

平成 21 年 6 月 22 日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18500145
 研究課題名（和文） 局所不変特徴量を用いた画像の対応付けに関する研究
 研究課題名（英文） Image Matching with Local Invariant Features
 研究代表者
 市村 直幸 (ICHIMURA NAOYUKI)
 独立行政法人産業技術総合研究所・脳神経情報研究部門・研究グループ長
 研究者番号：50356466

研究成果の概要：本研究では、複数の画像間で共通部分を探す対応付けと呼ばれる処理について研究を行った。対応付けを実現することにより、シーン内のどこに探している物体があるかを見出す物体認識や、三角測量に基づく距離計測等を、画像により行うことができる。対応付けの手段として、画像から多数の部分画像を切り出し、その部分画像から特徴を抽出する、局所不変特徴量という手段を用いた。研究結果として、(1) 画像の輝度変化を表すエッジを密にサンプリングする部分画像の切り出し方法、(2) 部分画像の切り出しやその特徴の計算を高速化するアルゴリズムと実装方法、(3) 局所特徴量の対応付け結果から、複数の認識対象の位置を計算するアルゴリズム、これらに関し成果を得た。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,600,000	0	1,600,000
2007 年度	600,000	180,000	780,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	390,000	3,290,000

研究分野：コンピュータビジョン

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、画像認識、情報システム

1. 研究開始当初の背景

民生用デジタルカメラやデジタルビデオの急速な普及が示すように、近年、デジタル画像の取得は非常に容易になっている。また、パーソナルコンピュータや組み込みシステムの継続した性能向上は、取得したデジタル画像を処理することも容易にしている。その結果、デジタル画像処理は、生産技術や放送、デザイン等の一部の業務に携わる人々が使用する技術から、より多くの人々が触れる一般的な技術へと変遷してきている。このような状況を背景に、レタッチや編集等のデータ操

作としての技術のみならず、デジタル画像を通じて外界を解析するコンピュータビジョンの技術が、今後より広いニーズを得るものと考えられる。そのようなニーズに答える活動の一環として、本研究では、画像を通じて外界を解析するための重要な基盤技術の1つである、画像の対応付け（マッチング）を取り扱う。

2. 研究の目的

画像の対応付けとは、複数の画像間で共通部分を見出す処理である。本研究の目的は、

その画像の対応付けにおいて、局所不変特徴量と呼ばれる特徴量を活用することにある。局所不変特徴量は、画像から多数の部分画像を切り出し、その部分画像から特徴を抽出することにより得られる。本研究では、特に、部分画像の切り出し方法、および、得られた特徴量を使用した対応付け結果から、認識対象とする物体の位置を計算する方法についての技術開発を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

部分画像の切り出しについては、従来広く用いられている特徴点抽出による方法に加え、スケールスペースピラミッドでの多重解像度エッジ抽出の結果を利用した方法を用いた。また、部分画像の切り出しや、特徴抽出の計算を高速化するために、計算を簡素化したフィルタリング方法や並列ハードウェアを用いた実装方法についても検討を行った。物体の位置計算については、物体の見え方に制約を課したロバスト推定法の開発を行った。

4. 研究成果

(1) 密なエッジサンプリングに基づく部分画像の切り出し

従来、局所不変特徴量を計算するための部分画像の切り出しにおいては、特徴点抽出による方法が主として用いられてきた。しかし、特徴点抽出による方法では、画像から対応付けに有効な情報が十分に抽出できないことが、種々研究結果から示唆されている。よって、例えば、複数の異なる特徴点抽出方法を用いる方法や、特徴点抽出以外の方法を用いる方法が検討されてきた。

本研究では、不十分な情報しか抽出できない1つの原因として、特徴点抽出フィルタが観測する画像情報が、必ずしも切り出される部分画像全体に及んでいないことを指摘した。そして、画像から対応付けに有効な情報を十分に抽出するために、スケールスペースピラミッド内のエッジの空間的な極大点を全て利用する方法を提案した。提案方法の有効性を定量的に評価するために、部分画像から得られた特徴量のエントロピー（情報量）を求め、特徴点抽出による方法と同等のエントロピーを有する特徴量が得られることを示した。実画像を用いた対応付け実験の結果、特徴点抽出による方法と比較し、提案方法により、視点位置の変化や照明条件の変化に基づく認識対象の見え方の変化に対して、より頑健な対応付けが可能であることを確認した。

今後は、部分画像の切り出し方法と、特徴量のエントロピーの関係に関して考察を深め、より良い切り出し方法の開発を進めたいと考えている。

(2) 特徴量抽出処理の高速化

局所不変特徴量を抽出するためには、スケールスペースピラミッドの生成や部分画像の特徴の計算において、数多くの局所演算を必要とする。そのため局所不変特徴量の抽出には、通常のパーソナルコンピュータのCPUでは、例えば画像サイズが720×480画素の場合、約2.8秒程度の処理時間がかかる。このような処理時間は、長時間の放送映像や実時間性が重要視されるロボットビジョンにおいては、容認し難いものとなっている。

