鉄 道 総 研 報 告
特集：構造物技術

高齢者に配慮した駅の案内放送の提供手法

辻村　壮平*　　伊積　康彦*

The Control Method of an Announcement at a Station for Elderly Users

Sohei TSUJIMURA　　Yasuhiko IZUMI

Japanese society is aging rapidly. The listening difficulty of an announcement at a railway station has become a serious problem in Japan. For the elderly who develop hearing loss with aging, it is difficult to comprehend the announcements at major railway stations, especially in the crowded Tokyo metropolitan area. At present there are no guidelines for the reproduction level of an announcement at a station. Therefore, in our study, in order to support railway corporations in drafting a guideline on the reproduction level of the announcements at a station in an aging society, subjective experiments were carried out in which both elderly and young adults participated.
キーワード：駅，案内放送，高齢者，聴き取りにくさ，喧騒感，発話速度

1．はじめに

鉄道駅は不特定多数の人々に利用される。近年，急速な高齢化が進む日本では，加齢に伴い聴力の低下した高齢者の鉄道利用は増加することが容易に推測される[1)]。鉄道駅では不燃性，耐久性，耐水性の観点から，音響的には反射性の材料が使用されやすいため，鉄道駅の音環境に関してはこれまで多くの問題点が指摘されている[2)3)]。昨今の主要都市の駅では電気音響機器を採用した情報伝達が一般的であるが，このような空間では音環境が問題となりやすいことも報告されている[4)]。近年では，鉄道駅や空港ターミナルビルなどで音響的な配慮が施されている事例も僅かながらみられるものの[5)]，鉄道駅に関しては概して防火・耐火性や耐震性，意匠性等に重点が置かれ，音響的な快適性は軽視されることが多い。

一方，駅の案内放送については，ホームやコンコースの安全性・利便性の向上，利用者に提供する情報の多様化，各種障害者に配慮した設備環境の整備等により，音声情報伝達の質の向上が望まれる。平常時の案内放送のみならず，警報や非常放送，避難情報なども駅利用者に明瞭に伝わらなければならない[6)]。しかし現状では，音響分野の学会でも駅の案内放送の提示に参考となる設計指針や目標値は提案されていないため，高齢者が駅を利用するにあたり，音声による案内放送や警報・誘導などのサイン音が十分に聴き取れない問題が顕在化してしまうことが危惧される[7)]。

このような背景のもと，筆者らは高齢社会に対応した鉄道駅の案内放送に関する提供手法の開発を目的に，高齢者に配慮した音声情報提供に資するデータの蓄積を行ってきている[8)9)]。本報では，スピーカから案内放送が再生され，空間を伝播し，聴取者に聴こえるまでの音声情報伝達のプロセスの三つの系（発信系，伝送系，受信系）[10)]のそれぞれの観点から，これまでの筆者らの研究成果をまとめる。

＊　構造物技術研究部　建築研究室

2．伝送系の要因に着目した音響的対策の検討

案内放送がスピーカから再生され（発信系），空間を伝播し（伝送系），聴取者に聴こえるまで（受信系）の音声の伝達過程を図1に示す。筆者らの研究では，聴力の衰えた高齢者もそうでない若齢者も，聴き取りにくさを損なわず，且つ，喧騒感を抱かない音響的条件を明らかにすることを目的としている。従って，聴取者の聴力特性を音声の伝達過程における受信系の要因の一つと捉えている。図1の各系の中で，案内放送の聴き取りにくさに最も大きく寄与するのは暗騒音レベルや空間の音響特性など伝送系の要因である。これらの伝送系の要因に着目し，受信系の要因として聴取者の聴力特性を考慮した主観評価実験の概要とその結果について報告する。

