

# One-Class SVM を用いた高齢者異常検出モニタリングシステム

## Anomaly Detection Monitoring System for Elderly People Using One-Class SVM

関 弘和 (千葉工業大学)

Hirokazu SEKI, Chiba Institute of Technology, seki.hirokazu@it-chiba.ac.jp

### 1. 緒言

現在我が国は高齢者人口が全体の 20% を越えた高齢社会である。またこれに伴い、一人暮らしの高齢者数も増加しているが、家の中で病気や不慮の事故により亡くなる、いわゆる孤独死も多く報告されている。家庭内の不慮の事故による高齢者の死者数は交通事故による死者数を上回っている統計データもある[1]。このような状況の中、高齢者の生活空間を各種センサによりモニタリングし、病気、体調不良、事故、災害等を原因とする異常事態をできるだけ早く検出し家族や医療機関に通報するシステムの実現が期待される。

センサの選択としては様々なものが考えられるが、できるかぎり非接触非侵襲のセンサを採用することが望ましい。またプライバシーの問題も考慮する必要があるが、高齢者にとってはセンサを通してどこかで誰かが自分の生活を見守ってくれているという安心感を得ることが可能であるという点も指摘されている。

現在すでに実用化されている高齢者見守りシステムとして、電気ポットの使用状況を家族に通知する象印マホービン(株)の「i-POT」[2]、トイレの流水状況を確認する(株)トーヨーアクアテックの「身守りトーヨーくん」[3]などが挙げられるが、これらはほぼ 1 日単位など長い時間スパンでの安否確認や体調不良を知らせるものである。

一方、高齢者に考えられる異常事態としては、脳梗塞や心筋梗塞、転倒事故、風呂やトイレでの事故など、数時間以内での対応を要するようなケースも多く考えられる。

独居高齢者の異常状態としては、【1】緊急的な異常(急病、不慮の事故、災害など)、【2】長期的な異常(体調不良日、活動量の減少、徘徊行動の開始など)が考えられ、最先端のセンシング技術によりこれらのあらゆる異常状態をいち早く、かつ高精度に検出することが望まれる。

センサ自体の性能もさることながら、重要となるのはセンサ情報を知的に処理する解析アルゴリズムの開発であるが、これに関する学術研究は数多く行われている。例えば、人感センサや赤外線センサを用いた研究[4]-[10]、家電製品やドア、水道に取り付けたスイッチ等のオンオフデータを用いた研究[11]-[13]、においセンサやガスセンサを用いた例[14][15]、さらに視覚センサを用いたモニタリングも考えられている[16][17]。

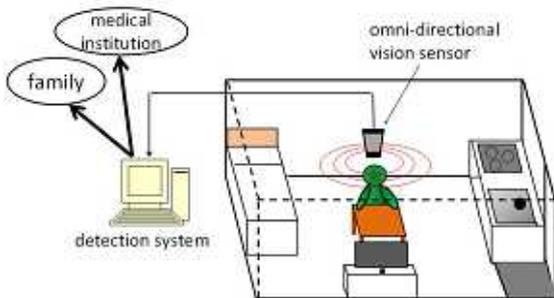


Fig. 1 Monitoring system.

本研究では、高齢者に起こりうる異常事態をいち早く検出することを目的とし、Fig.1 のようにワンルームを想定した独居高齢者の部屋を全方位視覚センサによりモニタリングし、非日常行動を自動的に検出するシステムの実現を目指す。

### 2. 高齢者モニタリングシステム

#### 2.1 高齢者の生活行動時間

最初に高齢者の 1 日における家庭内行動パターンの実態と現状を知るため、総務省統計局調べ「曜日、男女、ふだんの就業状態、年齢、行動の種類別総平均時間、行動者平均時間及び行動者率」[18]のデータを入手し分析した。これは 10 歳以上の男女について、有業者、無業者、年齢別に各行動が週平均で何時間程度行われているかについて統計がとられたものである。この中で 65 歳以上かつ無業者のデータに注目し、日常的に家庭内で生活していると考えられる高齢者の行動パターンと時間を分析した。20 種類ほどの行動のうち上位を占めるものについて一週間での行動時間とともに下表に示す。後述の模擬実験はこのデータに基づいて行う。

行動	平均時間(分/週)
睡眠	523
テレビなど	250
その他の活動	159
休養・くつろぎ	124
家事	122
食事	120
身の回りの用事	87
趣味・娯楽	49

Table 1 Typical behavior patterns of elderly people.

