

## 群集中の歩行者を抽出する画像処理手法の構築

山梨大学大学院 学生会員 岡安敦志

山梨大学大学院 正会員 吉田純司

山梨大学大学院 正会員 杉山俊幸

## 1. はじめに

近年、大規模な群集の歩行に伴い、歩道橋が水平横方向に振動する事例が報告されている。その例として、埼玉県戸田市の戸田公園大橋では、大規模な群集の歩行によって、歩道橋の上部構造に振幅が 1cm を超えるほどの水平横振動が生じている。水平横方向の振動は歩行者に不快感や不安感を与えるのみならず、橋梁部材の疲労を促進する、あるいは、騒音を発生するなどの問題点が指摘されている。上述したような歩道橋において、動物体と構造物の複雑な相互作用による環境振動に起因する騒音問題などが発生していることを考えると、振動を励起する振動の発生メカニズムを定量的に把握する必要がある。これまでに画像処理による解析が行われていたが、歩行特性は個人によって異なるにも関わらず、歩行者の抽出率は十分とは言い難い<sup>1)</sup>。そこで本研究では、画像処理による解析によって群集画像から各歩行者を精度良く抽出することを目的とする。

## 2. 画像解析手法

ここでは、遺伝的アルゴリズム(GA)を応用したテンプレートマッチング<sup>2)</sup>によって、戸田公園大橋の群集画像から各歩行者を抽出する。なお、モノクロの CCD カメラによって撮影された時系列画像<sup>1)</sup>を使用する。図-1 は歩行者数 88 人の画像における抽出結果を示す。これまでに行われてきた GA のみによる抽出<sup>1)</sup>では、図-1 に示すように画像中の歩行者に対する抽出人数(抽出率)は低い。そこで、以下の手順により歩行者の抽出の精度を向上させていく。

## 第 1step テンプレートマッチングの精度の向上

- (1) 歩行者抽出率の優れたテンプレートの選出
- (2) GA に小数点位置での輝度の内挿、グレイコードを適用

## 第 2step 精度の高い歩行者抽出処理手法の構築

- (1) 抽出人数を向上させるためのシステムの構築
- (2) 最尤推定法による抽出領域の分類

図-1 より、上述した第 1step(1)による抽出の結果としては、歩行者の抽出人数は大きく増加した。さらに、第 1step(2)を適用することで、第 1step(1)よりも抽出人数は増加した。しかし、このとき歩行者を正しく抽出できる人数は増加したが、一方で、歩行者以外の誤った抽出部分も増加してしまった。

そこで、第 2step では、誤った抽出を低減させるために相関係数に一定のしきい値を設けて抽出を行った。第 2step(1)では、単数テンプレートで抽出処理を行い、1 度抽出された領域の画像を反転させることで回避し、これを異なるテンプレートで繰り返し抽出を行った。また、第 2step(2)では、第 2step(1)で抽出されたすべての領域に対し最尤推定法<sup>3)</sup>によって、歩行者と歩行者以外の 2 つのクラスに自動で分類している。分類に必要な 2 つのクラスが本来有している特徴量には、以下の a)~d)を用いた。

- a)分類したい領域でのテンプレートとの相関係数
- b)重心縦方向の左右での色の対称性(図-2)
- c)階調値の最大と最小の差の平均値
- d)動画画像差分を用いた場合の階調値の平均値(図-3)

図-2 では、重心縦方向の左右での輝度の差の平均を算出し、この平均が小さいときほど抽出部分は頭に近い形であり、その領域は歩行者を抽出したと判断できる。図-3 の動画画像差分を適用した画像から得られる輝度の平均値を与えることで、誤った抽出を正しく分類できる。図-4 には、上述の方法によって歩行者の抽出と抽出部分の分類を行った画像を示す。図-4 は、歩行者として分類した領域は画素を反転し、歩行者以外の領域として分類した領域は画素を白色で示している。また、抽出率は歩行者全体の約 60%、分類の精度は約 90%である。

## 3. 橋梁の応答と群集中の歩行者の定量的評価

歩道橋と歩行者の歩行特性を把握するために、画像処理による抽出処理を行い、それぞれの重心座標の変化を時間的に連続で追跡し動特性を把握する。この結果、歩道橋は水平方向に約 10[mm]の振幅で振動していることがわかった。歩行者については、図-5 に示すように、どの歩行者も水平方向に揺れながら歩行していることがわかった。歩道橋の卓越振動数をフーリエ変換によって求めたところ、歩道橋の卓越振動数は約 1.0[Hz]であった。また、各歩行者の卓越振動数を算出し、各歩行者が橋梁の振動に対して、どの程度同調して歩行しているかを調べた。図-6 に橋梁の卓越振動数  $\pm 10$ 、 $\pm 20\%$ の振動数で歩行する歩行者の同調割合を示す。図-6 より、橋梁の卓越振動数  $\pm 10\%$ で見た場合は歩行者の約 40%、 $\pm 20\%$ で見た場合は歩行者の約 80%が橋梁の振動に同調して歩行していることがわかった。

