

6W-04

インソール型デバイスによる足圧データを用いた路面状況推定手法の提案

若林 勇汰[†] 白石 陽[†]公立ほこだて未来大学システム情報科学部[†]

1. はじめに

近年、Google Maps や Yahoo! MAP, NAVITIME をはじめとする地図アプリケーションが普及し、歩行者ナビゲーションとしても広く使用されている。これらのアプリケーションは、目的地までの所要時間や距離を重視して経路を推薦しているため、推薦された経路が歩行者にとって、必ずしも歩きやすいとは限らない。凍結路面や凹凸路面、濡れた路面などの歩きにくい路面を検知することで、歩行者に歩きやすい経路を提示することができる。歩きやすい経路を歩行者に提示するためには、凍結路面や凹凸路面などの歩きにくい路面状況を推定することが重要である。

本研究では、路面状況推定の方法として、足圧に注目した。ここで足圧とは、足の裏にかかる圧力を指す。路面状況の変化に伴い足圧も変化する。例えば、坂道を登る時、平坦な路面に比べ足先に体重がかかる。砂利道を歩く時、砂利を踏むことで踏んだ箇所の足圧が不規則に変化する。このように、足圧の違いに着目することで路面状況を推定できると考える。

本研究では、インソール型デバイスによる足圧を用いた路面状況の推定を行う。インソールに圧力センサを装着することで、足圧の変化の特徴が捉えやすいと考えたため、足圧の収集デバイスとして、インソール型デバイスを用いる。本稿では、砂利道と平坦な路面を推定対象とし、インソール型デバイスにより収集した足圧のデータを用いて、推定に有効な特徴量、圧力センサの装着箇所の検討を行った。

2. 関連研究

加速度と角速度を用いた路面状況推定の研究として、佐藤らは、加速度と角速度を計測する慣性センサを靴の甲に取り付け、路面の傾斜推定、凹凸の有無を推定している[1]。また、藤井らは、スマートフォンをポケットに入れた時とカバンに入れた時、2通りの方法で収集した加速度データを用いて平坦な路面、段差、坂道を推定している[2]。しかし、加速度と角速度のみでは、歩き方に大きな変化がない限り収集したデータに変化が見られないと考えるため、平坦な路面の歩行時と比較して歩き方に変化がない凹凸路面の推定が困難であると考えられる。

足圧を用いた路面状況推定の研究として、堀江らは、足圧中心[4]の軌跡の変化により、平地歩行、階段昇降、坂道歩行の判別を行っている[3]。しかし、平地、階段、坂道のように歩き方に大きな違いがある路面とは異なり、凹凸路面は、歩き方に大きな違いが生じにくいいため、推定が困難であると考えられる。また、大島らは、布型の圧力センサを装着したスリッパを履き、歩行時に接地している間の計測点ごとの時系列データの最大圧力を用いて接地部分の路面形状を識別する手法を提案している[5]。凍

結路面のような凹凸がない路面では、すり足で歩くことで圧力が均等にかかり、圧力の最大値に特徴的な傾向が現れないと考えるため、推定が困難であると考えられる。

3. 提案手法

3.1 研究目的

本研究の目的は、歩きやすい経路を歩行者に提示するため、歩行時の足圧データを用いることで、路面状況を推定することである。

3.2 路面状況推定の流れ

提案手法では、(1)足圧データの収集、(2)足圧データからの特徴量の抽出、(3)路面状況の推定という手順で行う。

(1)では、インソールに装着した複数個の圧力センサを用いて、各路面の足圧データを収集する。収集する足圧データは、圧力センサのセンサ値、収集時の日付と時刻を示すタイムスタンプである。

(2)では、(1)で収集した各路面の1歩分のデータに対して、特徴量を抽出する。各圧力センサの時系列データから基本統計量(平均値、分散、標準偏差、最大値、最小値、歪度、尖度)7種類を計算し、特徴量として抽出する。

