

視覚障害者のための誘導システムの開発(その2)

－視覚障害者用音響式信号機のスピーカの取り付け角度が歩行に及ぼす影響について－

Development of the guidance system for the visually impaired

- Influence of posture (angle) of speaker for audible traffic signals -

松野博文 北山一郎 大森清博 杉本義己
MATSUNO Hirofumi, KITAYAMA Ichiro, OMORI Kiyohiro, SUGIMOTO Yoshimi
原田敦史 (国立神戸視力障害センター)
HARATA Atsushi (National Rehabilitation Center for Persons with Visual Disabilities)
鎌倉友男 (電気通信大学)
KAMAKURA Tomoo (The University of Electro-Communications)
酒井新一 (三菱電機エンジニアリング株式会社)
SAKAI Shin-ichi (Mitsubishi Electric Engineering Co., Ltd.)

キーワード :

視覚障害者、横断歩道、音響式信号、スピーカ

Keywords :

Visually impaired, Crosswalk, Audible traffic signals, Speaker

Abstract :

Our goal is to develop a system that assists to walk for visually impaired people . First of all, we surveyed audible traffic signals which are placed in Kobe Nishi ward and Chuo ward. Those results are indicated in this report Part .

There are some problems about standardizing of speakers' position, height and angle and so on.

We make a research about position of speakers which are suitable to lead disabled persons in crosswalk. Especially, we take notice of speaker's angle which is relation to indication point of a speaker.

We simulate influence of speakers' position using the simulation software. Therefore, we make a walking test which finds suitable speakers' position out by 6 visually impaired.

1 はじめに

横断歩道を安全に渡るための設備として、視覚障

害者用音響式信号が設置されている。この信号は視覚障害者に音響によって横断可能状態を知らせる機能と、道路の対岸に誘導する機能がある。

視覚障害者用音響式信号のスピーカの取付位置の基準はあるが、本報告書その1での調査にもあるように、設置できる場所の問題等により実際には基準のとおりでない例も多いのが現状である。また、警察庁等では、スピーカ(音)の対岸への誘導機能の役割を高めるような方向性が示されており、2003年10月に警察庁よりスピーカの音は今後、異種鳴き交わり方式「(カッコー、カカッコー)(ピヨ、ピヨピヨ)」に統一するような指針が制定されている¹⁾。このことは、今後、さらにスピーカの取付位置等の統一性が重要となることを意味している。

そこで、本実験ではスピーカをどのように設置したら、スピーカから出る音(ピヨ、カッコー)が聞き取りやすいかを確認するため、視覚障害者によるスピーカの誘導を調べる歩行試験を行ったので報告する。また、同時にスピーカの音圧分布のシミュレーション結果についても報告する。

2 歩行実験

2.1 歩行実験概要

歩行実験では、屋外にスピーカを2台設置し、被験者は一方のスピーカのほぼ直下の位置から対岸側に向かってまっすぐ歩行し、対岸のスピーカの音が

聞こえたらそれに向かって歩行する。被験者は表1の視覚障害者6名で、アイマスクを付けて歩行する。

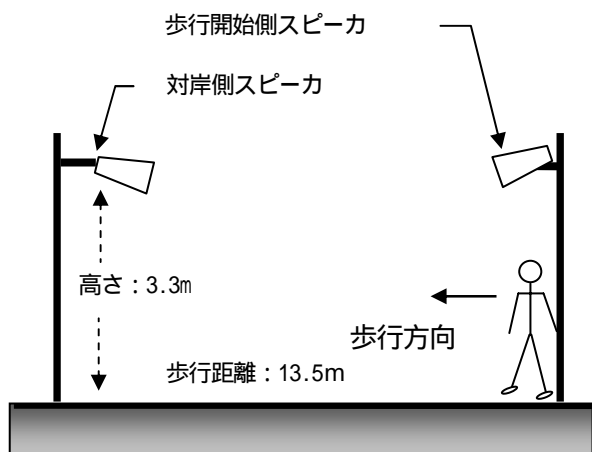
歩行実験の概要を図1に、歩行実験の実験環境の図を図2に示す。各チェックライン(3m、6m、9m、12m、13.5mライン)において、それらのラインと2つのスピーカを結んだ直線との交点から歩行時の通過点がどれだけの距離があるかを測定した。

