



# クロス情報科学研究センター ヘルスケア部門成果報告

---

2026年3月23日

工学部電気情報系学科

中川 匡夫, 笹岡 直人, 櫛田 大輔

# 背景

- 近年、老若男女問わずひとり暮らし世帯が増えており、社会問題化している。
- 見守りシステム・日常的な健康管理システムとして、身体に装着するウェアラブル生体センサは有効であるが、常に体に装着することに対しては忌避感が強い。
- 電波や画像を使い、身に着けずにリモートでバイタルデータを取得するシステムが有効であるが、日常生活でさまざまな動作をしている状況下では推定精度が落ちる。



電波や画像を使いつつ、動いている人物の心拍数、呼吸数検出を可能とする。



# 実施計画

---

- ドップラーレーダによる推定技術(笹岡), Depthカメラによる推定技術(櫛田), 体動ノイズ除去技術(中川)を組み合わせる.
- Depthカメラで全体画像, 位置検出, 広範囲の心拍数, 呼吸数を粗く検出する(粗推定).
- 次に24GHz帯ドップラーレーダで特定領域の心拍数, 呼吸数を検出する(精推定).
- さらに各種信号処理を適用し, ドップラーレーダの体動ノイズを除去し, 動いている人物の心拍数, 呼吸数検出を可能とする.

# 体動ノイズ除去技術進捗（担当：中川）

心電波形：1～1.7Hz

体動ノイズ：0～6Hz



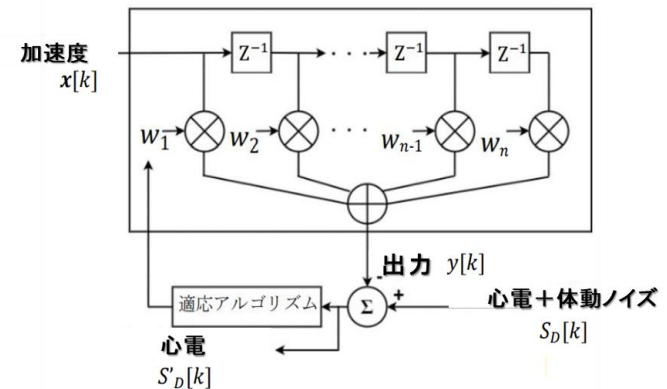
フィルタでの分離はできない。

従来技術：

適応フィルタを用い、体動ノイズと強い相関を持つ加速度信号を参照信号として体動ノイズが重畳された心電波形から差し引く。

ドップラーレーダのように体に装着せずに生体信号を取得する目的では加速度センサを使わないことが望ましい。

## 適応フィルタ



# 体動ノイズ除去技術進捗

加速度信号を用いない体動ノイズ除去の従来技術:

エントロピー・・・信号と雑音の規則性の違いで分離

ウェーブレット変換・・・心電波形に近いマザー関数を用いて分離

経験的モード分解・・・波形に含まれる振動状態で分離

独立成分分析・・・統計的性質(尖度など)で分離



衣服型センサ, ドップラーレーダで日常生活を行うような大きな体動ノイズが重畳される用途では不十分



心電波形は細いパルス状の信号であり高調波が含まれることを利用し, 基本波の抑圧を許容しつつ, 高調波を残すフィルタを設計, 次数やカットオフ周波数を最適化. 基本波を完全になくすと特性は劣化.

