

交差点における交通事象把握*

5M-11

松下 康之† 上條 俊介† 池内 克史† 坂内 正夫†

東京大学生産技術研究所第3部坂内研究室†

1 はじめに

本研究は、近年の知的交通システム (ITS) における交通状態認識の一環として、路側カメラからの入力画像を処理することで交差点内の交通事象把握を行うことを目的としている。本稿では、この中から背景差分の重畳による駐車車両検出、隠れマルコフモデル (HMM) を用いた事故検出についてその手法と実験結果について述べる。

2 駐車車両の検出

本研究で作成した駐車車両検出アルゴリズムは以下の通りである。

$$|i(t) - i(t-1)| < th_{fr}(t) \quad (1)$$

$$|b(t) - i(t)| > th_{bg}(t) \quad (2)$$

各画素に対して上記の判別式を適用し、式(1)と式(2)を同時に満たす画素に1をそうでない画素に0を与えるビットマップを作成する。 $i(t)$, $i(t-1)$ はそれぞれ、時刻 t および時刻 $t-1$ における着目点の画素値であり、 $th_{fr}(t)$ はフレーム間差分におけるしきい値、 $th_{bg}(t)$ は背景差分におけるしきい値とする。このようにして作成したビットマップを一定時間蓄え、それを各画素について時系列に積をとり、その結果が1であれば駐車車両存在領域、もしくは着目画像内における構造変化と判断できる。

(1) 式はフレーム間差分の条件式であり、この式の逆が満たされるということは、物体が移動して着目画素に侵入した、もしくは着目画素から出ていったということが言える。また(2)式は背景差分であり、着目点

上に移動物体が存在する場合に(2)式は満たされる。これらの条件式から、この両式を満足させる着目点においては移動物体が存在し、かつそれが停止している場合であると判断する。

この駐車車両検出の実験結果を表1に示す。実験は、日中、夜間ともに様々な気象条件下で行った。表1中の50件中4件の誤検出は、晴れの日々の照度変化の影響や、ビル陰の移動によるものであり、それ以外の条件下では誤検出は無かった。また、全ての条件下において検出漏れはなかった。

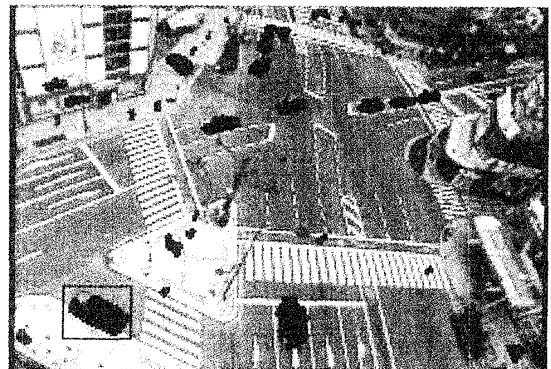


図1: 駐車車両検出

駐車車両数	正検出	誤検出	検出漏れ
50	50	4	0

表1: 駐車車両検出実験結果

3 HMM を用いた事故検出

事故検出を行うために、個々の車両の移動ベクトルを車両のトラッキングから算出し、その相関関係の時系列シーケンスを認識するための手法として、代表的な確率モデルである HMM を適用した。この際、カメラの角度や交差点形状に依存しない特徴量を抽出するために以下のような手法を用いた。まず2つの移動物体の移動ベクトルについて差分を求める。それを回

*Traffic incident detection at intersections

†Yasuyuki Matsushita, Shunsuke Kamijo, Katsushi Ikeuchi, Masao Sakauchi

‡7-22-1 Roppongi, Minato-ku, Tokyo 106-8558, JAPAN
Sakauchi Lab., The 3rd Department, Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo

