

## 講演 2. 後退時警報装置の基準化に関する国内外の動向

環境研究部                      ※宝渦 寛之      坂本 一朗  
自動車安全研究部              関根 道昭      榎本 恵

### 1. はじめに

後退時警報装置とは、図 1 に示すように大型車等に取り付けられている車両後退時に警報音を発するものである。この装置については、我が国では装着の義務はないものの広く普及しており、現在、国際的な枠組みで基準化の検討が行われている。後退時警報装置は、対歩行者の事故防止に一定の効果がある一方で、比較的大きな音量を発することから、周辺住民等の苦情の原因となりうる。そのため基準化にあたっては、適切な音量を検討しつつ、カメラモニタリングシステム等の他の安全装置による安全も比較考量のうえ、議論が行われている。本稿では、国際的な基準策定の動向と、交通安全環境研究所の取り組みを紹介する。

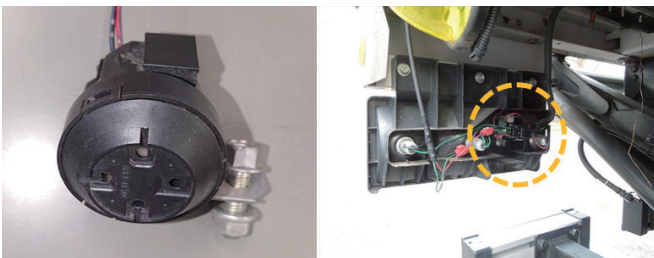


図 1 後退時警報装置とその取付け例

#### 1. 1. 国際的な議論のはじまり

国連の自動車基準国際フォーラム (WP29) 傘下の騒音・タイヤ専門家会議 (GRBP) では、現在、後退時警報装置に関する新たな国連規則の検討が行われている。議論の発端は、2016 年 3 月に開催された第 168 回 WP.29 にてトルコが国内での後退時の事故増加を理由に基準化の必要性を訴え、その後、2016 年 9 月に開催された第 64 回 GRB (GRBP の前身) にて、ドイツが国内で後退時警報音に対する騒音苦情が多いため基準化の必要性を訴えたことにある。2017 年 2 月の第 66 回 GRB では、日独より新基準のより具体的なイメージについて提案を行い、2017 年 9 月に開催された第 66 回 GRB では、日本、ドイツ、トルコにて協議を行い、後退時警報音に関する新たな会議体

の設立を要請し、同会議にて新たなタスクフォースを設置することが認められた。新たな会議体は” Task Force on Reversing Alarm issues” とされ、日本が議長を、トルコが副議長を務めることとなった。なお、会議体の名称については、活動開始後に” Alarm (警告)” のニュアンスが強いとの指摘があったことから、現在は” Warning (警報)” を用いた” Task Force on Reversing Warning Sound issues” に変更されている。このタスクフォースの議長は、設立時より交通安全環境研究所の職員が務めている。

#### 1. 2. 国内の状況

後退時警報装置は、1963 年に日本の山口電機工業株式会社が世界に先駆けて発売したものである。我が国において後退時警報装置は、装着義務はないものの広く普及しており、装置から発せられる警報音は、その音の特徴とともに、それが車両の後退を意味するものとして広く一般に認識されていると言える。一方で、このような警報音は、苦情の原因となることもある。国内のバス事業者及びトラック運送業者に対しアンケート調査を行った結果<sup>1)</sup>では、回答した事業者のうち約半数が、後退時警報音について苦情を受けた経験があるとのことである。また平成 27 年には、徳島県にて、苦情のために後退時警報音を停止させて後退していた車両が、歩行中の視覚障害者と盲導犬をひいてしまうという痛ましい事故が発生した。このような状況から、我が国においても安全と環境の両面に配慮した後退時警報装置の基準が、喫緊に必要な状況である。このようななかで、交通安全環境研究所では、安全 (認知性) と環境 (受容性) を考慮した規制値策定に資するため、被験者による主観評価実験を実施した。

#### 2. 後退時警報音の主観評価実験

警報音は、暗騒音が大きい環境においては、聞こえにくくなり認知性が低下し、暗騒音が小さい環境で

は、同じ音量でも相対的にうるさく感じ受容性が低下する可能性がある。そこで本研究では、後退時警報音の主観評価実験を行うにあたり、交通環境の暗騒音が認知性と受容性に与える影響を検討した。

