

	イノウエ マドカ
氏 名	井上 円
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博第1051号
学位授与の日付	平成28年3月31日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当 課程博士
学位論文題目	輝度勾配自己相関特徴を用いた起床動作の推定に関する研究 (A study on the Estimation of the Getting up Behavior Using the Image Features Obtained by the Intensity Gradient Autocorrelation)
論文審査委員	主査 教授 梅崎 太造 教授 岩田 彰 教授 北村 正

論文内容の要旨

2012年10月1日の統計によれば、我が国の総人口1億2,752万人に対して高齢者と呼ばれる65歳以上の人口は3,079万人に上り、総人口に占める高齢化率は24.1%に達した。更に国別に見ても高齢化率、高齢化速度、平均寿命の全てにおいて日本が1位を占めており、世界的にも突出した高齢化社会と言われている。現在のペースで高齢化が進むと十数年後には医療施設の供給能力が需要を上回り、全ての国民が医療や介護を享受する事が出来ない社会になると言われている。この社会変化への対応として、医療にまつわる仕組みを効率化して限られた医療設備で多くの患者の処置を行う事は非常に重要な課題である。

一方、医療処置の過誤や不備が発生した際に医療従事者に問われる責任は大きい。処置の過失だけでなく看護中の事故や怪我に対しても医療従事者の責任が問われる。医療事故報告事例数によれば医療事故の上位3位は、予薬(注射・内服)、転倒転落、チューブ・カテーテル類に関する事故が占める。予薬とチューブ・カテーテル類は事故の主体が看護者にあり防止策は作業者の事前確認の強化と考えられるが、転倒転落事故については事故の主体が患者側であり看護者は巡回を増やすことで事故の発生を確率的に低減させる事しか出来ない。この問題の対策として転倒転落の予兆を検知するセンサ類が利用されているが、誤報や失報の頻度が高いため効果を上げていない。加速度センサ、RFID、緊急通報用ボタン等は電池を使用するために定期的なメンテナンスを必要とする等の課題が残る。また、機器の電池切れの際に転倒が発生すると深刻なアクシデントに繋がる。また、マットセン

サやベッドセンサ等の圧力式センサも広く用いられているが、インシデント管理の点から看護介護現場では転倒事故の原因に繋がる配線やケーブル類は望ましくない。

画像処理技術の進歩により、前述の問題を改善する手法が提案されている。動画から部分隠れと姿勢の多様性を考慮した転倒検知手法や、単眼カメラによる転倒検出手法や、頭部軌跡を3次元で追跡し日常動作から転倒を見分ける等である。しかしながら、これらの手法は転倒自体を検出するアプローチであり、転倒そのものを防止することはできない。

Brown 医師の調査によれば、頻尿や夜間頻尿、またはトイレに急いで駆け込むような際に骨折を伴う転倒が発生する。最も頻繁に転倒が発生するシーンは、病室に備えられた簡易トイレからベッドに戻る際や、ベッドからトイレに移動する際であるとされている。つまり、患者がトイレに行く際のベッドからの起き上がり動作を検知し看護者に通知する事で、転倒を効果的に防止する事が出来る。

画像から人物の行動を推定する処理は、人物の動きの変量を抽出する処理と、抽出した変量から動きの種別を推定する処理の組合せにより構成される。人物の動きから抽出された変量は一般的に特徴量と呼ばれ、動きの種別を推定する処理は特徴量を用いて識別器を構築する手法が用いられる。とりわけ特徴量と得られた特徴量に対する記述手法は行動の推定精度を大きく左右する。ベースとなる特徴量は物体認識で効果が確認されている形状特徴や、追跡処理で効果が確認されている動き特徴が行動推定に対しても効果を示している。これらの人の形状を表現する特徴と時間の変量を表現する特徴を組み合わせた特徴記述を用いる事で時間変位と空間変位を同時に表現する時空間特徴が生成される。近年では、検出精度の向上や行動に対する汎化性、または環境に対する順応性を追求した特徴記述手法の研究が良くなされている。しかし、運用システムを意識した場合、演算器の処理負荷が高すぎる。そこで本研究では看護現場の運用システムを考慮した演算負荷で起床動作を検出する特徴記述手法について提案した。輝度勾配を用いて人物の形状を抽出し、時空間上の輝度勾配を統合して時空間特徴を形成した。さらに先行研究で効果が示されている局所エリアの情報をヒストグラムに投影する手法を用いた。ただし先行研究が用いるヒストグラム投影手法である、Bag-of-Word とクラスタリングの組合せは起床動作の様な特定動作の検出には適さない。そこで CHLAC を改良する事で特徴情報をヒストグラムで記述した。

本稿では、第2章で研究背景として社会背景や看護現場の課題、さらに課題を解決する為の最適な運用システムについて述べた。第3章では行動推定の従来研究に対するサーベイを行い、起床動作の推定に対する最適な手法について述べた。第4章では検出すべき起床動作と看護現場で発生する動作を検討した。それらの動作や運用環境を想定したデータの定義と実験に用いる動画像について述べた。第5章では運用条件の制約下で機能する起床動作検出の特徴記述手法の検討結果について述べた。第6章では5章で構築した特徴記述手法の課題を抽出し、その改善策について述べた。

