

居室内のセンシングによる独居高齢者の見守り支援システムとその評価

津田 麻衣¹ 玉井 森彦¹ 安本 慶一¹

概要: 本稿では、被監視者の宅内の生活行動（部屋の移動や家電の使用状況など）をセンシングし、異常の発生を監視者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。既存の見守りに関する研究やサービスでは、センシングを行うためのセンサの配置場所、個数などについて経験的に決定が行われており、それが実際にどの程度有効であるかについての検討が行われていない。提案システムでは、センサ集合から検出される状況の変化（例えば、部屋の移動など）をイベントと呼び、イベントの発生時刻において、被監視者が正常に生活しているものとみなす期間（安心期間）を設定する。この安心期間を用いて、特定のセンサ集合によって、どの程度安心感（異常がどの程度正確に、また短時間で検出可能か）を得られるかを定量化する手法を提案する。システムを実環境上で運用するにあたっては、使用するセンサの数をできるだけ減らし、コストを削減したいという要求がある。これに対応するため、あるセンサを取り除く前後で安心期間の被覆率を比較し、取り除いた際の被覆率の減少分が小さいものから順に取り除く手法（Greedy法）を考案した。提案手法の評価のため、多種多数なセンサ4種（26個）を設置したスマートハウスで被験者1名に短期間居住してもらい、生活行動に伴い発生するイベントのデータを収集する実験を行った。そのデータを基にGreedy法を適用してセンサ数を削減した結果、安心期間のカバー率を大きく減少させることなく、3種（25）個のセンサを削減できることを確認した。

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

MAI TSUDA¹ MORIHIKO TAMAI¹ KEIICHI YASUMOTO¹

Abstract: In this paper, given measurements of a monitored person's (e.g., elderly person) activities of a daily living (e.g., moving in the room, logs of home appliances and so on) in a house, we propose a monitoring support system to inform a supervisor (e.g., family member) of the occurrence of anomalies. Existing elderly monitoring studies and services empirically decide deployment position of sensors as well as the number and types of sensors used. However, those existing methods do not assess to what extent the deployed sensors are effective for monitoring. In our proposed elderly monitoring method, we define events which occur when a monitored person's context detected by sensors has changed (e.g., the person moved to another room). At the time when each event occurs, we set a duration called "secure duration" which means during this duration, no anomaly should have happened to the monitored person. Using this secure duration, we propose a novel concept called "secure coverage" which quantifies how many percents of the whole living time is covered by secure durations by a given set of sensors. Under this coverage concept, we tackle the following challenge: what events (sensors) should be deployed to guarantee a specified secure coverage while minimizing the cost of sensors. For this challenge, we associate an event to each sensor, and propose a greedy algorithm for minimizing the number of sensors to achieve the specified secure coverage by removing the sensor whose contribution to the coverage is minimum, one by one. To evaluate the proposed method, we conducted experiments collecting the data of activities of a daily living for a subject in a smarthouse which embeds four types (26) of sensors. As a result, our proposed method could reduce the number of sensors by three types (25 sensors) preserving the secure coverage achieved with all of the 26 sensors.

1. はじめに

近年の高齢化社会の状況として、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人が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。将来的に高齢者の数が増加する中、過去1980年から2010年の15年間において、高齢者を含む世帯のうち、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。

このような社会的背景に伴い、高齢者を遠隔地から見守るためのシステム（以下、「見守りシステム」）に対する需要が高まっている。これは、高齢者の家族などの見守る側（以下、「監視者」）が、高齢者（以下、「被監視者」）の安否を遠隔地から確認するのを支援するシステムであり、現在多様なものが提案されている。これらは大きく、緊急通報型と安否確認型の2つに分類できる。前者の例としては、宅内での事故や病気による緊急事態の際に、被監視者自身がペンダント型やボタン型の装置で医療担当医や緊急対応処員に通報するシステム [2],[3] が挙げられる。これは、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。また、宅内へは通報用の小型の装置を導入するだけでよいと、比較的lowコストで実現可能である。しかし、本人のケガの状況（例えば意識不明など）によっては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、被監視者が無事に生活しているかについて、監視者が十分な安心感を得られるまでには至らない。

