

# マイクロ波ドップラセンサを用いた転倒検知のための センサ設置位置の検討

高尾郁也<sup>†</sup> 鏑木崇史<sup>†</sup> 栗原陽介<sup>†</sup>

**概要:** 現在、高齢社会を迎えた我が国において、独居高齢者の数が増加しており、他者による高齢者の異常検知が困難になっている。特に危険な転倒事故の発見の遅れは、後遺症や死亡につながる可能性があり、素早い事後対処が必要である。そのためには、24時間、高齢者の状態を常に正確に検知することが必要であり、本研究では、マイクロ波ドップラセンサを用いて無拘束で転倒の検知が可能なシステムを構築している。

**キーワード:** マイクロ波ドップラセンサ, 転倒検知, ウェーブレット変換, SVM

## Investigation of a sensor installation position for fall detection using a microwave Doppler sensor

IKUYA TAKAO<sup>†</sup> TAKASHI KABURAGI<sup>†</sup>  
YOSUKE KURIHARA<sup>†</sup>

**Abstract:** Currently, in Japan that has reached an aging society, the number of elderly living alone has increased, making it difficult for elderly people to detect abnormalities by others. Delayed discovery of particularly dangerous fall accidents can lead to aftereffects and death, and quick post-action is necessary. For that purpose, it is necessary to always accurately detect the condition of elderly people for 24 hours. In this research, we have constructed a system that can detect falls without restraint by using microwave Doppler sensor.

**Keywords:** microwave Doppler sensor, fall detection, wavelet transform, SVM

### 1. はじめに

近年、日本では、全人口に対する高齢者人口の割合を示す高齢化率が増加傾向にあり、1980年には9.1%であった高齢化率は、右肩上がりに増加し続け、2015年には26.7%にまで増加している。また、2035年には33.4%にまで増加すると予測されており、高齢者人口の増加は、年々、深刻な問題となっている[1]。

また、独居高齢者の割合は増加し続けており、1980年に男女それぞれ4.3%、11.2%であった独居高齢者の割合は、2015年には11.1%、20.3%にまで増加し、2035年には16.3%、23.4%まで増加すると予測されている[2]。このような状況下では、他者による高齢者の異常検知がより困難となっており、特に、転倒事故の発見の遅れが死亡や後遺症につながる事が懸念されている。

### 2. 先行研究

参考文献[3]、[4]には、カメラや加速度センサを用いた転倒検知システムに関する研究を示す。文献[3]は、関らによって行われ、カメラを用いた高齢者の異常検知を行っているが、プライバシーの問題による精神的拘束性を抱えている。

文献[4]は、猪股らによって行われ、スマートフォンに搭

載された加速度センサを用いて転倒検知を行っているが、常に身に付けておかなければならないため、身体的拘束性が発生し、夜間などを含めた24時間の転倒検知には適用できない。

続いて、参考文献[5]、[6]に、上述のカメラや加速度センサの問題を解消する、マイクロ波ドップラセンサを用いた転倒検知システムに関する研究を示す。文献[5]は、センサを被験者の頭上に設置したシステムが提案されており、転倒動作の判別精度の最大値が $0.95 \pm 0.06$ なることが報告されている。しかしながら、精度にばらつきが見られ、改善の余地を含んでいる。文献[6]は、被験者とセンサを変えながら、転倒と歩行の2動作を判別し、0.96という高い正答率を示している。しかしながら、動作の種類が少なく、転倒検知システムとして十分ではない。

### 3. 提案手法

そこで、本研究では、複数の位置にセンサを設置し、比較を行いながら、高い正答率を示す転倒検知システムの開発を目指す。図3-1に提案するシステムの概要を示す。まず、被験者の上部と横に設置したマイクロ波ドップラセンサから出力される信号 $I(t)$ をA/D変換し、時系列データ $I(k)$ を得る。次に、図3-2に示すように、時系列データ $I(k)$ に対し、