(3)では、抽出した特徴量を利用し、SVM(Support Vector Machine)による推定を行う。

4. 実験および考察

4.1 実験環境

実験では、自作したデバイスを用いて足圧のデータを、砂利道と平坦な路面について各路面40歩ずつ、合計80個のデータを収集した。データ収集時のサンプリングレートは32Hzとした。本稿で砂利道を推定対象とした理由は、足圧の変化が大きく現れるのは凹凸のある路面だと考えたためである。

4.2 実験デバイス

インソールの裏側に5個の圧力センサを装着したデバイスを開発し、実験に利用した。圧力センサは厚さ0.25~1.25mm、感圧範囲は0.2~20Nのものを使用し、各センサをジャンプワイヤーでArduinoに接続した。Arduinoは0から5Vの入力電圧を0から1023の整数値に変換することが可能である。この変換された整数値を本研究では、センサ値と呼ぶ。圧力センサの装着箇所を図1に示す。以降、各圧力センサを表すときは、設置箇所の名前(つま先、母指球、付け根、外側、かかと)を用いる。

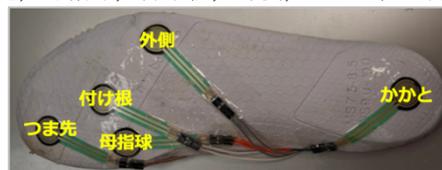


図1 圧力センサの装着箇所

4.3 収集した足圧データ

収集したデータの一例を図2に示す。縦軸はセンサ値、横軸は、時系列データのサンプル番号を表す。

本研究でのセンサ値は、圧力がかかるほど値が小さく

なる。このグラフでは、0に近いほど圧力が強く、1023の場合圧力がかかっていないことを表す。図2から歩行に合わせてほぼ一定の周期で谷があることが確認できる。これを区切りとして1歩分の足圧データとして切り出すこととする。本稿では、足圧データの切り出し方法として母指球のデータに注目した。母指球のセンサ値が1023となる時刻を区切りとして1歩分の足圧データを切り出し、利用する。

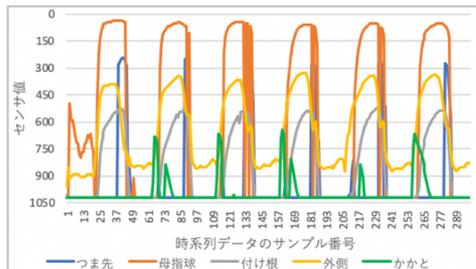


図2 平坦な路面の足圧データ

4.4 収集した足圧データの分析

収集した1歩分の足圧データの一例を図3に示す。

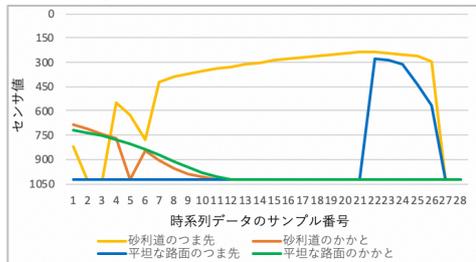


図3 砂利道と平坦な路面の圧力センサ値の比較

平坦な路面では、つま先のデータがサンプル21あたりから圧力が高くなり始めているのに対して、砂利道では、3あたりから圧力が高くなり始めている。また、つま先とかかとのセンサ値を比較すると、砂利道では、つま先のサンプル4から7、かかとの4から6の変化を見ると、砂利道を踏んだことにより、体重がかかったことが推測される。平坦な路面では、つま先の4から7、かかとの4から6の変化を見ても不規則な変化はない。以上より、砂利道では、つま先とかかと、特につま先に路面状況の特徴的な傾向が現れると考えられる。

