車載ステレオカメラによる夜間車両走行状況の認識

奥野 敏明　　近間正樹　　木戸出　正継
奈良先端科学技術大学院大学　情報科学研究科

1.　はじめに

近年 ITS 技術の発達にとともに、さまざまな安全運転の支援が試みられている。その中でも、路上の障害物や他の車両との衝突を防止するための研究として、車載のステレオカメラを用いて路上の高さをもつ部分を検出するというものや、エッジの３次元的形状から他の車両の位置を特定するというもの、また単眼でも白線を認識した上で車両らしい部分を検出するといったものなどがある。しかし、これらの手法を夜間において適用しようとしても、認識対象が正確に捕らえられなかったり、照明条件が著しく変化することにより認識精度が著しく低下してしまうという問題がある。

本研究では、夜間において比較的安定した情報を取得できると考えられる”光源”に注目し、簡単な処理で高速に車両を検出する方法を開発した。夜間の道路走行時において、自車両周辺の車両にはヘッドライトやテールランプなどの複数の光源がついており、静止している環境中の光源もいくつか存在すると考えられる。今回提案する手法では、それらの光源の情報のみを抽出し、ステレオカメラによって得られる時系列データについて簡単な処理を行うことによって、シーン中に存在する複数の光源の位置・速度を高速に測定し、周辺の車両の走行状況を認識しようとしている。また、左右間の対応付けを行う際に、過去のフレームでの対応付け結果・時系列間での対応付け結果を有効に利用することにより、より安定した対応付けを行っている。

2.　ステレオ時系列画像の処理

左右のカメラから取り込まれた画像について、光源の特徴量を抽出した後に、左右間・時系列間で対応付けを行い、その３次元位置・移動速度を測定する。(図 1)

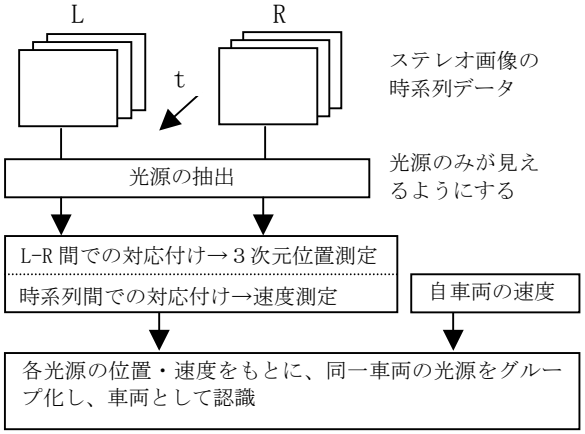
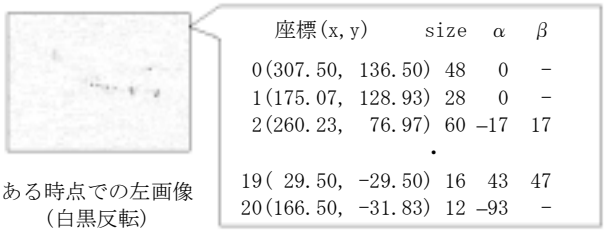


図１　処理の流れ

「Vehicle Recognition at Night by Using In-vehicle Stereo Camera」
†Nara Institute of Science and Technology

2.1 閾値処理・光源の情報の抽出

カメラのしぼりを調節して、光源のハレーションを防ぎ、反射光などの余分な光を除去した光源のみの画像を得る。次にその画像に閾値処理、ラベリングを行い、画像中での光源の座標(x, y)・面積(size)を抽出する。この時ほぼ同じ高さにある光源の重心との位置関係(α)、右隣りの光源までの画素数(β)も求めておく。(図 2)



座標(x,y)	size	α	β
0(307.50, 136.50)	48	0	-
1(175.07, 128.93)	28	0	-
2(260.23, 76.97)	60	−17	17
・			
19(29.50, -29.50)	16	43	47
20(166.50, -31.83)	12	−93	-

図２　光源の情報の抽出

2.2　左右間での対応付け

光源の３次元位置を求めるためにはその光源までの距離を知る必要があるが、2.1 で得られた光源の特徴量を全て用いて左右間での対応付けを行い、その視差から距離を求める。この時エピポーラ拘束を用いることができるが、ほぼ同じ y 座標・面積をもつ光源どうしを間違って対応付けてしまう可能性があるので、α と β を手がかりにすることで、より正しい対応付けを行っている。

2.3　時系列間での対応付け

光源の移動速度を求めるために、光源の x 座標、y 座標、面積を手がかりに時系列間での対応付けを行う。この際、座標や面積がそれぞれ時間的にどの程度変化しうるのかということから、経験的に(1)式のような評価関数を用い、値が最も小さくなる組み合わせを対応付けている。a, b, c それぞれの値は、さまざまなシーンにおける複数の光源の、平均の x,y の変化量、size の変化率である。

$$f(\Delta x, \Delta y, \Delta size / size) = \left(\frac{\Delta x}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta size / size}{c}\right)^2 \quad (1)$$

2.4　対応付けの高精度化

全フレームについて左右間の対応付けを行うが、全ての光源について対応付けが成功するとは限らない。そこで、前フレームでの左右の対応付けの結果、時系列間での対応付けの結果を有効に利用することで、対応付けられるべき組み合わせを補っており、過去の結果が全て反映された対応付けが行われる。例えば図３のように、ある時点において光源 B が左右の対応付けに失敗していても、過去の結果より対応付けがなされる。

