

VR 技術を用いた混合道路交通騒音評価システムの構築

中央大学大学院 学生員 ○ 柴田 啓輔
中央大学 正会員 檜山 和男
京葉ガス株式会社 正生員 田近 伸二
建設環境研究所 正会員 志村 正幸

1. はじめに

近年、幾何音響理論や波動音響理論に基づいて騒音シミュレーションは行われているが、その結果は CG を用いて可視化されるのが一般的であり、騒音の大きさを直観的に把握・理解することは困難である。そこで著者らは既往の研究において、VR 空間内で道路交通騒音のシミュレーションおよびその結果の可聴化を行い、道路周辺の CG 映像とともに聴覚情報を用いて騒音のシミュレーション結果を提示するシステムの構築¹⁾を行った。

しかし既往のシステムでは、一台の普通乗用車が走行した際のシミュレーション結果のみが可聴化可能であった。そこで本研究ではシミュレーション可能な車種を増やすとともに、複数の異なる車種の車が同一道路上を走行した際の混合交通騒音のシミュレーションおよび可聴化を行い、その評価を可能とした。

2. VR 空間の構築

本研究で用いる没入型 VR 装置について記す。本装置は三面の大型平面スクリーンと、それぞれに対応する高性能プロジェクターで構成されている。観察者は、液晶シャッターメガネと呼ばれる特殊なメガネをかけることで立体映像を見ることが可能になり、コントローラーを操作することにより VR 空間内を自由に移動することが可能となっている。本システムは 7.1ch の音響装置を有しており、映像とともに音を出力することが可能である。

3. 本システムの処理工程

混合交通騒音評価のための可聴化機能処理工程について、図-1 のフローチャートに沿って順に説明する。

(1) Pre-process

本システムではまず、映像データとして提示する自動車、道路周辺構造物の形状データを作成する。なお本研究では、三次元 CAD ソフト (AutoCAD: Autodesk および 3dsMax: Autodesk) を用いて作成したモデルを用いて、これらの形状データの作成を行った。そしてシミュレーションを行う際の条件となるデータの入力を行う。入力するデータは車種情報、走行速度、舗装路面の種類、路面施工後の経過年数、周辺構造物の有無である。

(2) Main-process

Pre-Process で決定した計算条件をもとに受音点における道路交通騒音レベルの算出を行う。算出には日本音響学会が作成した道路交通騒音予測モデルの ASJ RTN-Model2008²⁾を用いる。ASJ RTN-Model2008 は幾何音響

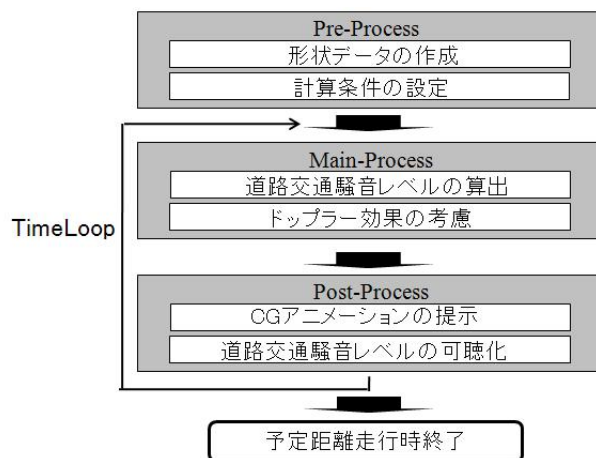


図-1 本システムの処理工程

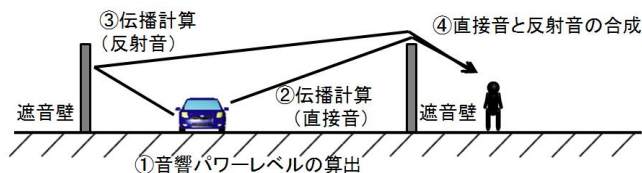


図-2 計算手順

理論に基づいているため高速に計算を行うことが可能である。計算手順を、図-2 に示す。まず自動車の A 特性音響パワーレベルを算出し、次に伝播計算を行う。伝播計算例では、自動車から直接伝搬する直接音と防音壁に反射して伝搬してくる反射音の二種類の音を計算している。そして最後に直接音と反射音を合成することによって、観察者の位置における道路交通騒音の A 特性音圧レベルを求めている。

a) 混合交通騒音計算手法

自動車走行騒音の A 特性パワーレベル L_{WA} は次式で与えられる。

$$L_{WA} = a + b \log_{10} V + C \quad (1)$$

ここで a は車種別に与えられる係数、 b は速度依存性を表わす係数、 V は車の走行速度、 C は道路条件によって変化する補正項である。車種別に与えられる係数 a は普通自動車 (46.4)、小型貨物車 (47.6)、中型車 (51.5)、大型自動車 (54.4)、二輪車 (49.6) である。また速度依存性を表わす係数 b は本研究下では定常走行区間 (車走行速度 40km/h ~ 140km/h) で用いられる 30 を値とし、シミュレーション可能な走行速度 V についても 40km/h ~ 140km/h の範囲と

