

(様式2)

学位論文の概要及び要旨

氏 名 白井 温 印

題 目 Computational complexity reduction and performance improvement
for object detection
(物体検出における計算量低減と精度向上に関する研究)

学位論文の概要及び要旨

オートメーション技術の進展により従来、人が行っていたタスクを機械が行うシステムに関する研究が盛んであり、そのための処理モジュールをシステムに組み込み、またその高機能化の要求は高まる一方である。音声を機械に認識させるのと同様に、画像情報から対象物体が何であるか、またシーンの状況を機械に認識させることで、人の作業の一部を自動化し、あるいは人との共生を図ったユーザフレンドリなロボティクスの実現が期待されている。ところが物体認識を実環境下で行うことは容易でなく、例えば照明の変化、複雑背景、対象物体の回転などによる見え方の変化やオクルージョン問題など、解決すべき多くの課題が存在する。一方、プロセッサの処理能力向上に伴い大量の計算資源を必要とするアプローチによってこれら課題を解決することが現実的となりつつある。しかしながら既存の手法は汎用プロセッサを用いたものが多く、小型ハードウェアへの組み込みを想定したものはまだ多くない。物体認識機能を持たせた組み込み用途モジュールの実現には、ハードウェア設計に適した手法を選択するとともに、計算量の削減やパイプライン化などさまざまな課題が存在する。

物体認識においては、認識対象によって最適な手法が異なる。例えば物、顔、歩行者といった対象についてそれぞれ最適とされる手法はそれぞれ異なる。本論文においては実用化可能な認識対象として、物と人物を取り上げ、ハードウェアへの組み込みを行う上での課題を考慮した2つの手法を検討する。

第一に、対象物の回転やスケール変化があり得る状況下での認識を前提に、SIFT特徴量を用いてハードウェア実装した場合の課題を検討した(本文第2章)。この手法は、認識対象の画像やデータベース画像のSIFT特徴点を計算し、類似した特徴点同士の照合をとることによって認識対象の認識を行うものであるが、SIFT特徴量は特徴点あたり128次元という非常に情報量の多い特徴量であって、計算量に制約のある組み込み用途を前提とした場合に工夫が必要である。そこで特徴量同士の照合を行う前段で、認識対象画像内において特徴量間の比較を行い、類似した特徴量をあらかじめ削減することで後段の計算量を削減する手法を提案した(本文第2章前半)。しかし、SIFT特徴量ベースの認識手法では、テクスチャレス物体において高い認識精度を得ることは一般に困難である。テクスチャレス物体には

もともと検出される特徴点が少なく、マッチングを行う際に特徴量間距離の閾値を定めることが難しいことが理由である。そこで、テクスチャレスな物体に対してSIFT特徴量ベースでのマッチングを実現するために、信頼度テーブルを用いた特徴点照合手法を提案した（本文第2章後半）。既存のBest Bin Firstマッチング手法においては特徴点間の類似度の判定は閾値を用いた二値によるものである。この判定を、信頼度に基づく判定とすることで、少ない特徴点におけるマッチングの問題を解決した。具体的には、特徴点間距離を演算するステップにおいて、信頼度テーブルを用いた信頼度に基づく判定を行う。信頼度テーブルは事前学習により作成する。この手法ではテーブル探索に基づくため、認識処理時には複雑な演算が不必要であり、小型ハードウェア組み込みにも適する。

第二に、組み込み用途画像認識モジュールの実現を想定する場合、人物認識のタスクが重要である。人を認識する場合には、姿勢変化による見え方の違いがあるため、物体認識とは異なるアプローチが用いられる。ゴルフスイング時のグリップ追跡のため、プレーヤーの人体パーツ検出問題を検討し、プレーヤー左腕を上腕部および下腕部が連結した多関節物体としてモデル化した。そして人検出、人体ポーズ推定、Pictorial Structure Models (PSM)を組み合わせて、腕およびグリップ部の検出精度を向上した（本文第3章）。一般的なパーティクルフィルタのみでは複雑背景下でのグリップ部の追跡は容易ではないが、関節モデルを用いて腕を正確に検出し、その位置を追跡する。それを大域特徴として用いパーティクルフィルタに制約を課すことで精度向上を実現した。

以上のように本論文では、小型ハードウェアへの組み込み用途に適した2つの認識手法を提案し、ハードウェア指向アルゴリズムにより物体検出における計算量低減と精度向上に寄与する手法を明らかにした。