

能動制御型防音塀の効果*

清水 康男 (ニチアス), 青木 雅夫 (青木応用音響)

はじめに

防音塀による遮音の効果はその高さを高くすることにより増大するが, 施工性, 経済性の問題の他に, 景観, 日照等の周辺の環境に与える影響も増大する. 近年, 防音塀の効果をより高めるために能動制御の手法を取り入れた防音塀に関する研究が進められてきている.^{1) 2) 3) 4)}

われわれは, 実際の騒音源に対して塀のエッジポテンシャルを消去する能動制御型防音塀の実用化に向けて検討を進めてきた^{5) 6) 7)}. 無響室内の縮尺模型実験 (1/4程度) では, 測定範囲内で数 dB から 10 数 dB の遮音効果の増大が認められ, さらに屋外での実験から, 防音塀背後の広い範囲において 5 から 6 dB の効果をみる事ができた. さらに複数の独立なコントロールシステムを併用しても, 干渉による悪影響等も見られず, 広範囲の対策にも適用の可能性があることがわかった.

ここでは, 実用化に向けて構成したプロトタイプの概要と性能を報告する.

屋外実験

ここまで, 基本的なシステムについて性能を確認しつつ実験を行ってきたが, 実用化に向けてのコスト低減を計るために,

- 1) 制御範囲の拡大
- 2) スピーカの数減少
- 3) コントローラの能力の最大限の利用

等を考慮したシステムの構成の検討を行った.

参照源 1, 2 次スピーカ 3, エラーマイク 4 の CASE [1, 3, 4] の複数システムを 1 コントローラを用いて制御する方法を検討した. 複数システムに分割することにより, コントローラ内部に構築しなければならないデジタルフィルタの数を大幅に減らすことができるためである. たとえば CASE [1, 9, 12] のシステムでのフィルタの数は $9 + 9 \times 12 = 117$ となるのに比べ, CASE [1, 3, 4] \times 3 システムでは, $(3 + 3 \times 4) \times 3 = 15$ となり, その数を半減させることができる.

そこで, スピーカの数エラーマイクの数より

減らした CASE [1, 3, 4] \times 2 のシステムと, CASE [1, 6, 6] の 2 つのシステムの能動制御の効果の差異を屋外の実験で検討した. CASE [1, 3, 4] \times 2 システムについては, 2 つのセットの間を離して配置した場合についても検討した (図 1). なお, マイクの基本間隔, 2 次音源の基本間隔は 0.6 m である.

騒音源は, インバータ制御されたブロワーを用いた (写真 1). その発生騒音は 1/3 オクターブバンドの中心周波数 125 Hz に卓越周波数を持つように調整し, 屋外にて実験を行った. 主な騒音の発生高さは約 1 m であり, 塀から 2.94 m 離れた位置に配置した.

防音塀は, 密度 150 kg/m^3 , 厚さ 25 mm のロックウールを 0.8 mm 厚の鋼板および厚さ 0.6 mm のパンチングメタル板で挟んだサンドウィッチパネルを空気層 150 mm を介した 2 重構造のものを用いた. この構造の透過損失は 125 Hz で 38 dB 程度である. 防音塀の長さは約 16 m である.

*An Application of active control technique on noise barrier.
By Yasuo Shimizu (NICHIAS Corp.) and Masao Aoki (Aoki applied Acoustics.)