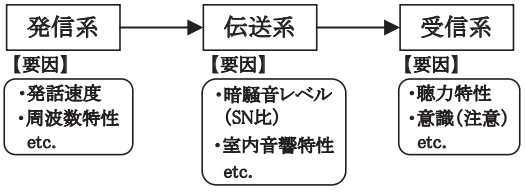

図1　音声情報伝達のプロセス

2.1　案内放送の提示レベルに関する主観評価実験

「音声情報の聴き取りにくさ」と「音環境に対する喧騒感」の両側面から，受信系の要因として聴取者の聴力

特性を，伝送系の要因として暗騒音や天井の吸音特性に着目し，模擬駅舎で天井の吸音特性を変化させて高齢者及び若齢者を被験者に用いた主観評価実験を実施した。

(1) 実験空間の音響特性の把握

反射性天井には無孔スパンドレルを仕上げ材に用いた。吸音性天井は有孔スパンドレル（開口率 19.7 %）＋ 32 kg/m^3 のグラスウール（以降，GW と記す）10 mm の背後層に，さらに 32 kg/m^3 の GW 25 mm を裏打ちした。これらの背後の天井懐に 2300 mm の空気層をとっている。各々の天井条件における空間の音響特性を把握するため，床面から高さ 3 m の位置に音源スピーカ（BOSE，MODEL 101MM STAGE）を設置し，TSP（Time-Stretched-Pulse：時間伸長パルス）信号を再生して，音源から 5 m 離れた位置でインパルス応答を測定した（図 2）。測定されたインパルス応答から STI（Speech Transmission Index：音声伝送指数）を算出した。

その結果，STI は反射性天井で 0.58，吸音性天井で 0.76 と，反射性より吸音性の方が STI は 0.2 程度高く，日本建築学会環境規準 AIJES-S0002-2011[11] によれば，反射性天井は 3rd，吸音性天井は 2nd にあたる。図 3 に示した各天井条件の残響時間の周波数特性によれば，反射性天井の残響時間は 500 Hz で約 1.6 秒，1 kHz で約 2.1 秒，吸音性天井では 500 Hz で約 0.8 秒，1 kHz で約 0.9 秒と天井を吸音処理することで残響時間は短くなっている。

(2) 被験者の聴力特性の把握

被験者の聴力特性を調べるため，主観評価実験の実施に先立って，オージオメータ（RION，AA-97B）を用いた聴力検査を実施した。被験者は 60 歳代・70 歳代の高齢者 14 名と，20 歳代・30 歳代の若齢者 17 名の計 31 名である。聴力検査では 125 Hz ～ 8 kHz まで 1oct. band ごとの純音に対する聴力レベルを 5 dB 刻みで計測した。聴力検査の結果を図 4-a)，b) にそれぞれ示す。

図 4-a) より，高齢者の聴力レベルは 5 ～ 75 dB の範囲に布置しており，若齢者に比べてばらつきは大きい。高齢者の中央値は ISO 7029[12] の 70 歳代の予測値より 1 kHz 以下で聴力レベルは高いものの，2 kHz 以上では概ね一致しており，加齢に伴う聴力低下が認められる。一方，図 4-b) より，若齢者の聴力レベルは全周波数帯域で概ね -5 ～ 25 dB の範囲におさまっている。若齢者の中央値は全周波数帯域で ISO 7029[12] の 20 歳代の予測値よりも若干上昇していたが，その差異は全周波数帯域で 15 dB 以下であった。以上より，本実験の被験者は高齢者も若齢者も年齢相応の正常な聴力を有していることが確認された。

(3) 実験手順

前述の反射性及び吸音性の各天井条件で音源スピーカ（BOSE，MODEL 101MM STAGE）から 5 m 離れた位置に立たせた被験者に模擬案内放送を提示した。被験者には，提示された模擬案内放送を聴き取り，その聴感印象（案内放送のうるささ，聴き取りにくさ，音環境の不快感）を評価するよう教示を与えた。聴感印象の評価には「1：全く～ない」，「2：それほど～ない」，「3：多少～」，「4：だいぶ～」，「5：非常に～」の 5 段階評定尺度を用いた[13]。

本実験では模擬案内放送と同時に首都圏の駅のコンコースで録音した実駅の暗騒音を A 特性音圧レベル 65，70，75 dB で再生し[14]，SN 比を -12 dB から +16 dB まで 4 dB ごとになるよう模擬案内放送の提示レベルを設定した。これらの SN 比に男声と女声を割り当て，各音

