

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 4月 1日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500169

研究課題名（和文）屋外動的背景下での人物領域検出の安定化

研究課題名（英文）A study for stabilization of human region detection in outdoor scenes.

研究代表者

岩井儀雄（IWAI YOSHIO）

鳥取大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70294163

研究成果の概要（和文）：

本研究では、草木などの揺れにより背景領域を物体として検出してしまう問題と、背景色と同じ物体は抽出することが出来ない問題に対して、人物領域を安定に抽出する方法を開発する。しかしながら、この2つの問題はトレードオフの関係にあり、草木の揺れなどに対応しようとして、安易に背景の範囲を広げてしまうと、背景色が多くなり、物体の検出率が落ちてしまう。そのため、事例データベースに基づく手法により、安定的に人物領域を抽出できる手法を開発し、数値的には遜色のない抽出性能を得られた。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we have developed an exemplar-based approach to efficiently detect moving object that are similar in color to the background. Exemplar database is constructed from couples of degraded and complete human silhouette patterns. In our approach, the relationship between the degraded pattern and the complete human silhouette patterns is formulated and compensation of degraded area is performed by optimization in a block-based manner. The experimental results proved the efficiency of the proposed method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

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：コンピュータビジョン

1. 研究開始当初の背景

近年、犯罪の増加傾向に伴って監視カメラが多数設置されつつある。さらに、監視カメラで捉えられた映像は、レコーダに記録されており、必要時に解析できるようになっている。しかしながら、監視カメラの増加に伴っ

て、蓄積される映像データも膨大になり、必要な情報を得るために膨大な映像データを確認しなければならないという問題点も生じてきた。もし、人物などが映っている領域などを安定して自動抽出することが出来れば、無駄な映像データを確認する必要がなく、

監視カメラ等に映っている人物のみをチェックすれば良いように省力化することが出来る。また、監視業務においても、人物がいるかどうかの判定を自動で行なうことが出来るので、監視員の負担も軽減することが出来る。

そこで、人物などの領域を安定にとり出すために、映像の背景部分推定する研究が盛んに行なわれている。人物領域の抽出は、その後の人物の追跡、行動理解、顔認識などの処理の前処理となるため非常に重要な処理である。特に、背景が変化しない静的な状態においては背景差分による抽出で安定にとり出すことが出来る。しかしながら、屋外などの背景が動的に変化する場合には、単純な背景差分では上手くいかず、多くの研究では、画素値の時間的に変化に対して、混合正規分布などの分布モデルを仮定して、統計的に判断を下している。

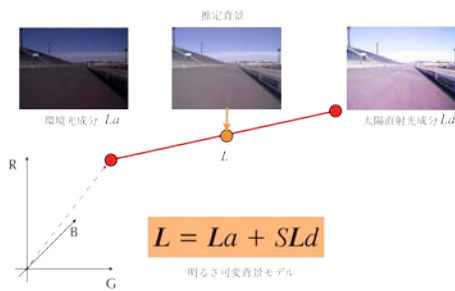


図1：明るさ可変背景モデル

研究代表者らも、屋外において太陽直射光と環境光を組み合わせた2色反射のモデルを明るさ可変背景として提案し(図1)、屋外において影の影響を排除して、人物領域を安定に抽出することが出来ることを示した。この方法では、太陽直射光と環境光の色成分をリアルタイムで推定しながら背景画像を生成して行くことで高速に人物領域を抽出することができる。また、人物の影の領域は太陽直射光成分を遮り、環境光成分のみになることが分かっているので、人物の領域と同時に、影の領域に関しても抽出して自動的に排除することが出来る。このように、屋外環境においては非常によい性能を持つ明るさ可変背景モデルであるが、カメラの映像中の背景物体が動くことは仮定しておらず、草木の揺れなどの微小な変動が生じると、移動物体として抽出してしまう欠点があった(図2参照)。また、背景差分法による人物領域の抽出は、背景画像と同じ色を持つ物体を検出できないという本質的問題が存在している。

