

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：11201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700639

研究課題名(和文) アスリートに負担をかけない非接触かつ非侵襲な動作センシングシステムに関する研究

研究課題名(英文) Research of a Non-contact and Non-invasive Motion Sensing System with Less Stress for the Athlete

研究代表者

明石 卓也 (Akashi, Takuya)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号：50403655

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：カメラのみを用いることにより、動作制限や拘束されることがなく、実用的であるようなアスリートの動作解析のための動作センシングシステムを実現することを主たる目的とした。実環境に適応した高度なアスリートを育成するための教育基盤をより強固に整えていくことを念頭に、システム開発研究を通じて、以前から取り組んでいた「画像を用いた人間の動作の計測(ビジュアルヒューマンセンシング)」の内容をさらに充実させる。今後、アスリートのスポーツ動作のセンシングに有用な、遺伝的アルゴリズムや進化的動画処理を応用した、従来にない非接触かつ非侵襲な歩行人物の検出・追跡および指の屈曲姿勢推定を実現した。

研究成果の概要(英文)：A main purpose of this research is to develop a motion sensing system for a practical motion analysis of athlete using only one camera without limitation of movement. It is important to establish a practical and firm educational infrastructure for the athlete. With this in mind, in this study, we try to refine a visual human sensing technology, which have been studied by us, through this research. We achieved new non-contact and non-invasive walking pedestrian detection and tracking and finger flexing pose estimation, which is effective for a sports motion sensing of the athlete in the future, using application of a genetic algorithm or the evolutionary video processing

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学

キーワード：スポーツバイオメカニクス ヒューマンセンシング コンピュータビジョン

1. 研究開始当初の背景

アスリートのパフォーマンスの向上を目指すには効率的な動きを手に入れる必要があり、そのためには他者の動作を解析することは非常に重要である。また、高度なアスリートを育成するためには、無駄な動きを検出し、より効率的な動きを習得するためのトレーニングプログラムを作成する必要がある。これらを実現するために自然な動作を取得する動作センシングシステムが必要不可欠である。

近年、アスリートの動きを取得する手法として、さまざまなモーションキャプチャ技術が開発され実用化されている。主なものに機械式、磁気式、光学式などがある。これらは、マーカーやトラッカーなどの装置を装着する必要があり、アスリートに大きな制約を課すことになる。また、図1のように複数の赤外線照射装置やカメラの設置のため大きなスペースを必要とする。以上のようにコストが高く、これらの動作制限や拘束によって本来のアスリートの動作をセンシングすることが困難となる。

一方、申請者は図2で示すように、安価な市販の防水カメラを1台用いて撮影した動画像をコンピュータに取り込み、ノイズ除去や動画像フレーム間の情報を使用することによって身体の輪郭を正確に抽出する手法の開発に取り組んでいる。現在、水の影響によ



図1：光学式モーションキャプチャシステムの例

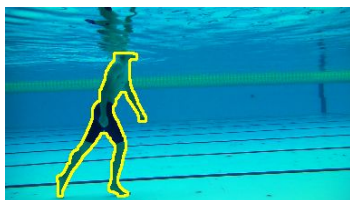
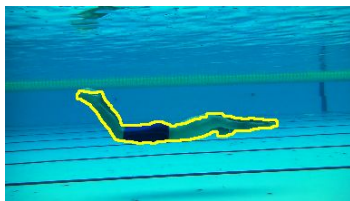


図2：水中における人物抽出結果（上：潜水、下：歩行）

り画像に含まれる色情報が欠落するが、動きや人物の形状特徴を捉えることで、図2のように人物の輪郭を自動的にかつ正確に抽出することが可能であることを示した。また、申請者はこれまでにマーカーや特殊な装置を必要とせず、できる限り制約の少ない、眼球や口唇といった顔パーツのセンシング手法の開発に取り組んできた。特に、他の研究では成し得ていない、人工知能を用いた、カメラの動きや環境の影響にロバストな顔パーツのセンシング手法である「進化的動画像処理」を開発した。

