

# VR 技術を用いた道路交通騒音予測システムの 都市域への適用へ向けた検討

中央大学 学生員 石田 安理  
中央大学 学生員 吉町 徹  
中央大学 正会員 檜山 和男  
神戸大学 非会員 陰山 聡

## 1. はじめに

近年わが国では騒音による社会問題が深刻化している。これらの発生騒音の影響を事前に予測し対処するために、既往の研究では田近らによって VR 技術を用いて計算結果を聴覚情報として提示する道路交通騒音評価システム<sup>1)2)</sup>の構築がされてきた。

都市域における騒音シミュレーションのための都市モデルの描画には市販の 3D 都市モデル等を用いることが有効であると考えられる。しかし本システムは立体音響と CG 描画を VR 装置で同期させる関係上、汎用可視化ソフトウェアを用いた 3D 都市モデルの描画が難しいため仮想的な道路周辺環境を OpenGL の直接描画により行っており、臨場感に欠けるという問題点があった。

そこで本論文では、より臨場感のある道路交通騒音予測システムの構築を目指し、C++ 用のライブラリ「GLMetaseq」<sup>3)</sup>を使用することで高品質な 3D 都市モデル<sup>4)</sup>の投影し、実地域への適用へ向けた検討として高架構造物音の実装を行った。なお、この高架構造物音の計算には幾何音響理論に基づく計算モデル(日本音響学会の道路交通騒音予測モデル”ASJ RTN-Model 2013”<sup>5)</sup>：以下 ASJ モデルと記す)を使用している。

## 2. 道路交通騒音評価システム

### (1) VR 環境

本研究で用いる没入型 VR 装置 HoloStage (図 - 1) は、前面と側面及び底面の 3 面の大型スクリーンとそれぞれに対応した高性能プロジェクター、また VR 空間内の装置の利用者の動きを捉えるためのワイヤレストラッキング装置及びそれらを制御する並列計算機から構成されている。

### (2) システム概要

本システムは、道路交通騒音を正確かつ直感的に理解・把握することを目的として、騒音の可聴化機能と可視化機能を有する。可聴化機能とは、自動車や道路の周辺環境を立体 CG で再現するとともに騒音伝播解析結果を自動車の走行音を用いて可聴化し、聴覚情報として利用者に提示する機能である。一方可視化機能とは、音圧分布の空間的な広がりを正確に把握するために音圧レベルの等値面を立体 CG で提示する機能である。図-2 に本システムの処理工程を示す。その他本システムの詳細に関しては、参考文献 1) 2) を参照されたい。

## 3. 実地域への適用へ向けた検討

本研究ではシステムの CG 映像の品質向上および実地域への適用を目的とし、CG 映像の描画を OpenGL によって



図-1 没入型 VR 装置 HoloStage

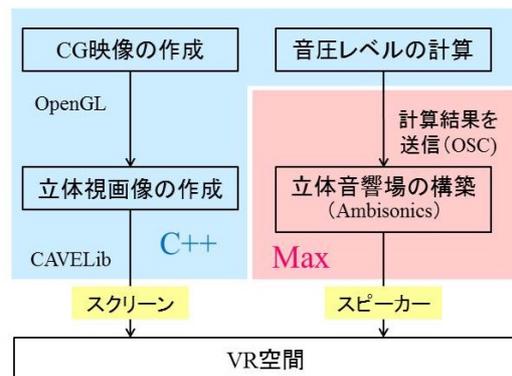


図-2 処理工程

行うのではなく、地図製作会社が公開している東京都秋葉原駅周辺の 3D 都市モデルを使用した。(図-3) なお、投影には MQO 形式のファイルを読み込む C++ 用のライブラリ「GLMetaseq」を用いている。

また、実地域への適用へ向けた検討として、既往のシステムの機能の一部をその都市モデルに実装した。具体的には、自動車を都市モデルの高速道路上に走らせた場合の、高架下での高架構造物音を測定した。本論文では高架構造物音の、計算式の実装前および実装後の A 特性音圧レベルを測定し比較した。

### (1) 高架構造物音の計算方法

高架構造物音とは、自動車が高架道路上を走行する際に道路構造物自体が振動することによって発生する騒音のことである。この大きさは、走行する自動車の速度や重量、また高架道路の構造に依存するが、ASJ モデルでは小型車類による高架構造物音は相対的に小さいため考慮せず、対象を大型車類のみとしている。

KeyWords: 幾何音響理論, ASJ RTN-Model, GLMetaseq

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 E-mail: d30420@educ.kc.chuo-u.ac.jp

#### a) 仮想音源の設定及びA特性音響パワーレベル

高架構造物音は構造物全体から放射しているものであるが、ASJモデルでは計算の便宜上、等価的な音源として自動車走行に連動して移動する無指向性点音源として計算している。高架道路の桁直下の中央に仮想車線を設定し、その線上で点音源を設定した。

仮想点音源のA特性音響パワーレベル  $L_{WA, str}$  [dB] は次のように計算する。

$$L_{WA, str} = a + 30 \log_{10} V \quad (1)$$

ここで、 $V$  は走行速度 [km/h]、定数  $a$  は橋種ごとに与えられる。本論文では、この高架構造物をコンクリート床版鋼鉄桁橋と仮定し、定数  $a$  は 40.4 とした。

