

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	Shi Xintong
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 大槻 知明
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 池原 雅章
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(工学) 五十川 麻理子
	副査	Nanjing University of Posts and Telecommunications, Ph.D. Guan Gui	
(論文審査の要旨)			
Bachelor (Engineering), Master (Engineering), Shi Xintong 君提出の学位請求論文は、「Contactless Vital Signal Detection and Activity Recognition via Deep Learning with Radar and Doppler Ultrasound（レーダとドップラー超音波を用いたディープラーニングによる非接触バイタル信号検出と行動認識）」と題し、全6章から構成されている。 近年、高齢化社会の進展や健康志向の高まりを背景に、プライバシーに配慮しながら、快適かつ継続的なヘルスマonitoringを実現するセンシング技術の需要が高まっている。とくに、接触センサが使用困難な場面や、プライバシーが重視される生活空間において、非接触かつ高精度なバイタル信号・行動センシング技術の開発が求められている。 本論文は、このようなニーズに応えるべく、レーダおよびドップラー超音波(DUS)を用いた非接触センシング技術に深層学習を組み合わせることで、バイタル信号検出および人間行動認識に関する高性能かつ実用的な手法を提案している。具体的には、雑音を多く含む疎なセンシングデータから信頼性の高い生理的・行動的情報を抽出する深層学習フレームワークを構築している。 第1章では、非接触センシング技術の背景と動機を説明し、既存技術の課題を明らかにした上で、本研究の貢献を示している。 第2章では、DUS 信号を用いた胎児心拍数 (FHR) 推定のための頑健な推定手法を提案している。短時間フーリエ変換 (STFT) による時間周波数解析、二重自己相関に基づくピークトラッキング、および変分オートエンコーダと自己組織化マップを用いた信号品質評価 (SQA) モジュールを統合することで、ラベル付を必要とせずに高精度な推定を実現している。 第3章では、MIMO FMCW レーダを用いた粗密統合型の心拍数推定手法を提案している。まず、カーブレングス指標によって対象人物位置を特定し、次に畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いて粗い心拍推定値と IQ 信号を入力とすることで、高精度な心拍数推定を実現している。この手法は短時間窓での推定が可能であり、リアルタイムの健康モニタリングに適している。 第4章では、mmWave レーダ点群から人体スケルトンを推定する手法を提案している。空間構造と時間的变化を捉えるため、CNN と双方向長短期記憶ネットワーク (BiLSTM) を組み合わせたハイブリッド構成を採用している。さらに長短期記憶ネットワーク (LSTM) ベースの信頼性評価モジュールによってノイズフレームの抑制を行うことで、ボクセル化を行わずに高い頑健性とリアルタイム性を両立している。 第5章では、上記スケルトン推定を拡張し、姿勢推定と行動認識を同時に行う統一的なフレームワーク mmPoint-Attention を提案している。この手法は、注意機構と Transformer エンコーダブロックを統合し、2つの公開データセットにおいて従来手法よりも高い精度と計算効率を示している。 第6章では、研究の成果を総括し、今後の課題として多人数センシングへの対応、軽量モデルによるエッジ展開、および臨床応用への発展可能性について論じている。 以上より、Shi Xintong 君は、非接触型のバイタル信号・行動センシング分野において深層学習を応用した実用的な検出手法を複数提案し、学術的にも応用的にも大きな貢献を果たしている。よって、Shi Xintong 君は博士 (工学) の学位を授与するにふさわしいと認める。			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および開放環境科学特別研究第2（情報工学専修）科目担当者で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。		