

◎牧野 昭二 小泉 宣夫
(NTT 横須賀電気通信研究所)

1. まえがき

拡声通話系におけるハウリングやエコーを除去する音響エコーキャンセラとして適応形FIRフィルタで構成されたものが使われはじめている。この系の消去特性と設計パラメータとの関係については検討されているが〔1〕、室内環境との関係は明確ではない。本報告では、実際のFIRフィルタを用いて得られた実験結果を示すことにより、室内環境、特に暗騒音と残響下における音響エコーキャンセラの定常消去特性を明らかにした。

2. 系の構成と定常消去特性

音響エコーキャンセラの構成を図1に示す。音響エコーキャンセラは模擬音響伝達経路(ここでは適応形FIRフィルタで構成する)の出力 \hat{y} を真の音響伝達経路の回り込み信号 y から差し引きこれを消去するもので、このときの残差 e が送話出力とともに送られる。FIRフィルタの係数 h は実時間動作を実現するために学習同定法と呼ばれる簡略化された適応アルゴリズムにより逐次修正される。

$$\hat{h}_{k+1} = \hat{h}_k + \frac{\alpha \mathbf{x}_k}{\|\mathbf{x}_k\|^2} e_k \quad (1)$$

但し

$$\mathbf{h}_k = (h_1, h_2, \dots, h_n)'$$

$$\mathbf{x}_k = (x_{k-1}, x_{k-2}, \dots, x_{k-n})'$$

x : 受話入力 $\|\mathbf{x}\|$: \mathbf{x} のノルム

α : 修正ゲイン ($0 < \alpha < 2$) n : FIRフィルタのタップ数

T : サンプル時間間隔 $'$: ベクトルの転置

このアルゴリズムを用いた場合の定常消去量は次式で与えられ、送話入力 S_{in} に加わる雑音によって劣化する〔2〕。

$$ERLE = 10 \text{ Log} \frac{y^* \text{ の電力}}{e^* \text{ の電力}} \quad (\text{dB})$$

$$= S/N + 10 \text{ Log} \left(\frac{2}{\alpha} - 1 \right) \quad (2)$$

ただし、 y^* 、 e^* はそれぞれ y 、 e から雑音成分を除いた量、 S/N は S_{in} における回り込み信号対雑音のレベル比である。

室内環境による消去特性の劣化は、回り込み信号対暗騒音比の劣化とFIRフィルタを用いることによる残響成分の有限打切りに起因する。

実験ではハードウェア構成に伴う雑音(A/D, D/A変換器の量子化誤差, 内部演算誤差, アナログ回路ノイズ, 等)を分離して測定することは不可能であるため、 y^* 、 e^* として暗騒音成分のみを除いた値を用いて評価した。

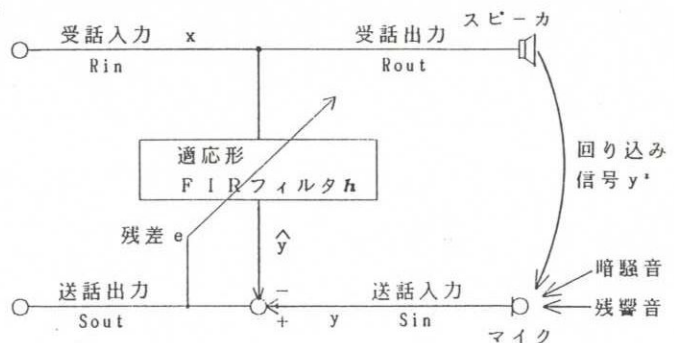


図1 音響エコーキャンセラの構成

* On the Performance of Acoustic Echo Canceller with relation to the Room Environment. By Shoji MAKINO and Nobuo KOIZUMI (Yokosuka E.C.L., N.T.T.)

