

超広帯域レーダを用いた時間周波数結合再配置変換による 人体のドップラー計測

High-resolution Doppler measurement of a pedestrian using reassigned joint time-frequency transform with ultra-wideband radar

鈴木事也¹
Kotoya Suzuki

阪本卓也²
Takuya Sakamoto

兵庫県立大学 工学部¹

兵庫県立大学 大学院工学研究科²

School of Engineering, University of Hyogo Graduate School of Engineering, University of Hyogo

1. はじめに

人体を超広帯域レーダで測定することで、行動種別に特有のドップラ偏移が検出できる。こうしたドップラ偏移の時間変化のパターンはマイクロドップラと呼ばれ、対象者の行動識別などへの応用が期待されている。本稿では高精度なマイクロドップラ計測を実現するため、近年注目されている時間周波数結合再配置変換(RJTFT; Reassigned Joint Time-Frequency Transform)を用いた時間周波数解析手法の性能を実験的に検証する。

2. 時間周波数解析手法

2.1 短時間フーリエ変換

STFT(Short-Time Fourier Transform)は広く用いられる時間周波数解析手法であり、次式の通り信号の短時間時系列に対しフーリエ変換を適用し、時間的に変化するドップラ速度を計算する。

$$\chi(t, r, \omega) = \int w(\tau) s(\tau - t, r) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (1)$$

STFTでは、速度分解能と時間分解能の間にトレードオフの関係があり、速度分解能の改善には限界がある。

2.2 時間周波数結合再配置変換

RJTFTは、STFTで得られた時間周波数分布の位相を利用し、各データに対する瞬時の時間と周波数を得た後、STFTの強度分布を再配置する手法であり、高分解能が得られることが知られている[1]。ここで、 σ はウィンドウ幅である。

$$\eta(t, r, \omega) = \frac{1}{\sigma} \int \tau w(\tau) s(\tau - t, r) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (2)$$

$$t_{\text{ins}} = t + \sigma \text{Re} \left(\frac{\eta}{\chi} \right), f_{\text{ins}} = f + \frac{1}{2\pi\sigma} \text{Im} \left(\frac{\eta}{\chi} \right) \quad (3)$$

3. 測定データによる各手法の性能評価

測定環境の様子を図1に示す。送受信アンテナを近接させ、近似的にモノスタティックレーダを構成している。歩行者はアンテナから遠ざかる方向に歩行した後、近づく方向に歩行する。中心周波数3.87GHz、周波数帯域幅1.49GHz、時間サンプリング間隔5ms、距離サンプリング間隔9.12mmである。

STFT及びRJTFTで得られたスペクトログラムを図2及び3に示す。STFTでは、フーリエ変換の点数は128点とし、時間分解能0.64sであり、速度分解能0.06m/sに相当する。RJTFTは時間分解能を犠牲にすることなく、速度分解能の改善が可能であることが確認された。

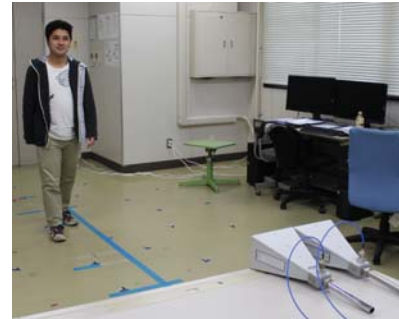


図1: 測定環境

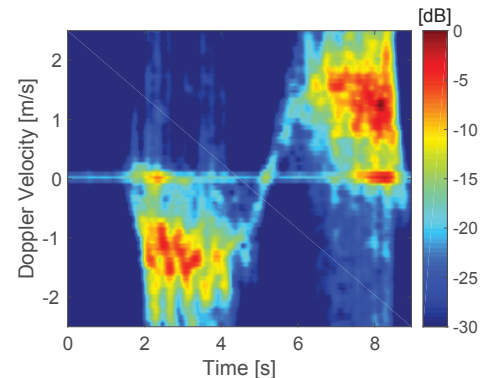


図2: STFTによるスペクトログラム

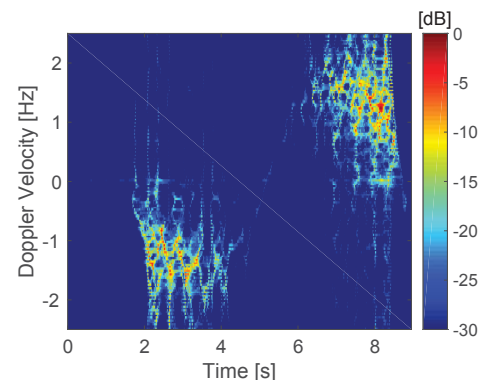


図3: RJTFTによるスペクトログラム

参考文献

- [1] S. S. Ram and H. Ling, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 6, pp. 580-583, 2007.