

(有) ケプストラム

長時間の連続運転実験に基づく改良により、マイク固定ではピーク利得20dBでもハウリング抑圧が可能となりましたので、実験結果をまとめた資料を作成しました。（マイク移動時はピーク利得6dBでハウリング抑圧可能）

拡散性の良くない狭いダイニング・キッチンで実験をしていますが、学校の教室程度の室容積の部屋であれば本資料に示した実験例より安定した動作特性が得られる見込みです。過去にスタジオや教室でのデモで、ダイニング・キッチンでの実験時よりもハウリング抑圧性能が低下したことは一度もありません。残響時間が長いほど有利な動作条件となる～というのは常識に反するかのような適応ハウリング・キャンセラの驚くべき性質の一つです。

一般的な拡声システムの利得設定はピーク利得6dB～10dB以下が妥当です。20dBは利得過剰ですが、丹念な改良の積み重ねの結果として得られた性能で、ピーク利得6dB～10dB程度での動作時に十分な動作マージンが得られることを示しています。（例外的に、補聴器代わりの『補聴拡声装置』としてはピーク利得20dBでの使用が考えられます）

1. 実験に使用した部屋の概要

図1のようなダイニング・キッチンで実験をこないました。対向するフラットな広い壁面があり、位置によっては手を叩くとフラッター・エコーが発生しているのが分かるほどで、拡散性は良くありません。

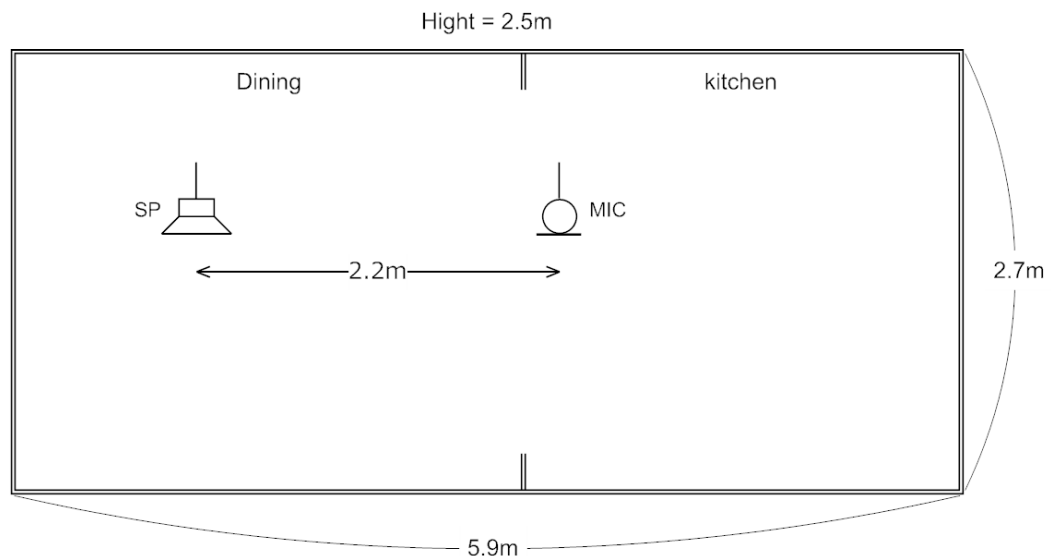


図1 実験をおこなったダイニング・キッチン
天井高は2.5m

2. 拡声装置のマイク、スピーカー

実験に使用した拡声装置のマイクは無指向性（全指向性／音場型）の小型エレクトレット・コンデンサ・マイク（図2）、スピーカーは密閉箱に入れた口径Φ125mmの Fostex FF125K（図3）です。

