

地下鉄駅構内におけるアナウンスに対する暗騒音の音響特性

大西 豊^{1*}・森本 政之²・佐藤 逸人²

¹工学研究科建築学専攻/長谷エコーポレーション

²工学研究科建築学専攻

(受付:February 12, 2010 受理:March 1, 2010 公開:March 15, 2010)

キーワード: 公共空間, 地下鉄駅構内, アナウンス, 暗騒音, 乗降客数

本論文では、地下鉄駅構内におけるアナウンスによる情報伝達を妨げる最大要因の一つである暗騒音の音響特性 (L_{Aeq} , 周波数特性, 両耳間相関度) を、実測調査により明らかにした。調査は全国5都市の地下鉄駅20駅で行った。改札口とプラットホームの違いと、それぞれの電車音の有無の違いにより4つの条件で測定、分析した。その結果、電車音や利用者が発する音が L_{Aeq} や周波数特性に影響する主な音源であることを確認した。また、それぞれの場合の音響特性は、通行人数等を逐一計測しなくても、公表されている各駅の1日の乗降客数をパラメータとして大まかに推定可能であることを示した。

はじめに

鉄道駅など、不特定多数の人々が利用する公共空間において、アナウンスによる情報伝達は日常的に行われている。アナウンスは、できるだけ多くの人々に対して正確にかつ聞き取りやすく伝達されなければならない。

しかしながら、実際の公共空間では、アナウンスが聞き取りにくいと感じることがある。このような問題は、拡声設備の運用が、どのように放送すればより聞き取りやすくなるか分からないまま、経験的基準によって行われた場合に発生すると考えられる。

公共空間における音響的基準に言及している法律には、消防法施行令¹⁾とバリアフリー新法²⁾とがある。消防法では、火災時に建物内全ての人が安全に避難を開始できるよう、非常放送設備に求められる最低限の音圧レベルを定めたものであり、これを日常のアナウンスに適用することはできない。一方バリアフリー新法のガイドライン³⁾にも、アナウンスについての記述があるが、音圧レベル等、客観的基準にまでは言及していない。

アナウンスの聞き取りは、暗騒音(アナウンス以外の全ての音)によるマスキングの影響を受ける。したがって、最適なアナウンスのためには、その場の暗騒音を把握する必要がある。

本研究では、公共空間の一つとして地下鉄駅構内を対象として、その暗騒音の音響特性を明らかにする。地下鉄駅構内では、電車の発着を告げるアナウンス等が頻繁に放送されている一方で、電車の音や雑踏などで暗騒音レベルが高く、問題となる場合が多い。

鉄道駅の騒音測定を行った研究として、以下のものが挙げられる。Mohanranら⁴⁾は、カルカッタ(インド)の地下鉄駅3駅のプラットホームにおいて騒音測定を行った。騒音レベルや周波数特性の分析により、駅構内での騒音レベルに電車音の寄与が高いことや、電車音が無い場合には換気装置が支配的な音源であることを示している。また、アナウンスや大きな声の会話などで騒音レベルが上がることも指摘している。横山ら⁵⁾は鉄道駅や地下商店街、空港ロビーなど計11ヶ所を対象に、環境音の実測調査を行い、 L_{Aeq} と L_{eq} の周波数特性を求めた。その結果、これらの空間の L_{Aeq} は高い傾向が見られるが、吸音処理によって改善が見られることを示した。また、橘ら⁶⁾は、鉄道駅4駅のコンコースにおける環境音の騒音レベルを比較調査し、吸音処理が施された駅で騒音レベルが

低いことを示した。なおこれらの調査では、環境音にアナウンスが含まれていたかどうかは明らかではない。濱口ら⁷⁾は、鉄道駅6駅のプラットホームにおける時間率騒音レベルを調査し、 L_5 と L_{50} との関係から通過列車音が音情報(アナウンス及びチャイム)の聴取を妨げる要因であると指摘した。しかし、求められた時間率騒音レベルには、音情報の影響が含まれている。Satoら⁸⁾は、鉄道駅3駅のプラットホームと改札口における騒音レベルを調査した。騒音源の分析も行い、騒音レベルが大きく変動する要因として、電車音とアナウンスを挙げた。藤井ら⁹⁾は、駅コンコースや地下ホームなどの騒音測定を行い、アナウンスを含んだ騒音レベルの駅による違いと日変動を求めた。また、周波数特性の分析例を示し、電車音やアナウンスが騒音レベルや周波数特性を変動させる要因であることを示唆している。

このように、鉄道駅の音環境に関する研究はいくつか行われている。しかし、本研究の目的である暗騒音(アナウンスを除いた音)だけについて明らかにしたものは見られない。また、暗騒音の騒音レベルや周波数特性だけでなく、マスキングに寄与する空間特性に関する研究も見られない。本研究では、全国の地下鉄駅構内で実測調査を行い、アナウンスを除いた暗騒音の騒音レベル、周波数特性、空間特性を明らかにする。

1. 測定

全国の地下鉄駅構内を系統的に測定するために、暗騒音の特性に影響すると想定されるファクターを予め抽出して、測定条件を決定した。主なものを挙げると、利用者数、測定場所、電車音の有無などである。

