

スマートフォンを利用した路面性状評価システムの開発

東京大学大学院	正会員	○長山 智則
JIP テクノサイエンス	正会員	高橋 寛臣
JIP テクノサイエンス	正会員	狩野 正人
JIP テクノサイエンス	正会員	家入 正隆

1. 背景 東京大学橋梁研究室では、簡易で定量的かつ高精度に路面状態を診断・評価可能なモニタリングシステムとして、一般車両の鉛直加速度応答を利用した Vehicle Intelligent Monitoring System (以下 VIMS) を開発し、その実用化に向けた検討を続けている¹⁾。PC と MEMS 型加速度計、GPS に基づく極めて小型で安価なシステムである。しかし、車両応答のみを利用するため、ポットホールや段差、ジョイントなど多様な変状による応答を互いに判別することは容易でない。例えば、劣化の著しい舗装路面と橋梁ジョイント部が混在する場合、路面劣化箇所のみ抽出することは難しい。井上ら²⁾は車両振動応答の計測と同時に路面を動画撮影し、画像処理によりジョイント部を抽出することを提案している。しかしながら、撮影機材や、加速度計との同期計測装置が煩雑で高価となり、安価な VIMS との一体運用には至っていない。そこで、近年急速に普及が進むスマートフォンの動画撮影、振動計測、および GPS 機能を利用して画像と振動解析に基づく路面診断システムを構築する。

2. 計測システムの開発 スマートフォン上では様々なセンサが利用可能であるが、ここでは加速度、角速度、GPS 情報、動画、静止画を取得するアプリを開発した(図 1)。加速度と角速度のサンプリング周波数は 100Hz を指定している。静止画は GPS 情報以外とは同時収録できないが、その他の計測量は同時計測が可能である。計測量にはいずれも GPS 時計に基づいたタイムスタンプを付与している。リアルタイム性を持たない一般のスマートフォンでは他の計測機器と同期制御を行うことが一般に難しいが、GPS タイムスタンプを介することで、他システムと同期のとれたデータ取得を実現している。VIMS の MEMS 型加速度計データとも時刻を揃えて相互に比較できる。加速度、角速度の動的データは GPS タイムスタンプを利用してリサンプリングすれば、VIMS 加速度データと同期性をもつものとして扱える。取得したデータはスマートフォン上でデータ処理することも可能であるが、乗り心地評価などに利用する指標の算出に必要な計算量は少なくないので、データをサーバに同期し、必要であればサーバ上でデータ処理する仕組みとしている。なお、対象とするプラットフォームとしては apple 社の iPhone 4s である。

3. 振動応答の計測 高さ 5cm のハンプを設置し、時速 20km でハンプを乗り越える走行試験を行い、車両の応答を本アプリで計測した。計測車両はランドクルーザーであり、後輪車軸上の車内位置にスマートフォンを

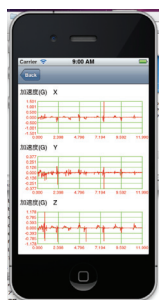


図 1 計測アプリ画面

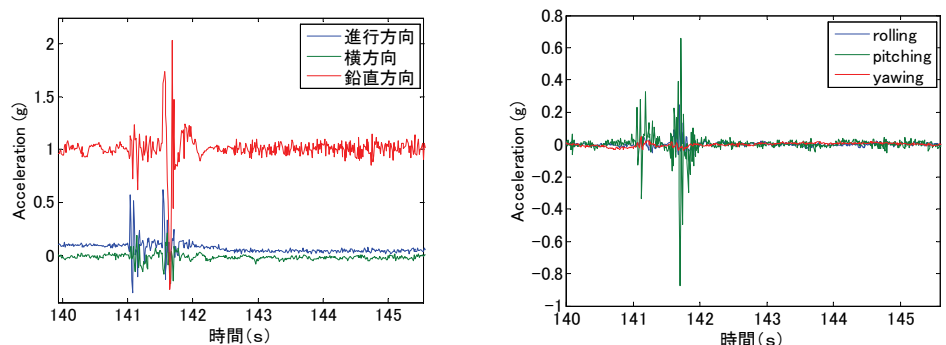


図 2 計測データの例 (加速度・角速度)

