

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K15782

研究課題名(和文) ベッド上からの転落予知センサの開発と実用化に向けた検証

研究課題名(英文) Development of falling prediction sensor from bed

研究代表者

川口 孝泰 (KAWAGUCHI, TAKAYASU)

筑波大学・医学医療系・教授

研究者番号：40214613

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：ベッド上で療養している患者の転落事故は年々増加している。しかし現在の転落防止策は、転落事故の予兆を目的とした研究の取り組みは少ない。本研究は、ベッド上で療養生活を過ごす患者の体動変化を継続的に捉え、転落の予兆に繋がる異常体動を事前に把握し、危険予知・防止につなげるための新たな観察手法の提案を目的とした。本研究により、ベッド上における臥床位置や体動を、ベッドに装着された4脚の加圧状態の変化によりとらえることが可能である示唆された。さらに、投影重心の非線形解析の結果から、ベッドからの転落の予兆を捉えることの可能性も示唆された。

研究成果の概要(英文)：The fall accidents of patients who are sick on bed are increasing year by year. However, as for measures to prevent current falls, research efforts aimed at precursors of fall accidents are few. In this study, we observed the change of body movement of patients who are staying medical care living on the bed over time, proposed a new observation method to grasp anomalous body movement leading to symptoms of falling in advance, and lead to risk prediction. This study suggested that it is possible to grasp the bed position and body movement on the bed by the change of the pressing state of the four legs attached to the bed. Furthermore, it was suggested that the prediction of the fall from the bed could be grasped from the result of the nonlinear analysis of the projection center-of-gravity.

研究分野：看護学、人間工学

キーワード：ベッドからの転落 予兆 重心動揺 非線形解析

1. 研究開始当初の背景

病院での加療中における離床情報は、看護師の把握すべき患者の安全情報の中でも特に上位である。離床情報を得るために、多くの医療機関では、離床により身体への何らかのリスクが発生するおそれのある患者に対して離床センサーを用いている。しかし、離床感知センサーは製品のほとんどが離床後に反応するタイプであり、アクシデントが発生した後に看護師が現場に到着することになる。また、センサーのタイプによって、プライバシーが侵害される危険があったり、褥瘡発生のリスクを上げたりといった対象者に対して負担の大きいものもある。しかし、現在の転落防止策は、転落事故の早期発見を前提に、起きた場合にはすぐに対応できるセンサーや、衝撃を少なくするようなマットの工夫など、消極的な対応が多く、事故に至る前の事前予知に向けた研究や取り組みは少ない。

そこで本研究は、研究者らが研究・開発を行ってきた、非線形時系列解析をプログラムに応用した、重心変動解析装置を用いて、測定精度および信頼性に関する基礎研究、および装置を利用した、療養者に対する重心軌跡の分析による転落予防効果につながるかどうかについての検証を行う。

2. 研究の目的

本研究は、ベッド上で療養生活を過ごす患者の体動変化を継時的に捉え、転落の予兆に繋がる異常体動を事前に把握し、危険予知・防止につなげるための、新たな観察手法の提案を目的とした。

3. 研究の方法

開発した手法は、ベッドを支える4本の脚に、圧力センサーを敷き、4脚で測定された加圧変化を基本データとし、ベッド上での「体位」、「臥床位置」、「投影重心の時系列変化」などを把握する装置である(図1)。今回の発表では、とくに投影重心の時系列上の変化を中心に「軌跡面積の算出」、「パワー・スペクトル解析」、「ゆらぎ解析」などの解析によって、ベッドからの転落予兆を捉えるための実験的な検証を行った。



図1 実験用ベッドとセンサーの取付位置

1) 基本データの測定・解析内容

ベッドの4脚底部にセンサーを設置し、4点の荷重から投影重心点(平面座標(x, y))を観測し、重心点の時系列的な変化をデータとして記録した。

ベッドの横方向をX軸、ベッドの縦方向をY軸とした。サンプリング周波数は $f_s=20\text{Hz}$ であった。投影重心点から得られた非線形時系列データを基に、2次元上の軌跡図を求め、その外周面積・総軌跡長を求めた。外周面積(Env. Area)は、重心の動いた範囲を囲める長方形を求めた。

図2上図は、重心データのX軸方向およびY軸方向に移動した重心点の軌跡を時系列上に、その変動を波としてあらわしたものである。下図は、重心点の移動を2次元に投影した軌跡である。