本研究では、処理時間短縮のために、部分画像切り出しのためのフィルタリングの簡素化、および、並列ハードウェアを利用した実装について検討を行った。まず、部分画像の大きさを決定するために用いられるLaplacian of Gaussian (LoG) フィルタを簡素化した近似LoGフィルタを提案した。そして、計算を簡素化しても、従来の方法と同等以上に、対応付けに重要な情報を含む部分画像を切り出せることを実験により確認した。実装に関しては、Graphics Processing Units (GPU) を用いた方法を提案した。Parallel-For ベースの方法により、フィルタリングおよび部分画像の特徴量の計算を並列化し、GPUの有する240個の計算コアで並列処理を行った。その結果、720×480画素の画像において、対CPU比で約18倍の高速化を達成した。

フィルタリングの簡素化と並列処理により、現状でも画像サイズが320×240画素の場合には、処理時間は40[ms]程度となっており、実時間処理も視野に入ってきている。今後も、実装の改良等により、さらなる高速化を目指す予定である。

(3) 認識対象の位置計算

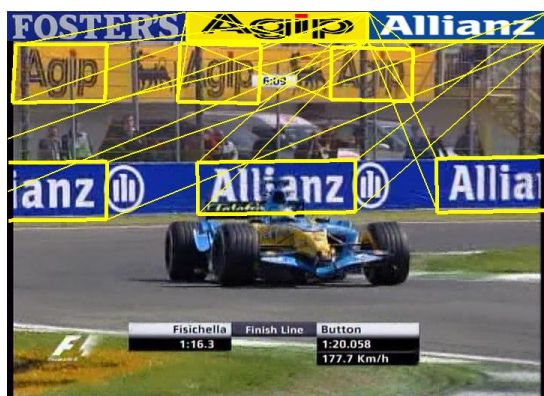
局所特徴量の比較により得られた対応点から、認識対象の位置を計算するためには、対応点を用いた射影変換行列の計算等を必要とする。一般に、対応点には誤った対応（誤対応）も含まれるため、それらを除去しないと正しい位置計算を行うことはできない。

本研究では、ロバスト推定法の一つであるRandom Sample Consensus (RANSAC) をベースとする射影変換行列による位置計算方法の開発を行った。RANSACでは、ランダムにサンプリングされた対応点から認識対象の位置を表す射影変換行列の候補を生成する。本研究では、まず、それらの候補のほとんどは、現実には生じ得ない認識対象の見え方に対応していることを指摘した。そして、現実には生じ得る見え方に対応する候補のみを抽出するという、認識対象の見え方に制約を課したロバスト推定法の提案を行った。その結果、誤った見え方に対応する多数の候補を削除することが可能となり、位置計算の精度向上を図ることができた。

今後は、認識対象の見え方の表現方法等の

改良について検討を行いたいと考えている。

上記(1)、(2)、(3)の結果を、放送映像内のロゴマークを検出するシステムや、あらかじめ蓄えられた多数の画像から任意視点映像を生成する Image-Based Rendering (IBR) のためのカメラの3次元姿勢推定へ応用した。以下の図は、放送映像内のロゴマークの検出結果の一例である。ロゴマークのモデル画像としては、各結果の上部に示す1枚のみを用いている。本研究の成果を導入して得られる局所不変特徴量を用いることにより、モデル画像が1枚のみでも、大きさの変化や回転、輝度変化、それらに加えて隠れが伴う放送映像内のロゴマークの位置が適切に計算されていることがわかる。今後も、基盤技術開発と共に、このような局所不変特徴量の応用についても、研究開発を進める予定である。



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2件、査読有)

- (1) N. Ichimura: "Image-Based Rendering by Virtual 1D Cameras," Proc. 2009 Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology (LNCS 5414), pp.423-435, 2009.
- (2) N. Ichimura: "Recognizing Multiple Billboard Advertisements in Videos," Proc. 2006 IEEE Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology (Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 4319), pp.463-473, 2006.

[学会発表] (計7件、査読無)

- (1) 市村 直幸: "ブランド露出調査のためのGPUによる局所不変特徴量の抽出," 画像の認識・理解シンポジウム(松江市)、2009(発表決定済み).
- (2) 市村 直幸: "密なエッジサンプリングに基づく局所不変特徴量による対応付け," 電子情報通信学会、パターン認識・メディア理解研究会(札幌市)、技術報告、2009(発表決定済み).
- (3) 市村 直幸: "局所不変特徴量に基づく複数広告看板の認識 -GPUによる特徴抽出-", 動的画像処理実利用化ワークショップ(郡山市)、講演論文集, pp. 59-64, 2009.
- (4) 市村 直幸: "近似LoGフィルタを用いた局所不変特徴量の抽出 -GPUによる実装-", 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会(豊中市)、技術報告, pp. 243-250, 2008.
- (5) 市村 直幸: "正規化LoG関数の近似に基づく局所不変特徴量の抽出," 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会(能美市)、技術報告, pp. 449-456, 2008.
- (6) 市村 直幸: "LoG関数の近似を用いた局所不変特徴量の抽出," 動的画像処理実利用化ワークショップ(豊田市)、講演論文集, pp. 59-64, 2008.
- (7) 市村 直幸: "局所不変特徴量に基づく複数物体の認識," 自動車技術会2006年

春季大会（横浜市）、学術講演会前刷集
No. 42-06、pp. 29-32、2006.

〔図書〕（計 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 件）

○取得状況（計 件）

〔その他〕

【表彰】市村 直幸、自動車技術会 2006 年
春季大会、優秀講演発表賞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

市村 直幸 (ICHIMURA NAOYUKI)

独立行政法人産業技術総合研究所・脳神経情
報研究部門・研究グループ長

研究者番号：50356466

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者