

VR 技術に基づく道路交通騒音評価システムの適用性の向上

中央大学大学院	学生員	江嶋 孝
中央大学大学院	学生員	○ 吉町 徹
中央大学	正会員	檜山 和男
清水建設	正会員	谷川 将規
建設環境研究所	正会員	志村 正幸

1. はじめに

自動車走行音に代表される交通騒音は大きな社会問題の一つとなっている。近年のコンピュータの性能向上に伴い、道路や防音壁の計画・設計には数値シミュレーションが数多く用いられている。著者らによって構築された VR 技術を用いた道路交通騒音評価システム¹⁾は、道路環境を VR 空間内で自動車の CG 映像に合わせて騒音を可聴化することで再現するものである。このシステムは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)²⁾に基づいて様々な道路周辺環境での交通騒音を予測計算するものであるが、多重反射が生じるような複雑な道路周辺環境は ASJ モデルでは考慮されていないため、適用できる周辺環境が限られていた。

そこで、本研究では本システムの適用範囲の拡大を図るために、藤本³⁾によって提案された幾何音響理論に基づく多重反射を考慮した予測計算法を導入し、多重反射が生じる複雑な音場環境への適用を可能とした。

2. 道路交通騒音評価システムの概要

本システムの騒音の予測計算は ASJ モデルに基づいており、リアルタイムに騒音伝搬の計算を行い可聴化することが可能である。観測者への提示方法には、自動車の走行音を騒音レベルの計算結果に合わせてスピーカから出力する可聴化機能、騒音レベルの計算結果を等値面でスクリーン上に表示をする可視化機能の二つを有する。また道路交通状態は自動車の走行条件(走行距離、走行速度)、道路環境(平面道路、盛土、切土)、周辺環境(防音壁、高架橋、単体建物)、舗装の種類(排水性舗装、密粒性舗装)、舗装経過年数(0~15年:5年毎)、車種(普通車、小型貨物車、中型車、大型車、バイク)の設定が可能であり、観測者は VR 空間内の任意の場所で設定した道路環境下での騒音を聴くことができる。

本システムの処理工程は図-1 に示すようになっており、システムの構築には C++ を用い、可視化には OpenGL と CAVE ライブラリ、可聴化には音響プログラミングソフトの MAX を用いた。また VR 空間内で立体音響場を構築するために、MAX 内で Ambisonics と呼ばれる立体音響手法を用いた。なお、C++ と MAX 間での情報共有には、Open Sound Control プロトコルを用いた UDP/IP 通信により行う。

3. 複雑な音場環境への適用

(1) 多重反射を有する音場環境

ASJ モデルでは、障害物等による回折減衰及び一回の反射は考慮可能であったが、多重反射については考慮されていないため、従来のシステムでは図-2 に示すような建物群への適用は困難であった。そこで、本研究では藤本³⁾によって提案された幾何音響理論に基づく多重反射を考慮した予測計算法³⁾を導入し、多重反射を含む建物群への適用を可能とした。

観測点における騒音レベルの計算は、直達音、回折音および反射音を合成して求める。回折計算は ASJ モデルに基づく予測計算法を採用しており、観測点と音源との直達距離と回折経路との経路差により近似的に計算を行う。反射計算は幾何音響理論に基づく鏡面反射の原理(図-2)により求める。騒音レベルの計算に、反射補正量を加えて行い、2 回以上の反射については鏡像音源に対して更に新たな鏡像音源を設け、観測点から見通せる角度内にある鏡像音源を反射音源と考えることができる。なお、4 回以上の反射音の影響は経路の長さにもよるが一般に寄与が小さいと考え、本研究では 3 回反射まで考慮し、観測点に到達する反射音の反射回数は、観測点および音源の位置により異なる。壁面での反射は完全反射とし、反射音は障害物等により伝播途中で減衰することなく、音源から観測点へ直接伝播するものとする。