具体的には、進化的計算のひとつである遺伝的アルゴリズムを用いて、高速かつ高精度に顔パーツのセンシングを可能としている。この手法は、画像中で見つけたい物体の姿勢や形状変化を数値化し、この数値の変化を推定することによって次の物体の状態を得る手法である。数値変化の推定問題を最適化問題として捉えて、進化的計算を用いる。進化的計算は最適化手法として多くの分野で用いられているが計算コストが高いため、動画像処理に応用はできないとされてきたが、申請者は、遺伝的アルゴリズムを動画像処理適用する手法を研究開発してきた。

本研究では、これらの技術を基盤とし、超高速・高精度かつ拘束条件や空間的制約を必要としない、動作センシングを実現するために必要な技術を開発する。

2. 研究の目的

本研究では、『カメラをのみを用いることにより、動作制限や拘束されることがなく、なおかつ実用的であるようなアスリートの動作解析のための動作センシングシステムを実現する』ことを主たる目的としており、このシステム開発研究を通じて、以前から申請者が作成に取り組んでいた「画像を用いた人間の動作の計測（ビジュアルヒューマンセンシング）」の内容をさらに充実させ、実環境に適応した高度なアスリートを育成するための教育基盤をより強固に整えていくことを目指している。

進化的手法は、組み合わせ問題における最適化能力は比較的高いとされてきたが、高精度な結果を得ようとする計算コストが高くなる、という問題点がある。それゆえ、動画像処理に対応できないと考えられてきた。しかし、顔パーツのセンシングにおいては、各パーツの変化の特徴を詳細に分析することによって、システム全体において計算コストの高い部分を効率化することが可能である。この考えを取り入れた進化的動画像処理によって高速かつ高精度な顔パーツのセンシングが可能となることは、申請者の以前の研究により示されている。

そこで、上述の研究をさらに発展させ、『従来にはないさまざまな環境における非接触かつ非侵襲な動作センシングシステム』の実現を図るとともに、その研究開発過程の詳細

を取り纏めることで既存の動作センシングシステムをより充実させ、それに基づく動作の解析によってさまざまなスポーツ分野における高度なトレーニングシステムを求める声に応えていこうというのが本研究である。上述のとおり、現在市販されているモーションキャプチャシステムでは、特殊機器を装着することによるアスリートの負担、機材の設置による空間的な制限が生じている。本研究では、先で示した進化的動画処理の利用によって、特殊カメラ、大量のカメラ、マーカー、特殊スーツ等を使用せず、使用環境も選ばない実用的であるような動作センシングシステムを新たに構築してこの問題に対処すると共に、次世代のスポーツ学習システムへの応用が可能なシステムを確立させていこうというものである。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、初年度は、主として顔パーツのセンシング技術をアスリートの動作センシングに適用するため、人物の動きを分析し、これまで開発してきた進化的動画処理のアルゴリズムの効率化による一層の高速化・高精度化により、人物検出および追跡を実現した。さらに、動画処理ライブラリの設計開発も実施した。また、開発されたアルゴリズムの洗練化に取り組んだ。

研究期間中に、アスリートの動作センシングによるデータを用いてアスリートの動作チェックシステムの開発に着手する予定であったが、人物の位置特定が非常に重要であることが判明したため、自然な画像からの歩行中の人物のセンシングアルゴリズムの高速化、高精度化を実施した。特に、歩行者の画像を対象として、人物の検出・追跡手法の洗練化を実施した。続いて、将来のアスリートのセンシングシステムへの応用を考慮し、その前段階として、人物の指の屈曲の動きをモデル化し、最適化する手法による指の屈曲姿勢の推定手法の開発に主眼を置いた。

(1) 自然な画像中からの人物検出・追跡

自然な画像中から人物を検出し、追跡することは、アスリートのセンシングの前段階として非常に重要な前処理である。アスリートの動作センシングを目的とする場合、高速に人物を検出する必要がある。そこで、本研究では従来にはない、確率分布テンプレートを提案し、先に示した進化的動画処理と組み合わせる。

確率分布テンプレート

図3はMIT CBCL DATABASEから人物を切り取った画像の例である。図4は図3の画像に x 方向のソーベルフィルタを適用した結果の画像例であり、 x 方向のエッジを表すエッジ画像である。図5はすべてのエッジ画像を足し合わせ、平均値を求め、画素値として表示した確率分布画像である。この確率分布画像を図6のようにテンプレートとして用

