

既存拡声放送設備を活用した車内に聞こえる 拡声放送実験

首都高速道路株式会社 西村 友希¹・荒川 太郎

¹首都高速道路株式会社 保全・交通部 道路情報・交通室 道路情報推進課

(〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1 日土地ビル)

トンネル火災時にラジオを聴取していないドライバーにも情報提供できるように既存拡声放送設備を活用した「車内に聞こえる拡声放送」の検討について、これまで実施した実トンネルでの実験結果について報告する。

キーワード トンネル火災, トンネル防災, 拡声放送設備

1. 研究の背景・目的

首都高速道路のトンネル非常用設備は、国土交通省が定める「道路トンネル非常用施設設置基準」に基づき制定された、首都高速道路の基準である「トンネル非常用施設設計要領」により整備が行われている。

トンネル非常用設備は、トンネル毎に設定されているトンネル等級に基づき、避難時に必要な情報を提供するための設備が設置されている。一般的にトンネル火災が発生した場合、車内にいるドライバーへ向けた情報提供は、ラジオ再放送設備（割込み機能付き）が用いられ、車外に避難したドライバーに向けた情報提供は、拡声放送設備が用いられている。しかしながら、首都高速道路を走行中にラジオを聴取していないドライバーも多く存在していることから、車内においても避難情報を聴取可能とするため、車外避難向けに設置されている拡声放送設備に着目し、車内でも聞こえる拡声放送設備の検討を行っている。

現在首都高速道路の拡声放送設備では、従来型のホーンスピーカーと、ホーンスピーカーを2連結して指向性を向上させたスピーカー（以下、ホーンアレイスピーカー）の2種類が設置している。スピーカー種別ごとに、聞こえやすい仕様を検討するため、2023年6月にホーンアレイスピーカーが設置（約200m間隔）されている首都高速湾岸線東京港トンネルにおいて、適切な音圧レベルを把握するための実験を行った。この実験結果よりホーンアレイスピーカーが設置されているトンネルでは、基準点（スピーカーから20mの地点）で拡声放送音声の音圧レベルを105dBとすることで、車内においても聞きやすい条件になることを確認した。

また、首都高速道路の多くのトンネルで採用されているホーンスピーカーの有効性は未確認となっていたことから従来型のホーンスピーカーが設置されている中央環状線山手トンネルで現地実験を行った。

また、適切なスピーカー設置間隔を把握するための実験も実施している。本稿では、これらの実験の結果を報告する。

2. 山手トンネルでの実験

(1) 山手トンネルでの実験条件と方法

中央環状線山手トンネルは、品川区から板橋区を結ぶ延長18kmの地下トンネルである。山手トンネル内に間隔約150~200mで設置されている従来型のホーンスピーカーの有効性を確認するため、2024年6月16日、23日に供用中の山手トンネル（内回り）西池袋入口~中野長者橋出口で現地実験を行った。実験では、以下の3点を把握することを目的とした。

- ①：適切な音圧レベル（車内での聞き取り方）
- ②：適切なメッセージの話速
- ③：車外での聞こえ方

実験時の条件としては、基準点で音圧レベルを90dBと95dBにした2種類の音源に加えて、トンネル内の反響を考慮して話速をデフォルト速度の80%及び90%の音源を用意した。（100%は1秒当たり約7.5文字、80%は1秒当たり約6文字）

音源の伝達状況は次の3つの手法で確認した。

- ①走行中の実験用車両の車内に音圧測定機器を設置し、実験箇所を走行することで音圧測定（写真-1）
- ②弊社HPや公式SNSにより山手トンネル実験区間を利用したドライバーにWebアンケート調査（図-1, 2）

