

# 周波数サブビンによるスペクトル高分解能化の基礎検討

## Basic Study on Improvement of Spectral Resolution using Frequency Sub-bin

山形大院<sup>1</sup>, 東京農工大院<sup>2</sup> ◯(M1)木村勇稀<sup>1</sup>, 増田純平<sup>1</sup>, 小坂哲夫<sup>1</sup>, 西館 泉<sup>2</sup>, 佐藤 学<sup>1</sup>

Yamagata Univ.<sup>1</sup>, Tokyo Univ. of Agriculture and Technology<sup>2</sup>, ◯Yuuki Kimura<sup>1</sup>, Junpei Masuta<sup>1</sup>,

Tetsuo Kosaka<sup>1</sup>, Izumi Nishidate<sup>2</sup>, Manabu Sato<sup>1</sup>,

E-mail: msato@yz.yamagata-u.ac.jp

今日、信号処理から計測などの広い分野におけるスペクトル信号分析では、離散フーリエ変換 (DFT) が一般に用いられており、サンプリング周波数を  $f_s$ 、サンプルデータ数を  $N$  とすると離散周波数  $f_k$  は、 $(f_s/N)k$  と表され、 $\Delta f_0 = f_s/N$  は周波数分解能と呼ばれている。信号の周波数が周波数ビン (ビン) 間隔  $\Delta f_0$  内に位置する場合、信号成分は両サイドのビン値に寄与し、これはスペクトルリーケージ (Spectral Leakage) と呼ばれている。周波数の高分解能化では、すでに多くの研究が報告されており、複数のビン値から簡単なアルゴリズムでビン間隔内の信号のピーク位置を推定する方法などがある [1,2]。ここでは、 $N$  個のデータにおいて、周波数分解能  $\Delta f_0$  内に新たなビン (サブビン) を設置する方法の提案と、ビン間隔内でのスペクトル形状について計算したので報告する。

$N$  個のデータに対するビンは  $f_k (k=0 \sim (N-1))$  で与えられ、Fig.1 上部は  $k_0$  付近に着目している。ここで、データを  $N$  から  $N'$  ( $N' < N$ ) 個に減らすと、ビンは、 $f'_i = f_s i / N'$  ( $i=0 \sim (N'-1)$ ) となり、ビン間隔は、 $\Delta f' = f_s / N'$  となり僅かに大きくなる。よって、ビン  $k_0+1$  より  $\Delta f (=R\Delta f_0)$  だけビン  $i_0+1$  を高く設定したい場合、 $1 < N' < N / (R+1)$  の関係が求まり、 $N'$  の上限が得られる。次に全ての  $N'$  に対して対応する  $i_0$  を算出し、最も整数に近い  $i_0$  に対して整数化を行い  $i_0$  とすると、得られた  $N', i_0$  から算出した  $R'$  は目標とする  $R$  と僅かに異なる。以上より、 $N, k_0, R$  から、 $N', i_0, R'$  を算出できる。計算例 (Fig.2) は、 $N=256, R=0 \sim 1.0$  ( $\Delta f_0$  の 10 分割) 時の横軸をビン  $k_0$ 、縦軸を  $R$  としたときの  $N', i_0, ER (=|R' - R|/R)$  の分布図である。パラメータの整数条件によって周期的な変化が見られるが、10 分割に応じたサブビンの存在条件が全  $k_0$  に対して求まり、 $ER$  については、ほぼ 1-10% 以内の分布であることがわかった。これは、ビン  $k_0$  と  $k_0+1$  間隔内で、 $R'$  に対応した位置にサブビン  $i_0+1$  が 10 個存在することを意味する。ただし、それぞれのサブビンで  $N', i_0$  が異なるので、同数回の DFT が必要になる。

次に、SL を考慮し振幅スペクトルを次式で定義して、スペクトルを算出した。

$$\frac{C''|Y(i_0+1)|^2}{\sqrt{\frac{C''|Y(i_0)|^2 + C''|Y(i_0+2)|^2}{2}}}$$

ここで、 $|Y(i_0+1)|$  は、着目のビン間隔内のサブビンの DFT 絶対値、 $|Y(i_0)|, |Y(i_0+2)|$  は、 $Y(i_0+1)$  の前と後の DFT 絶対値、係数  $C$  は、異なるデータ数に対して全パワーが等しくなるための補正係数である。Fig.3 に、ビン 107 と 108 間で、信号の周波数を変えた際の上式による各スペクトルを示す。信号は、2 つの周波数を含み、2 つの周波数を同時に変化させている。各信号周波数に応じて、スペクトルのピーク周波数の推移がわかる。詳細については当日報告する。

- [1] C. Candan: IEEE Signal Processing Letters, vol.20, no.9, p.913 (2013).  
[2] H. Chen et. al.: Int. conf. on Radar, no.68, Brisbane, Australia (2018).

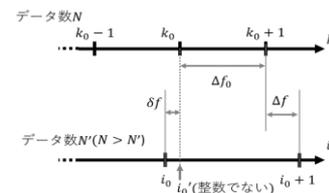


Fig.1 Bin and sub-bin of frequency.

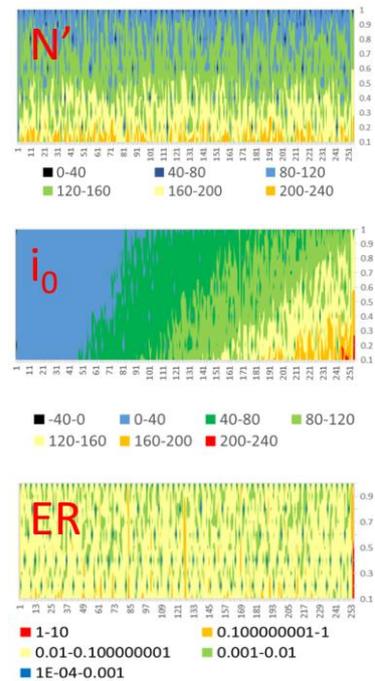


Fig.2 Distributions of  $N'$ ,  $i_0$ ,  $ER$ .

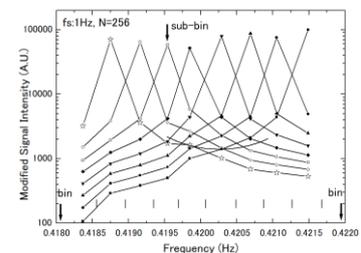


Fig.3 Spectra in bin interval.