

令和元年6月20日現在

機関番号：34506

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01581

研究課題名(和文) 深度センサによる人体および環境のリアルタイム計測を基にした生活支援技術の研究

研究課題名(英文) Life supporting system based on real-time measurement of bodies and the environment by depth sensors

研究代表者

田中 雅博 (Tanaka, Masahiro)

甲南大学・知能情報学部・教授

研究者番号：70163574

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、キネクトなどの深度センサーを健康増進および体の機能測定・確認などに応用する手法の開発と、体に装着して、安全確認に利用するという目的がある。

前者においては、体操評価システムにおいて、模範体操をベースにした体操練習・評価システムを作成し、展開を図った。リハビリ分野では理学療法士の協力のもと、SIAS(脳卒中機能障害の評価)の深度センサーを用いた自動化を図るべく、必要な技術を開発した。一方、後者においては、床面が乱雑に散らかっているような場合でも、センサーの姿勢推定と床面からの高さを推定する手法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

深度センサは容易に入手できるデバイスであるが、その特性を生かして、老若男女、健常者から病後の人まで、健康状態のチェックから安全確保、健康促進に至るまで様々な段階で役立てることができるよう、いくつかの具体的なシステムにおいてシステムのプロトタイプの開発を行った。特に、深度センサの基本的機能である、深度計測値をベースにした応用と、一部の深度センサに搭載された関節(骨格)検知機能を用いた応用両面を意識して開発した。この研究において開発した様々な技術をもとに、今後様々な生活空間の中で深度センサを中心としたシステムが開発されていく可能性が高まった。

研究成果の概要(英文)：This project aims to develop systems to promote health and body measurement by fixed depth sensor as well as to support persons to move safely by attaching the sensor to the body.

We successfully developed systems for calisthenics evaluation and automatic evaluation of SIAS in rehabilitation objectives.

Also, for mobile application, automatic floor detection algorithm was refined to be applicable in cluttered area.

研究分野：3D情報処理

キーワード：深度センサー

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

1. 研究開始当初の背景

(1) Kinect に代表されるような、深度 (depth) センサが、ここ数年、安価に提供されることもあり、ゲームをはじめとして、ユーザインターフェイスに広く用いられるようになってきた。

(2) 一方、本申請者は、深度センサを使い始める前に、レーザーレンジファインダー(LRF)を応用する研究を行っており、人の通過をカウントする歩行者カウンタを開発したり、移動ロボットの自己位置推定を行っている。その経験をもとに、深度センサの応用研究を行っている。その中で研究的ポイントは、センサの姿勢と世界座標系との関係構築、特に、センサあるいは対象物の動きに対する追従性を重視したアルゴリズムなどである。

(3) 申請者は深度センサを、健康づくり、福祉分野で役立てようと考え、必要とされる機能の実現性や有用性を明らかにするために、今まで、以下のような予備システムの試作・試験を進めてきた。

(ア) 【呼吸数検出装置】壁面にセンサを装着し、その視野中にある人の体の各部分の距離が呼吸により微小変動するのを、アルゴリズムを工夫することによりとらえることに成功した。これにより、非接触で、たとえば、ベッドに寝ている病人の呼吸数をモニタリングすることもできるようになった。

(イ) 【ラジオ体操採点システム】 ラジオ体操第一の楽曲にそって、Kinect の関節検知機能を用いて、体の姿勢を角度を中心にして算出し、どれだけ理想値に近い値が実現できているかを様々な評価項目ごとに評価し、リアルタイム採点するシステムを作成した。

(ウ) 【路面検出装置】体にセンサを装着し、歩行時のゆれ(オイラー角における角度と座標)を、得られたデータから自動的に推定し、どんな姿勢であっても常に路面を把握し、路面よりも高いところにある障害物や路面よりも低い穴をリアルタイムで検知するシステム。右の写真は、センサを装着した例。

