

# 超広帯域マルチレーダの強度・位相情報の統合による歩行人体軌跡の高精度推定

Accurate estimation of trajectory by combining intensity and phase information using ultra-wideband multi-radars

伊藤薫<sup>1</sup>  
Kaoru Ito

阪本卓也<sup>2</sup>  
Takuya Sakamoto

兵庫県立大学 工学部<sup>1</sup>  
School of Engineering, University of Hyogo

兵庫県立大学大学院 工学研究科<sup>2</sup>  
Graduate School of Engineering, University of Hyogo

## 1 はじめに

超広帯域レーダは距離分解能が高く、映像残置などのプライバシーに関する懸念も小さいため、在宅医療などでの応用が期待されている。近年では、複数の干渉計を用いた歩行者の運動・形状測定法が提案されている [1] が、各々のレーダシステムに複数の受信チャンネルが必要であることからシステムの複雑化が課題となっている。本稿では 2 系統のモノスタティックレーダのみを用いて、信号の強度と位相情報を統合することで歩行人体の運動軌跡を高精度に推定する技術を開発し、測定データでの性能検証を行う。

## 2 超広帯域マルチレーダによる歩行人体測定

2 組の送受信素子  $R_{X1}$ ,  $T_{X1}$ ,  $R_{X2}$ ,  $T_{X2}$  を,  $xy$  平面上の  $x = -0.045\text{m}$ ,  $0.045\text{m}$ ,  $0.793\text{m}$ ,  $0.883\text{m}$  に設置する。目標人体は  $(0.419\text{m}, 4\text{m})$  から  $y$  軸に沿って  $1.0\text{m/s}$  で素子方向へ移動する。使用するレーダは中心周波数  $4.2\text{GHz}$ , 帯域幅  $2.2\text{GHz}$  の M 系列変調信号を用い、各々の素子で受信され、パルス圧縮された信号を時間  $t$ , 距離  $r$  を用いて  $s_1(t, r)$ ,  $s_2(t, r)$  で表す。図 1 に測定の様子を示す。

## 3 強度情報による位置推定と位相情報による速度推定

受信信号の強度  $|s_1(t, r)|$ ,  $|s_2(t, r)|$  の波形立ち上がり時間から対象者の距離  $r_1(t)$ ,  $r_2(t)$  を求め、各レーダ素子位置を用いた三角測量の原理により各時刻での人体位置を  $\mathbf{x}(t) = [x(t), y(t)]^T$  と求める。また、受信信号  $s_1(t, r)$ ,  $s_2(t, r)$  を短時間フーリエ変換することで時間周波数領域のスペクトログラム  $S_1(t, v)$  および  $S_2(t, v)$  を求める。ただし、 $v$  はドップラー偏移に対応する速度である。各レーダからの視線方向速度を  $v_1(t) = \arg \max_v |S_1(t, v)|$  等により計算し、各時刻での速度ベクトル  $\mathbf{v}(t)$  を得る。

以上で求めた  $\mathbf{x}(t)$  および  $\mathbf{v}(t)$  を組み合わせ、次式の通り目標位置を推定する。

$$\hat{\mathbf{x}}(t) = \alpha(\hat{\mathbf{x}}(t - \Delta t) + \mathbf{v}(t)\Delta t) + (1 - \alpha)\mathbf{x}(t) \quad (1)$$

図 2 に従来法と提案法による推定軌跡を、実際の軌跡と比較して示す。ここで、提案法では  $\alpha = 0.996$  を用いた。従来法 1 および 2 はそれぞれ、 $\mathbf{x}(t)$  のみで推定された軌跡と  $\mathbf{v}(t)$  のみにより推定された軌跡である。従来法 1, 2, および提案法による推定軌跡の RMS 誤差はそれぞれ  $0.209\text{m}$ ,  $0.245\text{m}$ ,  $0.180\text{m}$  となり、提案法は従

来法 1 および 2 に対してそれぞれ 14% と 27% の改善となった。

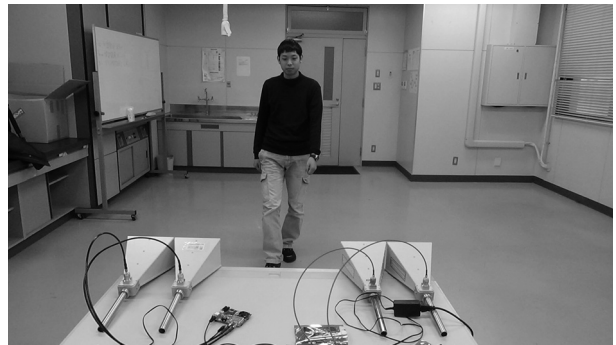


図 1 実験風景

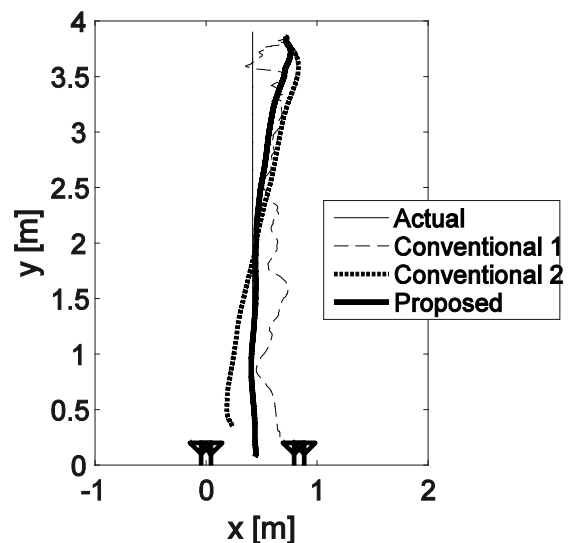


図 2 従来法および提案法による推定軌跡

## 謝辞

本研究の一部は兵庫県立大学特別研究助成金、京都大学 SPIRITS プログラム、科学研究費補助金 基盤研究 (A)25249057・若手研究 (B)15K18077 および総務省 140GHz 帯高精度レーダの研究開発の助成により実施された。

## 参考文献

- [1] T. Sakamoto, et al., IEICE Trans. Commun., vol. E98-B, no. 9, 2015.