

スマートフォンを利用した二輪車による道路維持手法の提案

高橋夏海^{†1} 松山聖路^{†1} 柿澤浩仁^{†2} 清原良三^{†1}

スマートフォンは各種センサおよび無線通信機能が搭載されておりテレマティクス端末として活用の可能性が高い。スマートフォンは自動車、バイクに乗車中に頻繁にさまざまなセンサデータを取得することができる。そこで、スマートフォンを保持したドライバーがバイクや自転車によって路面状態を意識することなく収集する方法を提案する。またいくつかの場合において基礎実験を行い、提案したシステムによって路面の状態をある程度知ることにより、送信データ量を減らすために、必要な情報のみを抽出することができることを示す。

A Method of Gathering Road Surface Conditions by Bikes with Smartphones

Natsumi Takahashi^{†1} Seiji Matsuyama^{†1}
Hirohito Kakizawa^{†2} Ryoza Kiyohara^{†1}

Smartphones are popular telematics terminals having several sensors and wireless communication functions. Each smartphone frequently transmits a small amount of probe data. We think a lot of people do not use the telematics service because of costs. However, lots of people use bikes (motorbikes or bicycles). Moreover, if the cost of road management can be decreased, the road surface conditions are expected to be improved for these people. Then we propose a method of gathering road surface conditions by bikes with smartphones. Recently, a lot of people have smartphones.

1. はじめに

近年、渋滞や天気情報の提供、メールの送受信、盗難された際の追跡、緊急通報など様々なテレマティクスサービスが登場している。テレマティクスとは、GMのOnStar[1]、ホンダのインターナビ[2]、トヨタのG-BOOK[3]、日産自動車のカーウイングス[4]などに代表される移動体通信技術と情報処理技術を組み合わせたものである。これらのテレマティクスサービスは、図1に示すように多数の自動車に搭載されたテレマティクス端末

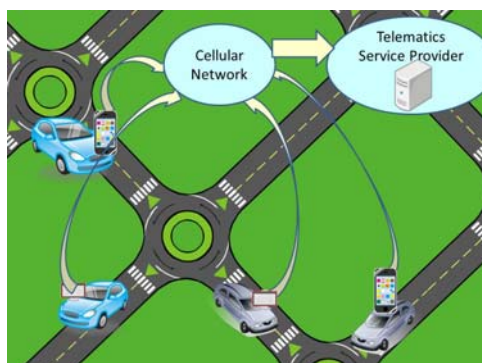


図1 テレマティクスサービス

やスマートフォンをセンサとして集めた走行情報を分析し、渋滞情報や路面凍結などの危険情報をユーザーに向けてリアルタイムに提供する。また、情報検索機能や周辺の役立つ情報検索機能などを提供しており、スマートフォンの登場とともに普及が進みつつある。

一方、近年の天候の不順や老朽化などで道路の維持管理のコストが増大すると考えられる。また道路が異常になってから修繕などを行うのではなく、事故防止の観点から異常な状態にならないような予防保全が要求されるようになってきた[5]。

そこで、テレマティクスサービスで収集するプローブデータから得られる路面情報を運転支援だけでなく、道路の維持・管理にも利用できるのではないかと考えた。しかし、四輪車ではわだちを走行するように、道路の一部のみを走行する場合が多く、路面の全体の状態を判断することが困難だと予想されるため、四輪車と比べ走行できる場所が多い二輪車を対象とすることを検討した。

また二輪車は世界的には普及率は四輪車と変わりなく[6]、自転車も含めると膨大な数である。一方、スマートフォンの普及もんでいる。スマートフォンにはセンサが付いているものが多く、利用できれば専用の機器を取り付けるよりもコストが抑えられる。しかし携帯通信網が整備されていない地域もあり、低速の場合や、常時情報を送信し続けるのが困難な場合がある。また、スマートフォンの契

^{†1} 神奈川工科大学 情報学部情報工学科
Dept. of Information Science, Kanagawa Institute of Technology.
^{†2} 神奈川工科大学大学院 工学研究科情報工学専攻
Graduate school of Engineering, Kanagawa Institute of Technology.