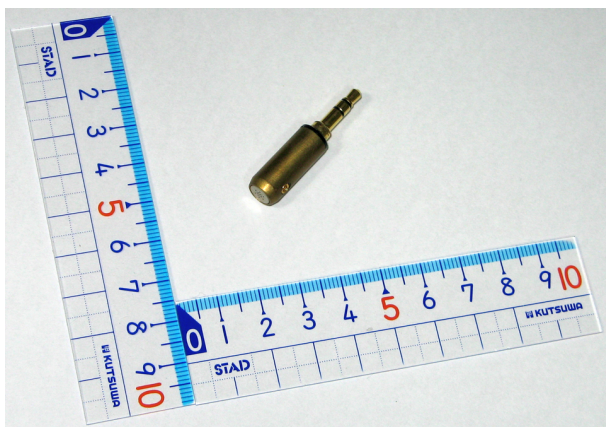


図2 無指向性（全指向性／音場型）マイク



図3 スピーカー Fostex FF125K

3. 適応フィルタの収束特性

実験時の適応ハウリング・キャンセラの適応フィルタの収束特性を図4に示します。図4の下段が適応フィルタ係数、上段がそれをフーリエ変換した周波数特性で原理的には音響系の特性と同一になります。ピーク利得20dBとなっていますが、適応ハウリング・キャンセラの音響系の利得と拡声システムとしての拡声利得とは異なることにご注意ください。音響系の利得の定義に関しては『7. 適応ハウリング・キャンセラの音響系の利得と拡声装置の拡声利得』をご覧ください。

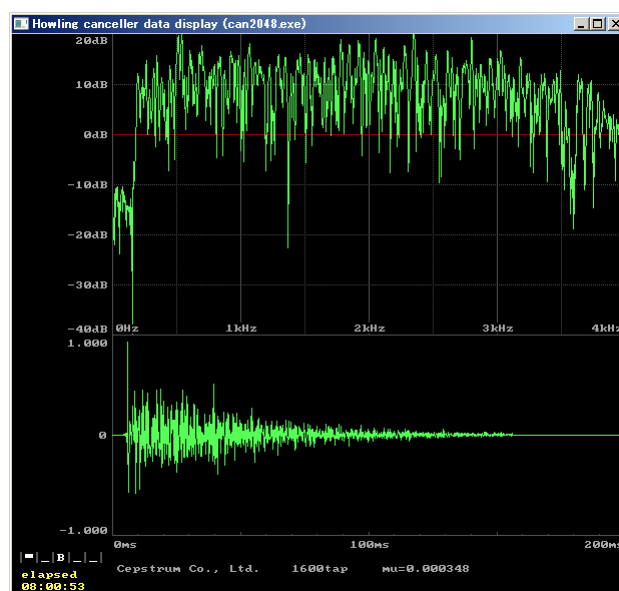


図4 適応フィルタの収束特性

下段が適応フィルタ係数、上段が係数をフーリエ変換した周波数特性

4. 実験結果（その1）

図5のマイク／スピーカー配置で実験をおこないました。 図5左が拡声システム無し（オフ）の状態、右が適応ハウリング・キャンセラ付きの拡声システムの動作時です。 拡声システムのオン／オフ比較実験になります。 ハウリング・キャンセラ付き拡声システムのマイク出力を分岐して、実験結果を録音しています。 録音データはHPFに通して低域の暗騒音をカットしています。

拡声システムの動作中にハウリング・キャンセラのみをオフにすると、ハウリングが発生してスピーカーが壊れてしまうので、そのような実験は不可能です。（スピーカーを駆動するパワー・アンプには出力100Wのものを使っています）

