

長期蓄積データの分類に基づく高齢者生活異変検知

Detection of Behavioral Anomaly of The Elderly Based on Categorization of Accumulated Data

森 武俊 石野 嵩人 下坂 正倫 野口 博史 佐藤 知正
Taketoshi Mori Takahito Ishino Masamichi Shimosaka Hiroshi Noguchi Tomomasa Sato

東京大学
The University of Tokyo

We propose an anomaly detection algorithm for elderly people living alone. We deploy some pyroelectric sensors into the house and measure the person's activities all the time in order to grasp features in the person's life. Then, we regard the people whose features in their life resemble each other as the same group. Anomalies occurred in the past are shared in the group and utilized in our anomaly detection algorithm. This algorithm is based on "Error Score", that is calculated from a comparison of an activeness of the person between the present and the past. If the score is higher than the score on a day some trouble occurred, it means that an anomaly event has occurred. Moreover, we are developing an anomaly detection system which is easy to use in a practical service.

1. 緒論

近年、少子高齢化に伴い独居高齢者が増加しており、高齢者の生活上の異変や老化の進行を検知し、起こりうる異常を予防するといった生活自動見守りシステムの様々な研究が行われている。本研究では居住者の動きを検知する焦電センサ数個を用いたシステムを想定しており、図1のように独居高齢者宅の最新センサデータに応じて異変検知を行い、異変候補があった場合はその検知理由とともに看護士に通知し、看護士が最終判断を下し家族や自治体に提言する、といったシステムを考えている。この際の異変検知手法として、これまで、まず検知対象の居住者に固有の生活パターンを推定し、そのパターンと確率的に異なるものを異変と見なすという考えに基づいた研究を行ってきた [1][2] が、本研究では長期蓄積された焦電センサデータから似た特徴を持つ居住者を同一のパターンに分類し、共有した異変履歴に基づき異変検知を行うという手法により似た生活パターンに固有の異変の発見を目指す。これは、一人一人個性が異なる人に適合した分類をすることが望ましい一方で、一人のデータでは異変に関連した情報が少ないという矛盾に対処するためである。また、それとともに、簡単な行動推定情報を検知結果と複合提示することで直感的な検知内容の把握を実現することを目標とする。

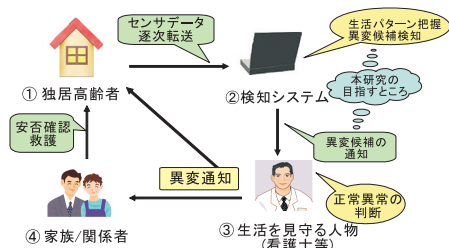


図 1: 理想とするシステム

2. 多数家庭データのパターン別分類

多数家庭の各居住者の生活傾向を端的に表すと考えられる「平均1日総反応回数」「曜日規則性」「季節変動」「部屋利用パターン」という4つの特徴量による分類を独立に行い(図2),

各特徴量に関して同一の分類結果を得た居住者同士を共通の生活パターンを持つものとして扱うこととした。「平均1日総反応回数」は、各家庭に設置された全焦電センサの1分毎の反応回数(0~15回)を1日分足し合わせ、それを長期にわたって平均したものを特徴量として用いることで居住者の生活の一般的な活発さを表す。「曜日規則性」は、似た生活を送ると同様のセンサ反応傾向が示されるという経験則に基づき、各曜日毎の1日総反応回数のばらつきから計算した居住者の生活の曜日に対する依存性を表す指標である。「季節変動」は、反応回数が夏季に極小となり、冬季に極大となるという多くの居住者に見られるほぼ1年周期のデータ変動の度合を、各月の平均1日総反応回数のばらつきにより表す。上記の3つの特徴量については、各々独立にk平均法による分類を行う。各クラス数は2としている。「部屋利用パターン」は、各家庭の部屋の間取りに関係すると考えられる、各センサの反応回数の比から分類される特徴量である。この特徴量については、専用のアルゴリズムを用いて3種類のパターンに分類を行う。その内訳は「1日の反応の大部分を、ある1つのセンサの反応が占める(パターン1)」「1日のうち、ある2つの部屋が時間帯によって交互に反応する(パターン2)」「1日の大部分で、2つのセンサが同様の反応を示す(パターン3)」の3通りである。

