

振動計測による橋梁模型桁の損傷同定を目的とした SVM の適用

山口大学大学院 学生会員 ○工藤靖之
山口大学大学院 正会員 三村陽一

(株) 構造計画研究所 正会員 矢部明人
山口大学大学院 フェロー会員 宮本文穂

1. はじめに

近年、橋梁の老朽化が進み適切な維持管理が必要と
なっている。維持管理手法のひとつとして構造物
ヘルスマニタリングシステム(SHM)が注目されている。
SHM とは、構造物を常時監視(モニタリング)すること
で構造物の状態を把握するシステムである。SHM の研
究は各研究機関などにより進んできており、損傷が構
造物の振動特性に与える影響について明らかになって
きている¹⁾。

そこで、本研究では SHM を構築するに当たり、損
傷同定法の検討を行った。まず、損傷同定に使用する
情報として、橋梁に発生した損傷によって変化する固
有振動数のみの情報を用いることを考えた。複数の固
有振動数を併用することで、構造物の挙動に関する情
報が得られると思われる。また情報の識別には、最近
注目されているサポートベクターマシン(SVM)という
パターン認識手法を適用することにした。固有振動数
と SVM を用いることで損傷同定が可能であるか検討
を行った。

2. 模型桁による実験

今回モニタリングの対象としたのは橋梁の構造を
簡略化させた橋梁模型桁である。部材を組み替えるこ
とで任意の箇所損傷と見立てた剛性低下を発生させ
ることができる。この模型桁の各所にセンサを設置し、
データを計測する。データの計測は、各打撃部につき
10 回の計測を行う。図 1 に模型桁のモデル図およびセ
ンサ設置位置を示す。

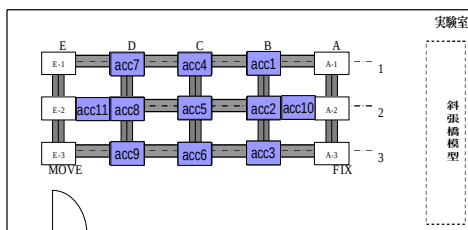


図 1 模型桁のモデル図

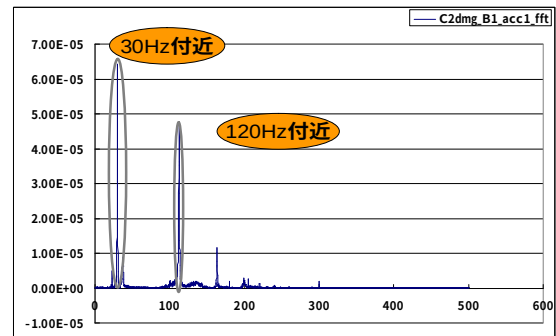


図 2 FFT データ

3. SVM による識別

サポートベクターマシン(SVM)とは 2 値分類問題を
解くために考案された学習アルゴリズムであり、基本
的には線形の識別器である。カーネル関数を導入する
ことで非線形問題に対しても適用できるようになる。
また、SVM で多クラスの識別を行うには複数の識別器
を作成するなどの工夫が必要である。図 3 に識別平面
による線形識別の例を示す。

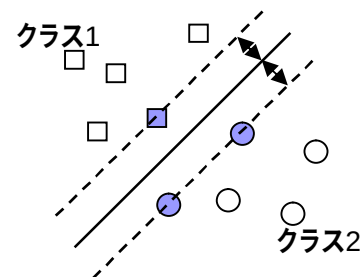


図 3 識別平面による線形識別の例

3.1 識別するデータ

今回識別するクラスは C2, C3, D2, D3, および
No の 5 クラスである。この 5 つのクラスは、模型桁
の損傷箇所を表している。また、No は無損傷を表して
いる。まずは SVM によるクラスの分類が可能か検証
を行うために、各打撃の 1 回目の計測データを訓練デ
ータとして用い、識別器を作成した。

3.2 識別器の作成

1 つのセンサのデータを訓練データとして用い、他
のセンサのデータを正しく識別できれば設置するセン
サ数を減らせることができると思われる。そこで今回
は上記で行った識別のほかに、acc1, 5, 8 の 3 箇所の