表1 被験者について

Table 1 Subjects

		年齢	性別	等級	視力左	視力右	疾患	視野障害
1	A	39	男	2級	0.03	0.04	5	あり
2	B	23	男	1級	0.15	0.04	8	あり
3	C	32	女	2級	0.07	0.02	2	あり
4	D	43	男	2級	1	0.9	2	あり
5	E	48	男	2級	0.02	0.1	2	あり
6	F	23	男	2級	0.1	0.02	2	あり

疾患	
1	糖尿病性網膜症
2	網膜色素変性症
3	緑内障
4	黄斑部変性症
5	視神経萎縮
6	白内障
7	網膜剥離
8	その他



なお、スピーカは、通常の音響式信号機に使用されているもの(アシダ音響社製 RUH-5、図3右:以下S1とする)と、指向性の非常に高いパラメトリックスピーカ(三菱電機エンジニアリング(株)製、図4左、以下S2とする)の2種類を使用した。

スピーカ設置のためのやぐらを図5、図6に示す。

図1 歩行実験

Fig.1 Walking Test

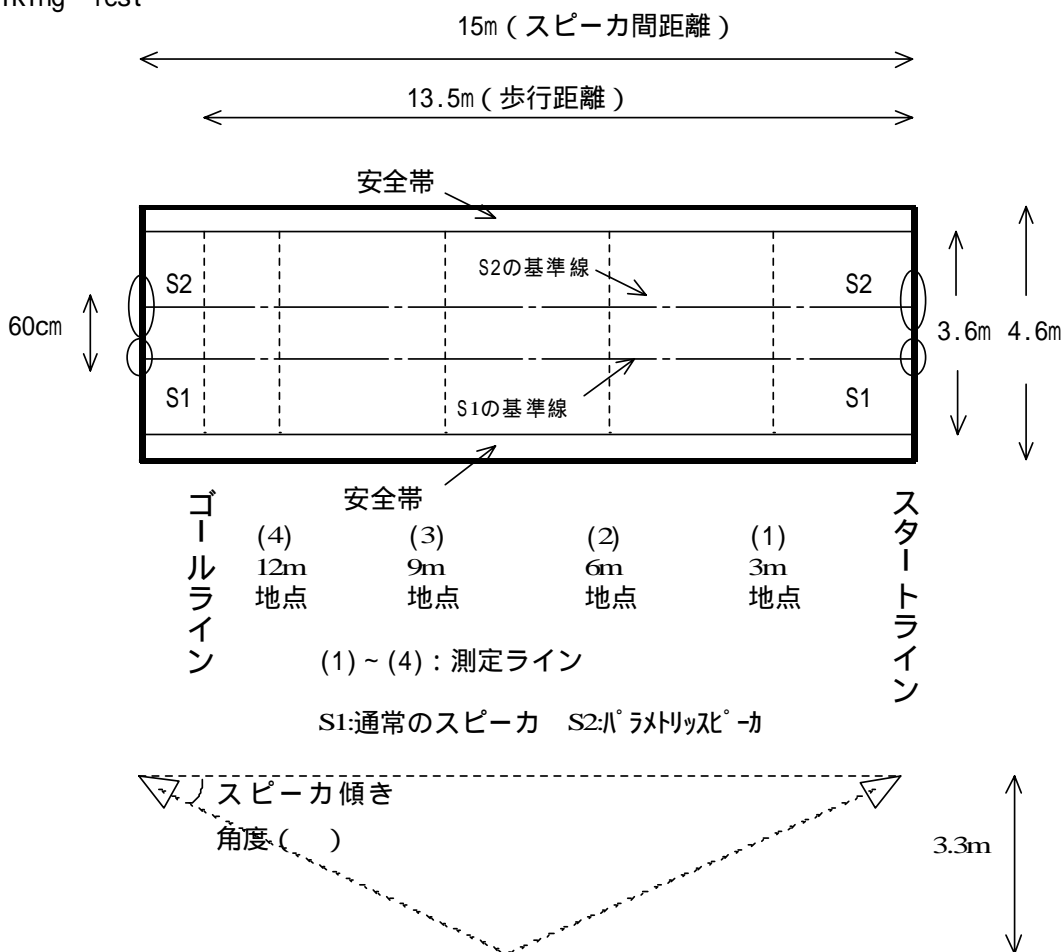


図2 実験環境

Fig.2 Environment of the test



図3 実験に使用したスピーカ
Fig.3 Two kinds of speakers for the test



図4 別角度から撮影したスピーカ
Fig.4 Speakers (back feature)



