

騒音対策支援用可聴化システムの開発

清水建設株式会社 正会員 ○谷川 将規 正会員 宇野 昌利 正会員 宮瀬 文裕
中央大学 正会員 檜山 和男

1. はじめに

土木・建築工事現場では重機の作業音、ダンプトラック走行音などに対して様々な騒音対策を実施している。対策を検討する際には、発注者や近隣住民と協議する場面も多い。一般に施工者は工事騒音の大きさや対策による騒音低減効果を数値で示すが、実際に耳で聴く音と直感的に結びつかないため、十分な理解を得られにくい。そこで、著者らの VR（バーチャル・リアリティ）技術^{1)~3)}を活用して、騒音対策支援のための騒音可聴化システムを開発した。これにより騒音シミュレーション結果を音として再現し、騒音対策効果を直ちに体感できる。図-1 に示すように、本システムはタブレット・コンピュータ（iPad）上で動作し、コンパクトで扱いやすい。計算条件の設定や可聴化の実行は直感的な操作で行うことができ、素早く騒音検討の基礎データを得ることができる。そのため、協議の場などでの合意形成に役立つことが期待される。本稿では、このシステムの特長と適用性について述べる。

2. 本システムの特徴

図-2に本システムの構成と可聴化の流れを示す。騒音の可聴化は条件設定、音響計算、音響再生の3ステップで構成される。全ステップを1台のiPadで実現しており、スピーカやヘッドホンなどの再生機器を除けば、ほかに必要な機器はない。各ステップの概要は以下のとおりである。

- ① 条件設定：内蔵されている騒音源や各種対策工のデータベースを用いて計算条件を設定する。
複数の音源を配置でき、また受音点も任意の位置に設定可能である。
- ② 音響計算：一般に用いられる騒音予測法では音波の到来方向や遅延等は考慮されず、そのままでは可聴化できない。本研究では独自の高速計算法を採用しており、到来方向や遅延を考慮しつつ、音響計算結果をほとんど遅延なく、その場で可聴化できる。
- ③ 音響再生：使用状況に応じて最適な可聴化手法を選択でき、方向感と臨場感のある音場が再現可能である。



図-1 騒音可聴化システムの概観

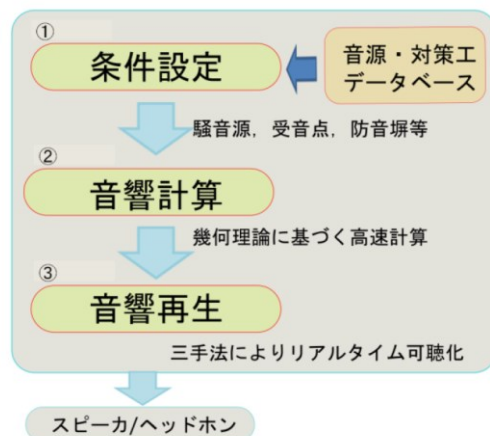


図-2 騒音可聴化システムの構成

キーワード 騒音シミュレーション, 工事騒音, 可聴化, タブレット

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3 丁目 4-17 清水建設技術研究所 TEL 03-3820-6739

3. 騒音計算法と可聴化手法

即時可聴化を行うには、高速な計算法の採用は必須である。著者らは幾何音響理論に基づく計算負荷の小さい音響計算手法を採用し、これまでに騒音の可聴化を実現している¹⁾³⁾。本システムではこれを応用している。本音響計算手法のベースとなっているのは、日本音響学会の道路交通騒音予測モデル ASJ-RTN Model 2013⁴⁾および工事騒音の予測モデル ASJ-CN Model 2007⁵⁾（以下、両者をまとめて ASJ モデルと記す）である。ASJ モデルは音のエネルギー収支のみを扱う簡易な計算手法であり、計算量が少なく扱いやすい反面、可聴化に必要な情報、すなわち音波の到来する方向や遅れ時間等などは考慮されていない。本システムでは、音源、受音点および防音壁などの位置関係より到来方向や遅れ時間を逐次求め、その結果を信号処理して可聴化している。

