

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月1日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500174

研究課題名（和文） 不規則運動を伴う複数移動体の識別・追跡処理の構築

研究課題名（英文） Construction of Recognition and Tracking Methods to Multi-Moving Object with Random Walk

研究代表者

高橋 悟 (TAKAHASHI SATORU)

香川大学・工学部・准教授

研究者番号：50297579

研究成果の概要（和文）：画像の照明変動による輝度変化や移動体の運動に伴う遮蔽や移動体領域の変動の影響を受け

ず、個々の移動体の同時認識および同時追跡を行う動画処理手法の開発を目的とする。特に、画像照合技術の方向符号照合法や不規則に移動する単一物体の認識手法を応用し、動画中の不規則運動をする複数の移動体を瞬時に識別し、追跡する新たな処理技術の構築を実施した。

研究成果の概要（英文）：We have developed the image processing methods of both simultaneous recognition and tracking to moving object without influence of the brightness change by the illumination fluctuation and the change of region of moving object.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：

科研費の分科・細目：情報学、知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像認識、画像理解、方向符号照合法

1. 研究開始当初の背景

不審者の識別・監視や高度道路交通網システムにおける車輛認識の分野において、固定カメラから得られる動画中の特定人物や車輛などを移動体と定め、それらを識別し、かつ追跡することは重要な課題である。近年、医学分野において、顕微鏡の動画からシャーレ上の癌細胞、微生物、特定のバクテリアを移動体と考え、時系列に識別・追跡することは癌進行や病原体の確認手段として期待されている。

動画中の移動体を正確に識別かつ追跡するためには、画像間の輝度変化や移動体の運

動に伴う移動体領域の遮蔽、さらには時間経過に伴う移動体の領域変動を考慮することが必要不可欠である。

上述の課題を解決するために、過去、背景更新手法による認識・追跡などの研究開発が盛んに執り行われているが、背景更新手法では画像の輝度変化に弱く正確な背景画像が得られず、背景更新後の移動体の抽出や追跡に対して著しく精度を落とす場合がある。また、時系列的に生じる移動体自身の領域変化や遮蔽に対応することは困難である。従って、時系列画像の輝度変化に強く、かつ各画素情報を正確に得ることができる方向符号照合

手法と移動体の領域変化や不規則に運動する移動体の認識手法を改良し、動画中に複数存在する移動体を個別に識別かつ同時追跡する手法を確立する。ここで、方向符号照合法は、ある画素近傍における明度変化が最大となる勾配方向を量子化した値を符号として用いる手法であり、この方向符号分布は、輝度変動や遮蔽の影響を受けにくく、無相関画像の類似度を示す画像処理技術であり、有益な画像処理手法である。

2. 研究の目的

画像の照明変動による輝度変化や移動体の運動に伴う遮蔽や移動体領域の変動の影響を受けず、個々の移動体の同時認識および同時追跡を行う動画処理手法の開発を目的とする。特に、画像照合技術である方向符号照合法や不規則に移動する単一物体の認識手法を応用し、動画中の不規則運動をする複数の移動体を瞬時に識別し、かつ追跡する新たな処理技術の構築を行う。例えば、複数の移動体から特定の移動体を識別する場合、画素の輝度勾配に基づく方向符号照合法を適用することで、輝度変化にとらわれず、移動体領域を抽出することが可能である。このとき、方向符号照合法は各画素の特徴を鮮明に表現可能であるため、この手法を動画像に応用し、不規則に移動する複数物体の同時認識かつ追跡に向けた研究開発を実施する。

さらに、本手法が構築されることで、人物の追跡監視システムや高度道路交通システムにおける安全監視システムの精度向上が可能となる。また、癌細胞、微生物やバイクテリアの認識や追跡等に対応でき、生体観測が可能となる。

3. 研究の方法

環境変化から生じる輝度変動や移動体自身の不規則運動に伴う移動体領域の変化や遮蔽に対応可能な同時識別・同時追跡手法の構築、すなわち不規則運動をする移動体の追跡を行うためには、先に方向符号照合法処理に基づき個体識別を実施し、各移動体の動きの連続性から導出される運動ベクトルや方向符号の類似度を組み合わせ、各個体の同時追跡を行うことが大事である。

次の項目に従い、研究開発を進め、手法の構築を行った。

(1) 複数の移動体の同時識別処理

方向符号照合法にて得られる画像間の照合位置に対して、移動量(図1参照・移動ベクトル値)を算出し、その移動量を比較することで移動体の個体識別を実施する。このとき、画像間の移動体の領域変動に対応するために、方向符号から導出される豊富度を画像間において保持し、複数の移動体の個別認識