いることにより、歩行動作中の人物の検出を試みる。

歩行動作中の人物検出・追跡

テンプレートともっとも一致する領域を検出することが目的であるが、高速な処理を必要とするため、進化的動画処理を採用した。この手法では、人物の領域を表す位置や大きさを表す最適なパラメータを最適化する。したがって、各個体が持つ染色体は人物領域の位置、大きさ、回転(カメラの光軸と垂直な平面上における回転)とする。一致度



図3: MIT CBCL DATABASE から切り抜いた人物領域



図4: x 方向のソーベルフィルタ適用後の画像

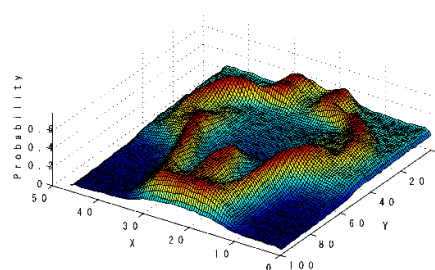


図5: 確率分布画像



図6: 人物検出用テンプレート画像

を表す適応度関数は高速化のため非常に簡単で、ターゲット画像のエッジ画像と確率分布テンプレートの積とする。進化的動画像処理によって前のフレームでの最適化の結果を次のフレームに引き継ぐことが可能となり、高精度かつ高速な処理が可能となる。また、検出と同時に人物の領域に関する位置や大きさなどのパラメータも推定可能であるため、追跡も可能となる。

(2) 指の屈曲姿勢推定手法

ここでは、コンピュータ内に仮想的な手のモデルを作成し、遺伝的アルゴリズムを用いて現実世界の手の姿勢と一致するようなモデルの姿勢を求めるのが目的である。

手のモデル

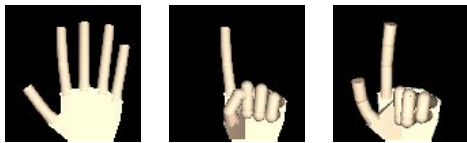


図7：手のモデルによるシミュレーションの例

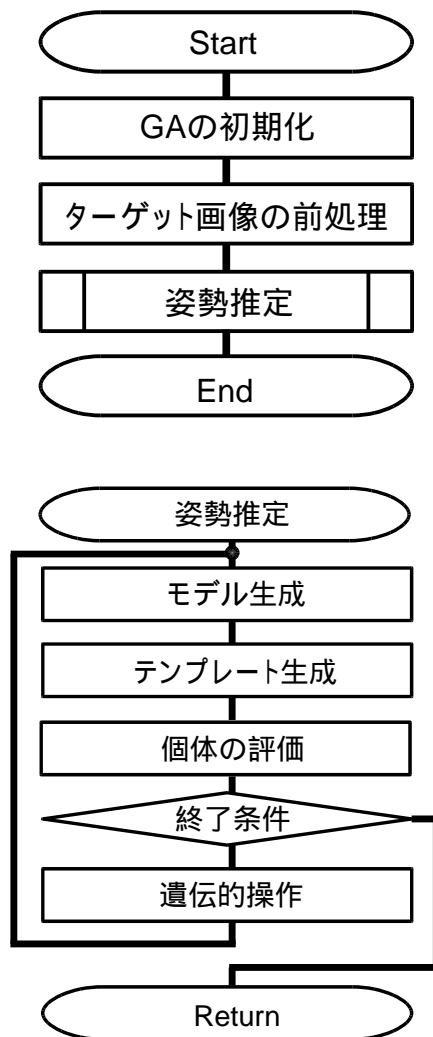


図8：指の屈曲姿勢の推定処理の流れ、上：メイン、下：姿勢推定

図7はコンピュータ内に作成した仮想的な手のモデルの例である。各指の関節はパラメータで屈曲できるように設定した。

指の屈曲姿勢の推定

遺伝的アルゴリズムを用いて、指の関節の状況を表すパラメータを最適化し、実際の指の状況と一致するパラメータを探索する手法を提案した。図8は推定処理の流れである。個体を持つ染色体は手の位置、各指の姿勢を表すパラメータとする。モデルと実際の手の一致度を表す適応度関数は、画素差と面積比を用いる。

