救急車内に伝播するサイレン音の減衰装置に関する研究開発（第４報）

原　聡*，渡邊　久夫*，髙井　啓安*，大原　義雄**

概　要

平成７年度から、救急車内に伝播する電子サイレン音を低減させる装置の研究開発を進めてきた。これは、救急隊員と傷病者の情報交換や、容態観察時傷病者の心音・呼吸音の確認が容易に行えるように、車内環境の改善を図ることを目的としている。

前回の実験結果等をもとに、アクティブ騒音制御方式を応用したサイレン音減衰措置を改良製作した。現在はこの装置を第一線の救急車に搭載して、試験的運用を実施している。

1　はじめに

救急車内において、救急隊員と傷病者等との情報交換や傷病者の心音呼吸音の確認などが容易に行えるよう、救急車内環境の改善を図ることを目的に、救急車内に伝播するサイレン音を減衰させるため、アクティブ騒音制御方式を応用した単一指向特性スピーカー装置（以下「装置」という。）を製作し、その概要と実験結果等について報告する。

2　サイレン音の指向特性

緊急車両の警報音としての要件のひとつである、車前20m位置で90dB以上120dB以下という条件を満足しつつ、かつ、車内のサイレン音を低減させる単一指向性のサイレン用スピーカーを開発した。

現在使用されているサイレンスピーカーは、前後方向、左右方向どの位置でも同程度のサイレン音圧がある無指向特性を有している。これに対して今回開発したスピーカーは、後方分のエネルギーが減少しているため、車内のサイレン音が減衰する単一指向特性を有している。

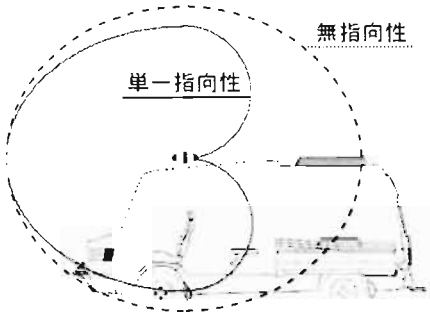


図１　無指向性と単一指向性

3　装置の概要

(1) 装置の構成

装置は、スピーカー、警報音用アンプ、制御音用アンプ、制御装置及び誤差検出器（コンデンサマイクロホン）からなり、その構成を図２に示す。

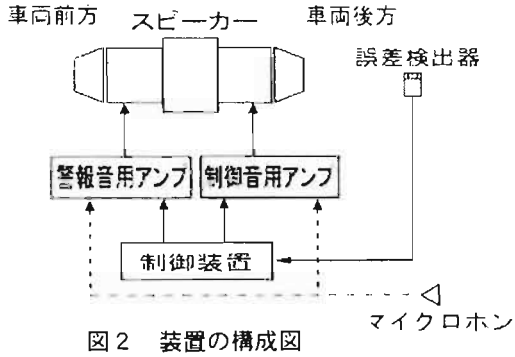


図２　装置の構成図

(2) スピーカー部

スピーカーは、警報音用と制御音用の２つからなり、それぞれのドライバーユニット及びそれらの中央にあるホーンで構成されている。それぞれのドライバーユニットから出力された音波は、その進行方向に垂直な面が連続的に変化するホーンに導かれ、ユニットの前方向への指向特性を持った音響特性を得ている。

(3) 誤差検出器（コンデンサマイクロホン）

コンデンサマイクロホンは、サイレン音の車内減衰を最大にするため、車両の天井外側で制御音用スピーカーの後方約20cmの位置に設置（調整後除去）し、前方スピーカーからの警報音及びその逆位相となる後方のスピーカーの制御音を検出し、制御装置に入力する。

