

車載力学センサを用いた路面状況のリアルタイム検出

西村颯太[†] 柴田義孝^{††} 櫻庭彬^{††} 田村俊博[‡] 佐藤剛至^{‡‡} 金天海[†]

岩手大学[†] 岩手県立大学^{††} ゴー フォーワード ジャパン[‡] 情報通信研究機構^{‡‡}

1 はじめに

日本の積雪寒冷地域における冬道でのスリップ事故は大きな割合を占めており [1], スリップ事故時の路面状態はシャーベット, 新雪, 圧雪, アイスパーンの大きく 4 つに分けることができる [2]. そのため, 冬道では走行しながら路面の状態を知ることができれば, 事故の軽減に繋がると考えられる. そのため, センサを用いた路面センシングが研究され, 周囲の車両を含めた安全走行への応用が期待されていることや, 既存車両に取り付けられるシステムが求められている.

これまで様々な車載センサを用いて路面の状態を判別する研究は行われている. しかし, これらのセンサから得られる路面状態の判別というのは定性的で, どのような路面状態の程度であるか定量的には分からない.

本研究では車載力学センサから得られる加速度の値を用いてリアルタイムに平坦率を検出する. この平坦率は, ある単位時間当たりに走行した距離の路面がどのくらい平坦であるかを示す定量的な値である. また, 例として凍結路でツルツルした凍結路とガタガタした凍結路では路面状況は異なるが, 走行中に平坦率を検出することで, どのくらいガタガタした凍結路か定量的に知ることができる. そのため, 高いリアルタイム性での平坦率検出処理のアルゴリズム構築と, 検出する平坦率の妥当性を検証した実験の報告をする.

2 自動車の上下バネモデル

自動車にはサスペンションが複数個付いているが, それを 1 つとして考えた時のバネより上の部分がバネ上

であり, 下の部分がばね下となる. ばね上の部分というのは車体のカーナビやダッシュボードといった部分に相当し, ここにセンサを設置する. バネ上に設置する利点としては, 設置が簡単であることや, 設置時のコストが低い点が挙げられ, 誰でもどの車両でも設置が可能である.

3 リアルタイム処理のアルゴリズム

図 1 に示す手順のように毎秒リアルタイム処理を行う. これらの処理に本研究では FUJITSU のノート PC を用いており, 処理に用いる 3 秒間分のデータ (150 データ) を約 0.1 秒の処理速度で実行することができる. また, CPU の性能によって処理速度に関係しており, Raspberry Pi 3 Model B+ で同様の処理を行った場合, ノート PC に比べて約 10 倍の処理速度であることが検証済みである.

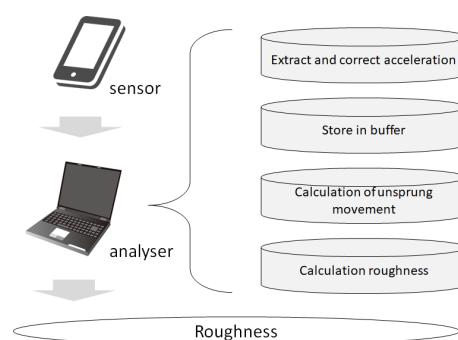


図 1: リアルタイム処理構成

Extract and correct acceleration

まずは車載力学センサから X, Y, Z 軸の加速度を抜き出す処理を行う. その後, センサ設置時の傾きを補正した垂直成分である Y 軸の加速度を算出する.

Store in buffer

次に加速度をバッファに格納する. この後の計算処理では移動平均を使うためデータ数がある程度必要に

Real time detection of rode conditions using in-vehicle force sensor

Hayata Nishimura[†], Yoshitaka Shibata^{††}, Akira Sakuraba^{††}, Toshihiro Tamura[‡], Goushi Sato^{‡‡}, Chyon Hae Kim[†]

[†]Iwate University

^{††}Iwate Prefectural University

[‡]Go Forward Japan

^{‡‡}National Institute of Information and Communications Technology

なる．そのため，このバッファには必要最小限のデータ数である 4 秒間分の加速度データを格納している．

Calculation of unsprung movement

この処理では，バネ下の上下変化量を算出するものであり，このばね下の上下変化量というのは路面の状況であると考えることができる．先程補正した Y 軸の加速度はバネ上の上下加速度であり，この上下加速度を二階積分すれば上下変化量になることより，バネ下の上下変化量を求める．ただし，重力や登坂上昇速度，計算上の丸め誤差等の影響で値が累積するため，ステップ毎に移動平均による補正をかけて積分を行う [3]．また，サスペンションの特性である共振周波数と減衰比の影響もここで除去する．