さらにカットオフ周波数を雑音の大きさに動的に変化させる構成を提案,

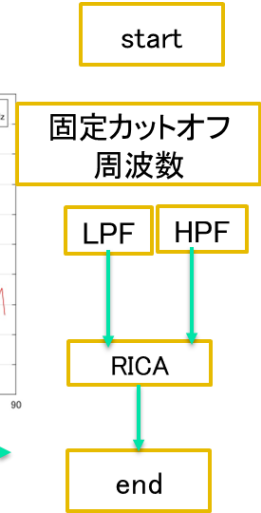
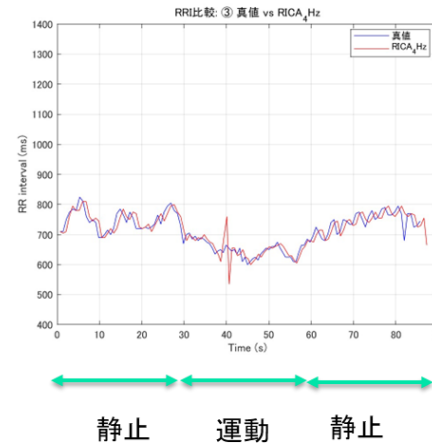
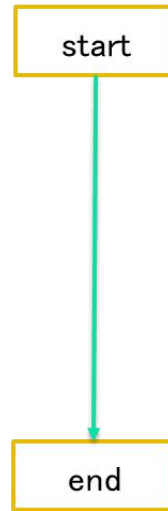
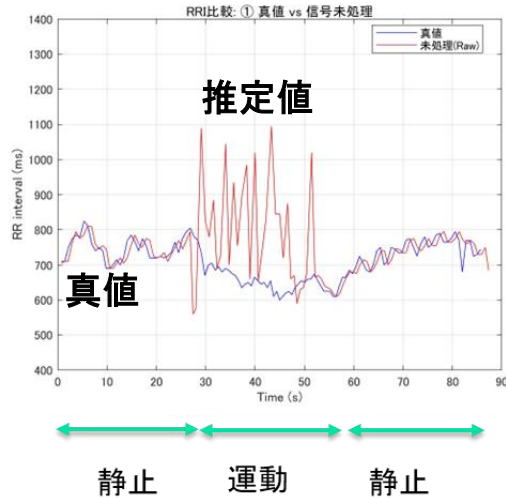
# 衣服型センサに対する各種提案方式の比較

平均絶対誤差率(MAPE)

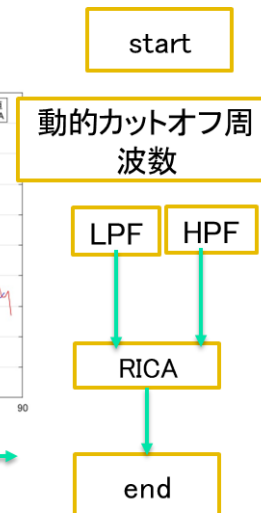
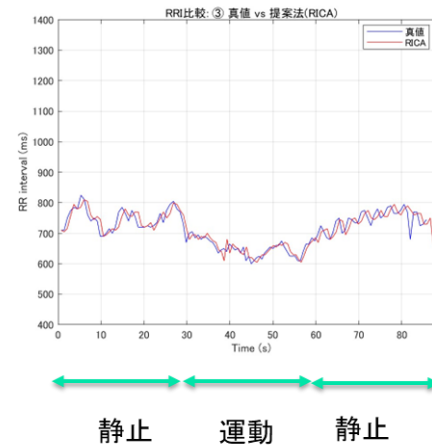
		腕回し	階段昇降
従来 技術	処理なし	8.87%	10.98%
	加速度信号+適応フィルタ	4.48%	5.16%
	HPF+加速度信号+適応フィルタ	2.32%	3.03%
	HPF+エントロピー+適応フィルタ	2.38%	3.01%
提案 技術	HPF+ウェーブレット変換+適応フィルタ	2.37%	3.07%
	HPF+経験的モード分解	2.40%	3.05%
	LPF・HPF+独立成分分析+適応フィルタ	2.48%	3.52%
	動的LPF・HPF+独立成分分析+適応フィルタ	2.31%	3.01%

