

移動支援システムに対応した

環境変動に頑健な移動体追跡処理とその評価

Evaluation of Robust Moving Object Tracking for Mobility Support System

吉水 宏† 香山 健太郎†† 藤吉 弘亘††† 小村 剛史††† 矢入 (江口) 郁子†† 猪木 誠二††
 Hiroshi Yoshimizu Kentaro Kayama Hironobu Fujiyoshi Takeshi Komura Ikuko Eguchi Yairi Seiji Igi

1. はじめに

高齢者・障害者の自立的移動を支援する RCT (Robotic Communication Terminals) として様々な設備/機器の提案が行われている[1]。高齢者・身障者の自立移動支援のためには、経路などの情報を提供するだけでなく危険に対する警告など認知の補助が不可欠である。このため、我々は、この機能を受け持つ端末としてコンピュータビジョンを用いた環境端末システム (Environment-Embedded Terminal: EET) を提案している[2]。このシステムに要求される機能としては、

- ・ 人間、自転車、自動車が共存する道路での移動体検出
- ・ 検出物体のフレーム間での対応付けと危険判定
- ・ 駐停車車両、放置自転車などの障害物の検出

などがある。(図1) また、屋外環境で運用されることから天候・時間変化になどの外乱に対して頑健なシステムであることが求められる。

本稿では、環境端末システムの中で検出物体の移動速度と移動方向(歩行者や交差点に対して接近/遠ざかる)を映像データから求めるためのフレーム間追跡の方式を示す。また、その方式を実際の道路映像に適用した場合の検出成功率及び天候や時間帯などでの検出失敗要因などについて報告する。

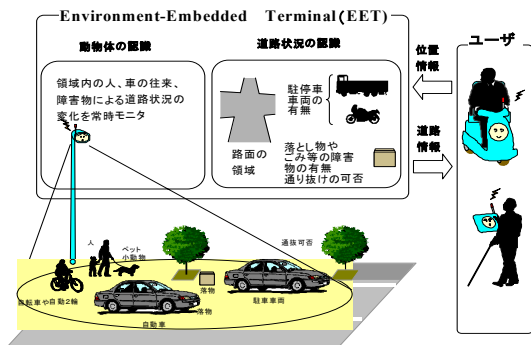


図1 環境端末システム (Environment-Embedded Terminal)

2. 実現方式

EET システムのカメラは、一般の生活道路をターゲットとする関係から地上高 5m 程度に設置される。このためカメラ視界は斜めになり、移動体の見掛けの大きさがカメラの近傍と遠方で大きく変化し、フレーム間の追跡を困難にしている。この対策として、移動体の見掛けのサイズに依存しない色情報とワールド座標を使用する。スクリーン座標からワールド座標への変換は、カメラの設置場所周辺の電子地図を用いて、スクリーン上と地図上 3 点の座標の対応を取り、カメラ設置高と合わせて、変換テーブルを生成する。この時、地面は水平、移動体は地面に接地してい

る事を前提とする。以下にそれぞれの処理シーケンス毎の実現方式を示す。

2.1 移動体検出

移動体検出については、背景差分法[3]により背景と移動体の分離を行う。また、背景イメージ $B(t)$ は環境変化へ追従するように次式(指数平滑法)にて随時更新を行う。

$$B(t) = \alpha \cdot I(t) + (1 - \alpha) \cdot B(t-1) : (0 < \alpha < 1)$$

$I(t)$: 現在の輝度値, $B(t-1)$: $t-1$ の背景輝度値

α : 背景への取込み速度を制御する定数

2.2 移動体の色情報による対応付け

検出された移動体領域のイメージから色情報として HSV 系の色相 (H)、彩度 (S) の成分を抽出する。H、S をそれぞれ X/Y 軸とし、出現頻度を Z 軸としてヒストグラムを生成し、出現頻度の高い領域を色ヒストグラム $C(t)$ として求める。