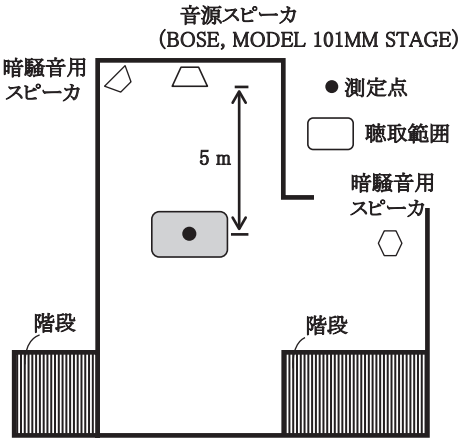

図２　インパルス応答測定の音源と測定点

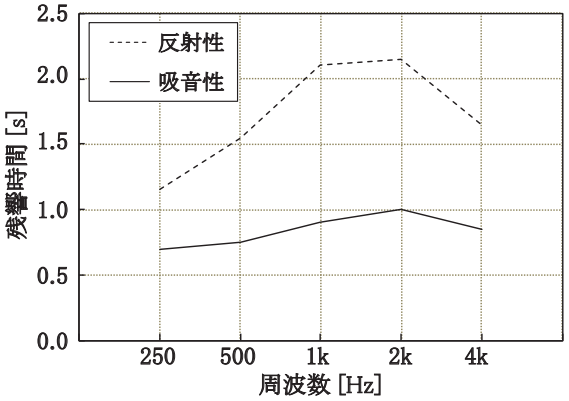

図３　各天井条件の残響時間の周波数特性

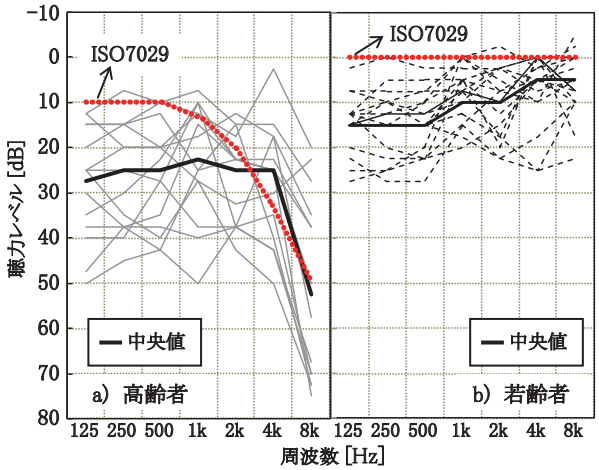

図４　聴力検査結果（両耳平均オージオグラム）

源を 2 回ずつ提示した。すなわち，被験者は暗騒音条件 3 水準× SN 比 8 水準×男声・女声の 2 水準×施行回数 2 水準の計 96 条件について評価を行ったことになる。

2.2 実験結果及び考察

(1) 案内放送の SN 比と聴き取りにくさの関係

案内放送の SN 比と聴き取りにくさの関係を暗騒音レベルごとに図 5 に示す。各図中の破線は反射性天井の結果であるが，SN 比が大きくなると聴き取りにくい割合は減少するものの，同じ SN 比でも暗騒音レベルが高ければ聴き取りにくい割合は高い。図 5-a）の暗騒音レベル 65 dB の結果では，SN 比が約 +8 dB 以上で天井の吸音処理の有無に関わらず高齢者も若齢者も聴き取りにくい割合は概ね 5 % 以下になるが，暗騒音レベル 70 dB や 75 dB になるとその割合は 10~20 % 程度まで上昇する。この結果から，反射性天井では，暗騒音レベルや聴取者の年齢に関わらず，聴き取りにくいと判断する割合が概ね 5 % 以下となるためには SN 比を +13 dB 以上としなければならないことがわかる。

図 5 の実線で示した吸音性天井の結果は，反射性天井に比べて暗騒音や年齢によるばらつきは小さい。暗騒音レベル 70 dB 以下では年齢によらず SN 比を約 +8 dB とすれば，聴き取りにくい割合は概ね 5 % 以下におさまる。すなわち，天井を吸音処理した方が SN 比を低く設定しても聴き取りにくさを感じにくくなる。天井を吸音処理すれば，首都圏のターミナル駅では，SN 比は +8 dB 程度で，ほとんどの人は聴き取りにくさを生じないといえる。