*第三研究室、**本郷消防署

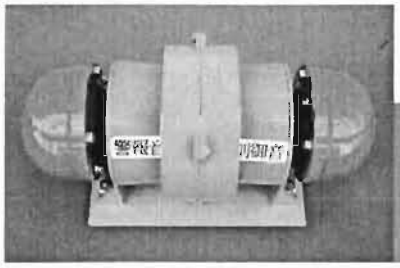


写真１　スピーカー

写真２　ｺﾝﾃﾞﾝｻﾏｲｸﾛﾎﾝ

(4) 制御装置

制御装置は、装置内にあるサイレン音発生器からの信号とコンデンサマイクロホンからの信号を解析し、警報音と制御音の誤差が小さくなる（逆位相）ように演算を行い、制御信号の合成パラメーターを自動制御する。

写真３　制御装置

(5) アンプ部

警報音及び制御音用スピーカーそれぞれに対して、独立したアンプが設けられている。

警報音スピーカー用アンプは制御装置のサイレン音発生器の出力を受け、制御音スピーカー用アンプは制御装置のサイレン音発生器の逆位相信号出力を受け、それぞれを増幅する。

(6) 試作サイレンカバー

現有の散光式警光灯に装置を搭載した場合は、その構造による反射の影響があり大きな減衰効果が得られなかったので、開放面積の大きいサイレンカバー（写真４）を試作して実験した。

写真４　試作サイレンカバー

ステンレス製メッシュカバー
４mm×２５mm の長穴
開放面積：４６％
（既存カバー
2mm×20mm の長穴
開放面積：32％）

４　装置の性能試験

(1) 連続動作試験：６時間連続運転

装置に異常は認められなかった。

(2) 温度試験：恒温槽の中に動作状態で放置（２時間）

装置に異常は認められなかった。（槽の温度を－20、0、10、40、60℃と変えて行う。）

(3) 震動試験

装置の外観及び性能に異常は認められなかった。

（○上下方向：3.0G、16.7～200Hz、15 分×16 回
○左右・前後方向：3.0G、16.7～200Hz
15 分×８回）

５　車両積載時のサイレン音圧実験

(1) 実験日時

ア　平成 11 年８月 16 日（月）～20 日（金）
イ　平成 11 年９月 20 日（月）～27 日（月）
ウ　平成 11 年 11 月 22 日（月）・26 日（金）

(2) 実験場所

豊洲訓練所：江東区豊洲６丁目３番

(3) 実験項目

車両を停止させた状態で次の実験を実施する。

ア　サイレン音減衰装置の音圧測定（実験車両：Ｅ車）
　(ｱ) 車外及び車内における無指向性にした場合と単一指向性にした場合のサイレン音圧分布の測定
　(ｲ) 建物付近において、前(ｱ)と同一の測定
イ　救急車種別の車外及び車内におけるサイレン音圧測定（実験車両：Ａ車、Ｂ車、Ｃ車、Ｄ車、Ｅ車）

(4) 実験車両

ア　Ｅ救急車：写真５
イ　Ａ救急車：写真６
ウ　Ｂ救急車：写真７
エ　Ｃ救急車：写真８
オ　Ｄ救急車：写真９

写真５　Ｅ車

写真６　Ａ車

写真７　Ｂ車

写真８　Ｃ車

写真９　Ｄ車

(5) 実験計測及び分析機器

ア　精密騒音計（ＲＩＮＯ）

イ　デュアルチャンネル騒音解析装置（ＲＩＮＯ）

ウ　データレコーダ（ＴＥＡＣ）

(6) 実験装置設定状況及び実験風景

写真 10　実験装置設定状況

写真 11　実験風景

(7) 実験方法

ア　サイレン音減衰装置の音圧測定

(ｱ) 制御装置で逆位相の信号音送出を停止した場合の無指向性サイレン音と制御装置に誤差検出器を接続し逆位相の信号音を制御用スピーカーから送出した場合の単一指向性サイレン音について実施する。