1.1 測定駅と測定点

地下鉄駅には、ターミナル駅や郊外駅など様々ある。ターミナル駅のように、利用者数の多い駅ほど混雑しやすく、また喧騒的になりやすいと考えられるため、測定駅は1日の乗降客数を基に選定した。1日の乗降客数は年度や時期によって多少増減するが、各都市の交通局が定期的に公表している場合が多く、容易に入手できるため、汎用性の高い指標であると考えられる。

具体的には、国内5都市の20駅で測定を実施した。Table 1 に調査した駅と測定点数を示す。これらの駅は、各都市で1日の乗降

客数の多い駅, 少ない駅, 及びその間の駅を含むように設定した。1日の乗降客数は都市交通年報平成16年度版¹⁰⁾から求めた。これに記載のなかった駅については, 各交通局から提供された資料から求めた。資料の集計年度と測定調査日の違いは, 3年以内である。複数の路線がある乗換駅については路線ごとに乗降客数を求めた。

地下鉄駅は改札階とプラットホームの2フロアに分かれている場合が多く, それぞれのフロアで音響的特徴は大きく異なることから, 測定は両方のフロアで行った。測定点数は各駅につき改札口1~4カ所, プラットホーム2~6カ所とした。測定点は, 利用者の動線が集中する地点として, 改札階では改札口付近, プラットホームでは階段やエスカレータ付近とした。これらは, 前述のガイドライン³⁾でも, 音響情報が必要な場所とされている。駅によって, 複数の改札口が設置されている場合は, 利用者数等の条件が異なると考えられることから, 利用者が多いものと少ないものについて測定した。また, プラットホームについても, 階段, エスカレータ等は複数設置されているため, これも利用者の多いものと少ないものについて測定した。

改札口の測定点は, 自動改札機からの距離が約5m以内の位置とした。プラットホームの測定点は, 階段やエスカレータ付近で, 通行の妨げとならないように, 柱や壁の前とした。なお, 測定対象駅には, 電車が長時間停留する終点駅や, 改札口又はプラットホームが地上にある駅は含まれていない。

1. 2 測定時間と時間帯

1日の中でも, 時間帯によって利用者数が増えるため, 全ての駅の全ての測定点で, 朝のラッシュ時, 昼前の閑散時, 夕方のラッシュ時の3回ずつ測定した。ラッシュ時の測定時間帯は, 駅員に最も混雑する時間を求め, 決定した。駅により異なるが, おおよそ朝のラッシュは8時前後, 夕方のラッシュは18時前後である。測定は全て平日に行った。

また, 測定駅の電車の運行間隔は, 最も長い場合で10分間であったため, 1回の測定時間長は10分間とした。したがって, 各測定には電車の発着が少なくとも1回含まれている。

1. 3 測定方法

モノラル録音とバイノーラル録音の, 2通りの録音を行った。モノラル録音は, 騒音計(RION, NL-32)を用いて WAVE レコーダ(ROLAND, R-1)に録音した。マイクの高さは約1.2mで, 柱や壁を背にした測定者が手に持ち録音した。バイノーラル録音は, 直立した測定者の両耳にバイノーラルマイク(B&K, Type4101)を装着し, プリアンプ(B&K, NEXUS-Type2690)を通して DAT レコーダ(SONY, TCD-D100)に録音した。測定者の両耳には, 外耳道の影響を防ぐため, 耳栓を装着した¹¹⁾。

モノラル録音は, 全ての測定, つまり全測定点, 全時間帯で行った。バイノーラル録音は, 各駅の改札口とプラットホームの1ヶ所ずつ, 最も混雑すると思われる測定点において, 全時間帯で行った。

2. 分析

2. 1 音源の同定

測定したデータには暗騒音だけでなく, アナウンスも含まれているので, 分析に先立ち, 分析対象の暗騒音を分離すると同時に, 暗騒音を構成している音源を把握するために, 全ての測定において録音されている音源の種類を同定した。

まず, 全ての10分間の測定データを10秒間ごとに60個のサンプルに分割した。次に, 防音室内で, ヘッドホンを通してモノラル録音を聞き, 10秒間のサンプルごとに聞こえた音源の種類を同定した。実験者は聞こえる音の全ての音源を同定できるまで録音を繰り返し聞いた。構内アナウンス, サイン音, 電車音, 設備音, 足音, 会話など, 聞こえたあらゆる音源の種類を同定した。

Table 1. List of measuring stations and points.

都市	駅	路線	乗降客数 (千人)	測定点数	
				改札口	プラットホーム
I	1	a	128	2	6
	2	a	28	1	3
	3	b	11	1	3
	4	a	7	1	3
II	5	c	108	4	4
	6 ^{a)}	c	64	2	4
		d	45	-	2
	7	c	21	2	4
	8	d	21	1	3
III	9	c	4	1	3
	10 ^{a)}	f	270	2	2
		e	87	2	2
	11 ^{a)}	f	190	2	2
		g	121	2	2
	12 ^{a)}	g	57	2	3
		e	49	1	2
IV	13	g	56	2	4
	14	g	9	1	5
	15	h	70	2	4
	16	h	30	2	4
V	17	h	9	1	3
	18	i	105	2	4
	19 ^{a)}	j	78	1	2
		i	60	1	2
	20	j	13	1	2

a) 乗換駅

改札口の場合の分析例を Figure 1(a) に, プラットホームの場合の分析例を Figure 1(b) に示す。各サンプルの10秒間に聞こえた音源の種類を黒く塗りつぶした。Figure 1からもわかるように, 改札口とプラットホームとも出現頻度が特に高かった音源は足音, 会話, 誘導鈴, エスカレータの案内放送である。改札口では, 改札機の通過音(切符を処理する音やゲートの開閉音)も頻繁に聞こえた。