2. 研究の目的

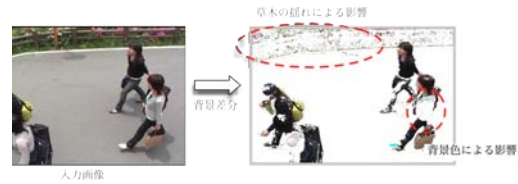


図2：従来法の問題点

本研究では、上で述べたように、草木などの揺れにより背景領域を物体として検出してしまう問題と背景色と同じ物体は抽出することが出来ない問題に対して、人物領域を安定に抽出する方法を開発する。特に、この2つの問題はトレードオフの関係にあり、草木の揺れなどに対応しようとして、安易に背景の範囲を広げてしまうと、背景色が多くなり、物体の検出率が落ちてしまうという問題がある。そのため、検出率を低下させないためには、物体領域に関する何らかの事前知識が必要となる。

草木などの揺れに対しては、背景モデルを複数持つことにより背景領域の表現範囲を拡張することで対応する。一方で、背景領域の表現範囲が広がってしまうと物体の検出領域が下がってしまうので、各画素における複数背景モデルを動的に切り替えることで背景色の範囲の増大を抑える。

また、背景色と同じ物体を抽出することが出来ない問題に対しては、背景差分法の本質的な欠点であり、背景差分法に頼っている限り解決することは出来ない。そこで、事前知識として、人物領域の欠損領域発生パターンと、補完された完全な人物領域パターンを組にした事例としてデータベースに保持しておき、人物領域が欠損した場合には、事例データベースから似た欠損パターンを探し出し、その欠損パターンと組になっている補完さ

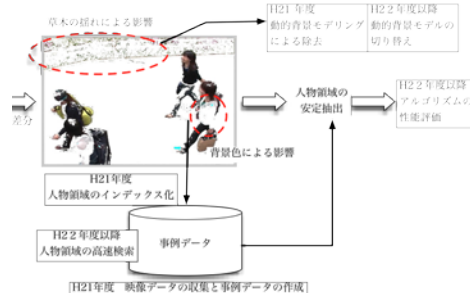


図3：研究全体の流れ

れた完全な人物領域パターンをとり出すことで、人物領域の補完を行なう。

3. 研究の方法

本研究では、図3に示すように、カメラから入力された映像データから、人物領域を安定に抽出する方法を開発する。人物領域を抽出するためには、背景画像を推定し、背景画像と入力画像との差分量から背景であるのか物体であるのかを判定する。差分を求めるときに、背景画像と同様な領域は人物領域とは判定されないため、図4に示すような補完処理を行なって人物領域を安定にとり出す。

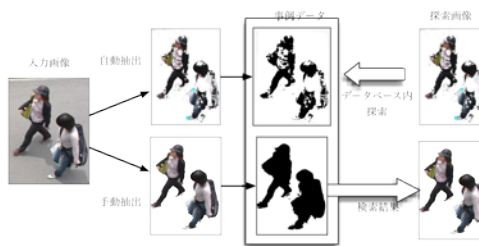


図4：人物領域の補完

図4のような補完処理を行なうためには、人物領域の事例データが大量に必要である。また、動的背景のモデリングのためにも長時間観測した映像データが必要である。そのため、固定カメラを利用して、研究期間中に大量の映像データを収集する。

事例データベースは、人物領域欠損パターンデータと人物領域完全パターンの組み合わせで登録する。データベースの検索キーは、入力画像と背景画像からの差分により得られた人物像である。この検索キーを用いて入力画像の人物像と近い事例パターンを探し出し人物領域完全パターンと置換えることで、安定な抽出を行なう。しかしながら、全ての人物像のパターンを事例として集めることは困難であり、また、多少の入力パターンの変動を許容したモノでなければ最終的な抽出精度が期待できない。そこで、人物パターンから特徴量を取り出し、インデックス化することである程度の入力パターン変動を吸収する。本サブテーマでは、どのような特徴量を取り出せば、人物領域を正確に補完できるかを検討する。

