

# 超広帯域レーダによる人体遠隔計測技術

○阪本 卓也

兵庫県立大学 大学院工学研究科 電子情報工学専攻

京都大学 大学院情報学研究科 通信情報システム専攻

t-sakamo@i.kyoto-u.ac.jp

## 1. はじめに

米国 Apple 社のアップルウォッチ等に代表されるウェアラブルデバイスによる生体情報の測定に注目が集まっている。また、距離カメラによる人体の 3 次元測定も広く普及し、多くの応用が期待されている。一方、レーダなどの電波による人体の計測では、非接触であるため装着の不快感が無く、カメラを用いないためにプライバシーに関する問題を回避でき、さらに壁や衣服などを透過して皮膚表面を直接測定できるといった特長を有する。本発表ではレーダによる人体の 3 次元形状・運動の測定や呼吸・心拍といった生体情報の遠隔測定などの取り組みを広く紹介する。

## 2. 高速レーダイメージング技術

現在、空港保安検査場などで広く用いられている代表的なボディスキャナ装置は 24~30GHz 帯のミリ波を用いたアレイレダによるイメージングを行い、衣服内に隠し持った不審物等を自動検出することができる。こうしたシステムでは周波数領域で波動場の平面波展開によりイメージングを実現する周波数 - 波数( $f-k$ )マイグレーションが用いられ、高速フーリエ変換を用いることで高速な処理が実現されている。

従来技術の処理速度を大幅に上回る処理を実現するため、我々は受信信号の波形情報ではなく、反射波の遅延時間のみを用いたイメージング手法を開発してきた[1]。この手法では、遅延時間と目標形状の間の一対一の関係で成り立つ逆境界散乱変換を用いて高速かつ高分解能のイメージングが実現される。波形情報を除去するため、大幅なデータ量の圧縮が可能であり、しかもフーリエ変換などの波形情報の処理が不要であるために高速な処理が可能になる。

開発技術の性能検証を行うため、人体模型を用いてレーダ測定を行い、人体形状イメージング性能を詳細に検討した。開発技術により明瞭な 3 次元画像が生成されると同時に、従来手法の約 100 倍の高速なイメージングが実現されることを示した。開発手法の高速処理により対象者が運動中であってもイメージングが実現されることも明らかになった。

## 3. 生体情報の遠隔・高精度測定技術

上述のとおり、マイクロ波やミリ波を用いて人体を測定すると衣服を透過するため、皮膚表面からの反射波を直接受信することができる。人体の上体の皮膚表面では呼吸および心拍により、それぞれ 1~50 mm および 0.05~1 mm の変位が見られる。これらの変位をレーダの反射波の位相変化として測定することにより、遠隔で生体情報の測定が可能である。心拍の測定の場合、100 ミクロン程度の微小な変位を測定する必要があるため、高精度の測定が必要となる。

こうしたアプリケーションでは、長時間の平均心拍ではなく、瞬時心拍の測定が各種疾患やストレスと関連することが知られており、高精度な瞬時心拍測定技術が求められてきた。過去の研究では、受信信号を単にフーリエ変換して平均的な心拍数を求めたり、皮膚表面変位波形のテンプレートを用いたりする手法があったが、いずれも十分な精度が達成されていなかった。特に、レーダにより測定される心拍情報は、従来の心電計で測定されてきた心臓の電気的活動ではなく、機械的活動に対応するため、波形再現性に乏しく、テンプレート波形により方法は多くの場合に精度劣化の原因となる。

我々は上記の問題を解決すべく、波形情報ではなく波形の持つトポロジーを用いた高精度心拍測定技術であるトポロジー法を開発した[2]。同手法では心拍による皮膚表面の変位波形は再現性が低い一方、短時間においては波形トポロジーが不変となる性質を利用し、波形を複素平面上の 6 個の状態の状態遷移で表現することで波形の再現性を自動識別することに成功した。この手法により、隣接心拍間の時間間隔を平均誤差 10 ms 未満で遠隔測定データから得ることに成功した。

## 文献

[1] T. Sakamoto, *et al.*, *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.* vol. 52, no. 2, pp. 658-670, 2016.

[2] T. Sakamoto, *et al.*, *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 63, no. 4, pp. 747-757, 2016.