

# リアカメラ動画像を用いたリアルタイム 後方危険予測手法の提案と評価

2019SC075 ZHANG YANKUN

指導教員：石原靖哲

## 1 はじめに

令和3年の交通事故発生件数によると、追突事故が最も多く総件数の30.5%を占め、また死亡事故は安全運転義務違反が半分以上を占める [1]. 追突事故を回避するために常に後方の接近車両に注意を払う必要があるが、わき見運転になるリスクを伴うため、運転アシスタント領域の課題となっている。

本研究では、バイクライダーのために後方の車両を検出し警告するシステムの開発を目指す。マシンビジョンモデルYOLOと目標追跡モデルBotSortにより、後続車両の位置から相対距離と相対速度を測り、画像処理技術で自車線を検出し、進路変更する場合に左右車線の危険を予測する。

## 2 先行研究

多くの研究者がマシンビジョンを使って危険予測の手法を提案している。距離情報の正確な把握が重要で、単一カメラでの距離推定法が存在する。

久徳らの研究によると、車載カメラ映像のデータベースからカメラの位置情報を取り出して、入力カメラの座標を原点とし、エピポーラ幾何法を利用することで高い精度で距離を測定できた [2].

また増田らは全天球カメラを用いて机上の物体の距離を測定する研究に、条件制約法を利用した。既知の位置で固定されたカメラに映った物体のBBox位置から角度を推定して距離を算出した [3].

## 3 相対距離と相対速度測定及び車線検出による危険予測手法

提案した危険予測手法は主に相対距離測定に基づいて行う。リアルタイムの入力動画像をYOLOモデルとBotSortモデルで処理し、時系列で車両を追跡する。画面における位置の変化から相対距離と相対速度を推定し、車線検出を加えて危険判断を実現する。システムの全体像を図1に示す。この手法において相対距離測定の精度が重要である。

### 3.1 相対距離測定

危険の予測は主に距離推定を行い、処理時間を利用して速度を算出する。本研究において想定される使用環境では、カメラの視角(FOV)や水平マウントの高さなどが既知である。図2のように、視角(FOV)を用いた推定法で距離推定を行う。

まずカメラは水平に装着されているという前提をおく。

BBoxの下辺中心点座標を $(x_{mid}, y_{down})$ 、映っている動画像の高さと幅をそれぞれ $Y_{SIZE}$ と $X_{SIZE}$ 、カメラの水平FOVと垂直FOVをそれぞれ $HFOV$ と $VFOV$ 、カメラ水平マウント位置の高さを $h$ とすると、後方目標車両までの水平距離 $s$ は式(1)で算出する。

$$s = \frac{h}{\tan\left[\frac{y_{down} - \frac{Y_{SIZE}}{2}}{Y_{SIZE}} \times VFOV\right]} \quad (1)$$

次はカメラが真後ろを向いているという前提をおく。俯瞰左右方向のズレ距離 $s_x$ を式(2)で算出する。

$$s_x = s \times \tan\left[\frac{|x_{mid} - \frac{X_{SIZE}}{2}|}{X_{SIZE}} \times HFOV\right] \quad (2)$$

最後は実距離 $dist$ を式(3)で算出する。この手法はカメラ装着の時に生じた向きの誤差が計測結果に影響を与えるが、その誤差が理論的に線形に従うので後処理で対処できる。

$$dist = \sqrt{s^2 + s_x^2} \quad (3)$$

以上各画像フレームの車両相対距離を算出する。そして前後画像フレームの相対距離差をプログラムの実行時間で割り、相対速度も計算できる。計測相対距離の誤差は相対速度の計算に伝播する。