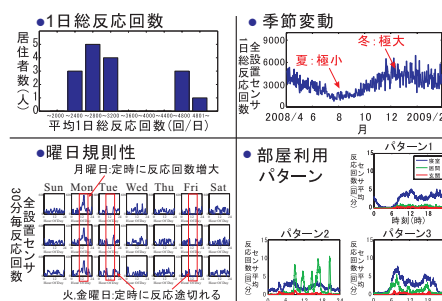


図 2: 生活分類に利用する4つの特徴量

以上に述べた4つの特徴量について同一の分類結果を示した家庭を、同じ生活パターンに属すると見なす。この手法について、実際のセンサの1日の反応回数の推移の平均を表すグラフから直感的に分類した結果と、特徴量の計算に用いる学習期間を3ヶ月、6ヶ月、9ヶ月、1年(365日)とした場合の各

連絡先: tmori,ishino,simosaka,noguchi,tsato@ics.t.u-tokyo.ac.jp

分類結果を比較し、学習期間が 365 日の場合に直感に対し妥当な分類結果が得られることを確認した。このような結果を得た理由としては、分類に用いた 4 つの特徴量のうち、1 年周期の変動を示すと考えられる「平均 1 日総反応回数」と「季節変動」に関する独立性が、学習期間を 365 日とした場合に最も強く保たれているということが考えられる。ただし、このアルゴリズムは 1 日毎に再計算を行うことを想定しており、生活パターン変化に対し高い順応性を持つことが望ましく、そのためには学習期間を短縮することが効果的であると考えられる。これを踏まえると、本手法を用いた実際のシステム運営においては、実験において学習期間 365 日の場合に準ずる分類の妥当性を示した学習期間 182 日の場合の分類結果を利用するのが良いと判断した。

3. 異常検知手法

異常を反応回数が通常時に比べ激増/激減するという反応傾向が示された場合として定義し、通常時と比較した反応回数の増減を、過去に異常が起きた日の値と比較することにより異常かどうか判断するという手法をとることとした。このとき、反応回数が激増する異常を「プラス異常」、激減する異常を「マイナス異常」と呼ぶ。各々の異常の例として、プラス異常については普段寝ている夜間に活発な反応が示されるといった事例が、マイナス異常については急な外出により、普段活発に活動している時間帯に反応が途切れるといったものが考えられる。具体的な手法は以下の通りである。

まず、検知対象データに対し、反応の活発さを表すと考えられる指標として、1 分毎に、過去 30 分間にセンサが通算何回反応したかを表す「30 分反応回数差分」という値を計算し、これを自身の過去 15 週（約 3~4ヶ月）分、同一曜日の「30 分反応回数差分」を平均した値と比較することにより「異常スコア」を算出する。これに対し、そのデータが異常であるか否かの基準とする値として、検知対象居住者の所属する生活パターン内で共有される異常履歴から「異常基準値」を計算する。この異常基準値には、登録された異常履歴に基づき、異常が起きた日の異常スコアを計算、その日の異常がプラス異常なら 1 日の異常スコアの最大値を、マイナス異常なら最小値を用いる。そして、検知対象の異常スコアの正負に応じて、異常基準値に対する異常スコアの割合である「異常度」を計算し、検知結果としてグラフ表示する。

