

令和元年6月16日現在

機関番号：22101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12199

研究課題名（和文）すり足訓練による高齢者の転倒防止プログラムの提案とすり足訓練マシンの開発

研究課題名（英文）A Fall-prevention Program for the Elderly Using Suri-ashi Gait Training and Development of the training Machine

研究代表者

中村 摩紀（Nakamura, Maki）

茨城県立医療大学・保健医療学部・准教授

研究者番号：90444934

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、短剣道のすり足訓練による転倒防止プログラムの提案を目的とする。第一に、短剣道の足構えの特徴を実験的に検討した。第二に、思い立ったその時に、一人で利用できる動作推定システムを提案した。第三に、すり足訓練マシンを設計開発した。それらの結果、足構えに関するキネマティックな特徴量と、それ以外の特徴量間には有意な相関は見られなかった。また、撮像画像の配色が複雑であっても、最多で4種類のカラーマーカがあれば、動作推定時の画像処理において、類似色どうしの近接や遮蔽を避けられ、良好な精度で関節角度推定ができることが示された。さらに、手軽さ、安全性、楽しさを持ったすり足訓練マシンを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの転倒予防運動は、座位姿勢やゆっくりとした動きでの実施が多く、一瞬で生じる転倒の危険から巧みに身を守るための転倒回避には課題があるとされている。本研究では、第一に、ゲームと同程度の手軽さ、安全性、楽しさを持った、すり足訓練マシンと、第二に、自分の動作を客観的に把握できる動作解析システムにより、バランスを保持したまま瞬時に移動する短剣道のすり足訓練を、一人でも、楽しく、安全に、継続的に、実施し得る環境と機会を提供した。

研究成果の概要（英文）：This study proposed a fall-prevention program using suri-ashi (sliding feet) gait training, which is practiced in the Japanese martial art Tankendo. First, we experimentally examined the characteristics of foot position in Tankendo. Second, we proposed a video-based action-estimating system that older adults could use by themselves at any time, and third, we designed and developed a suri-ashi gait-training machine. The results of the foot position analysis showed no significant correlation between the amount of kinematic characteristics and the other foot position characteristics. With four different color markers at most, color overlap was avoided in image processing at the time of action estimation, and joint angles were estimated with high precision, even when the color scheme of the filmed images was complicated. We developed a suri-ashi gait-training machine with ease of use similar to playing a game, as well as safety and amusement performance.

研究分野：高齢者看護

キーワード：転倒防止 高齢者 すり足訓練 短剣道

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

健康寿命の延伸には、転倒による骨折を予防し、寝たきり状態にさせないことが重要である。武道や能の動きにみられるすり足は、重心の一定した安定した動作であり、大腰筋や内転筋などの深層筋を活性化させる効果も示唆されている。とくに、短剣道は、小さな歩幅のすり足歩行による移動を基本とした武道であるが、後ろ足を先行する前足にすばやく戻す短剣道の打突動作時の足さばきは、一瞬で生じる転倒の危険から巧みに身を守るための転倒回避の観点から、転倒予防プログラムに活用できる。

一方、高齢者では、運動・スポーツ、トレーニングに対して苦手意識を持つことも多く、転倒予防にむけたトレーニングの継続には、いかに楽しく安全に、トレーニングをしたいと思ったその時に、タイミングよく実施することができるか、にかかっている。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目標は、短剣道のすり足訓練による高齢者の転倒防止プログラムを提案することである。短剣道のすり足訓練を、楽しく、安全に、継続的に、実現させるために、以下の3つの研究を進めた。

研究1：短剣道の足構えの特徴を実験的に明らかにする。

研究2：思い立ったその時に、短剣道のすり足訓練を一人でも実施可能とするために、衣類の色やサイズ、背景物の配色に関係なく、4種類のカラーマーカを用いて、短剣道の打突動作の姿勢推定を一台のカメラで行うシステムを提案する。

研究3：楽しく安全に継続的にすり足訓練が行える見本を世の中に提供するために、ゲームと同程度の手軽さ、安全性、楽しさを持った、すり足訓練マシンを設計開発する。

3. 研究の方法

(1) 研究1：短剣道の足構えの特徴

武器を用いる武術競技では、武器の長さや重さが相手との間合いや対戦方略などを規定し、それが競技者の姿勢や足構えにも反映することが予想される。本研究では、短くて軽い竹刀を用いて、相手との近い間合いにバランスを保持したまま、瞬時に移動する短剣道において、競技経験者の足構えの特徴を明らかにし、短剣道のすり足訓練を行う際の基礎資料とすることを目的とする。