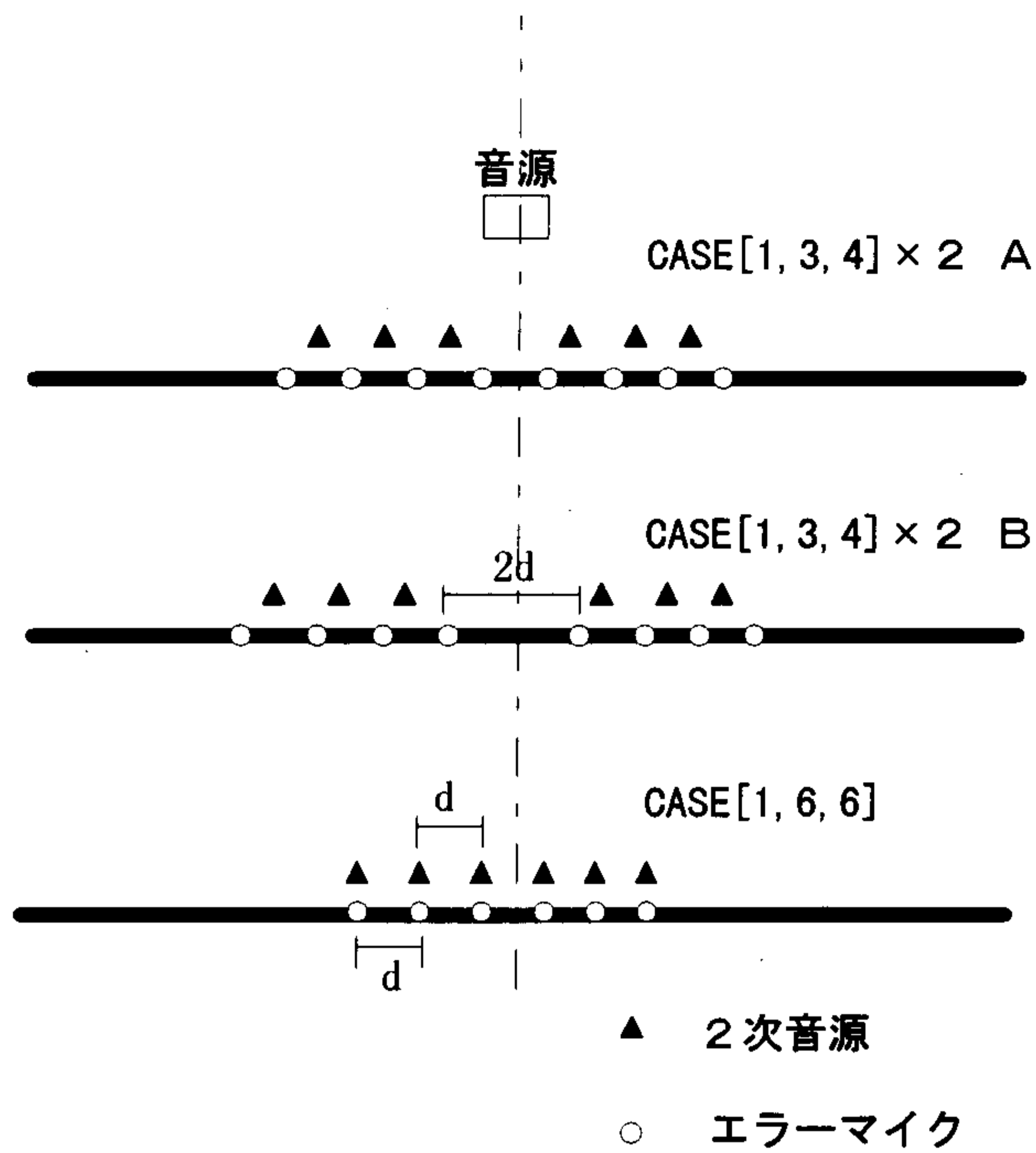


図 1. 2次音源とエラーマイクの配置

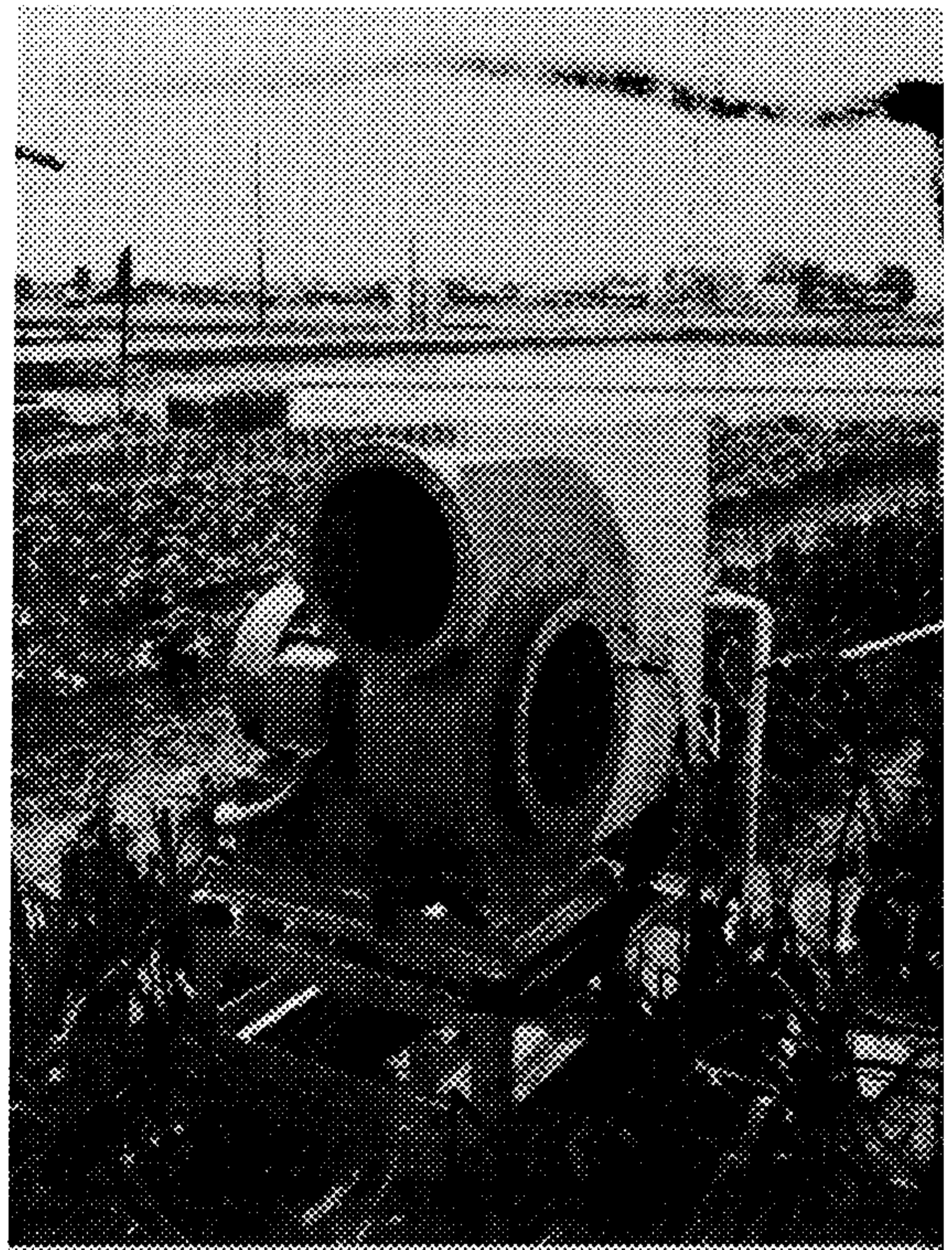


写真 1. 騒音源として用いたブロー

その結果を図 2 に示す。防音塀中央部の背後からの音圧レベルの距離減衰を示してある。周波数は 125Hz の 1/3 オクターブバンドである。すべてのケースで山谷を示しながら減衰し、一部を除けば 3 ~ 7 dB の能動制御の効果が見られる。測定点

の密度があまり高くない実験ではあるが、CASE [1, 3, 4] \times 2 の効果は CASE [1, 6, 6] と比べて差は大きくなく、むしろ制御の効果がよい範囲もある。CASE [1, 3, 4] のセットの間隔を通常の間隔の 2 倍とした場合でも大きな効果の減少は見られない。

