



Title	Simulation and Detection of Abnormal Behaviors for the Elderly Living Alone in a Smart Home [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	田中, 海
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第16501号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/94927
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kai_Tanaka_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学)

氏名 田中 海

審査担当者 主 査 教 授 中村 篤祥

副 査 教 授 杉本 雅則

副 査 教 授 田中 章

副 査 教 授 松原 崇

学位論文題名

Simulation and Detection of Abnormal Behaviors for the Elderly Living Alone in a Smart Home

(スマートホームに住まう独居高齢者の異常行動シミュレーションと検出)

現在、日本国を始めとして先進国を中心に高齢化が進行している。高齢に伴い体調不良が嵩じるため、健康状態の定期的な監視が求められる。一方で、独居高齢者の増加と介護人材の減少は在宅での人手による健康見守りを困難にしている。そこで、本研究は自動的な健康見守りを実現するために、居住者の行動を観測するセンサを配置したスマートホーム環境を想定し、居住者となる高齢者の異常行動を検出する手法の開発に取り組む。具体的には、検出器学習のための大規模なデータをシミュレーションによって作成した後、単一のセンサ配置による発生時間長の異なる複数の具体的な異常行動の検出方法を検討する。

第一部では、異常行動を含めた長期間のセンサデータを取得するためのシミュレーションを検討している。この問題は、実環境では時間的や費用的負担の観点から異なる環境での長期的なセンサデータを繰り返し収集することが困難である状況の打開策として、仮想的な環境上でシミュレーションによってデータを生成する方式を提案している。具体的には、六つの典型的な異常行動(準寝たきり状態、閉じこもり状態、家電の消し忘れ、徘徊、転倒、座位での転倒)をモデル化し、間取りとセンサ配置、居住者の行動と歩行速度を仮定可能なシミュレータを開発している。従来のシミュレータと異なり、異常行動検出への活用を視野に、六種類の異常行動の相関や居住者の普段の行動の頻度や時間といった統計量の仮定を正確に反映可能なモデルを考慮している。また、編集距離に基づいた実行動列との比較によりランダムな行動順序のデータと比べて実データに近いことを示している。

第二部では、前述のシミュレータで生成したデータを用いて、発生時間が秒から週にわたる六種の異常行動を統一的に検出するフレームワークを開発している。検出には赤外線センサや圧力センサなどの非侵襲的な環境センサから得られるデータを統一的に前処理し、六種類の異常行動を統一的に検出可能な方法を提案している。シミュレーション上での精度では高感度かつ低誤検出率で検出可能であることを示している。これにより、センサデータが取得不可能な状況における居住者のプライバシーに配慮した長期間の見守りのモデル構築を可能とする。

本論文の貢献は以下にまとめられる。

1. 六つの典型的な異常行動をモデル化し、長期間のセンサデータを生成可能なシミュレータを開発した。シミュレータは、秒から年にわたる幅広い時間スケールの異常行動を生成可能であり、ミニメンタルステート検査の値に基づく潜在変数を用いて、異常行動間の相関を統計的にモデル化し

た。また、居住者の行動列の統計的な発生時間長や頻度を正確に反映する手法を提案している。これにより、異常行動の頻度や重症度が時間とともに変化する現象を再現し、実際には収集が困難な異常行動を含むデータを大量に得ることが可能となった。

2. シミュレータで生成した行動列が、実行動列を近似していることを示し、シミュレーションの有用性を確認した。行動列の比較では、生成行動時系列と実行動時系列の一日内における行動バリエーション及び編集距離上の近さを明らかにした。

3. 非侵襲的な環境センサから得られるデータを統一的に前処理し、六種類の異常行動を高感度かつ低誤検出率で同時に検出可能な手法を提案した。シミュレーション上でデータを作成し、それを用いて検出器を学習するフレームワークを提案している。発生時間の異なる異常行動を統一的な前処理の下で扱うことで、効率的な異常検出を実現している。

4. 提案した異常行動検出手法は、シミュレーションデータ上で実用的な性能を達成した。異変の発生区間に対して、転倒を除いて感度 0.9 以上、誤検出率が約 50 日に 1 回と高い精度を示した。また、また、シミュレーションの特性を生かしたオーバーサンプリングにより転倒の感度が 0.92 に向上し、知識ベースのルールよりも優れた結果を得ることを示した。

これを要するに本論文は、独居高齢者のセンサを用いた健康見守りにおいて、獲得困難な異常行動を含む長期間のセンサデータをシミュレーションによって獲得する方式を開発し、そのデータをもとに居住者のプライバシーを配慮可能なセンサ環境下で長期の異常行動を統一的に検出する方式を示すものであり、行動モデリング並びに行動検出の分野の発展に貢献するものである。よって、著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める。