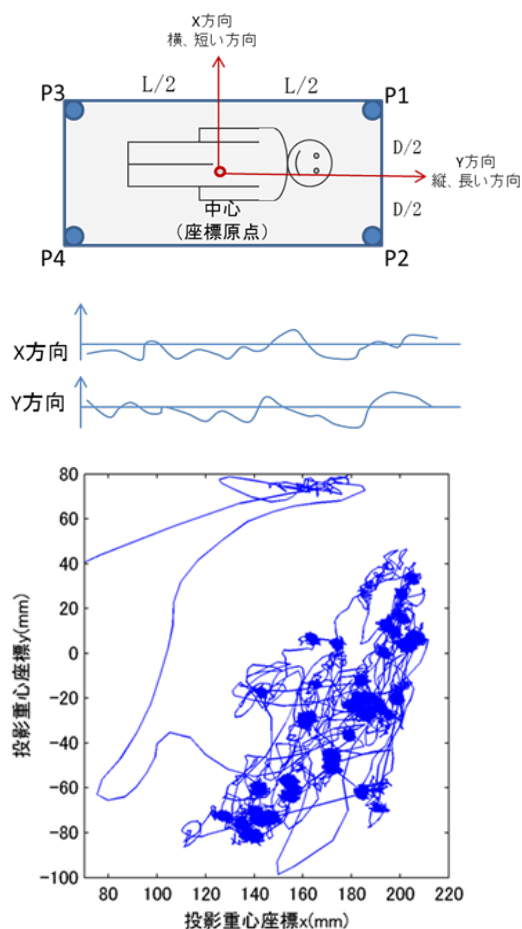


図2 記録データと解析方法

$Env. Area = (\max(x) - \min(x)) * (\max(y) - \min(y))$
また総軌跡長(Lng)は、重心が測定時間内に動いたトータル距離とした。

$Lng = \sum(\sqrt{(X_n - X_{n-1})^2 + (Y_n - Y_{n-1})^2})$
これによって、体動の頻度や大きさを把握した。またFFTによりパワースペクトルを、
パワーL : 低周波数域間(0.02-0.20Hz)のパワー(面積L)/TP
パワーM : 中周波数域間(0.20-2.00Hz)のパワー(面積M)/TP
パワーH : 高周波数域間(2.00-10.00Hz)の

パワー（面積 H）/TP の帯域に分けて求め、寝返り周期の特性を捉えた。

さらに Detrended Fluctuation Analysis (DFA) 法によって、体位動揺のフラクタル性の解析を行った。

2) 基礎実験 1

実験方法やデータの再現性を保証するために、健康成人 5 名を対象として、再現性とデータの信頼性について反復実施し、計算方法の確からしさについて実証した。

3) 基礎実験 2

健康老人（76 才、男）1 名を対象として、日常生活で使用しているベッド上において、およそ 6 時間の睡眠中の体動の変化を経時的に測定した。

4) インフォームド・コンセント

本研究は、重心変動解析装置を用いて、測定精度・信頼性に関する基礎実験（実験 1 を行った。いずれも生体のデータを扱うことになるため、対象者に対する十分な研究内容の説明を行うことでの理解の促進と、内容に関して納得して同意してもらうための十分な倫理上の配慮を行った。

実験 2 については、在宅での測定となったために、個人情報管理やプライバシーに関する配慮は当然として、得られた研究データの公表に関して対象者に対して十分なインフォームド・コンセントを行い実施した。

人権・倫理的な配慮に関しては、研究者らが個々人で配慮し、実施することと同時に、研究を実施する前段階として、「筑波大学医学医療系医の倫理委員会」にて承認を得て、十分な倫理に関する検討が行われた上で研究を実施した。

4. 研究成果

図 3 は、実験 1 の結果を基に、処理結果をグラフ化したものである。図 4 は、実験 2 として実際の高齢者にお越し、睡眠中の体動の変化を時系列上に経時的に著したものである。被験者は、ベッドの右側にやや偏って就寝していた。このケースの場合では、重心軌跡の面積は小さく、大きな体動の変化はなかった。

