

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25330412

研究課題名(和文) ベッド-車椅子移乗介助動作認識と動作学習支援システムへの応用

研究課題名(英文) Motion Recognition of Assistance for Bed-Wheelchair transferring and its application to learning support system

研究代表者

泉 正夫 (Izumi, Masao)

大阪府立大学・工学研究科・准教授

研究者番号：60223046

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ベッド-車椅子間の移動介助は腰への負荷がかかりやすい。そこで腰痛の原因となる動作の回避を促す自己学習支援システムの構築を目指す。あらかじめ熟達者の介助動作を収集しておき、ユーザーにベッド-車椅子間の移乗介助動作を実際に行ってもらい、モーションキャプチャを行う。さらにキャプチャしたデータから動作時の関節の各角度を特徴量として抽出し、ベッド-車椅子移乗介助動作を学習しようとするユーザーの動作の時系列変化を熟達者のデータと比較する。そして熟達者とユーザーの実際の動作を撮影した映像を同期して同時表示させ、熟達者との差異を具体的に提示することにより、自分の動作の修正を容易にするようなシステムの構築を目指す。

研究成果の概要(英文)：Most of people who work as nurses have pain in the lower back. And one of main causes of pain in the lower back is the pose at assisting for bed-wheelchair transferring. In this paper, we propose a motion analysis method of assistance for bed-wheelchair transferring for learning support system using low price motion detector. For this purpose, we have tried to extracting human region, fitting model, and extracting features of back and leg angles. After these steps, we have investigated these features by comparing good assisting with bad assisting, and our system can give us good advices for better body motion of transferring assistance. Our experimental results show us the usefulness of our proposed method for the application of learning support system of bed-wheelchair transferring assistance motion.

研究分野：動画像処理

キーワード：知的学習支援システム ベッド車椅子移乗介助 動作認識 映像分割

1. 研究開始当初の背景

看護業務は、患者の移送など重量物取り扱い業務に分類され、特にベッドから車椅子への移乗介助動作は腰痛経験が7割を超えるなど、看護者の負担が大きな作業である。また、適切な動作を習得するには適切な指導が必要で、その学習支援システムの実現は強く望まれている。

一方、ビデオ映像からの人物の動作認識の研究では、監視目的に人物の(異常な)動作を識別するものから、ダンスやスポーツ選手の細かな動きを取得するものまで多種の手法が提案されているが、看護者の動作を時系列的に取得し、学習支援に用いるシステムはまだほとんど提案されていない。また、老人介護や障がい者支援等、社会的に看護介助者が多く必要とされているが、その育成には時間も費用もかかる一方、家庭内介護での(特に介護作業等を習得していない)一般人が介護をするケースも増加しており、安価で介助作業を学習支援するシステムの実現が強く望まれている。

動画像からの人物動作認識は、画像特徴とモデルとの対応付け、時系列の追跡、モデルの時系列的变化の抽出、モデルの時系列变化と各動作との対応付け、といったおおまかな手順をとることが多い。スポーツ選手の動作解析など非常に細かな動きを要求する場合は、異なる数か所から同時に撮影した複数の動画像を用いて、抽出された3次元情報を基に動作解析を行ったりするが、コストがかかる。移乗介助動作のような一人または少数の人間の動作を全身映像から解析する場合、TOF機能を用いた深度情報を使ってかなり丁寧な解析が可能となってきているが、TOFカメラは高価であり容易には導入することができない。しかし、近年 Kinect のような安価であるがリアルタイムで深度情報を取得できるようなデバイスが開発され、人物行動の解析・認識等の研究にさかんに使用されるようになってきた。

2. 研究の目的

本研究では、病院、介護施設、あるいは自宅などにおいて、患者がベッドから車椅子へ移乗する際の介助者の介助動作を自動認識し、看護師を目指す学生や一般介護者、さらには新人看護師などを対象とした自己学習支援システムの構築を目指す。また、一般に広く利用してもらうために安価な機器を使用したシステムの実現を目指す。介助動作を撮影し、脚、腰、胴体、腕の各位置、方向、関節の角度、および各部位の相対的位置関係などの時間的变化を抽出して、一連の介助動作を熟達者の動作と比較することにより、学習者の一連の動作の中でどのような動作が熟達者と異なっているのか、またどのように修正すればより良い動作になるのかを自動的に学習者へ提示することにより、介助者・被介助者ともに身体になるべく負担のかからな

