

＜研究課題＞ 独居や寝たきり高齢者のための非接触・無拘束・着衣下での見守りシステムの高性能化と実証研究

代表研究者 九州大学 キャンパスライフ・健康支援センター 教授 丸山 徹
 共同研究者 九州大学医学研究院 加齢病態修復学講座 助教 稗田 道成
 九州大学 グローバルイノベーションセンター 名誉教授 間瀬 淳

【まとめ】 高齢者見守り機器としてのマイクロ波反射計の社会実装にはまだいくつかの課題があり、それらは要素技術、最適化技術、システム設計や適用技術に分けられる。本研究ではマイクロ波センサーという要素のモジュール化を行い、信号処理の高速化とPC解析容量とのバランスでの最適化を行った。今後の社会実装には加えて、アンテナ技術という要素の改善や通信システムとのインターフェイスの問題を克服していく必要がある。

1. 研究の目的

本研究の目的は以下の2点である。

- 1-1 非接触・無拘束かつ着衣下の状態でプライバシーに配慮しつつ心拍を精度よく検知すること。
- 1-2 この心拍モニタリングを長時間化およびリアルタイム化すること。

2. 研究方法と経過

2-1 マイクロ波センサーのモジュール化

われわれは、当初周波数 10 GHz の反射計システムを用いていた。しかし電波法では、生体センサー等を目的としたレーダ(移動体検知センサ)に割り当てられた周波数帯域があり、屋外使用も可能な 24.05-24.25 GHz の周波数帯域では安価な製品があるためこれを用いることにした(図1)。

2-2 システム全体の高性能化

マイクロ波反射計信号からピーク成分(ピーク間隔)を精度よく導出することは極めて困難である。マイクロ波の反射波信号を加算平均することで心拍動や動脈拍動に対応するテンプレート信号を作成することができる。このテンプレート信号を実際の反射波信号上でスキャンさせながら相互相関係数を算出すると相互相関係数のピーク値が心臓の拍動に対応する(図2)。