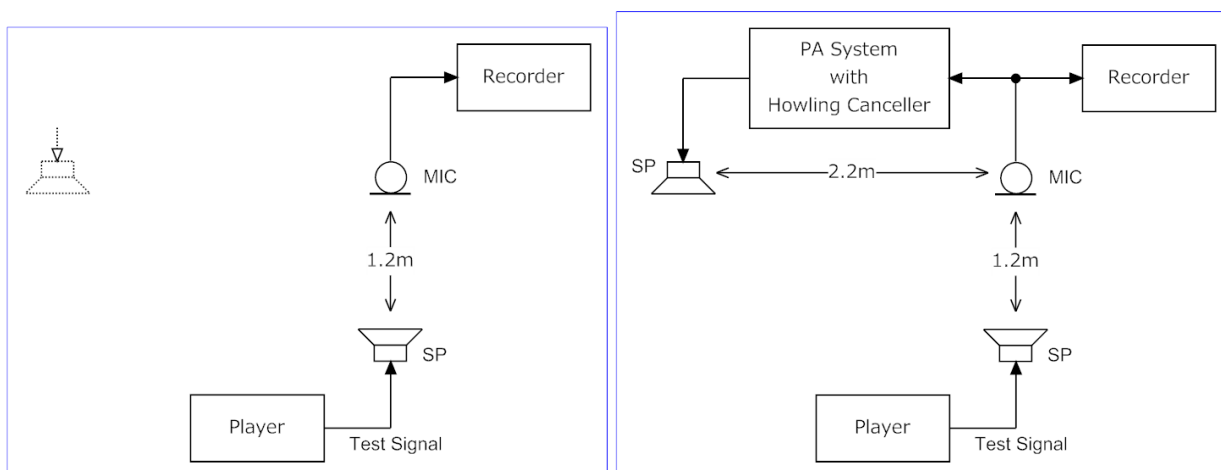


図5 マイク／スピーカーの配置
左が拡声装置オフ、右がオンの状態
テスト信号は拡声システムとは別のスピーカーから再生

音源に音声とMIDI再生音を用いた実験結果を図6に示します。 10分20秒のデータの前半5分10秒が拡声装置オフ、後半がハウリング・キャンセラ付き拡声装置動作中です。

再生音源wavファイル src_a.wav

実験結果録音wavファイル 0011.wav

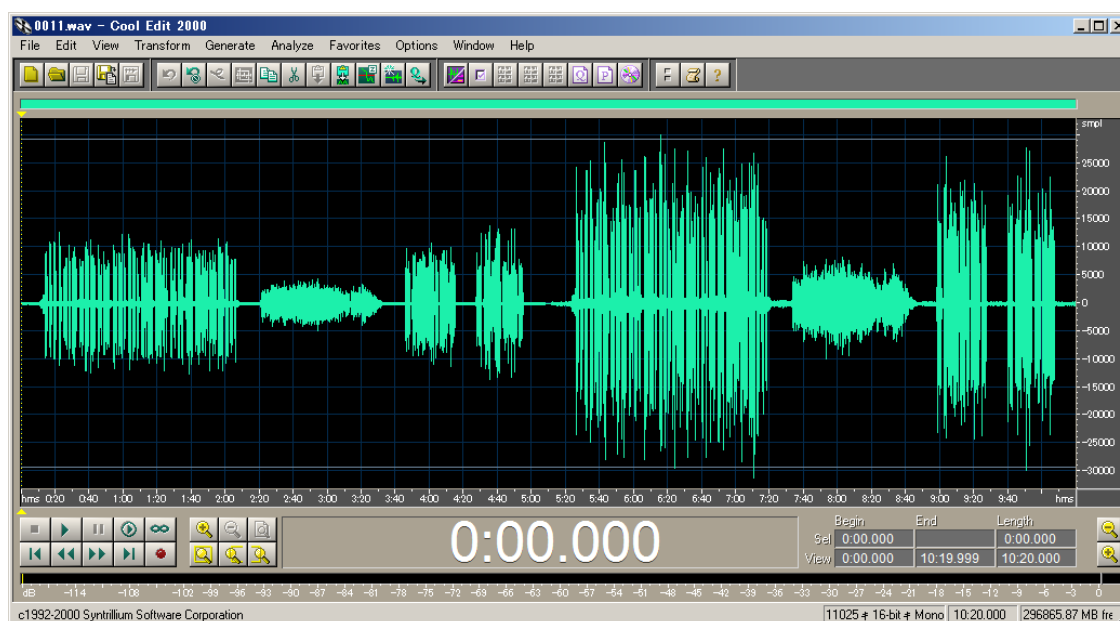


図6 図5の構成での実験結果
前半が拡声装置オフ、後半がオン

TV番組の音声を多重録音して適当に作った human speech like noise 様の音源を用いた実験結果を図7に示します。46秒のデータの前半23秒が拡声装置オフ、後半が拡声装置付きハウリング・キャンセラ動作中です。このデータを用いて計算したところ、音響系のピーク利得20dBの設定での平均利得は7dBとなりました。（この値は適応ハウリング・キャンセラの音響系の利得であって、拡声装置の拡声利得ではありません）

