

居室行動のセンシングに基づく独居高齢者を対象とした 見守りシステムの提案

津田 麻衣¹ 玉井 森彦¹ 安本 慶一¹

概要: 近年の高齢社会に伴い、孤独死が高齢者（特に独居高齢者）の間で身近な問題へと変化している。既存サービスでは、緊急通報時以外に高齢者がどのように生活をしているのか分からないため、異常の兆候の検出が難しい。そこで本研究では、人物の移動や家電の使用状況などを計測し、宅内の行動から緊急事態につながる兆候（体調不良による生活の変化）などを検出し、見守る側へ通知することを目的とした見守り支援システムを提案する。提案システムでは、日常生活の行動（イベント）をセンサや家電のログから検出し、イベントの発生後、イベントの種類に応じて決まる一定期間の間、監視対象者が正常な状態であると仮定する。そして、監視対象者の活動時間帯が正常状態期間でカバーされる頻度でイベントが発生するよう十分な数のセンサや家電を設置する方法を提案する。NICT のユビキタスホームで計測された人の行動ログを用いて、提案システムの有用性を示す。

A Monitoring Support System for Elderly Person Living Alone through Activity Sensing in Living Space

MAI TSUDA¹ MORIHIKO TAMAI¹ KEIICHI YASUMOTO¹

Abstract: In recent years, the solitary death has been understood as a presumable problem for elderly people (especially, elderly living alone). Existing elderly monitoring services focus mainly on detection of emergency situations. However, if a small sign for such an emergency situation can be detected in advance, the occurrence of the emergency situation may be avoided by notifying such a sign to the supervisor (e.g., family). In this study, we propose a support system for detecting small anomalies that result in emergency situations for elderly, such as slight change in his/her life pattern due to ill health, and for informing it quickly to the supervisor. Our system detects daily life activity (called events) from some sensors and logs of appliances. When an event occurs, the system supposes that the state of the monitored target is a normal state during the predefined period of time after the event occurs. We propose a method for deploying a sufficient number of sensors and appliances to the living space, in order to achieve that the target's activity time is covered by sufficient number of events to be generated by deployed sensors and appliances. Using an activity log of a person, which is measured by the ubiquitous home by NICT, we demonstrate an effectiveness of the proposed system.

1. はじめに

近年の高齢社会の状況について、内閣府の平成 24 年版高齢社会白書 [1] によれば、2060 年には国民の約 2.5 人に 1 人が 65 才以上の高齢者となる社会が到来すると推定されている。それに伴い、1980 年から 2010 年の 15 年間の間に高齢者を含む世帯では、三世帯世帯は減少する一方、夫

婦のみの世帯を含む高齢者単独世帯が増加しており、2030 年には高齢者の単独世帯の割合が 37.7%に達すると予想されている。また、東京都福祉保健局監察医務院による、東京都 23 区内における一人暮らしの高齢者の死亡者数推移の調査によると、死亡者の 7 割以上が自宅での孤独死によるものであると報告されている。さらに、内閣府による平成 21 年度高齢者の地域におけるライフスタイルに関する調査では、孤独死を身近に感じる高齢者は全体の 42.9%にのぼり、特に単身世帯の高齢者においては、64.7%が不安

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology

を感じていると報告されている。

このような社会背景に基づき、近年多種多様な高齢者の見守りシステムが実用化されている。これらは大きく、緊急通報型と安否確認型に分類できる。前者であれば、例えば、高齢者自身が宅内での事故や病気による緊急事態の際に、ペンダント型やボタン型の装置で通報するシステム [2],[3] が実用化されている。これにより、緊急事態の発生に対し即座に対応できるという利点があるが、本人のケガの状況や場合によっては意識不明などで緊急事態を通報できない可能性が残る。また、緊急事態の発生時以外の日常生活の状態を通知することを意図したシステムではないため、見守る側が高齢者が無事に生活しているかについて十分な安心感を得られるには至っていない。

一方安否確認型としては、例えば象印によるみまもりホットライン [4] のように、特定、又は複数の家電やガス・電気などの使用状況から、見守る側が高齢者の普段の日常生活を把握できるようにするシステムが実用化されている。安否確認型では、高齢者が普段どのような日常生活を過ごしているかを見守る側が把握できるようにすることで、高齢者と同居していなくても、互いに安心感を得られるという利点がある。