<sup>†</sup> 青山学院大学 理工学部 経営システム工学科

1次元ウェーブレット変換を行い、周波数データ  $W(k)$  を得る。そこから、上位1%の強度を持つ周波数データを抽出し、

$v(k)$  を得る。その後、(1)式に示すように、各  $k$  における  $v(k)$

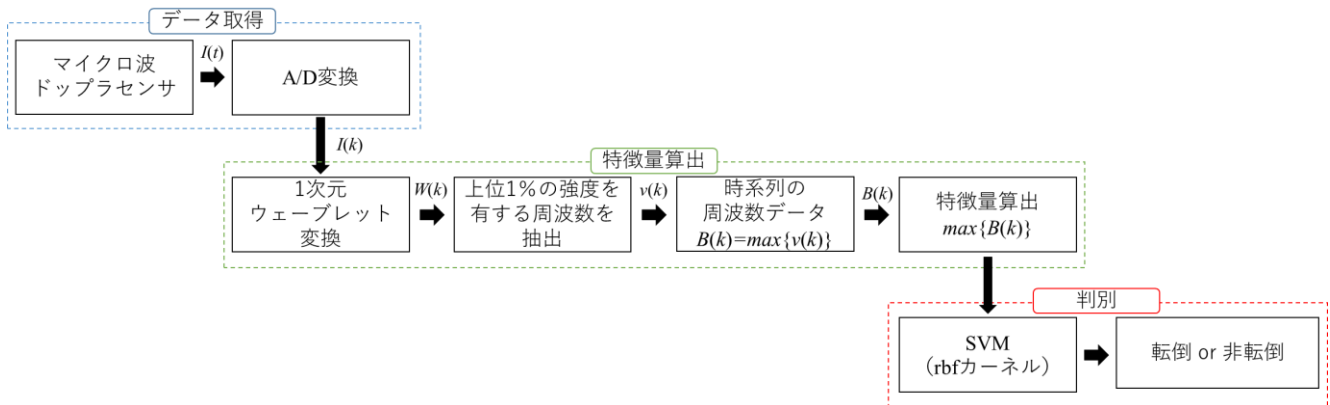


図 3-1 提案手法の概要

の最大値を抽出し、周波数データの時間的変化  $B(k)$  を得る。そして  $B(k)$  の最大値を特徴量として用いた。算出した特徴量をもとに、rbf カーネルで SVM を行い、転倒・非転倒の判別を行う。最後に、被験者の頭上と横に設置したセンサの結果を評価し、比較する。

$$B(k) = \max\{v(k)\} \quad \dots (1)$$

## 4. 実験

### 4.1 実験環境

実験は、図 4-1、4-2 に示すような環境で行い、黄色の丸で囲った被験者の頭上(床から 2.25m)と横(床から 1.85m)にマイクロ波ドップラセンサ (Innosent 社, 型名 IPS-154) を設置した。転倒動作時には、被験者の安全を考慮し、図 4-2 のように、布団を敷いて行った。

