

One class SVM による道路振動データを用いた路面のひび割れ検知

高梨昌樹[†] 石井良尚[†] 佐藤守一[†] 佐野範佳[†] 三田勝史[†](株) 豊田中央研究所[†]

1. はじめに

近年、道路や橋などの社会インフラの修理・改築が大きな課題となっており、維持・管理にかかるコストを減らす工夫が求められている。

道路舗装の健全性評価において、従来手法として、FWD(Falling Weight Deflectometer)[1]が挙げられる。これは路面に対して錘を落とし、その時に発生したたわみ量から道路の健全性を評価する方法であるが、測定ごとに車両を停止させる必要があり、計測時間を要する問題がある。これに対して、走行しながらたわみを計測する手法として RWD(Rolling Weight Deflectometer)[2] や MWD(Moving Weight Deflectometer)[3]が提案されているが、このような測定車を用いた検査であっても、台数に限りがあるため、常時データを取得して異常を検知することは困難である。そこで、我々は道路に振動センサを設置し、車両が走行したときの振動を用いることで、道路の異常を検知することを目指している。

今回、道路の異常として、舗装表面のひび割れに着目し、測定によってひび割れの有無による車両走行時の道路振動の違いを明らかにし、機械学習の一つである One class SVM を用いて、自動的にひび割れを検知する方法を検討した。

2. 道路振動の測定系

本章では加速度センサを用いた道路振動測定系について述べる。図 1 に道路振動測定系を示す。道路脇に 3 つのアナログ加速度センサを設置し、車両は設置したセンサの脇を直進して走行する。そのときの鉛直方向の加速度をデータロガーにより時間同期させてサンプリングした。



図 1 本実験における測定系

Road crack detection with road vibration data using one class SVM

[†]Masaki Takanashi[†]Toyota Central R&D Labs., Inc.

480-1192, Aichi, Japan

m-takanashi@mosk.tytlabs.co.jp

3. 道路振動特性

本章では道路振動の特性について述べる。測定は図 1 に示すようなセンサ2の近傍にひびが存在する道路(道路1)およびセンサ2の近傍にひびが存在しない道路(道路2)の2か所で測定を行った。

まず、道路1における道路振動の時間特性を図 2 に示す。結果より、センサ2において2つの大きな振幅が得られていることが分かった。これは車両のタイヤがひびを乗り越え、それに伴って発生した振動によるものと考えられる。また、センサ3ではセンサ2に比べて振幅は小さいものの車の前輪・後輪が通過したときに発生したものであると思われる2つの振動成分が観測された。センサ1ではわずかに車による振動と思われる成分が観測されていることが分かった。図 3 に 1.45[s]付近を中心として 0.4096[s] の時間幅の FFT を適用したときの各センサでの振動の周波数特性を示す。結果からひびの影響を受けるセンサ2においては、200[Hz]において大きな振幅成分を有することが分かった。センサ3においては、微小な振動が含まれており、振動成分が 1[kHz] までの広範囲に広がっており、振動成分が存在しないセンサ1に比べて 15[dB] 程度大きい振幅成分が存在することが分かった。

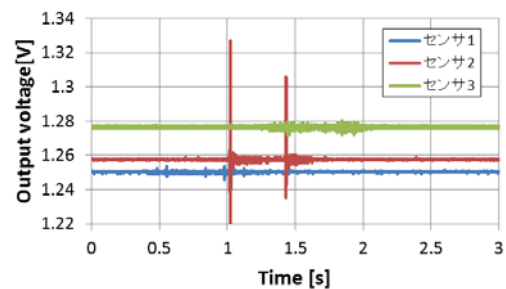


図 2 道路1における振動の時間特性

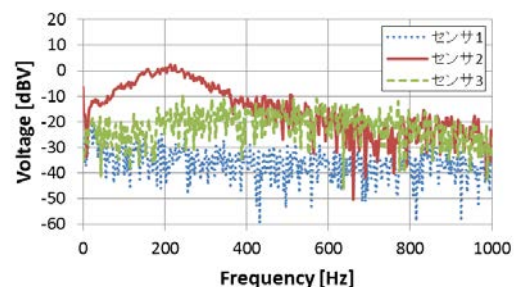


図 3 道路1における振動の周波数特性

次に、道路 2 における振動特性について述べる。図 4 に振動の時間特性を示す。結果より、各センサにおいて 2 つの振動が観測された。図 5 に 1.5[s] を中心として 0.4096[s] の時間幅の FFT を適用したときの各センサでの振動の周波数特性を示す。微小な振動が含まれるセンサ 2 および 3 の振幅成分は道路 1 と同様に、広域に振動成分が発生し、振動成分の含まれないセンサ 1 に比べて 10[dB] 程度大きい振幅成分が存在することが分かった。これらの結果からひびの有無により振動特性が大きく異なることが分かった。

