

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560280

研究課題名(和文)褥瘡予防エアセルマットレスのための体圧分布に基づくオンライン姿勢推定

研究課題名(英文)Online posture estimation using pressure distribution on air mattress for pressure ulcer prevention

研究代表者

野口 博史(Noguchi, Hiroshi)

東京大学・医学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：50431797

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：エアマットレス上に配置した体圧分布センサのデータから沈み込み量、ならびに、寝姿勢を推定する方法を開発した。沈み込み量は、体圧値と沈み込み量の計測データから推定し、また、寝姿勢については、機械学習手法を用いた方法により実現した。健康者による背上げ時のデータに沈み込み量の推定評価、並びに、仰臥位、右側臥位、左側臥位、背上げ途中時、背上げ時の5姿勢のデータセットを用いて評価し、性能良く姿勢推定できることを実証した。

研究成果の概要(英文)：We constructed methods for estimation of body sinking distance and postures on an air mattress using pressure distribution sensors. The body sinking distance is estimated based on investigated non-linear relationship between pressure values and sinking distances. The posture is estimated by using machine learning technique. The distance estimation method was evaluated based on the dataset that includes body sinking distance during head of bed elevation. We also prepared dataset about posture dataset on supine, right and left lateral position, 30-degree and maximum inclination of bed. The experiment demonstrated that our method had good performance.

研究分野：看護工学

キーワード：姿勢推定 エアマットレス 褥瘡予防

## 1. 研究開始当初の背景

寝たきり患者や術後などのクリティカルな患者など、身体を動かさない患者において、圧がかかり続けることが原因で、褥瘡（いわゆる、床ずれ）が発生する。その予防として、圧分散性能が高いエアセルマットレスが利用されている。その普及により、褥瘡発生は抑えられたが、依然として、1%の有病率があり、より高機能なエアマットレスの開発が求められている。現在のエアマットレスでは、円筒状の空気の入ったエアセルが並べられており、人体がその上で沈み込むことで、接触面積が増し、かつ、圧が均等にかかることで、圧が分散され、最終的に高い圧の領域を減らすことに成功している。また、エアセル自体の制御としては、「圧切り替え」と呼ばれる、隣接するエアセルごとに内圧を交互に上げ下げすることで接触面を適宜移動させることで、同じ箇所に圧がかかり過ぎないようにする工夫もされている。しかしながら、現在は、あくまで画一的な制御によるものである。現状でも、体重情報から、適切なエアセル内圧を定める方法は考えられているが、背上げなどのベッド状態、あるいは、仰臥位や側臥位など、身体の姿勢に応じた制御は考えられていない。当然のことながら、各姿勢において、仙骨部や大転子部、臀部、肩部など、最大接触位置が異なり、その姿勢ごとに合わせて、エアセル内圧の制御を切り替えることでより圧が分散されると考えられる。姿勢を非侵襲に推定する方法として、体圧分布センサを利用する方法が考えられる。これまでも布団やウレタンなどにおいて同様のことが試みられてきたが、エアマットレスでは、沈み込みが大きく、マット面自体もエアセルのためにフラットでなく、加えて、圧切り替えによって接触状態が変化する状況下で動く問題がある。その状況下でも姿勢推定出来る必要がある。

## 2. 研究の目的

そこで、本研究では、エアセルマットレスにおいて、圧力分布から姿勢を推定する方法の開発が目的である。具体的には、姿勢に関わる情報として、エアマットレスにおける沈み込みについての推定、ならびに、仰臥位、側臥位や、背上げ時の状態などを体圧分布センサから推定する。

## 3. 研究の方法

### (1) 体圧分布データからの沈み込み推定

エアマットレスでは、通常のマットレスと異なり深く沈み込み、また、その沈み込みもゴム製のエアセルへ荷重であることから、非線形的に変化することが予想される。そこで、ベッドへの一定の沈み込み量を再現し、その時に圧を計測可能なインデンターからなる装置を作成した。また、その装置を利用し、エアマットレスへの圧力と沈み込み量の関係を取得し、多項式近似により、関係を調べた。具体的には、共同研究者が開発中である圧力分布センサをマットレス内に内蔵している褥瘡予防のための新型エアマットレスを借用し、圧力分布値を取得できるようにし、用いた。マットレス自体は、20エアセルから構成され、また、3層構造をもつ15cm幅のマットレスである。

計測により調べた沈み込みと体圧値の関係が実際の人体の沈み込み量の推定に利用可能かどうかについても検証した。身体の沈み込み量を正確に計測することが難しいことから、沈み込みが最も大きいと考えられる背上げ時を対象とした。LIDARをベッドに配置することで、ベッド面への身体の平行移動を計測可能な計測システムを構築し、ベッド角度とともに、圧力分布、身体移動距離を計測し、沈み込み量の推定値との関係を検証した。具体的には、健常者27人をリクルートし、それぞれ、3回ずつ計測したデータセットを作成し検証した。

### (2) 体圧分布データからの姿勢推定

体圧分布データからの姿勢推定としては、体圧分布センサデータは、画素数の少ない画像データとみなせることから、画像を元にした識別問題として、推定する方法を確立した。画像に比べれば、画素数自体は少ないが学習手法を用いてオンラインで計算するには、計算時間がかかり、また、汎化性が落ちることから、PCAを用いて、次元数を100次元まで圧縮した後に、Principal Component Analysis (PCA)を用いて次元圧縮した。その後、Support Vector Machine (SVM)をLinearカーネルにて用いて識別した。ここで、姿勢自体は他クラス問題であるが、One-Against-oneの考えで識別した。