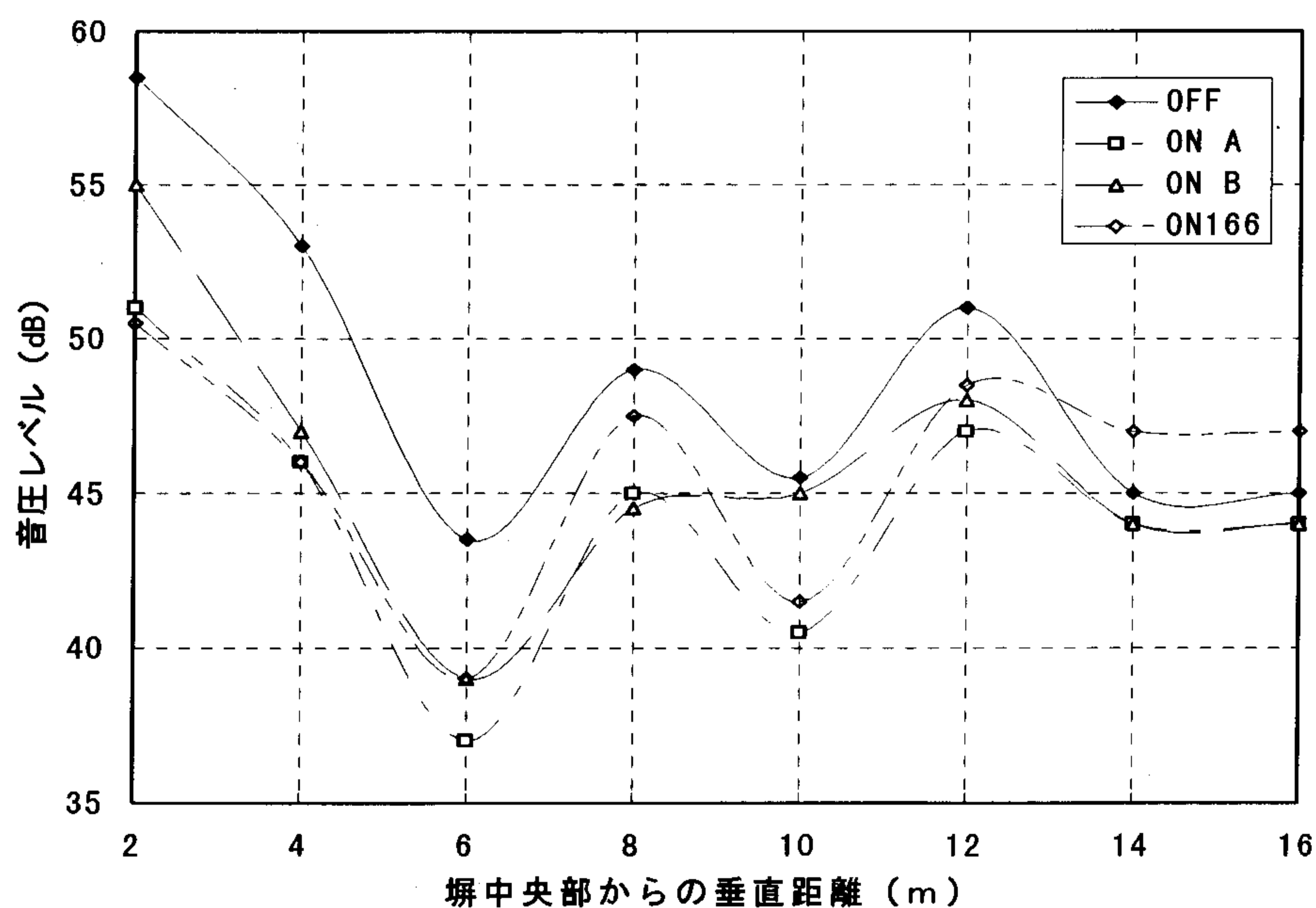


図 2. CASE等の違いによる距離減衰の比較

プロトタイプ仕様

次に、現在使用しているコントローラにより、CASE[1, 3, 4]のセットを最大個数制御するために、ソフトウェアおよび、専用のデジタルフィルタチップの使用方法を試行錯誤し、現在では、1コントローラで、4セットの制御が可能となっている。これは、当初計画の約2倍の処理能力を有することになった。

