

④ ドライバ支援のための車室内音源定位に関する検討

自動車安全研究領域

※山口 大助

森田 和元

関根 道昭

元東京農工大学大学院

川邊田慶介

1. はじめに

自動車のドライバへ警報によって注意喚起する運転支援システムの研究・開発が現在数多く進められている。自動車の安全基準及び認証の国際的な調和を目的とした国連欧州経済委員会傘下の自動車基準調和世界フォーラム（UN/ECE/WP29）から公表されている運転支援の警報に関するガイドラインでは、危険発生が予想されることだけでなく、危険発生が予想される方向の情報もドライバに伝えるべきであると記されており、これに沿った運転支援システムが望ましい。

著者らは運転支援方法の一つとして、警報音とその音源位置を組み合わせることで危険発生の予想及び発生が予想される方向の情報をドライバに伝達する手法を検討している。例えば、図1のように、見通しの悪い交差点を左側から他車両が接近している場合は車内左側のスピーカから警報音を鳴らし、ドライバに左側から他車両が接近していることを知らせる。このように、警報音と音源位置の組み合わせによって危険発生が予想される方向の情報をドライバに伝えられれば、その方向にドライバの注意を引くことができ、事故の未然防止に寄与できると考えられる。

本研究では上述の運転支援方法の実現可能性を検討するため、自動車の車室内に配置したスピーカから数種類の警報音を鳴らしてドライバが音源位置を特定する実験を行い、その結果から、窓ガラスなどによって音が反射しやすい音環境である自動車の車室内での音源定位の正確さについて調べる。

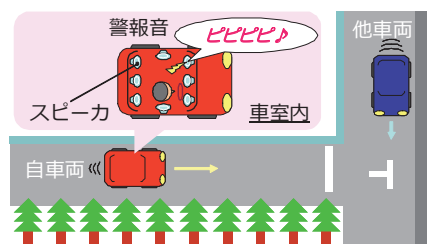


図1 警報音と音源位置による情報提供手法

2. 無響室内実験

2. 1. 実験方法

初めに、実験車両を天井及び周囲の壁に吸音材が備わった半無響室の中に定置して実験を行った¹⁾。

実験車両内部には前方に3個、後方に3個のスピーカが設置されており、各々から警報音が鳴る（図2）。

警報音は純音である1kHz、2kHzと、基音と倍音を組み合わせる複合音である1kHzと2kHzの音の組み合わせ、2kHzと4kHzの音の組み合わせ、1kHzと2kHzと4kHzの音の組み合わせの5種類を設定した。警報音の持続時間は0.5秒と1.0秒の2種類で、持続時間0.5秒は4回、1.0秒は8回音が鳴る。警報音の音圧は40dB、50dB、60dBの3種類を設定した。

実験では、被験者は運転席に座り、警報音が鳴ったらどのスピーカから音が鳴っているかを特定し、スピーカの番号を口頭で答えた。

被験者は運転免許を有する20～30代15名、65歳以上15名の計30名で外部から参加している。なお、当研究所における実験倫理規定に基づき、各被験者に対して実験前に実験の内容を説明し、文書により実験参加の同意を得てから実験を行っている。後述の実車走行実験も同様である。

2. 2. 実験結果

本節では実験データの有意差検定方法の一つである分散分析を用いた検討結果を中心に述べる。

警報音の持続時間(2水準)について分散分析を行ったところ、有意水準5%でこの要因による有意差はなしとの結果が得られた。そこで、解析を容易にするため、

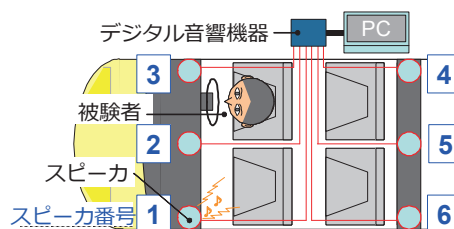


図2 実験車両内部のスピーカ配置

被験者の年齢（若年、高齢の 2 水準）、警報音の音圧（3 水準）、スピーカ位置（6 水準）、警報音の種類（5 水準）の 4 要因で分散分析を行ったところ、各要因ともに単独で有意差があった。また、被験者の年齢とスピーカ位置、被験者の年齢と警報音の種類、スピーカ位置と警報音の音圧、スピーカ位置と警報音の種類、被験者の年齢と警報音の音圧及び種類、スピーカ位置と警報音の音圧及び種類の各組み合わせにおいて交互作用があった。その他の要因の組み合わせによる交互作用はなかった。