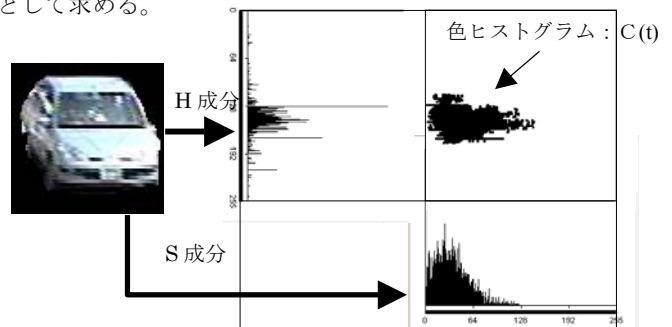


図2 色相(H)/彩度(S)成分によるヒストグラム

この色ヒストグラム $C(t)$ を $C(t-1)$ と以下の式にて比較を行い、各移動体の対応確率 P_c を求める。

$$P_c = 1 - \frac{\sum_{s,h} |C_{s,h}(t-1) - C_{s,h}(t)|}{\sum_{s,h} (C_{s,h}(t-1) + C_{s,h}(t))}$$

2.3 移動量/移動方向による対応付け

移動体は、急激な方向転換/速度変化は無いという拘束条件の下で時刻 t に検出された移動体候補と $t-1$ に検出された移動体の座標の関係から対応を推定する。

t 時の移動体の推定位置は、 $t-1$ の変化情報 $D(t-1)$ ($t-2$ から $t-1$ への移動量) を用いて $t-1$ から t への移動予測位置 $X(t)'$ をワールド座標系内で定める。この予測位置 $X(t)'$ と t の移動体の位置 $X(t)$ を用いて次式に従って移動変化率 P_x を求める。

$$P_x = 1 - \frac{|X(t) - X(t)'|}{2 \cdot D(t-1)} \quad \begin{array}{l} D(t-1) \text{ が未決の時} \\ P_x = 1.0 \end{array}$$

また、 $t-1$ の移動方向 $\theta(t-1)$ (ワールド座標で東を 0 度として反時計回りの角度) が存在する場合は、 $\theta(t)$ の方向変化率 P_θ を以下の式に従って求める。

$$P_\theta = 1 - \frac{|\theta(t-1) - \theta(t)|}{180} \quad \begin{array}{l} \theta(t-1) \text{ が未決の時} \\ P_\theta = 1.0 \end{array}$$

† 三菱電機エンジニアリング株式会社 (Mitsubishi Electric Engineering Company Limited)

†† 通信総合研究所 (Communications Research Laboratory)

††† 中部大学 (Chubu University)

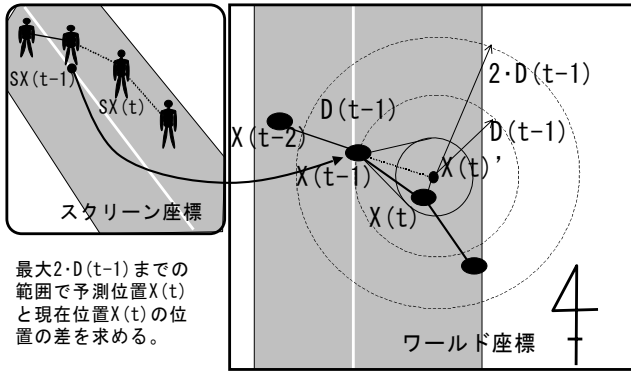


図3 移動量/移動方向による対応付け

2.4 オクルージョン対策

上記の2つの方法では、移動体にオクルージョンが発生した場合に正常に追跡が行えないことから、上記の推定処理と並行して、時空間 MRF モデルを使用した追跡処理[4]の判別法を用いてオクルージョンが発生した移動体の分離を行う。重複物体が発生した場合は、分離した移動体に対して色及び座標の確率を求める。

2.5 移動体のフレーム間での対応付け

以上のデータをもとに以下の判別式に従って P_{ALL} を求め、最も確率が高い組み合わせを選択する。

$$P_{ALL} = P_C \cdot P_X \cdot P_\theta$$

3. 評価映像データの作成

評価用の映像データは、神奈川県鎌倉市(カメラ1)、東京都小金井市(カメラ2)にて取得した映像データベース3年間分以下に示す天候/時間条件に合った映像を用意した。(全43種類, 時間数: 23時間)

