

インパルス応答に含まれる周期性雑音抑圧の検討*

☆牧野洪, 金田豊 (東京電機大)

1 はじめに

インパルス応答の測定は、対象系の音響特性を把握する上で非常に重要となる。しかし、測定の際には環境雑音など様々な雑音が付加され、SN比が低下する。付加雑音が定常である場合、雑音には周期・非周期の二種類に分類できる。ランダムな特性を持つ非周期雑音の抑圧は困難であるが、規則性を持つ周期雑音(例えば電氣的・音響的な電源雑音)は効果的な抑圧が期待できる。本稿ではインパルス応答に付加される周期雑音の抑圧手法の検討を行った。

2 ノッチフィルタによる周期雑音抑圧

図1(a)(b)に周期雑音波形とそのスペクトルの例を示す。図1(b)に示されるように、周期雑音は基本周波数とその倍周波の成分である高調波からなる特定の周波数成分によって構成される。よって、それらの周波数だけを抑圧するノッチフィルタ(図1(c))が有効である。このノッチフィルタの抑圧周波数などを最小二乗原理で適応的に設定するさまざまな手法が提案されている[1][2]。

しかし、ノッチフィルタを用いると図2に示すように目的とする信号 S に対してもノッチ特性 G が乗算され、目的信号が劣化してしまうという問題点がある。

3 推定雑音を用いた周期雑音抑圧

図3に示すように、インパルス応答測定結果には雑音のみが含まれている区間(以下雑音区間)が明確であることが多い。このことを利用して、図4に示したブロック図による周期雑音の抑圧を検討する。

処理手順は

- ① 図3の雑音区間(a)の雑音 N_1 を用いて、測定結果に含まれている周期雑音 \hat{N} を推定する。ただし、今回は周期雑音成分が非周期雑音成分より十分に大きいと仮定し、雑音区間に含まれる雑音 N_1 を、非周期成分も含めて推定雑音 \hat{N} として利用した。

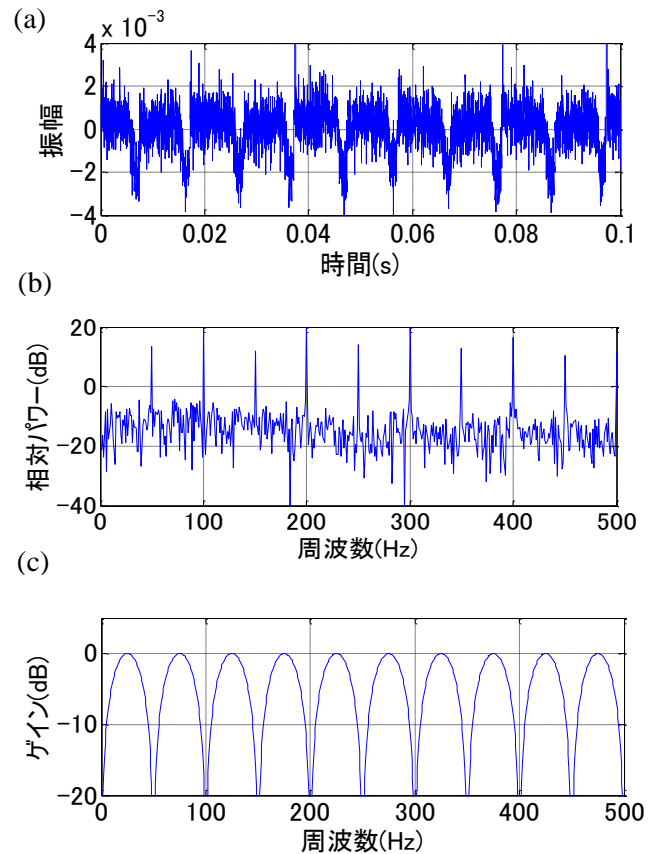


図1 (a)周期雑音波形の例(電源雑音) (b)そのスペクトル (c)ノッチフィルタ特性



図2 ノッチフィルタによる周期雑音抑圧

- ② 推定した周期雑音 \hat{N} を用いてインパルス応答測定結果に含まれる雑音成分を抑圧するためのフィルタ特性 H を決定する。 H のFIRフィルタ係数(振幅・位相特性)は、インパルス応答につながる区間(b)の雑音 N_2 に対して、 $N_2 - H\hat{N}$ の二乗誤差が最小となるよう以下の式で導出する。

$$H = (G^T G)^{-1} G^T N_2 \quad (1)$$

ただし、 G は \hat{N} の畳み込み行列、 T は転置を表す。

* A study of periodic noise reduction of an impulse response by MAKINO, Ko and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

③ インパルス応答区間の雑音を抑圧するため、インパルス応答区間(d)の $S + N$ から、区間(c)の推定周期雑音 \hat{N} にフィルタ特性 H をかけたものを減算する。

