

周期的信号を用いたインパルス応答測定の問題点について*

☆中重亮太, 金田豊 (東京電機大・工)

1 はじめに

TSP 信号等の掃引正弦波を用いてインパルス応答を測定する際, 逆特性演算を DFT 周波数領域で行うことで, 精度の良い逆特性が低演算量で実現できる. そしてその場合には掃引正弦波を 2 周期以上再生し, 録音した系の応答を 1 周期切り出す方法が用いられる.

本稿では, この周期信号切り出し時の問題点と解決方法について報告する.

2 周期信号切り出しの問題点

Fig.1 (a)に示すような周期信号(周期は N)を被測定系に入力したとする. Fig.1 (b)は系の応答の模式図を表す. この応答から図に示した 1 周期分を切り出すものとする.

この時, 系の応答に加わった雑音の影響で Fig.1(b)○印の様に, 両端の振幅値が大きく異なる場合がある. DFT を用いて周波数特性を求める場合, 切り出した信号は周期信号であると仮定して計算するため, このような場合, 周期の切れ目で急激な振幅の変化が発生してしまい, パルスの様に全帯域に強いパワーを持った誤差成分が発生してしまう.

この問題は, 系の応答の信号長が残響などの影響で長くなったり, また遅延が付加された結果, Fig.1 (b)のように, 応答信号の主要部分が周期の切れ目に重なった場合, より影響が大きい.

このことを時間-周波数特性で表現したものが Fig.2(a)である. 測定信号が TSP であると仮定すると, 系の応答は正の傾きを持った直線状となる. 切り出し点に対応する時刻に, 不連続性による誤差が発生している. Fig.2 (a)に逆特性を掛けてインパルス応答を求めたものが, Fig.2 (b)である. 不連続性による誤差が大きな影響を及ぼしていることがわかる. 本報告ではこの問題を解決する手法を提案する.

3 解決方法

3.1 half-window を用いた解決方法

まず, ハニング窓のように両端の値が小さい窓の右半分もしくは左半分(half-window)を両端に付けた窓(Fig.3 赤線)を用いる方法が考えられる. この窓を乗ずれば, Fig.3 の青線で示す様に信号の両端の値を 0 にすることができ, 信号の連続性が確保される.

しかし, Fig.1(b)の様に周期の切れ目に系の応答の主要部分が含まれている場合, Fig.4 に示すように該当する帯域の情報を損失してしまう問題が発生する.

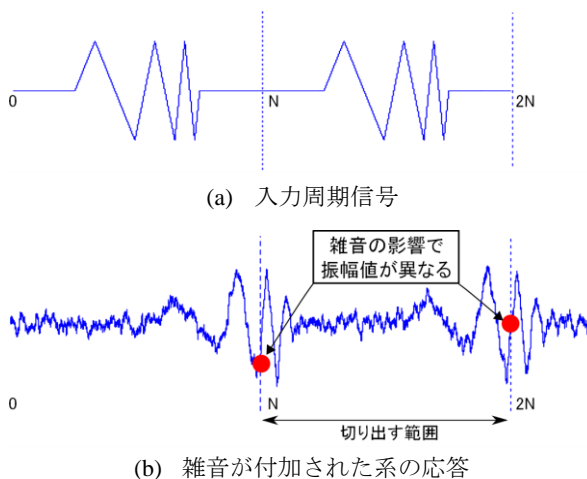


Fig. 1 被測定系への入力および系の応答の模式図

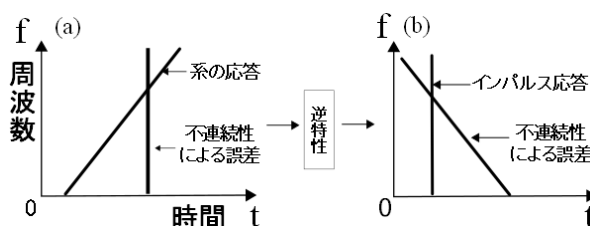


Fig. 2 誤差の発生したインパルス応答 (時間-周波数特性)

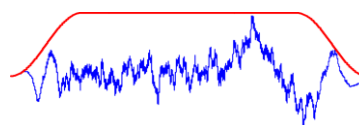


Fig. 3 half-window の適用例

* On the problem of impulse response measurement using a periodic signal, by NAKASHIGE, Ryota and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

3.2 クロスフェードを用いた解決方法

Fig.5 に不連続な信号を接続する方法として知られるクロスフェード法の考え方を示し、Fig.6 にこの考え方を適用した切り出し方法を示す。Fig.6に示すように端点を half-window とした窓を周期からはみ出すようにして掛け、1周期分からはみ出した部分(図の a',b')を逆端の部分に足し合わせる。この時、系の応答に関しては、周期的であるため、b と a'の部分には同一の成分が加算されるので、half-window の傾斜の影響が取り除かれる。

