

スマートフォンのセンサーを用いた鉄道車両の路線分類

Track Classification of A Railroad Vehicle Using A Smartphone

川上 礼次[†]
Kawakami Reiji

マッキン ケネス ジェームス[†]
Kenneth J. Mackin

永井 保夫[†]
Nagai Yasuo

藤吉 誠[‡]
Fujiyoshi Makoto

東京情報大学[†]

Tokyo University of Information Sciences

日立造船株式会社[‡]

Hitachi Zosen Corporation

1. はじめに

日本の鉄道路線はとても複雑であり(図 1)、高度なコントロール技術と緻密なスケジューリングにより管理されている。しかし線路の保守作業を行うための保守用車両は軌道回路による位置管理がされておらず衝突の危険性がある。過去に行った報告では専用機器を車両に搭載し GPS とジャイロセンサーによって同じ経路に車両が侵入しないようファジー推論や Support Vector Machine を用いて経路分類を行っていた。本研究ではスマートフォンのセンサーを用いることで、従来の専用機器の利用と比較してコスト削減し精度の向上をめざす。



図 1 複雑な路線

2. 背景

鉄道車両は軌道に沿ってしか走行できないために、確実に位置管理をすることによって衝突などの危険を防止し、安全性を高めている。軌道回路による位置検出は多くの地上設備が必要となるため、GPS(Global Positioning System)を用いる方法が研究されている[水間 2007]。一方、保守用車両では元々軌道回路を用いておらず、位置検出を確実にこなうためにジャイロセンサーと GPS のハイブリッドによる専用の測位端末(図 2)を用いた保守用車位置管理システムがある。GPS のみではトンネル内や建物に囲まれた場所での正確な位置を知ることができないため、GPS 情報に加え、車速パルスとジャイロセンサーを用いて車両の角速度を測定する。その中でも本研究はジャイロセンサーによる経路分類に重点をおいている。車速センサーとジャイロセンサーを GPS の補助に利用することはカーナビゲーションシステムなどでも既に実用化されている。自動車が交差点などで曲がる際は急な角度で曲がるためジャイロセンサーで容易に交差点のどの方向に進んだか判別ができる。しかし鉄道の分岐では車に比べてかなりゆるやかな角度で曲がる為判別が難しい。



図 2 P4-GPS-HYBRID[©] 測位端末(Hitz 日立造船製)

本研究では、専用計測機器はより精度は低いがコストパフォーマンスの高いスマートフォン(図 3)を導入してどのくらいの精度が出るのかを調べる。

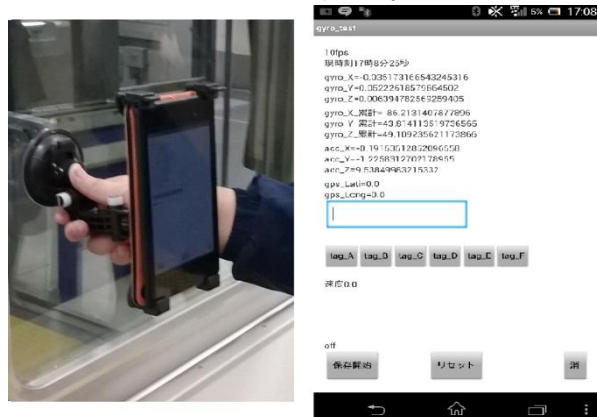


図 3 スマートフォンによる角速度の測定とアプリ画面

2.1 ジャイロセンサー

ジャイロセンサーは物体の角速度を検出する計測するセンサーである。角速度は物体が角度を変える速さである。例としてジャイロセンサーは車両が直線に走っている場合は 0 に近い値、右に曲がった際にプラスの値、左だとマイナスの値を出力する。(図 4)

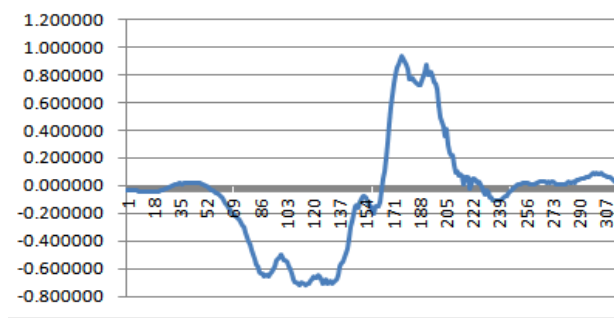


図 4 ジャイロセンサーの出力値例

2.2 目的

センサーの性能が低いスマートフォンを用いても精度の高い路線分類が可能かを調べる。スマートフォンは専用機器に比べコストパフォーマンスが高いため導入コストを削減することができる。既存研究では専用の計測機器(図 2)を用いて計測したジャイロセンサーの値を Support Vector Machine (以下 SVM) で分類した際は 81.5%の精度で路線分類をすることができた。図 5 はその時に使った路線の簡略図である。図 5 のように路線を更に分岐の区間で区切り A から G までの区間を判別することが目的である。