図5 スピーカ設置のためのやぐら
Fig.5 Scaffold for speakers



図6 歩行スタート時点から見たゴール
Fig.6 Goal point and scaffold

2.2 歩行実験

試験歩行における実験条件を表2に示す。また、図7に歩行試験中のスナップを示す。

表2 実験条件

Table 2 Test condition

項目	条件
スピーカ間距離	15m
設置高さ	3.3m
歩行距離	13.5m
スピーカの取り付け角度（垂直方向）	スピーカ間距離の 1/8、1/4、1/2、3/4 点指示に対応する角度
歩行開始の姿勢	センターラインに平行
歩行開始位置	スピーカの設置直下より ± 50cm 離れた場所
同一条件に対する歩行回数	2回 スタート地点は異なる
音種	カッコウ
音圧	スピーカから 1m で 83dB
スピーカ	通常及びパラメトリック



図7 歩行実験の様子
Fig.7 A snapshot of the test

歩行実験は下記の要領で実施した。

被験者に実験の趣旨と歩行方法を説明。

被験者を試験場所にアイマスクを付けて案内（スピーカの設置位置がわからないように）、スピーカの真下より1回目は+50cm（図2では下側が+、基準線（0cm）は2スピーカを結んだ直線）の地点、2回目は-50cmの地点より歩行を開始し、対岸のスピーカの方に向かって歩く（図8）。

計測者は、各チェックライン（3,6,9,12,13.5m）での、通過点と基準線との差（偏差d）を記録する。

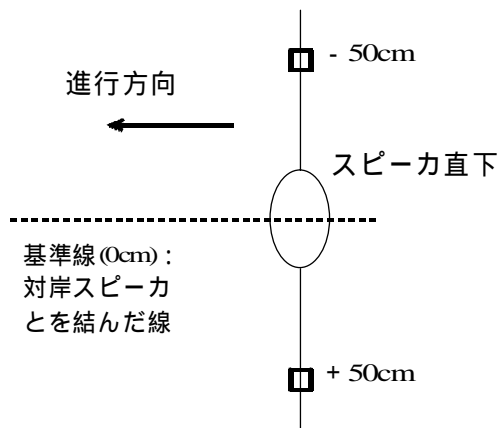


図8 実験スタート時点の説明図
Fig.8 Walking start point

スピーカの傾き角度を図2のように定義し、2つのスピーカとも同じ角度になるように設定した。設定した角度は表3のとおり。スピーカS2では近くを指示地点としても特徴を生かすことができないと予想されたので、 $\theta = 60$ 度については実験を実施しなかった(表3では不採用と記した)。

表3 スピーカの傾き角度()の値
Table 3 Inclination() of speakers

No.	[度]	指示地点(スタートからの距離)	S1:通常スピーカ	S2:パラメトリック
1	60	15m x 1/8	採用	不採用
2	41	15m x 1/4	採用	採用
3	24	15m x 1/2	採用	採用
4	16	15m x 3/4	採用	採用

指示地点はスピーカ前面に対する垂直軸と道路の交点(図2)

実験では、各チェックラインでの通過点と基準線との差、スタートラインから出発して前方のスピーカの音が分かった地点のスタートラインからの距離、歩行に要した時間、各設定状態での音声誘導に対する意見の4点を測定、調査項目とした。

2.3 実験結果と分析

測定項目の内、の時間については個人に依存する傾向がみられたなどの理由から今回の報告では議論しないこととした。

表4に、スピーカS1の、について結果を示す。なお、実験場所の暗騒音は約53dBであった。

表4 測定結果(スピーカS1)