データをそれぞれ訓練データとして用いることで識別を行った。作成された識別器の1例を図4に示す。

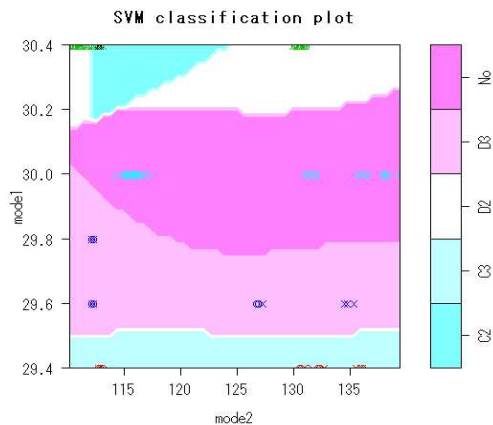


図4 識別器の例

3.3 識別結果

実際に行った SVM による識別結果の1つを表1, 今回識別を行った結果の比較を表2と図5に示す。表1から、D2の識別が他と比べて低いことが分かる。本来D2のデータをC2のデータであると識別してしまっていることが原因である。また、表2より、どの訓練データを利用した場合でもD2の識別率が低いことが分かる。これは図2を見ると、C2とD2損傷時のデータが近接しているため、識別が難しくなっているものと思われる。しかしながら、図5より全体を平均した場合の識別率は80%を超えており、高精度な識別がなされていると考えられる。損傷箇所の組み合わせや訓練データの選択によっては、識別が困難な場合もあるが、SVMを用いることで損傷時と無損傷時の分類が可能であることを示せた。また、今回は5クラスのデータを一度に識別したのにもかかわらず、個別の損傷箇所の識別もD2損傷時以外のクラスは80%を超える識別率が得られた。

表1 計測1回目のデータで識別器を作成

	C2	C3	D2	D3	No	識別率
C2	891	0	0	0	0	100
C3	0	880	0	11	0	98.77
D2	181	0	710	0	0	79.69
D3	0	0	0	887	4	99.55
No	0	0	0	0	396	100
全体						95.05

表2 識別結果の比較

	計測1回目	acc1	acc5	acc8
C2	100	100	100	100
C3	98.77	98.89	89.70	89.39
D2	79.69	39.60	83.13	77.58
D3	99.55	100	92.12	92.12
No	100	100	100	100
全体	95.05	86.16	92.11	90.8

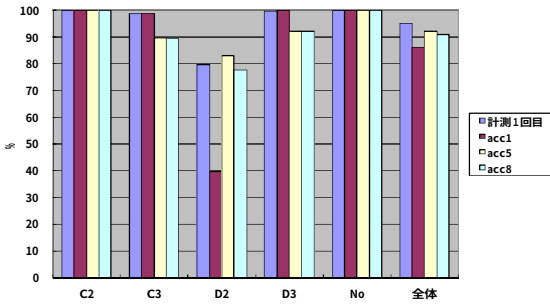


図5 識別結果の比較

4. まとめ

本研究では、橋梁模型桁を対象とした損傷同定に関する考察を行った。固有振動数にSVMを用いることで、健全時と損傷時の分類できることを示した。これにより、SVMは損傷同定手法として期待し得る手法であると考えられる。

以下に本研究の成果と今後の課題について述べる。
研究成果：

- ① 目的どおり、振動データを利用して損傷同定が行える可能性を示すことができた。
- ② 固有振動数と損傷箇所のデータが定量化されていれば損傷箇所の識別が可能といえる。

今後の課題：

- ① 既存橋梁には損傷箇所と固有振動数の関係についてSVMに入力するための定量化されたデータはまだ存在しないため、実橋におけるデータの収集方法の検討が必要。

参考文献

1) 奥松俊博・岡林隆敏・Jawaid Bashir Ahmad・田代大樹・出口浩二：移動体通信における樺島大橋の振動特性遠隔モニタリング，長崎大学工学部研究報告 第36巻 第67号 平成18年7月