#### 2.2 非日常性の定義

高齢者の家庭内生活においては、脳梗塞や心筋梗塞等の病気や体調不良、平面や段差における転倒、浴槽での溺死、食物を詰まらせた窒息等の不慮の事故、その他の災害等による異常事態が考えられる。これらを踏まえ、全方位センサで検出可能と考えられる高齢者の非日常性について、以下の四つに分類し定義する。

##### (A) 学習にない異常行動

部屋で倒れている場合や普段とは異なる場所にいる場合などである。

##### (B) 時間軸に関する異常行動

行動そのものは日常起こりうるものであっても、その時間帯が学習とは異なる、例えば一日中ベッドで寝ている場合や、夜中にベッドから離れて歩き回っている(徘徊している)ような場合などである。

##### (C) 動きが止まるパターン

人間は常に微動をしていると考えられるため、長時間に亘って微動すらないようなパターンは異常とみなすべきである。例えば夜中にベッドで寝返りをうたなくなったり、その

他の場所で動きが止まったりという場合が考えられる。

(D) 部屋外から長時間戻らないパターン

ワンルームの家を想定したとき、外出時を除けば、全方位センサに映らないトイレや風呂、ベランダ等に数十分程度以上滞在することは異常と考えられる。

2.3 実験環境

本研究では6畳程度の一部屋をモニタリングすると想定し、Fig.2のような実験用モニタリングルームを作成した。ベッド、机、棚などを配置し、全方位センサは部屋全体を見渡せられるよう中央に配置した。



Fig.2 Example of captured image.

3. One-Class SVM による異常行動検出法

3.1 オプティカルフローの抽出

最初に、撮影された画像から画像特徴量を抽出する。センサは固定され同一の部屋をモニタリングするため、単純な背景差分による人物領域抽出も考えられるが、本研究では先に述べた非日常性(C)の動きの有無、微動などを計測しやすいという理由から、オプティカルフロー情報を抽出することとする。オプティカルフローは、動きベクトル情報を意味するものであり、時間的に連続する2画像から抽出される。Fig.3にその一例を示す。

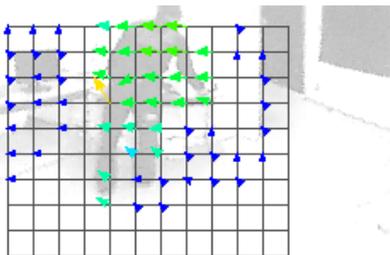


Fig.3 Example of optical flow extraction.

3.2 異常検出のための特徴量生成

抽出したオプティカルフロー情報から、異常行動検出にとって有用な以下の特徴量を生成する。

- フローの出現数（フローが大きいもの）
- フローの出現数（フローが中程度もの）
- フローの出現数（フローが小さいもの）
- 出現フローの重心位置（X座標）
- 出現フローの重心位置（Y座標）
- 出現フローの分散（X軸方向）
- 出現フローの分散（Y軸方向）

～のフローの大きさは人間の動きの激しさを表すものであるから、これを大中小に分け、それぞれのフロー数を特徴量とする。例えば、普段起こらないような激しい動きや、逆に微動すらしない状況などが把握できると考えられる。また～は人間の画像中の位置を示し、～は姿勢を示す。また、1回のフロー情報のみを用いると、十分には人間の動きがとらえられないため、今回は連続する20回分（現時刻から過

去20回分=20秒間）のフロー情報に対し、～のフロー数は和で、～の重心位置と分散については平均値を計算し、～の特徴量を生成する。これら7次元特徴量ベクトルとしてひとまとまりにとらえ、正常パターンと異常パターンを判別することとする。

高齢者モニタリングにおいては、普段の正常パターンのみが入手可能であり、これ以外の様々起こりうる異常パターンのデータはあらかじめ用意することができない。つまり正常データのみを使って学習を行い、これと異なるパターンのデータはすべて異常と判定しなければならない。一種の外れ値検出と言える。そこで、異常判別の手法として、外れ値検出の代表的な手法の一つであるOne-Class SVMを用いて検出する方法を提案する[19]。

