

道路交通騒音評価 VR システムの立体音響場の構築

中央大学大学院 学生員 ○江嶋 孝
清水建設 正会員 谷川 将規
中央大学 正会員 檜山 和男

1. はじめに

近年、騒音は社会問題として重要視されており、可視化・可聴化による評価・検討が重要である。そこで、著者らは、VR(Virtual Reality) 技術を用いた道路交通騒音評価システム¹⁾²⁾の構築を行った。このシステムは、道路交通騒音のシミュレーションを行い、その結果を自動車の CG 映像に合わせて、騒音の可聴化をして観測者に提示するものである。しかし、本システムは、幾何音響理論(日本音響学会が作成した道路交通騒音予測モデル ASJ-RTN Model2008, 以下 ASJ モデル)³⁾に基づいているため、計算量は少ないという特徴を有するが、音の 3 次元的再現(立体音響化)を実現するのは困難であった。

そこで、本論文では、従来のシステムの問題点を解決するために、ASJ モデルに基づいた立体音響場の構築を行った。

2. 道路交通騒音評価システム

本研究で用いる没入型 VR 装置は、3 面の大型スクリーンにより構成され、天井に 7.1ch のスピーカを有している。本システムの特徴は、騒音伝播解析結果をリアルタイムに提示できる点にある。観測者への提示方法には、図-1 に示すように、聴覚情報による可聴化機能に加え、音圧レベルの大きさを等値面により表示を行う可視化機能があり、空間分布の把握が容易に行うことが可能である。また観測者の要望に応じて、VR 空間内の任意の場所での道路交通状態を再現することが可能であり、自動車の走行条件や音の反射・遮蔽物(建物や塀など)の数や配置を容易に変更した際は、即座に騒音伝播解析に反映される。現状では遮音壁、建物、高架橋、盛土、切土、トンネルなどの道路周辺環境を扱うことが可能である。なお、本システムでは CAVELib (SGI 社) と OpenGL による独自に開発したプログラムにより VR 空間を構築し、可聴化には音響プログラミングソフト Max (Cycling'74 社) を用いている。

3. 立体音響場の構築

立体音響とは、前述までに述べた交通シミュレーション結果を、観測者と音源の位置関係や到来方向、拡がり方を考慮して 3 次元的な音環境を再現することを指す。

(1) 立体音響システムの構成

図-2 に本システムの構成と処理工程について示す⁴⁾。エネルギーベースの計算手法である ASJ モデルは、音の到来方向が考慮されないため、VR 空間内の自動車の位置に合わせてスピーカから音出力されるように、音源制御を行う必要がある。そこで、MAX 内で Ambisonics と呼ばれる手法を用いて、制御を行うことにより立体音響化を実現

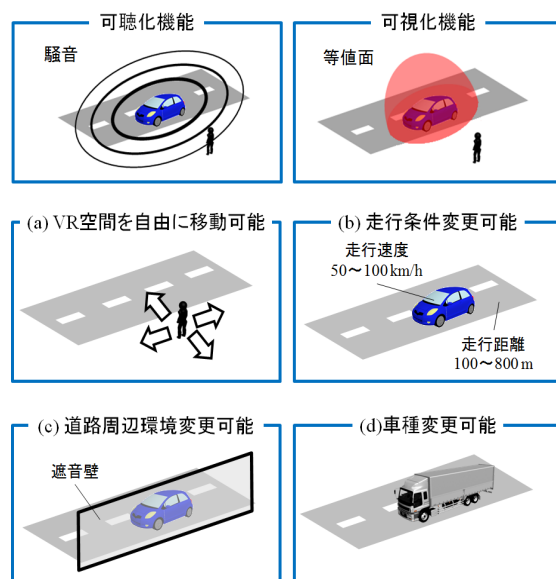


図-1 本システムの概要図

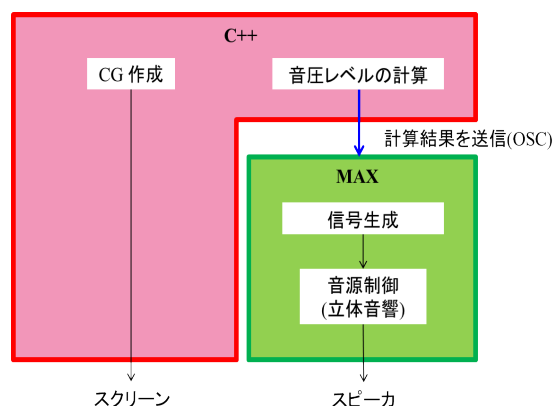


図-2 立体音響場を構築するためのシステムの構成

する。Ambisonics とは、受音点に到来する音波を球面調和解析に基づいて方向別に分解し、再生系に合わせて再構成して提示する手法⁵⁾である。具体的には、観測者に対する音源の位置情報、再生室内のスピーカの配置・数、車両音源データに基づいており、これらのデータを MAX 内に入力している。またスピーカの配置・数に関しては、図-3 に示す VR 装置の再生系に合わせ予め入力している。その他、観測者に対する音源の位置情報は、プログラム内で逐次計算しており、リアルタイムに計算結果を MAX に送信している。なお、プログラムおよび MAX 間での情報の共

KeyWords: 幾何音響理論, 道路交通騒音, 立体音響場, バーチャルリアリティ

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 E-mail: ejima@civil.chuo-u.ac.jp

