

自転車ユーザ視点を考慮した障害物情報提供システムの設計

Design of Obstacle Information System for Cyclist Comfort Improvements

山本光[†] 河内雄太[‡] 田端佑介[‡] 浅田翔平[†] 金田重郎[‡]
Akira Yamamoto[†] Yuta Kawachi[‡] Yusuke Tabata[‡] Shohei Asada[†] Shigeo Kaneda[‡]

[†] 同志社大学 理工学部

[‡] 同志社大学大学院 理工学研究科

[†] Faculty of Science and Engineering, Doshisha University.

[‡] Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University.

要旨

自転車走行における障害物情報を共有するシステムの研究が盛んであり、著者らもその研究を行っている。著者らが開発した既存のシステムでは障害度を単一のスケールで提示しているが、実際に走行すると障害度がユーザの感覚と異なるというユーザの声が存在した。そこで、原因を探るためユーザ中心設計を用いた分析を行ったところ、障害物の種類を提示していない機能面での不足が判明した。この結果を用いて障害物の種類や障害度を提供する新たなシステムを提案する。自転車に装着した携帯端末から移動障害物の障害度の更新を行い、事前に収集した固定障害物の情報を合わせた地図をユーザに提供するシステムを実装した。評価の結果、ユーザが不慣れた土地でも障害が少ない道路を選択しており、システムが提示する障害度とユーザの感覚が一致していると判明した。

1. はじめに

自転車にさまざまなセンサを装着して、周辺環境をセンシングするプローブ自転車の研究が盛んである [1][2][3][4]。著者らが開発した既存のシステム[1]では自転車の走行状態や路面状況をセンシングして、障害物が自転車ユーザに与える影響度を単一のスケールで提示している。しかし、実際にユーザが走行した感覚とシステムが提示する影響度が異なるというユーザの声が存在した。そこで、著者らはユーザ中心設計を用いて問題の解決を行った。

京都市で問題の原因の調査を行ったところ、障害物が停車している自動車や電柱などの固定障害物と走行中の自動車などの移動障害物で回避行動が異なる結果を得た。その結果を利用して、著者らは路上の障害物が固定障害物か移動障害物かを判断し、障害物ごとの影響度を計算してユーザに地図で提示するシステムを提案する。

以下、2章ではユーザ中心設計、3章ではユーザ観察と行動分析、4章では実装したシステムの概要、5章では実装したシステムの評価実験結果、6章では本稿に関するまとめについて具体的に説明する。

2. ユーザ中心設計

ユーザ中心設計[5][6]とは、使いやすさや見やすさなどといったユーザの満足度やユーザニーズを重視した設計手法である。イギリス・ラフボロー工科大学のブライアン・シャッケルらが提案した「ISO13407: 人間中心設計プロセス」では、ユーザの利用状況に関する情報をユーザと設計者で循環・共有してユーザの目的や特性に合ったシステムの設計を行うものと定義されている。また、図1のようなプロセスで進められる。(A)問題の定義では問題が何か、なぜ問題を解決するのかという問題の定義を行う。(B)観察とデータ収集ではユーザの行動を観察し、データ収集を行う。(C)ユーザ行動分析では観察結果からユーザの行動を分析する。(D)ユーザ行動のリデザインでは具体的にどのように問題を解決するかを考える。(E)プロトタイプングではプロトタイプを設計し構築する。(F)デザイン評価ではユーザがプロトタイプを使用した結果から評価を得る。以降 (B)から(F)を反復して設計の完成度を上げていく。

