰り返す

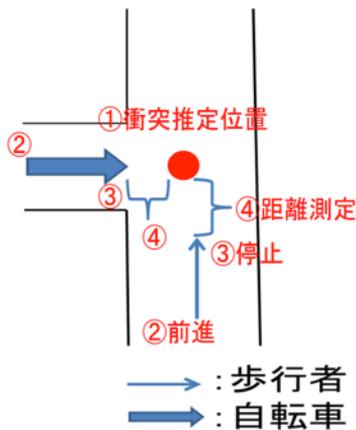


図 10. 実験手順

5.1.3 実験結果

アルゴリズムありの2パターンとアルゴリズムなしの、合わせて3パターンそれぞれにおいて、自転車と歩行者が停止した位置の直線距離の平均を表3に示した。

表 3. 平均警告距離

アルゴリズム(X1)	なし	あり(6.7m)	あり(16.9m)
平均警告距離	7.32m	10.19m	12.94m

実験の結果、X1の閾値判定アルゴリズムなしは7.32mで、衝突まで1.7秒と大変近い距離で警告する結果となった。これに対して、閾値判定アルゴリズムありの場合、X1=16.9とした場合は12.91mと衝突まで約3秒前に警告できている。閾値判定のアルゴリズムなしと比較し、閾値判定アル

ゴリズムありの場合1.3秒も早く警告することができている。

5.2 閾値 X2 の検証

5.2.1 実験目的

次に閾値 X2 の検証を行う。事前の試算として、我々は衝突可能性判定における閾値 X2 は理論上、17が最適であると考えた。これは、平均的な自転車の速度を4(m/s)、同様に平均的な歩行者の速度を1.5(m/s)と仮定すると、衝突推定位置から4秒前における二者の直線距離は17.08mであるためである。しかし、GPS情報の誤差やBluetoothにおける通信遅延が生じるため、閾値 X2 設定には多少のマージンが必要だと考えられる。そこで、閾値 X2 に20, 25, 30の3つを設定し、実際の実測により、どの値を設定した場合に、衝突回避できるか、また現実の問題は何かについて検証するものとした。

5.2.2 実験内容

X2にそれぞれ20, 25, 30を代入した3つのアプリケーションを用意し、衝突可能性を判定、警告を行う。その後衝突推定位置から停止した位置までの距離を計測する。

-実験環境

- ・スマートフォン2台使用(Xperia AX SO-01E : Bluetooth class1 搭載)

- ・障害物のない開けた場所にて実施

-実験手順 (図 10)

- ①衝突推定位置を定める
- ②自転車と歩行者の双方は衝突推定位置へ前進する
- ③スマートフォンの警告に気づいた時点で停止する
- ④衝突推定位置から何m前で停止できたかを測定する
- ⑤以上の手順を10回繰り返す

5.2.3 実験結果

本実験では、自転車と歩行者の衝突推定位置に対して、3秒以上前の位置で停止できた場合を衝突回避とした。3秒前とした理由は、システム側では4秒前に警告を発するという仕組みであるため、警告を受けて、1秒間の制動時間がかかると考えたためである。ここで制動時間とは、自転車が警告をうけてから停止する際の制動にかかる時間である。また、この時、自転車は12m/秒、歩行者は4.5m/秒の平均速度で動作していることを前提とするものとし、実験でも、自転車が上記の時間で作動するようにした。

また、閾値 X2 がそれぞれ20, 25, 30の時、何%衝突回避できたかを衝突回避率 (%)とし、結果を表4に示した。実験は10回実施した結果である。

表 4. 衝突回避率(%)

閾値 X2	20(m)	25(m)	30(m)
衝突回避割合	20%	70%	100%

表 4 の結果より, 想定した 17m に最も近い閾値 X2=20 については, 表 4 より 20%しか衝突回避することができなかった. しかし, X2=25 では 70%, X2=30 においては 100%衝突回避が可能と, 閾値 X2 は大きい値を設定すればするほど衝突回避率は高くなるという結果となった.

5.3 考察

安全性の面から衝突推定位置から 2~3 秒前に停止できることが理想だとすると, 直線距離が 8~12m の時に停止できることが望ましい.

4.1 閾値 X1 の検証の結果より, 閾値 X1 は, アルゴリズムなしの場合, アルゴリズムありの 2 つと比べ警告が遅れた理由として GPS 誤差が考えられる. GPS 誤差によって実際の距離よりも遠いと判定されていたために警告が遅れた可能性が考えられる. また, アルゴリズムあり(6.7m)がアルゴリズムあり(16.9m)と比べて警告が遅れたのは, GPS 情報の誤差が大きいと判定したために GPS 情報を除外, また GPS 情報を取得するまでに時間が生じたために判定が遅れたという可能性が考えられる. アルゴリズムあり(16.9m)が衝突推定位置より 3 秒前に警告できたため, 結果としては最良であると考えられるが, 最適な値であるかは更なる検討が必要である.

