

スマートフォンセンサを活用したパーソナルビークルの安全性に関する研究

薄井智貴・山田健太・森川高行

A Study of the safety for Personal Mobility Vehicle using Smartphone Sensor. Tomotaka USUI, Kenta YAMADA and Takayuki MORIKAWA

Abstract: Recently, the eco-friendly personal cars have been attracting attention. The purpose of this study is to analyze safety of Personal Mobility Vehicle (PMV). We analyzed a driver performance using acceleration sensor data and gyroscope sensor data obtained from a smartphone. The data obtained in the smartphone sensor handled by Low-Pass Filter method, and we checked the driving situation of Segway user's from it.

Keywords: パーソナルビークル (Personal Vehicle), GPS, スマートフォン (Smartphone)

1. はじめに

近年，端末交通や近距離移動，高齢者の自動車運転の代替手段として，また低炭素・省エネルギー交通システムとして，パーソナルビークル (Personal Mobility Vehicle, PMV) が注目を集めている．PMV とは，例えば，立ち乗り型の Segway 社製「セグウェイ」やトヨタ自動車社製「Winglet」，座乗型のトヨタ自動車社製「i-REAL」，トヨタ車体社製「コムス」などに代表される次世代型 1 人乗り（または 2～3 名）の電動駆動移動体で，従来の早さ，安さを求めたファストモビリティではなく，楽しさ，自由さを求めたスローモビリティをコンセプトにかかげており，魅力的な街づくりのための次世代モビリティとしても期待が高い．しかし，一方で，PMV の存在は半数以上の人々が認知しているものの乗車経験のある人は数%程度で（西堀ら，2011），操作性や安全性に関して不安を感じる人も少なくない．特に安全性に関しては，

パーソナルビークル共同利用実験のアンケート調査の中で，被験者に実際に乗車した感想を答えてもらった結果，「怖い」「危ない」との回答が約 40%強あった（艱持ら，2011）ことから，実社会導入にあたっては，その安全性や挙動についてより詳細に分析し，定量的に評価する必要があるだろう．

このような背景のもと，本研究ではセグウェイの操作と挙動，安全の関係性について定量的に評価し，今後の普及促進につなげることを目的とする．その中で，本稿においては名古屋大学において実施しているパーソナルビークル（セグウェイ）の共同利用に関する実証実験において，セグウェイに取り付けたスマートフォンから得られるセンサデータをもとに，利用者の操作挙動を安全性の観点から確認，考察した結果について一部報告する．

2. パーソナルビークル共同利用実証実験

名古屋大学グリーンモビリティ連携研究センターでは，次世代パーソナルモビリティのシェアリ

ングサービスのビジネスモデルを検討するため、パーソナルビークル共同利用に関する実証実験を昨年度から行っている。昨年度の実験結果については、剣持ら(2011)の論文を参考にされたい。今年度の実験については、名古屋大学の教職員および大学院生を対象にモニタを広く募集し、2012年8月から同年12月まで実施している。この実験では次世代モビリティの実社会における潜在的なニーズや需要性および心理的抵抗感などについて名古屋大学をフィールドとして実証的に分析する。実験は、Web予約によるシェアリングシステムを構築し、セグウェイ3台を用いて5ヶ月間共同利用した結果について、利用履歴やアンケート調査結果を用いて分析を行う。さらに今年度は、セグウェイの操作部にGPS、3軸加速度センサおよびジャイロセンサを搭載したスマートフォンを設置し、旋回や加速、制動など走行時に得られたセンシングデータから、運動走行状態と安全性についても定量的に評価を行う。表-1に実験の概要を示す。昨年度同様、名古屋大学東山キャンパス内をフィールドとして、男性32名、女性19名にご協力頂いている。セグウェイ利用の際は、Web上から予約して、利用者に配布したICカードを用いて所定の鍵ボックスから鍵を借り、

表-1 パーソナルビークル共同利用実験概要

項目	2012 年度
モニター	名古屋大学教職員・大学院生
実験期間	2012 年 8 月 6 日～2012 年 12 月 27 日
被験者	51 名
利用料金	無料 (1 回最大 2 時間まで利用可能)
貸与システム	Web による利用予約と IC カードによる鍵ボックスの開閉
貸出物	セグウェイ、ヘルメット、スマートフォン
利用範囲	名古屋大学東山キャンパス内
配置箇所 (デポ)	構内 3 箇所×1 台
利用時取得データ	GPS、加速度センサ、地磁気センサ