しかし安否確認型においては高齢者のプライバシーについての配慮が不可欠である。また、見守る側への頻繁な状況の報告は、見守る側の負担を過度に増加させてしまうという点についても考慮する必要がある。さらに、システムの導入コストについても検討する必要がある。極端な場合、全ての居室にカメラを配置することで、監視の点では高い安心感が得られるかもしれないが、高齢者のプライバシーの侵害度合いは非常に高い。また、見守る側がカメラからの映像を見続けることについても、見守る側の負担が大きく現実的でない。また、カメラ自体の購入や維持のコスト、加えて映像をネットワーク経由で送信するためのコストは高い。

従って、安否確認型のシステムの導入にあたっては、プライバシー、見守る側の負担、導入コストといった制約を考慮し、各制約が見守りのパフォーマンスにどのような影響を与えるかを評価できる必要がある。本研究では、センサネットワークなどで用いられている k 重被覆 [5] の概念を見守りに応用することで、これらの制約を考慮した上で、どの程度の見守りのパフォーマンスが得られるかについて、その評価を可能とする枠組みを提案する。

提案手法では、居室内に配置された人感センサなどのセンサの反応や、家電のオンオフなどの家電利用状況をイベントとして検出し、それらのイベントの発生からある期間の間を安心期間とし、高齢者が無事に生活している証であるとみなす。一つのイベントの発生のみでは十分な安心感が得られない可能性があるため、複数のイベントの発生により安心区間が多重にカバーされた状態を k 重の安心区間

と呼ぶ。 k 重の安心区間が、見守りを行いたい時間帯全体にわたって継続された状態を維持するためには、どのようなセンサをどのような場所に配置すべきか、という問題を解くことにより、与えられた制約のもとでどの程度の見守りが行えるのかを評価できる枠組みを与える。

提案する枠組みを NICT のユビキタスホームにおける人の行動データに適用するケーススタディを通して、提案手法の有用性を示す。

2. 関連研究

独居高齢者の見守りに関して、これまで多くの研究が行われている。代表的な見守りシステムの研究として、カメラにより日常生活を撮影し、画像処理により転倒や緊急事態を検出するものがある。これは設置コストがかかるが、無拘束で簡単に 24 時間見守り対象者の日常生活の閲覧と安否確認が行えるという利点がある。一方、死角の存在や、しばしば見守り対象者がカメラの監視感から精神的な負担を抱えてしまうという問題が生じる。カメラに基づく見守りシステムの開発および導入に伴い発生する問題についての研究 [7] によると、これらはプライバシーを著しく侵害する可能性があり、そのため導入に対する抵抗感に十分配慮する必要があると述べられている。

また、ウェアラブルセンサで見守り対象者の生体情報や姿勢情報を直接取得し、それをもとに異常検知を行う研究がある。腕時計型センサから脈拍や体動を測定したり [9]、スマートフォンの GPS や加速度センサを用いて歩数を計測する研究 [10] がある。実際に、一日中の見守りを考えると、センサを付け忘れたり、センサの入力操作が煩わしい場合があり、そのような運用に伴うコストにも配慮する必要がある。

日常生活を測定することで異常を発見することを目的とした研究では、特定の行動パターンに着目して日常生活の行動モデルを作り、現在の測定データがそのモデルとどの程度の差を生じているかにより異常識別をしたり、使用しているセンサの無反応時間で異常を検出する手法が用いられている。また、センサの小型化やセンシング技術の発展により、日常生活にとけこみ、監視感を抑えたセンシングを行い精神的負担を軽減する研究も行われている。例えば、NEC による、家電を使用した見守りサービス「e 見守り」 [13], [14], [15] では、電力や扉の開閉をセンサにより計測することでプライバシーに配慮したうえで見守りが行え、見守られる側と見守る側双方の精神的負担が軽いのが特徴である。

見守りシステムの導入にあたっては、以上で述べたようなプライバシーや見守りを行う上での運用上の負担、導入コストなどの制約を考慮したうえで、どの程度の安心感が得られるのかを事前に評価することで、どの程度のセンサをどこに配置すべきかを決定したいという要求が生じる。本

研究では、そのような見守りを行う上での各種制約を考慮したうえで、適切なセンサの配置を支援する枠組みを提案する点に既存研究との違いがある。

3. 見守りシステムの要件と基本アイデア

本研究の見守りシステムは、普段の日常生活の見守りを通して、システムが体調不良による生活の変化のような小さな異常の兆候を検出し、それを見守り対象者や見守る人(家族など)に自動通知をし、システムにフィードバックを行う見守りシステムである。まず、宅内に設置したセンサから対象者の日常行動を計測するために以下のような要件を設けた。