い、より良い介助動作を習得する自己学習支援システムを構築し、評価実験を行う。また、評価実験の結果に基づき、システムの性能向上を目指す。

3. 研究の方法

(1) 人物の関節位置の抽出

Kinect は人物領域を自動的に抽出し、さらにその人物の骨格線および関節の3次元位置を自動的に連続して抽出できる機能を持っている。しかしながら、この機能は対象となる人物が他者もしくは他の物体と接触していないことが前提となっている。本研究では、介助者が被介助者と必ず接触するため、Kinect のこの機能は使えない。そこで、まず Kinect で得られる3次元情報(深度情報)を基に人物領域のみを抽出する。次に人物モデルとこの領域を対応付け、モデル上の関節位置と対応付けた領域の3次元情報(深度情報)を求める。ここで検討しなければならない項目は以下の通りである。

1. Kinect で得られる3次元情報(深度情報)から、人物だけの領域を抽出する基準
2. 対応付けの基準となる人物モデルの形式

(2) 移乗介助動作の識別

得られた介助者の関節位置の時間的变化に基づき、介助者の移乗介助動作を識別する。ベッドから車椅子へ被介助者を移乗させる時の介助動作は大きく4つのステップに分割できる。ベッド上の被介助者をベッドの中央から端に寄せる。被介助者の上半身を起こし、端座位にする。車椅子へ移乗する。車椅子上で姿勢を整える。の4ステップである。それぞれのステップにおける基本的な関節位置の時間的变化について、介助の熟達者の動作をあらかじめ計測しておき、システムから得られた関節位置の時間的变化と対応付けることで、実験対象者の介助動作の時間的対応をステップごとに行うことが可能になる。ここで検討しなければならない事項は以下の通りである。

1. どの関節位置の時間的变化を比較すれば良いのか
2. 熟達者の関節位置の時間的变化と、実験対象者(初心者)の関節位置の時間的变化は、当然同じ動作でも異なる変化となる。そこで、もっとも良く2つの動作の対応付けが可能な対応付け手法の選択

(3) 熟達者と実験対象者(初心者)の動作の比較

熟達者との動作の対応付けが得られたのち、これらの情報を利用者(初心者)にわかりやすく伝えるために、次の2点を考える。まずは、同期した映像を同時に提示することで、次は熟達者の動作と何が違うのかをテキストで表示することである。前者の同期映像の同時表示は、(2)で得られた4ステップの動

作ごとにそれぞれ熟達者と初心者のもっとも似た瞬間を同期させる必要がある。後者の動作の違いをテキスト化する処理の場合は、得られた関節位置の時間的な変化から、どのような状況（例えば、熟達者に比べて膝の曲がり方が少ないとか）を抽出可能であるかを検討する必要がある。

(4) システムの構築

これまで示してきた手法を実現し、かつ利用者が簡単に利用できるシステムを構築し、実際に看護系の学生などに利用してもらい、移乗介助動作のスキルを上げられるかどうかを検証する必要がある。実利用に耐えうるシステムを構築するためには、各処理の精度の向上はもちろん、処理時間の短縮が必須となる。また、実際に利用してもらって、その性能を評価し、問題のある箇所を見つけ出し、さらなるシステムの向上を目指す必要がある。

4. 研究成果

(1) 人物の関節位置の抽出

まず最初に、Kinect で抽出した人物領域画像と RGB 画像から人物領域画像のみの RGB 画像を取り出し、これを HSV 画像に変換したのちから H(色相)成分のみのヒストグラムを作成する。図 1 に、Kinect が抽出した人物領域の例を示す。左が撮影された RGB 画像で、右が抽出した人物領域である。人物領域は 2 人が接触しているため、2 人分をまとめて 1 人分として領域を抽出してしまっている。

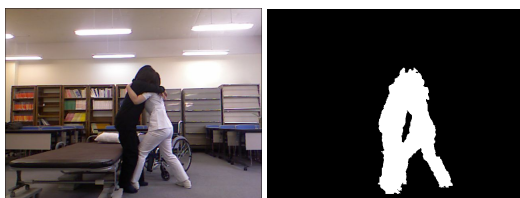


図 1. Kinect の人物領域抽出例

得られたヒストグラムの値から平均を算出し、平均よりも出現回数の多かった値を記憶する。記録する為の配列を register, 値 i におけるヒストグラムの値を $value(i)$ とし、これを式(1)に示す。

$$register(i) = \begin{cases} 1, & \text{if } value(i) \geq ave \\ 0, & \text{else } value(i) < ave \end{cases} \quad (1)$$

これをもとに、実際の処理で対象人物以外も人物領域と認識された場合に、ヒストグラムに登録された値のみの画素を抽出した。

しかし、白と黒といった組合せの場合は色相での差があまり出ないため、グレースケールに変換した画像に対して同様の処理を行った。実際に処理を行った画像を図 2 に示す。



図 2. 領域分離画像

左が Kinect の抽出した 2 人分の領域で、右が本手法で抽出した介助者の領域である。上記の画像では滑らかな領域が抽出できていない為、膨張・収縮、ラベリング、平滑化処理等の補正処理を行う。処理した結果を図 3 に示す。右が処理結果である。