### 2. 1. 後退時警報音のサンプル調査

主観評価実験を実施するにあたり、後退時警報装置の音質を調査した。ここでは、実際に車両に搭載されている 4 種類の後退時警報装置について警報音の周波数等を調査した。結果を表 1 に示す。いずれの警報装置も警報音の出力と休止を繰り返すものであり、装置 A と装置 B は 2.1 kHz、装置 C は 1.4 kHz の単一周波数（純音）の警報音を出力するものであった。装置 D は通過帯域 0.6 kHz から 12 kHz の広帯域音を出力するものであった。また、すべての装置は約 0.4 秒間の出力（オンセット）と約 0.4 秒間の休止（オフセット）を繰り返す断続音を出力するものであった。

表 1 後退時警報音の測定結果

| Device ID | Warning sound Frequency (kHz) | Onset Duration (s) | Offset Duration (s) | Duty Ratio (%) |
|-----------|-------------------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| A         | 2.1                           | 0.37               | 0.32                | 54             |
| B         | 2.1                           | 0.40               | 0.37                | 52             |
| C         | 1.4                           | 0.42               | 0.42                | 50             |
| D         | 0.6 - 12                      | 0.43               | 0.34                | 46             |

これらの結果より、主観評価試験においては、純音と広帯域音の 2 種類を用いることとした。純音の警報音は、PC で合成した 2.1 kHz の波形を 0.4 秒間の出力と 0.4 秒間の休止を交互に繰り返す断続音とし、広帯域の警報音は、装置 D の警報音を録音した音源ファイルを使用した。警報装置は、車体に取り付けた状態では、本実験で必要とする音量を発することは出来なかった。また同一条件で純音と広帯域音を効率的に比較する必要があることから、本実験では車両の後方に設置したスピーカから警報音を出力することにした。音量の条件として、車両後端から 7 m、高さ 1.2 m の位置における A 特性音圧レベルを測定し、オーバーオール値が 40 dB から 90 dB の音を 10 dB 刻みで 6 種類の音量を設定した。

### 2. 2. 実験場所

実験は、交通安全環境研究所の半無響室にて行った。縦 15 m、横 15 m、高さ 6.8 m の室内空間に、実

験装置を全て設置し、実験参加者もこの室内にておいて主観評価を行った。

### 2. 3. 実験装置

実験装置のレイアウトを図 2 に示し、テスト風景を図 3 に示す。室内に最大積載量 3 トンのドライバントラック（いすゞ製、車両型式：SKG-NPR85AN）を設置した。車両の後方の中心に、スピーカ（YAMAHA 社製、MSP5）を設置した。スピーカは、ウーファの中心部が床面から約 0.6 m となるよう台座上に設置した。実験中は、車両のエンジンを作動させアイドリング音（約 60 dB）を発した。車両後端から 7 m の位置に、車両に対して背中を向けて実験参加者が座る椅子を設置した。この椅子は座面の高さを調整可能であり、実験参加者ごとに耳の位置を床面から 1.2 m に合わせてから実験を行った。