(ｲ) 救急車両の前方 20mで地表からの高さ 1.5mの位置において、無指向性及び単一指向性のサイレン音圧を 90dB に合わせ、音圧分布を測定する。

(ｳ) 車外においては、救急車を中心とする半径 20mの円周上８カ所（図３のとおり）、車内においては、隊長席等６カ所（図４のとおり）を計測する。

(ｴ) 各測定位置において、無指向性及び単一指向性のサイレン音を数秒間鳴動させ、960Hz 及び 770Hz の平均音圧を計測する。(前(3)実験項目、ア、サイレン音減衰装置の音圧測定)

(ｵ) 建物によるサイレン音への影響実験は、図５のとおり車両を設定して各種の実験を実施する。(前(3)実験項目、ア、サイレン音減衰装置の音圧測定)

イ　救急車種別のサイレン音圧測定

前(ｴ)と同様に実施する。

(8) 測定位置

ア　車外における音圧測定位置（図３のとおり）

①０°
②４５°
③９０°
④１３５°
⑤１８０°
⑥２２５°
⑦２７０°
⑧３１５°

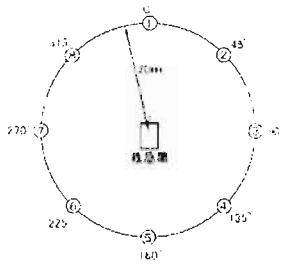


図３　車外における音圧測定位置

イ　車内における音圧測定位置（図４とおり）

①隊長席（座面から 70cm の高さ）
②ストレッチャー頭部（マットから 10cm の高さ）
③ストレッチャー中央部（マットから 10cm の高さ）
④天井・後側
⑤天井・前側
⑥運転席（座面から 70cm の高さ）

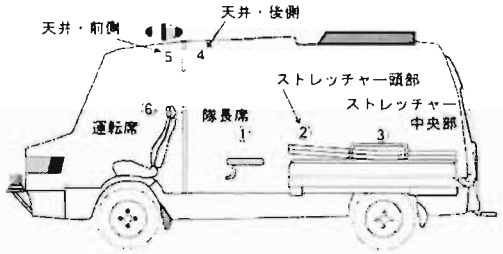


図４　車内における音圧測定位置

ウ　建物付近の車外における音圧測定位置（図５のとおり）

①０°
②４５°
③９０°
④１３５°
⑤１８０°

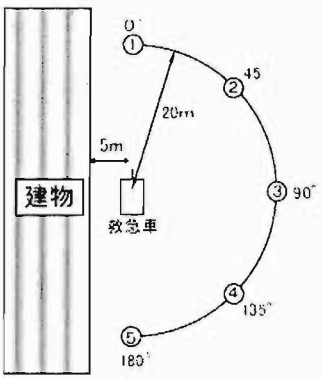


図５　建物付近の車内における音圧測定位置

(9) 実験結果

ア　サイレン音減衰装置の音圧測定

(ｱ) 車外及び車内における、無指向性及び単一指向性のサイレン音圧分布を表１に示す。

(ｲ) 表１の車外における、周波数別無指向性及び単一指向性のサイレン音圧分布を図６－１及び６－２に示す。

(ｳ) 表１の車内における、救急車内の測定位置別サイレン音圧分布を図７－１、７－２、７－３、７－４、７－５及び７－６に示す。

イ　救急車種別のサイレン音圧測定

(ｱ) 車外及び車内における救急車種別のサイレン音圧分布と単一指向性のサイレン音圧分布の比較を表２に示す。

(ｲ) 表２の車外における、救急車種別サイレン音圧分布を図８、９、10、11、12 及び 13 に示す。

ウ　建物付近の車外における音圧測定

(ｱ) 建物付近のサイレン音圧分布を表３に示す。

(ｲ) 表３の車外における、周波数別無指向性及び単一指向性のサイレン音圧分布を図 14－１及び 14－２に示す。

(ｳ) 表３の車内における、救急車内の測定位置別サイレン音圧分布を図 15－１、15－２、15－３、15－４、15－５及び 15－６に示す。

6　救急隊員に対するアンケート調査

実験データの検証を行うため、サイレン音減衰装置を無指向性にした場合に対する単一指向性にしたときのサイレン音車内減衰効果について、救急救命士 10 人（救急部）にアンケート調査を実施した。

