

# インパルス応答測定における 機器間の標本化周波数ずれの影響の検討

Study of the effect of sampling frequency difference between the equipments for an impulse response measurement.

森健太郎                      金田豊  
Kentaro Mori                Yutaka Kaneda

東京電機大学大学院 工学研究科  
Graduate School of Engineering, Tokyo Denki University

## 1. はじめに

インパルス応答測定は、伝達系の線形時不変性を前提としている。従って、大空間測定時の風などによる伝達系の時間変動や、再生系の DA と録音系の AD の標本化周波数のズレなどが発生した場合には測定誤差が発生する。特に M 系列などの擬似雑音を測定信号として用いた場合では大きな誤差が発生する[1]。この問題に対し筆者らは、時間変動による誤差耐性を持つ純白色擬似雑音を提案し、その有効性をシミュレーションで確認した[2]。本報告では実環境における有効性の確認結果を示す。

## 2. 標本化周波数のズレの測定

ホール等の大空間測定や遮音測定などにおいて、信号再生と録音の位置が離れている場合、再生側、録音側で異なる PC やオーディオインターフェース(以下、AIF)を用いる場合がある。そして PC や AIF の標本化周波数は機器によって個体差が発生する。Table. 1 に 2 つの PC(または AIF)の DA 端子と AD 端子を直結して標本化周波数  $F_s=48\text{kHz}$  と設定した場合の、機器間のサンプリング周波数ズレの割合を測定した結果を示す。この結果は  $F_s=48000\text{Hz}$  に対して、 $F_s'=48000.7\text{Hz}$  という差である。しかし、この値は小さなものではなく、約 1.5 秒で 1 サンプルのズレとなる。

## 3. 純白色擬似雑音

従来の白色スペクトルを持った擬似雑音(M 系列等)は、信号長 N で DFT した場合には、Fig. 1 に赤○印で示すように、 $N/F_s$  間隔の離散周波数上で平坦な振幅スペクトルを持っている。しかし、このスペクトルを複素値で補間すると、振幅スペクトルは青線に示すように白色から変動する。このような振幅スペクトルを持つ信号にサンプリング周波数のズレが発生すると離散周波数値の変化が発生し、振幅スペクトルは白色から変動してしまう(Fig.1 の青□印)。

この問題に対し、筆者らは複素補間を行っても平坦スペクトルを維持し、時間変動に対して耐性を持つ信号として純白色擬似雑音 (Fig.2)を提案した。

## 4. 実験結果

Fig. 3 に、2 つの PC のそれぞれ DA 端子と AD 端子を接続して M 系列、および純白色擬似雑音を用いて測定した時の周波数特性を示す。実験条件として、サンプリング周波数は  $48\text{kHz}$  とした。また各測定信号の信号長は、サンプリング周波数  $48\text{kHz}$  における約 1.5 秒分の信号長である  $2^{16}-1$  を用いて、約 1 サンプルの変動が発生するよう設定した。

Fig.3 より M 系列信号では周波数特性の高域にいくにつれて振幅スペクトルの大きな変動が発生していることが確

認できる。対して、純白色擬似雑音では全周波数帯域において変動量が低いことが分かる。これより純白色擬似雑音はサンプリング周波数のズレによる時間変動に対して耐性を持つことを確認した。

## 5. まとめ

測定信号の再生と録音に異なった機器(PCやAIF)を用いる場合、各機器の標本化周波数のズレが測定誤差を発生させる。筆者らが提案した純白色擬似雑音信号は、M 系列信号と比べて、そのような測定誤差を大幅に軽減できることを示した。

**謝辞** 本研究の一部は JSPS 科研費 15H02728 の助成を受けたものです。

### 参考文献

- [1]中島, 他, 音講論集(秋), 473-474 (1992).
- [2]森, 他, 音講論集(秋), 627-628(2015).

Table. 1 標本化周波数ズレの割合の測定結果(単位:  $10^{-5}$ )

	AIF-(A)	AIF-(B)	PC-(1)	PC-(2)
AIF-(A)	0	1.52	1.53	1.54
AIF-(B)	1.54	0	1.49	1.45
PC-(1)	1.44	1.47	0	1.58
PC-(2)	1.56	1.56	1.59	0

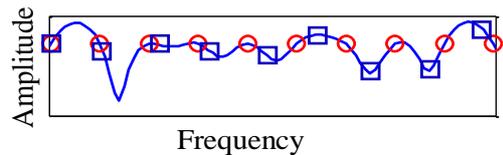


Fig.1 白色擬似雑音の離散スペクトル(一部)と補間結果

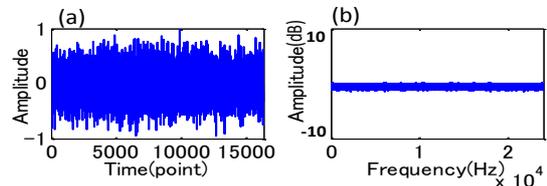


Fig. 2 純白色擬似雑音の(a)時間波形と(b)補間を行った振幅スペクトル

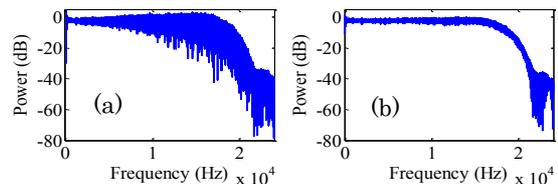


Fig. 3 2 台の PC の DA 端子-AD 端子接続時の周波数特性測定結果(a)M 系列(b)純白色擬似雑音