3. 実験

マイク・スピーカ系（距離1 m）を吸音性能が可変なブース内に設置し、残響時間（0～1.8秒，8設定）と暗騒音レベル（27～70 dB(A)，5設定）を変えて定常消去特性を測定した。ブースの吸音特性は吸音性のパネルを張り調節した。受話入力には白雑音，暗騒音にはHoth雑音を使用した。実験に使用した音響エコーキャンセラのエコー消去時間は150 msec一定である。また， α は0.5とした。

暗騒音を変えた場合の消去特性を図2に示す。暗騒音が大きくなるに従い，消去量は(2)式（図中破線）に添って小さくなる。エコー消去時間内に残響時間があれば，消去量は騒音とハード雑音によって支配される。

残響時間を変えた場合の消去特性を図3に示す。残響時間が大きくなるに従い，音響伝達経路のインパルス応答の切捨成分を S_{in} に加わる無相関雑音と仮定して算出した $(S/N)_r$ を用いた(2)式（図中破線）に添って消去量は小さくなる。

4. 考察

実験結果から求めた消去量の等高線図を図4に示す。図中推定値は暗騒音成分，インパルス応答の切捨成分，ハードウェア構成に伴う雑音成分を加算して求めた結果であり，実験値とよく対応している。図4から，必要消去量を確保するための暗騒音と残響時間の限界がわかる。

一般的な通信会議では，音響伝達経路の回り込み信号を指向性マイクを用い音響的に抑圧する設計がなされるため，回り込み信号対雑音比 (S/N) は低くなる。系全体としての抑圧量を向上させるためには，残差信号の改善によって消去量の劣化を防ぐことが必要である。

5. あとがき

室内環境による音響エコーキャンセラの定常消去特性の限界を示した。今後は過渡特性について明らかにしてゆく。

謝辞 日頃御指導頂く当所宅内部山崎部長，寺井統括役，川嶋室長，及川調査役ほかの方々に深謝します。

参考文献

- (1) Furukawa: "A DESIGN OF CANCELLER FOR BROAD BAND ACOUSTIC ECHO", ITS 5th, April 1984 p232.
- (2) 板倉，西川: "学習同定法を用いたエコーキャンセラのエコー打消特性について" 信学論，'77/11 Vol.j60 - A No.11.

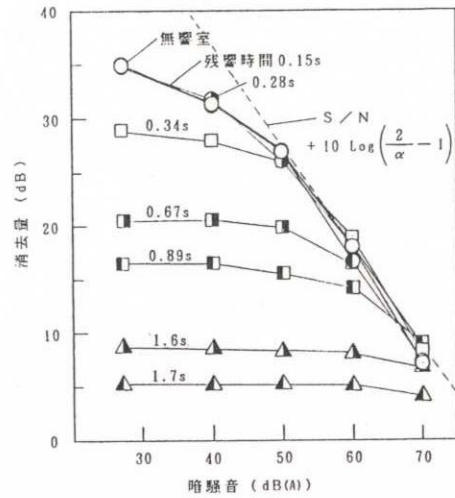


図2 暗騒音と消去量

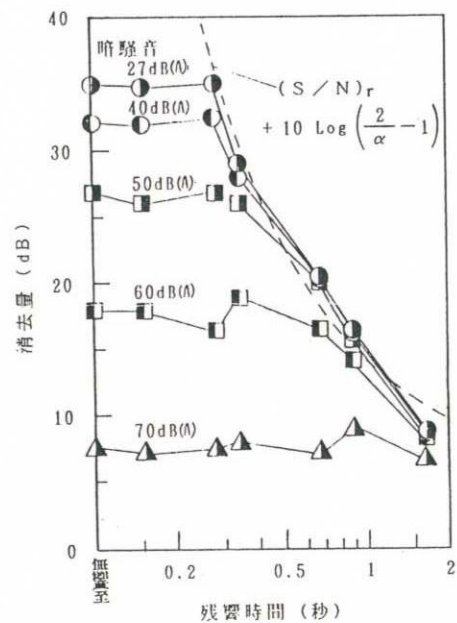


図3 残響時間と消去量

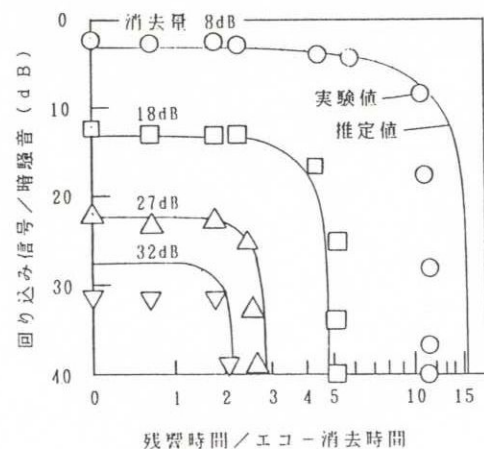


図4 室内環境と定常消去量（等高線図）