に適用する。さらに、これらの時系列情報を用いることで、移動体の遮蔽に対応する処理を検討実施する。

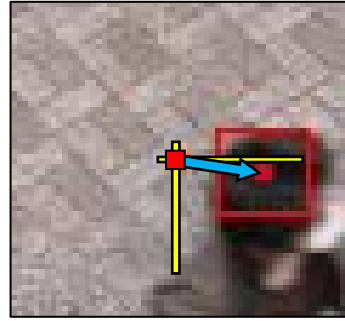


図1 時刻 t-1 と時刻 t に基づくベクトル値

(2) 複数の移動体の同時追跡処理

前述の(1)で得られる個体の識別領域に対して、対象となる移動体領域の移動ベクトルを算出し、その移動ベクトルのヒストグラムを生成する。このヒストグラムにおける最頻値を逐次比較処理を行い、複数の移動体の追跡を実施する。さらに、不規則運動の移動体の追跡精度を向上させるために、運動推定フィルタとして次式の拡張カルマンフィルタを適用する。

$$\hat{x}_k = [\hat{i}_k, \hat{j}_k, \hat{v}_{ik}, \hat{v}_{jk}, \hat{a}_{ik}, \hat{a}_{jk}]^T, y_k = [i_k, j_k]^T$$

$$\begin{cases} \hat{x}_k = F\hat{x}_{k-1} \\ \hat{x}_{k-1} = \hat{x}_{k-2} + K_{k-1}(y_{k-1} - H\hat{x}_{k-2}) \\ K_{k-1} = \hat{P}_{k-2}H^T(H\hat{P}_{k-2}H^T - I_{2 \times 2})^{-1} \\ \hat{P}_{k-1} = \hat{P}_{k-2} - K_{k-1}H\hat{P}_{k-2} \\ \hat{P}_k = F\hat{P}_{k-1}F^T + G\sigma G^T \end{cases}$$

ここで、拡張カルマンフィルタの状態ベクトル \hat{x}_k 、入力となる観測ベクトル y_k とおく。状態ベクトルは、各時刻における対象物の位置、速度、加速度を用いる。このとき、移動体の位置推定(図2参照)を行う。

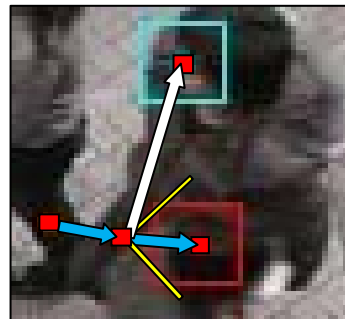


図2 個体識別のための位置推定

(3) 最適な符号照合処理時間とフレーム間処理の高速化

動画像のリアルタイム処理を行うために、方向符号照合時の類似度正解率を軽減しない照合領域最小値を求め、方向符号計算の時間低減を行う。さらに、画像処理に必要なフレーム数を求め、画像取得に必要な時間を抑えることで高速化を図る。

4. 研究成果

(1) 複数の移動体の同時識別処理

方向符号照合法にて得られる画像間の照合位置に対して、移動量と移動角を求め、それらを各個体の照合位置毎に比較することで、複数の移動体の個別識別および遮蔽処理を行った。特に、移動量は時系列画像間の各照合位置の画素に対する方向符号に基づく残差絶対値の総和を比較し、算出する。通常の時系列画像差分により得られるベクトル値より、高精度に各照合画素に対する移動量を導くことが可能であった。さらに、この移動ベクトルの値を保存し各ベクトルの大きさや向きの相違により、遮蔽が生じた場合においても移動体を見失わず、個別認識が可能となった(図3参照)。特に、方向符号の分布を比較することは、画像毎の固有性を強く保有し、無相関画像同士の類似度の定常性を保持する方向符号の特長からも有効な手段である。画像間の移動体の領域変動に対応するため、各時系列画像における方向符号の豊富度を算出し、各移動体の豊富度比較を行うことで、移動体領域の伸縮が生じた場合に対応した。豊富度は移動体特有の情報を持つため、移動体領域の伸縮が生じる場合におけるエントロピーの定常特性より個別識別が可能である。



図3 遮蔽状態における移動体認識

(2) 複数の移動体の同時追跡処理

(1)において検出された各移動体を照合領域に対して、移動体の領域の移動ベクトルを算出し、その後移動ベクトルのヒストグラムを生成する。そして、ヒストグラムにおける最頻値を時系列に逐次比較することにより、時系列画像間において同一移動体であるか判定し、不規則に運動する複数移動体の同時追跡を行った。移動ベクトルのヒストグラムを構成し、ピークの総数により移動体の個体数の認識を行う。特に、ピークの時系列追跡

を行うことで複数個体の同時追跡を可能にする。ただし、画像ノイズが生じている際は、移動ベクトル値にガウス関数の重み付けを行い、ある閾値以上となる値を新たな移動ベクトル値として再定義し対応する。

上記等に基づき、複数移動体の個別追跡を実施した(図4参照)。特に、方向符号照合法の特徴として輝度変化に拘わらず、追跡可能であるため、図4では輝度値が暗い場合における複数追跡結果を示す。明るい状態においても複数同時追跡も可能である。