被験者に一足一刀の間合いでの足構えを作ってもらい、足構えについてのキネマティックな特徴量である、両足の左右の開き、左足の後退角度、左足先の開き角度、前後足の体重配分と、好みの跳躍距離についての計測と定量化を行った。併せて、質問紙により体格と競技経験を記録および定量化した。足構えの特徴量間で相関関係を求めた後、足構え以外の、体格、年齢と競技者の熟練度、跳躍距離の14個の特徴量間で一对一の相関分析により解析した。被験者は、短剣道のみ、短剣道と銃剣道、短剣道と剣道の、3種類の競技経験を持つ15名である。

(2) 研究2：4色カラーマーカを用いた動作計測システム

短剣道のすり足訓練では、自分の動作の特徴や癖を、客観的かつ定量的に知ることが重要であり、そのためには、思い立ったその時に、そのままの服装で、すぐに利用できる動作推定システムが望まれる。そこで衣類の色やサイズ、背景物の配色に関係なく、4種類のカラーマーカを用いて、短剣道の打突動作の姿勢推定を一台のカメラで行うシステムを提案する。

本システムの根幹をなす、撮像画像の領域区分は、身体以外の比較的広い面積を占める背景物の色を壁、床、背景物の3領域とした。この撮像画像において、最多で4種類のカラーマーカがあれば、似た色同士のカラーマーカが近づかない、また広い面積の背景色に遮蔽されることなく、短剣道の打突動作が計測できるシステムである。これにより、4色の少ない種類のカラーマーカを用いて、簡単な画像処理を行うだけで、撮像画像の背景色を除去し、画像中のマーカを同色として見なすことができる。

身体に装着するカラーマーカは、ペットボトルの蓋を台座とし、その上に、直径35mm、重量2gの球状の発砲スチロールを接着剤で固定した後、球状の発砲スチロールの部分に反射テープを巻いたものである。カラーマーカは小型軽量であり、身体と接触しても外れにくい。

普段着を着ていても、動作計測を可能とするには、着衣や背景色にマーカが隠れることなく色を決定する必要がある。同システムでは、第一に、撮像画像の比較的広い領域内の背景色とユーザの着衣色とに着目し、打突動作によって、近づく可能性のあるカラーマーカどうしには異なる色を配置し、距離が変わらないカラーマーカどうしには同じ色を配置する手順を導入した。また、動作によって、あるカラーマーカが比較的広い面積を持つ背景物内に進入する見えが発生する場合には、そのカラーマーカには背景色と異なる色を配置した。これにより、薄暗い屋内などのように、撮像画像全体の色相が低下する場合でも、画像処理におけるマーカ抽出のための閾値設定を容易にした。第二に、伸縮性ベルトに固定されたカラーマーカをユーザ身体に装着することで、着衣のゆるみによりカラーマーカ装着位置がずれない仕組みとした。とくに身体背面に装着するカラーマーカは、伸縮性ベルトと一体型とし、ベルトを手を持って身体背後にまわすことで、背中のおおよそ中心、すなわち背骨に沿った位置に一人で配置出来るようにした。また、画像内には、予めさしがねや物差し、もしくは床平面などの水平面がわかる画像手がかりを含めて撮像した。

(3) 研究3：すり足訓練マシンの開発

本研究課題は、ピコピコハンマーを使った「たたいて・かぶって・ジャンケンポン」ゲームと同程度の手軽さ(ゲームの簡単さ)、安全性、楽しさを持った武道稽古マシンを設計開発することにより、ユーザが、マシンとの武道競技を楽しみながら、転倒防止のための筋力や俊敏性の増強、肥満解消や適正体重維持ができるようにすることを最終目標とした。

最終的に実装する武道マシンは、次のようなハードウェア構成を持つ。下から順に、脚部、体幹部、腕・肩部、頭部から成る。体幹部と頭部は単なる筐体である。腕・肩部が、短竹刀を把持し、突きと打ちの動作を生成する部分であり、四節リンク機構を持つ。動力源は電磁モータである。「打ち」の動作については、腕部全体を回転させる1自由度を持つ動力源の追加により実現することとした。また、競技の安全性を確保するため、武道マシンで試用する竹刀は「スポンジ製」とした。筐体には、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)などの軽量で強固な部材を採用した。加えて、マシン転倒時の安全性のためにも、全体を軽量化しつつ、倒れにくい構造とした。

4. 研究成果

(1) 研究1

短剣道の競技経験年数と好みの跳躍距離とのあいだに強い負の相関が認められた。しかし、足構えに関する特徴量に関しては、どの特徴量とのあいだにも有意な相関は見られなかった。剣道においては、競技経験年数と左右足の開き幅とのあいだに強い負の相関が見られた。一連の結果から、剣道では、バランスを崩しやすくなるものの、両足幅を狭くして打突するのに対して、短剣道では特有の足構えは見られず、自分の好みの足幅で、俊敏な移動が行われていることが示唆された。