最後に、実際の映像データを利用して、構築したアルゴリズムの性能評価を行なう。また、その結果を元に各手法の改良を行なう。

4. 研究成果

(1) 最小化問題としての人物領域抽出

事例データベースを用いて入力画像上の

欠損を適切に補完し、完全な人物領域を得るには、入力画像の欠損情報から最も適した事例データを選び出す必要がある。そこで、補完により得られる推定完全画像を評価する目的関数を導入する。この目的関数を最小化することで、最適な推定完全画像を得る。

目的関数のイメージを図5に示す。入力パターンと欠損パターンの類似度を調べ、最適となるパターンを事例データベースからとり出す。また、周囲の画像との整合性も評価値に加え、まわりからの影響による平滑化効果も取り入れた。さらに、平滑化により腕や足などの突起形状が滑らかにされてしまうことを防ぐためのペナルティ項を導入した。ペナルティ項のイメージを図6に示す。

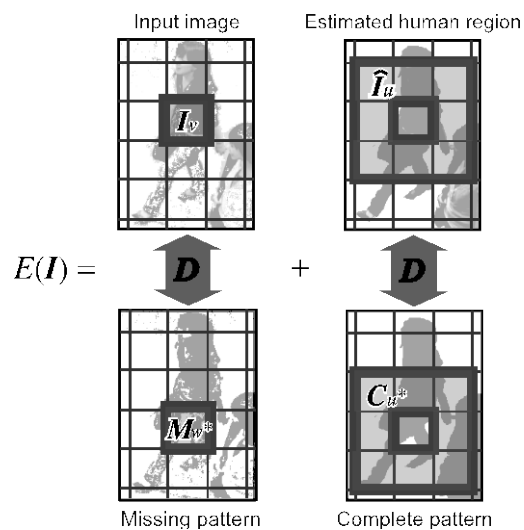


図5：目的関数のイメージ

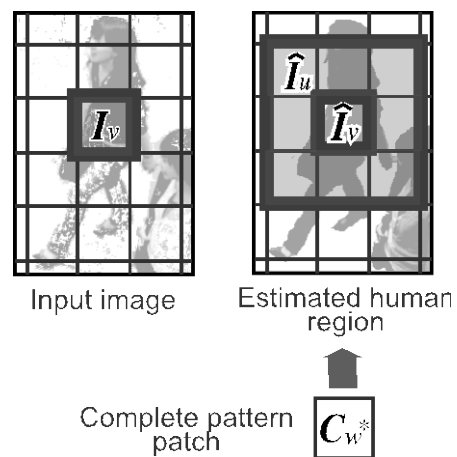


図6：ペナルティ項のイメージ

この目的関数を最適化することにより、人物領域を補完する。

(2) 評価実験

図7に提案手法を利用した人物領域抽出結果の入力画像，初期推定画像，最適化後の例を示す．図7(c)により，提案システムを通じて人物領域の欠損と，草木の揺れによる背景の欠損が補完されていることが見てとれる．また，図7(b)と(c)をみると，目的関数に平滑化項を用いたことにより滑らかな人物領域が得られていることが分かる．

さらに，ペナルティ項がある場合とない場合の推定完全画像を比較し，ペナルティ項の有効性を検証する実験を行った．実験に用いた入力画像と，手動抽出により得た目標の人物領域画像，ブロックサイズBを24, 32, 40の3通りに変化させてペナルティ項が有る場合と無い場合に得られる推定完全画像を，人物領域部分を拡大して図8に示す．図8の目標完全画像において，人物領域の総画素数は21345画素であり，入力画像では人物領域3285画素が欠損し，背景領域3360画素が過検出されていた．