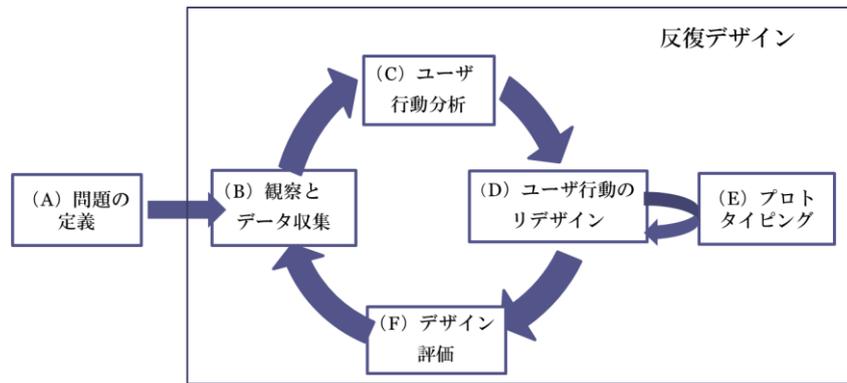


図1 ユーザ中心設計のプロセス

3. ユーザ観察と行動分析

本稿での図1のプロセスは以下ようになる。(A)ユーザの感じる混雑具合とシステムが提示する障害物情報が異なる問題と定義した。(B)(C)京都市でのフィールドワークの結果、障害物の種類によって回避行動の違いが判明した。(D)(E)障害物の種類を判別して地図を提示するシステムを実装した。(F)階層分析法AHPとインタビューで実装したシステムの有効性の評価を行った。

本章では(B)(C)について具体的に説明する。既存のシステムが提示する障害物情報とユーザが実際に走行したときの感覚が一致しない原因について、著者らは田の字地区にて10日間4人で図2のように自転車を走行して調査を行った。田の字地区とは京都市の中心部に位置していて、南北に御池通、四条通、五条通、東西に堀川通、烏丸通、河原町通の道路に囲まれた地区である。その結果、図3のような回避行動の違いが判明した。

固定障害物を回避する自転車は、図3左のように余裕をもって回避していた。また、障害物が路肩をふさいでいるために、自転車は回避の際に道路中央に移動する。この時、自転車の速度は大きな変化はなく、ハンドルは大きく切っていると判明した。

一方、移動障害物を回避する自転車は、図3右のように警戒しながら回避していた。その際、自転車は道路中央に移動せず路肩側を走行している。この時、自転車の速度を落として走行し、ハンドルは細かく調整して切っていると分かった。また、図3の回避行動のモデルは田の字地区のような狭い道路で適用される結果も判明した。



図2 調査風景

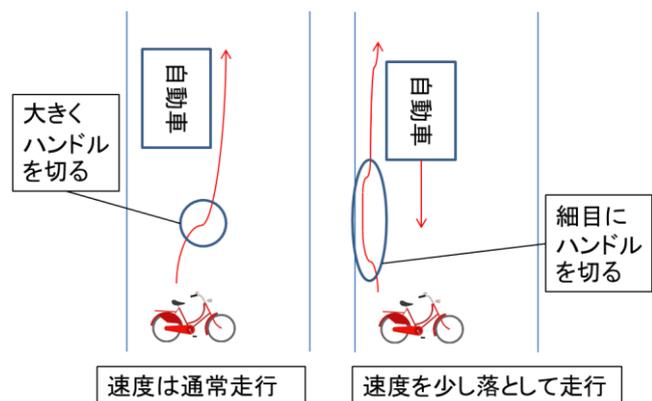


図3 回避行動の違い

4. 提案システム

4.1. システムの全体像

3章で判明した図3の回避行動の違いを携帯端末だけで判別しようとしたが、固定障害物の回避行動

である大きくハンドルを切る動作を検出できなかった。そこで、開発済のプローブ自転車[4]を使用した。プローブ自転車とは、速度と舵角を正確に測定するためにロータリーエンコーダと光電センサを装着した自転車である。また、固定障害物はある程度変化のない障害物であるため、リアルタイムではなく定期的な測定で十分である。一方、移動障害物は時々刻々と変化し続ける障害物であるため、リアルタイムで計測する必要がある。そこで、移動障害物の計測は携帯端末を装着した自転車を使用した。

実装したシステムの全体像は図4のような携帯端末、サーバ、プローブ自転車、自転車から構成されている。携帯端末はAndroid端末、地図はゼンリン社の地図データ[7]、サーバはEsri社のArcGIS Server[8]を使用した。プローブ自転車で固定障害度の計算を行い、現在地情報を合わせてサーバの固定障害物のデータベースに格納する。Android端末のみを搭載した自転車で移動障害度の計算を行い、現在地情報を合わせてサーバの移動障害物のデータベースに格納する。サーバで端末にそれぞれのデータベースに格納した障害度をマッピングした地図を提供する。これらの機能をシステムはもっている。