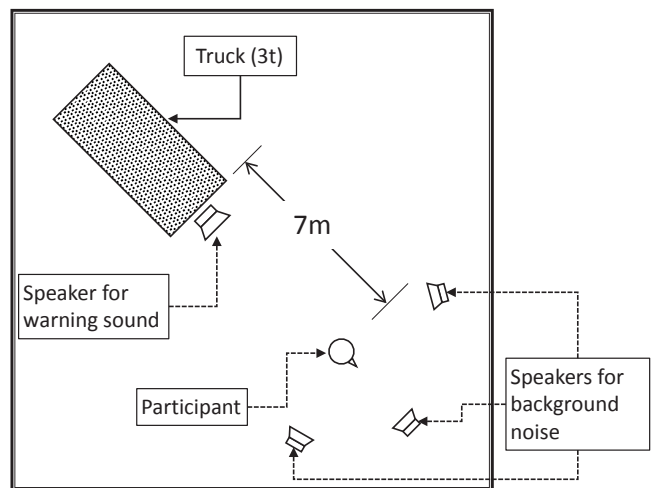


図 2 主観評価実験におけるレイアウト

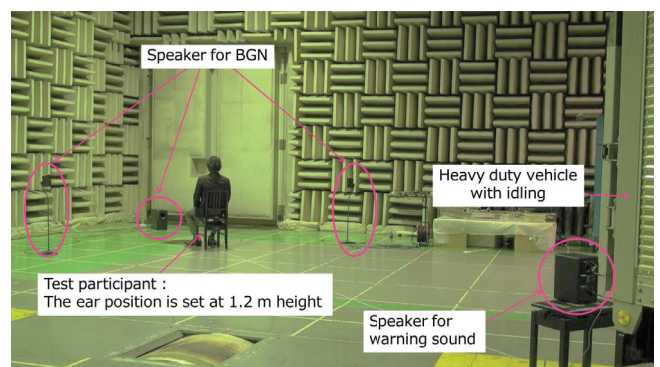


図 3 主観評価実験の様子

### 2. 4. 付加暗騒音

警報音の主観評価は、模擬的な交通暗騒音を付加して実施した。使用した暗騒音は、米国の国家道路交通

安全局（NHTSA）が 2013 年に公表したモデル暗騒音を参考に作成した<sup>2)</sup>。この暗騒音は、幹線道路付近の平均的な環境暗騒音を模擬した音とされており、過去には、車両接近通報音に関する国連規則策定の際にも使用された実績がある。本実験においても、この暗騒音を用いることにより、現実の交通騒音環境における後退時警報音の聞こえ方を模擬的に評価できると考え、付加暗騒音として採用した。付加暗騒音は、実験参加者の周囲に設置したサラウンドスピーカからモデル暗騒音を発生させ、耳元での音量を調整した。NHTSA によれば、等価騒音レベルが 55 dB の場合を平均的な交通騒音と想定しており、異なる暗騒音を再現するために音量を調整した。本実験に使用した暗騒音の音量とその音量のイメージを表 2 に示す。なお 35 dB の条件では、車両のエンジンを停止させ、実験参加者に夜間をイメージさせるために室内の照度を落として薄暗がりにした。この時の実験参加者の位置の照度は、約 4 lux であった（通常は約 415 lux）。

表 2 付加した暗騒音レベルとその音量のイメージ

| Traffic noise  | BGN :<br>L <sub>Aeq</sub> (dB) | Real world<br>situation |
|----------------|--------------------------------|-------------------------|
| Noisy          | 65                             | Nearby railway          |
| Normal         | 55                             | Shopping district       |
| Slightly quiet | 45                             | Resident area           |
| Quiet          | 35                             | Resident area at dawn   |

## 2. 5. 実験参加者

本実験には、20 歳代から 60 歳代の 35 名（男性 9 名、女性 26 名）が、事前に実験の概要を理解したうえで本人の自由意志により参加した。全ての実験参加者の聴力は、聴力検査により正常であることを確認した。なお本実験は、交通安全環境研究所における人間を対象とする実験に関する倫理規程に基づき、安全と人権に配慮した形で計画し、事前審査を経た上で実施した。

## 2. 6. 実験計画と手続

この実験では次の 3 条件を設定した。

- ・警報音の種類 2 水準：純音（2.1 kHz）、広帯域音
  - ・警報音の音量 6 水準：40～90 dB まで 10 dB 刻み
  - ・暗騒音の大きさ 4 水準：35～65 dB まで 10dB 刻み
- 実験は、1 日最大 6 名の実験参加者を集め、1 名ず

つ交代で実施した。最初に実験参加者から実験倫理に関するインフォームドコンセントを得た後、一人ずつ控室から実験実施場所へ案内した。実験前には、室内の状況を確認させ、車両との位置関係や警報音の聴取方法、主観評価の回答方法などについて具体的に説明した。また評価を開始する前に、この実験で使用する 2 種類の警報音の最大音量 90 dB と最小音量 40 dB を試聴させた。

## 2. 7. 評価尺度

実験参加者に対し、1 つの警報音を提示した直後に次の質問に回答させた。質問は総合評価尺度であり、後退時警報音の聞こえやすさ（認知性）とうるささ（受容性）の両方を考慮した 9 段階で評価を行った。奇数の選択肢には次の説明文を添えた。

- 1：音が小さすぎて聞こえない
- 3：音が聞こえるが、その他の交通騒音と紛れて聞きづらい
- 5：音がはっきりと聞こえ、警報音として認識できるちょうどよい大きさ
- 7：音がはっきりと聞こえるがややうるさい
- 9：音が大きすぎて、とてもうるさい

実験参加者には、説明のない偶数の選択肢も連続した尺度であることを理解させ、1 から 9 までの最も適切な数字を選ぶように教示した。実験は、質問の意味を十分に説明した後に開始した。なお質問の提示はタブレット PC に表示して行い、評価値を画面上で選択させた。

実験参加者への警報音の提示は、45 dB 以上の 3 種類の暗騒音条件を実験参加者ごとにランダムな順序に振り分け、1 つの暗騒音条件において警報音の種類と音量をランダムに組み合わせて 12 試行（=2 水準×6 水準）連続して実施した。その後、次の暗騒音の条件に移った。このような手順で 6 名の実験を順番に終えた後、室内の照明を薄暗くし、最後に暗騒音 35 dB の条件を実施した。

警報音は、暗騒音が大きく、警報音が小さいと聞こえない可能性がある。そこで本実験では、警報音を提示するタイミングを視覚的に示すため、警告灯を実験参加者の前方に設置し、黄色いランプを 2 秒間点灯させ、消灯と同時に警報音を提示した。