(2) 案内放送の提示レベルとうるささの関係

案内放送の提示レベルとうるささの関係を図 6 に示す。提示レベルが高くなるとうるささを感じる割合は増加し，いずれの天井条件でも高齢者は若齢者よりうるさいと判断しやすい傾向がみられる。図中の破線で示した反射性天井は，実線の吸音性天井よりも回帰曲線の傾きが緩やかになっている。提示レベルが概ね 85 dB 以下では，反射性天井は吸音性天井に比べて特に高齢者でうるさいと判断されやすい。吸音性天井の曲線は 80 dB 付近から立ち上がりは急激になるが，高齢者と若齢者のいずれも 80 dB 以下ではうるさいと判断する割合は非常に低い。

実験統計学の分野で一般的に用いられる判断基準として 5 % の有意水準を用いて評価すると，反射性天井条件では案内放送の提示レベルを 63 dB 以下，吸音性天井条件では 78 dB 以下に抑えられると，聴取者の年齢によらずうるささは感じられないことが認められる。従って，これらの値が各天井条件で案内放送が許容される最大レベルと判断できる。

2.3 まとめ

天井を吸音処理した場合，案内放送の SN 比は +8 dB

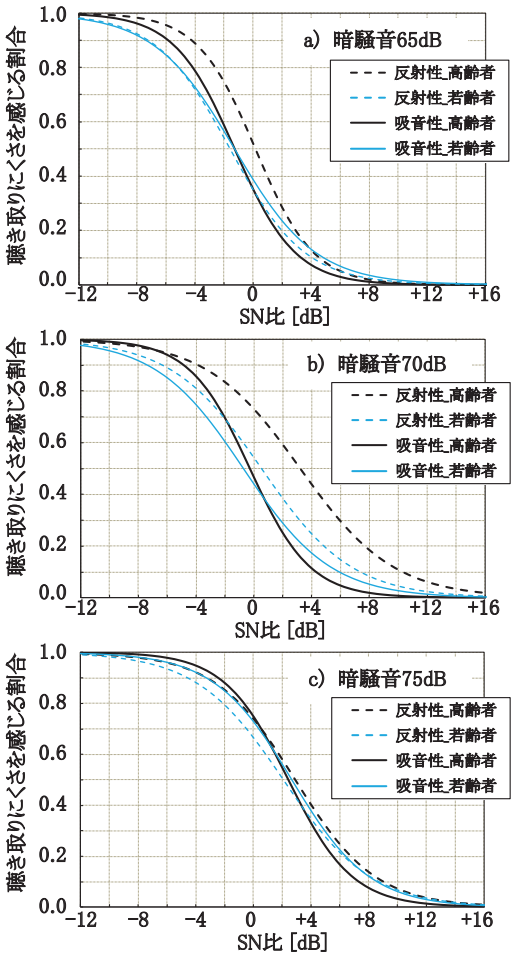

図５　案内放送の SN 比と聴き取りにくさの関係

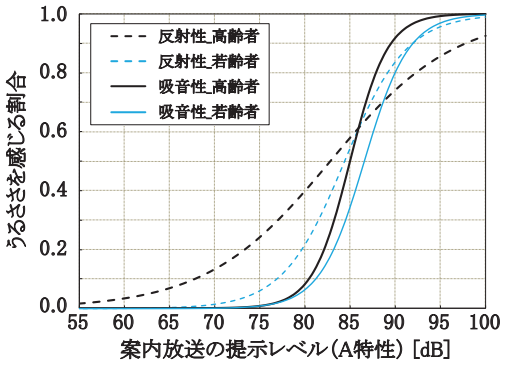

図６　案内放送の提示レベルとうるささの関係

以上あれば聴取者は聴き取りにくい印象をもたず，且つ，提示レベルは 78 dB 以下に抑えられるとうるささも感じない。すなわち，駅の暗騒音レベルが 70 dB 以下であれば，聴取者に聴き取りにくさを生じさせず，喧騒感ももたらさない案内放送を実現させることが可能となる。70 dB という暗騒音レベルは首都圏のターミナル駅の一般的な値であることから，天井を吸音処理することが望ましく，そのような空間では +8 dB の SN 比を確保すれば，高齢者にも若齢者にも音声情報が理解され，駅の音環境としてうるささも感じない案内放送が実現できる。