約では通信量の制限があることが多い。

そこで本論文では、道路維持管理のための路面状態の整理を行ったうえで基本実験を通じて、スマートフォンのみで路面の状態が分かるかを確認する。次に取得した情報を選別してスマートフォンに記憶しておき、通信状態が良い時にまとめて送信する方法を検討する。

以下 2 節では道路の維持管理に関して整理する。3 節で関連研究を整理し、4 節にて方式提案に関して述べる。5 節で基本実験とその結果を示し、6 節で評価、考察を行う。

2. 道路の維持管理

日本の道路法第 42 条第 1 項に「道路を常時良好な状態に保つように維持し、修繕し、もって一般交通に支障を及ぼさないように努めなければならない」と示されている。対象は橋やトンネルなども含み、路面の状態に応じた保全も含まれる。道路管理の目的には現存する道路の機能の維持もあり、そのために日常的に点検を行い、損傷箇所を発見すれば補修を行う。橋やトンネルなどそれぞれの点検業務の効率化が望まれるが、我々はまず最も身近に感じる道路表面の維持管理に着目した。道路表面の状態は、悪くなっても通行が可能であることが多く、橋やトンネルに比べて大規模な事故にはならないため、コストを最もかけたくないところだと考えるからである。

道路の維持管理のためには、例えば国が管理する国道では表 1 に示すような点検頻度基準がある。このコストは人件費が主になる。この頻度を下げても道路の維持管理の質が保証されるようなことができるのであれば維持管理の費用削減の効果が得られると考える。例えば、交通量の多い道路であれば 1 日 1 回の目視でもその直後に異常が発生するとすれば問題であるため、交通量の多い道路では 1 日 1 回の点検以上の点検効果を期待すべきである。また、交通量の少ない道路においては、道路が異常になっても交通量が少ないため大きな問題ではないかもしれないが、異常になってから発見されるまでの時間が長くなる傾向にあるため、この時間を短くしたいと考える。

3. 関連研究

二輪車の道路状態に関しては、自転車ユーザー向けにリアルタイムに道路の障害物情報を提供するシステムが提案されており [7]、固定障害物と移動障害物での回避方法

の違いや特徴などが述べられている。またスマートフォンでは速度や舵角の検出が難しいという報告がなされ、複数のセンサを取り付けた自転車を利用して解析結果を示している。この研究は現時点での障害物の有無などを調べているため、リアルタイムに近い状態で情報を収集、解析し、その結果をユーザーに提示する。そのため常に通信が可能である必要がある。

スマートフォンのみを使用した研究では、自転車走行時の路面情報を抽出する研究 [8] が発表されている。スマートフォンの加速度センサから収集した加速度信号を利用して、段差の分類や異常箇所検出の方法と、路面情報マップが作成されている。また、他の利用者との情報共有についても少し触れられている。特に段差を中心に調査がされており、段差の有無に関しては有用な手法であると考えられる。

しかしながらこれらの研究はまだ新しいものが多く、ピンポイントには有効に利用できるものの、通信の課題があることや、自転車だけでなくバイクも含めて考えたいため今回の手法を提案する。

4. 道路の管理対象

4.1 データの分類

スマートフォンから取得されるプローブデータを以下の 3 つに分類した。

- (1) リアルタイムデータ：交通渋滞や災害などに関するリアルタイムな観察に使用される。
- (2) 蓄積されるデータ：パーソナルログ、道路状態などについての平均した情報
- (3) 交通事故や盗難の際の緊急呼出

(1) は文献 [7] などテレマティクスサービスには必要な情報である。バイクでも渋滞が起ることを想定すると、将来的には視野に入れる必要がある。

路面状態の管理に着目する場合リアルタイム性は必要ないと考えるため、(2) の蓄積されるデータに着目した。

蓄積したプローブデータはリアルタイムにはデータを収集することを要求しない。従ってそのプローブデータはスマートフォンが無線 LAN やその他の通信制限に影響の無いアクセスポイントに繋がる時に伝達すればよい。