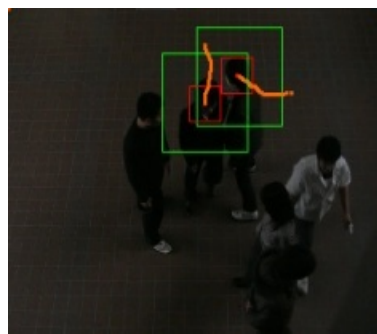


図4 複数移動体の同時追跡

(3) フレーム間処理の高速化

リアルタイム処理を目的として、移動体の探索照合領域の最小設定値を探索し、方向符号照合法の類似度計算の時間低減を行った。このとき、最適な探索照合領域を設定し、照合正解率を落さず余計な探索領域処理を行わないアルゴリズム構築を実施した。最適探索領域の決定は、特に移動体の画像間の移動量と移動角を用い、照合範囲の限定操作を行うことで導出する。さらに、照合画像の取得フレーム数をサンプリングタイム毎とせず、画像取得の時間を抑えることで単純に全体処理時間の軽減を行った。実験的には3フレーム毎の更新時が最適となる。ただし、論理的検証は今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

①岡崎伸哉、田中孝之、金子俊一、高氏秀則、高地伸夫、山田光晴、カメラ振動を考慮したステレオ計測誤差モデル、電気学会産業応用部門論文誌、査読有、Vol. 131、No. 4、2011、pp. 522-530

②和島直哉、高橋悟、伊藤誠也、佐藤雄隆、金子俊一、放射リーチフィルタに基づく背景変動を考慮した移動体追跡、電気学会産業応用部門論文誌、査読有、Vol. 131、No. 4、2011、pp. 137-143

③奈良俊介、高橋悟、マークタグ検出に基づく移動体追跡、Journal of Information、査読有、Vol. 14、No. 2、2011、pp. 469-482

④和島直哉、高橋悟、伊藤誠也、佐藤雄隆、金子俊一、Radial Reach Filterに基づく動画像処理を用いた移動体追跡法、電気学会論文誌電子・情報・システム部門誌、査読有、Vol. 129、No. 1、2009、pp. 1942-1948

⑤李媛、高氏秀則、大村功、金子俊一、田中孝之、方向符号照合に基づくロバスト合焦法、精密工学会論文誌、査読有、Vol. 75、No. 5、2009、pp. 650-656

〔学会発表〕(計 13 件)

①高橋悟、生物の行動観測に向けた動画像処理手法、第 64 回日本衛生動物学会大会講演会、2012 年 3 月 29 日～31 日、長野県信州大学

②高橋悟、生物の行動観測へ向けたロバスト追跡手法、第 17 回ロボティクスシンポジウム、2012 年 3 月 14 日～15 日、山口県萩市

③高橋悟、Robust tracking method for behaviour observation of creature、18th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision、2012 年 3 月 2 日～4 日、神奈川県川崎市

④高橋悟、Robust tracking method to multiple objects、37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society、2011 年 11 月 7 日～10 日、オーストラリアメルボルン市

⑤高橋悟、Vision-based tracking with extended Kalman filter、18th IFAC World Congress on Automatic Control、2011 年 8 月 28 日～9 月 2 日、イタリアミラノ市

⑥高橋悟、Vision-based tracking method to multiple interacting targets、36th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society、2010 年 11 月 7～10 日、米国アリゾナ州フェニックス Renaissance Hotel & Conference Center

⑦高橋悟、不規則移動体に対するロバストトラッキング手法、動的画像処理実利用化ワークショップ講演会、2011 年 3 月 3～4 日、徳島県徳島市四国大学交流プラザ

⑧金子俊一、Modeling of stereo measurement

error by considering camera vibration、International Symposium on Optomechatronic Technologies 2010、2010 年 10 月 8～10 日、カナダ、トロント、Metro Toronto Convention Centre

⑨金子俊一、Rapid computation of robust optical flow by efficient complementary voting、World Automation Congress 2010、World Automation Congress 2010、2010 年 9 月 19～23 日、兵庫県神戸市神戸国際会議場

⑩高橋悟、モーシヨンステレオ法のための高速な探索領域削減法、動的画像処理実利用化ワークショップ、2010 年 3 月、山梨県甲府市山梨県立男女共同参画推進センター

⑪金子俊一、OCMを用いた固定観測のためのビジュアルフィードバック、第 14 回知能メカトロニクスワークショップ講演会、2009 年 9 月、和歌山県和歌山市和歌山大学システム工学部

⑫金子俊一、OCMを用いた生体ビジュアルフィードバック、精密工学会北海道大学支部 50 周年記念学術講演会、2009 年 9 月、北海道釧路市釧路工業高等専門学校

⑬高橋悟、モーシヨンベクトルを利用したロバストな移動体追跡、第 15 回画像センシングシンポジウム、2009 年 6 月、神奈川県横浜市パシフィコ横浜

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

〔その他〕

特にありません。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 悟 (TAKAHASHI SATORU)
香川大学・工学部・准教授
研究者番号：50297579

(2) 研究分担者

金子 俊一 (KANEKO SHUNICHI)
北海道大学・工学部・教授
研究者番号：50134789