

スマートフォンを用いた歩道環境計測

畑山満則^{†1} 八木浩一^{†2} 政木康生^{†3} 山内英之^{†4} 吉田信明^{†4}

高齢化社会の到来を受けて、歩行アシスト機器の開発が盛んである。本研究グループでも RT.ワークス社との共同研究でロボット技術を活用したアシストカートの開発などを行ってきた。しかし、アシスト機能を持った高価なカートだけでなく、手押しの安価なカートにも目を向けて社会システムを構築することができなければ、このような機器の恩恵を多くの人に届けることはできない。そこで、本研究では、手押しのカートが動き回るのに障害になっている歩道の段差やカントを、手押しのカートとスマートフォンアプリを用いることで検出していく手法の開発を行った。本システムを用いて、京都市東大路を計測した結果を用いて、本システムの可能性について考察することを目的とする。

1. はじめに

高齢社会が到来し、超高齢化社会も目前に迫る中、高齢者の移動について様々な検討がなされている（世界保健機構（WHO）や国連の定義によると、高齢化率が7%を超えた社会を「高齢化社会」、14%を超えた社会を「高齢社会」、21%を超えた社会を「超高齢社会」という。平成27年（2015年）10月1日現在、日本の高齢化率は26.7%¹⁾）。パーソナルモビリティなど高齢者の移動の負担を軽減するものが注目を集める中で、できるだけ自分の足で歩ける状態を維持することを目的に、歩行を支援する器具や機器も目立つようになってきた。シルバーカーと呼ばれる手押し車は、歩行する高齢者の杖代わりとして普及しており、歩行支援機器の代表といえる。このような機器は、道路交通法上では「歩行補助車」に含まれており、一定の基準を満たせば原動機をつけたものの認められることから、現在、さらに高度な機器が開発されており、注目を浴び始めている。

本研究グループでも RT.ワークス社との共同研究でロボット技術を活用した電動アシストカート（ロボットアシストウォーカー）の開発などを行ってきた²⁾。しかし、電動アシスト機能を持った高価なカートだけでは、これを受け入れる新たな社会システムを構築することは難しい。そこで、これに類する歩行支援機器を中心とした社会システムの構築することを目指し研究を進めている。本研究では、手押しのシルバーカーを対象として、これらが動き回るのに障害になっている歩道の段差やカント（横断勾配）を、シルバーカーとスマートフォンアプリを用いることで検出し、データ化していく手法の開発を行った。このデータを用いれば、道路交通法上、歩行補助車と同様に通行中は歩行者として撮り歩かわれる「小児用の車」（ベビーカートや乳母車）や、「身体障害者用の車いす」に対しても、情報を提供することができることとなり、歩行空間の快適な利用という意味で価値を持つと考えている。

最後に、開発したシステムを用いて行った京都市東大路

での計測結果を用いて、本システムの課題や可能性について考察する。

2. 歩行環境計測の必要性

本研究で計測する歩行環境とは、歩道などの歩行者が利用する空間のことを指す。近年、アセットマネジメントの枠組みで、公共空間の維持管理の情報化が検討されている。しかし、維持管理の対象は、まだ橋梁と道路（車道部）に限定されており、歩道を含む歩行空間を対象にした事例は少ない。この原因として、維持管理に係るコストの問題がある。現状では、車道部の維持管理にかけられる費用も十分ではないため、補修すべき個所の調査にかかる費用を、住民参加型で行う試みが多数行われている。この際には、スマートフォンアプリを利用するケースがみられるようになった（例えば、京都市が行っている「みつけ隊」がある³⁾）。しかしながら、このような試みは歩道にはまだ波及していない。これは、歩道の維持管理にまで、予算が咲きにくい状況にあることに加えて、歩道上で通行障害を起こす段差やカントは、図1のような歩道の切り下げによる結果としてできるものが多く、これらは法律上の問題がないため整備の対象にならない。



