

フレーム間差分と3次元ラベリングを用いた車両追跡

手島 知昭[†] 小沢 慎治[†]

[†] 愛知工科大学

〒 443-0047 愛知県西迫町馬乗 50-2

E-mail: †{teshima-its,ozawa}@aut.ac.jp

あらまし 料金所において、車両の挙動を監視する需要が近年増えている。一方で、高速道路の料金所は 24 時間車両が通行するため、正しい背景画像を得るのが難しい。本手法では、背景差分でなく、フレーム間差分を用いることで動物体領域を抽出し、3次元ラベリングを適用することで、車両の追跡を行う。名古屋高速の料金所で撮影された画像を用いて、本手法の有用性を検証する。

キーワード ITS, 高度交通システム, 車両追跡, ラベリング

1. はじめに

近年 ETC ブースの増設や、高速道路の休日特別割引などにより、ETC レーンに不慣れなドライバーが増えている。料金所近辺における車両の挙動監視は、事故予防のためにも需要がある。

固定カメラを用いた車両の追跡は重要であり、従来、車両の追跡のために、画像のラベリング [1], 特徴点を用いる手法 [2], モデルを用いる手法など、様々なアプローチが行われてきた。また、Molinier らが行ってきたような 3次元ラベリング [3] を用いる方法などもある。Molinier らはヘリコプターを用いてビデオ画像を用いて 3次元状の画素の集まりを構築しそれより車両の追跡を行う研究を行った。

殆どの手法は背景差分によるものであり、背景画像が得られている、もしくは動的に生成する状況を想定している。

高速道路の料金所における監視においては、24 時間監視が必要であり、また、背景画像撮影のために道路を通行止めにするのは現実的でないため、背景画像の動的更新が必要となる。この時適切に背景更新が行われないと、適切な差分画像が得られず、結果として正しい車両の追跡結果を得ることができない。背景画像の更新に失敗した様子を図 1 に示す。

本論文では背景画像を生成、更新せずにフレーム間差分と 3次元ラベリングを用いて、車両追跡する手法を提案する。従来の 2次元のラベリングを利用し、背景画像更新に失敗した場合において、車両の抽出精度が向上していることを示す。

2. 手 法

本手法では、フレーム間差分により得られた 2 値画像を、時系列に並べ、時間方向における画素同士の隣接関係も考慮したラベリングを行う。これにより、車両の抽

出と同時に追跡も行う。

本手法の概要を図 2 に示す。初期フレームと次フレーム以降において、処理の内容が異なる。いずれの場合も共通して、カメラ画像の連続する 2 フレームを用いて差分をとり、それらを差分、2 値化した画像を入力として用いる。

2.1 入力画像

カメラ画像のうち、連続する 2 フレーム間でのフレーム間差分画像を生成し、しきい値処理することで 2 値画像を得る。カメラ画像の連続する 2 フレームと、それより得られた 2 値画像を図 3 に示す。カメラ画像の $i-1$ フレーム目と i フレーム目を用いて、フレーム間差分画像を生成し、フレーム間差分画像にしきい値処理を施し、得られた 2 値画像を $B_i(x, y)$ で表す。図 3 に示す通り、フレーム間差分を利用して車両の輪郭線を抽出することができるが、一方で輪郭線が途切れ途切れになる。膨張/収縮処理などのモルフォロジー処理により、これらの成分を連結する試みも行われている。

本手法では、輪郭線が途切れても、次フレームにおいては輪郭線がつながっている可能性を考慮し、フレーム間でのラベリング処理を行う。これにより、1 フレーム内だけで連結処理を行うのではなく、フレームが進むごと



