

◎ 牧野 昭二 小泉 宜夫
(NTT 電気通信研究所)

1. まえがき

近年、通信会議用拡声装置におけるハウリングやエコーの防止手段として音響エコーキャンセラがさかんに検討されている⁽¹⁾。音場の伝搬特性は障害物の影響により複雑に変化するので、これによってエコー消去量がどの程度影響を受けるかを把握することは音響エコーキャンセラを実現する上で重要な問題である。ここでは、残響時間可変な直方体ブース内にスピーカ・マイクロホンを置き、この系に障害物を加えることにより、障害物の存在による音響エコー経路のインパルス応答の変化を求めた。そして、インパルス応答のエネルギー変動量について考察することにより、この系に音響エコーキャンセラが適用された場合にエコー消去量がどのように変化するかを明らかにした。さらに、音線法を用いたシミュレーションを行い、実験結果の追跡を試みた。

2. インパルス応答の変動と定量化

障害物がない場合の音響エコー経路のインパルス応答を h_1 、この音響エコー経路に障害物が置かれた場合のインパルス応答を h_2 とする。図1に示すように、障害物による音波の反射・吸収により h_2 は h_1 から変化している。音響エコー経路の変動量を定量化し客観的評価を与えるために、インパルス応答の各係数の変化に着目した評価関数 ΔH

$$\Delta H = 10 \text{ Log}_{10} \frac{\|h_2\|^2}{\|h_2 - h_1\|^2} \quad (1)$$

h_1 : 変動前のインパルス応答

h_2 : 変動後のインパルス応答

$\|h\|$: h のノルム

を導入する。この評価関数 ΔH は h_1 に収束していた音響エコーキャンセラに対して音響エコー経路が h_2 に変化した直後の音響エコーキャンセラのエコー消去量に対応する。

3. 実験

スピーカ、マイクロホンを壁面の吸音性能を変えることにより残響時間の可変な直方体ブース (残響時間 (500 Hz) 0.16, 0.35, 2.1 秒) 内に設置し、音響エコー経路に障害物 (ここでは、人間の代用としてトルソを用いる) を置くことにより音響エコー経路のインパルス応答を変化させる。スピーカ、マイクロホン、障害物の配置を図2に示す。スピーカとマイクロホンの距離は1mとし、障害物はスピーカ・マイクロホンの延長線上から直角方向の間でマイクロホンから 10 ~ 160cm の距離の点に置いた。

インパルス応答は S/N を高めるために同期加算法により測定した。インパルス応答測定系のブロック図を図3に、諸元を表1に示す。

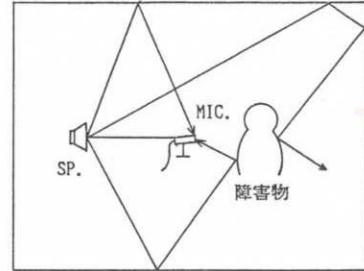


図1 障害物によるインパルス応答の変動

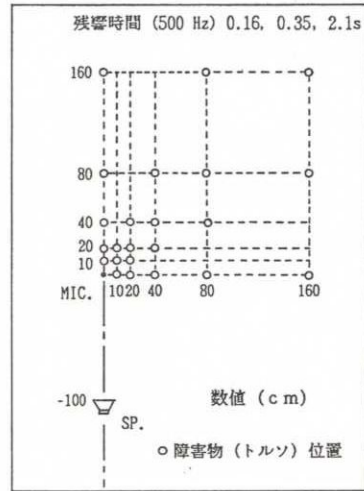


図2 スピーカ、マイクロホン、障害物の配置

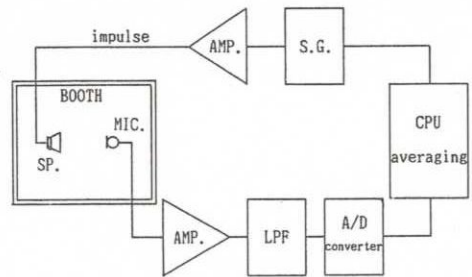


図3 インパルス応答測定系

*On a Variation of Impulse Response by an Obstacle in a Rectangular Booth.
By Shoji MAKINO and Nobuo KOIZUMI (E.C.L., N.T.T.)