2. 2 分析対象

本研究の目的であるアナウンスに対する暗騒音を分析するには, 暗騒音の明確な区別が必要である。本研究では, 音源の同定結果をもとに, Figure 1 に示す構内放送以外を暗騒音と定義した。

改札口の構内放送には, 様々なお知らせや啓発等を不定期に放送する「各種アナウンス(録音)」や, 混雑時等に必要に応じて駅員が生放送する「駅員アナウンス(生声)」がある。プラットホームでは, これらに加えて, 電車の到着や発車を知らせる「電車運行アナウンス(録音)」や, その前後に流れる「電車到着チャイム」と「電車発車チャイム」がある。いずれも, 天井に設置された多数のスピーカからコンコース又はプラットホームに一斉に流れるものである。

なお, 誘導鈴やエスカレータの音声案内は暗騒音とした。これらは, 構内放送と同様に人為的に流される音情報であるが, 構内放送と違い, 途切れることなく連続的に流れている。したがって, 時折流れる構内放送に対しては暗騒音となる。また, 各々のスピーカから局所的に流れており, 情報の受信者が周囲に居る利用者に限られる。以上2つの理由から, 本研究では誘導鈴やエスカレータの音声案内を暗騒音とした。

2. 3 分析方法

騒音レベルと周波数特性は時間変動するため, 物理量としてそれぞれ L_{Aeq} と, 1/1 オクターブごとの L_{eq} を用いた。空間特性を表す物理量は, 両耳間相関度¹¹⁾⁻¹³⁾を用いた。両耳間相関度は聴感印象の一つである空間印象に対応する物理指標であり, またマスキングにも影響することが知られている¹³⁾。

分析手順は, 以下の通りである。まず全測定データ(改札口 39カ所×3回の117個, プラットホーム 78カ所×3回の234個)について, 10秒間のサンプルごとに各物理量を算出した。次に, 分析対象である暗騒音のサンプル, つまり音源の同定結果より, 暗騒音のみが聞こえるサンプルを抽出した。さらに, それらを電車音の有る場合と無い場合に分けた。

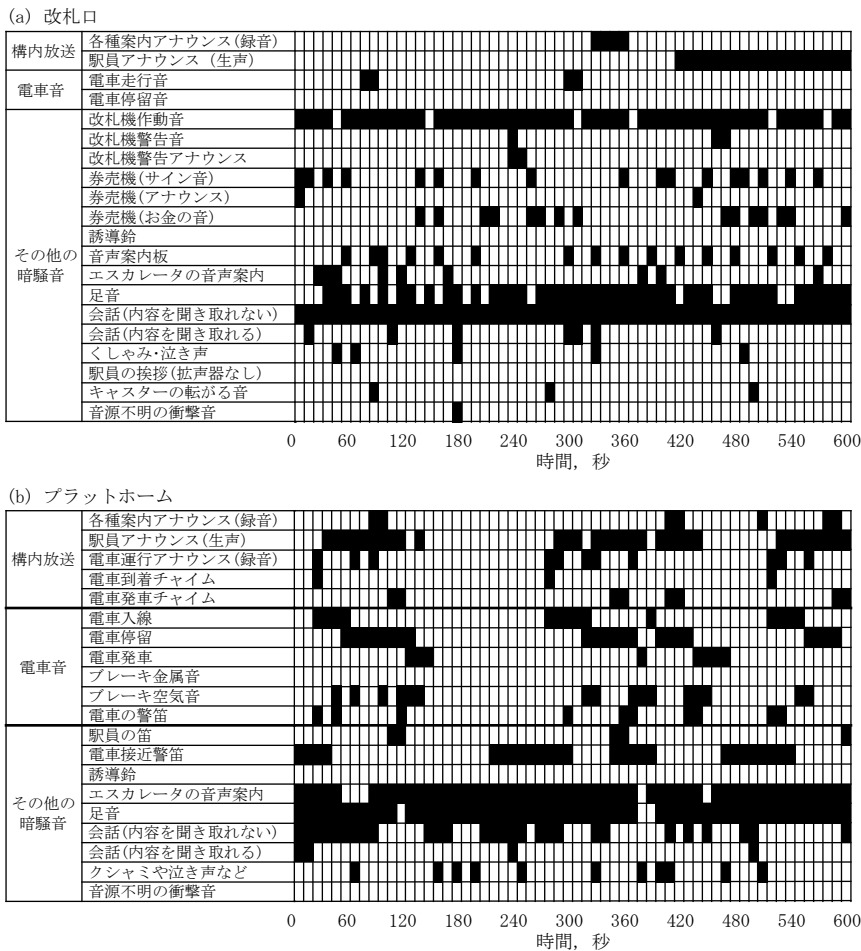


Fig.1 Examples of time history of sound source at subway stations. Filled cells represent identified sound sources. Panels (a) and (b) indicate results in front of ticket gate and at platform, respectively.