3.3 One-Class SVM による異常検出

One-Class SVMとは、データ空間内における正しいデータを含む領域を推定するための方法である。そのような領域内のデータはインライア（正常値）とみなせるので、データの分布の推定を行えるだけでなく、逆に領域外のデータを検出することで、アウトライア（異常値）除去も行える。

通常インライアはデータ空間において密度の高い領域にあり、アウトライアは密度が低い領域にある。そこで、データ間の距離をガウシアンカーネルを用いて特徴空間へ写像すれば、アウトライア、すなわち他から離れたデータは原点近くに写像される。

この性質を利用して、原点近くのデータ群と他のデータ群を識別する最大マージンをもつ超平面を設定し、はずれ具合の指標を求める。まず式(1)のガウシアンカーネルを用いて写像を行うと外れ値データは原点近くに写像されるという性質を用い、Fig.4のようにこの写像空間上で正常データと異常データを分けるような識別境界面を求める。式(2)は識別関数であり、で写像された非線形空間での内積は式(1)となる。学習データのうちの割合のデータが原点側にくるような識別境界を式(3)の最適化問題によりwを求める。

$$K(x, x') = \exp\left(-\frac{\|x - x'\|^2}{\sigma^2}\right) \tag{1}$$

$$f(\Phi(x)) = \text{sgn}(w^T \Phi(x) - \rho) \tag{2}$$

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 + \frac{1}{vn} \sum_{i=1}^n \xi_i - \rho \tag{3}$$

$$\text{sub to } w^T \Phi(x_i) \geq \rho - \xi_i, \quad \xi_i \geq 0$$

式(2)の識別関数が正であれば学習データ側、負であれば原点側であり、これにより正常行動パターンを学習データとすることで、新規データに対し正常か異常を判別することができる。

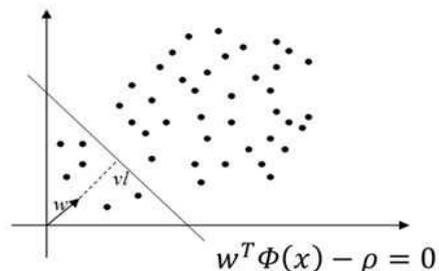


Fig.4 One-Class SVM.

## 4. 実験による検証

### 4.1 実験概要

本提案手法の有効性を示すために実験による検証を行う。画像のサイズは640×480ピクセル、撮影の周波数は1Hzとし、1日24時間の行動の流れを2時間に短縮して行った。なお今回は22歳男性被験者が行動を実演した。また、One-Class SVMによる分析には株式会社NTTデータ数理システムの汎用データマイニングツール「Visual Mining Studio」を用いた。

### 4.2 非日常行動検出実験

2.2節で定義した四つの非日常性の(A)と(C)について、二例のシチュエーションを想定し、提案手法により検出可能かどうかの実験検証を行う。

【Case I】家事の途中、うずくまる もがく 動かなくなる

2.2節で定義した(A)(C)を含む異常行動パターンであり、例えばFig.5のようにうずくまりもがいているような動作は発生直後に検出されることが望ましい。Fig.6は異常行動が含まれないパターンに対する出力結果、Fig.7は30秒後からうずくまり、1分後から倒れてもがき、1分30秒後から動かなくなる、という異常行動に対する出力結果である。図のように、約40秒後以降、出力値は負になり、異常判定が可能であることがわかる。



Fig.5 Abnormal behavior of Case I.

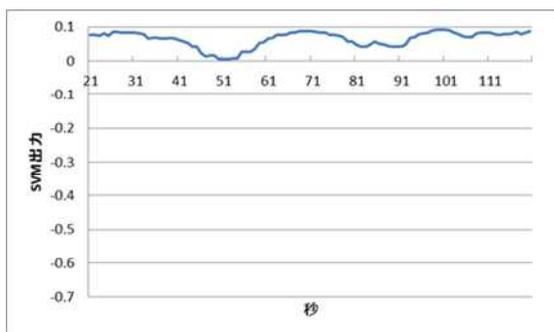


Fig.6 Experiment result (Case I : normal pattern).

