

隠れマルコフモデルを用いたベッド上における要介護者の体位遷移の推定

Estimation of the position transition of the care recipient on the bed by using Hidden Markov Model

萩原 敦史[†]
Atsushi Hagihara島川 博光[†]
Hiromitsu Shimakawa原田 史子[§]
Fumiko Harada

1. はじめに

近年、高齢者人口が急速に増加しており、高齢者の要介護者数は過去 15 年間で約 3 倍に増加している。しかし、高齢者の増加に対して、従業員が不足していると感じる介護事業者は 62.6% であり、人員不足が懸念されている。また、一日中ベッドの上で過ごしている要介護者は高齢者の約 15.5% であり、介護や治療の観点からはベッドは寝るだけの場所ではなく、生活を営む場所として重要である [1]。しかし、ベッドを中心とした生活で生じる事故や傷病がある。特に、ベッドサイドでの転倒、褥瘡(床ずれ)などが頻繁に発生している。ベッドサイドでの転倒や転落を防止するため、ベッドに柵をつけるなどの対策がされているが、筋力の低下や不安定な体勢のまま起き上がることにより転倒することが多い。また、長期間にわたり同じ体勢で寝たままの状態であるため、皮膚が壊死し褥瘡になる。そのため、多くの病院や介護施設などでは看護師や介護者による定期的な体位変換が行われている。

病院や介護施設で働く人員の不足に伴い、十分な巡視や見守りが困難であり、看護師や介護士の負担が大きい。そのため、介護者の代わりにシステムが要介護者を見守り、事故や病気を事前に検知し、介護者に伝える必要がある。また、支援システムの導入における要介護者の精神的、身体的負担の少ない支援システムが必要とされている。

本研究では、要介護者の負担が少ない見守り手法を提案する。本手法は体圧センサから得られるデータの変化より、要介護者の体位を推定する。

2. 関連研究

ベッドサイドにおける高齢者の姿勢や動作、生体情報を測定し、介護を支援する研究が多くある。また、高齢者の日常生活での行動や動作を測定し、どこで何をしているかをモニタリングする研究は多い [2]。

2.1 姿勢や動作の測定

実際に病院や介護現場のベッドに導入されている支援システムとして、離床検知システムなどがある [3][4]。これらのシステムは荷重センサをベッドの下に設置することで、要介護者の起き上がりや端座位、離床などを検知し、ナースコールによって通知する。離床検知システムの導入によって、転倒や転落などの事故が減少する効果が示されている。しかし、離床の検知だけでは要介護者の寝返り動作や姿勢はわからないため、褥瘡や廃用症候群などは検知できない。また、要介護者が離床をしてからの通知では事故を未然に防ぐことができないなどの課題がある。

2.2 生体情報の測定

姿勢や動作以外にも、ベッド上での要介護者の呼吸数や脈拍、体温などの生体情報を測定した研究がある [5][6][7]。導電性シートやサーミスタを用いて要介護者の生体情報を測定することで、睡眠障害や不整脈を検知できる。しかし、生体情報の測定には長期間のモニタリングや高価なセンサが必要であり、看護者や介護者の負担が大きい。また、体位変換や起床動作はわからないなどの課題がある。

2.3 状態遷移を考慮した既存研究

人感センサや加速度センサを用いて高齢者の日常的な行動パターンを機械学習し、状態遷移と遷移確率を考慮することで、高齢者の異常を検知、および推定した研究がある。Tong らは [8]、加速度センサを用いて歩行時の転倒を検出し、予測した。

しかし、ベッドサイドにおける転倒や転落に着目した研究は少ない。また、センサの装着やカメラによる監視などの要介護者に身体的および精神的な負担の少ないシステムが必要とされている。

3. ベッド上の体位推定

3.1 体位変換と起床動作における異常検知

本研究では、ベッドサイドにおける要介護者の転倒や褥瘡につながる動作を事前に検知し、介護者に通知する異常検知手法を提案する。異常検知手法の概要を図 1 に示す。

要介護者の事故や病気につながる動作や姿勢を検出するために、起床動作と体位変換における状態遷移に着目する。要介護者の各体位を状態とし、ベッド上での動作や姿勢の状態遷移と遷移確率を学習することで事故や病気につながる姿勢や動作を推定することができる。

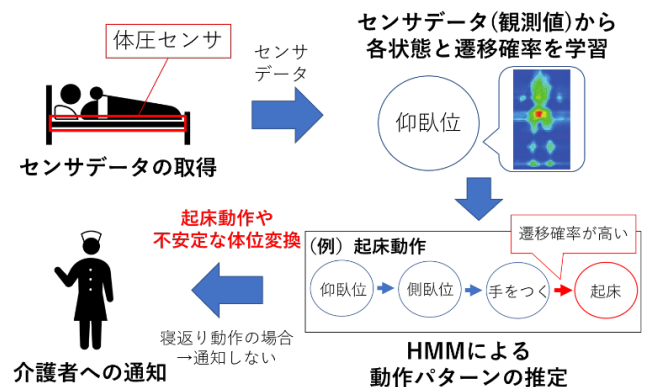


図 1: 異常検知手法の概要

[†]立命館大学情報理工学部[‡]立命館大学大学院情報理工学研究科[§](株)コネクトドット

3.2 状態遷移を考慮した動作や姿勢の推定

本提案手法の手順を以下に示す。まず、シーツ型の圧力センサをベッドに設置し、要介護者の各状態(姿勢)における体圧分布を取得する。次に、複数の寝返り動作や起床動作の一連の動作パターンを学習し、隠れマルコフモデル(HMM)を適用することで、状態遷移と遷移確率を算出する。