(2) 研究2

衣服の色、背景物の配色をさまざまに変えて、ユーザが着ている衣類の色やサイズ、背景物の配色に応じて、提案する手順で、4種類のカラーマーカですべての身体部位にカラーマーカを装着できるかどうかを検証する実験を行った。実施場所は、短剣道のすり足訓練が可能な屋内スペースとして、薄暗い道場、トレーニングルーム、体育館、自宅リビング、大学内の作業室を選定した。評価実験の結果、ユーザが普段着やトレーニングウェアを着ていても、撮像場所の背景色とは異なる最多4種類の色のカラーマーカがあれば、動作によるマーカどうしの遮蔽や近接を回避しながら、安定して、マーカを追跡できた。

また、被験者5人に対して関節角度の推定精度を評価する実験を行った。関節の関節可動域のダイナミックレンジの上限から下限を5等分した値で、分度器を当てて傾けるよう指示し、撮像した。この時の画像のマーカ座標より推定される関節角度を推定値、分度器の値を真値として、推定値と真値との値を比較し検証した。その結果、肘関節における誤差の標準偏差(± 1)は、90度の時に ± 7.7 度、120度の時に ± 4.5 度と、提案するカラーマーカ装着位置指示書を用いれば、比較的良好な精度で関節角度の推定が行えることが示された。

(3) 研究3

武道訓練マシンでは、構造とメンテナンスが簡単で、軽量に実装できる四節リンク機構により、「胸突き」「喉突き」「面打ち」の動作を生成することができた。動作速度も、比較的高速であった。

現在は、同ハードウェアを用いて、「武道ゲームマシンが、対戦相手であるユーザ(ヒト)が繰り返す打突動作を予測できる機能を実装」するために、面防具に小型カメラを装着して、相手の動作と竹刀の動きを撮像し、ヒト動作の予測機能を機械で実現する課題を遂行中である。これにより、武道稽古マシンは、さながら人と人との競技のような緊迫感や緊張感を持ちながら、適度な運動量の武道競技をユーザに経験させることが可能となる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

K.Hoshino, C.Cheng: "Development of a swordsmanship machine enabling the inner and outer muscles to be safely trained while having fun," Proc. 3rd Intl. Conf. on Biomedical and Bioinformatics Engineering, 査読有, 2016, 59-62
<http://dx.doi.org/10.1145/3022702.3022711>

M.Nakamura, K.Hoshino: "Experimental Discussion about the Influence of the proficiency in Tankendo on the Foot Posture," Proc. 20th Intl. Conf. on Business, Economics, Social Science & Humanities (BESSH-2018), 20, 査読有, 2018, 1-8

M.Nakamura, K.Hoshino, "Tankendo Motion Estimation System with Robustness Against Differences in Color and Size Between Users' Clothes Using 4-Color Markers with Elastic Belts," ICBBE2018 5th International Conference on Biomedical and Bioinformatics Engineering, 査読有, 2018, 110-117

DOI : 10.1145/3301879.3301890

S.Shimano and K.Hoshino: "A wearable imaging system for recording the game tactics in martial arts using swords," Proc. 2019 IEEE 1st Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2019), 査読有, 2019, 139-140

〔学会発表〕(計4件)

中村 摩紀, 星野 聖: "短剣道:いつでも,どこでも,誰もが楽しめる武道競技," 第3回超人スポーツ学術研究会, 2017

星野 聖, 岩崎 純也, 中村 摩紀, "可搬型の短剣道打突動作計測装置," IEICE ヒューマンプロンプ研究会, 2018

中村 摩紀, 星野 聖: "伸縮性ベルト付の球状光反射マーカを用いた武道動作計測システム," ヒューマン情報処理研究会, 2018

島ノ江 聡, 星野 聖: "武道における駆け引き動作のウェアラブル撮像システム," IEICE ヒューマンコミュニケーション基礎研究会(HCS), 118, 437, pp.1-6, (print edition: ISSN 0913-5685), 2019

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計2件)

名称: 武道動作解析方法

発明者: 星野 聖

権利者: 筑波大学

種類: 特許

番号: 2018-27366

出願年: 2018

国内外の別: 国内

名称: 面防具, 動作記録システムおよび動作記録方法

発明者: 星野 聖, 島ノ江 聡

権利者: 筑波大学

種類: 特許

番号: 2018-248113

出願年: 2018

国内外の別: 国内

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 星野 聖

ローマ字氏名: HOSHINO, Kiyoshi

所属研究機関名: 筑波大学

部局名: システム情報系

職名: 教授

研究者番号(8桁): 80251528

(2)研究協力者

研究協力者氏名：門間 正彦

ローマ字氏名：MONMA, Masahiko

研究協力者氏名：本村 美和

ローマ字氏名：MOTOMURA, Miwa

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。