

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：33908

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12717

研究課題名（和文）ドップラーセンサを用いた新生児の呼吸・心拍測定法の研究開発

研究課題名（英文）A Study of Neonatal Respiration and Heartbeat Measuring Method Using Doppler Sensor

研究代表者

上林 真司 (Uebayashi, Shinji)

中京大学・工学部・教授

研究者番号：60555415

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000 円

研究成果の概要（和文）：ドップラーセンサを使い、人の呼吸と心拍を遠隔で高精度測定する方法を研究開発した。テンプレートマッチング法、弦射影復調法を開発し、ベッドに寝ている被検者のように変動振幅が1mm以下の場合、24GHzドップラーセンサで、瞬時RRIを、RMSE 5%以下で測定できることを確認した。また、STRRを用いたセンサダイバーシチ法を開発し、複数（最大5個）のセンサを使い、被検者がベッド内で前後左右に移動しても安定な測定が可能であることを確認した。新生児は、心拍が弱いため、瞬時RRIの測定は安定しないが、10秒間平均RRIは測定誤差5%以下で測定できることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

時間波形のような1次元データの信号処理技術として、測定信号からテンプレート波形を生成しテンプレートマッチングを行う、事前データ不要のテンプレートマッチング法、テンプレートマッチング波形の信頼性パラメータとなるSTRR(Signal to Template Residual Ratio)を用いたダイバーシチ受信法を提案した。ドップラーセンサを用いた呼吸・心拍測定法は古くから研究されているが、未だに本格的な実用化ができていない。これは、被検者の体動及び外乱の影響の除去が難しいためである。本研究で開発した技術の採用により、体動や外乱にロバストな呼吸・心拍測定が可能になり、実用化の道筋を示した。

研究成果の概要（英文）：A noncontact respiration and heart beat measurement method has been researched and developed using doppler sensor. Template matching method and Chord projection demodulation method have been developed, the experiments demonstrated that the RMSE of instantaneous RRI is less than 5% in case that an adult is lying on the bed and the amplitude of the vibration of skin caused by respiration and heart beat is less than 1mm when using 24 GHz doppler sensor. The sensor diversity method using STRR (Signal to Template Residual Ratio) has been developed. Stable measurement is possible even when the subject moves front, rear, left and right, using multiple (maximum 5) sensors by STRR diversity method. In case of a newborn baby, the measurement of instantaneous RRI is difficult because the heart beat amplitude is too small and the body movement is large. But the error rate of 10 seconds average RRI is less than 5%.

研究分野：電波応用技術

キーワード：呼吸測定 心拍測定 ドップラーセンサ 新生児 成人 テンプレートマッチング

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ドップラーセンサを用いた呼吸心拍測定の研究は、最近盛んに行われている。その主たる研究ターゲットは、呼吸の影響を除去して心拍を検出する技術の開発である。心拍による胸壁の振幅は 0.5mm 程度であり、呼吸による振幅(4~12mm)の 1/10 程度である。更に心拍間隔、呼吸間隔は共に、1 周期毎にわずかに変動するため、呼吸と心拍が混在する信号波形から心拍のみを抽出して精度良く測定することは容易ではない。

ドップラーセンサを用いた心拍測定の最も基本的な方法は、バンドパスフィルタ(BPF: Band Pass Filter)により、呼吸成分(0.2~1Hz)を除去し、心拍成分(0.8~3Hz)を取り出す方法である。しかし、上述の通り心拍信号の振幅は呼吸信号の 1/10 以下であり、また呼吸波形の高調波成分は BPF で除去できないため、BPF のみで呼吸の影響を完全に除去することは困難である。

周波数成分に変換して心拍数を算出する方法も検討されており、基本的な FFT (Fast Fourier Transform) を用いる方法以外に、ウェーブレット変換を用いる方法、スペクトログラムを用いる方法などが提案されている。これらの方法はいずれも、呼吸と心拍の周波数の違いを前提としているが、呼吸の高調波成分は心拍と重なるため、十分な測定精度を得ることは難しい。

ドップラーセンサ出力の時間波形から直接、心拍を算出する方法としてテンプレートマッチング法が提案されている。これは、周波数変換を用いないため安定した測定が可能だが、従来のテンプレートマッチング法は、専門家が事前にテンプレート波形を作成する準備作業が必要であった。