Table 4 Result about S1 conventional speaker

被験者	角度(θ)	試行No	アウトは0	アウト点(m)	0m地点(cm)	3m地点(cm)	6m地点(cm)	9m地点(cm)	12m地点(cm)	13.5m(ゴール)地点(cm)	所用時間(s)	前方スピーカからの音が分かった地点(m):測定	
A	60	1	0	12.5	0	1	-16	-64	-105	99999	17.34	不明	
		2	1		0	-9	-25	-52	-80	-91	15.75		
	41	1	1		0	-10.5	-26.5	-57.5	-53.5	-56	13.68	13.5	
		2	0	12.5	0	46	72	99	123	99999	12.91		
	24	1	1		0	-11	-38	-90	-98	-114	13.28	9	
		2	1		0	-26	-72	-121	-163	-177.5	13.79		
	16	1	1		0	23	31	42	66	81	11.98	10.6	
		2	1		0	14	5	16	25	20	12.25		
	B	60	1	1		0	8	45	119	148	127	13.98	9.25
			2	0	9.25	0	-82	-190	99999	99999	99999	10.25	
41		1	1		0	10	46	119	118	104	16.8	7.58	
		2	1		0	-89	-148	-176	-83	-58	16.48		
24		1	1		0	-32	-10	54	74	87	14.87	8.42	
		2	1		0	-31	-63	-80	-56	-53	12.95		
16		1	1		0	-11	33	99	79	89	13.79	8.39	
		2	1		0	-26	-113	-119	-67	-36	13.86		
C		60	1	1		0	-13	14	60	113	136	11.98	5.06
			2	1		0	-10	-20	-3	27	49	11.8	
	41	1	0	7	0	71	176	99999	99999	99999	7.29	3.98	
		2	1		0	-46	-73	-66	-33	9	11.8		
	24	1	0	7.8	0	45	172	99999	99999	99999	7.68	6.97	
		2	1		0	4	-2	13	54	83	12.89		
	16	1	1		0	46	119	189	194	210	13.77	3	
		2	1		0	-1	-8	-35	-39	-27	13.88		
	D	60	1	1		0	35	63	80	116	111	12.33	12.46
			2	1		0	12	33	15	13	-2	11.76	
41		1	1		0	30	62	72	75	65	11.72	12.24	
		2	0	8	0	33	96	99999	99999	99999	8.64		
24		1	1		0	59	77	68	55	42	11.36	10.75	
		2	1		0	34	63	68	58	14	10.8		
16		1	1		0	56	95	124	116	105	11.49	9.81	
		2	1		0	24	15	-19	-89	-84	11.62		
E		60	1	1		0	4	9	14	61	60	22.54	11.2
			2	1		0	-9	-14	20	-10	-31	21.65	
	41	1	1		0	7	8	16	8	20	20.95	9.18	
		2	1		0	28	43	68	34	-25	測定ミス		
	24	1	1		0	-19	-39	-66	-52	-22	18.24	10.15	
		2	1		0	-36	-76	-116	-135	-104	16.6		
	16	1	1		0	25	42	80	74	25	19.08	10.2	
		2	1		0	13	23	55	67	16	18.28		
	F	60	1	1		0	40	88	118	115	90	19.01	8.07
			2	1		0	-34	-65	-96	-88	-88	17.34	
41		1	1		0	20	88	124	85	64	19.86	7.16	
		2	0	9	0	-62	-134	-212	99999	99999	12.15		
24		1	0	7.5	0	-40	-94	99999	99999	99999	9.79	6.45	
		2	0	7.5	0	-72	-161	99999	99999	99999	10.31		
16		1	1		0	-28	-56	-75	-91	-68	19.06	6.64	
		2	1		0	10	0	7	-5	-24	17.51		

※コースからはずれた時はアウトとし歩行をストップした。99999はアウトのためデータはなし。

スピーカ S2 の結果については詳細を記載せず、必要なデータを用いて以下の分析を行った。

2.3.1 偏差 d からみたスピーカによる誘導について

今回の実験では、歩行中基準線（2つのスピーカ中心直下の2点を結んだ線）から約2m（通常の横断歩道の幅4mであることを考慮した）離れ、図2の安全帯に入ると実験をストップし、測定結果は“アウト”として記録した。

各スピーカの誘導特性の評価に際しアウトに至った回数は重要となる。表5に、スピーカ S1 でのアウトの回数とアウトに至らなかった回数を示す。また、アウトにならなかった歩行のうちスピーカによる誘導が行われたと思われる歩行については“誘導”としてカウントし、それ以外でアウトとならなかった場合は“可到達”としてカウントした。ゴール地点での、偏差 d の絶対値の大きさが9m 時点での d の絶対値の大きさ以下の場合、“誘導”とした。

ここで、各スピーカの傾き角度による差をみるため、“誘導”には+3点、“可到達”には+1点、アウトには-3点の重みを与え、これらと各カウント数の積を“点数合計”として、表5の最下段に示した。

これによると、の値が60度、41度、24度の角度はほとんど点数に差がないことが分かる。しかし、16度では、これらの角度よりも2倍以上の結果が得られている。16度ではアウトの回数が少ないことが寄与している。