一方、後者の例としては、象印によるみまもりホットライン [4] のように、家電、ガス、電気 [5] などのインフラの利用状況、もしくは人感センサ [6] などの各種センサの値を取得し、監視者が被監視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ある。これらのシステムでは、緊急事態の発生がない場合でも定期的に被監視者の生活状況の情報が得られるため、被監視者が無事に生活していることを、監視者が実感でき安心感を得られるという利点がある。しかし安否確認型見守りシステムの多くは、例えば1日に数回程度、定期的に生活状況の通知を行うだけであるため、緊急事態の発生についての通知が大きく遅れる可能性がある。また、宅内へセンサやセンサデータ収集用の機器の設置が必要となるため、その導入コストや運用コストについても十分考慮する必要がある。

既存のシステムでは、宅内のどこにセンサを配置するか、全体で何個のセンサが必要となるか、また、それらを設置することでどの程度の安心感が得られるかについて経験的に決定や推測がなされることが多く、センシングの精度と

コストとのトレードオフを考慮するための方法が整備されていないという問題点がある。

本研究では、既存の見守りシステムにおいて考慮されていなかった、センシングの精度とコストのトレードオフを定量的に評価可能にする方法の提案を目的とする。提案手法では、宅内に配置されたセンサの集合からセンサデータを定期的に受信し、それらのデータから被監視者が正常に生活していると思われる出来事（以下、「イベント」とよぶ）を検出する。例えばテレビの消費電力センサのデータについて、テレビがオフ状態からオン状態へ変化したというイベントを検出し、それを被監視者が正常に生活している証拠であるとみなす。また、そのイベントが検出された時刻から一定期間遡った時間の間を、被監視者が正常に生活していたとみなす期間（「安心期間」とよぶ）とする。そして、被監視者の見守りを行う期間全体に対し、安心期間によりカバーされる割合（「安心被覆率」とよぶ）が高く、かつ、安心期間の長さが短いほど、より高品質の見守りが達成されているものとする。すなわち、ある特定のセンサの集合の配置のもとで、各安心期間の長さに対し、どの程度安心期間のカバー率が達成可能かを計算することで、センシングの品質を定量的に評価することが可能となる。

配置されるセンサの数が増加するにつれ見守りの品質は向上するが、逆にセンサの導入や運用によるコストも増加するため、いかに両者のトレードオフをとるかがシステムの実用上の課題の一つである。これを解決するため、本稿では、特定のセンサ集合の配置により算出される安心被覆率に対して、そのセンサ集合から一部のセンサ集合を取り除く際に、できるだけ被覆率が減少しないようなセンサ集合を求めると提案する。これにより、一定のセンシングの品質指定した安心期間の長さに対し、安心被覆率が指定された値以上であること（を維持しつつ、必要なセンサの個数を削減することが可能となる。

提案手法の有効性の評価のため、位置測位センサ、消費電力センサなどを備えたスマートハウスにおいて、1名の被験者に5日間生活してもらい、その間の宅内に設置された全センサデータを取得した。その内の3日間のデータから安心被覆率を求めるとともに、安心被覆率をできるだけ維持しつつ利用センサ数を削減できるようなセンサ集合を求めた。残りの2日間のデータを用いて削減後のセンサ集合のもとで、安心期間15分での安心被覆率を求めたところ、センサ数26個で達成される安心被覆率に対して、約2.9%の被覆率の減少に抑えながら、センサ数を25個削減することが可能であることを確認した。