図-3 に示すように、音源（自動車）は x 方向に速度 60km/h で移動する場合を考える。高さ 3m の防音壁があり、自動車が防音壁の陰にあるとき、直接音はなく、回折音が防音壁の上方および側方から到来する。受音点における騒音を本システムにより求めた結果を図-4 に示す。図-4 は受音点における音圧とそのパワースペクトルである。自動車が防音壁の陰になる約 7.0~8.0s では回折減衰の影響が見られ、約 100 Hz 以上の周波数で回折減衰の影響が大きく現れていることがわかる。この結果は、別途 ASJ モデルのみで求めた回折減衰量との差は最大でも 2dB であり、本システムによる実用上十分可能であることが確認されている。

一方、本システムの可聴化手法は、モノラル、振幅パニング（受聴者が複数の場合、スピーカ再生向け）、HRTF（頭部伝達関数）を用いたバイノーラル再生（受聴者が一人の場合、ヘッドホン再生向け）の三種に対応しており、使用状況に適した可聴化が可能である。また本システムには種々の自動車走行音や建設機械の騒音源データベースを内蔵しており、必要に応じて様々な音場を再現できる。

4. おわりに

本システムは、騒音対策支援のための可聴化システムである。土木・建築工事現場での活用を前提とし、小型で扱いやすく、聴く人（発注者や住民など）の要望に応じて柔軟に条件を変更でき、即座に可聴化できる。今後、現場適用を通じてデータベースの拡充や地形や建物群の考慮などのシステムのブラッシュアップを図っていく。

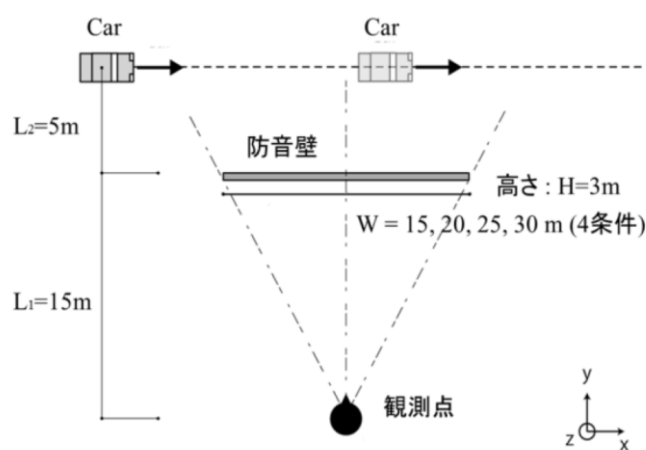


図-3 自動車走行音の計算条件

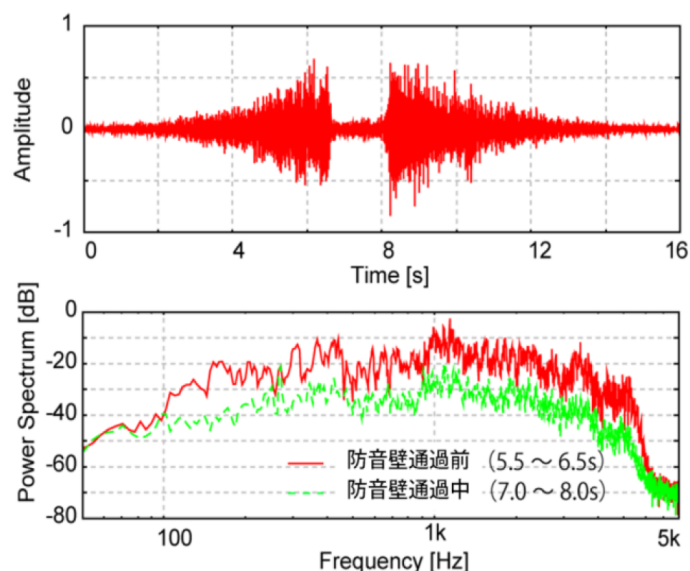


図-4 自動車走行音の計算結果（音圧とパワースペクトル）

文献

- 1) 谷川はか：VR技術を利用した道路交通騒音評価システムの立体音響化と現実感向上に関する研究，土木学会論文集A2，69，2013.
- 2) 宇野はか：VR騒音シミュレーションを活用した騒音データベースの整備，土木情報学シンポジウム講演集 40，2015.
- 3) 宇野はか：VR 騒音シミュレーションの開発，第 43 回環境システム研究論文発表会講演集，2015.
- 4) 日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音の予測モデル"ASJ RTN-Model 2013"，日本音響学会誌，70，2014.
- 5) 日本音響学会建設工事騒音予測調査研究委員会，橋秀樹：建設工事騒音の予測モデル"ASJ CN-Model 2007"，日本音響学会誌，64，2008.