再生音源wavファイル src_b.wav

実験結果録音wavファイル 0012.wav

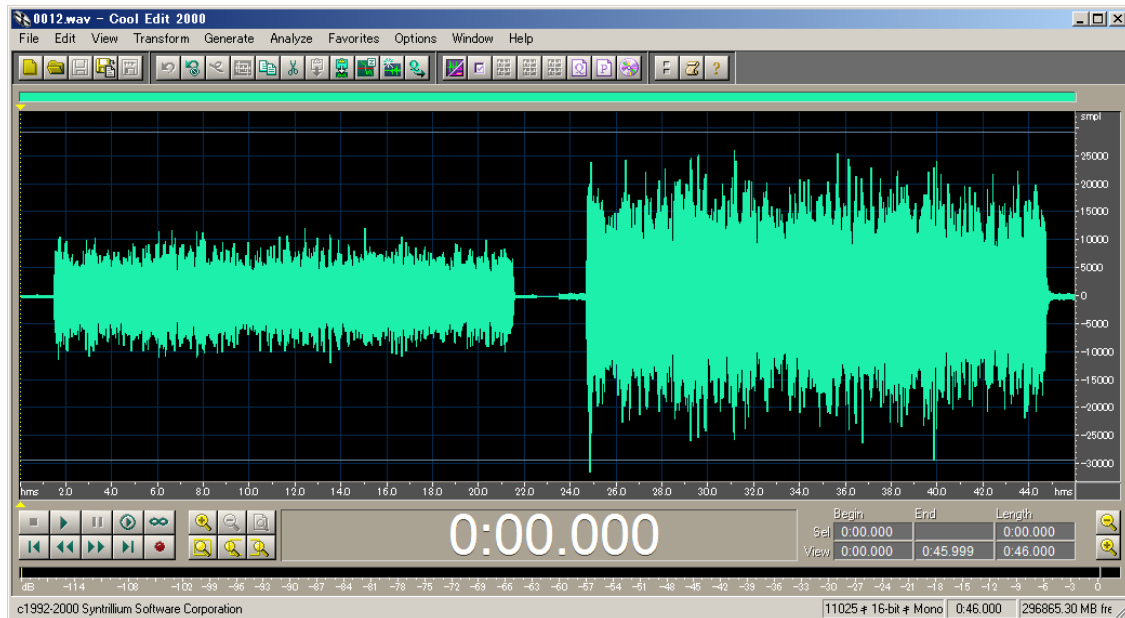


図7 図5の構成での実験結果

前半が拡声装置オフ、後半がオン

このデータから計算したところ、ピーク利得20dBの時の音響系の平均利得は7dBとなった

5. 実験結果（その2）

図8のマイク／スピーカー配置で実験をおこないました。 図8左が拡声システム無し（オフ）の状態、右が適応ハウリング・キャンセラ付きの拡声システムの動作時です。 拡声システムのマイクとは別のマイク（無指向性／全指向性／音場型）で実験結果を録音しています。 録音データはHPFに通して低域の暗騒音をカットしています。