- 要件 (1) 導入に抵抗感があるカメラを使用しない
- 要件 (2) 低コスト
- 要件 (3) 短時間で異常を検出

要件 (1) について、カメラシステム開発および導入に伴う問題の研究 [7] でも個人のプライバシーはある程度開示する必要があり、カメラによるプライバシー侵害は課題の1つに挙げられている。そのため、本研究ではプライバシーに配慮し精神的に負担の少ない見守りシステムを目指し、システムにカメラを使わないことにする。要件 (2) について、宅内の行動を検出するためにあらゆるセンサを使用するのではなく、できる限り低コストで実現できるように使用するセンサにある程度制限を設ける。要件 (3) について、日常生活を通じた宅内の見守りの研究では異常検出時間を考慮した研究は少なく、またセンサ無反応時間が数時間経過しなければわからないことが多い。そのため短時間で異常検出・通知ができるように検討する。以上の要件を考慮したシステムを図1に示す。本システムは、宅内に設置したセ

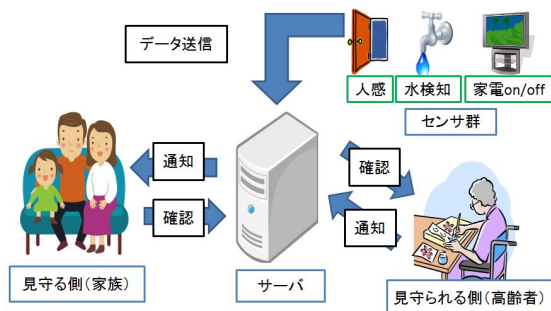


図1 提案する見守りシステムの概要

ンサ(人感センサ、電力センサ、水センサ)を用いて、見守り対象者の行動を測定し、無線でサーバにデータを送信する。そのサーバ内の異常識別システムが異常検出を行う。異常である場合について、まず最初にシステムが見守り対象者に通知を行い確認をもらい、異常識別システムに結果をフィードバックする。また、システムが見守り対象者から確認がもらえない場合、家族など見守る人に確認をもらう。

本研究のシステム要件を満たす基本アイデアを以下に述

べる。

- 基本アイデア (1) プライバシに配慮したセンサを用いて宅内の生活の見える化をする。

宅内の生活の見える化として、高齢者の生活の特徴と注目する行動について述べる。総務省による社会生活基本調査 [8] では、日常生活を1次・2次・3次活動に区分している。それぞれ睡眠や食事など生理的に必要な活動、仕事・家事など社会生活を営む上で義務的な性格の強い活動、それ以外で各人が自由に使える時間における活動であり、この調査を基に宅内における65歳以上の高齢者の行動を見ると、睡眠・身の回りの用事・食事・家事・TVの利用・休養くつろぎの時間が一日の生活の大部分を占めており、本研究ではこれらの行動に注目する。人物移動と日常生活において使用する家電の状況をセンシングするために、プライバシーに配慮し特別な操作を必要としない人感センサ、電力センサ、水流センサを用いる。

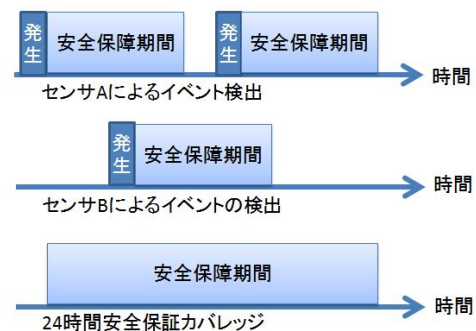


図2 24時間安全保障カバレッジ

- 基本アイデア (2) 24時間安全保障カバレッジ

見守り対象者の行動を24時間センシングし、日常生活の行動をイベントとしてセンサや家電ログから検出し、見守り対象者の状態が不明な時間帯を無くす。次に、異常を短時間で検知するために、図2に示すように検出したイベント(電気をつける、TVを消すなど)別に一定時間、見守り対象者の安全を保障する時間を設定し、この安全保障時間で24時間カバーする。これにより、一定時間ごとに対象者の安全の保障が可能になる。また、安全保障時間が途切れかつセンサのイベントがない場合、システムが異常と判断し見守り対象者に確認の通知をする。