4. 実験結果

残響時間 0.16 秒のときの障害物の有無による音響エコー経路のインパルス応答の変化を図4に示す。図4において(a)は障害物がない場合のインパルス応答、(b)~(f)はマイクロホンから距離Lの点に障害物を置いたときのインパルス応答から(a)を差し引いた残差、すなわちインパルス応答の変化量を表す。残響時間が短いため、直接音および低次の反射音が支配的であり、マイクロホン・障害物間距離Lが長くなるに伴ってインパルス応答の変化は少なくなっている。また、インパルス応答の直接音を表す部分には変化がなく、障害物からの反射音を表す部分以後がLに伴って変化している。

実測した h_1 と h_2 を用いて(1)式に従って ΔH を計算した。マイクロホン・障害物間距離Lと ΔH の関係を図5に示す。図5から、障害物がない状態で収束していた音響エコーキャンセラは、障害物をマイクロホンから距離Lの点に置くことによりエコー消去量が低下し、その値は

- ①マイクロホン・障害物間距離の対数に比例して大きくなる。
 - ②その傾きは残響時間が長くなるほど小さくなる。
- ことがわかる。

エコー消去量の低下を防止するためには、送話者がマイクロホンからの距離を保つこと、残響時間の短い会議室を使用することが必要であり、音響エコーキャンセラに対しては音響エコー経路の上記変化に追従できる収束速度を持つことが要求される。

5. シミュレーション

次に、音線法⁽²⁾を用いたシミュレーションにより実験結果の追跡を行った。シミュレーションに際して、

- ①障害物を球で近似する
- ②障害物の吸音率を1とする

という仮定を置いた。音線法による ΔH の計算結果を図5中破線で示す。音線法の考え方で本問題の解釈が可能であると思われるが、実験結果とは必ずしも対応しておらず、今後、仮定や精度の検討が必要である。

6. あとがき

スピーカ、マイクロホン、音場からなる音響エコー経路のインパルス応答が、障害物の影響によりどのように変化するかを評価し、この系に音響エコーキャンセラが適用された場合にエコー消去量がどのように変化するかを明らかにした。シミュレーションによる現象の一般化および適応アルゴリズムへの反映が今後の課題である。

終わりに、日頃御指導頂く川嶋室長、及川主幹研究員、並びに実験に御協力頂いた信州大学の奥田信克氏に謝意を表す。

文献

- (1) 牧野, 小泉: "音響エコーキャンセラの室内環境における定常特性について", 音講論, p.383, (1985, 10).
- (2) A. KROKSTAD, "CALCULATING THE ACOUSTICAL ROOM RESPONSE BY THE USE OF A RAY TRACING TECHNIQUE", J.S.V., (1986).

表1 インパルス応答測定系諸元

項目	仕様	備考
送出波幅	62.5 μ sec	帯域 8kHz
サンプリング時間	120 μ sec	帯域 4kHz
処理ビット数	12 bit	ダイナミックレンジ 72dB
測定ポイント数	16384	測定時間長1.97s
同期加算回数	32 回	S/N改善15dB

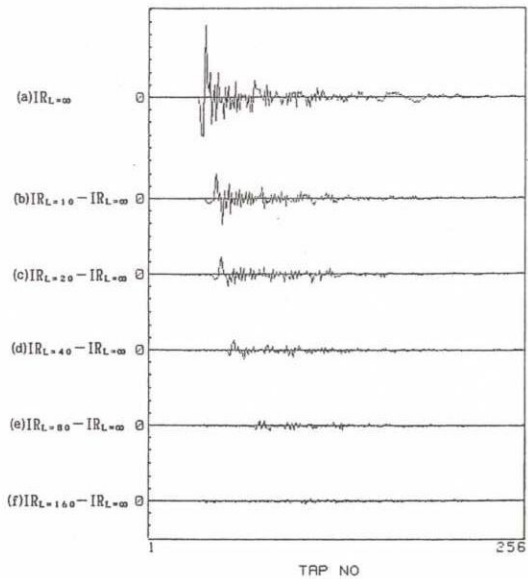


図4 障害物の有無によるインパルス応答の変化 (残響時間 (500 Hz) 0.16秒)

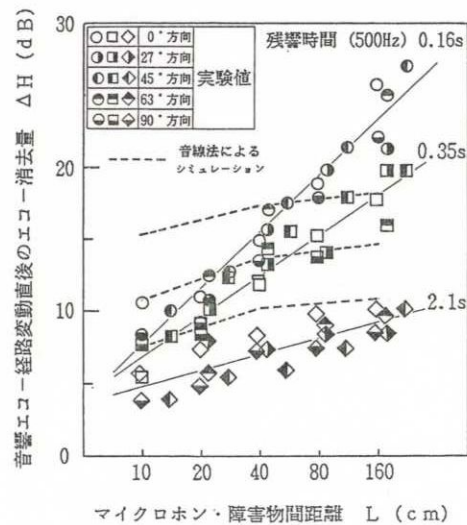


図5 音響エコー経路変動直後のエコー消去量