

## 人間同士の衝突回避における行動特性一般化の検討

山本 龍也<sup>†</sup> 中井 一文<sup>†</sup> 江崎 修央<sup>†</sup><sup>†</sup>鳥羽商船高等専門学校

## 1 はじめに

歩行者同士の衝突の恐れがある場合、環境要因や外部要因から情報の認知を行う。その後、他の歩行者の行動を予測し、加速制御や位置制御を行い衝突を回避すると考えられる。また、人間と乗物の回避特性に相関関係が存在する可能性がある[1]。歩行者と乗物の衝突模式図を図1に示す。乗物を運転している際の衝突回避時にも同様の判断が必要であるため、人間の回避行動の特性を一般化できれば乗物に対応した衝突検知アルゴリズムを作成できる可能性がある。本研究では、人間の歩行動作と自転車の乗車動作を対象として回避行動を分析し、お互いを学習モデルとして交差検証を行うことで、衝突検知アルゴリズムの一般化を検討する。

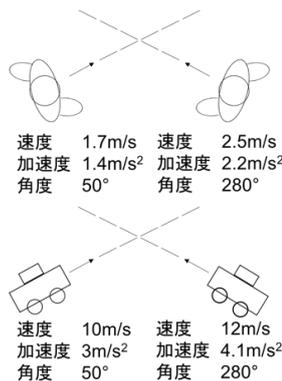


図1: 歩行者と乗物の衝突模式図

## 2 関連研究

歩行者の行動特性、回避行動については、障害物による歩行行動への影響を歩行軌跡データの統計的分析を用いて明らかにする研究[1]がある。また、歩行者が障害物を避ける行動を撮影し、画像処理技術を用いて歩行軌跡の解析を試みる研究[2]などもある。この研究は、回避行動を開始する時点における歩行者と障害物との距離は身体の向きが影響しており、画像処理技術を用いて回避地点を数理的に判断できたというものである。

しかし、本研究で必要な要因であるすれちが

い時における速度、距離間と相対角度の関係を明示したものは少ない。乗物においても同様である。既往の歩行研究を概観すると、歩行者の行動をビデオにより撮影し、画像処理技術を用いてその歩行軌跡を解析し、パラメータを抽出する手法が一般的である[1,2]そこで、本研究においても同様の手法を用いて、歩行者同士、自転車同士のすれちがいの時の動画を撮影し、画像処理技術を用いてそれぞれの回避行動モデル作成を行う。

## 3 データセットの作成と予測手法

## 3.1 人の回避行動の撮影

歩行者、自転車同士が衝突を回避する際の動作を記録し、解析を行うことでデータセットを作成する。その後、機械学習を用いて予測を行う。

図2に示すように、歩行者、自転車の動作は12mの高さから撮影を行った。撮影可能範囲は20m×25mである。撮影動画のピクセル数は1920×1080である。

マーカーには赤色と青色の風船を用いた。歩行者は帽子の上に風船を固定し、自転車は自転車カゴに風船を固定する。撮影可能な範囲内に設定した目印に向かって歩行し、衝突を回避した。被験者の数は8人で、同時に移動する人数は2人である。また、移動速度、角度、回避方向の指定はしていない。撮影した動画中の衝突の恐れがあると判断した地点から5フレームを衝突地点として指定した。

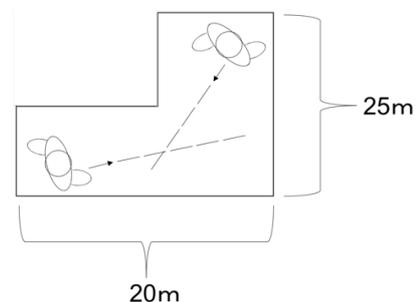


図2: すれちがい操作の撮影環境

## 3.2 データセットの作成

撮影した動画を元に、OpenCV[3]を用いて赤色の風船と青色の風船の座標を1フレームずつ取得した。その後、ホモグラフィ変換を用いてカ

メラの画角に対する補正を行った。座標変換後の赤色座標と青色座標から、それぞれの速度、距離、相対角度を算出した。また、正の素性ベクトルには0、負の素性ベクトルには1のラベルを与えた。そして、衝突の恐れがないと判断したデータを正例、衝突の恐れがあると判断したデータを負例として扱った。歩行者データセットは正例8340件、負例1755件、自転車データセットは正例9460件、負例1610件作成した。また、データセットには正規化の処理を加えた。