次に、各測定データの物理量の代表値として、電車が有る場合と無い場合それぞれについて、抽出したサンプルの、 L_{Aeq} 及び1/1 オクターブバンドごとの L_{eq} のエネルギー平均と、両耳間相関度の算術平均を求めた。

改札口とプラットフォーム、電車の有無を組み合わせた4条件について、分析に用いた測定データの数と、それぞれの時間長(サンプル数×10秒)の平均値及び標準偏差をTable 2に示す。なお、測定データによって、各条件に対応するサンプルが得られないことがあるため、分析に用いた測定データの数はその総数より少なく、電車が有る場合と無い場合で異なる。さらに、電車が有る場合と無い場合の暗騒音として抽出したサンプルの数は、測定データ内及び測定データ間で一致しないため、上述した物理量の代表値は時間長にばらつきがある。

3. 分析結果

3.1 騒音レベル

改札口とプラットフォームの、電車が有る場合と無い場合の L_{Aeq} の関係をFigure 2に示す。1つのプロットは、1回の測定結果を示す。図中の対角線は、電車が有る場合と無い場合の L_{Aeq} が等しいことを表す。改札口の場合(○)、ほぼ対角線上にあり、両者に大差は無い。一方、プラットフォームの場合(●)、全て対角線より上にプロットされており、電車が有る場合の L_{Aeq} が大きいと言える。また、電車が無い場合の L_{Aeq} と電車が有る場合の L_{Aeq} には相関関係が見られない。

以下で、時間帯、測定点、駅の違いが L_{Aeq} に及ぼす影響について分析する。

まず、時間帯の違いが L_{Aeq} に及ぼす影響を検討した。全ての測定点について、朝ラッシュ時と閑散時の差と、夕ラッシュ時と閑

Table 2. List of number of measurements and length of time.

場所	電車の有無	サンプル数	1サンプルあたりの時間長	
			平均値(秒)	標準偏差(秒)
改札口	有	101	126	79
	無	108	429	106
プラットフォーム	有	233	167	60
	無	227	223	99

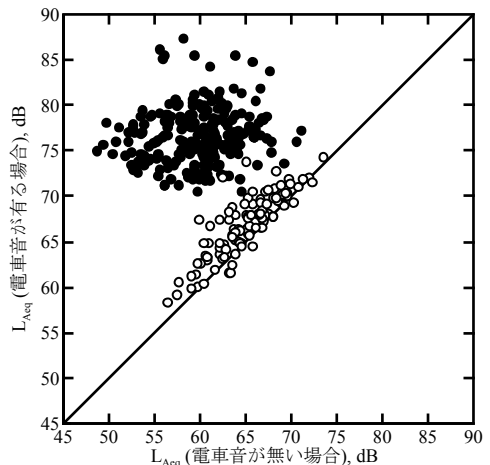


Fig. 2 Relation between L_{Aeq} in the presence and the absence of trains. Open circle: ticket gate; closed circle: platform.

散時の差を算出した。累積頻度曲線を Figure 3(a)~(d) に示す。朝夕のラッシュ時と閑散時の差の90%レンジは、いずれの場合も約±5dB以内である。詳しく見ると、プラットホームの電車音がある場合(Figure 3(c)), 累積頻度曲線が L_{Aeq} の差が±0dBの付近で急峻に上昇しており、ラッシュ時と閑散時の差が小さいことを示している。これは、電車音が支配的で、電車音のレベルは時間帯に関わらず変わらないためと考えられる。他の3つの場合は、朝夕のラッシュ時は閑散時に比べてレベルがやや高い傾向が見られる。これは、ラッシュ時は人通りが多く、会話や足音などが多いためと考えられる。また、いずれの場合も、朝ラッシュ時と夕方ラッシュ時の差(実線と点線の差)は、閑散時との差に比べて小さい。

次に、測定点の違いが L_{Aeq} に及ぼす影響を検討した。改札口は20駅中、測定点が複数ある13駅について分析した。プラットホームは、全ての駅について分析した。同一駅内の、測定点による L_{Aeq} の最大値と最小値の差を、時間帯ごとに算出した。累積頻度分布を Figure 4 に示す。Figure 4(a)(b)(c) は90%レンジが約5dB以内であるが、プラットホームの電車音が無い場合(Figure 4(d))で、他と比べて差が大きい。測定時の印象では、特に差が大きい駅は、測定点の人通りの数に差のある場合が多く、人通りの数が多い測定点では L_{Aeq} が高かった。なかでも、朝ラッシュ時(太線)は、人通りが特定の場所に集中する傾向があり、 L_{Aeq} も差が大きくなった。人通りの数に差が出る要因としては、改札口との距離や乗り換えの動線、エスカレータの有無などが関係していると考えられる。

次に、駅による違いを検討した。検討には、同一駅内における全ての測定について算術平均した値である、平均 L_{Aeq} を用いた。各駅の人通りの数の違いが L_{Aeq} に影響すると考えられるため、各駅の平均 L_{Aeq} と、駅の選定に用いた1日の乗降客数の関係を求めた。Figure 5(a) に改札口、Figure 5(b) にプラットホームにおける結果を示す。電車音の有る場合と無い場合をそれぞれプロットした。ただし、横軸は底が2の対数とした。図中の直線は、回帰直線を表しており、回帰式も求めた。