- 基本アイデア (3) k 重カバー安全保障カバレッジ

安全の保障を高めるために、常に k 個以上の日常イベントからの保障時間が重なるようにカバーをする。24時間安全保障カバレッジは、 $k=1$ の1重カバーである。イベント数が k より少ない場合は、そのイベントの検出はスルーし保障時間は0とする。24時間安全カバレッジと同様に安全保障時間が途切れかつセンサのイベントがない場合を異常とする。図3は、 $k=2$ の場合である。これにより、見守り対象者の安全の度合いを細かく一定に保障することができる。

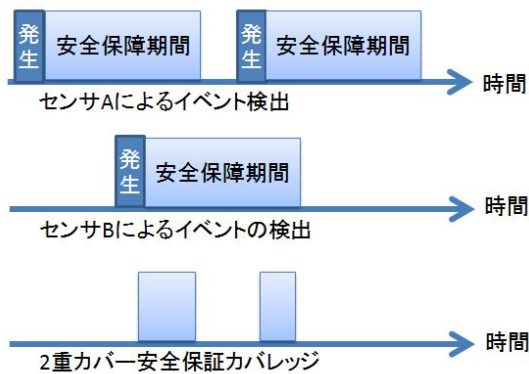


図 3 k重カバー安全保障カバレッジ

本研究の拡張として、センサごとに過去のイベント検出状況から検出時間や検出回数、時間帯による頻度などを用いて、安全保障時間の長さを長くまたは短くしていく。また、発生したイベントごとに安全値を設けることによって、センサ別にどれだけの安全であるのかを定量化することが可能であり、センサの組合せから行動推定をし、検出する行動でどれくらい安全であるか定量化することができると考えられる。そして、センサ数によって安全値が変化することで宅内にどれだけのセンサをどのように設置すればどの程度安全であるのかがわかる。

4. 問題設定

宅内の見守り研究において、センサが多いほどシステムによる異常の検出が確実になるが、実際の見守りサービスではセンサが多くなればなるほど、コストやセンサの維持などの手間がかかり、サービスの利用者に負担がかかる。そのため、本研究では、日常の中からイベントを検出するために使用するセンサ数を最小になるように選ぶ。

5. ケーススタディ

NICT ユビキタスホーム [16] で大人 2 人が生活したデータを使用し、本研究のシステムの評価を行う。ユビキタスホームでは様々なセンサが設置されているが、本研究では家電、照明、水、人物の移動だけに注目した。検出するイベントとして、部屋の入退室、各部屋の照明の ON/OFF、TV の ON/OFF、チャンネルの切り替え、冷蔵庫の開閉、IH の使用、水の使用とし、1 日のデータは午前 3 時から午後 27 時までの 1 分単位で測定している。そして、安全保障時間の長さを評価を評価した。

図 4 は、午前 5 時から午後 25 時までの安全保障時間を 15 分とし 1 重カバー安全保障カバレッジに基づいて見守り対象者の宅内の安全保障時間を表している。図 4 の睡眠時間 (1 ~ 61 分) や外出時間 (361 ~ 421 分) を除いても、居間での滞在時間が長くまた雑誌を読む、TV を見るなどの居間での余暇を過ごす行動が多いため、1 重カバー安全保障カバレッジではカバーできない空白の時間が存在する。

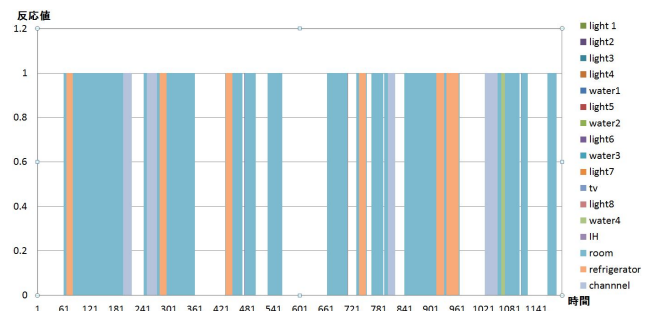


図 4 case study1 24時間安全保障カバレッジ

図 5 は図 4 のデータを 2 重カバー安全保障カバレッジにし



図 5 case study1 2重カバー安全保障カバレッジ

てみた結果である。図 4 と比べて明らかにカバーできない空白の時間が多くなっている。しかし、2 重カバーできている部分は見守り対象者が活発に行動しており、安全の確信が高い。