一方，天井が吸音処理されていない場合は，案内放送のSN比を+13 dB以上確保できれば聴取者は聴き取りにくくならず，且つ，提示レベルは63 dB以下に抑えることでうるささも感じられない。しかしながら，これを満たすには暗騒音レベルを50 dB以下に抑える必要があり，特に首都圏のターミナル駅のような規模が大きな駅では非常に困難である。そこで，天井が吸音処理されていない場合には，案内放送の存在意義を考えると，まずSN比を+13 dB確保することを優先することが望ましい。それから，この条件を満たす案内放送の提示レベルを把握し，図6の結果を用いてどの程度の割合の人がうるさいと感じるかを把握することになる。

3．発信系の要因に着目した音響的対策の検討

案内放送がスピーカから再生され，聴取者に届くまでの音声の伝達過程において，発信系の要因として案内放送の発話速度に着目し，さらに伝送系の要因として騒音レベル，受信系の要因として聴取者の聴力レベルを考慮した主観評価実験の概要とその結果について報告する。

3.1　案内放送の発話速度に関する主観評価実験

模擬駅舎で発話速度と暗騒音レベルの異なる音場を構築し，各実験条件下で提示された模擬案内放送に対する聴き取りにくさ，うるささ，不自然さを被験者に評価させた。これらの結果から，案内放送の発話速度と各聴感印象の関係を検討し，聴取者の加齢に伴う聴力低下を考慮した駅の案内放送として望ましい発話速度を考察した。

(1) 被験者の聴力特性の把握

60歳代の高齢者25名，20歳代・30歳代の若齢者25名の計50名の被験者の聴力特性を把握するため，オージオメータ（RION，AA-97B）を用いた聴力検査を実施した。聴力検査では125 Hz～8 kHzの1oct. bandごとの純音に対する聴力レベルを5 dB刻みで計測した。

高齢者及び若齢者の聴力検査の結果を図7-a)，b）にそれぞれ示す。図7-a）より，高齢者の聴力レベルは5～75 dBの範囲に布置しており，ばらつきが非常に大きい。若齢者の結果と比較すると，ほとんどの高齢者は4 kHz及び8 kHzで聴力レベルが顕著に大きくなっており，加齢に伴う高周波数帯域の聴力の低下がうかがえるが，8名の高齢者ではその傾向は認められなかった。一方，図7-b）より，若齢者の聴力レベルは全ての周波数帯域で概ね-5～25 dBの範囲におさまっているが，1名の若齢者では8 kHzの聴力レベルが55 dBと著しく低下していた。

このように，本実験の被験者には加齢による聴力低下が表れていない高齢者と，高周波数帯域の聴力が低下している若齢者が含まれていることが確認されたため，年齢ではなく聴力レベルの低下の有無（8 kHzの聴力レベルが30 dB以下か否か）によって，聴力低下が認められた18名と認められなかった32名に評価データを分類し，実験結果の分析を実施した。

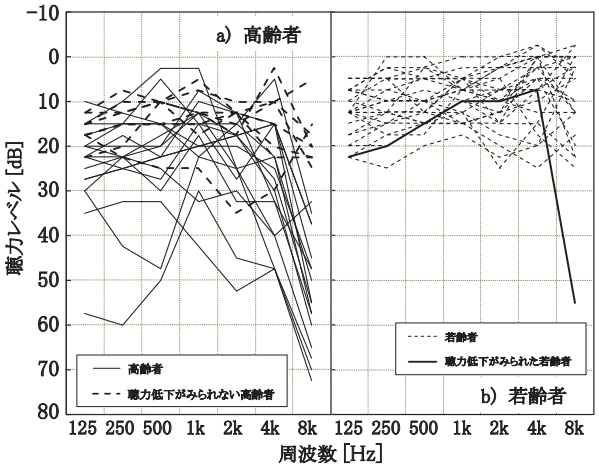

図7　聴力検査結果（両耳平均オージオグラム）

(2) 実験手順

模擬駅舎に音源スピーカ（BOSE，MODEL 201V）を高さ3 mの位置に設置し，10～15名の被験者を音源から5 m離れた点を中心として約1.8 m × 1.8 mの範囲に前後・左右に整列して立たせ，模擬案内放送を提示した。実験中は，模擬案内放送と同時に首都圏の駅のコンコースで録音した暗騒音をA特性音圧レベル65 dB，70 dB，75 dBで再生し[14]，聴取位置でSN比が+10 dBとなるよう案内放送の提示レベルを設定した[8]。