図1 歩道の切り下げによる段差やカント

^{†1} 京都大学 防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

^{†2} バンプレコーダー株式会社
Kyoto University

^{†3} 船井電機株式会社
Nara Institute of Science and Technology

^{†4} 京都高度技術研究所
Kyoto University

このような段差やカントは歩行補助車、小児用の車、身体障害者用の車いすといった車輪を持つ器具にとっては、通行障害になるものであり、場合によっては命にかかわる可能性がある。そこで、これらの情報を、快適な歩行のために収集して提供する枠組みが求められる。もちろん、その中には、歩道の老朽化に伴って補修を必要とする箇所も含まれるため、収集するデータは維持管理のためにも利用可能である。しかしながら、車輪を持つ器具を用いた歩行を妨げるような段差やカントは、歩行空間上に多数存在し、人手で探すには困難な点も多い。そこで、本研究では、これらの情報を自動取得する方法を開発研究することとした。



図2 歩行環境計測・利用システムの構成

3. 歩行環境計測システムの開発

(1) システム設計

スマートフォンとシルバーカーを用いて、図2に示すような歩行環境計測・利用システムを開発する。システムは、スマートフォンアプリとクラウド上にあるサーバプログラムで構成されている。サーバプログラムは MySQL と GeoServer をベースに構築した。スマートフォンアプリは、アンドロイド端末のみを対象として「ProbeBase」と名付けた(図3)。本システムでの機能について、以下に示す。

① 歩行環境データ取得 (スマートフォンアプリ)

スマートフォンの持つGPS、加速度、ジャイロ、地磁気、気圧センサの情報を取得し、テキスト形式でスマートフォン内部に蓄積する。計測時のスマートフォンの据え付けは、ジェル状マット(地震対策用)にて図4のように行う。

② 取得データアップロード (スマートフォンアプリ)

①で取得したデータをサーバプログラムにアップロードする。

③ 段差・カント検出 (サーバプログラム)

②でアップロードされたデータを検出アルゴリズムにかけ、一定以上の段差、カントを特定し、GPS座標とともにデータベースに登録する。

④ マッピング (位置補正) (サーバプログラム)

GPSデータの位置を補正し、地図データとして登録する(未実装)。

⑤ 段差・カント情報のリクエスト(スマートフォンアプリ)

シルバーカーの現在位置から周辺の段差・カントの情報をリクエストする(未実装)。

⑥ 段差・カント情報の送信 (サーバプログラム)

リクエストに応じて検索した情報をスマートフォンアプリに提供する(未実装)

⑦ データ活用 (スマートフォンアプリ)

取得したデータを用いて、障害回避のメッセージを発する(未実装)。



図3 ProbeBaseの設定画面(左)と動作画面(右)



図4 歩行環境データ取得時のシルバーカーへのスマートフォンの設置

(2) 段差・カントの検出

段差、カントの計測には、加速度センサの値を用いている。しかし、生データではデータが安定しないため、1 Hzのローパスフィルタをかけることで値を安定化させている。ローパスフィルタの周波数は、利用するシルバーカーに依存する。今回は、幸和製作所 テイコボルサ WS01 を実験機器として選び、この機器に合わせてキャリブレーションを行っている。

段差の検出アルゴリズムは図5のようになる。上下加速度は、図6に示すように段差を「上った結果」あるいは「下った結果」を加速度より判定するために観測するものであり、前後加速度は、図7に示すように段差に「突っかった結果」の加速度を観測するためのものである。それぞれの値が設定の閾値を超えたとき、段差として抽出することにした。