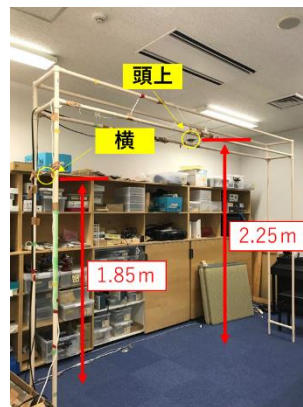


図 4-2 実験環境 2

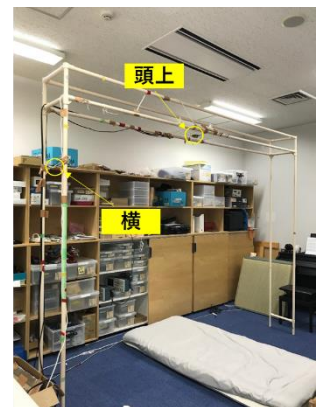


図 4-1 実験環境 1

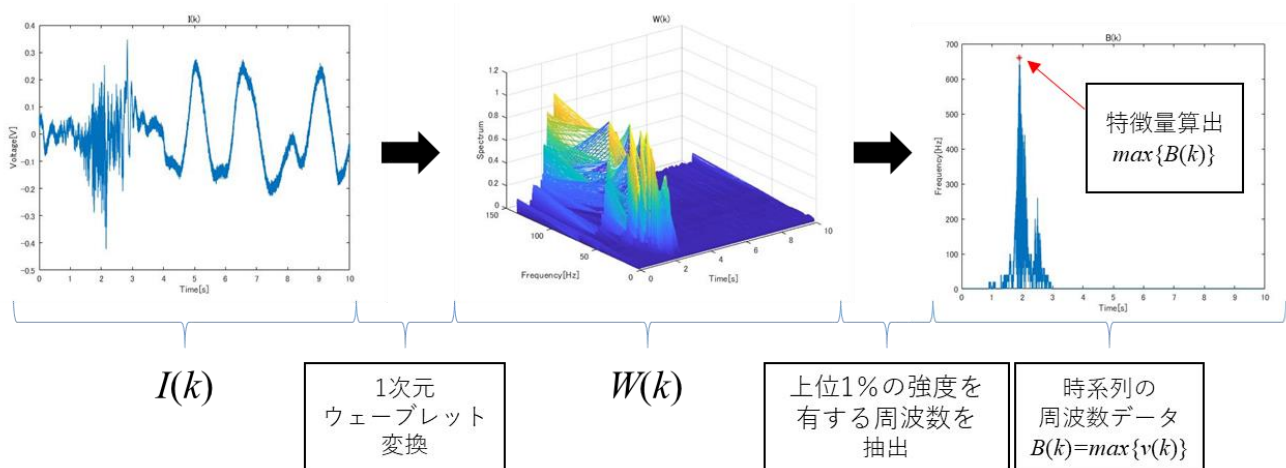
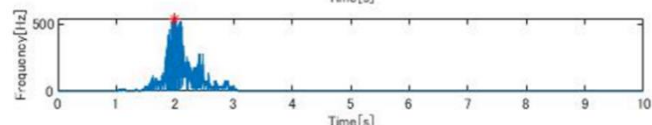
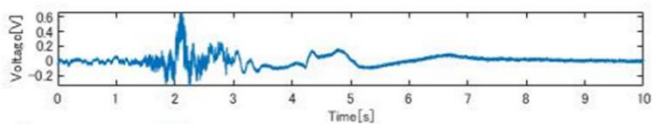


図 4-3 特徴量算出の流れ



頭上



横

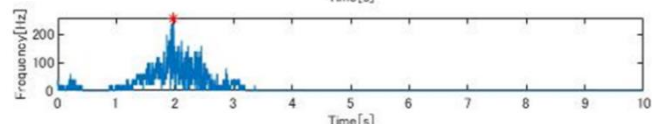
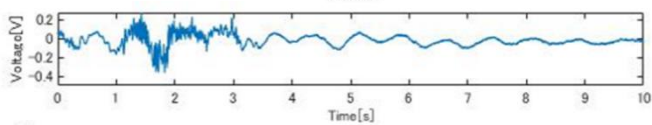
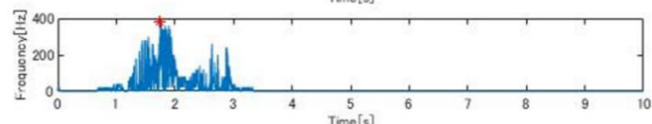
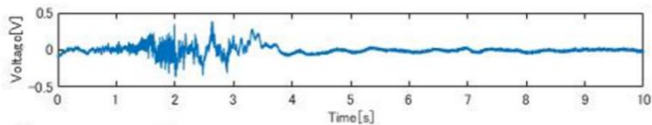


図 4-4 踵き転倒



頭上



横

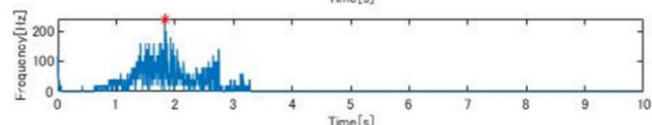
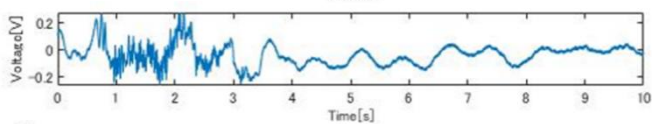
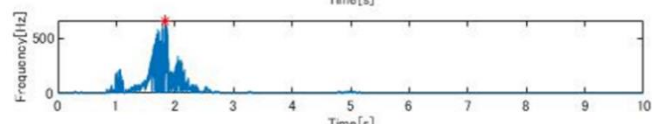
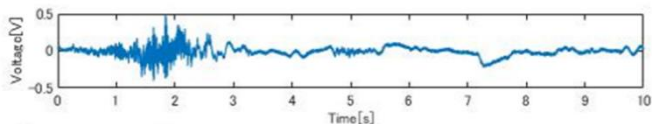


