

サポートベクトルマシンを用いたひびわれ画像の分類に関する研究

関西大学大学院 総合情報学研究科 学生会員 ○楠瀬 芳之

関西大学 総合情報学部 正 会 員 広兼 道幸

関西大学 総合情報学部 正 会 員 古田 均

1. はじめに

近年は、橋梁や道路等に代表される社会資本の整備が充実し、現状ではこれら既設の土木構造物の維持管理をいかに効率的かつ確実にを行うかが新しい課題となってきた。しかし、これまでの構造物の維持管理における健全性の評価は、経験豊富な専門家の直感や工学的判断に頼らざるを得ない状況にある。既設の構造物の老朽化や災害などによるダメージによって、維持補修の必要性が高まる一方、専門家の数は不足しているのが現状である。

本研究は、このような現状を踏まえ、橋梁の床版におけるひびわれを対象に、特徴抽出と分類方法を提案し、効率的な維持管理方法の開発を目的とする。橋梁の床版を撮影したデジタル画像に対して、ひびわれを線パターンとして抽出し、文字認識などの分野で利用されている周辺分布ヒストグラム、特徴点の出現度数による特徴抽出を行う。最後に、最も高い汎化性能を持つパターン認識手法の1つとして知られるサポートベクトルマシン (Support Vector Machine, SVM) を用いて、床版の損傷度に基づくひびわれ画像の分類を行い、その有効性を検証する。

2. 画像処理によるひびわれの検出

デジタル画像からのひびわれの検出を図1の手順で行う。床版を撮影した画像に対し座標変換を行い、ひびわれ領域を含む床版部分を矩形として抽出する。画像中におけるひびわれ領域の面積は小さく、照明むらにより明るさが一様でないので、画像をブロックに分割し、ブロック単位に判別分析法を適用して2値化処理のしきい値を設定する。さらに、個々のブロックをいくつかの小領域に分割し、ひびわれを含む小領域に対して、ブロック単位に設定されたしきい値による2値化処理を行う。この2値画像に対してカウントフィルタ、4-連結細線化処理および、近接する特徴点間の距離に基づく修正を行った画像をひびわれパターンとして特徴抽出に用いる。ただし、本研究に使用する床版の画像は、観測時においてホワイトチョークによるひびわれ領域のトレースが行われたものである。

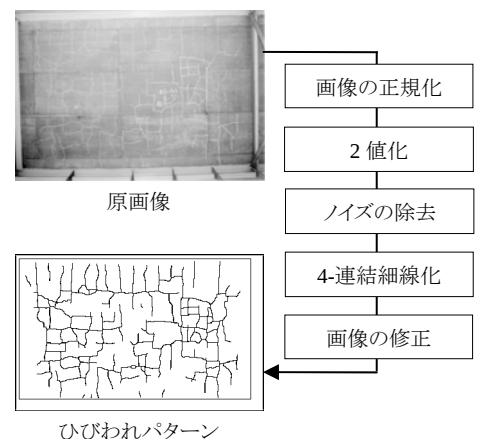


図1 画像処理によるひびわれの抽出

3. 特徴の抽出

本研究では、ひびわれの連続性、ひびわれの集中性、ひびわれの方向 (1方向性, 2方向性の種別), 亀甲状ひびわれ, または線状ひびわれの種別, の4つの基準に基づいて特徴抽出を行う。

細線で表現されたひびわれパターンは、文字パターンと同様に方向を持った線素の集合によって構成されていると考えることができ、周辺分布ヒストグラムによる特徴抽出は有効であると考えられる。周辺分布特徴はパターンの位置情報、量的情報を反映しているもので、ひびわれの連続性、およびひびわれの集中性を表現する特徴量として分類に利用することができる。図2に示すように、ひびわれパターンから水平方向、垂直方向の直交軸上へ射影したヒストグラムを、特徴ベクトルの次元数に応じて量子化し特徴量として用いる。

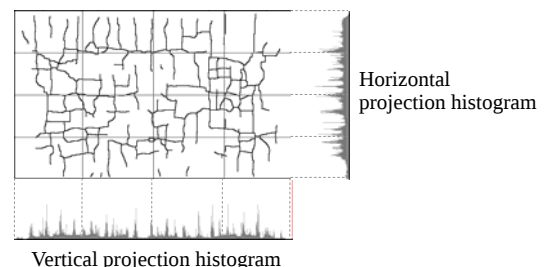


図2 周辺分布ヒストグラム

キーワード ひびわれ, 健全性評価, 橋梁管理, パターン認識, サポートベクトルマシン, 画像処理

連絡先 〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1 関西大学総合情報学部 TEL072-690-2402 FAX072-690-2402

