

直前の移動情報を用いた歩行中の スマートフォン利用における危険場面の予測

佐伯 翼^{†1} 岡崎 侑哉^{†2} 細川 茂樹^{†2} 藤波 香織^{†3}

^{†1} 東京農工大学工学部情報工学科 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16

^{†2} 東京農工大学大学院工学府情報工学専攻 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16

^{†3} 東京農工大学大学院工学研究院先端情報科学部門 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16

E-mail: ^{†1} tubasa0813@gmail.com ^{†2} {okkah06043704, kinokokinn77}@gmail.com

^{†3} fujinami@cc.tuat.ac.jp

あらまし 本研究では、交通事故の頻発している道路・踏切の横断時を「歩きながらスマホ」の危険場面と定義し、スマートフォン単独で危険場면을事前に推定する手法を提案する。本手法では、道路・線路の座標データベースを利用し、スマートフォンに内蔵された加速度センサ・地磁気センサや位置情報も用いて場面検出を行う。4種類の道路形状に対して歩行着地周期や歩行速度、端末の格納状態、セグメントに対する横断角度を変化させ、8種類の歩行状態で歩行データを収集して評価実験を行った。結果として、道路形状別に有効とされるアルゴリズムの組み合わせに加え、次点予測精度を踏まえて将来的に測位精度が改善された場合に最も精度が向上するアルゴリズムの組み合わせが明らかになった。

キーワード スマートフォン, 地図情報, 慣性センサ, 位置情報

Predicting dangerous situation in smartphone usage during walking based on recent movement history

Tsubasa SAEKI^{†1} Yuya OKAZAKI^{†2} Shigeki HOSOKAWA^{†2} and Kaori FUJINAMI^{†3}

^{†1}, ^{†2}, ^{†3} Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology
2-24-16 Nakacho, Koganei-city, Tokyo, 184-8588 Japan

E-mail: ^{†1} tubasa0813@gmail.com ^{†2} {okkah06043704, kinokokinn77}@gmail.com

^{†3} fujinami@cc.tuat.ac.jp

Abstract A number of traffic accidents have been reported when people are crossing streets and railways during smartphone usage. In this study, we propose six algorithms to predict such a risky situation based on the combination of the present and past location of a pedestrian, walking direction and walking speed by means of smartphone-mounted sensors. A geographical database that includes roads and railway information is further combined. The evaluation was carried to see the performance of the six algorithms in terms of walking conditions such as the storing position of a smartphone, walking speed/frequency, the crossing angle against a road segment. The result showed that the performance of the proposed algorithms varied by the road shapes and walking conditions, which implies the effectiveness of road shape and walking shape as a contextual information to switch prediction algorithms.

Keyword Smartphone, Geographical Information, Inertial Sensor, Location

1. はじめに

近年の大きな技術革新により、スマートフォンが開発されて普及し^[1], ユーザが強く依存しすぎてしまう状況が増加した。文字等の情報量の多いスマートフォンの画面を見続けることで、周囲への注意が散漫になることが大きな問題となっている。これは、スマートフォンを利用している際に脳が認識できる範囲が狭ま

る^[2]ためである。また、歩行状態でスマートフォンを使用する「歩きながらスマホ」と呼ばれる行為を行った場合、手ぶらでの歩行時と比較して、極端に見える範囲が狭くなる^[2]。米国の調査によると、歩行者の3人に1人が「歩きながらスマホ」を行っており^[3], 不注意歩行による死亡事故も増加したとの報告がある^[4]。さらに、日本は交通事故のうち歩行者が死亡する割合

が米国の2倍と高く^[2]、「歩きながらスマホ」の状況が一層深刻であると推測される。そこで、スマートフォンの内部処理による使用抑制によりスマートフォン自体の操作が不能となることに着目し、歩行状態で使用抑制を行う。この結果として、「歩きながらスマホ」を行うことが事実上不可能となり、確実な事故抑制が図られる。ただし、端末使用への大きな抵抗感を生み出すような、強制力を持った使用抑制が行われた場合、ユーザがシステムの利用を放棄すると考えられる。そのため、規制される条件を事故発生の可能性が高い危険時のみに限定し、過剰な端末の使用規制を回避して端末使用への抵抗感を最小限に抑えることが求められる。そこで、本稿では、スマートフォン単独で「歩きながらスマホ」を行うと危険である場面を事前に推定する手法を提案する。危険場面において歩行状態でのスマートフォン操作が不能となることで、歩行状態におけるスマートフォン使用抑制を図ることができ、歩行者の不注意事故の減少へ大きな貢献が期待される。

2. 研究の背景と目的

2.1. 関連研究と課題

近年では、歩行者に大きく注意力を欠如させる「歩きながらスマホ」に着目し、事故発生の危険を回避する手法が数多く提案されている。野田らは、HSV色空間のSV値を用いた手法とエッジを用いた手法の2種類を提案し、これらを組み合わせて屋外の歩行時にスマートフォンのみを用いて前方の障害物の検出を行っている^[5]。歩行状態でスマートフォンを操作する人のうち、人通りの多い場所での使用に着目し、カメラを利用して足元から障害物や人を検知している。加えて、検知した際の使用者への提示方法についても検討を行っている。一方、名坂らの研究では、加速度センサとカメラ画像のオプティカルフローを利用した事故防止システムを提案している^[6]。加速度センサで歩数計測に加え、勾配法を利用したオプティカルフローで障害物検出を行う。歩数と輝度値の変化の両方が満たされた場合、画面がONの状態であれば「歩きながらスマホ」を行っているとして推定するシステムである。