以下、4.2節ではシステム構成要素、4.3節ではシステムのインターフェースについて具体的に説明する。

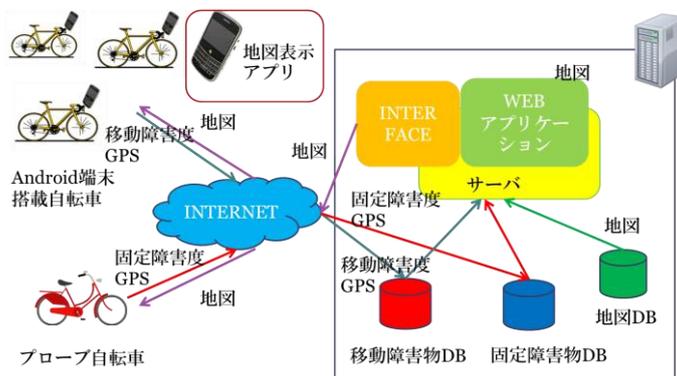


図4 システムの構成図

4.2. システム構成要素

携帯端末側の処理

携帯端末は大きく分けて3つの機能をもつ。(1)加速度センサ、角速度センサの値を取得して、移動障害物の障害度の計算を行う。(2)(1)で計算した障害度のデータと現在地情報をサーバに送信する。(3)地図を表示する。それぞれの機能について具体的に説明する。

(1)の障害度計算を行う機能は、加速度センサと角速度センサの値が変化したとき、決定木のプログラムから障害度を計算する。(2)のサーバに送信する機能は、GPSの値が変化したときにGPSの値と(1)で計算した障害度のデータをソケット通信でサーバに送信する。(3)の地図の表示機能は、アプリケーションが起動と同時に起動する。アプリケーションをユーザが起動するとGPSで現在地を取得し周辺の地図を表示する。地図はサーバから提供されるもので、(1)、(2)の障害度が地図にマッピングされている。ユーザは自分の周囲の障害度を認識できる。

サーバ側の処理

システムのサーバは地図のデータベースと固定障害物、移動障害物のデータベースを持っており、携帯端末から受信した障害度を地図にマッピングする機能とマッピングされた地図を携帯端末に提供する機能を持つ。

携帯端末から受信した障害度のデータを地図にマッピングする機能について説明する。サーバはソケット通信の受信プログラムで携帯端末からデータを受信する。サーバは受信したデータのGPSの位置座標が地図の道路上にあるか確認する。道路上にない場合は、道路レイヤの位置座標との距離計算を行い、一番近くの道路から取得した値として扱う。正常なデータとして確認されると、データはデータベースに挿入される。障害度はGPSと一緒にサーバ内のPostgreSQL[9]のジオデータベースに格納される。

路上障害度の計算方法

路上障害度とは自転車ユーザが道路上の障害物から受ける影響の大きさと本稿では定義する。路上障害度の計算には、障害物の種類の認識と影響の大きさの計算の2つの処理を行っている。障害物の種類の認識方法について、走行状態は固定障害物の回避、移動障害物の回避、通常走行の3クラスを判断するために図5の決定木を作成した。実際にプローブ自転車を田の字地区で10回走行して得られたサンプル数11806個、速度、舵角、加速度、角速度のデータを学習データとして、決定木構築のデータ学習の過程で10ホルドの交差検証法、ツリーはJ48を用いた。決定木の精度は89.24%であった。また、重回帰分析の精度は85.91%であったので精度が高い決定木を使用した。

図5を解読すると、まず自転車の速度に着目すると自転車の速度が小さい場合には移動障害物の回避と判断できる。これは移動障害物の回避には速度を落とすが、固定障害物の場合には余裕をもって回避するので速度は変化しないためだと考えられる。しかし、舵角が小さい場合には固定障害物の回避と判断している。次に速度が大きいと舵角に着目する。舵角が大きい場合には道路中央に移動して、角速度が大きい場合はゆったりとハンドルを切っているとわかる。そのため、舵角や角速度が大きいと固定障害物の回避だと判断できる。ただし、速度が大きい場合は通常走行だとわかる。また、ハンドルでは判断できない場合には加速度に着目する。障害物の回避する場合、加速度が大きくなるためである。

