

複数のセンシング手法を組み合わせた路面異常検出手法の実現
Implementation of road surface anomalies detection method
combining several sensing methods

高橋 輝[†] 荒木 英夫[†]
Takahashi Hikari Araki Hideo

1. はじめに

近年、自動運転の需要が高まり、より高度に路面形状を検知する技術が必要とされている。また自動航行中の車が凹凸のある路面上を通過する際、快適性や安全性が損なわれる可能性がある。そこで、進行方向にある路面異常の位置や大きさを事前に予測することができれば、それに伴って回避や制御を容易に行うことができると考えた。そこで、本研究ではカメラや加速度センサなどを組み合わせた路面異常検出手法の実現を行う。

2. 既存技術と目的

阪神高速エリアでは、路面性状を測定する車両「ドクターパト[1]」(図1)を2017年から運用している。これは、ラインスキャンカメラやレーザー変位計などを用いて路面のひび割れやくぼみなどの損傷を検知し、路面性状の評価を行う。



図1 ドクターパトにおける検知の画像

しかし、ドクターパトはあくまで路面性状を検査し道路の劣化や異常の対策を、効率よく行うためのものであり、周囲の一般車などに対して危険を発信するようなシステムは搭載されていない。これでは、路面異常による事故など即時性が求められる場合、ただちに対処することができない。

そこで、本研究ではひび割れや陥没などの路面異常の高度な検知、さらに、その情報を集めリアルタイムに共有することによる、交通安全の推進と路面異常における早期発見の効率化を実現することを目的とする。

3. 研究概要

このようなシステムを実現するために RaspberryPi と Arduino を自動車に取り付け、走行中にひび割れなどの路面異常を加速度センサやマイク、カメラによる画像処理などを用いた検出手法の研究と評価を行う。さらに、

得た路面異常の情報をサーバに蓄積し、接近する他の車両や人に警告を促すシステムの実現までが主な内容である。図2にシステムの概要を示す。

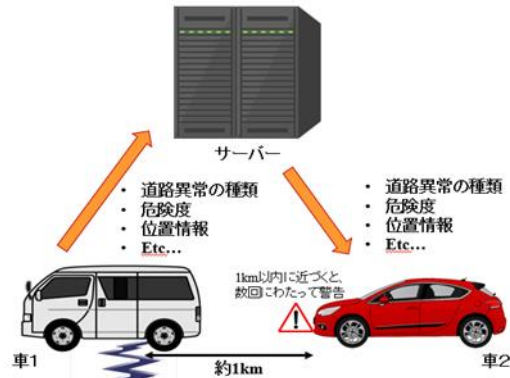


図2 システムの概要

4. センサごとの異常検知の手法と評価

4.1 加速度センサによる路面異常検知と評価

加速度センサでの検出方法は、実際に路面異常の上を走行した際に生じる傾きなどの特性から検出する。姿勢角の算出に伴う積分級数によって角度に誤差が生じるが、カルマンフィルタを用いて抑えている。

加速度センサの利点として、画像処理では難しい路面形状の取得が可能である。欠点としては、凹凸のあるマンホールや補充跡などと路面異常との区別が困難であることがあげられる。

現在は動作試験の段階が終わりデータ取得を行っている。

4.2 マイクによる路面異常検知と評価

マイクを用いた検出では、路面とタイヤの摩擦から生じる音、つまりロードノイズを用いて周波数解析を行う。その周期的特徴や音の大きさなどから検知する。

マイクの利点として、正確な周波数特性を取得することができれば路面の劣化具合などが検出可能である。欠点としては、加速度センサと同じく音の変化があるマンホールや補充跡などと路面異常との区別が困難であることがあげられる。さらに、タイヤ、空気圧、ボディの材質などによっても音が変わる可能性があるため、自動車ごとに調整を行う必要がある。

現状は、実際にロードノイズを録音し、周波数解析を行っている。録音したロードノイズの種類は3種類あり、ひび割れ、タイル、通常の舗装路である。これらを周波数と振幅スペクトルに分けてエクセルデータに数値として出力した。これを図3に示す。なお、縦軸が振幅スペクトル、横軸が周波数である。

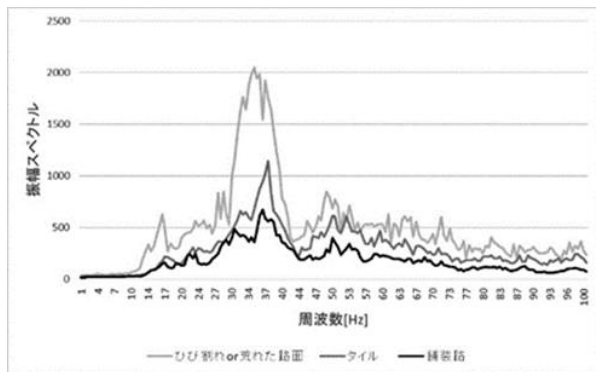


図3 3種類のデータの振幅スペクトル

図を見るとわかる通り、ロードノイズは周波数100Hz以下の範囲で大きさ500前後の振幅が多く見られ、特に35Hz付近では大きな振幅を得られた。これは3種類すべてのデータにおいて言える特徴ではあるが、ひび割れでは大きさ約2000、タイルでは大きさ約1000といった、大きさの違いを得られた。