以下に交互作用の特徴的な点を述べる。警報音の音圧とスピーカ位置に関する交互作用を図 3 に、スピーカ位置と警報音の種類に関する交互作用を図 4 にそれぞれ示す。図 3 より前方のスピーカ（1, 2, 3）では警報音の音圧による正答率の差が大きい、後方のスピーカ（4, 5, 6）では正答率の差が小さい。よって、警報音の音圧が及ぼす影響は前方のスピーカでは大きく、後方のスピーカでは小さいといえる。また、図 4 より警報音の種類についても同様のことがいえる。

3. 実車走行実験

3. 1. 実験方法

次に、テストコースを用い、実験車両の前を先行車両が 60km/h で走行し、被験者は先行車両に追従するように実験車両を運転しながら音源定位を行った。また、実験車両を停車させた状態で音源定位を行った。警報音の音圧は 60dB に設定した。その他の実験条件は無響室内実験を踏襲した。被験者は運転免許を有する 20～40 代 17 名で外部から参加している。

3. 2. 実験結果

2.2 節と同様に実験データの有意差検定方法の一つである分散分析を用いた検討結果を中心に述べる。停車中／運転中（2 水準）、スピーカ位置（6 水準）、警報音の種類（5 水準）の 3 要因で分散分析を行ったところ、各要因ともに単独で有意差があった。また、スピーカ位置と警報音の種類の組み合わせにおいて交互作用があった。その他の要因の組み合わせによる交互作用はなかった。

図 5 にスピーカ位置と警報音の種類に関する交互作用を示す。この図より、前方のスピーカ（1, 2, 3）では警報音の種類による正答率の差が大きい、後方のスピーカ（4, 5, 6）では正答率の差が小さい。よって、警報音の種類が及ぼす影響は前方のスピーカでは大

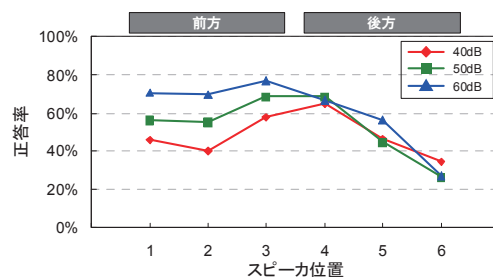


図 3 警報音の音圧とスピーカ位置に関する交互作用（無響室内実験）

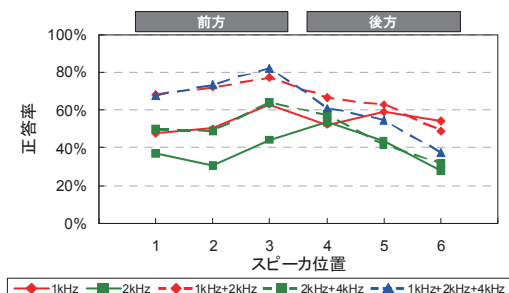


図 4 スピーカ位置と警報音の種類に関する交互作用（無響室内実験）

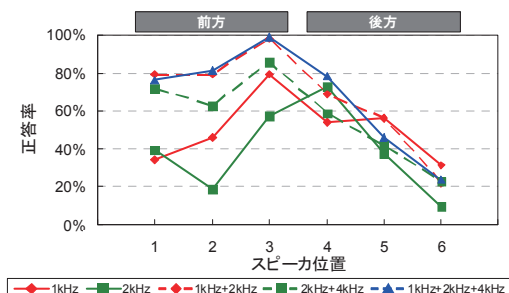


図 5 スピーカ位置と警報音の種類に関する交互作用（実車走行実験）

きく、後方のスピーカでは小さいといえる。

なお、図 4 と図 5 より、無響室内実験結果と実車走行実験結果ではほぼ同様の傾向を示しているといえる。

4. おわりに

本稿では、自動車の車室内に配置したスピーカから数種類の警報音を鳴らし、ドライバが音源位置を特定する実験の結果に対して分散分析を用いた検討結果を中心に述べた。今後より詳細に実験結果の考察と検討を行い、自動車の車室内における音源定位の正確さや適切な警報音について明らかにしたい。

参考文献

- 1) 川邊田・山口・関根・森田、“ドライバに対する聴覚支援のための車室内音源定位に関する被験者評価実験”、日本機械学会第 21 回交通・物流部門大会講演論文集、No. 12-79、pp. 191-192、(2012)