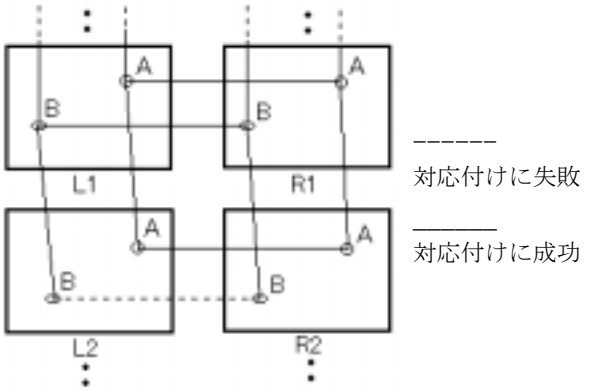


図３　過去の対応付け結果の利用

このようにして同一の光源の情報は過去数フレーム間の対応付けをさかのぼって参照することで、より安定した位置・速度の算出が可能となる。

2.5　光源のグループ化

自車両の速度を差し引くことにより道路面に対する速度が求まるが、複数の光源の位置・速度がばらばらに求まっただけでは有用な情報であるとは言えず、どの光源が同一の車両のものなのかを認識する必要がある。車両は剛体であり、移動している同一の車両の光源はほぼ同じ速度成分をもつと考えられるので、それぞれの光源について求まった速度成分とその空間的な配置からグループ化を行う。まず、式(2)のようにほぼ同じ速度成分をもつ光源(i, j, …)についてその平均速度 $\vec{v}$ を求め、さらに式(3), (4)によって、その速度方向の空間的広がり・速度方向に垂直な空間的広がりが、それぞれ平均的な車長・車幅以下になっているような光源のグループを同一の車両のものとみなす。

$$\left(\vec{v}_i - \vec{v}_j\right)^2 \le \delta \tag{2}$$

$$\left(\vec{x}_i - \vec{x}_j\right)\cdot\frac{\vec{v}}{\left|\vec{v}\right|} \le \text{車長} \tag{3}$$

$$\left(\vec{x}_i - \vec{x}_j\right)\times\frac{\vec{v}}{\left|\vec{v}\right|} \le \text{車幅} \tag{4}$$

3.　実験・考察

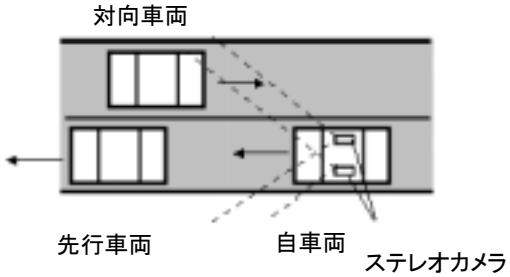


図４　カメラの視野

3.1　実験データ

図４のように自車両のルーフ上に設置したカメラを前方に向けてデータの収集を行った。また撮影は比較的環境中の光源が多い場所や少ない場所、複数車線ある場所や高速道路などで行った。撮影された画像には、図５のように対向車両のヘッドライトや先行車両のテールランプ、また環境中の静止光源などが映っている。

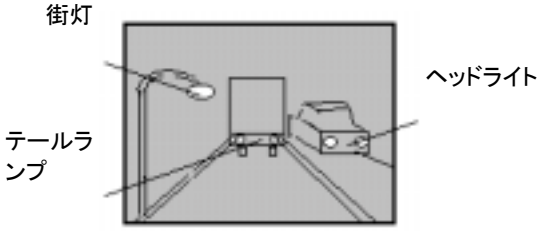


図５　光源の見え方

3.2　解析結果

光源の三次元位置・速度を算出するためには、左右間・時系列間で光源どうしの対応付けに成功することが前提である。その対応付けの成功率を調べたところ、先行車両のテールランプや自車両に最も近い対向車両のヘッドライト、近くの街灯に関してはほぼ正しく対応付けがなされた。車両の上下方向の振動による影響も少なく、時系列間での対応付けもほぼ成功しており、過去の対応付け結果を利用した方がよりよい結果が得られることも分かった。しかし、２台目以降の対向車両のヘッドライトや、遠方に複数の光源が密集している場合に関しては、成功率が良いとは言えないのが現状である。

3.3　考察

対応付けに失敗する原因として、左右のカメラ間でオクルージョンによる見え方の違いが生じていることが考えられる。自車両の近くに先行車両や対向車両が存在する場合、その向こう側の光源が必ずしも両方のカメラから見えるとは限らないからである。また、それが原因で他の光源との位置関係にも違いが生じていると考えられる。この見え方の違いにできるだけ影響されないような特徴量を抽出することが必要であると考えられるが、それについては現在検討中である。

4.　まとめ

今回は車両の前方を撮影したデータについて解析を行いその結果を評価したが、この手法は車両の前方に限らず、側方・後方についても適用でき、夜間における衝突事故やバイクなどの巻き込み事故を防止するための要素技術として利用できると考えられる。今日安価な可視カメラを用いて様々なものを認識することが可能になってきているが、それをそのまま夜間に用いても、今回提案した手法を用いることで自車両の近くを走行している車両に関しては、その位置・速度が安定して求まるということが分かった。しかし、状況に応じてカメラのしぼり調節や閾値処理を動的に行うことによってより最適な処理を行うことが、今後の課題になると考えられる。

参考文献

[1]Osafumi Nakayama, Morito Shiohara, Shigeru Sasaki, “Robust Vehicle Detection Under Poor Environmental Conditions for Rear and Side Surveyllance”, MVA2002, pp.628-631, 2002