R7年度 国際会議3件採録, うち1件はBest Student Award受賞  
R7年度~R9年度の科研費基盤研究(C)を助成

# 独立成分分析を用いた体動ノイズ除去 実験結果（RRI間隔推定結果）

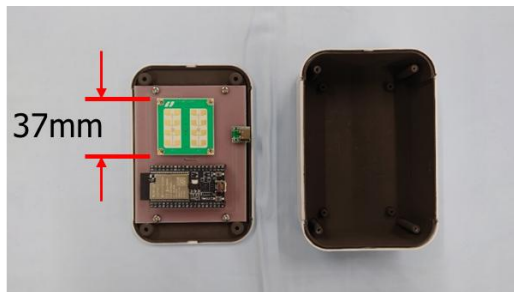


## 提案技術

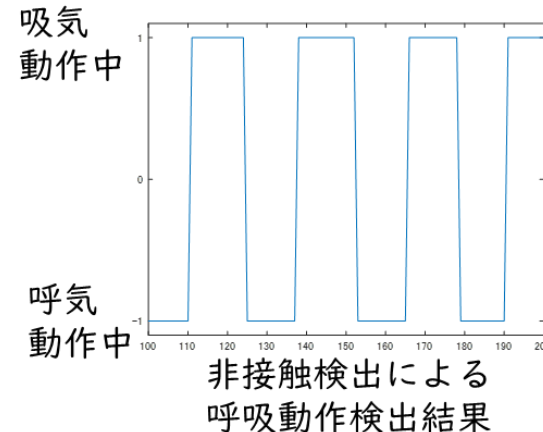
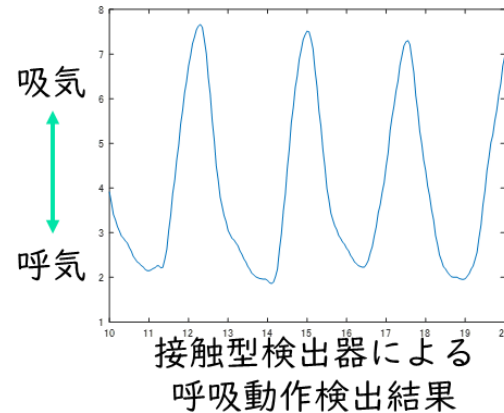


# ドップラーレーダ技術進捗（担当：笹岡）

- 24GHz帯ドップラーレーダを用いて、連続的に呼吸しているときの呼気、吸気切り替えタイミングや、呼気や吸気をした後に意識的に呼吸を止めた場合に動作開始、停止のタイミングが検出できるシステムを実装.
- 特許出願：1件