2. 関連研究

見守りシステムによる異常検出を行う方法として、センサのデータから人の行動を理解し、異常な行動を検出するという研究がある。身近な例として、ビデオカメラによる

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

見守りの研究があり、日常生活の様子を撮影し画像処理することにより見守り対象者の転倒 [7] や緊急事態の発生 [8] といった行動を認識し異常検出を行っている。近年では、全方位カメラ [9] で広範囲の行動を捉え、検知可能な異常の種類を増やす (病気、転倒など) 研究も行われている。他のセンサを利用するものとしては、RFID による道具の使用状況 [10] のセンシング、圧力センサ [11] やマイクロフォン [12] を用いた水検出、スマートタップのような家電の消費電力をセンシングする研究がある。

また、ウェアラブルセンサの研究では、腕時計型や心拍数測定など、独自のセンサを使用したり [13]、杖やスリッパにセンサを内蔵し異常検出を行う研究 [14] がある。近年スマートフォンが新しいセンサとして注目されており、見守りシステムの研究において、しばしばスマートフォンに内蔵されている加速度センサによる転倒検出 [15] が研究の対象になっている。さらに、3次元距離センサという照射した赤外線が戻ってくる時間を計測するセンサを使用しベッド周りで起こる転落・転倒などを検出する見守りシステム [16] がある。これを用いることで、起床・就寝・睡眠時など行動の変化が少なくセンシングしにくい状況でも、より確実に状態を把握できる。

以上で述べた研究では、単独のセンサを用いて、比較的限定された行動のみを検出することで見守りを行なっているが、複数のセンサを組み合わせ、より広範囲の行動をセンシングすることで見守りを行うシステムもいくつか提案されている。複数センサの配置について、Hnat らの研究 [17] では、センサの老朽化や配置場所によるデータの違い、ペット・子供・家具の移動によるデータの不具合など宅内で発生する課題が示されている。センサの配置個数について、Mori らの研究 [18] では、高齢者の活動が1分以内に10回以上センサにより検出される確率ははかかなりまれであるという調査結果から、センサの効率の良い設置に関して検討が行われている。

2.1 本研究の位置づけ

見守りシステムの導入にあたり、見守りを行う上でのセンサの運用上の負担、導入コストの制約を考慮したうえで、システムにより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コストを考慮したうえで、異常検出までにかかる時間についての制約に加え、適切なセンサの個数を決定する方法を提案している点で既存研究と異なっている。

3. 安心期間に基づく見守り

本章では、本研究で想定する見守りシステムの環境について述べた後、安心期間の概念を導入し、見守りの品質を

定量化する指標である安心被覆率の定義について述べる。

3.1 想定する見守りシステム

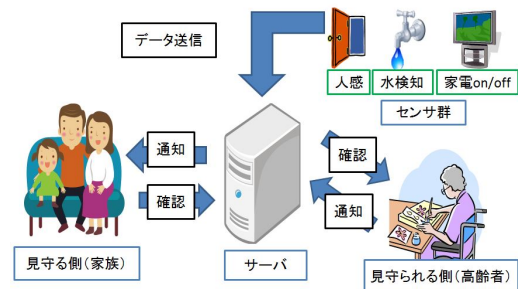


図1 想定する見守りシステムの構成

本研究で想定する見守りシステムの構成を図1に示す。見守られる側(被監視者)である高齢者の宅内での生活状況を、宅内に設置された多数のセンサ(消費電力センサや水検知センサなど)によりセンシングし、そのデータをサーバが収集する。サーバでは、収集されたセンサデータに基づき異常が発生していないかどうか監視し、異常が発生した場合には見守る側(監視者)である高齢者の家族などへ通知を行う。また、監視者はシステムから異常発生時の通知を受けた場合、本当に異常が発生しているかどうかを確認するため、被監視者へ電話などの手段で連絡をとる。

2章で述べたように、スマートフォンの加速度センサを用いて転倒を検出するような、単独のセンサで特定の異常行動のみの検出を目指した研究が存在するが、本研究では、より広範囲に異常検出を行えるようにするため、使用するセンサの種類に制限を設けない(例えば、プライバシー上の問題が気にならない場合にはビデオカメラによるセンシングを行うことも想定可能)。また、異種センサを同時に複数使用することも想定する。