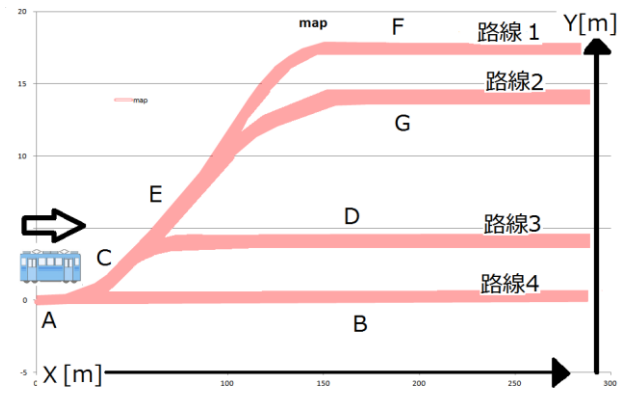


図5 路線図1

本研究では車両に固定したスマートフォンで計測した(図2)。図6は計測した路線の簡易図を示し、常磐線の日暮里駅から上野駅ホームに入線の分岐を計測し経路分類することを目的とした。

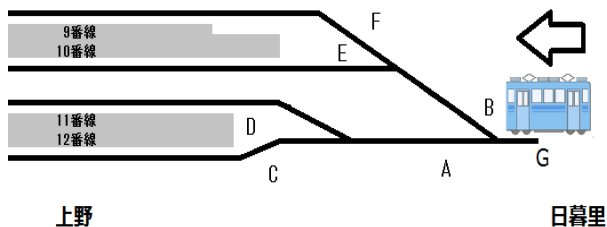


図6 路線図2

3. 提案手法

本研究では Support Vector Machine (以下 SVM) を用いてどの路線にいるかを予測する手法を提案する。SVM は連続値の多次元データの分類器として高い精度を持つため近年パターン認識に広く利用されている。スマートフォンに搭載されたジャイロセンサー用いるため、入力には誤差がある。また本研究では直接 GPS は用いないが、路線分類を始める際にスタート地点として GPS の座標を用いる。GPS の座標データは誤差なども含まれるため SVM のマージンを最大化しこれらの誤差に対応できる分類器を提案する。実験では既存研究[川上 2013]で用いた専用機器を使ったデータとスマートフォンを使ったデータを学習し、それぞれの精度を比較する。

4. 実験

4.1 実験データ

本研究では保守用車両ではなく乗客車両にスマートフォンを固定して時刻、速度、ジャイロセンサーの値を取得したデータを用いた。各値は 100 ミリ秒ごとに取得し、時間(ミリ秒)、角速度[deg/sec]、角速度の加算値、最後に解として現在の位置区間(A-F)を学習した。学習データは実際に鉄道を走らせ収集するため、コストが発生する。今回の学習データは各路線を2回走行したものを採用した。

4.2 結果

SVM は Weka3.6 を用いた[Weka3.6]。100 ミリ秒ごとの入

力に対して出した解の正答率を精度としクロスバリデーションを使い精度を算出した。カーネルは線形カーネルを用いた。以下は Weka のコマンドである。

```
weka.classifiers.functions.SMO -C 1.0
-L 0.0010 -P 1.0E-12 -N 0 -V -1 -W 1 -K
"weka.classifiers.functions.supportVector.NormalizedPolyKernel -C 250007 -E 2.0"
```

結果は 83.9%の精度となった。図7は Weka が出力した結果である。

a	b	c	d	e	f	g	<-- classified as
390	0	2	9	1	37	0	a = a
14	310	0	0	38	33	4	b = b
59	0	435	581	11	12	0	c = c
8	0	0	1023	25	0	0	d = d
0	34	0	8	1063	0	250	e = e
23	0	0	0	0	3161	0	f = f
0	7	0	0	242	0	941	g = g

図7 Weka が出力した結果

4.3 専用機器とスマートフォンの精度の比較

専用機器を使った実験では 81.5%の精度だったのに対して、スマートフォンを使った今回の実験では 83.9%だった。このことから本研究のスマートフォンセンサーを用いた計測における誤差を SVM が吸収し、同等の精度で路線の分類が出来たことがわかった。よって、スマートフォンのセンサーであっても十分に対応可能であることが分かった。

5. まとめ

本研究ではスマートフォンのセンサーを用い計測したデータを使い、SVM で学習し路線分類を行った。さらに専用機器を用い計測、学習を行った結果を比較することで精度の低いセンサーを用いても路線分類をできることがわかった。そのためスマートフォンを用いてコストを削減することが可能であるということが分かった。

参考文献

[川上 2013] 川上 礼次, マッキン ケネスジェームス, 永井 保夫, 藤吉 誠: Support Vector Machine によるジャイロセンサー搭載鉄道車両の路線分類, FIT2013 第12回情報科学技術者フォーラム, F-005
 [水間 2007] 水間 毅, 吉永 純, 工藤 希: 衛星を用いた列車制御・保安システム開発, 交通安全環境研究所報告第11号
 [日立造船] 高精度 GPS 利用システム (高精度 D-GPS 受信機): 閲覧日 2013/4/19, <http://www.hitachizosen.co.jp/products/products050.html>
 [Weka3.6] Weka3.6: 閲覧日 2014/1/8, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>