以上で示すように、現状ではカメラ画像を利用し、端末所持者の目前にある障害物の回避に着目した研究例が多い。しかし、「歩きながらスマホ」を行うことで端末所持者の視野が左右方向にも狭まることを考慮せず、周囲の状況を十分に把握できないことが課題である。本研究では、従来の研究よりも広域な周囲の状況を把握することを念頭に、端末所持者にとって本当に危険とされる場面を推定することで問題解決を図る。

2.2. 本研究の目的

本研究は、スマートフォン単独で「歩きながらスマ

ホ」の危険場面を事前に推定するシステムの提案を目的とする。最大限に有用なシステムとなるためには、危険場面について詳細な定義が必要となる。交通事故統計によれば、歩行者の死亡事故のうち73%が道路横断中に発生している^[1]。また、鉄道事故に関する調査では、死傷事故のうち歩行者が線路内及び踏切内への立ち入りが原因で発生したものは70%を占めている^[7]。以上のことから、道路・踏切の横断時がスマートフォンを利用する際の危険度合いが特に大きいと考えられるため、これを危険場面と定める。本研究では該当場面での「歩きながらスマホ」を、スマートフォン単独で事前に推定する。

3. 提案手法とアルゴリズム

3.1. 要件定義

これまでの内容を踏まえ、上記の危険場面の検出には次に示す4つの要件定義を満たす必要がある。

定義1：横断開始時点を予測できる

定義2：横断終了時点の判断が可能である

定義3：スマートフォン上で動作する

定義4：ユーザや周囲の状況に依存せず道路・踏切位置を取得できる

スマートフォン利用が危険とされるタイミングは、歩行状態における道路・踏切の横断を開始する時点から横断を終了する時点までと考えられる。すなわち、上記に示した区間に対して、端末所持者のスマートフォン利用抑制を全面的に行うため、利用規制の開始時点を予測し（定義1）、終了時点の判断を必要とする（定義2）。また、スマートフォンの利用規制を行うため、スマートフォン上で動作しなければならない（定義3）。加えて、道路・踏切の認識が可能であることが危険場面検出の必要条件となる。このため、時間帯や天候、道路形状といった環境要因に加え、個人差が存在する歩行速度等の条件に依存せず頑健に道路・踏切位置の取得が可能である必要がある（定義4）。

3.2. システムの全体構成

時間帯や天候、道路形状に対する頑健さや、歩行速度等の条件に依存しないことが求められるため、2.1節で述べたようなカメラ画像を利用した検出は不適切であると考えられる。そこで、道路の正確な位置データを取得する手段として、道路・線路の座標データベース（以後、地図情報と記す）を利用する。さらに、スマートフォンに内蔵された慣性センサや位置情報も用いて検出を行う。これらを踏まえ、提案システムの構成を図1に示す。

GPS、3軸加速度センサと3軸地磁気センサ、画面回転の状態、画面状態を入力情報として判定処理を行う。データ抽出部、危険判定部を経て、端末使用の抑

制処理を行う流れとなっている。データ抽出部では、GPS、加速度センサ・地磁気センサのサンプリングを行った上で、それぞれ位置情報（座標、時刻）と端末先端の方角を計算する。端末先端の方角については、画面の回転状態（端末の先端方向と端末所持者の進行方向との差）を考慮する。また、危険判定部で利用される移動履歴を管理するため、現在の位置情報を保管する。危険判定部では、位置情報と方角、移動履歴を参照し、端末所持者が次のGPS測位時刻における移動位置（以後、次点と記す）を予測する。予測位置と現在の位置情報を用い、地図情報から取得した道路・線路の座標を組合せた上で、端末の画面状態（ON・OFF）を考慮して横断可能性の判断を行う。この判断結果を踏まえ、端末画面のON・OFFの状態を利用して、それぞれの場合で端末使用の抑制処理を行う流れとなっている。使用抑制の対象は、端末上で動作する任意のアプリケーションである。

3.3. サンプリング

GPS測位は、5秒から20秒に一回の頻度で定期的に行い、現在の位置情報を取得する。位置情報の構成要素は、位置（緯度、経度）と測位時刻である。ただし、誤差を大きく含む測位では、30[m]から100[m]で誤差の閾値を設置し、それ以上の誤差を含んだ位置情報は除外する処理を行っている。閾値処理を経て取得された位置情報は、端末所持者の移動履歴として保管される。なお、移動履歴は危険判定部の次点予測で利用される。加速度センサと地磁気センサからは、取得周波数5[Hz]でセンサ値を取得する。端末所持者の移動方向を取得することを目的として、取得されたセンサ値を用いて進行方向を求める。方角については端末の画面回転状態も考慮する。端末使用者の直進以外の歩行動作へ対応するため、1回前の測位時刻における方角値や2回前の測位時刻における方角値と求められた方角値との差を計算する。本プロセスにより抽出された位置情報、方角値の差、移動履歴は危険判定部に受け