次に、図3に示すように特徴点の出現度数による特徴抽出を行う。ひびわれパターンから交差点、分岐点、端点、および曲率が一定値以上である点を折点として抽出する。特徴点はひびわれパターンの形状情報を反映しているので、ひびわれの方向(1方向性, 2方向性の種別), 亀甲状ひびわれ, または線状ひびわれの種別を表現する特徴量として分類に利用することができる。特徴ベクトルの次元数に応じて、ひびわれパターンを複数のブロックに分割し、個々のブロック内における4種類の特徴点の出現度数を特徴量として用いる。

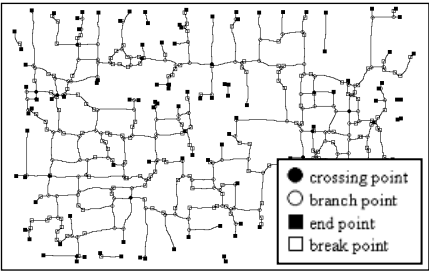


図 3 特徴点の抽出

4. サポートベクトルマシンによる学習と分類

本研究では、橋梁の床版を撮影したデジタル画像から、床版部分にひびわれによる損傷のみを含む47枚を対象とし、前節の手順で抽出をした特徴量を用いてサポートベクトルマシンによる分類を行う。ここでは、サポートベクトルマシンをマージン最大化による線形識別器として用いる。学習段階においては、それぞれの画像に対して専門家が行った3段階の床版損傷度による評価を教師信号として用い、テストにおける識別精度の評価はLOO (Leave One Out)で行う。また、サポートベクトルマシンの識別性能を評価するために、同様の手順で学習ベクトル量子化による分類を行い、識別精度の比較を行う。表1および表2は、周辺分布ヒストグラムの特徴量による分類結果である。テスト全体での最大識別率は80.9%となり、ひびわれの分類において周辺分布ヒストグラムによる特徴量が有効であると言える。しかし、学習ベクトル量子化(Learning Vector Quantization, LVQ)による識別精度と比較して、サポートベクトルマシンの優位性は確認できなかった。また、表3および表4は、特徴点の出現度数の特徴量による分類結果である。テスト全体での最大識別率はサポートベクトルマシンによる次元数16の識別精度83.0%となり、ひびわれの分類において周辺分布ヒストグラムによる特徴量が有効であると言える。また、特徴点の出現度数を特徴量として用いた場合の識別精度では、学習ベクトル量子化による識別精度と比較して、サポートベクトルマシンの優位性を確認することができた。

表 1 SVM 識別結果 (周辺分布)

次元数	識別精度 (%)			
	A (10)	B (13)	C (24)	TOTAL
4	50	69.2	91.7	76.6
8	60	69.2	91.7	78.7
16	60	61.5	91.7	76.6
32	70	69.2	91.7	80.9

表 2 LVQ 識別結果 (周辺分布)

次元数	識別精度 (%)			
	A (10)	B (13)	C (24)	TOTAL
4	50	46.2	87.5	68.1
8	80	61.5	91.7	80.9
16	80	61.5	91.7	80.9
32	70	61.5	91.7	78.7

表 3 SVM 識別結果 (特徴点)

次元数	識別精度 (%)			
	A (10)	B (13)	C (24)	TOTAL
4	50	84.6	91.7	80.9
8	60	76.9	91.7	80.9
16	60	84.6	91.7	83.0
32	50	84.6	91.7	80.9

表 4 LVQ 識別結果 (特徴点)

次元数	識別精度 (%)			
	A (10)	B (13)	C (24)	TOTAL
4	60	76.9	91.7	80.9
8	60	61.5	91.7	76.6
16	60	61.5	91.7	76.6
32	60	61.5	91.7	76.6

5. おわりに

本研究では、橋梁の床版におけるひびわれを対象に、線パターンとして形状を抽出し、周辺分布ヒストグラム、および特徴点の出現度数による特徴量を用いて損傷度に基づくひびわれの分類を行い、その有効性の検証を行った。分類の手法としてサポートベクトルマシンを適用し、分類結果についてそれぞれの手法の比較を行った。その結果、それぞれの特徴量において80%を超える高い識別率が得られ、提案した特徴抽出手法が有効であることを確認できた。また、サポートベクトルマシンと学習ベクトル量子化のそれぞれの手法における分類結果を比較した結果、サポートベクトルマシンを用いた場合に、より良い結果を得ることができた。今後の課題として、ひびわれ以外の要素も考慮した総合的な床版の診断方法を検討することが必要である。

参考文献

- ・ 楠瀬芳之・広兼道幸・古田均:パターン認識手法を用いた床版のひびわれ形状の抽出と分類に関する研究, 土木学会, pp.137-138, 2003.9.
- ・ Thorsten Joachims:LEARNING TO CLASSIFY TEXT USING SUPPORT VECTOR MACHINES, Kluwer Academic Publishers, 2002.2.