

音響学における基礎研究と社会実装

研究代表者 及川 靖広
(基幹理工学部 表現工学科 教授)

1. 研究課題

これまで、研究代表者らは光学的音響計測、MR 技術を用いた音情報の可視化、コミュニケーションエイド、小型音響デバイス、音による異常診断、楽器音のモデル化、高速 1bit 信号処理等の物理音響とコミュニケーション音響に関する研究を行ってきた。本プロジェクト研究では、音響学における基礎研究とそれら研究成果をさらに高度化・発展させ、社会実装することを目指す。音を中心とした波動場とその中で生活する人間を含めた生き物のコミュニケーションの理解をするなかで、感覚・思考を研ぎ澄ますことに寄与しうる研究成果の社会実装を目指す。

具体的には、①光と音の相互作用に着目した音響計測法の高精度化、②それを用いての音源近傍や微小空間などの音場現象の解明、③数理的手法の確立、音響学への応用とその社会実装、④直感的な音場理解に役立つ計測システムに関する研究開発と社会実装、⑤大規模音場創成システムの構築とそれを用いたコミュニケーションの解明、⑥貴重なコンテンツが含まれたレコード等の音文化財保存のための研究開発、等を行う。これら取り組みにより、人間、動物、虫等によって創造される様々な音コミュニケーション空間・音コミュニケーションコンテンツの測定・観測・保存・再現と音コミュニケーションの要素抽出等が可能となり、最終的には、音コミュニケーション空間設計、音コミュニケーションコンテンツ創成に活かすことを目指す。

2. 主な研究成果

2.1 リアルタイム計測と可視化に関する研究

これまで計測結果の可視化を行う方法の一つとして、MR 技術を用いて計測結果を実空間に重畳し可視化する研究を進めてきた。本年度は実用化に向けそれらをさらに高度化させた。具体的には、計測範囲の広範囲化、特徴量の時間変化に着目した解析、ユーザインタフェースの改善を実施した。マイクロホンアレイを用いた音場可視化、ガス管メンテナンス箇所の推定・可視化に関する研究ともに、現場での実証実験を進め、それに基づき改良を加えた。

2.2 光と音の相互作用に着目した音響計測法の高度化

これまで、偏光高速度干渉計を用いた音場可視化計測手法を提案してきた。本年度は、偏光高速度干渉計を用いた音場可視化計測手法に 2 次元シンクロスクイーミングに基づく干渉縞解析の導入、ニューラルフィールドや物理モデルに基づく三次元音場復元、拡散モデルを用いた逆問題処理等を導入した音場の内挿・外挿、計測結果の雑音除去等を実現した。

2.3 光と音の相互作用に着目した音響計測法の適用拡大

本年度は、偏光高速度干渉計を用いた音場可視化計測手法の適用範囲を大幅に広げることができた。具体的には、複数方向からの同時計測を実現し、三次元音場の復元を可能とした。ミリ波センサによる計測結果の解析、音源の放射特性の把握、音場の復元に適用可能であることを示した。

2.4 工場における作業環境の改善に関する研究

工場内で用いられる道具も作業効率や精度の改善を目的に変化していくが、それにより発生する音なども変化する。それを把握し、改善していくことは、工場内作業者にとって重要な課題である。工具から発生する騒音を抑圧する手法の提案、光学的音響計測手法を用いた工具から発生する音波の特徴の把握、遮音アタッチメントの形状最適化と音のデザインの効果の確認等をし、作業工程により異なる状況に合わせた騒音抑圧手法を提案した。

2.5 機器から発生する音を活用した異常診断

これまで人間に頼っていた検査を自動化するために音の利用も重要な課題となっている。そこで、音を活用したトランスミッションテストの研究を実施した。機械学習的手法の検討とその有効性を明らかにした。次年度は現場導入の際に課題となる環境音の変化の影響の調査とそれへの対策を検討する。

2.6 鉄道運転者に有効なサイン音の設計

鉄道運転者に情報を伝えるために音を用いることがある。鉄道走行環境に合わせた音の設計をするとより効果的に情報伝達が可能となる。本年度は、鉄道運転室内の音環境に基づいた警報音のデザイン、聴取実験によるその効果の調査等を行なった。

3. 共同研究者

山崎 芳男（早稲田大学 名誉教授）

小林 哲則（理工学術院 教授）

菊池 英明（人間科学学術院 教授）

小川 哲司（理工学術院 教授）

井上 敦登（総合研究機構 波動場・コミュニケーション科学研究所 客員次席研究員）

黒田 淳（京セラ 先進技術研究所 研究員）

池田 雄介（東京電機大学 教授）

高橋 義典（工学院大学 准教授）

石川 憲治（NTT コミュニケーション科学基礎研究所 研究員）

4. 研究業績

4.1 学術論文

[1] Tsubasa Kusano, Kohei Yatabe, and Yasuhiro Oikawa, "Fringe pattern analysis based on the two-dimensional synchrosqueezing transform," *Optics Letters*, Vol.49, Issue.14, pp. 4022-4025, 2024.

