

短時間フーリエ変換とオートエンコーダを用いた呼吸判別

1. はじめに

近年、独居高齢者の増加や介護現場での人手不足により、見守りシステムの需要が高まっている。そこで、先行研究として Kinect を搭載した移動ロボットが転倒人物に近づき、呼吸推定を行う見守りシステム[1]が提案されている。また、オートエンコーダと一対他分類器を用いて呼吸判別を行う手法[2]も提案されている。しかし、周波数解析にウェーブレット変換を用いており、呼吸波形の画像化に時間がかかることが課題であった。そこで、本研究では周波数解析に短時間フーリエ変換を用いることで処理時間の短縮を図る。

2. 呼吸判別

2.1 呼吸判別の流れ

呼吸判別には、先行研究[2]と同様にまず AzureKinect を用いて人物胸部の距離変動とオプティカルフローを取得する。そして、画像化したデータをオートエンコーダに学習させ、入力画像と出力画像の差から異常度を算出する。最後に、一対他分類器（IsolationForest）を用いて呼吸判別を行う。

2.2 短時間フーリエ変換による周波数解析

本研究では短時間フーリエ変換（STFT）を用いて呼吸判別を行う方法を提案する。一定の長さの窓関数を用いて信号を切り出し、フーリエ変換を行う手法であり、窓関数が一定で単純な処理であるため、処理時間を短縮できる。また、呼吸の周波数は比較的安定しているため、ウェーブレット変換（WT）のように複雑かつ処理時間がかかる手法を使わずとも呼吸波形の特徴を捉えることができると考えられる。

図 1 は正常呼吸波形と背景ノイズ波形に対して画像化を行った例である。それぞれ短時間フーリエ変換とウェーブレット変換により画像化を行った。縦軸は周波数、横軸は時間を表す。短時間フーリエ変換の周波数は人間の呼吸範囲である 0～1Hz とし、デシベル変換を行って対数スケールで表示する。ウェーブレット変換は先行研究[2]と同じ条件で 0.05～1.5Hz の範囲とした。正常呼吸では時間軸上に特徴が明確に現れる一方、背景では正常呼吸とは異なる特徴が現れる。

2.3 オートエンコーダを用いた呼吸判別

正常呼吸、頻呼吸、徐呼吸の画像をそれぞれ別のオートエンコーダで学習させ、入力データがそのクラスかどうかを判別する。なお、距離変動とオプティカルフローでも別のオートエンコーダを用いる。各画像化手法に対し、それぞれ正常呼吸のみ、頻呼吸のみ、徐呼吸のみを学習させた一対他分類器を用意し、呼吸以外を加えた 4 クラス分類を行う。そして、それらの結果を用いて最終的な呼吸判別結果を決定する。

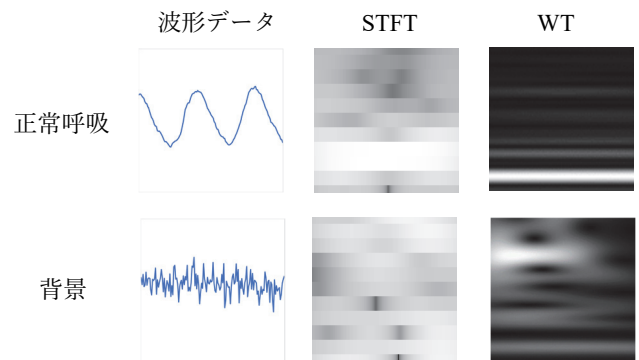


図 1 波形データと画像化の結果

表 1 画像化手法の比較実験結果

画像化手法	正解率	誤検知率
短時間フーリエ変換	99.3%	0.0827%
ウェーブレット変換	98.5%	0.0%

3. 評価実験

提案手法を用いて評価実験を行う。計測方法は静止着座状態、正面向き、距離は 80cm とする。正常呼吸は 3～5 秒、頻呼吸は 1.5～2.5 秒、徐呼吸は 6～8 秒周期とする。各呼吸で学習データを 3 分間、テストデータを 1 分間取得し、画像化手法ごとに精度比較を行った。その結果を表 1 に示す。短時間フーリエ変換の方が正解率はやや高いが、若干の誤検知が見られた。しかし、画像化の処理時間はウェーブレット変換の 6 分の 1 に短縮できた。また、先行研究[2]と同様にリカレンスプロット、グラミアン角場と組み合わせた場合、ウェーブレット変換の正解率は 98.5%、短時間フーリエ変換は 98.8% と大差なく、誤検知率は共に 0.0% であった。

4. おわりに

本研究では、短時間フーリエ変換とオートエンコーダを用いた呼吸判別方法を提案した。ウェーブレット変換と精度は大差ないまま、処理時間を大幅に短縮することができた。今後の課題として、リアルタイム処理を行うにはまだ時間がかかること、別の姿勢（横や後ろ向き、転倒姿勢など）からでも計測できるようにすることなどが挙げられる。

[参考文献]

- [1] J. Satake et al.: Monitoring System Using Ceiling Camera and Mobile Robot, Journal of Robotics and Mechatronics, vol. 35, no. 1, pp. 206-211, 2023
- [2] 関本一輝, 佐竹純二: 複数の画像化手法とオートエンコーダを用いた一対他分類器による呼吸判別方法の提案, 電気・情報関係学会九州連大, 10-2A-02, 2024