渡される。なお、加速度センサと地磁気センサを利用した方角の算出方法は、文献^[8]を参考にした。

3.4. 次点予測

センサ値抽出部で位置情報が取得される度に、GPSから取得する位置座標の履歴から移動距離を、加速度センサと地磁気センサから得られる方角から移動方向の変化量を計算し、数秒後の端末所持者の位置（以後、次点と表記する）を予測する。移動距離については、(1)直前の位置から現在の位置までの移動と同じ場合、(2)過去数回分の隣接する位置の移動距離を平均した場合の2種類を考え、短期・長期の両面から歩行速度を推定する。方角の変化量については、(a)変化を考慮しない（変化量を0とする）場合と考慮する場合を考える。後者については、(b)直前の位置を取得した時刻から現在時刻までの方角変化を考慮する場合、(c)2回前に位置座標を取得した時刻から現在時刻までの方角変化を考慮する場合の2通りを考え、曲線部を含む道路形状への影響を緩和する。これら全ての組合せである計6種類のアルゴリズムを考案した（図2）。すなわち、6種類のアルゴリズムごとに次点が計算されるため、計6個の次点が計算されることになる。予測された次点は横断可能性の判断に利用される。

3.5. 横断可能性の判定

次点予測によって取得された次点と現在の位置、地図情報、端末状態によって横断可能性を判定する。横断可能性は、危険状態と安全状態のどちらかの出力となる。道路や線路を細かく区分し、線分単位にまで分割したものをセグメントと呼ぶことにすると、図3に示すような、次点と現在の位置の間にセグメントが存在した場合横断の可能性が高いとみなし、危険状態と出力する。逆に存在しない場合は横断の可能性が低いとみなし、安全状態と出力する。なお、本研究では地図情報サービスとしてOpenStreetMap^[9]を利用した。判定結果は、次の使用抑制処理で利用される。