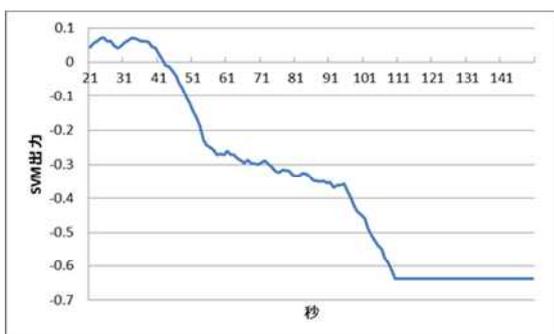


Fig.7 Experiment result (Case I : abnormal pattern).

【Case II】食事の途中、うずくまる もがく 動かなくなる  
これも2.2節で定義した(A)(C)を含む異常行動パターンであり、Fig.8のような異常行動は発生直後に検出されることが望

ましい。Fig.9は異常行動が含まれないパターンに対する出力結果、Fig.10は30秒後からうずくまり、1分後から倒れてもがき、1分30秒後から動かなくなる、という異常行動に対する出力結果である。先ほどと同様に、出力値が負になっていることから異常判定が可能であるとわかる。

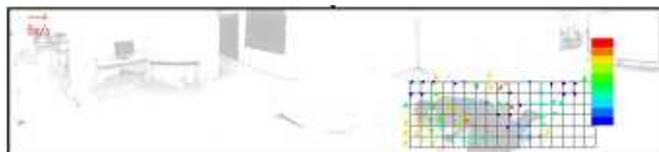


Fig.8 Abnormal behavior of Case II.

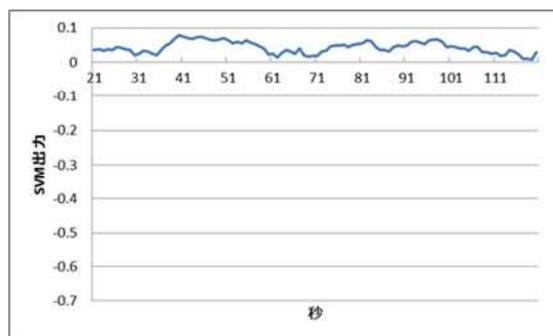


Fig.9 Experiment result (Case II : normal pattern).

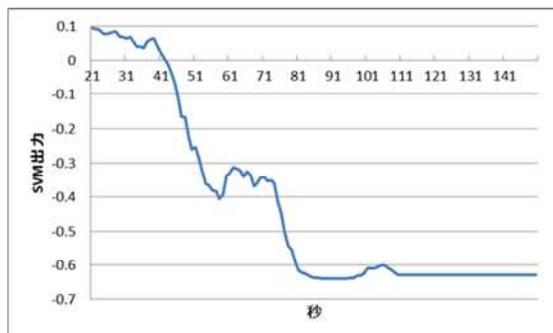


Fig.10 Experiment result (Case II : abnormal pattern).

### 4.3 判定精度の検証

本手法の判定精度を検証するため、前節で記した【Case I】家事、【Case II】食事、のそれぞれについて、SVMを学習後、先の実験と同様2分程度を1サンプルとして、正常パターンのみのサンプルを20サンプル、途中から異常行動が発生するパターンを20サンプル用意し、適切に正常・異常判定が行われるか確認する。なお、SVM出力値が1回でも負になれば異常と判定されたこととする。

以下の表にCase I, Case IIそれぞれの実験結果を示す。正常を正常と、異常を異常と判定できた全体の割合AR (accuracy rate), 異常を異常と判定できた割合DR (detection rate), 正常を異常と誤判定した割合FAR (false alarm rate)をそれぞれ示している。異常行動については100%の精度で検出ができていることがわかるが、正常行動の場合にも一部は異常と判定されていることがわかる。これは学習データに正常行動しか存在しないことも関係しており、SVMの学習方法に改善を加えるなどの検討を行う必要がある。

	AR	DR	FAR
Case I	87.5%	100%	25%
Case II	90%	100%	20%

Table 2 Experiment results of detection accuracy.

