

1. はじめに

画像処理を用いた交通流計測の研究は数多く行われており、一部実用化もされている。実際に交通運用・制御方策を行うために車両の挙動を分析する際には、道路面上での車両の位置情報（道路を真上から見た際の車両領域）が必要である。しかし従来のシステムは車両の正確な位置情報までは求めておらず、車両軌跡を求めている場合であっても、各フレームで抽出した撮影画像上での車両領域の重心を線で結ぶなどしたもの[1][2]であり、正確な車両位置を表したものであるとは言えない。そこで本稿では、道路上に固定されたカメラの画像から変換された鳥瞰画像を用いて、車両の位置を検出する手法を提案する。また鳥瞰画像を用いることで撮影条件が異なる画像間でも、軌跡を定量的に比較することが可能となる[3].

2. 鳥瞰画像の作成手法

鳥瞰画像とは、道路を真上から見下ろした画像であり、撮影画像を道路面上に逆透視投影することで作成することができる。鳥瞰画像上での車両の伸びを求める上で、カメラ中心の三次元座標を求める必要があるため、射影変換式を次のようにした。

$$x = \frac{x_{max}}{2} + k_0 \frac{k_1 X + k_2 Y + k_3 Z + k_4}{k_9 X + k_{10} Y + k_{11} Z + k_{12}} \quad (1)$$

$$y = \frac{y_{max}}{2} + k_0 \frac{k_5 X + k_6 Y + k_7 Z + k_8}{k_9 X + k_{10} Y + k_{11} Z + k_{12}}$$

(x, y) はサイズ $x_{max} \times y_{max}$ の撮影画像上の点の画像座標であり、 (X, Y, Z) はその点の三次元座標である。7点以上の点の画像座標と三次元座標を式(1)に代入することで、射影変換式の13個のパラメータ k_i ($0 \leq i \leq 12$)の値を求めた。今回、撮影画像上の点の三次元座標はトータルステーションを用いて計測を行った。

三次元座標とカメラ座標 (X_C, Y_C, Z_C) の関係式は、式(2)のようにアフィン変換の式で表される。

$$\begin{aligned} X_C &= k_1 X + k_2 Y + k_3 Z + k_4 \\ Y_C &= k_5 X + k_6 Y + k_7 Z + k_8 \end{aligned} \quad (2)$$

$$Z_C = k_9 X + k_{10} Y + k_{11} Z + k_{12}$$

パラメータ k_i ($1 \leq i \leq 12$)の値を用いて求めた $(X_C, Y_C, Z_C) = (0, 0, 0)$ となる (X, Y, Z) がカメラ中心の三次元座標となる。

3. 車両位置の検出

図1のように、逆透視投影によって作成される鳥瞰画像上での車両領域（図1赤実線部分）は、実際の車両領域（図1青実線部分）に比べて大きくなる。鳥瞰画像上での車両領域を表すと、図2のようになる。

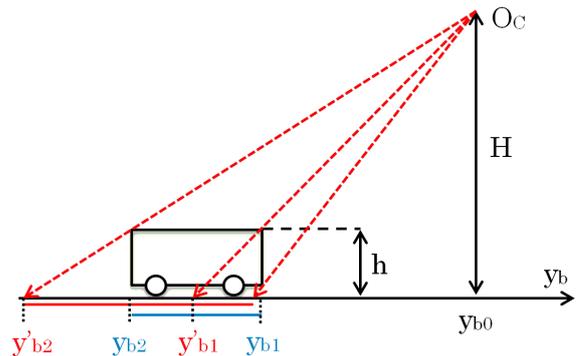


図1 逆透視投影による車両領域の拡大

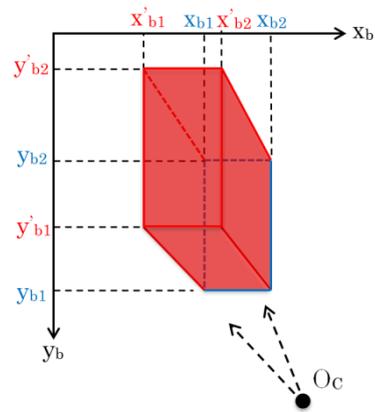


図2 鳥瞰画像上での車両領域

鳥瞰画像下側の車両端（図 2 の $y_b = y_{b1}$ ($x_{b1} \leq x_b \leq x_{b2}$) 部分)を検出することで、求めたカメラ中心(O_c)の鳥瞰画像座標(x_{b0}, y_{b0}, H)から、鳥瞰画像上の車両領域を推定することができる（式 (3)）。