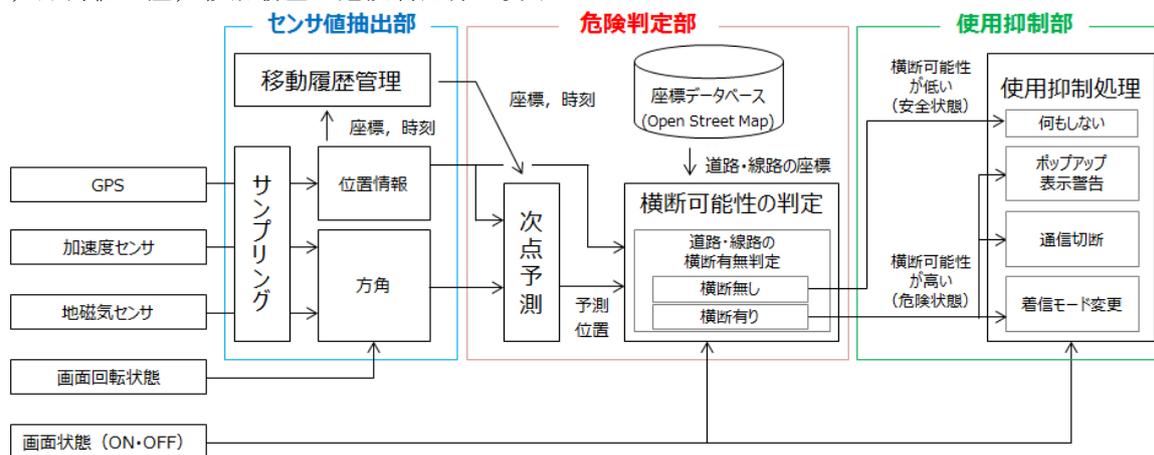


図1 提案システムの構成

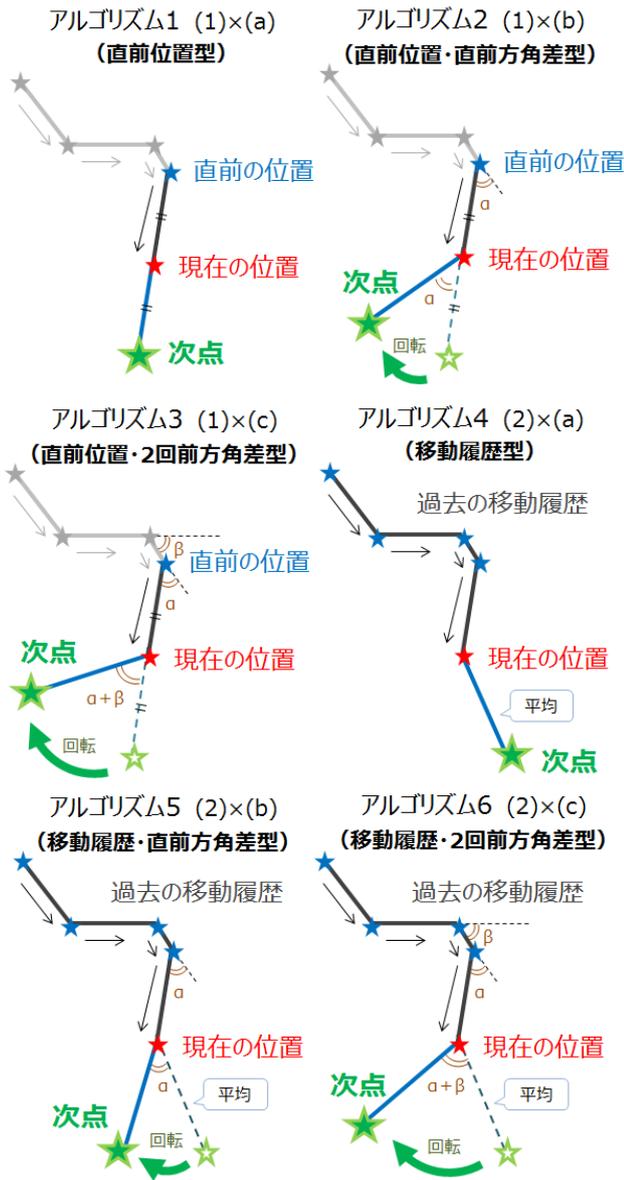


図 2 次点予測アルゴリズム

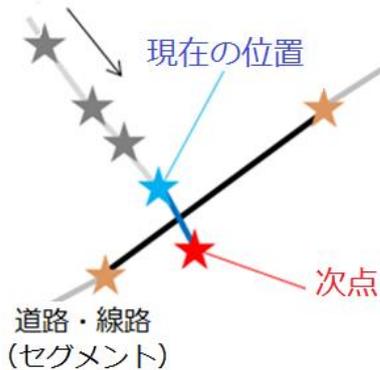


図 3 横断可能性の高い場面

3.6. 使用抑制処理

横断可能性が低い場合には処理は何も行わず、可能性が高い場合には画面状態に応じて使用抑制を行う。

画面状態が ON の時には、端末所有者がスマートフォンを利用している状態であり、横断可能性が高い場合には、即座に端末使用を抑制することが求められる。端末抑制の手段として、野田口らの使用者への提示手法の調査^[5]を参考に、画面上へ警告を出す方法に決定した。危険場面が解除になった場合には、このポップアップ表示の起動命令を解除し、トースト表示により危険場面の終了を通知する (図 4)。



図 4 危険場面時と危険場面解除時の画面表示 (左図：危険場面時 右図：危険場面解除時)

画面状態が OFF の時には、端末所有者がスマートフォンを利用し始める前の状態であり、画面を ON にすれば、危険場面での「歩きながらスマホ」が実施される可能性が高くなる。そこで、画面状態が OFF の時も画面状態が ON になる可能性を低下させることが有用であると考えられる。スマートフォンを利用する要因として、ネット回線を用いることが大きい^[1]ことを利用して、画面状態を ON にする要因としても同様の理由が考えられる。以上を踏まえ、危険場面ではスマートフォンの通信機能 (Wi-fi, 3G 回線) を一時的に切断することとした。

4. システム評価実験

提案システムの危険場面判定精度を検証するため、危険場面の判定結果と実際の横断の一致度合いを評価する危険場面判定精度評価実験と、予測された次点と実際の移動位置の距離誤差を計算する次点精度評価実験の 2 種類の定量評価を行った。

4.1. 歩行データ収集

判定結果と正解データを照合する形で評価実験を行うため、GPS (1 秒に 1 回)、加速度センサ (1 秒に 5 回)、地磁気センサ (1 秒に 5 回) の 3 種類から得られる歩行データを事前に収集した。データ収集は、道

路形状が異なる (I) 交差点での曲折を含まない直線道路, (II) 交差点での曲折を含む直線道路, (III) セグメント同士が垂直に交差する曲線道路, (IV) セグメント同士が斜めに交差する曲線道路の 4 か所 (図 5) について行った. 各地点で歩行速度や歩行着地周期, 端末の格納場所, セグメントに対する横断角度の条件をそれぞれ表 6 に示す形で基準状態をもとに一要素ずつ変化させ, 総計約 11.7km (1 秒間隔の GPS 測位で 4644 サンプル) のデータを集めた. 上記条件で多様な歩行を十分に考慮できるため, 被験者は 1 名とした. また, 歩行の様子をビデオ撮影し, 正確な危険場面を後日ラベリングしたものを正解データとした. なお, データ収集には Galaxy SII (Android 2.3.3) を使用した.