4. 研究成果

(1) 自然な画像中からの人物検出・追跡

この研究では、非常に簡単なテンプレートを用いた歩行者人物の検出を可能とした。進化的動画像処理を用いているため、高速な処理が可能である。さらに、人物領域の位置、大きさ、回転を推定することができる。これは、将来のアスリートのスポーツ動作センシングには必要不可欠な機能である。図9は屋外の実験結果の例である。歩行者が検出できていることがわかる。一般的な手法との比較を表1に示す。表のとおり、提案手法が高精度かつ高速であることがわかる。

(2) 指の屈曲姿勢推定手法

ここでは、将来のアスリートのセンシングシステムへの応用を考慮し、その前段階として、人物の指の関節の動きをモデル化し、最

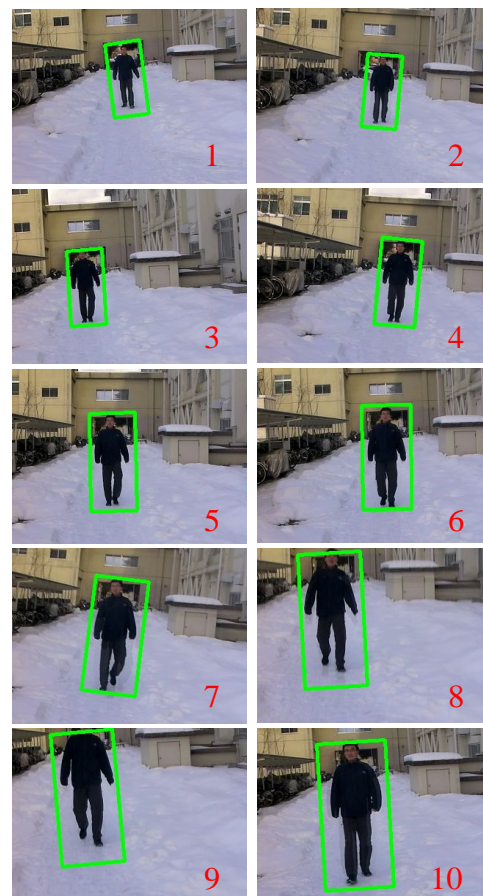


図9：歩行人物検出・追跡結果

適化する手法による指の屈曲姿勢の推定手法の開発を目的としている。図 10 は手領域の検出および手の指の屈曲姿勢推定の結果を示している。図のように、手領域も検出ができており、遺伝的アルゴリズムが推定した指の屈曲推定結果が実際の画像と一致していることがわかる。また、図 11 は個体数の変化と精度の変化を表している。図のとおり、80 個体以上では世代数が増加するにつれ精度が向上する傾向があった。20 個体と 40 個体において世代数が増えても精度が安定しない理由として、画素差と面積比のみで推定しているため手のひら部分のみでの重複により適応度が上がっていることが考えられる。また指姿勢のパターンが非常に多く、遺伝的アルゴリズムは乱数を用いているためランダム性があるので、正しいパターンが出現しなかったことが考えられる。

今後、動画処理へ応用を考え、進化的動画処理を用いることで個体数を減らし、高速な処理が行えると考えられる。これが実現すれば、指姿勢だけでなく、身体全体の姿勢を推定することも可能になると考えられる。