4.2 管理対象

路面の異常はひび割れ、ポットホール、段差、障害物など多様である。その中で優先して修復すべきなのは運転者が危険に感じるような異常であり、まずはそのような異常を検知したいと考えた。また運転者が感じるような状態はスマートフォンのセンサでも十分検知可能であると考えられる。

表 1 国道の点検頻度基準

対象道路	点検頻度
交通量 50,000/日以上	毎日
交通量 50,000/日未満 5,000/日以上	2 日に 1 回
交通量 5000/日以下	3 日に 1 回

4.3 提案手法

図2のように、ユーザーはスマートフォンで情報を収集する。大抵の今のスマートフォンはGPSや加速度センサを使用することができる。

ユーザーは無線LANなどが利用できる場所に着いたとき、スマートフォンが適切な情報を自動で送信する

しかし多量のセンサデータを蓄積し、そのまま送信するのでは、場合によっては無線LANの使えるエリアを通り過ぎてても送信し終わらない可能性がある。そこで、必要なデータのみ蓄積するようにフィルタリングする必要がある。

5. 実験

5.1 方法

スマートフォンと自転車を使用して実験を行った。対象とする道路として、図3はひび割れた道路、図4はポットホール、図5と図6は段差である。自転車やバイクでは、ポットホールは避けることが多いが、段差の場合は避けることは難しい。

胸と腰のポケットに加速度を検知するスマートフォンを入れ自転車を漕いだ。胸ポケットでは、加速度はユーザーと一緒に動く。すなわち、胸ポケットの中のスマートフォンから収集されたデータは正確に段差やポットホールを報告すると考える。しかし、ひび割れはこのデータでは発見するのは難しい。

腰のポケットでは、加速度はまた、漕ぐときのノイズを除き変わらない。我々は加速度の見た目から漕ぐときのノイズを区別できると考える。

次の状態で実験を行った。

- (1) スマートフォンの位置：胸ポケット、腰のポケット
- (2) 速度：遅く、速く
- (3) 路面：縦のひび割れ、網目状のひび割れ、ポットホール、上り段差、下り段差、状態の良い道路

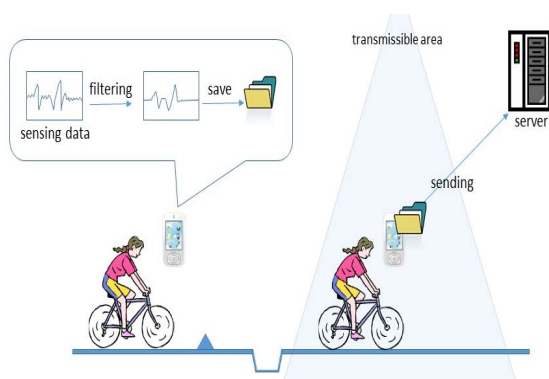


図2 提案手法のイメージ



図3 ひび割れの例



図4 ポットホールの例



図5 段差の例1



図6 段差の例2

図 7, 図 8, 図 9, 図 10 は縦のひび割れの結果を示している。グラフの縦軸は加速度を表しており, 単位は m/s^2 である。系列 1 は x 軸, 系列 2 は y 軸, 系列 3 は z 軸を表している。

図 11, 図 12 は良い状態の路面を示している。両方のグラフより, ひび割れの特徴を見つけるのは難しいと考える。腰のポケットに入れた場合の周期的なノイズはペダルを漕いだノイズということができる。

図 13, 図 14 はスマートフォンを胸のポケットに入れてポットホールの上を通過した結果を示している。この図から, 運転者が避けなければポットホールは簡単に見つけることができると分かった。

図 15, 図 16, 図 17, 図 18 は上り段差の結果を示している。図 19, 図 20, 図 21, 図 22 は下り段差の結果を示している。どの場合も, 加速度のピークを簡単に見つけることができる。