6. おわりに

本稿では、低コストでプライバシーに配慮し見守り対象者や見守り側の双方に負担が少ない見守りシステムを提案した。また、ケーススタディとして NICT のユビキタスホームで実際に測定したデータを用いて本システムの動作を確認した。部屋の滞在時間が長く、その部屋での行動を十分把握できないところが存在し、検出する行動やセンシングの仕方を再考すべきことが確認できた。

謝辞

ユビキタスホームでの計測データをご提供くださった NICT (けいはんな) 山崎氏に感謝します。

参考文献

- [1] 総務省 共生社会政策統括官 平成 24 年版高齢社会白書, http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2012/zenbun/24pdf_index.html. (Accessed: 4/10/2013)
- [2] 大阪ガスセキュリティサービス おまもりコール, <http://www.oss-og.co.jp/service/omamori/feature.html>. (Accessed: 4/16/2013)
- [3] セコム ココセコム, <http://www.855756.com/aged/index.html>. (Accessed: 4/16/2013)
- [4] 象印見守りホットライン i-POT, <http://www.mimamori.net/index.html>. (Accessed: 4/10/2013)

- [5] Z. Abrams, A. Goel, and S. Plotkin: “Set K-Cover Algorithms for Energy Efficient Monitoring in Wireless Sensor Networks”, *Proc. of 3rd Int’l Symp. on Information Processing in Sensor Networks*, pp. 424–432, 2004.
- [6] 青木茂樹, 岩井嘉男, 大西正輝, 小島篤博, 福永邦雄: “人物の位置・姿勢に注目した行動パターンの学習・認識と非日常状態検出への応用”, *電子情報通信学会論文誌*, Vol. J87-D-II, No. 5, pp. 1083–1093, 2004.
- [7] 杉原太郎, 藤波努, 高塚亮三: “グループホームにおける認知症高齢者の見守りを支援するカメラシステム開発および導入に伴う問題”, *社会技術研究論文集*, Vol. 7, pp. 54–65, 2010.
- [8] 総務省 平成 23 年社会生活基本調査, <http://www.stat.go.jp/data/shakai/2011/h23kekka.htm#a03>. (Accessed: 4/16/2013)
- [9] 総務省 センサーネットワーク活用による高齢者見守りシステムに関する調査報告書, <http://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/283520/www.hokkaido-bt.go.jp/2007/img/0424d.pdf>. (Accessed: 4/10/2013).
- [10] 加藤大智, 山岸弘幸, 渡邊晃, 鈴木秀和: “高齢者を見守るリモート監視システムの提案と実装”, *情報処理学会第 73 回全国大会講演論文集*, No. 3, pp. 299–300, 2011.
- [11] A. Lotfi, C. Langensiepen, S. M. Mahmoud, and M. J. Akhlaghinia: “Smart homes for the elderly dementia sufferers: identification and prediction of abnormal behaviour”, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Vol. 3, No. 3, pp. 205–218, 2012.
- [12] 品川佳満, 岸本俊夫, 太田茂: “赤外線センサの無応答時間を利用した自動緊急通報アルゴリズムの開発”, *川崎医療福祉学会誌*, Vol. 15, No. 2, pp. 553–563, 2006.
- [13] 石田和生, 廣澤一輝, 田村美保子, 甲斐正義: “家電の利用状況モニタリングによる独居者安否見守りシステム (1): 全体概要と基本コンセプト”, *情報科学技術フォーラム講演論文集*, Vol. 9, No. 4, pp. 539–540, 2010.
- [14] 廣澤一輝, 田村美保子, 石田和生, 甲斐正義: “家電の利用状況モニタリングによる独居者安否見守りシステム (2): 安否判断のためのガイドライン”, *情報科学技術フォーラム講演論文集*, Vol. 9, No. 4, pp. 541–542, 2010.
- [15] 田村美保子, 廣澤一輝, 石田和生, 甲斐正義: “家電の利用状況モニタリングによる独居者安否見守りシステム (3): 実証実験と今後の課題”, *情報科学技術フォーラム講演論文集*, Vol. 9, No. 4, pp. 543–544, 2010.
- [16] 上田博唯, 山崎達也: “ユビキタスホーム:日常生活支援のための住環境知能化への試み”, *日本ロボット学会誌*, Vol. 25, No. 4, pp. 494–500, 2007.