1章で述べたように、多数のセンサを屋内に配置して見守りを行うにあたって、配置するセンサの個数が増加することによりコストが増加するため、あるセンサの配置においてどの程度の品質の見守りが行えるかどうかを評価する方法が求められる。次節では、見守りの品質を定量化するための「安心期間」という概念を導入する。

3.2 安心期間

宅内に配置されたセンサの集合より得られたセンサデータに含まれる、被監視者が正常に生活している証拠になると思われる部分データをイベントと呼ぶ。例えば、被監視者が部屋を移動したことが人感センサにより検出されれば、そのことを表す部分データが一つのイベントである。どのような部分データをイベントとして定義するかは重要であるが、本研究では、使用するセンサの種類に応じてシステムの導入者が自由に定義することを想定する。例え

ば、人感センサのように、単純にセンサの状態が変化したこと自体をイベントとする場合もあれば、2章で述べたような機械学習を用いる方法などに基づいてより高度な人間の行動（料理中など）を検出し、イベントとする場合も考えられる。イベントが発生したということは、被監視者が少なくともその時刻において正常に生活している証拠であると考えれ、さらに、その時刻を遡って一定時間の間、非監視者が正常に生活していたとみなす期間を設ける。この期間のことを安心期間とよぶ。安心期間の具体的な値としては、本稿の範囲内では例えば15分のような固定値を考えるが、イベントの種類に応じて可変にするなどの拡張も考えられる。

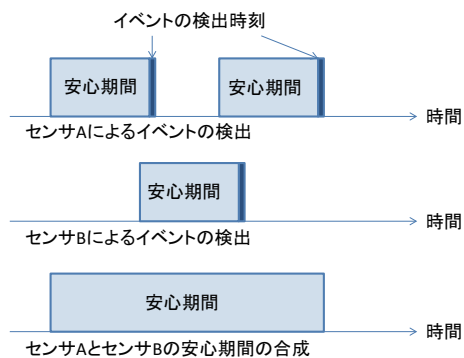


図 2 安心期間

図 3 にセンサ A とセンサ B の 2 つのセンサが存在する場合の安心期間の一例を示す。図の一番下には、センサ A の安心期間とセンサ B の安心期間を合成した安心期間を示している。このように、複数のセンサの各々でイベントが検出され、各イベントの発生時刻において安心期間が設定される。そしてそれらの安心期間を全て合成した安心期間について、被監視者が正常に生活していたとみなす。

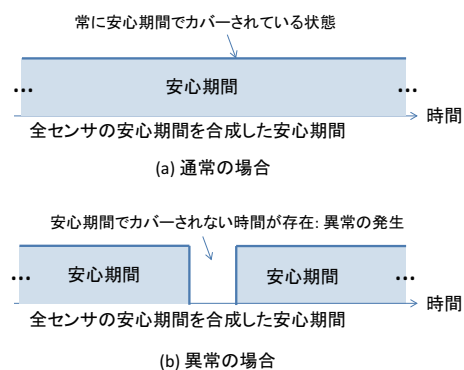


図 3 安心期間のカバーに基づく異常の検出

図 3 に安心期間によるカバーに基づく異常の検出の例を示す。図 3 (a) は異常が発生していない場合であり、このとき、全センサによる安心期間を合成した安心期間において、見守りを行なっている時間がカバーされている状態である。図 3 (b) は異常が発生した場合であり、このとき、