図 4-5 滑り転倒



頭上



横

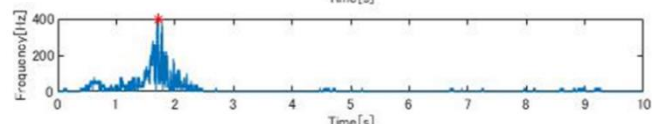
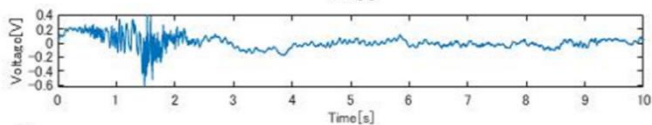
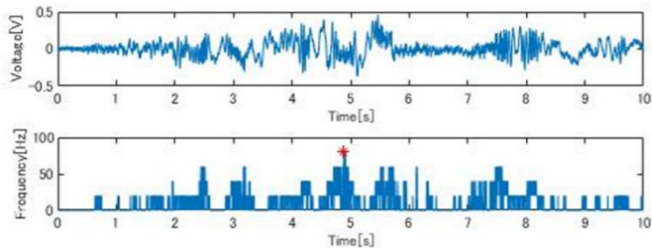


図 4-6 跨ぎ転倒





頭上



横

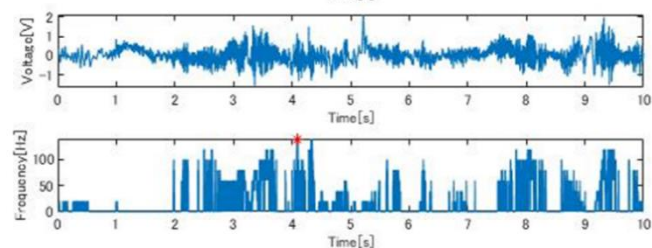
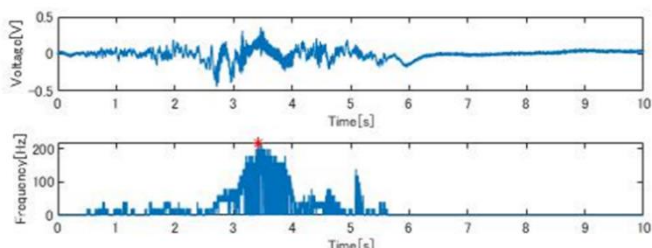


図 4-7 歩行



頭上



横

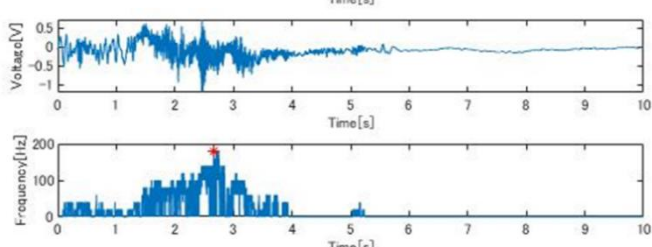
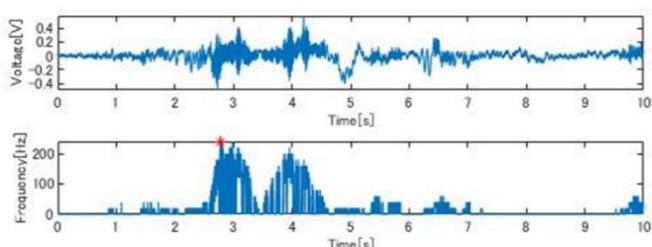


図 4-8 座る



頭上



横

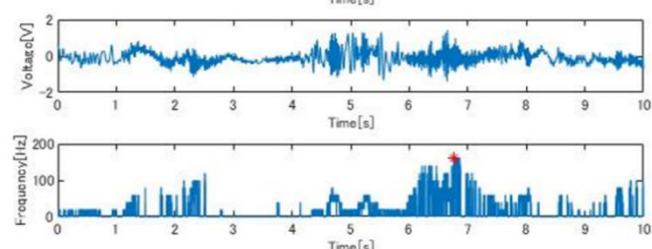


図 4-9 物を拾う

## 4.2 実験条件

20代の男性4名、女性1名を被験者とし、転倒動作として躓き転倒、滑り転倒、跨ぎ転倒を行い、非転倒動作として歩行、座る、物を拾う動作を行った。一人当たり、各動作を5回行い、計30データ(転倒15データ、非転倒15データ)取得した。また、A/Dコンバータ(KEYENCE社, 型名NR-2000)のサンプリング周波数は4kHz、データ点数は40000点とした。

## 4.3 特徴量算出

図4-3に、特徴量算出の流れの一例を示す。また、図4-4~4-9に各動作の様子、取得した生データ、時系列の周波数データを示す。各図において、頭上と横のデータを並べ、それぞれ、1段目がA/D変換後の時系列データ、2段目が時系列の周波数データとなっている。各図の赤い点で示す時系列の周波数データの最大値を特徴量とした。

