

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	空中超音波を用いた呼吸・心拍の非接触計測に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	干場功太郎
Author(English)	Kotaro Hoshiba
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10140号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:蜂屋 弘之,伊能 教夫,倉林 大輔,黒澤 実,塚越 秀行
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10140号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		干場 功太郎	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	蜂屋 弘之	教授	審査員	塚越 秀行	准教授	
	審査員	伊能 教夫	教授				
		倉林 大輔	教授				
		黒澤 実	准教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「空中超音波を用いた呼吸・心拍の非接触計測に関する研究」と題し、和文全 5 章で構成されている。

第 1 章「序論」では、本研究の背景についてまとめ、研究の動機と目的を述べている。呼吸・心拍などのバイタルサインのモニタリングは、高齢者の健康状態の把握や、医療現場や災害現場での不特定多数の計測需要があり、生活環境下において、無拘束で連続的な計測手法の開発が望まれていることを指摘している。これらの課題に対し、本論文では、安全性が高く、電磁的雑音を発生せずに連続的な測定が可能な、超音波による新たな非接触計測手法の開発を目的とすることを述べている。

第 2 章「音波を用いた体表面微小振動の非接触計測手法の提案と基礎検討」では、超音波を用いた体表面速度の非接触計測手法を提案し、基本的な計測システムを構築している。空中超音波を、生活空間で使用するためには、環境雑音の影響を考慮する必要があるが、提案したシステムでは、パルス圧縮により信号の SN 比を向上させることのできる M 系列変調信号を計測信号として用い、対象に連続的に照射し、高い SN 比で体表面からの反射波を検出できることを示している。また、体表面の呼吸・心拍による振動は mm 程度のわずかな振動振幅であるが、反射信号の位相を追尾することで、波長以下の分解能で伝搬時間差を求め、体表面速度を算出できることを示している。これらの手法を用いた計測システムを実際に構成し、微小速度で運動しているターゲットを用いてモデル実験を行い、空間分解能や計測誤差について検討し、送信信号のキャリア周波数、サンプリング周波数、送受間隔などといった計測パラメータを決定している。また、布による音波の減衰特性を計測し、着衣の影響について評価している。

第 3 章「音波による体表面振動の非接触計測」では、構築した計測システム、処理方法を用い、実際に複数の被験者の呼吸・心拍の計測を試みている。計測は、二つの姿勢、仰臥位と立位、二つの体表面の状態、脱衣状態と着衣状態について試みられている。脱衣の仰臥位の場合、呼吸をしている状態では、体表面の呼吸による振動速度が精度良く計測され、また、呼吸を止めている場合には、心拍による周期的な速度変化を精度良く計測することができ、提案システムが非接触計測手法として有効であることが示されている。呼吸時には、呼吸の振動振幅が大きく、微小な心拍の振動が呼吸の振動に隠されてしまうため、そのままでは心拍信号の確認が困難であったが、呼吸と心拍の周期の違いから、呼吸と心拍の混合している受信信号から、両者を分離するための帯域フィルタを設計し、実際に計測された表面振動信号に対し適用したところ、両者が良好に分離できることが示されている。さらに、衣服による影響について考察するため、着衣の仰臥位での計測が試みられている。着衣状態では、衣服の表面の凹凸などにより音波が複雑な反射をし、脱衣状態に比べ、複数の反射波が混在しており、そのため、位相追尾などの信号検出を行う時刻が重要であると指摘している。これらの信号検出を適切に行うと、着衣状態でも、呼吸、心拍を計測できることが示されている。さらに、立位での計測が試みられている。立位での計測では、計測される速度の中に、呼吸・心拍による成分に加え、体動による成分が多く含まれているため、呼吸・心拍の計測はさらに難しくなり、単一の測定点では、呼吸、心拍を計測できない場合があることが示されている。

第 4 章「体表面の振動分布の非接触計測」では、複数の計測点で得られた反射波を用い、体表面の振動分布の計測が試みられている。体表面の振動分布を得ることで、単一の測定点では計測の難しい着衣の立位状態でも計測が可能になることが期待される。複数の受信データを合成する合成開口法によって、呼吸による速度分布を作成することを試みられ、3D スキャナを用いた計測結果と比較したところ、同様の傾向を持った体表面の速度分布を得たことが述べられている。本論文のシステムでは、時刻の異なる複数の受波データの合成であったが、複数送受波器を用いた同時計測が実現すれば、心拍分布についても、音波による非接触計測により計測できる可能性が示された。

第 5 章「結論」では、本論文の内容を総括するとともに、今後の課題を記している。

以上を要するに、本論文は、音波による呼吸・心拍の非接触計測手法を提案し、シミュレーションと実験による基礎検討を行い、その結果から、呼吸・心拍の非接触計測システムを構築し有効性を示したもので、工学的・工業的に貢献するところ大である。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。