③スピーカーの正面側と背面側の非常扉を開き、音圧測定機器による音圧測定（写真-2）



写真-1 車内の音圧測定機器



写真-2 地上扉の音圧測定機器

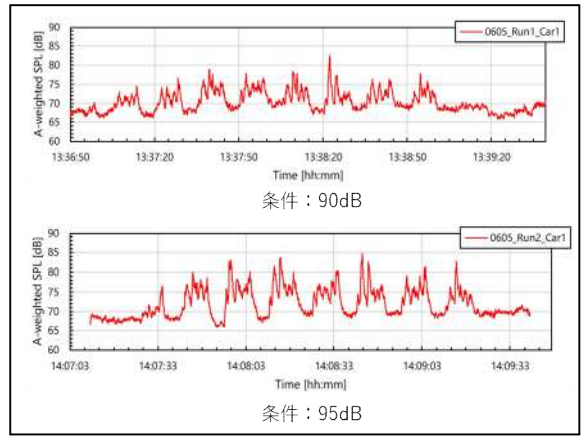
【山手トンネルスピーカー実験のお知らせ】
 本実験は、2024年10月17日（木）13:30～14:00、山手トンネル内にてスピーカーの試験放送を行います。試験放送中は、トンネル内で発生した騒音に追加してスピーカーからの音も聞こえます。試験放送中は、トンネル内での歩行者の安全確保のため、歩行者の通行を制限させていただきます。ご迷惑をおかけいたします。ご理解とご協力をお願いします。
 お問い合わせ先
 山手トンネル管理センター（山手トンネル管理センター）
 〒160-8592 東京都豊島区山手1-1-1
 TEL: 03-5561-1111
 FAX: 03-5561-1112

試験放送日時	試験放送時間	試験放送内容
2024年10月17日（木）	13:30～14:00	中央環状線（内山手トンネル）中野長者出口付近でスピーカーの試験放送を実施します。
2024年10月17日（木）	13:00～18:00	山手トンネル内での歩行者の通行を制限させていただきます。
2024年10月17日（木）	21:00～1:00	山手トンネル内での歩行者の通行を制限させていただきます。
2024年10月17日（木）	21:00～1:00	山手トンネル内での歩行者の通行を制限させていただきます。

図-1 Xによるアンケート

【山手トンネル実験実施中！】
 中央環状線（内山手トンネル）中野長者出口付近でスピーカーの試験放送を実施中です！
 実験は防災用に設置されたスピーカーを非常対策に活用するためのものです。試験放送中に走行されたお客様向けにアンケートを実施しますので、ご協力をお願いします！！
 ▼アンケート
<https://forms.gle/aZuV1dFL3osm7T9>
 ▼ドライバーズサイト
https://www.shutokei.jp/news/2024/datas/06/04_siken/

図-2 LINEによるアンケート



グラフ-1 車内での騒音測定結果

(2) 山手トンネルでの実験結果

①車内での騒音測定結果を示す(グラフ-1). 音圧条件が90dBの場合は、S/N比（暗騒音と放送による音圧の差）が小さいが、音圧条件が95dBの条件ではS/N比が大きいことが確認できる。S/N比が5dB以上の差を確認できれば、車内においても拡声放送は聞こえていると判断が出来るため、車内での騒音測定結果から音圧レベルが95dBの場合は、車内でも聞こえていると言える。

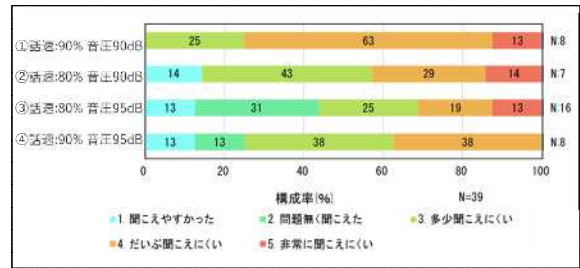
②Webアンケート調査の結果を示す。(グラフ2, 3, 4)

グラフ-2は「聞こえやすさ」についての回答結果である。音源レベルに着目すると条件①では、聞こえにくいとの回答のみであるが、条件②～④では「聞こえやすかった」、「問題なく聞こえた」との回答が確認できた。