まず、改札口(Figure 5(a))では、電車音が無い場合(●)の平均 L_{Aeq} は、1日の乗降客数の増加とともに約55dBから70dBと上昇している。駅の違いによる影響は、前述の測定点や時間帯の違いによる影響よりも大きいことが分かる。しかし、図中破線で示した回帰直線は、相関係数が0.79と高く、また回帰式と測定値の値はほぼ±5dB以下と小さい。通過人数と L_{Aeq} との相関は容易に想定できることであるが、測定点における通過人数を厳密に計測しなくても、公表されている1日の乗降客数によってある程度推定できることを示している。回帰式の傾きが1.6であることから、1日の乗降客数が2倍になると、平均 L_{Aeq} は約1.6dB上昇することがわかる。

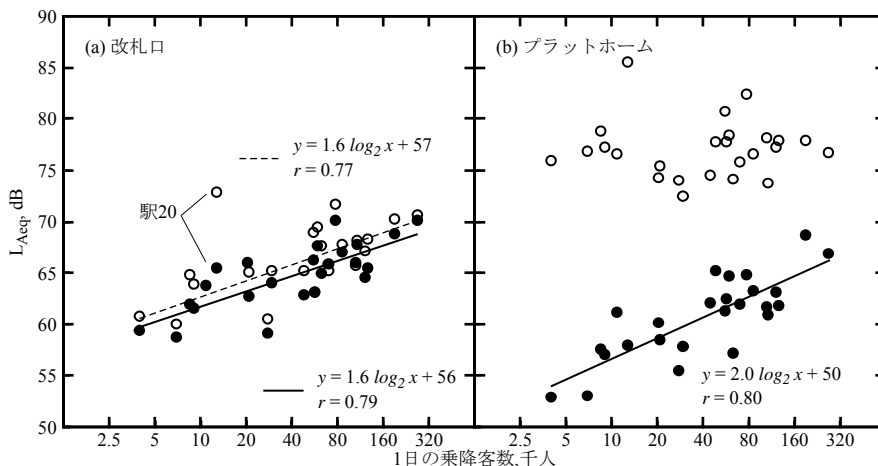


Fig. 5 Relation between L_{Aeq} and the number of passengers per day. Solid and dotted lines represent regression lines. Panels (a) and (b) indicate results in front of ticket gate and at platform, respectively. Open circle: in the presence of trains; closed circle: in the absence of trains.

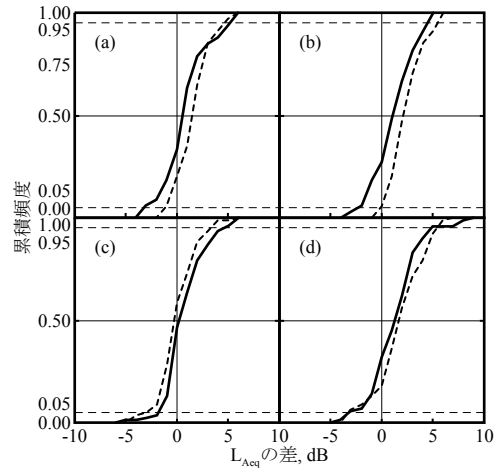


Fig. 3 Cumulative distribution of difference between L_{Aeq} in rush-hour and off-hour. Solid line: difference between morning rush-hour and off-hour; dotted line: difference between evening rush-hour and off-hour. (a): ticket gate in the presence of trains; (b): ticket gate in the absence of trains; (c): platform in the presence of trains; (d): platform in the absence of trains.

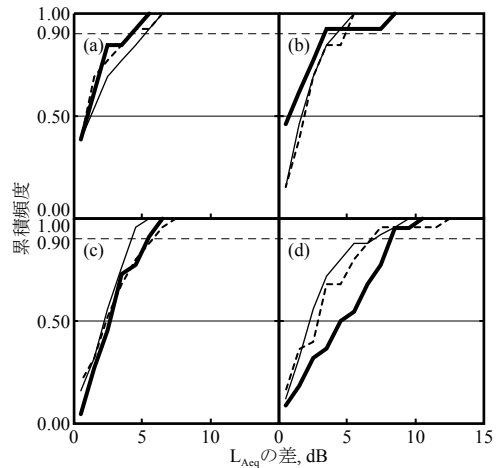


Fig. 4 Cumulative distribution of difference between L_{Aeq} in different measuring points. heavy line: morning rush-hour; dotted line: off-hour; narrow line: evening rush-hour. (a): ticket gate in the presence of trains; (b): ticket gate in the absence of trains; (c): platform in the presence of trains; (d): platform in the absence of trains.

電車音の有る場合(○)についても、ほぼ同様の結果が得られた。一部の例外を除き、1日の乗降客数の増加とともに約55dBから70dBと上昇している。駅20のみが例外で、他と比べて L_{Aeq} が高い。この原因は、測定点がプラットホームに非常に近かったこと

が考えられる。図中の点線は、電車が有る場合、駅 20 の結果を除いた回帰直線であるが、2本の回帰式は非常に近い。これは、電車が無い場合と同様に、公表されている1日の乗降客数によってある程度推定できることを示している。

次に、プラットホーム(Figure 5(b))では、電車が無い場合(●)の平均 L_{Aeq} は、1日の乗降客数の増加とともに約 55dB から 70dB と上昇している。駅の違いによる影響は、先の測定点や時間帯の違いによる影響よりも大きく、その傾向は先の改札口の場合と同様である。また、回帰直線は、相関係数が 0.80 と高いことから、改札口の場合と同様に、公表されている1日の乗降客数によってある程度推定できることを示している。回帰式の傾きが 2.0 であることから、1日の乗降客数が2倍になると、平均 L_{Aeq} は約 2.0dB 上昇することがわかる。