この方法(図4)は、図2に示すノッチフィルタと異なり、目的信号を劣化させないということが特長である。

4 周期雑音抑圧効果の検討

推定した周期雑音 \hat{N} には非周期雑音が混入して周期雑音抑圧に影響を与えることが考えられる。そこでまず、基本周波数が50 Hzで整数倍の周波数を1500 Hzまで等振幅で含む人工的周期雑音を合成し、それに白色雑音(非周期成分)を付加し、それぞれの成分比を変化させて図4による周期雑音の抑圧を行った。

図5に周期雑音と非周期雑音の比(以下周期成分比)に対する抑圧後の周期雑音レベルを示す。図より、周期成分比が-15 dB以上ならば、周期雑音を抑圧できることが分かる。

次に、実測した電源雑音(図1(a))を用いて雑音抑圧のシミュレーションを行った。電源雑音を、実測したインパルス応答に付加し(図3)、図4の系で雑音抑圧を行った。使用した推定雑音 \hat{N} の周期成分比は約0 dBであった。

図6に雑音抑圧前後のパワースペクトルを示す。図より周期成分のピーク周波数が抑圧できていることが確認できる。この時の最大ピークの抑圧量は約20 dB、全周期雑音成分の抑圧量は約13 dBであった。

5 むすび

本稿ではインパルス応答に付加される周期雑音を抑圧する方法について検討した。検討した方法は雑音のみの区間から周期雑音を推定し、これの位相と振幅をフィルタで調整してインパルス応答から減算する。シミュレーションにより、周期成分比が-15 dB以上であれば周期雑音抑圧効果が期待でき、実測した電源雑音では約13 dBの抑圧効果があることを確認した。

参考文献

- [1] Y. Sugiura, A. Kawamura, and N. Aikawa, *Proc. of ICICS 2013*, pp. 1-4, Dec. 2013.
- [2] Y. H. Chiou, C. Y. Chang, and S. M. Kuo, *Proc. of SICE 2012*, pp.1783-1786, Aug. 2012.

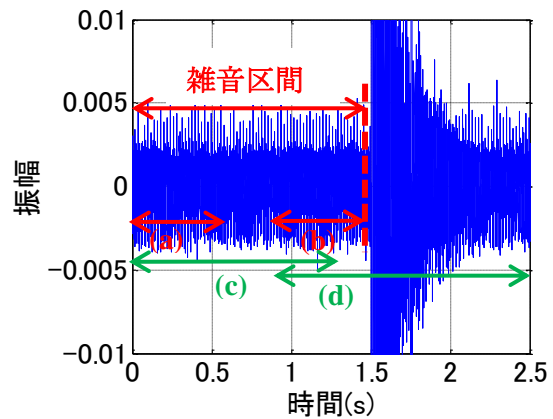


図3 インパルス応答測定結果と雑音区間の例

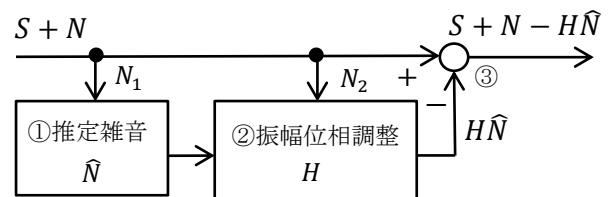


図4 推定雑音を用いた周期雑音抑圧

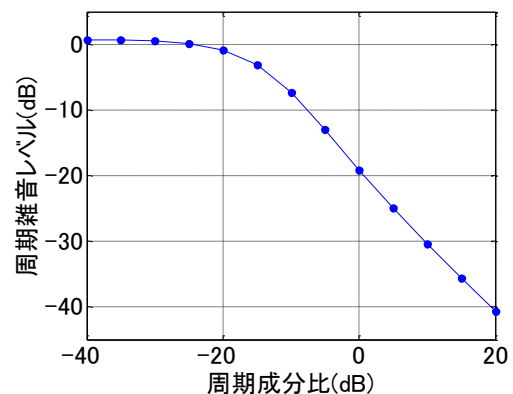


図5 周期成分比と雑音抑圧後の人工的周期雑音のレベル

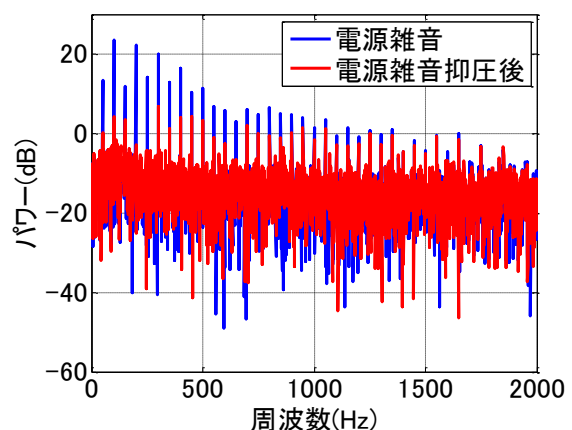


図6 電源雑音に対する抑圧前後のパワースペクトル