

工事等交通規制時における他責事故防止の1アプローチ

ー 超音波の伝搬特性を用いた車両への音響注意喚起システムの研究開発 ー

西日本高速道路総合サービス沖縄(株) 保全事業部

会員 城間博通○

保全事業部 事業開発課

梅森 洋

1. はじめに

高速道路上では道路機能を維持するために通行車線を規制して工事や作業、事故処理を実施している。その交通規制や規制完了後の本線作業（工事）は交通誘導を行いながらの作業ではあるが極めてリスクが高く、最近でも多くの車両進入事故が発生している。2013年7月に沖縄道で発生した規制作業中の受傷事故をうけ、規制作業帯に接近する車両に対して超音波の音響伝搬特性を用いて、運転手に注意を喚起する超指向性注意喚起システムを開発したので、研究開発概要について報告する。

2. 高速道路上での他責事故実態

NEXCO3 社（東・中・西日本高速道路株）の調べによると、H26年からH28年間に発生した高速道路上の事故で、他責事故（運転者の責任による事故）は全事故の46.6%を占め、死亡の割合は自責事故が1人/120件に対して1人/47件で重大事故に繋がるリスクが高い。その事故形態は「規制への突入」「路肩停止中作業車両への接触」「低速作業車両への接触」等があり、記載の形態で97%を占めている。この形態の事

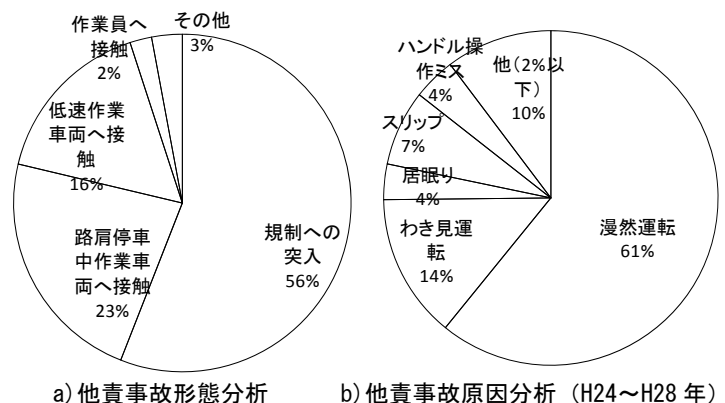


図-1 高速道路上での他責事故の現況（NEXCO3 会社調べ）

故原因を交通管理隊データから詳細に分析してみると、約8割が「漫然運転」「わき見運転」「居眠り」を原因としており、ドライバーの運転状態による影響が大きい。この8割を低減することを目的に研究・開発に着手した。

3. 従来スピーカー（スピーカー：以下、「SP」と表現）の課題と超音波 SP の特徴

路上作業等で従来使用される SP（エルラド（L-RAD）やフラットパネル SP 等）の音響発生方式は可聴帯域（20hz～20khz）の音を放射するため、その特性により道路沿線周辺環境への騒音となることが課題であった。また、音源発生位置から聴取位置まで距離が長いと音圧の距離減衰が顕著になり、高速走行中の車室内で音を聴取するには厳しいものがあつた（車室外と内の音圧差は+30 dB必要と言われていた）^{たとえ1)}。この課題をクリアするためには従来の音響発生方式では対応が困難のため、室内のスポット案内放送で試行されていた超音波（搬送波 40khz）による空気の高周波性を利用した方式の開発を行う事とした。

一般的なスピーカーは可聴帯域の放射を行うため波長が長く、音波の特性上前後左右に音波が放射される（図-2 左）。一方超音波は波長が短いため放射方向を限定する事が出来る（図-2 右）また、超音波素子を集合体とする事でアレイ効果が得られ、指向角度を更に狭窄させる事が出来る²⁾。

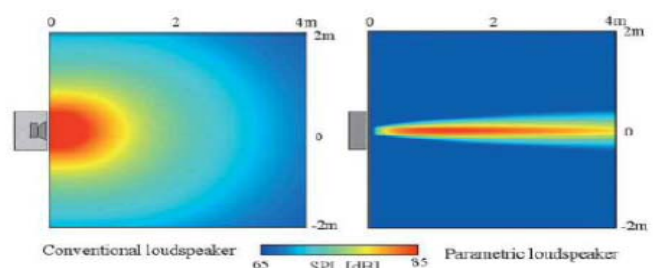


図-2 コーン型と超音波の放射特性比較

4. 開発した超音波 SP の概要と指向性の確認

開発した超音波 SP は、40KHz の素子を 1,200 個集合させたもので、パラメトリック・アレイ効果により素子単体よりもさらに指向性を高めている。SP の写真を図-3 に、従来型 SP と超指向性超音波 SP の計測結果を図-4 に示す。従来型 SP の音圧分布が広がっているのに対して超音波 SP は、鋭い指向性のあることが分かる。この指向性で対象に対してのみ放射を可能としている。