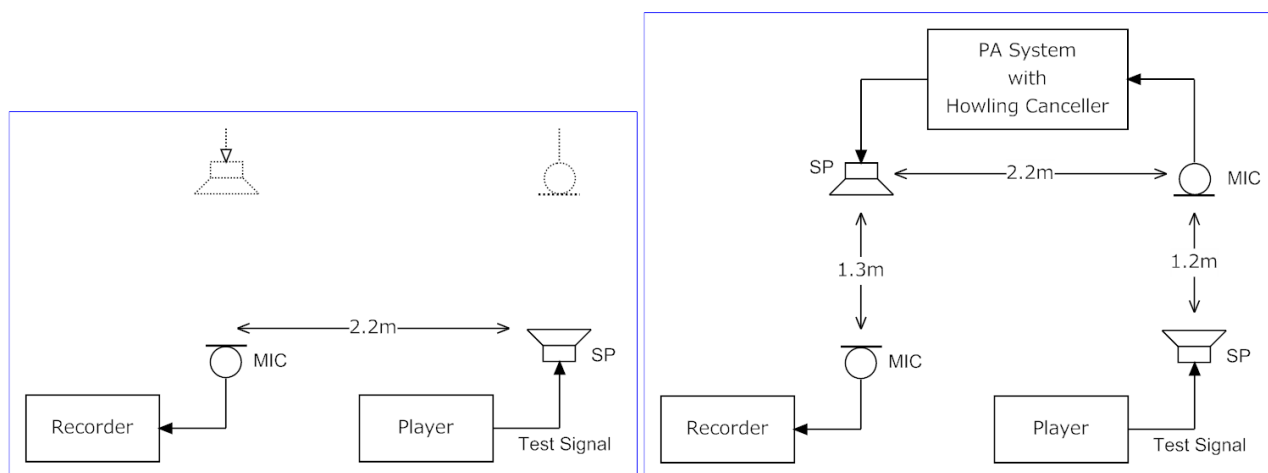


図8 マイク／スピーカーの配置
左が拡声装置オフ、右がオンの状態
テスト信号は拡声システムとは別のスピーカーから再生
実験結果の録音には無指向性（全指向性／音場型）マイクを用いた

音源に音声とMIDI再生音を用いた実験結果を図9に示します。 10分20秒のデータの前半5分10秒が拡声装置オフ、後半がハウリング・キャンセラ付き拡声装置動作中です。

再生音源wavファイル src_a.wav

実験結果録音wavファイル 0021.wav

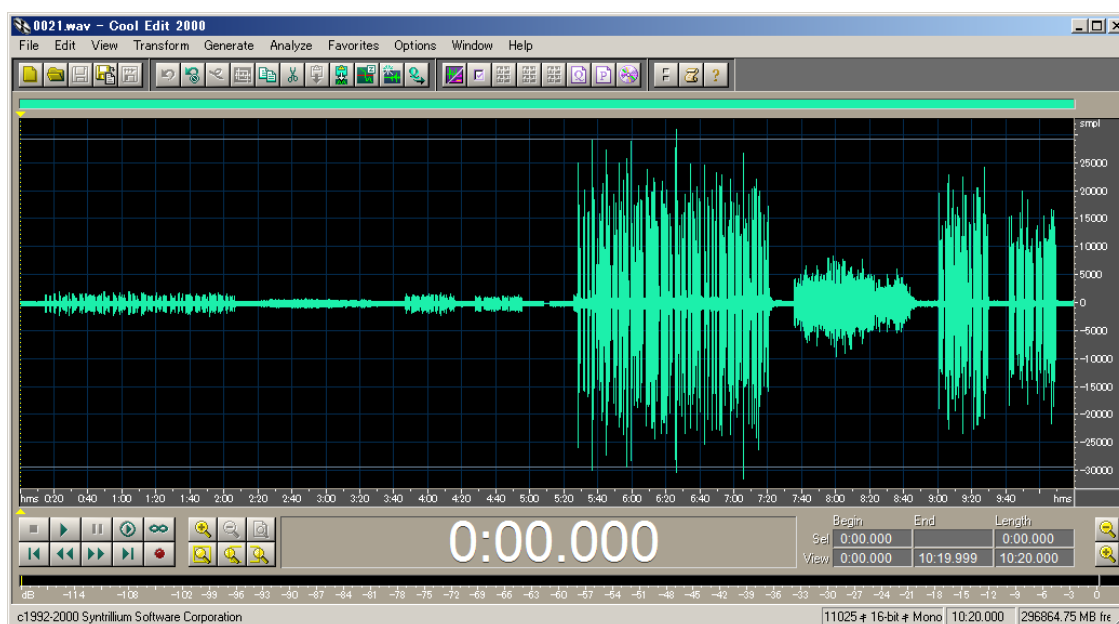


図9 図8の構成での実験結果
前半が拡声装置オフ、後半がオン

TV番組の音声を多重録音して適当に作った human speech like noise 様の音源を用いた実験結果を図10に示します。46秒のデータの前半23秒が拡声装置オフ、後半が拡声装置付きハウリング・キャンセラ動作中です。このデータを用いて計算したところ、音響系のピーク利得20dBの設定での拡声装置の拡声利得は平均20dBとなりました。