この分析からは、スピーカの角度は道路幅×3/4の位置への指示が最も良かったことが示されている。さらに小さい角度でもよい可能性もある。

スピーカ S2 で同じ計算をすると、=41度で24点、同24度で20点、同16度で16点となり、大きな差はないものの、が大きい方が大きな点数となる傾向であった。

全体としては、S1 より S2 の方が大きな値が得られている。

表5 S1 スピーカによる誘導について

Table 5 Result of a guide by S1 speaker

	60度	41度	24度	16度
誘導	4	7	5	7
可到達	6	1	4	5
アウト	2	4	3	0
点数合計	12	10	10	26

2.3.2 前方スピーカからの音を認識した位置からみた誘導について

上記の前方スピーカからの音を認識した位置（表4、この値を c(m)とする）は、上記の歩行実験とは別の歩行として各被験者により各設定角度に対し1度だけ実施した。被験者は、スタート地点からゴール方向に歩き、前方スピーカの音を認識した時点で立ち止まる。この歩行では、被験者がコースから外れないように誘導者が横を並行して歩行した。

結果の距離を6名の被験者で除した平均値を表6に示す。

データ数が十分ではないのではっきりとして結論は下しにくいだが、このデータからも、=16度が一番小さく、良好な結果が得られている。

データでは、スピーカ S1 よりスピーカ S2 の方が小さい値が得られている。これに関しては、60度を除いた全データに対し統計処理をした結果、S1の平均値8.56m、S2は7.72mで、10%有意水準で差は認められるという結果が得られた。

表6 c (単位：m) の値の6名による平均値

Table 6 Mean (meter) of 6 persons' c which is a recognition point of sound from a frontal speaker

	60度	41度	24度	16度
S1	9.2	8.9	8.6	8.1
S2	-	7.7	8.0	7.1

2.3.3 各設定状態での誘導に対する意見

各スピーカの設定状態に対し、それぞれの被験者に意見を求めた。尋ねたポイントは、音が聞こえたかどうか。前の状況とどう変化したか（したがって、S1：=60度のときはこのことは尋ねなかった。ただし、S2：=41度の時はS1との差を尋ねた。）そして、その他感想、である。

音が聞こえたかどうか：

S1において、音が聞こえるかどうかについては、ほとんどの被験者はどの角度でも聞こえるとしているが、1名が16度は聞こえるのに60度と41度では一瞬間聞こえにくい時があったという意見であった。

S2も同じように良く聞こえたが、1名の被験者は41度において少し音が小さくて聞こえにくいという意見であった。

前の状況と比べどう変化したか：

S1については次のとおり。

60度において、相対的に60度が41度より聞きやすい（良い）とした人は1名で、41度より聞きにくい（悪い）とした人は3名である。41度において、24度より良いは2名で悪いは2名、24度において、16度より良いが1名で悪いが2名。

S2については次のとおり。

41 度の時、S1 より方向が分かりやすいとした人は3名、音が小さいようである、が2名であった。また、41 度が24 度より良いは1名、悪いは4名であった。24 度が16 度より良いは2名で、悪いは2名、変わらないが1名であった。

S1 についての全体的な感想は次のとおり。

60 度ではどちらからなっているか分かりにくいというような意見が4名あったが、同角度に対し良い意見はなかった。41 度では2名が分かりにくい、1名は良いであった。また、24 度は比較的良いが4名、悪いが1名であった。また、16 度では、切り替わり点が分かりにくいというような意見の人が3名、良いが1名であった。

S2 についての全体的な感想は次のとおり。

S1 より鳴っている方向が分かりやすいという意見が大半であった。ただ、音が小さく感じる人も何名があった。

2.4 歩行実験についての考察

2.4.1 S1 スピーカの角度について

偏差 d からみたスピーカの誘導については、S1 スピーカでは16 度が最も良好の結果が得られていた。他の角度はほとんど同じであった。誘導に対する意見では、 -60 度は音の切り替わり点が分かりにくいなどの意見があった。一方、24 度は比較的歩きやすいという意見が多く得られていた。また、意見としては16 度では切り替わり点が分かりにくいという訴えも多かった。

データ数もそれほど多くないことから、結論づけることには多少無理があるが、上記のデータや意見から総合すると、24 度から16 度が良いように考えられる。一方、60 度というようなかなり極端にスピーカが傾いている（下を向いている）のはあまり良くないと考えられる。

2.4.2 スピーカ S1 とスピーカ S2 の比較について

2つのスピーカについては、表6にもあるように今回の実験において前方スピーカからの音が分かった地点のデータではスピーカ S2 の方が良い結果が得られている。また、S1 よりも S2 の方が良いという意見も多く得られた。一方、音が小さく感じるとかの意見もあり、また、S2 の音源での音圧レベルは高いのでその影響の検証というようなこともあるので、今後のさらに研究開発を進めていく必要がある。