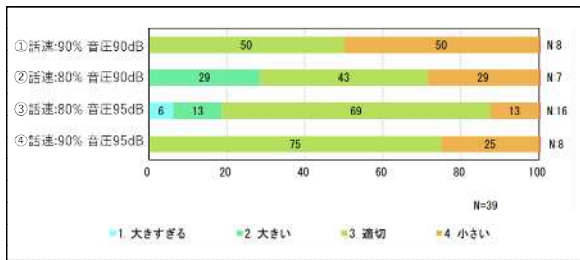
グラフ-3は、「音圧の適切さ」についての回答結果である。音源レベルに着目すると条件①で小さいとの回答が5割と最も多くなった。

グラフ-4は「聞き取りやすさ」についての結果である。話速に着目すると、条件④では、「聞き取れなかった」との回答はなかった。また条件①では「すべて聞き取れた」の回答はなかった。この結果から、④（話速:80%、95dB）の条件が拡声放送による放送内容を聞き取りやすいということが考えられる。

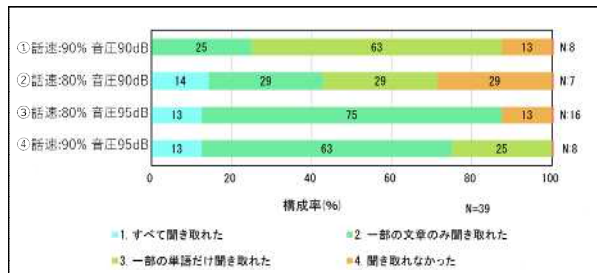
③地上扉の音圧測定結果を示す(グラフ-5)。音圧レベルを測定した結果、測定時間内で音源レベルは95dBとなっている。この音圧レベルでは、1日当たり約1時間程度が許容ばく露時間(表-1)であるが、トンネル火災時の拡声放送による避難誘導時間を考えると、トンネル内での滞在時間が1時間を超える可能性は低いことから、放送による騒音ばく露によって健康被害が生じる可能性は低いと考えられる。



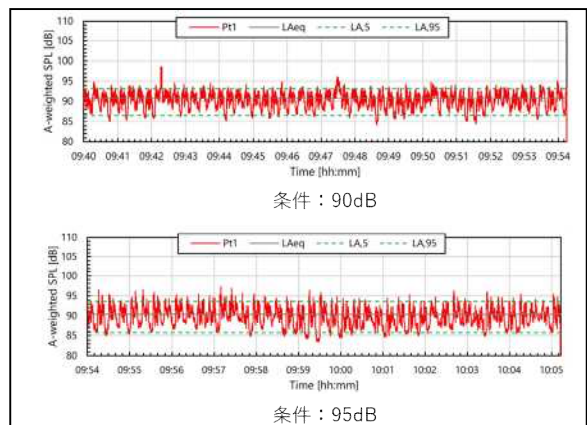
グラフ-2 聞こえやすさに関するアンケート結果



グラフ-3 音圧に関するアンケート結果



グラフ-4 聞き取りやすさに関するアンケート結果



グラフ-5 車外での騒音測定結果

騒音レベル [dB]	82	85	88	91	94	97	100
許容暴露時間 [h]	16	8	4	2	1	0.5	0.25

※長期間の曝露を考慮した場合の許容値

表-1 1日あたりの許容曝露レベルと曝露時間

以上の結果から車内で聞こえる音圧は95dB、聞き取りやすい話速は80%が適切だと考えられる。

3. 八重洲トンネルでの実験

(1) 八重洲トンネルでの実験条件と方法

山手トンネルでの実験ではトンネルに設置されている既存のスピーカーを使用したため、設置間隔とメッセージの聞こえやすさの関係については確認することができなかった。そこで車内で聞こえる拡声放送スピーカーの仕様化に向けて、望ましいスピーカー設置間隔を確認することを目的に、長期で通行止を行っている首都高速八重洲線の八重洲トンネルで実験を行った。