Calculation roughness

算出したバネ下の上下変化量を元に平坦率の計算を行う．計算式は以下の (1) で分散を取ることで平坦率を求めている． n は単位時間における全データの個数， x_i は任意のバネ下の上下変化量 [m] を表し， $\bar{x}$ は単位時間内のバネ下上下変化量の平均値 [m] である．

$$\text{平坦率} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (1)$$

また，平坦率の値から閾値により路面状況の変化を“停車時”，“舗装路走行時”，“荒れた路面走行時”の 3 つに分類する．

4 実験と考察

実験に用いた車載力学センサは Android 端末の BL02 でサンプリング周波数を 50[Hz] で計測を行い，走行路面は積雪の無い一般道路で舗装されている区間と舗装の損傷した区間を含むコースを走行した．走行速度は 50～60[km/h]，車種は Honda の N-WGN を使用した．実際にリアルタイムで毎秒検出した平坦率の波形が図 2 である．この波形から大まかな路面の変化の違いが分かると考えられる．

また，考察では図 2 の平坦率の波形に対してノイズ除去のためにフィルタ処理を行うことで，より変化の推移が分かると考える．まず，平坦率の波形に対して FFT 処理を行うことで最大周波数が出てくる．今回は 0[Hz] 付近の低周波にピークがきており，10[Hz] 付近まで滑らかに減少していた．また，ナイキスト周波数より 25[Hz] 以上はノイズと考えることができるため，有効な周波数帯として 0.01～10[Hz] を通すバンドパスフ

ルタを用いる．フィルタ処理後の波形を図 3 に示す．

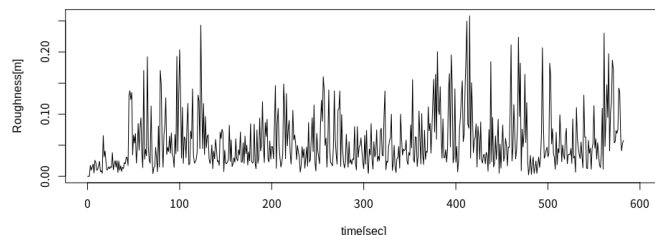


図 2：補正前の平坦率の波形

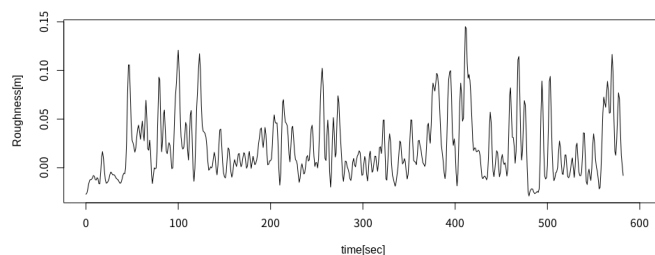


図 3：補正後の平坦率の波形

図 3 の波形を見ると 0.05[m] 以下の振幅が“停車中”で，0.05～0.10[m] の間が“舗装路走行時”，0.10[m] 以上が“荒れた路面走行時”に分類して考えることができる．また振幅の大きさに関しても実際の上下変化量で考えた時に妥当であると言える．

5 まとめ

本研究では，3 秒間分の 150 データを約 0.1 秒で処理し，毎秒平坦率を検出する十分にリアルタイム性の高いアルゴリズムを構築した．検出する平坦率の妥当性を検証した実験と考察では，実際に検出した平坦率の波形を元に，3 つの路面状況の変化を分類し，平坦率の妥当性を検証することができた．

参考文献

- [1] 東京海上日動：冬型事故の発生状況，2011 年 11 月～2013 年 3 月（北海道）
- [2] 新潟県警察本部交通部：スリップ事故時の路面状態，2016 年 11 月（新潟県）
- [3] 八木浩一：自動車のばね上観測加速度からの路面縦断プロファイルの推定とその精度検証，土木学会論文集，Vol.69，No.3，I.1-I.7，2013.