

VR技術を用いた航空機騒音予測システムの妥当性の検討

中央大学大学院	学生員	石田 安理
中央大学大学院	学生員	吉町 徹
中央大学	正会員	檜山 和男
建設環境研究所	正会員	志村 正幸
建設環境研究所	正会員	坂崎 友美

1. はじめに

近年わが国の空港周辺では航空機騒音は大きな社会問題として益々深刻化している。これらの騒音の影響を把握するために、著者らによって近年発展・普及の著しいVR技術を用いて幾何音響理論に基づき計算された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¹⁾²⁾を基にした航空機騒音予測システム³⁾の構築がされてきた。VR技術の適用は、これまで専門家以外は困難であった音圧レベルの理解を容易にし、新規の計画や設計、防音対策などの音環境の改善、合意形成などを講じる上で有用なツールとなることが期待されている。

そこで本研究では、航空機騒音予測システムの妥当性の検討として、実測値と計算値の比較を行った。また、実測データを用いた幾何音響理論に基づく騒音レベルの計算式⁴⁾を用いてリアルタイム計算を行うとともに可聴化し、その騒音レベルについてVR空間内での測定結果の比較を行った。

2. 航空機騒音予測システム

(1) VR環境

本研究で用いる没入型VR装置Holostageは、図-1に示すように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。VR空間の構築及びCG映像の作成にはCAVELibおよびOpenGLを用いており、可聴化には音響用プログラミングソフトであるMaxにより作成した独自のソフトウェアを用いている。

(2) システム概要

図-2に本システムの処理工程を示す。プログラミング言語としてはC++を用い、CG描画はOpenGLにより行われており、音響ソフトMaxを用いることで立体音響との同期がされている。その他本システムの詳細に関しては参考文献1)2)3)を参照されたい。

(3) 音響計算

本研究では騒音レベルの時間的変化が算定できるように実測データを用いた幾何音響理論に基づく計算式を使用している。具体的には、航空機の音響パワーレベル L_W は、空気吸収や地表面減衰などの超過減衰は考慮せず点音源の距離減衰を考慮した次の式(1)より求めた。既往の研究では自由音場における式を用いていたが、本研究では離陸直後の騒音レベルを対象とするため、半自由音場の式として



図-1 システムを体験している様子

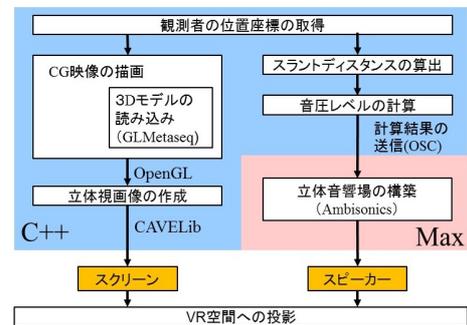


図-2 処理工程

$$L_W = \overline{L_{PA}} + 20\log_{10}SD + 8 \quad (1)$$

ここで、 $\overline{L_{PA}}$ はエネルギー平均値、 SD はスラント距離(m)である。スラント距離とは航空機と受音点の直線距離のことであり、航空機及び利用者の座標より三平方の定理で算出している。エネルギー平均値 $\overline{L_{PA}}$ については、観測点へ向かって離陸する航空機の1分間の騒音レベルのうち、暗騒音の影響を考慮し80dB以上のオールパス値を用いた。VR装置へ実装する際に使用した式は次式(2)である。

$$L_P = 158.0 - 20\log_{10}SD - 8 + \Delta L_{cor} \quad (2)$$

ここで、 L_P は音圧レベル、 ΔL_{cor} は指向性や空気吸収の補正項であるが、本研究ではこれらの影響は無視している。上式により、利用者がVR空間内を自由に移動した場合でもその場所での騒音をCG映像とともにリアルタイムに体験することができる。

3. 適用例について

(1) 概要

本研究では適用例として、東京国際空港(羽田空港)C滑走路から内陸方面へ向かって離陸した航空機の様子を再現した(図-3)。騒音レベルおよび航空機の位置座標のデータは、城南島海浜公園内において計測した際に得たデータ

KeyWords: パーチャルリアリティ, 航空機騒音, 幾何音響理論

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



図-3 観測点

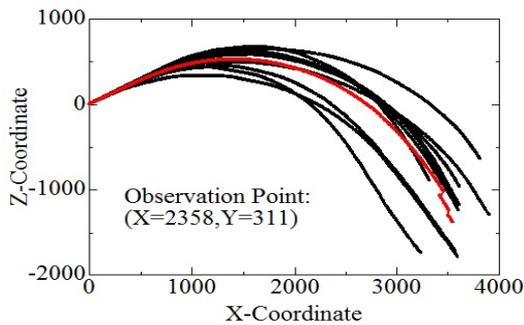


図-4 飛行経路

を用いた。なお、航空機の機種は Boeing737-800 である。スラントディスタンスに関しては、実測の 10 機分の座標の平均値を用いて利用者との位置から算出している。図-4の赤線に飛行経路を示す。