$$\begin{aligned} x'_{bi} &= \frac{x_{bi}H - x_{b0}h}{H - h} \\ y'_{bi} &= \frac{y_{bi}H - y_{b0}h}{H - h} \end{aligned} \quad (i = 1, 2) \quad (3)$$

ただし今回、車両の大きさを一定（全高を h ，全長を L ($y_{b2} = y_{b1} - L$))としている。

撮影画像を鳥瞰画像に変換した上で背景差分法を用いて車両領域の抽出を行い、図 2 のような鳥瞰画像上での車両領域の特性を考慮することで、車両位置の検出を行った。

車両位置の検出結果は図 3 のようになる。今回、縦方向の交通流画像（54 フレーム）を対象として、精度検証を行った結果、適合率 0.88，再現率 0.97，F 値 0.92 と高い値を示し，本研究の有効性が確認された。

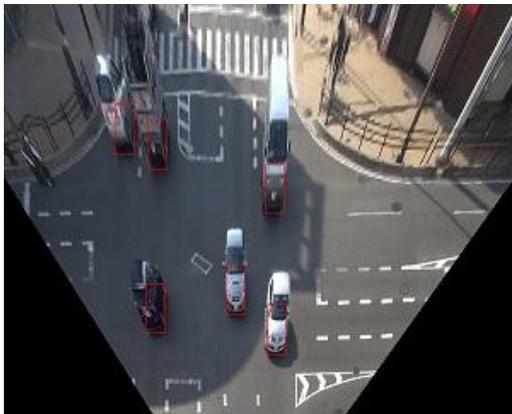


図 3 車両位置検出結果例（赤枠が検出結果）

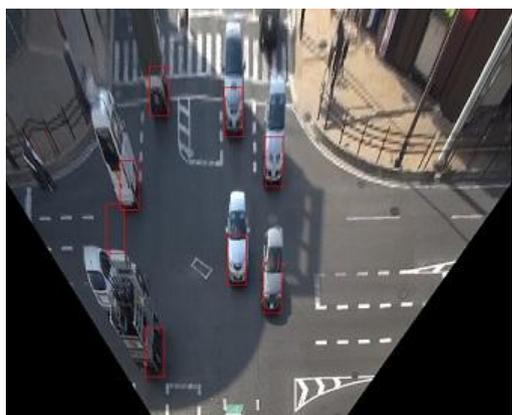


図 4 車両位置検出失敗例

しかし、今回車両の大きさを普通乗用車サイズに設定していたため、大型車両が存在する場合は誤検出が発生した（図 4 の左側中央）。また、オクルージョンによって、車両端を検出できなかった場合は車両の検出が行われなかった（図 4 の左下の車両）。

4. おわりに

本研究では、撮影画像からカメラ中心の三次元座標を求め、鳥瞰画像上の車両領域の特性を考慮することで、高精度に車両位置の検出を行うことができた。

今後の課題としては、大型車両やオクルージョンが発生している車両，また車両の向きが鳥瞰画像に対して斜めになっている車両への対応などが挙げられる。

参考文献

- [1] 神藤善洋，荒井伸太郎，小沢慎治：“画像処理による料金所侵入車両の挙動抽出”，電子情報通信学会技術研究報告．ITS，2010
- [2] 鈴木一史，中村英樹：“交通流解析のためのビデオ画像処理システム Traffic Analyzer の開発と性能検証”，土木学会論文誌 D，Vol.62，No.3，pp.276-287，2006
- [3] 石川英人，矢野良和，山田諒：“走行位置に依存しない背景差分法による走行路上の障害物検出”，愛知工業大学研究報告，第 47 号，2012