天候条件	定義(状態)	詳細分類
晴天	はっきりした影が生じる程度の日照がある	影が長い, 影が短い, 画面の半分が影で日照部の影は長い, 画面の半分が影で日照部の影は短い
曇天	影が薄い又は無い状態で降雨が無い	
雨天	降雨時	
雨上がり後	降雨はないが路面が濡れていて反射率が高い	
雪天	降雪時で背景が雪で覆われている	

時間条件	定義(状態)
朝	薄暗い状態から日が昇り明るくなるまで
日中	日の出~日没前まで
日中~夕方	日没前から薄暗い状態になるまで
夕方~夜間	日没後の薄暗い状態から暗くなるまで
夜間	完全に暗い状態

4. 評価実験

4.1 追跡結果の評価方法

EET システムでは、フレーム間追跡結果を処理画面上に直線で表示を行うことから、目視により以下の判定条件に従って成功/失敗の判定を行った。ある物体が画面上に現れて、移動して消えるまでの時間 (T[sec]) に対して対象物体を連続的に追跡出来た時間 (tp[sec]) が 70%以上の場合は追跡成功とする。以上の条件で全映像データの評価を行い天候/時間条件毎の追跡成功率を求める。

4.2 実験結果

本システムの評価結果を図4に示す。

全評価移動体数: 1853例

平均追跡成功率: 76% (夜間を除く)

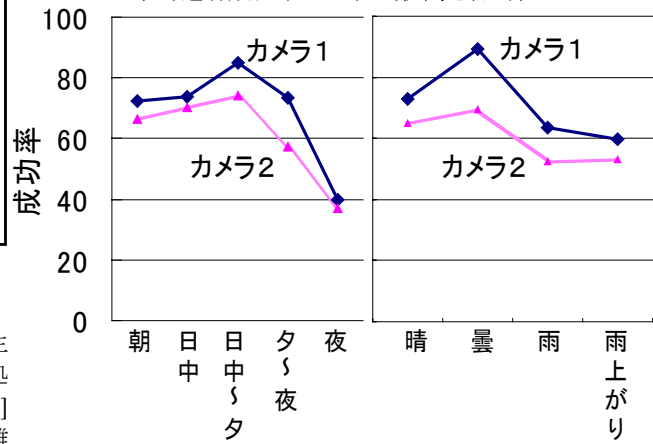


図4 時間帯・天候別追跡成功率

時間帯分類グラフでは、夕方~夜間、夜間の成功率が低い。これは、ヘッドライトなど輝度の高い領域を抽出する関係で色に関するパラメータが無効な状態となり、失敗した例が多く発生したためである。

天候別(夜間を除く)で分類グラフでは、雨天及び雨上がりで成功率が低くなっている。これは、雨天状態の場合、画面全体の輝度、彩度の差が小さいため色での判別が難しいことが原因と考えられる。また、曇りよりも晴の成功率が低いのは、周辺建造物の影や移動体自身の影により移動体の形状が大きく変化する場合があり、移動量/移動方向が大きく変化して、失敗と判定される例が多いためである。

5. まとめ

移動体のフレーム間追跡の方式として、移動体の色情報/移動量/移動方向/時空間 MRF モデルを組み合わせた方式について、移動体追跡能力を天候/時間帯などによって分類された映像データにて評価を実施した。今後は、環境条件の多様化/詳細化を図ると共に天候/時間帯などの環境変化に対して適正な閾値を自動的に抽出し、変更を行う機能を備えることで、環境変化により強いシステムとしていく予定である。

参考文献

- [1] 矢入(江口)郁子, 猪木誠二, 「高齢者・障害者の自立的移動を支援する Robotic Communication Terminals(3)」, 人工知能学会論文誌, vol.18, No.1, pp.29-35(2003).
- [2] 藤吉弘亘, 小村剛史, 香山健太郎, 吉水宏, 「歩行者支援を目的とした環境変動に頑強な道路状況の自動抽出」, 第17回人工知能学会全国大会論文集, 2B3-02(2003).
- [3] 藤吉弘亘, 金出武雄, 「複数物体の重なりを理解するレイヤー型検出法」, 第7回画像センシングシンポジウム, June(2001).
- [4] 上條俊介, 松下康之, 池内克史, 坂内正夫, 「時空間 Markov Random Field Model による隠れにロバストなトラッキングアルゴリズム」, 電子情報通信学会論文誌, vol.183-D-II, no.12, pp.2597-2609(2000).