KeyWords: パーチャルリアリティ, 可視化, 音響

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

した．なお，基準値に対する補正には，排水性舗装等による騒音低減に関する補正，道路の縦断勾配による走行騒音の変化に関する補正，自動車走行騒音の指向性に関する補正，その他の要因に関する補正がある．各補正量の詳細については参考文献 2) を参照されたい．受音点における各走行車の A 特性音圧レベル $L_{A,i}$ は以下のように示すことができる．

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

ここで， r は自動車から受音点までの直線距離， ΔL_{cor} は自動車から受音点に至る音の伝播に影響を与える各種の減衰要素に関する補正量を示す．なお補正には，回折に伴う減衰に関する補正，地表面効果による減衰に関する補正，空気の音響吸収による減衰に関する補正がある．各補正量の詳細については参考文献 2) を参照されたい．また混合交通の場合，受音点における音圧レベル L_A は次の式で求められる．

$$L_A = 10 \log_{10} \Sigma (10^{L_{A,i}/10}) \quad (3)$$

ここで， $L_{A,i}$ は個々の走行車における伝搬音である．

なお，より臨場感のある道路交通騒音の聴覚情報を提示するべく，ドップラー効果による周波数の変化についても考慮している．

また本システムは周辺構造物として遮音壁，高架橋，住宅などの設置も可能である．ASJ RTN-Model2008 の計算方法の詳細や個々の計算手法については参考文献 2) を参照されたい．

(3) Post-Process

自動車および道路周辺の CG 映像を VR 空間内に提示する．なお提示する CG 映像は，入力した計算条件に応じて対話的に変化する．自動車位置はアニメーションとして，Main-process で計算した自動車走行音に対応した音源データとともに提示される．なお，走行予定距離を通過するまで Main-Process～Post-Process の処理を繰り返すことで自動車の移動アニメーションおよび対応した音の増減現象の提示が可能となっている．

4. 適用例

本システムでは可聴化に際して，計算結果と提示する音の音圧レベルが一致している必要がある．そこで計算結果と計測結果を一致させるべくキャリブレーションを行った．キャリブレーション際には騒音計（小野測器：LA-2560）を用いた．次に，キャリブレーション後の適用例を示す．条件は図-3 に示す通りである．計算結果と，騒音計を用いて測った音圧レベルの計測結果をグラフ化したユニットパターンを図-4 に示す．図-4 から，計算結果と計測結果が良好一致を示すことが確認できた．

図-5 は実際に本システムを利用している様子である．複数の車種のシミュレーション，およびその可視化と可聴化を行うことで，混合交通の道路交通騒音を体感することができた．

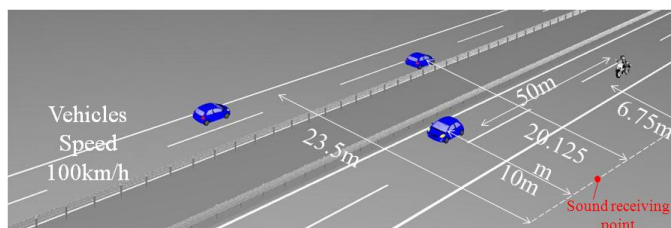


図-3 混合交通適用例

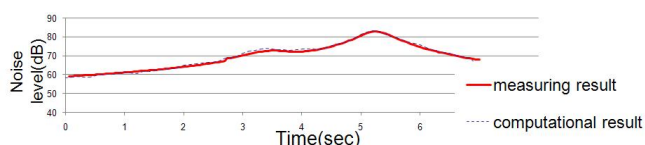


図-4 適用例ユニットパターン

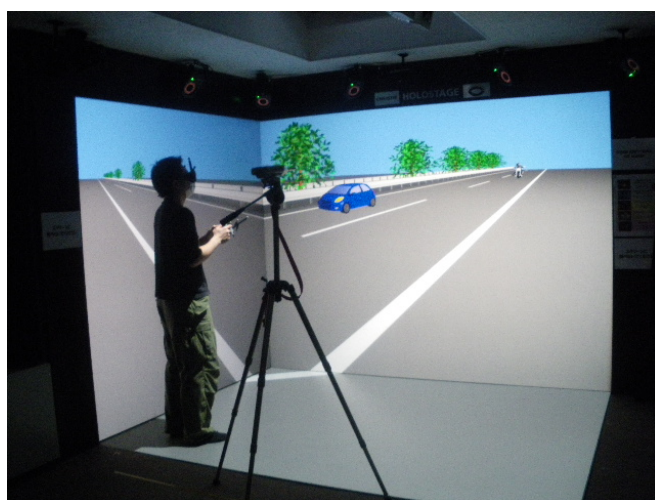


図-5 本システム利用例

5. おわりに

本論文では，混合道路交通騒音評価システムの構築を行った結果について記した．本システムを用いて VR 空間の構築を行った結果，以下の結論を得た．

- 複数の車種の形状データと音源データを作成することで，混合交通における道路交通騒音の可聴化が可能になった．
- ユニットパターンを示すことで，計算結果と計測結果が一致していることが確認でき，本システムの妥当性が確認できた．

今後は本システムをより複雑な道路構造や道路周辺環境に適用可能とする予定である．

参考文献

- 1) 田近伸二，樫山和男，志村幸行：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，Vol.13,2010 年 8 月
- 2) 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，Vol65,pp179-232,2009 年