(a) 正しく得られた背景の例

(b) 更新に失敗した背景の例

図 1 背景更新の例

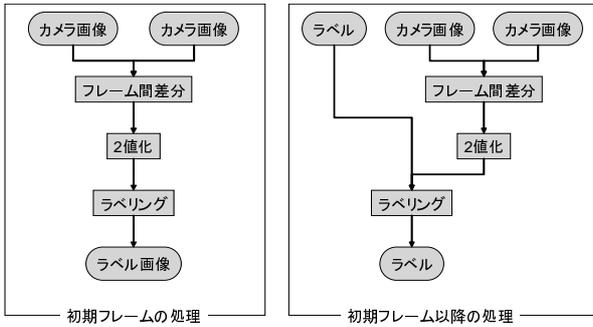


図 2 本手法の概要

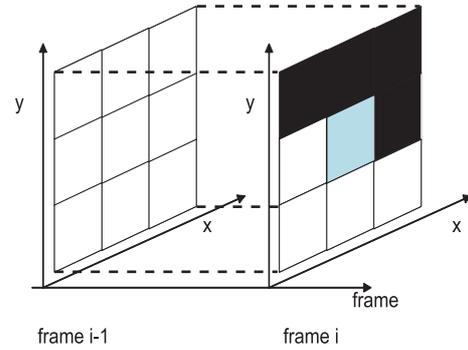


図 4 3次元ラベリングにおける近傍画素



(a) フレーム i-1

(b) フレーム i



(c) 2値化されたフレーム
間差分画像

図 3 しきい値処理されたフレーム間差分画像

に領域同士が連結されることを期待する。

本手法では、2値画像 $B_i(x, y)$ をフレーム毎に並べることで、3次元空間 $V_i(x, y, t)$ を構築する。座標 (x, y) が画像中の画素の位置を表し、 t が時系列方向の位置、つまりフレーム番号を示し、 $t \leq i$ とする。各フレームを処理する度に、 $B_i(x, y)$ を $V_{i-1}(x, y, t)$ と連結することで、新たに V_i を定義する。

2.2 初期フレームにおけるラベリング

初期フレームにおいては2値画像 $B_1(x, y)$ に対して、通常のラベリング処理を行い、2次元のラベル画像を得る。

通常のラベリング処理では、ラベル番号同士の隣接関係を表すテーブル $L = \{L_1, L_2, \dots, L_{max}\}$ を用意する。初期状態では L の各要素とも $L_n = n$ とする。探索の途中でラベル k と l が隣接する時、(1) 式のように表す(ただし $k > l$)。

$$L_k = l \quad (1)$$

探索終了後、 L には前述の通り各ラベルの隣接関係が記述される。隣接されるラベルの内、最小のラベル番号

に置き換えることにより、同じ領域に同じラベル番号を振る。

本手法では、テーブル L の中身はそのまま保持し、次フレーム以降の処理へ進む。

2.3 初期フレーム以降におけるラベリング

前述の通り、 i フレームにおいて $B_i(x, y)$ を処理するとき、 $V_{i-1}(x, y, t)$ と、それまでの連結関係を格納した L が存在する。今、 $B_i(x, y)$ と $V_{i-1}(x, y, t)$ を並べ、新たに $V_i(x, y, t)$ を定義する。

n 番目のフレーム上の画素 (x, y) を $V_i(x, y, n)$ で表す ($n < i$)。この時、着目画素の隣接画素として検索されるのは、(2) 式に示す範囲である。

$$\begin{cases} V_i(x+j, y+k, t-1) & (-1 \leq j, k \leq 1) \\ V_i(x+j, y-1, t) & (-1 \leq j \leq 1) \\ V_i(x-1, y, t) \end{cases} \quad (2)$$

隣接画素として扱われる領域を図4に示す。図4に示す水色の画素が着目画素であり、白色の画素が隣接画素である。隣接画素は合計で13画素存在する。

対象画素の近傍に背景画素(画素値が0の画素)以外の画素を発見した場合、その集合を U とする。 U の各要素をそれぞれテーブル L で参照し、正しいラベル番号を調べる。そして、(3) 式に示すように最小のラベル番号を $V_i(x, y, t)$ に代入する。

$$V_i(x, y, t) = \min(U) \quad (3)$$

U の各要素の連結関係をそれぞれ L に登録する。 L の各要素の連結関係を一意にたもつため、 $L_{L_p} = L_p (p \in U)$ となるように、テーブル L を最適化する。