(1) 調査内容

無指向性及び単一指向性のサイレン音を 10 秒間鳴動させ、「隊員と機関員との会話の内容把握」、「聴診器使用時、血圧測定時の各音の確認」、「心電図操作時の各音の確認」、「血中酸素飽和濃度測定時の各音の確認」及び「サイレン音の不快感解消」について行った

(2) 調査結果

調査結果を表４に示す。

7　考察

(1) サイレン音減衰装置の音圧測定

単一指向性サイレン音は、無指向性サイレン音より救急車内において減衰している。（表１）

特に、③ストレッチャー中央部位置では 12dB（図７－3）、それ以外の①隊長席及び②ストレッチャー頭部位置では７dB（図７－１及び７－２）の減衰効果がある。

(2) 救急車種別のサイレン音圧測定

ア　車外のサイレン音圧

単一指向性のサイレン音圧は、救急車外の右側・③90°方向及び左側⑦270°方向において、無指向性サイレン音と比較して４～８dB 減衰するが、Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄ及びＥ車のサイレン音圧よりも大きい。（表２・網掛け部分）

前方０度方向を規定値に設定した場合、０～90°方向においても各車種に比べほとんど変わらず、大きな減衰もなく、サイレン使用時に問題はないと考えられる。

イ　車内のサイレン音圧

単一指向性のサイレン音圧は、救急車内の①隊長席、②ストレッチャー頭部及び③ストレッチャー中央部位置において、D車を除いた他救急車両のサイレン音圧よりも低く減衰効果がある。(表２・網掛け部分)

(3) 建物付近においてのサイレン音圧分布の測定

建物の側近で無指向性サイレン音に減衰装置をかけて単一指向性サイレン音にした場合でも、車外の単一指向性サイレン音の指向性と車内での減衰効果は変わらない。従って、建物の影響はないと考えられる。(表３)

(4) 救急隊員に対するアンケート調査

救急隊員に対するアンケート調査の結果、「隊員と機関員（録音テープ）との会話の内容把握」、「聴診器使用時、血圧測定時の各音の確認」及び「サイレン音の不快感解消」の各項目では、全員が「効果がある」と回答し、「隊員(録音テープ)と機関員との会話の内容把握」、「心電図操作時の各音の確認」及び「血中酸素飽和濃度測定時の各音の確認」の各項目では、ほとんどの人が「少し効果がある」との回答があった。(表４)

従って、人間の聴覚によってもかなりの効果が認められる。

8　まとめ

今回の実験結果から、開発した減衰装置の単一指向性サイレン音は救急車内において約10dB減衰し、サイレン音の圧力がおよそ３分の１となり、かなりの減衰効果がある。

このことは、救急隊員に対するアンケート調査結果からも、救急隊員と傷病者等との情報交換や傷病者の心音呼吸音の確認などが容易に行えるとの結果を得ていることから、相当の効果が認められた。

また、救急車外では現在使用されているサイレン音とほとんど変わらなく、警報機能には支障ない。

9　おわりに

第一線の救急車に搭載しての救急隊員によるアンケート調査を引き続き実施したい。

また、車両後方における減衰も相当あり、騒音抑制の面からも効果があり、広く取り入れられることを期待したい。

表１　車外・車内における無指向性及び単一指向性サイレン音圧
（単位：dB）

	測定位置	周波数 (Hz)	サイレン音 ①無指向性	サイレン音 ②単一指向性	音圧差 ②－①
車外	①０°	960	89	88	-1
		770	91	90	-1
	②45°	960	89	85	-4
		770	82	83	1
	③90°	960	93	85	-8
		770	92	85	-7
	④135 °	960	77	74	-3
		770	86	77	-9
	⑤180 °	960	81	63	-18
		770	79	71	-8
	⑥225 °	960	87	82	-5
		770	90	81	-9
	⑦270 °	960	87	80	-7
		770	91	87	-4
	⑧315 °	960	88	84	-4
		770	94	90	-4
車内	①隊長席	960	76	69	-7
		770	83	76	-7
	②スト頭部	960	67	62	-5
		770	80	73	-7
	③スト中央部	960	62	64	2
		770	78	66	-12
	④天井・後側	960	78	55	-23
		770	76	66	-10
	⑤天井・前側	960	75	74	-1
		770	78	74	-4
	⑥運転席	960	61	58	-3
		770	69	62	-7