この手法に関する実験を行った結果が図 3 である。図に示すように、図左のプラス異常検知結果においては、実際に異常が起きた 11 日目に対し異常が的確に検知されている。これに対し、図右のマイナス異常検知結果においては、45 日目から検知期間の最後まで実際に起きた異常が検知されてはいるが、通常時に対する誤検知も多いという結果となっている。これは、普段起こらないことが起こることを検知するよりも、普段起こることが起こらないということを検知するほうが困難であるという直感的な考えを反映した結果となった。また、同一のパターン内で共有される異常の内訳は、分類されたパターンに固有のものであることが望ましいが、本実験においては上記のように異常の内容を反応が通常時に対し激増/激減するというものに限り、生活のパターン分類においても、虚弱であり介護サービスを要するといった生活に直感的に結びついた分類を行わなかったため、検知実験においてはパターンに固有の異常といったものは発見することができなかった。

4. 活動状態推定システム

前節の異常検知システムにより得られた検知結果と同時に、検知を行っている居住者の現在の活動状況を簡単な形で推定し

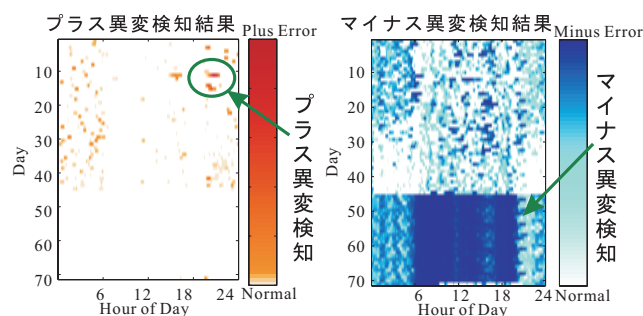


図 3: 異常検知実験結果

提示することで、検知結果のより直感的な把握を補助することが可能であると考えた。具体的には、居住者のセンサ反応状態から、検知時の活動状況を「活動中」「室内無反応状態」「外出中」のいずれかであると推定するアルゴリズムを構築した。また、このアルゴリズムを用いて、1 日の最初の活動である起床と、毎週火曜日は 10 時から 17 時まででデイサービスのために外出するといった習慣を推定し、「平均起床時刻」と「習慣的外出」として 1 日のはじめに予想される起床、外出の傾向を提示する。「室内無反応状態」から「活動中」への遷移を判定する際には、月毎の平均総反応回数に応じて増減する閾値関数を利用することにより、反応の季節変動の影響に対して頑健な検知を実現した。これらの検知アルゴリズムの精度評価実験においては、起床検知において正解率 90.5 %、外出検知において適合率 95.5 %、習慣的外出の推定においては適合率 97.1 % という高精度の検知を実現可能であると示した。

5. 結論

本手法の特徴は次のようになる。まずセンサデータより一般的な分類基準を複合して多数家庭の生活データを分類し、同一のパターンに分類された居住者間で過去の異常履歴を共有、その履歴を参照し、反応回数の通常時に対する増減を異常として検知する。そして、検知結果に対し単純な行動推定を組み合わせることで表示することにより、生活見守り側にとっての異常内容の把握を補助する。

この手法を用いた異常検知実験においては、反応が激増する異常に比べ、激減する異常において通常時に対する誤検知が多く、この実験により、より適切なパターン分類基準の設定とそれに基づく「普段起こることが起こらない」異常の検知手法の開発の重要性が確認された。また過去の研究では、長期の焦電センサデータがあれば、生活パターン変化から認知賞の予兆が検知できることが示唆されており、本研究の手法の適用が可能かどうかの検討が課題である。さらに、これらの検知情報を複合して分かりやすく提示可能なアプリケーションの開発を行うことが重要であると考えられる。

参考文献

- [1] Taketoshi Mori, Ryo Urushibata, Masamichi Shimosaka, Hiroshi Noguchi, and Tomomasa Sato. Anomaly detection algorithm based on life pattern extraction from accumulated pyroelectric sensor data. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2545–2552, 2008.
- [2] Kana Oshima, Ryo Urushibata, Akinori Fujii, Hiroshi Noguchi, Masamichi Shimosaka, Tomomasa Sato, and Taketoshi. Behavior labeling algorithms from accumulated sensor data matched to usage of livelihood support application. In *The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 822–828, 2009.