e-mail: yasuyuki@sak.iis.u-tokyo.ac.jp

転,正規化し、得られたベクトルを図2のように0-12の観測量として量子化する。

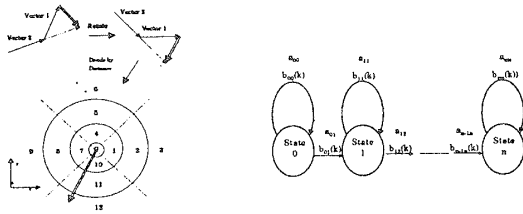


図 2: Feature extraction 図 3: Left-to-Right HMM

このようにして得られた特徴量を図3の Left-to-Right HMMに入力する。その際のパラメータ a_{ij} は状態 i から状態 j への遷移確率, $b_{ij}(k)$ は状態 i から状態 j へ遷移するときに観測量 k を出力する確率であり, $a_{ij} = 0 (j \neq i, i + 1)$, $b_{ij}(k) = 0 (j \neq i, i + 1)$ である。パラメータ $a_{ij}, b_{ij}(k)$ は, Baum-Welch algorithm によってトレーニングし, このようにトレーニングされた HMM のモデルが λ で与えられたとすると, 時刻 t において状態 i にある確率 $\alpha_t(i)$ は, 以下の式 (3) で表される。認識過程において $\alpha_t(i)$ は式 (4)(5) により帰納的に求まる。

$$\alpha_t(i) = P(o_1 o_2 \dots o_t, q_t = S_i | \lambda) \quad (3)$$

$$\alpha_1(j) = a_{0j} b_{0j}(o_1) \quad j = 0, 1 \quad (4)$$

$$\alpha_{t+1}(j) = \left(\sum_{i=0}^1 \alpha_t(i) a_{ij} \right) b_{ij}(o_{t+1}) \quad j = 0, 1 \quad (5)$$

$$P(o_1 o_2 \dots o_T | \lambda) = \sum_{j=0}^1 \alpha_T(j) \quad (6)$$

この結果求められた $P(o_1 o_2 \dots o_T | \lambda)$ は, 認識しようとする観測シーケンス $o_1 o_2 \dots o_T$ がモデル λ と一致する確率を表している。従って, モデルを様々なカテゴリごとに用意して, 各々について計算された $P(o_1 o_2 \dots o_T | \lambda)$ を比較することにより, 最も類似したカテゴリに分類できる。

今回は, 観測量が互いに似通った3つの事象, 追突事故, タンデム (先行車両の一時停止に伴い後続車両が停止するときに, 再び先行車両が走りだし, それに追従して後続車両が走り出す), 通過 (停止, またはゆっくり動いている車の隣の車線を車が通過していく場合) を考え, それらを分類する実験を行った。これらの典型的な3つの事象について, 観測シーケンスを以下に示す。それぞれの観測シーケンスは, 20の観測量からなり, それぞれの観測量は1枚の画像フレームに相当する。ここで O^1, O^2, O^3 はそれぞれ, 追突事故, タンデム, 通過のシーケンスである。10フレーム/秒の画像を用いている。

O^{1-1}	00011333000877700000
O^{1-2}	00001231000777770000
O^2	00000122110787000000
O^3	001123333333332211000

HMM は事象 1,2,3 のそれぞれについてトレーニングされ, パラメータ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ が得られる。この実験では3種類の HMM に, それぞれ40の学習データを与えてトレーニングした。表2は, 上記のようにトレーニングされたモデルパラメータ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ を用いて, 観測シーケンス $O^{1-1}, O^{1-2}, O^2, O^3$ を認識した実験結果を示している。結果は $P(O^i | \lambda_j)$ の指数で表されているので, 全ての数値は負であり, その絶対値が小さいほど良い適合度を示している。 O^{1-1}, O^{1-2} は異なる交差点における事故データであるが, 表2からわかるように正しく認識されている。また, タンデムや通過も正しく分類されている。

	λ_1	λ_2	λ_3
O^{1-1}	-13.7	-53.3	-98.2
O^{1-2}	-13.2	-28.4	-87.9
O^2	-24.1	-15.1	-51.5
O^3	-37.8	-126.0	-9.5

O : 認識すべき観測列 λ : 学習されたモデル

表 2: 隠れマルコフモデルによる認識結果

4 まとめ

本稿では, 我々が開発した駐車車両検出, 事故検出手法について述べた。駐車車両検出は, 比較的単純な手法で有効性を確認できたが, 照度変化への対応が今後の課題となる。事故検出に関しては, 現段階では事故データの数が少ないため統計的な結果を出すに至らないが, 異なる交差点内での事故を同じ手法をもって検出に成功している。今後はより多くの実験を行うことで HMM を用いる手法の妥当性を確認する。

参考文献

- [1] Andrew H. S. Lai and Nelson H. C. Yung, "A Video-Based System Methodology for Detecting Red Light Runners" Proc of IAPR Workshop on MVA '98, pp23-26
- [2] W.E.L. Grimson, C. Stauffer, R.Romano and L.Lee "Using adaptive tracking to classify and monitor activities in a site" Proc. of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Session T1A, Jun.1998