案内放送の発話速度については，小林ら[15]や横山ら[16]の既往研究の知見を参考に，本実験の発話速度の条件を4.5～9.5 mora/sの範囲で1 mora/sごとに変化させた6水準とした。これらに男声と女声で3種類の発話内容を割り当てた。すなわち，被験者は暗騒音ごとに発話速度6水準と男声・女声2水準に発話内容3水準の計36種類の模擬案内放送を提示されたことになる。

被験者は提示された模擬案内放送を聴き取り，その内容に該当する言葉を文章中から選択回答した後，案内放送のうるささ，聴き取りにくさ，不自然さに関する聴感印象を評価した。案内放送のうるささ及び聴き取りにくさについては「1:全く～ない」,「2: それほど～ない」,「3: 多少～」,「4：だいぶ～」,「5：非常に～」の5段階の評定尺度法を用いた[13]。不自然さに関しては「-3：非常に遅く感じる」,「-2：遅く感じる」,「-1：やや遅く感じる」,「0：ちょうどよい」,「1：やや速く感じる」,「2：速く感じる」,「3:非常に速く感じる」の7段階で評価を求めた。

3.2　実験結果及び考察

(1) 発話速度と聴き取りにくさの関係

聴取者の聴力低下の有無によるグループごとに整理した発話速度と聴き取りにくさの関係を図8に示す。この

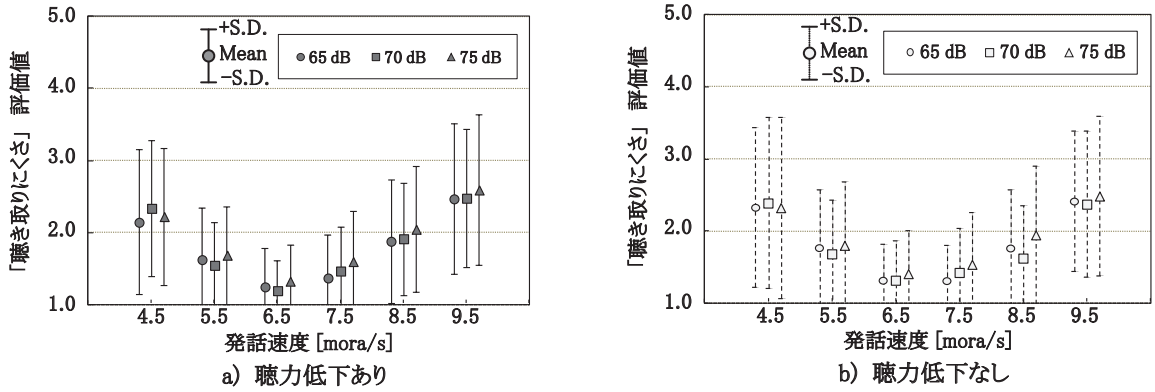

図８　発話速度と聴き取りにくさの関係（SN 比 +10 dB）

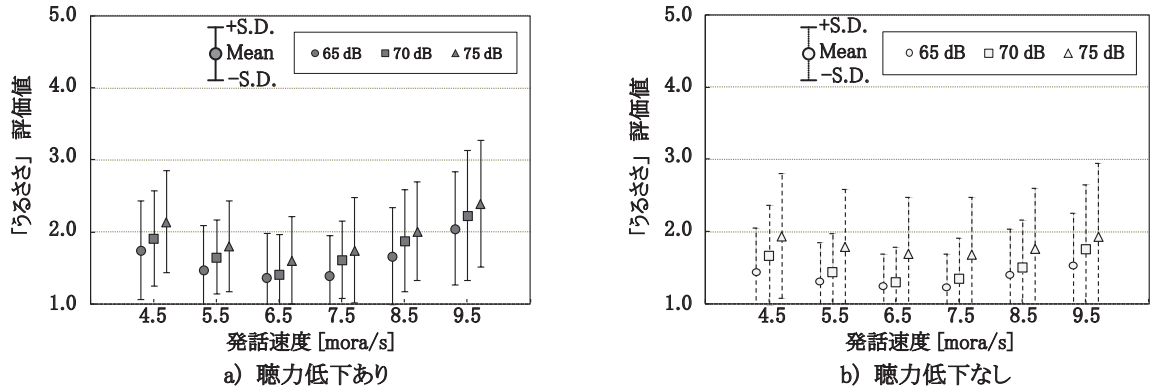

図９　発話速度とうるささの関係（SN 比 +10 dB）

結果について，聴力低下の有無と発話速度，暗騒音レベルを要因とした三元配置分散分析を行ったところ，発話速度と暗騒音レベルの主効果，聴力低下の有無と発話速度の交互作用が有意であった（$p < 0.01$）。

これより，聴取者の聴力低下の有無によらず，6.5~7.5 mora/s 程度が最も聴き取りやすいと判断される発話速度であるといえる。また，聴力低下がみられる人はみられない人よりも発話速度が速い場合に聴き取りにくさを生じやすいことが示唆される。