すなわち運転者がポットホールの上や段差のある場所を通った時, 路面状態を簡単に見つけることができる。

6. 考察

今回の実験では提案した手法が実現可能であるかを示した。この手法には以下のようないくつかの問題が残る。

- (1) 運転者はおそらく道路のポットホールや大きな段差を避ける。いくつかの自転車のセンシングに関連した研究がある。ある研究では, 衝突を検知および回避する方法を示している。同じ技術を使用すれば, 運転者の回避行動を分析することで, どこにポットホールや段差が位置しているかことができる。しかし, この動作より路面の問題の可能性のみ推測することができる。
- (2) 多くのバイクが走行している場所では, いくつかのスマートフォンだけをサーバーが選択してセンシングさせ, 余計なコストを避ける。

データの送信量は今後の課題である。状態の良くない道路は多数あり, 収集したデータをそのまま送信するのでは通信量が大きくなってしまふ。データ圧縮技術はこの問題を扱うのに適切であると考えている。

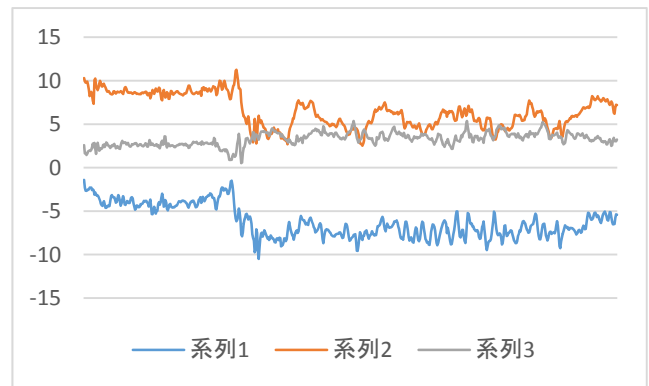


図 7 腰・遅い・ひび割れ

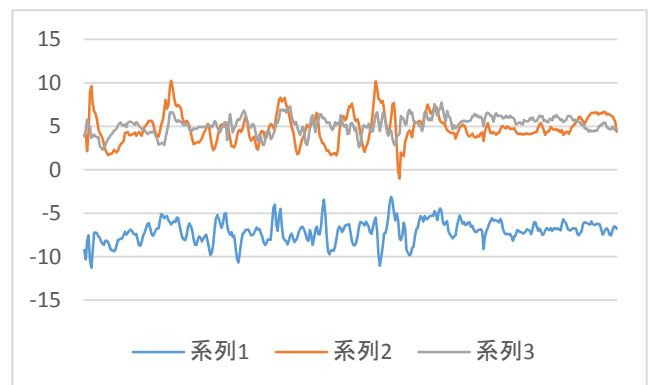