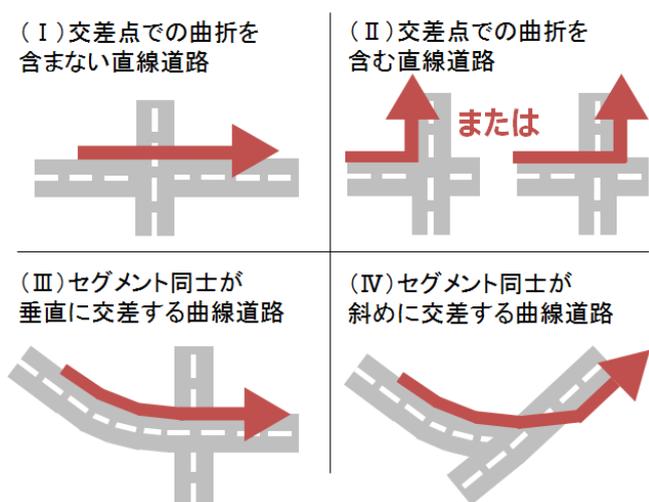


図 5 道路形状の種類

表 6 歩行状態の変化パターン

状態	歩行着地周期 [step/sec]	歩行速度 [m/sec]	端末格納場所	セグメント横断
基準	2.0	1.0	手に所持	垂直に横断
歩行着地短周期	1.5			
歩行着地長周期	2.5			
低速歩行	2.0	0.7	ポケットに格納	斜めに横断
高速歩行		2.0		
端末格納	2.0	1.0	手に所持	斜めに横断
斜め横断				横断直前に逆行
直前逆行				横断直前に逆行

4.2. 危険場面判定精度評価実験

提案手法の検証のため, 実際の横断の有無と横断判定結果との一致率を判定精度として評価を行った.

● 道路形状別での結果

各道路形状での最適な次点予測アルゴリズムを調査するため, 道路形状別の精度比較を行った. 実験結果を図 7 に示す. 縦軸はアルゴリズムの種類, 横軸は判定精度である. 判定精度には適合率と再現率の調和平均である F 値を採用し, 各歩行状態の精度値を平均したものとした. なお, 図中の「6 種併用」とは, 全アルゴリズムによる危険場面判定を並列に行ったと仮定して, 一つでも危険と判定された場合に, 最終判定を危険と判断する仕組みをとった場合の判定結果である (以後も同様に表記する). すなわち, 危険状態と判定したのを「真」, 安全と判定したのを「偽」とすると, 6 つの方式ごとの出力の論理和をとったことになる. これは, 交通事故防止を目的とした安全確保の観点で, 安全な場面でシステムが危険状態を誤判定しないことよりも, 実際に危険な場面で判定漏れがないことの方が重要であり, 実場面において有効な指標と考えているために追加した.

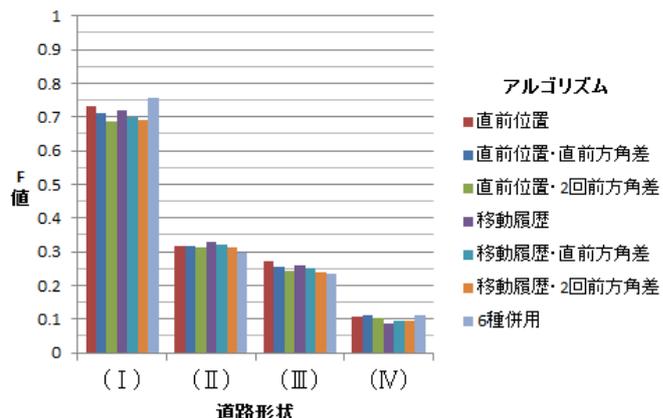
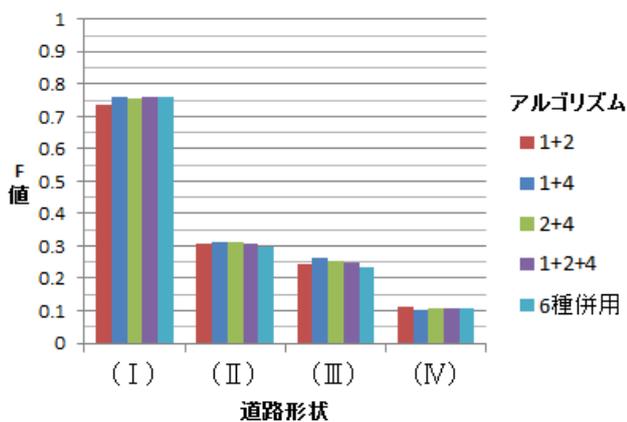


図 7 道路形状別の判定精度 (単一アルゴリズム)

全アルゴリズムが反映された指標である 6 種併用に着目すると, (I) が 0.76 と最も高精度であった一方で, (IV) は 0.11 と最も低精度であった. また, (I) (III) では直前位置型, (II) では移動履歴型, (IV) では直前位置・直前方角差型が F 値で最高となった. (I) では, F 値はアルゴリズムに依存せず 0.7 前後と高精度となり, 方角の変化量を考慮しない場合で判定精度が特に高い. (II) (III) では, 適合率はどの場合でも 0.3 を下回り低精度となり, 結果として F 値も低くなった. これらと比較して (IV) では, 全アルゴリズムで F 値が低く, アルゴリズム間で大きな精度差はみられない.