(2) 発話速度とうるささの関係

発話速度とうるささの関係について，聴力低下の有無によるグループごとに整理した結果を図 9 に示す。聴力低下の有無と発話速度，暗騒音レベルを要因とした三元配置分散分析を行った結果，聴力低下の有無，発話速度，暗騒音レベルの全ての主効果と，聴力低下の有無と発話速度，暗騒音レベルの交互作用がそれぞれ有意であった（$p < 0.01$）。

この結果より，聴力低下がない集団より，ある集団の方がうるささを感じやすいこと，発話速度が 4.5 mora/s 以下または 8.5 mora/s 以上はうるささを感じやすいこと，うるささには暗騒音レベルの寄与が最も大きいことがうかがえる。さらに，聴力低下がある人は発話速度が速い場合にうるささを感じやすい傾向が示唆される。

(3) 不自然さを感じない案内放送の発話速度

発話速度ごとの案内放送に対する不自然さの評価を図 10 に示す。不自然さについても前述と同様の三元配置分散分析を行った結果，聴力低下の有無，発話速度，暗騒音レベルの全ての主効果と，聴力低下の有無と発話速度，発話速度と暗騒音レベルの交互作用がそれぞれ有意であった（$p < 0.01$）。

これより，聴力低下がない人よりも低下がある人は不自然さを感じにくいこと，不自然さ評価には発話速度の影響が最も大きいこと，暗騒音レベルが低くなるほど不自然に感じやすいといえる。また，発話速度 4.5 mora/s 以下または 8.5 mora/s 以上では，聴力低下がない人は不自然さを感じやすいことが推察される。さらに，発話速度がやや遅く，暗騒音レベルが低い場合に不自然さを感じやすいことが示唆される。

3.3　まとめ

首都圏のターミナル駅の一般的な騒音レベルは 65 ～ 75 dB の範囲であるが[14]，これに対して SN 比を +10 dB として音声レベルを設定すれば，聴取者の聴力低下の有無に関わらず 6.5 ～ 7.5 mora/s の発話速度が最も聴き取りにくさを低減させることができる。このことから，駅の案内放送は 6.5 ～ 7.5 mora/s の発話速度が望ましいといえる。