一方、電車が有る場合(o)の平均 L_{Aeq} は、1日の乗降客数に関わらず $75 \pm 3dB$ 以内である。なお、例外的に平均 L_{Aeq} が 80dB を超えるものは同一都市で測定されたものであり、車両形式、具体的には車輪の材質が一般の鉄輪とは異なり、ゴムタイヤであることが原因であると考えられる。

以上、地下鉄駅の暗騒音の L_{Aeq} について、時間帯、測定点、駅の違いによる影響を検討した。その結果、時間帯や測定点の違いによる影響は、ほとんどの場合 5dB 以内と小さかった。一方、駅の違いによる影響は 5dB よりも大きい。改札口の電車が有る場合と無い場合、及びプラットホームの電車が無い場合の L_{Aeq} は、各駅の公表されている1日の乗降客数を用いて推定できることを示した。一方プラットホームの電車が有る場合は約 75dB であることを示した。

3. 2 周波数特性

125Hz から 8kHz まで、1/1 オクターブバンドの L_{eq} の結果を Figure 6 に示す。1本の折れ線は、1回の測定データを示し、図中には全ての結果を表している。改札口の電車が無い場合(Figure 6(b))と、プラットホームの電車が無い場合(Figure 6(d))はそれぞれ、駅や測定点、時間帯の違いに関わらず 500Hz 又は 1kHz 付近にピークを持つよく似た特性である。改札口の電車が有る場合(Figure 6(a))と、プラットホームの電車が有る場合(Figure 6(c))もほぼ同様の傾向であるものの、以下に述べるように電車の影響で、一部の路線において例外が見られた。

改札口の電車が有る場合(Figure 6(a))で例外的なのは、都市 V の路線 i と路線 j のものである。これら 2つの路線の結果を Figure 7(a) に示す。これらは 500Hz から 2kHz 付近に緩いピークを持っており、相対的に 125Hz 付近が低い特性となっている。なお、これら 2つの路線は、前述の電車の車輪がゴムタイヤの路線であり、それが例外的にピーク周波数が高い原因と考えられる。

次に、プラットホームの電車が有る場合(Figure 6(c))で例外的なのは、改札口にも影響が見られた都市 V の路線 i と路線 j のもの、さらに都市 II の路線 c のものである。まず路線 i と路線 j の結果を Figure 7(b),(c) に示す。路線 i(Figure 7(b))は、1kHz 付近が特に強く、相対的に高音域が低い特性となっている。また路線 j(Figure 7(c))は、2kHz に顕著なピークを持っており、他とは大きく異なる。これら 2つの路線は、前述の通り車輪が一般の鉄車輪と異なりゴムタイヤであることが原因で、1kHz 又は 2kHz に顕著なピークが現れたと考えられる。一方、路線 c の結果を Figure 7(d) に示す。この路線は、1kHz から 8kHz にかけて、大きく減衰する特性を持っている。この路線のプラットホームには、ホームドアが設置されており、プラットホームと線路の間が全てガラスで仕切られている。これが原因で、高域が減衰する特性になると考えられる。なお、この路線 c の測定駅は、改札口とプラットホームが遠く離れていたため、改札口では、この影響は見られなかった。

ここで、各条件の周波数特性を比較する。条件によって騒音レベルが異なるため、10 分間の測定データごとに L_{Aeq} を基準とした 1/1 オクターブバンド相対レベルを算出した。代表値として、4

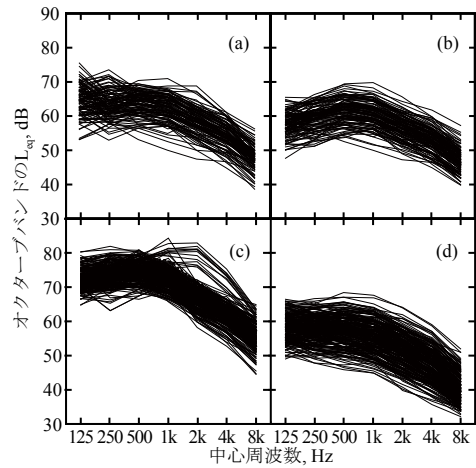


Fig. 6 Octave band spectrum of every measurement. (a): ticket gate in the presence of trains; (b): ticket gate in the absence of trains; (c): platform in the presence of trains; (d): platform in the absence of trains.

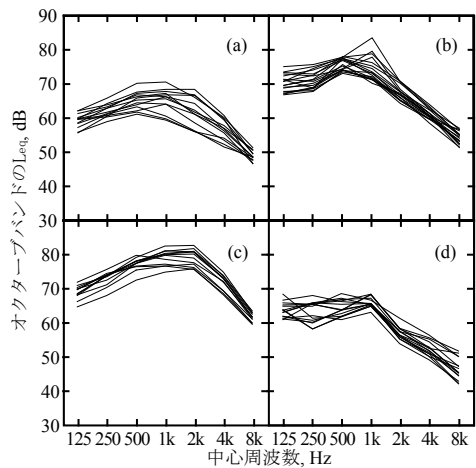


Fig. 7 Octave band spectra of exceptional cases. (a): ticket gate in the presence of trains at Line i and Line j; (b): platform in the presence of trains at Line i; (c): platform in the presence of trains at Line j; (d): platform in the presence of trains at Line d.

