

氏名	緒方 健人		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	工博甲第247号		
学位授与の日付	平成19年3月23日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	見え方指向特徴を用いた人物の動作認識の研究		
論文審査委員	主査	教授	石川 聖二
		”	高城 洋明
		”	小林 敏弘
		”	田川 善彦

## 学位論文内容の要旨

本論文は、対象の2次元の見え方（見え方指向）に基づく画像特徴を用いて、人の動作の表現と認識を行う方法について述べている。

コンピュータが自動で人の動作を認識することができれば、様々な有用な応用が考えられる。特に、監視カメラ内の人物の動作認識など、対象となる人がコンピュータを意識せずに行った動作の認識が可能になれば、例えば道端で倒れる、うずくまるなどの異常な動作を示した人物や、重い荷物を運んでいるため助けが必要な人物などを、監視カメラやロボットが自動で発見することができる。カメラに代表される視覚センサは、空間情報を画像として非接触で取得できるため、対象となる人にセンサや特殊なマーカを装着するなどの制約がなく、このような動作の認識に適している。

このような動作を含む映像では、動作認識の対象となる人物が必ずしも大きく写っているとは限らないため、解像度の低い映像でも頑強な動作認識手法が望まれる。また、動作認識を必要とするほとんどの場合において、通常のパソコンで高速処理が可能な動作認識手法が求められる。

カメラを用いた人の動作認識に関する研究はこれまでに様々な手法が提案されているが、上記の2つの要求を十分に満足する手法はまだ提案されていない。本論文では、人の見え方に基づく動作認識手法(appearance-based methods)のうち、特に動作の特徴抽出部に着目し、低解像度画像に対する頑強性、また動作認識処理の高速性を同時に実現する3種類の方法を提案している。

以下に各章の概要を述べる。

第1章では、画像を用いた人の動作認識に関する研究の背景やこれまでに提案された手法について検討し、本論文で提案する手法が解決すべき問題点について述べている。

第2章では、従来の見え方指向モデルの一つであるモーションヒストリーイメージ（以下 MHI と略す）を拡張した人動作認識手法と、この手法を用いて行った飛行船ロボットによる動作認識実験について述べている。MHI は時系列画像で表現される人の動作を2次元画像に圧縮して表現する方法である。しかし従来の MHI はフレーム間差分画像の2値化画像から生成されるため、閾値の設定によっては同じ動作から生成される MHI が異なることがあり、また同じ動作でも動作の認識の対象となる人物（以下、対象者とする）の移動速度の違いやカメラの移動によって生成される MHI が異なるという問題点がある。本章ではこれらの問題を解決するため、MHI を2値化する前の画像から生成する方法、また対象者やカメラの移動によらない生成方法を提案し、この表現法と固有空間による認識法を用いた人動作の認識手法を提案している。本章の実験ではこの手法を飛行船ロボットに搭載し、地上から飛行船ロボットを呼ぶと飛行船ロボットが上空から近づいてくるという実験を行っている。また、歩いている途中でうずくまる、などの連続した動作の認識実験についても述べている。

第3章では、低解像度データに有効なモーションディスクリプタ (MD) を、AdaBoost に基づく動作検出器と組み合わせた高速な動作検出器について述べている。Efros らの提案した MD に基づく動作認識手法は、低解像度データに有効であるが、計算コストが大きいという問題がある。そこで本論文では、人の動作を高速に検出する Ke らの AdaBoost に基づく動作検出器と MD を組み合わせ、

低解像度データに有効で高速な動作検出器を構成する方法を提案している。実験では、従来法及び提案手法を用いてテニス映像内のプレイヤーのストローク検出を行い、提案手法がEfrosらの手法より高速で、Keらの手法より検出精度の良い手法であることを示している。

第4章では、MDの考え方を基に、オプティカルフローから得られる動きベクトルを4方向に分解した成分からMHIを生成する、動きの向きを持つモーションヒストリーイメージ(DMHI)による人の動作の表現、及び認識法を提案している。複雑な動作から従来のMHIを生成すると、新しい動き情報によって過去の動き情報が上書きされ消失してしまうという問題が生じる場合があるが、DMHIは動きの向きを考慮するためこの問題を軽減することができる。本章では、まずBobickらの従来のMHIを拡張した動作の表現及び認識方法を提案し、次に第2章の拡張と同様の拡張をDMHIに施した動作認識手法を提案する。実験では解像度の低いデータに対する認識実験、及び第2章で提案した手法で利用したデータと同じ動作データに対する認識実験を行い、両手法の結果を比較している。

第5章では、2-4章で提案した3つの手法の結果を比較することにより、各手法の利点欠点について総合的な考察を行っている。また、提案手法を実際に応用した例を紹介している。