装着角度や高さなどが固定であれば視野中の物体が路面よりも高い・低い容易に判定できるが、歩行者の体に装着したり、シニアカーのハンドルにセンサを装着した場合などでは、路面のガタや体の姿勢、シニアカーなどのハンドルの切り方などによりセンサの姿勢が変動する。そこで、姿勢を表現するパラメータを変数としてモデル化を行い、拡張カルマンフィルタを用いて、パラメータをリアルタイム推定するアルゴリズムを開発し、実験した。壁面が赤、下り階段が青と、区別できており、音や振動により歩行者に危険を伝えることができる。

2. 研究の目的

Kinect などの深度センサは人の手や胴体などの動きをとらえるため、最近コンピュータへの入力・指示方法として急速にクローズアップされてきたものであるが、本研究では、人の体の動きを深度センサで観測することにより、人の健康づくりや生活支援、視覚障害者などへの福祉機器開発につなげる部分の研究を行う。

今まで予備実験をしてきた成果を基に、深度センサによる人の動作表現の基礎となる数学的なモデルを作成し、様々な体操やダンスなどに共通する、姿勢や評価の方法、模範演技の取り込み方法や学習方法などを検討する。さらにその上に、体操やダンス、姿勢のゆがみなどの自己診断やアドバイスシステムなどを構築する。また、視覚障害者等が体に装着して危険を検知するためのモデル構築とシステム開発もおこなう。試作したシステムは、実際に必要とする人による実験を行う。

3. 研究の方法

(1) 【体操採点システム】基本システムはラジオ体操第一で、それをもとにして、評価方法な

ど、多面的に研究を行った。また、ラジオ体操のように音楽をベースにする体操であれば、容易に別の体操にも応用できるものに拡張した。

(2) 【脚形状の測定システム】脚形状（O脚 (genu varum), X脚 (genu valgum)）は、身体の老化に従って生活の質に影響を及ぼすことから、早期発見や、経年変化を行うことが必要とされている。本研究では、後面から Kinect を使って深度測定を行うことによって、O脚とX脚の度合いを数値で提示するシステムを開発した。

(3) 【SIAS 自動化】脳卒中後の機能評価法として、脳卒中機能障害評価セット Stroke Impairment Assessment Set (SIAS)があるが、深度センサを用いて SIAS を自動化する研究は本研究課題によくマッチするものと考え、SIAS の自動判定システムの整備を進めた。深度センサとして、最もいきわたっているマイクロソフト社のキネクトを用いて、関節検知 (BODY) 機能を用いるもの、深度計測機能を用いるもの、Leap Motion を用いる指の機能の3つについて、研究を進めた。

(4) 【FMS の自動判定】Functional Movement Systems (FMS)という、体の動きの簡単な評価システムがスポーツの分野で使われている。この評価の自動化を行うシステムの開発を行った。

(5) 【移動時の障害物検知】拡張カルマンフィルタを用いて、移動時に深度センサを用いて、床面と壁面を検知して知らせるアルゴリズムを開発した。

4. 研究成果

(1) 【体操採点システム】

大阪グランフロントの、ナレッジキャピタルにおいて、毎年1か月ずつ、本学の研究成果の発表の場において、実演展示を行った。また、それ以外にも本研究期間中に5回、神戸市内での健康イベントにおいて実演展示を行った。写真は、2018年11月に開催の東灘食育フェアで



のものである。こうした機会に、その機能を見て、修正を繰り返してきている。また、評価対象の姿勢で、手や足がセンサ方向に向いているときに採点に問題が起こることを見つけ、修正を行った。

(3) 【SIAS 自動化】

Leap Motion を使ったものとして、手指テスト、BODY 機能を使ったものとして、腹筋力テスト、膝口テスト、股関節屈曲テスト、膝伸展テスト、足パッドテストのシステムを作成した。

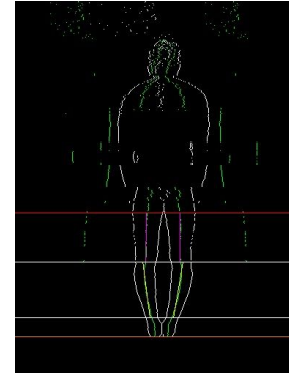
また、深度データから直接測るものとして、腹筋力テスト (体幹機能)、足関節可動域テスト、肩関節可動域テスト、垂直性テスト (体幹機能) の自動判定システムを作成した。



