

音響エコーキャンセラ性能への非線形歪の影響*

田辺智子 金田豊(東京電機大・工)

1. はじめに

拡声通話系の基本技術である音響エコーキャンセラにおいて、系の非線形歪は重大な影響を及ぼす。この非線形歪の影響を除去するための検討が進められているが、実用化には至っていない[1][2]。本報告では、非線形歪が及ぼすエコー消去への影響についてシミュレーションおよび実測を行った。

2. 音響エコーキャンセラ

音響エコーキャンセラの原理図を図1に示す。回線を通してスピーカに入力される受信信号を x 、マイクロホンで受音されるエコー信号を d とすると、これらは室内の特性(インパルス応答) g を用いて $d=x * g$ ($*$ は畳み込み演算)と関係づけられる。そこで音響エコーキャンセラはこの室内の特性(インパルス応答) g の推定値 h を求め、これにより推定エコー信号 $y=x * h$ を作り、それをマイクロホンの受信信号から差し引くことでエコーを消去する。そして、消し残った誤差信号 e を適応フィルタにフィードバックし、その信号をもとにして h を更新する。本報告では、NLMS 法を用いて検討を行った。

3. 非線形歪の影響

3-1. スピーカ出力レベルと誤差パワーの関係

非線形歪は、主にスピーカの非線形特性により発生するものと考えられる。ここでは、その影響を調べる為に、スピーカ(PC用小型)の出力レベルを変化させて定常誤差パワーの値を調べた。受信信号 x としては白色雑音を用い、ステップサイズは 1.0 とした。この結果を図2に示す。

定常誤差パワーは受信信号の SN 比(図1の d と n のパワー比)に反比例する。したがって、スピーカ出力が増大し、SN 比が上昇すればそれに比例して定常誤差パワーは減少するはずである。しかし実際には、系に含まれるスピーカで発生し

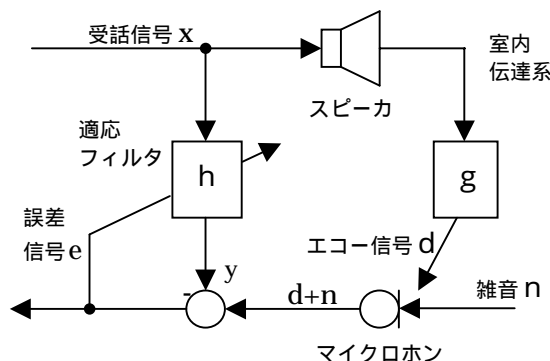


図1 音響エコーキャンセラの原理図

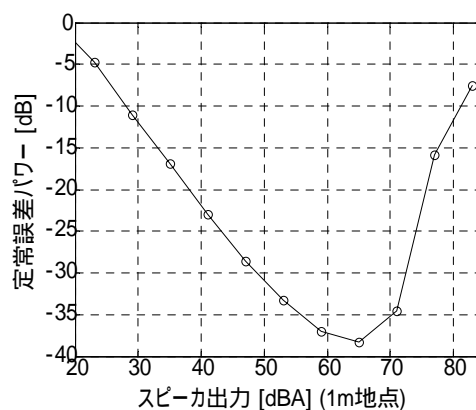


図2 スピーカ出力と定常誤差パワー

た非線形歪の影響があり、図2の結果のように、スピーカ出力を上げ過ぎると定常誤差パワーは増加する。

3-2. 歪量とエコー消去量

歪の影響は雑音の影響と同等であるとの指摘がなされている[3]。ここでは、シミュレーションでクリッピング歪を発生させ、このことを検討した。図3は、歪(受信信号 x が歪んで x' となったとすると、 $x-x'$)と x とのパワー比(歪量)および定常誤差パワーとの関係を示したものである。図より、誤差パワーは歪量に比例することがわかる。この結果は、歪の大きさを雑音の大きさとみなした場合と同じ結果になっている。

また、図4はエコー信号 d に含まれる歪成分($x * g$)と誤差信号 e のスペクトルを比較したものである。図より、両者のスペクトル形状はよく類似

* Influence of nonlinear distortion on acoustic echo canceller performance.

By Tomoko Tanabe and Yutaka Kaneda (Tokyo Denki Univ.)