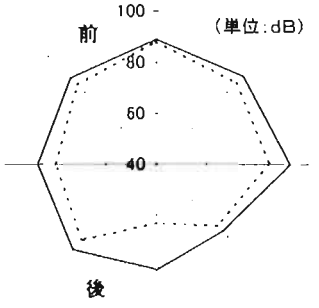


図６－１　960Hz・サイレン音圧分布

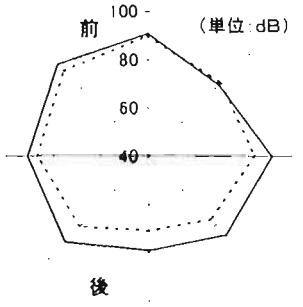
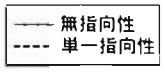


図６－２　770Hz・サイレン音圧分布



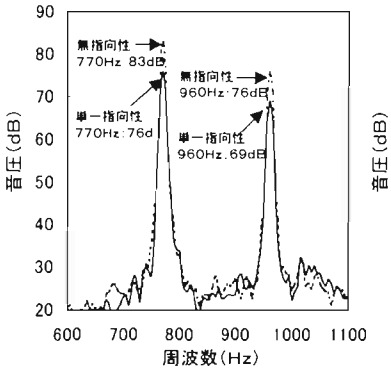


図7-1 隊長席の音圧

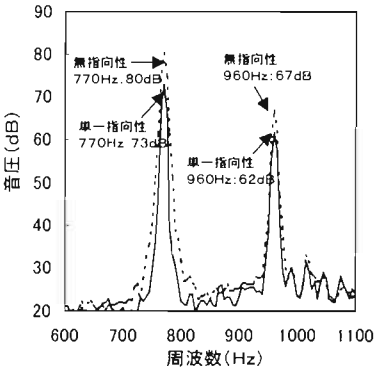


図7-2 ストレッチャー頭部の音圧

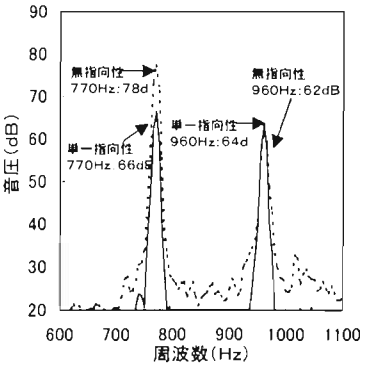


図7-3 ストレッチャー中央部の音圧

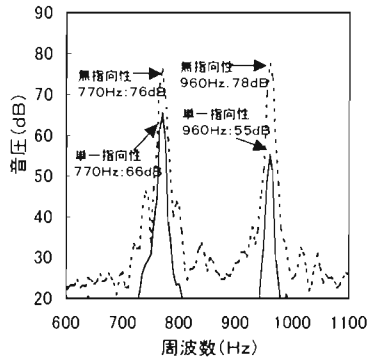


図7-4 天井・後側の音圧

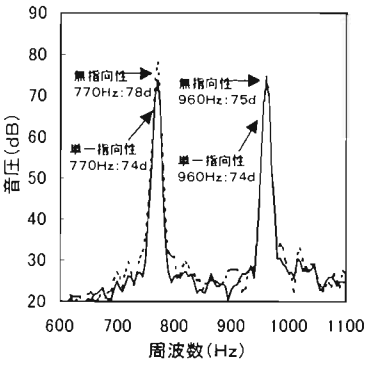


図7-5 天井・前側の音圧

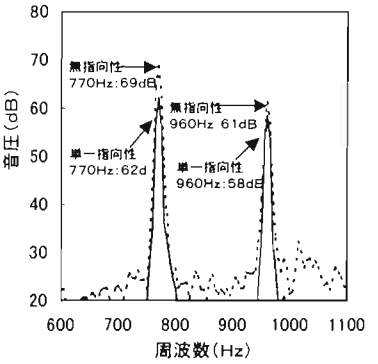


図7-6 運転席の音圧

表2 救急車種別のサイレン音と単一指向性サイレン音の比較

(単位：

測定位置		周波数(Hz)	A車	B車	C車	D車	E車	E車	＊音圧差
			サイレン音					単一	
車外	①0°	960	84	76	94	96	91	88	-3
		770	86	81	86	93	97	90	-7
	②45°	960	83	88	86	86	91	85	-6
		770	85	89	73	88	92	83	-9