実験の条件を図-3に示す。実験では、設置間隔を75, 100, 150mに変えた3パターンを設定した。また本実験では被験者を36人用意し設置したスピーカーの横を試験車両で通過し、聞こえ方についてアンケートを実施した。

走行ルートを図-4に示す。試験車両での走行速度は実験場所の制約上40km/hとしている。またスピーカーから放送する音圧レベルは通行止中の八重洲トンネルでは、他の走行車両がなく静かなため、その暗騒音(定常的な音)を考慮して基準点で85dBになるように設定をしている。話速は既往の実験結果から80%としている。被験者アンケートに加え、試験車両に集音器を設置し車内の騒音レベルについても確認をした。放送メッセージは「こちらは首都高速道路です。トンネルに設置している放送設備の確認をしています。」のテストメッセージを放送した。

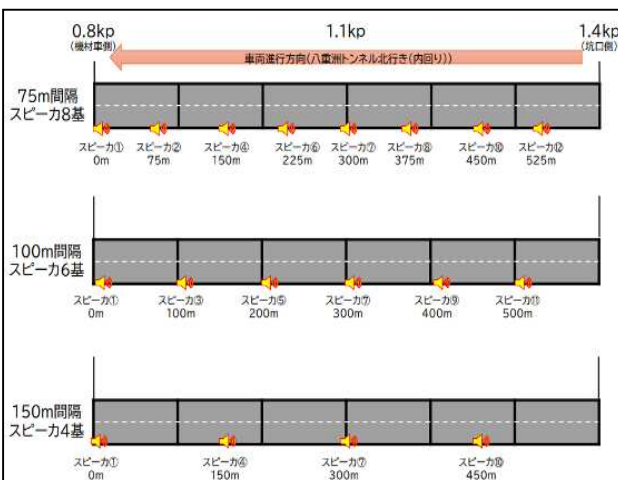


図-3 スピーカー設置間隔

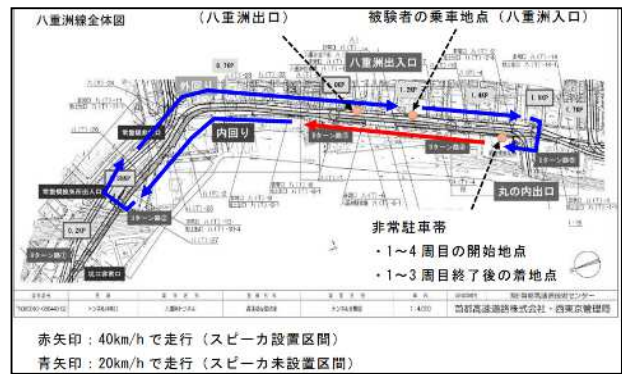


図-4 実験走行ルート

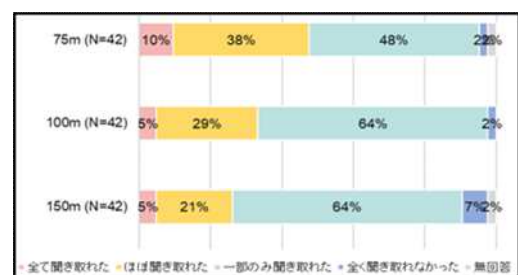
(2) 八重洲トンネルでの実験結果

車内での騒音レベル測定結果について表-2に示す。車内での騒音レベルは75mと150mを比較すると騒音レベルは0.6dBの差となった。音圧レベル1dBの差は人が音を聞く際に聴覚的には大きな違いは感じられない範囲の差である。