最後に、第6章で本論文の結論を述べている。

## 学位論文審査の結果の要旨

コンピュータが自動で人の動作を認識することができれば、様々な有用な応用が考えられる。特に、監視カメラ内の人物の動作認識など、対象人物がカメラを意識せずに行った動作の認識が可能になれば、道端で倒れる、うずくまるなどの異常な動作を示した人物や、重い荷物を運んでいるため助けが必要な人物などを自動で発見することができる。カメラに代表される視覚センサは空間情報を画像として非接触で取得できるため、このような人の動作の認識に適している。

人の動作を含む映像では、動作認識の対象となる人物が必ずしも大きく写っているとは限らないため、解像度の低い映像でも頑強な動作認識手法が求められる。また実用化のためには、通常のパソコンで高速処理が可能な動作認識手法が求められる。カメラを用いた人の動作認識に関する研究はこれまでに様々な手法が提案されているが、上記の2つの要求を十分に満足する手法は提案されていない。本論文では、人の見え方に基づく(見え方指向の)動作認識手法のうち、特に動作の特徴抽出部に着目し、低解像度画像に対する頑強性、また動作認識処理の高速性を同時に実現する3種の方法を提案している。

まず著者は、従来の見え方指向モデルの一つであるモーションヒストリーイメージを拡張した人動作認識手法と、この手法を用いて行った飛行船ロボットによる動作認識実験について述べている。モーションヒストリーイメージは時系列画像で表現される人の動作を2次元画像に圧縮して表現する方法である。しかし従来法はフレーム間差分画像の2値化画像から生成されるため、閾値の設定によっては同じ動作でも異なるモーションヒストリーイメージが生成されることがある。また、人物の移動速度の違いやカメラの移動によっても生成されるモーションヒストリーイメージが異なる。これらの問題を解決するため、本法では、2値化する前の画像からモーションヒストリーイメージを生成する方法、また対象者やカメラの移動によらない生成方法を提案し、この表現法と固有空間による認識法を用いた人動作の認識手法を提案している。実験では提案法を飛行船ロボットに搭載し、地上から手を振って飛行船ロボットを呼ぶと、飛行船ロボットがその動作を認識し上空から近づいてくるという実験を行い、提案法の有効性を示している。また、歩行中にうずくまる、などの連続動作の認識実験においても良好な結果を得ている。

次に著者は、低解像度データに有効なモーションディスクリプタと、AdaBoostに基づく動作検出器を組み合わせた高速な動作認識法について述べている。Efrosらの提案したモーションディスクリプタに基づく動作認識手法は、低解像度データに有効であるが、計算コストが高いという問題がある。そこで著者は、人の動作を高速に検出するKeらのAdaBoostに基づく動作検出器とモーションディスクリプタを組み合わせ、低解像度データに有効で高速な動作検出器を構成する方法を提案している。実験では、従来法及び提案手法を用いてテニス映像内のプレイヤーのストローク検出を行い、提案手

法の優位性を示している。

さらに著者は、モーションディスクリプタの考え方を基に、オプティカルフローから得られる動きベクトルを4方向に分解した成分からモーションヒストリーイメージを生成する、動きの向き情報を持つ方向性モーションヒストリーイメージ (DMHI) による人の動作の表現、および認識法を提案している。複雑な動作から従来のモーションヒストリーイメージを生成すると、新しい動き情報によって過去の動き情報が上書きされ消失してしまうという問題が生じる場合があるが、方向性モーションヒストリーイメージは動きの向きを考慮するためこの問題を除くことができる。実験では解像度の低いデータ等に対する認識実験を行い、提案法の有効性を示している。

最後に著者は、提案した3種の手法を比較することにより、各手法の長所短所について総合的な考察を行っている。また、提案手法を実際に応用した例を紹介している。

以上のように本論文は、人の動作認識という3次元物体認識問題を、画像ベースの見え方に基づく方法を用いて解決することを可能にした。提案法により、いろいろなレベルの解像度の画像に対して実時間の人動作認識が可能になり、人の動作認識問題は実用化に一步近づいたと言える。したがって本論文の成果は、計測工学、特に画像計測分野への貢献が大きいものと考えられる。よって本論文は、博士(工学)の学位論文に値するものと認められる。

なお、本研究に関して、審査委員および公聴会における出席者から、3手法の関係、画像に複数人物がいる場合の処理法、動作の定義、閾値の不要なモーションヒストリーイメージ法の効果、処理時間等に関して質問がなされたが、いずれも著者からの適切な説明によって、質問者の理解が得られた。

以上の結果から、本審査委員会は、著者が最終試験に合格したものと認める。