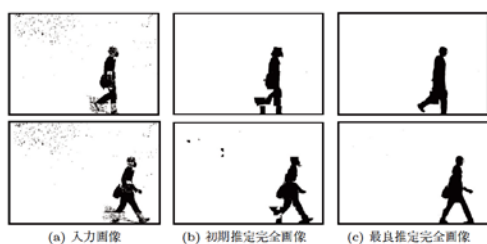


図7：入力画像に対する処理結果の例

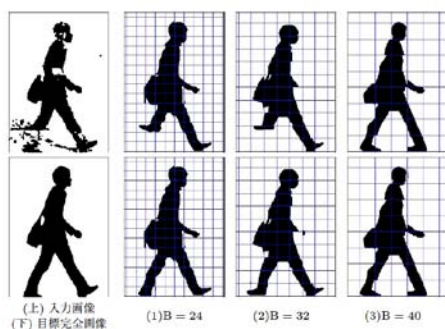


図8：ペナルティ項の有無による推定完全画像の比較；(上) ペナルティ項無し (下) ペナルティ項あり

事例データベースには，決められたブロックサイズに区切られた画像パッチが格納されている．人物の画像中に占める大きさは，カメラと人物までの距離に依存し，最適なパッチブロックのサイズは明らかでない．そこで，最適なブロックサイズの決定方法を検討

するために，さらに2つの場面に対して実験を行った．まず，複数の人物が重なったパターンが入力された場合に，その人物領域を適切に補完できるかを調べた．次に，大きさが異なる3つの人物領域パターンを入力し，人物領域の大きさとブロックサイズの関係性を調べた．

各場面について，実験に用いた画像と，手動抽出により得た目標の人物領域画像，ブロックサイズを変えて得られる推定完全画像を人物領域部分を拡大して，図9，図10にそれぞれ示す．



図9：複数の人物領域に対する推定完全画像の比較

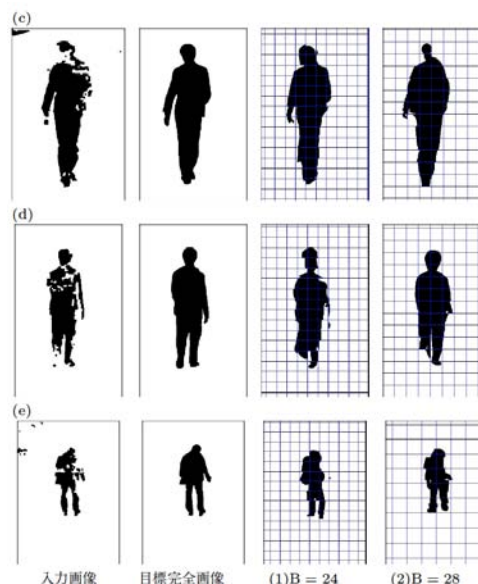


図10：異なる大きさの人物領域に対する推定完全画像の比較

さらに，他手法との比較検討のため，人物姿勢モデルを用いた従来手法と精度比較実

験を行った。提案手法は、ブロックサイズとして、5通りを用いて複数の結果を算出し、評価値が最も高いブロックを自動検出して得られた推定画像を最終結果とした。従来手法は、2000種類の3D姿勢データを学習データとして使い、1枚の画像から人物領域を推定する手法である。表1に、テスト画像10枚に対して行なった提案手法と、従来手法との精度比較を示す。提案手法は、215枚と少量の事例データベースしか用いていないにも関わらず、全ての結果に対して従来手法よりも高い検出結果(F値)を算出していることが分かった。

表1:提案手法と人物姿勢モデルを用いた従来手法との精度比較

入力画像	提案手法		従来手法 [6]		真値
	人物領域 (pixel)	F 値	人物領域 (pixel)	F 値	
(1)	17535	0.892	16733	0.787	15174
(2)	15800	0.895	16287	0.762	14293
(3)	18018	0.877	15890	0.832	14868
(4)	16760	0.890	16058	0.822	14911
(5)	18272	0.917	16197	0.795	16584
(6)	19448	0.874	16047	0.734	17649
(7)	19022	0.848	15624	0.703	17012
(8)	19691	0.852	16799	0.723	16789
(9)	20011	0.870	16808	0.757	16964
(10)	19111	0.909	16411	0.772	16827

(3) まとめ

我々は事例データを用いて、背景差分により得られる欠損を含んだ人物領域画像から欠損を補完した完全な人物領域画像を得る手法を提案した。事例データとして、人物領域の欠損パターンと完全パターンを組にしたものを作成し、これらをブロック単位で用いることで有限の事例データから多様な姿勢の補完を可能にした。そして、入力画像中の欠損に対する最適な事例データを選び出すために、入力画像と事例データ中のブロック間の関係を定義した目的関数を導入した。実験により、この目的関数を最小化することで、背景に草木のゆれなどの微小な変動がある環境においても欠損を補完した人物領域が得られることを確認した。また、提案システムにより得られる推定完全画像を評価する基準の有効性を検証し、最適なブロックサイズをシーンに応じて適宜選択する枠組みを構築した。