3 スピーカ S1 の音圧分布について

今回の実験に先立ち、スピーカ S1 による音圧分布

をシミュレーションソフトにより計算した。

計算には、スピーカの指向特性が必要とされる。測定した指向特性を図9に示す。スピーカ S1 (RUH-5)において、音圧設定値を102dBとし、周波数を、図9上は500,1000,1600,2000Hz、同図下は2500,3150,4000Hzに設定した際の音圧分布の測定結果を示している。

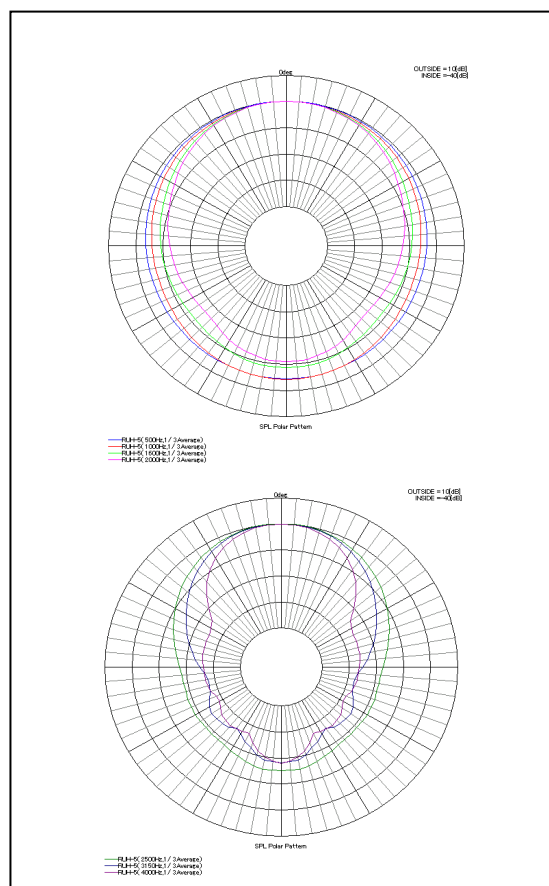
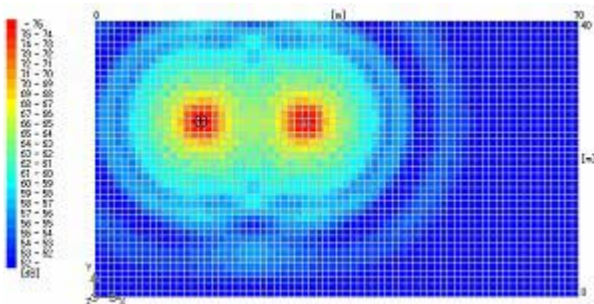


図9 S1 スピーカの指向特性

Fig.9 Inclination characteristic of S1 speaker

この指向特性を用いた、シミュレーションソフトによる計算結果を図10～図15に示す。図では円の中に+を記した記号がスピーカの設置点で、2つのスピーカ間距離は15mに設定した、音圧は、1mで83dB（歩行実験と同じ）として計算した。2つのスピーカは、高さ3.3mの位置に設置し、互いに向き合う形に置き、傾き角度（歩行実験の に相当）を90度（指示点:真下）、60.4度（指示:15m×1/8）41.3度（指示:15m×2/8）、23.7度（指示点:15m×4/8）、16.3度（指示点:15m×6/8）、12.4度（指示点:15m×8/8）として計算した。計算は地面からの1回反射も考慮されている。音圧分布は、高さ1.5m平面（立位時の耳の高さに近い値）での分布である。



この図および図11～15はTOA株式会社のシミュレーションソフトにより計算されたものです。
 図10 シミュレーション結果 (S1、 $\theta = -90$ 度)
 Fig.10 Simulation (S1、 $\theta = -90$ degree)

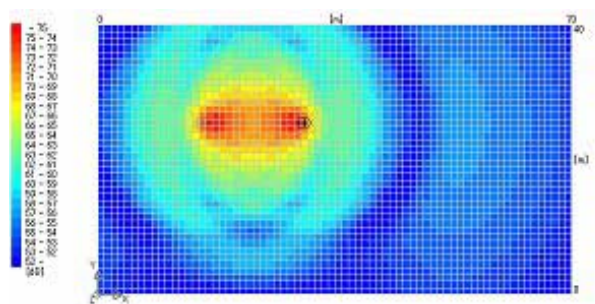


図13 シミュレーション結果 (S1、 $\theta = -23.7$ 度)
 Fig.13 Simulation (S1、 $\theta = -23.7$ degree)