安心期間でカバーされない時間が発生してしまっている。異常が検出されると、その事がシステムから監視者へ通知される。

3.2.1 安心被覆率

以上で定義した安心期間に基づき、本節ではどの程度の品質の見守りが行えているかを定量化する指標である「安心被覆率」を定義する。安心被覆率とは、見守りの対象となっている時間全体における、全センサの安心期間（長さを r とする）を合成した安心時間によりカバーされている時間の割合である。すなわち、安心期間の長さが r の時の安心被覆率を $R(r)$ 、見守りの対象時間 T 、 T において全センサの安心期間を合成した安心期間によりカバーされる合計時間を $C(r)$ とすると、 $R(r)$ は、

$$R(r) = \frac{C(r)}{T} \quad (1)$$

と定義される。

4. センサ個数の削減方式

高品質の見守りを行うためには、多種の複数センサを屋内に配置する必要があるが、配置されるセンサの個数の増加に伴い、その導入のためのコストやメンテナンスのためのコストが増加するため、可能な限り配置されるセンサ数を少なくしたいという要求が生じる。本章では、3章で定義した安心被覆率に基づき、配置されるセンサ数を削減する方式を提案する。

提案するセンサ数削減方式では、まず、対象となる被監視者に、被監視者の居住空間にて一定期間生活を行なってもらい（この期間のことを以降では「準備期間」と呼ぶ）、そこで得られた各センサのデータからセンサ全体としての安心被覆率を求める。そして、安心被覆率の減少度合いが少ないセンサの部分集合を選択し、センサ全体の集合から取り除くことでセンサ数の削減を行う。準備期間においては、可能な限り多くのセンサデータを取得しておくことで、その後に削減可能なセンサがより柔軟に選択できるようになるため、対象となる被監視者を見守る上で、最も高品質の見守りを行う場合のセンサ配置（最大数のセンサ）によりセンサデータを取得する。

次に、監視者からの入力として、安心期間の長さ r （これが短いとより早く異常が検知可能）と、少なくともこれ以上の品質で見守りを行いたいという見守りの質に対する制約条件を、達成されるべき安心被覆率の最小値として受け取る。この値を R_{min} としたとき、 R_{min} 以上となるようなセンサの部分集合の中で個数が最小となるものを求めたい。しかし、全センサ数に対しその部分集合の数は指数オーダーとなるため、センサの全ての組み合わせをしらみ潰しに探索することは現実的ではない。そこで本稿では、以下で述べる Greedy 法によりセンサ数を削減する。

Greedy 法の動作は次の通りである。まず、(i) 準備期

間において配置した全センサの集合を S とし, S によって準備期間全体で達成された安心被覆率 R を求める. 次に, (ii) 各センサ $s_i \in S$ について, s_i のみを除いた場合の安心被覆率 R_i を求め, 全ての i の中で安心被覆率の減少度合い ($R - R_i$) が最も小さい i を選択する. このとき, $R_i < R_{min}$ であれば, S を削減後のセンサの集合として出力して終了し, さもなくば, (iii) $S - \{s_i\}$ を新しい S とおき, また, R_i を新しい R とおき, (ii) を再び実行する.

計算例として, センサ数 3 個, 安心期間 15 分とし, 安心被覆率の最小値 R_{min} を 25% とし, 準備期間全体で達成された安心被覆率 R が 50% とする. そして, 各センサを取り除いた後の安心被覆率が表 1 のようになった場合, 全てのセンサの中で安心被覆率の減少度合い ($R - R_i$) が最も小さいセンサ 1 を 1 回目の取り除くセンサとする. 次に残ったセンサについて, 各センサを取り除いた後の安心被覆率を再計算し, 同じように取り除くセンサを選択する. 2 回目に取り除くセンサは, 表 1 からセンサ 2 となる. そして, $R_{min} =$ センサ 2 による安心被覆率となり終了する.

表 1 各センサを取り除いた後の安心被覆率

センサ ID	R_i (1 回目)	R_i (2 回目)
センサ 1	50	—
センサ 2	40	30
センサ 3	20	20

準備期間の間に取得されたセンサデータに基づき, 上記の Greedy 法でセンサ数を削減し, 削減された後のセンサの配置により見守りを行うことで, 低コストでかつ一定の品質を保証した見守りが実施可能である.