もし対象画素の近傍に背景画素しか存在しなかった場合、対象画素 $V_i(x, y, t)$ に新たなラベル番号を割り当て、探索を続行する。

2.4 探索後

初期フレームから最終フレームまで探索が終わった後、ラベル番号の付け替えを行う。テーブル L には、各ラベル番号の付け替え情報がまとめられている。この情報に



図 5 楠料金所における一般車両追跡結果

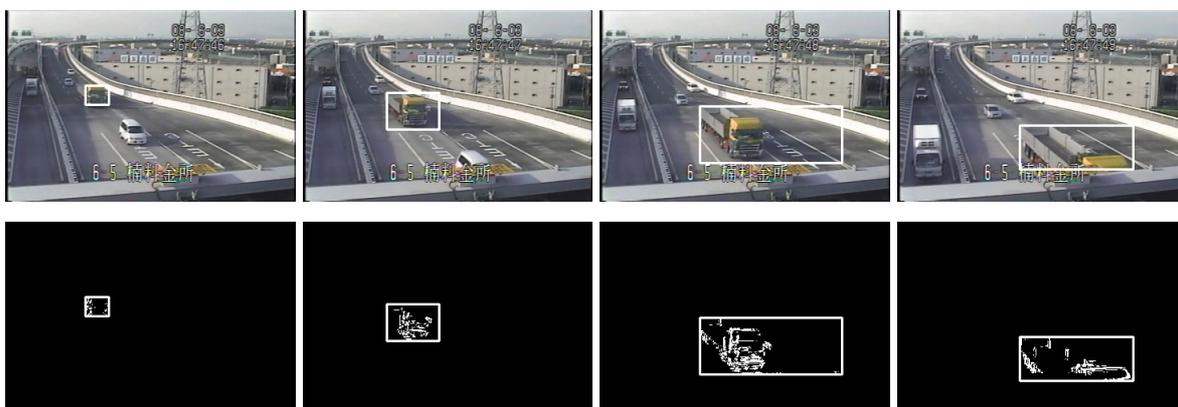


図 6 楠料金所における大型車両追跡結果

に基づき、初期フレームからラベル番号を全て付け直す。
この操作により、各フレームにおいて、同一の動物体が同一のラベル番号を振られていることになる。

3. 料金所における実験

図 5-8 に、名古屋高速の楠料金所における監視映像において、車両の追跡を行った実験結果を示す。図 5-8 の上段に入力画像の一部を示す。下段の画像はフレーム間差分した画像をしきい値処理したものである。各カメラ画像において、タイムスタンプやキャプションが表示されており、当該領域をラベリングに含めないように、マスキング処理を行う。

3.1 3次元ラベリングを用いた追跡結果

図 5 および図 6 に示すのが、名古屋高速楠料金所における処理結果であり、それぞれ小型車と大型車の追跡結果を示している。図 7 および図 8 に示すのが、同星崎料金所における処理結果であり、それぞれ小型車と大型車の追跡結果を示している。

いずれの結果においても、車両が良好に抽出されていることが分かる。一方で、太陽光の影響で車両の横に影が発生しており、フレームによって、影が車両領域として抽出されていることが分かる。筆者らは、色分布の違

いより、この影の影響は軽減できると考えている。

3.2 2次元の背景動的更新との比較

背景を動的に更新した際の結果と比較する。同じ状況の画像を 3次元ラベリングした結果と、アルファブレンディングによって背景画像を更新し、差分画像生成としきい値処理を行う通常のラベリング処理を行った場合と比較する。

図 9 に通常の背景差分とフレーム間差分の結果を比較する。図 9(a) に示すのが本手法の結果、図 9(b) に示すのが通常のラベリングの結果である。

図 9(c) に示すように、大型の車両が現れた場合にアルファブレンディングの結果は正しくない。後続の車両が含まれている上に、車両全体も検出できていない。一方、本手法では同様の状況においても、車両を正しく抽出できていることがわかる。本手法はフレーム間差分を利用しているため、車両の画面右側に発生する影もラベリング対象に含まれている。ただ、車両その他のフレームにおいて、妥当に車両の領域だけが画像から抽出されており、正しく抽出されていることが分かる。

4. おわりに

本論文では、フレーム間差分を用いることで車両領域



図 7 星崎料金所における一般車両追跡結果



図 8 星崎料金所における大型車両追跡結果



(a) 本手法による結果

(b) 通常の背景差分における結果

(c) 更新に失敗した背景

図 9 通常の背景差分との比較

を抽出し、3次元ラベリングを行うことで、車両を時系列にわたって追跡する手法を提案した。従来の背景画像更新と2次元のラベリングを用いる手法とは違い、フレーム間差分を用いることで、背景画像の更新に失敗しやすい状況においても、車両を正しく抽出、追跡できることが分かった。

今後の課題として、オクルージョンや車両が接近した場合などに、車両が過剰に統合、連結されてしまう状況において、車両の色情報や軌跡などを用いて車両を正しく分離することが挙げられる。

文 献

- [1] 小沢慎治：“Etc 料金所付近での車両の振る舞い”，平成21年度電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集，No. TC7-5，pp. 174-178 (2009)。
- [2] 安倍，小沢：“特徴点群抽出とグラフ分割を用いた撮影環境にロバストな車両追跡法 (高度交通システム (its))”，電子情報通信学会論文誌．A，基礎・境界，90，1，pp. 54-65 (2007-01-01)。
- [3] M. Molinier, T. Hame and H. Ahola: “3d-connected components analysis for traffic monitoring in image sequences acquired from a helicopter”, Image Analysis, Vol. 3540 of Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin / Heidelberg, pp. 75-82 (2005)。