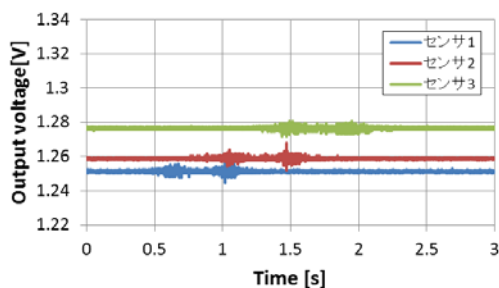


図 4 道路 2 における振動の時間特性

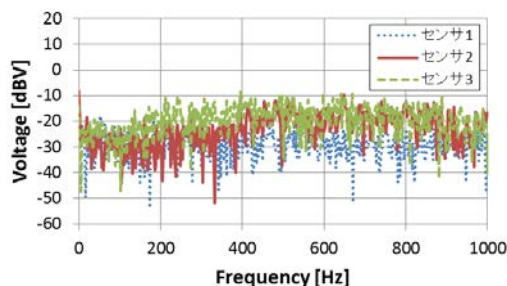


図 5 道路 2 における振動の周波数特性

4. One class SVM による道路のひび検知

前章において、道路のひびの有無によって振動特性が異なることを明らかにした。このような結果から道路の振動を利用することで道路のひびの有無を検知することが期待できる。そこで、このようなひびを機械的に見つける方法として、我々は One class SVM に着目した。次に One class SVM による道路の異常検知の流れについて述べる。

道路はその特性上、新設した時点で異常はなく、さらに、急激に劣化はしないと考えることができる。そこで、測定を開始した時点からある時点まで（例えば、数か月）は、道路の異常は発生しないものと仮定して、このときに得られた振動を全て正常と見なす。ただし、このような正常期間であっても、特異な状況により異常状態がまぎれることが想定されるため、One class SVM を用いて、このような異常を取り除いて正常状態を推定する。その後の検知期間に

において、得られた振動波形がこの学習した正常範囲外に含まれるかを判断することで、道路の異常を判定する。このような One class SVM を用いた道路の異常検知の性能を評価するため、実験により得られた振動を用いて、ひびの有無の検出成功率の評価を行った。

本評価では、3 章で示した 2 つの道路の測定データを用いて、センサ 1 および 3 の振動波形を正常状態において得られたものと見なして学習に用い、センサ 2 において得られた振動が道路のひびがある場合に測定されたものか、ひびがない場合に測定されたものかの分別を試みた。

本測定はそれぞれの場合について 32 回ずつ走行させ、各センサにおいてサンプリング周波数 2[kHz] で 8000 点のデータを取得した。異常判定では各データセットの 8000 点の波形から 20 点ずつ抜き出した要素をベクトルとして One class SVM への入力とし、各データセットにおいて一度でも、異常と検出されたものをひびありと判定する。

表 1 に Outlier の値を変化させたときの道路のひびの有無の正答率を示す。Outlier とは道路の正常状態において適用する One class SVM でデータに含まれる異常の割合の想定値である。結果から Outlier が 0.1% のとき、最も優れた正答率となることが分かった。このことから正常状態の学習において、適切に正常範囲を決める必要があることが分かった。

表 1 道路のひびの有無の正答率

Outlier(%)	1	0.1	0.01	0.001
正答率(%)	75.00	89.06	76.56	68.75

5. まとめ

本報告書では車両を走行させた場合に、道路に設置した加速度センサで得られる振動波形は路面のひびの有無によって異なることを示し、One class SVM により高い精度で検知が可能であることを示した。今後は異なる車両が混在する場合の評価を行う。

参考文献

- [1] 一般社団法人日本道路建設業協会, “FWD(舗装構造評価装置)”, <http://www.dohkenkyo.net/pavement/kikai/fwd.html>, 最終アクセス日 2018/11/14.
- [2] C. A. Beckemeyer, “Integrating the Rolling Wheel Deflectometer (RWD) into Pavement Management to Support and Effective Pavement Preservation Program”, National Pavement Preservation Conference 2016 (NPPC16), Oct. 2016.
- [3] 竹内他, “舗装路面の動的たわみ計測装置の開発と健全度評価”, 道路政策の質の向上に資する技術開発資料成果レポート No. 24-9, Jul. 2015.