これまでに検討してきた事項を踏まえ、写真2に示すようなシステムを構築した。塀の頂上には、

降雨、風切雑音の除去を目的としたアルミ繊維吸音材により制作したカバーを設け、内部にマイクロホンが設置されている。騒音源側に取付金物によって支持された2次スピーカが設けられている。スピーカボックスの中には3個のスピーカが取り付けられており、このスピーカもアルミ繊維板により降雨対策を施してある。

制御可能な上限周波数を決定するdは、250Hz 1/3オクターブバンドの上限周波数280Hzの半波長0.6mとしている。²⁾

表1は構成している機器の仕様一覧である。

表 1. プロトタイプのシステムを構成している機器の仕様

コントローラ	アルゴリズム	CASE[1, 3, 4]の MEFX LMS 8)
	対象周波数	250Hz以下
	サンプリング周波数	1kHz
	タップ長 (C [^])	最長256 (可変長)
	タップ長 (W)	最長256 (可変長)
	入力 (AD)	17ch
	出力 (DA)	12ch
	その他	スタンドアロン化可能
マイクロホンセット	電源	DC 5V 消費電力 0.2W以下
	チャンネル数	2ch
	入力感度	-31dB ± 3dB
	周波数特性	50 ~ 5000Hz
	出力インピーダンス	600Ω以下
	仕上 寸法	アルミ繊維板カバー付 1,200(W) × 150(H) × 200(D)
スピーカセット	定格入力	80W
	公称インピーダンス	8Ω
	周波数特性	50Hz ~ 4,000Hz
	出力音圧レベル	90dB (1W/1m)
	出力音圧レベル 100Hz	84dB (1W/1m)
	使用スピーカ	200Φダイナミックスピーカ × 3
	仕上 (ケース)	エポキシ塗装 + ウレタン塗装
	仕上 (前面ネット)	アルミ繊維板パンチングメタル付
寸法	1,516(W) × 244(H) × 252(D)	

