

論 文 概 要

○ 論文題目 ベッド上からの転倒・転落予測に向けた体動変化解析手法の開発

○ 指導教員

医学医療系 川口 孝泰 教授

(所属) 筑波大学大学院人間総合科学研究科看護科学専攻（博士後期課程）

(氏名) 荒木 大地

目的：財団法人日本医療機能評価機構の平成 25 年度年報では、「転倒・転落」に関する医療事故、ヒヤリハットが原因の第一位と報告されており、患者・看護師のそれぞれに大きな負荷のかかる重大な事象である。転倒・転落への対策として、リスクアセスメントスコアでのリスク把握が推奨されているが、予防としては十分に活用がなされていない。リスクのある患者に対しては離床感知センサを用いるが、感知のタイミングの遅さ、転倒・転落への特異性の不足、プライバシーの問題などが挙げられ、理想的なセンサが不足している。本研究における「転倒・転落」は、ベッドを起点として発生するものに限定し、現状において不足している点の改善を試みるために、独自で設定した特徴量を用いて、予防策の 1 つとして、転倒・転落を予測する為に、転倒・転落に繋がる動作を検知する、看護的視点を持った手法の開発を目的として実施した。

対象と方法：本研究は研究 1、研究 2、研究 3 の 3 つの研究から構成される。研究において共通して用いられた手法として、体動変化解析手法が挙げられる。本手法において構成したシステムは、各ベッド脚下に設置し、荷重を測定するセンサ部分と、得られたデータを経時的に記録し、解析するソフト部分で構成されている。センサ部分から得られた荷重の情報から、ベッド上の対象者の重心位置を推定し、体動による移動軌跡に対して各種の計算を行い、特徴量のデータを得た。研究 1 では、本手法を用いて、ベッド上での基礎的な姿勢・動作の判別可能性と使用すべき特徴量の検討を行った。対象者は健康な 18 歳以上の男女 6 名で、ベッド上で 9 種類の異なる姿勢と 1 種類の動作を行う様に指示し、得られたデータからパワースペクトル密度と **Detrended Fluctuation Analysis (DFA)** の 2 つの特徴量を算出した。その後、各姿勢・動作における有意差について統計的手法を用いて検討した。研究 2 では、危険動作の判定に向けて、特徴量の追加および精査を行い、客観的な指標で判別を行うために機械学習の手法である **Support Vector Machine (SVM)** を用いて動作の判定を行った。対象者は健康な 18 歳以上の男女 6 名で、ベッド上で、臥位、座位、立位の基本的な 3 種類の姿勢と、それぞれの姿勢で揺れを伴った 3 種類の動作を行わせ、データを記録した。計算を行った特徴量は、パワースペクトルを細分化した、**Sp-power**、**Sp-Peak**、**Sp-Sharp** および、**DFA** と軌跡面積、単位時間軌跡長、単位面積軌跡長、**X**、**Y** 軸変位の 7 種類である。また、**SVM** を使用する為に、数種類の時間窓とサンプリング間隔から、最適値を検討しつつ、上記 6 種類の動作の判別確率である適中率を計算した。研究 3 では、研究 2 で調整を行った特徴量と **SVM** を用いて、予め設定した転倒・転落に繋がる「危険動作」の判別を行った。対象者は研究 1、研究 2 とは異なった健康な 18 歳以上の男女 5 名で、幅広くサンプリングを行うため、異なった対象集団を募集した。研究では、危険動作として設定した、「**Reach out**, **Bed rail**, **Active**」の 3 種類の動作を行う様に指示し、データを取得した。また、3 種類の動作を組み合わせた一連の動きを取得し、未知の試験データ (**Test data**) とした。3 種類の動作に関しては、適中率を算出し、その後、**Test data**

を SVM にて解析することで、適合率、再現率を求め、システムとしての評価を行った。

結果：研究 1 では、主に静的な姿勢と動作との間に有意差がみられ、有意差のみられなかった項目においても、姿勢と動作間に数値の差がある傾向がみられた。研究 2 では、姿勢と動作間において、多くの特徴量で有意差がみられたが、DFA の項目では差がみられる項目が少なかった。また、時間窓 3 秒、サンプリング間隔 1 秒の設定において、SVM で算出した適中率が 97.5% で最も高い確率を示した。研究 3 では、3 種類の危険動作について、適中率が 64.9% であったが、特徴量における「軌跡面積」の項目を除外したところ、適中率が 79.8% と向上した。また、未知の Test data に対してのマクロ平均の適中率は 91.7% であり、適合率 77.0%、再現率 78.6% を示した。

考察：研究 1 では、特徴量の数値の差から、静的な姿勢と動作の判別可能性が高いことが示唆され、特に端座位の様な安定性の高い姿勢と動作との差が大きくみられた。研究 2 では、研究 1 で扱った特徴量に新たな特徴量を加えることで、より詳細に姿勢・動作の特徴を捉えることが可能であったが、DFA の項目は測定時間の関係で、有効な特徴量として扱えないことが示された。また、SVM にて、適中率が 97.5% と高い値を示し、ベッド上の姿勢・動作における判別可能性が高いことが示唆された。研究 3 では、文献から見出した危険動作の判別を試みたが、研究 2 で用いた特徴量から、有効性に欠ける DFA を抜いた 6 項目では、適中率が 64.9% という値を示した。この値は他の研究や既存のセンサの値と比較すると、低い値ではないが、性能の向上を試みて特徴量の除去を実施したところ、「軌跡面積」の項目を除去することにより、適中率が 79.8% と向上した。これは軌跡面積の時間単位での数値変動の幅が大きく、他の特徴量のノイズになっていたことが原因であったと考えられる。また、未知の Test data を SVM にて判定することで、適中率、適合率、再現率を算出した結果、適中率、適合率、再現率ともに高い値を示した。他の動作判別に関する研究と比較しても、高い判別可能性を示していることが示唆され、転倒・転落に繋がる動作の把握が進み、転倒・転落を予測するための基礎的な検討となったと考えられる。

結論：本研究は、患者・看護師の双方にとって負荷が大きい転倒・転落に繋がる動作を推定することにより、転倒・転落の予測を行うため、体動変化を用いてベッド上の対象者の状態を判定する手法を開発した。SVM を用いて動作の客観的な判別可能性の判定を行ったが、一連のシステムを評価する適合率および再現率は他の研究と比較しても高い値を示し、転倒・転落に繋がる動作の早期発見に繋がる重要な知見および、転倒・転落の予測に繋がる基礎的な検討結果を得られたと考えられる。また、本手法を用いることで、特異的に危険動作を判別することに繋がり、看護師の負荷軽減に貢献可能であると思われる。