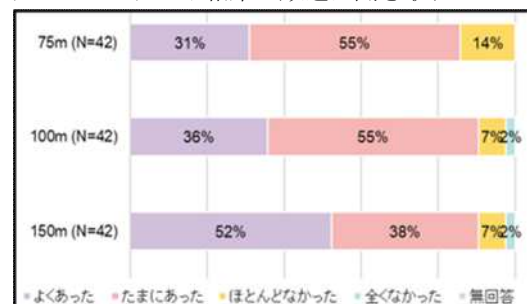
試験コース走行後の被験者アンケート結果をグラフ-6, 7に示す。「放送内容を聞き取れたか」についての結果は、設置間隔が短いほうが聞き取れた割合は高いものの大きな差は見られない。「放送が聞こえにくいタイミング」についてはいずれの間隔でも聞こえにくいタイミングがあるとの結果になった。

設置間隔	騒音レベル L_{Aeq} [dB]
75m	73.8
100m	73.5
150m	73.2

表-2 車内での騒音測定結果



グラフ-6 アンケート結果 放送は聞き取れたか



グラフ-7 アンケート結果

放送が聞こえにくいタイミングについて

聞き取れたメッセージや単語についてのアンケート調査結果をグラフ-8に示す。アンケート結果からメッセージの前半部分はどの設置間隔でも聞き取れているが、後半部分は聞き取りづらいという結果が多くなった。これは前半部分は部分的に聞いた単語からメッセージを連想しやすい単語が多いが、後半のメッセージは連想しづらい単語が後半部分に多くあったことや発音の関係から前半部分と比較してメッセージが長いいため聞き取りづらさに影響したのだと考えられる。



グラフ-8 アンケート結果 聞き取れた単語

以上の設置間隔を変えた実験の結果より、設置間隔を短くしても車内で聞こえる音圧レベルには大きく影響しないことを確認できた。また車内での聞き取りやすさに関して設置間隔を短くしても聞き取りやすさの向上に大きく影響しないことを確認した。車内での聞き取りやすさに関しては、聞き取れた単語から連想しやすさやメッセージの長さが関係することが考えられる。そのため、車内まで聞こえる拡声放送の導入に向けての放送する適切なメッセージ内容について追加で確認をする必要がある。

4. まとめ

山手トンネルでの既存スピーカーを用いた適切な音圧を確認する実験では、音圧を95dB（基準点）にした場合車内においても聞き取れることが確認された。また車外でも健康被害を出すレベルではないことを確認した。話速の条件を変えた場合については、トンネル内の反響を考慮するとデフォルトの話速を80%遅くした条件が最

もメッセージを聞き取りやすいことをWebアンケートの結果より確認した。

設置間隔とメッセージの聞こえやすさの関係について確認した八重洲トンネルでの実験では設置間隔を変えた場合、設置間隔が75mと150mでは車内での音圧レベルは約1dB程度となり人の聞こえやすさには大きく影響しないことを確認した。また被験者アンケート結果から聞き取りやすさに関して設置間隔が75mと150mで大きく変化がでないことが確認できた。

メッセージと聞き取りやすさの関係については被験者アンケートから短い単語や単語から連想しやすい単語・メッセージに関しては聞き取りやすいが、長いメッセージや連想しにくい単語については聞き取りやすさが低下する結果となった。

以上の実験結果よりトンネル内での適切な音圧とメッセージの話速が確認できた。放送メッセージについては、短い単語や連想しやすいメッセージにしたほうが聞き取りやすさは向上すると推測されるため、今後は聞き取りやすいメッセージ内容についての追加実験を実施する必要がある。

今後は、車内まで聞こえる拡声放送の導入に向けて、車内で聞き取りやすい適切なメッセージ内容を追加実験にて確認した後に、これまでの実験結果を踏まえて首都高速道路で拡声放送設備が設置されているトンネルで順次音圧レベルの設定やメッセージの登録を行っていく予定である。

謝辞：本実験における実験データの収集・解析にあたり、ご協力をしていただきました一般財団法人小林理学研究所騒音振動研究室に厚く御礼申し上げます。