警報音は、0.4 秒間隔で出力と休止を交互に 7 回繰り返す約 5 秒間の断続音とした。実験参加者は、希望すれば警報音を聞き直すことが可能であった、聞き直

しを要求するものはほとんどいなかったため、提示する警報音の長さは適切であったと考えられる。

### 3. 評価結果

実験参加者 35 名のうち、装置の不具合で実験が中断し、データを取得できなかった者が 2 名いた。また 3 名の実験参加者については、矛盾した評価結果を示したため除外した。従って以降では、計 30 名のデータについて示す。

#### 3. 1. 警報音の総合評価

質問に対する回答を、警報音の種類別、警報音の音量条件別、暗騒音条件別に平均し図 4 及び図 5 示す。音量に関しては、全体的な傾向として、音量が最も小さい 40 dB のときに評価値は 1 から 2 (音が小さすぎて聞こえない) であり、大きくなるに従い評価値が増加し、最大の場合 (90 dB) には 8 から 9 (音が大きすぎて、とてもうるさい) となった。暗騒音の影響に関しては、警報音の音量が 50dB から 70dB の間に顕著に現れた。また、全ての警報音の音量において、暗騒音が大きくなるに従い評価値は小さくなった。後退時警報音の規制値については、2. 7 に示した評価尺度とその説明文より、下限値は 3~4 の間、上限値は

6~7 の間とすることが適切であると言える。そのため、規制値の下限値は 50~60dB 程度、上限値は 70~80dB 程度とすることが適切であると言える。

### 4. タスクフォース会議の動向

おわりに、基準化に向けてのタスクフォースの動向を簡単に紹介する。タスクフォースでは、新たな基準作成にあたり、まずは各国に対し現在の状況や新基準のあるべき姿をアンケートにて聞き取り調査を行った。その後、日本より、前章で述べた評価試験結果に基づき、後退時警報装置を車両に取り付けた状態での規制値提案を行っている。規制値については、現在のドラフトには装置単体のものも存在し、今後、議論が開始される見込みである。また、同じく日本より、カメラモニタリングシステム等の他の安全装置が有効である場合、苦情対策として、後退時警報音の一時停止機能を認めるよう提案がされており、タスクフォースとして合意している。タスクフォース会議では、この前提条件となるカメラモニタリングシステム等の他の安全装置の要件について、新規則の検討を行っている他のグループと密に連携し、互いに矛盾が生じないように慎重に議論を進めている。

### 謝辞

本稿にて述べた主観評価試験は、自動車基準認証国際化研究センターからの委託調査「後退時警報音の許容性・認知性の調査」の一部を報告したものである。また、実験の実施にあたっては、同センターの後退警報基準化対応国内ワーキングの委員より、多いなるご助言をいただいた。ここに記して、謝意を表す。

### 参考文献

- 1) Japan, "Pre-study for the discussion on reversing alarm systems: Japanese current situation," GRB-65-06, (2017)
- 2) National Highway Traffic Safety Administration, "Minimum Sound Requirements for Hybrid and Electric Vehicles," NHTSA-2011-0100 (2013)

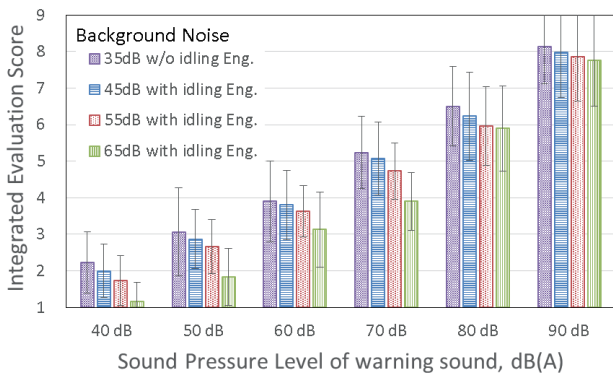


図 4 純音の後退時警報音の総合評価

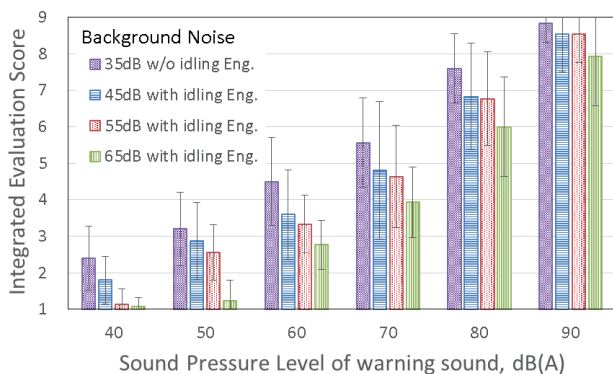


図 5 広帯域音の後退時警報音の総合評価