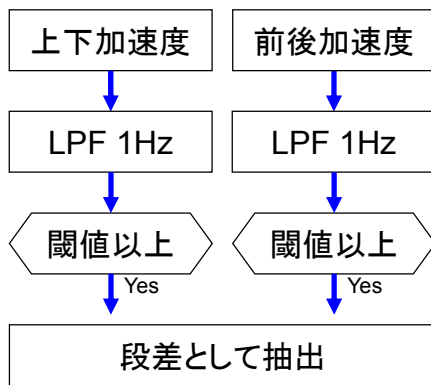


図5 段差の検出アルゴリズム

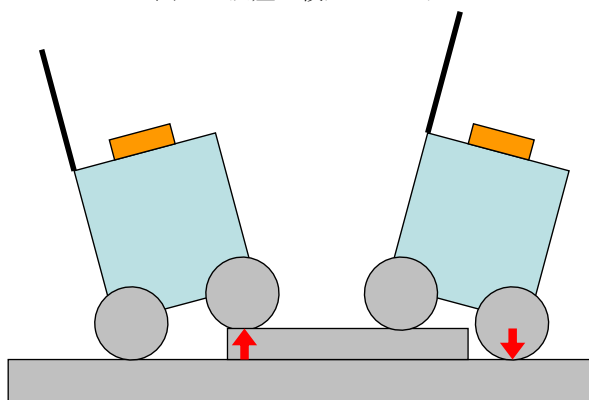


図6 上下に加速度が生じるケース

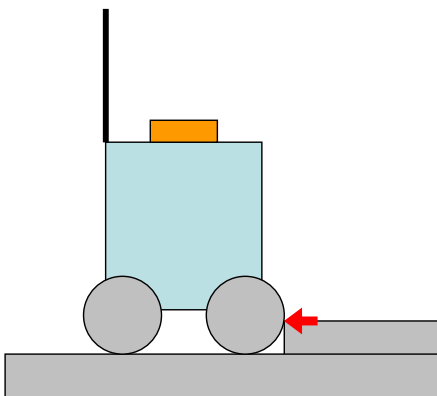


図7 前後に加速度が生じるケース

カントの検出アルゴリズムは図8のようになる。カント θ は、横方向 (X軸) と上下方向 (Z軸) の加速度の比から計算される (図9)。この値が設定の閾値を超えたとき、段差として抽出することとした。

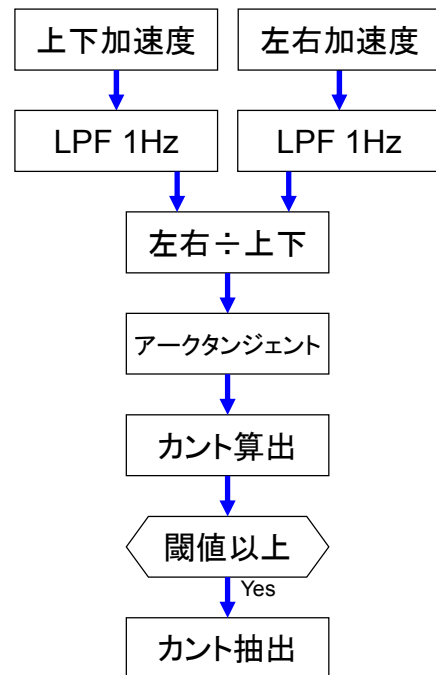


図8 カントの検出アルゴリズム

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{Z}\right)$$

θ : カント (路面幅方向の傾き)
 X : 横方向の加速度 [m/s²]
 Z : 上下方向の加速度 [m/s²]

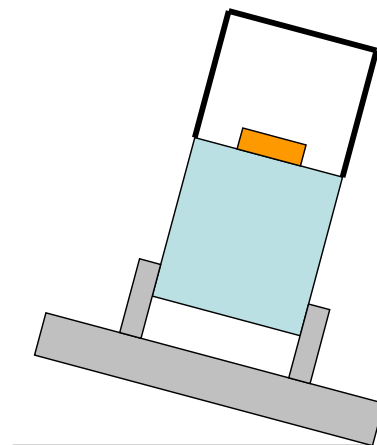


図9 カントの導出

4. 京都市東大路通における計測実験

開発したシステムを用いて平成28年(2016年)6月6日(月) 22:10~24:00に京都市の東大路通(東一条通⇄東山五条)にて計測実験を行った。この時間帯を選んだのは、準

天頂衛星からのGPS補完機能を利用するためである。計測用のスマートフォンとして準天頂衛星「みちびき」に対応しているBroadcomm社の統合GPSレシーバー「BCM4751」を搭載しているGoogle Nexus 7を用いた。2台の計測機器を用いて道路両側にある歩道を各1回計測した。

計測結果を以下に示す。段差分布は図10のようになった。カートを押していた感覚に十分沿ったデータが取得できた。そのうえで、歩行環境については、歩道の切れる交差点(十字路)での段差は大きい、全体として大きな障害となる段差は少ないといえる。

