

overwrite problem. The result is that the DMHI method outshines the other three methods.

In Chapter 6, low-resolution motion recognition issues are presented. Various low-resolution video sequences (from 320x240 to 64x48) are recognized. At low-resolution, we miss important image information, image details and their respective correlations, and hence it produces deteriorated recognition result in very low-resolution image sequences. However, by using the DMHI method, we achieve reasonable recognition results with various levels of low-resolution video sequences.

In Chapter 7, reduced feature vector sets are presented. For classification, features are extracted and converted into appropriate feature sets. Initially, we started with a 64 dimensional feature vector set for each action for every subject. We employ seven invariants as well as normalized 0th order moments for history and energy images. However, concentration is focused also on to reduce the size of the feature vector, instead of using all seven Hu invariants. Several feature vector sets are developed and experiments are conducted in this direction. Our computation realizes that all seven invariants may not be required for recognition purposes, as higher the invariants, noisier they are.

In Chapter 8, we propose Temporal Motion Segmentation (TMS) method for activity analysis that can segment and understand motion temporally from the video sequence. We conduct experimentations both indoor and outdoor environments and achieved sound performance. Based on the total pixel volumes on the history templates and their related variations, various directions of the action primitives are segmented temporally. This segmentation method can be used to assist an intelligent system or a robot to understand activities and take decisions afterwards. It is a simple and fast approach.

In Chapter 9, we conclude the thesis with conclusion and some future work issues.

学位論文審査の結果の要旨

科学技術の発展とともに、コンピュータとカメラを用いて、人の生活の質（QOL）を高めるための研究や技術開発が活発に行われるようになってきている。特に、コンピュータによる人の動作の認識や解析技術は、重要な研究分野のひとつである。応用分野としては、知能ロボット、マン・マシン・インターフェイス、自動監視、スポーツのフォーム解析、リハビリテーションにおける訓練効果の把握などがある。また、動作や挙動の認識・解析による動作や挙動の言語化も、スポーツ中継の自動化など、コミュニケーションの世界で新たな応用分野を拓く可能性がある。

このような状況にあって、本論文は、カメラとコンピュータからなるコンピュータ・ビジョン・システムを用いて、人の動作や挙動の認識及び解析を行うための新しい方法を提案している。本論文では、著者はまず、動作認識に関する多数の文献調査結果について述べ、その中でも特に本研究と関連のある、動作の MHI (Motion History Image: 動作履歴画像) 表現について、その方法を解説し、その問題点（特に動作の上書き問題）を指摘している。

次に著者は、動作のよりの確な表現法として、DMHI (Directional Motion History Image: 方向性動作履歴画像) 表現を提案している。これは、動作のビデオ映像の連続フレームからオプティカル・フロー（画像上の特徴点のフレーム間移動ベクトル）を抽出し、それを上下左右の4方向のオプティカル・フロー画像に分け、そのオプティカル・フロー画像列から各方向の MHI を作成するという方法である。4方向に分けられた動作画像表現となるため、MHI 表現に較べて、動作の上書き問題が軽減され、より複雑な動作の表現に適した動作表現法である。

認識のための学習部では、採集した多数の動作のビデオ映像から、それぞれの動作の DMHI 表現を作成し、それを7次までの Hu モーメントを用いて特徴ベクトル化し、特徴空間に記録する。この手続きによって動作データベースを作成する。認識部では、未知の動作のビデオ映像からその DMHI 表現を作成し、Hu モーメントによる特徴ベクトルとしてから動作データベースに投影し、 k -最近傍識別法を用いて動作の認識を行う。提案法は、ラジオ体操の諸種の動作の認識に適用され、MHI 表現を用いた場合よりも高い 93% の認識率を得ている。

次に著者は、MHI 法の動作上書き問題を解決するために考案された他の手法、MMHI (Multi-level MHI) 法及び HMMH (Hierarchical Motion History Histogram) 法と提案する DMHI 法との比較を行い、

実験的に DMHI 法の優位性を示している。

また著者は、動作を表現するビデオ映像の解像度、および動作認識における特徴数（特徴ベクトルの次元数）について実験的に検討を加え、解像度の低減の可能性、また特徴数の低減の可能性を指摘している。

最後に著者は、人の挙動の解析を行うための TMS（Temporal Motion Segmentation：時間方向動作分割）法を提案している。これは、4 方向の DMHI の映像部分の面積の時間変化を解析することによって、身体、あるいは身体の部分が時間と共にどの方向に移動するのかを求めるという方法である。これにより、人の大局的な動作・挙動の表現や、手足などの局所的な部分の動作表現が可能になる。室内外の動作映像に対して本法を適用し、動作が順序立てて記述できることを示すことによって、その有効性を示している。

以上のように本論文は、DMHI を用いた新しい人動作の表現・認識法と挙動の解析法を提案している。提案法は、従来法よりも複雑な動作の認識に適しており、またその方向性表現から、人の大局的挙動、また局所的動作の解析にも適している。これらのことから提案法は、コンピュータ・ビジョンによる人動作の認識・挙動の解析研究に新しい可能性を与えるものであり、知識情報処理および計測工学への貢献は大きいものと考えられる。

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次元空間内での複数人物の動作認識の可能性、カメラの光軸方向の動作認識の可能性、特徴ベクトルの次元数と認識率の関係、応用分野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。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。