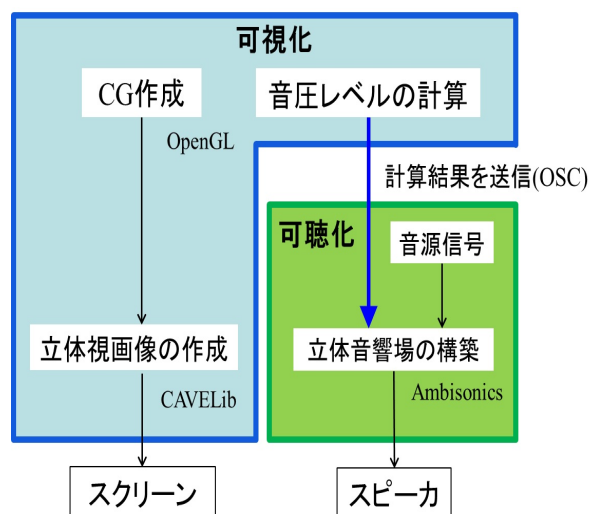


図-1 処理工程

KeyWords: 幾何音響理論, ASJ RTN-Model, 多重反射

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

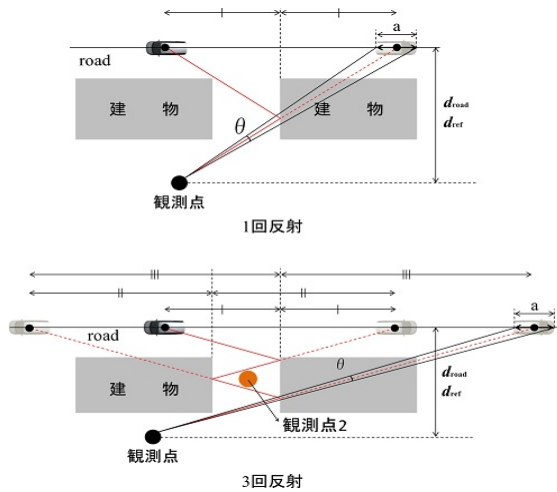


図-2 多重反射の計算

(2) 高架構造物からの発生音の考慮

高架構造物音は、自動車が高架橋の伸縮継手部を通過するときのジョイント音と支間上を通過するときの音に分類することができるが、本研究では ASJ モデルで適用可能な支間走行時の高架構造物音の実装を行う。

既往のシステムでは、高架構造物として鋼橋の I 桁構造が実装されていたが、適用性の向上のために箱桁のコンクリート橋の適用を可能とした。(図-3) 高架構造物の音は桁構造全体から放射されているが、ASJ モデルでは計算の便宜上、自動車走行に連動して移動する無指向性点音源を考え、図-3 に示すように桁直下に仮想車線を設定し、その直線上に仮想点音源を設定する。仮想点音源の音響パワーレベルは、走行速度及び橋種ごとに定められた定数によって与えられる。また一般に高架橋を走行する自動車の車両総重量が大きいと高架構造物音も大きくなるが、小型車類による高架構造物音は相対的に小さいので、大型車類のみを対象とする。

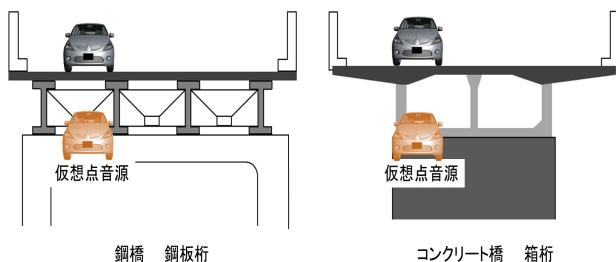


図-3 対象とした高架橋の種類

4. 適用例

本研究では、新たに適用可能とした回折・多重反射が生じる図-4 に示す建物群周辺の音場解析に適用した。観測点を建物間(図-4、における観測点)に配置し、観測者側の車線と反対車線に普通自動車を時速 100km/h で 400m 走行させ、計算結果と騒音計による測定結果を比較した。(図-5)

図より、手前側の車線の走行音は構造物に近いので直達音、反射音が到達する時間が短いことが確認でき、奥側の

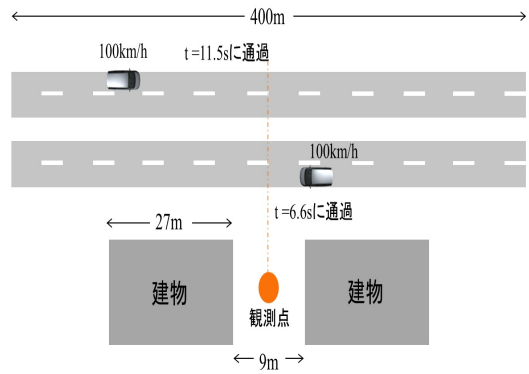


図-4 適用例

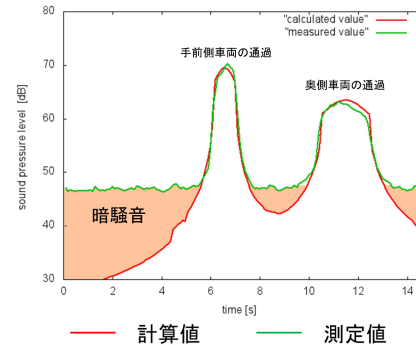


図-5 ユニットパターン(適用例)

車線は構造物から離れているため直達音、反射音が到達する時間が長いことが確認できることから定性的な妥当性を得ることができた。また計算結果と測定結果は良い一致を示していることから VR 空間上での計算結果の再現が正確に行われていることを確認できる。なお、測定結果において 45dB 以下にならないのは、室内(VR 空間内)の暗騒音によるものである。

5. おわりに

本論文では、既往のシステムの適用性と現実感の向上を目的として研究を行った結果、以下の結論を得た。

- 多重反射を考慮した予測計算法を導入することで、複数構造物のような複雑な周辺環境下への適用が可能となった。
- 高架構造物上を自動車が走行することにより発生する音を考慮したことにより、本システムの適用性が向上した。

今後は、本システムを実地域へ適用し、妥当性を検証する予定である。

参考文献

- 1) 谷川将規, 守屋陽平, 江嶋孝, 檜山和男, 志村正幸, 土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol.69, No.2(応用力学論文集 Vol.16), I-155-162, 2013.
- 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, 2009.
- 3) 藤本一寿, 辻京佑, 穴井謙, 平栗靖浩, 学術講演梗概集.D-1, pp.295-296, 2011.
- 4) 田近伸二, 檜山和男, 志村正幸, 応用力学論文集, 土木学会, Vol.13, pp.231-240, 2010.