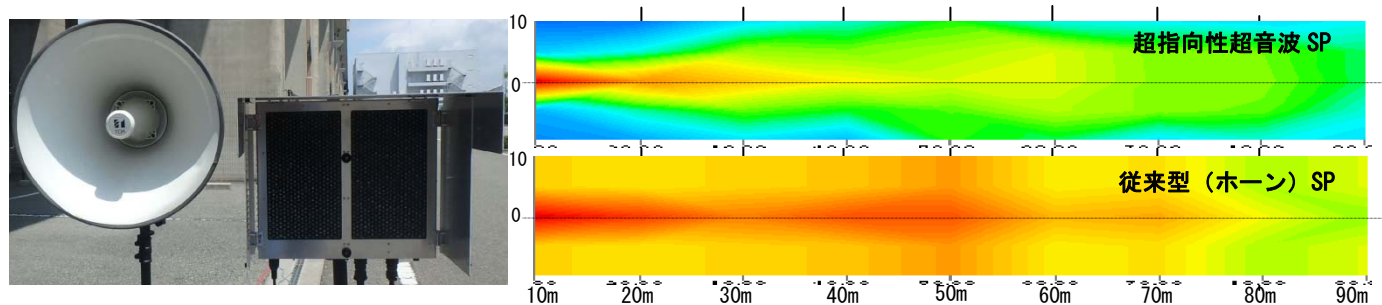


図-3 従来（ホーン）型 SP（左）と超音波 SP（右） 図-4 従来（ホーン）型 SP（下）と超音波 SP（上）の放射試験結果

5. 車室内での音響信号の聴取（走行車両内部での注意喚起音響信号認識）

前述のように、従来の音響発生方式で音響信号を車室内で聴取させることは困難であった。しかし、超音波による音響信号は、指向特性による集束効果や車体近傍での音源構築により車体形状・車室内形状を利用可能で、車室内共振による特定周波数の再生に利得を得る事ができ、音響信号を認識させる事が出来る。（図-5、図-6 参照）

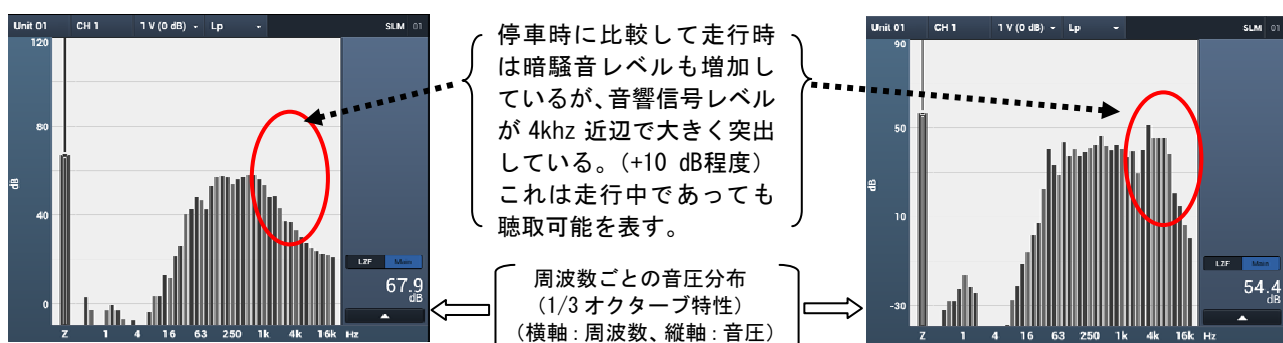


図-5 車両停車時暗騒音波形（車種：アクア）

図-6 90km/h 走行時の暗騒音と放射信号波形（車種：アクア）

6. 実証試験 【平成 29 年 1 月・3 月に実施】

沖縄自動車道で実証試験を行い、注意喚起区間通過後のサービスエリアでお客様に聴き取り調査を行った。その結果では、全体の約 8 割のお客様に車室内で注意喚起信号音が「聴こえた」との回答を得た。ただし、「聴こえた」方は大型車両では 4 割に留まっており、さらなる音圧のアップが課題であると思慮する。音圧アップについては、SP 設置間隔を狭め台数を増やすことや根本には超音波素子の改善をすることを考えている。

7. まとめ

従来の音響発生方式では不可能であった放射範囲限定の放射が超音波を利用した非線形音響で可能になった。人間の聴覚に最も刺激を与える警告音響信号の選定に課題はあるものの、今後、現場で活用し、

走行車両に対する交通規制注意喚起システムとして漫然運転、わき見運転、居眠り運転等による事故を少しでも無くし路上作業の安全に寄与したい。また、指向性の特徴を生かした用途の拡大に向け研究・開発を図っていく。

参考文献)

- 1) 「平成 26 年度 高速道路トンネル内におけるパラメトリックスピーカの適用可否に関する共同研究報告書」平成 27 年 4 月
公立大学法人 高知工科大学・NEXCO 四国支社（非売）
- 2) 「パラメトリックスピーカの変換効率改善」平成 28 年度 1 月 26 日 日本音響学会 超音波研究会 発表資料 鎌倉友男
酒井新一 小沢誠 梅森洋 共著

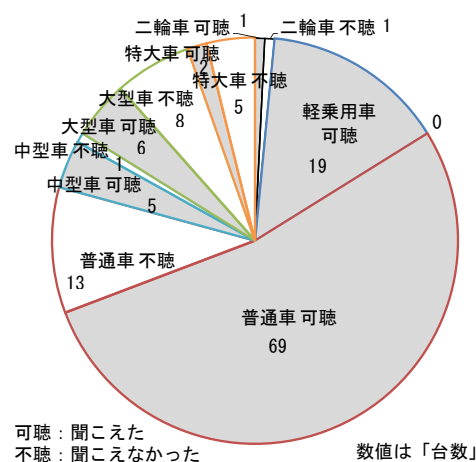


図-7 実証試験での聞き取り調査結果