4.5 路面の推定実験

実験では、(i) 選定した特徴量が路面状況推定に有効かどうかの検討、(ii) 圧力センサの装着箇所についての検討を行った。

(i)として、特徴量を7種類使用した場合と、各特徴量を1つずつ除いた6種類を使用した場合で推定精度に違いがあるか検討した。

(ii)として、4.4節でつま先とかかとの路面の特徴が現れる傾向が見られた。この傾向を確かめるため、5個の圧力センサのデータの組み合わせ全31パターンで推定精度に違いがあるか、どの箇所のセンサに最も特徴が現れるのか調査した。

(i)、(ii)のどちらも、砂利道と平坦な路面の2クラス分類の精度として5分割交差検定で評価した際のF値を使用した。

4.6 実験結果と考察

(i)について、分散を除いた6種類の特徴量を使用した

場合、F値が0.82で最大となった。尖度、歪度の場合にはF値に影響しなかったが、平均値、標準偏差、最小値、最大値をそれぞれ除いた6種類の特徴量を使用した場合は、7種類の特徴量を使用した場合と比較して、F値がわずかに減少した。したがって、上記4つの特徴量は、推定に有効な特徴量であると示唆された。

(ii)について、(i)の結果を踏まえて分散を除いた6種類の特徴量を用いて圧力センサの装着箇所について検討した。その結果、つま先のみとつま先と付け根のデータを使用した場合のF値が0.86となった。この結果から、砂利道と平坦な路面を推定するためには、つま先と付け根の圧力センサのデータを使用することが有効であると示された。また、圧力センサを適切な個数、適切な箇所に装着すると、精度が向上することが示唆された。

以上より、砂利道と平坦な路面を推定する場合は、特徴量は、圧力センサのセンサ値の分散を除いた6種類を使用し、つま先と付け根のデータを使用することが有効だと示唆された。

5. おわりに

本研究の目的は、歩きやすい経路を歩行者に提示するため、歩行時の足圧データを用いることで、路面状況を推定することである。本稿では実験デバイスを用いて収集した足圧データによる路面の推定を行い、砂利道と平坦な路面について、推定に有効な特徴量、圧力センサの設置箇所の検討を行った。その結果、分散を除いた6種類の特徴量を使用した場合で、つま先、つま先と付け根の足圧データを使用したF値が0.86で最大となった。実験結果から砂利道と平坦な路面については、特徴量として平均値、標準偏差、最小値、最大値、尖度、歪度を使用し、つま先と付け根の足圧データを使用することが有効であることが示唆された。

今後は、砂利道と平坦な路面以外の5種類の路面状況に関するデータを収集し、他の路面状況についても同じように推定できるか検討する。また、路面状況を推定する特徴量として、歩行速度や天気なども考慮できると推定精度が向上すると考えており、路面状況の推定に有効な特徴量の検討を引き続き行う予定である。

謝辞 本研究の一部は東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究による。

参考文献

- [1] 佐藤匠, 廣森聡仁, 山口弘純, 東野輝夫, 靴型ウェアラブルセンサによる通行路状況推定手法の提案, 情報処理学会研究報告コンシューマ・デバイス&システム(CDS), Vol.2015-CDS-12, No.9, pp.1-8 (2015).
- [2] 藤井海斗, 羽田野真由美, 西田京介, 戸田浩之, 澤田宏, 鹿島久嗣, 歩行者クラウドセンシングによる路面状況の推定, DEIM Forum 2016, D6-5 (2016).
- [3] 堀江直正, 満田隆, 川村貞夫, 足圧情報による歩行状況の推定法, 生体医行学: 日本エム・イー学会誌, Vol.44, No.4, pp621-627 (2006).
- [4] 前田哲男, 木山良二, 大渡昭彦, 解いてなっとく使えるバイオメカニクス, 医学書院 (2015).
- [5] 大橋勇介, 榎堀優, 間瀬健二, 歩行時の最大圧選択足圧データを用いた路面コンテキストの識別, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), Vol.2014-HCI-160, pp.1-8 (2014).