	③90°	960	75	80	78	71	84	85	1
		770	80	84	72	79	82	85	3
	④135 °	960	70	68	75	71	81	74	-7
		770	78	78	76	78	89	77	-12
	⑤180 °	960	68	58	69	61	78	63	-15
		770	76	76	74	78	90	71	-19
	⑥225 °	960	69	65	76	73	83	82	-1
		770	78	70	72	78	84	81	-3
	⑦270 °	960	72	77	76	72	85	80	-5
		770	82	83	76	78	81	87	6
	⑧315 °	960	78	86	85	88	91	84	-7
		770	87	90	81	89	89	90	1
車内	①隊長席	960	77	65	65	64	75	69	-6
		770	80	72	83	67	73	76	3
	②スト頭部	960	78	71	82	50	66	62	-4
		770	84	73	84	65	80	73	-7
	③スト中央部	960	74	70	79	62	65	64	-1
		770	82	73	70	62	80	66	-14
	④天井・後側	960	83	79	86	67	88	55	-33
		770	86	73	94	68	73	66	-7
	⑤天井・前側	960	80	86	81	72	70	74	4
		770	87	89	85	71	80	74	-6
	⑥運転席	960	72	75	81	70	77	58	-19
		770	83	86	81	69	69	62	-7

＊音圧差＝ベンツ（単一）[開発品]－ベンツ（サイレン音）[既設置品]