また、いずれの方法も、決まった位置に座った安静な状態での測定が基本であり、タイピングなど軽微な体動を考慮した検討もあるが、周囲の外乱の影響や、体位が変わり照射位置が変化した場合の検討例は見当たらない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、一般化して言えば「反射波から反射体の速度ベクトルを導出し、その時間変動波形の特徴量を高精度に抽出する方法を研究開発すること」である。

具体的には、

- ・ 新生児が仰臥、横臥、伏臥の状態に関わらず(体位の影響除去)、
- ・ 周囲の医師、看護師、医療機器の動きの影響を受けず(外乱の影響除去)、
- ・ 痙攣や泣いているときを含め、体動があるときも(体動の影響除去)、

安定した高精度な呼吸・心拍測定の実現を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究は、具体的には 3 つの目標(体位、外乱、体動の影響の除去)があるが、いずれも、理論検討、成人実験、新生児実験の順に進める。

研究代表者は電波工学の研究者であり、全体計画の立案、個別の技術の理論検討及び成人実験を行う。研究分担者は NICU の臨床医であり、新生児実験を主導すると共に、全体計画に対するアドバイス、理論検討結果、実験結果に対する評価を行う。

理論検討は、解析的検討、計算機シミュレーションにより予備的検討を行い、実験結果に基づく解析により、測定法を確立する。

成人実験は、中京大学において学生を募集して被験者として実験を行う。既に、中京大学の倫理審査委員会より承認を得て、基本的な実験を開始している。

新生児実験は、名古屋大学医学部付属病院 NICU において実施の予定であり、現在倫理審査の準備を進めている。

3 つの目標(体位、外乱、体動の影響の除去)のいずれに対しても、心電計を用いた測定値との誤差

5%以下を目標とする。体位の影響の除去では、通常想定される全ての体位において目標値を達成する。外乱の影響の除去では、通常の人動きの環境下で、常時目標値を達成する。体動の影響の除去では、通常の新児の動きであれば、常時目標値を達成することを目指す。

初年度は体位の影響除去、2年目は外乱の影響除去、3年目は体動の影響除去に注力するが、体動の影響除去のための、解析的アプローチ(3次元速度ベクトルの抽出)、及び機械学習の基礎検討は初年度からスタートする。

今回は、初めての挑戦であり、100%の達成ができなかった場合は、問題点を抽出し、解決法を明確にする。

#### 4. 研究成果

ドップラーセンサを使い、人の呼吸と心拍を遠隔で高精度測定する方法を研究開発した。テンプレートマッチング法、弦射影復調法を開発し、ベッドに寝ている被検者のように変動振幅が1mm以下の場合は、24GHzのドップラーセンサで、RRI(R-R Interval)の瞬時変動を、RMSE(Root Mean Square Error)5%以下で測定できることを確認した。また、STRR(Signal to Template Residual Ratio)を用いたセンサダイバーシチ法を開発し、複数(最大5個)のセンサを使い、被検者がベッド内で前後左右に移動しても安定な測定が可能であることを確認した。新生児は、心拍が弱く体動が大きいため、瞬時RRIの測定は安定しないが、10秒間平均RRIは、測定誤差5%以下で測定できることを確認した。

時間波形のような1次元データの信号処理技術として、測定信号からテンプレート波形を生成しテンプレートマッチングを行う、事前データ不要のテンプレートマッチング法、テンプレートマッチング波形の信頼性パラメータとなるSTRR(Signal to Template Residual Ratio)を用いたダイバーシチ受信法を提案した。

ドップラーセンサを用いた呼吸・心拍測定法は古くから研究されているが、未だに本格的な実用化ができていない。これは、被検者の体動及び外乱の影響の除去が難しいためである。本研究で開発した技術の採用により、体動や外乱にロバストな呼吸・心拍測定が可能になり、実用化の道筋を示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 伊藤大輝, 岩口侑斗, 助田洸也, 高橋拓也, 中村峻雅, 上林眞司
2. 発表標題 ドップラーセンサを用いた呼吸・心拍測定における信号品質評価基準の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丹羽希輔, 上林眞司, 田中龍一, 佐藤義朗
2. 発表標題 ドップラーセンサを用いた新生児の呼吸。心拍測定におけるDCオフセット除去方法に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐藤 義朗  (Sato Yoshiaki)  (30435862)	名古屋大学・医学部附属病院・病院准教授    (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------