試作機



# ドップラーレーダ技術：非接触血圧測定

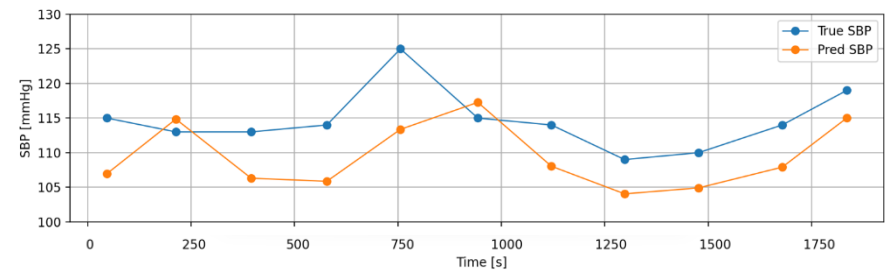
- テレコム先端技術研究支援センター研究助成（R7年度から2年間）

ドップラーレーダによるデータの収集

ANF(Adaptive Notch Filter)を用いて  
ノイズの抑制

楕型フィルタを用いて心拍成分の強調

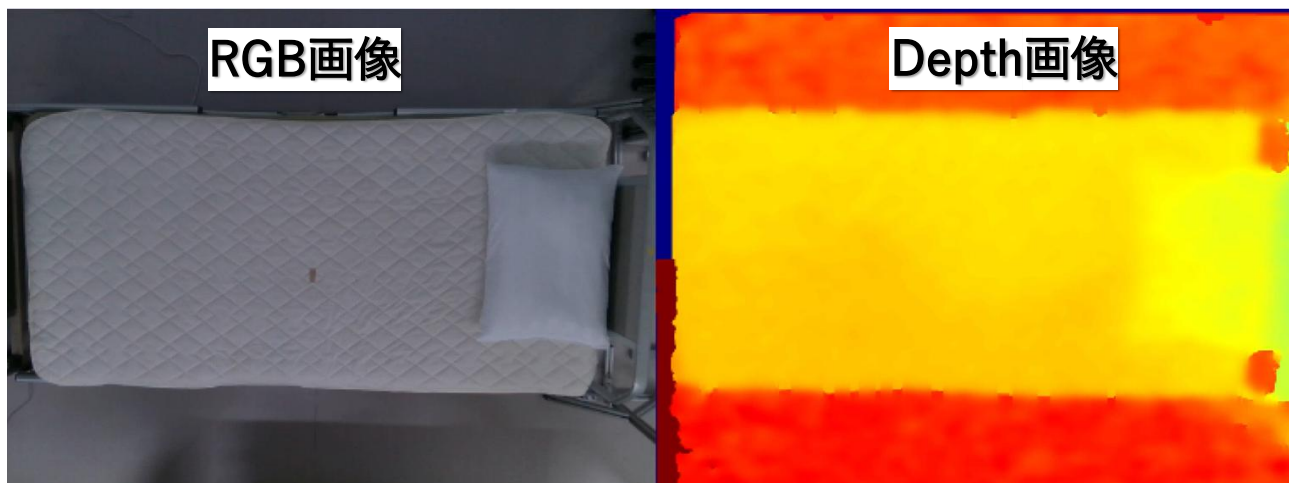
深層学習を用いてSBP（収縮期血圧）・  
DBP（拡張期血圧）を推定



# Depthカメラ技術進捗（担当：櫛田）

## Depthカメラ

- 赤外線による3次元距離測距手法（24時間，暗所でも推定可）
- 距離情報のZ成分を2D平面上で色付けした画像（Depthマップ）



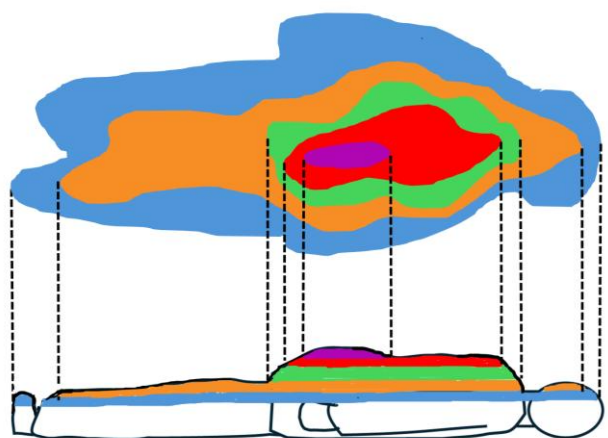
## 目的

- 距離情報の変化に基づいてバイタルセンシングを試みているが，画面内に人物以外の動体が存在する際，人物位置の推定精度に悪影響を与える．そのため，人物の起伏を利用した新たな人物位置推定手法を提案して効果を検証

# 人物以外の動体に影響を受けないDBSCANの導入

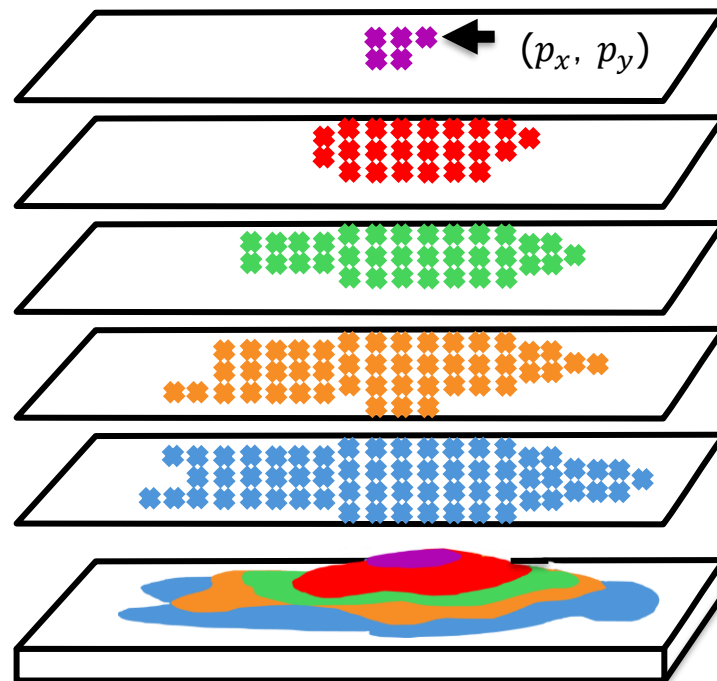
## DBSCAN

### ■ 密集度に基づく分類手法



- = 平均 -  $0.7 \times$  標準偏差
- = 平均 -  $0.6 \times$  標準偏差
- = 平均 -  $0.5 \times$  標準偏差
- = 平均 -  $0.4 \times$  標準偏差
- = 平均 -  $0.3 \times$  標準偏差

レベルごとのDepth値点数を利用して起伏を点密度に換算することでDBSCANによる分類に落とし込む



※ 加えてベッドエッジを検出することでベッド外の情報除外

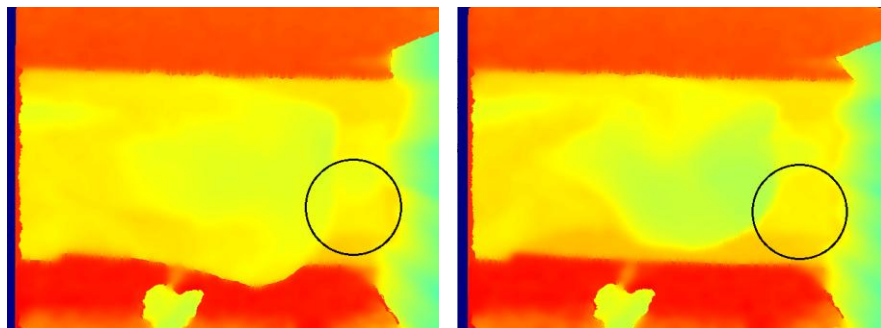
# 実験結果による検証

## 実験結果（真上からの検証）

400秒時点(仰臥位)