#### 4.4 今後の課題

今回は 2.2 節で定義した四つの非日常行動の(A)(C)を含む異常行動について二例の実験を行い、One-Class SVM による外れ値検出により異常行動判定が可能であることを示した。しかし現状では、正常行動時に異常と判定されるケースが存在することから、判定精度を向上させる改善法が必要であり、現在これを検討している。また今回対象としなかった(B)(D)に分類される異常行動も合わせて検出する仕組みも検討している。これらが達成できれば、SVM の判定値に基づいて家族や医療機関に通報するというシステムの構築がなされると考えられる。

### 5. 結言

本稿では、全方位センサによる独居高齢者の非日常行動検出モニタリングシステムの基礎的検討として、画像フロー特徴量の One-Class SVM 解析による異常検出手法を提案し模擬的ないくつかの実験的検証を行った。今後は、前章で述べた正常・異常判定精度の向上に加え、複数の部屋がある場合のセンサ間の連携、実際の高齢者によるモニタリング実験なども検討していく必要がある。

### 文 献

- [1] 厚生省：「平成 21 年~人口動態統計~上巻」
- [2] <http://www.mimamori.net>
- [3] <http://www.sabi.jp/sensor.htm>
- [4] 品川佳満, 岸本俊夫：「太田茂, 独居高齢者の居室滞在時間の分析と自動緊急通報システムへの応用」, ライフサポート, Vol.13, No.3, pp.9-16 (2001)
- [5] 五味壮平, 坂田和実, 大竹佐久子, 井筒岳, 新貝りゅう蔵：「赤外線センサー群から得られた生活データの統計的解析 - 異常発見支援システムの開発に向けて - 」, ライフサポート, Vol.13, No.4, pp.10-17 (2001)
- [6] 青木茂樹, 大西正輝, 小島篤博, 菅原康博, 福永邦雄：「人感センサによる独居高齢者の行動パターンの認識」, 信学技報, WIT101-703, pp.43-48 (2002)
- [7] 品川佳満, 岸本俊夫, 太田茂：「行動パターン分類による独居高齢者の非平常日検出」, 川崎医療福祉学会誌, Vol.15, No.1, pp.175-181 (2005)
- [8] 田中仁, 中内靖：「ユビキタスセンサによる独居高齢者見守りシステム」, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.75, No.760, pp.116-124 (2009)
- [9] 森武俊, 野口博史, 佐藤知正：「センサネットワークと生活行動」, 電子情報通信学会誌, Vol.89, No.5 pp.430-435 (2006)
- [10] 野口博史, 森武俊, 佐藤知正, 真田弘美：「独居住宅における人物移動計測システムの開発と長期間動線記録」, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会, OS1-3 (2011)
- [11] 松本勉, 嶋田泰幸, 川路茂保, 平松義朗：「確率有限オートマトン生活行動モデルに基づく生活行動異常判定」, 医療情報学, Vol.22, No.1, pp.35-42 (2002)
- [12] 澤井一義, 吉田正樹：「行動モニタリングによる在宅高齢者の体調不良検出アルゴリズム」, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-D-II, No.11, pp.2054-2061 (2004)
- [13] 木川泰, 小栗宏次：「高齢者在宅データ遷移確率に基づく生活リズム変動解析」, 信学技報, MBE102-726, pp.41-44 (2003)
- [14] 沢田史子, 大藪多可志, 南戸秀仁：「二オイセンサのマハラノビスの距離による人間のふるまい判別」, ライフサポート, Vol.13, No.2, pp.2-7 (2001)
- [15] 大藪多可志, 広林茂樹, 木村春彦：「複数の酸化スズ系ガスセンサによる独居老人世帯モニタリング」, 電学論 E, Vol.117, No.6, pp.314-320 (1997)
- [16] 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)
- [17] 関弘和, 多田隈進：「全方位センサのベイジアンネットワーク表現に基づく高齢者非日常行動検出モニタリングシステム」, 電気学会論文誌 D, Vol.128-D, No.8, pp.1052-1059 (2008)
  - [18] 総務省統計局 <http://www.stat.go.jp>
  - [19] 田島和博, 石川一樹, 福光龍之介, 関弘和：「画像フロー情報の 1 クラス SVM に基づく独居高齢者非日常行動検出システム」, 平成 25 年電気学会次世代産業システム研究会, IIS-13-005, pp.15-18 (2013)