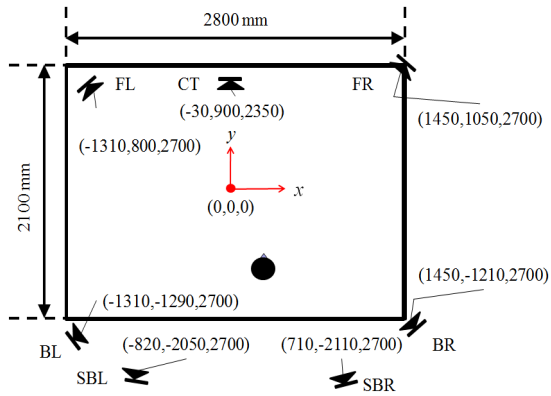


図-3 スピーカの配置

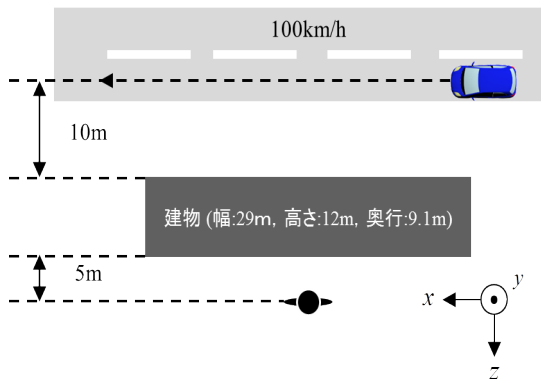


図-4 検証モデル

有には、OSC (Open Sound Control) プロトコルを用いた UDP/IP 通信により行う。

(2) 本システムへの適用

図-4 に示すような例題を用いて、立体音響場の検証を行った。また音源（自動車）は、地盤面 $y = 0$ 上を x 方向に速度 100km/h で移動すると仮定した。観測点から建物までの距離は 24.1m、建物から音源までの最短距離は 10m である。

図-5 は、上述の条件において VR 装置の中央位置で騒音計（設置高さ 1.5m）により観測した結果について示す。それぞれのグラフは、図-3 に示す VR 装置上部にある三つの前方スピーカ（FR, CT, FL）から自動車が建物に対して右から左へ走行する際に再生される音圧レベルを示している。図より、自動車の移動に応じて各スピーカから再生される音圧レベルが変化していることが分かる。すなわち、自動車が観測者へ近づく時には右前スピーカ（FR）からの再生音が卓越し、次に自動車が建物の陰になる時には正面スピーカ（CT）からも再生される。ただし回折減衰の影響により全体的に音圧レベルは小さい。最後に自動車が観測者から去る際には、左前スピーカ（FL）からの再生音が卓越する。

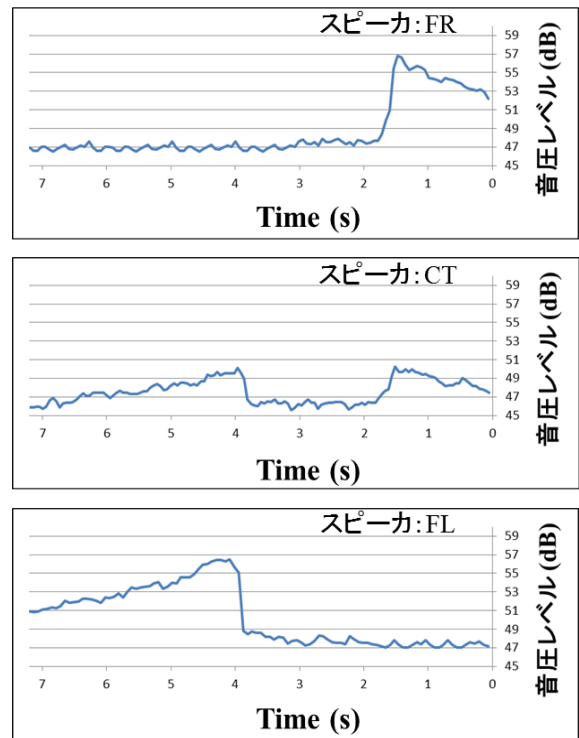


図-5 自動車通過時に前面スピーカから出力される騒音子

4. おわりに

本論文では、既往の道路交通騒音評価システムの現実感の向上を目的として、ASJ モデルをベースにしつつ、音源制御を行うことによって、CG 映像に合わせて騒音を立体音響化が可能であることを示した。その結果、観測者に VR 空間において、より現実感の高い可聴化情報を提示することが可能となった。

今後は、複雑形状の構造物や複数建物による回折や多重反射を含む複雑な音場にも対応する立体音響システムの構築を目指す。

参考文献

- 1) 田近伸二, 樫山和男, 志村正幸: VR 技術を用いた対話型道路交通騒音評価システムの構築, 応用力学論文集, 土木学会, Vol.13, pp.231-240, 2010.
- 2) 柴田啓輔, 田近伸二, 樫山和男, 志村正幸: 可視化・可聴化技術を用いた道路交通騒音評価システムの構築, 土木情報利用技術講演集, 土木学会, Vol.35, pp.25-28, 2010.
- 3) 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 2008", 日本音響学会誌, Vol.65, pp.179-232, 2009.
- 4) 谷川将規, 柴田啓輔, 樫山和男: VR 技術を利用した道路交通騒音シミュレーションの立体音響化に関する基礎的研究, 土木情報利用技術講演集, Vol.36, pp.29-32, 2011.
- 5) Ward, D.B. and Abhayapala, T.D.: Reproduction of a plane-wave sound field using an array of loudspeakers, Speech and Audio Processing, IEEE Transactions on, vol.9 pp.697-707, 2001.