論文審査結果の要旨

2013年9月15日時点の統計によれば、我が国の総人口1億2,726万人に対して高齢者と呼ばれる65歳以上の人口は3,186万人に上り、総人口に占める高齢化率は25.0[%]に達した。更に国別に見ても高齢化率、高齢化速度、平均寿命の全てにおいて日本が1位を占めており、世界的にも突出した高齢化社会と言われている。現在のペースで高齢化が進むと十数年後には医療施設の供給能力が需要を上回り、全ての国民が医療や介護を享受する事が出来ない社会になると言われている。この社会変化への対応として、医療にまつわる仕組みを効率化して限られた医療設備で多くの患者の処置を行う事は非常に重要な課題である。

一方、医療処置の過誤や不備が発生した際に、医療従事者に問われる責任は大きい。処置の過失だけでなく看護中の事故や怪我に対しても医療従事者の責任が問われる。そのため医療業務を行う際は常に重複した確認を求められ、医師や看護師への大きな負担となる。特に、転倒転落事故については事故の主体が患者側であり、看護者は巡回を増やす事で事故の発生を確率的に低減させる事しか出来ない。この問題の対策として転倒転落の予兆を検知するセンサ類が利用されているが、誤報や失報の頻度が高いため効果を上げていない。加速度センサ、RFID、緊急通報用ボタン等は電池を使用するために定期的なメンテナンスを必要とする等の課題を含んでいる。また、機器の電池切れの際に転倒が発生すると深刻なアクシデントに繋がる。さらに、高齢者はしばしばセンサや通報用ボタンなどの装着を忘れる。転倒ボタンに関しては転倒後に高齢者が意識を失うケースでは役に立たない。また、マットセンサやベッドセンサ等の圧力感知式センサも広く用いられているが、インシデント管理の点から看護介護現場では転倒事故の原因に繋がる配線やケーブル類は望ましくない。更に、ベッドセンサのケーブルは頻繁に断線が発生する為、各社が断線対策として製品に断線時のアラート機能などを搭載しているが、断線修理のコストを低減する事は出来ない。

本論文では、看護現場の転倒転落という実社会の特定の課題を解決する事を目的とし、固定カメラを用いた実用的な起床動作検出を実現する特徴記述について検討している。

第1章では、本論文の目的を述べ概略を示している。

第2章では、起床動作の検出を研究テーマとした背景について述べている。研究背景として社会背景や看護現場の課題、さらに課題を解決する為の最適な運用システムについて述べている。

第3章では行動推定の従来研究に対するサーベイを行い、起床動作の推定に対する最適な手法について述べている。動画像中の動きの種別を推定するための特徴量の抽出手法、および特徴量を用いて識別器を構築する処理の理論について述べている。

第4章では起床動作検出の実利用を予定する運用環境について述べている。研究対象とする高齢者のみまもり分野については、現時点では公開データベースが存在しないため、病室内における撮像対象者の動作と病室環境に対する調査を行い、調査結果から得られた情報に基づいた独自の評価用データベースの構築している。データベース構築のため、設備の制約条件と検出すべき起床動作等の被写体条件を定義し、それらの設備環境や被写体条件を再現した室内空間で実験データを採取している。なお、4章で構築した実験データは以降の運用評価実験の際に用いている。

第5章では起床動作検出の特徴記述手法の提案とその検討結果について述べている。CHILACを用いた従来手法と、提案手法を用いて認識精度の比較実験を通し、解像度等のパラメータ検討を実施している。

第6章では、起床動作検出の実運用についての議論を行う。5章で構築した検出原理に対する課題と改善策を提案し、実運用面における評価と考察を述べている。輝度勾配自己相関特徴の見えの変化に脆弱であるという問題に対して、特徴量を改善する事で、実運用上のカメラ設置エリアでの起床動作の検出性能を改善する手法を提案している。近年、Deep Convolutional Neural NetworkやNested Shape Descriptorsで画像情報の畳み込みにより回転や平行移動に対する物体検出の汎化性を向上させた例が報告されているが、本研究では動画像の画像特徴に畳み込み処理を適用する事で運動に対する汎化性の向上を検討している。評価では様々なカメラアングルに対する起床動作の検出を行い、勾配の畳み込み処理と多重解像化の効果を確認している。

第7章は結論であり、本研究についてまとめている。

以上、本論文は、画像中の輝度勾配に注目し、時系列で相関を取ることににより、新たな動画像に対する特徴量を抽出する手法を提案しており、さらにそれを利用した実用的な起床動作推定システムを構築することに成功した。よって、本論文は工学上および社会的に価値のあるものと考えられ、博士(工学)の学位にふさわしいものと認める。