図 3. 領域抽出画像

次に得られた介助者の領域から、どこが関節位置なのかを推定するために、人物モデルとの対応付けを行う。ところが得られる領域は処理手順上、頭部が欠落する。また、実際の人物領域よりも狭い範囲しか抽出できないため、このまま領域のモデルとの対応付けを行うことは困難である。そこで、領域から骨格線を抽出し、骨格線のモデルとの対応付けを行うことで、より適切な関節位置の抽出が行える可能性があると考えた。詳細は省略するが、骨格線の抽出は Kasvand オペレータを用いた手法を適用した。図 4 に骨格線抽出結果を示す。右が抽出結果である。



図 4. 骨格線の抽出

次に、得られた骨格線とモデルの骨格線との対応付けを行う。骨格線は頭部がないので、モデルは背骨と足だけの構造とし、モデルの下部(下腿)から対応付けを試みていき、次に大腿、腰部と対応付ける。下腿は図の左側つまり介助者の左足(介助者の背中が映っている場合)から対応付けを行い、腰部まで到達したら、次は残りの脚部を逆順(大腿から下腿へ)で対応付けを行う。使用した骨格線モデルを図 5 に示す。矢印は対応付けの順序を示す。

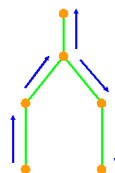


図 5. 使用モデルと対応付け順序

対応付けが完了したら、モデルの関節位置(図 5 の)が Kinect で得られた RGB 画像(図 1 の左)のどの位置にあたるのかを検証し、その位置の 3 次元情報(深度情報)を得る。モデル上の関節は両足首、両膝、腰、背中の 6 点である。それら 6 点の 3 次元情報(深度情報)の時間的な変化が得られる。

(2) 移乗介助動作の識別

得られた6関節の3次元情報(深度情報)をそのまま利用して、熟達者と利用者の動作を比較すると、両者の身長差などから対応付けが困難である。そこで、今回は関節の角度を利用する。図6に示す4つの角度を特徴量として熟達者と利用者の動作を比較する。

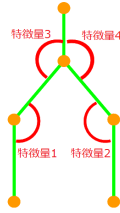


図6. 関節の角度(取得特徴量)

角度は、左右の膝の曲げ角度、腰の曲がり具合に相当し、それら4角度の時間的変化に基づき、熟達者と利用者の動作の対応付けを試みる。以下の説明の簡単化のため、図6の左下の角度を特徴量1、右下を特徴量2、左上を特徴量3、右上を特徴量4とする。

これらの時間的変化に基づき、まずはベッド上の被介助者をベッドの中央から端に寄せる。被介助者の上半身を起こし、端座位にする。車椅子へ移乗する。車椅子上で姿勢を整える。の4ステップへ分割することを試みた。例えば、動的計画法などを用いて、上記4角度の時系列を、熟達者と初心者で対応付けを試みたが、十分な精度が得られなかった。そこで、さらに作業空間中で対応付けに適した特徴量として、Kinectが得る3次元情報をもとに被写空間を3次元ボクセルに分割し、その各ボクセルのスペクトルを特徴量とすることで、より精度の高い対応付けが可能となった。

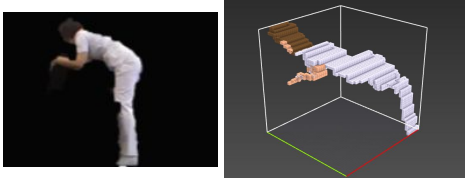


図7. ボクセル表現(右)

図7の右図は、左の入力画像に対するボクセル表現したものを2次的に表示したものである。

各ボクセルのフーリエスペクトルを計算し、それらを主成分分析することにより、あらかじめ手作業で検出していた熟達者の4ステップの動作の各ステップ間の切り替わり箇所のフレームと最も距離の近い初心者のフレームを求め、そこをステップの切り替わり箇所とする手法を用いた。ここで、分割された各ステップ内において、熟達者と初心者では動作時間が異なるので、なるべく同じ動作をしている瞬間瞬間を同時に見ることができれば、より利用者に熟達者との動作の違いを認識させることができると考えられる。そこで、同じくこれらのボクセルのスペクトルを基に、動的計画法を適用した。より詳し

くは Dynamic Time Warping を適用し、各ステップ内の熟達者と初心者がなるべく同じ動作をしている瞬間瞬間を同時に表示できるように、2つの映像を同期させた。これにより、より利用者が熟達者との動作の違いを認識することができると考えられる。