また、障害物から受ける影響の大きさの計算にも通常、少し混雑、混雑、かなり混雑の4クラスの判断する決定木を使用した。本稿の紙幅の都合上、詳細な説明は省略する。

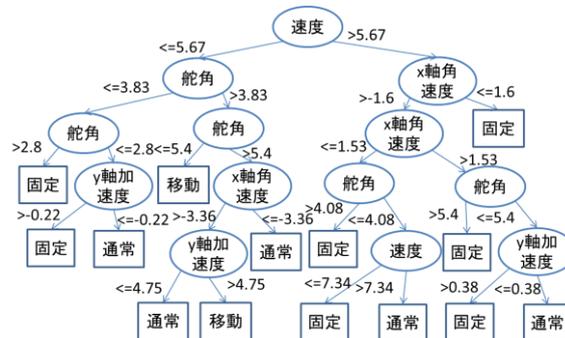


図5 障害物の種類の判断

4.3. システムのインタフェース

携帯端末側の画面は図6、図7、図8の固定障害物、移動障害物、固定障害物と移動障害物の両方の地図を表示する。固定障害物は赤い車のマークで示しており、車の大きさが大きいほど障害度は大きくなっている。また、移動障害物は道路上に色を塗り、青、緑、黄、赤の順で障害度が大きくなっている。ユーザはこれらの地図を選択できる。



図6 固定障害物地図



図7 移動障害物地図



図8 固定+移動障害物地図

5. 実験と評価

5.1. 実験概要

被験者4名が提案システムの有効性を評価するために実際に京都市の田の字地区を走行する実験を1日間行った。被験者は自転車のハンドルに装着された携帯端末を用いて、設定された出発地点から目的地まで携帯端末を見て自由に道路を選択して走行した。

5.2. AHPを用いた評価

提案システムでは固定障害物の地図、移動障害物の地図、固定+移動障害物の地図をユーザは選択できるが、実際にどの地図を選択したかを階層分析法AHP[10]で評価した。AHPの階層図は図9で、目的として「快適に道路を走行するための地図の選択」、代替案として3種類の地図、代替案を選択するときの評価基準として「効率性」、「実用性」、「操作性」、「見やすさ」の4項目と定めた。

被験者4名に評価基準の対比較と、基準毎の代替案間の対比較のアンケートを実施したところ、図10の評価基準の重要度と図11の総合評価結果が得られた。また、整合度(C.I.)は0.1より小さかったので、AHPの評価は正当だと判断した。図10の評価基準の重要度を見ると、被験者によって重要視している基準が異なっていると分かった。また、図11の総合評価結果を見ると、固定障害物と移動障害物のどちらか一方をマッピングした地図よりも両方をマッピングした地図のほうが重視されていた。