次に, 6 種類全てのアルゴリズムを利用するのではなく, 必要最小限なアルゴリズムの組み合わせを用い

た高精度な判定の可能性について検証を行うため、各道路形状でF値が最高となったアルゴリズム同士の組み合わせに着目する。すなわち、直前位置型（アルゴリズム 1）、直前位置・直前方角差型（アルゴリズム 2）、移動履歴型（アルゴリズム 4）のうち 2 種類以上を組み合わせた場合の精度値を比較する。道路形状別の結果は、図 8 となった。(I)では直前位置型+直前位置・直前方角差型+移動履歴型、(II)では直前位置・直前方角差型+移動履歴型、(III)では直前位置型+移動履歴型、(IV)では直前位置型+直前位置・直前方角差型の組み合わせで最も高精度となった。上記の組み合わせは、各道路形状での 6 種併用より大きな精度値となった。



(アルゴリズム 1:直前位置 2:直前位置・直前方角差 4:移動履歴)
図 8 道路形状別の判定精度 (2 種以上の組み合わせ)

以上を踏まえ、道路形状別に最も F 値が高く有効とされるアルゴリズムの組み合わせは表 9 になった。

表 9 各道路形状に有効なアルゴリズム組み合わせ

道路形状	アルゴリズム組み合わせ
(I) 交差点での曲折不含直線道路	直前位置 + 直前位置・直前方角差 + 移動履歴
(II) 交差点での曲折を含む直線道路	直前位置・直前方角差 + 移動履歴
(III) セグメント同士が垂直に交差する曲線道路	直前位置 + 移動履歴
(IV) セグメント同士が斜めに交差する曲線道路	直前位置 + 直前位置・直前方角差

● 歩行状態別での結果

3.1 節で示した「ユーザの状況に依存しない(定義 4)」という要件を受けて、歩行状態の違いによる影響を調査するため、歩行状態別の精度比較を行った。表 6 に示す各歩行状態別の実験結果を図 10 に示す。各道路形状の精度値の平均を判定精度とした。

全アルゴリズムが反映された指標である 6 種併用に着目すると、F 値は斜め横断状態・直前逆行状態以外の場合には 0.25~0.34 と精度値の差が小さく、歩行着地周期や歩行速度および端末格納場所による影響は小さいと考えられる。一方、直前逆行状態が 52%と最も高精度で、セグメントの横断角度による精度値への影響は大きいと考えられる。

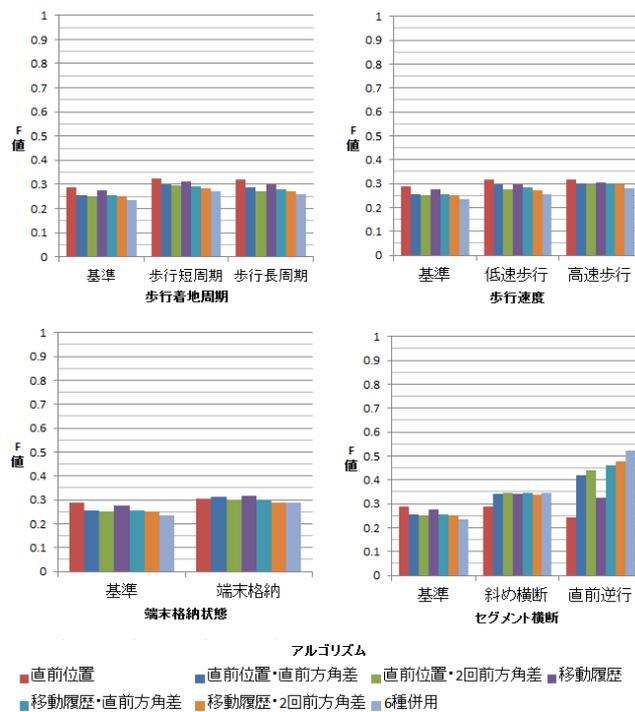


図 10 歩行状態別の判定精度

4.3. 次点予測精度評価実験

提案手法の危険場面検知の中で必要な処理である次点予測の精度を検証するため、提案システムにより計算された次点と、予測時刻における端末所持者の位置を比較することで、位置推定精度の評価を行った。各道路形状および各歩行状態に対するアルゴリズム別の結果を図 11 および図 12 に示す。

短期的な歩行速度を考慮した直前位置を利用するアルゴリズム中では直前位置型が、長期的な歩行速度を考慮した移動履歴を利用するアルゴリズムの中では移動履歴型が次点予測精度は最も高い。すなわち、短期的および長期的な歩行速度を考慮する上記 2 種類の組み合わせでは、将来的に測位精度が向上した際に判定精度が最も向上すると考えられる。

また、歩行着地短周期状態よりも歩行着地長周期状態の方が、高速歩行状態よりも低速歩行状態の方が、基準状態よりも斜め横断状態の方が距離誤差は小さく、予測された次点に含まれる誤差が小さいことが分かる。