## 4.4 判別

算出した特徴量をもとに、SVMによって転倒動作の判別を行った。カーネルにはrbfを選択した。全150データからランダムに75データを抽出してモデルを構築し、残りの75データについて判別を行った。また、表4-1と式(2)~(4)で示す正答率、感度、特異度を算出することで、評価を行った。

表 4-1 評価値の概要

判別結果	真の状態		
		転倒	非転倒
	転倒	TP	FP
非転倒	FN	TN	

$$\text{正答率} = (TP+TN)/(TN+FP) \quad \dots (2)$$

$$\text{感度} = TP/(TP+FN) \quad \dots (3)$$

$$\text{特異度} = TN/(TN+FP) \quad \dots (4)$$

## 5. 結果

表5-1、5-2にセンサを被験者の頭上、横に設置した場合の判別結果を示す。また、表5-3、表5-4には、それぞれ表5-1、表5-2に示す判別結果の評価値を示す。さらに、表5-5、表5-6には、同様に行った5回分の判別の評価値、平均値を示す。

表 5-1 判別結果 (頭上)

判別結果	真の状態		
		転倒	非転倒
	転倒	38	1
非転倒	0	36	

表 5-2 判別結果 (横)

判別結果	真の状態		
		転倒	非転倒
	転倒	36	2
非転倒	7	30	

表 5-3 判別精度 (頭上)

正答率	0.987
感度	0.974
特異度	1

表 5-4 判別精度 (横)

正答率	0.88
感度	0.947
特異度	0.811

表 5-5 5回分の判別精度 (頭上)

回	正答率	感度	特異度
1	0.987	0.974	1
2	0.987	0.976	1
3	0.973	0.955	1
4	0.960	0.929	1
5	0.987	0.974	1
平均	0.9788	0.9616	1

表 5-6 5 回分の判別精度 (横)

回	正答率	感度	特異度
1	0.853	0.821	0.872
2	0.827	0.893	0.787
3	0.867	1	0.767
4	0.880	0.917	0.846
5	0.813	0.838	0.789
平均	0.8480	0.8938	0.8122

波ドップラセンサを用いた ADL のモニタリングシステムの開発”. 第 78 回全国大会講演論文集, 2016, 1 号, p.813-814.

## 6. 考察

表 5-5 に示すように、被験者の上部に設置したセンサでは、正答率、感度、特異度、すべての値がほぼ 1 に近い値となり、本研究での条件においては、十分に転倒検知システムとして応用が可能であると考えられる。

一方で、表 5-6 に示すように、被験者の横に設置したセンサでは、評価値はやや低くなり、特に、特異度が低い値を示した。これは、非転倒動作を転倒動作と誤判別したことを示している。

以上より、転倒検知システムにおけるマイクロ波ドップラセンサの設置位置としては、被験者の頭上が適していると考えられる。

## 7. 今後の展望

まず、センサを被験者の頭上に設置した場合については、動作の種類をさらに増やした場合でも高い精度を示すかについて検証する必要があると考えられる。

また、センサを被験者の横に設置した場合については、センサの設置位置が高すぎた可能性があり、高さを調節した上で再度実験を行い、精度の向上を試みる必要があるだろう。

## 参考文献

- [1] 厚生労働省, "平成 28 年版厚生労働白書"., 2016
- [2] 内閣府, "平成 28 年版厚生労働白書". 2016
- [3] Hirokazu Seki, Yoichi Hori, "Detection of Abnormal Action Using Image Sequence for Monitoring System of Aged People". 電気学会論文誌. D, 産業応用部門誌, 2002, 122(2), 182-188 s.
- [4] 猪股史也, 諏訪敬祐, "スマートフォンを利用した転倒検知率向上に関する研究". 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル (16):2015-04.
- [5] Kazuaki Shiba, Takashi Kaburagi, Yosuke Kurihara, "Fall Detection Utilizing Frequency Distribution Trajectory by Microwave Doppler Sensor". IEEE Sensors Journal, 2017, p.7561 - 7568.
- [6] 永沼暁, 大草孝介, "マイクロ波ドップラセンサを用いた転倒動作のモデリングに関する研究-転倒検知システムへの応用-". 日本計算機統計学会大会論文集, 2016, p. 13-16
- [7] 柴和彰, 鍋木崇史, 尾崎研三, 中村卓, 紅林薫, 栗原陽介, "マイクロ