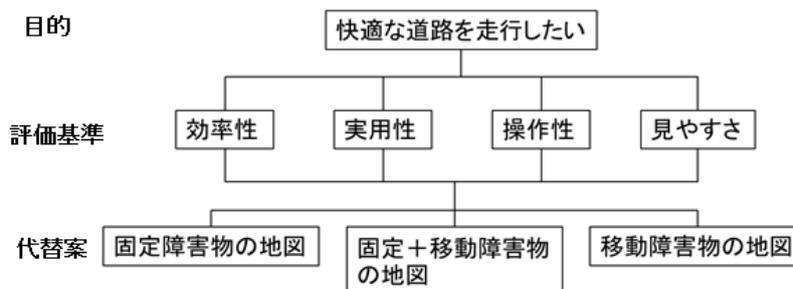


図9 AHPの階層図

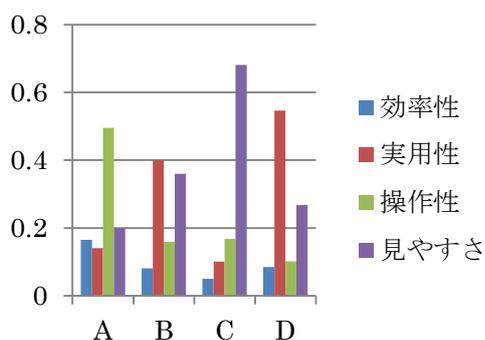


図10 評価基準の重要度

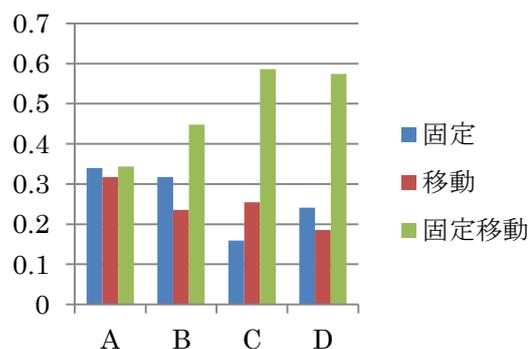


図11 総合評価結果

5.3. インタビューによる評価

被験者4名に見やすさや使い勝手などに関するインタビューを行い、システムの長所と欠点をまとめた。得られた結果を表2に示す。表2を見ると、被験者はシステムの路上障害度情報を確認して混雑した道を避けて走行しており、システムが示す障害度情報が実際に走行する人間の感覚と一致していた。また、混雑した道を避けながらも選択するルートが被験者ごとに異なっていると分かった。しかし、画面に集中すると走行が危険になる問題や昼間の屋外では画面が見にくい、小縮尺だと障害度情報が表示されないなどの携帯端末特有の欠点も判明した。

表2 インタビュー結果

長所	欠点
<ul style="list-style-type: none"> ・混雑具合と現実の感覚と一致した ・混雑具合を予測できる ・個々でのルート選択の違う ・地図の活用しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ・自転車走行中、画面に集中できない ・屋外使用時の画面の見にくい ・障害度が小縮尺だと提示されない ・進行方向と地図方向が違って混乱

6. 終わりに

システムが提示する単一のスケールの障害度がユーザの実際に走行したときの感覚と異なる問題を解決するためユーザ中心設計を用いた。ユーザ中心設計のなかのユーザ観察と行動分析で固定障害物と移動障害物で回避方法の違いが判明した。具体的には、固定障害物では速度はあまり変わらず、ハンドルはゆったりと切っていた。移動障害物では速度は大きく落として、ハンドルは細かく調整していた。その結果を利用して、固定障害物と移動障害物を判別してユーザに提示するシステムを実装した。AHPとインタビューによる評価の結果、ユーザが不慣れた土地でも障害が少ない道路を選択しており、システムの障害物情報と現実のユーザの感覚と一致していた。しかし、日中の屋外では反射で見えない、縮尺を小さくすると障害物情報が提示されなくなるなどの携帯端末の欠点によるシステムの短所もはっきりした。ただし、縮尺を小さくすると障害物情報が提示されなかった、進行方向と地図の方向を一致しなかったなどの携帯端末の欠点はプログラムの書換えで解決可能である。

参考文献

- [1] 田端佑介, 河内雄太, 浅田翔平, 山本光, 金田重郎, “自転車ユーザに向けた路上障害度情報のリアルタイム提供システム”, 情報処理学会研究報告. MBL, 2013-MBL-67(14), 2013, pp.1-9.
- [2] 斉藤裕樹, 菅生啓示, 間博人, テープウィロージャナポンニワット, 戸辺義人, “sBike:参加型センシングを志向したモバイルセンシングによる自転車走行状態収集・共有機構”, 情報処理学会論文誌, Vol.53, 2012, pp.770-782.
- [3] 菅生啓示, 宮崎学, 中田龍太郎, 木實新一, 戸辺義人, “自転車の走行情報を用いた混雑度の推定に関する検討”, 情報処理学会第72回全国大会講演論文集, Vol.3, 2010, pp.239-240.
- [4] 田端佑介, 河内雄太, 金田重郎, “センサ情報を用いた自転車走行環境の測定方法の提案”, 情報システム学会第8回全国大会・研究発表大会, S4-1, 2012.
- [5] 棚橋弘季, “ペルソナ作って、それからどうするの? ユーザー中心デザインで作る Web サイト”, ソフトバンククリエイティブ, 2008
- [6] 樽本徹也, “ユーザビリティエンジニアリング—ユーザ調査とユーザビリティ評価実践テクニック”, オーム社, 2005
- [7] ゼンリン, ZMAP TOWNII 製品情報, <http://www.zenrin.co.jp/product/gis/zmap/zmaptown.html>
- [8] Esri ジャパン, ArcGIS for Server 製品情報, <http://www.esri.com/products/arcgis/server/arcgis-for-server/>
- [9] 日本 PostgreSQL ユーザ会, PostGreSQL, <http://www.postgresql.jp/>
- [10] 高萩栄一郎, “AHP(階層分析法; Analytic Hierarchy Process)の流れ”, http://homepage3.nifty.com/takahagi/AHPBOOK/ahp_book.html