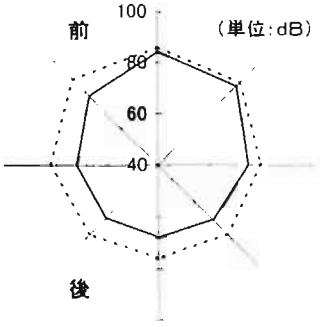


図8 A車・サイレン音圧分布

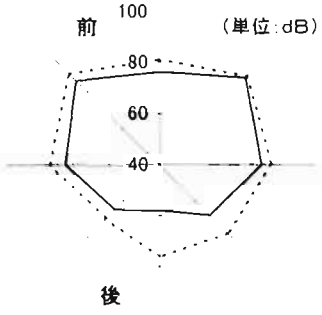


図9 B車・サイレン音圧分布

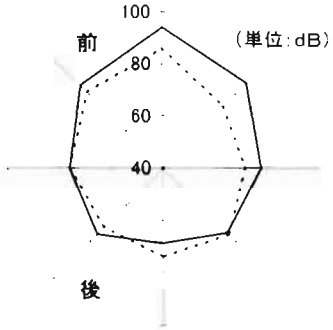


図10 C車・サイレン音圧分布

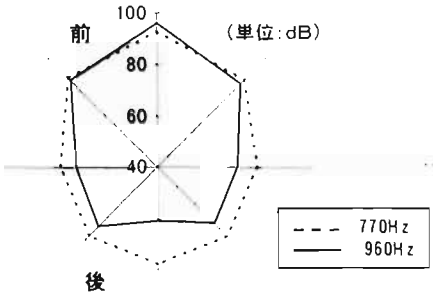


図11 D車・サイレン音圧分布

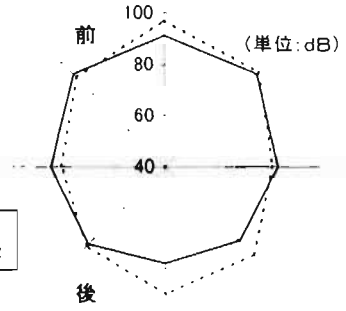


図12 E車・サイレン音圧分布

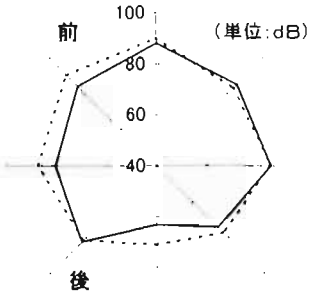


図13 E車・単一指向性サイレン音圧分布

表3 建物付近のサイレン音圧分布

(単位:dB)

測定位置		周波数 (Hz)	サイレン音 ①無指向	サイレン音 ②単一指向	音圧差 ②−①
車外	①0°	960	88	89	1
		770	93	93	0
	②45°	960	83	84	1
		770	84	83	-1
	③90°	960	92	86	-6
		770	96	89	-7
	④135°	960	88	83	-5
		770	93	85	-8
	⑤180°	960	76	70	-6
		770	82	71	-11
車内	①隊長席	960	60	70	10
		770	75	69	-6
	②スト頭部	960	73	63	-10
		770	78	71	-7
	③スト中央部	960	63	56	-7
		770	81	67	-14
	④天井・後側	960	79	66	-13
		770	82	61	-21
	⑤天井・前側	960	70	64	-6
		770	79	76	-3
	⑥運転席	960	63	62	-1
		770	78	74	-4

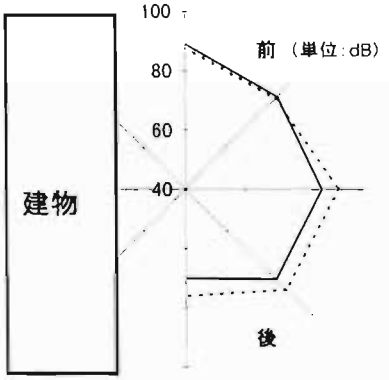


図14-1 960Hz・サイレン音圧分布(建物)

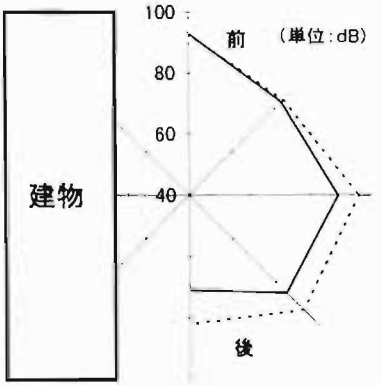


図14-2 770Hz・サイレン音圧分布(建物)

無指向性
単一指向性

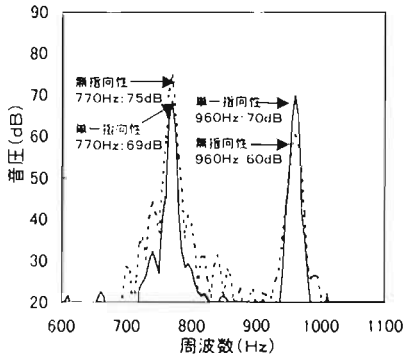


図15-1 隊長席の音圧(建物)

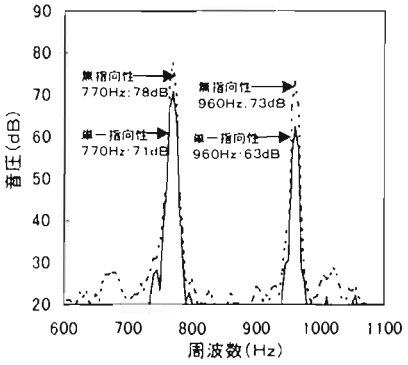


図15-2 ストレッチャー頭部の音圧(建物)