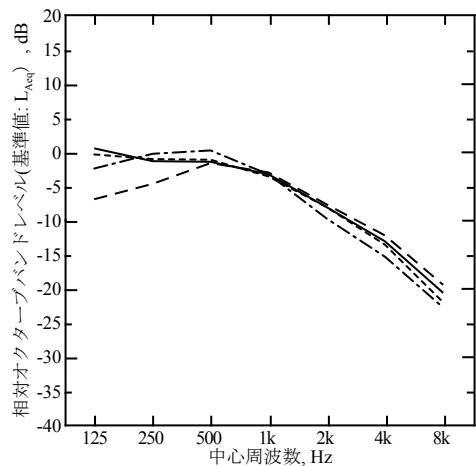


Fig. 8 Octave band spectra of median of octave band level relative to L_{Aeq} . Solid line: ticket gate in the presence of trains; broken line: ticket gate in the absence of trains; dashed-dotted line: platform in the presence of trains; dotted line: platform in the absence of trains.

つの条件それぞれにおいて、各オクターブバンドの中央値を求めた。各条件とも中央値 $\pm 5dB$ の間には、70%以上のサンプルが含まれており、よく似た特性であることを確認できた。全ての結果を Figure 8 に示す。いずれの条件も、500Hz 付近にピークを持つ、

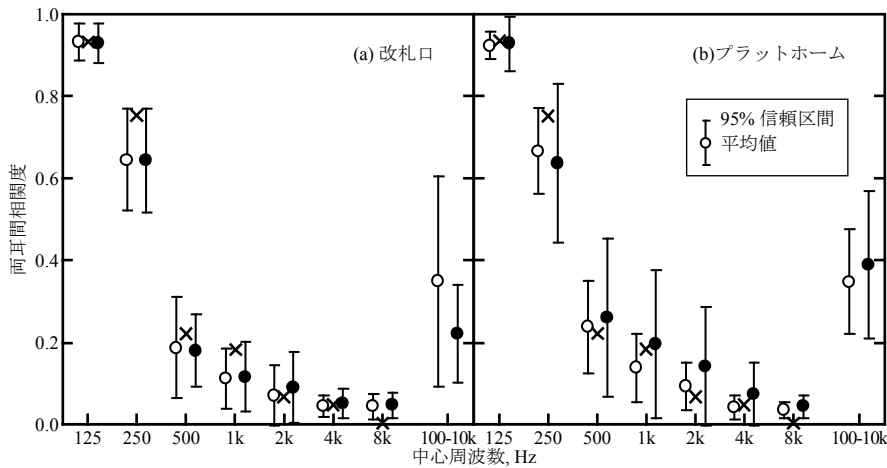


Fig. 9 Frequency characteristics of the degree of interaural cross-correlation. Panels (a) and (b) indicate results in front of ticket gate and at platform, respectively. Open circle: in the presence of trains; closed circle: in the absence of trains; x: theoretical values in a diffuse sound field, $r=0.30m$.

よく似た特性であると言える。

この結果の妥当性について考察する。改札口、プラットフォームとも電車音が無い場合は、 L_{Aeq} が各駅の1日の乗降客数と相関が高かったことから、主な音源は人の話し声であると考えられる。Figure 8より、それぞれの周波数特性は話し声のスペクトル¹⁴⁾に近く、この結果は妥当である。プラットフォームに比べて改札口の方にピークが顕著に現れているのは、改札機の切符を処理する音の影響と考えられる。

改札口の電車音がある場合は、電車音の低周波数成分のみが改札口まで到達した結果、電車音が無い場合に比べ125Hzや250Hzが強い特性となったと考えられる。プラットフォームの電車音がある場合は電車音が支配的であるが、結果的に話しに近いスペクトルとなった。

3. 3 両耳間相関度

1/3 オクターブバンド分析¹²⁾と広帯域の分析を行った。広帯域の分析は、100Hzから10kHzに帯域制限し、A特性なし¹¹⁾で算出した。各条件とも、駅や時間帯の違いが見られなかったため、全測定の平均値と95%信頼区間を求めた。結果をFigure 9に示す。改札口、プラットフォームともに、電車音がある場合(o)と無い場合(●)との差は小さく、電車音の影響は小さかった。また、xは拡散音場における2点間相関の理論値¹⁵⁾を絶対値で表したものである。2点間の距離rは、耳の音響中心¹⁶⁾の影響を考慮して0.30mとした。改札口、プラットフォームとも、電車音の有無に関らずその値に近いことがわかる。

まとめ

地下鉄駅構内におけるアナウンスに対する暗騒音を改札口とプラットフォーム、それぞれの電車音の有無の計4つの条件について測定及び分析を行い、以下のことを明らかにした。

改札口

- L_{Aeq} は電車音の有無に関わらず約55dBから70dBで、1日の乗降客数が2倍になると約1.6dB上昇する。ただし、プラットフォームとの距離が近い場合、電車音の影響で5dB以上高くなることもある。
- 周波数特性は電車音の有無に関わらず、500Hz又は1kHzに緩いピークを持ち、約5dB/oct減衰する特性となる。ただし、車輪がゴムタイヤの場合、500Hzから2kHz付近に緩いピークを持つ。
- 両耳間相関度は電車音の有無や1日の乗降客数に関わらず、拡散音場における理論値に近い値となる。

プラットフォーム

- L_{Aeq} は電車音の有無によって大きく異なる。電車音が無い

Table 3. Summary of acoustic characteristics of background noise against the announcement at subway stations.