最寄りの配置箇所 (デポ) に設置してある車体を借りて利用する。

本実験は 2012 年 8 月 20 日現在も継続中であるため、本稿での分析は実験開始 2 週間の利用者データを用いて分析することとし、今年度の実験そのものの報告は別稿としたい。

3. スマートフォンによる制動データの取得

3.1 スマートフォンセンサ

本実験において、利用者の行動特性、交通機関の代替性、潜在的なニーズを把握するため、前述の通り、セグウェイ貸出時にスマートフォンも一緒に貸出している。利用者はセグウェイ乗車時に、スマートフォンをセグウェイ操作部中段に取り付け、スマートフォンのアプリにログインすることでセンサデータ計測を開始する。今回の実験では、Android4.0 を搭載したスマートフォン AQUOS Phone SERIE をデバイスとして用い、表-2 に示すセンサ値を取得する Android アプリケーションを開発し、利用者の位置情報や操作データを収集している (図-1 左)。センサ情報取得間隔は 200ms [Normal モード] で、位置情報は 5 秒間隔で取得している。スマートフォンは利用者の運転の妨げにならないよう操作ハンドルの中段のちょうど太ももの位置に設置した (図-1 右)。

表-2 センサデータ取得項目

センサパラメータ	取得データ
Date	取得日時
Lat,Long	位置情報 (経緯度)
Accel	加速度センサ
Gyroscope	ジャイロ스코プ
Magnetic	磁気センサ
LinerAccel	直線加速度センサ

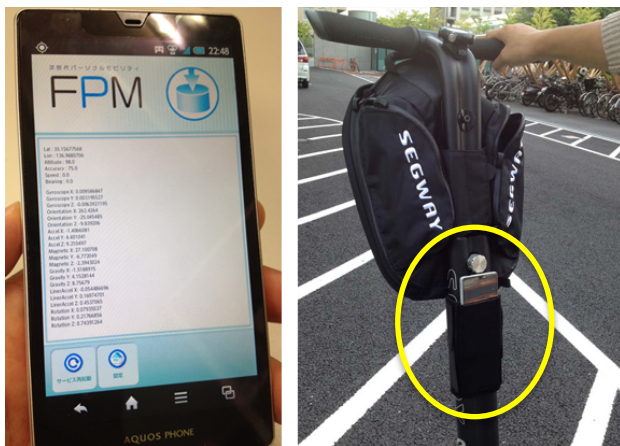


図-1 センサ取得アプリケーション（右）とスマートフォンの取り付け位置（左）

3.2 取得したセンサデータの特徴抽出

スマートフォンから得られる各センサデータは、数値の羅列であり、また誤差や雑音等も含まれているため、その値だけでは何を意味しているのかは判別不能である。そのため、何らか加工してデータに意味づけをする作業が必要となる。本稿においては、セグウェイインストラクター協力のもと様々な走行パターンにおけるセンサ値を収集し、得られた値から走行状態を推定した。特に今回は、利用者の安全性の評価の観点から分析を行うため、静止動作と旋回、傾きなどにおいて実際に危険と思われる操作データを収集し、そのデータをもとに正常走行の閾値を決定した。つまり対象となる動作においてこの閾値範囲外のデータが検出された場合は「危険操作」と判断することが可能となる。

センサから得られたデータは、高い周波数帯を

減衰させる簡易的なローパスフィルタ（式1）により雑音除去処理を行い、その計算結果をもとに閾値を決定した（表-3）。ここで式1の α パラメータは0.9としている。図-2は左旋回操作時のGyroscopeの値をフィルタで処理した結果を示しており、各操作時におけるセンサデータについて同様に処理し、特徴を調べた。図-2の例では、GyroscopeのY値の山が大きく4つできており、計4回の左旋回をしたことを示している。結果から、Y値が大きいほど操作ハンドルの傾斜角度が大きいことが確認できた。

$$y[t] = \alpha y[t - 1] + (1 - \alpha)x[t] \quad \cdots \quad (式1)$$

$y[t]$: 時間 t のフィルタ処理後の値

$x[t]$: 時間 t の観測値

α : パラメータ

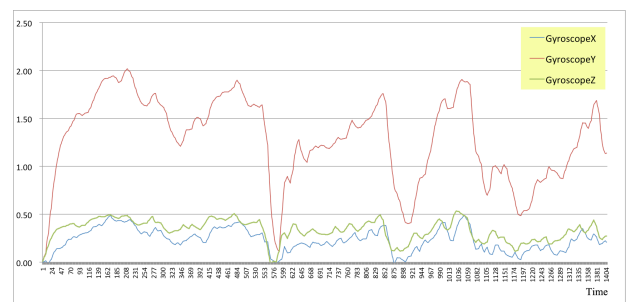


図-2 左旋回時の Gyroscope 値の出力結果

表-3 セグウェイ運転動作に対する各センサの値の範囲

運転動作	静止	右旋回	左旋回
Gyroscope Y	$-0.2 < Y < 0.2$	$-3.0 < Y < 0.5$	$0.5 < Y < 3.0$
Gyroscope Z	$-0.1 < Z < 0.1$	$Z < 0.1$	$Z > 0.1$
LinerAccel Z	$-0.2 < Z < 0.2$	$Z > 0.2$	$Z > 0.2$