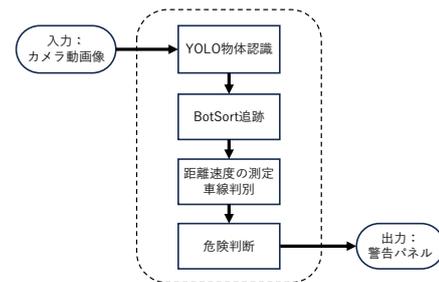


図1 システム全体図

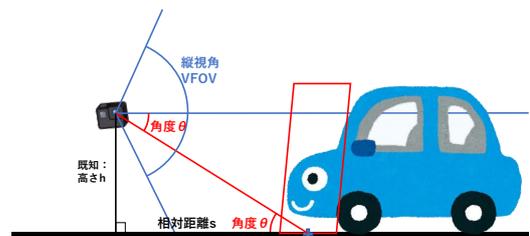


図2 条件制約法を用いた距離測定

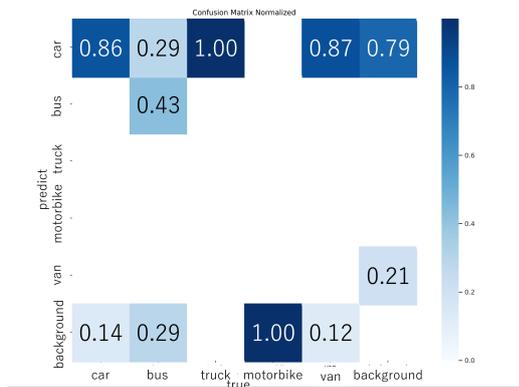


図3 混同行列

### 3.2 車線検出と危険判断

上記の距離と速度情報に基づいて、画像処理ライブラリー OpenCV で開発した手法で車線検出し、左右車線にある通行車両にそれぞれ危険判断を行い、信号制御のフラグを画像フレーム毎に設定する。左右車線につき車線内が一番近い車両が 5m 以内、或いは 15m 以内に接近している（速度が一定値より大きい）場合にフラグを赤にする。フラグが赤でなく、かつ 15 m 以内に車両が存在する場合にフラグを青にする。それ以外の場合または車線内に車両が存在しない（2 秒間以上探知できる目標がない）場合に、フラグを緑にする。

## 4 実験内容と結果

### 4.1 YOLO モデルトレーニング

自作データセットは名古屋の公道で、バイクの後ろにマウントさせたカメラで撮った 300 枚弱の写真を使った。一般乗用車が十分採れたが、バイクや自転車また工事車両のデータがまだ不十分だった。全てのトレーニング写真は晴れた日に撮ったため、陽射しが足りない環境のデータも不十分だった。

汎用ウェイトに基づいてトレーニングした結果を図3に示す。この混同行列によると、乗用車の探知は良い結果を得られたが、バイク、バス、ワゴン車とトラックの誤探知が多かった。本研究では車種の識別という目的ではないため特に問題がない。

### 4.2 相対距離と相対速度の測定

研究室の廊下で椅子を目標対象として汎用ウェイトで距離測定実験を 5 回行った。測定距離と実距離の計測結果を整理すると図4のように線形回帰に従う。点線はカメラ設置するとき完璧に水平を保てないため生じる誤差である。実験を行った 20m までの範囲内で、測定距離と実際距離との誤差は常に点線付近で浮動している。この残差は物体の BBox を生成する時に生じた誤差である。残差  $res$  を式(4)で計算すると、平均残差は  $\bar{res}$  は 0.76% に抑えられた。プログラムの実行時間は正確に測るため、計算で得た

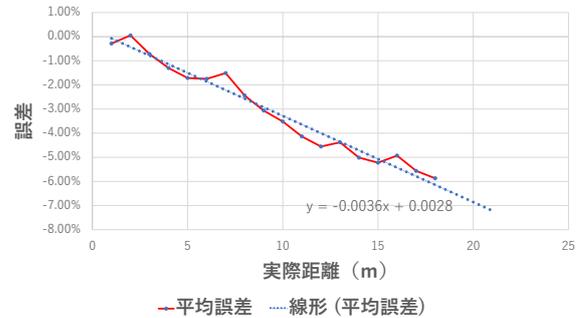


図4 実際距離と平均誤差関係図

相対速度は相対距離の誤差をそのまま維持する。

$$\bar{res} = \frac{\sum |e - (-0.0036 \times x + 0.0028)|}{18} \quad (4)$$

しかし、この手法で精度よく距離推定できるためには、カメラが完全に水平で高さが変わらないという条件が必要である。

### 4.3 車線探知

開発スケジュールと設備の制約を考慮し、ディープラーニングではなく OpenCV のエッジ検出法を用いて車線探知プログラムを開発した。グレースケール画像から Canny 関数で輪郭を検出し、三角形マスクを用いて二本の車線を特定した。しかし、十分な輝度とはっきりした車線がないとエッジ法では誤探知のリスクがある。実験では横断歩道や道路標識での誤探知も発生した。

## 5 おわりに

本研究では機械学習とマシンビジョンを用いて、後続車両を識別し、距離と速度を測ることに成功した。提案した手法は効果的であることを確認できた。相対距離と相対速度の測定が 20 m まで高い精度で実現できたが理想的な設置条件に大きく依存する。AI を用いず車線検出は理想的な環境でしか正確に検出できない。システム軽量化を試したが、ラズベリーパイ 4 の性能ではスムーズな動作を実現できていない。実用化に向けて多くの課題が残っている。

## 参考文献

- [1] 内閣府. 令和 3 年中の道路交通事故の状況. [https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r04kou\\_haku/zenbun/genkyo/h1/h1b1s1\\_2.html](https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r04kou_haku/zenbun/genkyo/h1/h1b1s1_2.html), 2022.
- [2] 久徳遙矢, 川西康友, 出口大輔, 目加田慶人, 井手一郎, 村瀬洋. エピポーラ幾何に基づく画像間距離と車載カメラ映像データベースを用いた詳細な自転車位置推定. 第 19 回画像の認識・理解シンポジウム, 2016.
- [3] 増田純也, 横山昌平. 全天球カメラを用いた机上物体に対する位置推定. データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム DEIM, C6-3(day2 p20), 2020.