

快適な車いす利用に向けた乗心地指標化のための パーソナルセンシング・動的測量技術

Personal Sensing Technologies for Road Surface Survey toward Comfortable Wheelchair Driving

2011019



研究者代表

上智大学 理工学部
情報理工学科

准教授

矢入 郁子

〔研究の目的〕

提案者はこれまで、別々に開発・整備される車いすと道路の双方を、車いすやユーザにとりつけた簡易なセンサと位置情報を用いて同時に評価し、車いすユーザが本当に使いやすい車いす・通しやすい道路実現のための指標化を目指し研究を行ってきた。本研究では乗心地指標化に向けて、車いすユーザの走行時の主観を定量化するためのパーソナルセンシング技術と、準天頂衛星みちびきの高精度位置情報と車いすが実際に街を走行した際に受ける衝撃や振動の解析にもとづいた、図1に示すような車いすユーザの視点からの道路の動的測量技術を実現することを目的とする。これらの技術の実現により、人と車いすの調和だけでなく、人と車いす・道路の3つの緊密な調和が促進されることを目指す。

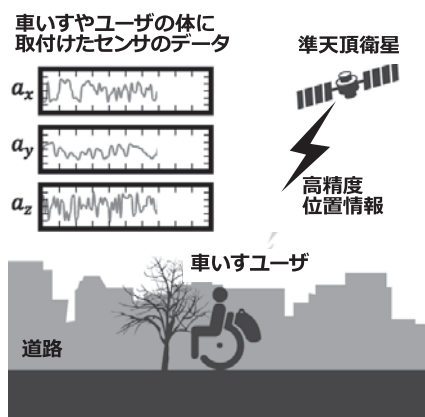


図1 車いすユーザの視点からの道路の動的測量技術のイメージ図

〔研究の内容、成果〕

本研究では、2年間の助成期間中に以下の3つの技術的課題の解決に取り組んだ。

【パーソナルセンシング技術】ジャイロスコップ、3軸加速度センサと通信機能が一体となったスマートデバイスを用いて、車いす走行時にユーザが体に受ける振動や衝撃を計測・記録するパーソナルセンシング技術を実現した。

【動的道路測量技術】準天頂衛星民間実験に参加し、サブメータ精度での高精度位置データを取得して、スマートデバイスによってセンシングされる車いすが受ける振動や衝撃と車いすの走行軌跡との関係を記録・集積する動的測量技術を実現した。

【ユーザの主観的乗心地の多様性の分析】多様なユーザの実際のデータの分析を通して、主観的乗心地を絶対的に評価可能な基準の策定を目指した。

本研究では助成開始直前に東日本大震災が起こり、車いすユーザを大規模に招集しての実験が困難となった。そのため助成期間を2年に延長していただき、1年目は2010年3月に秋葉原で収集した車いす走行データの分析と可視化を、2年目は上智大学周辺の路上での13名の車いす走行データの収集と分析を行った。以下に走行データの分析について、(1)秋葉原データを用いての研究、(2)走行実験の実施とその

データ分析の研究の二つに分けて研究成果を示す。

(1) 3軸加速度時系列データからの車いす走行行動分析の研究

典型的な車いす事故として、1) 車道と歩道の間の縁石による転倒、2) 坂道走行中に制御不能となることによる交通事故発生、3) 段差や表面の粗い路面を避けるために車道を走行することによる交通事故発生、といった事例が報告されている。これらの事故の原因には、段差やスロープといった路面上の障害の存在がある。またこのような重大な事故の背後には、“事故に至らなかったために報告されることのない軽微な出来事”が、路面上の障害によって日々多数引き起こされている。

そこで提案者らは、走行時に問題が発生しやすい場所を、車いす走行時の3軸加速度センサ時系列データをもとに経路に存在する潜在的なリスクとして可視化するために、2010年3月に図2のような方法で収集された秋葉原電気街での7人の車いす走行ログを、振動レベル (VAL) という指標によって色分けし、地図上に可視化して評価した。しかし VAL は、走行時に車いす利用者が体感する振動の大きさを表すものであり、速度を緩めたり突然停止したりといった車いす利用者の行動に大きく影響されるため、十分に路面の障害を可視化することは出来なかった。そこで本研究では路面状況を可視化するために機械学習の手法を用いた路面状況推定が可能であるかどうかを調べた。推定のための車いす走行行動の分類を図3に示す。1段階目の分類では、車いす走行行動を移動行動と静止行動に分類し、2段階目の分類では、移動行動をバリアのある路面の走行とバリアの無い路面の走行で分類した。収集された車いす走行ログデータには図4に示すようなサンプリングレートのばらつきがあり、分類精度の低さが懸念された。SVM を用いて加速度データの分類と最適ウィンドウ幅の探索を行った結果、1