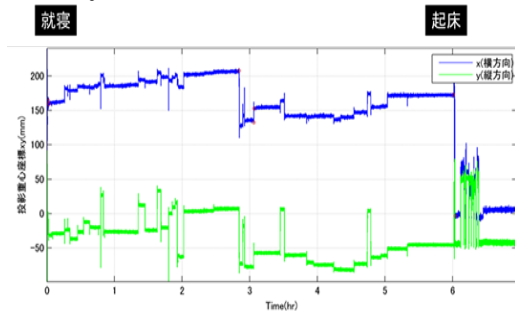


図 3 就寝中の体動変化

この結果を基礎実験で構築した計算プログラムによって、あらわしたのが図 4 である。継時的な体動変化を非線形時系列解析によって再現すると、単位時間の軌跡長から、細かい体動はあるが、総合的には大きな変化は見られなかった。パワー値の比較では、X 軸方向で大きな揺れがあり、Y 軸方向で細かいゆれの変化が見られた。ゆらぎ解析においては、体位動揺のフラクタル性は低値であった。

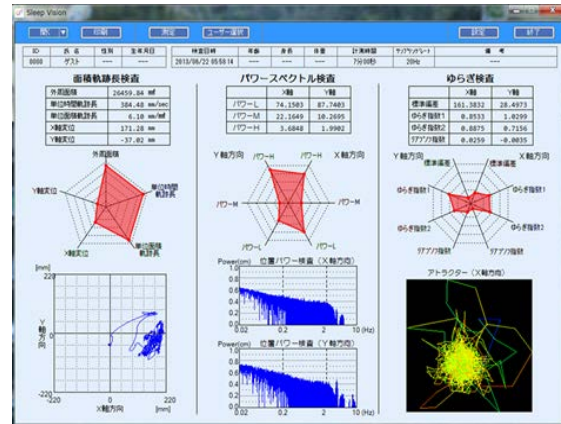


図 4 解析結果

今回の研究によって、ベッド上における臥床位置や体動の特性を、ベッドを支えている 4 脚の加圧状態・変化によってほぼ正確にとらえることの示唆が得られた。とくに投影重心の非線形解析から、転落の予兆につながる異常体動を捉えることの可能性も示唆された。今後は、高い精度が得られるパラメータの検討を進めていくと同時に、例数を増やし、ベッド上からの転落につながる精度の高い予兆の解明を行っていく予定である。

さらに今後の課題としては、在宅医療が進むなかで、在宅療養者に向けた遠隔看護などの情報技術を用いた開発を進めていく必要がある。在宅医療においては医療現場のように、常に観察の目が届いている状況ではないため、医療者の高度な観察技術を本研究で対象としたセンサーによって感知できるデバイスの開発は非常に重要な課題となる。

なお本研究は、ハードウェア、ソフトウェアの開発において、TAOS (株)・東京との共同開発によって行った研究の一部である。

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)

- ① 荒木 大地、浅野 美礼、川口 孝泰、遠隔看護におけるデバイス開発と応用事例、査読有、看護研究、48 巻、2015、129-135、DOI:10.11477/mf.1681201074

[学会発表] (計 3 件)

- ① D. Araki, H. Noguchi, T. Mori, H. Sanada and T. Kawaguchi, Comparison of movement discrimination method using center-of-gravity variation analysis on bed by the types of mattress, The 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC' 17), International Convention Center (ICC) · Jeju Island · Korea, July 11, 2017.
- ② Daichi Araki, Takayasu Kawaguchi, Analysis of Center-of-Gravity Variation on Bed for Fall Prediction, TSUKUBA GLOBAL SCIENCE WEEK、Tsukuba International Congress Center · Ibaraki · TSUKUBA, September 17, 2015.
- ③ 荒木 大地、川口 孝泰、ベッド上からの転落予測に向けた解析手法の提案、看護理工学会学術集会、立命館大学・京都府・京都市、10月10日、2015.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川口 孝泰 (KAWAGUCHI TAKAYASU)
筑波大学医学医療系・教授
研究者番号：40214613

(2) 研究分担者

浅野 美礼 (ASANO YOSHIHIRO)
筑波大学医学医療系・准教授
研究者番号：00273417

市川 政雄 (ICHIKAWA MASAO)
筑波大学医学医療系・教授
研究者番号：20343098

(3) 研究協力者

荒木 大地 (ARAKI DAICHI)
筑波大学大学院人間総合科学研究科博士
後期課程