場所	電車音	L_{Aeq} の推定式 ^{a)}	周波数特性	両耳間相関度
改札口	有	$1.6 \log_2 x + 56 \text{ dB}$	500Hz又は1kHzに ^{b)} 緩いピークを持ち約5dB/oct減衰する	拡散音場における2点間相関の理論値($r=0.30m$)
	無			
プラットフォーム	有	$75 \pm 3 \text{ dB}$		
	無	$2.0 \log_2 x + 50 \text{ dB}$		

a) x: 各駅の1日の乗降客数,千人 b) Fig.8 参照

場合は約50dBから70dBで、1日の乗降客数が2倍になると約2.0dB上昇する。電車音がある場合は約75dBである。ただし、車輪がゴムタイヤの場合、80dBよりも高くなる。

- 周波数特性は電車音の有無に関わらず、500Hz又は1kHzに緩いピークを持ち、約5dB/oct減衰する特性となる。ただし、車輪がゴムタイヤの場合、1kHz又は2kHzに顕著なピークが現れる。また、ホームドアが設置されている場合、1kHz以上で大きく減衰する。
- 両耳間相関度は電車音の有無や1日の乗降客数に関わらず、拡散音場における理論値に近い値となる。

以上をTable 3にまとめた。地下鉄駅構内におけるアナウンスに対する暗騒音の音響特性は、各駅の1日の乗降客数をパラメータとして大まかに推定可能である。

謝辞

測定及び分析にご協力頂いた神戸大学大学院生(当時)の高橋杏子さん、並びにご協力頂いた関係者の方々に感謝する。なお、この研究の一部は平成15年度(財)国土技術センター研究開発助成金(助成番号03011)、科学研究費補助金基盤研究B2(課題番号16360292)及び、21世紀COEプログラム「安全と共生のための都市空間デザイン戦略」の補助を受けて行ったものである。

文献

- 1) “消防法,” (2009 最終改正)
- 2) “高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律,” (2006 最終改正)
- 3) 交通エコロジー・モビリティ財団, “公共交通機関旅客施設の移動円滑化整備ガイドライン追補版,” (2002)

- ground railway system,” *Applied Acoustics*, 28, 263-275 (1989)
- 5) 横山栄, 向井ひかり, 橘秀樹, “公共空間の音環境に関する実測調査例,” *騒音制御*, 23, 228-231 (1999)
 - 6) 橘秀樹, 平野慈, “公共空間の音環境設計と騒音制御: 駅コンコース,” *騒音制御*, 23, 238-242 (1999)
 - 7) 濱口卓也, 佐藤公信, 清水忠男, “鉄道駅プラットフォームにおける音情報の複合的状況の現状および晴眼者と視覚障害者による印象評価,” *日本建築学会環境系論文集*, 582, 23-30 (2004)
 - 8) T. Sato, H. Sato, H. Sato and M. Morimoto, “Sound environment for speech communication at railway stations in Japan,” *Proc. 18th International Congress on Acoustics (ICA2004)*, II, 1199-1200 (2004)
 - 9) 藤井光治朗, 伊積康彦, “駅の音環境の実態,” *音響技術*, 133, 7-13 (2006)
 - 10) 運輸政策研究機構; 都市交通年報 平成16年度版, 運輸政策研究機構, 東京 (2005)
 - 11) M. Morimoto and K. Iida, “A practical evaluation method of auditory source width in concert halls,” *J. Acoust. Soc. Jpn.* (E), 16, 59-69 (1995)
 - 12) M. Morimoto and K. Iida, “Appropriate frequency bandwidth in measuring interaural cross-correlation as a physical measure of auditory source width,” *Acoust. Sci. & Tech.*, 26, 179-184 (2005)
 - 13) J. Blauert; *Spatial Hearing*, pp. 257-271, MIT press, Cambridge (1996)
 - 14) 前川純一, 森本政之, 阪上公博; *建築・環境音響学*, pp.20-21, 共立出版, 東京 (2000)
 - 15) H. Kuttruf; *Room Acoustics*, pp. 243-248, Elsevier, New York, (1991)
 - 16) 森本政之, 安藤四一, 前川純一, “耳の音響中心について,” *日本音響学会講演論文集*, 365-366 (1972)

Acoustic characteristics of background noise against announcement at subway stations

Yutaka OHNISHI¹, Masayuki MORIMOTO², Hayato SATO²

¹*Graduate School of Engineering, Department of Architecture/ HASEKO Corporation*

²*Graduate School of Engineering, Department of Architecture*

Key words: Public spaces, Subway stations, Announcement, Background noise, Number of passengers

In public spaces, announcement is one of most important methods for transmitting information to people. However, listening to the announcement is often disturbed by background noise. In the present study, acoustic characteristics as L_{Aeq} , frequency characteristics, and the degree of interaural cross-correlation of background noise at subway stations were measured at twenty stations in five Japanese cities. Measurements and analyses were performed in four cases, which are combination of two measuring points: ticket gate and platform, and states of trains: in the presence and the absence. Results represent that 1) sound from trains and passengers dominantly affect L_{Aeq} and frequency characteristics of background noise, 2) acoustic characteristics for each case can be roughly estimated from the number of passengers per day which is publicly available.