4. まとめ

本研究では、遺伝的アルゴリズムの画像解析手法を応用し、群集中の歩行者を精度良く抽出するシステムの構築を行った。抽出の精度については、抽出率の高いテンプレート、遺伝的アルゴリズムの改良を適用することで、画像全体における歩行者の約60%以上の抽出が可能になった。最尤推定法を利用し、抽出部分を歩行者と歩行者以外の2つのクラスに自動で分類することが、約90%以上の精度で可能になった。また、多くの歩行者が橋梁の振動に同調して歩行しているということがわかった。

参考文献： 1) 東上庄かよ子, 吉田純司, 阿部雅人, 藤野陽三：3次元画像解析を用いた橋梁の水平振動およびその歩行者の歩行特性の分析とその応用, 土木学会年次学術講演会講演概要集第1部, 58巻, pp.1515-1516, 2003. 2) 長尾智晴：進化的画像処理, 昭晃堂, 2002. 3) 画像処理標準テキストブック編集委員会：イメージプロセッシング 画像処理標準テキストブック, 画像情報教育振興協会, 1997.

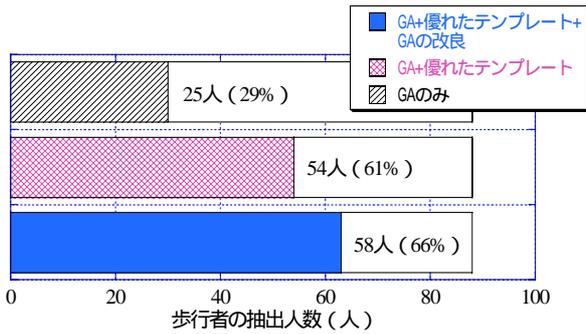


図-1 解析手法の違いによる抽出人数の比較

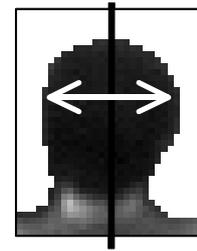


図-2 抽出部分での歩行者の色の対称性



図-3 動画画像差分を適用した画像



反転：歩行者として分類 白色：歩行者以外として分類

図-4 第1, 2stepを適用した場合の歩行者の抽出

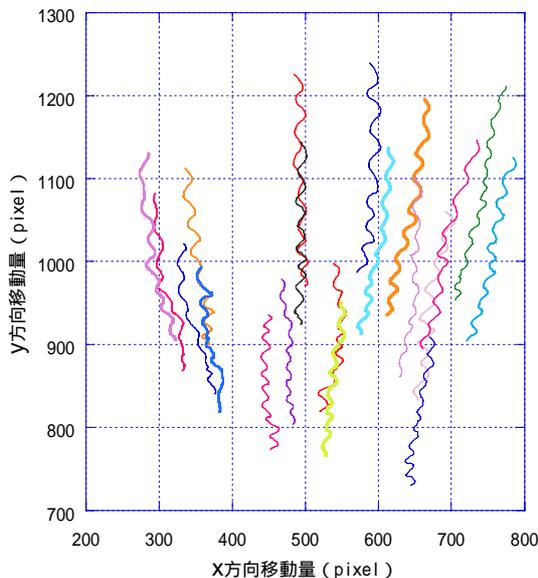


図-5 歩行者の歩行経路

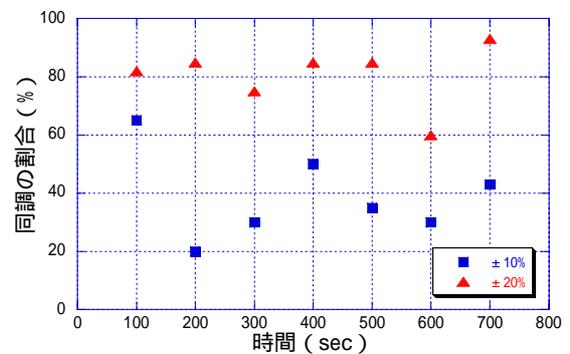


図-6 橋梁の卓越振動数に同調する歩行者の割合