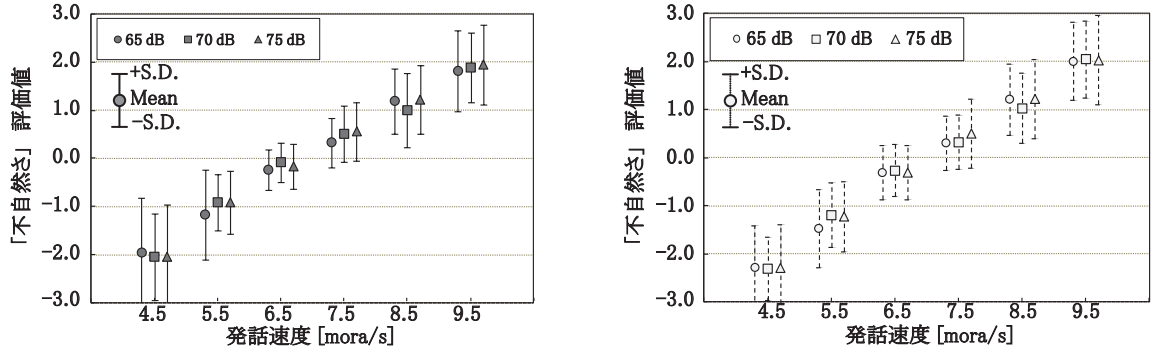

図 10　発話速度と不自然さの関係（SN 比 +10 dB）

表 1　高齢者に配慮した駅の案内放送の提供手法

聴取者の聴力低下	有り・無しのいずれにも有効	
空間の吸音処理	有り	無し
SN 比	+8 dB 以上	+13 dB 以上
案内放送の提示レベル	78 dB 以下	63 dB 以下
暗騒音の目標値	70 dB 以下	50 dB 以下
発話速度	6.5 ～ 7.5 mora/s	

4．むすび

これまでの各章で述べた研究成果をまとめ，今後の高齢社会に対応した駅の案内放送の提供手法を表 1 に示す。この表に記したそれぞれの数値は，加齢による聴力低下が表れる高齢者に対しても聴力低下がみられない若齢者に対しても駅の案内放送を聴き取りやすくし，駅の喧騒感を低減させるために有用な手法である。この表の扱い方は通りである。

① 天井が吸音処理されているか否かを調べ，該当する吸音条件の列を順次確認していく。
② 該当する駅空間の暗騒音レベルを把握し，そのレベルから必要な SN 比（吸音処理ありでは +8 dB，吸音処理なしでは +13 dB）を確保して，案内放送のレベルを設定する。
③ 設定した案内放送のレベルが表中のレベル以下となることを確認する。
④ 案内放送の発話速度を 6.5~7.5 mora/s とする。

参考文献

1）内閣府：平成 26 年版高齢社会白書
2）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 , Vol.23, No.4, pp.228-231, 1999.10
3）橘秀樹：音環境の技術展望 , 環境技術 , Vol.29, No.2, pp.149-156, 2000.2
4）中村ひさお：公共空間における音環境デザイン , 環境技術 , Vol.31, No.6, pp.455-461, 2002.8
5）橘秀樹 , 平野滋：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 , Vol.23, No.4, pp.238-242, 1999.2
6）Hideki Tachibana：Public space acoustics for information and safety, Proc. of meeting on Acoust., Vol.19, No.032005, pp.1-11, 2013.6.
7）辻村壮平 , 伊積康彦：駅の音環境に関するアンケート調査－利用者の現状認識と課題に関する考察－ , 日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学 1）, pp.287-288, 2014.9
8）辻村壮平他：高齢者に配慮した駅の案内放送の提示レベルに関する研究－模擬駅舎での案内放送の聴き取りにくさに関する聴感実験－ , 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集 , pp.259-262, 2014.9
9）辻村壮平 , 伊積康彦：駅の案内放送の発話速度の違いが聴感印象に及ぼす影響に関する検討 , 日本音響学会建築音響研究会資料 , AA-2015-19, 2015.5
10）佐藤洋：音声情報伝達－「聴き取りにくさ」からスピーチプライバシーまで－ , 騒音制御 , Vol.33, No.4, pp.261-264, 2009.8
11）日本建築学会環境基準 AIJES-S0002-2011：都市・建築空間における音声伝送性能評価規準・同解説 , 日本建築学会 , 2011.11
12）ISO 7029:2000：Acoustics - Statistical distribution of hearing thresholds related to age and gender -
13）矢野隆 , 泉清人 , 山下俊雄 , 田畑亨：異なるカテゴリ尺度で得られた鉄道騒音に対する社会反応の比較 , 日本音響学会誌 , Vol.53, No.1, pp.13-23, 1997.1
14）伊積康彦 , 藤井光治郎 , 岩瀬昭雄：駅コンコースの音環境に関する実態調査と主観評価実験 , 日本建築学会環境系論文集 , No.660, pp.115-124, 2011.2
15）小林正明他：公共空間におけるアナウンスの最適発話速度と音声レベル , 日本音響学建築音響研究会資料 , AA-2008-39, 2008.5
16）横山栄 , 橘秀樹：公共空間における拡声放送の聞き取りにくさに関する評価実験 , 日本音響学会春季研究発表会講演論文集 , pp.1221-1222, 2012.3