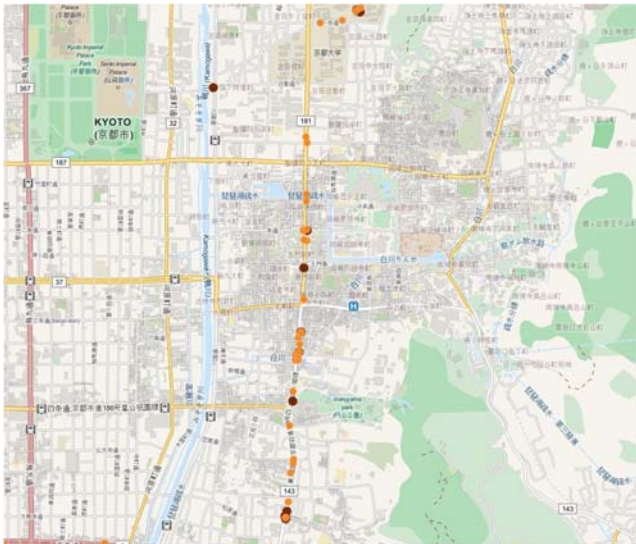


図10 段差の分布

カートの計測結果は図11のようになった。こちらも、ある程度、歩行時に感じたカートが再現されている。そのうえで、全体的に車道側が低い歩道が続いていること、特に東山区役所や東山警察署周辺における横断勾配が大きいことが分かった。

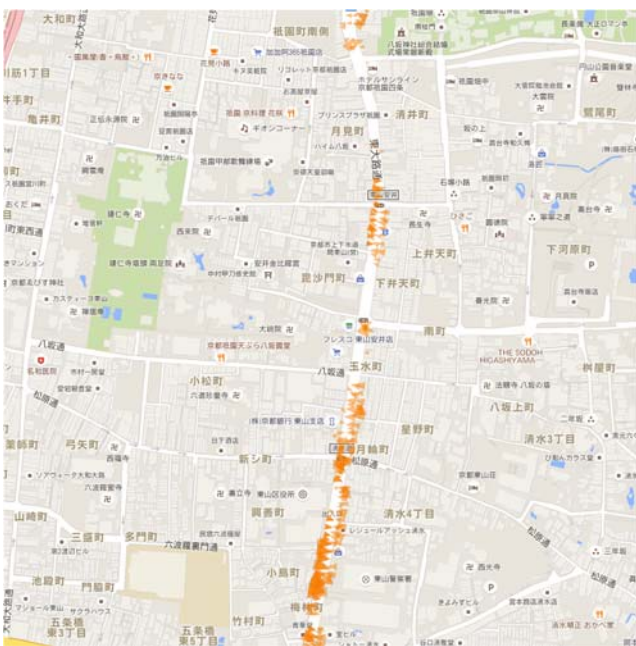


図11 カートの分布



図12 カートの精度の確認

カートに関しては図12に示すようにレベルゲージとスマートフォンで計測を行いデータの本実験で利用するに十分な精度が確保できることを確認している。

5. おわりに

本研究では、スマートフォンを持ちいた歩行環境計測システムの開発と、これを用いた計測実験について報告した。実験結果から、段差・カートに関しては、比較的精度良く認識できていることが確認された。これらの計測データは京都市にもプレゼンテーションしており、今後の計測に関して期待をいただいている。

今後の課題としては、位置情報精度、計測手法、分析ロジック、可視化ツールの工夫などがあげられる。

謝辞 本研究は、文部科学省プロジェクト「革新的イノベーション創出プログラム (Center Of Innovation STREAM)」の「活力ある生涯のためのLast5Xイノベーション拠点」における研究成果の一部である。

参考文献

- 1) 内閣府：平成28年版高齢社会白書，http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/zenbun/28pdf_index.html (2016年7月25日確認)
- 2) 藤井 仁，河野 誠：ロボットアシストウォーカーRT.1の開発，日本ロボット学会誌，Vol. 34, No. 4, p. 254-259, 2016.
- 3) 京都市：みつけ隊～美しい今日を守る応援隊～，<https://mikketai.city.kyoto.lg.jp/index.html> (2016年7月25日確認)
- 4) 畑山満則，中居楓子，矢守克也：地域ごとの津波避難計画策定を支援する津波避難評価システムの開発，情報処理学会論文誌，55巻，5号，1498～1508，2014.