5. 評価実験

4 章で述べた Greedy 法によるセンサ数削減の効果を調べるための実験を行った. 実験結果については 6 章で述べる. 本章では実験で用いたスマートハウスにおいて, 配置されたセンサと各センサにより検出するイベントについて詳細を述べる.

5.1 センサの種類と配置

実験で用いたスマートハウスの図面を図 4 に示す. 本スマートハウスは, リビング・ダイニング, 洋室, 廊下, 玄関, 洗面室, トイレ, 浴室から成る居住空間である. なおトイレについては設備の都合上使用できないため, 実験では被験者が使用することはない.

スマートハウス内には多数のセンサが配置されており, 各センサは Zigbee による無線通信によりほぼリアルタイムにセンサデータをサーバへアップロードする. 各センサの詳細を以下に述べる.

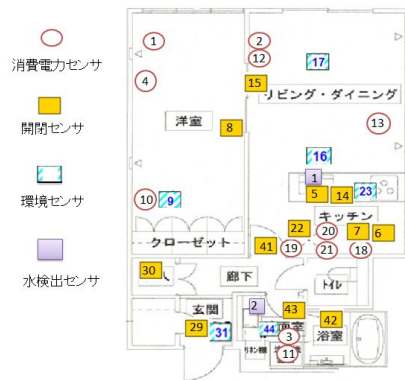


図 4 スマートハウスの図面と各センサの配置

5.1.1 超音波による位置測位センサ

本センサはスマートハウスの天井に設置された複数のレーザーと, 被験者が装着するタグから構成され, タグより送信される超音波の到来時間差よりタグの現在位置を三次元で測位するものである. サンプルング周期は毎秒 2 回である.

スマートハウスに滞在中, 被験者は入浴, 睡眠, 外出時以外は常に超音波センサのタグを装着する. 装着は, 体の正面の心臓近くにポーチを使用して固定することで行った.

5.1.2 ドアの開閉センサ

開閉センサは, 内蔵されている加速度センサによって, ドアの開け閉めの状態をセンシングする. 開閉センサは, 各部屋のドアや冷蔵庫, 食器棚などのドアに設置した.

5.1.3 水検出センサ

水検出センサは, 加速度センサを用いて水道のバルブの開閉状態の変化をセンシングする. 水検出センサは, 洗面所とキッチンのバルブに設置した.

5.1.4 消費電力センサ

消費電力センサは, 1 つのセンサで 1 つの家電 (100v 用) の消費電力をセンシングする. サンプルング周期は 1 分間に 2 回程度である. データは 0 以上の実数値 (小数点以下 2 桁) のワットで計測される. 計測を行う家電は, エアコン, TV, ドライヤ, 充電器 (スマートフォン), 洗濯機, 掃除機, 電子レンジ, IH 調理器, 各部屋の照明である.

5.2 各センサで検出するイベント

以下では, 各センサで検出するイベントの詳細について述べる. 表 2 にセンサの種類と検出されるイベントの一覧を示す.

表 2 センサの構成と検出するイベント

センサの種類	検出するイベント	個数
位置測位センサ (レーザー)	人物の移動	19
〃 (タグ)	〃	1
開閉センサ	ドアの開閉	12
水検出センサ	水の使用	2
消費電力センサ	家電の使用	11

水検出センサでは、バルブを開ける、またはバルブを閉める動作がイベントとして検出される。

開閉センサでは、ドアを開ける、または閉める動作がイベントとして検出される。

消費電力センサでは、各センサに接続されている家電について、待機状態とそれ以外の状態を区別し、各状態の遷移をイベントとして検出する。各家電の待機状態の消費電力とそれ以外の状態の消費電力を識別するための閾値は、k-means 法により求めた。すなわち、ある一定期間、家電の待機状態とそれ以外の状態における消費電力のデータを収集し、クラスタ数を2個としてデータをクラスタリングし、求めた判別境界を閾値とした。