再生音源wavファイル src_b

実験結果録音wavファイル 0022.wav

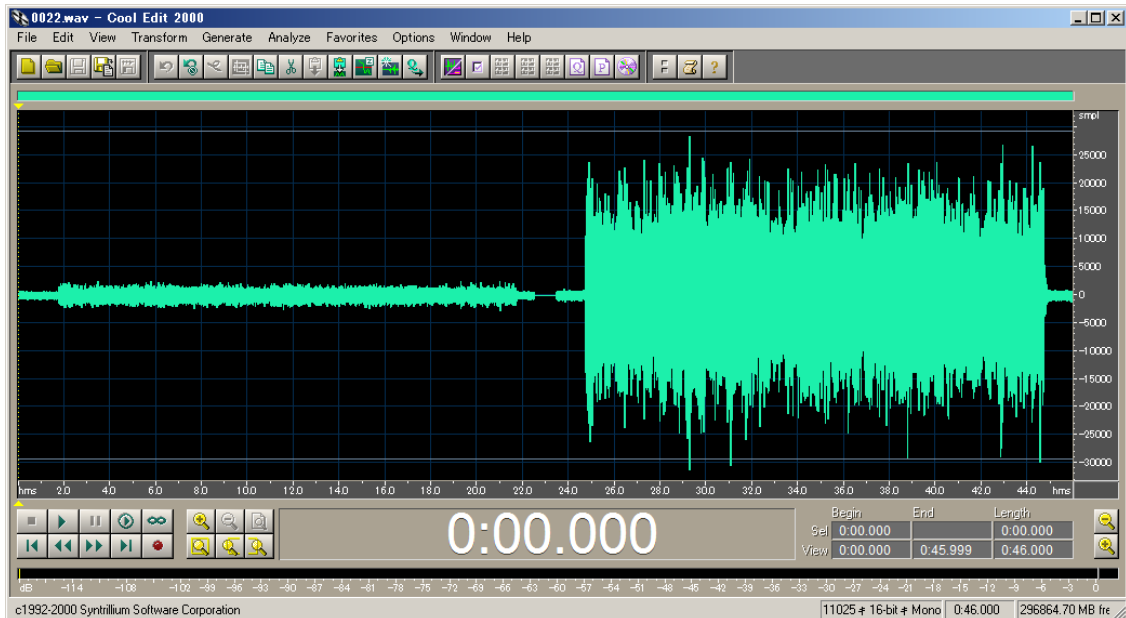


図10 図8の構成での実験結果
前半が拡声装置オフ、後半がオン

6. 実験結果（その3）

音響系の伝達特性の急激な変動により、一時的にハウリング音が発生する状況を確認する実験をおこないました。図8右の配置で、実験中にハウリング・キャンセラ付き拡声装置のスピーカー／マイク間を人が歩き回りました。

リミッターで振幅が制限されているので、耳をつんざくようなハウリング音は発生しません。人が歩行を止めて、音響系の特性変動が無くなればすみやかに安定状態に戻ります。

（NHKで番組制作の音声の仕事をしていたことがある友人のところでデモをすると、一時的なハウリング音発生を非常に気味悪がられるのですが、決して機材の破損を招くような事態にはなりません）