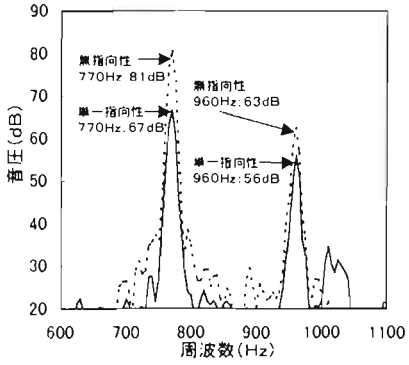


図15-3 ストレッチャー中央部の音圧(建物)

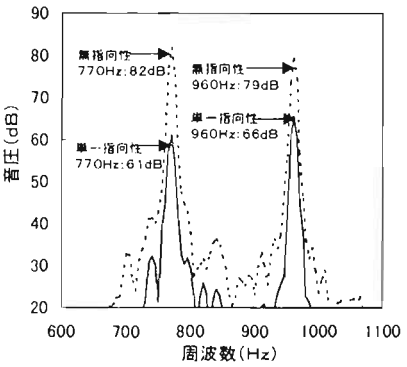


図15-4 天井・後側の音圧(建物)

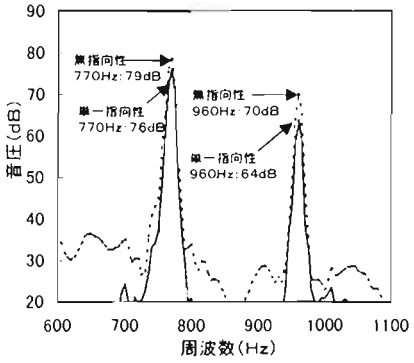


図15-5 天井・前側の音圧(建物)

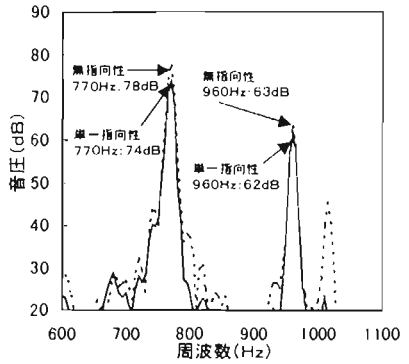


図15-6 運転席の音圧(建物)

表4 アンケート結果

状況＼減衰による効果		非常に効果がある	少し効果がある	変わらない	少し悪くなった	悪くなった
隊員と機関員との会話の内容把握	隊　員：被験者 機関員：録音テープ	2人	8人	---	---	---
	隊　員：録音テープ 機関員：被験者	---	5人	5人	---	---
聴診器使用時、血圧測定時の各音の確認（心音、呼吸音）		1人	7人	2人	---	---
心電図操作時の各音の確認（メッセージ音、アラーム音）		---	7人	3人	---	---
血中酸素飽和濃度測定時の各音の確認（パルス、アラーム音）		---	6人	4人	---	---
サイレン音の不快感解消（走行時）		1人	9人	---	---	---

RESEARCH AND DEVELOPMENT FOR THE REDUCTION OF THE VOLUME OF SIREN IN AN AMBULANCE (SERIES 4)

Satoshi HARA*, Hisao WATANABE*, Hiroyasu TAKAI*, Yoshio OHARA**

Abstract

Since 1995 we have been conducting research and development of the system which reduces the volume of siren to enable emergency medical technicians to communicate accurately with a patient, and to confirm his heartbeat and breathing with no difficulty.

Based on the test results of the past, we improved the siren- sound reducing equipment, by adopting the active noise control method.

At present, we are testing the equipment prototype by installing it on an ambulance in use.

*Third Laboratory, **Hongo Fire Station