図 8 腰・速い・ひび割れ

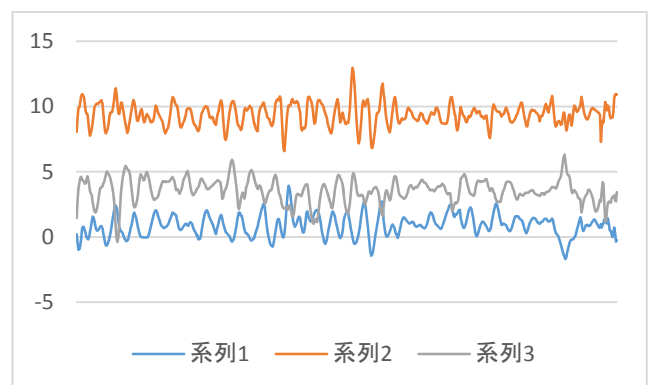


図 9 胸・遅い・ひび割れ

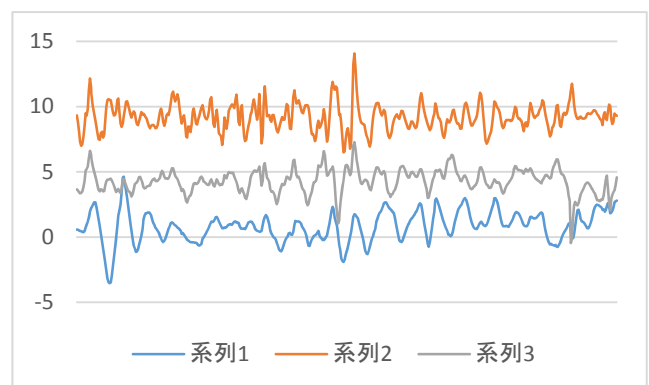


図 10 胸・速い・ひび割れ

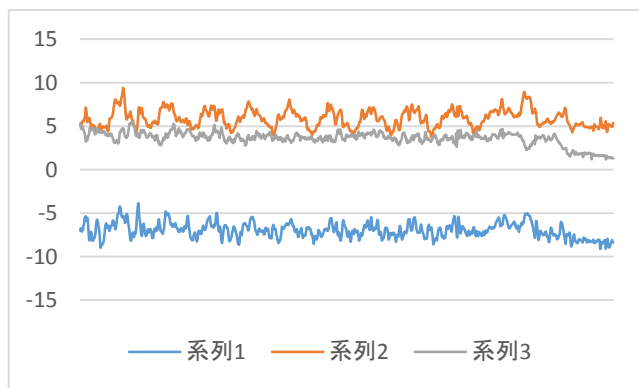


図 11 遅い・状態の良い道路

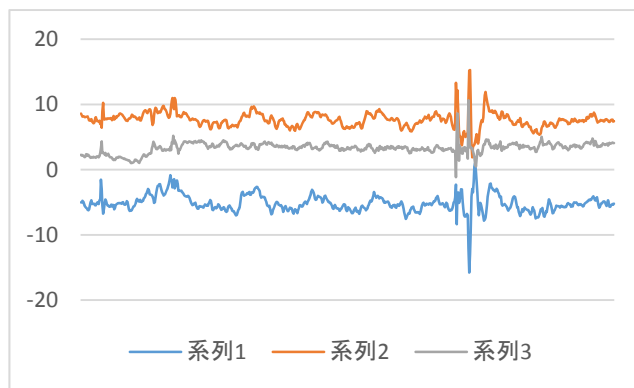


図 15 腰・遅い・上り段差

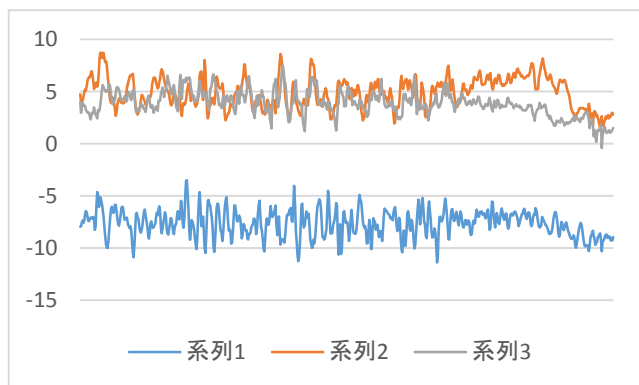


図 12 速い・状態の良い道路

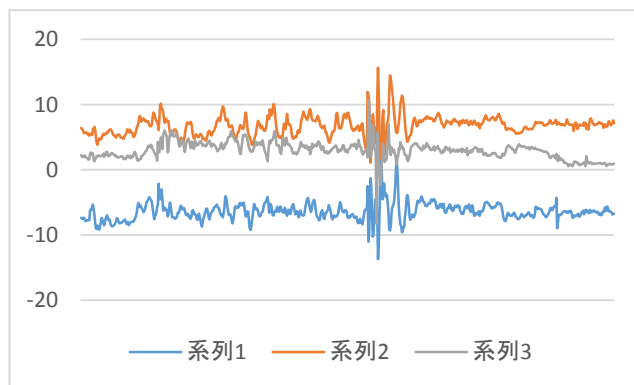


図 16 腰・速い・上り段差

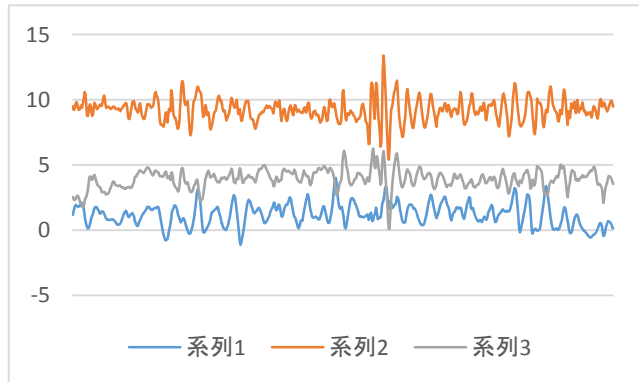


図 13 胸・遅い・ポットホール

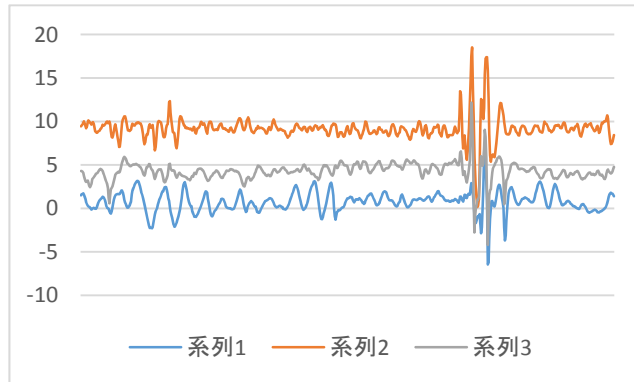


図 17 胸・遅い・上り段差

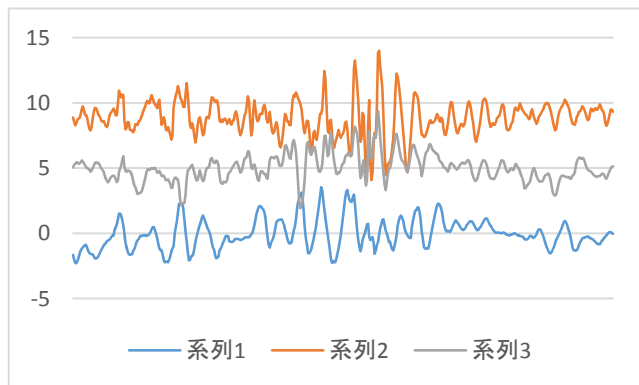


図 14 胸・速い・ポットホール