(3) 熟達者と実験対象者(初心者)の動作の比較

(2)で分割された4ステップのそれぞれにおいて、熟達者と初心者の動作の違いはどのように比較することが可能であろうか。ここでは、図6で示された4角度の変化を見てみよう。熟達者と初心者の動作の違いがかなり明確に出現する可能性の高い、第3ステップ(被介助者を車いすへ移乗する)の、4角度の時間的変化を図8と図9に示す。前者が熟達者で後者が初心者である。

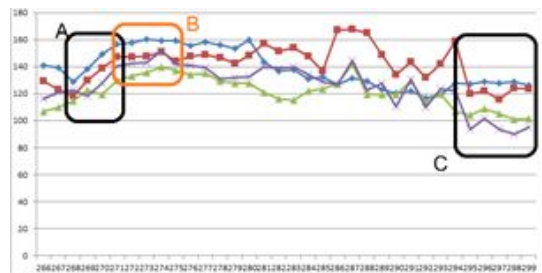


図8. ステップの動作(熟達者)

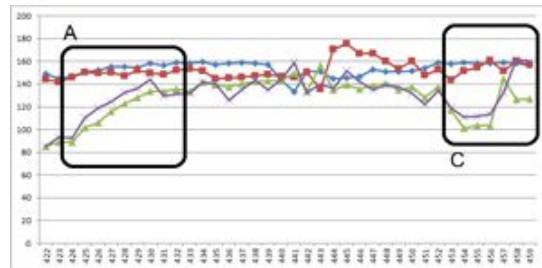


図9. ステップの動作(初心者)

ここで、Aパート、Bパート、Cパートは図8、9中のそれぞれの範囲の動作を示している。2者の違いを見てみると、

Aパートにおいて、熟達者サンプルでは4つの特徴量の値が同時に大きくなっているが、初心者サンプルでは関節3、関節4のみが上昇し、関節1、関節2は高い値のままであるという特徴が見られた。Aパートは足に力を入れ、被介助者を引き起こす動作の区間であり、この結果が示すのは、熟達者は全体を使って被介助者を引き起こしているのに対し、初心者は足を曲げず腰の部分のみで引き起こす傾向にあるということである。

Bパートは熟達者サンプルのみ見られ、4つの特徴量にほぼ変化のない部分であった。このパートは引き起こした直後の動作であり、介助者が引き起こした被介助者を抱えなおす動作パートである。対して初心者サンプルではこれが見られず、引き起こしてすぐさま車椅子への移動へと動作を移していることが分かる。

C パートは、被介助者を車椅子へと下ろす動作の区間である。この部分において、熟達者サンプルは 4 つ全ての特徴量が 140 度以下まで下がっているが、初心者サンプルではこれが見られない。ここから、熟達者は体全体を使って被介助者を下ろしているのに対し、初心者はそうでないことが分かる。

(4) システムの構築

これまで示してきた手法を実現し、かつ利用者が簡単に利用できるシステムを構築し、実際に看護系の学生などに利用してもらい、移乗介助動作のスキルを上げられるかどうかを検証する必要があるのだが、まだ実用に耐えうるシステムを構築するには至っていない。今後の課題としたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

M. Izumi, M. Matsumura, Y. Uno, Y. Majima, "Motion Analysis for Learning Support System of Bed-Wheelchair Transferring Assistance", Rangsit Journal of Information Technology, 査読有, Vol.1, No.2, 2013, pp.16-21.

[学会発表](計 5 件)

M. Izumi, Y. Majima, "Video Synchronization of Bed-Wheelchair Transferring Assistance for Learning Support System", 47th ISICIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, 査読有, 2015, pp.157-158.

泉正夫, 山田祐輔, 真嶋由貴恵, ベッド-車椅子移乗介助動作映像のシーン分割, 教育システム情報学会第 40 回全国大会, 査読無, F5-3, 2015, pp.357-358.

Y. Yamada, M. Izumi, "Video Cueing and Synchronization for Learning Support System of Bed-Wheelchair Transferring Assistance", 3rd Asian Conference on Information Systems, 査読有, 2014, pp.254-259.

宇野由里恵, 泉正夫, 真嶋由貴恵, 複数の Kinect を用いたベッド-車椅子移乗介助動作分析, 計測自動制御学会システム情報部門学術講演会, 査読無, 2014, SS20-14.

Y. Uno, M. Izumi, Y. Majima, "Motion Recognition of Assistance for Bed-Wheelchair transferring from Video", 2nd Asian Conference on Information Systems, 査読有, 2013, pp.127-132.

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等
<http://www.cs.osakafu-u.ac.jp/mnis>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

泉 正夫 (IZUMI, Masao)
大阪府立大学・工学研究科・准教授
研究者番号: 60223046

(2) 研究分担者

真嶋 由貴恵 (MAJIMA, Yukie)
大阪府立大学・人間社会システム科学研究科・教授
研究者番号: 70285360

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()