キーワード 路面性状, スマートフォン, GPS, 同期,

連絡先 〒133-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学工学部 1 号館 245 号室 TEL 03-5841-6144

設置して計測を行った。得られた加速度および角速度のデータを図 2 に示す。スマートフォンに搭載される MEMS 型センサは一般的に計測精度が低い。VIMS に用いている加速度計においては 0.1mg 以下の微小振動も計測されるが、本計測アプリでは微小振動は計測できていない。一方で、局所的な大振幅応答は捉えられている事がわかる。なお、実装上の問題により、当初の計測プログラムではサンプリングタイミングの誤差が大きい。図 2 に示すデータは当初のプログラムを利用したものであり、サンプリングタイミングの誤差が大きい。

4. 大振幅応答箇所の抽出 本計測アプリを実装したスマートフォンを車両のサンバイザー前面に挿入し、計測時の車両応答を計測すると共に、動画撮影を行った。計測車両はランドクルーザーである。スマートフォンの計測する振動はサンバイザーの振動であり、ボディの運動とは必ずしも一致しない。3 成分の角速度応答とその RMS 値を図 3 に示す。ピッチングの成分が最も大きい。角速度の RMS 値をみると局所的に振幅の大きな領域が 48 秒付近に見られる。同期して動画撮影したデータより、大振幅応答に相当する地点の画像を抽出すると図 4 のように横断歩道近辺に舗装継目と思われる箇所が確認できた。振動応答と画像を組み合わせることで変状の分類が可能である。画像処理は自動化していないが、加速度・角速度が大きい路面においては、同期撮影された動画から対象路面の画像を抽出し、井上らの方法²⁾を適用することにより、変状の種類毎に自動分類し応答を分析できると考えられる。ただし、路面の状態以外にも急加減速などの要因によっても車両応答が大きくなることがあるため、GPS の速度データなど同時に計測されているデータを組み合わせることで、変状の検知精度を向上させる事が必要である。スマートフォンの加速度・角速度応答データには微小振動は計測されないが、同車両に VIMS を設置し、両者を GPS 記録により同期して分析することで微小振動も含めて振動と画像解析を組み合わせた路面性状調査システムが実現できる。

5. まとめと今後の課題 スマートフォンを利用して加速度、角速度、GPS 情報、動画、静止画を簡易に計測できるアプリを開発し、VIMS と組み合わせて利用する路面性状調査システムの構築を行った。スマートフォンでは微小振動を精緻に計測することは困難であるが、局所的に大きな応答を動画データと対応付けて、多様な変状を分析することができる。また、GPS 時刻を介して VIMS と組み合わせることで、画像と精緻な車両振動応答計測を利用した路面性状を調査が可能であることを示した。ジョイント部が多数存在する都市内高速道路や、様々なポットホールがあり変状が多様な途上国の道路性状調査を簡単に実現するシステムとして期待される。

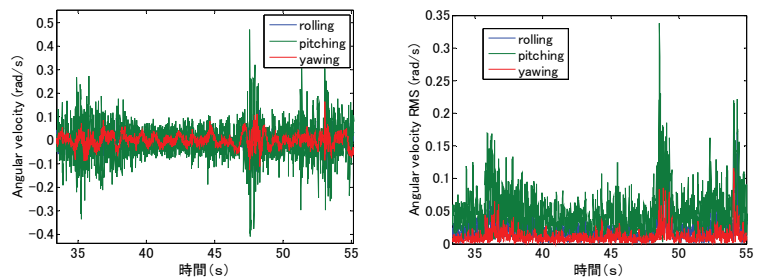


図 3 国道走行時の角速度応答



図 4 大振幅応答箇所の路面状況

【参考文献】1) 朝川皓之ら：一般車両の走行時動的応答を利用した舗装路面の簡易状態評価システムの開発，土木学会論文集，印刷中，2) 井上友ら：画像解析を用いた路面伸縮装置の位置同定アルゴリズムの構築