<https://doi.org/10.1364/OL.530258>

[2] Izumi Tsunokuni, Gen Sato, Yusuke Ikeda and Yasuhiro Oikawa, "Spatial extrapolation of early room impulse responses with noise-robust physics-informed neural network," *IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, Vol.E107-A, No.9, pp.1556-1560, 2024.9.

[3] Tomoro Tanaka, Kohei Yatabe, Yasuhiro Oikawa, "PHAIN: Audio Inpainting via Phase-aware Optimization with Instantaneous Frequency," *IEEE/ACM Trans. Audio, Speech, and Language Processing*, vol.32, pp.4471-4485, Sept.2024.

DOI: 10.1109/TASLP.2024.3463415

[4] Hao Di, Yasuhiro Oikawa, Kenji Ishikawa, “Diffusion-model-based inverse problem processing for optically-measured sound field,” Optics Express, Vol.32, Issue 23, pp. 40898-40914 (2024).

解説

[1] 石川憲治, 谷川理佐子, 阿久津真理子, 及川靖広, “干渉縞で音場を見る-光学的音響計測を用いた音響現象の可視化と解明-,” 光アライアンス, Vol.35, No.8, pp.1-5, 2024.8.

4.2 国際会議

[1] Aki Kishimoto, Yasuhiro Oikawa, “The Relationship between Sound of VR Concert and Motion Activity of Audience,” HCI International 2024, Posters, Part III, pp. 237-244, July 2024.

[2] Haruka Nozawa, Mayuko Imanishi, Yasuhiro Oikawa, Kenji Ishikawa, “Physical-model-based reconstruction of three-dimensional sound field from multi-directional measurement by parallel phase-shift interferometry,” Proceedings of Meetings on Acoustics (POMA), Vol.52, 030001 (2024).

[3] Ryota Hashimoto, Yasuhiro Oikawa, “Estimation of tension distribution on drumheads by visualization of high-order modes using Fourier transform profilometry,” Proceedings of Meetings on Acoustics (POMA), Vol.52, 035008 (2024).

[4] Rikuto Ito, Yasuhiro Oikawa, Kenji Ishikawa, “SOUND FIELD RECONSTRUCTION USING OPTICAL SOUND MEASUREMENT AND NEURAL FIELDS,” IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP) 2024, Sep.2024.

[5] Kei Hoshino, Ayako Suzuki, Yasuhiro Oikawa, “Hearing of warning sounds under railway running noise considering age-related hearing loss,” Proceedings of Meetings on Acoustics (POMA), Vol.54, 050005 (2024).

[6] Masachika Kamada, Junji Yamato, Yasuhiro Oikawa, Hiroshi G. Okuno, Jun Ohya, “Locating Survivors' Voices in Disaster Sites Using Quadcopters Based on Modeling Complicated Environments by PyRoomAcoustics and SSL by MUSIC-Based Algorithms,” IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) 2025, ThuP1T3.7, 2025.

[7] Risako Tanigawa, Kenji Ishikawa, Noboru Harada, Yasuhiro Oikawa, “SoundSil-DS: Deep Denoising and Segmentation of Sound-field Images with Silhouettes,” IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV) 2025, pp.49474956-145, Mar.2025.

4.3 受賞・表彰

[1] 指導した学生 1 名が日本音響学会第 28 回学生優秀発表賞を受賞

[2] 指導した学生 1 名が日本音響学会第 29 回学生優秀発表賞を受賞

4.4 学会および社会的活動

[1] 日本音響学会 副会長（及川靖広）

[2] 第 24 回 1 ビット研究会開催（2024 年 12 月 16 日、理工総研第 2 種行事）

5. 研究活動の課題と展望

本プロジェクトにおいては、音響学における基礎研究と社会実装を目指し活動してきた。特に、さまざまな企業との共同研究をベースに成果を上げてきた。引き続き、活動を進める。