段階目の分類では生データを30フレーム単位で分割した際に98.2%の分類精度を、第二段階目のバリアの有無の分類では、図5に示すように統計量を特徴量として用い、フレーム数を60フレームとした場合に82.1%の分類精度となることがわかった。そして図6(a)のように分類結果を地図にプロットし(b)のVALに

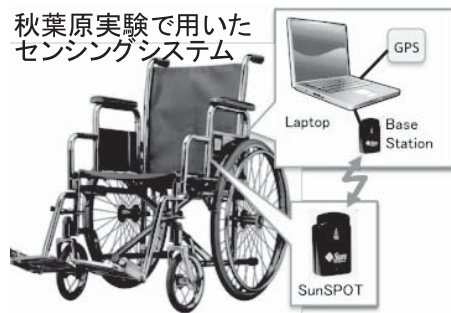


図2 車いす走行実験時の様子

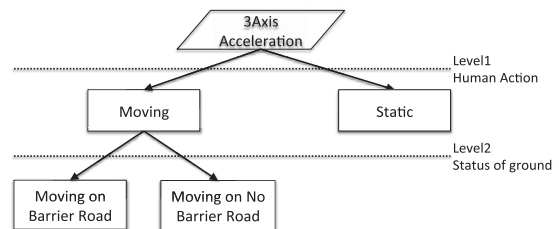


図3 2段階の行動分類

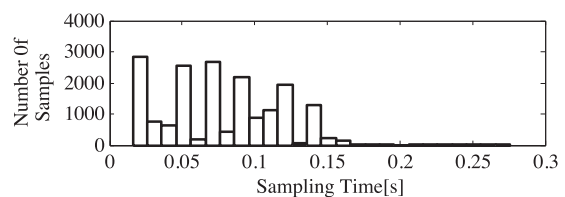
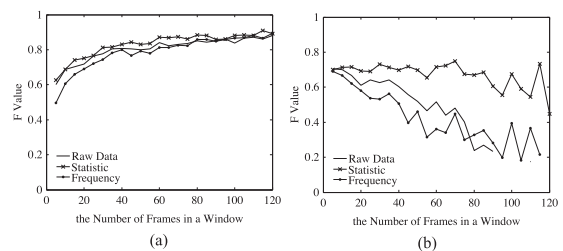
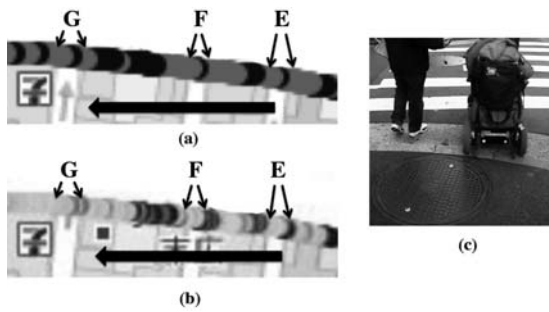


図4 使用データのサンプリングレートのばらつき



(a) バリア有クラス (b) バリア無クラス

図5 フレーム数を変化させた際の各分類手法におけるF値の変化



(a) 推定結果の可視化 (b) VAL の可視化 (c) 地点 F の様子
図 6 2つの可視化手法の比較

よる可視化と比較したところ、(c) の交差点の歩車道区分の危険な段差を車いす走行ログから推定可能であることがわかった。

(2) 車いす走行実験とデータ分析の研究

本研究では2012年12月に、車いすの両車輪と座席下、及び被験者のポケットに iPod touch を設置し JR 四谷駅近辺の指定経路を走行する実験を、被験者13名に対して行った。経路は走行に20～30分を要する約1.5kmの周回コースを設定し、被験者の体力に合わせて1～3周の走行を行った。秋葉原実験では比較的表面が滑らかな経路を選択して実験を行ったが、本実験では路面が整備されていない様な粗い路面を含む経路を選択した。実験で使用する車いすは統一せず、被験者が日常で使用し、走行し慣れている車いすで実験を行った。図7に実験の様子を示す。撮影者は車いすの後方を追跡し、ビデオによって実験時の走行の様子を記録している。車いすの両車輪と座席下及び被験者のポケットに iPod touch が設置されている。各三軸加速度センサのサンプリング周波数は50 Hz にセットした。3周走行した4人の被験者のセンサデータ全サンプルに、実験時に撮影した動画データを観察して1) 静止、2) 段差上り、3) 段差下り、4) 点字ブロック上の走行、5) その他の5つの行動データにラベリングを行い、SVM による分類を行った。具体的には、1) 20種類のウィンドウ幅、4つの特徴量、4つのデータセットについて移動/静止行動、段差・



