

79 GHz 帯ミリ波超広帯域アレーレーダとクラスタリング手法を併用した多人数の呼吸非接触計測

Noncontact Measurement of Respiration of Multiple People Using 79-GHz Millimeter-Wave Ultra-Wideband Array Radar and Clustering Algorithm

香田 隆斗¹
Takato Koda

阪本 卓也¹
Takuya Sakamoto

奥村 成皓²
Shigeaki Okumura

瀧 宏文²
Hirofumi Taki

京都大学 大学院工学研究科¹
Grad. School of Engineering, Kyoto University

株式会社マリ²
MaRI Co., Ltd.

1 はじめに

わが国の少子高齢化は加速しており、その対策は喫緊の課題である。特に、共働きの家庭が増える中、安心して仕事と子育てが両立できる環境を整備する必要がある。我々は、これまでミリ波レーダを用いた乳幼児の非接触見守りセンサを開発してきた [1]。本研究では多人数の乳幼児の呼吸を同時に非接触計測する見守りシステムを提案する。提案手法では、超広帯域アレーレーダの信号からレーダ画像を生成し、さらにクラスタリング手法を適用することで、多数の対象者の呼吸を同時計測できることを実験により実証する。

2 ミリ波レーダによる多人数の呼吸計測

本研究では中心周波数 79 GHz、99% 占有帯域幅 3.9 GHz の超広帯域ミリ波帯周波数変調連続波 (FMCW) レーダを使用する。レーダのサンプル間隔は 100 ms である。距離分解能は 43 mm である。使用するアンテナは送信 3 素子、受信 4 素子の多入力多出力 (MIMO) アレーであり、送信アレーと受信アレーはそれぞれ素子間隔 2 波長および半波長の等間隔リニアアレーで、計 12 チャンネルの信号が得られる。各素子のエレメントパターンのビーム幅は E 面、H 面でそれぞれ $\pm 4^\circ$ および $\pm 35^\circ$ である。

被験者 7 人を 120 秒間、レーダ計測した。被験者全員が測定中に安静に着座し、自然に呼吸をしていた。被験者らはベルト型の呼吸計を胸部に装着しており、呼吸計測の精度評価に用いた。レーダ測定により得られた 12 チャンネルの複素信号に対してレンジ FFT と角度 FFT を適用し、距離 r および方位角 θ の関数として複素レーダ画像 $I_c(t, r, \theta)$ を得る。各時刻の複素レーダ画像の強度 $(1/T_0) \int_{t-T_0}^t |I_c(t', r, \theta)|^2 dt'$ にクラスタリングアルゴリズムの一種である X-means [2] を適用し、クラスター数とそれぞれのクラスターの代表点の位置を得る。複素レーダ画像から、推定されたクラスター代表点の位置における時系列を得る。時系列からトレンド成分や雑音成分を除去し、呼吸成分を抽出して呼吸間隔を求める。

3 クラスタリング処理の適用と呼吸計測

図 1 に実験の様子と被験者の座る椅子のおおよその位置をそれぞれ示す。被験者らは 1 m の間隔でレーダに正対して着座している。レーダと各椅子の距離は、最短のもので 1.4 m、最遠のもので 3.2 m 程度である。図 2 に

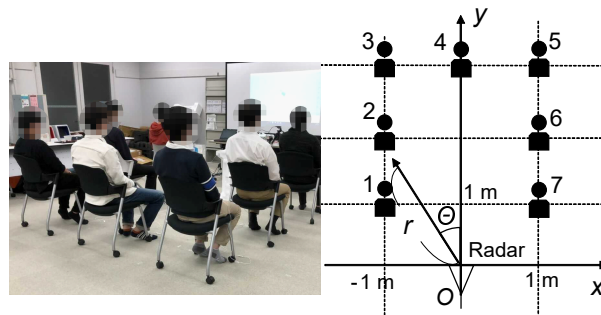


図 1 レーダ測定の様子と実際の対象者の位置

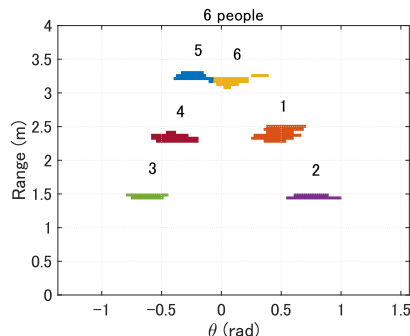


図 2 クラスタリングにより推定された対象者の位置

極座標 r - θ 平面におけるクラスタリング処理の出力を示す。同図より、対象者の人数と位置が 1 人を除いて正しく推定されていることがわかる。レーダ信号に提案法を適用して推定された呼吸間隔をベルト型呼吸計の値と比較した結果、検出された 6 人の被験者について、平均の rms 誤差は 257 ms となり、高精度な呼吸計測が実現された。今後、クラスタリング処理の改善により、全ての被験者からの反射波を正しく分離識別できるシステムへと改良を進める予定である。

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会科研費 19H02155, JST さきがけ JPMJPR1873, JST COI JPMJCE1307 の助成により実施された。

参考文献

- [1] T. Sakamoto, S. Mitani, and T. Sato, *IEICE Trans. Commun.*, Apr. 2021 (in press).
- [2] D. Pelleg and A. W. Moore, *Proc. 17th Intl. Conf. ML*, pp. 727–734, 2000.