今後の課題として、異なる方向を向いた脚パターンが欠損補完に用いられるなど人物の全体形状を考慮していないために発生する問題を解決する必要がある。また、現在の事例データに基づく人物領域検出システムはデータベースの探索に多くの時間を要するため、ハッシュ関数などを用いて解空間を限定することで、計算時間を改善することが望まれる。

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4件)

- [1] Ayaka Yamamoto, Yoshio Iwai, Hiroshi Ishiguro, "Real-time Object Detection using Adaptive Background Model and Margined Sign Correlation," IEICE Trans. on Information and Systems, Vol. E94-D, No. 2, pp. 325-335, Feb. 2011. 査読有, (DOI: 10.1587/transinf.E94.D.325)
- [2] 小野友也, 岩井儀雄 "高周波数マーカとカーネル回帰による物体の姿勢推定," 電気学会論文誌C, Vol. 130, No. 9, pp. 1513-1523, Sep. 2010. 査読有, (DOI:10.1541/ieejc.130.1513)
- [3] 岩井儀雄, 青木康洋, 石黒浩, "行動素の混合分布に基づく行動認識と例外行動の検出", 電気学会論文誌C, Vol. 130, No. 4, pp. 546-556, Apr. 2010. 査読有, (DOI:10.1541/ieejc.130.546)
- [4] Kiyotaka Watanabe, Yoshio Iwai, Tetsuji Haga, Koichi Takeuchi, Masahiko Yachida, "Construction Method of Efficient Database for Learning-Based Video Super-Resolution," IPSJ Trans. on Computer Vision and Applications, Vol. 1, pp. 277-287, Dec. 2009. 査読有, (DOI:10.2197/ipsjtcva.1.277)

[学会発表] (計7件)

- [1] Hiroki Matsumoto, Yoshio Iwai, Yutaka Nakamura, Hiroshi Ishiguro, "An Air Conditioning Control Method Based on Biological Fluctuation," pp. 608-615, HCII2011, Florida, USA, July 2011.
- [2] Ayaka Yamamoto, Yoshio Iwai, Hiroshi Ishiguro, "Memory Based Human Region Detection," IAPR Conf. on Machine Vision Applications (MVA2011), Nara, Japan, June 2011.
- [3] Hiroki Matsumoto, Yoshio Iwai, Hiroshi Ishiguro, "Estimation of Thermal Comfort by Measuring Clo Value without Contact," IAPR Conf. on Machine Vision Applications (MVA2011), Nara, Japan, June 2011.
- [4] Yuya Ono, Yoshio Iwai, Hiroshi Ishiguro, "Relative Posture Estimation Using High Frequency Markers," Proc. Intl. Conf. on Robotics and Intelligent Systems (IROS2010), CD-ROM, Taipei, Oct. 2010.
- [5] Ayaka Yamamoto, Yoshio Iwai, "Real-time Object Detection with Adaptive Background Model and Margined

Sign Correlation," Proc. 9th Asian Conf. on Computer Vision (ACCV2009), pp. MP2-30, Xi'an, China, Sep. 2009.

[6] Yuzuko Utsumi, Yuta Matsumoto and Yoshio Iwai, "An Efficient Branch and Bound Method for Face Recognition," The IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA), Kuala Lumpur, Malaysia, Nov. 2009.

[7] Takayuki Katahira, Yoshio Iwai, "Self-location Recognition Using Azimuth Invariant Features and Wearable Sensors," Proc. Intl. Conf. on Robotics and Intelligent Systems (IROS2009), pp. 4757-4762, St. Louis, USA, Oct. 2009.

[その他]

<http://seki.ike.tottori-u.ac.jp/research/publications.ja.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩井儀雄 (IWAI YOSHIO)

鳥取大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70294163