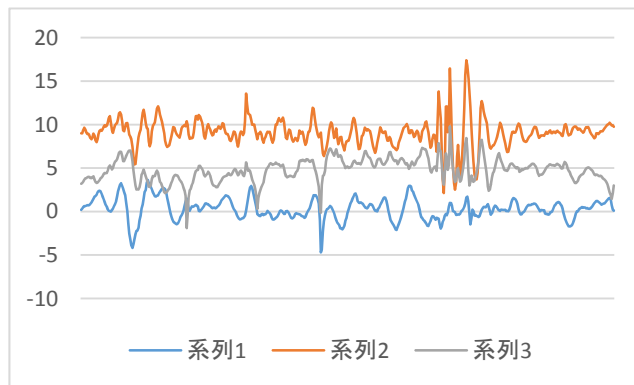


図 18 胸・速い・上り段差

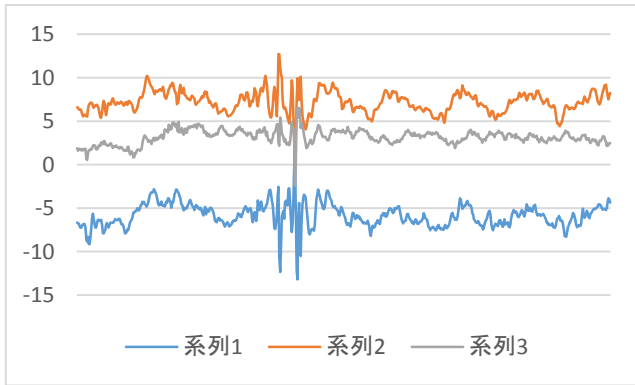


図 19 腰・遅い・下り段差

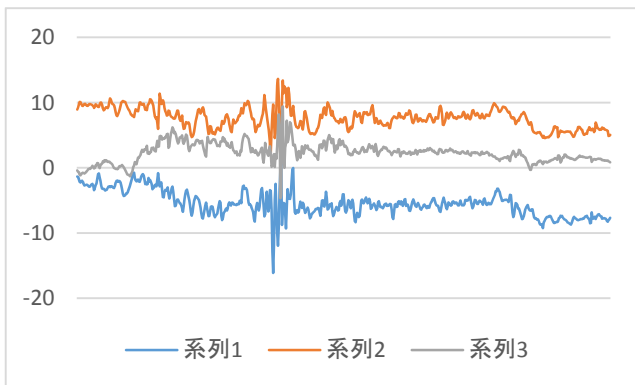


図 20 腰・速い・下り段差

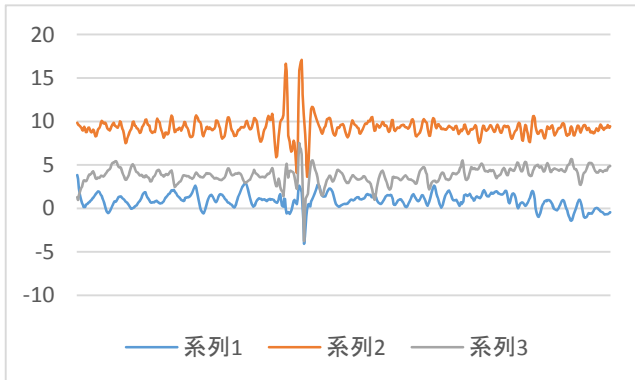


図 21 胸・遅い・下り段差

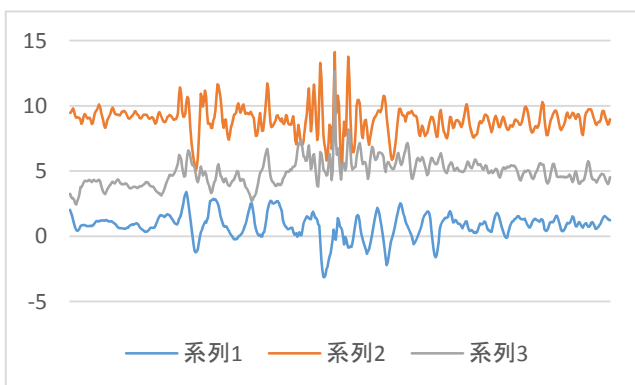


図 22 胸・速い・下り段差

7. おわりに

今回は自転車を利用した路面状態についての情報の収集に成功した。加速度の値は路面の特徴を示す。すなわち、管理する人の注目を必要とする場所を見つけることができる。

しかし、いくつかの問題が残り、さらなる議論と研究が必要である。今後の展開として、我々はより多くの情報を収集し、それを適用するための課題に取り組むことでさらにこの技術の可能性を研究していく。

8. 参考文献

- [1] OnStar, <http://www.onstar.com>
- [2] internavi, <http://www.honda.co.jp/internavi>
- [3] G-BOOK, <http://g-book.com>
- [4] CARWINGS,
<http://drive.nissan-carwings.com/WEB/index>
- [5] 小澤 隆, 道路維持管理の現状と課題
- [6] 日本自動車工業,
http://www.jama.or.jp/world/world/world_2.html
- [7] Shigeo Kaneda, Shohei Asada, Akira Yamamoto, Yuka Kawachi and Yusuke Tabata, "A Hazard Detection Method for Bicycles by using Probe Bicycle," The second International Conference on Consumer Devices and Systems, 2014
- [8] 小花 祐輔, 高橋 淳二, 宇佐美 格, 狐崎 直文, 戸辺 義人, Lopez Guillaume, "自転車走行時の路面情報抽出: 基本検討および実測定," 情報処理学会研究報告, 2014-MBL-71(16), (2014)