閾値 X2 は理論上 20 が最適であると考えられたが, 実際には 20%しか衝突回避ができなかった. これは, 想定していた以上に通信遅延や人の反応速度による衝突回避行動の遅れが大きかったためだと考えられる. 表 4 の結果より, X2 を大きくすればするほど事前に警告できるが, このシステムを実環境で使用することを考慮すると, 閾値 X2 を大きくすればするほどスマートフォンが警告する回数が増え, 衝突する可能性が低い場合でも警告してしまう(誤検知)という問題点が存在する. 誤検知は, ユーザが周囲を見回して自転車の有無を確認するだけで済むが, 見落とし(警告遅れ)は交通事故に繋がる危険性があり, 相対的にコストが大きい. 誤検知と見落としはトレードオフの関係であり, 今後はこの二つの最適割合を検証していく必要がある.

6. 参考文献

本研究では, 自転車対歩行者の衝突事故の予防を目的とし, 衝突回避のための衝突検知アルゴリズムの提案, システム設計と実装を行い, 実際の実験により検討を行った.

自転車利用割合の増加に伴う事故件数の増加という背景が存在するにも関わらず, 衝突の可能性が予想される曲がり角における現在の対策の多くは, カーブミラーの設置と

なっており, 視力の弱い人や自転車自体が見えにくくなる夜の時間ではカーブミラーでは十分とは言えない.

また, カメラデバイスを用いた移動物体検知手法[3]も提案されているが, カメラデバイスによって映し出せる方位は一方のみであり, カメラデバイスを固定点に置いた場合, システムの実現には膨大な数のカメラデバイスが必要であり現実的ではない. また, 自動車の接近を検知し歩行者に警告する研究は多くの研究がなされている[9,10,11]. 中でも, スマートフォンを用いた電気自動車およびハイブリッド車の接近検知の手法ではスマートフォンが周囲の音を収集し, 自動車が発する走行音と環境雑音を機械学習によって区別することで自動車の接近を検知する手法を提案している[4]. 自動車の走行音はスマートフォンで十分に収集可能な音量であるが, 自転車の走行音はほぼ収集不可能なほど低音量であるため, この研究を自転車と歩行者の衝突回避のために応用することは難しい.

本研究は, 歩行者と自転車の衝突防止を目的として, 事前に警告を発する仕組みを提供するものとした. 衝突可能性判定については, 様々な環境条件の考慮が必要であり, その点については今後まだ継続的に議論が必要である.

7 まとめ

今回の報告では, スマートフォンの GPS 位置情報を用いることで, 自転車および歩行者間の距離, 接近検知の手法を提案し, 実際に自転車と歩行者が衝突を回避できることを示した. しかし, 今回の実験は曲がり角を想定して行ったが, 壁や他の電波等, 通信を妨げるものが存在しなかった. 実環境において本アプリケーションの使用を考える場合, 壁や他の電波等, 通信を妨げる物体が存在する可能性を考慮した衝突可能性判定が必要であると考えられる. 今後, より実環境における使用を考慮するのであれば, 壁が存在した場合を想定した衝突可能性判定の検証が必要である.

参考文献

- [1] 国土交通省, みんなにやさしい自転車環境,安全で快適な自転車利用環境創出に向けた検討委員会の提言, 2012.
- [2] 警察庁, 平成 25 年中の交通事故の発生状況, 2013.
- [3] 永後 光一, 亀田 弘之, 服部 峻, 久保村 千明:歩行者と自転車の衝突防止システム実現に向けた移動物体の検知プログラムの精度評価実験, 第3回 大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, pp.76-77, 2011.
- [4]高木 雅, 藤本 浩介, 川原 圭博, 浅見 徹, スマートフォンを用いた電気自動車およびハイブリッド車の接近検知手法, 情報処理学会研究報告.ユビキタスコンピューティングシステム, 2014-UBI-43(12), 1-8, 2014.
- [5]総務省, 平成 26 年版情報通信白書, 2013.

- [6] HIS 社, 消費者・モバイル・IT マーケットにおける接続性についての市場調査と最新予測, Bluetooth World 2014.
- [7]久保 信明, 喬 耘, 安田 明生, GPS 単独測位高精度化の実現性について, 日本航海学会論文集, pp.259-266(2006)
- [8]JAXA, 準天頂衛星初号機「みちびき」
- [9] Oki Electric Industry Co., L. Oki succeeds in trial production of world's first "safety mobile phone" to improve pedestrian safety. Press release, May 2007.
- [10] David, K., and Flach, A. Car-2-x and pedestrian safety. IEEE Vehicular Technology Magazine 5, 1 (March 2010), 70-76.
- [11] Gandhi, T., and Trivedi, M. Pedestrian protection systems: Issues, survey, and challenges. IEEE Transactions on Intelligent Transportation System 8, 3 (Sept 2007), 413-430.