位置測位センサでは、屋内の天井に設置された複数のレーザーの内、タグに最も近接するレーザーのIDが変化した際にイベントを検出する。各部屋には1つ、または複数個のレーザーが設置されているため、部屋間の移動、または部屋内の大まかな移動がイベントとして検出される。

6. 評価結果

センサ個数の削減方式により、配置するセンサの個数を減少させた際に、どの程度安心被覆率が減少するかを調査するため、5章で述べた実験環境を用いて被験者1名による実験を行った。実験の設定と結果の詳細について本章で述べる。

6.1 実験の設定

1名の被験者（20代、女性）に、5章で述べたスマートハウスで短期間生活してもらった。実験期間は、連続5日間とした。被験者は、実験期間中、長時間を宅内で生活し、また、比較的規則正しく家事をする傾向がある。

実験期間の5日間の内、はじめの3日間のセンサデータを用いて、4章で述べた Greedy 法に基づき、安心被覆率ができるだけ高く維持できるようなセンサの削減の順番を求めた。次に、残りの2日間のセンサデータを用いて、同じ順番でセンサを削減した際の安心被覆率の変化を求めた。なお、安心期間として15分を設定した。

また比較のため、全センサの集合からランダムな順番でセンサを削減していく方法（「ランダム法」）についても安心被覆率の変化を求めた。

6.2 実験結果と考察

図5に Greedy 法とランダム法におけるセンサの削減数に対する安心被覆率の変化を示す。なお、ランダム法については5試行行い、各試行についてグラフ化して表示した。図より、Greedy 法では合計26個のセンサのうち、25個まで0.8以上の安心被覆率を維持したまま数を削除できたことが分かる。一方ランダム法については試行ごとにばらつきはあるものの、Greedy 法よりも少ないセンサ数で安

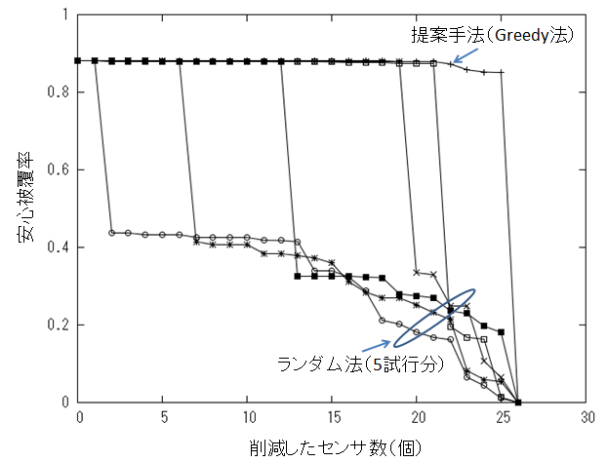


図5 センサ数の削減に伴う安心被覆率の変化

心被覆率が大きく低下してしまっている。この実験では、Greedy 法において26番目に削除されたセンサが位置測位センサであり、位置測位センサだけでも安心被覆率を0.8以上達成している結果となった。

位置測位センサの安心被覆率への大きな貢献度合いの影響を除くため、位置測位センサを使用しない場合の Greedy 法とランダム法におけるセンサ削減に伴う安心被覆率の変化を求めた。その結果を図6へ示す。図6より、位置測位センサを用いない場合でも、Greedy 法はランダム法に比べ高い安心被覆率を維持しながらセンサ数を削減できることが分かる。