(2) 【脚形状の測定システム】

脚形状の測定を専門とする学内体育の教員の今までの知見を教示していただき、それをもと

にして、脚の上部と下部との間の膝関節部の角度を自動的に測定するシステムを開発した。右の写真は、O脚の場合であり、それが数値で明確にわかる。

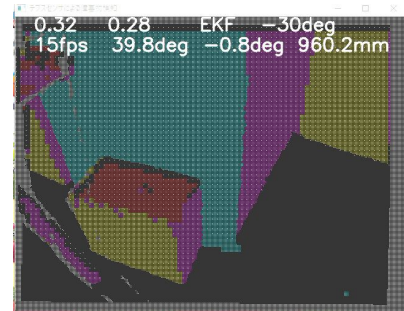


(4) 【移動時の障害物検知】

数学モデルの整理を行った。また、アルゴリズムの中に判定部分があるため、初期値の選び方によっては、真値に収束しない点を挙げ、ランダムに探索するアルゴリズムを提案し、論文化した。

右の写真は、このアルゴリズムで検知した床面と、壁面それぞれを色分けしたものである。

さらに、推定対象である、距離や角度は、単に面を見つけるための補助的なものではなく、カメラの高さや姿勢など、それ自体が必要になるため、新たな応用分野への視界が開けた。



5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

M. Tanaka, Estimation of the Posture of Mobile Depth Sensor for Detecting the Ground and Walls in Terms of Initial Values, Trans. of the Institute of Systems, Control and Information Engineers, Vol. 32, No. 1, 2019, 39-46, DOI 10.5687/iscie.32.39

T. Ohnishi and M. Tanaka, Evaluation of Trunk Control Test Included in SIAS by Using Kinect, 2018 International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, NCSP'18, Hawaii, USA. March 5 - March 7, 2018, 208-211

大西智也, 岩崎智宏, 田中雅博, 深度センサーの関節検知機能を用いた脳卒中片麻痺の身体機能評価 SIAS の場合, 電気学会論文誌 C, Vol. 138, No.6, 2018, 662-669, DOI 10.1541/ieejeiss.138.662

田中雅博, 深度センサーによる人の状態や姿勢の把握と生活支援システム開発, 地域ケアリング, Vol. 20, No. 11, 2018, 68-72

T. Ohnishi and M. Tanaka, The Evaluation of the Verticality Test in SIAS by Using a Depth Sensor, The 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV), Singapore, 2018, 1278-1283

M. Tanaka, Ground Surface Estimation and Environmental Recognition by a Small Mobile Depth Sensor, Proc. of the 48th Stochastic Systems Symposium, 2017, 48-55

M. Tanaka and A. Sogabe, A Measuring System of the Legs Shape by Using the Kinect Sensor, Proceedings of the SICE Annual Conference 2017, 106-109

〔学会発表〕(計6件)

大西智也, 安達靖太, 田中雅博, デプスセンサを用いた SIAS における体幹姿勢の評価, 平成 30 年電気学会 電子・情報・システム部門大会, 北海道大学, TC4-12, 2018, pp.209-213

岩崎智宏, 大西智也, 田中雅博, Kinect を用いた SIAS における麻痺側運動機能の評価法, 平成 30 年電気学会 電子・情報・システム部門大会, 北海道大学, TC4-13, 2018, pp.214-219

M. Tanaka, On the Initial Guess of Posture of Mobile Depth Sensor for Detecting the

Primary Surface in the Environment, Proc. 49th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications (SSS'17), 2017, 119-124

大西智也, 田中雅博, Leap Motion を用いた SIAS の上肢遠位テストの評価ーシステム設計の試みー, LIFE2017, 御茶ノ水女子大, 3E-1-6, 2017, 4 pages

田中雅博, 模範体操をもちいた体操採点システムの基盤構築 - システムのフレームワーク -, 第 17 回システムインテグレーション部門講演会, SI2016, 2237-2242

須谷章宣, 田中 雅博, Kinect を用いた運動姿勢の評価支援システム, 第 17 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2016), pp. 2069-2072, 2016.12.15-17.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://carnation.is.konan-u.ac.jp>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

なし

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。