#### b) 仮想点音源のA特性音圧レベル

仮想点音源から予測点へ伝搬する騒音のA特性音圧パワーレベル  $L_{A, str}$  [dB] は次のように計算する。

$$L_{A, str} = L_{WA, str} - 8 - 20 \log_{10} r + \Delta L_{dif} \quad (2)$$

ここで、 $r$  は仮想点音源から予測点までの距離 [m]、 $L_{dif}$  は高架構造物音に関する回折補正量 [dB] である。

#### (2) 計算モデルの実装

本論文では図-4に示すような条件下で音圧レベルの測定を行った。実際の都市モデルにおける高架構造物は、片側2車線の計4車線の高速道路であるが、図では2車線のみ表示している。道路幅は1車線3.5m、遮音壁を3.0mとし、仮想点音源は桁長さを1mとし自動車下の桁直下に設置した。また道路端から水平に5.0m、鉛直に10.0m離れた場所を観測点としている。車の走行速度は時速100km、走行距離は100mとしている。

図-5に高架構造物音を考慮した音圧レベルと、高架構造物音を考慮せず測定した音圧レベルを示す。高架構造物音を考慮したものは8[dB]ほど増加していることから、高架構造物音が考慮されていることがわかる。

#### 4. おわりに

本論文ではより臨場感のある道路交通騒音予測システムを目指し、C++用のライブラリ「GLMetaseq」を使用した高品質な都市の3Dモデルの投影を行うとともに、実地域への適用へ向けた検討として、既往のシステムの機能の一部を都市モデルに実装し以下の結果を得た。

- より現実に近い車、建物、道路の3Dモデルを使用することでより臨場感のあるVR空間の再現が可能となった。
- ASJ RTN-Model 2013に基づいた計算モデルを実装し、高架構造物音が考慮されていることが確認できた。

今後の課題として、新たに鉄道騒音や航空機騒音を実装することなどが挙げられる。

#### 参考文献

- 1) 田近伸二、櫻山和男、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) 谷川将規・江嶋孝・櫻山和男・志村正幸：混合交通を考慮したVR技術に基づく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.70[No.2]pp.195-202
- 3) 工学ナビ ARToolKitを使った拡張現実感プログラミング <http://kougaku-navi.net/ARToolKit/>
- 4) ZENRIN『JapaneseOtakuCity』：  
<http://www.zenrin.co.jp/product/service/3d/asset/>
- 5) 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
- 6) Akira Kageyama, Youhei Masada: Applications and a three-dimensional desktop environment for an immersive virtual reality system, Journal of Physics: Conference Series, Vol.454, 2013

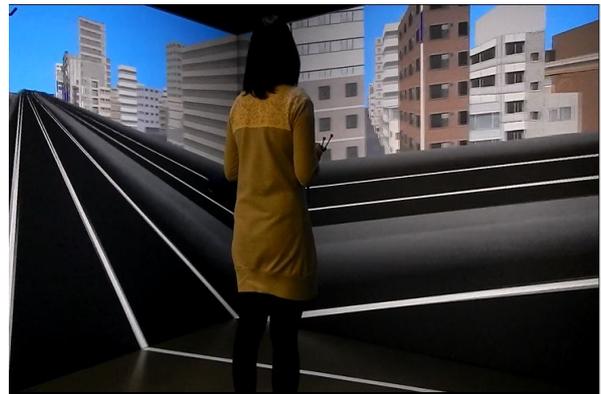


図-3 都市モデルの投影

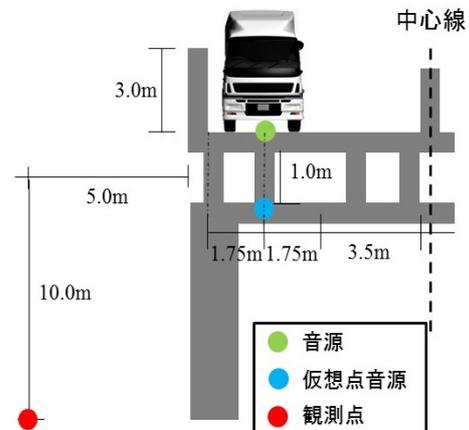


図-4 計算条件

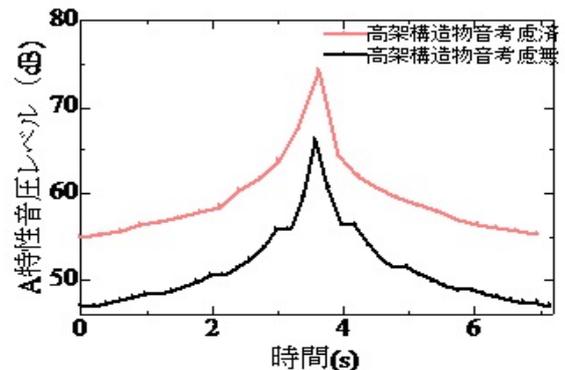


図-5 A特性音圧レベルの比較