なお、距離誤差の数値が大きい項目ほど、値のばらつきも大きい傾向があった。

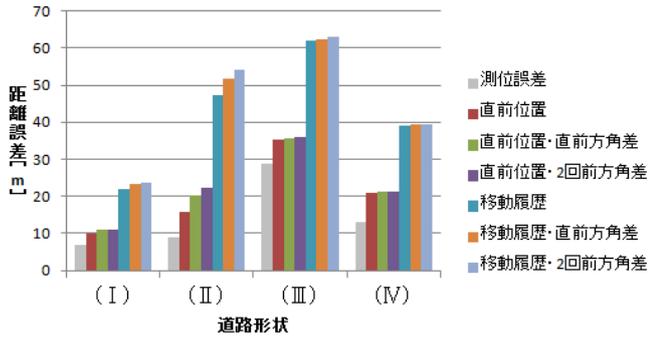


図 11 道路形状別の距離誤差

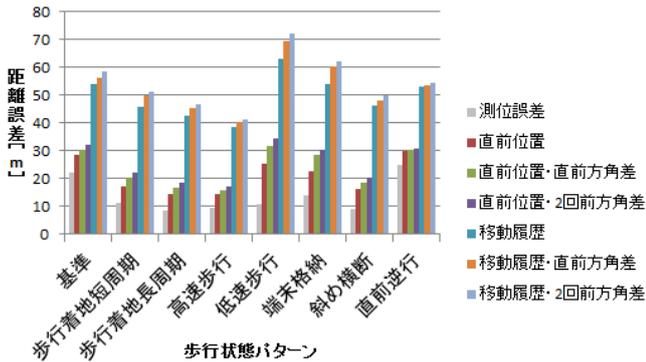


図 12 歩行状態別の距離誤差

4.4. 考察

4.2 節および 4.3 節の結果を踏まえ、道路形状別および歩行状態別に考察を行う。

● 道路形状に関する考察

(I) 交差点での曲折を含まない直線道路では、直進横断する際に方角の変化量は理論上 0 であり考慮する必要がないが、実際に取得した方角値を使用しないことでセンサ値による誤差が含まれず、直前位置型で判定精度が最高になったと考えられる。また、2 種類以上のアルゴリズムの組み合わせでは、長期・短期の移動量を考慮できる直前位置型と移動履歴型に、方角差を考慮できる直前位置・直前方角差型を加えた場合に検知漏れが減少し、上記 3 種類の組み合わせで最も判定精度が高くなったと考えられる。

(II) 交差点での曲折を含む直線道路では、交差点を渡らずに曲折する場合であっても、システムが予測した次点が交差点の先にあると誤判定ということになり、判定精度が低下したと考えられる。また、測位誤差が無い理想状態で方角差を考慮すれば、回転動作を考慮した次点が予測されるため、曲折する区間で危険場面の誤検知を防ぐことができる。しかしながら、測位された位置が道路幅よりも大きな誤差を含むことが多く、誤った測位点に対して方角の変化が考慮されたため、考慮しない場合と比較して判定精度に大きな差が無かったと考えられる。また、長期・短期の移動量と方角差を考慮できる 2 種アルゴリズムの組み合わせ

の中で、直前位置・直前方角差型 + 移動履歴型の組み合わせが次点予測精度で最高となる組み合わせであり、判定精度が最高になったと考えられる。

(III) セグメント同士が垂直に交差する曲線道路では、(II) 同様の理由で同じ結果になると考えられる。しかし、測位誤差が他の道路形状よりも高いことに加え、GPS 測位自体が端末所持者からみて道路の反対側に位置する事象が多く発生したため、次点予測精度が最も高い直前位置型で判定精度が最高になった。また、2 種類以上のアルゴリズムの組み合わせについても、短期的な歩行速度を考慮した直前位置を利用するアルゴリズムの中で次点予測精度が最高である直前位置型、長期的な歩行速度を考慮した移動履歴を利用するアルゴリズムの中で次点予測精度が最高である移動履歴型の 2 種類の組み合わせで最も判定精度が高くなったと考えられる。

(IV) セグメント同士が斜めに交差する曲線道路では、他の道路形状と比較して判定精度が低かった。これは、(III) 同様に道路の反対側への測位が行われたことが一つの要因である。加えて、2 本の道路が垂直に交差しないことから、曲線部を含む側の道路の逆側に測位がなされた場合、その位置と他方の道路の距離が近い場合横断可能性が高く誤判定されやすい状況であるとされる (図 13)。結果として、アルゴリズム間で精度差が小さくなり、方角の変化量を考慮した中で最も次点の予測精度が高い直前位置・直前方角差型が単一アルゴリズム別で判定精度が最高になった。加えて、次点の予測精度が最も高精度な 2 種アルゴリズムの組み合わせである、直前位置型 + 直前位置・直前方角差型で判定精度が最高になったと考えられる。

また、各道路形状で必要以上にアルゴリズムを併用した場合、安全場面で横断可能性が高い判定を行う事象が発生しやすくなり、判定精度が低下する。表 9 に示す組み合わせで各道路形状の 6 種併用を上回ったのは、上記の要因が影響したことが考えられる。