一方、雑音に関しては、切り出しの両端を接続した場合でも a と a'、b と b'の成分は連続しているので振幅の変化は発生しない。

4 シミュレーションによる有効性の検証

提案した手法の有効性を検証するために測定シミュレーションを行った。未知系の周波数特性は室内系の特性を用い、測定信号は TSP 信号を使用した。

Fig.7(a)に単純切り出し法の結果、(b)に half-window 法の結果、(c)にクロスフェード法の結果を示す。クロスフェード法を用いることで切り出し時の不連続性の問題が回避されていることが分かる。

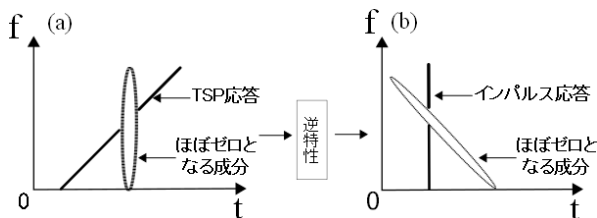


Fig. 4 half-window 法の問題点

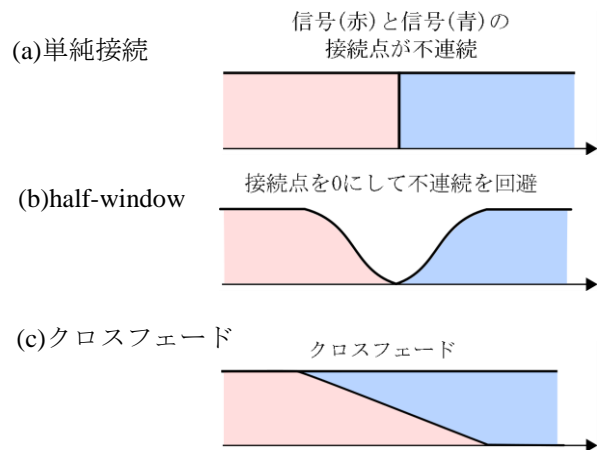


Fig. 5 不連続な信号の接続方法

5 まとめ

周期的な測定信号を用いて、インパルス応答を測定する場合、1周期を切り出す際に単純切り出し(矩形窓)を用いると両端点の振幅値の違いが、測定誤差の要因になることがある。この問題を解決するため、周期的な情報を失わずかつ、雑音による非連続性を無くす手法としてクロスフェードを用いた切り出し方法を提案し、実験により有効性を確認した。

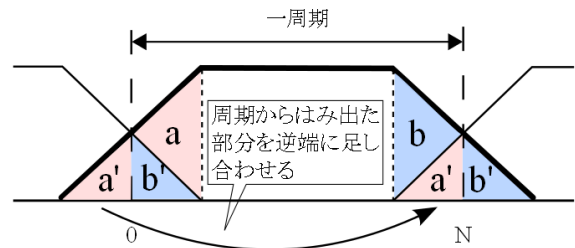


Fig. 6 クロスフェードを用いた切り出し法

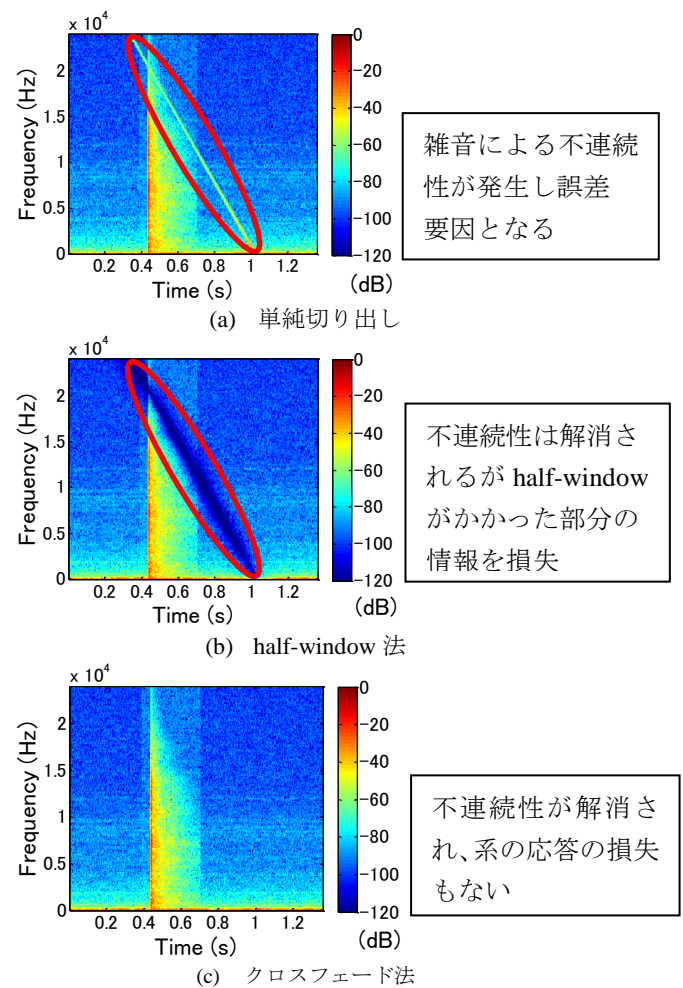


Fig. 7 各手法による測定結果