

電気音響変換器の周波数伝達関数の測定精度について

6 J-2

久保勝稔 福島学 城戸健一
(千葉工業大学)

1 はじめに

デジタル信号処理技術の発展によって、クロススペクトル法により容易に、かつ短時間で伝達特性を求めることができるようになった。しかし、一般に電気音響変換器の周波数応答はスイープ信号を用いて時間をかけて行われる。これは、クロススペクトル法の結果とスイープ信号による結果が異なるためと言われている。

測定対象周波数帯域を覆う周期信号を駆動信号として用い、周期の整数倍の方形波時間窓を使ったクロススペクトル法を用いて伝達特性を求めれば、正確な伝達特性測定が可能である。しかしこの方法では駆動信号の周期を観測窓長に正確に合わせなければならない。

本稿では、駆動信号として白色雑音を使う場合に着目し、その条件での測定について検討する。ここでは測定対象をスピーカとしている。

2 窓長を変化させた場合の周波数応答

クロススペクトル法による推定では窓長を系の残響時間(インパルスレスポンスが60dB減衰するのに要する時間)の2倍以上とする必要がある。推定結果の窓長による違いを図1に示す。図1には比較のためのスイープ信号による測定結果もあわせて示す。

実験は本学無響室で行った。測定距離はJISの規格により基準軸上(スピーカ中心・面に対して垂線軸)、基準点(スピーカ中心)から1.0mとした。ここで使用した系のインパルスレスポンスの残響時間(60dB減衰するまでに要する時間)が予備実験より1024点(10ms)であったため、窓長を残響時間の2倍4倍8倍として調べた。平均回数は総サンプル数(262144点)が等しくなるよう窓長2048点で128回、4096点で64回、8192点で32回、とした。この結果から8倍すなわち窓長8192点で推定した結果とスイープ信号による測定結果の誤差が-26dBとなった。

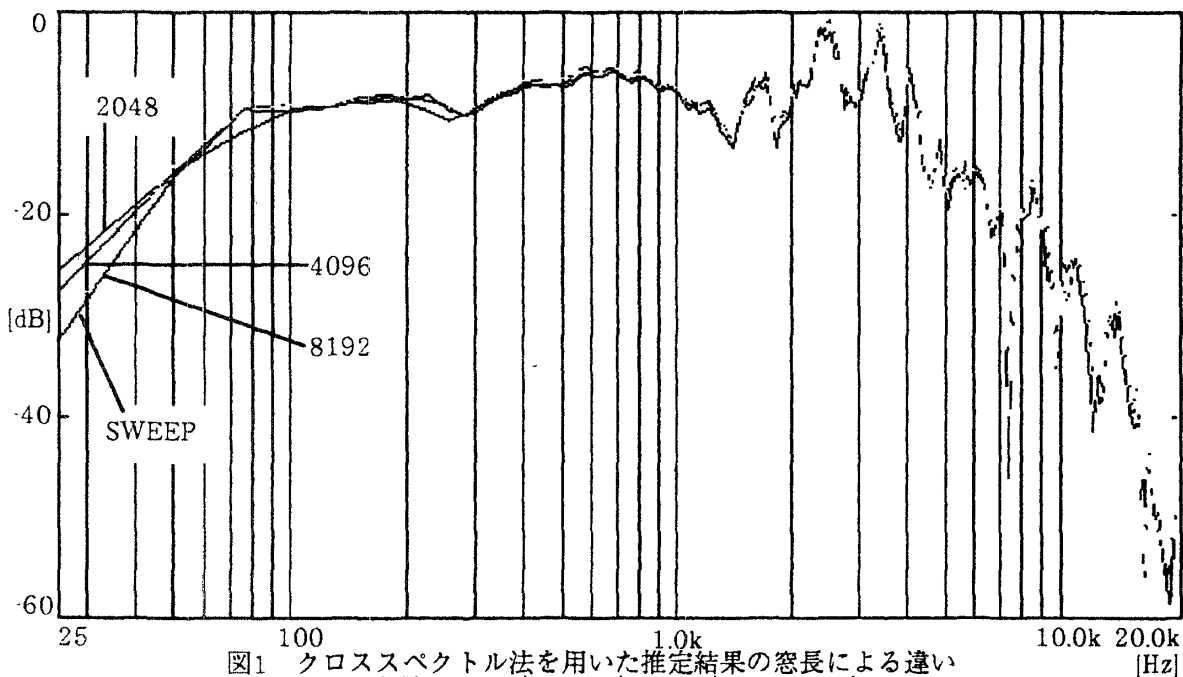


図1 クロススペクトル法を用いた推定結果の窓長による違い
(窓長: 2048点, 4096点, 8192点, ハニング窓)

