

課題番号	Q20J-04
課題名 (和文)	少数マイクロホンを用いた空間的に連続な局所音場インパルス応答の推定
課題名 (英文)	Estimation of spatially-continuous room impulse response in local sound field with small number of microphones
研究代表者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 情報メディア学科, 准教授 氏名 池田雄介
共同研究者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名

研究成果の概要 (和文)

本研究では、等価音源と虚像法を用いた局所領域の室内インパルス応答の推定手法を提案した。少数のマイクロホンからその周囲の局所領域も含めた室内インパルス応答を、音源と虚像を取り囲むように配置した等価音源を用いたスパース表現を用いることで、空間的に連続な室内インパルス応答のモデル化が可能となる。無響室において2.5次元条件で壁面3面を設置して初期室なインパルス応答について測定実験を実施した結果、マイクロホンアレイの外側の領域に対して、0.5 Hz~8kHz帯域で、従来法である平面波分解法と比べて6 dB程度の推定精度の改善が見られた。

研究成果の概要 (英文)

In this study, we proposed a method for estimating the room impulse response (RIR) in a local region using the equivalent source and image source method. By using the sparse representation of the RIRs from a small number of microphones, we obtain the model of the spatially continuous room impulse responses. In the experiments, we estimated the early RIRs from the measured signals in an anechoic chamber with three wall surfaces under 2.5-dimensional conditions. The results showed that the estimation accuracies of the impulse responses in the region outside the microphone array was improved by about 6 dB in the 0.5 Hz to 8 kHz band compared with the plane-wave decomposition method.

1. 研究開始当初の背景

音の伝搬特性を知る上で室内インパルス応答計測は、最も重要な計測のひとつであり、音響分野で多くの応用がなされてきた。特に、可視化や音場制御など音の空間的な伝搬の詳細が重要となる場合、インパルス応答を複数点で計測する必要がある。しかし、多点のインパルス応答を計測することは大規模なマイクロホンアレイが必要など、容易ではない。近年、動的インパルス応答計測や、音の時間的なスパース性に基いたインパルス応答推定など、インパルス応答の空間補間・推定を目的として盛んに研究されているが、精度が十分でなく実用化に至っていない。また、計測の容易さからマイクロホンは一箇所に局在させ、その外側の領域を外挿できることがより有用である。

2. 研究の目的

本研究では、固定された近接する少数のマイクロホンへのインパルス応答から、マイクロホン周囲の局所領域に対して、空間的に連続なインパルス応答をモデル化する手法の提案を行う。モデル化に等価音源を用いることで、波動方程式を満たすモデル化が可能となり、事前情報として、部屋の形状を用いた虚像情報を用いることで、壁面ごとの反射の分離を可能にする。シミュレーション実験と音響反射板を用いた無響室実験によって、従来手法である平面波分解法と比較して、提案手法の有効性を明らかにする。

3. 研究の方法

計測された少数の伝達関数を手がかりとして、音源および虚像の周辺に置かれた等価音源を基底としたスパース表現を用いることで、波動方程式に基づいたモデル化を行う。マイクロホンアレイは、比較的構築が容易な十字もしくは平面の形状のマイクロホンアレイを想定した。また、2次までの初期インパルス応答をモデル化の対象とした場合と、後期の反射音を含めたインパルス応答のモデル化を実施した。前者については、シミュ

レーション実験と実測実験を行い提案手法の評価を行い、後者については、シミュレーション実験により、後期反射音に対して等価音源を用いた場合と平面波分解法を用いた場合、また、初期反射音と後期反射音のモデル化を同時に行う場合と個別に行う場合について比較検討を行った。

4. 研究成果

無響室において音響反射板を3面用いた2.5次元条件の実測実験を行った結果、平面分解法を用いた場合と比べて、提案手法によって0.5~8kHz帯域において約6dBの改善が見られた。また、マイクロホンから離れるにつれ精度が低下する傾向があり、特に音源の向きに対して垂直な方向への精度の低下が著しかった。これは音源の指向性のモデル化の精度が充分ではないことが原因と考えられる。

シミュレーション実験の結果から、後期反射音について、手法による大きな違いが見られなかった。しかし、反射音ごとの分解という観点からは、初期反射音と後期反射音を個別にモデル化し、初期反射音については、等価音源を用いることで、壁面ごとの反射音に分解可能であることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ① Izumi Tsunokuni, Kakeru Kurokawa, Haruka Matsushashi, Yusuke Ikeda, Naotoshi Osaka, "Spatial extrapolation of early room impulse responses in local area using sparse equivalent sources and image source method," Applied Acoustics, Vol. 179, 108027 (2021.8)査読あり。

[学会発表] (計3件)

- ① Izumi Tsunokuni, Haruka Matsushashi, Yusuke Ikeda, Naotoshi Osaka, "Extrapolation of Spatial Transfer Functions for Primary Reflections with Equivalent Sources," Proc. of 2020 IEEE

9th Global Conference on Consumer
Electronics (GCCE 2020), pp.19-23,
2020.10,kobe.
他 2件