

# マイクロ波ドップラーセンサを用いた 浴室における転倒検知システム

林亮輔<sup>†</sup> 鏑木崇史<sup>†</sup> 栗原陽介<sup>†</sup>

青山学院大学 理工学部 経営システム工学科<sup>†1</sup>

## 1. はじめに

近年の高齢化に伴い、高齢者の不慮の事故の増加が問題となっている。不慮の事故には様々なものがあるが、その中でも転倒事故は交通事故より死亡者数が多く、またその 8 割近くが自宅内で起こっている [1]。特に浴室は段差やお湯、入浴剤によって転倒しやすい場所である。また、冬場の入浴時には居住空間と浴室の温度差からヒートショックによって失神を起こしやすい。

筆者らは、マイクロ波ドップラーセンサから取得した信号をウェーブレット変換し、周波数強度上位  $\alpha\%$  の閾値より高い周波数  $b(k)$  を求め、時刻  $k$  における  $b(k)$  がスカラーだった場合これを  $B(k)$ 、時刻  $k$  における  $b(k)$  が複数個存在する場合には最も大きい周波数を  $B(k)$ 、閾値  $\alpha\%$  を超える周波数が存在しない場合は  $B(k) = 0$  とし、これを繋ぎ合わせた Frequency Distribution Trajectory(FDT) の類似度を比較することで居住空間における転倒を検知している [2]。しかし、この提案手法は居住空間での使用を想定したものであり、浴室ではシャワーや波面等の水にマイクロ波が反射してノイズになる可能性がある。そこで本研究では、マイクロ波ドップラーセンサから取得したデータからシャワーや波面のノイズを除去することで、浴室でも転倒検知を可能にすることが研究目的である。

## 2. 提案手法

本手法では、浴室における  $B(k)$  には対象者の動作だけでなく、シャワーや波面の周波数が存在すると考え、式(2.1)より、 $b(k)$  がシャワーや波面の周波数が表れると推測される  $f_{noise} \text{Hz}$  以下の場合も  $B(k) = 0$  とする。

$$B(k) = 0 \quad \text{if}(b(k) < f_{noise}) \quad (2.1)$$

これが HPF の役割を果たす。また、一般的にウェーブレット変換は端点の値が正確でないことが多い為、式(2.3)より、測開始直後と計測終了直前の  $n$  点ずつも  $B(k) = 0$  とする。

$$B(k) = 0 \quad \text{if}(k = 0, 1, 2, \dots, n, (K-n), (K-(n-1)), \dots, K) \quad (2.2)$$

$k=1$  からサンプリング点数  $K$  までの  $B(k)$  をつなぎ合わせたものを  $E(k)$  とする。そして、 $E(k)$  とテンプレートデータの  $E_i(k)$  との DTW 距離  $D_i$  を式(2.3)より算出する ( $i=1, 2, 3, \dots, T$ )。