3 時間窓による変形防止

DFTのために時間窓を使用すると、推定結果が変形するため、時間窓長を長くしなければならないことが図1よりわかった。時間窓による変形は、時間窓により観測波形が歪められてしまうことと、時間窓で切り取った駆動信号のレスポンスの末尾が、観測した出力信号に完全に収まらないために生じる。このため、駆動信号側時間窓を短くし、そのレスポンスの末尾が出力信号時間内に完全に収まれば、この影響は出ない[3]。信号源側時間窓を短くすると平均回数を多くすることが必要であるが、短時間駆動信号を用いた測定[4]と同等の精度が期待でき、切り取られた信号のレスポンスのうち出力側時間窓と観測される成分があるため短い時間窓でスイープ信号を用いた測定と同じ結果が得られるはずである。

時間窓を半分にすることができれば、測定に必要な時間を短くすることができ、また演算装置の負担も少なくなるため、この方法は有用である。

表1に窓を短縮するために加えた0の数(付加0数)を変化させた場合の各窓長における誤差を示す。但し $\hat{H}(k)$ は推定伝達関数、 $H_s(k)$ はスイープ信号により推定された伝達関数。

図2に、ハニング窓および表1中誤差が最小となった短時間方形波窓の窓長による誤差の変化を示す。

表1 短時間方形波窓を用いた推定誤差
各出力側時間窓長における付加した0の数
(付加0点数)と推定誤差 [dB]

付加0点数	2048点	4096点	8192点
0点(ハニング)	-10	-20	-26
0点(方形波)	-6	-18	-22
256点	-28	-33	-34
512点	-31	-34	-37
1024点	-24	-30	-36
2048点	—	-30	-36

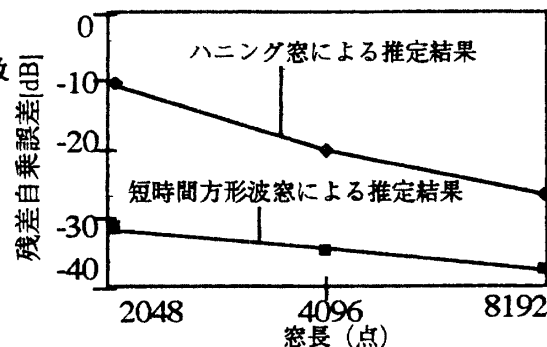


図2 ハニング窓による推定誤差の窓長による変化と短時間方形波窓による推定誤差の窓長による変化の比較(短時間方形波窓:付加0数512点)

4 おわりに

本稿では、駆動信号が制御出来ない場合の電気音響変換器の周波数応答測定方法について述べた。駆動信号側時間窓としてレスポンスが窓内に収まる長さまで短くすることにより、測定精度を下げずに同じ推定結果が得られることがわかった。残響時間をオールパスで推定すると1024点だったが、測定では512点の縮小した結果がよかった。これは、駆動信号側の窓長が短いため、S/N比が悪くなったと考えられるが今後検討する。

[参考文献]

- [1]城戸健一著、「ディジタル信号処理入門」、丸善株式会社、1985
- [2]福島学、久保勝稔、城戸健一(千葉工業大学)、「時間窓による共振帯域幅の変化について」、情処講論集、1997.3
- [3]福島他：クロススペクトル法によるインパルスレスポンス推定のための時間窓の検討、信学技法 EA93-21、1993.6
- [4]Abe,Kim,Kido,"Effect of Time Window on Accuray of Estimation of Impulse Resuponse Using White Noise,"Proc.11.ICA Paris 1983,pp305-308,1983