

伊勢史郎

東京電機大学 情報環境学部
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 (東京電気大学環境情報学部、教授)
- ② 研究項目
 - ・ 音場共有システムのための BoSC 再生システムの設計と試作
 - ・ BoSC 再生システムのデモンストレーションと実証実験
 - ・ 音響樽の再設計と設置

(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
 - ・ 聴空間共有データベースの開発

(3) 物理評価グループ

- ① 主たる共同研究者:榎本 成悟 (独立行政法人情報通信研究機構、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、准教授)
- ② 研究項目
 - ・ 聴空間共有システムの心理評価

§ 2. 研究実施の概要

○ 音場再生装置の開発

低音再生の改良や可搬性の向上を施した音響樽を各チームに設置した。MADI (Multichannel Audio Interface) 直接入力可能なデジタルアンプおよび電磁誘導が小さくなるように配置を工夫したローパスフィルタを開発し、デジタルエラーやクロストークによる音質低下を大幅に改善した。

○ 3次元音場シミュレータの開発

音響樽内で自分自身の発した音に対する三次元的な残響を付加する音場シミュレータの構築を行った。樽内に設置されたマイクロホンに入力された信号に対して、所望の空間の伝達関数から直接音成分を除去した伝達関数と逆システムをリアルタイムに畳み込むことで実現した。オクターブごとの残響時間、直接音に対する初期残響成分と後期残響成分のエネルギー比を原音場と再現音場で比較した結果、十分な再現が行われていることが確認された。

○ 音楽演奏実験

上記の音響樽を用いた音場シミュレータ2台を直接接続し、自分自身の残響のみならず、相手からの音にたいしても所望の伝達関数と逆システムをリアルタイムに畳み込むことで、聴空間共有システムを構築し、演奏者による予備的な検討を行った。

○ アウトリーチ活動

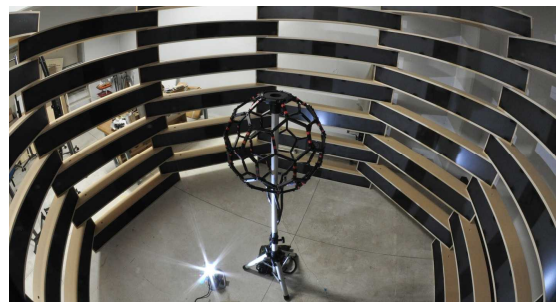
AES (Audio Engineering Society) 日本支部60周年記念イベント、つくばサイエンスエッジにて本システムのデモンストレーションを行った。

○ コンテンツ・データベース構築

継続的に音響樽における再生コンテンツ収録を続けている。特に本年度はコンサートホールにおけるオーケストラ演奏、ピアノ演奏の収録に加えて、ガムラン演奏会や密度の高い松林における響きの収録など特徴あるコンテンツを収録してデータベースの形式に整理している。

○ 新型再生システムの開発

開放型の BoSC (Boundary Surface Control) 再生システム (写真参照、音積み木) を開発し、収録から再生までの一連の流れを検証し、さらにシステムとしての物理的性能を測定した。あわせて主観評価も行なうことで、最適な聴取位置の検証なども行なった。



○ 再生音に対する加工の可能性に関する検討

当初予定した拡散音成分のみを分離して制御を行なうシステム構築には至っていない。音再生を行なう DAW (Digital Audio Workstation) において適宜イコライジングを行なう効果等に関して検証をはじめている。

- 空間音響作品（音楽）のアーカイブメディアとしての可能性追究
アコースモニウムなど空間を広く使った音楽作品はその記録方法が確立されておらず、アーカイブ化が難しい。BoSC システムと音響樽、音積木の組み合わせによる音場再生性能を活かして、これまでにない記録媒体として用いることが出来る可能性を探求した。
- 音場の可逆性の評価
BoSC システムでは、逆フィルタの設計時や原音場の収録時に受聴者の頭部を境界条件に含めず、中空状態のアレイを用いている。剛球モデルを用いた数値計算により、受聴者の頭部の影響を両耳間レベル差、両耳間位相差で評価した結果、現在使用しているマイクロホンアレイの素子間隔より定まる制御可能な周波数帯域では受聴者の頭部を考慮しなくても精度はほとんど劣化しないことを確認した。
- アンサンブル演奏のための音場共有システムの必要性能に関する心理・生理実験
アンサンブル演奏を目的とする音場共有システムの必要性能について、身体動作と音の遅延の許容範囲、および順応との関係性について、心理実験および脳波計測実験を通じて検証を行った。
- 仮想音場に再現された人物の実在感に関する心理・生理実験
BoSC システムによる再生音場の評価について、“話者（発音体）の実在感”に着目し、会話中の話者の微細動作を再現することの効果、接近する人に対する反応、動作音・非動作音に対する脳活動の面から心理・生理実験を行った。
- 臨場感評価に関するコンテンツ評価方法の実験的検討
BoSC システムによる再生音場の評価法確立の一環として、臨場感評価に用いる再生コンテンツを選択するうえでの指針構築を目的とし、実験的検証を行った。
- 視覚障害者の聴覚空間認知の訓練及び娯楽を目的としたバーチャル卓球システムの開発
BoSC システムの活用を目的とし、視覚障害者の聴覚空間認知の訓練及び娯楽を目的としたバーチャル卓球システムのプロトタイプを構築し、基本性能を調べた。また、演奏者及び楽器製作者による活用を想定し、ホールにおける楽器演奏の聴取実験を行い、システムの有用性を確認した。

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

論文詳細情報(国内)

- 1 樋田浩一、上野佳奈子、嶋田総太郎、“身体運動に伴う遅延聴覚フィードバックの知覚順応”、*認知科学*、vol.20、No.4、pp. 493-497、2013
- 2 小林まおり、福井誠人、上野佳奈子、“3次元音場システムでのコンテンツ選択における指針の提案”、日本バーチャルリアリティ学会、(in press).

論文詳細情報(国際)

- 1 Koichi Toida, Kanako Ueno, and Sotaro Shimada, “Recalibration of subjective simultaneity between self-generated movement and delayed auditory feedback”, *NeuroReport*, vol.25, No.5, pp.284-288, 2014 (DOI: 10.1097/WNR.000000000000079)