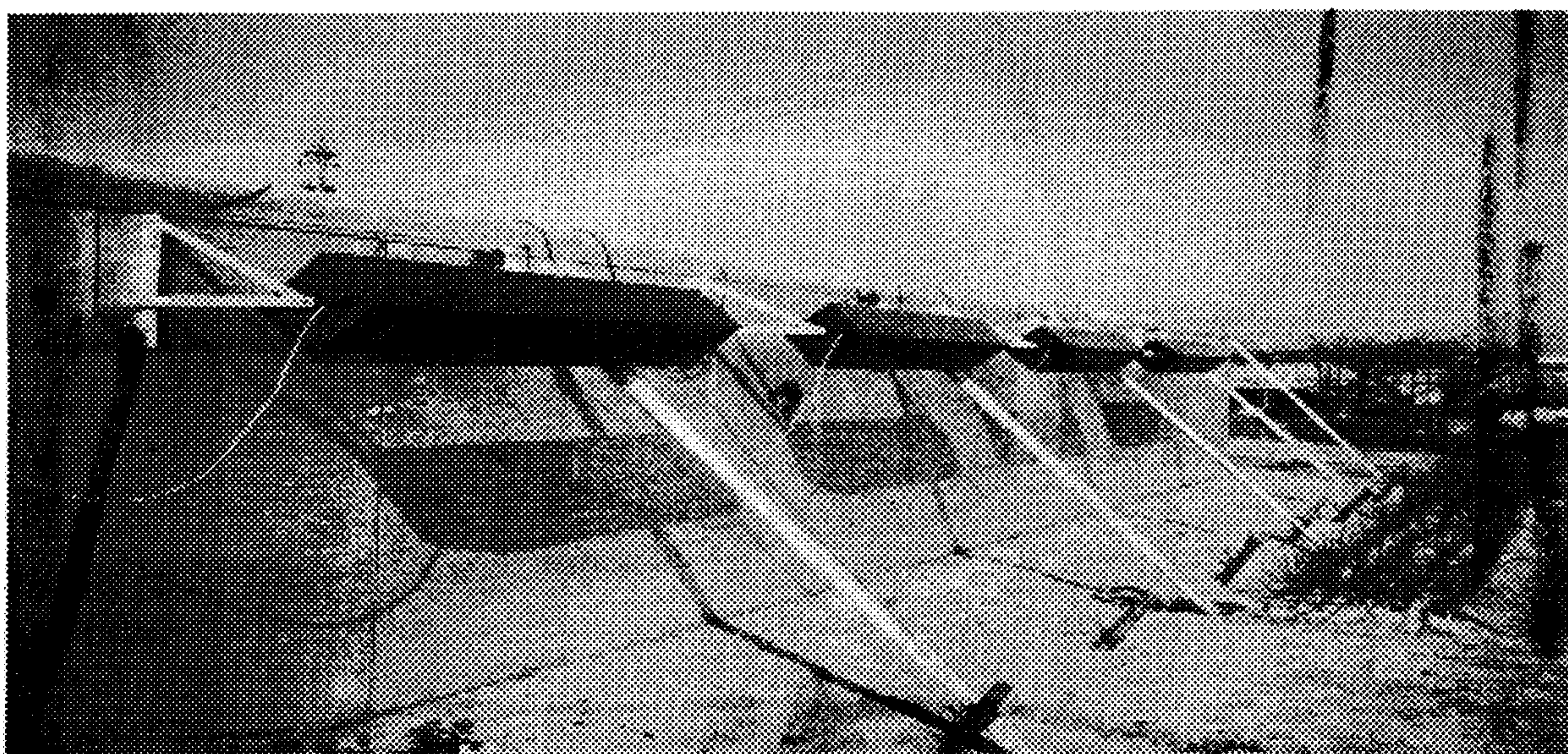


写真 2. プロトタイプの防音塀設置例

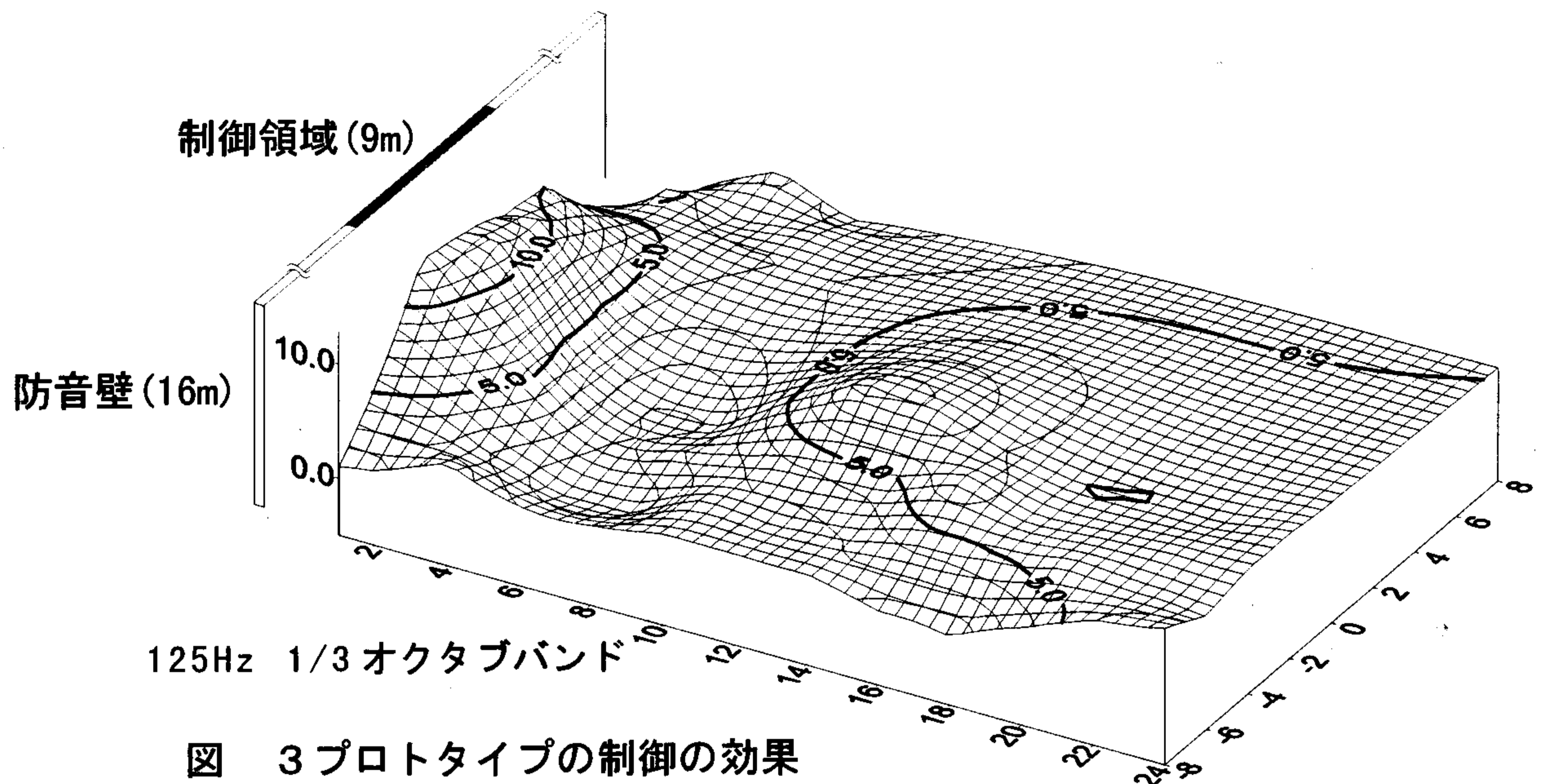


図 3 プロトタイプの制御の効果

図 3は、屋外に設置したプロトタイプの防音塀の能動制御の効果を示したものである。

防音塀から6～8mの範囲で若干効果の低い領域が見られるが、広範囲に5dB程度の効果が表れている。

今後の課題

3次元空間の騒音抑制に適応システムを用いた能動制御による騒音低減の技術は現在では、ごく限られた空間に対してしか効果が無いとされている。

本研究開発のテーマである障壁を介した能動制御の手法は、防音塀の背後の広範囲にその効果が認められ、騒音対策上非常に有用であることが、これまでの実験・検討からも明らかになった。

さらに今後、周辺条件（反射構造物の影響、地表面の性状）、囲い型の防音塀への適用等、より現実的な条件下での検討を行っていきたい。

謝辞

これらの実験について多くの助言、指導をいただいた九州芸術工科大学、藤原教授、尾本助手に感謝いたします。

参考文献

- 1) 尾本章 他、「防音塀エッジポテンシャルの能動消去」、日音学誌、47巻、11号、1991.
- 2) 尾本章 他、「能動制御型防音塀に関する基礎研究—3次元音場における実測例について—」、日音学会騒音研究会資料、No. N-92-06、1992.
- 3) 伊勢史郎 他、「塀の遮音に対するアクティブ制御の試み」、日音騒制工学会講論集、1989.9.
- 4) 尾本章、「障壁による回折音の能動制御に関する研究」、東京大学学位論文、1995.1.
- 5) 清水康男他、「能動制御型防音塀の効果について」、日本騒音制御工学会講演論文、1993.9.
- 6) 尾本章、清水康男他、「障壁による回折音の能動制御に関する研究—屋外での実験結果について—」、日本音響学会応用音響研究会、EA-93-76、1993.11.
- 7) A. Omoto, Y. Shimizu et al, Active Suppression of Sound diffracted by Barrier :- Experiment in the outdoors -INTER-NOISE 94, 1994.8.
- 8) 浜田晴夫 他、「アクティブ・ノイズコントロール・チェアの実現—エラースキニング適応制御アルゴリズムの応用—」、信学技法、EA-90-2、1990
- 9) B. Widrow et al, "Adaptive Signal Processing", Prentice-Hall, 1985.