以上のように、遺伝的アルゴリズムや進化的動画処理を応用することによって、従来

表 1：処理速度と精度の比較

比較項目	提案手法	HOG+SVM
処理速度 (ms)	190.66	460.98
精度 (%)	100.00	92.31

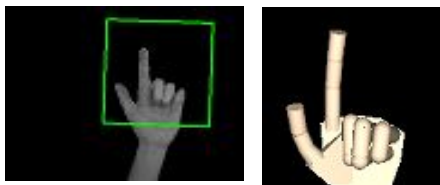


図 10：指の屈曲姿勢推定結果、左：検出結果、右：姿勢推定結果

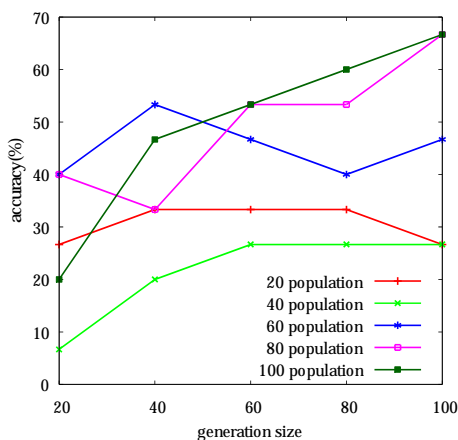


図 11：個体数と精度の関係

にはない非接触かつ非侵襲な実現歩行人物の検出・追跡および指の屈曲姿勢推定を実現した。今後、これらをさらに高速化、洗練化することによって、アスリートのスポーツ動作のセンシングに発展させていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 13 件)

佐藤遼、明石卓也、進化的手法を用いたモデルベース指屈曲推定、平成 25 年度第 1 回芸術科学会東北支部大会、25-09、2014 年 1 月 11 日、岩手県、いわて県民情報交流センター

Chao Zhang, Takuya Akashi, Improvement of An Evolutional Pedestrian Detection Method with Probability-Based Model、平成 25 年度第 3 回芸術科学会東北支部研究会、25-03-09、2013 年 12 月 7 日、宮城県、フォレスト仙台

Guo Tian, Takuya Akashi, Sensing of traffic flow in real-world for reconstruction in VR、2013 International Conference on Cyberworlds, CD-ROM, 22th, October, 2013, Tokyo, Keio University

Kazuki Hiyama, Takuya Akashi, Cube Detection and Pose Estimation Using Property of a Cube with Evolutionary Method, 2013 International Conference on Cyberworlds, pp.171-174, 22th, October, 2013, Tokyo, Keio University
日山一樹、明石卓也、進化的手法を用いたモデルベースの姿勢推定の性能評価、平成 25 年電気学会産業応用部門大会ヤングエンジニアポスターコンペティション、Y-61、2013 年 8 月 28 日、山口県、山口大学

日山一樹、明石卓也、Web カメラを用いた進化的手法による両手の手領域検出、平成 25 年度第 1 回芸術科学会東北支部研究会、25-01-07、2013 年 7 月 14 日、青森県、青森市民ホール

日山一樹、明石卓也、立方体の特性と進化的手法を利用した実世界における立方体の姿勢推定、4 校学術交流会(弘前大学理工学研究科・岩手大学工学部・一関工業高等専門学校・八戸工業高等専門学校)、2013 年 7 月 12 日、岩手県、八戸工業高等専門学校

Junya Sato, Takuya Akashi, Performance Comparison between GA and PSO in Video Processing, 11th International Conference on Quality Control by Artificial Vision, pp.162-167, 31th, May, 2013, Fukuoka, Kyusyu University

Chao Zhang, Takuya Akashi, An Evolutional Pedestrian Detection Method with Probability-Based Model, 11th International Conference on Quality

Control by Artificial Vision,
pp.156-161, 31th, May, 2013, Fukuoka,
Kyusyu University

佐々木駿樹、明石卓也、進化的手法を用
いた前腕回内外動作センシング、動的画
像処理実利用化ワークショップ 2013、
pp.208-211、2013年3月7日、静岡県、
静岡大学

小笠原拓、明石卓也、進化的動画像処理
を用いた指先検出、動的画像処理実利
用化ワークショップ2013、pp.264-267、2013
年3月7日、静岡県、静岡大学

Maiko Kagaya, Takuya Akashi, Mod-
el-Based Object Pose Estimation Using
Evolutionary Method -The Evaluation of
Blurring and Template Size-, 2013
International Workshop on Nonlinear
Circuits, Communications and Signal
Processing NCSP'13, pp.612-615, 7th,
March, 2013, United States of America

佐々木駿樹、明石卓也、単一カメラを用
いた前腕回内外動作の認識、平成24年度
第1回芸術科学会東北支部大会、24-12、
2013年1月5日、岩手県、いわて県民情
報交流センター

〔その他〕

ホームページ等

Smart Computer Vision Laboratory

<http://cvhost.scv.cis.iwate-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

明石 卓也 (Akashi, Takuya)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号：50403655