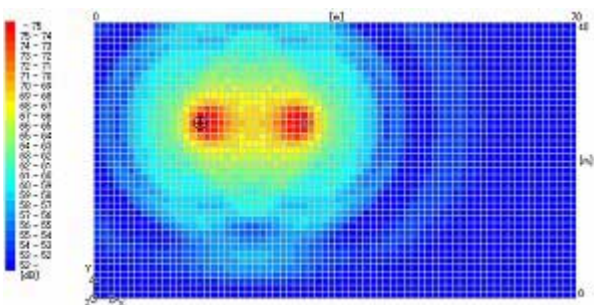


図11 シミュレーション結果 (S1、 $\theta = -60.4$ 度)
 Fig.11 Simulation (S1、 $\theta = -60.4$ degree)

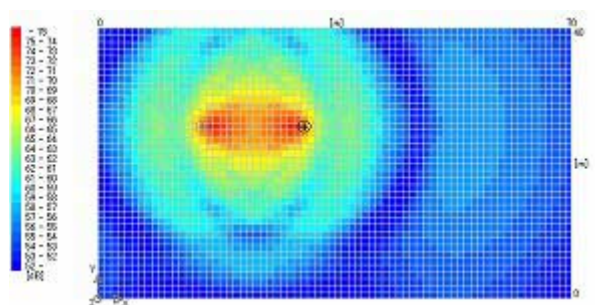


図14 シミュレーション結果 (S1、 $\theta = 16.3$ 度)
 Fig.14 Simulation (S1、 $\theta = 16.3$ degree)

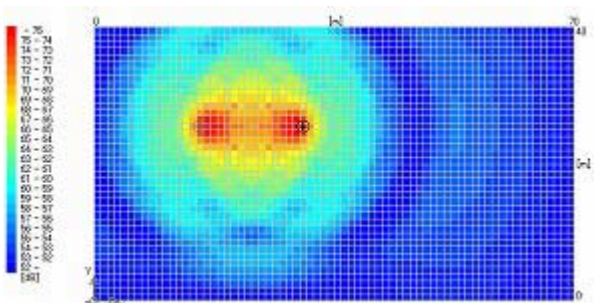


図12 シミュレーション結果 (S1、 $\theta = -41.3$ 度)
 Fig.12 Simulation (S1、 $\theta = -41.3$ degree)

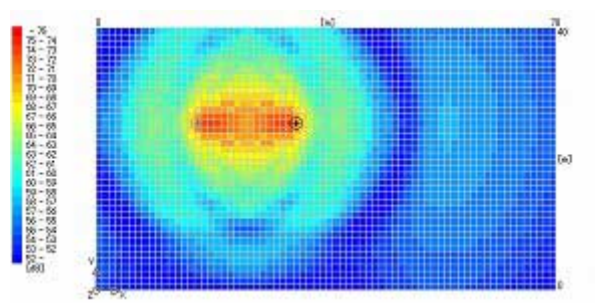


図15 シミュレーション結果 (S1、 $\theta = 12.4$ 度)
 Fig.15 Simulation (S1、 $\theta = 12.4$ degree)

結果から見る事ができる主な点は次のとおり。

- (1) 設定としては極端な例ではあるが、両スピーカが真下に設置されていた場合、中央付近では音圧レベルの低い空間ができる。このことは、 $\theta = -60.4$ 度でも多少見ることができる。中央付近での音圧レベルの低い空間が解消するのは、 $\theta = -41.3$ 度より小さい値の場合となる。
- (2) スピーカよりも離れた場所 (図の 1/3 より右の空間) に注目すると、 θ が 90 度、60.4 度では音圧はそれほど高くないが、 θ が 41.3 度より小さくなると音圧の高いエリアが生じ、しかもその範囲が大きくなっている。これは、あまりスピーカを上に向ける (傾きを小さくする) と、