隠れマルコフモデルは、時系列の観測された値(圧力センサにより得たデータ)から、その背後にある状態(仰臥位や側臥位などの要介護者の姿勢)と状態遷移を確率的に推測する確率モデルである。隠れマルコフモデルは、時系列を考慮した観測が可能であり、予め想定される状態数が未知である場合でも適用が可能である。そのため、動作パターンの限定される起床動作や寝返り動作の推定に適している [9]。

要介護者のベッド上での状態遷移パターンを複数学習することにより、要介護者が普段行っている正常な動作かそうでないかを本手法は検知する。検知結果を転倒や転落を起こす前に通知することで事故を未然に防ぐことができる。

また、長期間にわたり要介護者の姿勢を観測することで要介護者が定期的に体位を変換しているか否かがわかる。そのため、体位変換がない場合、本手法が介護者に通知することで介護者の負担を軽減し、褥瘡や廃用症候群を予防することができる。

4. 病院の現状と本手法の適用への考察

4.1 事前調査(介護士へのインタビュー)

事前調査のため、介護士へ転倒や転落などの事故や褥瘡に関するインタビューを行った。

インタビューの結果、要介護者の転倒や転落などの事故は夜 20 時から朝 6 時にかけて頻繁に発生しており、褥瘡は 2 時間に一度の定期的な体位変換を行うことで防げていることが明らかになった。夜間に事故が頻繁に発生している原因は、勤務している看護師や介護士が少ない、同室の他の患者への配慮のため介護士を呼べない、視界が悪いなどが挙げられた。

これらの原因により、要介護者は独力でベッドを離れ、事故が発生してから看護師が駆け付けている。そのため、要介護者がベッドを離れる前に起床動作を検知し、要介護者をひきとめる時間稼ぎの方策が必要である。また、褥瘡のための定期的な体位変換は、時間管理などの介護士への負担が大きいことが明らかになった。

4.2 異常検知手法の適用への考察

3 章で提案した異常検知手法の実用性と適用可能性について考察する。介護士へのインタビューより、褥瘡よりも転倒や転落の緊急性が高いことが示唆された。また、転倒の原因である要介護者の独力での起床を防ぐことで転倒のリスクが大幅に軽減されることが明らかになった。

夜間に起床動作が発生すると介護士への通知が求められる。一方で誤報は介護士や看護師を疲れさせるので、精度の高い起床動作検知が必要である。HMM は状態遷移を検査するので誤報を減少させる。

また、異常検知システムが要介護者の起床を検知した際、介護士への通知だけでなく、介護士が駆け付けるまで要介護者の起床を足止めする必要がある。

例えば、ベッドに設置したスマートスピーカによる要介護者への呼びかけなどの方策により要介護者の足止めが可能となり、異常検知システムの実用性が高くなると考えられる。

5. おわりに

本稿では、ベッドサイドにおける要介護者の寝返り動作や起床動作の一連の動作パターンを学習し、隠れマルコフモデル(HMM)を適用することで、事故や病気につながる動作や姿勢を検知、および推定する異常検知手法を提案した。今後は、本手法の有効性を病院での実験により評価する。

参考文献

- [1] 平成 29 年版高齢社会白書 (2017)「高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況」
<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/zenbun/pdf/mokujij1.pdf>
- [2] Ogawa, Mitsushiro, et al. "Long term remote behavioral monitoring of elderly by using sensors installed in ordinary houses." *Microtechnologies in Medicine & Biology 2nd Annual International IEEE-EMB Special Topic Conference on. IEEE, 2002.*
- [3] 平澤桂一, 他. "病院・介護施設における転倒転落事故予防システム." *NTT 技術ジャーナル* 20.1, pp.32-35, 2008.
- [4] 初雁卓郎, 椎野俊秀, 村井真也. "ベッド上の患者行動を推定・通知するシステム「離床 CATCH」の提案." *労働科学* 88.3, pp.94-102, 2012.
- [5] Zhu, Xin, et al. "Real-time monitoring of respiration rhythm and pulse rate during sleep." *IEEE transactions on biomedical engineering* 53.12, pp.2553-2563, 2006 .
- [6] Ishijima, Masa. "Monitoring of electrocardiograms in bed without utilizing body surface electrodes." *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 40.6, pp.593-594, 1993.
- [7] Togawa, Tatsuo, et al. "Physiological monitoring systems attached to the bed and sanitary equipments." *Images of the Twenty-First Century. Proceedings of the Annual International Engineering in Medicine and Biology Society, IEEE, pp.1461-1463 1989.*
- [8] Tong, Lina, et al. "HMM-based human fall detection and prediction method using tri-axial accelerometer." *IEEE Sensors Journal* 13.5 , pp.1849-1856, 2013.
- [9] Rabiner, Lawrence R., and Biing-Hwang Juang. "An introduction to hidden Markov models." *iee assp magazine* 3, no. 1, pp.4-16, 1986.