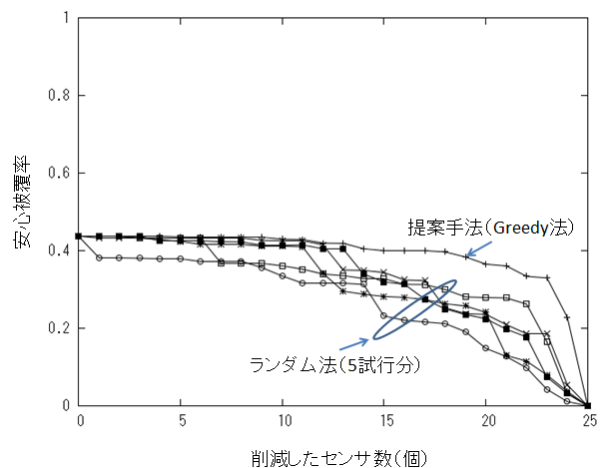


図6 センサ数の削減に伴う安心被覆率の変化（位置測位センサを使用しない場合）

7. おわりに

本稿では、多数のセンサが配置された宅内において高齢者の見守りを行う際に、あるセンサの配置においてどの程度の品質の見守りが行えるかが明らかでないという問題に対し、安心期間の概念を導入し見守りの品質を定量化する方法を提案した。提案する方法では、あるセンサにより検

出される特定のイベントの発生時刻において、被監視者が一定時間安心であると思われる期間（安心期間）を設定し、見守りの対象である全期間の内、全てのセンサによる安心期間を合成した安心期間によってカバーされる時間の割合（安心被覆率）を求め、これを見守りの品質を表す指標とした。

また、多数のセンサを用いて見守りを行う場合、できるだけ配置するセンサ数を削減することでコストを削減したという要求に対し、安心被覆率をできるだけ高く維持しつつセンサ数を削減する方式（Greedy 法）を提案した。

スマートハウス上で1人の被験者の生活に伴い計測された5日間のセンサデータを用いて Greedy 法の有効性を評価した。その結果、全センサ25個を用いた場合の安心被覆率が0.44である場合に、ランダム法ではセンサ数を15個削減すると安心被覆率が0.35まで低下したのに比べ、Greedy 法では0.4以上を維持しており、Greedy 法は高い安心被覆率を維持しつつ、センサ数を削減可能なことが分かった。

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] 日本アビオニクス株式会社 緊急通報システム「おとなりさんシステム」, <http://www.avio.co.jp/products/vicinity/>. (Accessed: 9/12/2013)
- [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] 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)
- [6] 京築広域圏高齢者あんしん提供事業, http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/top/local_support/ict/jirei/thema/k104005.html (Accessed: 9/12/2013)
- [7] Debar, Glen, et al. "FallCam: Practical Considerations in Implementing a Camera-based Fall Detection System." PoCA 09 (2009): 17-23.
- [8] Kim, Jong-Tak, et al. "Emergency Situation Alarm System Motion Using Tracking of People like Elderly Live Alone." Information Science and Applications (ICISA), 2013 International Conference on. IEEE, 2013.
- [9] TANG, Yiping; MA, Baoqing; YAN, Hangchen. "Intelligent Video Surveillance System for Elderly People Living Alone Based on ODVS." 2013.
- [10] Buettner, Michael, et al. "Recognizing daily activities with RFID-based sensors." Proceedings of the 11th international conference on Ubiquitous computing. ACM, 2009.
- [11] Thomaz, Edison, et al. "Recognizing water-based activities in the home through infrastructure-mediated sensing." Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing. ACM, 2012.
- [12] Fogarty, James, Carolyn Au, and Scott E. Hudson.

- [13] 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>.
- [14] Vahdatpour, Alireza, and Majid Sarrafzadeh. "Unsupervised Discovery of Abnormal Activity Occurrences in Multi-dimensional Time Series, with Applications in Wearable Systems." SDM. 2010.
- [15] He, Yi, Ye Li, and Chuan Yin. "Falling-incident detection and alarm by smartphone with Multimedia Messaging Service (MMS).
http://www.shimz.co.jp/news_release/2011/874.html (Accessed: 12/25/2013)
- [17] Hnat, Timothy W., et al. "The hitchhiker's guide to successful residential sensing deployments." Proceedings of the 9th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems. ACM, 2011.
- [18] Mori, Taketoshi, et al. "Life Pattern Estimation of the Elderly Based on Accumulated Activity Data and its Application to Anomaly Detection." Journal of Robotics and Mechatronics 24.5 (2012): 755.