スピーカからの音が周りの住居や施設等に影響する可能性を示唆するものである。

4 スピーカ S1 の傾き角度についての考察

現在実際に信号機に使用されているスピーカ S1 について、実験結果から検討を行う。

視覚障害者用音響式信号機は、視覚障害者に横断可能状態を知らせること、道路の対岸に誘導すること、の2つの機能があることははじめに記した。

前者については、音がよく聞こえたかどうかのポイントである。このことについては、今回の歩行実験条件であるスピーカの音圧 (基準としては静かな

住宅地の設定、1mで83dB、今回の暗騒音53dB)では、音はよく聞こえたという被験者の意見が得られていることから、横断歩道を歩行中、“カッコー”の音はよく聞こえたことは明らかである。また、計算(シミュレーション)によっても、スピーカを真下にしない限り横断歩道中では一様にかなり高い音圧が得られており、さらに、スピーカを真下に向けた場合でも、歩道中央部分でも音を確認するには支障はないと考えられる。つまり、音がよく聞こえることに関しては、今回の実験のどのような設定でも問題はなかったと考えられる。

一方、後者の誘導については、音が聞こえるだけではなく、対岸のスピーカの音がよく聞こえ、さらに歩行者が対岸に到達するまで、後方のスピーカの音に影響されずに前方の音がよく聞こえる状態が継続することが重要となる。

今回の実験では、スピーカの取付角度を変える、あるいはスピーカを変えることで、このような歩行環境にどのような影響があるかを調べた。

このことを調べるために行った実験は、次の3点の実験と調査である。

音を頼りに対岸にたどり着く歩行実験

これは、到達できたかどうかと2.3節の偏差dが評価指標となる。

前方の音が聞こえるとストップする実験

これは、同2.3節の偏差cが評価指標である。

各設定状態での感想

これらについては、2.4で考察し、スピーカS1では、傾き角度が小さい場合(=24度、16度)が良いようであることが考えられるとした。

これに、本節でのシミュレーション(計算)結果を加えて総合的に考察する。シミュレーションでは、=24度、16度、12.4度と の値を小さくすると、スピーカから20m程度離れた場所での音圧の集中が見られ、スピーカからの音が周りの住居や施設等に影響する可能性を示唆するものであることは、以前に述べている。この点を考えると、あまりスピーカの傾き角度を小さくすることはよくないと考えられる。歩行実験とシミュレーション実験結果を総合すると、=24度程度が妥協点ではないかと考える。

つまり、誘導のためには角度()を小さく、周辺環境を考えると角度を大きく取る必要があるので、41度付近の値が適する角度ではないかと予想する。

今回の実験では、“アウト”の状態がみられたことから、視覚障害者を道路対岸に誘導することに関して、同種音による誘導システム自体では高い信頼性のあるものでないことが示されている。この方策として、“異種鳴き交わし”なども有効ではないかと

考えられる。一方では、音による誘導の限界も考えられるので、横断歩道の歩行において、聴覚の情報に触覚の情報も加えた複合的な誘導システムの構築が必要であろう。“エスコートゾーン”を設ける、横断歩道帯の白線を足裏で感じる程度の少し盛り上げる、中間点で横断歩道内を歩行していることを足裏で感知できるものを設置するなど、視覚障害者を安全に道路対岸に誘導するために必要であると考えられる。

5 おわりに

本研究では、視覚障害者の誘導にはスピーカをどのように設置したらよいかを調べるため、6名の視覚障害者による歩行実験を行った。スピーカの傾き角度を種々に変化させた時の、被験者の歩行目標ライン(基準線)と実際の歩行軌跡のずれ等のデータを調べ、また歩きやすさ等の意見をまとめた。また、これらに加え、計算によるシミュレーションを行った。これらの結果から総合的にスピーカの角度による誘導に対する影響を調べた。

被験者の数を考えるとさらに詳しい実験を必要とするが、総合的に見ると、今回実験の道路幅(15m)では、現在音響式信号機に使用されているスピーカの傾き角度は約24度(歩道の中間点を指示する角度)付近が良好であると考えられる。周辺への音の影響をあまり考慮する必要がない場合は、傾き角度はより小さくてもよいと思われる。

また、同種音による誘導には限界があることは確かであると思われるので、“異種鳴き交わし”を使うなどや、触覚情報等と併用することが必要であろう。

パラメトリックスピーカについては、従来型のスピーカよりも誘導性は優れている可能性は示されたがさらに詳しい研究と実使用にはさらに作りこみを必要とすると考えられる。

謝辞

研究を進めるにあたり、実験に協力いただきました視覚障害者の皆様、ならびにスピーカの音圧分布のシミュレーション(計算)においてTOA株式会社の協力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 視覚障害者用付加装置に関する設置・運用指針の制定について(通達)警察庁丁規発第77号平成15年10月23日、2003
- 2) 末田統:「音響信号機におけるスピーカの最適位置と音響の在り方に関する調査研究報告書」、社団法人 新交通管理システム協会 受託研究報告書、2002