再生音源wavファイル src_c.wav

実験結果録音wavファイル 0031.wav

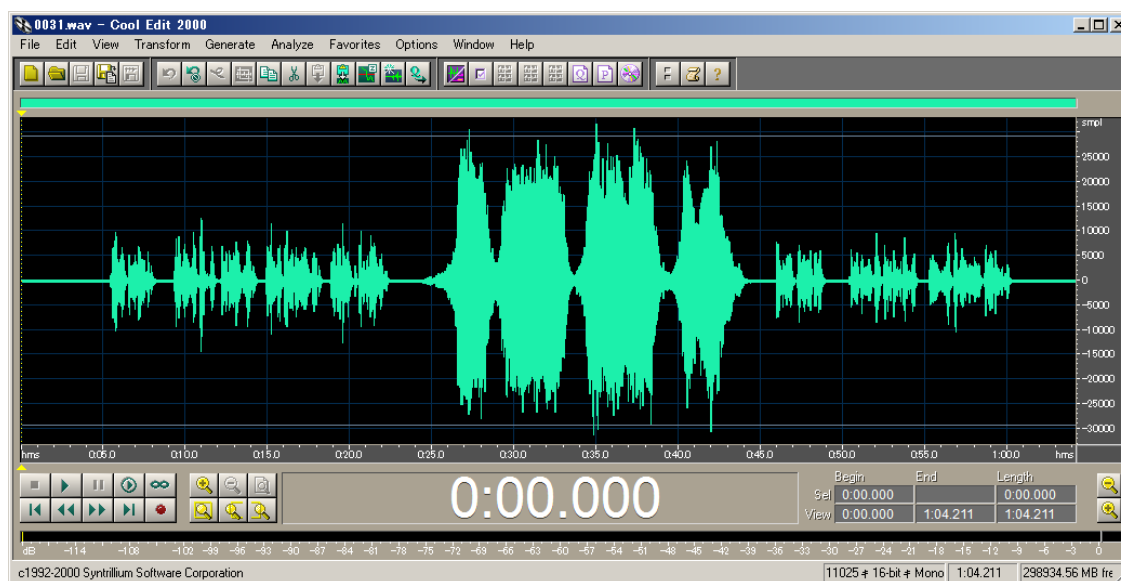


図 1 1 図8右の配置での実験結果
テスト信号の22秒までは男声、45秒以降は女声、
中間の無音部分で拡声装置のスピーカー／マイク間を人が歩き回った

7. 適応ハウリング・キャンセラの音響系の利得と拡声装置の拡声利得

適応フィルタ係数（図4）より求めることが出来る適応ハウリング・キャンセラの音響系の利得と拡声装置の拡声利得の違いを簡単に説明します。

適応フィルタ係数から求められる利得は、ハウリング・キャンセラ付き拡声装置のスピーカー／マイク間の音響系の利得です。（図12）

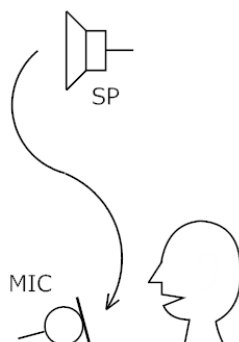


図12 適応ハウリング・キャンセラの音響系の利得
音響系の利得は拡声装置のスピーカー／マイク間の音響系の利得をあらわす

拡声利得は、拡声システムの働きによって聴衆の位置で話者の声がどれだけ大きく聞こえるようになるかを示すものです。（図13）

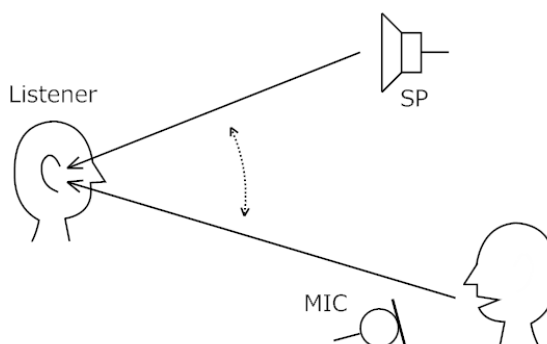


図13 拡声装置の拡声利得
拡声装置によって、聴衆の位置で話者の声がどれだけ大きく聞こえるようになるかを示す