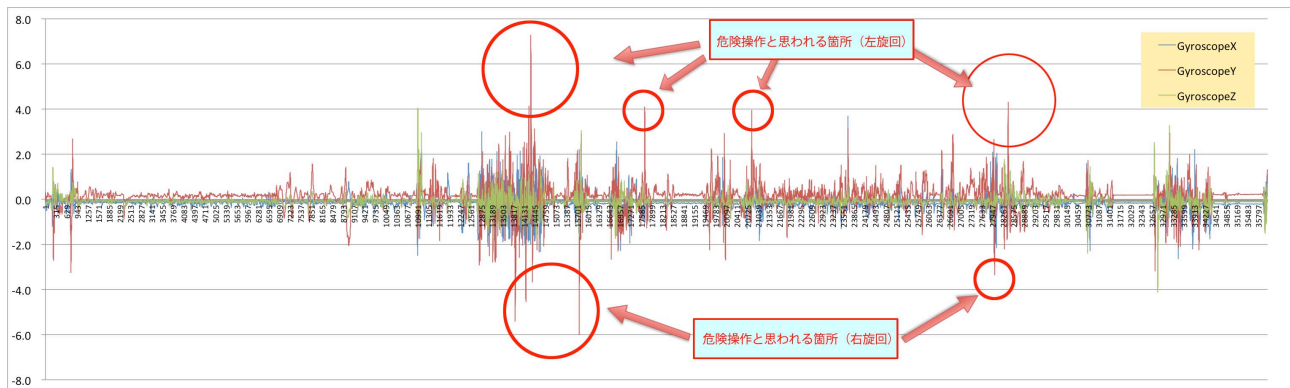


図-3 利用者のセンサ取得結果と危険と思われる操作箇所

4. 利用者の制動分析

前節において設定した閾値をもとに、8月9日に利用のあった50代男性の25分間の利用履歴とその取得センサデータを用いて、利用者の危険走行について簡単な分析を行った。取得したデータを可視化したものを図-3に示す。結果を見ると、危険と思われる閾値を超えている操作が、右旋回で15回、左旋回で22回あり、そのうち6回は瞬間的にかなり大きな急ハンドルを切った形跡が見られた。また、センサデータの特徴をみると、この利用者は中心から左にやや傾いて走行している、もしくは左によくハンドルを切る傾向も見てとれた。以上のことから、センサデータを詳細に分析することで、セグウェイ利用者の操作挙動を定量的に把握できる可能性があることが分かった。

5. まとめ

本稿では、パーソナルビークルの安全性や挙動を定量的に評価する目的で、スマートフォンセンサを用いて利用者の制動状況を確認した。結果、左右旋回および静止状態についてはセンサデータから状況確認ができた。しかし一方で、本稿では紙面の都合上触れなかったが、前進・後進および、坂の登り下りについては、利用したセンサデータからは特徴を抽出することができなかった。これは、今回の手法ではセンサデータの微妙な変

化を捕らえきれないため、特にスロー発進や緩い坂、回転半径が大きい旋回を行った場合は操作の違いによるデータの急激な変化が現れないことが原因の一つと考えられる。今後、より適切なデジタルフィルタ処理の試行とともに様々な動作データを抽出し、行動抽出精度を高めることが必要である。また得られるセンサデータをリアルタイムで処理し、危険運転を予測するようなシステムの開発も検討していきたい。

謝辞

本研究は、経済産業省中部経済産業局が進める「次世代自動車地域産学官フォーラム」の活動の一環として(社)中部産業連盟の委託事業の支援により実施された。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 剣持千歩, 森川高行, 三輪富生 (2012) : 名古屋大学におけるパーソナルモビリティ共同利用実験, 土木計画学研究・講演集, Vol.45, CD-ROM.
- 西堀泰英, 李昂, 加知範康, 河合正吉, 安藤良輔 (2011) : パーソナルモビリティに対する市民意識-パーソナルモビリティ見学者の視点から-, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, CD-ROM.