しており、このことから、誤差信号は歪成分の影響を周波数帯においても受け、歪のパワーレベル以上には誤差を低減できないと言える。

3-3. 実際の非線形歪

実測において、雑音 n を分離する事は出来ない。そこで、3-1の実測結果に対して計算機上で雑音を付加し、適応フィルタを動作させた後、誤差 e から付加雑音を差し引く事で残留エコーの大きさを調べた。図5にステップサイズを1.0および0.1とした場合の残留エコーの大きさを示した。

図より、スピーカ出力が小さく、雑音の影響が主な場合には、歪を小さくすることにより残留エコーは低減する。しかし、スピーカ出力が大きく歪の影響が主な場合には、歪成分は残留音声(エコー)として残ってしまうため、歪を小さくして系 g の推定精度を上げて、残留エコーを低減することは出来ない。

また、図6においてエコー信号 d とエコー信号に含まれる歪成分(歪 $*g$)および誤差信号 e のスペクトルを比較した。図より、歪成分のスペクトル及びその影響により発生した誤差信号のスペクトルは、シミュレーション結果と同様にエコー信号 d のスペクトルに類似している事が分かる。

4. むすび

本報告では、音響エコーキャンセラの実音場での性能を、非線形歪に注目して検討を行った。その結果、歪が誤差パワーに及ぼす影響は雑音と同様であり、歪量の増加に比例して誤差パワーが増大する事を確認した。しかし、ステップサイズを小さくした場合、雑音の影響は軽減され、残留エコーは低減するのに対して、歪成分を含めた残留エコー成分は低減できない事を示した。今後は、様々な非線形歪に対して検討を行っていく予定である。

参考文献

- [1] A. N. Birkett, et. al, IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, pp. 13-16, Oct. 1995.
- [2] 大谷昌幸 他, “非線形音響エコーキャンセラの一構成法”, 信学技報, EA2003-28, May 2003.
- [3] A. Stenger, et. al, Proc.EUSIPCO 98, pp. 969-972, Sep. 1998.

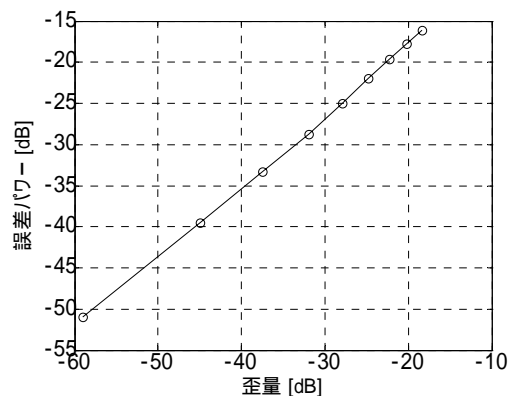


図3 歪量と定常誤差パワー

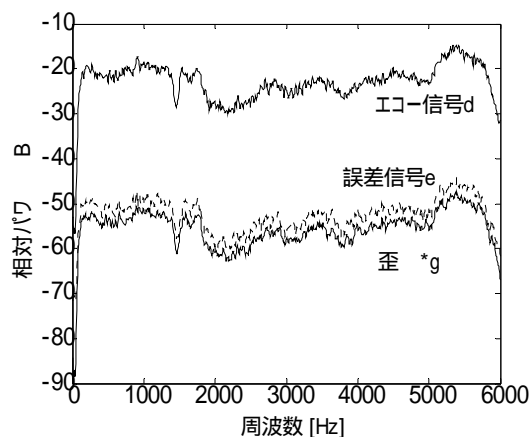


図4 歪成分と誤差信号のスペクトル比較

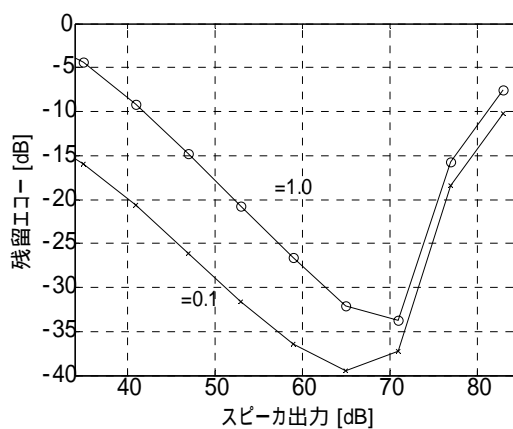


図5 スピーカ出力と残留エコー

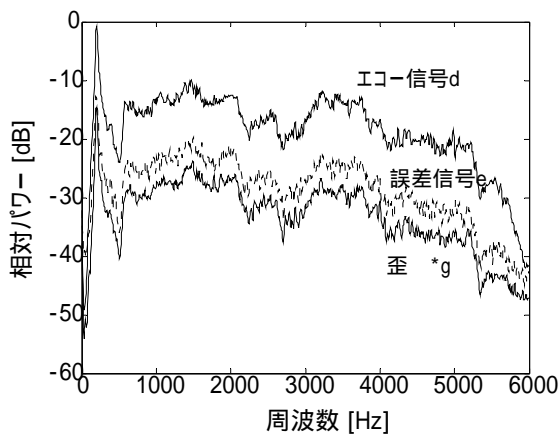


図6 スピーカによる非線形歪のスペクトル