列車運転時における警報音の適正な音量に関する研究

○西本 嗣史, 藤澤 厚志, 河崎 悟史, 瀧本 友晴 (西日本旅客鉄道株式会社)

Study on Suitable Volume Levels for Alarm Signals at A Train Driving

Hidefumi NISHIMOTO, Atsushi FUJISAWA, Satoshi KAWASAKI, Tomoharu TAKIMOTO

(West Japan Railway Company)

1. はじめに

列車走行時、運転室内の騒音は、多様に変化する。また、運転室では、多くの装置から音によって、運転士に様々な状況を警告・報知している。これまでの調査において、変化する騒音環境で、警報音が聞き取りにくい状況が認められ、運転士からも同様の意見が聞かれた。一方、特定の車両や場所で「音がうるさい」との声も聞かれ、過去には警報音響機器を無断で物理的に調整していた事象も発生している。本研究では、列車の運転操作をしながら、警報音の「聴取可能」かつ「許容可能」な音量域を求め、適した音量を検討した。

2. 実験方法

本実験では、運転室内の騒音環境を再現し、実験協力者は簡易に設定した運転操作を行いながら、提示した警報音・音声の音量について、主観的な評価を行った。

様々な変化する騒音として、当社の代表的な在来線車両223系近郊型電車の運転室で測定した実騒音を用いた。70dB～85dBの騒音を5dB間隔で、4種類設定した。

提示音は、保安装置の警報音を2種類（ATS警報ベル・EB警報ブザ）と、運転支援機能の音声（停車駅接近音声）を用いた(表1)。

騒音、提示音ともに、実験協力者の聴取位置で音量を調整し、提示音の音量は40dB～100dBの音量範囲で、2dB間隔の音量を設定した。各騒音環境で、ひとつの提示音につき、

表1 示した3種類の警報音・音声

提示音	特徴
ATS警報ベル	金属打音
EB警報ブザ	電子音
停車駅接近音声	女声「停車です」

1 音量を3回ずつ、ランダムに提示した。

実験に際して、所内で実験倫理の審査を受け、承認を得た。実験協力者は、当社運転士30歳代、50歳代各15名の計30名とし、実験内容の説明を行い、インフォームド・コンセントを得た上で参加してもらった。

回答方法には、以下の5件法を用い、発声にて、主観的な評価を得た。

- ①聞こえない、②小さい、③ちょうどいい
- ④大きい、⑤耐えがたい（うるさい）

3. 実験結果

3 - 1. 聴取可能、許容可能な音量域の導出

実験結果より、最小可聴値、最大許容値を算出し、各値を正規分布と仮定した。聴取可能な音量、うるさく耐え難い音量として、各値から±3σを採り、音量の閾値を設定した(図1)。

実験結果から、設定した4種類の騒音環境によらず、「聴取可能」かつ「許容可能」な音量範囲を検討すると、ATS警報ベル、停車駅接近音声では存在した。一方、EB警報ブザでは、最小可聴値のバラつきが大きく、±3σを採った最小可聴と最大許容の音量の閾値が逆転し、存在しなかった。

図1 聴取可能、許容可能な音量の導出

表2 各警報音・音声の導出設定音量

	初期値	下限値	不快未解消割合
ATS警報ベル	80.0dB	68.5dB	-
EB警報ブザ	78.8dB	73.0dB	0.4%
停車駅接近音声	81.9dB	71.3dB	-

3-2. 音量設定

上記の結果に加えて、全ての警報音・音声において、最適値（「ちょうどいい」の平均値）は、個人間でのバラつきが大きく、一定音量に設定することは困難であることが明らかになった。そこで、個々の運転士に最適な音量を設定するためには、音量調整機能が必要と考える。ただし、無限に音量調整を可能とすると、警報音を聞き逃す可能性があるため、本実験結果から導出された最小可聴値を下限値とする（表2）。初期値は、各個人の調整幅が小さくなるよう4種類の騒音環境における最適値の平均値を設定し、下限値には各警報音・音声の最小可聴値を設定した。また、この設定を実施した場合、EB警報ブザについては、調整可能な最小に設定しても、不快を感じる運転士が存在し、その割合についても併記する。

4. 音量以外による聞き取りやすさの検証

先行研究からも、EB警報ブザが特に聞き取りにくいことが示されており、EB警報ブザの周波数分布に着目し、走行騒音が存在する中で、周波数分布を変化させることで最小可聴の音量が低下するかを検証した。

比較した音は、EB警報ブザを元に、走行騒音の周波数分布を考慮し、EB警報ブザを1オクターブ上げ、現行のEB警報ブザを重ね合わせた音（以下、比較音）を用いた（図3）。

実験結果、比較音では、「聴取可能」かつ「許容可能」な音量範囲を導出することが可能となった。また、比較音は、EB警報ブザより最小可聴値と最小可聴値のバラつきが小さくなった。全協力者においても、個人内の評価で、比較音の最小可聴値は、EB警報ブザの最小可聴値より小さくなり、聞き取りやすさが向上することが示された（表3）。

図2 走行騒音、EB警報ブザ、比較音の周波数分布の重ね合わせ

表3 EB警報ブザと比較音の結果

	最小可聴値	標準偏差	最小可聴値+3σ	不快未解消割合
EB警報ブザ	60.6dB	3.9dB	73.0dB	0.4%
比較音	56.9dB	3.1dB	66.2dB	-

5. まとめ

列車運転室内の変化する騒音環境で、警報音の音量設定は聴取可能な下限値を設定し、個人の最適値に設定できるよう音量調整機能を備えることが望ましいことがわかった。さらに、周波数分布を変化させることで、運転室内の騒音環境において、聞き取りやすさが向上することを示した。

また、比較音は、検証目的でのみ作成しており、今後、周波数分布のさらなる検討により、より一層、聞き取りやすさの向上が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 西本 嗣史他：列車運転時における警報音の適正な音量に関する研究，平成25年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp. 27-30，2013
- 2) 伊藤 大介他：新幹線保守用車の安全装置の音量設定に関する研究，第17回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，pp. 597-600，2010
- 3) G. A. Gescheider：心理物理学 方法・理論・応用 上巻，北大路書房，2002
- 4) 竹内 啓他：統計的推測 - 2 標本問題 -，日本評論社，1982