(2) VR 装置への適用

図-5に、音圧レベルとスラントディスタンスの関係を実測値及び計算値において比較したものを示す。実測値において周辺からの騒音の影響が考えられる範囲を除外して示している。なお、実測値に関しては最小二乗法近似を施している。実測値のスラントディスタンスと計算値に多少のずれが見られた。また、計算値ではスラントディスタンスが最小となる時点と音圧レベルが最大になる時点が一致するが、実測値では音圧レベルがピークが後ろにずれていることがわかる。これは、航空機のジェットエンジンからの騒音が斜め後方に指向性を持つ⁵⁾ことが主要因として考えられる。また、VR空間にてシミュレーションを行った結果を図-6に示す。ピークの音圧レベルの差は1.8dBであり、測定結果と計算結果は良い一致を示していることがわかる。

4. おわりに

本研究では、航空機騒音予測システムの妥当性の検討として、適用例において計算値と実測値の比較及び、計算値とVR空間内での測定結果の比較を行った。その結果以下の結論を得た。

- 実測値において航空機のジェットエンジンによる指向性など、補正項が必要であることが確認できた。
- スピーカーによるチューニングを行うことで、ほぼ計算値通りの音圧レベルを再現することができた。

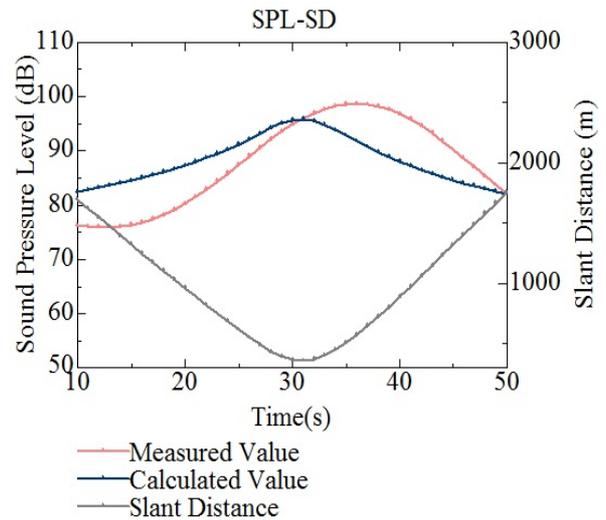


図-5 計算値と実測値の比較

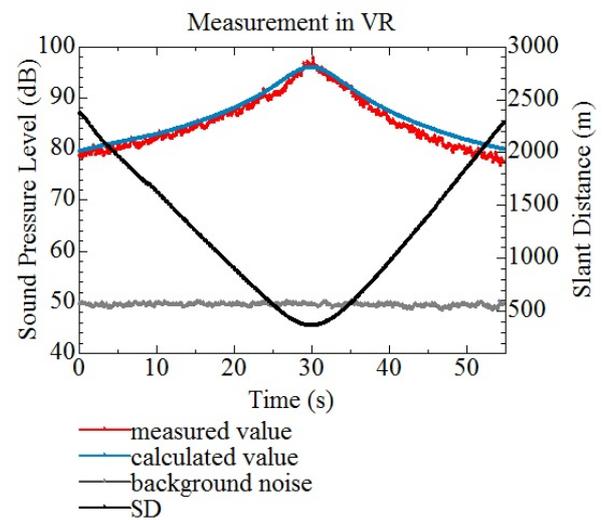


図-6 VR装置での測定結果

今後の課題として、指向性や地表面減衰、空気吸収などの補正項の検討のための周波数別分析、他機種での検討などが挙げられる。

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.195-202,2014.
- 3) 石田安理, 吉町徹, 櫻山和男, 志村正幸, 坂崎友美: VR 技術を用いた幾何音響理論に基づく航空機騒音予測システムの構築, 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会, Vol.40, pp.243-246,2015.
- 4) 成田市空港部 空港対策課:平成 25 年度 成田国際空港周辺航空機騒音測定結果 (年報), <<http://www.city.narita.chiba.jp/sisei/sosiki/kutai/houko/kusho25.html>>
- 5) 平井誠:民間旅客機の騒音低減への取り組み, 航空環境研究, 航空環境研究センター, No.17, pp.72-77,2013.
- 6) 木村翔・井上勝夫:航空機騒音の予測手法について, 騒音制御, 日本騒音制御工学会, Vol.4[No.2], pp.71-78,1980.