データセットとしては、先ほどの背上げデータから、最大挙上の背上げ状態、30度背上げ状態のデータセットを作成し、それにくわえて、実際に圧切り替えも動作させた状態で、健康者13名について、仰臥位、左右それぞれの90度側臥位状態についてのデータを計測し、1姿勢あたり2000毎程度の圧力分布データセットを作成した。そのデータを元に5クラス問題として識別した。計測データの例を図1に示す。

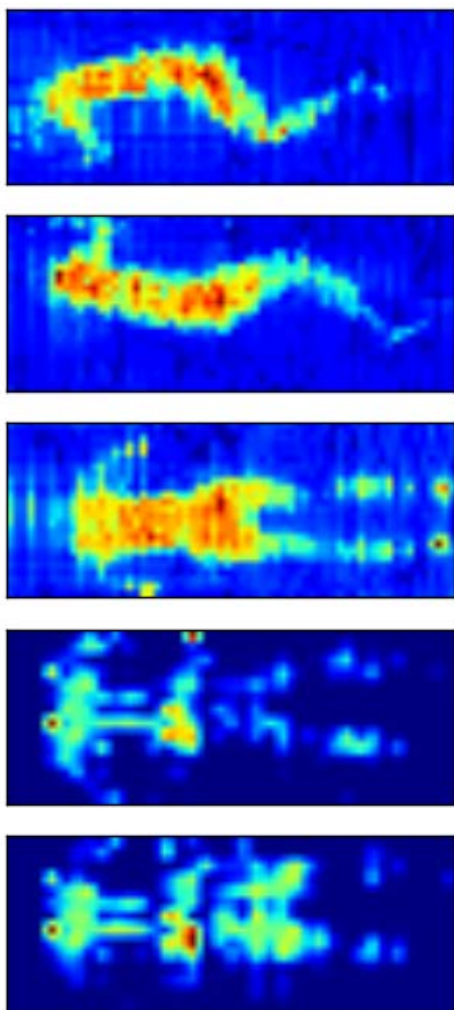


図1：評価に利用した体圧分布の例

#### 4. 研究成果

##### (1) 体圧分布データからの沈み込み推定

計測した体圧と沈み込み量との関係を調べたところ、3次多項式で十分フィットできることがわかった。また、関係から逆問題として、体圧値から沈み込み量の推定を実現し、背上げ時の身体の下方への移動量と推定値の値との差を調べたところ、沈み込み量自体

にも依存するものの誤差が平均約7mmとなり、簡易な方法ではあるが、概ね沈み込み量を推定できることがわかった。

また、その成果を利用し、体圧分布から、ベッドへの身体の沈み込みを推定し、可視化する方法も実現した(図2)。

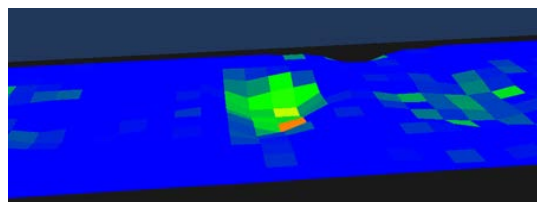


図2：沈み込みと体圧分布の可視化例

##### (2) 体圧分布データからの姿勢推定

体圧分布からの姿勢識別について、データセットを元に10クロスバリデーションで評価し、識別した結果としては、Precision, Recallともに平均が0.99程度となり、非常に良い結果が得られた。比較的識別が容易な問題とはいえ、エアマットレス上での不安定な圧力分布データにおいても良い結果が得られたことは重要である。また、識別に要する時間についても、学習時はともかく、推定時には、通常のデスクトップPC程度の計算能力でも0.01s程度で済むことから、オンラインでの姿勢推定も十分可能だと考えられる。

以上のように、エアマットレス上部に配置された圧力分布センサのデータを利用した沈み込み量の推定ならびに、姿勢の推定について成功した。実現した沈み込み量の推定は、マットレスの設計の指針にも活用できるものであり、また、姿勢推定は、推定結果に基づくエアセル内圧制御につながるものであり、今後の圧力分布センサ内蔵の高機能なマットレス開発にあたり重要な要素技術となるものと考えられる。また、技術自体は、マットレスでの体動検知や起き上がりの予測などマットレス制御以外にも応用可能であり、今後のマットレス上における患者見守りのシステムにもつながるものだと考えられる。

## 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)

Mori T, Noguchi H, Nakagami G, Sanada H.  
Development and evaluation of an air  
mattress structure and function for  
reducing discomfort when elevating the  
head-of-bed. Disabil Rehabil Assist  
Technol. vol. 10, no. 1, pp. 81-88, 2013.

〔学会発表〕(計 1件)

野口博史, 堀紀子, 玉井奈緒, 仲上豪二朗,  
森武俊, 真田弘美, 体圧分布センサ内蔵エア  
マットレスにおける個別エアセル内圧調整  
機能, Life2015. (採択済み)

〔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〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

野口 博史 (Noguchi Hiroshi)  
東京大学・大学院医学系研究科・特任助教  
研究者番号：50431797

### (2) 研究分担者

玉井 奈緒 (Tamai Nao)  
東京大学・大学院医学系研究科・助教  
研究者番号：80636788

吉田 美香子 (Yoshida Mikako)  
東京大学・大学院医学系研究科・特任助教  
研究者番号：40382957

真田 弘美 (Sanada Hiromi)  
東京大学・大学院医学系研究科・教授  
研究者番号：50143920

### (3) 連携研究者

なし