本研究では、①このテンプレート作成のための反射波信号の取り込み速度と加算平均処理速度、②テンプレートのスキャン速度、③相互相関処理速度を高速化した。

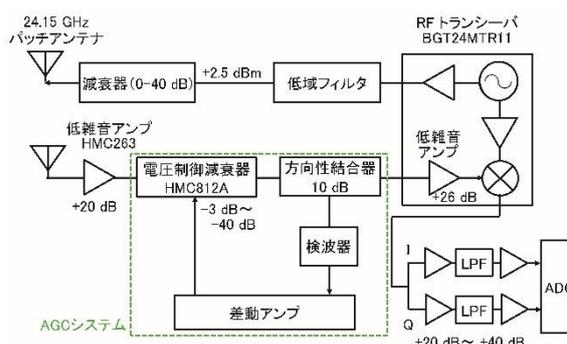


図1. マイクロ波反射計の回路図。

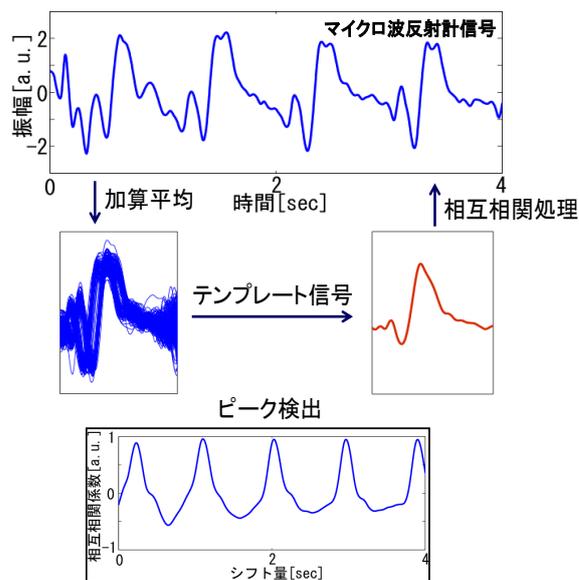


図2. テンプレートマッチングの実際

3. 研究の成果

3-1 マイクロ波センサーのモジュール化

先述の 24.05-24.25 GHz の周波数帯域における製品を用いることによってセンサー全体をモジュール化することができた。

3-2 システム全体の高性能化

本研究ではこのテンプレート作成のための加算平均処理、テンプレートのスキャン、相互相関処理を高速化することで心拍モニタリングをほぼリアルタイム化することができた。

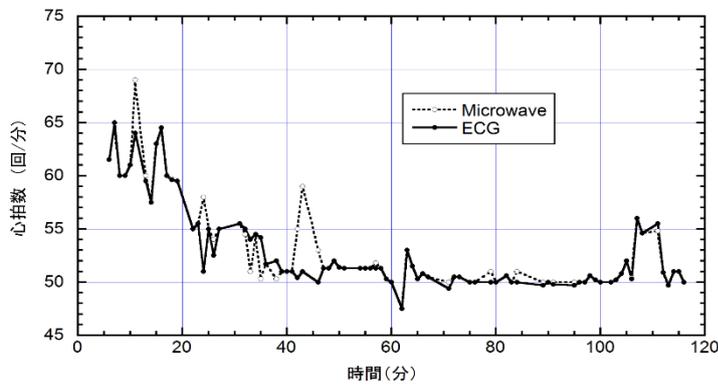
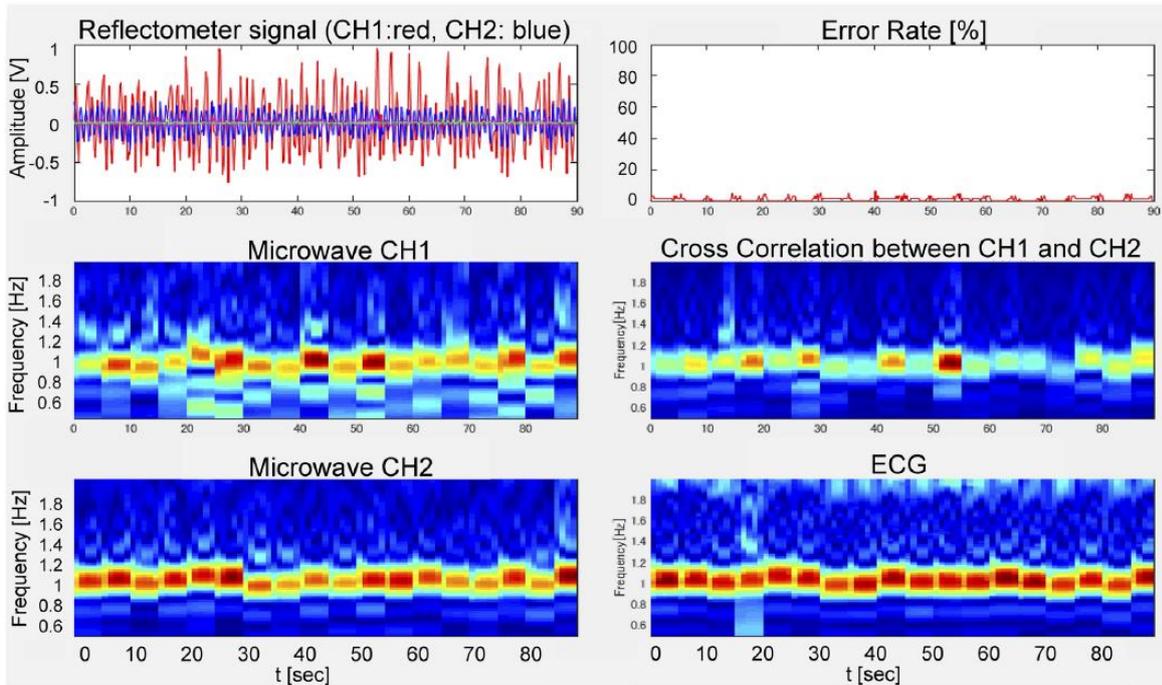


図3 (左) . 夜間就寝中のマイクロ波と心電計による心拍数変化の比較. マイクロ波による心拍数 (点線) は心電計による心拍数 (実線) とほぼ一致する (相関係数 0.97).

図4 (下) . 心拍モニタリングのウェーブレット解析. マイクロ波は二つのシステムで記録し (CH1, CH2) 相互相関処理した. 心電図を基準としたマイクロ波の心拍数評価のエラーレートは数%以下である (文献 2 より引用).



具体的には、データ収集をサンプリング時間 1 msec、分解能を 16 ビットで行うこととした。30-60sec 間の解析でシフト時間を 4sec とすると、30-60 秒分のデータ量をデータロガーから PC に転送した後に解析し、それを 4 秒毎に時間をシフトしながら表示することになり、心拍同定と解析をほぼリアルタイム化することができた。これにより一晩の心拍モニタリングは心電図モニターと遜色ないまでに改善され (図 3)、ウェーブレット解析でも同様であった (図 4)。

4. 今後の課題

現在の通信データ量は 3 MB/min と比較的大きいが、それでも 64 GB の USB で 20000 分は収集可能である。今後はより長時間のバイタルモニタリングを可能とするメモリー容量の増大に対応するシステムの構築を目指す予

定である。

5. 研究成果の公表方法

現段階でのマイクロ波反射計のバイタルモニタリング機器、とりわけ高齢者見守りシステムの実用化までの橋渡し研究の今年度の研究成果を引用の文献に示す。

文献

1. Mase A, Kogi Y, Maruyama T, et al. Non-contact and non-invasive driver's monitor using microwave reflectometer. Prog Electromagnet Res 2020; 90: 81-88.
2. Mase A, Kogi Y, Maruyama T, et al. Non-contact and real time measurement of heartr rate and heart rate variability using microwave reflectometry. Rev Sci Instrum 2020; 91: 014704 doi: 10.1063/1.5128959