

伊勢史郎

京都大学・工学研究科・准教授

音楽を用いた創造・交流活動を支援する聴空間共有システムの開発

§1. 研究実施体制

(1) システムグループ

- ① 研究代表者: 伊勢 史郎 (京都大学工学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・ BoSC 再生システムの外壁形状の数値計算による検討および試作
 - ・ BoSC 再生システムにおける逆システム設計アルゴリズムの提案
 - ・ 聴空間共有システムのための音場再生装置の開発

(2) データベースグループ

- ① 主たる共同研究者: 尾本 章 (九州大学芸術工学研究院、准教授)
- ② 研究項目
 - (ア) 80 チャンネル収録システムの構築
 - (イ) コンテンツ収録実験実施
 - (ウ) コンテンツおよびインパルス応答データベース構築

(3) 物理評価グループ

- ① 主たる共同研究者: 榎本成悟 ((独)情報通信研究機構、専攻研究員)
- ② 研究項目
 - ・ BoSC 再生システムの再現精度に関する物理評価

(4) 心理評価グループ

- ① 主たる共同研究者: 上野佳奈子 (明治大学理工学部建築学科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・ 聴空間共有システムの心理評価に関わる予備的検討

§ 2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

(1) BoSC 再生システム的设计と試作

前年度に開発した音響樽の改良型(写真1)および信号処理システムを開発し、基本性能(残響時間、遮音性能、畳み込み演算能力、SN レベル、遅延時間)を調査した。音場再生のデモは可能であるが、96ch 再生すると SN レベルが高くなるためスピーカユニットに低次 LPF が必要であること、システムの遅延は 300us と十分短い、DSP システムの SDRAM におけるデータ転送がボトルネックとなり本研究で求められる 4sX96ch のインパルス応答の実時間畳み込み演算(遅延 1ms 以下)は難しいことがわかった。畳み込み演算は DSP ですべて行わずにインパルス応答の前半部分を FPGA で後半部分を PC で計算を行う方針に変更するべきであることを見出した。



写真1

(2) 音の遅延条件がアンサンブル演奏に与える影響に関する検討

音の遅延は実際の音場でも存在するが、演奏家にとってどの程度の遅延が許容されるのかを調査するため、15 年以上の演奏経験を有するアマチュアのバイオリン奏者 12 名と、プロ(音楽大学大学院生を含む)のバイオリン奏者 6 名を被験者とする心理実験を行った。

その結果、遅延 20ms 以上で半数以上の被験者が遅延を認知することが示された。また、遅延時間の増加に伴いアンサンブル演奏のテンポが遅くなり、遅延 40ms 以上でアンサンブル演奏の同期性が大きく損なわれることを見出した。

(3) 多次元尺度法によるマイクロホンアレイ/スピーカアレイの配置推定法の提案

多数の音響入出力デバイスの接続はミスが生じやすく、また校正にも時間がかかる。それらを自動化するためにはまず各音響入出力デバイスの配置を正確に把握する必要がある。通常、それらの配置は視覚的に確認するが、本研究では多次元尺度法で用いられる空間再構成アルゴリズムを用いることにより音響情報から各デバイスの配置を推定する手法を開発した。BoSC システムで実験を行い、開発したアルゴリズムの有効性を確認した。

(4) 正多角形の平面形状をもつ室の音響的な不規則性に関する研究

本研究では正九角形の断面をもつ形状が通常の正四角形の断面よりもモードが分散されているはずであるという仮説を前提に開発を進めてきたが、その仮説の妥当性を数値計算により検証した。正四角形以外の多角形ではモード周波数を理論的に導くことができないため、数値計算によりモード周波数を見出す方法を提案し、正四角形の場合は理論とも一致することを証明した。その方法を用いてモードの分散状況を調べた結果、四角形よりも正九角形が優れていることを見出したが、正四角形から正十三角形の中では正六角形が最も優れていることが示唆された。

(5) BoSC マイクロホンによる仮想音源推定アルゴリズムの提案

BoSC マイクロホンは 80 個のマイクロホンを持つため、それらのインパルス応答から空間情報を推

定することができる。4 個のマイクロホンから空間情報を把握する近接四点法アルゴリズムを 80 点に拡張する手法を提案し、実際の音場において仮想音源を抽出が可能であることを示した。

(6) 移動音源の再現性能に関する物理評価指標の検討

BoSC 再生システムのデモにおいて移動する音源に臨場感を感じる受聴者が多いことに着目し、MUSIC 法を用いた音源推定により移動音源の追跡の数値的な性能によって音場再生性能を物理評価する手法を提案し、これまで蓄積したコンテンツを評価した。

(7) 屋外で計測可能な可搬型 BoSC システムの開発

屋外でインパルス応答(例えば森林の残響測定など)を計測する場合にスピーカアンプ、マイクロホンアンプ、レコーダなどのために電源が必要となるが、DC-AC インバータ(Ni-Mh バッテリ内蔵、120Wh)およびマイクアンプ内蔵の 8ch フィールドレコーダ(10 台)を用いることにより三時間の測定が可能であることを見出した。

(8) BoSC 音源データベースの蓄積

以下の6か所でコンテンツ収録およびインパルス応答測定を行った。九州大学芸工多次元ホール(RT=1.5s)、北九州市・響ホール(RT=2.0s)、アクロス福岡・シンフォニーホール(RT=2.4s)、東京カテドラル・大聖堂(RT=5.0s)、九大構内・セミの鳴き声(IR 無)、佐賀県唐津市・虹ノ松原(RT=0.3s)。

(9) 立体再生音場の評価方法・評価要素に関する研究

唾液中のホルモン分析による人の“実在感”の評価(CREST 柏野チームとの共同研究)、脳活動計測による音場における“他者の存在感”の検出、BoSC システムにおける聴覚臨場感の評価構造の検討などを行った。BoSC システムによる話者および受聴者の身体動作を含む音場再生が臨場感、実在感などに与える影響を科学的に実証できる見通しが得られた。

(10) 音刺激呈示に関わる時間遅延の許容範囲に関する研究

身体動作に伴う聴覚刺激の同時性判断に関する検討を行った。身体動作と聴覚刺激の同時性判断は一意的に決まっているわけではなく、状況に応じて変化し、空間と身体に関する学習や適応が同時性判断に影響していることがわかった。

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

●論文詳細情報

1. Yoko LEE, Seigo ENOMOTO, Yusuke IKEDA, Satoshi NAKAMURA, and Shiro ISE, “Influence of the presence of a human head in the controlled area in the three-dimensional sound field recording and reproduction system based on the boundary surface control principle: Objective examination”, *Acoustical Science and Technology* (2011.11 accepted).