$$D_i = DTW(E(k), E_i(k)) \quad (2.3)$$

そして、 $D_i$  が最も小さくなった  $E_i(k)$  が転倒データの場合転倒と判別し、非転倒データの場合非転倒と判別する。

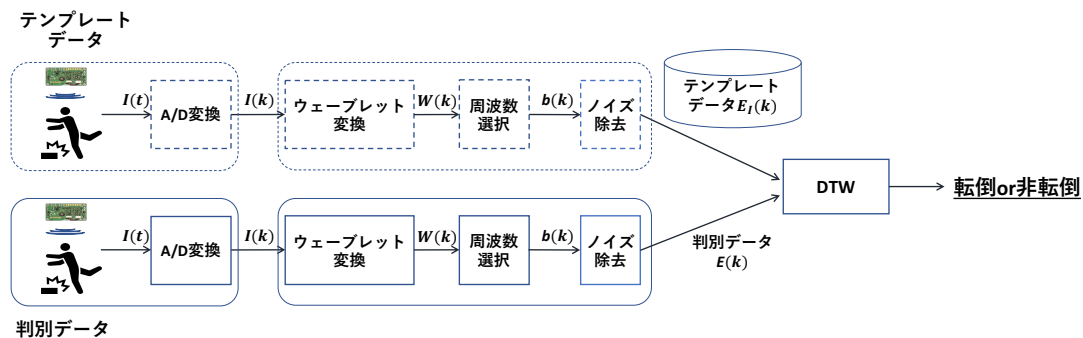


図 1. 提案手法概要

### 3.実験方法

本実験では,マイクロ波ドップラーセンサ (InnoSenT:IPS154)を浴室中央部高さ 195cm の天井に鉛直下向きに設置し, 横幅 110cm 奥行き 155cm の浴室にて実験を行った.センサは防水の為,密閉容器に入れて使用した.

また,本実験では浴室で想定される環境として,3つの条件においてデータを計測した.まず,条件1は,浴室に入っすぐにヒートショック等によって転倒した場合を想定し,浴室に水分がない状態である.そして条件2は,入浴中や,洗い場とバスタブの移動している場合を想定し,バスタブにお湯が張ってある状態である.そして条件3は,シャワーが出ている場合を想定し,バスタブにお湯が張ってあるかつ,シャワーが出ている状態である.条件3におけるシャワーは計測開始から終了まで洗い場に出ているものとする.

計測する動作は浴室で起こりうる動作を想定し,非転倒動作が,物を拾う,しゃがむ,バスタブを跨いで浸かる,体を洗う,の4種類である.物を拾う,しゃがむ,体を洗う動作は洗い場で行なった.転倒動作は,バスタブから出る際に転倒する跨ぎ転倒,滑り転倒,失神,膝から崩れ落ちる,の4種類である.滑り転倒,失神,膝から崩れ落ちる動作は洗い場で行なった.計測回数は各動作5回である.8種類の動作を5回ずつ,3つの条件で行う為,合計で120データを計測した.被験者は20代男性1名であり,計測時間は10秒,サンプリング周波数は4000Hzである.

### 4.実験結果

本研究で提案した手法を浴室で取得したデータに適用した結果を表1,[2]の手法を浴室で取得したデータに適用した結果は表2に示した.

表1. 本提案手法結果

	Accuracy	Sensitivity	Specificity
条件1	97.5%	95.0%	100%
条件2	100%	100%	100%
条件3	92.5%	95.0%	90.0%

表2. [2]提案手法結果

	Accuracy	Sensitivity	Specificity
条件1	87.5%	100%	75.0%
条件2	87.5%	90.0%	85.0%
条件3	82.5%	85.0%	80.0%

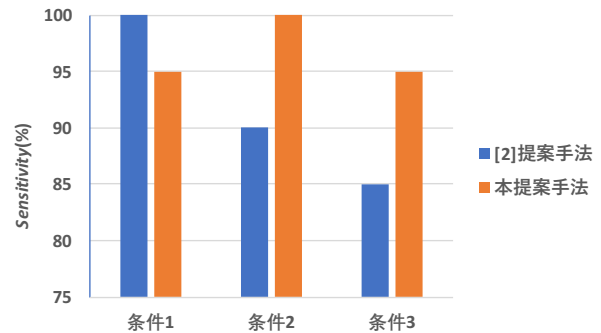


図2. Sensitivity結果

### 5.むすび

実験結果から[2]の提案手法では,条件2においては波面,条件3においては波面とシャワーの影響がある為,条件1よりも条件2,条件2よりも条件3の方がSensitivityが低いことがわかる(図2).しかし,本提案手法を適用した場合,シャワーと波面のノイズを除去している為,シャワーや波面があつたとしても,転倒を高い精度で判別することができた.

今後の展望としては,高齢者体験キット等を装着してデータを取得することで,より信頼性の高い結果を求めていきたい.

### 6.参考文献

- [1]National Consumer Affairs Center of Japan, “医療機関ネットワーク事業からみた家庭内事故-高齢者編-“(2013)
- [2]K.Shiba, T.Kaburagi, Y.Kurihara, “Monitoring Sytem to Detect Fall/Non-Fall Event utilizing Frequency Feature from a Microwave Doppler Sensor”, Artificial Life and Robotics, Vol.23, No.1, pp.152-159(2018)