2000秒時点(側臥位)

従来手法

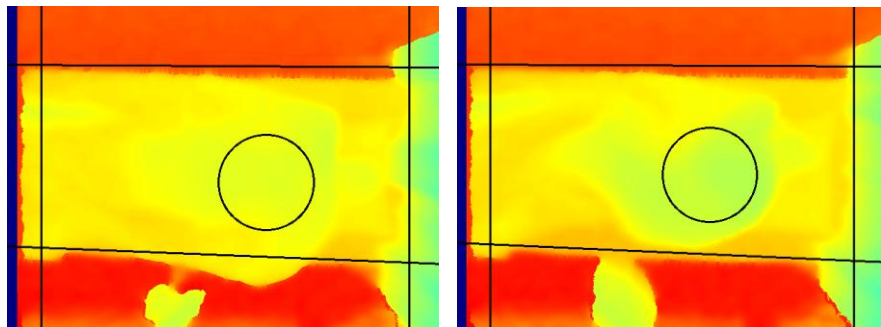


→ 揺れ動くカーテンに人物位置を推定 (Bad!)

400秒時点(仰臥位)

2000秒時点(側臥位)

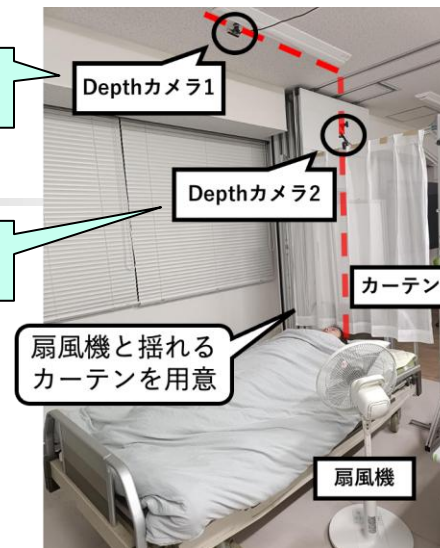
提案手法



→ 正しく人物位置（腹部）を推定 (Good!)

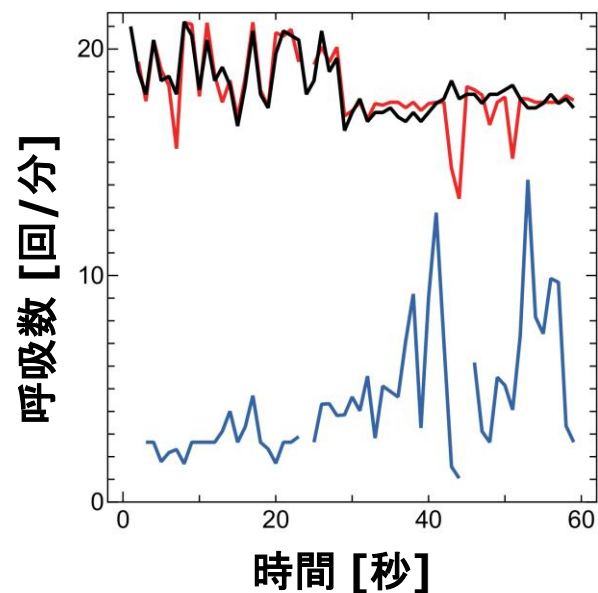
真上からの検証

斜めからの検証



従来手法 —

提案手法 — 真値 —



人物位置の正確な取得により大幅に精度向上 (斜めからの撮影でも同様に大幅な精度向上) 12



# Depthカメラ技術 まとめ

---

- 新規性

- ベッドを対象とするDepthカメラによるバイタル取得において、人物以外の動体の影響を継続的に排除可能
- 従来30秒程度必要であった人物位置推定を1フレーム（1/15秒）で推定できる高速化を実現

- 今後の展望

- 長時間記録による実現性の確認
- 実際の睡眠状態における実験実施
- バイタル以外の睡眠中の体動記録（褥瘡予防など）