今後、音の大きさ以外の周波数特性を調査し検知に生かすことを目標として研究を進める。

4.3 カメラによる路面異常検知と評価

画像処理の検知手法にはOpenCV[2]というオープンソースライブラリを使用しており、その中のCascade分類器における機械学習を用いて検出している。

カメラの利点として、画像処理で検出するため路面異常やマンホールなどの区別が可能である。欠点としては、画像のみで判断するため路面形状などが取得できない。

現状は、発見した学内や付近の道路のひび割れ12個は全て検出可能であったが、影や溝などの道路の輝度が極端に変わる場合などで誤検知が見られた。以下に検出の成功例を図4に示し、失敗例を図5に示す。なお、以下の図の①は車両前方のカメラ画像、②は①の黒枠で囲われた路面部分を上から見下ろした画像に変換（透視変換）した画像である。③は②を路面の平均輝度をしきい値とし、二値化した画像、④は②および③の画像のどの位置にひび割れを検知できたかを示した文字である。検出は②中のブロック単位で分類器にかけて処理している。

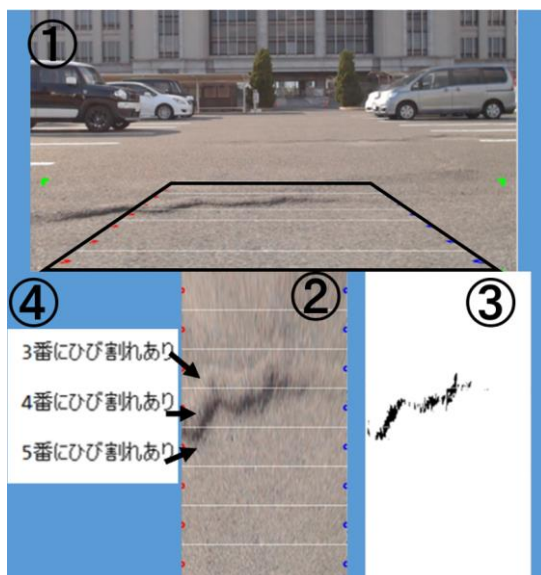


図4 画像処理検出の成功例

図4は、②中のブロックの上から3～5番目にひび割れが映っており、それを正常に検出出来ている。対して図5では、車の影をひび割れと誤検知している。

上記のような誤検知は、学習に用いるサンプルが少ないことが原因であると考えられる。なぜなら、ある程度の精度を求めるにはOpenCVの説明書の記載によると画像のサンプルが3,000～10,000枚集めることが一般的であるとされている。しかし、現時点で200枚程度しか集められていない。他にも、実際の検知には白黒の画像に変換したものを用いているが、現在の学習方法は画像の明度差で学習しているため2値化を行った後の画像では検出に適していない可能性がある為、検知手法の再検討も課題である。

5. おわりに

今後は、4節で述べたセンサごとの考察および課題の解決を目指す。さらに、センサを組み合わせた実験を行い、さらに実験を繰り返すことで、その有用性や検出精度などを調査する予定である。

さらに情報共有システムの構築し、システムの実現を目指す。

参考文献

- [1] 井手迫瑞樹, “阪神高速技術の新技术・新材料”, 道路構造物ジャーナル, HOME>現場を巡る一覧>阪神高速技術の新技术・新材料 URL, <https://www.kozobutsu-hozen-journal.net/walks/detail.php?id=173&page=1> (2018年4月18日).
- [2] OpenCV, (Open Source Computer Vision Library) とはインテルが開発・公開したオープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリ “OpenCV 公式ホームページ” URL, <https://opencv.org/>

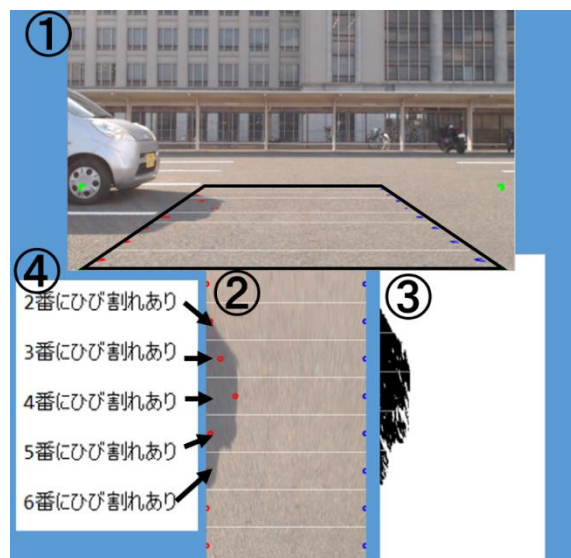


図5 画像処理検出の失敗例