図 7 新たに実施された車いす走行実験時の様子

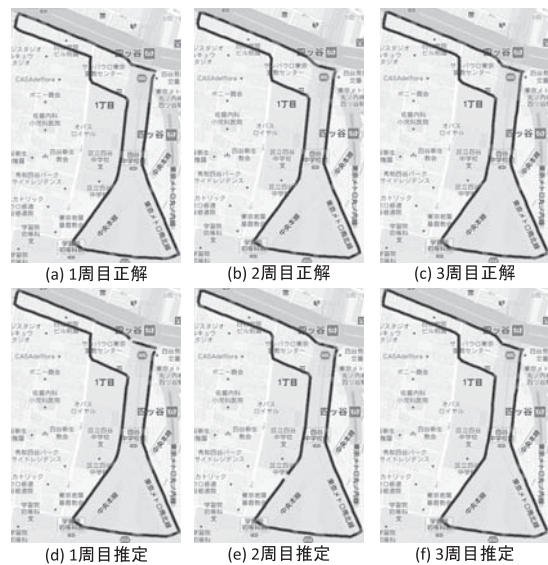


図 8 車いすユーザの視点からの道路の動的測量技術のイメージ図

点字ブロックの有無を分類し F 値により評価、2) 推定結果を地図上にマッピング、実際の走行状況との比較により評価を行った。結果、特徴量としては標準偏差が適切であり、最適ウィンドウ幅（それぞれ4.5秒と9.0秒）において、移動/静止を99.8%、段差・点字ブロックの有無を89.6%の精度で達成した。また、点字ブロックに関しては24/39、縁石に関しては35/36を正しく推定できていた。図8に各周での実際の路面環境と推定結果を可視化の比較例を示す。上段が実際の走行環境、下段が推定結果。青が通常移動、赤が段差の乗り越え、黄色が停止行動を示す。なお、マッピングの際の位置情報としては準天頂衛星で取得したデータを手動で補正した位置情報を利用した。

[今後の研究の方向, 課題]

本研究は車いすユーザのパーソナルセンシングと道路の動的測量を同時に行う技術の実現を通して、位置情報と結びついた主観的乗心地データを集積・分析することで、「低ストレスな車いすと低バリアな道路づくりの双方に貢献しうることまでにはない新しい指標の提案」を目指した。日常行動をスマートデバイスで記録し、知的アルゴリズムによって路面の危険性を推定、可視化することで障害者移動環境を抜本的に改善するシステムの提案は、独創的なものとして国際会議等で高く評価された。本研究では、研究の核となる基礎データの車いす走行実験による収集とともに、危険性可視化の第一歩として、車いすユーザの移動ライフログの特性を、代表的な機械学習の手法の1つであるSVMによる解析を通して明らかにした。今後は最適な知的アルゴリズムの開発が最重要課題である。また、車いすユーザが経路上でどのような行動をとったかは走行環境を評価する最もプラクティカルな情報であり、今後は大量の移動ログを集積しての分析が課題となる。本研究の今後の展開として現在提案者らが検討しているのは、車いすユーザのライフログデータの集積・解析プラットフォームの研究である。本研究で得られた成果をもとに、高齢者・障害者のスマートデバイス等を用いた日常行動センシングデータのボランティアな大規模集積と、集積されたデータから機器・サービス開発者にとって有益な情報の抽出を可能とする次世代福祉・介護アプリケーション技術創出のためのビッグデータプラットフォーム

フォームの実現を目指していきたい。

[成果の発表, 論文等]

1. 岩澤有祐, 矢入郁子, 3軸加速度時系列データからの車いす走行行動分析の研究, 2012年度人工知能学会全国大会 26回大会, June, 12-15, 2012.
2. 浅井信尊, 高橋雄介, 福島裕介, 矢入郁子, 三軸加速度センサを用いた車いすバスケットボール選手の動作分析, Human Interface Symposium, Sept. 4-7, 2012.
3. Yusuke Iwasawa and Ikuko Eguchi Yairi, "Life-Logging of Wheelchair Driving on Web Maps for Visualizing Potential Accidents and Incidents", PRICAI 2012, LNAI 7458, pp.157-169, 2012. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012.
4. Yusuke Iwasawa, Hidetaka Suzuki and Ikuko Eguchi Yairi, "Detecting Exceptional Actions Using Wearable Sensors' Data for Developing Life-Log Database of Visually Impaired People", In Proc. Data Driven Wellness Symposia, AAAI Spring Symposium Series 2013, March 25-28, Stanford University, California 2013.
5. 岩澤有祐, 矢入郁子. 車いす走行ライフログの時空間解析による路面状況推定システム, The 27th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, June, 4-7, 2013.
6. [発表予定] Y. Iwasawa, and I. E. Yairi. Spatiotemporal Life-Log Mining of Wheelchair Users' Driving for Visualizing Accessibility of Roads. In Proceedings of IEEE International Conference on Data Mining, MoDAT: Designing the Market of Data - for Synthesizing Data in Sciences and Businesses, Dallas, Texas, December 7-10, 2013.
7. [発表予定] 高田佑平, 岩澤有祐, 矢入郁子, 3軸加速度センサを用いた機械学習による車いす走行危険箇所可視化システム, Human Interface Symposium, September, 10-13, 2013.