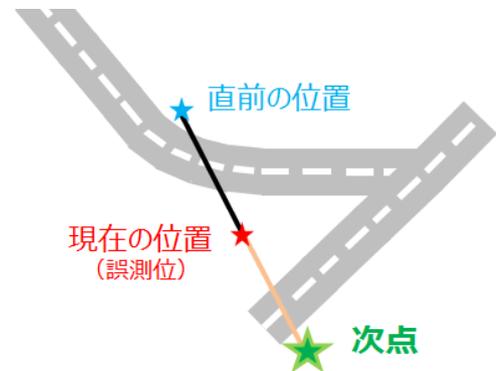


図 13 (IV) で横断可能性を誤判定する状況図

● 歩行状態に関する考察

直前逆行状態以外でみると、次点予測精度の結果から、歩行着地短周期状態よりも歩行着地長周期状態の方が、高速歩行状態よりも低速歩行状態の方が、基準状態よりも斜め横断状態の方が含まれる誤差が小さい。これらを踏まえ、歩行時の着地周期が短く、歩行速度が遅く、横断角度が垂直でない方が次点の予測精度が上昇する可能性が高いと考えられるが、判定精度に関しては各歩行状態で大きな差が無かった。これは、GPS測位の精度が十分ではなく、大きな誤差を含む位置が取得される事象が高頻度で発生したためと考えられる。

5. 今後の課題・展望

道路形状別の有効アルゴリズムを4.2節で示した。この仕組みに加えて、道路形状や歩行状態の予測および検出の枠組みを追加できれば、各道路形状や歩行状態に応じた使用アルゴリズムの切り替えが可能である。必要なアルゴリズムに限定して横断可能性の判定を行うことで、1回の危険場面判定に要する演算処理時間が短縮される。また、実際の切り替え回数に依存するが、省電力化の可能性が見込める。さらに、各道路形状でのアルゴリズム別の判定精度差が小さいことを踏まえ、道路形状のグループ数を現状の4つから減らすことで、切り替え回数を減少させて計算量を減らす等、システムの応用方法の検討を幅広く行う必要がある。

また、判定処理と同時にGPS測位を行うことは、次点予測に利用されない測位はシステムの無駄な動作と考えられる。これを踏まえ、1回の危険場面判定処理に要する時間よりも長い周期でGPS測位を行う必要がある。判定処理時間の短縮でGPSの測位頻度の上昇が可能となる。その際、次点予測精度が向上し、結果として危険場面判定精度の向上も見込まれる。さらに、マップマッチングや加速度センサ値の利用、2018年の準天頂衛星システムの開始に伴うGPS精度の大幅な改善^[10]により、さらなる精度向上が見込める。

6. おわりに

本稿では、「歩きながらスマホ」による不注意事故の防止を目的としたスマートフォン単独での危険場面推定を行うため、GPS・加速度センサ・地磁気センサで得られたセンサ値に対して地図情報を適用することで道路や踏切の横断を直前に予測するシステムを提案し実装を行った。評価実験では、道路形状や歩行状態に加え、GPS取得頻度等の4種類のパラメータを含めた6種類のアルゴリズム別に判定精度と次点予測精度の比較を行った。その結果、道路形状別の有効なアルゴリズムの組み合わせ、各歩行状態の違いによる判定精度への影響の有無が判明した。また、将来的に測位精度が改善された場合に最も精度が向上するアルゴリ

ズムの組み合わせも判明した。今後は、演算処理に要する時間短縮に伴った省電力化や、判定処理時間の短縮に伴ったGPS測位頻度の増加および測位精度向上による危険場面の判定精度の上昇といった課題の克服が求められる。

文 献

- [1] 総務省：平成25年版情報通信白書, 2013.
- [2] 財団法人 交通事故総合分析センター, “イタルダ・インフォメーション No.83 自動車と歩行者の事故”, 2010. <http://www.itarda.or.jp/itardainformation/info83.pdf> (2014年1月30日アクセス)
- [3] Leah L Thompson, “Impact of social and technological distraction on pedestrian crossing behavior”, USA, 2012. <http://injuryprevention.bmj.com/content/early/2012/12/06/injuryprev-2012-040601> (2014年1月30日アクセス)
- [4] National Highway Traffic Safety Administration, USA, 2012. <http://www.nhtsa.gov/> (2014年1月30日アクセス)
- [5] 野田口宗, 赤池英夫, 角田博保: 歩行中のスマートフォン使用時における障害物検出および提示手法の提案と評価, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, 151(3), pp.1-7, 2013.
- [6] 名坂康平, 加藤岳久, 西垣正勝: スマートフォン使用時の不注意による事故防止システムの提案, 情報処理学会研究報告, 150(28), pp.1-6, 2012.
- [7] JTSB 運輸安全委員会, 平成13年度鉄道事故統計. <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/08/080812/080812.pdf> (2014年1月30日アクセス)
- [8] Keisuke Oyama, 端末の向きと傾きを取得する方法 - 加速度センサと地磁気センサの利用 - Android 開発入門, <http://android.keicode.com/basic/sensors-accelerometers-magnetic.php> (2014年1月30日アクセス)
- [9] Open Data Commons Open Database License, OpenStreetMap, <http://www.openstreetmap.org/> (2014年1月8日アクセス)
- [10] 準天頂衛星システムサービス株式会社, サービス概要 | 準天頂衛星システムサービス, <http://www.qzs.jp/services/index.html> (2014年1月30日アクセス)