### 3.3 使用する手法について

本研究では線形分類可能な手法である決定木と非線形分類可能な手法である Support Vector Machine (SVM) の2つの手法の予測結果を比較する。

### 3.4 データ不均衡問題の対策

決定木と SVM の手法を用いて、衝突の恐れがある地点の予測を行う。しかし、作成したデータセットは正例と負例のデータ数が不均衡であるため、分類精度の低いモデルになってしまうと考えられる。

そこで、不均衡データに対して代表的な手法である SMOTE アルゴリズムを適用した。SMOTE アルゴリズムによって特徴量間の相互関係を考慮したデータを作成し、データ数の不均衡をなくすことが可能である。

また、グリッドサーチ法により決定木と SVM の最適パラメータを決定した。

## 4 予想結果の比較

### 4.1 手法比較の実験結果

本研究には、決定木と SVM の手法のどちらが適しているのかを検討する。歩行者データセットを学習データ、自転車データセットをテストデータとしてモデルの予測結果を比較したところ、SVM の結果の方が優れていた。予測結果の比較を表1に示す。線形分類可能な決定木は、非線形分類可能な SVM に比べて分類性能が高い手法ではないことが影響していると考えられる。この結果から、本研究には SVM が適していると考えられる。

表 1: 決定木と SVM の予測結果

	Accuracy	Precision	Recall	F1
決定木	0.868	0.921	0.870	0.860
SVM	0.888	0.883	0.892	0.883

### 4.2 行動特性比較の実験結果

先程の予測結果の比較から、SVM の手法を用いて人間の回避行動の特性一般化の検討を行う。歩

行者と自転車のデータセットを用いて予測を行った。その際、グリッドサーチ法を用いて最適なパラメータを決定した。また、同じデータの組み合わせについては、10 分割交差検証を用いて予測を行った。予測結果の Accuracy の比較を表2に示す。

表 2: 予測結果の比較

テスト \ 学習	自転車データ	歩行者データ
自転車データ	0.973	0.855
歩行者データ	0.888	0.969

10 分割交差検証の予測結果が、異なるデータを用いた予測結果よりも優れていた。これは、異なるデータを扱うよりも、同じデータで予測を行うことで予測精度が上がるためだと考えられる。

しかし、異なるデータを用いた予測の Accuracy は 85%, 88% という結果から、未知データに対する分類は十分に良い精度を得ることが出来たと言える。

この2つの予測結果を分析したところ、それぞれの予測において、距離間が近いほど負例、速度が遅いほど負例と判断されやすいことが分かった。また、相対角度が 175~185° において負例と判断されやすいことも分かった。つまり、それぞれのデータにおいて、相対角度が 180° 付近かつ距離が近い場合、速度を落として回避行動を始めるのだと考察した。これらの事から人間の回避行動の特性一般化は可能であると考えられる。

## 5 おわりに

今後は、よりデータ数を増やし速度、距離、相対角度の詳細な相関関係を確認する。

また、自動車や船舶のシミュレーションを用いてデータセットを作成し予測を行うことで、人間の回避行動特性一般化の検証を行う。

## 参考文献

- [1] 建部謙治, 辻本誠, 志田弘二. 回避行動開始点の判定と前方回避距離, 歩行者の回避行動に関する研究(II). 日本建築学会計画系論文集. 1994, vol. 465, p. 95-104.
- [2] 建部謙治. 歩行者の属性による回避行動特性. MARA Journal. 1997, vol. 3, no. 2, p. 23-29.
- [3] OpenCV, Open-source Computer Vision library, [www.opencv.org](http://www.opencv.org)